

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Simon HARI

**VPLIV ROKA SPRAVILA IN DODATNEGA
GNOJENJA LANU (*Linum usitatissimum* L.) NA
VSEBNOST VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN IN
SKUPNIH MAŠČOB**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Simon HARI

**VPLIV ROKA SPRAVILA IN DODATNEGA GNOJENJA LANU
(*Linum usitatissimum* L.) NA VSEBNOST VIŠJIH MAŠČOBNIH
KISLIN IN SKUPNIH MAŠČOB**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**EFFECT OF HARVEST DATE AND ADDITIONAL FERTILIZATION
ON THE CONTENT OF HIGHER FATTY ACIDS AND TOTAL FAT
OF FLAX (*Linum usitatissimum* L.)**

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Opravljeno je bilo v laboratorijih Katedre za tehnologije, prehrano in vino ter Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil, ki se nahajata na Oddelku za živilstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Za mentorja diplomskega dela je bil imenovan prof. dr. Rajko Vidrih in za somentorico doc. dr. Darja Kocjan Ačko ter za recenzentko izr. prof. dr. Helena Abramovič.

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Somentorica: doc. dr. Darja Kocjan Ačko

Recenzentka: izr. prof. dr. Helena Abramovič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Simon Hari

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 633.521:631.56:631.8:543.635.3(043)=163.6
KG	lan/ <i>Linum usitatissimum</i> L./belokranjski lan/laneno seme/vpliv gnojenja/čas spravila/maščobnokislinska sestava/skupne maščobe
AV	HARI, Simon
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/KOCJAN AČKO, Darja (somentorica)/ABRAMOVIČ, Helena (recenzentka)
KZ	SI-1000 LJUBLJANA, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2016
IN	VPLIV ROKA SPRAVILA IN DODATNEGA GNOJENJA LANU (<i>Linum usitatissimum</i> L.) NA VSEBNOST VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN IN SKUPNIH MAŠČOB
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 48 str., 48 pregl., 17 sl., 31 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen diplomskega dela je bil določiti vpliv roka spravila in dodatnega gnojenja z mineralnimi gnojili (NPK in KAN) na sestavo višjih maščobnih kislin in skupnih maščob lanenega semena (<i>Linum usitatissimum</i> L.) iz Bele Krajine. Z analizami smo določili: odstotek suhe snovi, delež višjih maščobnih kislin in vsebnost skupnih maščob. Rezultati so pokazali naslednje masne deleže višjih maščobnih kislin: 6 % palmitinske, 4 % stearinske, 14 % oleinske, 13 % linolne in 63 % α -linolenske. Za najvišji masni delež α -linolenske višje maščobne kisline se je pokazalo, da je priporočljiv drugi rok spravila (konec julija) in da dodatno gnojenje ni potrebno. Za najvišjo vsebnost skupnih maščob se je pokazalo, da je priporočljiv drugi rok spravila (konec julija) in da dodatno gnojenje ni potrebno. Zaključek raziskave je, da sta drugi rok spravila (konec julija) in pridelava brez dodatnega gnojenja (zadostuje osnovno gnojenje) optimalna tako za najvišjo vsebnost α -linolenske višje maščobne kisline (ta ima največji masni delež) kot tudi skupnih maščob.

KEY WORDS DOCUMENTATIONS

DN Dn
 DC UDC 633.521:631.56:631.8:543.635.3(043)=163.6
 CX flax/*Linum usitatissimum* L./Bela Krajina's flax/flaxseed/effect of fertilization/harvest time/fatty acids composition/total fat
 AU HARI, Simon
 AA VIDRIH, Rajko (supervisor)/ KOCJAN AČKO, Darja (co-advisor)/ABRAMOVIČ, Helena (reviewer)
 PP SI-1000 LJUBLJANA, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
 PY 2016
 TI EFFECT OF HARVEST DATE AND ADDITIONAL FERTILIZATION ON THE CONTENT OF HIGHER FATTY ACIDS AND TOTAL FAT OF FLAX (*Linum usitatissimum* L.)
 DT Graduation Thesis (University studies)
 NO XI, 48 p., 49 tab., 17 fig., 31 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB The purpose of graduation thesis was to determine the effect of harvest date and additional fertilization with mineral fertilizers (NPK and KAN) on the content of higher fatty acids and total fats in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) from Bela Krajina. Following analyses were carried out: dry weight, content of high fatty acids and total fats. Results showed following content of high fatty acids: 6% palmitic acid, 4% stearic acid, 14% oleic acid, 13% linolic acid and 63% α -linolenic acid. Results showed that the highest content of α -linolenic acid was found in second harvest date and that no additional fertilization is needed. Results also showed that the highest content of total fats was found in seeds from second harvest date and that no additional fertilization is need. Conclusion of research is that second harvest date (end of july) and growing with no additional fertilizer (enough is basic fertitlization) are optimal for highest content of α -linolenic fatty acid (one with highest content amongst fatty acids) as for the highest content of total fats.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATIONS.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD.....	1
1.1 NAMEN DELA	2
1.2 DELOVNI HIPOTEZI.....	2
2 PREGLED OBJAV.....	3
2.1 ZNANSTVENA KLASIFIKACIJA LANU	3
2.2 POGOJI ZA RAST LANU.....	3
2.3 VIDEZ LANU	3
2.4 DOZOREVANJE, SPRAVILO IN SHRANJEVANJE LANU	4
2.5 ODZIV LANU NA GNOJENJE Z N, P, K V JUŽEM IN OSREDNJEM ČILU (Berti in sod., 2009)..	5
2.5.1 Osnovna dejstva o raziskavi.....	5
2.5.2 Višje maščobne kisline	5
2.5.3 Skupne maščobe	6
2.6 VPLIV ČASA SPRAVILA IN GNOJILA NA MAŠČOBNO KISLINSKO SESTAVO IN NEKATERE FIZIKALNO KEMIJSKE LASTNOSTI LANENEGA SEMENA (<i>Linum usitatissimum</i> L.) (Yalcin in sod., 2010)	7
2.6.1 Osnovna dejstva o tej raziskavi	7
2.6.2 Neposredne analize	7
2.6.2.1 Analiza višjih maščobnih kislin	7
2.6.2.2 Analiza vsebnosti skupnih maščob	8
2.7. VPLIV DATUMA SEJANJA IN DODATKA DUŠIKA NA PRIDELEK, SESTAVO SEMENA IN VIŠJE MAŠČOBNE KISLINE LANENEGA SEMENA (<i>Linum usitatissimum</i> L.) (Rahimi in sod., 2011).....	9
2.7.1 Določitev višjih maščobnih kislin	9
2.7.2 Določanje skupnih maščob	10
2.8 PLINSKA KROMATOGRAFIJA	11
3 MATERIAL IN METODE DELA.....	13
3.1 MATERIAL ZA POSKUS	13
3.2 METODE DELA	17
3.2.1 Določanje vsebnosti vode	17
3.2.2 Določanje višjih maščobnih kislin	18
3.2.3 Določanje skupnih maščob	23

4	REZULTATI.....	27
4.1	VSEBNOST VODE.....	27
4.1.1	Vsebnost vode glede na uporabljeno gnojilo	27
4.1.2	Vsebnost vode glede na leto spravila	27
4.1.3	Vsebnost vode glede na rok spravila	28
4.2	MASNI DELEŽI VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN	28
4.2.1	Leto 2010	28
4.2.2	Leto 2011	30
4.2.3	Leto 2012	32
4.3	VSEBNOST SKUPNIH MAŠČOB	34
4.3.1	Leto 2010	34
4.3.2	Leto 2011	36
4.3.3	Leto 2012.....	37
4.4	KUMULATIVNI PREGLED VSEBNOSTI SKUPNIH MAŠČOB IN MASNIH DELEŽEV VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN.....	39
4.4.1	Deleži višjih maščobnih kislin.....	39
4.4.1.1	Povprečni masni delež glede na uporabljeno gnojilo.....	39
4.4.1.2	Povprečni masni delež glede na leto spravila	39
4.4.1.3	Povprečni masni delež glede na rok spravila	40
4.4.1.4	Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin vseh preiskovanih vzorcev.....	40
4.4.2	Skupne maščobe v suhi snovi	41
4.4.2.1	Povprečna vsebnost skupne maščobe glede na uporabljeno gnojilo.....	41
4.4.2.2	Povprečna vsebnost skupne maščobe glede na leto spravila	41
4.4.2.3	Povprečna vsebnost skupne maščobe glede na rok spravila	42
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	43
5.1	RAZPRAVA.....	43
5.1.1	Masni delež višjih maščobnih kislin	43
5.1.2	Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi	44
5.2	SKLEPI.....	45
6	POVZETEK	46
7	VIRI.....	47
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vpliv dušika na masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (Berti in sod., 2009: 150)	6
Preglednica 2: Masni deleži višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (Yalcin in sod., 2010: 201)	8
Preglednica 3: Rezultati analize vsebnosti skupnih maščob v lanenem semenu (Yalcin in sod., 2010: 199).....	9
Preglednica 4 : Vpliv dušika na količino VMK v lanenem semenu (Rahimi In sod., 2011: 63)	10
Preglednica 5: Vpliv dodatnega gnojenja z dušikom na vsebnost skupnih maščob v lanenem semenu (Rahimi in sod., 2011: 63).....	10
Preglednica 6: Material za delo - Leto 2010.....	14
Preglednica 7: Material za delo - Leto 2011.....	15
Preglednica 8: Material za delo - Leto 2012.....	16
Preglednica 9: Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na uporabljeno gnojilo..	27
Preglednica 10: Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na leto	27
Preglednica 11: Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na rok spravila	28
Preglednica 12: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, rok spravila 1.....	28
Preglednica 13: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, rok spravila 2.....	29
Preglednica 14: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, KAN	29
Preglednica 15: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, NPK.....	29
Preglednica 16: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, kontrola	30
Preglednica 17: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, rok spravila 1.....	30
Preglednica 18: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, rok spravila 2.....	31
Preglednica 19: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, KAN	31
Preglednica 20: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, NPK.....	31
Preglednica 21: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, kontrola	32
Preglednica 22: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, rok spravila 1.....	32

Preglednica 23: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, rok spravila 2.....	33
Preglednica 24: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, KAN	33
Preglednica 25: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, NPK.....	33
Preglednica 26: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, kontrola	34
Preglednica 27: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, rok spravila 1.....	34
Preglednica 28: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, rok spravila 2.....	35
Preglednica 29: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, KAN	35
Preglednica 30: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, NPK.....	35
Preglednica 31: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, kontrola.....	35
Preglednica 32: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, rok spravila 1.....	36
Preglednica 33: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, rok spravila 2.....	36
Preglednica 34: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, KAN	36
Preglednica 35: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, NPK.....	37
Preglednica 36: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, kontrola	37
Preglednica 37: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, rok spravila 1.....	37
Preglednica 38: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, rok spravila 2	37
Preglednica 39: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, KAN	38
Preglednica 40: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, NPK.....	38
Preglednica 41: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, kontrola	38
Preglednica 42: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) glede na uporabljeno gnojilo.....	39

Preglednica 43: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) glede na leto spravila	39
Preglednica 44: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) glede na rok spravila.....	40
Preglednica 45: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin (%) vseh preiskovanih vzorcev lanu	40
Preglednica 46: Povprečna vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) glede na gnojilo.....	41
Preglednica 47: Povprečna vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) glede na leto spravila	41
Preglednica 48: Povprečna vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) glede na rok spravila	42

KAZALO SLIK

Slika 1: Semena lanu (foto: Hari S.).....	4
Slika 2: Kapilarna kolona Supelco_SPB PUFA (Sigma Aldrich, 2015).....	11
Slika 3: Shema plinskega kromatografa (FFa, 2015)	12
Slika 4: Načrt poskusa.....	13
Slika 5: Tehtanje vzorca za določanje vsebnosti vode (foto: Hari S.).....	17
Slika 6: Kemikalije potrebne za pripravo internega standarda (foto: Hari S.)	18
Slika 7: Tehtanje vzorca za analizo višjih maščobnih kislin (foto: Hari S.)	18
Slika 8: Kemikalije za določitev VMK (foto: Hari S.).....	19
Slika 9: Segrevanje vzorca (foto: Hari S.)	19
Slika 10: Centrifugiranje vzorcev (foto: Hari S.)	20
Slika 11: Razdelitev na faze (foto: Hari S.).....	20
Slika 12: Plinski kromatograf Agilent Technologies 6890N (foto: Hari S.).....	21
Slika 13: Shema določanja VMK kot njihovih metilnih estrov	22
Slika 14: Lonček za razklop z vzorcem (foto: Hari S.)	24
Slika 15: Aparatura za hidrolizo »FOSS SoxCap™ 2047« (foto: Hari S.)	25
Slika 16: Aparatura za ekstrakcijo »FOSS Soxtec™ 2050« (foto: Hari S.).....	26
Slika 17: Povprečna vsebnost višjih maščobnih kislin vseh preiskovanih vzorcev lanu.....	41

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ALA	α -linolenska maščobna kislina (ang. α -linolenic fatty acid)
DHA	dokozaheksaenojska kislina
DMRT	Duncan-ov test mnogoterih primerjav (ang. Duncan's multiple range test)
EPA	eikozapentaenojska kislina
FAME	metilni ester maščobne kisline (ang. fatty acid methyl ester)
FID	plamensko ionizacijski detektor (ang. flame ionization detector)
GC	plinska kromatografija (ang. gas chromatography)
KTPV	UNI LJ-BF-odd. za živilstvo- katedra za tehnologije, prehrano in vino
KTMVŽ	UNI LJ-BF-odd. za živilstvo- katedra za tehnologijo mesa in vrednotenje živil
m.k.	maščobne kisline
n-3	omega-3 maščobne kisline
n-6	omega-6 maščobne kisline
NMR	nuklearna magnetna resonanca
USDA	United States Department of Agriculture
VMK	višje maščobne kisline

1 UVOD

Zadnjih nekaj let se je pri ljudeh opazno povečala želja po zdravem prehranjevanju. Zaradi tega potrošniki vse pogostejše iščejo živila, ki imajo pozitivne učinke na njihovo zdravje. Eno takšnih živil, ki v zadnjem času postaja pomembno za prehrano, je laneno seme. Laneno seme vsebuje veliko maščob – povprečno 41 % (Morris, 2007). Le majhen delež (7 %) teh maščob predstavljajo nasičene maščobne kisline, ki imajo negativen vpliv na zdravje človeka. Preostanek so enkrat in večkrat nenasičene višje maščobne kisline (VMK), ki imajo ugoden vpliv na zdravje ljudi. Med temi se nahajajo v lanenem semenu tudi esencialne maščobne kisline, ki jih telo ne more sintetizirati samo, zato jih moramo zaužiti s hrano. V lanenem semenu od teh najdemo linolno in α -linolensko VMK. Prav posebno nalogo ima α -linolenska, ki se v telesu pretvori v še dve esencialni VMK – eikozapentaenojsko (EPA) in dokozaheksaenojsko (DHA), ki ju najdemo v ribah, zaradi česar je lan pomemben vir le-teh za vse, ki rib ne uživajo. Človek se je že od nekdaj spraševal, kako pridelati čim več in čim bolj kakovosten pridelek poljščin. S tem namenom je proučeval, kako dodajanje gnojil, podnebne razmere in rok spravila vplivajo na velikost pridelka in kakovost semena. V zadnjih desetletjih pa je začel velik poudarek posvečati tudi njihovi sestavi, ker so številne raziskave pokazale, da so nekatere snovi koristne za zdravje. Zaradi čedalje pogostejšega pojava srčno-žilnih bolezni se še posebna pozornost posveča sestavi maščob v semenih poljščin. Tako se pojavlja čedalje več raziskav, ki proučujejo vpliv prej omenjenih parametrov nanje. Ardali je v svoji raziskavi iz leta 2012 o vplivu dodatnega gnojenja amaranta z dušikom prišel do zaključka, da dodatno gnojenje zmanjša vsebnost višjih maščobnih kislin v tej poljščini (Ardali, 2014). Mezni in sod. so leta 2009 raziskovali, kako obiranje pistacij v različnih stopnjah zrelosti (trije različni roki spravila) vpliva na sestavo maščobnih kislin v olju pridobljenem iz teh pistacij. Vsebnost stearinske maščobne kisline se je iz 4 % v olju nezrele pistacije zmanjšala na 2 % v olju iz zrele pistacije. Nasprotno je vsebnost oleinske maščobne kisline narasla iz 43 % na 50 % (Mezni in sod., 2014). Kot je razvidno iz teh raziskav, imajo številni dejavniki pomembno vlogo na sestavo višjih maščobnih kislin v olju, ki ga pridobimo iz rastlinskih virov. Zaradi tega smo se odločili, da bomo v diplomski nalogi proučili vpliv nekaterih dejavnikov na maščobno kislinsko sestavo lanenega semena.

1.1 NAMEN DELA

Namen diplomske naloge je ugotoviti :

- kako dodatno gnojenje zemljišča za pridelavo lanu z mineralnimi gnojili – NPK (15-15-15) in KAN (27 % N) vpliva na sestavo višjih maščobnih kislin, vsebnost skupnih maščob in vode.
- kako rok spravila vpliva na sestavo višjih maščobnih kislin, skupnih maščob in vode.

1.2 DELOVNI HIPOTEZI

Pred začetkom dela smo si zastavili hipotezi:

- pričakujemo, da bo dodatno gnojenje z NPK in KAN vplivalo na vsebnost skupnih maščob, višjih maščobnih kislin in vode v lanenem semenu, in sicer tako, da bo povečalo njihovo vsebnost.
- pričakujemo, da bo rok spravila vplival na vsebnost skupnih maščob, višjih maščobnih kislin in vode v lanenem semenu, in sicer tako, da se bo v poznejšem roku spravila njihova vsebnost povečala.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZNANSTVENA KLASIFIKACIJA LANU

V družino lanovk spada približno 200 vrst zelnatih, grmastih in le izjemoma drevesnih rastlin. Med vsemi vrstami je po svetu najbolj razširjen navadni lan.

Znanstvena klasifikacija (USDA, 2015):

- Kraljestvo: Plantae (rastline)
- Deblo: Magnoliophyta (semenke)
- Razred: Magnoliopsida (dvokaličnice)
- Red: Malpighiales
- Družina: Linaceae (lanovke)
- Rod: *Linum* L.
- Vrsta: *Linum usitatissimum* (navadni lan)

2.2 POGOJI ZA RAST LANU

Lan izvira iz Sredozemlja, Male Azije in severovzhodne Afrike. Lan se prideluje zlasti v zmerno suhem in toplim podnebju.

Lan, ki se je uporabljal v raziskavi, izvira iz Bele krajine. Na rast lanu ima pomemben vpliv več dejavnikov:

- temperatura,
- količina vlage,
- medvrstna razdalja,
- dodatno gnojenje.

Lanu običajno ne gnojimo s hlevskim gnojem (le predposevek – v tem primeru mora biti gnoj dobro uležan, da ne pride do zaplevljenosti in okužb z glivičnimi boleznimi). Neposredno ga gnojimo z mineralnimi gnojili, kot so NPK (vir dušika, fosforja in kalija) in KAN (vir dušika). Ti minerali (dušik, kalij in fosfor) ugodno vplivajo na rast in količino pridelka, vendar moramo tudi pri tem dognojevanju iz predhodne analize tal ugotoviti potrebno količino gnojil za optimalno rast in sestavo lanenega semena, saj s preveliko količino naredimo več škode kot koristi (Kocjan Ačko, 1999; Kocjan Ačko, 2015).

2.3 VIDEZ LANU

Lan ima plitvo vretenasto korenino s številnimi stranskimi koreninami. Steblo je povoščeno in premera 0,5 do 3 mm. Listi, ki so sivi do modrozeleni, so suličasti in ozki brez peclja in so izmenično nameščeni na steblo. S starostjo porumenijo in sčasoma odpadejo z rastline.

Cvet sestavlja 5 venčnih listov (bele do modre barve), 5 čašnih listov, 5 prašnikov in 1 pestič. Po oploditvi se oblikujejo glavice (*capsulae*) s petimi predali, ki so okrogle, ovalne in na vrhu večinoma zašiljene. V vsakem predalu sta dva prekata, v vsakem je po eno seme, zato je v glavici 10 jajčastih, sploščenih, gladkih, bleščečih, rumenih do temno rjavih semen z rahlo zavitim vrhom (slika 1) (Kocjan Ačko, 1999; Kocjan Ačko, 2015).



Slika 1: Semena lanu (foto: Hari S.)

2.4 DOZOREVANJE, SPRAVILO IN SHRANJEVANJE LANU

Pri lanu poznamo štiri vrsti zrelosti (Kocjan Ačko, 1999; Kocjan Ačko, 2015):

- zgodnjo zeleno zrelost,
- zgodnjo rumeno zrelost,
- polno rumeno zrelost
- polno zrelost stebel.

Zelena zrelost nastopi, ko začnejo rumeneti spodnji listi, semena v mehkih glavicah pa so takrat v mlečni zrelosti. V polni rumeni zrelosti, ko žanjemo lan namenjen za predelavo v olje, glavice potemnijo in večina listov odpade. Takrat so semena trda, rjava in popolnoma zrela (Kocjan Ačko, 1999; Kocjan Ačko, 2015).

Oljni lan se lahko žanje ročno ali z žitnim kombajnom. Če uporabljamo žitni kombajn morajo biti rastline popolnoma suhe (Ogorelec, 2011).

Laneno seme je potrebno za shranjevanje osušiti pri 70 °C na 8 do 10 % vlažnost (Kocjan Ačko, 1999; Kocjan Ačko, 2015).

Svetovna proizvodnja lanu za seme je leta 2013 po statistiki FAOSTAT znašala 2.238.938 ton. Pridelek variira od 1 do 4 tone/ha odvisno od uporabljene agrotehnike. Največje

pridelovalke lanenega semena v letu 2012 so bile Kanada, Kitajska, Rusija, Poljska, Češka in Francija (FAOSTAT, 2015).

V Sloveniji so v preteklih stoletjih gojili lan predvsem za pridobivanje lanene preje, kar je opisal že Janez Vajkard Valvasor (1641–1693) v Slavi vojvodine Kranjske. Po statističnih podatkih je bilo v drugi polovici 18. stoletja na Slovenskem z lanom zasejanih približno 6000 ha njiv. Danes je pridelava lanu na že skoraj povsem zamrla – le še redke kmetije v Beli krajini se ukvarjajo z lanarstvom zaradi ohranjanja tradicije (Kocjan Ačko, 2015).

2.5 ODZIV LANU NA GNOJENJE Z N, P, K V JUŽEM IN OSREDNJEM ČILU (Berti in sod., 2009)

2.5.1 Osnovna dejstva o raziskavi

Poskus, v katerem so Berti in sod. (2009) proučevali vpliv gnojenja lanu z N, P in K (NPK) na velikost pridelka ter količino in sestavo olja je potekal v južnem in osrednjem Čilu, na dveh lokacijah:

- Chillán – tukaj je poskus potekal v rastnih sezonah 2004 – 2005 in 2005 – 2006.
- Osorno – tukaj je poskus potekal v rastnih sezonah 2004 – 2005 in 2006 – 2007.

Gostota setve semen sorte Nekoma, ki jih je proizvedla North Dakota State University (ZDA), je bila 35 kg/ha. Ročno so posejali 4 vrste dolge 5 m in z medvrstnim razmikom 20 cm. V Chillánu so sejali 24. avgusta in 5. septembra, v Osornu pa 22. avgusta in 12. septembra.

Dodatno gnojenje ob setvi pri sejanju z naslednjimi količinami posamičnega gnojila:

- N v obliki uree (0, 100, 200, 300 kg/ha)
- P v obliki P_2O_5 (0, 100, 200 kg/ha)
- K v obliki K_2O (0, 150 kg/ha)

Žetev so opravili zadnji teden januarja in prvi teden februarja, ko je bilo 90 % glavic rjavih. Po žetvi so rastline povezali v snope in jih pred mlatenjem pustili 4 dni ležati v sušilniku, da so se posušile. Za vse poskuse so vzeli semena iz 2 m dveh sredinskih vrst. Puljenje so izvajali tako v zeleni in rumeni zrelosti. Vsi zaključki, ki so jih podali po končanih analizah, so podani za stopnjo tveganja 5 %, kar pomeni, da s 95-odstotno verjetnostjo lahko trdimo, da so statistično značilni (Berti in sod., 2009).

2.5.2 Višje maščobne kisline

Višje maščobne kisline so določali v dveh paralelkah kot njihove metilne estre (FAME) s plinskim kromatografom Varian 3900, ki je bil opremljen z plamenskim ionizacijskim detektorjem (FID). Za analizo so uporabljali kapilarno kolono CP-WAX 52 CB z dimenzijami 30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m. Temperatura kolone se je gibala med 120 °C in

240 °C v treh stopnjah: 120 °C za 3 min, postopno dvigovanje temperature za 3 °C/min do 210 °C, na kateri je potekala 55 min in končno še dvigovanje temperature za 15 °C/min do 240 °C, pri kateri je ločitev nato potekala še 55 min. Temperatura detektorja je bila nastavljena na 300 °C, injektorja pa na 200 °C, s pretokom nosilnega plina 1 ml/min. Kot standard so uporabljali metil oleat, metil linoleat in metil linolenat (Berti in sod., 2009).

Preglednica 1: Vpliv dušika na masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (Berti in sod., 2009: 150)

Količina dušika (kg/ha)	Vpliv dušika na masni delež višjih maščobnih kislin		
	% oleinske kisline	% linolne kisline	% α -linolenske kisline
0	20,01	19,78	50,82
100	19,35	20,09	51,08
200	19,63	20,07	51,40
300	20,00	19,78	51,98

Rezultate so statistično obdelali s statističnim testom ANOVA (analiza variance), ki ni pokazal statistično značilnih razlik med rezultati glede na količino dodanega dušika. Na podlagi teh rezultatov so napravili zaključek, da niti N, niti P, niti K posamično, niti njihove kombinacije ne vplivajo na masni delež oleinske, linolne in α -linolenske kisline. Takšen vpliv je bil pričakovan, saj je bila zemlja, na kateri so opravljali poskus, že naravno bogata z vsemi elementi (Berti in sod., 2009).

2.5.3 Skupne maščobe

Vsebnost skupnih maščob so določali z NMR na 40 ml posušenih semen. Vsebnost skupnih maščob so podali kot v suhi snovi vzorca (%). Takšen postopek je standarden za določanje skupnih maščob v semenih oljnic.

Rezultati analize so bili naslednji:

Naraščajoča količina dodanega dušika je zmanjšala vsebnost olja iz 417 g/kg (41,7 %) na 402 g/kg (40,2 %). Glede tega je bila postavljena hipoteza »razredčevalnega učinka«, ki pravi, da lahko nizke in visoke koncentracije dodanega N spremenijo sestavo semen oljnih rastlin in s tem tudi količino olja in beljakovin. Po trenutnih dognanjih dušik pospeši rast rastline, upočasni pa rast in dozorevanje zrn. V semenu se zato v večjih količinah akumulirajo komponente, kot so beljakovine in škrob, in zmanjšujejo količino skupnih maščob. Na vsebnost skupnih maščob prav tako nista imela vpliva gnojenje s P in K (Berti in sod., 2009).

2.6 VPLIV ČASA SPRAVILA IN GNOJILA NA MAŠČOBNO KISLINSKO SESTAVO IN NEKATERE FIZIKALNO KEMIJSKE LASTNOSTI LANENEGA SEMENA (*Linum usitatissimum* L.) (Yalcin in sod., 2010)

2.6.1 Osnovna dejstva o tej raziskavi

Raziskava je potekala leta 2008 in 2009 na raziskovalni kmetiji Çumra Vocational High School, Selçuk University. Za eksperiment so Yalcin in sod. (2010) uporabili kultivar lanenega semena Sarı 85 (*Linum usitatissimum* L.), ki ga je proizvedla agronomska fakulteta Univerze v Ankari. Seme so v obeh letih posejali 11. maja in poželi 30. julija. Vsako leto so poskus izvedli v 3 ponovitvah. Leta 2008 so seme posejali brez dodatnega gnojenja (LS-08), leta 2009 pa so prvič posejali brez dodatnega gnojenja (LS-09), drugič pa so zemljo dodatno gnojili (LSF-09) z diamonijevim fosfatom $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, ki so ga dodali v količini 50 kg/ha kot vir fosforja in z amonijevim nitratom NH_4NO_3 , ki so ga dodali kot vir dušika. Glede vsebnosti višjih maščobnih kislin so prišli do naslednjega zaključka:

- Dodatno gnojenje je imelo statistično značilen vpliv le na delež oleinske maščobne kisline. Njen delež se je pri dodatnem gnojenju zmanjšal.
- Pri palmitinski, stearinski, linolni in α -linolenski maščobni kislini dodatno gnojenje ni imelo statistično značilnega vpliva na njihov delež.
- Na vsebnost skupnih maščob je dodatno gnojenje imelo statistično značilen vpliv, in sicer se je vsebnost pri dodatnem gnojenju povečala.

Dodatek N in P bi se po njihovem mnenju priporočal za višjo vsebnosti skupnih maščob (Yalcin in sod., 2010).

2.6.2 Neposredne analize

2.6.2.1 Analiza višjih maščobnih kislin

Sestava višjih maščobnih kislin vzorcev je bila narejena v skladu s katalogom družbe Agilent Technologies. Za analizo so bili vzorci ekstrahirani z etrom, shranjeni v ependorfkah, iz katerih je bil nato odstranjen zrak in nadomeščen z dušikom. Do analize so bili vzorci hranjeni na $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. 100 mg olja so za analizo saponificirali z dodatkom 100 μl 2M KOH, zmesi pa so dodali še 3 ml heksana. Zmes so nato 1 minuto temeljito mešali na vortex mešalniku, nato pa centrifugirali 5 min. pri 5000 obr./min. Maščobno kislinsko sestavo so določili s pomočjo plinske kromatografije (GC) s plamenskimi ionizacijskim detektorjem (FID) in kapilarno kolono ID HP-88, ki je imela dimenzije 100 m x 0,25 mm. Temperatura injektorja je bila $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperaturni režim ločevanja je bil naslednji: $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 1 min, nato dvig iz $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ s hitrostjo $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, iz $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $215\text{ }^{\circ}\text{C}$ s hitrostjo $2,75\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ in končno še $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 5 min. Nosilni plin je bil helij s hitrostjo pretoka 2 ml/min,

stopnja ločitve pa 1/50. Maščobne kisline so bile določene s primerjavo retenzijskih časov znanih standardov (Yalcin in sod., 2010). Rezultate so podali v odstotkih (%) kot naslednje razmerje: g maščobne kisline/100 g skupnih maščobnih kislin (%).

Preglednica 2: Masni deleži višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (Yalcin in sod., 2010: 201)

VMK	Masni deleži višjih maščobnih kislin (%)		
	LS-08 ¹	LS-09 ²	LSF-09 ³
Palmitinska	7,03 ^a ± 0,6	5,30 ^b ± 0,0	5,64 ^b ± 0,1
Stearinska	6,62 ^a ± 0,3	5,37 ^b ± 0,0	5,27 ^b ± 0,0
Oleinska	23,1 ^a ± 0,5	20,8 ^b ± 0,6	19,5 ^c ± 0,3
Linolna	11,8 ^a ± 0,3	11,5 ^a ± 0,2	11,8 ^a ± 0,3
α-linolenska	50,1 ^b ± 1,4	55,9 ^a ± 1,0	56,9 ^a ± 0,6

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

LS-08¹: leto gojenja 2008 brez dodatnega gnojenja

LS-09²: leto gojenja 2009 brez dodatnega gnojenja

LSF-09³: leto gojenja 2009 z dodatnim gnojenjem

Kot je razvidno iz preglednice 2 je med vzorci gojenimi brez dodatnega gnojenja (LS-08 in LS-09) statistično značilna razlika med palmitinsko, stearinsko, oleinsko in α-linolensko kislino. Medtem ko so se leta 2009 v primerjavi z letom 2008 masni deleži palmitinske, stearinske in oleinske kisline zmanjšali, se je masni delež α-linolenske kisline v tem letu povečal.

Dodatek gnojila je imel sledeči vpliv na masne deleže VMK (primerjava LS-09 in LSF-09):

- α-linolenska: Te kisline je največ v LSF-09, a se ta masni delež statistično značilno ne razlikuje od LS-09,
- oleinska: Te je v LSF-09 statistično značilno manj kot v LS-09,
- linolna: Na njen masni delež dodatno gnojenje ni imelo statistično značilnega vpliva.,
- palmitinska: Na njen masni delež dodatno gnojenje ni imelo statistično značilnega vpliva,
- stearinska: Na njen masni delež dodatno gnojenje ni imelo statistično značilnega vpliva.

Dodatno gnojenje po njihovem mnenju ni potrebno (Yalcin in sod., 2010).

2.6.2.2 Analiza vsebnosti skupnih maščob

Skupne maščobe so določili v skladu z mednarodno priznanimi metodami AOAC International. Rezultate so podali kot odstotek skupnih maščob v vlažni teži vzorca.

Preglednica 3: Rezultati analize vsebnosti skupnih maščob v lanenem semenu (Yalcin in sod., 2010: 199)

	Vsebnost skupnih maščob (%)
LS-08	42,6 ^a ± 1,62
LS-09	35,54 ^b ± 0,70
LSF-09	42,18 ^a ± 0,43

LS-08¹: leto gojenja 2008 brez dodatnega gnojenja

LS-09²: leto gojenja 2009 brez dodatnega gnojenja

LSF-09³: leto gojenja 2009 z dodatnim gnojenjem

Če primerjamo rezultate iz leta 2009 (Preglednica 3), ko je bil en vzorec vzgojen brez dodatnega gnojenja, eden pa z dodatnim gnojenjem, lahko vidimo, da je bila vsebnost skupnih maščob statistično značilno dosti višja v vzorcu, ki je bil gnojen. (Yalcin in sod., 2010) Tu se pojavi razlika z analizo vzorcev iz Južnega in osrednjega Čila (predstavljeno v 2.5.3). V tej raziskavi za razliko od tiste iz Čila namreč ni prišlo do »razredčevalnega« efekta.

2.7 VPLIV DATUMA SEJANJA IN DODATKA DUŠIKA NA PRIDELEK , SESTAVO SEMENA IN VIŠJE MAŠČOBNE KISLINE LANENEGA SEMENA (*Linum usitatissimum* L.) (Rahimi in sod., 2011)

Rahimi in sod. so raziskavo delali v obdobju 2006-2008 na raziskovalni postaji Islamske Univerze Azad v Yasouj-u v Iranu. V povzetku smo se osredotočili le na vpliv dodatka dušika na vsebnost skupnih maščob in sestavo višjih maščobnih kislin. Uporabili so sorto lanenega semena Olay ozon. Na polju velikosti 6 x 2,4 m so posejali 12 vrst, z medvrstno razdaljo 20 cm. Dušik so dodajali v količini 0, 50, 100 in 150 kg/ha. Hkrati so dodali tudi P in K glede na priporočila za pridelovanje lanu. Vzorce so pred analizo 48 ur sušili na 70 °C (Rahimi in sod., 2011).

2.7.1 Določitev višjih maščobnih kislin

Višje maščobne kisline so določili kot njihove metilne estre z uporabo plinskega kromatografa Agilent 6890 N, ki je bil opremljen s kapilarno kolono DB-23, ki je imela dimenzije 60 m x 0,25 µm, in FID detektorjem.

Pogoji, pri katerih je potekala ločitev so bili sledeči:

- nosilni plin: He z pretokom 1,2 ml/min.,
- temperatura injektorja in detektorja: 250 °C,
- temperatura ločitve: 165 °C za 15 min., nato postopen dvig 200 °C s hitrostjo 5 °C/min. Na 200 °C je ločitev nato potekala še 15 min,

- volumen injiciranega vzorca: 1 μ l,
- ločevalni faktor: 1:50.

Višje maščobne kisline so identificirali s pomočjo retenzijskih časov v primerjavi z retenzijskimi časi standardov - metilnih estrov.

Podatke so analizirali z analizo variance in tam, kjer je stopnja tveganja (5 %) pokazala statistično značilne razlike, so nato uporabili še Duncan's multiple range test oz. Duncan-ov test mnogoterih primerjav (DMRT oz. ANGL). Rezultati so podani kot povprečje vseh let (Rahimi in sod., 2011).

Preglednica 4 : Vpliv dušika na količino VMK v lanenem semenu (Rahimi in sod., 2011: 63)

Dodatek dušika (kg/ha)	Vpliv dušika na količino VMK v lanenem semenu		
	% linolne kisline	% oleinske kisline	% α -linolenske kisline
0	14,6 ^b	20,6 ^a	50,3 ^d
50	14,7 ^b	20,3 ^b	51,1 ^c
100	15,1 ^a	19,8 ^c	52,2 ^b
150	15,1 ^a	19,5 ^d	52,6 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Ugotovili so, da dognojevanje z dušikom vpliva na statistično značilno višjo vsebnost linolne kisline (povečuje se do 100 kg N/ha) in statistično značilno višji masni delež α -linolenske kisline, ki je najvišja pri maksimalnem gnojenju. Vsebnost oleinske kisline pa se z dodatkom gnojila statistično značilno zmanjšuje. Dodatno gnojenje bi se po njihovem mnenju (za optimalno vsebnost α -linolenske kisline, ki je zastopana v največjem masni deležu), priporočalo v količini 150 kg N/ha (Rahimi in sod., 2011).

2.7.2 Določanje skupnih maščob

Vsebnost skupnih maščob so določili kot odstotek le teh v suhi snovi.

Preglednica 5: Vpliv dodatnega gnojenja z dušikom na vsebnost skupnih maščob v lanenem semenu (Rahimi in sod., 2011: 63)

	Vpliv dodatnega gnojenja z dušikom na vsebnost skupnih maščob v lanenem semenu
Dodatek dušika(kg/ha)	Vsebnost skupnih maščob v s.s. (%)
0	30,5 ^a
50	30,5 ^a
100	27,7 ^b
150	26,8 ^b

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Dodatek dušika pri 50 kg/ha nima statistično značilnega vpliva pri višjih vsebnostih pa statistično značilno zniža vsebnost skupnih maščob, zato dodatno gnojenje po njihovem mnenju za čim večjo vsebnost skupnih maščob ni potrebno (Rahimi in sod., 2011).

2.8 PLINSKA KROMATOGRAFIJA

Plinsko kromatografijo uvrščamo v skupino porazdelitvenih analiz. Temelji na različni porazdelitvi uplinjenih snovi med stacionarno fazo (tekočo ali trdno), ki je lahko film tekočine na nosilcu ali steni, in mobilno (plinsko) fazo. Zaradi različnih porazdelitvenih koeficientov posameznih komponent vzorca pride do njihove ločitve. S plinsko kromatografijo lahko ločujemo tiste komponente, ki so hlapne v območju od 50 °C do 350 °C (Prošek, 1992).

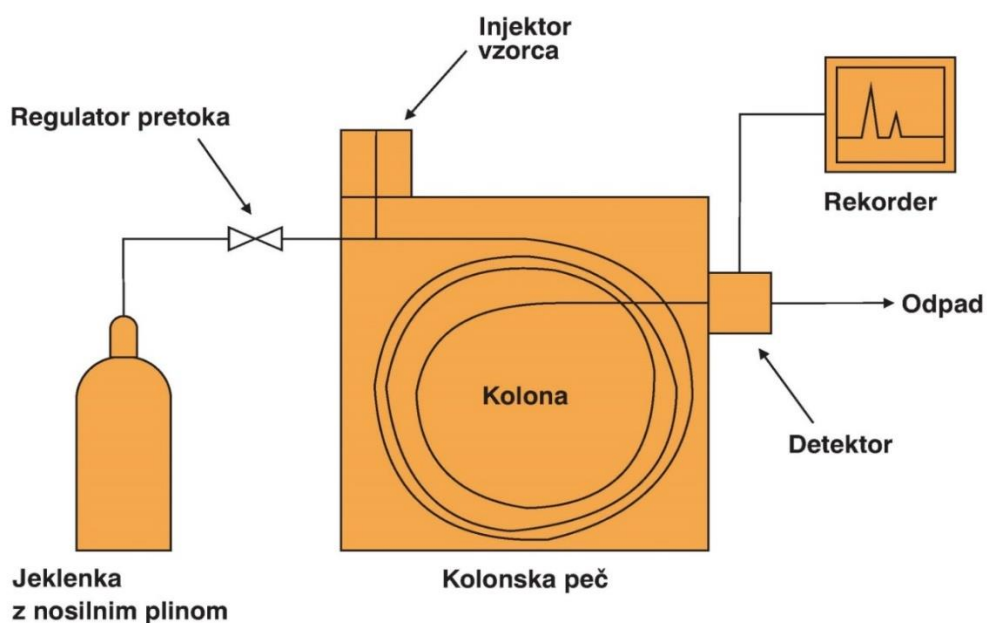
Osnovni sestavni deli plinskega kromatografa so (Prošek, 1992):

- injektor – v njem se vzorec uplini in nosilni plin ga odnese v kolono.
- separacijska kolona. Običajno je narejena iz kvarčnega stekla, ki ni lomljivo. V uporabi sta dva tipa separacijske kolone: (Prošek, 1992): i) pakirana kolona – kolona je napolnjena z drobnimi delci diatomejske zemlje. Vsak delec je pokrit s tankim filmom stacionarne faze. Premer kolone je 4 do 9 mm, dolžina pa 30 do 100 cm, ii) kapilarna kolona pri kateri je s stacionarno fazo je prekrita stena kolone. Njen premer je 0,2 – 0,5 mm, dolžina pa 10 – 100 m. Ločitev je pri njej boljša kot pri pakirani koloni, saj se mobilna faza vodi čez stacionarno fazo v laminarnem toku, zato na ločitev ne vplivata mešanje in difuzija, ki se pojavljata pri pakirani koloni. Njena slaba stran je, da ne moremo dozirati velikih količin vzorca, kar je potrebno pri zelo razredčenih vzorcih (obstajajo posebni postopki za rešitev te težave). Pri našem delu smo uporabljali kapilarno kolono Supelco _ SPB PUFA, ki je imela naslednje dimenzije: 30 m x 0,25 mm x 0,2 µm (spletna stran dobavitelja Sigma-Aldrich).



Slika 2: Kapilarna kolona Supelco_SPB PUFA (Sigma Aldrich, 2015)

- detektor. Z njegovo pomočjo ovrednotimo komponente po končani ločitvi v koloni. V plinski kromatografiji se uporablja več različnih detektorjev. Eden izmed najpogostejše uporabljenih, ki smo ga pri delu uporabljali tudi mi, je FID oz. plamensko ionizacijski detektor. Njegova prednost je, da zaznava organske spojine do mase 0,1 pg (FFA UNI LJ, 2015). Skozi šobo v detektor dovajamo zmes zraka in vodika, ki gori. Šoba predstavlja eno elektrodo, drugo pa platinska mrežica ob vrhu plamena. Ionski tok vodikovega plamena je zelo nizek. Le ta se poviša, ko se v njem pojavijo snovi iz kolone. Detektor to zazna kot povišan električni signal, ki se nato ojača in zapiše na rekorderju.
- rekorder. Ta zapiše podatke, ki jih prejme iz detektorja in nam s tem omogoči, da imamo podatke o ločitvi zbrane na enem mestu.



Slika 3 : Shema plinskega kromatografa (FFa, 2015)

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 MATERIAL ZA POSKUS

Podatki poskusa

Velikost osnovne parcele: 4,94 m x 0,96 m = 4,74 m²

12 vrst, medvrstna razdalja: 8 cm

Razmak med parcelami: 0,5 m

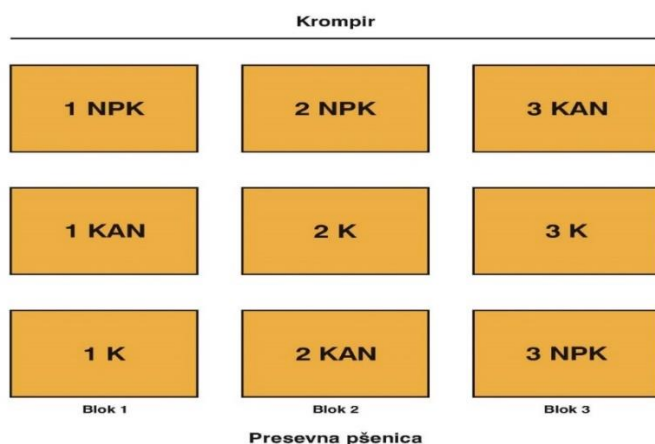
Širina poskusa: 4,6 m

Dolžina poskusa: 17 m

Parcele so bile izžrebane naključno.

Uporabljena gnojila za dodatno dognojevanje

- **KAN** (27% N) : 148,1 kg KAN/ha oz. 70 g KAN/parcelo. Gnojilo predstavlja vir dušika. Polovica dušika je v nitratni obliki, ki je rastlinam hitro dostopna, druga polovica pa je v amonijski obliki, ki se veže na talne delce in je rastlinam na razpolago dalj časa. (Agroruše, 2016a)
- **NPK** (15-15-15) : 266,7 kg NPK/ha oz. 156 g NPK/parcelo. NPK 15-15-15 je sestavljeno mineralno gnojilo, ki omogoča osnovno preskrbo z dušikom, fosforjem in kalijem. Številke 15-15-15 pomenijo masni delež hranil na 100 g izdelka:
 - i) 15 % dušika – polovica je v nitratni obliki, ki je rastlinam hitro dostopna, druga polovica je v amonijski obliki, ki se veže na talne delce in je rastlinam na razpolago dalj časa,
 - ii) 15 % fosforja v obliki fosforjevega pentoksida (P₂O₅),
 - iii) 15 % kalija v obliki kalijevega oksida (K₂O) (Agroruše, 2016b).



Slika 4: Načrt poskusa

Laneno seme za poskus so na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani dobili iz Bele krajine in ga nato posejali ter vzgojili na eksperimentalnem polju na Biotehniški fakulteti. Poskus so izvajali v letih 2010– 2012 po naslednjem sistemu:

1.) Leto 2010

Setev: 9.4.2010

Vznik: 17.4.2010

Gostota: 1800 semen/m² oz. 153 kg semen/ha

Velikost osnovne parcele: 4,74 m², 12 vrst, medvrstna razdalja 8 cm.

Dodatno gnojenje se je vršilo 23.4.2010 s **40 kg N/ha**

- **KAN** (27 % N) : 148,1 kg KAN/ha oz. 70 g KAN/ parcelo
- **NPK** (15-15-15) : 266,7 kg NPK/ha oz. 156 g NPK/parcelo (s tem je bilo dodano tudi 40 kg P/ha in 40 kg K/ha)
- Na eni parceli niso dodatno gnojili (kontrola (K)).

Spravilo je potekalo v dveh rokih:

- puljenje v zeleni zrelosti 29.6.2010, smukanje glavic 13.7.2010 (rok 1)
- puljenje v rumeni zrelosti 6.7.2010, smukanje glavic 20.7.2010 (rok 2)

Pri obeh rokih je med puljenjem lanu in smukanjem glavic lan 15 dni ležal razprostrt na pokošeni travi.

Preglednica 6: Material za delo - leto 2010

Material za delo - leto 2010		
Vzorec	Gnojenje	Rok spravila
1	KAN	1
2	KAN	1
3	KAN	1
4	KAN	2
5	KAN	2
6	KAN	2
7	KONTROLA	1
8	KONTROLA	1
9	KONTROLA	1
10	KONTROLA	2
11	KONTROLA	2
12	KONTROLA	2
13	NPK	1
14	NPK	1
15	NPK	1
16	NPK	2
17	NPK	2
18	NPK	2

2.) Leto 2011

Setev: 20.4.2011

Vznik: 29.4.2011

Gostota: 1800 semen/m² oz. 153 kg semen/ha

Velikost osnovne parcelie: 4,74 m², 12 vrst, medvrstna razdalja 8 cm.

Dodatno gnojenje se je vršilo 6.5.2011 s **40 kg N/ha**

- **KAN** (27 % N): 148,1 kg KAN/ha oz. 70 g KAN/ parcelo
- **NPK** (15-15-15): 266,7 kg NPK/ha oz. 156 g NPK/parcelo (s tem je bilo dodano tudi 40 kg P/ha in 40 kg K/ha)
- Na eni parceli niso dodatno gnojili (kontrola (K)).

Spravilo je potekalo v 2 rokih:

- puljenje v zeleni zrelosti 28.6. in 29.6.2011, smukanje glavic 18.7.2011
- puljenje v rumeni zrelosti 22.7.2011, smukanje glavic 2.8.2011

Pri obeh rokih je med puljenjem lanu in smukanjem glavic lan 15 dni ležal razprostrt na pokošeni travi.

Preglednica 7: Material za delo - leto 2011

Material za delo - leto 2011		
Vzorec	Gnojenje	Rok spravila
19	KAN	1
20	KAN	1
21	KAN	1
22	KAN	2
23	KAN	2
24	KAN	2
25	KONTROLA	1
26	KONTROLA	1
27	KONTROLA	1
28	KONTROLA	2
29	KONTROLA	2
30	KONTROLA	2
31	NPK	1
32	NPK	1
33	NPK	1
34	NPK	2
35	NPK	2
36	NPK	2

3.) Leto 2012

Setev: 19.4.2012

Vznik: 28.4.2012

Gostota: 1800 semen/m² oz. 153 kg semen/ha

Velikost osnovne parcele: 4,74 m², 12 vrst, medvrstna razdalja 8 cm.

Dodatno gnojenje se je vršilo 22.5.2012 s **40 kg N/ha**

- **KAN** (27 % N): 148,1 kg KAN/ha oz. 70 g KAN/ parcelo
- **NPK** (15-15-15): 266,7 kg NPK/ha oz. 156 g NPK/parcelo (s tem je bilo dodano tudi 40 kg P/ha in 40 kg K/ha)
- Na eni parceli niso dodatno gnojili (kontrola (K)).

Spravilo je potekalo v 2 rokih:

- Puljenje v zeleni zrelosti 3.7.2012, smukanje glavic 18.7.2012
- Puljenje v rumeni zrelosti 18.7.2012, smukanje glavic 7.8.2012

Pri obeh rokih je med puljenjem lanu in smukanjem glavic lan 15 dni ležal razprostrt na pokošeni travi.

Preglednica 8: Material za delo - leto 2012

Material za delo - leto 2012		
Vzorec	Gnojenje	Rok spravila
37	KAN	1
38	KAN	1
39	KAN	1
40	KAN	2
41	KAN	2
42	KAN	2
43	KONTROLA	1
44	KONTROLA	1
45	KONTROLA	1
46	KONTROLA	2
47	KONTROLA	2
48	KONTROLA	2
49	NPK	1
50	NPK	1
51	NPK	1
52	NPK	2
53	NPK	2
54	NPK	2

Kemikalije uporabljene v poskusu:

i) za določitev VMK

- interni standard heptadekanojske oz. margarinske kisline (C 17:0)
- diklormetan (CH₂Cl₂)
- 0,5 M NaOH
- BF₃ v metanolu
- 10 % raztopina NaCl
- heksan

- metanol

ii) za določitev skupnih maščob

- 4 M HCl, ki jo pripravimo iz koncentrirane (36 %) HCl
- petroleter

3.2 METODE DELA

3.2.1 Določanje vsebnosti vode

Čist in označen steklen tehtič sušimo 1 h pri 130 °C. Po končanem sušenju ga položimo v eksikator in počakamo 1 h, da se ohladi. Nato ga tehtamo in si natančno zapišemo njegovo maso (m_1). Vanj zatehtamo okoli 5 g zrnatega vzorca lanu (slika 4) in si natančno zapišemo zatehto (m_3). Tehtič z vzorcem sušimo 1,5 h pri 105 °C. Po končanem sušenju damo tehtič v eksikator, v katerem ga pustimo 1 h, da se ohladi in ga nato ponovno tehtamo (m_2).



Slika 5: Tehtanje vzorca za določanje vsebnosti vode (foto: Hari S.)

Odstotek vode izračunamo po enačbi :

$$\% \text{ vode} = (m_2 - m_1)/m_3 \quad \dots(1)$$

m_1 = masa praznega označenega, posušenega in ohlajenega tehtiča (g)

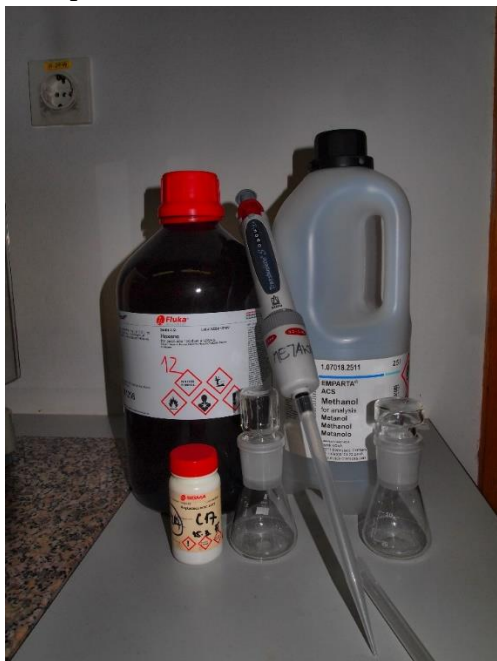
m_2 = masa tehtiča + vzorca po sušenju in hlajenju (g)

m_3 = zatehta vzorca zrnatega lanu (g)

3.2.2 Določanje višjih maščobnih kislin

Priprava raztopine internega standarda (IS)

Zatehtamo približno 0,1200 g internega standarda (heptadekanojske oz. margarinske kisline-C17:0). Nato dodamo 4,8 ml metanola in 2,4 ml heksana ter stehtamo. Tako pripravljeno raztopino hranimo v hladilniku do analize (KTPV, 2012).



Slika 6: Kemikalije potrebne za pripravo internega standarda (foto: Hari S.)



Slika 7: Tehtanje vzorca za analizo višjih maščobnih kislin (foto: Hari S.)

Določanje VMK

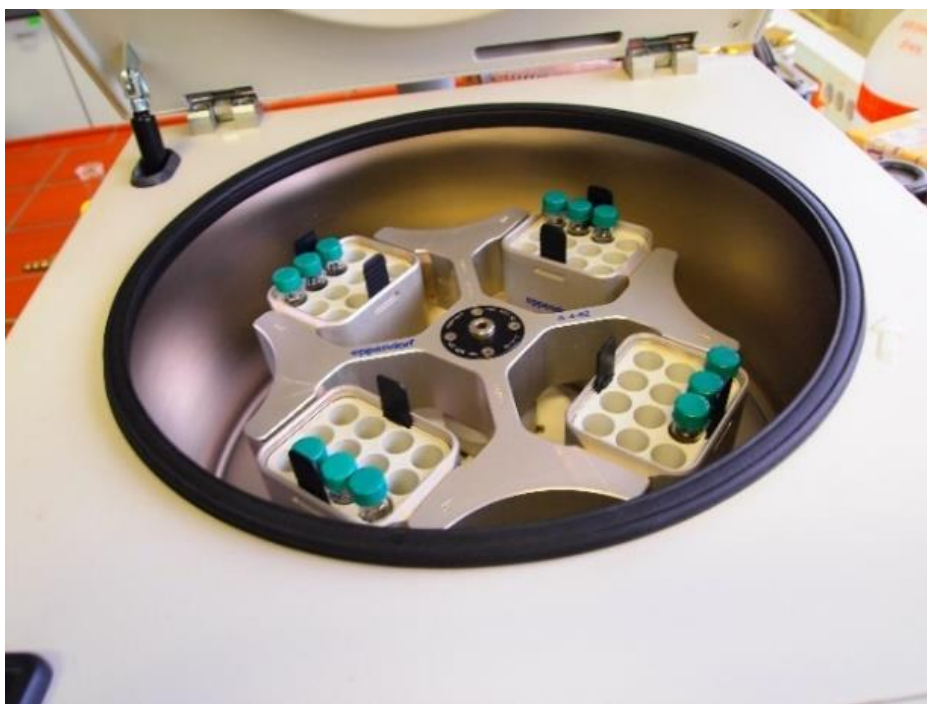
V 10 ml stekleno epruveto z navojem zatehtamo približno 100 mg vzorca zmletega lanenega semena (slika 6). Tehtnico stariramo na ničlo, nato dodamo 100 μ l internega standarda in odčitamo maso ($m_{IS \text{ v topilu}}$). Dodamo 300 μ l diklormetana (CH_2Cl_2) in 3 ml 0,5 M NaOH v metanolu. Premešamo in segrevamo v vodni kopeli 50 min pri 90 $^{\circ}C$. Po končanem segrevanju epruveto z navojem ohladimo pod vodo in dodamo 3 ml BF_3 v metanolu in ponovno segrevamo 10 min v kopeli pri 90 $^{\circ}C$. Epruveto ponovno ohladimo pod tekočo vodo. Nato dodamo 3 ml 10 % raztopine NaCl in 1,5 ml heksana. Dobro premešamo na vortex mešalniku. Centrifugiramo 5 minut pri 1500 obr./min (slika 13), da se vsebina loči na heksansko in vodno plast. Zgornjo heksansko plast odpipetiramo v označeno vialo in metilne estre maščobnih kislin določimo s plinsko kromatografijo. Če analize ne izvajamo takoj, vialo s heksansko fazo shranimo v hladilnici (KTPV, 2012).



Slika 8: Kemikalije za določitev VMK (foto: Hari S.)



Slika 9: Segrevanje vzorca (foto: Hari S.)



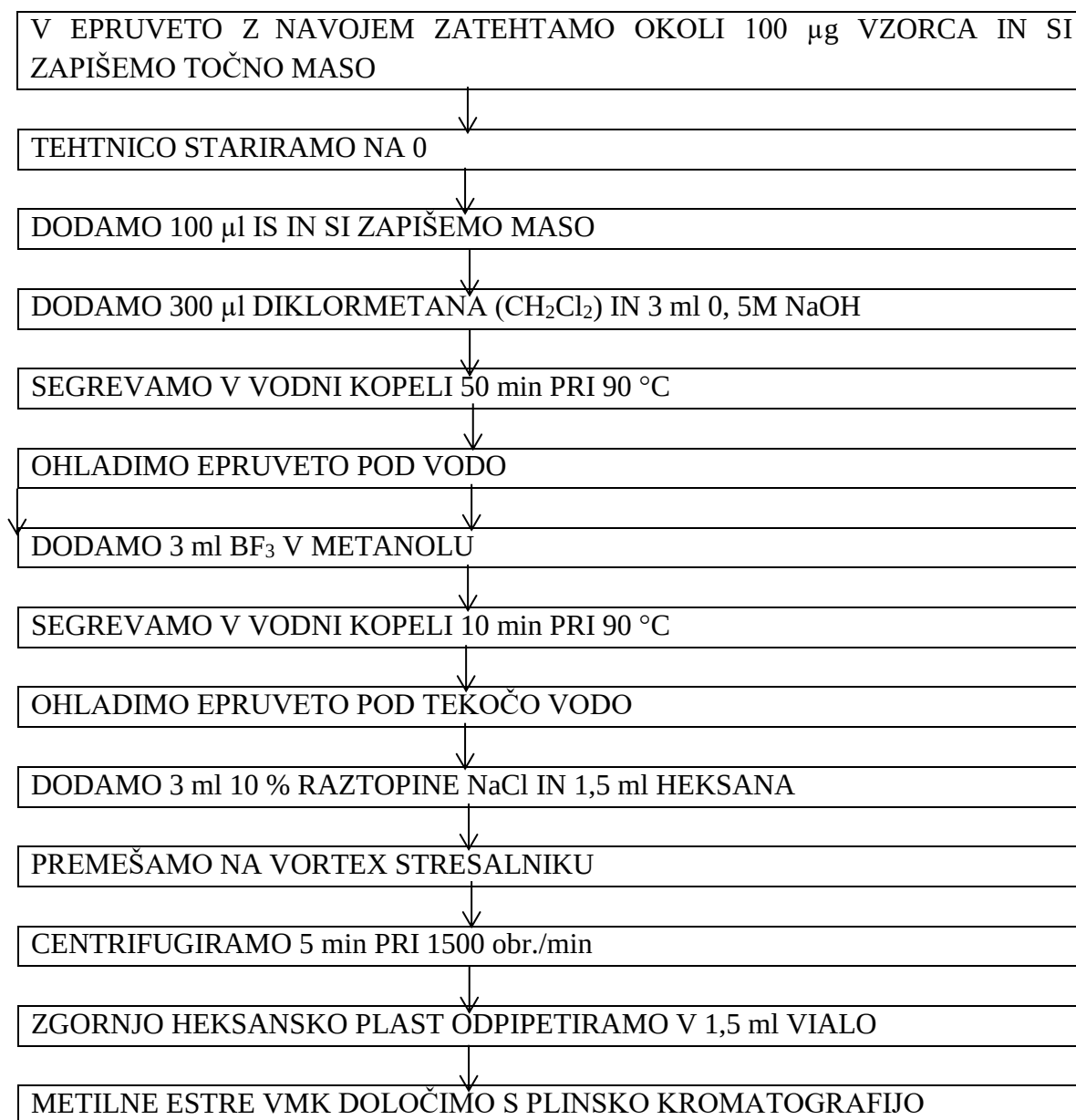
Slika 10: Centrifugiranje vzorcev (foto: Hari S.)



Slika 11: Razdelitev na faze (foto: Hari S.)



Slika 12: Plinski kromatograf Agilent Technologies 6890N (foto: Hari S.)



Slika 13: Shema določanja VMK kot njihovih metilnih estrov

Ločevanje in detekcija na plinskem kromatografu Agilent Technologies 6890 N sta potekala pri naslednjih pogojih:

- kolona: kapilarna SUPELCO_SPB PUFA (30 m x 0,25 mm x 0,2 µm),
- detektor: FID,
- temperatura kolone: 210 °C,
- temperatura injektorja: 250 °C,
- temperatura FID detektorja: 260 °C,
- tlak na injektorju: 31,6 psi oz. 2,18 bar,

- nosilni plin: He, pretok: 1 ml/min,
- pretok H₂: 40 ml/min,
- pretok N₂: 45 ml/min,
- pretok zraka: 450 ml/min,
- volumen injiciranja: 1,0 µl.

Za obdelavo podatkov iz plinskega kromatograma smo uporabili program GC Chem Station. Rezultate smo analizirali z analizo variance in tam, kjer je stopnja tveganja (5 %) pokazala statistično značilne razlike, smo nato uporabili še Duncan's multiple range test (DMRT test) oz. Duncan-ov test mnogoterih primerjav.

Količino posamezne maščobne kisline izračunamo po enačbi (KTPV, 2012):

$$C(\text{mg}/100\text{g}) = (A_i \times F_{Ai} \times m_{17} \times 100) / (A_{17} \times F_{ai17} \times m_{vz.}) \quad \dots(2)$$

C = koncentracija posamezne VMK (mg/100g)

A_i = površina posamezne VMK (/)

F_{Ai} = koeficient posamezne VMK (molska masa VMK/molska masa metilnega estra VMK)

m₁₇ = masa internega standarda (mg)

A₁₇ = površina internega standarda (/)

F_{Ai17} = koeficient internega standarda (molska masa C17:0/molska masa metilnega estra heptadekanojske kisline C17) = 0,9508

m_{vz} = masa vzorca (g)

3.2.3 Določanje skupnih maščob

Pri določanju skupnih maščob moramo uporabljati zaščitne rokavice, saj s tem zmanjšamo možnost kontaminacije.

Določanje skupnih maščob je sestavljeno iz dveh faz:

- razklop ali hidroliza vzorca,
- ekstrakcija maščob iz vzorca

Razklop vzorca sestoji iz osmih korakov (KTMVŽ in FOSS, 2015):

1. V lončke za razklop, kamor predhodno namestimo filtre, zatehtamo ustrezno količino primerno homogeniziranega vzorca.

Za laneno seme je s strani proizvajalca (podjetje FOSS) aparature za hidrolizo (SoxCap™ 2047) priporočena zatehta 0,5 g, kar je ustrezno glede na pričakovano veliko vsebnost maščob v vzorcu.

2. V razklopno posodo nalijemo predhodno pripravljeno 4 M HCl do oznake »R«, nato v posodo položimo stojalo z razklopnimi lončki in preverimo, da HCl prekriva vzorce.
3. Na posodo položimo pokrov, namestimo cev za odsesavanje kisliniskih hlapov, odpremo ventil vakuumske črpalke in dotok vode za hlajenje ter vklopimo grelno ploščo na jakost 8.
4. Počakamo, da vsebina zavre in jo nato pustimo vreti 1h.
5. Po 1h vrenja grelno ploščo izklopimo.
6. Hidrolizno raztopino odstranimo z vakuumom. Vzorce speremo z vodo 15-krat in pri tem merimo pH, ki mora biti na koncu nevtralen.
7. Mokre razklopne lončke položimo na papir, da se filtri nekoliko osušijo (papir večkrat zamenjamo). Na vrh vsakega filtra pazljivo namestimo vato.
8. Tako pripravljene lončke pustimo čez noč v sušilniku pri 60 °C.



Slika 14: Lonček za razklop z vzorcem (foto: Hari S.)



Slika 15: Aparatura za hidrolizo »FOSS SoxCap™ 2047« (foto: Hari S.)

Ekstrakcijo maščob, ki jo izvajamo na Soxtec™ 2050 podjetja FOSS, iz hidroliziranega vzorca lahko razdelimo v 4 faze (KTMVŽ in FOSS, 2015):

1. vrenje
2. izpiranje
3. zbiranje topila
4. dvig lončkov z ekstrahiranim materialom nad grelno ploščo, kar prepreči morebitno oksidacijo maščob.

Podrobnejši opis ekstrakcije sestoji iz sedmih korakov (KTMVŽ in FOSS, 2015):

1. S številkami označene steklene ekstrakcijske lončke, v katere damo nekaj vrelnih kroglic, sušimo 2 uri pri 105 °C. Po končanem sušenju jih s posebnimi kleščami previdno prenesemo v eksikator, počakamo, da se ohladijo in jih stehtamo (ta masa je v izračunu m_1).
2. Lončke za razklop, ki smo jih sušili čez noč, pokrijemo na vrhu s celuloznimi kapicami. Nato namestimo vato še s spodnje strani tako, da je filter na sredini lončka.
3. Vklpimo ekstrakcijsko enoto, ki je sestavljena iz kontrolne in pogonske enote ter hladilnika. Na kontrolni enoti izberemo ustrezen program (1-stekleni lončki) in vklpimo gretje. S puščico kontroliramo dvig in spust ekstrakcijske enote.

4. Lončke za razklop z magnetki pritrdimo na ekstrakcijsko enoto, stehtane ekstrakcijske lončke položimo v posebno stojalo. Napolnimo jih z 80 ml petroletra ter stojalo previdno prenesemo v ekstrakcijsko enoto. Označiti si moramo, kateri ekstrakcijski lonček pripada kateremu lončku za razklop.
5. Na ekstrakcijski enoti spustimo zaščitno steklo ter zaženemo ekstrakcijo s pritiskom na gumb za start na kontrolni enoti.
6. Po končani ekstrakciji ekstrakcijske lončke previdno prenesemo v sušilnik in jih sušimo 45 min pri 105 °C.
7. Po končanem sušenju lončke ohladimo v eksikatorju in jih stehtamo (m_2).



Slika 16: Aparatura za ekstrakcijo FOSS Soxtec™ 2050 (foto: Hari S.)

Vsebnost skupne maščobe izračunamo po naslednji formuli:

$$\% \text{ maščobe} = (m_2 - m_1) / m_3 \quad \dots(3)$$

m_2 = masa ekstrakcijskega lončka + vrelnih kroglic + ekstrahirane maščobe (g)

m_1 = masa ekstrakcijskega lončka + vrelnih kroglic (g)

m_3 = masa zatehtanega zmletega lanenega semena (g)

Odstotek maščobe prerečunamo še na suho snov:

$$\% \text{ maščobe v s.s.} = \% \text{ maščobe} / \% \text{ s.s.} \quad \dots(4)$$

4 REZULTATI

4.1 VSEBNOST VODE

4.1.1 Vsebnost vode glede na uporabljeno gnojilo

Preglednica 9: Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na uporabljeno gnojilo

Gnojilo	Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na uporabljeno gnojilo	
	Voda (%)	Št. vzorcev
NPK	5,62 ^{ab}	36
KAN	5,64 ^a	36
kontrola	5,55 ^b	36

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vzorci gnojeni z KAN so vsebovali največjo vsebnost vode a se njena vsebnost vode a se njena vsebnost statistično značilno ne razlikuje od tiste pri gnojenju z NPK, statistično značilni najmanjšo vsebnost pa so imeli kontrolni vzorci.

4.1.2 Vsebnost vode glede na leto spravila

Preglednica 10: Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na leto

Leto	Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na leto	
	Voda (%)	Št. vzorcev
2010	5,55 ^b	36
2011	5,84 ^a	36
2012	5,42 ^c	36

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Statistično značilno največjo vsebnost vode so vsebovali vzorci iz leta 2011, statistično značilno najmanjšo vsebnost pa so imeli vzorci iz leta 2012.

4.1.3 Vsebnost vode glede na rok spravila

Preglednica 11: Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na rok spravila

Rok	Povprečna vsebnost vode v lanenem semenu glede na rok spravila	
	Voda (%)	Št. vzorcev
1	5,83 ^a	54
2	5,38 ^b	54

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Statistično značilno večjo vsebnost vode so vsebovali vzorci v 1. roku spravila, statistično značilno manjšo vsebnost vode pa so imeli vzorci v drugem roku spravila.

4.2 MASNI DELEŽI VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN

Rezultati za višje maščobne kisline so podani tako glede na rok spravila znotraj istega leta kot tudi glede na uporabljeno gnojilo v istem letu.

Podani so masni delež (%) posamične VMK

V rezultatih so zajete naslednje VMK :

- od nasičenih palmitinska (C 16:0) in stearinska (C18:0),
- od enkrat nenasičenih oleinska (C18:1) in
- od večkrat nenasičenih linolna (C18:2) in α -linolenska (C18:3).

4.2.1 Leto 2010

Preglednica 12: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, rok spravila 1

VMK Gnojilo	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
	C16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
NPK	5,40±0,37 ^b	3,93±0,43 ^b	13,99±1,66 ^b	13,30±0,43 ^b	63,39±2,85 ^a
KAN	5,68±0,26 ^a	4,75±0,34 ^a	15,60±0,95 ^a	13,75±0,27 ^a	60,21±1,68 ^b
Kontrola	5,74±0,14 ^a	4,82±0,27 ^a	15,40±0,78 ^a	13,76±0,26 ^a	60,27±1,35 ^b

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Statistično značilni največji masni delež v 1. roku spravila leta 2010 palmitinske, stearinske, oleinske in linolne maščobne kisline so imeli vzorci iz kontrole (brez gnojenja) in gnojeni z

KAN. Statistično značilno največji masni delež α -linolenske kisline v 1. roku spravila leta 2010 so imeli vzorci gnojenji z NPK.

Preglednica 13: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, rok spravila 2

VMK Gnojilo	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
NPK	4,77 $\pm$ 0,20 ^a	3,93 $\pm$ 0,38 ^b	14,42 $\pm$ 0,76 ^b	13,55 $\pm$ 0,30 ^a	63,33 $\pm$ 1,43 ^a
KAN	5,06 $\pm$ 0,08 ^a	4,49 $\pm$ 0,26 ^a	16,53 $\pm$ 0,70 ^a	13,90 $\pm$ 0,25 ^a	59,82 $\pm$ 0,95 ^b
Kontrola	6,41 $\pm$ 4,57 ^a	4,04 $\pm$ 0,51 ^b	14,93 $\pm$ 1,38 ^b	13,60 $\pm$ 0,82 ^a	61,02 $\pm$ 2,88 ^b

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Masni delež palmitinske in linolne maščobne kisline se statistično značilno ne razlikuje pri nobeni izmed treh opcij gnojenja (NPK, KAN in kontrola) v letu 2010 in 2. roku spravila. Statistično značilen največji masni delež stearinske in oleinske maščobne kisline je bil leta 2010 v 2. roku spravila pri uporabi gnojila KAN. Statistično značilen največji masni delež α -linolenske maščobne kisline je bil leta 2010 v 2. roku spravila pri gnojenju z NPK.

Preglednica 14: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, KAN

VMK Rok	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
	(C 16:0)	(C 18:0)	(C 18:1)	(C 18:2)	(C 18:3)
1	5,68 $\pm$ 0,26 ^a	4,75 $\pm$ 0,34 ^a	15,60 $\pm$ 0,95 ^b	13,75 $\pm$ 0,27 ^a	60,21 $\pm$ 1,68 ^a
2	5,06 $\pm$ 0,08 ^a	4,49 $\pm$ 0,26 ^a	16,53 $\pm$ 0,70 ^a	13,90 $\pm$ 0,25 ^a	59,82 $\pm$ 0,95 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Rok spravila je pri gnojenju s KAN leta 2010 statistično značilno vplival le na masni delež oleinske maščobne kisline. Ta ima v 2. roku statistično značilno večji masni delež. Rok spravila pri gnojenju s KAN leta 2010 ni statistično značilno vplival na masni delež palmitinske, stearinske, linolne in α -linolenske maščobne kisline.

Preglednica 15: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, NPK

VMK Rok	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	5,40 $\pm$ 0,37 ^a	3,93 $\pm$ 0,43 ^a	13,99 $\pm$ 1,66 ^a	13,30 $\pm$ 0,43 ^a	63,39 $\pm$ 2,85 ^a
2	4,77 $\pm$ 0,20 ^b	3,93 $\pm$ 0,38 ^a	14,42 $\pm$ 0,76 ^a	13,55 $\pm$ 0,30 ^a	63,33 $\pm$ 1,43 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Rok spravila pri gnojenju z NPK v letu 2010 je statistično značilno vplival le na masni delež palmitinske maščobne kisline, ki je v 1. roku statistično značilno večji. Na masni delež stearinske, oleinske, linolne in α -linolenske maščobne kisline rok spravila pri gnojenju z NPK v letu 2010 ni statistično značilno vplival.

Preglednica 16: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2010, kontrola

VMK Rok	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	5,74±0,14 ^a	4,82±0,27 ^a	15,40±0,78 ^a	13,76±0,26 ^a	60,27±1,35 ^a
2	6,41±4,57 ^a	4,04±0,51 ^b	14,93±1,38 ^a	13,60±0,82 ^a	61,02±2,88 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Pri masni deležu palmitinske, oleinske, linolne in α -linolenske maščobne kisline pri kontroli leta 2010 ni bilo statistično značilne razlike med rokoma spravila. Masni delež stearinske maščobne kisline je pri kontroli leta 2010 statistično značilno večji pri vzorcih iz 1. roka spravila.

4.2.2 Leto 2011

Preglednica 17: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, rok spravila 1

VMK gnojilo	Masni delež višjih maščobnih kislin (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
NPK	6,50±0,15 ^a	5,73±0,51 ^a	20,13±0,69 ^a	16,32±0,44 ^a	51,33±1,26 ^b
KAN	6,21±0,16 ^b	4,80±0,41 ^b	19,02±0,74 ^b	16,10±0,44 ^a	53,86±1,18 ^a
Kontrola	6,69±0,27 ^a	5,35±0,46 ^a	19,88±0,88 ^a	16,51±0,19 ^a	51,57±1,71 ^b

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Masni delež palmitinske, stearinske in oleinske maščobne kisline je pri 1. roku spravila leta 2011 statistično značilno večji pri gnojenju z NPK in v kontroli. Masni delež linolne maščobne kisline je pri vseh vrstah gnojenja v 1. roku spravila leta 2011 statistično značilno enak. Masni delež α -linolenske maščobne kisline v 1. roku spravila leta 2011 je statistično značilno največji pri gnojenju s KAN.

Preglednica 18: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, rok spravila 2

Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)					
VMK gnojilo	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
NPK	4,86±0,31 ^a	3,99±0,74 ^a	15,57±1,59 ^a	14,44±0,33 ^b	61,14±2,94 ^b
KAN	4,79±0,22 ^a	3,70±0,50 ^{ab}	14,88±1,04 ^{ab}	14,43±0,16 ^b	62,20±1,89 ^{ab}
Kontrola	4,66±0,2 ^a	3,19±0,45 ^b	13,69±1,13 ^b	14,74±0,30 ^a	63,73±2,11 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Masni delež palmitinske maščobne kisline se v 2. roku spravila leta 2011 se statistično značilno ne razlikuje pri nobenem izmed gnojenj. Masni delež stearinske in oleinske maščobne kisline je v 2. roku spravila leta 2011 največji pri gnojenju z NPK, a se statistično značilno ne razlikuje od masni deleža pri gnojenju s KAN. Masni delež linolne maščobne kisline je v 2. roku spravila leta 2011 statistično značilno največji v kontroli. Masni delež α -linolenske maščobne kisline je v 2. roku leta 2011 statistično značilno največji v kontroli, a se statistično značilno ne razlikuje od masni deleža pri gnojenju s KAN.

Preglednica 19: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, KAN

Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)					
VMK Rok	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	6,21±0,16 ^a	4,80±0,41 ^a	19,02±0,74 ^a	16,10±0,44 ^a	53,86±1,18 ^b
2	4,79±0,22 ^b	3,70±0,50 ^b	14,88±1,04 ^b	14,43±0,1 ^b	62,20±1,89 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

V 1. roku spravila leta 2011 je pri gnojenju s KAN statistično značilno večji masni delež palmitinske, stearinske, oleinske in linolne maščobne kisline. Vzorci iz 2. roka spravila imajo statistično značilno večji masni delež α -linolenske maščobne kisline.

Preglednica 20: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, NPK

Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)					
VMK Rok	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	6,50±0,15 ^a	5,73±0,51 ^a	20,13±0,69 ^a	16,32±0,44 ^a	51,33±1,26 ^b
2	4,86±0,31 ^b	3,99±0,74 ^b	15,57±1,59 ^b	14,44±0,33 ^b	61,14±2,94 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Pri gnojenju z NPK je v 1. roku spravila leta 2011 statistično značilen večji masni delež palmitinske, stearinske, oleinske in linolne maščobne kisline. Pri gnojenju z NPK je

statistično značilno večji masni delež α -linolenske maščobne kisline v 2. roku spravila leta 2011.

Preglednica 21: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2011, kontrola

VMK Rok	Masni delež višjih maščobnih kislin (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	6,69±0,27 ^a	5,35±0,46 ^a	19,88±0,88 ^a	16,51±0,19 ^a	51,57±1,71 ^b
2	4,66±0,25 ^b	3,19±0,45 ^b	13,69±1,13 ^b	14,74±0,30 ^b	63,73±1,57 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

V kontrolnih vzorcih je bil statistično značilen večji masni delež pri palmitinski, stearinski, oleinski in linolni maščobni kislini v 1. roku spravila leta 2011. V kontrolnih vzorcih je bil statistično značilen večji masni delež α -linolenske maščobne kisline v 2. roku spravila leta 2011.

4.2.3 Leto 2012

Preglednica 22: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, rok spravila 1

VMK Gnojilo	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
NPK	5,49±0,21 ^a	5,36±0,48 ^a	17,39±0,78 ^a	12,81±0,21 ^{ab}	58,95±1,52 ^a
KAN	5,28±0,20 ^b	5,04±0,72 ^a	16,51±1,82 ^{ab}	12,67±0,20 ^b	60,50±2,86 ^a
Kontrola	5,59±0,10 ^a	5,58±0,38 ^a	16,04±0,62 ^b	12,99±0,15 ^a	59,79±0,93 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Statistično značilno največji masni delež palmitinske maščobne kisline v 1. roku spravila leta 2012 so imeli vzorci gnojeni z NPK in v kontroli. Na masni delež stearinske in α -linolenske maščobne kisline dodatno gnojenje v 1. roku spravila leta 2012 ni imelo statistično značilnega vpliva. Največji masni delež oleinske maščobne kisline v 1. roku spravila leta 2012 je bil pri gnojenju z NPK, ki pa se statistično značilno ne razlikuje od masni deleža pri gnojenju s KAN. Masni delež linolne maščobne kisline je bil v 1. roku spravila leta 2012 največji pri kontroli, ki pa se statistično značilno ne razlikuje od masni deleža pri gnojenju z NPK.

Preglednica 23: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, rok spravila 2

	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
VMK Gnojilo	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
NPK	5,16±0,19 ^a	5,01±0,54 ^a	17,30±1,06 ^a	13,72±0,22 ^a	58,81±1,90 ^b
KAN	4,85±0,15 ^b	4,19±0,33 ^b	15,65±1,04 ^b	13,45±0,24 ^b	61,85±1,64 ^a
kontrola	4,92±0,18 ^b	4,41±0,45 ^b	15,10±0,83 ^b	13,90±0,13 ^a	61,68±1,57 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Masni delež palmitinske, stearinske in oleinske maščobne kisline je bil v 2. roku spravila leta 2012 največji pri gnojenju z NPK. Masni delež linolne maščobne kisline je bil v 2. roku spravila leta 2012 največji pri gnojenju z NPK, a se masni delež statistično značilno ne razlikuje v primerjavi s kontrolnim vzorcem. Masni delež α -linolenske maščobne kisline je bil v 2. roku spravila leta 2012 največji pri gnojenju s KAN, a se statistično značilno ne razlikuje od kontrolnega vzorca.

Preglednica 24: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, KAN

	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
VMK Rok	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	5,28±0,20 ^a	5,04±0,72 ^a	16,51±1,82 ^a	12,67±0,20 ^b	60,50±2,86 ^a
2	4,85±0,15 ^b	4,19±0,33 ^b	15,65±1,04 ^a	13,45±0,24 ^a	61,85±1,64 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Pri gnojenju s KAN leta 2012 je statistično značilno večji masni delež palmitinske in stearinske kisline v vzorcih 1. roka spravila. Masna deleža oleinske in α -linolenske kisline se glede na rok spravila pri gnojenju s KAN leta 2012 statistično značilno ne razlikujeta. Masni delež linolne kisline je pri gnojenju s KAN statistično značilno večji v vzorcih 2. roka spravila.

Preglednica 25: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, NPK

	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
VMK Rok	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	5,49±0,21 ^a	5,36±0,48 ^a	17,39±0,78 ^a	12,81±0,21 ^b	58,95±1,52 ^a
2	5,16±0,19 ^b	5,01±0,54 ^a	17,30±1,06 ^a	13,72±0,22 ^a	58,81±1,90 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Masni delež palmitinske maščobne kisline je pri gnojenju z NPK leta 2012 statistično značilno večji v 1. roku spravila. Masni deleži stearinske, oleinske in α -linolenske maščobne kisline se med rokoma spravila v letu 2012 pri gnojenju z NPK med seboj statistično značilno ne razlikujejo. Masni delež linolne maščobne kisline je bil pri gnojenju z NPK leta 2012 statistično značilno večji v 2. roku spravila.

Preglednica 26: Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) - leto 2012, kontrola

VMK rok	Masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
1	5,59±0,10 ^a	5,58±0,38 ^a	16,04±0,62 ^a	12,99±0,15 ^b	59,79±0,93 ^b
2	4,92±0,18 ^b	4,41±0,45 ^b	15,10±0,83 ^b	13,90±0,13 ^a	61,68±1,57 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Masni deleži palmitinske, stearinske in oleinske maščobne kisline so v kontrolnih vzorcih leta 2012 statistično značilno večji v 1. roku spravila, masni deleža linolne in α -linolenske maščobne kisline pa sta statistično značilno večja pri vzorcih 2. roka spravila.

4.3 VSEBNOST SKUPNIH MAŠČOB

Vsebnost skupnih maščob je podana kot masni delež (%) skupne maščobe v suhi snovi vzorcev (g/100 g s.s.).

4.3.1 Leto 2010

Preglednica 27: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, rok spravila 1

Gnojilo	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
NPK	35,99±1,67 ^a
KAN	35,26±2,09 ^a
kontrola	35,54±2,21 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Pri nobenem izmed gnojenj v 1. roku spravila leta 2010 ni statistično značilno večje vsebnosti skupnih maščob v suhi snovi.

Preglednica 28: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, rok spravila 2

Gnojilo	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
NPK	38,75±2,28 ^a
KAN	40,08±1,87 ^a
kontrola	39,48±1,29 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Pri nobenem izmed gnojenj v 2. roku spravila leta 2010 ni statistično značilno večje vsebnosti skupnih maščob v suhi snovi.

Preglednica 29: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, KAN

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	35,26±2,09 ^b
2	40,08±1,87 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi pri gnojenju s KAN leta 2010 je statistično značilno večja v 2. roku spravila.

Preglednica 30: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, NPK

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	35,99±1,67 ^b
2	38,75±2,28 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi pri gnojenju z NPK leta 2010 je statistično značilno večja v 2. roku spravila.

Preglednica 31: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2010, kontrola

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	35,54±2,21 ^b
2	39,48±1,29 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi v kontrolnih vzorcih leta 2010 je bila statistično značilno večja v 2. roku spravila.

4.3.2 Leto 2011

Preglednica 32: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, rok spravila 1

Gnojilo	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
NPK	32,83±0,69 ^a
KAN	31,65±1,33 ^{ab}
kontrola	31,14±0,71 ^b

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Gnojenje z NPK je v 1. roku spravila leta 2011 prineslo največjo vsebnost skupnih maščob v suhi snovi, a se ta statistično značilno ne razlikuje od vsebnosti pri gnojenju s KAN.

Preglednica 33: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, rok spravila 2

Gnojilo	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
NPK	39,25±1,23 ^a
KAN	40,67±1,72 ^a
kontrola	40,85±2,27 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Nobena izmed opcij gnojenja v 2. roku spravila leta 2011 nima statistično značilne prednosti na vsebnost skupnih maščob v suhi snovi.

Preglednica 34: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, KAN

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	31,65±1,33 ^b
2	40,67±1,72 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi je pri gnojenju s KAN leta 2011 statistično značilno večja v 2. roku spravila.

Preglednica 35: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, NPK

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	32,83±0,69 ^b
2	39,25±1,23 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi pri gnojenju z NPK v letu 2011 je statistično značilno večja v 2. roku spravila.

Preglednica 36: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2011, kontrola

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	31,14±0,71 ^b
2	40,85±2,27 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi je pri kontrolnih vzorcih leta 2011 statistično značilno višja v 2. roku spravila.

4.3.3 Leto 2012

Preglednica 37: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, rok spravila 1

Gnojilo	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
NPK	38,91±1,09 ^a
KAN	38,32±2,09 ^a
kontrola	40,61±2,14 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi se v 1. roku spravila leta 2012 ni statistično značilno razlikovala pri nobenem gnojenju.

Preglednica 38: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, rok spravila 2

Gnojilo	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
NPK	38,09±0,76 ^a
KAN	38,40±1,58 ^a
kontrola	39,42±1,79 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi se v 2. roku spravila leta 2012 ni statistično značilno razlikovala pri nobenem gnojenju.

Preglednica 39: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, KAN

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	38,32±2,09 ^a
2	38,40±1,58 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Rok spravila pri gnojenju s KAN leta 2012 ni imel statistično značilnega vpliva na vsebnost skupnih maščob v suhi snovi.

Preglednica 40: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, NPK

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	38,91±1,09 ^a
2	38,09±0,76 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Rok spravila pri gnojenju z NPK leta 2012 ni imel statistično značilnega vpliva na vsebnost skupnih maščob v suhi snovi.

Preglednica 41: Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) - leto 2012, kontrola

Rok	Vsebnost skupne maščobe v s.s. lanenega semena (%)
1	40,61±2,14 ^a
2	39,42±1,79 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Rok spravila pri kontroli leta 2012 ni imel statistično značilnega vpliva na vsebnost skupnih maščob v suhi snovi.

4.4 KUMULATIVNI PREGLED VSEBNOSTI SKUPNIH MAŠČOB IN MASNIH DELEŽEV VIŠJIH MAŠČOBNIH KISLIN

4.4.1 Deleži višjih maščobnih kislin

4.4.1.1 Povprečni masni delež glede na uporabljeno gnojilo

Preglednica 42: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) glede na uporabljeno gnojilo

VMK Leto	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	Št. vzorcev
2010	5,56 ^a	4,38 ^b	15,19 ^c	13,65 ^b	61,22 ^a	51
2011	5,56 ^a	4,42 ^b	17,02 ^a	15,35 ^a	57,66 ^c	48
2012	5,21 ^a	4,92 ^a	16,34 ^b	13,26 ^c	60,27 ^b	53

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Povprečna masni deleža palmitinske in stearinske maščobne kisline se pri vseh treh uporabljenih gnojilih statistično značilno ne razlikujeta. Statistično značilno večji povprečni masni delež oleinske maščobne kisline je pri dodatnem gnojenju s KAN in z NPK. Statistično značilno večji povprečni masni delež linolne maščobne kisline smo določili v kontroli. Masni deleži α -linolenske maščobne kisline so v primerjavi z masni deleži ostalih višjih maščobnih kislin največji in se v vseh treh gnojilnih poskusih statistično značilno ne razlikujejo.

4.4.1.2 Povprečni masni delež glede na leto spravila

Preglednica 43: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) glede na leto spravila

VMK Leto	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	Št. vzorcev
2010	5,56 ^a	4,38 ^b	15,19 ^c	13,65 ^b	61,22 ^a	51
2011	5,56 ^a	4,42 ^b	17,02 ^a	15,35 ^a	57,66 ^c	48
2012	5,21 ^a	4,92 ^a	16,34 ^b	13,26 ^c	60,27 ^b	53

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Povprečni masni delež palmitinske maščobne kisline se statistično značilno ne razlikuje glede na leto pridelave. Povprečni masni delež stearinske maščobne kisline je bil statistično značilno največji leta 2012. Povprečni masni delež oleinske maščobne kisline je bil statistično značilno največji v letu 2011. Povprečni masni delež linolne maščobne kisline je

bil statistično značilno največji leta 2011. Povprečni masni delež α -linolenske maščobne kisline je bil statistično značilno največji leta 2010.

4.4.1.3 Povprečni masni delež glede na rok spravila

Preglednica 44: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu (%) glede na rok spravila

VMK Rok	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	Št. vzorcev
1	5,81 ^a	5,03 ^a	16,97 ^a	14,13 ^a	58,06 ^b	75
2	5,07 ^b	4,14 ^b	15,38 ^b	13,98 ^b	61,43 ^a	77

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

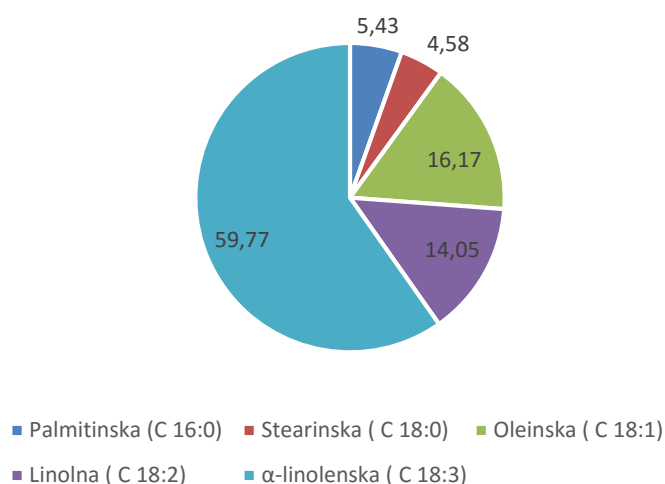
Statistično značilno večji povprečni masni delež palmitinske maščobne kisline je bila v 1. roku spravila. Statistično značilno večji povprečni masni delež stearinske maščobne kisline je bila v 1. roku spravila. Statistično značilno večji povprečni masni deleži palmitinske, stearinske, oleinske in linolne maščobne kisline imajo vzorci v 1. roku spravila. Statistično značilno večji povprečni masni delež α -linolenske maščobne kisline imajo vzorci v 2. roku spravila.

4.4.1.4 Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin vseh preiskovanih vzorcev

V Preglednici 45 so podane povprečne vrednosti za masni delež višjih maščobnih kislin vseh preiskovanih vzorcev lanu (3 leta, 2 različna roka spravila in 3 načini pridelave: gnojenje z NPK in KAN ter kontrola).

Preglednica 45: Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin (%) vseh preiskovanih vzorcev lanu

VMK	Povprečni masni delež višjih maščobnih kislin (%)	Št.vzorcev
Palmitinska (C 16:0)	5,43 $\pm$ 1,24	152
Stearinska (C 18:0)	4,58 $\pm$ 0,82	152
Oleinska (C 18:1)	16,17 $\pm$ 2,06	152
Linolna (C 18:2)	14,05 $\pm$ 1,12	152
α -linolenska (C18:3)	59,77 $\pm$ 3,94	152



Slika 17: Povprečna vsebnost višjih maščobnih kislin vseh preiskovanih vzorcev lanu

4.4.2 Skupne maščobe v suhi snovi

4.4.2.1 Povprečna vsebnost skupne maščobe v lanenem semenu glede na uporabljeno gnojilo

Preglednica 46: Povprečna vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) glede na gnojilo

Gnojilo	Št. vzorcev	Povprečna vsebnost maščob lanenega semena v s.s. (%)
NPK	36	37,28 ^a
KAN	36	37,40 ^a
Kontrola	36	37,30 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Statistično značilno se povprečna vsebnost skupnih maščob v suhi snovi pri vseh treh uporabljenih gnojenjih ne razlikuje.

4.4.2.2 Povprečna vsebnost skupne maščobe glede na leto spravila

Preglednica 47: Povprečna vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) glede na leto spravila

Leto	Št. vzorcev	Vsebnost maščob lanenega semena v s.s. (%)
2010	36	37,52 ^b
2011	36	36,06 ^c
2012	36	38,96 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Statistično značilno največjo povprečno vsebnost so imeli vzorci leta 2012.

4.4.2.3 Povprečna vsebnost skupne maščobe glede na rok spravila

Preglednica 48: Povprečna vsebnost skupnih maščob v suhi snovi lanenega semena (%) glede na rok spravila

Rok	Št. vzorcev	Vsebnost maščob v s.s. (%)
1	54	35,58 ^b
2	54	39,44 ^a

Srednje vrednosti z različno črko (a, b, c) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo (Duncanov test $\alpha = 0,05$)

Statistično značilno večjo povprečno vsebnost so imeli vzorci v 2. roku spravila.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Masni delež višjih maščobnih kislin

Pričakovati bi bilo, da bosta dodatek gnojila in rok spravila povečala masni delež višjih maščobnih kislin v lanenem semenu. Kaj o tem pravijo rezultati?

Na masni delež palmitinske maščobne kisline po naših rezultatih nista vplivala dodatno gnojenje ali leto spravila. Višji masni delež v vseh treh letih je bil v prvem roku spravila. Yalcin in sod. (2010) so v svoji raziskavi ugotovili, da je bila statistično značilna razlika med letoma spravila, ni pa bilo statistično značilne razlike pri dodatnem gnojenju. Wondołowska-Grabowska (2014) je v svoji raziskavi ugotovila, da dodatno gnojenje ne vpliva na njen masni delež. Kot lahko vidimo se naši rezultati in rezultati raziskave v Turčiji razlikujejo v tem, da leto spravila vpliva na masni delež, oboji pa smo prišli do zaključka, da dodatno gnojenje ne vpliva na višji masni delež pri čemer se naši rezultati ujemajo z tudi z ugotovitvami raziskave Wondołowska-Grabowska (2014).

Na masni delež stearinske maščobne kisline po naših podatkih ni vplivalo dodatno gnojenje, vplivala pa sta leto in rok spravila. Tako je statistično značilno višji masni delež leta 2012 in v prvem roku spravila. Yalcin in sod. (2010) so v svoji raziskavi ugotovili, da je bila statistično značilna razlika med letoma spravila 2008 in 2009, ni pa bilo razlik pri dodatnem gnojenju. Wondołowska-Grabowska (2014) je prišla do zaključka, da dodatno gnojenje ne vpliva na njen masni delež. Kot lahko vidimo se naši rezultati in rezultati raziskave v Turčiji in raziskave glede te višje maščobne kisline ujemajo v tem, da leto spravila vpliva na masni delež in da dodatno gnojenje ni potrebno za višji masni delež. Glede dodatnega gnojenja se naši rezultati ujemajo tudi z raziskavo Wondołowska-Grabowska (2014).

Na masni delež oleinske maščobne kisline po naših podatkih vplivajo dodatno gnojenje z NPK in KAN, prav tako tudi leto in rok spravila. Tako je statistično značilno višji masni delež leta 2011 in v prvem roku spravila. Yalcin in sod. (2010) so v svoji raziskavi ugotovili, da je bil višji masni delež v letih 2008 in 2009, pri dodatnem gnojenju pa se je njen masni delež zmanjšal. Berti in sod. (2009) so ugotovili, da dodatno gnojenje nima vpliva na masni delež oleinske kisline. Rahimi in sod. (2011) so ugotovili, da dodatno gnojenje ni potrebno za višji masni delež te maščobne kisline. Wondołowska-Grabowska (2014) je prišla do zaključka, da dodatno gnojenje nima vpliva na njen masni delež. Kot lahko vidimo se naši rezultati in rezultati raziskave v Turčiji glede te višje maščobne kisline ujemajo v tem, da leto spravila vpliva na masni delež, medtem, ko se razlikujejo pri tem ali dodatno gnojenje vpliva za višji masni delež - pri tem se naše ugotovitve prav tako ne ujemajo z raziskavo iz

Čila (Berti in sod., 2009) in Irana (Rahimi in sod., 2011). Naši podatki se glede dodatnega gnojenja prav tako ne ujemajo s podatki raziskave Wondołowska-Grabowska (2014).

Masni delež linolne maščobne kisline je po naših podatkih statistično značilno višji masni delež pri kontroli (brez dodatnega gnojenja), vplivala pa sta tudi leto in rok spravila. Tako je statistično značilno višji masni delež leta 2011 in v prvem roku spravila. Yalcin in sod. (2010) so v svoji raziskavi ugotovili, da leto pridelave in dodatno gnojenje nimata vpliva na višji masni delež. Berti in sod. (2009) so ugotovili, da dodatno gnojenje nima statistično značilnega vpliva na masni delež. Rahimi in sod. (2011) so za linolno VMK podali zaključek, da dodatno gnojenje poveča njen masni delež. Wondołowska-Grabowska (2014) je prišla do zaključka, da dodatno gnojenje ne vpliva na njen masni delež. Kot lahko vidimo se naši rezultati in rezultati raziskave v Turčiji glede te višje maščobne kisline razlikujejo v tem, da leto spravila vpliva na masni delež, medtem ko se ujemajo pri tem, da dodatno gnojenje ne vpliva za višji masni delež - pri tem se naše ugotovitve ujemajo tudi z raziskavo iz Čila (Berti in sod., 2009) in raziskavo Wondołowska-Grabowska (2014). Razlikujejo pa se z rezultati raziskave iz Irana (Rahimi in sod., 2011).

Na masni delež α -linolenske maščobne kisline po naših podatkih ni vplivalo dodatno gnojenje, vplivala pa sta leto in rok spravila. Tako je statistično značilno višji masni delež leta 2010 in v 2. roku spravila. Yalcin in sod. (2010) so v svoji raziskavi ugotovili, da ima leto pridelave statistično značilen vpliv, medtem ko dodatno gnojenje nima statistično značilnega vpliva na višjo vsebnost. Berti in sod. (2009) so ugotovili, da dodatno gnojenje nima statistično značilnega vpliva na masni delež. Rahimi in sod. (2011) so podali zaključek, da dodatno gnojenje poveča masni delež α -linolenske kisline. Wondołowska-Grabowska (2014) je prišla do zaključka, da dodatno gnojenje ne vpliva na njen masni delež. Kot lahko vidimo, se naši rezultati in rezultati raziskave v Turčiji glede te maščobne kisline ujemajo v tem, da leto spravila vpliva na masni delež, in da dodatno gnojenje ne vpliva za višji masni delež - pri tem se naše ugotovitve sovpadajo tudi z raziskavo iz Čila (Berti in sod., 2009) in raziskavo Wondołowska-Grabowska (2014). Razlikujejo pa se z rezultati raziskave iz Irana (Rahimi in sod., 2011).

5.1.2 Vsebnost skupnih maščob v suhi snovi

Pričakovati bi bilo, da bosta dodatek gnojila in rok spravila vplivala na količino skupnih maščob v suhi snovi v lanenem semenu. Naši rezultati so pokazali, da dodatno gnojenje ne prinese statistično značilne razlike pri vsebnosti skupnih maščob v suhi snovi. Glede na leto pridelave je bilo leta 2012 in v drugem roku spravila največ skupnih maščob. Obiranje lanu v tej zrelosti v Tehnološkem listu za lan priporoča tudi Ana Ogorelec iz Kmetijsko gozdarskega zavoda Ljubljana (Ogorelec, 2011). Berti in sod. (2009) so v svoji raziskavi prišli do zaključka, da dodatno gnojenje prispeva k zmanjšanju količine olja v lanenem semenu, kar so pojasnili z »razredčevalnim« efektom. Vidimo lahko, da se v tem pogledu

rezultati naše raziskave razlikujejo od rezultatov iz te raziskave. Raziskovalci v Turčiji (Yalcin in sod., 2010) so prišli do zaključka, da leto spravila prinese statistično značilne razlike, kar potrjujejo tudi rezultati naše raziskave. Po rezultatih njihove raziskave dodatno gnojenje poveča količino skupne maščobe v suhi snovi. Pri tem se rezultati naše raziskave razlikujejo od njihovih rezultatov. Raziskovalci v Iranu (Rahimi in sod., 2011) so prišli do zaključka, da dodatno gnojenje zmanjša količino skupne maščobe v suhi snovi. Pri tem se rezultati naše raziskave razlikujejo od njihovih rezultatov.

5.2 SKLEPI

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kako rok spravila in dodatno gnojenje vplivata na sestavo višjih maščobnih kislin in vsebnost skupnih maščob v suhi snovi. Na podlagi rezultatov lahko postavimo naslednje sklepe:

- pri palmitinski, stearinski, oleinski in linolni višji maščobni kislini je bil statistično značilno ugodnejši 1. rok spravila kar ni v skladu z našo delovno hipotezo,
- pri α -linolenski maščobni kislini je bil statistično značilno najugodnejši 2. rok spravila. Zaradi tega bi se priporočalo spravilo lanu v tem roku. To je v skladu z našo delovno hipotezo,
- dodatno gnojenje je statistično značilno vplivalo le na višji masni delež oleinske maščobne kisline. Pri tej je bil višji masni delež pri gnojenju z NPK in KAN. To je v skladu z našo delovno hipotezo. Pri vseh ostalih maščobnih kislinah se masni delež pri dodatnem gnojenju ni statistično značilno razlikoval od masnih deležev v kontroli (brez dodatnega gnojenja). Dodatno gnojenje torej ne vpliva na α -linolensko maščobno kislino, katere je največ, kar ni v skladu z našo delovno hipotezo,
- na vsebnost skupnih maščob dodatno gnojenje nima statistično značilnega vpliva. Statistično značilno največ jih je bilo v 2. roku spravila. To se ne sklada z našo delovno hipotezo,
- za statistično značilno najvišjo vsebnost α -linolenske kisline in skupnih maščob v suhi snovi sta bila najugodnejša 2. rok spravila in gojenje brez dodatnega gnojenja. Naše ugotovitve se pri tem torej z delovno hipotezo skladajo pri roku spravila, ne pa pri potrebi po dodatnem gnojenju.

6 POVZETEK

Lan je poljščina zmerno suhega in toplega podnebja. Zaradi vse pogostejših dokazov, da uživanje semena dobro vpliva na zdravje človeka, se njegova pridelava povečuje iz leta v leto. Laneno seme je zaradi visoke vsebnosti α -linolenske maščobne kisline pomembno za vse, ki ne uživajo rib, ki so bogat vir le te. Zaradi tega se je pojavilo vprašanje, ali lahko z dodatnim gnojenjem in rokom spravila povečamo vsebnost te pomembne maščobne kisline v lanenem semenu. Z željo po razjasnitvi tega vprašanja smo v lanenem semenu iz Bele krajine analizirali vsebnost le te, poleg tega pa še vsebnost palmitinske, stearinske, oleinske in linolne maščobne kisline. Določili smo tudi vsebnost skupnih maščob v suhi snovi in vsebnost vode. Eksperiment je potekal tri leta (2010 do 2012) na eksperimentalnem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Posevek se je razdelil v 3 bloke, ki so ga nato poleg začetnega gnojenja dodatno gnojili še z :

- KAN (27% N) oz. 148,1kg KAN/ha oz. 70g KAN/parcelo
- NPK (15-15-15) oz. 266,7 kg NPK/ha oz. 156g NPK/parcelo
- brez dodatnega gnojenja (kontrola)

Spravilo je bilo vsako leto v dveh rokih - konec junija in konec julija. Po spravilu so lan posušili na ustrezno vlažnost - analize so pokazale, da je bil lan pravilno posušen. Višje maščobne kisline smo določili kot njihove metilne estre s pomočjo plinske kromatografije, rezultate smo izrazili kot masne deleže posameznih maščobnih kislin. Prišli smo do zaključka, da za čim večjo vsebnost α -linolenske kisline, ki je med višjimi maščobnimi kislinami v lanenem semenu najbolj zastopana, ni potrebno še dodatno gnojenje - zadostuje le tisto, ki ga naredimo na predposevku, najugodnejši rok spravila pa je drugi rok - konec julija. Rezultati skupnih maščob so pokazali, da je za najvišjo vsebnost teh ni potrebno dodatno gnojenje. Zadostuje le tisto, ki ga naredimo na predposevku, najugodnejši rok spravila pa je bil drugi rok spravila in sicer konec julija. Zaključek analize je, da je za najvišjo vsebnost α -linolenske kisline, ki je v lanu največ (50 %) in skupnih maščob v suhi snovi najugodnejši drugi rok spravila in samo osnovno gnojenje brez dodatnega gnojenja.

7 VIRI

- Agroruše. 2016a. KAN. Ruše, Agroruše proizvodnja-trgovina in storitve d.o.o.: 1 str.
http://www.cvetal.si/?id_podmeni=8001&id_ppd=27 (junij 2016)
- Agroruše. 2016b. NPK 15-15-15. Ruše, Agroruše proizvodnja-trgovina in storitve d.o.o.: 1 str.
http://www.cvetal.si/?id_podmeni=12001&id_ppd=174 (junij 2016)
- Ardali S.A. 2014. Effects of plant density and nitrogen rate on fatty acids profile of grain of amaranth (*Amaranthus hypocondriacos* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7,7: 390-392
- Berti M., Fischer S., Wilckens R., Hevia F. 2009. Flaxseed response to N, P, and K fertilization in South Central Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 69, 2: 145-153
- FAOSTAT. 2015. Production: crops: oil, linseed: world (total): 2013. Rome, Food and Agriculture Organization: baza podatkov
<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QD/E> (februar 2015)
- FFa. 2015. Plinska kromatografija (GC). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo:1 str.
http://www.ffa.unilj.si/fileadmin/homedirs/11/Predmeti/IFA/IFA5_GC.pdf (april 2015)
- Kocjan Ačko D. 1999. Pozabljene poljščine. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 87-94
- Kocjan Ačko D. 2015. Poljščine-pridelava in uporaba. Ljubljana, ČZD Kmečki glas,d.o.o: 125-129
- KTMVŽ in FOSS. Navodila za določanje vsebnosti maščob 2015. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Katedra za tehnologijo mesa in vrednotenje živil, FOSS: 2 str.
- KTPV. 2012. Določanje maščobnih kislin kot metilnih estrov v oljih. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo-katedra za tehnologije, prehrano in vino: 3 str.
- Mezni F., Labidi A., Msallem M., Boussaid M., Khouja M.L., Khaldi A. 2014. Influence of harvest date on fatty acid composition and antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* L. edible oils. Journal of Journal of Materials and Environmental Science, 5, 6: 1703-1708

- Morris D. H. 2007. Flax: A health and nutrition primer. 4th ed. Winnipeg, Flax Council of Canada. : 9-21
- Ogorelec A. 2011. Tehnološki list 1: Lan (*Linum usitatissimum* L.). Ljubljana, KGZS: 2 str.
<http://lj.kgzs.si/Portals/1/teh.%20list%20-lan.pdf> (april 2015)
- Prošek M. 1992. Plinska kromatografija. V: Biotehnologija. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Bia: 344-346
- Rahimi M.M., Nourmohamadi Gh., Ayneband A., Afshar E., Moafpourian Gh. 2011. Study on effect of planting date and nitrogen levels on yield, yield components and fatty acids of linseed (*Linum Usitatissimum* L.) World Applied Sciences Journal, 12, 1: 59-67
- Sigma-Aldrich. 2015. SPB[®]-PUFA capillary GC column. St. Louis (ZDA), Sigma-Aldrich: 1 str.
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/24314?lang=en®ion=SI>
(april 2015)
- USDA. 2015. Plants database: Classification for kingdom Plantae down to genus *Linum* L. Washington, US Departement of Agriculture: 1 str.
<http://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=LINUM>
(marec 2015)
- Wondolowska-Grabowska A. 2014. Effect of diversified fertilization with nitrogen, sulphur and boron on fatty acids profile in oil flax seeds. Journal of Elementology, 4 : 1131-1142
- Yalcin H., Öztürk I., Tulukçu E. 2011. Influence of the harvesting year and fertilizer on the fatty acid composition and some physicochemical properties of linseed (*Linum usitatissimum* L.). Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 6, 2 : 197-202

ZAHVALA

Za strokovno pomoč, nasvete in spodbudo tako pri praktičnem delu diplomske naloge kot pri izdelavi pisnega dela se najlepše zahvaljujem prof.dr. Rajku Vidrihu.

Za strokovno pomoč, vzorce za analizo (brez katerih izvedba diplomskega dela ne bi bila mogoča), nasvete in spodbudo tako pri praktičnem delu diplomske naloge kot pri izdelavi pisnega dela se najlepše zahvaljujem doc.dr. Darji Kocjan Ačko in asist. dr. Igorju Šantavcu.

Za pomoč pri recenziji naloge se zahvaljujem izr. prof. dr. Heleni Abramovič.

Za pomoč pri zaključnem oblikovanju diplome se zahvaljujem univ. dipl. inž. Lini Burkan Makivić.

Zahvaljujem se osebju Katedre za tehnologije, prehrano in vino za pomoč pri praktičnem delu: tehnični sodelavki Zdenki Zupančič in Saši Piskernik, univ.dipl.inž.

Zahvaljujem se osebju Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil za pomoč pri praktičnem delu: doc. dr. Tomaž Polaku in tehničnima sodelavkama : Marinki Jan, Mojci Malenšek.

Posebna zahvala gre mojim staršem, bratu, sestri, svakinji in svaku, ki so me ves čas študija spodbujali in mi pomagali na različne načine.