

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEK

Vinko Dujić

Sveučilišni preddiplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Bilinogojstvo

**Utjecaj predsjetvenog tretmana kaprionskom kiselinom na
klijavost sjemena uljanog lana (*Linum usitatissimum* L.)
u uvjetima sušnog stresa**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEK

Vinko Dujić

Sveučilišni preddiplomski studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Utjecaj predsjetvenog tretmana kaprionskom kiselinom na
klijavost sjemena uljanog lana (*Linum usitatissimum* L.)
u uvjetima sušnog stresa**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. doc. dr. sc Dejan Agić, mentor
2. izv. prof. dr. sc. Miroslav Lisjak, član
3. doc. dr. sc. Ivana Varga, članica

Osijek, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Završni rad

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivrede, smjer Bilinogojstvo

Vinko Dujic

Utjecaj predsjetvenog tretmana kaprnskom kiselinom na klijavost sjemena uljanog lana (*Linum usitatissimum* L.) u uvjetima sušnog stresa

Sažetak: Cilj ovog završnog rada bio je istražiti utjecaj predsjetvenog tretmana kaprnskom kiselinom na klijavost sjemena uljanog lana u uvjetima sušnog stresa izazvanog polietilen glikolom (PEG) 6000. Predsjetveni tretman sjemena izvršen je močenjem sjemena u vodi, 0,5 mM i 1,0 mM otopinama kaprnske kiseline u trajanju od 30 minuta, dok je za izazivanje sušnog stresa sjeme naklijavano 7 dana na podlozi s 10% i 20% PEG 6000 nakon čega su izmjereni klijavost sjemena, dužina korjenčića i stabljičice te ukupna dužina i masa klijanca. Istraživanje je pokazalo da je predsjetveni tretman sjemena uljanog lana kaprnskom kiselinom imao značajan utjecaj na sve ispitivane parametre. Predtretman sjemena 1 mM kaprnskom kiselinom pokazao je pozitivan utjecaj na klijavosti sjemena i dužinu korjenčića u odnosu na ostale tretmane u uvjetima sušnog stresa izazvanog 20 % PEG 6000. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da bi se kaprnska kiselina mogla koristiti za predsjetveni tretman sjemena uljanog lana, a u svrhu poboljšanja ranog rasta i razvoja klijanaca u uvjetima sušnog stresa.

Ključne riječi: uljani lan, kaprnska kiselina, predsjetveni tretman, sušni stres

21 stranica, 1 tablica, 10 slika, 5 grafikona, 9 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATIO CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

BscThesis

Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

Vinko Dujic

The effect of caproic acid seed priming on oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.) germination under drought stress conditions

Summary: This study aimed to investigate the effect of caproic acid seed priming on oilseed flax germination under drought stress conditions induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. Seed priming treatment was performed by soaking seeds in water, 0.5 mM and 1.0 mM caproic acid solutions for 30 minutes, while to induce drought stress the seeds were germinated for 7 days on a medium with 10% and 20% PEG 6000, after which the seed germination, root and stem length, and total length and weight of the seedling were measured. This study showed that priming of oilseed flax with caproic acid significantly affected all examined parameters. Seed priming with 1 mM caproic acid showed a positive effect on seed germination and root length compared to other treatments under drought stress conditions induced by 20% PEG 6000. From the obtained results it can be concluded that caproic acid could be used as a priming treatment of oilseed flax, in order to improve the early growth and development of seedlings under drought stress conditions.

Keywords: oilseed flax, caproic acid, seed priming, drought stress

21 pages, 1 table, 10 figures, 5 charts, 9 references

Bsc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Uzgoj lana.....	2
1.2. Sjetva	2
1.3. Gnojidba	3
1.4. Temperatura.....	3
1.5. Voda	4
1.6. Svjetlost	4
1.7. Tlo.....	5
1.8. Žetva	5
1.9. Morfologija lana	6
1.9.1. Korijen	6
1.9.2. Stabljika	6
1.9.3. List	6
1.9.4. Cvijet.....	7
1.9.5. Plod.....	8
1.9.6. Sjeme lana.....	9
1.10. Biološka svojstva.....	9
1.11. Predsjetveni tretman sjemena	9
1.12. Kapronska kiselina	10
2. MATERIJALI I METODE.....	11
3. REZULTATI I RASPRAVA.....	14
3.1. Klijavost sjemena.....	14
3.2. Dužina stabljice.....	16
3.3. Dužin korjenčića	17
3.4. Dužina klijanca	18
3.5. Masa klijanca	19
4. ZAKLJUČAK.....	20
5. POPIS LITERATURE.....	21

1. UVOD

U današnje vrijeme proizvodnja lana je na izrazito visokom nivou jer se lan može uzgajati kako za vlakno tako i za sjeme, ali i zbog toga što ima dosta manje potrebe za gnojivom i herbicidima (Gadžo i sur. 2011). Uljani lan se može uzgajati za proizvodnju ulja, ali i za proizvodnju pogača koje se zatim koriste za ishranu stoke. Daljnjom se preradom koristi i u proizvodnji novčanica, koristi se i za izljeve u ljevaonicama metala te za proizvodnju papira za cigarete. Slama od lana je skoro iste nutritivne vrijednosti kao i zobena slama. Također se stabljika lana može koristiti kao sirovina za ogrjev te u građevinskoj industriji kao izolacijski materijal u obliku pločica, iverice i kartona.

Laneno platno je u povijesti u našim krajevima imalo puno veću ulogu nego danas. Većina naših narodnih nošnji izrađena je upravo od lana. Zbog svoje izrazito lagane obrade i fizikalnih svojstava lan će sigurno opet naći svoje mjesto u tekstilnoj industriji jer danas sve više ljudi prepoznaje njegov potencijal kao sirovine za proizvodnju tekstila. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku ukupna površina pod lanom iznosi simboličnih 30ha. U Hrvatskoj uljani lan nikad nije bio zastupljen u proizvodnji što ne znači da se to u budućnosti neće promijeniti.

Podrijetlo lana nije u potpunosti utvrđeno, ali postoje dvije teorije. Jedna teorija tvrdi kako je lan podrijetlom s jugoistoka Azije, a druga tvrdi da je lan podrijetlom sa sjevera Afrike. Sa sigurnošću se jedino može reći da je lan biljka koja je vrlo intenzivno uzgajana i na području Indije i Bliskog istoka. Prema nekim podacima lan je u Europu došao prije nešto više od 7000 godina. Spominje se čak i u Novom i Starom zavjetu te je uz konoplju bio osnovna biljka za proizvodnju tekstila dugi niz godina u cijelom svijetu, sve dok pamuk nije preuzeo vodeću ulogu.

Lan je jedna od najstarijih uzgajanih kultura koju su uzgajali naši preci zbog proizvodnje vlakana i zbog proizvodnje ulja. U ne tako daljnjoj prošlosti lan je bio izrazito raširen i moglo ga se naći u skoro svakom seoskom domaćinstvu zbog svoje primjene kao vlakna za pravljenje raznih narodnih nošnja ali i zbog svojih ljekovitih svojstava.

Sluz u sjemenkama lana je nosilac ljekovitih svojstava i ono je svoju primjenu našlo u liječenju kod upale sluznice želuca, crijeva i općenito ima pozitivno djelovanje na sve organe probavnog trakta.

Lan sadrži jako puno masnih kiselina koje su vrlo korisne za razvoj ljudskog mozga pogotovo u ranim fazama razvoja kod male djece i preporuča se da trudnice tijekom trudnoće

uzimaju jednu žlicu lanenog ulja dnevno. Također, lan je jako energetski bogat tako da 100 g sjemena lana sadrži preko 530 kcal te je isto odličan izvor prirodnih vlakana te nam može pomoći u gubitku prekomjernih kilograma. Jedini problemi kod lanenog ulja je vrlo brzo starenje i propadanje nutritivnih vrijednosti (Šimetić, 2008).

1.1. Uzgoj lana

Lan se osim za dobivanje ulja i vlakna uzgaja i kao ukrasna biljka zbog svojeg prepoznatljivog sivkasto plavog cvijeta. Predivi lan se u svijetu uzgaja na samo 300 000 ha. Najveće površine predivog lana nalaze se u Bjelorusiji (67 000 ha), u Francuskoj (66 000 ha) i zatim u Rusiji (59 000 ha). Uljani lan se uzgaja na znatno većim površinama nego predivi lan na oko 2,3 milijuna ha najveće površine se nalaze u Sjevernoj Americi no najveći prinosi se dobiva u Velikoj Britaniji oko 1,8 t/ha. Lan se uzgaja na gotovo svim kontinentima ali pretežno na južnim području (Slika 1.).



Slika 1. Usjev uljanog lana

<https://www.agroklub.ba/>

1.2. Sjetva

Kod sjetve lana najbolje je koristiti sjeme tretirano fungicidima i koje je staro 2 godine te se zahtjeva čistoća sjemena od minimalno 99 % i čistoća od 92 %. Količina sjemena koja je potrebna za sjetvu uljanog lana iznosi od 60 kg do 80 kg. Razmak između redova je od 20

do 30 cm. Optimalna temperatura tla treba biti minimalno 7 °C jer u svakoj nižoj temperaturi lan dugo čeka za nicanje. Lan je dobar pred usjev za sve kulture zato što tlo ostavlja čistim od korova ali on sam po sebi ima vrlo visoke potrebe tako da se lan na istom zemljištu može sijati najranije svakih 5 godina i u tih pet godina moramo voditi računa o gnojidbi kultura koje sa tamo uzgajaju jer prekomjerna gnojidba mahunarki može dovesti do nepovoljne koncentracije dušika u zemlji te se preporučuje da se njihovo gnojenje dušikom smanji za trećinu (<https://www.agroklub.com/sortna-lista/uljarice-predivo-bilje/lan-85/>).

Optimalna gustoća uljanog lana je 800 biljaka po metru kvadratnom iz tog razloga zato što gusta sjetva smanjuje mogućnost grananja te na taj način forsira lan da raste u visinu. Lan se sije na dubinu od 2-3 cm no to ovisi o vrsti tla tako se na laganijim tlima lan sije dublje a na težim tlima pliće optimalni rok sjetve lana je od 15. Ožujka do 15. Travnja. Najbolji pred usjev za lan su okopavine kao što su kukuruz, krumpir, soja i šećerna repa no kod njihovog uzgoja moramo voditi računa o gnojidbi tako da se gnojidba dušikom mora smanjiti za trećinu.

1.3. Gnojidba

Sama gnojidba lana se treba provoditi isključivo mineralnim gnojivima i pri gnojidbi treba znati da zbog svog slabo razvijenog korijena lan ima jako malu i kratku mogućnost usisavanja hranjivih tvari. Najgora stvar koju možemo napraviti kod lana što se tiče lana a i ne samo lana je gnojidba napamet te je treba prilagoditi plodnosti tla.

Na srednje plodnim tlima kako bi dobili prinose od 2,5 t/ha lan za svoj razvoj zahtjeva najviše 125 kg/ha N, 60 kg/ha P₂O₅ i 130 kg/ha K₂O. U prihrani lana je potrebno unijeti oko 30 kg/ha N i to treba provesti najkasnije 25 dana od nicanja. Dušična gnojiva je potrebno primjenjivati kao predsetveno gnojivo. Lan je jako osjetljiv na nedostatak mikroelemenata kao što je cink, mangan ili bor i oni imaju veliki utjecaj na prinos.

1.4. Temperatura

Temperatura ima veliku ulogu na sve biokemijske reakcije u biljkama a pogotovo u fotosintezi te biljke mogu vršiti fotosintezu samo u rasponu od 0 do 50 °C.

Prema otpornosti na temperaturu uljani lan i predivi se dosta razlikuju tako predivi lan puno bolje podnosi niske temperature. Za predivi lan je potrebna minimalna temperaturna suma

od minimalno 1500 °C, a minimalna temperatura suma koja je potrebna za razvoj uljanog lana je 1800 °C. Optimalna temperatura za rast i razvoj lana je 20 °C i jako teško podnosi temperature oscilacije. Lan je na niske temperature najosjetljiviji u ranim fazama nicanja te podnosi temperature do -3 °C te takve temperature donose u daljnjem životu biljke smanjenje uroda i smanjenje kvalitete uroda.

Zbog toga što ima slabu otpornost prema hladnoći potreban mu je snijeg pod kojim može lakše prebroditi zimu. Zbog svoje umjerene potrebe za temperaturom moguće je provesti 2 žetve godišnje ili se može koristiti kao postrni usjev.

1.5 Voda

Lan ima iznadprosječne potrebe za vodom, pogotovo u vrijeme klijanja i nicanja a zatim u periodu cvatnje. Najveći razlog za iznadprosječnim potrebama za vodom su slabo razvijeni korijen i visoka transpiracija njegov transpiracijski koeficijent iznosi od 480-780 no neka istraživanja tvrde ta je taj broj znatno veći te da prelazi i 1000.

Predivi lan ima nešto veće potrebe za vodom nego uljani lan. Veće količine vode mogu dovesti do povećanog rasta korova i stvaranje povoljnih uvjeta za razvoj bolesti. Njegove potrebe za vodom su iznad 600 mm vode godišnje. Lan tijekom svoje vegetacije zahtjeva dosta visoku relativnu vlagu zraka oko 80 %.

1.6. Svjetlost

Svim biljkama je potreban minimalni iznos vode koja utječe na proces fotosinteze jer voda ima nezamjenjivu ulogu u procesu stvaranja enzima i razvoju različitih staničnih struktura te može čak dovesti do zatvaranja puči te sprječavanje dovoda CO₂.

Lan je biljka koja ima velike potrebe za svjetlost, no on je biljka koji ne voli intenzivnu nego difuznu svjetlost tako da mu najbolje odgovara veliki broj biljaka po metru kvadratnom. Lan je biljka dugog dana i zbog toga što je veća količina svjetlosti lan daje veće količine sjemena lana koja u sebi imaju veći postotak ulja u sebi. Fotosinteza uvelike ovisi ne samo o količini svjetlosti nego i o njezinoj kvaliteti te pri povećanju intenziteta svjetlosti brzina fotosinteze se povećava te se i sami raspored kloroplasta mijenja.

1.7. Tlo

Najvažnije za lan što se tiče zemljišta je dobra provodnost tla kako bi došao do vode. Lan ima velike potrebe za tlom i odgovaraju mu slabo kisela tla pH 5.9-6.5. Lan ima slabo razvijeni korijen i vrlo kratki period apsorpiranja hranjivih tvari iz tla. Najveće probleme mu može stvarati kalcijev karbonat, te teška i slabo provodna tla. Uljani lan ima skromne potrebe prema tlu preferira ilovasta tla i nikako mu ne odgovaraju pjeskovita tla. Lan zahtjeva dobro obrađena tla, osnovnu obradu tla za lan treba početi što prije jer kasna sjetva može uvelike smanjiti urod lana. Zahtjeva čisto tlo bez korova i vlažnu zemlju tako da se sjetva lana mora obaviti što prije nakon osnovne obrade tla.

1.8. Žetva

Za žetvu uljanog lana nije potrebna nikakva specijalizirana mehanizacija i ona se vrši žitnim kombajnom (Slika 2.). Uljani lan se žanje u fazi pune zriobe. Određivanje pravog vremena za sjetvu može biti vrlo problematično zbog neujednačenosti dozrijevanja. Kada se vrši žetva kombajnom vrlo je važno dobro namjestiti razmak između bubnja i podbubnja te samu brzinu okretanja bubnja kako ne bi došlo do pucanja sjemena, a to se isto tako može dogoditi i zbog prevelikog utjecaja suše. Optimalno vrijeme za žetvu jarog uljanog lana u našoj kontinentalnoj klimi je druga dekada srpnja, a optimalno vrijeme za žetvu ozimog uljanog lana je nekoliko tjedana prije jarog lana. Pravilno vrijeme za žetvu se može otkriti i po nekim morfološkim svojstvima. Neka od tih svojstva su boja i tekstura sjemena. U optimalno vrijeme sjeme je žute boje i kada se pritisne ispušta mliječni sok.

Standardno sjeme uljanog lana na svjetskom tržištu sadrži 39 % ulja i 9 % vlage. Kako bi dobili i održali taj udio vlage sjeme je potrebno odmah nakon žetve prosušiti na temperaturi od 28 do 40 °C potom dalje skladištiti.



Slika 2. Žetva lana

<http://www.doza-djerdj.rs/>

1.9 Morfologija lana

1.9.1 Korijen

Lan ima vretenasti korijen (Slika 3.) koji je vrlo slabo razvijen i u najboljem slučaju čini od 9 % - 15 % ukupne mase biljke. Glavni korijen lana je vretenast i prodire u tlo do 1 m, dok je bočno korijenje isprepletano i može narasti do 30 cm. Zbog slabe razvijenosti korijena lan ima vrlo slabu mogućnost asimilacije vode i hranjivih tvari, no uljani lan može bolje prebroditi sušne uvjete jer ima dulji glavni korijen od predivog lana.

1.9.2. Stabljika

U svom radu Butorac i sur. (2009) opisuju da je stabljika uljanog lana niža od stabljike predivog lana; visoka je samo do 60cm, dok predivog lana može narasti i do 120 cm. Uljani lan se uzgaja samo zbog svog sjemena pa mu je stabljika neupotrebljiva za proizvodnju vlakana. Uzgaja se isključivo zbog ploda i može dati izrazito veliki broj plodova, do 50. Ovisno o sklopu sjetve možemo dobiti do 3 izbojka.

1.9.3. List

Uljani lan ima više listova od predivog lana, oko 150 listova. Listovi lana se razlikuju ovisni o sorti i tipu listova. Listovi su uski i izduženi te na vrhu špicasti, nisu pravilo raspoređeni po biljci tako da imamo više listova na donjem dijelu biljke. Dužina listova varira tako da

mogu biti dugački od 20 do 50 mm te otpadaju sa sazrijevanjem biljke. Na sebi imaju voštani sloj koji lanu daje karakterističan sivkasti odsjaj. Imaju veliki broj puči što je jedan od razloga njihove osjetljivosti prema sušnim uvjetima.



Slika 3. Morfološke karakteristike lana

Izvor: <https://www.delta-intkey.com/>

1.9.4. Cvijet

Prema Butorac (2009) cvijet lana se nalazi na vrhu stabljike i na svakoj zasebnoj grančici. Broj cvjetova u cvatu ovisi o uvjetima uzgoja, gustoći sklopa te tipu i sorti lana. Cvijet lana je dvospolan te se sastoji od pet čašičnih listića, pet kruničnih listića, pet prašnika i tučka (Slika 3.). Cvjetovi lana mogu biti plave, bijele, ružičaste i ljubičaste boje što ovisi o sorti. Lan je samooplodna biljka, a postotak strano oplodnje najviše može biti do 5%. Cvatnja jedne biljke traje 3 do 5 dana i počinje u ranim jutarnjim satima, no na to najveći utjecaj imaju ekološki uvjeti u kojima se biljka uzgaja.

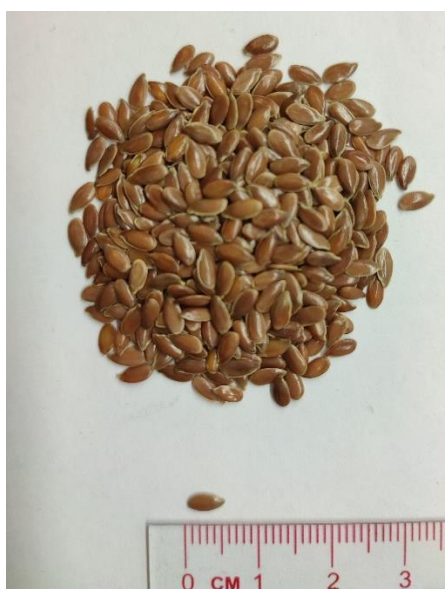
1.9.5. Plod

Plod lana je tobolac koji je okruglog oblika. Tobolci uljanog lana su krupniji u odnosu na predivi lan. Broj tobolaca varira o agrotehničkim zahvatima, ali ponajviše o gustoći sklopa sjetve. U jednom tobolcu se može razviti do 10 sjemenki, ali ih najčešće ima od 6 do 8. Na cijeloj biljci se može razviti do 250 tobolaca koje u fazi zriobe poprimaju nijansu žute boje i obavijene su listovima. Tijekom zriobe tobolci su gotovo potpuno zatvoreni, samo su blago otvoreni na vrhu.

1.9.6. Sjeme lana

Sjeme lana je plosnatog i okruglastog oblika te je sjajno, žute, smeđe ili čak zlatnožute boje (Slika 4.). Sjeme se sastoji od sjemene ljuske, dviju supki, endosperma i klice. Kako je sjeme lana hidrofilno nije rijedak slučaj da ono proklija još u tobolcu. Prema veličini sjemena razlikujemo krupnosjemene i sitnosjemene forme čija težina može varirati od 6 do 12 g. Masa uljanih sjemenki je dvostruko veća od sjemenki predivog lana; masa 1000 zrna predivog lana u prosjeku iznosi od 4 do 6 g, a uljanog od 10 do 12 g.

Kao što se razlikuju u masi sjemena razlikuju se i po udjelu ulja tako da sjeme uljanog lana može sadržavati do 45 % ulja, a predivog do 38 %.



Slika 4. Sjeme uljanog lana

Foto: Vinko Dujić

1.10. Biološka svojstva

Vegetacija lana uvelike ovisi o njegovoj sorti, namjeni uzgoja i vrsti. Iz tih razloga prosječna duljina vegetacije jarog uljanog lana traje do 120 dana, ozimog može trajati čak do 300 dana, dok vegetacija predivog lana iznosi u prosjeku 100 dana. Faze rasta lana mogu se prepoznati po morfološkim promjenama i rastu novih biljnih organa koji su karakteristični za određene faze razvoja. Lan pripada grupi biljaka dugog dana (Butorac, 2009).

Faze razvoja lana dijele se na:

- ❖ Nicanje: za nicanje lana potrebni su optimalni abiotski uvjeti: dovoljna količina vode i minimalna temperaturna suma od 60 stupnjeva celzijevih. Ova faza traje do 15 dana.
- ❖ Faza „joločke“: faza u kojoj se biljka fokusira na razvoj korijena i traje do 20 dana. Kraj ove faze kreće pojavom prvih listova.
- ❖ Faza brzog rasta: u ovoj fazi biljka se fokusira na rast i razvoj stabljike i pupova; dnevno može narasti do 5 cm. Ova faza traje do 30 dana i prestaje sa pojavom pupova. Temperaturna suma potrebna za ovu fazu je minimalno 400 stupnjeva celzijevih
- ❖ Cvatnja: pojavljuju se cvjetovi na vršnim granama stabljike. i za ovu fazu je potrebna temperaturna suma do 450 stupnjeva celzijevih
- ❖ Dozrijevanje: U posljednjoj fazi primjećuje se odrvenjavanje staničja stabljike koje traje sve do dozrijevanja sjemena (https://www.vrtlarica.com/lan/#Zetva_lana).

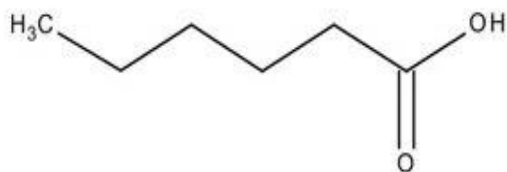
1.11. Predsjetveni tretman sjemena

Predsjetveni tretman sjemena predstavlja efikasno i učinkovito rješenje za povećanje postotka klijavosti sjemena te rani rast i razvoj klijanaca. Od davnina, ljudi su koristili predsjetveni tretman močenjem sjemena u raznim čajevima koji djeluju protiv insekata tako što ih odbijaju svojim mirisom ili močenjem sjemena u hladnoj vodi kao priprema za nepovoljne abiotske čimbenike. Također, ovaj tretman omogućuje zaštitu sjemena od

gljivične infekcije te za sprječavanje razvoja raznih biljnih bolesti (Conrath, 2009; https://www.chemicalbook.com/chemicalproductproperty_en_cb3224164.htm).

1.12. Kapronska kiselina

Kapronska kiselina je organska kiselina formule $C_6H_{12}O_2$ (Slika 5.) koja se pri sobnoj temperaturi nalazi u krutom stanju (Slika 6.), bezbojna je i netopiva do slabo topiva u vodi. Nalazi se u maslacu i u masnom tkivu životinja te kao sekundarni proizvod octene fermentacije. Predsjetveni tretman ovom kiselinom pojačava otpornost na gljivične i bakterijske bolesti kod primjerice arabidopsisa (*Arabidopsis thaliana* L.) i rajčice (*Solanum lycopersicum* L.) (Aranega-Bou i sur., 2014; <https://www.tuscany-diet.net/lipids/list-of-fatty-acids/caproic/>).



Slika 5. Formula kapronske kiseline

Izvor: <https://www.sigmaaldrich.com/>



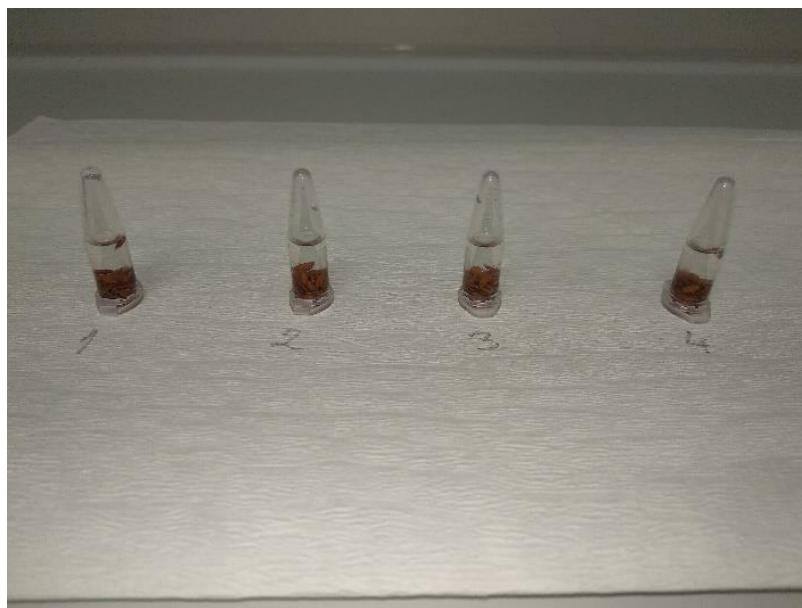
Slika 6. Kapronska kiselina u krutom stanju

Izvor: <https://www.lekovitebiljke.com/>

Cilj ovog završnog rada je istražiti utjecaj predsjetvenog tretmana kapronskom kiselinom na klijavost sjemena uljanog lana u uvjetima sušnog stresa.

2. MATERIJALI I METODE

Predsjetveni tretman izvršen je močenjem sjemena uljanog lana (*Linum usitatissimum* L.) proizvođača BIOVERI (Dąbrówka Wielka, Poljska), u 0,5 mM i 1,0 mM otopinama kapronske kiseline (Kap.kis.), proizvođača KEMIKA (Zagreb, Hrvatska), u vremenu od 30 minuta (Slika 7.).



Slika 7. Predtretman sjemena uljanog lana
Foto: Vinko Dujčić

Nakon predtretmana sjeme je posijano u petrijevim zdjelicama $\varphi=90$ mm na podlozi filter papira navlaženim s 4 mL destilirane vode (kontrola) dok se za izazivanje sušnog stresa koristila 10 % i 20 % vodena otopina polietilenglikola (PEG) 6000, proizvođača PanReac AppliChem (Darmstadt, Njemačka) (Slika 8.). Sjeme je zatim naklijavano u klima komori ARALAB FitoClima 600 (Rio de Mouro, Portugal), pri stalnoj temperaturi od 22 °C i 50 % relativne vlažnosti zraka (Slika 9.). Kljavost sjemena, masa klijanca te morfološki parametri (dužina korjenčića, stabljice i ukupna dužina klijanca) izmjereni su nakon 7 dana. Veličina osnovnog uzorka bila je 20 sjemenki po tretmanu, a svaki je tretman izvršen u četiri ponavljanja. Za vaganje klijanaca (Slika 10.) korištena je analitička vaga KERN ABT 220-4M (Balingen, Njemačka) dok je statistička obrada podataka izvršena u programskom paketu SAS Enterprise Guide 7.1. (2021 SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, SAD).



Slika 8. Naklijavanje sjemena u petrijeve zdjelice

Foto: Vinko Dujić



Slika 9. Sjeme uljanog lana po tretmanima u klima komori

Foto: Vinko Dujić



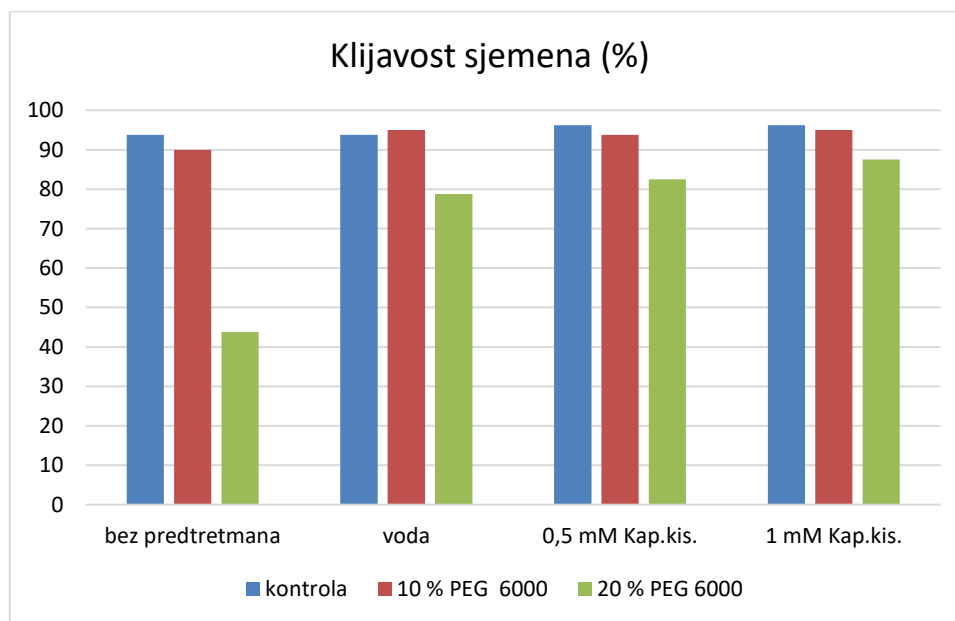
Slika 10. Vaganje svježe mase klijanca

Foto: Vinko Dujić

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Klijavost sjemena

Rezultati statističke analize varijance (Tablica 1.) kazuju nam da su predtretmani kapronske kiseline značajno utjecali na postotak klijavosti sjemena u uvjetima sušnog stresa izazvanog 20 % PEG 6000, dok na klijavost značajno nije utjecao predtretman kaprnskom kiselinom u uvjetima kada je sjeme bilo izloženo sušnom stresu izazvanim 10 % PEG 6000 i kontroli. Najviša vrijednost postotka klijavosti sjemena u kontrolnoj skupini utvrđena je kod klijanaca u predtretmanu s 0,5 i 1 mM kaprnskom kiselinom (96,25 %), dok je ta vrijednost kod klijanaca u uvjetima sušnog stresa izazvanim 10 % PEG 6000 bila u predtretmanima s vodom i 1 mM kaprnskom kiselinom (95 %) te u uvjetima sušnog stresa izazvanim 20 % PEG 6000 u predtretmanu s 1 mM kaprnskom kiselinom (87,5 %) (Grafikon 1). Također, iz Tablice 1 je vidljivo da su u uvjetima sušnog stresa izazvanog 20 % PEG 6000 oba predtretmana kaprnskom kiselinom i vodom imali izražen pozitivan učinak na klijavost sjemena u usporedbi s klijanacima bez predtretmana.



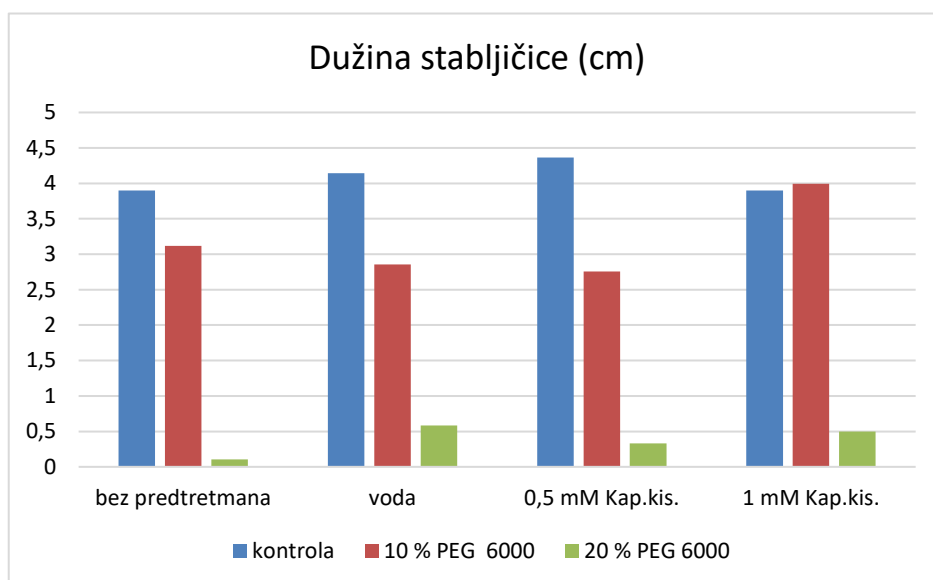
Grafikon 1. Postotak klijavosti sjemena uljanog lana

Tablica 1. Utjecaj predtretmana sjemena uljanog lana vodom, 0,5 i 1 mM kaprnskom kiselinom u uvjetima bez stresa (kontrola) te uz sušni stres izazvan 10% i 20% otopinama PEG 6000 na dužinu stabljice, dužinu korjenčića, dužinu klijanca, masu klijanca i klijavost sjemena.

UVJETI	TRETMANI	dužina stabljičice (cm)	dužina korjenčića (cm)	dužina klijanca (cm)	masa klijanca (g)	klijavost (%)
BEZ STRESA (KONTROLA)	bez predtretmana	3,9002±0,0457	4,6008±0,5029	8,5009±0,4647	0,0394±0,0015 AB	93,75±2,50
	voda	4,1438±0,4263	4,577±0,388	8,7208±0,7073	0,0421±0,002 A	93,75±4,79
	0,5 mM Kap.kis.	4,3662±0,3227	4,7816±0,381	9,1477±0,3234	0,0416±0,0033 A	96,25±4,79
	1 mM Kap.kis.	3,8984±0,1796	4,4643±0,1477	8,3627±0,2288	0,037±0,0016 B	96,25±4,79
	F test	2,52	0,48	2,16	4,38	0,44
	P	0,1075	0,7038	0,1462	0,0267	0,7256
SUŠNI STRES 10 % PEG 6000	bez predtretmana	3,1171±0,3892 B	3,9539±0,5304	7,071±0,8369 B	0,0304±0,0046	90±9,13
	voda	2,8556±0,4958 B	4,4986±0,772	7,3542±1,2464 B	0,0294±0,0015	95±7,07
	0,5 mM Kap.kis.	2,7565±0,2356 B	4,1112±0,2355	6,8677±0,4375 B	0,0305±0,003	93,75±4,79
	1 mM Kap.kis.	3,9918±0,331 A	4,8068±0,6722	8,7987±0,6748 A	0,0326±0,0027	95±7,07
	F test	8,99	1,71	4,21	0,75	0,43
	P	0,0021	0,2175	0,0299	0,5417	0,7324
SUŠNI STRES 20 % PEG 6000	bez predtretmana	0,1042±0,167 C	0,8725±0,934 B	0,9767±1,100 B	0,0081±0,0038 B	43,75±18,43 B
	voda	0,583±0,086 A	2,3271±0,262 A	2,9101±0,296 A	0,0153±0,0027 A	78,75±13,77 A
	0,5 mM Kap.kis.	0,3317±0,142 B	2,2568±0,421 A	2,5885±0,491 A	0,0142±0,0013 A	82,5±8,66 A
	1 mM Kap.kis.	0,4993±0,174 AB	2,417±0,204 A	2,9163±0,259 A	0,0142±0,0005 A	87,5±9,57 A
	F test	8,33	7,42	8,56	7,34	9,11
	P	0,0029	0,0045	0,0026	0,0047	0,002

3.2. Dužina stabljice

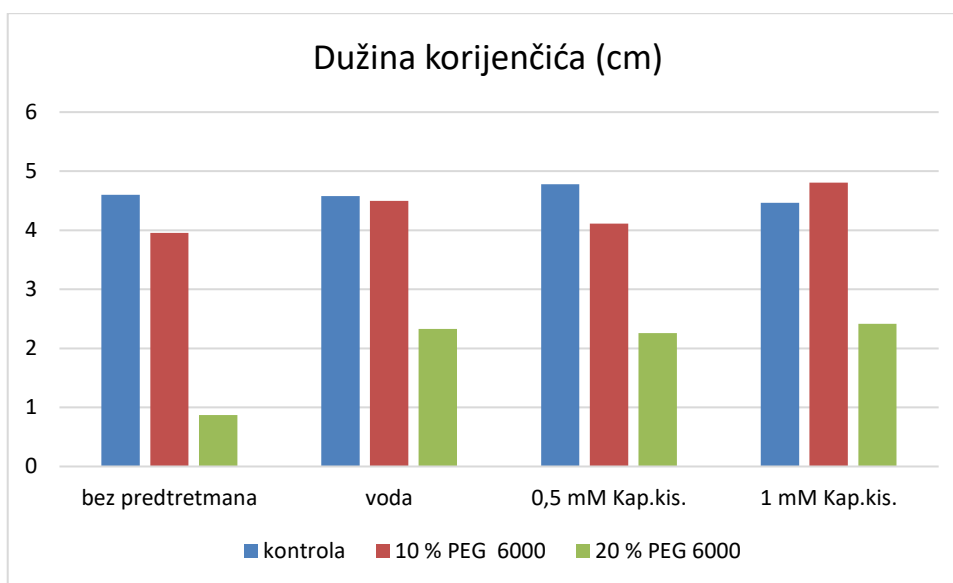
Predtretman klijanaca uljanog lana kaprionskom kiselinom imao je značajan utjecaj na dužinu stabljice u uvjetima sušnog stresa izazvanog 10 % i 20 % PEG 6000. U uvjetima sušnog stresa izazvanog 10 % PEG 6000 najboljim se pokazao predtretman s 1 mM kaprionskom kiselinom kod kojeg je prosječna dužina stabljice iznosila 3,99 cm. (Tablica 1. i Grafikon 2.). Klijanci uljanog lana predtretirani vodom i 1 mM kaprionskom kiselinom imali su najviše prosječne vrijednosti dužine stabljice u uvjetima sušnog stresa izazvanog 20 % PEG 6000 (0,58 cm i 0,49 cm), što je značajno više u odnosu na klijance bez predtretmana (0,10 cm).



Grafikon 2. Prosječna dužina stabljice uljanog lana

3.3. Dužina korjenčića

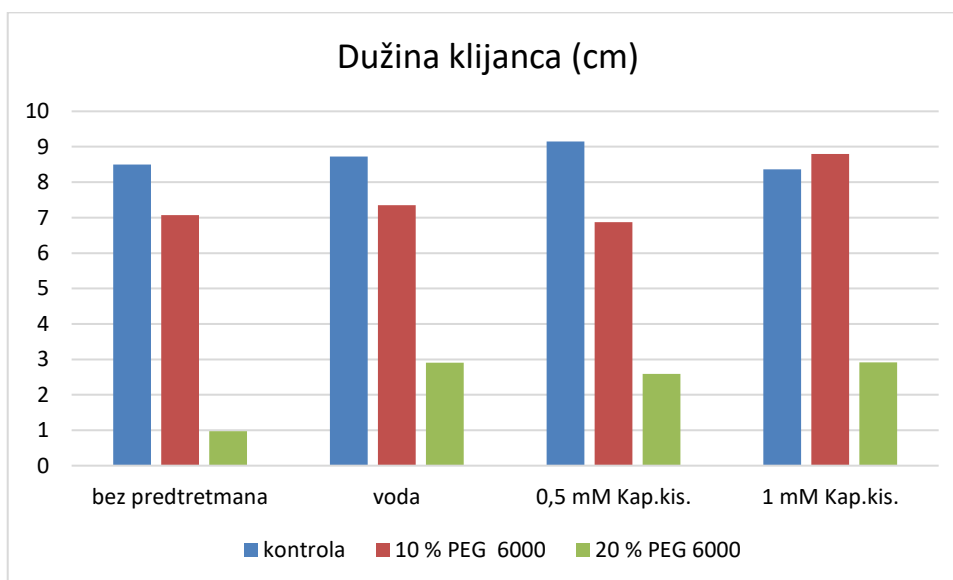
Iako statističkom analizom (Tablica 1.) nije ustanovljen značajni utjecaj predtretmana kaprnskom kiselinom na dužinu korjenčića uljanog lana naklijavanog u kontrolnoj skupini i uvjetima sušnog stresa izazvanog 10 % PEG 6000, on je uočen kod klijanaca izloženih sušnom stresu izazvanim 20 % PEG 6000. Uspoređujući ispitivane predtretmane u uvjetima više razine sušnog stresa najniže vrijednosti prosječne dužine korjenčića su utvrđene kod klijanaca bez predtretmana (0,87 cm), dok se klijanci predtretirani vodom i kaprnskom kiselinom nisu međusobno značajno razlikovali (Grafikon 3.). Među njima najvišu vrijednost dužine korjenčića imali su klijanci predtretirani 1 mM kaprnskom kiselinom (2,41 cm). Bez obzira što nije utvrđena značajna razlika, valja napomenuti da su klijanci predtretirani 1 mM kaprnskom kiselinom i u uvjetima sušnog stresa izazvanog 10 % PEG 6000 imali najvišu vrijednost dužine korjenčića (4,80 cm) (Grafikon 3.).



Grafikon 3. Prosječna dužina korjenčića uljanog lana

3.4. Dužina klijanca

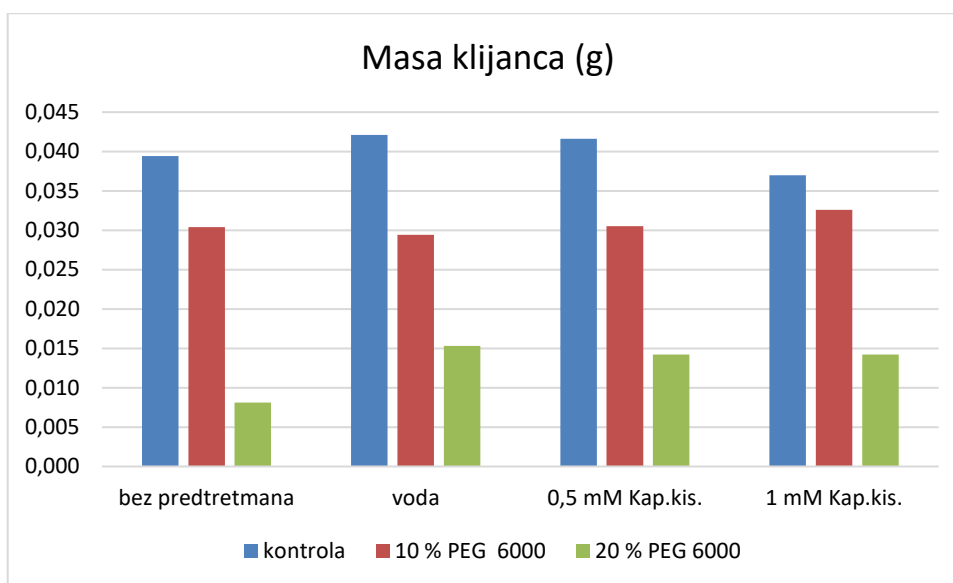
Prema rezultatima statističke analize varijance predtretmani kaprnskom kiselinom značajno su utjecali na prosječnu dužinu klijanaca uljanog lana naklijavanih u uvjetima sušnog stresa (Tablica 1.). Kod klijanaca izloženih sušnom stresu izazvanim 10 % PEG 6000 s najvišom prosječnom vrijednošću dužine klijanaca isticali su se klijanci predtretirani 1 mM kaprnskom kiselinom (8,79 cm). Najviše vrijednosti prosječne dužine klijanaca kod sjemena naklijavanog u uvjetima sušnog stresa izazvanog 20 % PEG 6000 imali su klijanci predtretirani vodom i 1 mM kaprnskom kiselinom (2,91 cm) te nešto niže klijanci u predtretmanu s 0,5 mM kaprnskom kiselinom (2,58 cm), što je značajno više od dužine klijanaca bez predtretmana (0,97 cm) (Grafikon 4.).



Grafikon 4. Prosječna dužina klijanca uljanog lana

3.5. Masa klijanca

Prema statističkoj analizi značajan utjecaj predtretmana utvrđen je u kontrolnoj skupini i u uvjetima sušnog stresa izazvanim 20 % PEG 6000 (tablica 1.). U kontrolnoj skupini najviše vrijednosti prosječne mase klijanaca utvrđene su kod klijanaca predtretiranih vodom (0,0421 g) i 0,5 mM kaprnskom kiselinom (0,0416 g), najmanja prosječna masa klijanca utvrđena je kod klijanaca predtretiranih 1 mM kaprnskom kiselinom (0,037 g). Prosječna masa klijanaca bez predtretmana u kontrolnoj skupini nije se značajno razlikovala od prosječne mase predtretiranih klijanaca. Klijaneci uzgajani u uvjetima sušnog stresa izazvanog 20 % PEG 6000 imali su značajan pozitivan odgovor na predtretiranje sjemena vodom i kaprnskom kiselinom (Grafikon 5.).



Grafikon 5. Prosječna masa klijanca uljanog lana

4. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu utvrđeno je da predstetveni tretman sjemena uljanog lana kaprnskom kiselinom pokazuje značajan utjecaj na klijavost sjemena, dužinu stabljice, dužinu korjenčića, dužinu klijanca i masu klijanca izloženih sušnom stresu izazvanim PEG 6000. Predtretman sjemena 1 mM kaprnskom kiselinom imao je značajan pozitivan utjecaj na prosječnu dužinu stabljice i dužinu klijanca u uvjetima sušnog stresa izazvanog 10 % PEG 6000. Iako ne značajno, pri istoj razini sušnog stresa prosječne vrijednosti klijavosti sjemena, mase klijanca te dužine korjenčića bile su veće u predtretmanu s 1 mM kaprnskom kiselinom u odnosu na sjeme bez predtretmana. Također, veće prosječne vrijednosti klijavosti sjemena, dužine korjenčića i mase klijanca bile su kod sjemena tretiranog 0.5 mM kaprnskom kiselinom u uvjetima sušnog stresa izazvanog 10 % PEG 6000 u odnosu na sjeme bez predtretmana. Pozitivan utjecaj predtretmana sjemena uljanog lana 1 mM kaprnskom kiselinom pokazao se i u uvjetima sušnog stresa izazvanog 20 % PEG 6000 gdje su zabilježene najviše vrijednosti prosječne dužine korjenčića i klijavosti sjemena u odnosu na ostale tretmane. Prema ovom istraživanju može se zaključiti da bi se kaprnska kiselina mogla koristiti kao metoda predstetvenog tretmana sjemena uljanog lana, a u svrhu poboljšanja ranog rasta i razvoja klijanaca u uvjetima sušnog stresa.

5. POPIS LITERATURE

1. Butorac, J. (2009.): Predivo bilje. Zagreb. Kugler d.o.o..
2. Gadžo, D., Đikić, M., Mijić, A. (2011.): Industrijsko bilje. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
3. Aranega-Bou, P., de la O Leyva, M., Finiti, I., García-Agustín, P., González-Bosch, C. (2014). Priming of plant resistance by natural compounds. Hexanoic acid as a model. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1–12.
4. Conrath, U. (2009): Priming of induced plant defense responses. *Advances in Botanical Research*. 51, 361–395.
5. Šimetić, S. (2008.): Lan u proizvodnji i upotrebi. Zavod za sjemenarstvo i rasadničarstvo, Osijek. 213-222.
6. <https://www.agroklub.com/sortna-lista/uljarice-predivo-bilje/lan-85/> (28.04. 2021.)
7. https://www.vrtlarica.com/lan/#Zetva_lana (28.04. 2021.)
8. <https://www.tuscany-diet.net/lipids/list-of-fatty-acids/caproic/> (28.04. 2021.)
9. https://www.chemicalbook.com/chemicalproductproperty_en_cb3224164.htm (29.04. 2021.)