

Klijavost sjemena predivog lana (*Linum usitatissimum* L.) predtretiranog 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivatima kumarina

Šunić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:564328>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Ana Šunić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Klijavost sjemena predivog lana (*Linum usitatissimum* L.)
predtretiranog 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil
derivatima kumarina**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Ana Šunić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Klijavost sjemena predivog lana (*Linum usitatissimum* L.)
predtretiranog 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil
derivatima kumarina**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. doc. dr. sc. Dejan Agić, mentor
2. izv. prof. dr. sc. Vesna Rastija, članica
3. doc. dr. sc. Ivana Varga, članica

Osijek, 2021.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Završni rad

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo
Ana Šunić

Klijavost sjemena predivog lana (*Linum usitatissimum* L.) predtretiranog 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivatima kumarina

Sažetak: Lan je jednogodišnja biljka iz porodice *Linaceae*, pripada rodu *Linum* koji broji preko 200 vrsta od kojih se neke uzgajaju kao ukrasne dok se za proizvodnju vlakna koristi predivi lan (*Linum usitatissimum* L.). Cilj ovog završnog rada bio je istražiti utjecaj predivnog tretmana 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivata kumarina na klijavost sjemena predivog lana. Predtretman sjemena izvršen je močenjem sjemena u vodi, 2 % vodenoj otopini dimetilsulfoksida, 1,0 mM otopinama 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivata kumarina tijekom 15 minuta. Sjeme predivog lana potom je naklijavano 7 dana nakon čega su izmjereni klijavost, masa, dužina korjenčića, stabljice i ukupna dužina klijanca. Istraživanje je pokazalo da ispitivani 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivati kumarina pokazuju značajan utjecaj samo na klijavost sjemena predivog lana dok na ostale parametre nisu značajno utjecali. Najveće vrijednosti za sve ispitivane parametre utvrđene su za klijance predivog lana predtretiranog 1.0 mM etil 6-bromo-2-okso-2H-kromen-3-karboxilatom. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se ispitani derivati kumarina mogu koristiti kao mogući predtretman za zaštitu sjemena predivog lana bez značajnog nepovoljnog utjecaja na rani rast i razvoj klijanaca.

Ključne riječi: predivi lan, predtretman, derivati kumarina, klijavost

28 stranica, 3 tablice, 15 slika, 5 grafikona, 26 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
Ana Šunić

Germination of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) seed primed with 3-ethoxycarbonil and 3-methoxycarbonil coumarin derivatives

Summary: Flax is an annual plant from the family *Linaceae*, belonging to the genus *Linum*, which has over 200 species, some of which are grown for decorative purposes, while fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) is used for fiber production. The aim of this study was to investigate the effect of pre-sowing treatment of 3-ethoxycarbonyl and 3-methoxycarbonyl coumarin derivatives on germination of flax seeds. Seed priming was performed by soaking the seeds in water, 2% dimethyl sulfoxide, 1.0 mM solutions of 3-ethoxycarbonyl and 3-methoxycarbonyl coumarin derivatives for 15 minutes. The flax seeds were then germinated for 7 days after which germination, weight, root length, stems and total seedling length were measured. The study showed that the tested 3-ethoxycarbonyl and 3-methoxycarbonyl derivatives of coumarin show a significant effect only on the germination of flax seeds, while other parameters were not significantly affected. The highest values for all tested parameters were found for flax seedlings pretreated with 1.0 mM ethyl 6-bromo-2-oxo-2H-chromene-3-carboxylate. According to the obtained results, it can be concluded that the tested coumarin derivatives can be used as a possible pre-treatment for the protection of flax seeds without a significant adverse effect on early growth and development of seedlings.

Keywords: fiber flax, pretreatment, coumarin derivatives, germination

28 pages, 3 table, 15 figures, 5 charts, 26 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. Botanička klasifikacija	3
1.2. Morfološke osobine.....	4
1.2.1. Korižen.....	4
1.2.2. Stabljika.....	4
1.2.3. List i cvijet.....	5
1.3. Biološke osobine	7
1.4. Ekološki uvjeti uspijevanja	7
1.4.1. Toplina	7
1.4.2. Voda	8
1.4.3. Svjetlost	8
1.4.4. Tlo	8
1.5. Agrotehnika.....	8
1.5.1. Plodored.....	8
1.5.2. Obrada tla	9
1.5.3. Gnojidba.....	9
1.5.4. Sjetva	9
1.5.5. Njega	10
1.5.6. Žetva.....	10
1.6. Korisna svojstva lana	11
1.7. Kumarini	12
1.7.1. Kemijska svojstva kumarina.....	13
1.7.2. Metabolizam kumarina.....	13
1.7.3. Biološko djelovanje kumarina.....	15
2. MATERIJALI I METODE	17
3. REZULTATI I RASPRAVA	21
3.1. Klijavost sjemena	21
3.2. Dužina stabljičice	22
3.3. Dužin korjenčića	23
3.4. Dužina klijanca.....	24
3.5. Masa klijanca	25
4. ZAKLJUČAK	26
5. POPIS LITERATURE	27

1. UVOD

Lan (*Linum usitatissimum* L.), sinonimi: lanak, ćeten, keten, len. Carl von Linne dao je lanu latinski naziv *usitatissimum* što znači visoko upotrebljiv, upravo zbog različitih mogućnosti korištenja lana (<https://www.plantea.com.hr/>). Za lan se smatra da pripada najstarije uzgajanim biljkama, istraživanja pokazuju da je korišten za proizvodnju vlakana i ishranu još prije devet tisućljeća. Devedesetih godina prošloga stoljeća došlo je do popularizacije lana u ljudskoj ishrani jer je predstavljen kao izuzetno zdrava namirnica, a kao takva doživjela je „boom“ kod dijetalne ishrane te ishrane vegana i vegeterijanaca zbog visokog sadržaja vlakana, omega-3 masnih kiselina te antikancerogenih lignina (<https://www.enciklopedija.hr/>).

Uzgoj lana ima dvije svrhe; uzgoj za vlakno (predivi lan) i uzgoj za sjeme (uljani lan). U proizvodnji lana koriste se svi dijelovi biljke, a proizvodnja i prerada su olakšane zbog mehanizacije i industrijalizacije. Laneno vlakno izuzetno je poznato tekstilnoj industriji kao jedno od najčvršćih i najtraženijih biljnih vlakana, a nalazi se na drugom mjestu po iskorištenosti i kvaliteti, odmah iza pamuka. Lanene tkanine, zbog svoje kvalitete često znane kao „svila sjevera“, nisu alergene, lako se održavaju, hladne su na opip, dobre toplinske provodljivosti, otporne na truljenje i dugo se nose. Lanena odjeća smatra se blagodat u vrućim klimama. Ukoliko je lan uzgojen na ekološki način, njegova vlakna biti će prepoznata i vrijediti će puno više u tekstilnoj industriji koja pokušava oživiti ekomod, odnosno proizvodnju odjeće od prirodnih materijala. Kratko vlakno (kučina) koristi se za izradu konopa, materijala za pakiraje i brtvljenje, u građevinskoj i automobilskoj industriji. Laneni podzer (drvenasti dio stabljike) koristi se kao ogrjev, stelja te za proizvodnju izolacijskog materijala (Pospišil, 2013).

Postotak ulja u sjemenu predivog lana iznosi između 33 i 38%. Ulje predivog jednako je kvalitetno kao i ulje uljanog lana, a upotrebljavaju se u iste svrhe, najčešće za proizvodnju boja i lakova, linoleuma, tekućeg sapuna, uljnog platna, gume i dr. Najzastupljenije masne kiseline lanenog ulja su linolenska, linolna, palmitinska i oleinska. Linolenska kiselina pripada grupi omega-3 masnih kiselina što je značajno za ljudsku ishranu. Lan značajno doprinosi ljudskom zdravlju kao lijek protiv respiratornih, dermatoloških i želučanih tegoba (<https://www.plantagea.hr/>).

Lan se smatra se dobrim predusjevom jer tlo napušta dosta rano, čisti ga i ne iscrpljuje. Zahvalna je kultura za uzgoj jer nema prevelike zahtjeve prema gnojidi i potrebe za uporabom herbicida, a kao predusjev dobar je za većinu ratarskih kultura. U Hrvatskoj površine pod lanom procjenjuju se na samo 15 do 30 hektara. U današnje vrijeme lan se uzgaja na svim kontinentima. Prema izvorima FAOStata (2021.), svjetska godišnja proizvodnja 2016. godine iznosila je 2,93 milijuna tona, dok je na razini Europe iznosila 919 732 tone (Tablica 1.).

Tablica 1. Prosječne površine (milijuna ha) i prinosi sjemena lana (t/ha) u razdoblju 2012. – 2016. godine (FAOStat, 2021.)

Regija	2012		2013		2014		2015		2016	
	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	t/ha
Azija	1,14	0,63	1,07	0,80	1,19	0,82	1,23	0,83	1,24	0,85
Amerika	0,55	1,21	0,53	1,62	0,78	1,37	0,87	1,42	0,52	1,60
Europa	0,66	0,80	0,53	0,87	0,56	0,91	0,80	0,90	0,90	1,02
Afrika	0,13	0,97	0,09	0,94	0,09	1,03	0,09	1,16	0,09	1,10
Svijet	2,50	0,82	2,24	1,01	2,62	1,01	3,00	1,03	2,76	1,05

1.1. Botanička klasifikacija

Lan pripada porodici *Linaceae*, rodu *Linum* koji broji preko 200 vrsta. Neke od tih vrsta uzgajaju se kao ukrasne, ali za proizvodnju vlakna i sjemena značajna je samo jedna - *Linum usitatissimum* L. *Linum usitatissimum* var. *elongata* - lan za vlakno ili predivi lan (dolgunac) ima dugo i nerazgranato stablo visine 70 do 150 cm. Od ukupnog prinosa na stablo otpada 70 - 80 %. Formira manji broj čahura od uljanog lana i zato ima niži prinos sjemena. Daje veliku količinu visokokvalitetnog vlakna. Cvijet je obično plav, rijetko bijel ili ružičast (<https://www.britannica.com/>) (Slika 1.).



Slika 1. Nadzemni dijelovi lana

Izvor: <https://slidetodoc.com/>

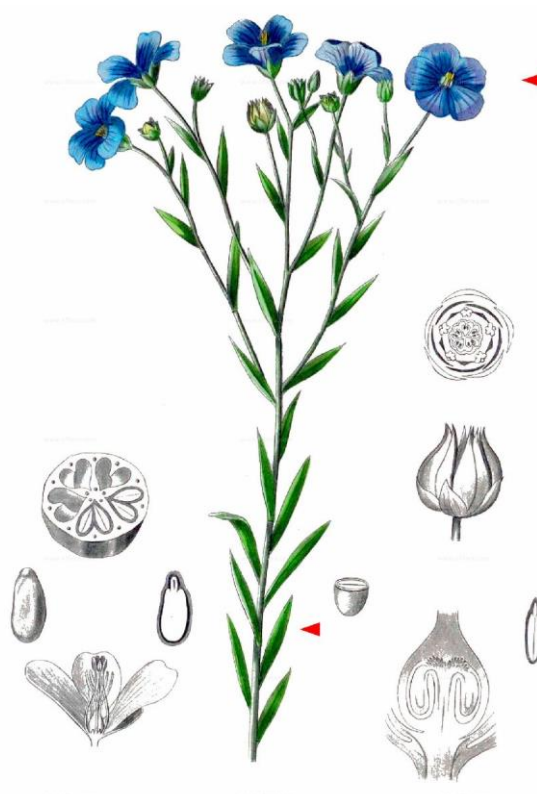
1.2. Morfološke osobine

1.2.1. Korijen

Lan je biljka vretenastog korijena slabe sposobnosti upijanja. Glavna masa korijena se razvija na dubini od 15 do 20 cm. Predivi lan ima slabije razvijen korijenov sustav od uljanog lana. Korijen iznosi oko 15 % ukupne mase biljke (<https://www.vrtlarica.hr/>).

1.2.2. Stabljika

Stabljika lana je tanka, uspravna i zeljasta, s vanjske strane glatka i prekrivena voštanom prevlakom, sivozelene boje. Na poprečnom presjeku stabljika je okrugla i šuplja. Visina stabljike ovisi o vrsti lana, a iznosi 30 do 150 cm (Slika 2.). Grana se različitom intenzitetom; uljani lan grana se od osnove, a predivi samo pri vrhu. Stabljika je debljine od 0,5 do 3 mm, a optimalna od 1,5 do 2 mm (<https://www.plantea.com.hr/lan>).

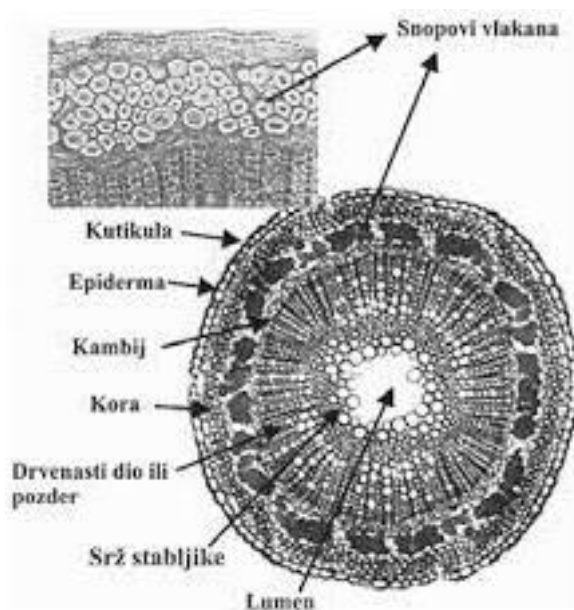


Slika 2. Stabljika lana s cvjetovima

Izvor: <https://www.i-flora.com/>

Na poprečnom presjeku stabljike razlikuju se sljedeća tkiva (Slika 3.):

- epiderma ili pokožica koja sadrži jedan red stanica zadebljanih stijenki koje su s vanjske strane prevučene voštanom prevlakom
- primarna kora s klorofilom,
- sekundarna kora sa prstenasto raspoređenim snopićima likinih vlakana,
- kambij (tvorno tkivo),
- ksilem (drvenasti sloj)
- srž (parenhimsko tkivo).



Slika 3. Shematski prikaz presjeka stabljike lana

Izvor: <http://search.ebscohost.com/>

1.2.3. List i cvijet

Listovi lana su sitni, veličine 2 - 5 cm, lancetasti, sjedeći, na vrhu zašiljeni i spiralno raspoređeni na stablu. Voštana prevlaka kojom su prevučeni daje listu sivkast odsjaj. Biljke uljanog lana imaju više lišća od predivog. Cvjetovi lana se pojavljuju na vrhovima grana, latice su najčešće azurno plave boje (Slika 4.), a mogu biti i bijele, ružičaste ili ljubičaste. Lan je samooplodna biljka sa mogućnošću stranooplodnje do 5 %. Cvjetanje traje 3 - 5 dana. Plod lana je višesjemena loptasta čahura, na vrhu zašiljena. Podijeljena je na pet komora od

dva dijela što znači da se u svakoj čahuri razvije do 10 sjemenki. Na jednoj biljci se razvija do 250 čahura koje u fazi zriobe dobivaju žutu boju i obavijene su čašičnim listićima. Sjemenjača lana je ovalna, glatka, sjajna i smeđe boje (Slika 5.). Sjeme se sastoji od sjemenjače, slabo razvijenog endosperma i klice sa dva kotiledona u kojima se nalaze hranljive tvari. Razlikujemo krupnosjemene (uljane) forme apsolutne mase 6 - 13 grama i sitnosjemene (predivne) forme apsolutne mase 3-6 grama. Hektolitarska masa lana je 65 - 75 kg (Pospišil, 2013.).



Slika 4. Cvijet lana

Izvor: <http://ljekovitobilje.weebly.com/>



Slika 5. Sjeme predivog lana

Izvor: Ana Šunić

1.3. Biološke osobine

Lan pripada grupi jednogodišnjih biljaka dugog dana. Vegetacijsko razdoblje lana ovisi o sorti i agroekološkim uvjetima proizvodnje. Kod jarog (predivog) lana vegetacija traje od 70 do 120 dana. Faza nicanja nastupa 7 - 10 dana nakon sjetve. Lan iznosi kotiledone na površinu tla, koji su širokojajasti ili ovalni, zeleni, sa pupoljkom između njih. Do visine biljke od 8 do 10 cm lan usporeno raste, nakon toga slijedi intenzivni porast biljke koji započinje pred formiranje cvjetnih pupoljaka i traje do početka cvjetanja. Predivi lan cvjeta 40 - 50 dana nakon nicanja, a sazrijeva oko mjesec dana poslije cvatnje (Tablica 2.) (<https://www.vrtlarica.hr/>).

Tablica 2. Sazrijevanje lana u tehnološkom pogledu. Izvor: <https://ppf.unsa.ba/>

Faza zriobe	Morfološke karakteristike
Zelena zrelost	Biljke su fotosintetski aktivne, sjeme je u mliječnoj zriobi, vlakno je tanko i sjajno, nije potpuno formirano, ali može se koristiti za fina tkanja
Rana žuta zrelost	Čahure su žute, sjeme u voštanoj zriobi, vlakno je potpuno formirano i najbolje kvalitete
Žuta zrelost	Žuta boja čitavog usjeva, formira se 5 - 7 dana nakon rane žute zrelosti, stablo je tamnije u donjem dijelu, listovi opadaju, čahure žute i sjeme je potpuno formirano, vlakno odrvenjava i grublje je
Puna zrelost	Čitav usjev je tamne boje, sjeme je potpuno zrelo, tvrdo i sjajno, vlakna gube elastičnost i još više se smanjuje prinos dugih vlakana

1.4. Ekološki uvjeti uspijevanja

1.4.1. Toplina

Predivi lan ima skromnije zahtjeve prema toplini od uljanog. Optimalna područja za uzgoj lana su umjereno topla s dovoljno vlage. Lan dobro podnosi temperaturnu konstantu bez naglih promjena i velikih amplituda. Lan klija pri minimalnoj temperaturi 2 - 3 °C, a optimalnoj 16 - 18 °C. Mlade biljke mogu podnijeti kratkotrajne mrazeve i temperaturu do -5 °C. Najveće potrebe lana za toplinom su u fazi oplodnje i zametanja sjemena, a optimalne temperature su od 20 do 22 °C. Umjerene potrebe za toplinom i kratka vegetacija

omogućavaju raniju sjetvu lana i mogućnost dobivanja dvije žetve godišnje, a može se sijati i kao postrni usjev (<https://www.agroklub.com/>).

1.4.2. Voda

Predivi lan najveće zahtjeve za vodom ima u vrijeme klijanja i nicanja te u fazi intenzivnog rasta i cvjetanja. Korijenov sustav u lana je slabije razvijen, ima visok transpiracijski koeficijent (400 - 800) stoga neekonomično troši usvojenu vodu.

1.4.3. Svjetlost

Lan je biljka dugog dana i skraćivanje dana dovodi do skraćivanja stabljike i povećanja grananja. Predivom lanu najbolje odgovara difuzna svjetlost, gust usjev i povećana naoblaka.

1.4.4. Tlo

Budući da lan ima slabo razvijen korijenov sustav i kratak period usvajanja hraniva, ima visoke zahtjeve prema tlu. Optimalna tla za uzgoj lana su duboki i plodni ravničarski predjeli, dubokog humusnog sloja, povoljnih fizičkih osobina i tla s lako pristupačnim hranivima. Lan preferira neutralnu do blago kiselu pH sredinu (pH 5,9 - 6,5). Povećan sadržaj vapna negativno utiče na kvalitetu vlakna (<https://www.agroklub.com/>).

1.5. Agrotehnika

Lan ima veliki agrotehnički značaj. Ima gust sklop i sije se na mali razmak što sprječava razvoj korova i ostavlja čisto tlo dobrih fizičkih osobina. Žetva nastupa rano pa ostaje dovoljno vremena za pravilnu obradu i pripremu tla za iduću kulturu. Predivi lan preferira umjerenije i humidnije uvjete proizvodnje od uljanog lana (<https://ppf.unsa.ba/>). U Hrvatskoj lan se uzgaja na 2 do 5 hektara godišnje.

1.5.1. Plodored

Lan treba uzgajati u plodoredu i ne bi ga se trebalo sijati na istu površinu barem idućih 5 do 6 godina. Najbolji predusjevi za lan su prave žitarice, krumpir i leguminoze. Suncokret i šećerna repa su dobri predusjevi ukoliko se vodi računa o prihrani kalijem. Lan je odličan

predusjev za mnoge ratarske usjeve, posebno za ozime žitarice, jer rano napušta zemljište te ostavlja dovoljno vremena za pravilnu pripremu tla (Butorac i sur. 2012).

1.5.2. Obrada tla

Lan zahtijeva kvalitetno obrađeno tlo bez korova. Zemljište se obrađuje kao i za ostale jare kulture. Osnovnu obradu treba početi što ranije plitkim zaoravanjem strništa, a nakon toga, ukoliko niknu korovi, orati na punu dubinu. Dubina oranja je oko 25 cm. Sjetvospremačem se obavlja predsjetvena priprema tla kako bi se uništilo što više potencijalnih korovnih vrsta.

1.5.3. Gnojidba

Usjev lana ima slabu usisnu moć i kratak period usvajanja hraniva zbog slabije razvijenog korijenovog sustava. Najviše hraniva usvaja od pupanja do početka cvatnje, što traje oko 15 dana i usvoji se približno polovica dušika i kalija od cjelokupne potrebne količine u toku vegetacije. Lan se gnoji mineralnim gnojivima, dok se stajnjak unosi pod predusjev jer može izazvati polijeganje usjeva i imati loš utjecaj na prinos i kvalitetu vlakna. Prosječne količine NPK koje se koriste pri proizvodnji lana zavise o koeficijentu njihovog iskorištavanja i plodnosti tla. Orijentacijske količine unesenih gnojiva su: 30 - 50 kg dušika, 60 - 90 kg fosfora i 60 - 120 kg kalija po hektaru. Pred osnovnu obradu unosi se polovina fosfornih i kalijevih gnojiva, a pred sjetvu preostala polovina fosfornih i kalijevih i 2/3 dušičnih gnojiva. Prihranjuje se preostalom trećinom dušičnih gnojiva, i to pred početak intenzivnog porasta (<https://www.agroklub.com/>).

1.5.4. Sjetva

Za sjetvu treba koristiti sjeme visoke kvalitete klijavosti iznad 90 %, čistoće 99 %, sortno, ujednačene krupnoće, zdravo i dezinficirano. Shekhar Sharma i Van Sumere (1992.) navode da vrijeme sjetve ima značajan utjecaj na prinos i kvalitetu vlakna. Dormantnost sjemena je izražena kod lana, stoga je najbolje za sjetvu koristiti sjeme starosti dvije do tri godine. U umjerenj klimi lan se može sijati kao ozimi ili jari usjev. Optimalno vrijeme sjetve ozimog lana je krajem studenog, a jarog polovinom ožujka. Predivi lan se sije uskoredno, na razmak 6 - 12 cm. Optimalan sklop biljaka je dvije do tri tisuće biljaka po m². Za postizanje odgovarajućeg sklopa potrebno je od 120 do 150 kg/ha sjemena.

1.5.5. Njega

Najčešće mjere njege koje se primjenjuju tokom proizvodnje lana su: valjanje s ciljem podizanja vlage iz dubljih slojeva ukoliko je površinski sloj suviše suh, razbijanje pokorice, plijevljenje s ciljem uništavanja korova budući da lan ima usporen početni porast i zbog pojave korova može doći do gušenja usjeva, međuredno kultiviranje, ako se radi o širokorednoj sjetvi i primjena herbicida. Najbolje je u zemljište unositi herbicide prije sjetve lana. U vrijeme kad lan dostigne visinu 5 - 10 cm (5 - 6 listova) mogu se koristiti kontakti herbicidi na bazi bentazona. Prihranjivanje dušičnim gnojivima se provodi kada su biljke visine oko 10 cm (<https://www.agroeko.net/>).

1.5.6. Žetva

Ovisno o namjeni proizvodnje, lan se žanje u više faza zrelosti. Žetva obično počinje u drugoj polovini lipnja i traje do polovine kolovoza. Predivi lan je najbolje žeti u ranoj žutoj zrelosti. Žetva se obavlja kombajnima za lan koji čupaju biljke, ali može biti i ručna. Što je biljka zrelija odrvenjavanje stabljike je jače, a time ima manje pristupačnog vlakna za preradu. Nakon čupanja slijedi faza močenja. Faza močenja ili maceracija podrazumijeva odvajanje vlakna lana. Močenjem se stvaraju enzimi koji sudjeluju u odvajanju epiderme i parenhima kore od vlakna. Postoji nekoliko močenja stabljike predivog lana: močenje u polju, močenje lana u bazenima, kemijsko močenje lana i enzimsko močenje lana.

U Republici Hrvatskoj predivi lan se moči u bazenima. nakon čega se stabla ispiru i suše, a zatim se lomilicama vlakno odvaja od drvenastog dijela (Butorac i sur. 2014) (Slika 6.).



Slika 6. Laneno vlakno

Izvor: <https://narodni.net/>

Najveći problem pri proizvodnji lana predstavljaju korovi, ali primjenom herbicida mogu se uspješno suzbiti. Nužno je rano suzbijanje korovnih vrsta kako ne bi došlo do kompeticije. S druge strane, za mnoge širokolisne vrste korova ne postoji odgovarajući herbicid koji bi se mogao primijeniti odmah nakon sjetve, nego tek u vegetaciji kod visine lana 5-10 cm. Najčešći štetnik naših područja je buhač koji na mladom usjevu lana može nanijeti velike štete. Protiv buhača dovoljno je koristiti insekticide.

U usporedbi s drugim tekstilnim usjevima uzgoj i proizvodnja predivog lana traži manje gnojiva i herbicida, selektivno koristi teške metale iz kontaminiranih tala, rezidui su mu biorazgradivi, ne traži dodatne energetske inpute kao druge tekstilne biljke, zdravstveno nije alergen. Hrvatska nema vlastiti selekcijski materijal stoga mora vršiti introdukciju stranih sorti predivog lana, što se u novim uvjetima može loše odraziti na agronomska i tekstilno-tehnološka svojstva. Ta svojstva ovise o kultivaru, uvjetima uzgoja (količini hraniva, vremenu sjetve, utjecaju klime, gustoći sklopa i momentu berbe) i močenju. Dušik, kao vodeće hranivo, treba primijenjivati u ekonomski i ekološki opravdanim količinama. Velike količine dušika stvaraju finija vlakanca, a čvrstoća se smanjuje i stvaraju se nejednoliki snopići vlaknaca (<https://www.materialstoday.com/>).

Daljnje dodavanje dušika povećava opasnost od polijeganja i dovodi do značajnih gubitaka. Na vegetacijski razvoj predivog lana u znatnoj mjeri utječe temperatura. Današnji komercijalni europski kultivari predivog lana su jari kultivari prilagođeni maritimnoj klimi. Dakle, predivi lan ne podnosi negativne temperature u početku razvoja, a visoke pak temperature ubrzavaju sazrijevanje lana, pa samim time ne dolazi do izduživanja vlakana, a smanjuje se i kakvoća. Međutim, ranijom sjetvom izbjegava se jače širenje korova i napad štetočinja i biljka se izdužuje pri optimalnim temperaturama, što rezultira formiranjem dužeg i kvalitetnijeg vlakna (Butorac i sur. 2014).

1.6. Korisna svojstva lana

Najveća snaga biljke lana i njenih vlakana je u činjenici da je lan obnovljiva tekstilna sirovina koja se može u potpunosti iskoristiti. Ovako široka primjena očituje se u njegovim svojstvima, a pogotovo jer je lan biorazgradiv, antialergijski i netoksičan.

Proizvod sadrži omega-3 i omega-6 masne kiseline. Ove masne kiseline ljudsko tijelo ne može samo sintetizirati, a potrebne su za sve stanice tijela stoga ih je potrebno unositi drugim

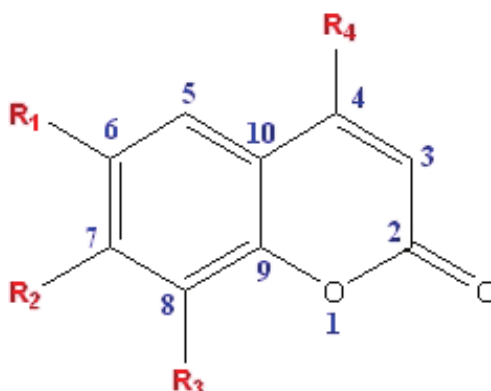
putem, kroz prehranu. Sjemenke sadrže lignine koje pomažu u održavanju hormonalne ravnoteže. Djeluje kao diuretik, pomaže u sprječavanju onkoloških bolesti, smanjuje kolesterol u krvi, lanene sjemenke pomažu u prevenciji kardiovaskularnih bolesti, korisne su protiv astme, bronhitisa i ostalih bolesti respiratornog sustava (<http://www.prirodnilijekovi.net>).

1.7. Kumarini

Kumarin i njegovi derivati široko su rasprostranjeni u prirodi, a nalazimo ih u mnogim biljkama, voću i povrću. U većim količinama kumarine nalazimo u nekim eteričnim uljima. *Kumarú* je naziv za drvo na jeziku južnoameričkih indijanaca iz Francuske Gvajane. Proučavanje kumarina započelo je prije 200 godina, 1820. godine, a prvi puta je kumarin izoliran iz biljke *Coumarona odorata Aube (Dipteryx odorata)* po kojoj je i dobio ime. Osim što daju miris mnogim biljkama, pronađeni su i u produktima metabolizma mikroorganizama i životinja (<https://bonapeti.rs/>).

Kumarin je bezbojan kristalni organski spoj, opće formule $C_9H_6O_2$. Koristi se kao sredstvo za fiksiranje i pojačavanje u parfemima i dodaje se sapunu i detergentima, pasti za zube, duhanskim proizvodima i nekim alkoholnim pićima (Lake, 1999.), koristi se kao zaslađivač, pojačivač prirodnih ulja te dodatak hrani (Tyagi i sur., 2005.). Velike količine koriste se kao dodaci gumi i plastičnim materijalima, kao i u bojama i sprejevima za neutralizaciju neugodnih mirisa. Kumarini su u prirodi široko rasprostranjeni i vrlo ih često unosimo u organizam konzumacijom određenih namirnica, voća i povrća. Odlikuje ih široki spektar bioloških aktivnosti, ovisno o supstituentima na osnovnom prstenu samog kumarina. Kumarin je zabranjen kao dodatak prehrani zbog mogućeg kancerogenog djelovanja, a njegova maksimalno dopuštena koncentracija u namirnicama propisana je zakonom. Uprkos tome, konzumacija namirnica koje prirodno sadrže kumarine u potpunosti je bezopasna. Ovaj jednostavan spoj ima intenzivan miris koji u svježoj biljci nije izražen budući da je vezan za šećer (glikozid). Nakon venuća i pri sušenju raspada se kumarinski glikozid te se razvija poseban miris koji podsjeća na miris sijena. Poznato je oko 100 prirodnih kumarinskih spojeva. Neki kumarini djeluju protuupalno, drugi sprječavaju edeme, poboljšavaju cirkulaciju krvi, imaju spazmolitično djelovanje, umiruju i djeluju baktericidno. U visokim koncentracijama štete jetri i srcu te djeluju narkotički (<https://hr.thomson-intermedia.com/>). S obzirom da na kumarinskom prstenu postoji 6

položaja na kojima se može vršiti supstitucija, poznato je mnoštvo različitih derivata kumarina, bilo sintetičkih ili prirodnih, a takva strukturna raznolikost uzrok je mnoštvu različitih bioloških aktivnosti (Slika 7.).



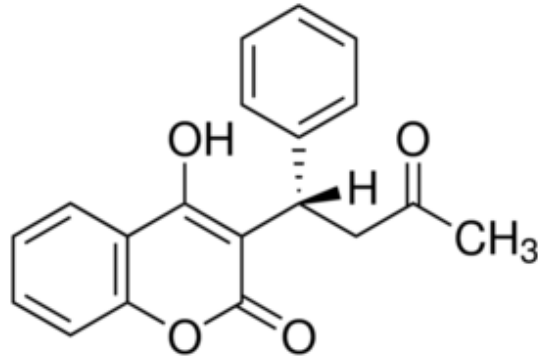
I.) Herniarin $R_1, R_3, R_4 = H$, $R_2 = OCH_3$; II.) Eskuletin $R_1, R_2 = OH$, $R_3, R_4 = H$; III.) Eskulin $R_1 = 6\text{-glukozid}$, $R_2 = OH$, $R_3, R_4 = H$; IV.) Skopoletin $R_1 = OCH_3$, $R_2 = OH$, $R_3, R_4 = H$; V.) Izoskopoletin $R_1 = OH$, $R_2 = OCH_3$, $R_3, R_4 = H$; VI.) Umbeliferon $R_1, R_3, R_4 = H$, $R_2 = OH$; VII.) Dihidro-kumarin $R_1, R_2, R_3, R_4 = H$; VIII.) 8-OAc-6-hidroksi-7-metoksi-4-metilokumarin $R_1 = OH$, $R_2 = OCH_3$, $R_3 = COOCH_3$, $R_4 = CH_3$

Slika 7. Struktura kumarina

Izvor: Molnar i Čačić, 2011.

1.7.1. Kemijska svojstva kumarina

Kumarin se sastoji od kondenzirane benzenske jezgre s heterocikličkim α -pironskim prstenom. Karbonilna skupina i 3,4-dvostruke veze zaslužni su za svojstva i reaktivnost pironskog prstena. S obzirom da kumarini imaju benzenski prsten za njih je karakteristična reakcija supstitucije. Derivati kumarina nisu toliko aromatični kao benzen, ali u isto vrijeme posjeduju 40%-tnu aromatičnost benzena. Proširenje sustava konjugiranih dvostrukih veza na bočni lanac dovest će do aromatizacije kumarinskog sustava i potpune stabilizacije spoja. Taj slučaj imamo kod varfarina (Slika 8.) (<https://urn.nsk.hr/>).

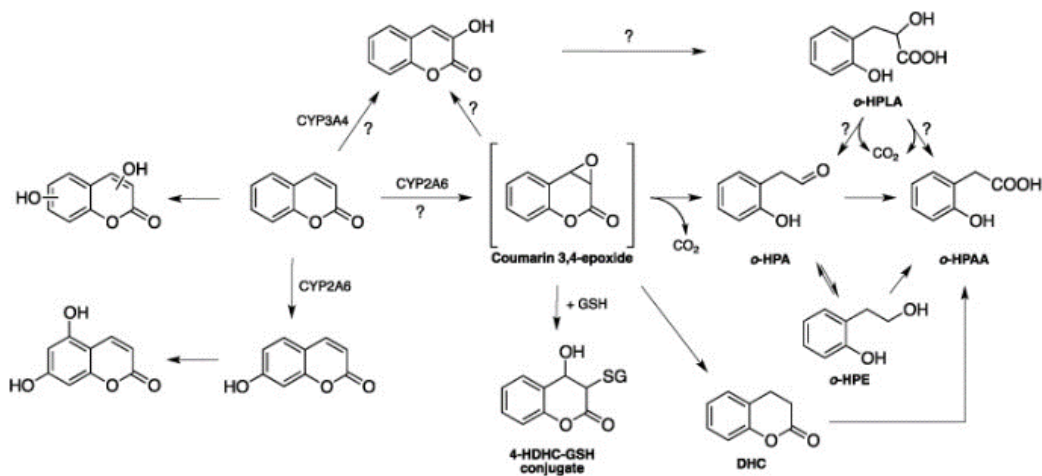


Slika 8. Struktura varfarina

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

1.7.2. Metabolizam kumarina

Od 1954. g. kumarin je od strane FDA (*Food and Drug Administration*) klasificiran kao toksična tvar i njegova upotreba je zabranjena. Istraživanje metabolizma kumarina uključuje mnoge studije *in vivo* i *in vitro*, kao i mnoge životinjske vrste, uključujući čovjeka. Kumarin se može metabolizirati hidroksilacijom na svih šest dostupnih položaja (3, 4, 5, 6, 7, 8) i pritom dati 3-, 4-, 5-, 6-, 7- i 8-hidroksikumarine; kao i otvaranjem laktonskog prstena pri čemu nastaju različiti produkti, kao o-hidroksifenilacetaldehid (o-HPA), o-hidroksifeniletanol (o-HPE), o-hidroksifeniloktenu kiselina (o-HPAA) i o-hidroksifenilmlječna kiselina (o-HPLA) (Lake, 1999.). Dodatni metaboliti koji mogu nastati su 6,7-dihidroksikumarin, o-kumarinska kiselina, o-hidroksifenilpropionska kiselina i dihidrokumarin (Slika 9.).



Slika 9. Metabolizam kumarina

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/>

Dva važna puta metabolizma kumarina su 7- hidroksilacija i metabolizam laktonskog prstena, koji uključuje otvaranje prstena i otpuštanje ugljikovog atoma 2, pri čemu nastaje ugljikov dioksid (ovaj se korak u starijoj literaturi naziva i 3-hidroksilacija). Kod većine ljudi kumarin se brzo apsorbira i metabolizira jetrenim CYP2A6 (citokrom P450 2A6 je enzim koji pokazuje aktivnost 7-hidroksilaze kumarina) do 7-hidroksikumarina, koji se izlučuje u urinu kao glukuronid (Molnar i Čačić, 2011.; <https://hr.healthandmedicineinfo.com/>).

1.7.3. Biološko djelovanje kumarina

Kumarini su, kao i ostali flavonoidi i polifenolni spojevi, jaki oksidansi, kako u hidrofilnom tako i u lipofilnom okolišu. Karakterizira ih već spomenuta raznolika biološka aktivnost koja uključuje dokazano antikoagulacijsko, estrogeno, dermalno fotosenzitirajuće, antimikrobno, vazodilatacijsko i moluskicidno (ubijanje mekušaca) djelovanje. Pozitivno djeluju u borbi protiv parazita i crva u živim organizmima, najčešće probavnom sustavu. Također djeluju kao sedativi i hipnotici, a pokazuju i analgetsko i hipotermičko djelovanje.

Ostale biološke aktivnosti uključuju inhibiciju agregacije krvnih pločica, citokroma P450 i steroidne 5 α -reduktaze, spazmolitičku, antikoagulacijsku, antibakterijsku, antikancerogenu i anti HIV aktivnost (Kostova, 2005.). Značajna je i prevencija od bolesti, modulacija rasta i antioksidacijska svojstva (Molnar i Čačić, 2011.), kao i antitumorski učinci, dok neki kumarini mogu uzrokovati značajne promjene u regulaciji imunološkog odgovora, rastu stanica i diferencijaciji.

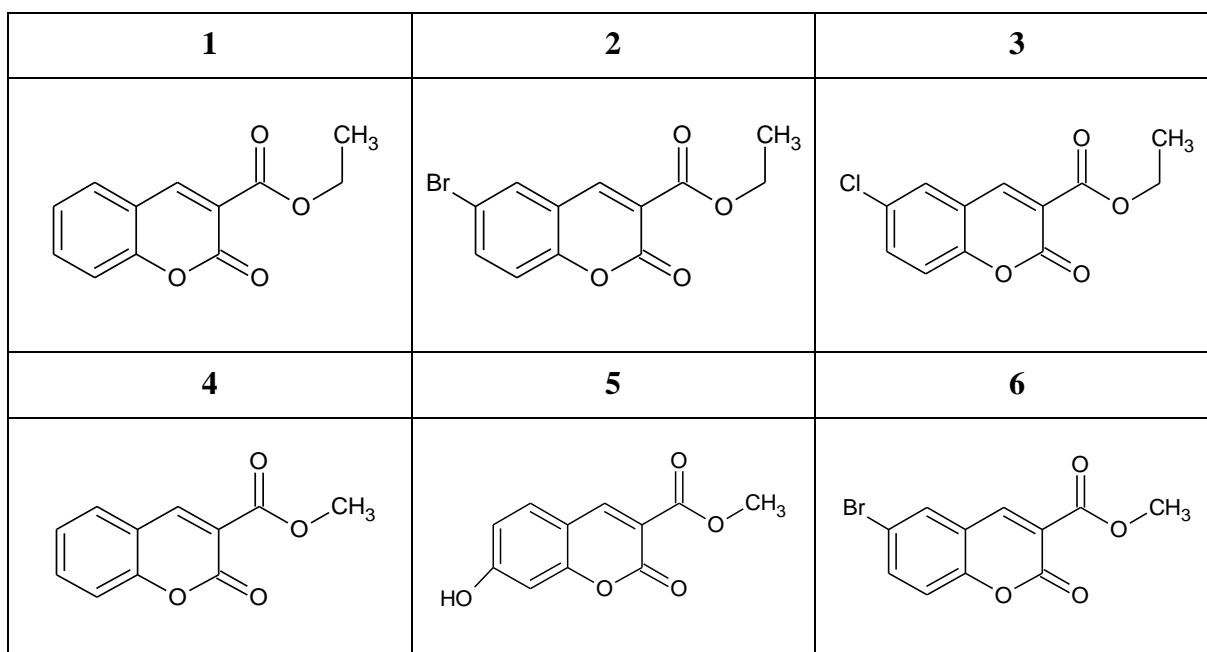
Kumarin i njegovi metaboliti pokazuju antitumorsku aktivnost na nekoliko linija stanica tumora kod ljudi, pokazali su se kao inhibitori stanične proliferacije kod stanica želučanog karcinoma, a već je dokazana aktivnost kumarina protiv raka prostate, malignog melanoma i metastatskog renalnog staničnog karcinoma (Kostova, 2005.). Sveukupna upotreba sintetičkih sredstava za zaštitu bilja posljednjih nekoliko desetljeća postala je uzrok vidljivih ekoloških promjena. Jedno od mogućih rješenja ovog problema je primjena prirodnih spojeva i/ili kombinacije spojeva u zaštiti bilja. Kumarini čine važan dio obrambenog sustava od patogena i nepovoljnih uvjeta. Biosintezu nekih derivata kumarina mogu izazvati insekti herbivore, infekcija patogenima i stres izazvan svjetlošću. Biljka samu sebe može zaštititi sintezom kumarinskih spojeva, akumulacijom istih u stanice ili izlučivanjem u okolni medij. Na taj način se štiti sprječavanjem germinacije fungalnih spora, korova ili

sjemena parazitskih biljaka, inhibira razvoj infektivnih struktura (plijesni, parazitski korov) ili sprječava invaziju na tkivo biljke i na taj način lokalizira i sprječava širenje parazita. Prirodni kumarini se mogu svrstavati u potencijalna ekološki prihvatljiva sredstva za zaštitu bilja (<https://urn.nsk.hr/>).

Cilj ovog završnog rada bio je istražiti utjecaj predsjetvenog tretmana 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivata kumarina na klijavost sjemena predivog lana.

2. MATERIJALI I METODE

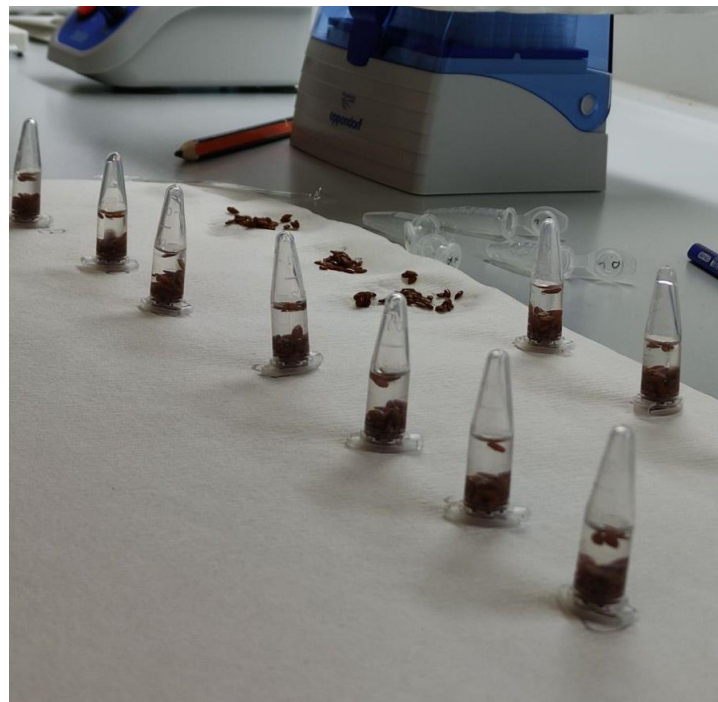
U istraživanju je korišteno sjeme predivog lana (*Linum usitatissimum* L.) sorta Lirina (RWA). Ispitani derivati kumarina sintetizirani su Knoevenagelovom kondenzacijom u eutektičkom otapalu na Prehrambeno tehnološkom fakultetu u Osijeku. Ispitan je utjecaj sljedećih derivata kumarina (Slika 10.): **(1)** etil 2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat, **(2)** etil 6-bromo-2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat, **(3)** etil 6-chloro-2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat, **(4)** metil 2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat, **(5)** metil 7-hydroxy-2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat i **(6)** metil 6-bromo-2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat. Strukture navedenih spojeva prikazani su na Slici 10. Derivati kumarina (1,0 mM) bili su otopljeni u 2 % vodenoj otopini dimetilsulfoksida (DMSO) proizvođača Sigma-Aldrich, (St. Louis, MO, SAD). Za naklijavanje sjemena korišten je filter papir LLG Filter circles, quantitative medium/fast $\varphi=185$ mm (Meckenheim, Njemačka) te klima komora ARALAB FitoClima 600 (Rio de Mouro, Portugal) dok je za vaganje klijanaca korištena analitička vaga KERN ABT 220-4M (Balingen, Njemačka).



Slika 10. Strukture 3-etoksikarbonil (**1-3**) i 3-metoksikarbonil (**4-6**) derivata kumarina

Predtretman sjemena predivog lana izvršen je u plastičnim epruveticama (Slika 11.), močenjem sjemena u vodi, 2 % DMSO ili 1,0 mM otopinama 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivata kumarina u vremenu od 15 minuta. Nakon predtretmana sjeme je

posušeno i naklijavano u petrijevim zdjelicama $\varphi = 190$ mm na podlozi 2 filter papira navlaženog s 8 mL destilirane vode (Slika 12.). Sjeme (50 sjemenki u 4 ponavljanja) je naklijavano u kontroliranim uvjetima u klima komori pri stalnoj temperaturi od 22 °C i 50 % relativne vlažnosti zraka. Radi sprječavanja isparavanje vode tijekom naklijavanja petrijeve zdjelice su zamotane u plastičnu vrećicu (Slika 13.). Za kontrolu sjeme je naklijavano u petrijevim zdjelicama bez predtretmana. Klijavost sjemena, masa klijanca te morfološki parametri (dužina korjenčića, stabljičice i ukupna dužina klijanca) izmjereni su 7. dan nakon sijanja (Slika 14. i Slika 15.). Statistička obrada podataka izvršena je u programskom paketu SAS Enterprise Guide 7.1. (2014 SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, SAD). Istraživanje je provedeno kao monofaktorijalni pokus u četiri ponavljanja s 50 klijanaca po ponavljanju.



Slika 11. Predtretman sjemena predivog lana

Izvor: Ana Šunić



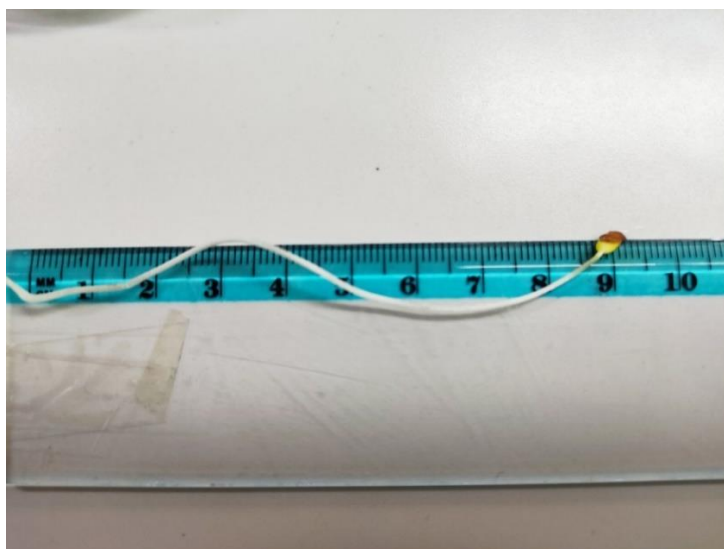
Slika 12. Naklijavanje sjemena u petrijeve zdjelice

Izvor: Ana Šunić



Slika 13. Sjeme predivog lana po tretmanima u klima komori

Izvor: Ana Šunić



Slika 14. Mjerenje ukupne dužine klijanca

Izvor: Ana Šunić



Slika 15. Vaganje svježe mase klijanca

Izvor: Ana Šunić

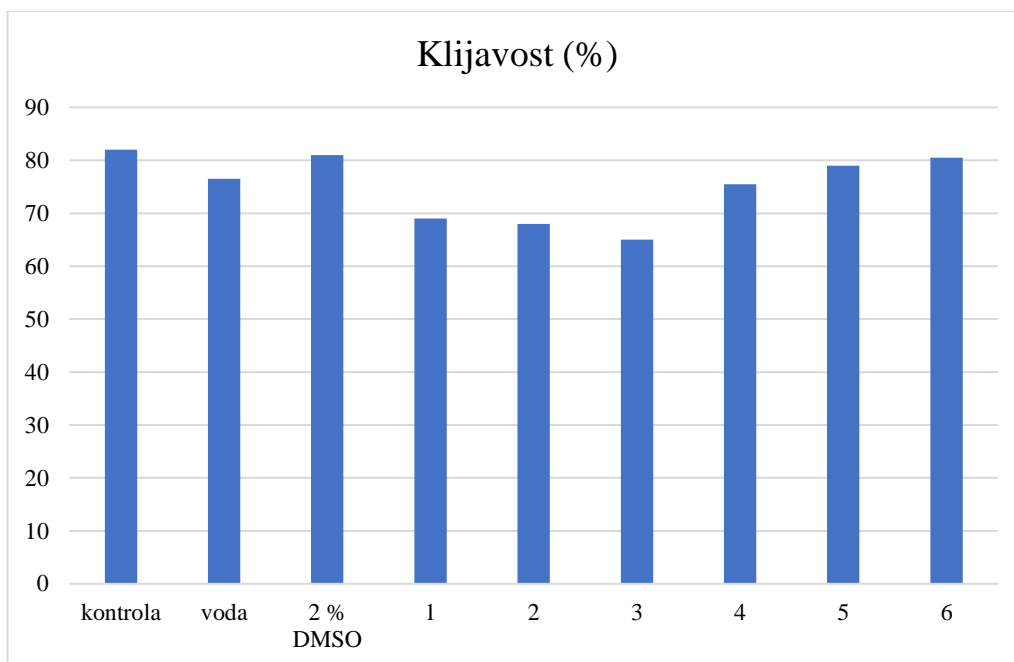
3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Klijavost Sjemena

Rezultati statističke analize varijance (Tablica 3.) nam kazuju da su na postotak klijavosti sjemena značajno utjecali svi ispitivani derivati kumarina. Najviša vrijednost postotka klijavosti sjemena je utvrđena kod klijanaca u predtretmanu s vodom (81,0 %) ali se značajno ne razlikuje od vrijednosti klijanaca kontrole (80,5 %), klijanaca u predtretmanu s 2 % DMSO (78,5 %) te spojevima **3** (74,5 %), **4** (75,5 %), **5** (77,0 %) i **6** (77,5 %). Klijanci u predtretmanu sa spojem **2** imali su najmanju prosječnu klijavost sjemena (67,5 %) koja se nije značajno razlikovala od prosječne vrijednosti klijavosti sjemena u predtretmanu sa spojevima **1**, **3** i **4** (Grafikon 1.).

Tablica 3. Utjecaj predtretmana sjemena predivog lana vodom, 2 % DMSO i 1,0 mM derivatima kumarina (1-6) na dužinu stabljice, dužinu korjenčića, dužinu klijanca, masu klijanca i klijavost sjemena.

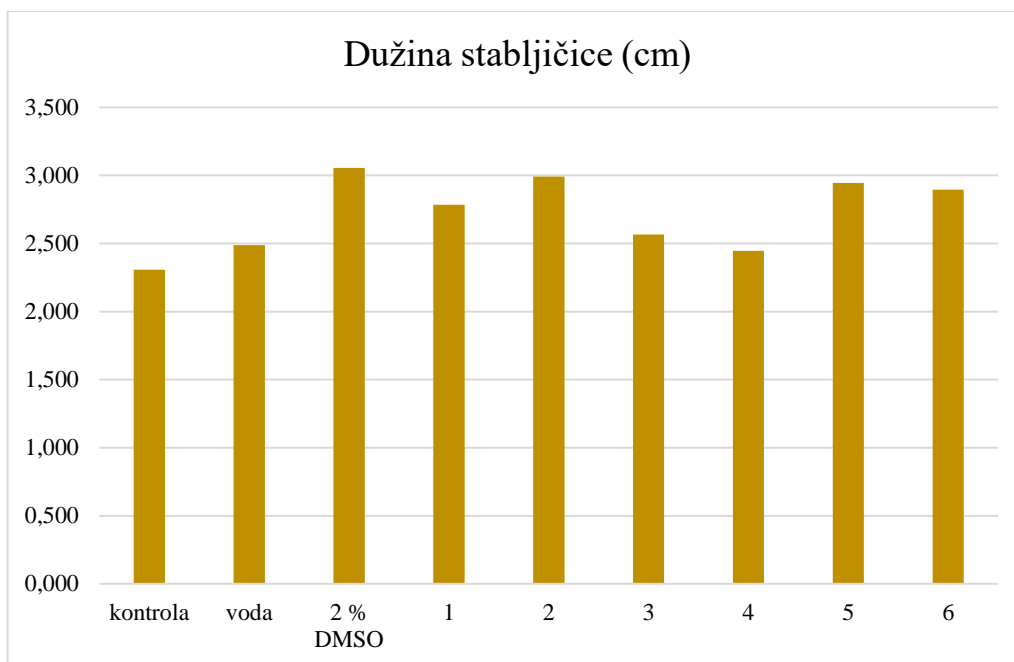
	dužina stabljice	dužina korjenčića	dužina klijanca	masa klijanca	klijavost sjemena
kontrola	2,3075 ± 0,3083	3,2461 ± 0,5837	5,5536 ± 0,6025	0,0244 ± 0,0038	80,5 ± 5,7 A
voda	2,4888 ± 0,5238	3,3047 ± 0,485	5,7936 ± 0,8249	0,0271 ± 0,0031	81,0 ± 5,3 A
2 % DMSO	3,0548 ± 0,4315	3,5773 ± 0,3989	6,6321 ± 0,7403	0,0285 ± 0,0024	78,5 ± 3,0 AB
1	2,7843 ± 0,3131	3,5694 ± 0,3519	6,3537 ± 0,6116	0,0303 ± 0,002	71 ± 8,1 BC
2	2,9921 ± 0,1339	3,8442 ± 0,3009	6,8363 ± 0,397	0,0309 ± 0,0012	67,5 ± 4,1 C
3	2,5666 ± 0,2898	3,4367 ± 0,3072	6,0032 ± 0,5783	0,0301 ± 0,0022	74,5 ± 6,8 ABC
4	2,4451 ± 0,5367	3,3318 ± 0,7324	5,7769 ± 1,2594	0,0288 ± 0,0033	75,5 ± 7,0 ABC
5	2,9443 ± 0,4579	3,319 ± 0,3507	6,2634 ± 0,7743	0,0266 ± 0,0045	77 ± 2,6 AB
6	2,8953 ± 0,0566	3,7716 ± 0,3115	6,6669 ± 0,3552	0,0278 ± 0,0019	77,5 ± 6,0 AB
F test	2,13	0,92	1,54	2,05	2,4
P	0,0682	0,5127	0,1885	0,0781	0,0427



Grafikon 1. Postotak klijavosti sjemena predivog lana

3.2. Dužina stabljičice

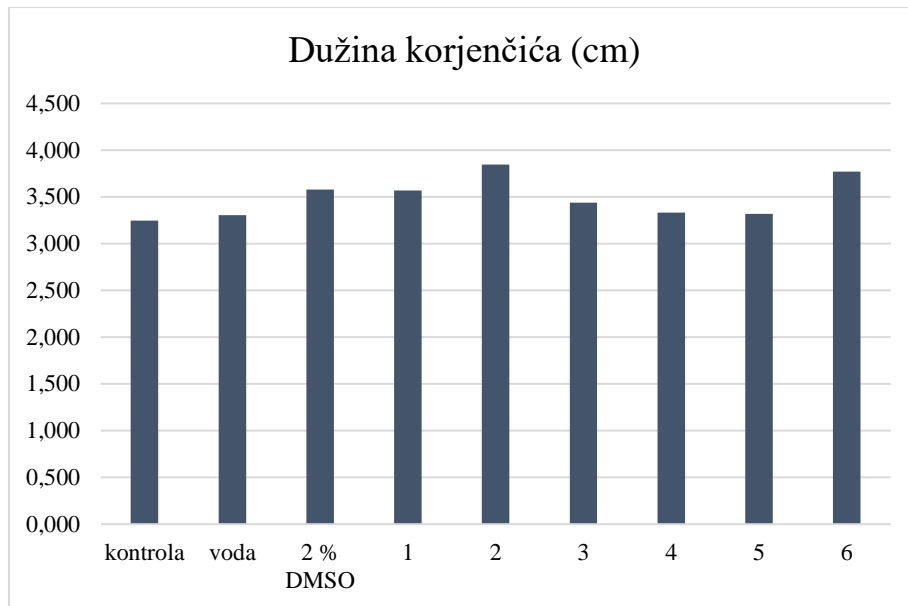
Prema rezultatima statističke analize varijance (Tablica 3.) predtretman sjemena predivog lana ispitivanim derivatima kumarina nije imao značajnog utjecaja na dužinu stabljičice. Uspoređujući dobivene rezultate dužine klijanaca predtretiranih svim derivatima kumarina, s najvećom prosječnom vrijednosti isticali su se klijanci u predtretmanu sa spojem **2** (2,9921 cm) dok je najmanja prosječna dužina utvrđena kod klijanaca u predtretmanu sa spojem **4** (2,4451 cm). Klijanci u predtretmanu s 2% DMSO imali su najveću prosječnu dužinu stabljičice (3,0548 cm), a najmanju prosječnu dužinu su imali klijanci u kontroli (2,3075 cm) (Grafikon 2.).



Grafikon 2. Prosječna dužina stabljice predivog lana

3.3. Dužina korjenčića

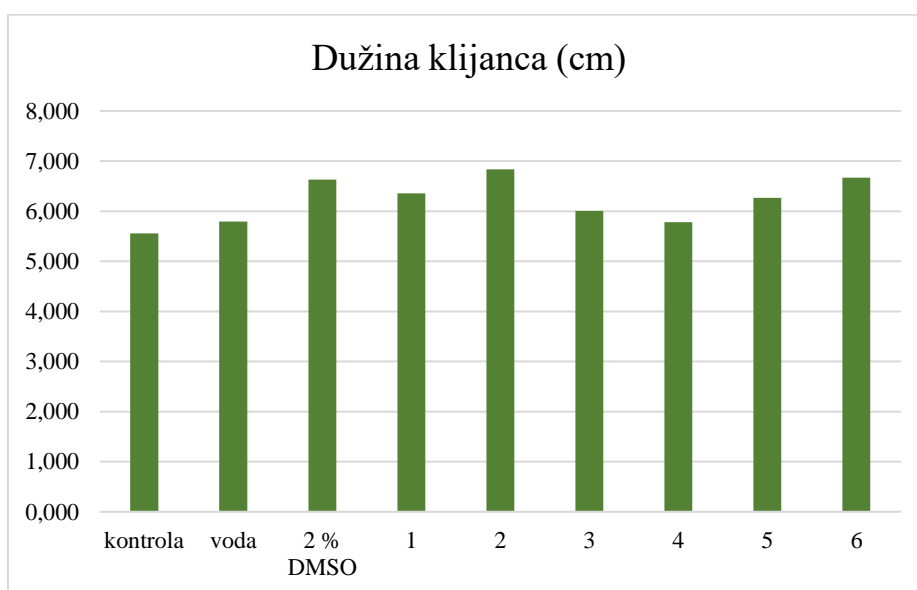
Iako statističkom analizom (Tablica 3.) nije utvrđen značajni utjecaj ispitivanih derivata kumarina na prosječnu dužinu korjenčića predivog lana, vrijedi istaknuti da su najveću prosječnu dužinu korjenčića imali klijanci u predtretmanu sa spojem **2** (3,8442 cm), a najmanju klijanci u predtretmanu sa spojem **5** (3,319 cm). Uspoređujući sve ispitivane tretmane vidljivo je (Grafikon 3.) da su najmanju prosječnu dužinu korjenčića imali klijanci u kontrolnoj skupini (3,2461 cm).



Grafikon 3. Prosječna dužina korjenčića predivog lana

3.4. Dužina klijanca

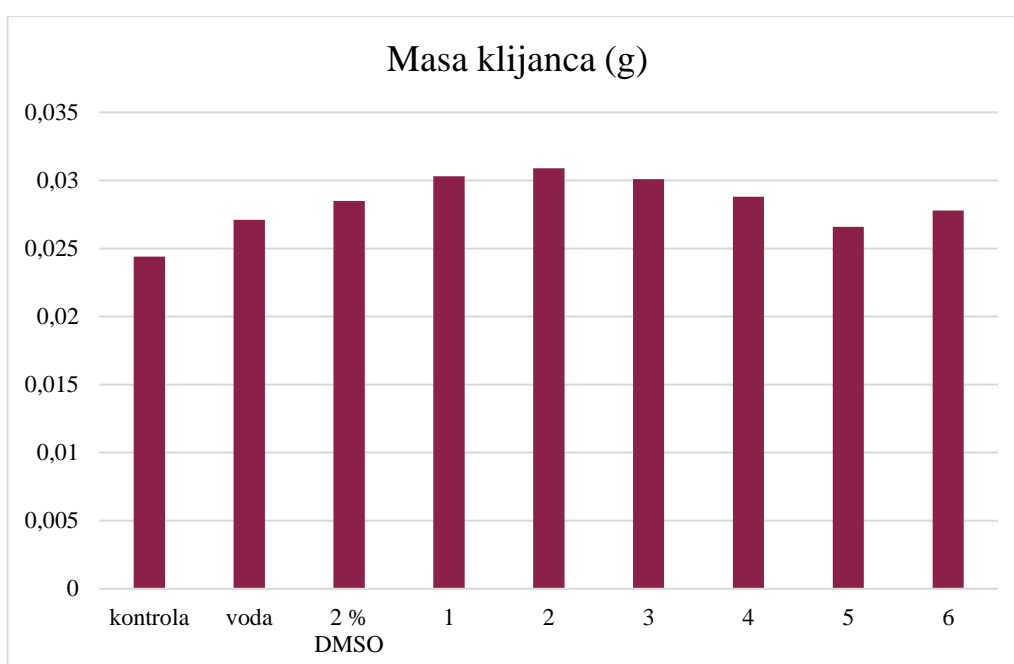
Prema rezultatima statističke analize varijance predtretmana kumarinskih derivata (Tablica 3.), najvišu prosječnu dužinu imali su klijanca predtretirani spojem 2 (6,8363 cm), no ipak ta vrijednost kao i vrijednost najmanje prosječne dužine klijanaca kod spoja 4 (5,7769 cm) nije bila značajno različita u usporedbi s drugim tretmanima. Od svih tretmana, kod kontrole je ipak utvrđena najmanja prosječna dužina klijanaca i iznosila je 5,5536 cm (Grafikon 4.).



Grafikon 4. Prosječna dužina klijanca predivog lana

3.5. Masa klijanca

Najmanja prosječna masa klijanca utvrđena je u kontrolnoj skupini (0,0244 g) dok je najveća prosječna masa utvrđena kod klijanaca predtretiranim derivatom kumarina 2 (0,0309 g) (Grafikon 5.). Uspoređujemo li samo derivate kumarina, najmanju prosječnu masu imali su klijanci predtretirani spojem 5 (0,0266 g). Prema statističkoj analizi, ipak nisu utvrđene značajnosti između tretmana za ispitivani parametar (Tablica 3.).



Grafikon 5. Prosječna masa klijanca predivog lana

4. ZAKLJUČAK

Istraživanjem je utvrđeno da ispitivani 3-etoksikarbonil i 3-metoksikarbonil derivati kumarina pokazuju značajan utjecaj na klijavost sjemena predivog lana. Od ispitanih spojeva najmanja klijavost sjemena je utvrđena kod spoja **2**, a najveća kod spoja **6**. Također, utvrđeno je da svih šest ispitivanih derivata kumarina nije imalo značajan utjecaj na dužinu stabljičice, dužinu korjenčića, dužinu klijanca i masu klijanca. Za sve mjerene parametre najveće vrijednosti su utvrđene za klijanca predivog lana predtretiranog 1.0 mM etil 6-bromo-2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat (spoj **2**). Najmanja vrijednost prosječne dužine stabljičice i dužine klijanca bila je kod klijanaca predtretiranih metil 2-okso-2*H*-kromen-3-karboksilat (spoj **4**). Na temelju rezultata ovih istraživanja dokazali smo da ispitivani derivati kumarina nisu značajno utjecali na većinu ispitivanih parametara. Prema ovom istraživanju može se zaključiti da bi se ispitani derivati kumarina mogli koristiti kao predtretman sjemena predivog lana, a u svrhu zaštite bilja od strane patogena, bez značajnog nepovoljnog utjecaja na rani rast i razvoj klijanaca.

5. POPIS LITERATURE

1. Butorac, J., Augustinović, Z., Šurina, R., Pospišil, M. (2012.): Utjecaj stupnja zrelosti na prinos i udio vlakna predivog lana. In: Proceedings. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia. 464 - 468, http://sa.agr.hr/pdf/2012/sa2012_p0504.pdf (25. 4. 2021.)
2. Butorac, J., Šurina, R., Bujan, M., Pospišil, M., Brčić, M. (2014.): Utjecaj sorte i tvrdoće vode na prinos i udio vlakna predivog lana. U: Marić, S., Lončarić, Z. (Ur.): Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozija agronoma. Dubrovnik, Republika Hrvatska. 342-346, http://sa.agr.hr/pdf/2014/sa2014_p0502.pdf (27. 4. 2021.)
3. FAOStat (2021.), <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (16. 7. 2021.)
4. Gadžo, D., Đikić, M., Mijić, A. (2011.): Industrijsko bilje. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
5. Kostova i sur. (2005.): Lanthanides as Anticancer Agents. *Current Medicinal Chemistry*, 5 (6) 591-602.
6. Lake, B.G. (1999.): Coumarin metabolism, toxicity and carcinogenicity: Relevance for human risk assessment, *Food and Chemical Toxicology*. 37, 423-453.
7. Molnar, M. i Čačić, M. (2011.): Biološka aktivnost derivata kumarina - pregledni rad. *Croatian journal of food science and technology*, 3(2) 55-64.
8. Pospišil, M. (2013.): Ratarstvo II. dio - Industrijsko bilje, Zrinski d.d. Čakovec
9. Shekhar Sharma, H. S., Van Sumere, C. F. (1992.): *The Biology and Processing of Flax*. M Publications, Belfast. 576.
10. Šimetić, S. (2008.): Lan u proizvodnji i upotrebi. Zavod za sjemenarstvo i rasadničarstvo, Osijek. 213-222.
11. Šestan, R. (2018.): Tehnologija proizvodnje predivog i uljanog lana u kontinentalnom dijelu RH, diplomski rad, preddiplomski, Agronomski fakultet, Zagreb
12. Tyagi, Y.K., Kumar, A., Raj, H.G., Vohra, P., Gupta, G., Kumari, R. (2005.): Synthesis of novel amino and acetyl amino-4-methylcoumarins and evaluation of their antioxidant activity, *European Journal of Medicinal Chemistry*. 40, 413-420.
13. <http://www.prirodnilijekovi.net/natural/biljke/k.htm> (29. 4. 2021.)
14. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:744361> (25. 4. 2021.)
15. <https://bonapeti.rs/n9-87421-Kumarini> (2. 5. 2021.)

16. <https://hr.thomson-intermedia.com/health-benefits-of-coumarin-4816> (2. 5. 2021.)
17. <https://www.plantagea.hr/aromaterapija/drugi-spojevi-u-etericnim-uljima/> (29. 4. 2021.)
18. <https://hr.healthandmedicineinfo.com/cumarin-6KJ> (2. 5. 2021.)
19. <https://www.materialstoday.com/composite-processing/features/the-renaissance-of-flax-fibers/> (25. 4. 2021.)
20. <https://www.britannica.com/plant/flax> (20. 4. 2021.)
21. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=35276> (22. 4. 2021.)
22. <https://www.agroklub.com/sortna-lista/uljarice-predivo-bilje/lan-85/> (29. 4. 2021.)
23. <https://www.vrtlarica.hr/sadnja-uzgoj-lana/> (24. 4. 2021.)
24. <https://narodni.net/detaljna-proizvodnja-lanene-tkanine/> (29. 4. 2021.)
25. <https://www.agroeko.net/index.php/agro-teme-clanci/749-uzgoj-uljanog-lana-kako-uzgojiti-zastita-od-stetocina-tehnologija-proizvodnje-ulja> (20. 4. 2021.)
26. <https://www.plantea.com.hr/lan/> (21. 4. 2021.)