

UČINAK PREDTRETMANA SJEMENA ULJNOG LANA KAPRONSKOM KISELINOM NA OTPORNOST KLIJANACA U SUŠNIM UVJETIMA

D. AGIĆ, V. DUJIĆ, Ivana VARGA, M. LISJAK

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

SAŽETAK

U istraživanju je ispitan učinak predtretmana sjemena uljnog lana (*Linum usitatissimum* L.) kapronskom kiselinom na otpornost klijanaca u uvjetima sušnog stresa. Predtretman sjemena je izvršen močenjem sjemena u vodi te 0,5 i 1,0 mM otopinama kapronske kiseline u trajanju od 30 minuta. Za izazivanje sušnog stresa (tretman) sjeme je naklijano 7 dana na podlozi s otopinama polietilenglikola osmotskog potencijala -0,17 i -0,53 MPa (PEG 10 % i PEG 20 %), nakon čega su određeni klijavost sjemena, masa klijanca, dužina korijena i stabljike te dužina klijanca. Istraživanje je pokazalo da je predtretman sjemena uljnog lana kapronskom kiselinom imao značajan učinak ($p < 0,05$) na dužinu korijena i dužinu klijanaca. U uvjetima manjeg sušnog stresa (PEG 10 %) predtretman sjemena 1,0 mM otopinom kapronske kiseline pokazao je najveći pozitivan učinak na dužinu stabljike, korijena i dužinu klijanaca. Rezultati ovog istraživanja ukazuju da bi se kapronska kiselina mogla koristiti za predtretman sjemena uljnog lana, a u svrhu poboljšanja ranog rasta i razvoja klijanaca u uvjetima sušnog stresa.

Ključne riječi: uljni lan, kapronska kiselina, predtretman sjemena, sušni stres

UVOD

Uljeni lan se uzgaja u više od 16 zemalja umjerenog pojasa u svijetu, a najveće površine imaju Rusija, Kina i Kanada (Marchenkov i Rozhmina, 2003.). Sjeme uljnog lana bogato je kvalitetnim uljem, kojeg ima od 36 (Zhang i sur., 2016.) do 45 % (Pospišil, 2013.). Laneno ulje sadrži do 64 % α -linolenske kiseline (Hall i sur., 2016; Lužaić i sur., 2018.). Treba istaknuti kako je α -linolenska kiselina metabolički preteča ω -3 polinezasićenih masnih kiselina (PUFA), koje imaju pozitivne učinke na kardiovaskularno zdravlje i upalne bolesti, kao i antikancerogena svojstva. Osim pozitivnih učinaka na ljudsko zdravlje, α -linolenska kiselina se izlaganjem kisiku brzo polimerizira te nalazi primjenu u proizvodnji lakova, tinta, linoleuma i drugih

D. Agić i sur.: Učinak predtretmana sjemena uljnog lana kapronskom kiselinom na otpornost klijanaca u sušnim uvjetima

tradicionalnih industrijskih proizvoda (Jhala i Hall, 2010.; Herchi i sur., 2012.). Sjeme lana, kao i laneno ulje ima svoju veliku primjenu kao funkcionalna hrana (Kaur i sur., 2018.) te se lanene sjemenke koriste kao funkcionalni sastojak hrane za ljude i stoku s ciljem povećanja ω -3 masnih kiselina u jajima i mesu. Laneno ulje, vlakna i laneni lignani imaju potencijalne zdravstvene prednosti kao što su smanjenje kardiovaskularnih bolesti, ateroskleroze, dijabetesa, raka, artritis, osteoporoze, autoimunih i neuroloških poremećaja (Gutiérrez i sur., 2010.; Rubilar i sur., 2010.; Goyal i sur., 2014.).

Suša je čest uzrok stresa u biljkama, osobito tijekom klijanja sjemena gdje uvelike utječe na daljnju fiziologiju klijanja i predstavlja jedan od najvažnijih abiotičkih čimbenika koji ograničava biljnu proizvodnju i izravno utječe na prinos. S obzirom da je voda glavni pokretač metaboličkih procesa, njen nedostatak u fazi klijanja nepovoljno utječe na razvoj klijanca te daljnji rast i razvoj biljke (Wang i sur., 2003.; Farooq i sur., 2009.).

Iako je optimalan rok sjetve uljnog lana u Hrvatskoj od sredine ožujka do sredine travnja na dubini od 1 do 2 cm (Šimetić, 1995.), sjetva bi trebala biti što ranije kako bi se iskoristile zalihe zimske vlage u tlu za nicanje. Međutim, kod rane sjetve, zbog pojave proljetnog mraza postoji opasnost od smrzavanja klijanaca dok kod kasne sjetve (polovina travnja) zbog povećanog osunčavanja i više prosječne dnevne temperature tla i zraka kao i nedostatka oborina postoji opasnost od isušivanja površinskog sloja tla, što može dovesti do manjka vode u fazi klijanja sjemena. Sprječavanje i/ili ublažavanje nedostatka vode za klijanje moguće je postići korištenjem tvari koje imaju sposobnost zadržavanja vode u tlu, dok se kao najbolji način sprečavanja sušnog stresa u praksi koristi navodnjavanje uz pravovremenu i odgovarajuću obradu tla (Vukadinović i sur., 2014.). Pored navedenoga, kao učinkovito rješenje za povećanje postotka klijavosti sjemena te poboljšani rani rast i razvoj klijanaca u normalnim i stresnim uvjetima koristi se metoda predtretmana sjemena. U svojoj osnovi to je predsjetveni kontrolirani hidratacijski tretman koji omogućuje pokretanje metabolizma u sjemenu, ali bez procesa klijanja (Farooq i sur., 2019.). Za potrebe predtretmana sjemena koriste se različita sredstva poput salicilne kiseline, prolina, askorbata, hormona rasta, kalcijevih i natrijevih soli te svježih ekstrakata listova. Učinkovitost kemijskih sredstva u predtretiranju sjemena je različita, ali može poboljšati rast usjeva i prinos (Farooq i sur., 2019.). Također, ovaj predtretman omogućuje zaštitu sjemena od gljivičnih infekcija te sprečavanje razvoja raznih biljnih bolesti (Conrath, 2009.).

Kapronska kiselina je organska kiselina kemijske formule $C_6H_{12}O_2$ koja je pri sobnoj temperaturi u krutom stanju, bezbojna je i slabo topiva u vodi. Nalazi se u maslacu i masnom tkivu životinja te kao sekundarni proizvod octene fermentacije. Prema Gogna-u i Bhatla-u (2020.) kapronska kiselina, iako prisutna u malim količinama, mogla bi biti uključena u sintezu značajnih signalnih molekula potrebnih za funkcioniranje biljke u stresnim uvjetima. Aranega-Bou i sur. (2014.) izvjestili su da predtretman sjemena ovom kiselinom pojačava otpornost na gljivične i bakterijske bolesti kod primjerice arabidopsisa (*Arabidopsis thaliana* L.) i rajčice (*Solanum lycopersicum* L.).

D. Agić i sur.: Učinak predtretmana sjemena uljnog lana kaprnskom kiselinom na otpornost klijanaca u sušnim uvjetima

Ovo istraživanje imalo je za cilj utvrditi utjecaj predtretmana sjemena uljnog lana kaprnskom kiselinom na klijavost i morfološke karakteristike klijanaca u sušnim uvjetima.

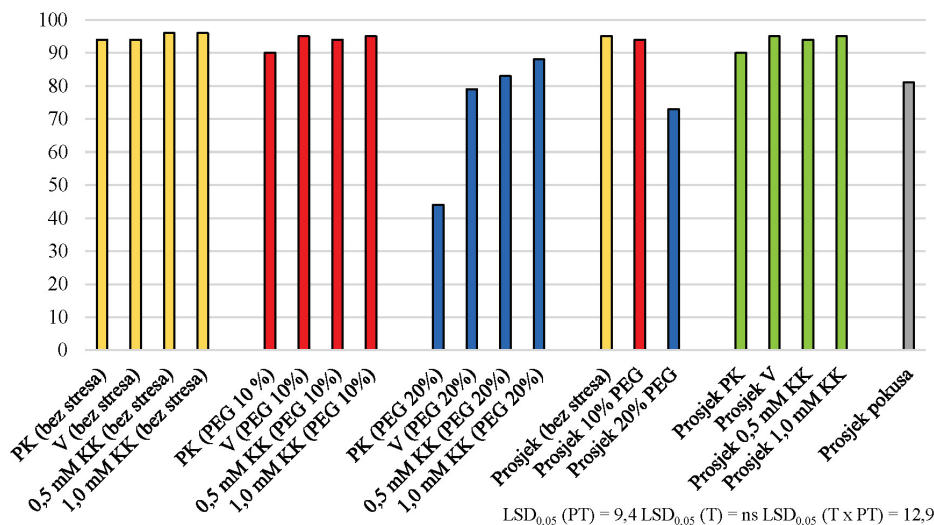
MATERIJALI I METODE

Za potrebe istraživanja korišteno je sjeme uljnog lana (*Linum usitatissimum* L.) proizvođača BIOVERI (Dąbrowka Wielka, Poljska). Predtretman sjemena (PT) obavljen je: i) kontrola (bez predtretmana – PK); ii) močenje u vodi (V); iii) močenje u 0,5 mM otopini kaprnske kiseline (0,5 mM KK) i iv) močenje u 1,0 mM otopini kaprnske kiseline (1,0 mM KK) (Kemika, Zagreb, Hrvatska). Predtretmani močenja trajali su 30 minuta. Nakon predtretmana sjeme je osušeno prirodnim strujanjem zraka. Sjeme koje nije tretirano (kontrola) i sjeme iz predtretmana stavljeno je u petrijeve zdjelice ($\varnothing = 90$ mm) na podlozi filter papira 67N Munktell & Filtrak GmbH (Bärenstein, Njemačka). Kako bi utvrdili utjecaj nedostatka vode, za izazivanje sušnog uvjeta koristio se neionski polimer polietilenglikola 6000 (PEG), proizvođača PanReac AppliChem (Darmstadt, Njemačka). Nakon provedenih predtretmana sjeme je postavljeno na filter papir, koji je neposredno prije postavljanja sjemena navlažen s 4 mL pripremljene otopine (tretmani – T) kako slijedi: i) destilirana vode (kontrola, TK); ii) otopina s PEG osmotskog potencijala $\psi = -0,17$ MPa ($\gamma = 0,10$; PEG 10 %) i iii) otopina s PEG osmotskog potencijala $\psi = -0,53$ MPa ($\gamma = 0,20$; PEG 20 %). Sjeme je potom naklijano u klima komori ARALAB FitoClima 600 (Rio de Mouro, Portugal), pri stalnoj temperaturi od 22 °C i 50 % relativne vlažnosti zraka. Klijavost sjemena, masa klijanca te morfološka svojstva (dužina korijena, dužina stabljike i dužina klijanca) izmjereni su nakon 7 dana. Budući da je pokus proveden u petrijevim zdjelicama, na svaki filter papir posijano je po 20 sjemenki po tretmanu kako bi se optimalno rasporedile sjemenke na površinu filter papira te je svaki tretman proveden u četiri ponavljanja. Za vaganje klijanaca korištena je analitička vaga KERN ABT 220-4M (Balingen, Njemačka). Statistička obrada podataka obavljena je u programskom paketu SAS Enterprise Guide 7.1. Učinak istraživanih uvjeta sušnog stresa na ispitivana svojstva određen je pomoću ANOVA-e uz prikaz pojedinačnih testova na temelju Studentovog t-testa na razini $p \leq 0,05$.

REZULTATI I RASPRAVA

Prema rezultatima istraživanja prosječna klijavost sjemena uljnog lana iznosila je 81 % (Grafikon 1.). Najviša vrijednost postotka klijavosti sjemena u predtretmanu utvrđena je kod klijanaca s 0,5 i 1,0 mM kaprnskom kiselinom (96 %), dok je ta vrijednost kod klijanaca u uvjetima sušnog stresa izazvanim PEG 10 % bila u predtretmanima s vodom i 1,0 mM kaprnskom kiselinom (95 %) te u uvjetima sušnog stresa izazvanim PEG 20 % u predtretmanu s 1,0 mM kaprnskom kiselinom (88 %).

D. Agić i sur.: Učinak predtretmana sjemena uljnog lana kaprionskom kiselinom na otpornost klijanaca u sušnim uvjetima



Grafikon 1. Učinak predtretmana, tretmana i njihovih interakcija na klijavost sjemena uljnog lana u sušnim uvjetima.

Figure 1 Effects of pretreatments, treatments and their interactions on germination of linseed linseed under drought conditions.

Najmanja prosječna klijavost (44 %) određena je uz najvišu razinu stresa (PEG 20 %) i bez predtretmna sjemena. Također, iz Grafikona 1. je vidljivo da su u uvjetima sušnog stresa izazvanog PEG 20 % oba predtretmana kaprionskom kiselinom i vodom imali izražen pozitivan učinak na klijavost sjemena u usporedbi s klijanima bez predtretmana. Xing i sur. (2011.) su ispitivali teoretsku osnovu za uzgoj lana (sorta Longya), u 6 koncentracija PEG-6000 (0 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % i 30 %), a rezultati su pokazali da su se ukupna klijavost sjemena i energija klijanja lana postupno smanjivale s povećanjem koncentracije PEG-a, međutim niske koncentracije PEG-a su pokazale određeni stupanj poboljšanja vitalnosti sjemena lana, dok je viša koncentracija PEG-a smanjila vitalnost sjemena lana. Heikal i sur. (1982.) su ispitivali učinak različitih osmotskih otopina (od 0 do -8×10^5 Pa) dobivenih otapanjem NaCl ili PEG 6000 na klijanje sjemena lana, sezama i luka te je proučavan utjecaj predtretmana sjemena namakanjem giberelinskom kiselinom (GA3) na klijanje. Autori su utvrdili da se brzina klijanja sjemena i ukupna klijavost, kao i količina vode koju sjeme apsorbira, značajno snižavaju s porastom razine osmotskog stresa, bez obzira na korišteno sredstvo za stres, a značajnije smanjenje je postignuto kod PEG 6000, nego kod NaCl. Također, autori ističu da je prethodno namakanje giberelinskom kiselinom povećalo brzinu i konačni postotak klijavosti osmotski stresiranih sjemenki lana i sezama, dok su sjemenke luka pod stresom blago smanjile brzinu klijanja.

D. Agić i sur.: Učinak predtretmana sjemena uljnog lana kapronskom kiselinom na otpornost klijanaca u sušnim uvjetima

Analizom morfoloških svojstava prosječna dužina stabljike klijanaca lana ovog istraživanja iznosila je 2,5 cm, a dužina korijena 3,7 cm, dok je dužina klijanaca bila prosječno 6,1 cm (Tablica 1.). Predtretman sjemena je statistički imao značajan utjecaj na dužinu korijena i dužinu klijanaca lana ($p < 0,05$), dok za dužinu stabljike i masu klijanaca razlike između srednjih vrijednosti nisu bile značajne.

Klijanci uljnog lana predtretirani vodom i 1 mM kapronskom kiselinom imali su više prosječne vrijednosti dužine stabljike u uvjetima sušnog stresa izazvanog PEG-om 20 % (0,6 cm i 0,5 cm u odnosu na klijance bez predtretmana (0,1 cm)). Statističkom analizom (Tablica 1.) nije ustanovljen značajni učinak predtretmana kapronskom kiselinom na dužinu stabljike klijanaca uljnog lana naklijanog u tremanu bez stresa (kontrola).

Tablica 1. Učinak predtretmana sjemena i suše na morfološka svojstava klijanaca uljnog lana
Table 1 Effect of seed pretreatment and drought on morphological characteristics of linseed seedlings.

| T | PT | DS (cm) | DK (cm) | DKL (cm) | MKL (g) |
|--|----|---------|---------|----------|---------|
| Bez stresa (kontrola) <i>Non stress (control)</i> | | | | | |
| PK | | 3,9 | 4,6 | 8,5 | 0,04 |
| V | | 4,1 | 4,5 | 8,6 | 0,04 |
| 0,5 mM KK | | 4,4 | 4,8 | 9,2 | 0,04 |
| 1,0 mM KK | | 3,1 | 4,5 | 7,6 | 0,04 |
| Prosjek /Average | | 3,9 | 4,6 | 8,5 | 0,04 |
| Sušni stres PEG 10% <i>Drought stress PEG 10%</i> | | | | | |
| PK | | 3,1 | 4,0 | 7,1 | 0,03 |
| V | | 2,8 | 4,5 | 7,3 | 0,03 |
| 0,5 mM KK | | 2,8 | 4,1 | 6,9 | 0,03 |
| 1,0 mM KK | | 4,0 | 4,8 | 8,8 | 0,03 |
| Prosjek /Average | | 3,2 | 4,4 | 7,5 | 0,03 |
| Sušni stres PEG 20% <i>Drought stress PEG 20%</i> | | | | | |
| PK | | 0,1 | 0,9 | 1,0 | 0,01 |
| V | | 0,6 | 2,3 | 2,9 | 0,02 |
| 0,5 mM KK | | 0,3 | 2,3 | 2,6 | 0,01 |
| 1,0 mM KK | | 0,5 | 2,4 | 2,9 | 0,01 |
| Prosjek /Average | | 0,4 | 2,0 | 2,4 | 0,01 |
| Prosjek /Average PK | | 2,4 | 3,2 | 5,5 | 0,03 |
| Prosjek /Average V | | 2,5 | 3,8 | 6,3 | 0,03 |
| Prosjek /Average 0,5 mM KK | | 2,5 | 3,7 | 6,2 | 0,03 |
| Prosjek /Average 1,0 mM KK | | 2,5 | 3,9 | 6,4 | 0,03 |

D. Agić i sur.: Učinak predtretmana sjemena uljnog lana kaprnskom kiselinom na otpornost klijanaca u sušnim uvjetima

| | | | | |
|--|------------|------------|------------|-------------|
| Prosjeck pokusa / <i>Trial average</i> | <u>2,5</u> | <u>3,7</u> | <u>6,1</u> | <u>0,03</u> |
| <i>LSD</i> _{0,05} (PT) = | ns | 0,30 | 0,40 | ns |
| <i>LSD</i> _{0,05} (T) = | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,002 |
| <i>LSD</i> _{0,05} (T x PT) = | 0,41 | 0,73 | 0,96 | 0,004 |

T - Tretman sjemena / *Seed treatment*, PT - Predtretman sjemena / *Seed pretreatment*, DS - Dužina stabljike / *Hypocotyl length*, DK - Dužina korijena / *Radicle length*, DKL – dužina klijanca / *Seedling length*, MKL - Masa klijanca / *Seedling weight*, PK - Bez predtretmana / *No pretreatment*, V - Močenje u vodi / *Soaking in water*, 0,5 mM KK - Močenje u 0,5 mM kaprnskoj kiselini / *Soaking in 0.5 mM caproic acid*, 1,0 mM KK - Močenje u 1,0 mM kaprnskoj kiselini / *Soaking in 0.1 mM caproic acid*.

Uspoređujući ispitivane predtretmane u uvjetima više razine sušnog stresa (PEG 20 %), najniže vrijednosti prosječne dužine korijena su utvrđene kod klijanaca bez predtretmana (0,9 cm), dok se dužina korijena kod klijanaca predtretiranim vodom i kaprnskom kiselinom nisu međusobno značajno razlikovali. Među njima najvišu vrijednost dužine korijena imali su klijanci predtretirani 1,0 mM kaprnskom kiselinom (2,4 cm). Valja napomenuti da su klijanci predtretirani 1,0 mM kaprnskom kiselinom i u uvjetima sušnog stresa izazvanog PEG-om 10 % imali najvišu vrijednost dužine korijena (4,8 cm).

Prema rezultatima statističke analize predtretmani kaprnskom kiselinom značajno su utjecali na prosječnu dužinu klijanaca uljnog lana naklijanih u uvjetima sušnog stresa (Tablica 1.). Kod klijanaca izloženih sušnom stresu izazvanim PEG-om 10 % s najvišom prosječnom vrijednošću dužine klijanaca, isticali su se klijanci predtretirani 1,0 mM kaprnskom kiselinom (8,8 cm). Najviše vrijednosti prosječne dužine klijanaca kod sjemena naklijavanog u uvjetima sušnog stresa izazvanog PEG 20 % imali su klijanci predtretirani vodom i 1,0 mM kaprnskom kiselinom (2,9 cm) te nešto niže klijanci u predtretmanu s 0,5 mM kaprnske kiseline (2,6 cm), što je značajno više od dužine klijanaca bez predtretmana (1,0 cm).

Najviše vrijednosti prosječne mase klijanaca (0,04 g po klijancu) utvrđene su u kontrolnoj skupini, dok je u uvjetima sušnog stresa izazvanog PEG 10 % prosječna masa klijanaca bila 0,03 g po klijancu. Najniža vrijednosti prosječne mase klijanaca (0,01 g po klijancu) bila je pri sušnom stresu izazvanim PEG 20 %.

ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje u kontroliranim laboratorijskim uvjetima po prvi puta prikazuje utjecaj predtretmana sjemena uljnog lana kaprnskom kiselinom na klijavost sjemena, masu klijanca te morfološke parametre klijavosti sjemena izloženog sušnom stresu. Temeljem provedenog istraživanja utvrđeno je da je najmanja prosječna klijavost od 44 % određena uz najvišu razinu stresa (PEG 20 %) i bez predtretmana sjemena. Suprotno, najvišu prosječnu klijavost imale su sjemenke (prosječno 96 %), uz predtretman sjemena 0,5 i 1,0 mM kaprnskom kiselinom i bez izazivanja sušnog

stresa. Iz navedenog se može vidjeti pozitivan učinak kaprnske kiseline na klijavost sjemena uljnog lana. Osim toga, u tretmanu s PEG-om 20 %, klijavost je ipak bila veća uz predtretman s obje koncentracije kaprnske kiseline i namakanja sjemena u vodi u usporedbi sa sjemenom bez ikakvog predtretmana koje je imalo najniži udio klijavog sjemena. Predtretman sjemena 1,0 mM kaprnskom kiselinom imao je značajan pozitivan učinak na prosječnu dužinu korijena i dužinu klijanca. Pozitivan učinak predtretmana sjemena uljnog lana 1,0 mM kaprnskom kiselinom pokazao se i u uvjetima sušnog stresa izazvanog PEG-om 10 % gdje su zabilježene najviše vrijednosti prosječne dužine stabljike, korijena i dužine klijanca. Iako su ova istraživanja provedena u laboratorijskim uvjetima, može se pretpostaviti da bi se kaprnska kiselina mogla koristiti kao metoda predstjetvenog tretmana sjemena uljnog lana i u poljskim uvjetima, i to u svrhu poboljšanja ranog rasta i razvoja klijanaca u sušnim uvjetima.

ZAHVALA

Ovo istraživanje je nastalo u okviru završnog rada Vinka Dujića obranjenog 30.09.2021. na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilišni pred-diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Bilinogojstvo.

INFLUENCE OF PRETREATMENT OF LINSEED SEEDS WITH CAPROIC ACID ON THE RESISTANCE OF SEEDLINGS IN DROUGHT CONDITIONS

SUMMARY

In this study, the influence of caproic acid seed pretreatment on the resistance of linseed (*Linum usitatissimum* L.) seedlings under drought stress conditions was investigated. Seed pretreatment was performed by soaking the seeds in water, 0.5 mM and 1.0 mM caproic acid solutions for 30 minutes, while to induce drought stress (treatment) the seeds were germinated for 7 days on a medium with solutions of polyethylene glycol with osmotic potential -0.17 and -0.53 MPa (PEG 10 % and PEG 20 %), after which seed germination, seedling weight, radicle length, hypocotyl and seedling length were measured. The study showed that pretreatment of linseed with caproic acid had a significant effect ($p < 0.05$) on radicle length and seedling length. Under conditions of less drought stress (PEG 10 %), pretreatment of seeds with 1.0 mM caproic acid solution showed the greatest positive effect on hypocotyl, radicle and seedling length. The results of this study indicate that caproic acid could be used for the pretreatment of linseed seeds to improve the early growth and development of seedlings under drought stress conditions.

Keywords: linseed, caproic acid, seed pretreatment, drought stress

LITERATURA

1. Aranega-Bou, P., Leyva, M.O., Finiti, I., García-Agustín, P., González-Bosch, C. (2014.): Priming of plant resistance by natural compounds: hexanoic acid as a model. *Front. Plant Sci.*, 5: 488.
2. Conrath, U. (2009.): Priming of induced plant defense responses. *Adv. Bot. Res.*, 51: 361-395.
3. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. (2009.): Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.*, 29: 185-212.
4. Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., Rehman, H., Wahid, A., Basra, S. M.A., Siddique, K.H.M. (2019.): Seed priming in field crops: potential benefits, adoption and challenges. *Crop Past. Sci.* 70(9): 731–771.
5. Gogna, M., Bhatla, S. C. (2020.): Salt-tolerant and-sensitive seedlings exhibit noteworthy differences in lipolytic events in response to salt stress. *Plant Signaling Behav.*, 15(4):1737451.
6. Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., Sihag, M. (2014.): Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *J. Food Sci. Technol.*, 51(9): 1633-1653.
7. Gutiérrez, C., Rubilar, M., Jara, C., Verdugo, M., Sineiro, J., Shene, C. (2010.): Flaxseed and flaxseed cake as a source of compounds for food industry. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* 10(4): 454-463.
8. Hall, L. M., Booker, H., Siloto, R. M., Jhala, A. J., Weselake, R. J. (2016.): Flax (*Linum usitatissimum* L.). In *Industrial oil crops*. AOCS Press., pp. 157-194.
9. Heikal, M. M., Shaddad, M. A., & Ahmed, A. M. (1982). Effect of water stress and gibberellic acid on germination of flax, sesame and onion seeds. *Biologia Plantarum*, 24(2), 124-129.
10. Herchi, W., Arráez-Román, D., Boukhchina, S., Kallel, H., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutierrez, A. (2012.): A review of the methods used in the determination of flaxseed components. *Afr. J. Biotechnol.*, 11(4): 724-731.
11. Jhala, A. J., and Hall, L. M. (2010.): Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 4(9): 4304-4312.
12. Kaur, P., Waghmare, R., Kumar, V., Rasane, P., Kaur, S., Gat, Y. (2018.): Recent advances in utilization of flaxseed as potential source for value addition. *OCL*, 25(3): A304.
13. Lužaić, T., Romanić, R., Kravić, S., Radić, B. (2018.): Formulation of sunflower and flaxseed oil blends rich in omega 3 fatty acids. *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 7(1): 18-21.
14. Marchenkov, A., and Rozhmina, T. (2003.): Cultivation of flax. In *Flax*. CRC Press., pp. 86-103.
15. Pospišil, M. (2013.): Ratarstvo II. dio - industrijsko bilje. Zrinski Čakovec.

16. Rubilar, M., Gutiérrez, C., Verdugo, M., Shene, C., Sineiro, J. (2010.): Flaxseed as a source of functional ingredients. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 10(3): 373-377.
17. SAS Entrprise Guide 7.1. SAS Institute Inc.
18. Šimetić, S. (1995.): Mogućnosti proizvodnje sjemena lana i njegova upotreba. *Sjemenarstvo*, 12 (95): 2-3.
19. Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B. (2014.): Ekofiziologija bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
20. Wang, W., Vinocur, B., Altman, A. (2003.): Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1):1-14.
21. Zhang, J., Xie, Y., Dang, Z., Wang, L., Li, W., Zhao, W., Dang, Z. (2016.): Oil content and fatty acid components of oilseed flax under different environments in China. *Agron. J.*, 108(1): 365-372.
22. Xing, P., Yang, Y., Liu, G., Guan, H., Li, S., & Wei, L. (2011.): Effect of Water Stress on Seed Germination of Flax [J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 1.

Adrese autora – Authors addresses:

Doc. dr. sc. Dejan Agić, e-mail: dagic@fazos.hr

Vinko Dujić, univ. bacc. ing. agr.

Doc. dr. sc. Ivana Varga, e-mail: ivana.varga@fazos.hr

Izv. prof. dr. sc. Miroslav Lisjak

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek,

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,

Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Republika Hrvatska

Primljeno – Received:

03.11.2021.

D. Agić i sur.: Učinak predtretmana sjemena uljnog lana kaprnskom kiselinom
na otpornost klijanaca u sušnim uvjetima
