AGRONOMSKI GLASNIK Vol. 87 No. 4/2025.
ISSN 0002-1954 (Tisak)
ISSN 1848-8900 (Online)

Stručni članak
Professional paper
https://doi.org/10.33128/ag.87.4.3

UTJECAJ AGROEKOLOŠKIH UVJETA I AGROTEHNIČKIH MJERA NA PRINOS I KAKVOĆU SJEMENA LUCERNE

INFLUENCE OF AGROECOLOGICAL CONDITIONS AND AGRONOMIC PRACTICES ON ALFALFA SEED YIELD AND QUALITY

Katarina Perić, Gordana Bukvić, G. Herman, Marijana Tucak

SAŽETAK

Lucerna (*Medicago sativa* L.) jedna je od najvažnijih višegodišnjih krmnih leguminoza, ali stabilna proizvodnja sjemena i dalje predstavlja izazov zbog snažnog utjecaja agroekoloških uvjeta. Cilj rada je prikazati ključne čimbenike koji utječu na sjemensku proizvodnju lucerne, s posebnim naglaskom na cvatnju, oprašivanje, oplodnju, formiranje mahuna, nalijevanje i dozrijevanje sjemena te ukazati na mogućnosti unaprjeđenja sjemenske proizvodnje. Povoljni klimatski uvjeti, dobra struktura i reakcija tla, uravnotežena gnojidba, odgovarajuća norma sjetve i međuredni razmak, učinkovita zaštita od korova, štetnika i bolesti te pravodobna žetva važni su za ostvarivanje stabilnog prinosa i visoke kakvoće sjemena. Razumijevanje međudjelovanja genotipa, okoliša i agrotehničkih mjera ključno je za unapređenje sjemenske proizvodnje lucerne u različitim agroekološkim uvjetima.

Ključne riječi: *Medicago sativa* L., sjemenska proizvodnja, temperatura, oborine, pH vrijednost, fertilizacija, norma sjetve, žetva

ABSTRACT

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is one of the most important perennial forage legumes. Still, stable seed production remains a challenge due to the strong influence of agroecological conditions. The aim of this paper is to present the key factors affecting alfalfa seed production, with particular emphasis on flowering, pollination, fertilization, pod formation, seed filling, and seed ripening, and to highlight the possibilities for improving seed production. Favourable climatic conditions, good soil structure and soil reaction, balanced fertilization, appropriate seeding rate and row spacing, effective weed, pest and disease

control, and timely harvesting are important for achieving stable seed yield and high seed quality. Understanding the interactions among genotype, environment, and agronomic practices is essential for improving alfalfa seed production across diverse agroecological conditions.

Keywords: *Medicago sativa* L., seed production, temperature, precipitation, pH value, fertilization, sowing rate, harvest

UVOD

Lucerna (*Medicago sativa* L.) je krmna biljka iz porodice Fabaceae, koja pripada rodu *Medicago*, u kojem su zastupljene jednogodišnje i višegodišnje vrste (Blanco-Pastor i sur., 2021.). Prema Stjepanović i sur. (2009.) nadzemni dio biljke čine uspravne stabljike i trodijelni listovi, a cvjetovi formiraju spiralno uvijene mahune u kojima se razvijaju zrna. Cvjetovi su dvospolni, skupljeni u grozdaste cvatove (12-26 cvjetova), građeni od krunice i spolnog stupa s 10 prašnika (devet sraslih i jedan slobodan). Krunicu čini pet latica (zastavica, krilca i lađica), unutar koje je zatvoren spolni stup, a oplodnja se ostvaruje procesom otkrivanja (*tripping*). Razvijen korijenski sustav lucerne omogućuje crpljenje vode iz dubljih slojeva tla te sekvestraciju organskog ugljika i dušika u tlu (Qin i sur., 2023.). Višegodišnja plava lucerna (*Medicago sativa* L.) najzastupljenija je i najčešće uzgajana vrsta lucerne. U 2018. godini oraničnih površina pod lucernom za sijeno u Hrvatskoj bilo je 24.248 ha (Državni zavod za statistiku, 2019.). Poznata je i kao „kraljica krmiva“ zahvaljujući svom izuzetno bogatom nutritivnom sastavu i visokom prinosu zelene biomase (Tucak, 2006.; Perić i sur., 2024.). Obiluje sirovim bjelančevinama, korisnim sekundarnim metabolitima te makro- i mikroelementima, zbog čega se ubraja među najhranjivije i najcjenjenije izvore stočne hrane u svijetu (Tucak i sur., 2021.; Suwignyo, 2023.). Za uspješnu proizvodnju krme nužna je stabilna i visoka proizvodnja sjemena, no u oplemenjivačkim programima se prinos sjemena često vrednuje manje u odnosu na prinos krme, iako istodobno predstavlja važan pokazatelj tržišnog uspjeha novog kultivara (Tucak i sur., 2023.). Lucerna ima visok genetski potencijal za proizvodnju sjemena, no ostvareni prinosi od 250-400 kg/ha vrlo su niski u usporedbi s visokom proizvodnjom nadzemne biomase (8 t/ha), što pokazuje da se u poljskim uvjetima opraši tek oko 20 % cvjetova (Genter i sur., 1997.). Prema Bolaños-Aguilar i sur. (2000.), lucerna ostvaruje tek oko 4 % svog ukupnog genetskog potencijala prinosa, pa prosječan prinos sjemena u najpovoljnijim uvjetima doseže približno 500 kg/ha, što je znatno manje od teorijski

procijenjenih 12.000 kg/ha izračunanih na temelju broja cvjetova i ovula. Osim genetskih svojstava kultivara, na prinos sjemena lucerne snažno utječu i okolišni uvjeti (klimatski i edafski), biološki čimbenici poput boje cvijeta i prisutnosti oprašivača tijekom razvoja sjemena te primijenjene agrotehničke mjere (Tucak i sur., 2008.). Na proizvodnju i kakvoću sjemena lucerne mogu snažno utjecati agroekološki uvjeti uzgoja, pri čemu klimatski čimbenici tijekom cvatnje i oplodnje mogu odrediti njihovu uspješnost te time utjecati na ostvareni prinos sjemena u proizvodnim uvjetima. Uz klimatske čimbenike, važnu ulogu imaju svojstva tla i oborine, budući da nedostatna vlažnost tla tijekom cvatnje i nalijevanja sjemena može smanjiti broj mahuna i sjemenki po biljci (Shock i sur., 2007.; Karagić i sur., 2019.). Osim na prinos, agroekološki uvjeti i agrotehničke mjere utječu i na kakvoću sjemena lucerne, koja se procjenjuje masom 1.000 sjemenki i klijavošću, a ovisi o uvjetima tijekom razvoja i dozrijevanja sjemena (Iannucci i sur., 2002.). Zbog velike gospodarske važnosti lucerne i izražene osjetljivosti sjemenske proizvodnje na agroekološke i agrotehničke čimbenike, razumijevanje uvjeta koji određuju prinos i kakvoću sjemena od osobite je važnosti. Cilj ovog rada je prikazati utjecaj agroekoloških uvjeta uzgoja i agrotehničkih mjera na prinos i kakvoću sjemena lucerne, s posebnim naglaskom na klimatske čimbenike te kemijska i fizikalna svojstva tla, kao i mogućnosti unaprjeđenja sjemenske proizvodnje.

AGROEKOLOŠKI ČIMBENICI U SJEMENSKOJ PROIZVODNJI LUCERNE

Klimatski čimbenici

Temperatura zraka ima presudnu ulogu u regulaciji fenoloških faza lucerne (Escobar-Gutiérrez i Ahmed, 2023.). Optimalne temperature rasta lucerne kreću se između 25 i 30 °C, uz širok raspon tolerancije 5-30 °C, s optimalnom dnevnom temperaturom 15-25 °C i noćnom 10-20 °C (Otero i Castro, 2019.). Nestor i sur. (1993.) navode da cvjetanje nastupa približno tri tjedna ranije pri 32 °C nego pri 17 °C, dok više temperature (35 °C) mogu usporiti ili odgoditi razvoj biljke. Jevtić i sur. (2006.) utvrdili su da je najveća aktivnost oprašivača zabilježena pri temperaturama 25-30 °C, dok su hladniji i vlažniji uvjeti smanjivali broj posjeta i negativno utjecali na prinos sjemena. Sukladno tome, temperatura zraka jedan je od ključnih čimbenika koji utječu na reproduktivni razvoj i prinos sjemena lucerne. Raspored oborina tijekom vegetacije važniji je od njihove ukupne količine. Obilnije oborine u fazi pupanja mogu uzrokovati polijeganje usjeva, pojačan vegetativni rast i povećan udio šturih sjemenki pa se područja s

600-650 mm dobro raspoređenih godišnjih oborina smatraju povoljnijima za sjemensku proizvodnju lucerne, među kojima se u Hrvatskoj ističu Istra i istočna Slavonija (Smičić, 1997.). Lucerna razvija dubok i razgranat korijenov sustav koji joj omogućuje pristup vodi iz dubljih slojeva tla, no jaka suša i dalje može ograničiti njezin rast i prinos (Saraswat i sur., 2025.). Nedostatak oborina uzrokuje fiziološke i morfološke promjene, smanjuje klijavost te ograničava rast korijena i nadzemnog dijela biljaka, čime se smanjuje ukupna produktivnost usjeva (Hamidi i Safarnejad, 2010.). Wang i sur. (2024.) utvrdili su da je pri uzgoju lucerne u uvjetima različite vlažnosti tla 70 % kapaciteta poljske vode bilo optimalno za rast, fiksaciju dušika i nutritivnu vrijednost, dok sušni (30 %) i prekomjerno vlažni (90 %) uvjeti značajno smanjuju nadzemnu biomasu i kvalitativne parametre biljaka. Prema tome, stabilnost sjemenske proizvodnje lucerne uvelike ovisi o uravnoteženom vodnom režimu, a u uvjetima klimatske varijabilnosti, kontrolirano navodnjavanje može biti mjera za održavanje optimalnog vodnog statusa biljke i stabilnosti prinosa sjemena. Nadalje, prema Kadri i sur. (2022.), vitalnost peluda u većine biljnih vrsta često je veća pri relativnoj vlažnosti zraka nižoj od 60 %, dok Brunet i sur. (2019.) navode da se smanjuje s duljinom izloženosti suhom zraku. Klimatski čimbenici poput temperature, relativne vlage zraka i intenziteta sunčeva zračenja utječu i na aktivnost oprašivača, pri čemu je temperatura najčešće ključni čimbenik intenziteta posjeta cvjetovima, dok je relativna vlaga uglavnom negativno povezana s letnom aktivnošću (Wang i sur., 2009.). Dugi dani i niska relativna vlaga zraka pogoduju cvatnji, oprašivanju i razvoju sjemena (Undersander i sur., 1997.). Sukladno tome, za postizanje što višeg i stabilnijeg prinosa sjemena lucerne potrebno je uskladiti izbor kultivara s agroekološkim uvjetima proizvodnog područja te primijeniti odgovarajuće agrotehničke mjere koje osiguravaju povoljne uvjete za rast, cvatnju, oprašivanje, zametanje i dozrijevanje sjemena.

Svojstva tla

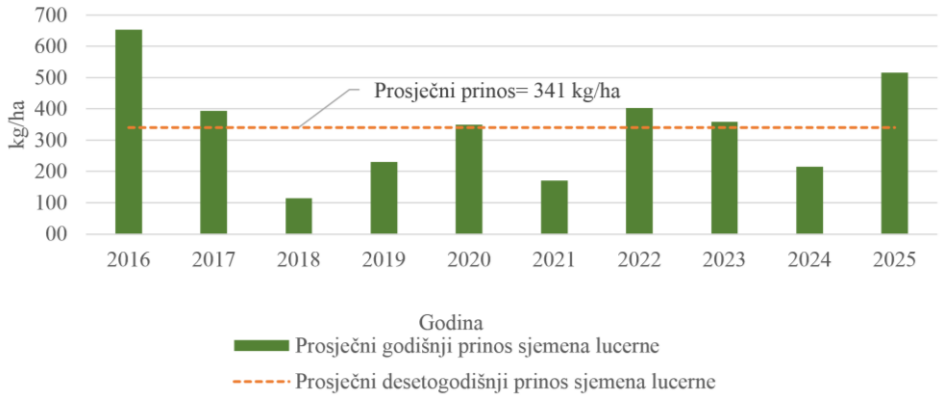
Reakcija tla utječe na rast i razvoj lucerne jer određuje dostupnost hraniva i aktivnost mikroorganizama u tlu, pri čemu su optimalni uvjeti za uzgoj u rasponu pH 6,5-7,5, dok se vrijednosti ispod 5,4 smatraju donjom kritičnom granicom (Bukvić i sur., 2008.). Budući da je korijenska nodulacija rezultat simbioze s bakterijama roda *Rhizobium*, niska pH vrijednost tla može narušiti taj proces smanjenjem dostupnosti hraniva, povećanjem toksičnosti aluminija (Al^{3+}) te ograničavanjem razvoja korijena i formiranja nodula, čime se smanjuje

produktivnost i vitalnost biljke (Lin i sur., 2012.). Opskrbljenost tla makro- i mikroelementima izravno utječe na formiranje reproduktivnih organa i razvoj sjemena lucerne. Du i sur. (2009.) utvrdili su da je folijarna primjena Mo i B tijekom cvatnje značajno povećala prinos sjemena lucerne (Mo za 27-47 %, B za 22-35 %) i komponente prinosa, dok primjena Fe, Zn, Mn i Cu nije imala značajan učinak. Berg i sur. (2005.) primijenili su četiri doze fosfora (0, 25, 50 i 75 kg P/ha) i pet doza kalija (0, 100, 200, 300 i 400 kg K/ha) te utvrdili da su veće doze značajno povećale prinos krme lucerne tijekom prve tri godine uzgoja, prvenstveno zbog veće mase pojedinačnog izboja, bez utjecaja na broj izdanaka po biljci. P se najčešće navodi kao hranivo koje zahtijeva dodatnu gnojidbu, dok kod Ca te mikroelemenata poput Fe i Mn nedostatak u lucerni nije zabilježen (Meyer i sur., 2007.). Kemijska svojstva tla i dostupnost hraniva utječu na komponente prinosa lucerne, pri čemu mikroelementi poput Mo i B sudjeluju u formiranju sjemena, a makroelementi poput P i K potiču rast nadzemne biomase i određuju proizvodni potencijal usjeva. Iako lucerna u simbiozi s bakterijama roda *Rhizobium* može vezati atmosferski dušik, pri zasnivanju usjeva na pjeskovitim tlima siromašnim organskom tvari preporučuje se 28-34 kg N/ha. Ovisno o analizi tla i planiranom prinosu, preporučuje se godišnja primjena približno 60-145 kg P_2O_5/ha i 155-435 kg K_2O/ha, pri čemu je P i K najdjelotvornije unijeti u tlo prije sjetve, a tijekom proizvodnje primjenjivati prihranu (Kelling, 2000.). Sukladno tome, stabilna i uspješna sjemenska proizvodnja lucerne zahtijeva tlo povoljne reakcije i uravnotežene opskrbljenosti hranivima, što se može postići analizom tla, kalcizacijom kiselih tala i prilagođenom gnojidbom. Nadalje, fizikalna svojstva tla**,** osobito tekstura i struktura, određuju vodni režim, aeraciju i razvoj korijenskog sustava te utječu na kemijska i biološka svojstva tla (Phogat i sur., 2015.). Za optimalan rast i visoke prinose lucerna zahtijeva duboka, rahla i plodna tla (Tucak i sur., 2007.; Julier i sur., 2017.). Povećana zbijenost i manja poroznost tla ograničavaju dostupnost kisika u zoni korijena i smanjuju rast korijena, dok tla s povoljnim vodozračnim odnosom omogućuju učinkovitije korištenje vode iz dubljih horizonata i veću otpornost na sušu (Penfold, 1998.; Clément i sur., 2022.). Kako bi se spriječila zbijenost tla i osigurali optimalni uvjeti za rast lucerne, potrebno je odabrati odgovarajuću mehanizaciju i provoditi obradu tla na način koji čuva njegovu strukturu, osigurava dobru prozračnost i omogućuje nesmetan razvoj korijena.

AGROTEHNIČKE MJERE U SJEMENSKOJ PROIZVODNJI LUCERNE

Sjeme lucerne namijenjeno sjetvi mora biti zdravstveno ispravno i čisto, bez prisutnosti karantenskih bolesti i korova uz visoku klijavost i minimalan udio tvrdih sjemenki. Norma sjetve i međuredni razmak određuju gustoću sklopa, kompeticiju među biljkama i konačni prinos (Szemerits i sur., 2025.). Abadouz i sur. (2010.) ispitivali su utjecaj razmaka između redova od 50, 60 i 70 cm te norme sjetve od 5 do 25 kg/ha, pri čemu je kombinacija 50 cm i 15 kg/ha osigurala najviši prinos sjemena lucerne, do 683 kg/ha. Prema tome, za postizanje visokih prinosa sjemena lucerne, uz izbor odgovarajućeg kultivara, nužno je koristiti zdravo i kvalitetno sjeme, uspostaviti optimalan sklop kako bi se izbjegli negativni učinci preguste ili prerijetke sjetve te pravodobno odrediti termin žetve radi smanjenja gubitaka i očuvanja kakvoće sjemena. Lucernu za sjemensku proizvodnju treba pokositi za sijeno sredinom svibnja kako bi žetva sjemena uslijedila sredinom kolovoza (Seuhs, 2021.). Prerana žetva dovodi do slabije dozrelog sjemena, dok prekasna povećava rizik od osipanja i gubitaka na polju. Renzi i sur. (2011.) utvrdili su da prerana žetva zelenih mahuna smanjuje kvalitetu sjemena, dok je faza žutih mahuna najpovoljnija za žetvu jer osigurava najveći ukupni potencijal klijanja, a u fazi smeđih mahuna povećava se udio normalnih klijanaca uz promjene u fizičkoj dormantnosti ovisno o položaju mahuna na biljci. Prema Tucak i sur. (2013.), žetvu je potrebno obaviti u fazi pune zriobe, kada je najveći dio mahuna (oko 80-90 %) sazrio i poprimio karakterističnu tamnosmeđu boju na normalno razvijenim biljkama. U sjemenskoj proizvodnji nužno je pratiti stupanj zrelosti mahuna i uskladiti termin žetve s vremenskim prilikama kako bi se smanjili gubici i osigurala visoka kakvoća sjemena. Na Grafu 1. prikazani su prosječni godišnji prinosi sjemena lucerne na selekcijskom polju Poljoprivrednog instituta Osijek u razdoblju 2016.-2025., koji pokazuju izraženu varijabilnost, uz desetogodišnji prosjek od 341 kg/ha. Navedeni rezultati odnose se na različite oplemenjivačke populacije, kultivare i ekotipove lucerne kreirane na Odjelu za oplemenjivanje i genetiku krmnog bilja Poljoprivrednog instituta Osijek. Najveći prosječni prinos ostvaren je 2016. godine (653,8 kg/ha), a najniži 2018. godine (113,8 kg/ha). Najviši prosječni prinos sjemena zabilježen 2016. godine može se povezati s povoljnijim rasporedom oborina tijekom vegetacije, odnosno njihovom ravnomjernijom raspodjelom u proljetnim i ljetnim mjesecima. Nasuprot tomu, najniži prosječni

prinos može se dovesti u vezu s nepovoljnim rasporedom oborina, pri čemu je u travnju zabilježeno 21,0 mm, u svibnju 27,4 mm, u lipnju 126,8 mm, a u srpnju 131,6 mm oborina, što je moglo nepovoljno utjecati na intenzivan porast, cvatnju i zametanje sjemena (Državni hidrometeorološki zavod, 2026.). Karagić i sur. (2019.) navode da postoji snažna povezanost prinosa sjemena lucerne s agroekološkim uvjetima, što potvrđuju i ranije prikazani podaci o izraženoj varijabilnosti prinosa među godinama. Visoki i stabilni prinosi sjemena lucerne ovise o usklađivanju proizvodnje s agroekološkim uvjetima područja te o izboru i sjetvi sorata prilagođenih klimatskim promjenama.



Graf 1. Prosječni godišnji prinosi sjemena lucerne na selekcijskom polju Poljoprivrednog instituta Osijek

Graph 1 Average annual yields of alfalfa seeds in the selection field of the Agricultural Institute Osijek

KOMPONENTE PRINOSA I KAKVOĆA SJEMENA U RAZLIČITIM AGROEKOLOŠKIM UVJETIMA

Na prinos sjemena, osim klimatskih i zemljišnih čimbenika, utječu i biogeni čimbenici (boja cvijeta, prisutnost oprašivača) te agrotehničke mjere (Tucak i sur., 2013.). Kod lucerne oplodnja i formiranje sjemena nisu mogući bez aktivnosti oprašivača, osobito pčela, jer je za prijenos peluda nužan „*tripping*“ (oslobađanje generativnih organa cvijeta), koji se najčešće aktivira pri posjetu oprašivača. Bez tog procesa cvjetovi ostaju neoplođeni, što izravno dovodi do izostanka formiranja mahuna i sjemena (Halagić, 1999.). Najvažnije komponente

prinosa uključuju broj mahuna po biljci, broj zrna po mahuni i masu 1.000 zrna koja iznosi 1,5-2,3 g ovisno o kultivaru (Stjepanović i sur., 2009.; Marinova i sur., 2024.). Budući da aktivnost oprašivača, osobito pčela, utječe na stopu oplodnje i postotak zametnutih sjemenki, učinkovito oprašivanje predstavlja ključan čimbenik za ostvarenje visokih prinosa sjemena (Chen i sur., 2018.). Agroekološki uvjeti tijekom dozrijevanja sjemena imaju utjecaj na njegovu kakvoću. Suša i visoke temperature mogu smanjiti prinos sjemena jer ometaju usvajanje i preraspodjelu hraniva te ključne faze razvoja, pri čemu je faza nalijevanja posebno važna jer određuje masu i sastav sjemena te konačni kvantitativni i kvalitativni prinos (Sehgal i sur., 2018.). Liatukienė i sur. (2025.) navode da prinos sjemena lucerne uvelike ovisi o godišnjim vremenskim uvjetima, pri čemu je veći u sušnijim, a manji u kišnim godinama s prekomjernim oborinama. Stoga se unaprjeđenje sjemenske proizvodnje lucerne treba temeljiti na usklađivanju agrotehničkih mjera s agroekološkim uvjetima, osobito radi osiguravanja učinkovitog oprašivanja, uspješnog zametanja i kvalitetnog razvoja sjemena.

ZAKLJUČAK

Prinos i kakvoća sjemena lucerne rezultat su međudjelovanja agroekoloških uvjeta, primijenjenih agrotehničkih mjera i izbora odgovarajućeg kultivara. Klimatski čimbenici, osobito temperatura, raspored oborina i relativna vlaga zraka, imaju ključnu ulogu u cvatnji, aktivnosti oprašivača, oplodnji, zametanju mahuna i razvoju sjemena. Važan utjecaj imaju i svojstva tla, posebno reakcija tla, fizikalna svojstva i opskrbljenost hranivima, jer određuju razvoj korijenova sustava, vitalnost biljke i njezin reproduktivni potencijal. Stabilnija i kvalitetnija sjemenska proizvodnja može se postići pravilnim izborom parcele, prilagodbom gnojidbe, optimalnom normom sjetve i međurednim razmakom, odgovarajućim upravljanjem vodnim režimom te pravodobnom žetvom. Prikazana varijabilnost prinosa između godina potvrđuje izraženu osjetljivost lucerne na promjene okolišnih uvjeta. Stoga bi daljnje unaprjeđenje proizvodnje trebalo usmjeriti na precizniju prilagodbu tehnologije uzgoja lokalnim agroekološkim uvjetima kako bi se smanjila varijabilnost prinosa i osigurala viša kakvoća sjemena.

LITERATURA

1. Abadouz, G., Hasanzadeh Gorttapeh, A., Rahnema, A. A., Behradfar, A. (2010.): Effect of row spacing and seeding rate on yield component and seed yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Notulae Scientia Biologicae, 2 (1), 74-80
2. Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Santini, J., & Volenec, J. J. (2005.): Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components. Crop Science, 45 (1), 297-304
3. Blanco-Pastor, J. L., Liberal, I. M., Sakiroglu, M., Wei, Y., Brummer, E. C., Andrew, R. L., Pfeil, B. E. (2021.): Annual and perennial Medicago show signatures of parallel adaptation to climate and soil in highly conserved genes. Molecular Ecology, 30 (18), 4448-4465
4. Bolaños-Aguilar, E. D., Huyghe, C., Julier, B., Ecalle, C. (2000.): Genetic variation for seed yield and its components in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations. Agronomie, 20 (3), 333-345
5. Brunet, J., Ziobro, R., Osvatic, J., Clayton, M. K. (2019): The effects of time, temperature and plant variety on pollen viability and its implications for gene flow risk. Plant Biology, 21 (4), 715-722
6. Bukvić, G., Grljušić, S., Rozman, V., Liška, A., Lović, I. (2008.): Utjecaj pH i temperature na energiju klijanja, klijavost, dužinu korijena i hipokotila klijanaca različitih kultivara lucerne (*Medicago sativa* L.). Poljoprivreda, 14(1), 17-24
7. Chen, M., Zhao, X. Y., Zuo, X. A. (2018.): Pollinator activity and pollination success of Medicago sativa L. in a natural and a managed population. Ecology and Evolution, 8 (17), 9007-9016
8. Clément, C., Sleiderink, J., Svane, S. F., Smith, A. G., Diamantopoulos, E., Desbrøll, D. B., Thorup-Kristensen, K. (2022.): Comparing the deep root growth and water uptake of intermediate wheatgrass (Kernza®) to alfalfa. Plant and Soil, 472 (1), 369-390
9. Državni hidrometeorološki zavod (2026.): Ukupna mjesečna i godišnja količina oborine. Osijek, url: https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci&param=k2_1
10. Državni zavod za statistiku (2019.): Biljna proizvodnja u 2018. Priopćenje, br. 1.1.14. Zagreb: Državni zavod za statistiku, url: https://web.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2019/01-01-14_01_2019.htm
11. Du, W. H., Tian, X. H., Cao, Z. Z., Humphries, A. (2009.): Effects of micronutrients on seed yield and yield components of alfalfa. Journal of Plant Nutrition, 32 (5), 809-820

12. Escobar-Gutiérrez, A. J., Ahmed, L. Q. (2023.): Early detection of phenotypic diversity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in response to temperature. Plants, 12 (18), 3224
13. Genter, T., Deleens, E., Fleury, A. (1997.): Influence of photosynthetic restriction due to defoliation at flowering on seed abortion in lucerne (*Medicago sativa* L.). Journal of Experimental Botany, 48, 1815-1823
14. Halagić, S. (1999.): Oprašivanje crvene djeteline i lucerne pomoću medonosne pčele (*Apis melifera*). Sjemenarstvo, 16 (5), 441-447
15. Hamidi, H., Safarnejad, A. (2010.): Effect of drought stress on alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in germination stage. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 8 (6), 705-709
16. Iannucci, A., Di Fonzo, N., Martiniello, P. (2002.): Alfalfa seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment. Field Crops Research, 78 (1), 65-74
17. Jevtić, G., Radović, J., Lugić, Z., Vasić, T. (2006.): The effect of climatic factors on the visit of pollinators and the seed yield of alfalfa. Sustainable Grassland Productivity, 11, 312-314
18. Julier, B., Gastal, F., Louarn, G., Badenhausser, I., Annicchiarico, P., Crocq, G., Chatelier, D., Guillemot, E., Emile, J. C. (2017.): Lucerne (alfalfa) in European cropping systems. Legumes in cropping systems, 168-192
19. Smičić, S. (1997.): Proizvodnja sjemena lucerne (*Medicago sp.*). Sjemenarstvo, 14 (1-2), 83-91
20. Kadri, K., Elsafy, M., Makhlouf, S., Awad, M. A. (2022.): Effect of pollination time, the hour of daytime, pollen storage temperature and duration on pollen viability, germinability, and fruit set of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv" Deglet Nour". Saudi Journal of Biological Sciences, 29 (2), 1085-1091
21. Karagić, Đ., Milić, D. B., Katanski, S. M., Milošević, B. R., Zorić, M. Z., Julier, B. (2019.): Genetic variation of alfalfa seed yield and its components in the year of establishment. In: Anderson, N. P., ed. Proceedings of the 10th International Herbage Seed Group Conference. Corvallis, Oregon, USA, 12-19 May 2019, Institute of Field and Vegetable Crops, 91-94
22. Kelling, K. A. (2000.): Alfalfa fertilization (A2448). University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension Publishing
23. Liatukienė, A., Skuodienė, R., Muraškienė, M., Repšienė, R., Karčauskienė, D., Asakavičiūtė, R., Čekstere-Muižniece, G., Osvalde, A. (2025.): Impact of soil and climate on alfalfa growth and yield. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil & Plant Science, 75 (1), 2577422

24. Lin, M. H., Gresshoff, P. M., Ferguson, B. J. (2012.): Systemic regulation of soybean nodulation by acidic growth conditions. Plant Physiology, 160 (4), 2028-2039
25. Marinova, D., Zhekova, E., Ivanova, I., Ivanov, L. (2024.): Phenotypic evaluation of seed producing ability of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Clonal progenies. Scientific Papers. Series A. Agronomy, 67 (1), 515-526
26. Meyer, R. D., Marcum, D. B., Orloff, S. B., Schmierer, J. L. (2007.): Alfalfa fertilization strategies. In: Summers, C. G., Putnam, D. H., eds. Irrigated alfalfa management for Mediterranean and desert zones. Monterey, California: University of California Agriculture and Natural Resources, Chapter 6, 16
27. Nestor, A. J., Sheaffer, C. C., Barnes, D. K. (1993.): Temperature and photoperiod effects on multifoliolate expression and morphology of alfalfa. Crop Science, 33 (3), 573-578
28. Otero, A., Castro, M. (2019): Variability of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seasonal forage production in the southwest of Uruguay. Agrociencia, 23 (1), 65-75
29. Perić, K., Čupić, T., Krizmanić, G., Tokić, B., Andrić, L., Ravlić, M., Meglič, V., Tucak, M. (2024.): The role of crop wild relatives and landraces of forage legumes in pre-breeding as a response to climate change. Agronomy, 14 (7), 1385
30. Penfold, C. L. (1998.): Influence of soil air-filled porosity on primary root length and growth of radiata pine. Doctoral dissertation. New Zealand: University of Canterbury, 137
31. Phogat, V. K., Tomar, V. S., & Dahiya, R. I. T. A. (2015.): Soil physical properties. Soil science: An introduction, 135-171
32. Qin, R., Xu, J., Harrison, M. T., Liu, K., Li, F. M., Sun, G., Zhang, F. (2023.): Assessing perennial alfalfa yield by incorporating physiologically-lucid function into DeNitrification-DeComposition model. Field Crops Research, 298, 108966
33. Renzi, J. P., Lasa, J. C., Cantamutto, M. A. (2011.): Influence of maturity at harvest on the quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seeds. Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology, 37, 261-267
34. Saraswat, A., Tian, J., Hraiz, F. M., Al Harasi, L. Z., Al Mayahi, M. H., Alyahyaee, M. K., Gururani, M. A., Liu, Y., Kumar, A. (2025.): Root and leaf traits of alfalfa exhibit distinct responses to soil microbial communities and environmental stresses. Journal of Sustainable Agriculture and Environment, 4 (1), e70038
35. Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K. H., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R. K., HanumanthaRao, B., Nair, R. M., Prasad, P. V. V., Nayyar, H. (2018.): Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. Frontiers in Plant Science, 9, 1705

36. Seuhs, K. (2021.): Planning for alfalfa seed production and control of alfalfa seed chalcid. Oklahoma State University Extension
37. Shock, C. C., Feibert, E. B., Saunders, L. D., Klauzer, J. (2007.): Deficit irrigation for optimum alfalfa seed yield and quality. Agronomy Journal, 99 (4), 992-998
38. Stjepanović, M., Zimmer, R., Tucak, M., Bukvić, G., Popović, S., Štafa, Z. (2009.): Lucerna. Osijek: Sveučilište i Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Poljoprivredni institut Osijek, 289
39. Suwignyo, B., Rini, E. A., Helmiyati, S. (2023.): The profile of tropical alfalfa in Indonesia: A review. Saudi Journal of Biological Sciences, 30 (1), 103504
40. Szemerits, B., Kukorelli, G., Kabato, W. S., Molnár, Z. (2025.): Seed rate and row spacing effects on yield and quality of sorghum maturity groups under central European conditions. Seeds, 4 (4), 61
41. Tucak, M., Horvat, D., Čupić, T., Krizmanić, G., Ravlić, M. (2023.): Assessment of alfalfa populations for forage productivity and seed yield potential under a multi-year field trial. Agronomy, 13 (2), 349
42. Tucak, M., Popović, S., Čupić, T., Grljušić, S., & Meglič, V. (2008.): Variranje prinosa i komponenti prinosa sjemena populacija lucerne. Poljoprivreda, 14 (2), 113-122
43. Tucak, M., Ravlić, M., Horvat, D., Čupić, T. (2021.): Improvement of forage nutritive quality of alfalfa and red clover through plant breeding. Agronomy, 11 (11), 2176
44. Tucak, M. (2006): Varijabilnost lucerne (*Medicago spp.*) procijenjena fenotipskim svojstvima i molekularnim markerima. Doctoral dissertation. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 87
45. Tucak, M., Popović, S., Čupić, T., Grljušić, S., Stjepanović, M., Kozumplik, V. (2007.): Utjecaj tipa tla na prinos i kakvoću lucerne. Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme, 49 (5), 265-271
46. Tucak, M., Popović, S., Čupić, T., Krizmanić, G., Meglič, V. (2013.): Utjecaj populacije i godine na prinos sjemena lucerne. Proceedings & abstracts of the 6th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije, 79-84
47. Undersander, D. J., Vassalotti, P., Cosgrove, D. (1997.): Alfalfa germination & growth. 3681. Madison, Wisconsin, USA: University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension

48. Wang, Y., He, C., Meng, P., Sun, S., Gao, J., Zhang, J., Cai, J. (2024.): Effects of different moisture conditions on biological nitrogen fixation capacity and nutritive value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seedlings. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 24 (4), 8235-8247
49. Wang, X., Liu, H., Li, X., Song, Y., Chen, L., Jin, L. (2009.): Correlations between environmental factors and wild bee behavior on alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Northwestern China. Environmental Entomology, 38 (5), 1480-1484

Adrese autora – Author's addresses:
Katarina Perić, mag. ing. agr.,
e-mail: katarina.peric@poljinos.hr
Dr. sc. Marijana Tucak
Poljoprivredni institut Osijek,
Odjel za oplemenjivanje i genetiku krmnog bilja,
Južno predgrađe 17,
31000 Osijek, Croatia

Prof. dr. sc. Gordana Bukvić,
Dr. sc. Goran Herman, mag. ing. agr.
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek,
Zavod za biljnu proizvodnju i biotehnologiju,
Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia

Primljeno – received:
18.05.2026.
Revidirano – revised:
05.06.2026.
Prihvaćeno – accepted:
10.06.2026.