

ZEMLJIŠTE I BILJKA – SOIL AND PLANT



ZEMLJIŠTE I BILJKA – SOIL AND PLANT, Vol. 75, No. 1, 2026

BEOGRAD 2026

ZEMLJIŠTE I BILJKA –

SOIL AND PLANT



ZEMLJIŠTE I BILJKA – SOIL AND PLANT, Vol. 75, No. 1, 2026

BEOGRAD 2026

ZEMLJIŠTE I BILJKA

SOIL and PLANT – ПОЧВА и РАСТЕНИЕ

Editor -in-chief: Dr. Snežana JAKŠIĆ, Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, SERBIA

Co-editor: Dr. Olivera STAJKOVIĆ-SRBINOVIĆ, Institute of Soil Science, Belgrade, SERBIA

Editorial assistants: Dr. Aneta BUNTIĆ, MSc. Sonja TOŠIĆ JOJEVIĆ

Technical assistants: Dr. Aleksa LIPOVAC

Editorial board

ANTIĆ MLADENOVIĆ Svetlana, Assoc. Prof. Dr., University of Belgrade, SERBIA

ĐUROVIĆ Nevenka, Prof. Dr., University of Belgrade, SERBIA

EULENSTEIN Frank, Dr., Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research, GERMANY

FUNAKAWA Shinja, Prof. Dr., Kyoto University, JAPAN

KNEŽEVIĆ Mirko, Asst. Prof. Dr., University of Montenegro, Faculty of Biotechnology,
MONTENEGRO

MARKOVIĆ Mihajlo, Prof. Dr., University of Banja Luka, BOSNIA and HERCEGOVINA

PEJIĆ Borivoj, Prof. Dr., University of Novi Sad, SERBIA

RADMANOVIĆ Svetlana, Assoc. Prof. Dr., University of Belgrade, SERBIA

VORONINA Lyudmila, Prof. Dr., Lomonosov Moscow State University, RUSSIA

VOULGAROPOULOS Anastasios, Prof. Dr., Aristotle University of Thessaloniki, GREECE

PUBLISHER: Serbian Soil Science Society, Nemanjina 6, Zemun-Belgrade 11080 Serbia

IZDAJE: Srpsko Društvo za Proučavanje Zemljišta, Nemanjina 6, Zemun- Beograd 11080 Srbija

Printed by Akademska izdanja, Zemun, Serbia

CIP– Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд
631

ZEMLJIŠTE I BILJKA = **Soil and Plant** = **Почва и растение**/Editor-in-Chief
Snežana Jakšić – God. 1, br. 1 (maj 1952) – Beograd – Zemun (Nemanjina 6): Srpsko
društvo za proučavanje zemljišta,
1952 – (Zemun Akademska izdanja). – 24 cm. -

Dva puta godišnje.

ISSN 0514-6658 (print) ISSN 2560-4279 (online) = Zemljište i biljka (online izd.)

COBISS.SR-ID 238151180

Official journal of the Serbian Soil Science Society

Editorial office: 11000 Belgrade, Teodora Drajzera 7; editor.zib@gmail.com

URL: <http://www.sdpz.rs/index.php/sr-yu/casopis-zemljiste-i-biljka#zemljiste-i-biljka---soil-and-plant>

Content

Flower strips – a new element of agricultural landscapes

Vladan Ugrenović, Vladimir Filipović, Milan Plećaš1-20

Projections of irrigation water requirements of plum (*Prunus domestica* L.) under future climate conditions in the Toplica District

Aleksa Lipovac, Marija Čosić, Nevenka Djurović, Dunja Sotonica, Lenka Gavrilović, Ružica Stričević, Mirjam Vujadinović Mandić, Ana Vuković Vimić..... 21-32

Changes in the yield and some morphological characteristics of soybeans due to the application of ammonium nitrate

Vojin Đukić, Libuška Faačara, Jegor Miladinović, Zlatica Mamlić, Dragana Latković, Vuk Đorđević, Snežana Jakšić..... 33-41

Sustainable management of water resources and land in the production of pepper in the greenhouse

Jelena Stojiljković, Vera Rajičić, Dragan Terzić, Biljana Šević, Ivan Tupajić, Darko Jovanović, Milan Ugrinović, Nenad Djurić42-54

Cvetni pojasevi – novi elementi poljoprivrednih predela

Vladan Ugrenović^{1,4}, Vladimir Filipović², Milan Plećaš³

¹Institut za zemljište, Beograd, Srbija

²Univerzitet u Beogradu - Institut za multidisciplinarna istraživanja, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd, Srbija

³Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, Beograd, Srbija

⁴Savez za regenerativnu poljoprivredu Srbije, Novi Sad, Srbija

*Autor za korespondenciju: vladan.ugrenovic@gmail.com

Izvod

Savremeni poljoprivredni predeli predstavljaju složene i multifunkcionalne sisteme koji, pored proizvodnje hrane i energije, treba da obezbede i očuvanje različitih drugih ekosistemskih usluga. Iako je u industrijskoj poljoprivredi, primenom intenzivnih agronomskih tehnologija na velikim površinama, značajno povećana produktivnost, ona je istovremeno postala jedan od glavnih uzroka degradacije životne sredine. Gubitak i fragmentacija prirodnih staništa, prekomerna upotreba pesticida i sintetičkih đubriva, kao i širenje invazivnih vrsta dovelo je do značajnog smanjenja biodiverziteta. Posebno zabrinjava dramatičan pad brojnosti i raznovrsnosti divljih oprašivača, uključujući divlje pčele, osolike muve, moljce i leptire, pri čemu brojnim vrstama preči izumiranje. Uvođenje cvetnih pojaseva u poljoprivredne predele može doprineti stvaranju novih staništa i podstaći povećanje broja i raznolikosti divljih oprašivača na lokalnom nivou, ali i na nivou čitavog predela. Pokazalo se da ova praksa pogoduje i drugim korisnim organizmima: insektima predatorima i parazitoidima štetočina, pticama i biljkama, tako da se povećava i broj jedinki i broj vrsta. Navedena tehnologija može poboljšati ukupni biodiverzitet i funkcije ekosistema, uključujući: oprašivanje useva, smanjenje populacije štetnih organizama i invazivnih korova, ali i unapređenje plodnosti zemljišta i zaštitu voda. U tom smislu cvetni pojasevi se mogu koristiti kao multifunkcionalno agronomsko sredstvo za povećanje funkcionalnog biodiverziteta, kao i zaštite kvaliteta i funkcija zemljišta u poljoprivrednim predelima. Cilj rada je analiza uloge cvetnih pojaseva u unapređenju funkcionalnog biodiverziteta, kao i mogućnosti njihove primene u Srbiji.

Ključne reči: ekosistemske usluge, korisni insekti, oprašivanje, biološka kontrola, zaštita zemljišta, zaštita voda

Uvod

Introduction

Savremeni poljoprivredni predeli u globalizovanom svetu su veoma složeni multifunkcionalni sistemi. Osim što služe za proizvodnju hrane i energije, oni bi trebalo da pružaju i druge raznovrsne ekosistemske usluge. Sa druge strane, industrijska poljoprivreda rezultirala je povećanjem produktivnosti na velikim površinama, ali je zbog svoje velike intenzivnosti odgovorna za brojne probleme u životnoj sredini (Pywell et al., 2015; Buhk et al., 2018, Filipović i sar., 2023). Gubitak i fragmentacija prirodnih staništa, prekomerna

primena pesticida i sintetičkih đubriva, kao i širenje invazivnih vrsta, doveli su do značajnog gubitka biodiverziteta (Buhk et al., 2018; Beckmann et al., 2019; Baden-Bohma et al., 2022; Saljnikov i Ugrenović 2023). Tako je poslednjih godina zabeležen dramatičan pad brojnosti i raznovrsnosti svih vrsta divljih insekata oprašivača, uključujući: divlje pčele (Anthophila), leptire i moljce (Lepidoptera), osolike muve (Syrphidae), a brojnim vrstama oprašivača preti izumiranje (European Commission 2018). Ovaj trend izaziva ozbiljnu zabrinutost, jer su oprašivači ključna komponenta zdravih ekosistema. Bez njih bi se brojnost mnogih divljih vrsta, koje od njih zavise, smanjila, a u perspektivi bi mogle i da nestanu. To bi imalo nesagledive negativne posledice po ekologiju, društvo i ekonomiju, jer oko jedne trećine svetske proizvodnje hrane zavisi od oprašivanja insektima (Stanisavljević et al., 2018; Kremen and Chaplin-Kramer, 2007). Savremena poljoprivreda i dalje se u velikoj meri oslanja na hemijske metode za povećanje prinosa, često uključujući hemikalije opasne po životnu sredinu koje menjaju osobine zemljišta i voda, a neretko su toksične za organizme koji nisu ciljani (Kowalska et al., 2022). Sa druge strane, poljoprivreda može imati i pozitivne efekte na neke korisne insekte (oprašivači, predatori i parazitoide štetočina) obezbeđujući im staništa, hranu i time doprinositi važnim ekosistemskim uslugama oprašivanja i biološkoj kontroli štetnih organizama (Künast et al, 2013). Zbog toga primena najboljih upravljačkih praksi u poljoprivredi i uvođenje dodatnih mera, poput cvetnih pojaseva mogu doprineti stabilnijim prinosima useva, a istovremeno i poboljšati uslove za korisne insekte (Ugrenović 2025). Takođe cvetni pojasevi mogu biti važna komponenta u kontroli štetnih organizama i time doprineti smanjenju pritiska na poljoprivredne predele (Fiedler et al., 2008). Pored svoje primarne uloge u formiranju staništa za korisne organizme cvetni pojasevi svojom vegetacijom mogu zaštititi zemljište od erozije, podržati procese vezivanja organskog ugljenika u zemljištu (Harbo et al, 2023), kao i zaštititi kvalitet površinskih i podzemnih voda (Cresswell, 2018). U tom smislu cvetni pojasevi se mogu koristiti kao multifunkcionalno agronomsko sredstvo za povećanje funkcionalnog biodiverziteta, kao i zaštite kvaliteta i funkcija zemljišta u poljoprivrednim predelima.

Polazeći od postojećih naučnih saznanja o cvetnim pojasevima, kao i na osnovu sopstvenih rezultata istraživanja cilj ovog rada je da opiše odnos između poljoprivrede i korisnih insekata, definiše pojam cvetnih pojaseva, ukaže na njihov značaj i ulogu, na zahteve kod odabira biljnih vrsta za cvetne mešavine, kao i na postupke prilikom zasnivanja i održavanja cvetnih pojaseva u uslovima Srbije.

Pojam, uloga i značaj cvetnih pojaseva

The concept, role and importance of flower strips

Cvetni pojasevi (cvetne margine, cvetne mešavine, polinatorske trake, vegetacioni pojasevi) predstavljaju element zelene infrastrukture u poljoprivrednim predelima, čije uvođenje prvenstveno ima za cilj povećanje

brojnosti i raznovrsnosti korisnih insekata (oprašivača, predatora i parazitoida štetočina) i drugih korisnih grupa životinja, poput ptica (Ugrenović, 2025). Sa primenom tehnologije cvetnih pojaseva za povećavanje biodiverziteta u poljoprivrednim predelima intenzivno se otpočelo početkom 2000-ih, kada ih je većina država Evropske unije uvela kao svoje nacionalne i regionalne agroekološke mere (Uyttenbroeck et al., 2016; Gotlin Čuljak et al., 2016). Za uspostavljanje cvetnih pojaseva na svojim poljima zemljoradnici u okviru ovih mera ostvaruju ekonomske podsticaje. To je dovelo do ubrzanog razvoja tehnologije i masovnije proizvodnje semenskih smeša za zasnivanje cvetnih pojaseva za različite namene: za pčele i bumbare, za leptire, za pčele i ptice, jednogodišnje, višegodišnje, kao i smeše sa dominantnim učešćem različitih familija biljaka (npr. Apiaceae, Brassicaceae, Fabaceae, Lamiaceae). Primena ove tehnologije u Srbiji otpočela je u prvoj deceniji ovog veka sa razvojem organske proizvodnje i povezana je sa praksom zasnivanja zaštitnih izolacionih pojaseva. Njihova osnovna namena je da razdvoje organsku proizvodnju od konvencionalne, ali istovremeno i da kao cvetni pojasevi privlače korisne insekte i ptice (Ugrenović i sar., 2012). Tako je u praksi zaživeo zaštitni pojas zasnovan moračem (*Foeniculum vulgare* P. Mill.), za koji se pokazalo da obezbeđuje efikasnu izolaciju (Slika 1), ali privlači i korisne insekte i ima ekonomičnost primene (Ugrenović i sar., 2012). Sa razvojem održivih sistema poljoprivredne proizvodnje ova tehnologija postala je sastavni deo sistema regenerativne poljoprivrede (Farkaš, 2025).



Slika 1. Izolacioni cvetni pojas zasnovan moračem (Foto: Filipović, 2010).

Figure 1. Isolation flower strip based on fennel (Photo: Filipović, 2010).

Sposobnost poljoprivrednih predela da obezbede dovoljno resursa za vrste korisnih insekata (oprašivača, predatora i parazitoida štetočina) direktno utiče na otpornost i veličinu populacija ovih grupa (Baden-Bohma et al., 2022). To se pre svega odnosi na dostupnost različitih staništa koja im služe za pronalaženje hrane i za razmnožavanje. Gubitak takvih staništa jedan je od najčešćih uzroka smanjenja brojnosti korisnih insekata (Winfrey et al., 2009), a izgradnja zelene infrastrukture u poljoprivrednim predelima od ključnog je značaja za rešavanje ovog problema (European Commission 2018). Uvođenje cvetnih pojaseva na malim površinama u poljoprivredne predele može doprineti stvaranju novih staništa i podstaći povećanje brojnosti populacija i raznovrsnosti divljih oprašivača na lokalnom nivou, ali i na nivou čitavog predela (Jönsson et al., 2015). Pokazalo se da ova praksa pogoduje i drugim korisnim organizmima: pticama i biljkama, tako da se povećava brojnost pojedinačnih vrsta, ali i ukupan diverzitet vrsta. Pored toga, navedena tehnologija može poboljšati ukupni biodiverzitet i podržati mnoge funkcije ekosistema, uključujući: oprašivanje useva, kontrolu populacija štetnih organizama i invazivnih korova, ali i unapređenje plodnosti zemljišta (štiteći ga od erozije), a u određenoj meri uticati i na ublažavanje klimatskih promena.

Ekosistemske usluge cvetnih pojaseva

Ecosystem services of flower strips

Unapređenje biodiverziteta - Rezultati brojnih istraživanja ukazuju da cvetni pojasevi predstavljaju efikasan način unapređenja diverziteta i brojnosti raznih insekatskih grupa u poljoprivrednim predelima (Haaland et al. 2011; Jachowicz and Sigsgaard, 2025). Posebno izražen pozitivan efekat uočen je kod oprašivača, među kojima su divlje pčele, osolike muve, leptiri i moljci (Buhk et al. 2018; Scheper et al. 2021; Pérez-Sánchez et al. 2023; Blumgart et al. 2023). Povećana raznolikost i sezonska raspoloživost cvetnih resursa u ovim pojasevima obezbeđuju kontinuirane izvore nektara i polena. To omogućava stabilnije prisustvo i očuvanje raznovrsnih grupa oprašivača. Utvrđeno je da su efekti naročito izraženi kod višegodišnjih pojaseva, pojaseva sa većim brojem cvetajućih vrsta i mešavina sa autohtonim biljnim vrstama, koje doprinose dugoročnoj održivosti populacija (Gill et al. 2014; Rodríguez-Gasol et al. 2026). Slični pozitivni efekti cvetnih pojaseva su pronađeni i za druge grupe insekata, uključujući prirodne neprijatelje štetočina u poljoprivrednim usevima. Brojna istraživanja ukazuju da ovi pojasevi značajno povećavaju bogatstvo vrsta i brojnost predatora i parazitoida (Tschumi et al. 2015; Albrecht et al. 2020), zahvaljujući većoj strukturnoj složenosti i raznovrsnosti biljnih resursa koji omogućavaju sklonište, alternativne izvore hrane i domaćine, kao i mesta za prezimljavanje (Tschumi et al., 2015; Holland et al., 2016). Istovremeno, prisustvo cvetnih pojaseva doprinosi i većoj raznovrsnosti nekih drugih grupa životinja, poput ptica, naročito u intenzivno korišćenim poljoprivrednim predelima u kojima prirodna staništa izostaju ili su fragmentisana (Schmidt et al. 2020; Buhk et al. 2018). Povećana dostupnost hrane,

kao i strukturalna raznolikost vegetacije, stvaraju uslove za uspešno gnežđenje većeg broja vrsta. Na nivou čitavog predela, mreže međusobno povezanih cvetnih pojaseva doprinose stvaranju heterogene sredine i time omogućavaju oporavak i održanje višeg nivoa ukupnog biodiverziteta (Buhk et al. 2018; Hellwig et al. 2022). Ovakvi pojasevi doprinose povećanju kako taksonomske tako i funkcionalne raznovrsnosti različitih trofičkih grupa, čime se unapređuje stabilnost poljoprivrednih predela i dugoročno očuvanje biološke raznovrsnosti u agroekosistemima.

Oprašivanje useva - Oprašivanje je jedna od najvažnijih regulatornih ekosistemskih usluga, jer direktno utiče na prinos i kvalitet velikog broja poljoprivrednih useva širom sveta. Procene su da preko 80 najvažnijih useva globalno u određenoj meri zavisi od životinjskog oprašivanja, dok se oko 35% ukupne svetske proizvodnje hrane zasniva na doprinosu oprašivača (Klein et al., 2006). Uvođenje cvetnih pojaseva na margine parcela dovodi do povećanja brojnosti i raznovrsnosti oprašivača, ali i do intenzivnije aktivnosti ovih organizama u okolnim usevima, što rezultira efikasnijim oprašivanjem (Feltham et al., 2015; Venturini et al., 2017; Sutter et al., 2018; Albrecht et al., 2020). Povećana aktivnost oprašivača neposredno doprinosi povećanju prinosa i stabilnosti proizvodnje (Blaauw and Isaacs, 2014; Feltham et al., 2015; Albrecht et al., 2020). Prilikom dizajniranja cvetnih mešavina za privlačenje oprašivača određenih gajenih biljnih vrsta, važno je odabrati odgovarajući biljni sastav, jer različite biljke ciljano privlače specifične grupe oprašivača; na primer, biljke iz porodice Fabaceae više privlače bumbare, dok biljke iz porodice Apiaceae više privlače osolike muve (Scheper et al., 2021).

Biološka kontrola štetnih insekata - Biološka kontrola predstavlja još jednu od ključnih regulatornih ekosistemskih usluga, jer prirodni neprijatelji štetnih organizama (predatori i parazitoidi) ograničavaju njihove populacije i time smanjuju potrebu za hemijskim tretmanima, doprinoseći održivijoj poljoprivredi. Stabilnost i efikasnost ove usluge zavise od očuvanja raznovrsne zajednice prirodnih neprijatelja, što je u savremenim agroekosistemima često ugroženo zbog intenzifikacije poljoprivrede, gubitka i fragmentacije prirodnih staništa (Tscharntke et al., 2005; Bianchi et al., 2006; Dainese et al., 2019). Pojednostavljivanje predela narušava metapopulacionu dinamiku i smanjuje mogućnost migracije i opstanka populacija korisnih insekata (Hanski, 1999; Tscharntke and Brandl, 2004). Sa druge strane, očuvana prirodna i poluprirodna staništa, poput šumaraka, živica, utrina i vegetacije uz vodena tela, pružaju predatorima i parazitoidima dodatne izvore hrane, utočišta tokom poljoprivrednih aktivnosti i skloništa za prezimljavanje, čime se podstiče njihova brojnost i diverzitet (Landis et al., 2000; Bianchi et al., 2006). Uvođenje cvetnih pojaseva u poljoprivredne predele pokazalo se kao delotvorna mera za unapređenje biološke kontrole i stabilizaciju populacija prirodnih neprijatelja. Takvi pojasevi funkcionišu kao utočišta i trajni izvori resursa, povećavajući brojnost i aktivnost korisnih insekata u okolnim poljima. To posredno doprinosi smanjenju

populacija štetočina i većoj stabilnosti agroekosistema (Tschumi et al., 2015; Albrecht et al., 2020). Efikasnost cvetnih pojaseva zavisi i od sastava cvetnih mešavina, jer različite biljne porodice selektivno privlače određene grupe korisnih insekata. Na primer, biljke iz porodice Apiaceae kao što je pomenuto, često privlače osolike muve čije su larve predatori, dok su odrasle jedinke oprašivači (Scheper et al., 2021). Pažljivo planirani cvetni pojasevi stoga predstavljaju ključnu meru u agroekološkom pristupu upravljanja štetočinama, posebno u sektoru održive i organske poljoprivrede, jer omogućavaju stabilnije i dugotrajnije funkcionisanje biološke kontrole u različitim poljoprivrednim predelima.

Zaštita kvaliteta zemljišta i voda - Na nivou proizvodnih parcela pokrivenost zemljišta biomasom cvetnih pojaseva povoljno utiče na zaštitu zemljišta od erozije (Wratten et al., 2012), kao i na ekstremne klimatske uticaje na obodima parcela, gde se ti negativni procesi često jače ispoljavaju. Na nivou predela cvetni pojasevi mogu doprineti zaštititi kvaliteta vode, smanjenjem oticanja površinskih voda (koje često sadrže ostatke pesticida ili đubriva) u vodotokove (Cresswell, 2018). Višegodišnji zaštitni pojasevi trajnom vegetacijom mogu presretanjem da uklone i do 97% sedimenta poreklom iz poljoprivrednog zemljišta, pre nego što uđu u susedne vodotokove (Lovell and Sullivan, 2005). Tako na primer trnjina (*Prunus spinosa* L.) ima potencijal za kontrolu erozije zemljišta, ali je i važna biljka za divlje životinje, jer njeni rani prolećni cvetovi obezbeđuju nektar za rane oprašivače, grane stvaraju bodljikavo šipražje, pružajući sigurno gnežđenje pticama i zaštitu i hranu za sitne sisare (Karlović et al. 2020). Mnoge travne vrste koje u cvetnim pojasevima insektima pružaju mesta za prezimljavanje, istovremeno biomasom ograničavaju eroziju zemljišta i usvajaju višak azota iz njega, koji bi inače mogao biti ispran u dublje slojeve zemljišta i podzemne vode (Ugrenović and Filipović, 2017). Usvajanjem nitrata korenovima biljaka u cvetnim pojasevima, njihova koncentracija može se smanjiti u zemljištu i do 94%, pre spiranja u susedne površinske i podzemne vode (Lovell and Sullivan, 2005). Takođe sabijenost zemljišta, koja je jače izražena na marginama proizvodnih parcela, može biti ublažena uspostavljanjem cvetnih pojaseva koji sadrže biljne vrste sa moćnim korenovima (npr. *Raphanus sativus* L., *Brassica napus* L., *Medicago sativa* L.), (Wratten et al., 2012). Cvetni pojasevi mogu da povećaju i biogenost zemljišta na poljoprivrednim površinama. Istraživanje na velikom broju cvetnih pojaseva (Vaupel et al. 2024) ukazuje na to da su zemljišta pod njima imala značajno veću gustinu populacija glista u poređenju sa obradivim površinama (u proseku za 231%), a u nekim slučajevima su pružali stanište za anecične i epigeične vrste, koje inače ne bi bile prisutne na obradivim površinama. Gliste vrše širok spektar ekosistemskih usluga, uključujući kruženje hranljivih materija u zemljištu i njegovo formiranje (Blouin et al. 2013). Međutim gliste su ugrožene intenziviranjem poljoprivrede, pa uspostavljanje višegodišnjih cvetnih pojaseva može povoljno uticati na njihovu brojnost i raznovrsnost, a povećanje prisutnosti glista na taj način može poboljšati funkcije zemljišta i koristi višim trofičkim nivoima (Barnes et al., 2023).

Višegodišnji cvetni pojasevi pokrivaju zemljište biomasom i time utiču na smanjenje odavanja gasova sa efektom staklene bašte u atmosferu. Njihova biomasa se ne bere niti uklanja, što obezbeđuje mnogo veći unos ugljenika u zemljište u poređenju sa obradivim zemljištem. Na osnovu rezultata opsežnih istraživanja sprovedenih u Nemačkoj, Harbo et al. (2023) procenjuju da višegodišnji cvetni pojasevi mogu da ostvare sekvestraciju $0,48 \text{ Mg} \pm 0,36 \text{ C ha}^{-1}$ godišnje i zaključuju da ako bi se 1% obradivih površina na mineralnim zemljištima pretvorilo u cvetne pojaseve, dodatnih $6,5 \times 10^4 \text{ t C}$ bi se vezalo u zemljištu, što odgovara 0,4% emisija gasova staklene bašte iz nemačkog poljoprivrednog sektora. Rezultati ukazuju na određeni potencijal višegodišnjih cvetnih pojaseva za sekvestraciju organskog ugljenika u zemljištu, a time i za potencijalno ublažavanje emisije gasova staklene bašte i stvaranje ugljenično neutralnih sistema proizvodnje. Konačno primena cvetnih pojaseva kao mere koja se prvenstveno uvodi zbog stvaranje staništa korisnim organizmima istovremeno može poboljšati funkcije zemljišta, kao i kvalitet zemljišta i voda na nivou proizvodne parcele, ali i u čitavom predelu.

Smanjenje populacija korova - U pravilno zasnovanim i održanim cvetnim pojasevima pokrivenost zemljišta njihovom biomasom obezbeđuje kompeticiju prema korovima (Ugrenović i sar., 2012). To povoljno utiče za njihovo održavanje, kao i na sprečavanja širenja invazivnih vrsta korova, koje se često razvijaju na obodima proizvodnih parcela i sa njih dalje šire, kao što su npr. štir (*Amaranthus retroflexus* L.) ili ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.), (Ugrenović, 2025). Buhk et al. (2018), navode da je zasnivanje cvetnih pojaseva u jesen pomoglo povećanju brojnosti cvetova u ranoj sezoni, ali i uticalo na manju pojavu štetnih korova u proleće (kao što su: štir, veliki muhar - *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. ili vrste *Chenopodium*). Wratten et al. (2012) navodi da uvođenje travnih vrsta u cvetne mešavine utiče na manju pojavu korova roda *Cirsium*. U tom smislu održavanje višegodišnjih cvetnih pojaseva bez korova na marginama proizvodnih parcela može pomoći u kontroli njihovog širenja u useve. Sve to bi trebalo da dovede do smanjenja intenziteta hemijske kontrole korova i ušteda povezanih za manju primenu herbicida.

Izbor biljnih vrsta i formiranje mešavina

Selection of plant species and formation of mixtures

Ispoljavanje ekosistemskih usluga cvetnih pojaseva u poljoprivrednim predelima zavisi od agroekoloških uslova koji u njima vladaju i florističkog sastava smeša. Tako na primer, u smešama za ekosistemске usluge oprašivanja koriste se mešavine sa vrstama pretežno iz porodice mahunarki (Fabaceae), dok se za biološku kontrolu koriste vrste iz porodice štitonoša (Apiaceae), (Balzan et al., 2014). Međutim identifikacija korisnih biljaka za cvetne pojaseve nije tako jednostavna, jer često zavisi od regiona, lokalnog sastava vrsta oprašivača, istorije predela i drugih faktora staništa (Menz et al., 2011; Blaauw and Isaacs, 2014). Lokalni

uslovi mogu imati uticaj na uspostavljanje cvetnih pojaseva, ali i na fenologiju cvetanja, što može biti u raskoraku sa potrebama lokalne faune oprašivača (Angelovski, 2023). Na primer Tibingenska mešavina, razvijena u Nemačkoj pokazala je efikasnost u podržavanju populacija medonosne i divljih pčela (Engels et al., 1994), a kada je bila testirana u Velikoj Britaniji, ocenjena je kao neodgovarajuća jer se vreme cvetanja poklapalo sa vremenom cvetanja glavnih izvora hrane pa je privlačila malo insekata (Carreck and Williams, 1997). Budući izbor vrsta treba da obuhvati i sagledavanje eventualnog potencijala invazivnosti novih vrsta kod njihovog uvođenja u određena područja (Winfree, 2010). U smislu svega toga poželjno je koristiti smeše lokalnih biljaka (Schmidt et al., 2020), domaćih i odomaćenih. Kako navodi Cresswell et al. (2019) odabir vrsta započinje identifikacijom ključnih osobina biljaka baziranih na njihovoj sposobnosti da podrže oprašivače, prirodne neprijatelje štetočina useva ili zaštitu zemljišta i voda, kao što su: veličina cvetnog prikaza (eng. *floral display size*), boja cveta, sadržaj nektara, površina lista, gustina lisnih trihoma, osobine korenovog sistema i sl. Tako na primer veći cvetni prikaz pogoduje oprašivačima (Kudo et al., 2007), parazitoidima su privlačnije biljke sa većim sadržajem nektara (Bianchi and Wackers, 2008), dok je veća površina lista biljke pozitivno povezana sa njenom sposobnošću da zadržava sediment (Burylo et al., 2014). Morfologija cveta i cvasti, takođe ima značajnu ulogu pri odabiru odgovarajuće cvetne mešavine. Vrste sa plitkom krunicom i otvorenim glavičastim ili štitastim cvastima privlače kratkojezične oprašivače, poput osolikih muva i određenih vrsta divljih pčela. Nasuprot tome, cvetovi sa dubokim krunicama i zigomorfnim oblikom nisu pristupačni za ove grupe insekata, ali su optimalni za dugojezične oprašivače, uključujući mnoge divlje pčele, leptire i moljce. (Harder, 1985; Armbruster and Guinn, 1989; Haber and Frankie, 1989; Corbet, 2000; Stang et al., 2009). Na primer, dugojezični bumbari, poput *Bombus hortorum* i *B. pascuorum*, češće posećuju zigomorfne cvetove biljaka iz porodice Fabaceae (*Trifolium* i *Vicia*), dok su cvetovi sa glavičastim cvastima iz porodice Asteraceae manje privlačni za ove vrste (Fussell and Corbet, 1992). U smislu svega toga, nije sigurno da će setva određenog skupa biljnih vrsta sa povoljnim osobinama rezultirati vegetacijom sa željenim funkcionalnim osobinama. Zato je neophodno identifikovati faktore (odnos biljka - spoljašnja sredina) neophodne za uspostavljanje i opstanak biljne zajednice unutar vegetativnog pojasa (Cresswell et al., 2019). Takođe prilikom sastavljanja smeša semena treba obratiti pažnju i na to da li su agronomske osobine svih biljnih vrsta koje ulaze u njihov sastav usklađene, odnosno da li su jednogodišnje ili višegodišnje, da li prezimljavaju i kakvi su im zahtevi prema vremenu i dubini setve. Određene biljne vrste brzo rastu i ispoljavaju jaku konkurenciju prema drugim biljnim vrstama, npr. uljana repica (*Brassica napus* L.) ili slačica (*Sinapis alba* L.), (Ugrenović i sar., 2019), pa time mogu da guše biljke u cvetnim pojasevima i smanje potencijal za razvoj i cvetanje. U istraživanjima Antkowiak et al. (2024) u drugoj godini od zasnivanja cvetnog pojasa bela detelina (*Trifolium repens* L.) je previše dominirala, čime je ometala razvoj drugih biljnih vrsta. Iz tih razloga od posebnog je značaja ostvariti optimalno učešće svih biljnih vrsta u cvetnom pojasu. Dobra mešavina semena u cvetnom pojasu trebalo bi

da obezbedi cvetove različitih boja, oblika i veličina, koji će biti privlačni za veći broj različitih vrsta korisnih insekata, ali bi trebalo da obezbedi i stanište za gnežđenje i razmnožavanje za neke od tih vrsta. Entomofilne gajene vrste u glavnim usevima na velikim površinama (npr. voćne vrste, suncokret, uljana repica) u vreme cvetanja masovno privlače insekte oprašivače. Međutim zbog kratkog trajanja ove fenofaze, oprašivači ostaju bez cvetnih resursa (Potts et al., 2010), pa ne mogu završiti životni ciklus. Ovakva situacija za korisne insekte predstavlja svojevrsnu „ekološku klopku”, pa je u tom smislu potrebno da cvetni pojasevi sadrže vrste koje će cvetati pre cvetanja gajenog useva kako bi privukli oprašivače, ali i nakon njegovog cvetanja, kako bi omogućili završetak životnog ciklusa i održali stabilne populacije za sledeću sezonu (Gardner et al., 2021). Navedeni problem „ekološke klopke” važi i za same cvetne pojaseve, tako da odabir biljnih vrsta za cvetne mešavine mora da obezbedi vremenski što duže kontinuirano cvetanje (Ugrenović, 2025).

Biljke odabrane kao cvetni resursi za oprašivače mogu istovremeno podržati usluge biološke kontrole štetočina. Tako Skaldina (2020) navodi da morač doprinosi opstanku prirodnih neprijatelja štetočina privlačeći osolike muve, a istovremeno ova vrsta je korisna i za oprašivače, jer privlači pčele i bumbare. Stoga, mala prilagođavanja u upravljanju cvetnim pojasevima, kao što je dodavanje biljaka koje proizvode nektar, mogu kombinovati prednosti povećanja biodiverziteta i suzbijanja štetočina, čime se optimizuju ukupne ekološke usluge. Međutim, važno je napomenuti da dodatni resursi hrane odabrani za povećanje populacija oprašivača ili prirodnih neprijatelja mogu povećati i populacije štetočina (Parolin et al., 2012). Stoga je kako navode Wratten, et al. (2012) potrebno istražiti uticaj određenih biljaka na sposobnost da privuku ne samo prirodne neprijatelje nego i štetočine (npr. uticaj na dugovečnost, plodnost, reprodukciju) i osigurati da su pozitivni efekti prisutni samo kod korisnih insekata.

Veliki broj inostranih selekcionerskih i semenskih kuća proizvodi mešavine semena za cvetne pojaseve, ali se u pitanje dovodi njihova primenljivost zbog različitih agroekoloških uslova u Srbiji. U trenutku pripreme rukopisa ovog rada, na srpskom tržištu ne postoje upakovane mešavine semena za cvetne pojaseve. Ova tehnologija za sada je zastupljena u sektoru nauke, gde je realizovana jedan broj istraživanja (Plećaš, 2023; Ugrenović i sar., 2012), (Slika 2). Naročito su značajni rezultati projekta EcoStack (Plećaš, 2023) gde se daje pregled potencijalno značajnih biljnih vrsta za pravljenje lokalizovanih smeša koje bi obezbeđivale resurse za korisne insekte (Tabela 1). Određena iskustva postoje i kod jednog broja organskih proizvođača, koji ovu tehnologiju koriste za izolaciju svojih parcela. Poljoprivredni proizvođači u Srbiji koji su zainteresovani za cvetne pojaseve, za sada jedino mogu sami da pripremaju smeše semena za njihovo zasnivanje. Semena pojedinih biljnih vrsta pogodnih za tu namenu dostupna su na našem tržištu, kod proizvođača i uvoznika semena lekovitog bilja, povrća i ratarskih vrsta.



Slika 2: Ogled sa cvetnim pojasevima u Institutu Tamiš (foto: Ugrenović, 2015).

Image 2: Flower strips experiment at the Tamis Institute (photo: Ugrenović, 2015).

Tabela 1. Najznačajnije odabrane biljne vrste za sve oprašivače zajedno i posebno za pčele u toku dve godine (Plećaš, 2023, modifikovano).

Table 1. The most important selected plant species for all pollinators together and especially for bees during two years (Plećaš, 2023, modified).

Ime vrste	Svi oprašivači		Divlje pčele	
	2021	2022	2021	2022
Njivski razlićak (<i>Centaurea cyanus</i> L.)	*-	+	-	+
Korijander (<i>Coriandrum sativum</i> Linnaeus)	+	+	+	+
Artičoka (<i>Cynara scolymus</i> var. <i>scolymus</i> L.)	+	-	+	-
Divlja mrkva (<i>Daucus carota</i> L.)	-	+	-	+
Morač (<i>Foeniculum vulgare</i> P. Mill.)	+	+	-	-
Esparzeta (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.)	-	-	-	+
Čipkasta facelija (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.)	+	+	+	+
Anis (<i>Pimpinella anisum</i> L.)	-	-	+	-
Bela slačica (<i>Sinapis alba</i> L.)	+	-	+	-

*- odsustvo, + prisustvo

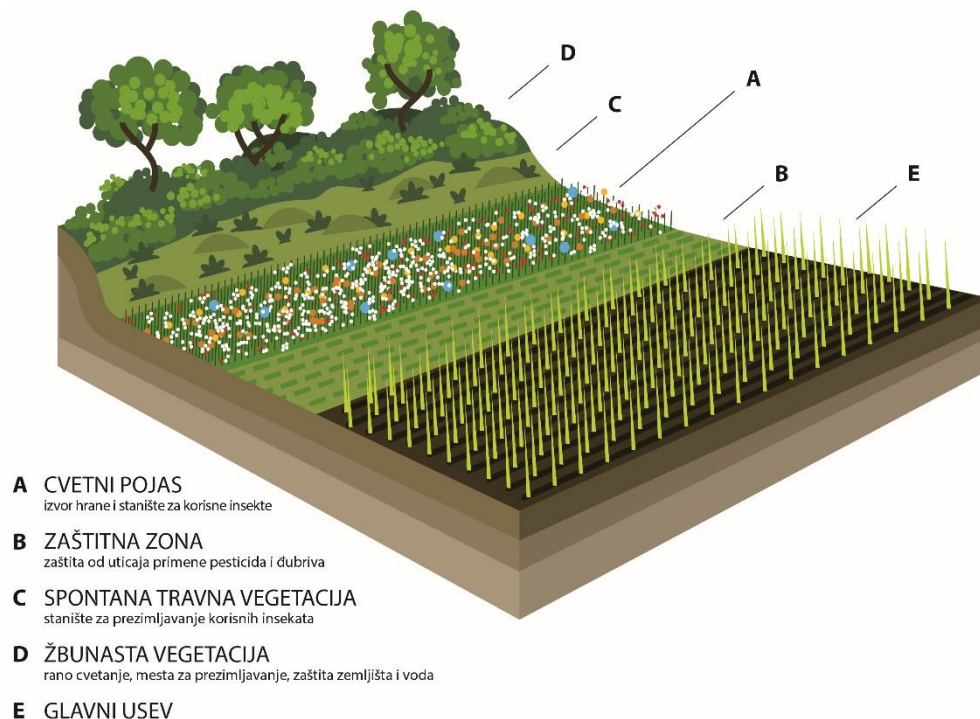
Prostorni aspekti cvetnih pojaseva

Spatial aspects of flower strips

Da bi korisni insekti imali stalan pristup izvorima hrane i pogodnim staništima, neophodno je da cvetni pojasevi budu dobro raspoređeni i povezani u prostoru. Cvetne mešavine različitog sastava, mesto i vreme zasnivanja cvetnih pojaseva, kao i njihova dužina i oblik, mogu uticati na njihov uspeh (Buhk et al., 2018). Na nivou proizvodne parcele, staništa koja se zasnivaju cvetnim vrstama za oprašivače najbolje je postaviti na osunčanim lokacijama (južne i zapadne orijentacije su najbolje, a zatim istočne), (Ugrenović, 2025). Na senovitim lokacijama (obodi žbunaste vegetacije, lugova ili šuma), staništa za korisne insekte potrebno je formirati busenastim travnim vrstama, jer će to obezbediti mesta za njihovo zimsko mirovanje. Neposredno pored takvih pojaseva, na osunčanim delovima parcela mogu se formirati i cvetni pojasevi (Slika 3). Žbunasta vegetacija u takvim slučajevima može da unapredi kvalitet staništa, kao npr. trnjina (*Prunus spinosa* L.), jer obezbeđuje rano cvetanje, mesta za prezimljavanje, kao i zaštitu zemljišta i voda (Karlović et al. 2020). U pravilno isparcelisanim atarima, staništa treba formirati na obodima proizvodnih parcela, a tamo gde je to moguće treba ih uspostaviti uz kanale ili vodotokove. Postavljanje višegodišnjih cvetnih pojaseva uz vodotokove ili na nagnutim terenima osetljivim na eroziju zemljišta, može pomoći u zaštiti zemljišta i voda (Wratten et al., 2012). Na takvim lokacijama treba izbegavati postavljanje jednogodišnjih cvetnih pojaseva, koji se zasnivaju svake godine, jer to povećava rizik od erozije zemljišta. Prilikom izbora lokacije treba koristiti i delove proizvodnih površina koje zauzimaju teško pristupačni uglovi na parcelama ili oko dalekovoda, čime površine za redovnu proizvodnju postaju efikasnije (Nowakowski and Pywell, 2016). Takođe treba obratiti pažnju i na primenu đubriva i pesticida u okruženju cvetnih pojaseva i prema površinama koje se tretiraju, formirati zaštitne pojaseve višegodišnjim travnim vrstama, 5 m širine (MPŠV RS, 2024).

Potrebna veličina staništa za korisne insekte zavisi od divljih vrsta koje želimo da podržimo i kvaliteta konkretnog poljoprivrednog predela. Jedno od pravila je da stanište treba da obuhvati 1% ukupne površine proizvodne parcele, a najmanje 100 m² (MPŠV RS, 2024). Ipak da bi se obezbedio kontinuitet hrane i staništa u poljoprivrednom predelu neophodno je formirati mreže cvetnih pojaseva (Slika 4), u kojima višegodišnje formacije obezbeđuju i hranu i staništa, dok kratkoročne poput jednogodišnjih cvetnih pojaseva povezuju staništa i obezbeđuju dodatne resurse hrane tokom cele godine. Inostrane prakse (Nowakowski and Pywell, 2016) ukazuju da je pet približno ravnomerno raspoređenih cvetnih pojaseva, površine 0,25 ha na 100 ha, ili 0,5 ha kada nedostaje cvetnih resursa, dovoljno da bi se podržala populacija oprašivača. Njihov raspored treba da bude takav da cvetni resursi uvek budu u dometu leta oprašivača. Udaljenost koju divlje pčele mogu da pređu u potrazi za hranom je u velikoj meri uslovljena njihovom veličinom tela (Gathmann and Tschardtke, 2002). Sitnije pčele prelaze rastojanja od 100-200 m, dok

krupnije prelaze i preko 1100 m. Međutim, pokazano je da i neke sitnije pčele mogu prelaziti veće razdaljine i od preko 1000 m (Zurbuchen, 2010). Ovo je veoma važno uzeti u obzir, jer kako navodi Buhk et al., (2018) veća rastojanja između izvora hrane možda neće direktno uticati na prisustvo neke vrste, ali može promeniti brojnost i reproduktivni uspeh. Naročito su mali oprašivači ograničeni većim dometom. Konačno, za uspešno uspostavljanje staništa za korisne insekte, sve navedene prirodne i agronomske zakonitosti neophodno je prilagoditi uslovima predela.



Slika 3. Šema postavljanja cvetnog pojasa (Ugrenović, 2025).

Figure 3. Scheme of placing the flower strips (Ugrenović, 2025).



Slika 4. Pozicioniranje cvetnih pojaseva u poljoprivrednom predelu (Ugrenović i Matić, 2025).

Figure 4. Positioning of flower strips in an agricultural area (Ugrenović and Matić, 2025).

Zasnivanje i upravljanje staništem

Habitat establishment and management

Prilikom zasnivanja cvetnih pojaseva zemljište se ne đubri, jer siromašnije zemljište obezbeđuje više cvetnih resursa u staništu, ali i manji pritisak korova (Grime et al., 2007). Za uspešno uspostavljanje cvetnih pojaseva veoma je značajno da površina za zasnivanje bude bez korova, a kako navodi Ugrenović (2025) zasnivanje je najbolje obaviti direktnom setvom, bez obrade. Ipak zemljišni uslovi ponekad zahtevaju obradu, npr. jer je na marginama parcela zemljište često više sabijeno. Takođe, semena nekih vrsta koje ulaze u sastav cvetnih smeša, za uspešno nicanje zahtevaju dodatnu obradu zemljišta. Takve površine se moraju na vreme obraditi, najbolje razrivačem, kako bi zemljište bilo spremno do setve. U uslovima Srbije višegodišnji cvetni pojasevi se seju krajem avgusta, ili alternativno u proleće od aprila do početka maja, dok se za jednogodišnje setva obavlja u aprilu (Ugrenović, 2025). Takođe, setva semenima vrsta koje zahtevaju različitu dubinu setve se obavlja dvofazno. Npr. seme kamilice (*Matricaria chamomilla* L.) ili maslačka (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg.) treba sejati po površini zemljišta (Filipović, 2022), pa zahteva zasebnu setvu u drugom prohod. Valjanje posle setve obezbeđuje brže i ujednačenije nicanje (FiBL, 2018).

Kako bi se nesmetano razvijali i trajali onoliko koliko je predviđeno, cvetne pojaseve treba održavati kao i druge useve. U zavisnosti od biljnih vrsta koje ulaze u sastav cvetnih smeša, cvetni pojasevi mogu biti

višegodišnji ili jednogodišnji. Za zasnivanje staništa u agoroekološkim uslovima Srbije pogodniji su višegodišnji (Ugrenović i sar., 2012). Oni mogu da se održe do tri godine, a uz podsejavanje onih biljnih vrsta koje su završile svoj životni ciklus i do pet godina. Kontrola korova je od ključnog značaja za uspešno zasnivanje i održavanje cvetnih pojaseva (Nowakowski and Pywell, 2016). Ovo je naročito značajno u prvoj godini nakon zasnivanja, kada potrebu za masovnim cvetanjem često treba podrediti kontroli korova. U višegodišnjim cvetnim pojasevima kontrola korova vrši se košenjem u momentu kada korovi počnu da se takmiče sa biljkama iz cvetne smeše (Cresswell et al., 2019). Košenje sprečava da korovi prevladaju i pomaže u očuvanju otvorene strukture, kako bi sporije rastuće vrste i dalje imale prostora za razvoj. Ova operacija se u cvetnom pojasu obavlja na 15 do 20 cm visine biljaka, jer se time produžava cvetanje, podstiče grananje i obimnija pojava novih cvetova (Kirmer et al., 2019). Krajem septembra ili početkom oktobra na kraju sezone, obavlja se košenje cvetnih pojaseva na visinu od 15 cm. Međutim istovremeno košenje u jesen na svim staništima na imanju može dovesti do uklanjanja cvetnih resursa, kao i mesta za prezimljavanje, tako da na jednom potezu deo pojaseva treba kositi u jesen, deo pred kraj zime, a deo u rano proleće (Nowakowski and Pywell, 2016). Crofts and Jefferson (2007) preporučuju uklanjanje pokošene biomase nakon svakog košenja, kako bi se smanjilo opterećenje zemljišta hranljivim materijama. Na kraju kako bi se ostvarila dugovečnost i kvalitet staništa u cvetnim pojasevima, dosejavanje biljnih vrsta koje su završile svoj životni ciklus i košenje radi kontrole korova su redovne mere.

Zaključak

Conclusion

Intenzivna industrijska poljoprivreda značajno je uticala je na pad brojnosti i raznovrsnosti svih vrsta korisnih insekata (oprašivača, predatora i parazitoida štetočina), sa nesagledivim negativnim posledicama po ekonomiju, društvo i ekologiju. Ipak, poljoprivreda može da pruži hranu i stanište za korisne insekte i time podrži važne ekosistemske usluge oprašivanja i biološke kontrole štetnih organizama. Primena najboljih upravljačkih praksi u poljoprivredi i uvođenje cvetnih pojaseva mogu obezbediti prinose useva, ali istovremeno i poboljšati uslove za vrste korisnih insekata. Rezultati velikog broja istraživanja ukazuju da uvođenje cvetnih pojaseva predstavlja efikasnu meru za obnovu funkcionalnog biodiverziteta i stabilnost agroekosistema. Njihova primena na lokalnom nivou zahteva integraciju naučnih saznanja, lokalnih vrsta biljaka, korisnih insekata, kao i agronomskih praksi, čime se postiže održiv balans između produktivnosti i očuvanja.

Zahvalnica

Acknowledgement

Pisanje ovog rada je podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (br. ugovora: 451-03-136/2025-03/200011, 451-03-136/2025-03/200053, 451-03-137/2025-03/200178).

Literatura

References

- Albrecht M, Kleijn D, Williams N.M, Tschumi M, Blaauw B.R, Bommarco R, et al. 2020: The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters* 23:1488-1498. <https://doi.org/10.1111/ele.13576>
- Ангеловски А. 2022: Атрактивност одабраних биљних врста за дивље пчеле и могућност њиховог коришћења у цветним маргинама. Универзитет у Београду Биолошки Факултет, Мастер рад, стр. 1-44.
- Antkowiak M, Kowalska J, Trzcinski P. 2024: Flower Strips as an Ecological Tool to Strengthen the Environmental Balance of Fields: Case Study of a National Park Zone in Western Poland. *Sustainability* 16(3): 1251. <https://doi.org/10.3390/su16031251>
- Armbruster W.S, Guinn D.A. 1989: The Solitary Bee Fauna (Hymenoptera: Apoidea) of Interior and Arctic Alaska: Flower Associations, Habitat Use, and Phenology. *Journal of the Kansas Entomological Society* 62(4): 468-483. <http://www.jstor.org/stable/25085123>
- Baden-Bohma F, Thielea J, Daubera J. 2022: Response of honeybee colony size to flower strips in agricultural landscapes depends on areal proportion, spatial distribution and plant composition. *Basic and Applied Ecology* 60: 123-138.
- Balzan M.V, Bocci G, Moonen A.C. 2014: Augmenting flower trait diversity in wildflower strips to optimise the conservation of arthropod functional groups for multiple agroecosystem services. *Journal of Insect Conservation* 18(4), 713-728
- Barnes A.E, Robinson, R.A. Pearce-Higgins J.W. 2023: Collation of a century of soil invertebrate abundance data suggests long-term declines in earthworms but not tipulids. *Plos One* 18: e0282069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282069>
- Beckmann M, Gerstner K, Akin-Fajiye M, Ceașu S, Kambach S, Kinlock N.L, Phillips R.P.H, Verhagen W, Gurevitch J, Klotz, S, Newbold, T, Verburg H.P, Winter M, Seppelt R. 2019: Conventional land use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis. *Global Change Biology* 25(6): 1941–1956. <https://doi.org/10.1111/gcb.14606>
- Bianchi F.J.J.A, Booij C.J.H, Tschamntke T. 2006: Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society* 273: 1715-1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Bianchi F, Wackers F.L. 2008: Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological Control* 46: 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2003.08.005>
- Blaauw B.R, Isaacs R. 2014: Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology* 51(4): 890-898. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12257>
- Blouin M, Hodson ME, Delgad E., Baker, G, Brussaard L, Butt KR, Daig J, Dendoovenh L, Peresi G, Tondohj J.E, Cluzeauk D, Brunl J.J. 2013: A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* 64:161-2. <https://doi.org/10.1111/ejss.12025>
- Blumgart D, Botham S, Menéndez R. Bell R.J. 2023: Floral enhancement of arable field margins increases moth abundance and diversity. *Journal of Insect Conservation* 27: 455-465 <https://doi.org/10.1007/s10841-023-00469-9>
- Buhk C, Oppermann R, Schanowski A, Bleil R, Lüdemann J, Maus C. 2018: Flower strip networks offer promising longterm effects on pollinator species richness in intensively cultivated agricultural areas. *BMC Ecology* 18(55): 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0210-z>
- Burylo M, Dutoit T, Rey F. 2014: Species traits as practical tools for ecological restoration of marly eroded lands. *Restoration Ecology* 22: 633-640. <https://doi.org/10.1111/rec.12113>
- Corbet S.A. 2000: Butterfly nectaring flowers: butterfly morphology and flower form. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96: 289-298. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00708.x>

- Carreck N.L, Williams I.H. 1997: Observations on two commercial flower mixtures as food sources for beneficial insects. in the UK. *The Journal of Agricultural Science* 128(4): 397-403. doi:10.1017/S0021859697004279
- Cresswell J.C. 2018: Multifunctional field margin vegetative strips for the support of ecosystem services - pollination, bio-control and water quality protection. Doctoral thesis, Harper Adams University.
- Cresswell J., Cunningham M, Wilcox A, Randall P.N. 2019: A trait-based approach to plant species selection to increase functionality of farmland vegetative strips. *Ecology and Evolution* 9(8): 4532-4543. <https://doi.org/10.1002/ece3.5047>
- Crofts A, Jefferson R.G. 2007: The lowland grassland management handbook. Peterborough, UK: Natural England.
- Dainese M, et al. 2019: A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances* 5 eaax0121(2019). <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aax0121>
- Engels W, Schultz U, Radle M. 1994: Use of the Tübingen Mix for Bee Pasture in Germany. Forage for Bees in an Agricultural Landscape. International Bee Research Association, Cardiff 57-65.
- European Commission 2018: Inicijativa EU-a za oprašivače, COM (2018) 395. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0395>
- Farkaš F. 2025: Regenerativna poljopriveda, praktični vodič za male i velike posede. Priručnik, Ekološki pokret Vrbasa, Srbija, p. 30. <https://regagrisrbija.rs/regenerativna-poljoprivreda-prakticni-vodic-za-male-i-velike-posede/>
- Feltham H, Park K, Minderman J, Goulson D. 2015: Experimental evidence that wildflower strips increase pollinator visits to crops. *Ecology and Evolution* 5(16). <https://doi.org/10.1002/ece3.1444>
- FiBL 2018: Perennial flower strips – a tool for improving pest control in fruit orchards. FiBL, Technical guide, No. 1096, p. 16. https://orprints.org/id/eprint/44502/8/EN_1096-flower-strips-orchards.pdf
- Fiedler K.A, Landis A.D, Wratten D.S. 2008: Maximizing ecosystem services from conservation biological control: The role of habitat management. *Biological Control* 45(2): 254-271. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.12.009>
- Filipović V. 2022: Manual about organic production of medicinal and aromatic plants. National Association for Organic Production Development "Serbia Organica", Belgrade and the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), P. 30. ISBN-978-86-88997-20-1.
- Filipović V, Ugrenović V, Plečaš M, Raičević J, Dimitrijević S, Prijić Ž, Popović V. 2023: Agrotehnički aspekt primene cvetnih pojaseva u poljoprivrednoj proizvodnji. Nacionalni naučno-stručni skup „125 godina primenjene nauke i poljoprivrede.“ Centar za strna žita i razvoj sela iz Kragujevca. I Zbornik radova, 203-213. SBN 978-86-905494-0-5.
- Fussell M, Corbet S.A. 1992: Flower Usage by Bumble-Bees: A Basis for Forage Plant Management. *Journal of Applied Ecology* 29(2): 451-465. <https://doi.org/10.2307/2404513>
- Gill A.K, Cox R, O'Neal E.M. 2014: Quality Over Quantity: Buffer Strips Can be Improved With Select Native Plant Species. *Environmental Entomology* 43(2): 298–311. <https://doi.org/10.1603/EN13027>
- Gardner E, Breeze T.D, Clough Y, Smith H.G, Baldock K.C.R, Campbell A, Garratt M.P.D, Gillespie M.A.K, Kunin W E, McKerchar M, Potts S.G, Senapathi D, Stone G.N, Wäckers F, Westbury D.B, Wilby A, Oliver T.H. 2021: Field boundary features can stabilise bee populations and the pollination of mass-flowering crops in rotational systems. *Journal of Applied Ecology* 58: 2287-2304. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13948>
- Gathmann, Tscharnik T. 2002: Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71: 757-764. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2002.00641.x>
- Gonzalez D, Nave A, Gonçalves F, Nunes F.M, Campos M, Torres L. 2016: Higher longevity and fecundity *Chrysoperla carnea*, a predator of olive pests, on some native flowering Mediterranean plants. *Agronomy for Sustainable Development* 36: 30. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0369-7>
- Gotlin Čuljak T, Galzina N, Juran I, Čuljak M, Jelovčan S, Pecze R. 2016: Može li sjetva cvjetnih trakova povećati bioraznolikost kukaca u agroekosustavima? *Glasilo biljne zaštite*, 16(4): 378-390. <https://hrcak.srce.hr/file/245695>

- Grime J.P, Hodgson J.G, Hunt R. 2007: Comparative plant ecology: a functional approach to common British species. Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Haber W.A, Frankie G.W. 1989: A Tropical Hawkmoth Community: Costa Rican Dry Forest Sphingidae. *Biotropica* 21(2): 155-172. <https://doi.org/10.2307/2388706>
- Haaland C, Naisbit R.E, Bersier L.F. 2011: Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity* 4: 60-80. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00098.x>
- Hanski I. 1999: Metapopulation ecology. Oxford University Press, Oxford, p. 313.
- Harbo L.S, Schulz G, Heinemann H, Dechow R, Poeplau C. 2023: Flower strips as a carbon sequestration measure in temperate croplands. *Plant and Soil* 482: 647-663. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05718-5>
- Harder L.D. 1985: Morphology as a Predictor of Flower Choice by Bumble Bees. *Ecology* 66: 198-210. <https://doi.org/10.2307/1941320>
- Hellwig N, Schubert L.F, Kirmer A, Tischew S, Dieker P. 2022: Effects of wildflower strips, landscape structure and agricultural practices on wild bee assemblages – a matter of data resolution and spatial scale? *Agriculture Ecosystems and Environment*, 326: 107764. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107764>
- Holland J.M, Bianchi F, Entling M.H, Moonen A.C, Smith B.M, Jeanneret P. 2016: Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest management science* 72(9): 1638-1651. <https://doi.org/10.1002/ps.4318>
- Jachowicz N, Sigsgaard L. 2025: Highly diverse flower strips promote natural enemies more in annual field crops: A review and meta-analysis, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 381. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109412>.
- Jönsson A.M, Ekroos, J, Dänhardt J, Andersson G.K, Olsson O, Smith H.G. 2015: Sown flower strips in southern Sweden increase abundances of wild bees and hoverflies in the wider landscape. *Biological Conservation* 184, 51-58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2014.12.027>
- Karlović K, Jeran N, Dujmović Purgar D, Židove V, Bolarić S, Vokurka A. 2020: Sustainable landscaping with *Prunus*. *Acta horticulturae* 1288: 75-84. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1288.11
- Kirmer A, Řehounková K., Müllerová A, Tischew S, Šebelíková L, Lipárová J, Prach K, Lencová K. 2019: Guidelines to Establish Flower-Rich Structures in Urban and Rural Areas. MŠMT, DAAD p. 24. http://restoration-ecology.eu/common_files/uploads/Guidelines_flower-rich%20structures%20FINAL.PDF
- Klein A-M, Vaissie're B.E, Cane J.H, Dewenter S.I., Cunningham S.A, Kremen C, Tscharntke T. 2006: Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B* 274: 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kowalska J, Antkowiak M, Sienkiewicz P. 2022: Flower Strips and Their Ecological Multifunctionality in Agricultural Fields. *Agriculture* 12(9): 1470. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091470>
- Kremen C, Chaplin-Kramer R. 2007: Insects as providers of ecosystem services: Crop pollination and pest control. In *Insect Conservation Biology: Proceedings of the Royal Entomological Society's 23rd Symposium* CABI Publishing pp. 349-382.
- Kudo G, Ishii H.S, Hirabayashi Y, Ida T.Y. 2007: A test of the effect of floral color change on pollination effectiveness using artificial inflorescences visited by bumblebees. *Oecologia* 154: 119-128. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0820-1>
- Künast C, Riffel, de Graeff, R, Whitmore G. 2013: Pollinators and agriculture. Technical Report, European Landowners' Organization (ELO), and the The European Crop Protection Association (ECPA), Brussels – Belgium, p. 48. https://laalruta.lv/images/pollinators_brochure.pdf
- Landis A.D, Wratten S.D, Gurr M.G. 2000: Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annual Review of Entomology* 45:175-201. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>
- Lovell T.S, Sullivan C.W. 2005: Environmental benefits of conservation buffers in the United States: evidence, promise, and open questions. *Agriculture Ecosystems & Environment* 112: 246-260. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.002>

- Lu Y.H, Wu K.M, Jiang Y.Y, Guo Y.Y, Desneux N. 2012: Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. *Nature* 487: 362- <https://doi.org/10.1038/nature11153>
- Menz M.H.M, Phillips R.D, Winfree R, Kremen C, Aizen M.A, Johnson S.D, Dixon K.W. 2011: Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends in Plant Science* 16: 4-12. doi:10.1016/j.tplants.2010.09.006
- MPŠV RS 2024: Mera 4 Agroekološko klimatska mera i organska proizvodnja. IPARD III program za period 2021-2027. godine.
https://uap.gov.rs/wp-content/uploads/2024/11/IPARD-III-M4-Brosura-Agro-ekolosko-klimatska-mera_c.pdf
- Nowakowski M, Pywell R.F. 2016: Habitat Creation and Management for Pollinators. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, Oxford, United Kingdom, p. 86.
<https://www.ceh.ac.uk/sites/default/files/Habitat%20Management%20and%20Creation%20For%20Pollinators.pdf>
- Parolin P, Bresch C, Desneux N, Brun R, Bout A, Boll R, Poncet C. 2012: Review of plant types for biological control purposes. *International Journal of Pest Management* 58(2): 91-100.
- Pérez-Sánchez A.J, Schröder B, Dauber J, Hellwig N. 2023: Flower strip effectiveness for pollinating insects in agricultural landscapes depends on established contrast in habitat quality: A meta-analysis. *Ecological Solutions and Evidence* 4: e12261. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12261>
- Plećaš M. 2023: Report for Project EcoStack (H2020-SFS-2017-2), p. 91.
<https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5fe6411ed&appId=PPGMS>
- Potts G.S, Biesmeijer C.J, Kremen C, Neumann P, Schweiger P, Kunin E.W. 2010: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 25(6): 345-35.
- Pywell R.F, Heard M.S, Woodcock B.A, Hinsley S, Ridding L, Nowakowski M, Bullock J.M. 2015: Wildlife-friendly farming increases crop yield: evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282:20151740. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1740>
- Richter M.R. 2000: Social wasps (Hymenoptera: Vespidae) foraging behavior. *Annual Review of Entomology* 45:121–150. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.121>
- Rodríguez-Gasol N, Viketoft M, Chapurlat E, Stenberg A.J, Jonsson M, Lundin O 2026: Perennial flower strips increase pollinator and natural enemy abundance but have limited effects on pest control in adjacent crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 396.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.110025>
- Skaldina O. (2020). Insects associated with sweet fennel: beneficial visitors attracted by a generalist plant. *Arthropod-Plant Interactions* 14: 399–407. <https://doi.org/10.1007/s11829-020-09752-x>
- Schmidt A, Kirmer A, Kiehl K, Tischew S. 2020: Seed mixture strongly affects species richness and quality of perennial flower strips on fertile soil. *Basic and applied ecology* 42, 62-72.
- Stang M, Klinkhamer G.L.P, Waser M.N, Stang I, van der Meijden E. 2009: Size-specific interaction patterns and size matching in a plant–pollinator interaction web, *Annals of Botany* 103(9): 1459-1469. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp027>
- Stanisavljević Lj, Vujić A, Jakšić P, Markov Z, Četković A. 2018: Funkcionalno ekološki status, ugroženost i ekonomsko vrednovanje insekata oprašivača u Srbiji. Ekološki i ekonomski značaj faune Srbije: zbornik radova sa naučnog skupa, 17. novembar 2016, 367-411.
<https://dais.sanu.ac.rs/handle/123456789/10843>
- Салников Е, Угреновић В. 2022: Пољопривреда у променљивој клими и њена улога у секвестрацији угљеника. У: Угреновић, В. (уред.), Иновативне методе органске производње за већу климатску неутралност пољопривреде. Института за земљиште Београд, Србија, Поглавље у тематском зборнику, стр. 52.
- Sutter L, Albrecht M, Jeanneret P. 2018: Landscape greening and local creation of wildflower strips and hedgerows promote multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology* 55: 612-620. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12977>

- Scheper J, Bukovinszky T, Huigens, E.M, Kleijn D. 2021: Attractiveness of sown wildflower strips to flower-visiting insects depends on seed mixture and establishment success, *Basic and Applied Ecology* 56. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.08.014>
- Tscharntke T, Brandl R. 2004: Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Review of Entomology* 49: 405-430.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123339>
- Tscharntke T, Klein A.M, Kruess A, Steffan-Dewenter I. Thies C. 2005: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- Tschumi M, Albrecht M, Bärtschi C, Collatz J, Entling M.H, Jacot K. 2016: Perennial, Species-Rich Wildflower Strips Enhance Pest Control and Crop Yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 220: 97-103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.001>
- Tschumi M, Albrecht M, Entling M.H, Jacot K. 2015: High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proc Biol Sci.* 282(1814):20151369. doi: 10.1098/rspb.2015.1369. PMID: 26311668; PMCID: PMC4571701. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1369>
- Uyttenbroeck R, Hatt S, Paul A, Boeraeve F, Piqueray J, Francis F, Danthine S, Frederich M, Dufrêne M, Bodson B, Monty A. 2016: Pros and cons of flowers strips for farmers. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 20: 225-235. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.12961>
- Ugrenović V. 2025: Cvetni pojasevi – priručnik za zasnivanje i održavanje na poljoprivrednom zemljištu. Savez za regenerativnu poljoprivredu, Novi Sad, Srbija str. 13. <https://regagrisrbija.rs/wp-content/uploads/2025/08/Dr-Vladan-Ugrenovic-Cvetni-pojasevi.pdf>
- Ugrenović V, Filipović V, Glamočlija Đ, Subić J, Kostić M, Jevđović R. 2012: Pogodnost korišćenja morača za izolaciju u organskoj proizvodnji. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 49(1): 126-131. <https://doi.org/10.5937/ratpov49-1138>
- Ugrenović V, Filipović V, Jevremović S, Marjanović Jeromela, A, Popović V, Buntić A, Delić D. 2019: Kupusnjače u pokrovnim usevima. *Selekcija i semenarstvo*, 15(2): 1-8. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0354-58811902001U&lang=sr>
- Ugrenović V, Filipović V. 2017: Cover Crops: Achievement of Sustainability in the Ecological Systems of Agriculture. In: A. Jean-Vasile & D. Nicolò (Eds.) *Sustainable Entrepreneurship and Investments in the Green Economy*, 255-278. IGI Global, USA, 1-339. doi:10.4018/978-1-5225-2075-7.ch009
- Vaupel A, Bednar-Konski Z, Olivera M, Herwig N, Hommel B, Beule L. 2024: Perennial flower strips in agricultural landscapes strongly promote earthworm populations. *npj Sustain. Agric.* 2: 31 <https://doi.org/10.1038/s44264-024-00040-2>
- Venturini E.M, Drummond F.A, Hoshida A.K, Dibble A.C, Stack L.B. 2017: Pollination reservoirs in lowbush blueberry (Ericales: Ericaceae). *Journal of Economic Entomology* 110(2): 333-346. <https://doi.org/10.1093/jee/tow285>
- Zurbuchen A, Landert L, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn, S, 2010: Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* 143(3). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003>.
- Winfree R. 2010: The conservation and restoration of wild bees. *Ann N Y Acad Sci.* 1195: 169–197. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05449.x>
- Winfree R, Aguilar R, Vázquez P.D, LeBuhn G, Aizen A.M. 2009: A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90(8): 2068-2076. <https://doi.org/10.1890/08-1245.1>
- Wratten D.S, Gillespie M, Decourtye A, Mader E, Desneux N. 2012: Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 159: 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.020>

Flower strips – a new element of agricultural landscapes

Vladan Ugrenović^{1,4}, Vladimir Filipović², Milan Plećaš³,

¹Institute for Soil Science, Belgrade, Serbia

²University of Belgrade, Institute for Multidisciplinary Research, Belgrade, Serbia

³University of Belgrade, Faculty of Biology, Belgrade, Serbia

⁴Association for Regenerative Agriculture of Serbia, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: vladan.ugrenovic@gmail.com

Abstract

Modern agricultural landscapes are highly complex multifunctional systems. They are not only used for food and energy production, but are also expected to provide various ecosystem services within the agroecosystems. Industrial agriculture, which is practised on large areas, has led to increased productivity, but due to its high intensity, it is also responsible for numerous environmental problems. The loss and fragmentation of natural habitats, coupled with the widespread use of pesticides and synthetic fertilizers, as well as the spread of invasive species, have led to the loss of biodiversity. In recent years, there has been a dramatic decline in the abundance and diversity of all groups of wild insect pollinators, including wild bees, hoverflies, butterflies and moths, with many pollinator species being threatened with extinction.

The introduction of flower strips into agricultural landscapes on small areas, can contribute to the creation of new habitats that support existing wild pollinators and promote increases in their abundance and diversity at both local and landscape scales. This practice has also been shown to benefit other beneficial organisms, such as predatory insects, pest parasitoids, birds, and plants – leading to greater species richness and abundance. Such an approach can enhance biodiversity and overall ecosystem functioning, including crop pollination, suppression of pests and invasive weed populations, improved soil fertility through erosion control, and climate change mitigation via carbon sequestration in soils. In this context, flower belts can be used as a multifunctional agronomic tool for increasing functional biodiversity, as well as protecting the quality and function of soil in agricultural areas. The aim of the paper is to analyze the role of flower belts in the improvement of functional biodiversity, as well as the possibility of their application in Serbia.

Keywords: ecosystem services, beneficial insects, pollination, biological control, soil and water protection

Received 08.12.2025

Revised 04.06.2026

Accepted 04.06.2026

Пројекције потреба шљиве (*Prunus domestica* L.) за наводњавањем у условима будуће климе на подручју Топличког округа

Алекса Липовац^{*,1}, Марија Ћосић¹, Невенка Ђуровић¹, Дуња Сотоница¹, Ленка Гавриловић¹, Ружица Стричевић¹, Мирјам Вујадиновић Мандић¹, Ана Вуковић Вимић¹

¹Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Немањина 6, 11080 Земун, Србија

*Аутор за контакт: Алекса Липовац, alipovac@agrif.bg.ac.rs

Извод Abstract

Климатске промене представљају један од кључних изазова за одрживу воћарску производњу, посебно у условима ограничене доступности воде. Циљ овог истраживања био је да се процене потребе шљиве (*Prunus domestica* L.) за водом у условима будуће климе на подручју Топличког округа, као и да се анализира утицај климатских промена на дефицит воде у различитим периодима вегетације. Прорачуни су засновани на FAO-56 методологији, уз примену климатског сценарија RCP8.5 за три будућа периода: 2021–2040 (I), 2041–2060 (II) и 2081–2100 (III). Анализирани су сезонска евапотранспирација културе (ET_c), ефективне падавине (P_e) и нето дефицит воде (I_n), посебно за затрављене и незатрављене засаде. Резултати показују да се до краја XXI века очекује повећање сезонске евапотранспирације шљиве за више од 14%, уз истовремено смањење ефективних падавина за 15–20%, што доводи до значајног раста дефицита воде. Најизраженији дефицити утврђени су у периоду од почетка цветања до сазревања плодова, када дефицит воде достиже вредности од 293 mm у незатрављеним и 422 mm у затрављеним засадима. Утврђено је да су дефицити воде конзистентно већи у затрављеним воћњацима, услед додатне потрошње воде од стране травног покривача. Добијени резултати указују да ће у условима будуће климе производња шљиве у Топличком округу све више зависити од примене наводњавања, посебно у критичним фазама вегетације, ради очувања стабилних приноса и квалитета плодова.

Кључне речи: климатске промене, шљива, евапотранспирација, дефицит воде, наводњавање

Увод

Introduction

Шљива (*Prunus domestica* L.) представља једну од најзначајнијих воћних врста у Србији, како са производног, тако и са економског аспекта. Србија се традиционално убраја међу водеће произвођаче шљиве у Европи, при чему ова воћна врста заузима највећи удео у укупним површинама под воћњацима. Просечни приноси шљиве у Србији износе око 7 t ha⁻¹, али значајно варирају у зависности од избора сорте, начина гајења, примењених агротехничких мера и климатских услова (Републички завод за статистику, 2023). Топлички округ спада у подручја са израженом традицијом гајења шљиве. Према подацима Milentijević и сар. (2017), на овом подручју се гаји око 3,25 милиона родних стабала, што приближно одговара површини од око 6.500 ha под

засадима шљиве. Плодови се на овом подручју најчешће користе за свежу конзумацију, производњу ракије и сушење, што додатно наглашава економски значај ове културе за локално становништво.

Шљива се у Топличком округу углавном гаји у условима природног водног режима, без примене система за наводњавање. Међутим, током критичних фенолошких фаза, као што су цветање, формирање и сазревање плодова, неопходно је обезбедити адекватну количину воде како не би дошло до смањења величине плодова, пада приноса и нарушавања квалитета (Milatović, 2019). Са аспекта водних захтева, шљива спада у воћне врсте са релативно високим потребама за водом, при чему се сезонска евапотранспирација у агроколошким условима Србије креће у распону од 650 до 700 mm, у зависности од климатских услова, типа засада и начина управљања земљиштем (Milatović, 2019; Стричевић, 2007).

Последњих деценија, климатске промене све израженије утичу на пољопривредну производњу у Србији, пре свега кроз пораст средњих и екстремних температура ваздуха, промене режима падавина и повећање учесталости сушних периода. Пројекције климатских промена за подручје југоисточне Европе указују на даљи пораст температуре и смањење летњих падавина током XXI века, што ће значајно повећати ризик од појаве водног стреса у воћарској производњи (Vuković et al., 2018; Trbić et al., 2021). У таквим условима, највећи дефицити воде очекују се управо током летњих месеци, када је шљива и најосетљивија на недостатак воде. Досадашња истраживања у Србији показала су да је дефицит воде у засадима шљиве израженији у летњем периоду, као и да је додатно наглашен у затрављеним засадима услед конкуренције травног покривача за воду (Ćosić et al., 2021a). Имајући у виду очекиване климатске промене, значај шљиве за пољопривреду Топличког округа и доминантно гајење у условима без наводњавања, неопходно је проценити будуће потребе ове воћне врсте за водом и идентификовати критичне периоде појаве дефицита воде.

Циљ овог истраживања био је да се, применом FAO-56 методологије и климатског сценарија RCP8.5, процене потребе шљиве за водом у условима будуће климе на подручју Топличког округа, као и да се анализирају разлике у водном дефициту између затрављених и незатрављених засада у различитим периодима вегетације.

Материјал и методе

Materials and Methods

Подручје истраживања

Истраживање је спроведено за подручје Топличког округа, који се налази у јужном делу Србије. Подручје карактерише умерено-континентална клима са израженим летњим максимумом температура и неравномерном расподелом падавина током године. Просечне климатске карактеристике чине ово подручје погодним за гајење шљиве, али истовремено и осетљивим на појаву суше у летњем периоду.

Климатски подаци и сценарији

За процену будућих климатских услова коришћен је климатски сценарио *RCP8.5*, који представља сценарио са високим емисијама гасова са ефектом стаклене баште. Анализирана су три будућа периода: 2021–2040 (I), 2041–2060 (II) и 2081–2100 (III), као и референтни период (R - 1986–2005). Климатски подаци (температура ваздуха и падавине) преузети су из пројекта ”Развој интернет апликације и платформе за процене рањивости на климатске промене и адаптацију” који се реализује у оквиру УНДП пројекта ”Унапређење средњорочног и дугорочног планирања Адаптације у Републици Србији” и подразумева ансамбл од 8 регионалних климатских модела са просторном резолуцијом 0.1° (око 12 km) из базе *EURO-CORDEX* пројекта (табела 1). У сагласности са поменути пројектом, изабран је референтни период 1986–2005 и три двадесетогодишња будућа периода, 2021–2040, 2041–2060 и 2081–2100.

Табела 1. Одабрана комбинација глобалних и регионалних модела за истраживање

Регионални климатски модел	Глобални климатски модел
CCLM4-8-17	ICHEC-EC-EARTH
CCLM4-8-17	MOHC-HadGEM2-ES.rcp85
CCLM4-8-17	MPI-M-MPI-ESM-LR
HIRHAM5	ICHEC-EC-EARTH
RACMO22E	ICHEC-EC-EARTH
RACMO22E	MOHC-HadGEM2-ES
REMO2009	MPI-M-MPI-ESM-LR
REMO2009	MPI-M-MPI-ESM-LR

Прорачун евапотранспирације и дефицита воде

Референтна евапотранспирација (ET_0) израчуната је применом Hargreaves методе, која је погодна за услове ограничене доступности климатских параметара. На основу ET_0 и усвојених коефицијената културе (K_c), одређених према FAO-56 методологији, израчуната је евапотранспирација културе (ET_c) за шљиву (Allen et al., 1998).

Ефективне падавине (P_e) израчунате су као 90% вероватноће појаве дневних падавина, док је нето дефицит воде (I_n) израчунат као разлика између евапотранспирације културе и ефективних падавина. Анализе су спроведене за целокупан вегетациони период, као и по појединачним фазама вегетације, са посебним освртом на период од почетка цветања до сазревања плодова.

Системи гајења и периоди анализе

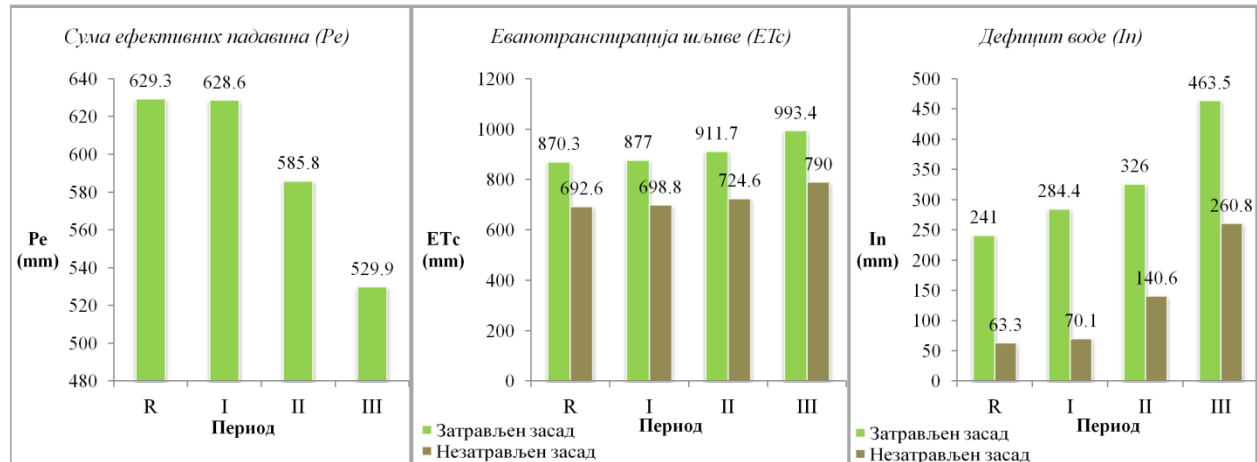
Прорачуни су извршени за два система гајења: затрављене и незатрављене засаде шљиве. Анализа водног дефицита спроведена је по следећим периодима вегетације: од почетка вегетације до цветања (P_1), од цветања до сазревања плодова (P_2) и од сазревања плодова до краја вегетације (P_3).

Резултати

Results

Сезонски водни биланс шљиве

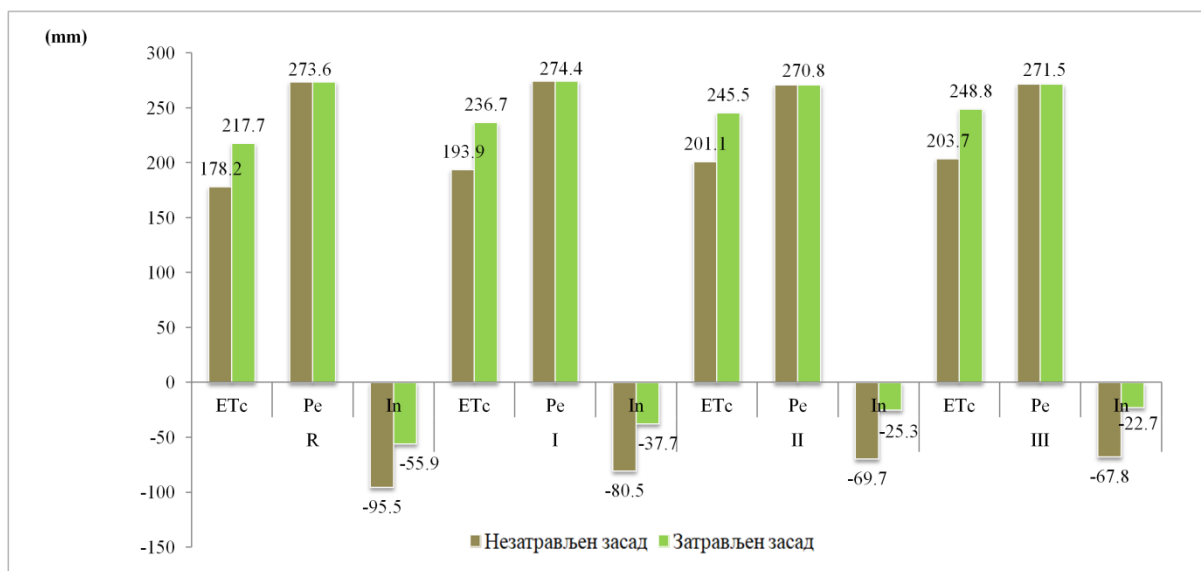
На графикону 1 приказане су сезонске вредности ET_c , P_e и I_n за референтни период (R) и периоде будућности (I, II, и III). Сезонске вредности ET_c у периоду блиске будућности (I) су за само 0.90% веће у односу на референтни период, док се ефективне падавине готово нису мењале, тако да је сезонски дефицит воде I периода незнатно већи у односу на референтни период. Међутим у II и III периоду уочава се повећање ET_c за 6.62% и 14.06% у односу на референтни период, респективно, док се ефективне падавине снижавају за 6.91% и 15.80%, редом. Све ово недвосмислено показује да ће дефицит воде повећавати до краја века што доводи до повећања сезонског дефицита воде за око 140 mm у периоду средине века (II) и за око 230 mm у периоду краја века (III) у односу на референтни период.



Графикон 1. Сезонске вредности евапотранспирације шљиве (ETc), ефективних падавина (Pe) и нето дефицита воде (In) у незатрављеним засадима шљиве.

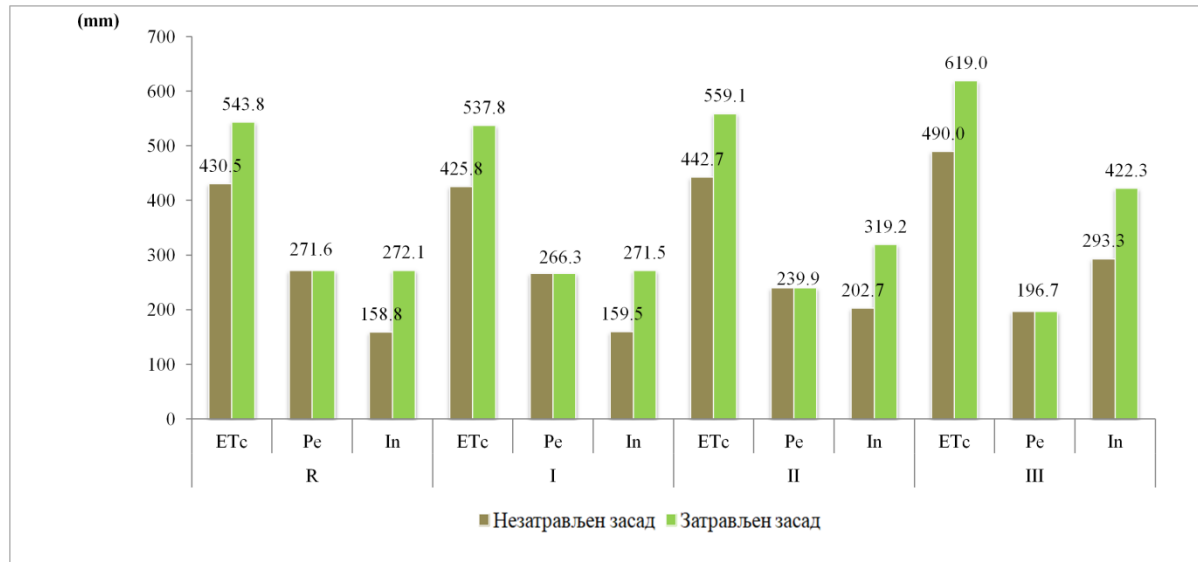
Водни биланс по периодима вегетације

Да би се боље стекао увид у потребе шљиве за водом, на графиконима 2, 3 и 4 приказани су дефицити воде за издвојене периоде вегетације. Графикон 2 приказује вредности ETc, Pe и In у временском интервалу од кретања вегетације до почетка цветања (P_1) за све испитиване периоде. Током P_1 , запажа се тренд благог пораста евапотранспирације шљиве (ETc) од 8.08% (I), 11.40% (II) и 12.52% (III), редом у поређењу са референтним периодом. Количина падавина у овом делу вегетације није се значајно мењала и варирала је у опсегу од 1%. Овакве вредности ETc и Pe, условиле су да током периода од кретања вегетације до почетка цветања (P_1) до краја века нема водног дефицита (In) шљиве.



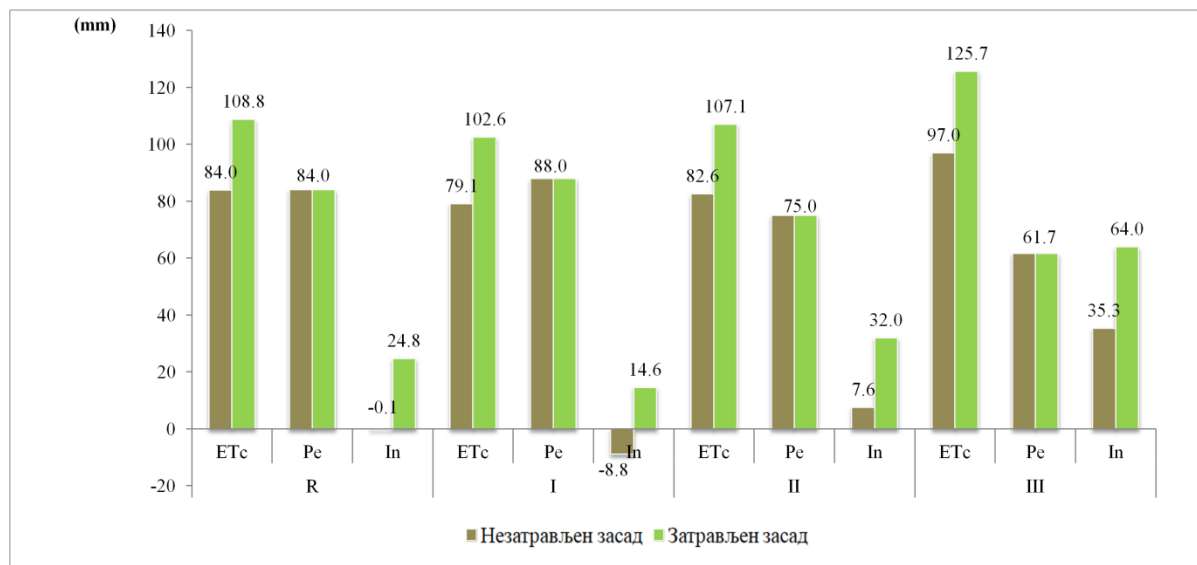
Графикон 2. Вредности ETc, Pe и In у периоду од кретања вегетације до почетка цветања (P₁) за све испитиване периоде (Референтни период (1986-2005), период блиске будућности (I), средина века (II), крај века (III))

Графикон 3 приказује вредности ETc, Pe и In у периоду од почетка цветања до сазревања плодова (P₂). Овај период јесте најкритичнија фаза вегетације са аспекта потреба за водом шљиве. Већ у референтном периоду у овом делу сезоне долази до појаве нето дефицита воде, јер ефективне падавине не могу у потпуности да задовоље повећане потребе културе за водом. У периоду блиске будућности (I) уочава се умерен пораст евапотранспирације, при чему ETc расте за око 8% у односу на референтни период, док количина ефективних падавина остаје приближно иста. Као резултат тога, долази до благог повећања нето дефицита воде. Знатно израженије промене јављају се у условима средине и краја века. У периоду средине века (II), ETc у фази P₂ се повећава за око 6,6%, уз истовремено смањење ефективних падавина од приближно 7%, што доводи до осетнијег пораста дефицита воде. У периоду краја века (III), евапотранспирација у овој фази расте за око 14%, док се ефективне падавине смањују за 15–16%, што резултира израженим нето дефицитом воде. Прорачуни указују да би до краја XXI века нето дефицит воде у периоду од цветања до сазревања плодова у незатрављеним засадама достиже вредности од 290 mm, док је у затрављеним засадама још израженији и износи преко 420 mm.



Графикон 3. Вредности ETc, Pe и In у периоду од почетка цветања до зрелости плодова (P₂) за све испитиване периоде (Референтни период (1986-2005), период блиске будућности (I), средина века (II), крај века (III))

Графикон 4 приказује водни биланс шљиве у периоду од сазревања плодова до краја вегетације (P₃). У овом делу сезоне потребе културе за водом су мање изражене у односу на период P₂, али и даље показују јасан тренд промена у условима будуће климе. У референтном периоду, ефективне падавине су углавном успевале да у потпуности покрију потребе шљиве за водом, те је нето дефицит воде у периоду након бербе био занемарљив или није постојао. У појединим годинама могао је бити присутан чак и благ суфицит влаге. Међутим, са порастом температуре ваздуха и променама режима падавина, уочава се тенденција појаве дефицита воде и у овом делу вегетације. У условима средине века (II) јавља се умерен нето дефицит воде, док је у периоду краја века (III) овај дефицит још израженији. Пројекције указују да би до краја века нето дефицит воде у периоду након бербе могао достићи вредности до 64 mm.



Графикон 4. Вредности ETc, Pe и In у периоду од сазревања плодова до краја вегетације (P₃) за све испитиване периоде (Референтни период (1986-2005), период блиске будућности (I), средина века (II), крај века (III))

Поређење затрављених и незатрављених засада

У референтном климатском периоду (R), укупна сезонска евапотранспирација у затрављеним засадима износила је 870,3 mm, док је у незатрављеним засадима износила 692,7 mm, што представља повећање од 177,6 mm, односно 25,6% (Графикон 1). Истовремено, нето дефицит воде у затрављеним засадима био је 241,0 mm, у поређењу са 63,2 mm у незатрављеним засадима, што указује на готово четвороструко већи дефицит воде услед присуства травног покривача. Сличан однос задржава се и у будућим климатским периодима. У периоду средине века (II), укупна ETc у затрављеним засадима достиже 911,7 mm, што је за 185,3 mm (25,5%) више у односу на незатрављене засаде (726,4 mm). До краја века (III), ова разлика се додатно повећава, при чему је ETc у затрављеним засадима 993,5 mm, а у незатрављеним 790,7 mm, што представља разлику од 202,8 mm, односно 25,7%.

Дискусија

Discussion

Резултати овог истраживања јасно указују да ће у условима будуће климе доћи до значајног повећања потреба шљиве (*Prunus domestica* L.) за водом у Топличком округу, пре свега услед пораста евапотранспирације и истовременог смањења ефективних падавина током

вегетационог периода. Ови налази су у складу са бројним истраживањима која указују да ће климатске промене у региону југоисточне Европе довести до интензивирања водног стреса у воћарској производњи (Vuković et al., 2018; Trbić et al., 2021), али и са глобалним проценама које указују на раст потреба за водом у пољопривреди као директну последицу климатских промена (Fischer et al., 2007).

Анализа сезонских вредности ЕТс, Р_е и I_п показује да се у периоду блиске будућности (2021–2040) очекују релативно умерене промене у односу на референтни период, док су у периодима средине и краја века (2041–2060 и 2081–2100) пројектоване знатно израженије промене. Повећање сезонске евапотранспирације шљиве од преко 14% до краја века, уз истовремено смањење ефективних падавина за око 15–20%, резултира значајним растом нето дефицита воде. Сличан тренд уочен је и у другим истраживањима за традиционална подручја гајења шљиве у Србији, где је показано да је дефицит воде у будућим климатским условима израженији управо током летњих месеци (Ćosić et al., 2021b). Поређења ради, и истраживања за друге регионе и типове воћака указују да пораст температуре ваздуха доводи до систематског раста референтне и евапотранспирације културе, независно од климатске зоне (Battisti et al., 2024).

Посебно је значајно што су највећи дефицити воде у овом истраживању утврђени у периоду од почетка цветања до сазревања плодова (Р₂), који се сматра критичним са аспекта приноса и квалитета шљиве. У овом периоду долази до највећег повећања ЕТс, док падавине не прате раст потреба културе за водом, што доводи до водног стреса. Ови резултати су у сагласности са налазима Ćosić et al. (2021b), који наводе да је период од цветања до очвршћавања коштице код шљиве најосетљивији на недостатак воде. Дефицит воде у овој фази може условити опадање заматака плодова, смањење величине и квалитета плодова, као и укупан пад приноса, што је потврђено и у бројним студијама редукованог наводњавања код врста из рода *Prunus* (Hassan et al., 2021).

Поређење затрављених и незатрављених засада показало је да су дефицити воде конзистентно већи у затрављеним воћњацима, што је последица додатне потрошње воде од стране травног покривача. Овај резултат је у потпуности у складу са претходним истраживањима у Србији, где је утврђено да су сезонске вредности евапотранспирације у затрављеним засадима и до 20–30% више у односу на незатрављене (Ćosić et al., 2021a). Иако затрављивање воћњака може имати позитивне ефекте на структуру земљишта, смањење ерозије и побољшање микроклиматских услова, у условима ограничене доступности воде оно представља додатни

фактор ризика за појаву водног стреса, што је уочено и у медитеранским системима гајења воћака (Kourgialas et al., 2019).

Резултати за период од сазревања плодова до краја вегетације (P_3) указују да се и у овом делу сезоне у будућности може очекивати појава умереног дефицита воде, нарочито у сценаријима средине и краја века. Иако су ови дефицити мањи у поређењу са периодом P_2 , њихов значај не треба занемарити, јер продужени водни стрес у каснијим фазама вегетације може утицати на диференцијацију цветних пупољака и припрему стабала за наредну производну годину (Milatović, 2019). Резултати овог рада указују да ће производња шљиве у Топличком округу у будућности све више зависити од примене система за наводњавање, као допунске, а у појединим годинама и неопходне агротехничке мере, ради очувања стабилних приноса и квалитета плодова.

Закључак

Conclusion

Резултати истраживања показују да ће климатске промене повећати потребе шљиве (*Prunus domestica* L.) за водом у Топличком округу, пре свега услед пораста евапотранспирације и смањења ефективних падавина током вегетационог периода. До краја XXI века пројектовано је повећање сезонске евапотранспирације за више од 14%, уз смањење ефективних падавина за 15–20%, што доводи до израженог раста нето дефицита воде. Најкритичнији период је фаза од почетка цветања до сазревања плодова, током које нето дефицит воде достиже вредности од 293 mm у незатрављеним и 422 mm у затрављеним засадима, при чему је дефицит у затрављеним засадима за 44% већи. Ови резултати указују да ће производња шљиве у будућности захтевати примену наводњавања као стандардне агротехничке мере, посебно у критичној фази развоја плодова, ради очувања приноса и квалитета.

Захвалница

Acknowledgments

Ово истраживање је реализовано у оквиру пројекта финансираног од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије (евиденциони број пројекта: 451-03-137/2025-03/200116).

Литература

References

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome.
- Battisti, R., Silva Neto, W. A. D., Costa, R. M. D., Dapper, F. P., Elli, E. F. (2024). Irrigation demand for fruit trees under a climate change scenario using artificial intelligence. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 54, e77917.
- Ćosić, M., Lipovac, A., Mandić, M. V., Stričević, R., Đurović, N., Vasić, Z. R., Životić, L. (2021a). Water requirements of fruit and vine plantations in the area of the Kolubara District in present and future conditions. In: *Proceedings of the 3rd International and 15th National Congress of the Serbian Society of Soil Science – Soils for Future under Global Challenges*, Sokobanja, Serbia, 21–24.
- Ćosić, M., Lipovac, A., Vujadinović-Mandić, M., Vuković-Vimić, A., Đurović, D., Nikolić, D. (2021b). Water requirements in traditional plum producing regions of Serbia. In: *XII International Symposium on Plum and Prune Genetics, Breeding and Pomology*, Acta Horticulturae 1322, 209–214.
- Fischer, G., Tubiello, F. N., van Velthuisen, H., Wiberg, D. A. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990–2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1083–1107.
- Hassan, I. F., Gaballah, M. S., El-Hoseiny, H. M., El-Sharnouby, M. E., Alam-Eldein, S. M. (2021). Deficit irrigation to enhance fruit quality of the ‘African Rose’ plum under Egyptian semi-arid conditions. *Agronomy*, 11(7), 1405.
- Kourgialas, N. N., Koubouris, G. C., Dokou, Z. (2019). Optimal irrigation planning for addressing current or future water scarcity in Mediterranean tree crops. *Science of the Total Environment*, 654, 616–632.
- Milatović, D. (2019). *Šljiva*. Naučno voćarsko društvo Srbije, Čačak. (књига)
- Milentijević, N., Dragojlović, J., Cimbalević, M., Valjarević, A. (2017). Primarne delatnosti kao determinante održivosti i regionalnog razvoja Topličkog okruga. *Ecologica*, 24(86), 231–235.
- Trbić, G., Popov, T., Đurđević, V., Milunović, I., Dejanović, T., Gnjato, S., Ivanišević, M. (2021). Climate change in Bosnia and Herzegovina according to climate scenario RCP8.5 and possible impact on fruit production. *Atmosphere*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.3390/atmos13010001>
- Vuković, A. J., Vujadinović, M. P., Rendulić, S. M., Đurđević, V. S., Ruml, M. M., Babić, V. P., Popović, D. P. (2018). Global warming impact on climate change in Serbia for the period 1961–2100. *Thermal Science*, 22(6, Part A), 2267–2280.
- Републички завод за статистику (РЗС) (2023). *Статистички годишњак Републике Србије 2023*. Републички завод за статистику, Београд.
- Стричевић, Р. (2007): Наводњавање - основе пројектовања и управљања системима. Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, Република Србија.

Projections of irrigation water requirements of plum (*Prunus domestica* L.) under future climate conditions in the Toplica District

Aleksa Lipovac^{*,1}, Marija Ćosić¹, Nevenka Djurović¹, Dunja Sotonica¹, Lenka Gavrilović¹, Ružica Stričević¹, Mirjam Vujadinović Mandić¹, Ana Vuković Vimić¹

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Zemun, Srbija

*Contact author: Aleksa Lipovac, alipovac@agrif.bg.ac.rs

Abstract

Climate change represents one of the major challenges for sustainable fruit production, particularly under conditions of limited water availability. The aim of this study was to assess the water requirements of plum (*Prunus domestica* L.) under future climate conditions in the Toplica District and to analyze the impact of climate change on water deficit during different vegetation periods. Calculations were based on the FAO-56 methodology, using the RCP8.5 climate scenario for three future periods: 2021–2040 (I), 2041–2060 (II) and 2081–2100 (III). Seasonal crop evapotranspiration (ET_c), effective precipitation (Pe) and net water deficit (In) were analyzed for both grassed and non-grassed orchards. The results indicate that by the end of the 21st century seasonal evapotranspiration of plum is expected to increase by more than 14%, while effective precipitation may decrease by 15–20%, resulting in a substantial increase in water deficit. The most pronounced deficits were identified during the period from flowering to fruit ripening, when water deficit may reach approximately 293 mm in non-grassed and 422 mm in grassed orchards. Water deficits were consistently higher in grassed orchards due to additional water consumption by the grass cover. The obtained results indicate that under future climate conditions plum production in the Toplica District will increasingly depend on irrigation, particularly during critical phenological stages, in order to maintain stable yields and fruit quality.

Keywords: climate change, plum, evapotranspiration, water deficit, irrigation

Received 15.01.2026

Revised 27.04.2026

Accepted 27.04.2026

Promena prinosa i nekih morfoloških osobina soje usled primene amonijum nitrata

Vojin Đukić¹, Libuška Faačara², Jegor Miladinović¹, Zlatica Mamlić¹, Dragana Latković¹, Vuk Đorđević¹, Snežana Jakšić¹

¹ Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Maksima Gorkog 30, Novi Sad Srbija

² Srednja poljoprivredna škola u Baču, Školska 1, Bač, Srbija

corresponding author: vojin.djukic@nsseme.com

+381 21 4898485; +381 64 8205751

Izvod

Predsetvena primena amonijum nitrata obezbeđuje biljkama azot u početnim fazama rasta, sprečava azotnu depresiju pri nicanju biljaka i pozitivno utiče na prinos gajenih biljaka. Predsetvena primena većih količina amonijum nitrata kod mahunarki može imati i negativan efekat, jer blokira razvoj i efikasnost kvržičnih bakterija, što se negativno odražava na ostvareni prinos i morfološke osobine biljaka. Uticaj predsetvene primene različitih doza amonijum nitrata na prinos i morfološke osobine biljaka soje istraživao je tokom 2023. i 2024. godine na privatnoj parceli u Selenči, sa srednjestasnom sortom soje NS Apollo. Dvogodišnji rezultati pokazuju da je predsetvena primena amonijum nitrata od 100 kg ha⁻¹ statistički veoma značajno povećala prinos soje, masu hiljadu zrna, broj zrna po biljci i masu zrna po biljci, dok je primena amonijum nitrata u količini od 300 kg ha⁻¹, u odnosu na primenu amonijum nitrata od 100 kg ha⁻¹, statistički veoma značajno smanjila prinos soje i masu hiljadu zrna, a u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda statistički veoma značajno smanjila broj zrna po biljci i masu zrna po biljci i statistički značajno smanjila masu hiljadu zrna. Prevelike doze amonijum nitrata mogu dovesti do smanjenja prinosa i negativno uticati na morfološke osobine biljaka **soje**.

Ključne reči: Soja, amonijum nitrat, prinos soje, broj zrna po biljci, masa zrna po biljci

UVOD

Soja je proteinsko uljana biljna vrsta koja za ostvarenje visokih prinosa zahteva duboka i plodna zemljišta, dobro obezbeđena makro i mikroelementima, a pošto je poreklom iz severoistočne Kine, odnosno suptropskih predela sa povećanom vlažnosti zemljišta i vazduha, za visoke i stabilne prinose zahteva i dovoljnu količinu, kao i pravilan raspored padavina (Đukić i sar., 2024). Unošenje makro i mikroelemenata u zemljište sa osnovnom obradom, na osnovu analize zemljišta i poznavanja potreba biljaka za hranivima osnovni je uslov za ostvarenje visokih prinosa poljoprivrednih proizvoda (Đukić i sar., 2019). Ukupna količina, kao i količina rezidualnog azota u proleće je promenljiva i zavisi od

plodnosti zemljišta, količine zaoranih žetvenih ostataka i organske materije u zemljištu, preduseva i ostvarenog prinosa, osnovnog đubrenja i prihrane useva i klimatskih faktora, što znači da je specifična za svaku parcelu (Đukić i sar., 2017). Veće doze azota unešene u zemljište mogu dovesti i do smanjenja prinosa soje (Eltreki i sar., 2020). Prevelike doze azotnih đubriva dovode do smanjenja prinosa soje, jer smanjuju formiranje kvržica na korenu i njihovu efikasnost u usvajanju azota iz vazduha. (Fačara i sar., 2025). Biološka fiksacija azota u simbiozi korena soje sa kvržičnim bakterijama poboljšava plodnost zemljišta (Miladinov, 2020a; Bajagić i sar., 2021). Doze azota od 100 kg ha⁻¹ dovode do povećanja prinosa, dok azot primenjen u količini od 200 kg ha⁻¹ smanjuje prinos semena soje (Đukić i sar., 2009). Najveći efekat na povećanje prinosa zrna soje ima jesenja primena NPK đubriva uz predsetvenu primenu azotnog đubriva AN (Dozet i sar., 2021). Predsetvena primena AN-a povećava prinos soje u dvogodišnjem proseku za 9,14% (Đukić i sar., 2023). Primena većih količina azota kod soje ima smisla samo na izrazito kiselim zemljištima i ako ne dolazi do formiranja kvržica na korenu biljaka (Đukić i sar., 2021). Fosforna i kalijumova đubriva unose se u zemljište sa osnovnom obradom zemljišta u jesen, dok se azotna đubriva primenjuju u proleće, sa prvim prohodom u predsetvenoj pripremi (Đukić i Dozet, 2014). Kvalitet zrna soje pod direktnim je uticajem hraniva dostupnih biljkama (Miladinov i sar. 2018). Prinos i kvalitet soje veoma varira zavisno od klimatskih i zemljišnih uslova u pojedinim godinama i pojedinim regionima gajenja soje (Miladinović i sar., 2013; Miladinov et al., 2020; Mamlić et al., 2025). Nepovoljni uslovi rasta tokom faze reproduktivnog rasta semena značajno utiču na težinu hiljadu zrna soje (Miladinov 2020b; Toleikiene i sar., 2021). Gajenjem mahunarki smanjuje se upotreba skupih mineralnih đubriva i smanjuje se zagađenje životne sredine (Mamlić i sar., 2023).

Cilj rada bio je da se utvrdi efekat predsetvene primene amonijum nitrata na prinos soje, masu hiljadu zrna, broj zrna i masu zrna po biljci, na dobro obezbeđenom zemljištu u pogledu hraniva u različitim godinama.

MATERIJAL I METOD RADA

U ovome radu analizirani su rezultati uticaja predsetvene primene azotnog đubriva amonijum nitrata na prinos soje, masu hiljadu zrna, broj zrna i masu zrna po biljci kod sorte soje iz I grupe zrenja NS Apolo. Varijante ogleda bile su kontrola – bez predsetvene primene AN-a, predsetvena primena 100 kg ha⁻¹, 200 kg ha⁻¹ i 300 kg ha⁻¹ AN-a.. Ogled je izveden u tri ponavljanja po standardnoj metodici za izvođenje ogleda, na privatnoj parceli u mestu Selenča. Osnovno đubrenje, na osnovu analize zemljišta je izostavljeno zbog visokog sadržaja fosfora i kalijuma, a primena AN-a vršena je pri predsetvenoj pripremi zemljišta, nedelju dana pre setve. U fazi tehnološke zrelosti obavljena je žetva, merenje mase uzoraka i vlage zrna i obračun prinosa po jedinici površine sa 14% vlage. Morfološke analize deset biljaka soje sa svake osnovne parcelice vršene su u laboratoriji Odeljenja za leguminoze. Rezultati

istraživanja obrađeni su analizom varijanse dvofaktorijalnog ogleda, a značajnost razlika testirana je LSD testom na nivou značajnosti 1% i 5% (statistički program „Statistica 13.0“). Rezultati za prinos, masu hiljadu zrna, broj i masu zrna po biljci prikazani su tabelarno.

Meteorološki uslovi u ispitivanim godinama

Ispitivanja su vršena u 2023. godini i 2024. godini (tabela 1).

Svedoci smo klimatskih promena u vidu povećanja temperatura, dok padavine pokazuju sve veće oscilacije u pojedinim godinama i smenu kišnih i ekstremno sušnih godina (Đukić i sar., 2018). Prosečne temperature u vegetacionom periodu 2023. i 2024. godine (19,8°C i 22,1°C) bile su iznad višegodišnjeg proseka (18,3°C). U 2023. godini temperature znatno iznad višegodišnjeg proseka zabeležene su u junu (21,4°C), julu (24,7°C), avgustu (23,7°C) i septembru (21,4°C), dok su temperature u aprilu bile ispod višegodišnjih proseka (10,5°C), a u septembru na nivou višegodišnjih vrednosti (17,2°C). U 2024. godini više temperature u odnosu na višegodišnje prosečne vrednosti zabeležene su u aprilu (15,3°C), maju (19,0°C), junu (24,3°C), julu (26,9°C), avgustu (27,5°C) i septembru (19,5°C). Padavina je tokom vegetacionog perioda soje u 2023. godini (385,9 lm^{-2}) bilo iznad višegodišnjeg proseka (366,1 lm^{-2}), dok je u 2024. godini (317,5 lm^{-2}) bilo ispod višegodišnjeg proseka. Od 317,5 lm^{-2} padavina u vegetacionom periodu soje u 2024. godini, čak 130,1 lm^{-2} je zabeleženo u septembru, sa izraženim nedostatkom padavina u julu i avgustu, uz veoma visoke temperature, zbog čega je i prinos soje značajno niži u 2024. godini. Vremenski uslovi tokom vegetacije imaju veliki uticaj na prinos soje (Miladinov i sar. 2018).

Tabela 1. Vremenski uslovi u ispitivanim godinama

Table 1. Weather conditions in the study years

Mesec Month	Srednje mesečne temperature (°C) Mean monthly temperature (°C)			Padavine (lm^{-2}) Precipitation (lm^{-2})		
	2023	2024	Prosek 1964-2022 Average 1964-2022	2023	2024	Prosek 1964-2022 Average 1964-2022
IV	10,5	15,3	11,8	63,9	21,5	47,8
V	17,2	19,0	17,0	124,8	78,0	66,6
VI	21,4	24,3	20,3	35,4	57,3	85,0
VII	24,7	26,9	21,9	58,2	29,4	63,8
VIII	23,7	27,5	21,5	40,1	1,2	57,0
IX	21,4	19,5	17,1	63,5	130,1	46,0
Prosek/Suma Average/Sum	19,8	22,1	18,3	385,9	317,5	366,1

Hemijska svojstva zemljišta

Pre postavljanja ogleda izvršena je analiza oraničnog sloja zemljišta (0-30 cm), (tabela 2).

Sadržaj humusa određivan je metodom Tjurina - oksidacijom organske materije, lakopristupačni fosfor spektrofotometrijski, a lakopristupačni kalijum plamenofotometrijski.

Tabela 2. Osnovna agrohemijaska svojstva zemljišta pre postavljanja ogleda

Table 2. Basic agrochemical soil properties before conducting the experiment

u KCl	pH	CaCO ₃ %	Humus %	Ukupni N %	AL-P ₂ O ₅ mg 100g ⁻¹	AL-K ₂ O mg 100g ⁻¹
	u H ₂ O					
7,20	8,07	1,23	2,55	0,127	45,9	29,0

Prema analizama zemljišta može se konstatovati da je ogled izveden na srednje alkalnom, slabo karbonatnom, slabo humoznom zemljištu, srednje obezbeđenom azotom, vrlo visoko obezbeđenom fosforom i visoko obezbeđeno kalijumom. Zbog visokog sadržaja fosfora i kalijuma pri izvođenju ogleda izostavljena je upotreba NPK đubriva pri osnovnoj obradi zemljišta.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

Tabela 3. Prosečan prinos zrna soje (kg ha⁻¹) i masa hiljadu zrna soje (g)

Table 3. Average soybean grain yield (kg ha⁻¹) and mass of one thousand soybeans (g)

Godina/Year (A) Đubriva /Fertilizers (B)	Prinos (kg ha ⁻¹)			Masa 1000 zrna (g)		
	2023	2024	Prosek B Average B	2023	2024	Prosek B Average B
Kontrola	3.048	2.126	2.587	176,5	160,1	168,3
AN 100kg ha ⁻¹	3.245	2.317	2.781	182,4	163,4	172,9
AN 200kg ha ⁻¹	3.184	2.233	2.709	180,2	162,4	171,3
AN 300 kg ha ⁻¹	2.981	2.042	2.512	174,1	158,3	166,2
Prosek (A) /Average A	3.115	2.179		178,3	161,0	
LSD	1%	5%		1%	5%	
A	226,7	165,2		3,5	2,2	
B	132,0	100,5		2,9	1,6	
AXB	237,4	174,1		3,6	2,3	
BXA	268,2	209,3		3,2	1,8	

Posmatrajući prinos soje po godinama (tabela 3.), uočavaju se statistički visoko značajne razlike između pojedinih godina (3.115 kg ha⁻¹ u 2023. godini i 2.179 kg ha⁻¹ u 2024. godini).

Posmatrajući prosečne prinose soje po varijantama đubrenja uočava se da su najviši prinosi ostvareni predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (2.781 kg ha^{-1}), što je statistički veoma značajno viši prinos u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda (2.587 kg ha^{-1}) i primenu 300 kg ha^{-1} AN-a (2.512 kg ha^{-1}).

Posmatrajući prinose u istim godinama a po različitim varijantama đubrenja uočava se da je u 2023. godini najviši prinos ostvaren na varijanti sa predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (3.245 kg ha^{-1}), što je statistički značajno viši prinos u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda (3.048 kg ha^{-1}). Najniži prinos zabeležen je na varijanti sa primenom 300 kg ha^{-1} AN-a (2.981 kg ha^{-1}), što je statistički veoma značajno niži prinos u odnosu na varijantu ogleda sa primenom 100 kg ha^{-1} AN-a i statistički značajno niži prinos u odnosu na primenu 200 kg ha^{-1} AN-a (3.184 kg ha^{-1}).

U 2024. godini najviši prinos je ostvaren na varijanti sa predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (2.317 kg ha^{-1}), što je statistički značajno viši prinos u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda (2.126 kg ha^{-1}). Najniži prinos zabeležen je na varijanti sa primenom 300 kg ha^{-1} AN-a (2.042 kg ha^{-1}), što je statistički veoma značajno niži prinos u odnosu na varijantu ogleda sa primenom 100 kg ha^{-1} AN-a i statistički značajno niži prinos u odnosu na primenu 200 kg ha^{-1} AN-a (2.233 kg ha^{-1}).

Masa hiljadu zrna soje statistički je veoma značajno viša u 2023. godini (178,3 g), u odnosu na 2024. godinu (161,0, g).

Posmatrajući masu hiljadu zrna soje po varijantama đubrenja uočava se da su najviše vrednosti ostvarene kod predsetvene primene 100 kg ha^{-1} AN-a (172,9 g), što je statistički veoma značajno viša vrednost u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda (168,3 g) i primenu 300 kg ha^{-1} AN-a (166,2 g).

Posmatrajući masu hiljada zrna soje u istim godinama a po različitim varijantama đubrenja uočava se da je u 2023. godini najviša vrednost ostvarena na varijanti sa predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (182,4 g), što je statistički veoma značajno viša masa hiljadu zrna u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda (176,5 g). Najniža masa hiljadu zrna zabeležena je na varijanti sa primenom 300 kg ha^{-1} AN-a (174,12 g), što je statistički veoma značajno niža vrednost u odnosu na varijante ogleda sa primenom 100 kg ha^{-1} AN-a i 200 kg ha^{-1} AN-a (180,2 g) i statistički značajno niža vrednost u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda.

U 2024. godini najviša masa hiljadu zrna ostvarena je na varijanti sa predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (163,4 g), što je statistički značajno viša vrednost u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda (160,1). Najniža masa hiljadu zrna zabeležena je na varijanti sa primenom 300 kg ha^{-1} AN-a (158,3 g), što je statistički veoma značajno niža masa hiljadu zrna u odnosu na varijantu ogleda sa primenom 100 kg ha^{-1} AN-a i 200 kg ha^{-1} AN-a (162,4 kg ha^{-1}).

Tabela 4. Prosečan broj zrna po biljci i masa zrna po biljci soje (g)

Table 4. Average number of grains per plant and weight of grains per soybean plant (g)

Godina/Year (A) Đubriva /Fertilizers (B)	Broj zrna po biljci			Masa zrna po biljci (g)		
	2023	2024	Prosek B Average B	2023	2024	Prosek B Average B
Kontrola	41,30	35,23	38,27	7,29	5,64	6,47
AN 100kg ha^{-1}	54,13	43,58	48,86	9,87	7,12	8,50
AN 200kg ha^{-1}	51,71	41,75	46,73	9,32	6,78	8,05
AN 300 kg ha^{-1}	39,97	32,84	36,41	6,96	5,20	6,08
Prosek (A) /Average A	46,78	38,35		8,36	6,19	
LSD	1%	5%		1%	5%	
A	5,67	4,02		1,96	1,45	
B	4,99	3,26		1,56	1,16	
AXB	6,33	4,61		2,22	1,61	
BXA	6,08	4,40		2,14	1,52	

Prosečan broj zrna po biljci soje (tabela4), statistički je značajno viši u 2023. godini (46,78) u odnosu na 2024. godinu (38,35).

Posmatrajući broj zrna po biljci po varijantama đubrenja uočava se da su najviše vrednosti ostvarene kod predsetvene primene 100 kg ha^{-1} AN-a (48,86), što je statistički veoma značajno viši broj zrna u odnosu na kontrolnu varijantu oglada (38,27) i primenu 300 kg ha^{-1} AN-a (36,41).

Posmatrajući broj zrna po biljci soje u istim godinama a po različitim varijantama đubrenja uočava se da je u 2023. godini najviša vrednost ostvarena na varijanti sa predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (54,13), što je statistički veoma značajno viši broj zrna po biljci u odnosu na kontrolnu varijantu oglada (41,30). Najniži broj zrna po biljci zabeležen je na varijanti sa primenom 300 kg ha^{-1} AN-a (39,97), što je statistički veoma značajno niža vrednost u odnosu na broj zrna po biljci na varijantama oglada sa primenom 100 kg ha^{-1} AN-a i 200 kg ha^{-1} AN-a (51,71).

U 2024. godini najviša vrednost za broj zrna po biljci ostvarena je na varijanti sa predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (43,58), što je statistički veoma značajno viši broj zrna po biljci u odnosu na kontrolnu varijantu oglada (35,23). Najniži broj zrna po biljci zabeležen je na varijanti sa primenom 300 kg ha^{-1} AN-a (32,84), što je statistički veoma značajno niža vrednost u odnosu na broj zrna po biljci na varijantama oglada sa primenom 100 kg ha^{-1} AN-a i 200 kg ha^{-1} AN-a (41,75).

Masa zrna po biljci statistički je veoma značajno viša u 2023. godini (8,36 g) u odnosu na 2024. godinu (6,19 g).

Posmatrajući masu zrna po biljci po varijantama đubrenja uočava se da su najviše vrednosti ostvarene kod predsetvene primene 100 kg ha^{-1} AN-a (8,50 g), što je statistički veoma značajno viša vrednost u odnosu na kontrolnu varijantu oglada (6,47 g) i primenu 300 kg ha^{-1} AN-a (6,08 g).

Posmatrajući masu zrna po biljci soje u istim godinama a po različitim varijantama đubrenja uočava se da je u 2023. godini najviša vrednost ostvarena na varijanti sa predsetvenom primenom 100

kg ha^{-1} AN-a (9,87 g), što je statistički veoma značajno viša masa zrna po biljci u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa (7,29 g). Najniža masa zrna po biljci zabeležena je na varijanti sa primenom 300 kg ha^{-1} AN-a (6,96 g), što je statistički veoma značajno niža vrednost u odnosu na masu zrna po biljci na varijantama ogleđa sa primenom 100 kg ha^{-1} AN-a i 200 kg ha^{-1} AN-a (9,32 g).

U 2024. godini najviša vrednost za masu zrna po biljci ostvarena je na varijanti sa predsetvenom primenom 100 kg ha^{-1} AN-a (7,12 g), što je statistički značajno viša masa zrna po biljci u odnosu na primenu 300 kg ha^{-1} AN-a (5,20 g).

ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja uticaja predsetvene primene amonijum nitrata na prinos i neke morfološke osobine biljaka soje mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Prinos soje i ispitivane morfološke osobine soje bili su pod velikim uticajem klimatskih faktora, prvenstveno količine i rasporeda padavina u vegetacionom periodu soje.
- Na dobro obezbeđenom zemljištu u pogledu hraniva predsetvena primena amonijum nitrata u količini od 100 kg ha^{-1} značajno povećava prinos soje, masu hiljadu zrna, broj zrna po biljci i masu zrna po biljci, dok primena amonijum nitrata u količini od 300 kg ha^{-1} smanjuje prinos soje, masu hiljadu zrna, broj zrna po biljci i masu zrna po biljci.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, br. ugovora 451-03-33/2026-03/ 200032, uz podršku projekta Horizon Europe „Valorization Legumes Related Ecosystem Services“ (acronym VALERECO) br. 1011354272, i projekta „Agrisolarno rešenje za dvostruku namenu poljoprivrednog zemljišta“ broj 003877444 2025 09418 003 pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost.

LITERATURA

- Bajagić, M., Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, G., Cvijanović, G., Miladinović, J., Cvijanović, V. 2021: Effects of autumn and spring primary tillage on soybean yield and 1000-grain weight in the agro-ecological conditions of Serbia, *Agro-knowledge Journal*, University of Banjaluka, Faculty of Agriculture, vol.22, no.2, 37-47.
- Dozet, G., Miladinov Mamlić, Z., Đukić, V., Đurić, N., Miladinović, J., Jovanović-Todorović, M., Cvijanović, G. 2021: Uticaj vremena primene NPK đubriva na sadržaj ulja u zrnju soje. Zbornik radova 62. Savetovanja industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica“ sa međunarodnim učešćem, 27. jun-02. jul 2021, Herceg Novi, Crna Gora 101-107.
- Đukić, V., Đorđević, V., Balešević-Tubić, S., Tatić, M., Ilić, A. 2009: Uticaj azota na prinos i masu hiljadu zrna soje. *Selekcija i semenarstvo XV* (2009), 4, 73-80.
- Đukić, V., Dozet, G. 2014: Tehnologija gajenja semenskog useva soje: (Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., red.): *Semenarstvo soje: Institut za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad, 53-114.

- Đukić, V., Dozet, G., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Vidić, M., Miladinov, Z., Tatić, M. 2017: Uticaj agroekoloških uslova i đubrenja na prinos soje, Zbornik naučnih radova Institut PKB Agroekonomik, Beograd, vol.23 br.1-2, 129-137.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, D., Petrović, K. 2018: Kritični momenti u proizvodnji soje., Zbornik referata 52. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS) i 1. Savetovanje agronoma Republike Srbije i Republike Srpske, Zlatibor, 34-44.
- Đukić, V., Miladinović, J., Balešević-Tubić, S., Miladinov, Z., Dozet, G., Petrović, K., Čeran, M. 2019: Efekat folijarnih tretmana na prinos soje, Zbornik naučnih radova Institut PKB Agroekonomik, Beograd, Vol. 25, br. 1-2, 165-172.
- Đukić, V., Miladinović, J., Miladinov Mamlić, Z., Dozet, G., Bajagić, M., Jovanović Todorović M., Cvijanović, V. 2021: Prinos soje u zavisnosti od vremena primene NPK đubriva. Zbornik radova, XXVI Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak, 12-13 Mart, 2021. 43-48.
- Đukić, V., Miladinović, J., Dozet, G., Mamlić, Z., Kandelinska, O., Ranđelović, P., Latković, D. 2023: Interakcija amonijum nitrata na kvalitet zrna soje pri jesenjoj i prolećnoj osnovnoj obradi zemljišta. Uljarstvo, vol.54, br. 1, 47-53.
- Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Đorđević, V., Latković, D., Čeran, M., Bajagić, M. 2024: Povećanje prinosa soje primenom vodenih ekstrakata biljnog materijala. Zemljište i biljka, Vol. 73, broj 2, 29-37.
- Eltreki, A., Đukić, V., Cvijanović, G., Đurić, N., Miladinov, Z., Dozet, G., Cvijanović, M. 2020: Primena efektivnih mikroorganizama i NPK đubriva u cilju povećanja prinosa i kvaliteta soje. Uljarstvo, vol.51, br. 1, 11-16.
- Faćara, L., Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Dozet, G., Bajagić, M., Čeran, M. 2025: Uticaj azotnog đubriva na kvalitet zrna soje. Zbornik radova 66. Savetovanja industrije ulja "Proizvodnja i prerada uljarica" 22.-27.06. 2025., Herceg Novi, Crna Gora. 59-62.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Dozet, G., Abdurhman, A., Dolapčev-Rakić, A., Sinjušin, A., Đurić, N. 2023: Značaj gajenja leguminoza u biljnoj proizvodnji. Zbornik radova nacionalnog naučnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja“, Smederevska Palanka, Srbija, 02. novembar 2023., 216-225.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Čanak, P., Uhlarik, A., Vasiljević, S., Bajagić, M., Miladinović, J. 2025: Historical development of soybean production depending on the agroecological conditions of Serbia. *Economics of Agriculture*. 72(1): 345–355.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Čeran, M., Valan, D., Dozet, G., Tatić, M., Ranđelović, P. 2018: Uticaj folijarne prihrane na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, Zbornik radova 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica“, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 73-78.
- Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Crnobarac, J., Miladinović, J., Čanak, P., Đukić, V., Petrović, K. 2020a: Effects of foliar application of solutions of ascorbic acid, glycine betaine, salicylic acid on the yield and seed germination of soybean in South Eastern Europe conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107(4): 337-344.
- Miladinov, Z. 2020b: Predsetveni tretmani semena soje (*Glycine max* L.) u cilju poboljšanja kliavosti i uticaj zemljišne suše na kvalitet formiranog semena. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. 133 str.
- Miladinović, J., Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đukić, V., Đorđević, V. 2013: Soja u 2012. godini. Zbornik radova 47. Savetovanja agronoma Srbije, Zlatibor, 03.02.-09.02. 2013., 79-86.
- Toleikiene, M., Slepetyš, J., Sarunaite, L., Lazauskas, S., Deveikyte, I., & Kadziuliene, Z. 2021: Soybean Development and Productivity in Response to Organic Management above the Northern Boundary of Soybean Distribution in Europe. *Agronomy*, 11(2), 214. doi:10.3390/agronomy11020214

Changes in the yield and some morphological characteristics of soybeans due to the application of ammonium nitrate

Vojin Đukić¹, Libuška Fačara², Jegor Miladinović¹, Zlatica Mamlić¹, Dragana Latković¹, Vuk Đorđević¹, Snežana Jakšić¹

¹Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, National Institute of the Republic of Serbia, Serbia

²Secondary Agricultural School in Bač, Školska 1, Bač, Serbia

Abstract

The pre-sowing application of ammonium nitrate provides plants with nitrogen in the initial stages of growth, prevents nitrogen depression during plant emergence and has a positive effect on the yield of cultivated plants. The pre-sowing application of larger amounts of ammonium nitrate in legumes can also have a negative effect, because it blocks the development and efficiency of nodule bacteria, which negatively affects the achieved yield and morphological characteristics of the plants. The influence of the pre-sowing application of different doses of ammonium nitrate on the yield and morphological characteristics of soybean plants was investigated during 2023 and 2024 on a private plot in Selenca, with the medium-sized soybean variety NS Apolo. The two-year results show that the pre-sowing application of ammonium nitrate of 100 kg ha⁻¹ statistically very significantly increased the yield of soybeans, the weight of one thousand grains, the number of grains per plant and the weight of grains per plant, while the application of ammonium nitrate in the amount of 300 kg ha⁻¹, compared to the application of ammonium nitrate of 100 kg ha⁻¹, statistically significantly reduced the yield of soybeans and the weight of one thousand grains, and compared to the control variant, it statistically significantly reduced the number of grains per plant and grain mass per plant and statistically significantly reduced the mass of one thousand grains. Excessive doses of ammonium nitrate can lead to a decrease in yield and negatively affect the morphological characteristics of soybean plants.

Key words: Soybean, ammonium nitrate, soybean yield, number of grains per plant, weight of grains per plant

Received 13.02.2026

Revised 17.06.2026

Accepted 17.06.2026

Sustainable management of water resources and land in the production of pepper in the greenhouse

Jelena Stojiljković^{1*}, Vera Rajičić², Dragan Terzić², Biljana Šević¹, Ivan Tupajić¹, Darko Jovanović¹, Milan Ugrinović¹, Nenad Djurić¹

¹Institute for Vegetable Crops Smederevska Palanka, Karadjordjeva 71, Smederevska Palanka

² University of Niš, Faculty of Agriculture in Kruševac, Kosančićeva 4, Kruševac

*Corresponding author: jstojiljkovic@institut-palanka.rs

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of irrigation level, soil type, and microbial biostimulants on fruit weight and fruit number per plant of the pepper genotype "Moravska lepotica". The experiment was conducted during 2025 in the greenhouse of the Institute for Vegetables Crops Smederevska Palanka, on land originating from three locations important for the production of peppers in Serbia (Ruski Krstur, Donja Lokošnica and Smederevska Palanka). The experiment included a control treatment and three treatments with biostimulators (Azoter F - *Trichoderma atroviride*, Biofor active and Folisu) in three repetitions with 10 plants per treatment. Statistical analysis (ANOVA) showed a significant effect of factors and the interaction of irrigation $\times$ locality $\times$ treatment on fruit weight per plant. The highest fruit weight per plant (110.95 g) was measured at the full irrigation norm on the land from Donja Lokošnica in the Biofor active treatment. In contrast, at the reduced norm, the highest value (86.45 g) was recorded on land from Smederevska Palanka. The lowest average weight (32.22 g) was measured on the soil from Ruski Krstur in the Azoter F treatment at 50% of the irrigation norm. At the reduced irrigation norm, the highest number of fruits was obtained on Ruski Krstur with Azoter F (8.7) and Folis (7.8), while the control yielded the fewest (4.5).

Keywords: biostimulants, pepper, reduced irrigation, soil type, productive traits of fruit

Introduction

Fertile soil not only provides the necessary conditions for plant growth, but actively participates in the preservation of biodiversity, nutrient cycling, water filtration and carbon sequestration (Rajičić et al., 2023; Fausak et al., 2024; Rajičić et al., 2024). However, unsustainable agricultural land management, excessive use of chemical fertilizers and direct impacts of climate change cause soil degradation (Stojiljković et al., 2025a; Šević et al., 2025a). Soil degradation manifests itself through erosion, contamination, increased salinity, disruption of microbial communities, greenhouse gas emissions and imbalance of nutrient elements (Stojiljković et al., 2025b; Terzić et al., 2025a). These processes threaten agroecosystems in the long term, especially in regions with intensive greenhouse production. In response to these interconnected challenges, innovative, nature-based and ecologically efficient management

measures are gaining increasing importance (Rajičić et al., 2025; Šević et al., 2025b). Research suggests that agrotechnical measures such as drip irrigation systems, mulching and foliar feeding contribute to better plant growth, higher yields, water savings, weed control, improved nutrient absorption and reduced soil compaction, creating a more favorable microclimate for crops (Deepthi et al., 2024).

Pepper (*Capsicum annuum* L.) is among the most important vegetable species worldwide and in Serbia (Šević et al., 2024). High nutritional value, antioxidant compound content, and intense organoleptic properties (taste, colour, aroma, and texture) make it highly sought after on the market (Brezeanu et al., 2022). The quality of pepper fruits depends on the genotype (Cvikić et al., 2024), degree of maturity, and production conditions, including applied agrotechnical measures and fertilisation systems (Bajagić et al., 2025; Elhawary et al., 2025). According to FAO data from 2021, the annual withdrawal of water from natural water resources worldwide was approximately 4250 km³, with agriculture accounting for as much as 71.7% of total water consumption. It is estimated that the world population will reach 9 billion by 2050, posing numerous serious challenges for agriculture in providing sufficient food (Tripathi et al., 2018). To feed the human population, it will be necessary to produce about 60% more food than current levels, which will inevitably lead to a further increase in water consumption (Mancosu et al., 2015). Preservation of this resource is necessary to achieve maximum efficiency with minimal losses, thereby ensuring the long-term sustainability of agricultural production (Boyacı et al., 2025).

Rising temperatures have a negative impact on plant growth and development (Jovanović and Rančić, 2025), which often leads to insufficient development of reproductive organs due to reduced carbon assimilation (Kabir et al., 2021; Marcellini et al., 2023). Drought stress is one of the most significant abiotic limitations of agricultural productivity. Water deficiency directly impairs photosynthesis by limiting CO₂ diffusion into plant leaves under stress, due to reduced conductivity in stomatal and mesophyll tissues (Ntanasi et al., 2025). In addition, in drought conditions, there is a reduced absorption of mineral nutrients by the root system, because the low moisture content in the soil slows down the diffusion of nutrient ions from the soil to the roots. Because of the above, there is an increasingly pronounced need to develop pepper genotypes that show greater resistance to drought and, at the same time, maintain satisfactory yields and fruit quality (Gisbert-Mullor et al., 2023). In agroecological and organic production systems, special importance is given to preserving the diversity of genotypes, especially traditional and locally adapted genotypes. They represent an important genetic resource for breeding and as rootstocks, which significantly contribute to greater resistance of vegetable production in an increasingly unpredictable climate (Conti et al., 2019). Pepper belongs to plants that are extremely sensitive to water stress (Mačkić et al., 2023), so great caution is necessary when managing irrigation.

The period of lack of water during flowering and fruit setting is especially critical. In the context of climate change, characterised by an uneven distribution of precipitation and extreme temperatures (Terzić et al., 2025b), the accurate determination of the watering rate becomes crucial for stable and successful plant production (Tupajić et al., 2026). As an effective adaptation strategy, biostimulators are increasingly used - relatively new products of various formulations that positively affect vital processes in plants without direct supply of nutrients (Calvo et al., 2014; Dragičević et al., 2021). In modern plant production, their application is considered an important component of sustainable agriculture that significantly contributes to the preservation of the agroecosystem (Salachna et al., 2025). Biostimulators reduce the use of conventional mineral fertilisers, strengthen resistance to biotic and abiotic stresses and increase the synthesis of photosynthetic pigments (Janošević et al., 2017; Naqve et al., 2023). Microbiological biostimulators based on beneficial fungi and bacteria are particularly important, as they improve soil structure and microbial diversity, thereby contributing to the sustainability of production under increasingly pronounced water stress and elevated temperatures.

The aim of this study was to examine the impact of reduced irrigation (50% of the full norm) and the application of different biostimulators on the components of the yield of peppers of the Moravska lepotica variety in greenhouse production conditions, with special reference to the weight of fruits per plant and the number of fruits per plant. The novelty of the research is reflected in the comprehensive analysis of the interaction between water deficit and biostimulators on the productive parameters of the Moravska lepotica variety, with an emphasis on the possibility of significantly reducing water consumption while preserving or improving yields, in parallel with reducing the use of mineral fertilisers and chemical plant protection agents and preserving the microbiological activity of the soil. This approach represents a practical model of climate-smart, resource-efficient agriculture in the context of global climate change.

Material and Methods

The research was conducted during 2025 in the greenhouse of the Institute for Vegetables Crops Smederevska Palanka (44°22' N, 20°47' E, 102 m above sea level), on lands from three locations known for pepper production in Serbia: Ruski Krstur, Donja Lokošnica (near Leskovac) and Smederevska Palanka. The experiment included two irrigation norms - full (100%) and reduced (50% of the total watering norm). Irrigation was implemented using the Smart Watering automated system. The system is equipped with a sensor for continuous measurement of soil moisture. The sensor automatically started the irrigation process when the lower limit of optimal humidity was reached, and stopped it after the required amount of water had been applied. The sensor is placed in pots with two drippers, ensuring a full

irrigation norm (100%). The variant with a reduced irrigation norm (50%) was realised using only one dripper per pot.

Seedlings of the variety Moravska leptica were transplanted into pots filled with soil from three localities, with 10 plants per treatment and three repetitions. Treatments with biostimulators were applied starting 15 days after planting, according to the manufacturer's recommendations: 1. Control - without application of biostimulators. 2. Azoter F (*Trichoderma atroviride*) – component A (120 ml/30 l of water) and component B (1.6 ml/30 l of water), applied together by watering. The first treatment is a few days after planting, then two more at intervals of 7-10 days. 3. Biofor active - dose 125 ml/10 l of water (watering and foliar application). The first treatment is a few days after planting, then two more at intervals of 7-10 days. 4. Folisu – ecological foliar treatment, dose 18.75 g/2.250 ml of water. The first treatment is a few days after planting, the second in the phase of intensive growth, and the third in the phase of fruit set.

The experiment was conducted under greenhouse conditions, with the main focus on insect and mite control. For this experiment, a monitoring-based method was used, in which the decision to apply insecticides/miticides was based on visual detection, combined with early-detection tools such as sticky traps (yellow and blue) and VARL+ traps with pheromone lures. The lures were selected for control of *Helicoverpa armigera armigera* L. and *Ostrinia nubilalis* L., based on field history.

Agrochemical analysis of the soil was performed before setting up the experiment using standard accredited methods: pH in KCl according to Kapen, humus content according to Kotzman, total nitrogen using the Kjeldahl method, and easily accessible forms of phosphorus (P_2O_5) and potassium (K_2O) using the AL-method according to Egner-Riehm (Table 1).

Table 1. Soil nutrient availability and mechanical composition at various locations

Provision of soil with nutrients						
Locality	Depth (cm)	Humus	N	Available (mg 100 g ⁻¹ soil)		pH
		(%)	(%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	KCl
R. Krstur	0-30	2.02	0.13	37.55	52.16	7.11
D. Lokošnica	0-30	2.13	0.14	31.74	45.18	5.77
S. Palanka	0-30	2.25	0.15	38.28	39.27	5.91
Mechanical composition of soil						
Locality		Sand	Fine sand	Powder	Clay	
Ruski Krstur		1.3	23.0	39.1	36.6	
Donja Lokošnica		17.3	12.0	53.5	17.2	
Smederevska Palanka		5.1	21.1	24.5	49.3	

All three soils were low humus content (Belić et al., 2014), with a slightly acidic (Donja Lokošnica and Smederevska Palanka) to neutral reaction (Ruski Krstur) and a high content of phosphorus and potassium in all three soils. Differences in the mechanical composition were determined: the largest share of powder in the soil from Donja Lokošnica, the largest share of clay in the soil from Smederevska Palanka and an almost equal share of dust and clay in the soil from Ruski Krstur (Table 1).

Air temperature (°C) and relative humidity (RH %) were measured daily during the growing season with a digital thermohygrometer (Testo 608-H1), and the values are shown as averages per month during the research period (Figure 1).

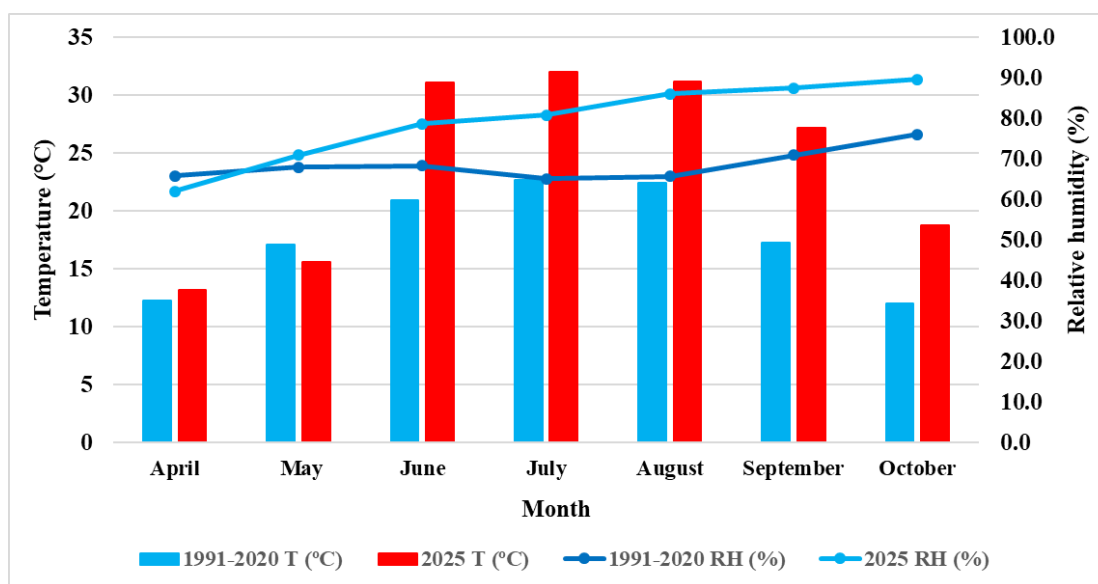


Figure 1. Average monthly air temperature and relative humidity during the growing season in 2025 and the multi-year period (1991-2020)

Average air temperatures in 2025 ranged from 13.2 °C (April) to 32 °C (July), which is significantly above the long-term average. Relative air humidity during 2025 was elevated (62.0-89.6%), with a tendency to increase during the season due to increased evapotranspiration. Analysis of microclimate parameters revealed that the relative humidity during the research period was significantly above the long-term average (65.1-76.1%).

IBM SPSS Statistics software, version 26.0, was used for the statistical analysis of the obtained data. An Analysis of Variance (ANOVA) was applied to assess the influence of locality, irrigation norm and treatment, with significance levels set at $p < 0.05$ and $p < 0.01$. Tukey's HSD (Honestly Significant Difference) post-hoc test was used to perform multiple pairwise comparisons between all group means at statistical significance level 0.05. It was determined which specific groups had statistically significant

differences by comparing the difference between each pair of means with a calculated critical value (HSD). A compact representation is given with different letters denoting significant differences.

Results and Discussion

The statistical analysis (Table 2) determined the influence of individual factors, as well as the interaction of irrigation $\times$ locality $\times$ treatment, on the examined characteristic, fruit weight per plant, in the Moravska lepotica. Genotype, irrigation and biostimulant treatments significantly influence the quality of pepper fruits (Elhawary et al., 2025).

Table 2. Analysis of variance (ANOVA) for fruit weight

EFFECT	SS	df	MS	F test	ProbF	Sign.
Irrigation	5847.98594	1	5847.98594	17.55454433	0.000125150	**
Locality	3127.249427	2	1563.624714	4.693704744	0.013962909	*
Treatment	4046.930319	3	1348.976773	4.049372349	0.012312878	*
Irrigation x Locality	1473.735278	2	736.8676389	2.211936856	0.121003346	ns
Irrigation x Treatment	1195.310562	3	398.436854	1.196031846	0.321799150	ns
Locality x Treatment	4346.664115	6	724.4440191	2.174643506	0.062672740	ns
Irrigation x Locality x Treatment	7711.102049	6	1285.183675	3.857877571	0.003362055	**
Total	46977.89404	71				

Note: SS-Sum of squares; df – Degree of freedom; MS-Mean Squares; F test - value calculated; ProbF – probability of F – p value; ** Highly significant at 0.01 probability level; *Significant at 0.05 probability level; ^{ns}Non significant at 0.05 probability level.

The highest average value of fruit weight per plant (Figure 2) was measured at full irrigation norm (100%) on the land from the Donja Lokošnica location in the treatment with Biofor active, and is 110.95 g, then at full irrigation norm on the land from Smederevska Palanka in the control treatment, where no biostimulator was applied (104.07 g). Regarding the reduced irrigation norm (50%) on the soil type from Smederevska Palanka in the treatment with Biofor active, the highest fruit weight was achieved (86.45 g). At the same time, the lowest average value was recorded in the soil from Ruski Krstur with the Azoter F treatment, at 32.22 g, indicating statistically significant differences between treatments. The results show that applying biostimulators can significantly increase fruit weight. The results of the research are in agreement with the results of earlier research in which the foliar application of biostimulators had a positive effect on the physical characteristics of the fruit, including greater fruit weight (Mahmood et al., 2017; Halshoy et al., 2025). Also, the positive impact of biostimulators on fruit weight was reported in the research results (Halshoy et al., 2025), and this was confirmed in the results of this research, where the treatments Biofor active, Azoter F and Folisu, in most cases, achieved better results than the control.

Reducing the irrigation norm to 50% of the norm did not result in significant losses in the Moravska lepotica genotype, especially when combined with a suitable biostimulator and soil. This coincides with the findings that reducing irrigation to a certain level (67% ETc) does not significantly affect the yield and quality of fruits (Kabir et al., 2021), and that reductions (up to 20% reduced regime) in some genotypes did not lead to significant losses (Marcellini et al., 2023). However, optimal growth and high yield still require sufficient water during critical developmental stages (Kabir et al., 2021). A greater reduction in the watering rate (by 40%) often leads to a decrease in yield due to a reduction in the number or size of fruits (Ntanasi et al., 2025), and the average weight of fresh pepper fruit decreases in conditions of water deficit (Kurunc et al., 2011). Pimentel-Pujols et al. (2026) in their research concluded that fertigation and different substrates significantly affect the agronomic characteristics of pepper in a protected area, and the type of substrate proved to be a dominant factor, especially in terms of fruit weight, and other productive properties of pepper fruit (Salachna et al., 2025).

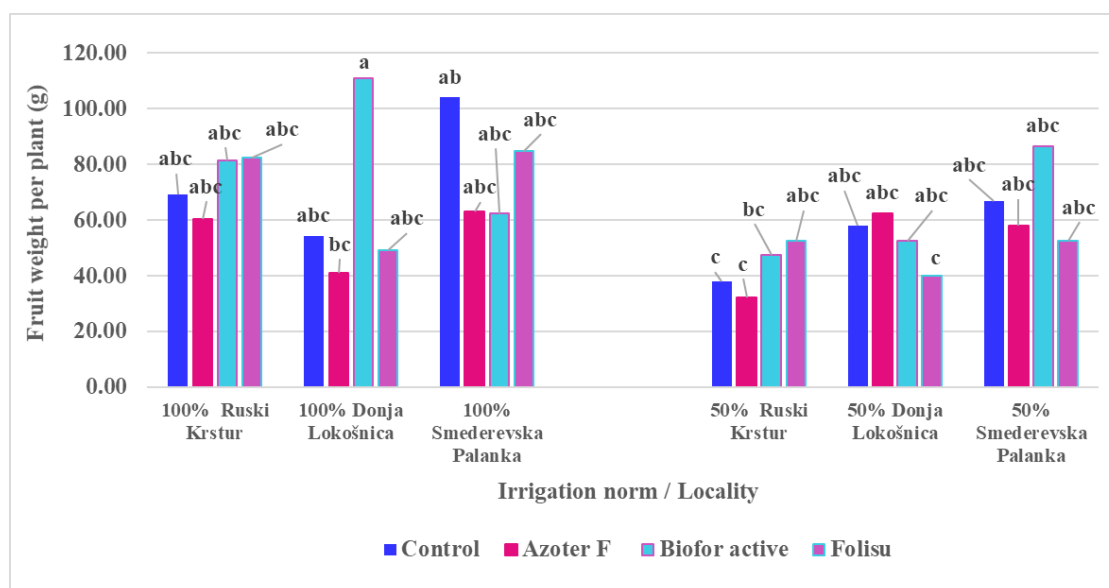


Figure 2. Average fruit weight per plant (g) at different irrigation rates and treatments during 2025. Irrigation: 100 % - full norm; 50% - reduced norm. Locality: Ruski Krstur, Donja Lokošnica, Smederevska Palanka. Treatment: Control, Azoter F, Biofor active, Folisu. Tukey's test HSD – different letters indicate statistically significant differences between treatment combinations.

Analysis of variance (Table 3) showed that the treatment had a statistically significant effect on the number of fruits per plant in the Moravska lepotica genotype.

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for fruit number per plant

EFFECT	SS	df	MS	F test	ProbF	Sign.
Irrigation	0.003472222	1	0.003472222	0.001014478	0.974728773	ns
Locality	10.63020833	2	5.315104167	1.552912766	0.22252087	ns
Treatment	35.75347222	3	11.91782407	3.482027928	0.023190188	*
Irrigation x Locality	6.585069444	2	3.292534722	0.961979115	0.389689287	ns
Irrigation x Treatment	7.420138889	3	2.47337963	0.722646759	0.54363568	ns
Locality x Treatment	6.897569444	6	1.149594907	0.335876881	0.914418049	ns
Irrigation x Locality x Treatment	7.262152778	6	1.210358796	0.353630252	0.904123789	ns
Total	234.09375	71				

Note: SS-Sum of squares; df – Degree of freedom; MS-Mean Squares; F test - value calculated; ; ProbF – probability of F – p value; *Significant at 0.05 probability level; nsNon significant at 0.05 probability level.

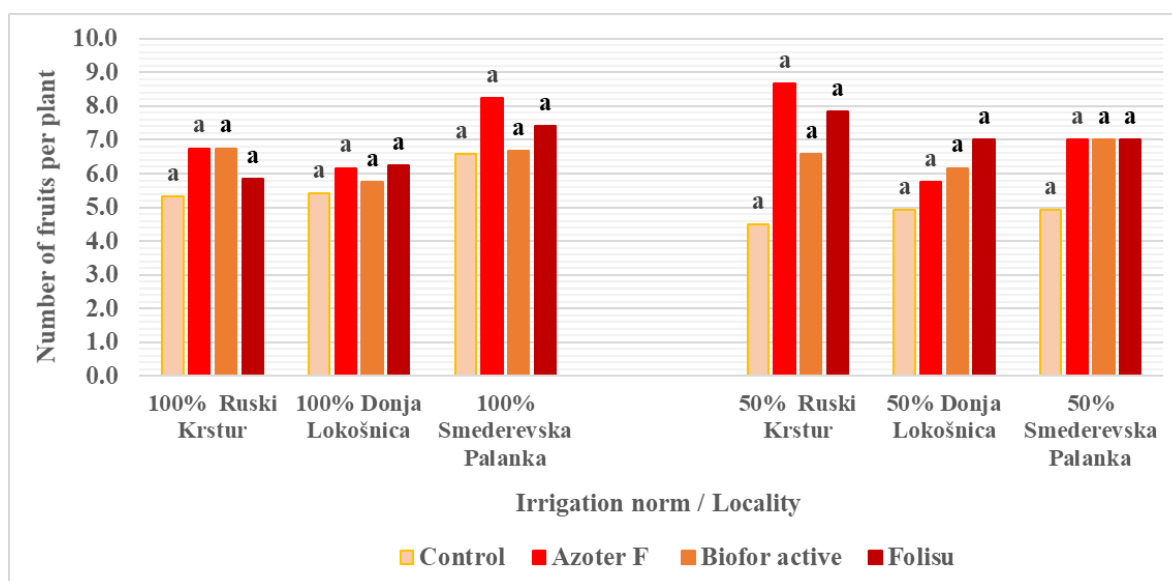


Figure 3. Average values of the number of fruits per plant under different irrigation rates and treatments during 2025. Irrigation: 100 % - full norm; 50% - reduced norm. Locality: Ruski Krstur, Donja Lokošnica, Smederevska Palanka. Treatment: Control, Azoter F, Biofor active, Folisu. Tukey's test HSD – different letters indicate statistically significant differences between treatment combinations.

Analysing the results on the number of fruits per plant (Figure 3), it can be seen that with a reduced irrigation norm, a higher number of fruits per plant was achieved on the soil type from Russian Krstur in the treatment with Azoter F (8.7) and the treatment with Folisu (7.8). In contrast, the lowest average value was observed in the control treatment (4.5). At the full irrigation norm, the highest average number of fruits was recorded for the soil from Smederevska Palanka in the Azoter F treatment (7.4). In contrast, the lowest number of fruits was measured for the soil from Ruski Krstur in the control treatment (5.3). It is particularly noticeable that, in the control treatment without biostimulators, the lowest number of fruits

was recorded. This confirms the findings according to which the number of fruits per plant is significantly influenced by treatment with biostimulators ($p \leq 0.01$), with the lowest values precisely in the control (Salachna et al., 2025). Research conducted over two years with a larger number of harvests also showed positive effects of biostimulators on the number and weight of fresh fruits (Mezeyová et al., 2024), which aligns with the results of this research. The results on the land from Ruski Krstur under irrigation at a 50% watering norm show that certain genotypes, with the help of biostimulators, can maintain a high number of fruits, indicating good water-use efficiency. The high productivity of certain sweet corn genotypes under reduced irrigation norms confirms their resistance to water deficit (Tupajić et al., 2024; Tupajić et al., 2026), which is consistent with the research results. In research, the Moravska lepotica genotype showed tolerance to a reduced irrigation norm when treated with appropriate biostimulators, which opens up the possibility of applying reduced irrigation norms in pepper production without major compromises in fruit weight or number per plant.

Conculison

Based on the research, irrigation, locality and applied biostimulators significantly influenced fruit weight per plant in Moravska lepotica pepper variety. The largest fruit mass (110.95 g) was achieved at full watering rate (100%) on the land from Donja Lokosnica in the variant with the application of Biofor active. With reduced irrigation (50%), the highest mass (86.45 g) was on the land from Smederevska Palanka with the same biostimulator.

The number of fruits was the highest at 50% irrigation on the land from Ruski Krstur in the variants Azoter F (8.7) and Folis (7.8). The control variant without biostimulator produced the lowest number of fruits.

The results show that the variety Moravska lepotica with an appropriate selection of biostimulators can successfully produce sr in a reduced watering regime (50%) without a significant loss of yield, with good water use efficiency.

Acknowledgement

This work is supported by the Serbian Ministry of Science, Technological Development, and Innovations (Agreement No, 451-03-33/2026-03/200216, 451-03-34/2026-03/200383, FAO project (2025) "Strengthening the resilience of the agricultural sector to natural disasters". Our study aligns with the

United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development, specifically with Goal 2: Zero Hunger (available at United Nations Sustainable Development Goals – Goal 2)."

References

- Bajagić, M., Šević, B., Daw, E., Cvijanović, V., Sekulić, J., Ivetić, A. and Cvijanović, G. 2025: Improvement of qualitative components and yield with the contribution of biological fertilizers in organic pepper production', *Applied Ecology and Environmental Research*, 23(5), pp. 8621-8638. https://doi.org/10.15666/aeer/2305_86218638.
- Belić M., Nešić Lj., Ćirić V. 2014: *Praktikum iz pedologije*, Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Boyacı, S., Kocićek, J., Kşıck, B., Atılgan, A., & Liberacki, D. 2025. Assessment of the Crop Water Stress Index for Green Pepper Cultivation Under Different Irrigation Levels. *Sustainability*, 17(13), 5692. <https://doi.org/10.3390/su17135692>.
- Brezeanu, C., Brezeanu, P.M.; Stoleru, V., Irimia, L.M., Lipşa, F.D., Teliban, G. C., Ciobanu, M.M., Murariu, F., Puiu, I., Branca, F. 2022: Nutritional Value of New Sweet Pepper Genotypes Grown in Organic System. *Agriculture*, 12, 1863. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111863>.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper. J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants *Plant Soil*, 383, pp. 3-41.
- Conti V., Mareri L., Faleri C., Nepi M., Romi M., Cai G., Cantini C. 2019: Drought stress affects the response of italian local tomato (*Solanum lycopersicum* L.) varieties in a genotype-dependent manner. *Plants*. 2019;8:336. doi: 10.3390/plants8090336.
- Cvikić, D., Perišić, V., Bajagić, M., Živković, I., Stojiljković, J., Tupajić, I., Šević, B. 2024: Experimental pepper hybrids and their morphological characteristics. *Plant Breeding and Seed Production*. 30 (1). <https://doi.org/10.5937/SelSem2401065C>.
- Deepthi, C., Vangapandu, T., Ganiseti, A. and Ganesh, P. 2024: Enhancing Okra Growth and Yield Through Foliar Nutrient Application in Conjunction with Mulching and Drip Irrigation. *Agricultural Science Digest*. 1-6. 10.18805/ag.D-6029.
- Dragičević, V., Dolijanović, Ž., Janošević, B., Brankov, M., Stojiljković, M., Dodevska, M.S., Simić, M. 2021: Enhanced Nutritional Quality of Sweet Maize Kernel in Response to Cover Crops and Bio-Fertilizer', *Agronomy*, 11(5), p. 981. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050981>.
- Elhawary, S. M. A., Ordóñez-Díaz, J. L., Nicolaie, F., Montenegro, J. C., Teliban, G.-C., Cojocar, A., Moreno-Rojas, J. M., & Stoleru, V. 2025: Quality Responses of Sweet Pepper Varieties Under Irrigation and Fertilization Regimes. *Horticulturae*, 11(2), 128. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020128>.
- FAO UN Water. Progress on the Level of Water Stress: Global Status and Acceleration Needs for SDG Indicator 6.4.2; FAO: Rome, Italy; United Nations Water (UN Water): Rome, Italy, 2021.
- Fausak, L.K., Bridson, N., Diaz-Osorio, F., Jassal, R.S., Lavkulich, L.M. 2024: Soil health—A perspective. *Front. Soil Science*. 4, <https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1462428>.
- Gisbert-Mullor R., Martín-García R., Bažon Zidarić I., Pascual-Seva N., Pascual B., Padilla Y.G., Calatayud Á., López-Galarza S. 2023: A Water Stress-Tolerant Pepper Rootstock Improves the Behavior of Pepper Plants under Deficit Irrigation through Root Biomass Distribution and Physiological Adaptation. *Horticulturae*. 9:362. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030362>.
- Janošević, B., Dolijanović, Ž., Dragičević, V., Simić, M., Dodevska, M., Đorđević, S. and Miodragović, R. (2017) 'Cover crop effects on the fate of N in sweet maize (*Zea mays* L. saccharata Sturt.) production in a semiarid region', *International Journal of Plant Production*, 11(2), ISSN: 1735-6814. pp. 287-294.

- Jovanović, D. and Rančić, D. 2025: Anatomical and micromorphological analysis of root, stem and leaf of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Acta herbologica. 34 (1). <https://doi.org/10.5937/34ah-58512>.
- Kabir, M.Y., Nambeesan, S.U., Bautista, J., Díaz-Pérez, J.C. 2021. Effect of irrigation level on plant growth, physiology and fruit yield and quality in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). Scientia Horticulturae. 281, 10.1016/j.scienta.2021.109902.
- Kurunc A., Unlukara A., Cemek B. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. 2011: Acta Agriculturae Scandinavica Sector B Soil Plant Science 61:514–522. <https://doi.org/10.1080/09064710.2010.513691>.
- Halshoy, H.S., Sadik, S.K. 2025: Impact of training methods and biostimulant applications on sweet pepper (*Capsicum annuum*) yield and nutritional values: Under greenhouse condition. Horticultural Plant Journal. 11 (1). pp 290-302. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2023.06.008>.
- Kabir, M.I., Nambeesan, S. U., Bautista, J. 2021: Effect of irrigation level on plant growth, physiology and fruit yield and quality in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) Scientia Horticulturae, 281. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109902>.
- Mahmood, N., Abbasi, N.A., Hafiz, I.A., Ali, I., Zakia, S. 2017: Effect of biostimulants on growth, yield and quality of bell pepper cv. Yolo Wonder Pakistan J Agric Sci, 54. pp. 311-318.
- Mancosu, N., Snyder, R.L., Kyriakakis, G., Spano, D. 2015: Water Scarcity and Future Challenges for Food Production. 7, 975–992.
- Marcellini, M., Raffaelli, D., Mazzoni, L., Pergolotti, V., Balducci, F., Armas Diaz, Y., Mezzetti, B., Capocasa, F. 2023: Effects of Different Irrigation Rates on Remontant Strawberry Cultivars Grown in Soil. Horticulturae, 9 (9). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091026>.
- Mačkić, K., Bajić, I., Pejić, B., Vlajić, S., Adamović, B., Popov, O., Simić, D. 2023: Yield and Water Use Efficiency of Drip Irrigation of Pepper. Water, 15. <https://doi.org/10.3390/w15162891>.
- Mezeyová, I., Kollárová, I., Golian, M., Árvay, J., Mezey, J., Šlosár, M., Galovičová, L., Rosa, R., Bakalár, M., & Horečná, T. 2024: The Effect of Humic-Based Biostimulants on the Yield and Quality Parameters of Chili Peppers. Horticulturae, 10 (9), 998. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090998>.
- Naqve, M., Mukhtiar, A., Arshad, T., Zia, M.A., Mahmood, A., Javaid, M.M., Aziz, A. 2023: Biostimulants in Sustainable Agriculture. In Climate-Resilient Agriculture; Springer International Publishing: Cham, Switzerland. Volume 1, pp. 535–548.
- Ntanasi T, Karavidas I, Savvas D, Spyrou GP, Giannothanasis E, Consentino BB, Papasotiropoulos V, Sabatino L, Ntatsi G. 2025: Physiological and Yield Responses of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Genotypes to Drought Stress. Plants (Basel). 24;14(13):1934. <https://doi.org/10.3390/plants14131934>.
- Pimentel-Pujols, Á. R., García, J. M., Borrás, F., & Fernández-López, J. 2026: Effects of Fertigation Programs and Substrates on Growth, Fruit Quality, and Yield of Bell Pepper (*Capsicum annuum*) in Greenhouse Conditions. Foods, 15(3), 505. <https://doi.org/10.3390/foods15030505>.
- Rajičić, V., Stojiljković, V., Đurić, N., Tupajić, I., Šević, B., Perišić, V., Terzić, D. 2024: Influence of year and soil type on the yield of different maize hybrids. Acta agriculturae Serbica. 29 (58). <https://doi.org/10.5937/AASer2458075R>.
- Rajičić, V., Popović V., Đurić, N., Biberdžić, M., Babić, V., Stojiljković, J., Grubišić, M., Terzić, D. 2023: Impact of agro-ecological conditions and fertilization on yield and quality of triticale on pseudogley soil. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 51(4): 13387. <https://doi.org/10.15835/nbha51413387>.
- Rajičić, V., Terzić, D., Šević, B., Ugrinović, M., Tupajić, I., Luković, K., & Stojiljković, J. 2025: Sustainable wheat production system under the influence of different fertilizers and climatic conditions. Chilean Journal of Agricultural Research, 85(4), 529–538. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392025000400529>.

- Salachna, P., Zawadzińska, A., Piechocki, R., Mikiciuk, M., Rabiza-Świder, J., Skutnik, E., & Łopusiewicz, Ł. 2025: Alteration in Photosynthetic and Yield Parameters, Content of Metabolites, and Antioxidant Activity of Pepper (*Capsicum annuum*): Effect of Bio-Organic Substrate and Depolymerized Chitosan. *Molecules*, 30 (24). <https://doi.org/10.3390/molecules30244768>.
- Stojiljković, J., Rajičić, V., Biberdžić, M., Terzić, D., Luković, K., Tupajić, I., Šević, B., Đurić, N. 2025a: Interaction between climatic conditions and sowing density on yield performance of maize genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 53 (3). <https://doi.org/10.15835/nbha53314594>.
- Stojiljković, J., Tupajić, I., Rajičić, V., Jovanović, D., Ugrinović, M., Bajagić, M., & Šević, B. 2025b: Morphological and productive response of melon to fertilizer treatments on land of low fertility. *Soil and Plant*, 74(1), 1–12. <https://doi.org/10.5937/ZemBilj2501001S>.
- Stojiljković, J., Tupajić, I., Terzić, D., Jovanović, D., Rajičić, V., Gavrilović, B., Stojiljković, J. 2025c: Effectiveness of biological treatment of zucchini seeds *Bacillus* spp. inoculant on morphological characteristics of seedlings. *Plant Breeding and Seed Production*. 31 (2). <https://doi.org/10.5937/SelSem2502009S>.
- Šević, B., Dolijanović, Ž., Dragičević, V., Cvijanović, G., Bajagić, M., Tupajić, I., Stojiljković, J. 2025a: Cover crops in a sustainable cultivation system and their influence on the content of organic matter in the soil. *Soil and plant*. 74 (1): <https://doi.org/10.5937/ZemBilj2501013S>.
- Šević, B., Dolijanović, Ž., Bajagić, M., Rajičić, V., Tupajić, I., Cvijanović, V., & Stojiljković, J. 2025b: Cover crops as a tool for improving the nutritional properties and antioxidant activity of kernel sweet corn. *Romanian Agricultural Research*, 42, 883–894. <https://doi.org/10.59665/rar4275>.
- Šević B., Cvikić D., Savić S., Tupajić I., Ugrinović M., Bajagić M., Luković K., Stojiljković, J. 2024: Genetic divergence of hot pepper lines (*Capsicum* spp.) in hybrid combinations. *Plant Breeding and Seed Production*, Vol. 30 (2): 47-56. <https://doi.org/10.5937/selsem2402047s>.
- Terzić, D., Rajičić, V., Šević, B., Tupajić, I., Ugrinović, M., Urošević, D., Stojiljković, J. 2025a: Influence of integrated fertilization and genotype on barley production in changing climate conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, 23(5), 9783–9801. https://doi.org/10.15666/aeer/2305_97839801.
- Terzić, D., Rajičić, V., Stojiljković, J., Šević, B., Ugrinović, M., Prelević, N., Vasileva, V. 2025b: Evaluation of Triticale Grain Yield and Quality under the Influence of Genotype and Fertilization on Acid Soil. *Romanian Agricultural Research*. 43. <https://doi.org/10.59665/rar4304>.
- Tripathi, A.D.; Mishra, R.; Maurya, K.K.; Singh, R.B.; Wilson, D.W. 2018: Estimates for World Population and Global Food Availability for Global Health. In *The Role of Functional Food Security in Global Health*; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands. 106, pp. 3–24.
- Tupajić, I., Moravčević, Đ., Ćosić, M., Stojiljković, J., Stevanović, D., Sudimac, M., Luković, K., Šević, B. 2024: Effect of sowing date and irrigation norms on yield components of different sweet corn hybrids. *Plant Breeding and Seed Production*. 30(2). 39-46. <https://doi.org/10.5937/selsem2402039T>.
- Tupajić, I., Moravčević, Matejić, V., Šević, B., Đ., Ćosić, M., Ugrinović, M. Stojiljković, J. 2026: Sweet Corn Yield and Sugar Content Depending on Genotype, Sowing Date and Irrigation. *Turkish Journal of Field Crops*. 31(1). <https://doi.org/10.17557/tjfc.1633490>.

Održivo upravljanje vodnim resursima i zemljištem u proizvodnji paprike u plastenicima

Jelena Stojiljković^{1*}, Vera Rajičić², Dragan Terzić², Biljana Šević¹, Ivan Tupajić¹, Darko Jovanović¹, Milan Ugrinović¹, Nenad Djurić¹

¹Institute for Vegetable Crops Smederevska Palanka, Karadjordjeva 71, Smederevska Palanka

² University of Niš, Faculty of Agriculture in Kruševac, Kosančićeva 4, Kruševac

*Corresponding author: jstojiljkovic@institut-palanka.rs

Apstrakt

Istraživanje je imalo za cilj da ispita uticaj redukovanog navodnjavanja (50 %) u odnosu na punu normu (100 %), različitih tipova zemljišta i primene mikrobioloških biostimulatora na masu ploda po biljci i broj plodova po biljci genotipa paprike Moravska lepotica. Ogled je sproveden tokom 2025. godine u stakleniku Instituta za povrtarstvo Smederevska Palanka, na zemljištima poreklom sa tri lokacije značajne za proizvodnju paprike u Srbiji (Ruskog Krstura, Donje Lokošnice i Smederevske Palanke). Eksperiment je obuhvatio dve norme navodnjavanja, tri biostimulatora (Azoter F – *Trichoderma atroviride*, Biofor active i Folis) i kontrolni tretman bez njihove primene, u tri ponavljanja sa po 10 biljaka po tretmanu. Statistička analiza (ANOVA) pokazala je značajan uticaj faktora i interakcije navodnjavanje × lokacija × tretman na masu ploda po biljci. Najveća masa ploda po biljci (110,95 g) izmerena je pri punoj normi navodnjavanja na zemljištu iz Donje Lokošnice u tretmanu Biofor active. Pri smanjenoj normi navodnjavanja, najveća vrednost (86,45 g) zabeležena je na zemljištu iz Smederevske Palanke. Najniža prosečna težina (32,22 g) izmerena je na zemljištu iz Ruskog Krstura u tretmanu Azoter F pri 50% zalivne norme. Pri smanjenoj normi zalivanja, najveći broj plodova dobijen je na zemljištu iz Ruskog Krstura sa Azoterom F (8,7) i Folisu-om (7,8), dok je u kontrolnoj varijanti dobijen najmanji broj plodova (4,5). Rezultati ukazuju da primena odgovarajućih biostimulatora, posebno Biofor active, može značajno ublažiti negativne efekte redukovanog navodnjavanja na masu ploda, dok Azoter F i Folisu imaju pozitivan uticaj na veći broj plodova u deficitarnim uslovima. Genotip Moravska lepotica pokazuje potencijal za održivu proizvodnju uz uštedu vode kada se koriste mikrobiološki preparati i odgovarajući tip zemljišta.

Ključne reči: biostimulanti, paprika, redukovana norma zalivanja, tip zemljišta, produktivne osobine ploda

Received 02.04.2026

Revised 11.06.2026

Accepted 11.06.2026