

ISSN 2637-1936 (Online)  
ISSN 2637-1979 (Print))

15. Naučno-stručni skup  
**Studenti u susret nauci – StES 2022**

**ZBORNIK RADOVA**

**Biotehničke i poljoprivredne nauke**

---

15<sup>th</sup> scientific conference  
**Students encountering science – StES 2022**

**PROCEEDINGS**

**Biotechnical and Agricultural Sciences**

Banja Luka  
2022.

Izdavač:  
Univerzitet u Banjoj Luci  
Studentski parlament Univerziteta u Banjoj Luci

Za izdavača:  
Prof. dr Miroslav Malinović,  
Vladan Gačić

Urednik:  
Ivana Mirjanić, Danijel Dević

Lektor za srpski jezik:  
Aleksandra Savić

Lektor za engleski jezik:  
Milica Guzijan

Štampa:  
Mikro print s. p. Banja Luka

Tiraž:  
25

Naučni odbor:  
Prof. dr Miroslav Malinović, prof. dr Tatjana Marjanović, prof. dr Dragiša Vasić, prof. dr Igor Sladojević, prof. dr Milica Balaban, prof. dr Pero Sailović, prof. dr Željko Ivanović, prof. dr Gordana Broćeta, prof. dr Željko Budimir, prof. dr Milenko Krajišnik, prof. dr Đorđe Savić

Recenzenti:

Prof. dr Siniša Mitrić, prof. dr Mihajlo Marković, prof. dr Božo Važić, prof. dr Željko Vaško, prof. dr Zlatan Kovačević, prof. dr Tatjana Jovanović-Cvetković, prof. dr Semira Sefo, prof. dr Ilija Komljenović, prof. dr Mirsad Ičanović, prof. dr Gordana Đurić, doc. dr Zora Čolović Šarić, doc. dr Dijana Mihajlović, doc. dr Biljana Kelečević

## SADRŽAJ

### RADOVI:

MIRELA MUJKIĆ, INVENTARIZACIJA SAMONIKLOG AROMATSKOG BILJA NA LOKALITETU RUJIŠTE KOD MOSTARA.....	7
BENJAMIN CRLJENKOVIĆ, PROCJENA EVAPORACIJE I TRANSPIRACIJE USJEVA KUKRUZA KORIŠTENJEM AquaCrop I SIMDualKc SOFTVERSKIH MODELA .....	15
MIRZA VALJEVAC, Amina Šerbo, Almira Avdić, SADRŽAJ TEŠKIH METALA U RAZLIČITIM KULTIVARIMA PARADAJZA KAO POKAZATELJ ZDRAVSTVENOG STANJA PROUČAVANOG ZEMLJIŠTA .....	29
DANIEL SPASOVSKI, Angelina Djurevska, Marija Simonovska, Elena Trajkovska, INFLUENCE OF EUROPEAN GREEN AGREEMENT ON CATTLE BREEDING IN REPUBLIC OF N. MACEDONIA .....	37

### APSTRAKTI:

ILIJA ČIGOJA, OSOBINE KREČNJAČKO-DOLOMITNIH CRNICA NA PODRUČJU PRIVREDNE JEDINICE „OVČARA“ .....	49
NERA DAVIDOVIĆ, ANTIFUNGALNA AKTIVNOST ETARSKIH ULJA ZAČINSKOG I LEKOVITOG BILJA PREMA CANDIDA ALBICANS.....	51
TEODORA ASANOVIĆ, Nikolina Prodanović, AGROBIOLOŠKE OSOBINE BIJELIH SORTI VINOVE LOZE WELSCHRIESLING, SILA, ZALAGYONGYE I VILARD BLANC .....	53
MARIJA SIMONOVSKA, TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GRAPEVINE VARIETY PROKUPAC IN REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA .....	55



RADOVI



## INVENTARIZACIJA SAMONIKLOG AROMATSKOG BILJA NA LOKALITETU RUJIŠTE KOD MOSTARA

**Autor:** MIRELA MUJKIĆ

**e-mail:** mirela.mujkic@ppf.unsa.ba

**Mentori:** Prof. dr Jasna Avdić; Doc. dr Senad Murtić

Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu

**Uvod:** Prostor Hercegovine je, zahvaljujući specifičnom geografskom položaju i povoljnim klimatskim i edafskim faktorima, veoma pogodan za razvoj aromatskog bilja, a to se posebno odnosi na prostor lokaliteta Rujište kod Mostara, na kojem se već od davnina skuplja različito aromatsko bilje.

**Cilj:** Osnovni cilj ovog istraživanja bio je napraviti inventarizaciju samoniklog aromatskog bilja koje obitava na području lokaliteta Rujište, te za svaku inventariziranu biljnu vrstu utvrditi stepen brojnosti i pokrovnosti na ispitivanom području, te pripadnost odgovarajućoj životnoj formi i flornom elementu.

**Materijal i metode:** Za utvrđivanje brojnosti i pokrovnosti aromatskih biljnih vrsta korištena je Braun-Blanquetova metoda (1964). Florna analiza koja se odnosila na utvrđivanje životnih formi rađena je prema Garckeu (1972), dok je fitogeografska analiza tj. razvrstavanje biljaka po flornim elementima izvršena prema Horvatiću (1963).

**Rezultati:** Analizom vegetacije na području lokaliteta Rujište tokom 2022. godine inventarizirano je ukupno 87 samoniklih biljnih vrsta, od kojih se 16 biljaka s obzirom na svoju upotrebnu vrijednost može svrstati u aromatsko bilje. Od njih 16, 11 biljaka (*Achillea collina* J. Becker ex Reichenb., *Sedum acre* L., *Marrubium incanum* Desr., *Teucrium montanum* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Satureja montana* L., *Thymus serpyllum* L., *Salvia pratensis* subsp. *bertolonii* (Vis.) Soó., *Mentha arvensis* L., *Sanguisorba minor* Scop. i *Galium verum* L.) odlikovalo se vrijednošću 3 ili iznad na Braun-Blanquetovoj skali za kombiniranu procjenu brojnosti i pokrovnosti. Analizom životnih formi utvrđeno je da su među inventariziranim aromatskim biljnim vrstama najzastupljeniji hemikriptofiti i hemifiti, dok je zastupljenost fanerofita i terafita bila najmanja. Rezultati fitogeografske analize pokazali su da su na lokalitetu Rujište u okviru inventariziranih aromatskih biljnih vrsta najzastupljenije biljne vrste koje pripadaju južnoeuropskom flornom elementu.

**Zaključak:** Lokalitet Rujište kod Mostara još uvijek predstavlja prostor s visokim stepenom florne raznolikosti unutar koje značajno mjesto pripada i aromatskim biljnim vrstama.

**Ključne riječi:** Hercegovina; klima; tlo; biljka

## UVOD

Prostor Hercegovine je, zahvaljujući povoljnoj klimi i edafskim faktorima, veoma pogodan za razvoj aromatskog bilja, a to se posebno odnosi na područje planine Prenj, koje je nadaleko poznato po bioraznolikosti i bogatstvu flore. Od davnina se na ovom području sakuplja različito ljekovito i aromatsko bilje koje se potom koristi ili za spravljanje mirisa, aroma i začina ili za proizvodnju određenih ljekovitih proizvoda. Korištenje aromatskih

biljaka u neke od navedenih svrha može znatno povećati kvalitet života čovjeka, posebno s gledišta jačanja njegovog imuniteta, te se stoga u svijetu pridaje velika pažnja zaštiti ovog izuzetno važnog biljnog genetskog resursa [1].

Na južnim padinama planine Prenj smješten je planinski prijevoj Rujište, koji geografski dijeli planinu Prenj od planine Velež i upravo na tom području raste veliki broj ljekovitih i aromatičnih biljnih biljaka. Bogatstvo flore na Rujištu uvjetovano je između ostalog i njegovim smještajem na prostoru na kojem se susreću i isprepliću elementi flore različitih regija u biljno-geografskom smislu [2].

U naučnoj literaturi postoje brojni radovi koji se na direktni ili indirektni način vezuju uz proučavanje flore lokaliteta Rujišta. Prvi pisani trag gdje se spominje vegetacija na području Rujišta vezuje se naučnika Becka koji je u svojim obilascima ovog lokaliteta posebnu pažnju dao proučavanju endemske biljne vrste munike (*Pinus heldreichii* Christ.) [3]. Svoj doprinos proučavanju flore Rujišta tokom 20. stoljeća dali su i brojni drugi botaničari [4–8].

Zadnjih decenija ne postoji veliki broj publikovanih naučnih radova koji se mogu vezati uz vegetaciju Rujišta. Izuzetak su samo istraživanja Ademović i Riđanović iz 2008. godine, te Ademović i sar. iz 2018. godine, u sklopu kojih je izvršena inventarizacija biljnih vrsta na lokalitetu Rujište te je urađena klasifikacija biljaka s obzirom na njihovu pripadnost životnim oblicima i flornim elementima [9, 10].

Sva dosadašnja izuzetno vrijedna istraživanja florističkog sastava Rujišta imaju i određene nedostatke, kao što je nejednolika istraženost vegetacije, te nenavođenje upotrebine vrijednosti biljaka, što je s poljoprivrednog gledišta izuzetno važan podatak. Mnoge biljne vrste se po svojoj upotreboj vrijednosti mogu svrstati u aromatske biljne vrste, što ih čini korisnim za čovjeka i društvo, pa ih shodno tome treba određenim mjerama i zaštititi.

Osnovni cilj ovog istraživanja je bio napraviti inventarizaciju samoniklog aromatskog bilja na području lokaliteta Rujište, te za svaku inventariziranu aromatsku biljnu vrstu utvrditi: njenu pripadnost odgovarajućoj životnoj formi i flornom elementu, te stepen njene ugroženosti, brojnosti i pokrovnosti na ispitivanom području.

Dobiveni rezultati bi trebalo da daju opću sliku o trenutnoj rasprostranjenosti aromatskog bilja na području lokaliteta Rujište, te u skladu s tim posluže kao dobar okvir za donošenje ispravnih zaključaka o mogućnostima prikupljanja aromatskog bilja na navedenom području.

## MATERIJAL I METODE RADA

### Opis istraživanja

Inventarizacija aromatskog bilja na lokalitetu Rujište kod Mostara provedena je tokom ljetnih mjeseci u 2022. godini.

Prvi segment ovog istraživanja odnosio se na odabir lokacija na kojima će se provesti fitocenološko snimanje. Fitocenološko snimanje predstavlja osnovni postupak u analizi vegetacije nekog područja, a podrazumijeva uzimanje fitocenoloških snimaka (spisak biljnih vrsta u određenoj sastojini) s određenih lokacija. Tokom ovog istraživanja napravljeno je jedanaest različitih fitocenoloških snimaka, a pravljene su na lokacijama koje su se odlikovale većom prisutnošću jedne ili većeg broja aromatskih biljnih vrsta. Neke od lokacija s kojih su uzeti fitocenološki snimci prikazani su na slici 1. i 2.



Slika 1. i 2. Prikaz lokacija na kojima su rađeni fitocenološki snimci (vlastiti izvor)

Drugi segment ovog istraživanja se odnosio na inventarizaciju biljaka na odabranim radnim površinama. Inventarizacija biljaka podrazumijevala je primjenu niza postupaka koje su imale za cilj determinisati, a zatim i popisati sve aromatske biljne vrste na ispitivanom terenu. Pri determinaciji biljaka korišteno je lično znanje, determinacijski ključ po Domcu [11], te crteži i fotografije biljaka iz različitih atlasa [12]. Uz ovu glavnu odrednicu, inventarizacija biljaka je imala zadatak i da za svaku evidentiranu aromatsku biljnu vrstu utvrdi njenu pripadnost odgovarajućem životnom obliku i flornom elementu, njen status ugroženosti, te njenu brojnost i pokrovnost unutar ispitivane radne površine.

Treći, a ujedno i posljednji segment ovog istraživanja podrazumijevao je obradu i analizu podataka, zatim interpretaciju dobijenih rezultata te donošenje zaključaka o provedenom istraživanju.

## Metode rada

Za proučavanje botaničkog sastava lokaliteta Rujište kod Mostara korištena je Braun-Blanquetova metoda [13].

Braun-Blanquetova metoda je standardna metoda procjene brojnosti i pokrovnosti determiniranih biljnih vrsta na određenoj radnoj površini pripadajućeg fitocenološkog snimka. Brojnost biljaka podrazumijeva stepen prisutnosti biljke na određenoj površini; određuje se vizualnim zapažanjem, a prema Braun-Blanquetovoj metodi označava se brojevima od 1 do 5 i to na sljedeći način: 1 – vrlo rijetko prisutna biljna vrsta, 2 – rijetko prisutna vrsta, 3 – slabo prisutna vrsta, 4 – brojno prisutna vrsta i 5 – vrlo brojno prisutna vrsta. Pokrovnost je parametar koji ukazuje na površinu tla pokrivenu nadzemnim dijelovima neke biljke; određuje se također na osnovu vizualnog zapažanja, a prema Braun-Blanquetovoj metodi označava se brojevima od 1 do 5 i to na sljedeći način: 5 – biljka pokriva 75–100% površine tla, 4 – biljka pokriva 50–75% površine tla, 3 – biljka pokriva 25–50% površine tla, 2 – biljka pokriva 10–25% površine tla i 1 – biljka pokriva 1–10% površine tla.

Florna analiza koja se odnosila na utvrđivanje životnih formi i trajanja života je rađena prema Garckeu [14], dok je fitogeografska analiza tj. razvrstavanje biljaka po flornim elementima izvršeno prema Horvatiću [15].

Za prikaz životnih formi korištene su sljedeće kratice: T – therophyta (terofiti), Ch – chamaephyta (hamefiti), H – hemicryptophyta (hemikriptofiti), G – geophyta (geofiti), P – phanerophyta (fanerofiti) i Hy – hydrophyta (hidrofiti), dok su za prikaz životnog vijeka biljaka korištene sljedeće kratice: j – jednogodišnje, d – dvogodišnje, z. traj. – zeljaste trajnice, d. traj. – drvenaste trajnice.

Kratice za florne elemente korištene u ovom istraživanju su bile sljedeće: euras – euroazijski florni element, eur – europski florni element, sre – srednjeeuropski florni element,

jue – južnoeuropski florni element, submed – submediteranski florni element, circ – biljke cirkumholartičke rasprostranjenosti, prealp – prealpski florni element, šir – biljke široke rasprostranjenosti, adv – adventivne (ruderalne) vrste.

Svrstavanje inventarizanih biljaka u određenu kategoriju ugroženosti je rađeno prema IUCN (International Union for Conservation of Nature), kategorijama koje su predstavljene sljedećim kraticama: VU – osjetljiva (visoki rizik nestajanja na prirodnim staništima), NT – gotovo ugrožena (trenutno ne spada u kategorije: kritično ugrožena, ugrožena ili osjetljiva, ali je blizu ili će u budućnosti biti tako procijenjena), LC – najmanje zabrinjavajuća (nije označena kao: kritično ugrožena, ugrožena ili osjetljiva), DD – nedovoljno poznata (potrebna su daljnja istraživanja i prikupljanje podataka).

## REZULTATI RADA I DISKUSIJA

U sklopu istraživanja koje je provedeno na području lokaliteta Rujište tokom 2022. godine inventarizirano je ukupno 87 samoniklih biljnih vrsta, od kojih se njih 16, s obzirom na svoje karakteristike i upotrebnu vrijednost, može svrstati u aromatsko bilje. Za sve zabilježene aromatske biljne vrste na ispitivanoj radnoj površini određen je stepen brojnosti i pokrovnosti, te je izvršena njihova klasifikacija shodno stepenu ugroženosti (Tabela 1).

Tabela 1. Inventarizirane aromatske biljne vrste s lokaliteta Rujište kod Mostara

Porodica	Biljna vrsta	Brojnost	Pokrovnost	Stepen ugroženosti
Asteraceae	<i>Achillea collina</i> J. Becker ex Reichenb.	4	3	LC
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	2	1	LC
Caprifoliaceae	<i>Valeriana montana</i> L.	1	1	LC
Crassulaceae	<i>Sedum acre</i> L.	4	3	LC
Cupressaceae	<i>Juniperus sabina</i> L.	2	2	LC
Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i> L.	1	2	LC
Lamiaceae	<i>Marrubium incanum</i> Desr.	5	4	LC
	<i>Teucrium montanum</i> L.	4	4	LC
	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	4	4	LC
	<i>Satureja montana</i> L.	4	3	LC
	<i>Thymus serpyllum</i> L.	4	3	LC
	<i>Salvia pratensis</i> subsp. <i>bertolonii</i> (Vis.) Soó.	4	3	NT
	<i>Betonica officinalis</i> L.	1	1	LC
	<i>Mentha arvensis</i> L.	4	3	LC
Rosaceae	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	4	3	LC
Rubiaceae	<i>Galium verum</i> L.	4	3	LC

U inventarizaciji aromatskog bilja na lokalitetu Rujište, porodica Asteraceae je predstavljena s 2 biljne vrste ili s 12%, porodica Lamiaceae s 8 biljnih vrsta ili s 50% u odnosu na ukupan broj inventariziranih aromatskih biljnih vrsta, dok su ostale navedene porodice u tabeli 1 (Caprifoliaceae, Crassulaceae, Hypericaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Rubiaceae) bile zastupljene s jednom aromatskom bilnjom vrstom. Dobijeni rezultati su, s obzirom na utvrđenu prisutnost aromatskih biljnih vrsta, poprilično podudarni s rezultatima prijašnjih istraživanja čija je fokus bio ispitivanje flore lokaliteta Rujište [9, 10].

Velika zastupljenost biljnih vrsta iz porodice Lamiaceae u ukupnom broju inventarizi-

ranih aromatskih biljnih vrsta na lokalitetu Rujište nije iznenađujuća ukoliko se uzme u obzir činjenica da je za biljne vrste iz porodice Lamiaceae karakteristično stvaranje velikih količina eteričnih ulja s izražajnom aromom. Razlozi zbog kojih pojedine biljke stvaraju eterična ulja su uglavnom zaštitne prirode. Zbog isparljivosti eteričnih ulja, atmosfera oko biljaka je manje propusna za toplinske zrake, uslijed čega se i manje vode odaje iz biljke. Nadalje, mnoga eterična ulja djeluju antimikrobnog, a često i svojim mirisom odbijaju biljojede, što sve pridonosi boljom zaštiti i adaptaciji aromatskih biljaka na određenom staništu [16, 17].

Od šesnaest invertariziranih aromatskih biljnih vrsta na lokalitetu Rujište, njih čak jedanaest (brežuljkasti stolisnik (*Achillea collina* J. Becker ex Reichenb.), oštri žednjak (*Sedum acre* L.), bijela marulja (*Marrubium incanum* Desr.), iva trava (*Teucrium montanum* L.), obični dubčac (*Teucrium chamaedrys* L.), planinski čubar (*Satureja montana* L.), majčina dušica (*Thymus serpyllum* L.), Bertolinijeva kadulja (*Salvia pratensis* subsp. *bertolonii* (Vis.) Soó.), poljska nana (*Mentha arvensis* L.), mala krvara (*Sanguisorba minor* Scop.) i ivanjsko cvijeće (*Galium verum* L.)) se odlikovalo vrijednošću 3 ili iznad na Braun-Blanquetovoj skali pokrovnosti. To znači da je za tih 11 biljnih vrsta utvrđeno da svaka zasebno na ispitivanoj radnoj površini fitocenološkog snimka pokriva 25–50% ili iznad radne površine tla. Također, i brojnost navedenih biljnih vrsta na ispitivanim radnim površinama je bila iznimno visoka (iznosila je 4 ili iznad na Braun-Blanquetovoj skali brojnosti).

Ostalih pet determiniranih aromatskih biljnih vrsta (*Anthemis arvensis* L., *Valeriana montana* L., *Juniperus sabina* L., *Hypericum perforatum* L. i *Betonica officinalis* L.) su imale znatno niže vrijednosti brojnosti i pokrovnosti na Braun- Blanquetovoj skali, što implica da je njihova brojnost i zastupljenost na ispitivanom lokalitetu bila značajno niža.

Kada je riječ o statusu ugroženosti inventariziranih aromatskih biljnih vrsta, rezultati ovog istraživanja su pokazali da gotovo sve inventarizirane aromatske biljne vrste ne spadaju u kategoriju ugroženih biljnih vrsta, što je s gledišta prikupljanja tih biljnih vrsta u svrhu njihovog korištenja vrlo poželjan podatak. Izuzetak je samo biljna vrsta *Salvia pratensis* subsp. *bertolonii* (Vis.) Soó, koja se u Crvenoj knjizi Federacije Bosne i Hercegovine vodi u kategoriji gotovo ugroženih biljnih vrsta, što znači da nije kritično ugrožena, ali je prepostavka da će vrlo brzo bili blizu tom statusu [18]. Iz navedenih razloga, ova biljna vrsta, ali i sve druge biljne vrste čiji je opstanak ugrožen, ne smiju se brati, neovisno da li su korisne za čovjeka ili ne.

U sklopu ovog istraživanja provedena je florna i fitogeografska analiza za inventarizirane aromatske biljne vrste. Florna analiza se odnosila na utvrđivanje životnih formi/oblika i trajanja života biljaka, a fitogeografska na razvrstavanje biljaka po flornim elementima (Tabela 2).

Tabela 2. Florna i fitogeografska analiza invertariziranih aromatskih biljnih vrsta

Porodica	Biljna vrsta	Životna forma	Trajanje života	Florni element
Asteraceae	<i>Achillea collina</i> J. Becker ex Reichenb.	H	z.traj.	sre
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	T	j.	euras
Caprifoliaceae	<i>Valeriana montana</i> L.	H	z.traj.	prealp
Crassulaceae	<i>Sedum acre</i> L.	Ch	z.traj.	euras
Cupressaceae	<i>Juniperus sabina</i> L.	P	d.traj.	euras
Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i> L.	H	z.traj.	šir

Lamiaceae	<i>Marrubium incanum</i> Desr.	Ch	z.traj.	jue
	<i>Teucrium montanum</i> L.	Ch	z.traj.	jue
	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	Ch	z.traj.	jue
	<i>Satureja montana</i> L.	Ch	z.traj.	prealp
	<i>Thymus serpyllum</i> L.	Ch	z.traj.	eur
	<i>Salvia pratensis</i> subsp. <i>bertolonii</i> (Vis.) Soó	H	z.traj.	jue
	<i>Betonica officinalis</i> L.	H	z.traj.	jue
	<i>Mentha arvensis</i> L.	H	z.traj.	šir
Rosaceae	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	H	z.traj.	jue
Rubiaceae	<i>Galium verum</i> L.	H	z.traj.	šir

Podaci prikazani u tabeli 2. pokazuju da su u sastavu samonikle flore lokaliteta Rujište najzastupljeniji hemikriptofiti (8 od 16) i hemifiti (6 od 16), dok je zastupljenost fanerofita i terafita u okviru inventariziranih aromatskih biljnih vrsta izuzetno mala (1 od 16). Hemikriptofiti (H) predstavljaju grupu biljaka čija je karakteristika da im nadzemni dio zeljaste stabljike uvene u nepovoljnijim godišnjim dobima, no prežive pupovi postavljeni na ili samo malo ispod razine tla. Takve biljke obično formiraju busene ili rozetu, no neke od njih formiraju i stolone ili batve. Za razliku od njih, hamefiti (H) se odlikuju zeljastom ili drvenastom stabljikom na kojoj se nalaze pupovi uvjek iznad razine tla, no nikada više od 50 cm visine. Rezultati ovog dijela istraživanja su podudarni s prethodnim istraživanjima flore Rujišta, a u kojima je također utvrđena dominacija hemikriptofita i hamefita u sastavu flore [9, 10].

Fitogeografska analiza flore je pokazala da su na lokalitetu Rujište u okviru inventariziranih aromatskih biljnih vrsta najzastupljenije biljne vrste koje pripadaju južnoeuropskom flornom elementu (6 od 16). Nakon njih slijede biljke široke rasprostranjenosti (3 od 16) te biljke euroazijskog flornog elementa biljaka (3 od 16). Na lokalitetu Rujište utvrđene su i dvije aromatske biljne vrste koje pripadaju prealpskom flornom elementu (*Valeriana montana* L. i *Satureja montana* L.), te po jedna biljna vrsta koja pripada europskom flornom elementu (*Thymus serpyllum* L.), odnosno srednjeeuropskom flornom elementu (*Achillea collina* J. Becker ex Reichenb.).

Rezultati florne analize koji se odnose na određivanje životnog vijeka biljaka pokazali su da se prema tom kriteriju gotovo sve inventarizirane aromatske biljne vrste mogu svrstati u grupu višegodišnjih zeljastih trajnica. Izuzetak su samo biljna vrsta *Juniperus sabina* L., koja predstavlja drvenastu trajnicu i biljna vrsta *Anthemis arvensis* L., koja se ubraja u jednogodišnje zeljaste biljke.

## ZAKLJUČAK

Klimatske i pedološke prilike koje vladaju na lokalitetu Rujište su izrazito pogodne za razvoj velikog broja biljnih vrsta među kojima se, shodno utvrđenim visokim vrijednostima brojnosti i pokrovnosti, posebno mogu izdvojiti: brežuljkasti stolisnik, Bertolinijeva kadulja, obični dubčac, planinski čubar, majčina dušica, oštri žednjak, iva trava, bijela marulja, ivansko cvijeće, mala krvara i poljska nana. Iz navedenog proizlazi zaključak da lokalitet Rujište kod Mostara još uvjek predstavlja prostor s visokim stepenom florne raznolikosti unutar koje značajno mjesto pripada i aromatskim biljnim vrstama.

## LITERATURA

1. Bjelić V. (2012): Vodič za uzgoj ljekovitog i aromatskog bilja u Bosni i Hercegovini. Udruženje GEA – Centar za istraživanja i studije, Banja Luka.
2. Lepirica A. (2013): Geomorfologija Bosne i Hercegovine. Sarajevo Publishing, Sarajevo.
3. Beck-Mannagetta G. (1904): Flora von Bosnien, der Herzegowina und des Sandzaks Novipazar. In Kommission bei C. Gerold, Wien.
4. Maly C. Dr. Guenther Beck-Mannagetta, Priroda, 1932, 3, 86–90.
5. Beck G., Maly K., Bjelčić Ž. (1974): Flora Bosnae et Hercegovinae. IV Sympetale, Pars 3, Zemaljski muzej BiH, Sarajevo.
6. Beck G., Maly K., Bjelčić Ž. (1983): Flora Bosnae et Hercegovinae. IY Sympetale, Pars 4, Zemaljski muzej BiH, Sarajevo.
7. Fukarek P. Zajednice endemne munike na planini Prenju u Hercegovini, Acta Botanica Croatica, 1966, 25, 61–83.
8. Šilić Č. (1979): Monografija rodoa Satureja L., Calamintha Miller, Micromeria Bentham, Acinos Miller i Clinopodium L. u flori Jugoslavije. Zemaljski muzej B i H, Sarajevo.
9. Ademović E., Ridanović L. Aktualno stanje izletišta Rujište kod Mostara i održivo upravljanje, VIII Savjetovanje hemičara i tehnologa Republike Srpske Banja Luka, Zbornik radova, 2008, 501–509.
10. Ademović E., Žujo Zekić D., Jašarević E., Boškailo A. Prirodni potencijal vaskularne flore i dijela faune planine Prenj – Rujište i Bijele Vode, Šesta međunarodna naučno-stručna konferencija 5. juni – Svjetski dan zaštite okoliša u Bihaću. Zbornik radova, 2018, 272–288.
11. Domac R. (1994): Flora Hrvatske: priručnik za određivanje bilja. Školska knjiga, Zagreb.
12. Gelenčir J. (1991): Atlas ljekovitog bilja. Prosvjeta, Zagreb.
13. Braun-Blanquet J. (1964): Pflansensoziologie. 3rd Edition, Springer, Vienna.
14. Garcke A. (1972): Illustrierte Flora Deutschland und angrenzende gebiete, geffasskryptogamen und Blutenpflanzen. Berlin – Hamburg.
15. Horvatić S. Biljnogeografski položaj i raščlanjenje našeg Primorja u svjetlu suvremenih fitocenoloških istraživanja, Acta Botanica Croatica, 1963, 22(1), 27–81.
16. Božić V. (2019). Izolacija i usporedba sastava eteričnih ulja iz hrvatskih biljnih vrsta roda Salvia (diplomski rad). Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split.
17. Dudaš S. (2017): Aromatično i ljekovito bilje. Veleučilište u Rijeci – Poljoprivredni odjel Poreč, Rijeka.
18. Đug S., Muratović E., Drešković N., Boškailo A., Dudević S. (2013): Crvena lista flore Federacije Bosne i Hercegovine. EU "Greenway", Sarajevo.

# INVENTORY OF WILD AROMATIC PLANTS IN RUJIŠTE NEAR MOSTAR

**Author:** MIRELA MUJKIĆ

**e-mail:** mirela.mujkic@ppf.unsa.ba

**Mentors:** Full Prof. Jasna Avdić, Assist. Prof. Senad Murtić

Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of Sarajevo

**Introduction:** The biodiversity of aromatic plants in the area of Herzegovina is very rich, thanks to the favourable geography and appropriate soil and climatic conditions. The area of Rujište near Mostar is particularly distinguished by the abundance of aromatic species, which have been gathered in this area since ancient times.

**Aim:** This study was conducted to assess the cover, abundance, and life forms of aromatic plants in the Rujište area.

**Material and Methods:** The cover/abundance values of all aromatic plant species were visually estimated using the Braun-Blanquet cover-abundance scale (Braun-Blanquet, 1964). The analysis of life forms has been made according to Gärcke (1972), and the division of the plants into floral elements according to Horvatić (1963).

**Results:** Floristic analysis in the Rujište area near Mostar was conducted in 2022. Eighty-seven plants were recorded, and 16 of them can be classified as aromatic plants due to their characteristics and utilitarian value. Among the 16 recorded aromatic plants, 11 plants were distinguished by a value of three or higher on the Braun-Blanquet cover-abundance scale (*Achillea collina* J. Becker ex Reichenb., *Sedum acre* L., *Marrubium incanum* Desr., *Teucrium montanum* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Satureja montana* L., *Thymus serpyllum* L., *Salvia pratensis* subsp. *bertolonii* (Vis.) Soó, *Mentha arvensis* L., *Sanguisorba minor* Scop., and *Galium verum* L.). An analysis of the life forms showed the greatest share of hemicryptophytes and hemiphytes among the recorded aromatic plants, while the presence of phanerophytes and therophytes was low. An analysis of floral elements showed that the majority of aromatic plants belong to the South European flora element.

**Conclusion:** Rujište near Mostar still represents an area with high plant species diversity, and a large number of these plants can be classified as aromatic herbs according to their utilitarian value.

**Keywords:** Herzegovina, climate, soil, plant

## PROCJENA EVAPORACIJE I TRANSPIRACIJE USJEVA KUKURUZA KORIŠTENJEM AquaCrop I SIMDualKc SOFTVERSKIH MODELA

**Autor:** BENJAMIN CRLJENKOVIĆ

**e-mail:** benjamin.crljenkovic@ppf.unsa.ba

**Mentor:** Doc. dr Sabrija Čadro

Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu

Proces prelaska vode iz tečnog agregatnog stanja u gasovito od ključnog je značaja za održavanje hidrološkog ciklusa kruženja vode u prirodi i jedna je od osnovnih komponenti vodnog bilansa tla. Voda u atmosferu dospijeva na jedan od dva načina – evaporacijom ili transpiracijom, a zbog praktičnosti, ovi procesi se najčešće objedinjuju u proces evapotranspiracije. Evapotranspiracija je u poljoprivredi korištena za izradu vodnog bilansa tla i planiranje navodnjavanja, u skladu s tim. Brojne su metode predložene za proračun evapotranspiracije, ali je najšire korištena FAO-56 Penman-Monteith metoda. Ovaj metod može koristiti dvostruki ili jednostruki koeficijent kulture, i zavisno od toga dijeli evapotranspiraciju na evaporaciju sa površine tla i transpiraciju iz biljnog tkiva ili nema tu mogućnost.

Savremena poljoprivredna nauka i tehnologija se sve više oslanjaju na softverske modele za proračun evapotranspiracije. Postoje brojni modeli i alati koji koriste različite pristupe i načine za kalkulacije ovih vrijednosti. U radu su korištena dva modela i to AquaCrop i SIMDualKc, pri čemu AquaCrop koristi jednostruki koeficijent kulture, a kasnije dijeli evapotranspiraciju na evaporaciju i transpiraciju, dok je ovaj postupak direktni pri upotrebi SIMDualKc modela, koji integrira dvostruki koeficijent kulture. U skladu s pomenutim, vrijednosti procijenjene evaporacije i transpiracije za AquaCrop i SIMDualKc modelle se razlikuju u određenoj mjeri.

Modeli su konfigurisani u skladu sa meteorološkim, pedološkim i biološko-agronomskim parametrima zabilježenim u usjevu kukuruza na eksperimentalnom poligonu Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, tokom vegetacije 2021. godine, a proračunate vrijednosti evaporacije i transpiracije statistički su uspoređene. Zaključeno je da odstupanja ukupne vrijednosti evaporacije i transpiracije određene korištenjem navedena dva modela nisu velika, te da se oba mogu koristiti za pouzdanu procjenu.

**Ključne riječi:** evapotranspiracija; evaporacija; transpiracija; AquaCrop; SIMDualKc; softverski modeli

### UVOD

Uopćeno, značaj vode u prirodi je ogroman i jasno je da bez nje na Zemljji ne bi postojao život kakav poznajemo (1). Jedna od specifičnosti vode jeste njena laka transformacija pod uticajem toplote, zahvaljujući kojoj voda neprestano kruži u prirodi, u takozvanom opštem hidrološkom ciklusu (2). Proces prelaska vode iz tečnog agregatnog stanja u gasovito od ključnog je značaja za održavanje hidrološkog ciklusa kruženja vode u prirodi i jedna je od osnovnih komponenti vodnog bilansa tla (3). Voda u atmosferu dospijeva na jedan od dva načina – evaporacijom ili transpiracijom. Evaporacija je proces isparavanja vode, odnosno njen prelazak iz tečnog (ili čvrstog) agregatnog stanja u gasovito i difuzija u atmosferu

(2, 4). Voda može isparavati sa površine zemljišta, sa vodenih površina, površine biljaka i sl. Ovaj proces je pod direktnim uticajem meteoroloških faktora ili pojava od kojih su najznačajnije jačina sunčeve svjetlosti, temperatura, relativna vlažnost zraka i brzina vjetra.

Suštinska razlika između evaporacije i transpiracije je to što voda može transpirisati samo iz biljaka, dakle radi se o fiziološkom procesu difuzije vode, uglavnom putem stoma. Oko 99% vode koju usvoji, biljka ponovo otpušta u atmosferu, pošto joj je poslužila za transport otopljenih hraniva. Transpiracija uveliko zavisi od klimatskih faktora (temperaturu, relativne vlage zraka i vjetra), ali i od vrste i stadija razvoja biljke. U uslovima gdje ne postoji ograničenje u dostupnosti vode, ukupan biljni razvoj proporcionalan je ukupnoj potencijalnoj transpiraciji jer se zbog transportne uloge vode u biljkama prinos biomase može predstaviti kao funkcija transpiracije. Transpiracioni koeficijent ili pojedinačni utrošak vode se definira kao količina vode koju biljka utroši za proizvodnju težinske jedinice suhe tvari (5), dok se efikasnost korištenja vode opisuje kao odnos prinosa (zrna, ploda, krme) i iskorištene količine vode (6).

Iz praktičnih razloga se procesi evaporacije i transpiracije uglavnom predstavljaju zajedno, objedinjeni pojmom evapotranspiracija (2). Evapotranspiracija zavisi od četiri ključna faktora: vlažnost tla, vrsta biljke, njena razvijenost i meteorološki uslovi. Meteorološki faktori predstavljaju energiju u atmosferi potrebnu za oslobođanje vode i njenu difuziju. Međutim, ukoliko u tlu nema dovoljno vlage, bez obzira na raspoloživu energiju, neće doći do njenog prelaska u gasovito stanje. Ako je, međutim, zemljište dovoljno, onda je ona uslovljena biljnim faktorima i tada govorimo o potencijalnoj evapotranspiraciji (7), odnosno onoj količini vode koja bi se evapotranspiracijom odala u atmosferu u datim uslovima meteoroloških faktora, vlažnosti tla i biljnog pokrova.

Evapotranspiracija može značajno varirati u zavisnosti od biljnog pokrova. Tako je npr. evaporacija sa tla pokrivenog šumom neznatna zbog zaštite površine tla od direktnog sunčevog zračenja, ali su količine vode koje se gube na transpiraciju više nego u slučaju većine poljoprivrednih ili travnih kultura (8). Kako bi se vrijednosti potencijalne evapotranspiracije mogle međusobno porebiti, ona se određuje na referentnom biljnom pokrovu, što odgovara dobro održavanoj tratinu, visine 0,12 m (4). Kasnije se množenjem referentne evapotranspiracije sa koeficijentom kulture dobija evapotranspiracija kulture.

Evapotranspiracija se može mjeriti direktno, pomoću lizimetara (2, 9, 10), što je dosta skupo i nepraktično za redovnu upotrebu. Stoga su razvijene indirektne metode određivanja evapotranspiracije. Indirektnih metoda za procjenu evapotranspiracije postoji mnogo ali je najšire prihvaćena FAO-56 Penmann-Monteith metoda (4), a brojnim istraživanjima je potvrđena kao najpouzdanija za različite uslove širom svijeta (11).

U uslovima slabe pokrivenosti posmatrane teritorije meteorološkim stanicama koje mjeri i bilježe relevantne klimatske faktore, mogu se koristiti alternativne metode za proračun referentne evapotranspiracije. Alternativne metode su obično jednostavnije za upotrebu i zahtijevaju manji broj ulaznih podataka. U uslovima Bosne i Hercegovine, validacijom i kalibracijom ukupno 12 alternativnih metoda i brojnih lokalno prilagođenih varijacija istih, utvrđeno je da je najpodesnija alternativna metoda za izračun referentne evapotranspiracije lokalno prilagođeni metod po Trajkoviću (12) potom prilagođeni Hargreaves-Samani metod (13), dok su metodi po Thorntwaiteu (14) i Turcu (15) pokazali slabu korelaciju sa standardiziranim FAO-56 Penman-Monteith metodom (16).

Ipak, zbog često nedostupnih podataka, i dalje se često koriste alternativni metodi za procjenu evapotranspiracije. Hargreaves i Samani (13) su predložili metod za izračunavanje referentne evapotranspiracije koristeći samo mjerene dnevne maksimalne i minimalne temperature. U razvoju metode korišteni su osmogodišnji lizimetarski podaci prikupljeni u Kaliforniji, a isti su kasnije poređeni sa podacima širom svijeta, te je zaključeno da metod ne zahtijeva lokalnu kalibraciju. Dodatna prednost ove metode jeste jednostavnost u izračunu i smanjena mogućnost greške pri kalkulacijama, zbog čega su je autori predložili kao

najjednostavniju i najpraktičniju metodu za izračun referentne evapotranspiracije. Iz istih razloga, ova metoda je preporučena kao alternativa standardnoj FAO-56 Penman-Monteith metodi (4).

Jedan od najvećih savremenih izazova s kojima se poljoprivreda suočava je proizvodnja dovoljno hrane za kontinuirano rastući broj stanovnika, naročito u kontekstu sve veće konkurenциje za zemljištem i vodom, u svjetlu klimatskih promjena, suša i nestašica vode. Takav kontekst implicira inovativna pitanja u praksama upravljanja poljoprivrednim vodama kako u pojedinačnim poljima, tako i na nivou većih sistema (sliv, regija), a sve s ciljem povećanja ekološke prihvatljivosti i dobrobiti ruralnog društva (17).

Danas postoji mnoštvo ekoloških modela, a svi imaju svoje vlastite koristi i prednosti. Prije nego se neki model upotrijebi, potrebno je provesti kritičku evaluaciju najprikladnijeg modela za potrebe datog slučaja, baziranu na njegovom obimu i namjenama (18, 19). Dodatni napor u povećanju efikasnosti sistema navodnjavanja usmjeravaju poljoprivrednu nauku u upotrebu daljinskog osmatranja i satelitskih tehnologija. Upotreba pomenutih tehnologija to omogućuje. Indeksi vegetacije izvedeni iz optičkih podataka ili satelitskih snimaka su pogodan alat za praćenje stanja usjeva, uključujući i vodnog stresa (20, 21). Time je moguće pratiti potrebu usjeva za vodom. Konkretno, satelitski snimci mogu se kombinovati sa FAO-56 pristupom, čime se ostvaruje još bolja mogućnost praćenja potreba biljaka za vodom (22). Isti pristup se može koristiti na poljskoj razini, ali i na regionalnom planu, za šire opservacije stanja na terenu. Prva upotreba bespilotne letjelice (drona) u poljoprivredi na prostoru Bosne i Hercegovine bila je za potrebe fotogrametrijskog istraživanja, te su utvrđene mogućnosti precizne procjene prinosa i potreba za navodnjavanjem na taj način (10).

Korisnicima su na dispoziciji brojni softverski modeli za određivanje potreba za navodnjavanjem, pojedinih elemenata vodnog bilansa, pa čak i za dizajniranje sistema za navodnjavanje (10). Neki od učestalo korištenih modela su SPAW (23), WOFOST (24), CropSyst (25), CropFLEX (26,27), WISE (28), DSSAT (29,30), ISAREG (31), AquaCrop (32), SIMDualKc (33) IRRINET (34), a SRCLET je naziv prvog domaćeg modela (10).

### **AquaCrop model**

AquaCrop (32) je razvijen pod okriljem Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO), fokusiran upravo na vodu koja jest ključni pokretač poljoprivrede, a sve češće postaje ograničavajući faktor proizvodnje u savremenom svijetu opterećenom rastućom populacijom, ubrzanim industrijalizacijom, zagađenjem i sličnim problemima koji ugrožavaju ovaj resurs.

Kompleksnost reakcije usjeva na nedostatak vode dugo je zaokupljala naučnike. Istraživanja su prvo dovela do upotrebe empirijskih proizvodnih funkcija (35), od kojih su najpoznatiju definirali. Na temeljima ovoga metoda, nakon istraživanja, konsultacija sa vodećim stručnjacima, akademskom zajednicom i vladinim institucijama, nastala je ideja o razvoju simulacionog modela za ratarske i povrtnarske usjeve koji će ostati posvećen vodi, ali sa većom tačnošću, proširenim mogućnostima aplikacije, zadržavajući pritom jednostavnost i robusnost.

Model simulira moguće prinose najznačajnijih zeljastih poljoprivrednih kultura kao funkciju potrošnje vode u uslovima suhog ratarenja, dopunskog, deficitarnog ili punog navodnjavanja. Transpiracija se prvo izračunava, a zatim prevodi u biomasu korištenjem konzervativnog parametra specifičnog za dati usjev: produktivnost vode biomase, korigovana za iznos potreba evaporacije (atmospheric evaporative demand) i koncentracije CO<sub>2</sub> atmosfere. Ova korekcija čini AquaCrop primjenjivim na različitim lokacijama i u različitim godišnjim dobima. Model, umjesto indeksa lisne površine, koristi pokrivenost

zemljišta kao osnovu za izračunavanje transpiracije i odvajanje evaporacije tla od transpiracije. Prinos usjeva se izračunava kao proizvod biomase i žetvenog indeksa. Na početku perioda formiranja prinosa žetveni indeks raste linearno do pred fiziološku zrelost. Osim za prinos, biomasa se ne dijeli na različite biljne organe.

Reakcije usjeva na nedostatak vode se simuliraju sa četiri modifikatora koji predstavljaju funkcije dostupne vode u tlu umanjene za potražnjom za isparavanjem, na osnovu osjetljivosti na vodni stres četiri ključna biološka procesa: širenja krošnje (canopy), stomatalne kontrole transpiracije, odumiranja biomase i žetvenog indeksa. AquaCrop koristi relativno mali broj eksplisitnih parametara i nastoji balansirati jednostavnost, tačnost i robusnost. Model je uglavnom usmjeren na krajnje korisnike ili praktičare kao što su uposlenici savjetodavnih službi, konsultanti, vladine i nevladine agencije koje se bave vodnim menadžmentom i razne vrste poljoprivrednih udruženja. Dizajniran je da odgovara i potrebama ekonomista i stručnjaka za politike koji se koriste jednostavnim modelima za planiranje i analizu potencijalnih scenarija (36).

AquaCrop se može koristiti za kalkulacije na dnevnoj bazi i u odnosu na starije modele je uznapredovao u nekoliko pravaca:

- evapotranspiracija se dijeli na evaporaciju (sa površine tla i vlažne površine biljke) i transpiraciju (iz biljaka kroz stome),
- razvijen je jednostavan model za rast i odumiranje nadzemne mase, kao osnov za proračun transpiracije,
- konačni prinos se predstavlja kao proizvod razvijene biomase i žetvenog indeksa,
- efekti vodnog stresa su podijeljeni na četiri komponente: rast biljnog pokrova, odumiranje biljnog pokrova, transpiracija i žetveni indeks.

Komponenta klime unutar modela definira atmosferske parametre koji djeluju na usjev, a uključuju pet dnevnih vremenskih varijabli: maksimalna i minimalna temperatura zraka, padavine, referentna evapotranspiracija (evaporabile demand of the atmosphere) i srednja godišnja koncentracija  $\text{CO}_2$  u atmosferi (36). U slučaju potrebe, moguće je u model unositi srednje dekadne ili mjesecne vrijednosti za temperature, padavine i referentnu evapotranspiraciju, a na osnovu njih se potom, koristeći integrirane procedure, izvode dnevne vrijednosti (37).

Zemljšna komponenta modela se konfigurira kao horizonti do dubine korijena, pri čemu je moguće dodati do pet slojeva različite teksture. Iz tekture se izvode vodne karakteristike tla, prvo bitno poljski vodni kapacitet i tačka trajnog venuća, te koeficijent drenaže (drainage coefficient) i hidraulička provodljivost zasićenog toka. Svi pomenuti parametri mogu biti procijenjeni od strane modela (38), ali se očekuju tačniji rezultati ukoliko se koriste specifične vrijednosti opservirane na terenu. Raspoloživi volumen tla za snabdjevanje biljke vodom proporcionalan je razvoju procijenjenoj dubini korijena.

Biomasa unutar komponente usjeva je simulirana tako da se akumulira kroz vrijeme kao funkcija transpirisane vode, a u svakom momentu može biti smanjena ili prekinuta uslovima vodnog stresa. Žetveni indeks, odnosno masa prinosa koja će se u konačnici generisati također može biti umanjena stresom, u zavisnosti od njegovog intenziteta, trajanja i vremena pojave u odnosu na reproduktivni proces. Komponenta usjeva uključuje i tip usjeva (plodovita/zrnasta kultura, lišćarsko povrće, korjenasta/krtolasta kultura), datum sjetve/sadnje i dužina vegetacije.

Komponenta koja se odnosi na agrotehniku ili upravljanje usjevom se sastoji od dvije kategorije, i to upravljanja poljem i upravljanja navodnjavanjem. Kategorija koja se odnosi na polje je veoma široka i nudi mogućnost odabira ili definiranja nivoa plodnosti tla, načina održavanja površine tla i vremena kosidbe krmnih kultura. Kategorija navodnja-

vanja nudi korisniku mogućnost izbora načina i vremena navodnjavanja, bilo da se radi o specifičnom režimu navodnjavanja (sa poznatim vremenom i količinama korištene vode), ili za potrebe generisanja plana navodnjavanja.

AquaCrop je parametariziran prvo na usjevu kukuruza, korištenjem šestogodišnjih podataka iz eksperimenata u Kaliforniji (19, 39). Varijabla tretmana je bila navodnjavanje, a aplicirano je uzdržavanje od navodnjavanja u potpunosti, do metličenja, od metličenja do kraja vegetacije ili povremeno izostajanje navodnjavanja, uz navodnjavanje do pune norme kao kontrola. Sa svim parametrima konstantnim, AquaCrop je simulirao nadzemnu biomasu sa odstupanjima do 10% od mjerene vrijednosti najmanje osam od ukupno 13 tretmana, kao i prinos zrna za najmanje pet slučajeva.

I u brojnim drugim istraživanjima je AquaCrop davao veoma precizne i pouzdane rezultate kada je u pitanju potreba za navodnjavanjem u usjevu kukuruza, uz preduslov adekvatne agrotehnike (10,40).

### **SIMDualKc model**

Metoda korištenja koeficijenta kulture ( $K_c$ ) i referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ) je tradicionalna metoda za procjenu evapotranspiracije (ET), ali je postala relativno komplikovana uvođenjem procedura dvostrukog  $K_c$ . Pristup dvostrukog koeficijenta kulture ( $K_{cb} + K_e$ ) daje bolju procjenu dnevne evapotranspiracije usjeva jer odvojeno razmatra isparavanje tla i transpiraciju usjeva.

Softver SIMDualKc (33) je aplikacija razvijena sa svrhom pojednostavljenja implementacije proračuna koeficijenta kulture i evapotranspiracije usjeva koristeći pristup dvostrukog koeficijenta kulture u širokoj praksi te pružanje informacija o evapotranspiraciji za upotrebu u planiranju navodnjavanja i vodnog bilansiranja tla. Model radi bilansiranje vode u tlu na nivou polja koristeći dnevni vremenski okvir. Procjenjuje transpiraciju usjeva i isparavanje tla, kao i dinamiku vode u tlu za podršku planiranju navodnjavanja čak i uz primjenu pokrovnih usjeva.

Utvrđeno je da pristup dvostrukog koeficijenta kulture daje preciznije rezultate od jednostrukog koeficijenta kulture (41), jer je razdvajanje istog na koeficijent isparavanja tla ( $K_c$ ) a koeficijent bazalnog useva ( $K_{cb}$ ) omogućio bolje praćenje uticaja vlaženja tla kišom i navodnjavanjem, kao i uticaja održavanja dijela tla suvim i uticaja upotrebe malčeva za kontrolu isparavanja tla/evaporaciju (E).

Pristup dvostrukog koeficijenta usjeva pruža jednostavnu i relativno preciznu procjenu evapotranspiracije usjeva za podršku simulaciji planiranja navodnjavanja, posebno za usjeve koji samo djelimično pokrivaju tlo. Model odvaja isparavanje na ono iz tla navlaženog navodnjavanjem i padavine i ono iz tla navlaženog samo padavinama, čime se povećava tačnost proračuna. Nadalje, model koristi protokole za procjenu sušenja površinskog sloja transpiracijom pored isparavanja, ukoliko je ono pokriveno zelenim malčom.

SIMDualKc sadrži procedure za prilagodavanje proračuna bazalnog koeficijenta kulture za nestandardne uslove, tj. kada usjevi imaju gustinu, površinu lista, visinu ili vitalnost nižu nego u optimalnim uslovima. Korištenje vode aktivnim pokrovom tla ili zelenim malčem, kao i efekti površinskog malčiranja na smanjenje isparavanja tla su uzeti u obzir. Model, također, izračunava podzemni oticaj i kapilarno dizanje vode, oticaj i infiltrirane padavine i njihov utjecaj u vodnom bilansu tla.

Model je primijenjen, kalibriran i validiran za kukuruz (Coruche, Portugal) i pšenicu (Alep, Sirija) u uslovima suhog ratarenja i površinskog navodnjavanja, te pamuk koji se navodnjava infiltracionim brazdama (Fergana, Centralna Azija). Rezultati pokazuju dobru podudarnost između dostupnog sadržaja vode u tlu uočenog na terenu i onog predviđenog modelom. Kalibrirani model nema tendenciju precijeniti ili potcijeniti dostupnu vodu u tlu u odnosu na tok vegetacione sezone, ali je model, i prije kalibracije, korištenjem stan-

dardnih vrijednosti za mnoge parametre, također bio relativno pouzdan (33).

## METODOLOGIJA RADA

Za potrebe kreiranja input fajlova za softverske modele korišteni su određeni parametri kojima se opisuje posmatrani prostor, odnosno lokalitet istraživanja. Meteorološki parametri su mjereni korištenjem meteorološke stanice postavljene neposredno uz predmetnu parcelu, a mjerena su obavljana tokom pet mjeseci trajanja perioda vegetacije, odnosno od 07. 05. do 30. 09. 2021. godine. Prikupljeni su meteorološki podaci o maksimalnoj i minimalnoj dnevnoj temperaturi zraka [ $^{\circ}\text{C}$ ], srednjoj dnevnoj relativnoj vlažnosti zraka [%], i srednjoj dnevnoj brzini vjetra [m/s]. Sunčev zračenje prisjelo na površinu Zemlje izračunavano je korištenjem Hargreaves-Samani formule (13), koja glasi:

$$R_s = kR_a \times R_a \times TD^{0.5}$$

gdje je

$R_s$  sunčev zračenje prisjelo na površinu Zemlje [ $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dan}$ ],

$kR_s$  empirijski koeficijent za korekciju sunčevog zračenja,

$R_a$  ukupno sunčev zračenje na površini usjeva [ $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dan}$ ],

$TD$  razlika između maksimalne i minimalne temperature zraka [ $^{\circ}\text{C}$ ].

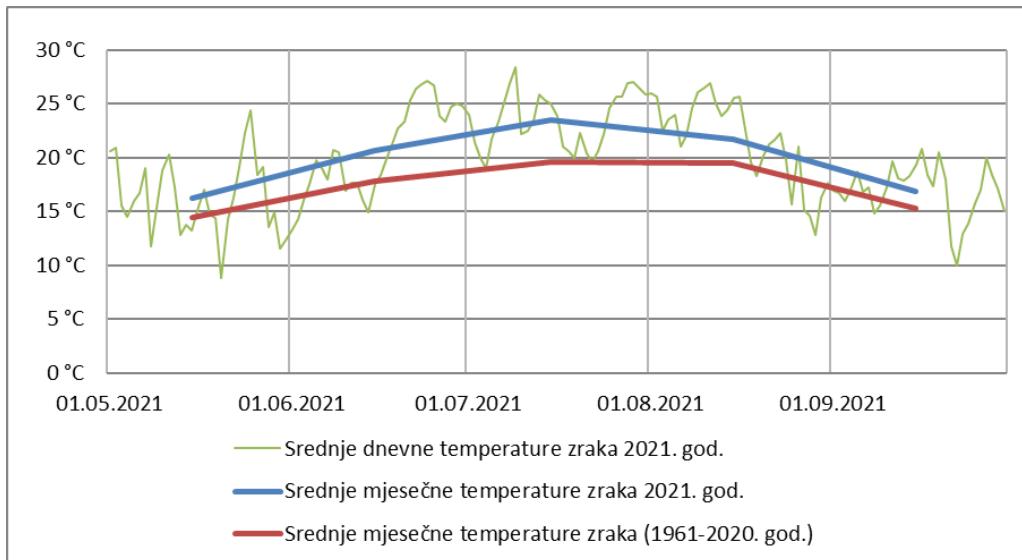
Zbog korištenja pomenutog pristupa za izračun sunčevog zračenja prisjelog na površinu zemlje, oba modela suštinski koriste temperaturnu Penman-Monteith formulu, u kojoj su direktno mjereni podaci o sunčevom zračenju supstituisani onim procijenjenim na osnovu temperature.

Pedološki podaci su uključivali opis profila, sa mehaničkim i vodno-fizičkim osobinama svakog od horizonata uočenih na profilu tla. Korištena je hidrometrijska metoda za određivanje mehaničkog sastava tla, a kolorimetrijska metoda vlažnog spaljivanja sumpornom kiselinom i kalij dihromatom za sadržaj humusa. Vodno-fizičke osobine uključivale su volumnog sadržaja poljskog vodnog kapaciteta, higroskopske vlažnosti i vlažnosti trajnog venuća, te ukupno i lako pristupačne vode biljci.

Od agronomskih/bioloških podataka tokom vegetacije praćene su fenološke faze razvoja usjeva, gustina sklopa i faktor pokrovnosti. Pomenuti podaci prikupljeni su opservacijama na terenu ili analizom fotogrametrijskih snimaka referentnog djela parcele. Zbog nemogućnosti mjerena, podaci o dubini korijena tokom razvoja usjeva su preuzeti iz relevantnih literaturnih izvora, prilagođeni lokalnim uslovima tla, kao što je slučaj i sa koeficijentima kulture i evaporacije tla.

## REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Klima na lokaciji istraživanja se može okarakterizirati kao umjereni topla i humidna, kontinentalna klima (42, 43). Srednje dnevne temperature zraka u toku čitave vegetacije bile su više u odnosu na srednje vrijednosti temperature zraka za isti period u dugogodišnjem prosjeku (1961–2020. godina), što je predstavljeno u Grafikonu 1. Tako je razlika u srednjoj mjesecnoj temperaturi zraka za maj iznosila  $1,78^{\circ}\text{C}$ , za juni  $2,84^{\circ}\text{C}$ , juli čak  $3,86^{\circ}\text{C}$ , za august  $2,18^{\circ}\text{C}$ , a za septembar  $1,59^{\circ}\text{C}$ , što govori u prilog tome da se radi o natprosječno toploj godini.



Grafikon 1. Srednje dnevne temperature zraka u toku vegetacije kukuruza

Kopanjem pedološkog profila utvrđeno je da se radi o aluvijalnom tlu, a na profilu su uočena tri horizonta od kojih je prvi izrazito antropogeniziran zbog dugogodišnje upotrebe u poljoprivredne svrhe. Dubina i mehanički sastav tla, kao i sadržaj humusa dati su u Tabeli 1, dok je pregled vodno-fizičkih osobina tla dat u Tabeli 2.

Tabela 1. Tekstura/mehanički sastav tla i sadržaj humusa – Butmir

Horizont	Dubina [cm]	Mehanički sastav			Teksturna klasa	Sadržaj humusa [%]
		Pijesak [%]	Prah [%]	Glina [%]		
I	0–20	37,8	31,9	30,3	glinovita ilovača	2,65
II	20–55	37,4	32,4	30,2	glinovita ilovača	2,13
III	55–90	38,8	32,2	29,0	glinovita ilovača	2,16

Prema USDA teksturnoj klasifikaciji tla, radi se o glinovitoj ilovači u sva tri horizonta, sa približno jednakom zastupljenosti svih frakcija tla. U uzorcima nije bilo skeleta. Utvrđena je maksimalna dubina prodora korijena do 120 cm, zbog velike zbijenosti dubljih slojeva tla.

Tabela 2. Vodno-fizičke osobine tla – Butmir

Horizont	Dubina [cm]	SAT [%]	FC [%]	WP [%]	TAW [%]	$K_{SAT}$ [mm/day]
I	0–20	46,4	36,7	20,5	16,2	154,4
II	20–55	48,3	38,4	23,5	14,9	140,2
III	55–90	45,7	31,2	16,5	14,7	158,1

Napomena: SAT – maksimalni vodni kapacitet tla; FC – poljski vodni kapacitet; WP – vlažnost trajnog venuća; TAW – ukupno pristupačna voda; KSAT – hidrološki konduktivitet ili saturisani tok

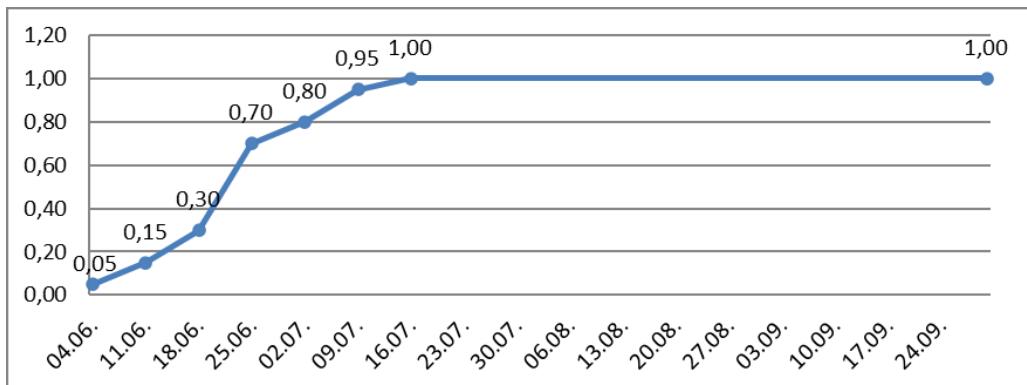
Efektivna dubina površinskog sloja tla koja je pod direktnim uticajem isušivanja od evaporacije prema FAO-56 iznosi od 0,10 m za gruba tla, dok za finija tla, kao što je slučaj sa tlom na oglednoj parceli, ona iznosi i do 0,15 m. Ove vrijednosti izvedene su iz eksperimentalnih podataka koje su brojni istraživači prikupljali tokom svojih istraživanja (44, 45).

Za potrebe ogleda odabran je usjev kukuruza, zbog dominantne zastupljenosti u domaćem ratarstvu i velikog ekonomskog značaja. Posijan je domaći hibrid BL-43, koji je stvoren na Poljoprivrednom institutu Republike Srpske u Banjoj Luci. Odabrana sorta se navodno odlikuje visokom rodnošću i tolerantnošću na sušu, a po potražnji se ističe među ostalim sortama ovoga instituta. Sjetva je obavljena 7. maja, a žetva 30. septembra 2021. godine, što znači da je vegetacija trajala ukupno 147 dana. Datumi početka i kraja pojedinačnih fenoloških faza razvoja usjeva opisane su u Tabeli 3. Sjetva je obavljena na međuredni razmak od 70 cm, a razmak u redu iznosio je prosječno 25,7 cm čime je ostvaren sklop od 55.580 biljaka po hektaru.

Tabela 3. Faze razvoja, visina biljke i dubina korijena kukuruza

Faza razvoja	Datum početka	Ukupno trajanje [dan]	Visina biljke [cm]	Dubina korijena [cm]
Inicijalna faza	07. 05. 2021.	30	5	20
Intenzivni rast	06. 06. 2021.	40	20	20
Sredina sezone	17. 07. 2021.	40	160	120
Početak senescencije	25. 08. 2021.	37	200	120
Puna zrelost	01. 10. 2021.	-	200	120

Pokrovnost tla mjerena je na sedmičnom nivou, do potpunog zatvaranja redova, od kada do kraja vegetacije zadržava konstantnu vrijednost. Rezultati ovih mjerjenja predstavljeni su u Grafikonu 2.



Grafikon 2: Razvoj pokrovnosti tla

Vrijednosti koeficijenata kulture koje su korištene u konfiguraciji modela su preuzete iz literature (46), a navedene su u Tabeli 4. Interesantno je da AquaCrop ima pomenute koeficijente ili konzervativne parametre za većinu kultura uključene u integrisane baze podataka, pa je moguće povući ih na taj način ili ih unositi manuelno, ukoliko je to neophodno.

Tabela 4. Vrijednosti koeficijenata kulture, bazalnih koeficijenata kulture, koeficijenata smanjenja prinosa i kritične iscrpljenosti vode u tlu

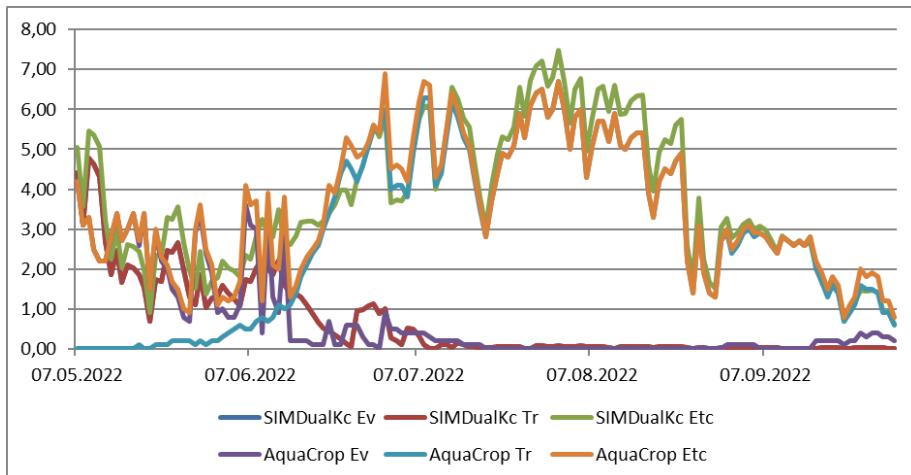
Faza razvoja	$K_c$	$K_{CB}$	$K_y$	p
Inicijalna faza	0,40	0,15	0,40	0,55
Intenzivni rast	1,20	1,15	0,40	0,55
Sredina sezone	1,20	1,15	1,30	0,55
Kraj sezone	0,35	0,50	0,50	0,55
Puna zrelost	-	-	1,25	-

Napomena:  $K_c$  – koeficijent kulture;  $K_{CB}$  – bazalni koeficijent kulture;  $K_y$  – koeficijent smanjenja prinosa; p – kritična tačka iscrpljenosti vode u tlu (frakcija lakopristupačne vode)

Radi izjednačavanja uslova za sve korištene softverske modele, uzet će se da su sve agrotehničke mjere optimalno provedene. Prema tome, u usjevu nije bilo korova, koncentracija hraniva ili zaslanjenost nisu predstavljali limitirajuće faktore. Površina nije malčirana, niti su provedene mjere zaštite od erozije tla ili površinskog oticaja budući da parcela nije inklinirana.

Nakon konfiguracije AquaCrop i SIMDualKc modela vršeno je modeliranje, odnosno poračun evaporacije i transpiracije ili evapotranspiracije. Rezultati procjene evapotranspiracije na dnevnom nivou su predstavljeni u Grafikonu 3. Procijenjena evapotranspiracija kulture za AquaCrop za kukuruz u vegetaciji 2021. godine iznosila je 520,50 mm, dok je korištenjem SIMDualKc modela dobijena vrijednost od 551,39 mm. Ukupna vrijednost evaporacije sa površine tla bila je skoro jednaka za oba modela, iznosila je 99,50 mm za Aquacrop i 99,85 mm za SIMDualKc. Dakle, razlike su uzrokovane isključivo različitim vrijednostima procjenjene transpiracije kulture. Prema rezultatima ovoga istraživanja, transpiracija kukuruza procijenjena upotrebom AquaCrop modela iznosila je 421,00 mm, dok je SIMDualKc model izračunao transpiraciju u ukupnom iznosu od 451,54 mm.

Generalno, prvi dio vegetacije, sve do polovine jula, obilježen je postepenim rastom nadzemne mase usjeva po oba modelima. Tokom trajanja tog perioda, veći dio površine tla izložen je direktnom uticaju sunčeve svjetlosti, a time i evaporaciji. Stoga je i evaporacija uglavnom skoncentrisana u početnom dijelu vegetacije. Ako se ima u vidu različita mogućnost unosa kardinalnih tačaka pokrovnosti tla usjevom po fazama razvoja u modelima, jasno je da će u početnim fazama biti i veće varijacije vrijednosti evaporacije ili transpiracije, što je zabilježeno i u ovome slučaju.



Grafikon 3. Vrijednosti izračunate dnevne evaporacije, transpiracije i evapotranspiracije za AquaCrop i SIMDualKc model

U drugom dijelu vegetacije, odnosno nakon postizanja maksimalne pokrovnosti tla usjevom, stabiliziraju se i odnosi među evaporacijom tla i transpiracijom usjeva. Evaporacija je u tom periodu gotovo zanemariva, a transpiracija generisana korištenjem oba modela prati iste trendove tokom drugog dijela vegetacije.

## ZAKLJUČAK

Izračunata vrijednost evapotranspiracije za usjev kukuruza upotrebom AquaCrop i SIMDualKc modela tokom vegetacionog perioda 2021. godine iznosila je 520,50 mm za AquaCrop, odnosno 551,39 mm za SIMDualKc model. Razlika između izračunatih vrijednosti iznosi manje od 6 %.

Na osnovu iznesenih rezultata, može se utvrditi da se oba modela mogu koristiti za pouzdanu procjenu evapotranspiracije usjeva, ali i za procjenu pojedinačnih segmenta unutar te vrijednosti, odnosno evaporacije i transpiracije. Odstupanja su veoma mala, gotovo beznačajna, naročito kada je riječ o procijenjenoj vrijednosti evaporacije vode direktno iz zemljišta. Krive evaporacije, transpiracije i evapotranspiracije u drugom dijelu vegetacije, nakon potpunog pokrivanja površine tla usjevom, prate iste trendove i imaju veoma slične vrijednosti.

## LITERATURA

- [1] Westall F, Brack A. The Importance of Water for Life. *Space Sci Rev*. 2018 Mar 1;214(2).
- [2] Žurovec J. Melioracije i uređenje poljoprivrednog zemljišta. Sarajevo: Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno-prehrabreni fakultet; 2012. 1–245 p.
- [3] Abtew W, Melesse A. Evaporation and evapotranspiration: Measurements and estimations. *Evaporation and Evapotranspiration: Measurements and Estimations*. Springer; 2013. 1–206 p.
- [4] Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1998. 1–300 p.
- [5] Mihalić V. Opće ratarstvo. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet; 1963. 1–296 p.
- [6] Butorac A. Opća agronomija. Zagreb: Školska knjiga, Zagreb; 1999. 1–650 p.
- [7] Novák V. Evaporation from Different Surfaces. In: *Evapotranspiration in the Soil-Plant-Atmosphere System*. Dordrecht: Springer; 2012. p. 25–37.

- [8] Ćirić M. Pedologija. Sarajevo: IP Svetlost, d.d.; 1991. 307 p.
- [9] Rana G, Katerji N. Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review. *Eur J Agron.* 2000;13(2–3):125–53.
- [10] Čadro S. Razvoj i promjena softverskih modela u cilju održivog upravljanja vodom i povećanja produktivnosti poljoprivrednih kultura u BiH. Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet; 2019.
- [11] Pereira LS, Allen RG, Smith M, Raes D. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. *Agric Water Manag.* 2015 Jan 1;147:4–20.
- [12] Trajković S. Hargreaves versus Penman-Monteith under Humid Conditions. *J Irrig Drain Eng.* 2007;133(1):38–42.
- [13] Hargreaves GH, Samani ZA. Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. *Appl Eng Agric.* 1985;1(2):96–9.
- [14] Thorntwaite CW. An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geogr Rev.* 1948;38(1):55.
- [15] Turc L. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise à jour. *Ann Agron.* 1961;12:13–49.
- [16] Čadro S, Uzunović M, Žurovec J, Žurovec O. Validation and calibration of various reference evapotranspiration alternative methods under the climate conditions of Bosnia and Herzegovina. *Int Soil Water Conserv Res.* 2017 Dec 1;5(4):309–24.
- [17] Cameira M do R, Pereira LS. Innovation Issues in Water, Agriculture and Food. *Water.* 2019;11(6):1230.
- [18] Bennett ND, Croke BFW, Guariso G, Guillaume JHA, Hamilton SH, Jakeman AJ, et al. Characterising performance of environmental models. *Environ Model Softw.* 2013;40:1–20.
- [19] Vanuytrecht E, Raes D, Steduto P, Hsiao TC, Fereres E, Heng LK, et al. AquaCrop: FAO's crop water productivity and yield response model. *Environ Model Softw.* 2014 Dec 1;62:351–60.
- [20] Gontia NK, Tiwari KN. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agric Water Manag.* 2008;95(10):1144–52.
- [21] Er-Raki S, Chehbouni A, Duchemin B. Combining Satellite Remote Sensing Data with the FAO-56 Dual Approach for Water Use Mapping In Irrigated Wheat Fields of a Semi-Arid Region. *Remote Sens.* 2010;2(1):375–87.
- [22] Er-Raki S, Chehbouni A, Guemouria N, Duchemin B, Ezzahar J, Hadria R. Combining FAO-56 model and ground-based remote sensing to estimate water consumptions of wheat crops in a semi-arid region. *Agric Water Manag.* 2007;87(1):41–54.
- [23] Saxton KE, Johnson HP, Shaw RH. Modeling evapotranspiration and soil moisture. *Trans Am Soc Agric Eng.* 1974;17(4):673–7.
- [24] van Diepen CA, Wolf J, van Keulen H, Rappoldt C. WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil Use Manag.* 1989;5(1):16–24.
- [25] Stockle CO, Martin SA, Campbell GS. CropSyst, a cropping systems simulation model: Water/nitrogen budgets and crop yield. *Agric Syst.* 1994;46(3):335–59.
- [26] Sutherland PL, Thompson KR, Broner I, Weinrich A, Valliant J, Bartolo M, et al. CropFLEX - A Vadose Zone Quality and Farm Sustainability Decision Support Tool for Managing Irrigation and Fertilizer. 1996;
- [27] Lorenz J, Broner I. Validation of CropFLEX - A Crop Management Program. In: Central Plains Irrigation Short Course & Exposition. North Platte: Central Plains Irrigation Association; 1998. p. 92–8.
- [28] Leib BG, Elliott T V. Washington Irrigation Scheduling Expert (WISE) Software. In: National Irrigation Symposium, Proceedings of the 4th Decennial Symposium. Phoenix; 2000. p. 14–6.
- [29] Jones JW, Hoogenboom G, Porter CH, Boote KJ, Batchelor WD, Hunt LA, et al. The DSSAT cropping system model. *Eur J Agron.* 2003 Jan 1;18(3–4):235–65.
- [30] Jones JW, Tsuji GY, Hoogenboom G, Hunt LA, Thornton PK, Wilkens PW, et al. Decision support system for agrotechnology transfer: DSSAT v3. In: Understanding Options for Agricultural Production Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development. Dordrecht: Springer; 1998. p. 157–77.
- [31] Pereira LS, Teodoro PR, Rodrigues PN, Teixeira JL. Irrigation Scheduling Simulation: The Model ISAR-EG. In: Rossi, G., Cancelliere A, Pereira LS, Oweis T, Shatanawi M, Zairi A, editors. Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions [Internet]. Springer, Dordrecht; 2003 [cited 2022 Jul 31]. p. 161–80. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-0129-8\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-0129-8_10)
- [32] Steduto P, Raes D, Hsiao TC, Fereres E, Heng LK, Howell TA, et al. Concepts and Applications of AquaCrop: The FAO Crop Water Productivity Model. *Crop Model Decis Support.* 2009;175–91.
- [33] Rosa RD, Paredes P, Rodrigues GC, Fernando RM, Alves I, Pereira LS, et al. Implementing the dual crop

- coefficient approach in interactive software: 2. Model testing. *Agric Water Manag.* 2012;103:62–77.
- [34] Mannini P, Genovesi R, Letterio T. IRRINET: Large Scale DSS Application for On-farm Irrigation Scheduling. *Procedia Environ Sci.* 2013;19:823–9.
- [35] Doorenbos J, Cassam AH. Yield response to water. *Irrigation.* Rome: FAO; 1979.
- [36] Steduto P, Hsiao TC, Raes D, Fereres E. AquaCrop - The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. *Agron J.* 2009 May;101(3):426–37.
- [37] Raes D, Steduto P, Hsiao TC, Fereres E. AquaCrop - The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. *Agron J.* 2009 May;101(3):438–47.
- [38] Saxton KE, Rawls WJ, Romberger JS, Papendick RI. Estimating Generalized Soil-water Characteristics from Texture. *Soil Sci Soc Am J [Internet].* 1986 Jul [cited 2020 Nov 20];50(4):1031–6. Available from: <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaj1986.03615995005000040039x>
- [39] Hsiao TC, Heng L, Steduto P, Rojas-Lara B, Raes D, Fereres E. AquaCrop - The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parameterization and Testing for Maize. *Agron J.* 2009 May;101(3):448–59.
- [40] Heng LK, Evett SR, Howell TA, Hsiao TC. Calibration and testing of FAO aquacrop model for rainfed and irrigated maize. *Agron J.* 2009;101:488–98.
- [41] Allen RG, Clemmens AJ, Burt CM, Solomon K, O'Halloran T. Prediction Accuracy for Projectwide Evapotranspiration Using Crop Coefficients and Reference Evapotranspiration. *J Irrig Drain Eng.* 2005;131(1):24–36.
- [42] Drešković N, Mirić R. Klimatski tipovi u Bosni i Hercegovini. In: Zbornik radova trećeg kongresa geografa Bosne i Hercegovine. Tuzla: Geografsko društvo u Federaciji BiH; 2013.
- [43] Gekić H, Bidžan-Gekić A, Drešković N, Mirić R, Reményi P. The Geography of Bosnia and Herzegovina. Cham: Springer; 2022. 1–413 p.
- [44] Allen RG, Pruitt WO, Raes D, Smith M, Pereira LS. Estimating Evaporation from Bare Soil and the Crop Coefficient for the Initial Period Using Common Soils Information. *J Irrig Drain Eng [Internet].* 2005 Feb 1 [cited 2022 Jul 31];131(1):14–23. Available from: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9437%282005%29131%3A1%2814%29>
- [45] Her Y, Morgan K, Wang Q. Excel-Based Computational Template for Irrigation Scheduling Using Dual Crop Coefficients. *J Ext.* 2019 Feb 1;57(1).
- [46] Steduto P, Hsiao TC, Fereres E, Raes D. Crop yield response to water. *Irrigation.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2012. 1–498 p.

# EVAPORATION AND TRANSPERSION EVALUATION OF MAIZE CROP USING AquaCrop AND SIMDualKc SOFTWARE MODELS

**Author:** BENJAMIN CRLJENKOVIĆ

**Email:** benjamin.crljenkovic@ppf.unsa.ba

**Mentor:** Assist. Prof. Sabrija Čadro

Faculty of Agriculture and Food, University of Sarajevo

The process of water transition from a liquid aggregate state to a gaseous state is of key importance for maintaining the hydrological cycle of water circulation in nature and is one of the basic components of the soil water balance. Water enters the atmosphere in one of two ways—by evaporation or transpiration, and due to practicality, these processes are most often combined into the process of evapotranspiration. Evapotranspiration is used in agriculture to calculate soil water balance and plan irrigation accordingly. Numerous methods have been proposed for the calculation of evapotranspiration, but the most widely used is the FAO-56 Penman-Monteith method. This method can use a double or single crop coefficient. Depending on that, it divides evapotranspiration into evaporation from the soil surface and transpiration from the plant tissue, or it does not have that possibility.

Modern agricultural science and technology increasingly rely on software models for calculating evapotranspiration. There are numerous models and tools that use different approaches and ways to calculate these values. Two models were used in the paper, namely AquaCrop and SIMDualKc. AquaCrop uses a single crop coefficient and later divides evapotranspiration into evaporation and transpiration, while this procedure is direct when using the SIMDualKc model, which integrates a double crop coefficient. Accordingly, the values of estimated evaporation and transpiration for the AquaCrop and SIMDualKc models differ to a certain extent.

The models were configured in accordance with the meteorological, pedological, biological, and agronomic parameters recorded in the corn crop at the experimental site of the Faculty of Agriculture and Food, the University of Sarajevo, during the 2021 growing season. The calculated values of evaporation and transpiration were statistically compared. It was concluded that the deviations of the total value of evaporation and transpiration determined using the above-mentioned two models are not large and that both models can be used for a reliable assessment.

**Keywords:** evapotranspiration, evaporation, transpiration, AquaCrop, SIMDualKc, software models



## SADRŽAJ TEŠKIH METALA U RAZLIČITIM KULTIVARIMA PARADAJZA KAO POKAZATELJ ZDRAVSTVENOG STANJA PROUČAVANOG ZEMLJIŠTA

**Autor:** MIRZA VALJEVAC, Amina Šerbo, Almira Avdić

**e-mail:** mirza.valjevac@ppf.unsa.ba

**Mentor:** Docent dr Senad Murtić

Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu

**Uvod:** Teški metali su svi hemijski elementi čija je relativna gustina viša od  $5 \text{ g cm}^{-3}$ . Neki od njih, kao što su bakar (Cu), željezo (Fe), mangan (Mn), cink (Zn) i molibden (Mo) su esencijalni za živa bića, dok neki, poput olova (Pb), kadmija (Cd), žive (Hg) i arsena (As) pokazuju isključivo negativno djelovanje. U slučaju konzumacije dijelova biljke u kojima je sadržaj teških metala iznad graničnih vrijednosti, lako može doći do neželjenih posljedica na zdravlje čovjeka, te se stoga u savremenim društвима velika pažnja poklanja monitoringu teških metala u tlu i biljkama.

**Cilj:** Osnovni cilj ovog istraživanja je bio ispitati sadržaj ukupnih oblika teških metala Cd, Cr, Pb, Zn, Cu i Mn u zemljištu smještenom na oglednom poligonu Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta u Sarajevu, te utvrditi akumulaciju navedenih elemenata u plodovima osam različitih kultivara paradajza gajenih na tom zemljištu.

**Materijal i metode:** Sadržaj teških metala u ispitivanim uzorcima zemljišta i plodova paradajza određen je metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije na aparatu Shimadzu 7000 AA, a prema uputstvima sadržanim u metodi ISO 11047.

**Rezultati:** Sadržaj svih ispitivanih teških metala u zemljištu je bio ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti. U plodovima paradajza sadržaj Cu je varirao od 21,9 do 24,5 mg kg<sup>-1</sup>, Zn od 18,4 do 23,5 mg kg<sup>-1</sup>, Mn od 6,19 do 8,51 mg kg<sup>-1</sup>, Cd od 0,008 do 0,011 mg kg<sup>-1</sup> i Cr od 0,28 do 0,57 mg kg<sup>-1</sup> zavisno od ispitivanog kultivara, dok prisustvo Pb u plodovima paradajza nije utvrđeno. Niti u jednom ispitivanom uzorku ploda paradajza nije utvrđena toksična vrijednost za sadržaj pojedinog teškog metala.

**Zaključak:** Ispitivano zemljište se s gledišta određivanih teških metala može smatrati pogodnim za stvaranje zdravstveno ispravnih plodova paradajza. Najveći sadržaj Cr i Mn utvrđen je u plodovima kultivara Pink Gusto F1, Cd u plodovima kultivara Amati F1, a Zn i Cu u plodovima kultivara Fantom 1.

**Ključne riječi:** zemljište; plod; zdravlje

## UVOD

Očuvanje poljoprivrednih površina, kao primarnog resursa za proizvodnju hrane, predstavlja osnovu napretka i stabilnosti razvoja svakog društva. Nažalost, svojim nesavjesnim korištenjem čovjek je veliki dio zemljišta doveo u stanje visokog stepena onečišćenosti različitim toksičnim materijama, među kojima se po svom negativnom uticaju na okoliš posebno izdvajaju teški metali. Toksični efekti teških metala na okoliš manifestuju se kroz smanjenje produktivnosti poljoprivrednih površina, onečišćenje izvora hrane i vode, te posljedično kroz ugrožavanje ljudskog zdravlja i okoliša [1].

U naučnoj literaturi teški metali se definišu kao metali čija je relativna gustina veća od  $5 \text{ g cm}^{-3}$ . Neki od njih su neophodni za život biljke i čovjeka (Cu, Fe, Mn, Zn, Mo),

premda i oni mogu u koncentracijama izvan dozvoljenih negativno uticati na zdravlje biljke i čovjeka, dok neki djeluju gotovo isključivo toksično na biljni i ljudski organizam (Cd, Pb, As, Hg) [2].

Porijeklo teških metala u zemljištu je različito. Jednim dijelom su u zemljištu prisutni kao rezultat trošenja matičnih stijena iz kojih je zemljište nastalo, a drugim dijelom kao rezultat uticaja spoljnih faktora, prvenstveno antropogenog. Najznačajniji antropogeni izvori onečišćenja zemljišta teškim metalima su intenzifikacija poljoprivredne proizvodnje praćena pretjeranom upotreboru mineralnih gnojiva, emisija štetnih plinova iz industrijskih postrojenja te komunalni otpad [3].

Da li se u Bosni i Hercegovini određeno zemljište može smatrati onečišćeno teškim metalima ili ne regulisano je odgovarajućim pravilnicima na entitetskom nivou, pri čemu je na teritoriju Federacije Bosne i Hercegovine na snazi 'Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodi njihova ispitivanja' iz 2009. godine, a na teritoriju Republike Srpske 'Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u poljoprivrednom zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama za njihovo ispitivanje' iz 2016. godine [4, 5]. Ukoliko su u ispitivanom zemljištu koncentracije teških metala iznad graničnih vrijednosti koje su navedene u spomenutim pravilnicima, to zemljište se može smatrati onečišćenim, što u prevodu znači da se na njemu poljoprivredna proizvodnja bez prethodno provedenih sanacijskih mjera ne bi smjela provoditi.

Sadržaj teških metala u zemljištu i to prvenstveno onih koji imaju negativan uticaj na zdravlje čovjeka je posebno značajno ispitati na onim poljoprivrednim kulturama koje se u velikoj mjeri koriste u ishrani ljudi. Jedna od takvih poljoprivrednih kultura u Bosni i Hercegovini je paradajz.

Ciljevi ovog istraživanja su bili sljedeći: (1) ispitati sadržaj ukupnih oblika teških metala Cd, Cr, Pb, Zn, Cu i Mn u zemljištu smještenom na oglednom poligonu Poljoprivredno-prehrabrenog fakulteta na Butmiru kod Sarajeva i (2) utvrditi akumulaciju navedenih teških metala u plodovima osam različitih kultivara paradajza gajenih na tom zemljištu.

Kultivari paradajza obuhvaćeni ovim istraživanjem bili su sljedeći: Pink Gusto F1, Fantom F1, Pink Rock F1, Optima F1, volovsko srce, Amati F1, Panekra F1 i Big Beef F1, a izabrani su iz razloga jer su uveliko zastupljeni u plasteničkoj proizvodnji širom Bosne i Hercegovine, pa su stoga nove spoznaje vezane uz njihovu proizvodnju od velikog interesa, kako za proizvođača, tako i za krajnjeg konzumenta.

## MATERIJAL I METODE RADA

### Materijal rada

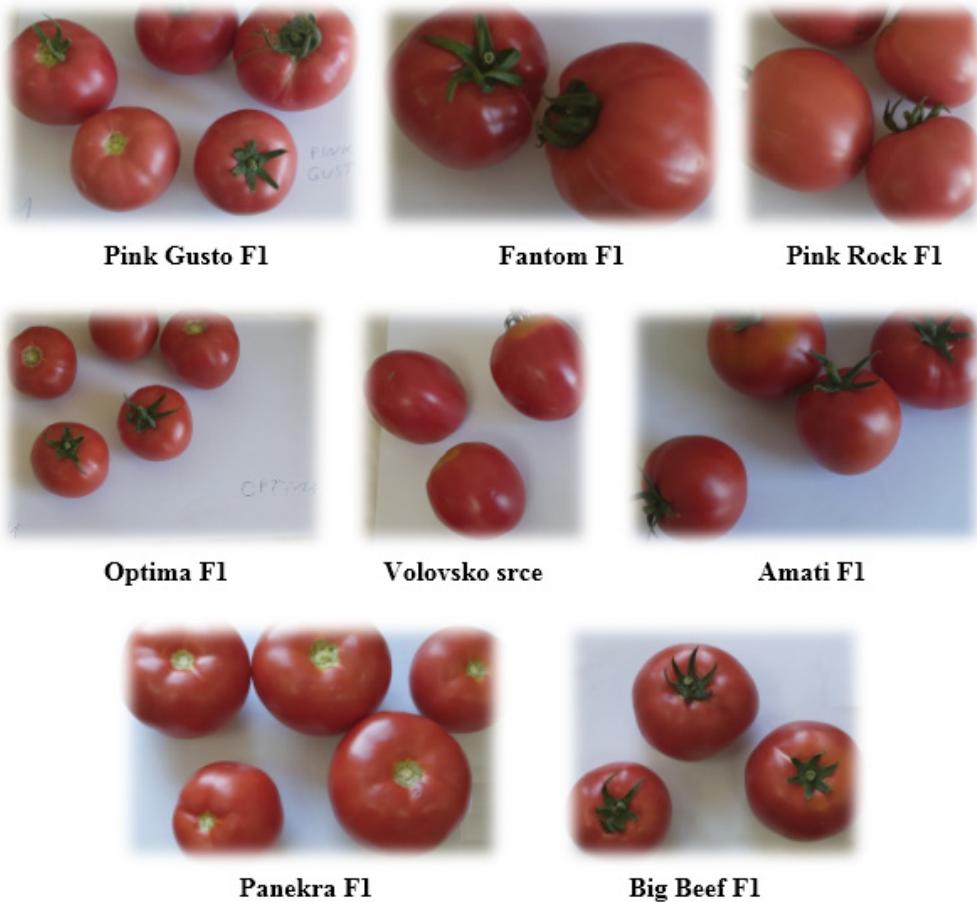
Materijal rada u ovom istraživanju su predstavljali plodovi osam različitih hibrida paradajza: Pink Gusto F1, Fantom F1, Pink Rock F1, Optima F1, volovsko srce, Amati F1, Panekra F1 i Big Beef F1 (Slika 1).

Pink Gusto F1 predstavlja rani, indeterminantni hibrid paradajza. Plodovi su mu krupni i čvrsti, tamno roze boje, ovalnog oblika i blago rebraste površine.

Fantom F1 spada u srednje rane hibride izuzetno visoke rodnosti. Plodovi ovog hibrida su prosječne mase oko 200 g, čvrsti su, crvene boje i glatke površine. Vrlo su pogodni za transport i duže čuvanje.

Pink Rock F1 je indeterminantni hibrid paradajza visokog rasta. Plodovi su mu krupni, od 250 do 350 g, roze boje i vrlo sočnog okusa.

Optima F1 se također svrstava u rane indeterminatne hibride paradajza. Odlikuje se okruglim, crveno obojanim plodovima, prosječne mase od 200 do 250 g.



Slika 1. Prikaz plodova kultivara paradajza korištenih u ovom istraživanju (slika – vlastiti izvor)

Volovsko srce spada u red najviše uzgajanih kultivara paradajza na prostorima Bosne i Hercegovine. Plodovi su mu krupni, srcolikog oblika i vrlo intenzivnog mirisa. Ovaj kultivar je okarakterisan vrlo kratkim periodom vegetacije; plodovi dozrijevaju već za 80 dana od momenta sjetve.

Amati F1 je rani hibrid paradajza koji se odlikuje snažnim i brzim rastom, te krupnim, crveno obojanim plodovima, mase oko 200 g. Specifičnost ovog hibrida je visok stepen tolerancije na hladnoću pa je stoga vrlo često zastupljen kao sortiment paradajza u proizvodnji na otvorenom.

Panekra F1 se ubraja u rane hibride paradajza namijenjene za proljetnu proizvodnju: period od momenta presađivanja do zrenja plodova za ovaj kultivar je oko 60 dana. Plodovi ovog hibrida su krupni, tamno crvene boje, blago plosnatog oblika s izraženim rebrima. Prosječna masa ploda ovog hibrida je oko 300 g.

Big Beef F1 se ubraja u rane indeterminantne kultivare paradajza. Plodovi su mu mesnati i krupni (prosječne mase od 200 do 300 g), ovalnog su oblika, crvene boje, odličnog ukusa i srednje čvrstine.

## Objekt rada

Istraživanje u kojem je ispitivan sadržaj teških metala u plodovima različitih kultivara paradajza je provedeno u sklopu plasteničke proizvodnje na oglednom poligonu Poljoprivredno-prehrabrenog fakulteta 'Butmir' kod Sarajeva. Tip zemljišta na kojem je podignut zasad osam različitih kultivara paradajza je bio aluvijum, što je utvrđeno vizualnom opservacijom pedološkog profila napravljenim na ispitivanoj parceli, a dodatno potvrđen pregledom Pedološke karte Bosne i Hercegovine 1 : 50000, čiji je autor Federalni zavod za agropedologiju u Sarajevu.

Prije samog podizanja zasada paradajza na ispitivanoj parceli, određeni su osnovni parametri plodnosti ispitivanog zemljišta: pH vrijednost zemljišta, sadržaj humusa, te sadržaj lako pristupačnih oblika kalija ( $K_2O$ ) i fosfora ( $P_2O_5$ ) u ispitivanom zemljištu, a s ciljem davanja odgovarajuće gnojidbene preporuke neophodne za optimalni razvoj paradajza (Tabela 1).

Tabela 1. Hemijske karakteristike ispitivanog zemljišta

Parametar	Mjerna jedinica	Utvrđena vrijednost
pH $H_2O$	pH jedinica	7,4
pH KCl	pH jedinica	6,4
Sadržaj humusa	%	3,0
$P_{2O_5}$	mg 100 g <sup>-1</sup>	40,0
$K_2O$	mg 100 g <sup>-1</sup>	80,0

Rezultati analize plodnosti zemljišta su pokazali da je ispitivano zemljište blago kisele do neutralne reakcije, srednjeg nivoa opskrbljenosti s organskom materijom, te optimalnog nivoa opskrbljenosti s pristupačnim oblicima fosfora i kalija. Na osnovu dobijenih rezultata analize plodnosti zemljišta te potreba paradajza za hranjivima, data je odgovarajuća gnojidbena preporuka koja je i implementirana tokom vegetacije tj. tokom rasta i razvoja paradajza.

Ovaj segment istraživanja je iskorišten i za uzimanje prosječnog uzorka zemljišta u kojem je ispitani sadržaj ukupnih oblika sljedećih teških metala: Cd, Cr, Pb, Zn, Cu i Mn.

## Metode rada

Ekstrakcija teških metala iz ispitivanog zemljišta izvršena je uz korištenje zlatotopke (smjesa nitratne i hloridne kiseline u omjeru 1 : 3), a u skladu s uputstvima navedenim u metodi ISO 11466 [6]. Sam postupak ekstrakcije je izvođen na sljedeći način: U okrugle tikvice 250 ml sa ravnim dnom izvagano je 3 g vazdušno suhog zemljišta, te je potom pažljivo pipetom dodano 21 ml HCl i 7 ml HNO<sub>3</sub> (28 ml zlatotopke). Tikvice su ostavljene 16 sati na sobnoj temperaturi u digestoru, a zatim su grijane na rešou uz povratno hladilo 2 sata na temperaturi ključanja. Nakon hlađenja ekstraktioni rastvor je filtriran kroz filter papir (plava traka) u odmjernu tikvicu 100 ml, te je potom redestilovanom vodom tikvica nadopunjena do oznake.

Ekstrakcija teških metala iz osušenih plodova paradajza je izvršena uz korištenje nitratne i sulfatne kiseline u omjeru 2,5 : 1 [7]. Sam postupak ekstrakcije je izvođen na sljedeći način: U Erlenmayerove tikvice 100 ml je izvagano 1 g suhe biljne materije (osušenih plodova paradajza) u koje je pažljivo dodano 10 ml HNO<sub>3</sub> i 4 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Tikvice su ostavljene 2 sata na sobnoj temperaturi u digestoru, a zatim su grijane na rešou na temperaturi ključanja do momenta prestanka stvaranja para. Nakon hlađenja, ekstraktioni rastvor je filtriran kroz filter papir (plava traka) u odmjernu tikvicu 50 ml koja je potom redestilovanom vodom nadopunjena do oznake.

Sadržaj teških metala u ispitivanim uzorcima zemljišta i plodova paradajza određen je metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije na aparatu Shimadzu 7000 AA, a prema uputstvima sadržanim u metodi ISO 11047 [8]. Radni rastvori standarda potrebni za rad na atomskom apsorpcionom spektrofotometru su za svaki ispitivani element pripremljeni iz originalnih rastvora (MERCK) koncentracije 1000 mg l<sup>-1</sup>. Razblaženja su pravljena redestilovanom vodom, a odabir koncentracija u seriji standarda za pojedini element je napravljen u skladu s očekivanim vrijednostima za sadržaj tog elementa u zemljištima, odnosno biljnom materijalu.

## REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Dobijene vrijednosti za sadržaj teških metala u ispitivanom zemljištu prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Sadržaj teških metala u ispitivanom zemljištu

Ispitivani parametar	Mjerna jedinica	Dobijena vrijednost	Granična vrijednost <sup>1</sup>
Cd	mg kg <sup>-1</sup>	0,35	1
Cr	mg kg <sup>-1</sup>	26,4	80
Pb	mg kg <sup>-1</sup>	27,4	80
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	47,4	150
Cu	mg kg <sup>-1</sup>	14,3	65
Mn	mg kg <sup>-1</sup>	253,6	-

<sup>1</sup> – granične vrijednosti propisane Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodi njihova ispitivanja u FBiH [4]

Utvrđene vrijednosti za sadržaj teških metala Cr, Pb i Cd u ispitivanom zemljištu su bile ispod graničnih vrijednosti propisanih zakonskom legislativom u Bosni i Hercegovini, iz čega proizlazi da ispitivano zemljište nije onečišćeno tim elementima. Ista konstatacija se može dati za esencijalne teške metale Zn i Cu, budući da i njihov utvrđeni sadržaj u zemljištu nije prelazio granične vrijednosti. Granična vrijednost za Mn u zemljištu nije zakonski propisana, no prema podacima iz naučne literature smatra se da tek vrijednosti iznad 1000 mg Mn po kg suhe materije zemljišta mogu imati negativan utjecaj na okoliš [9]. Takav slučaj nije zabilježen u ovom istraživanju, što znači da ispitivano zemljište nije onečišćeno niti sa Mn.

Dobijene vrijednosti za sadržaj teških metala u plodovima ispitivanih kultivara paradajza prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Sadržaj teških metala u plodovima ispitivanih kultivara paradajza

Kultivar	Sadržaj teških metala u plodovima paradajza (mg kg <sup>-1</sup> suhe materije)					
	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	Mn
Pink Gusto F1	0,01	0,57	n. d.	18,6	21,2	8,51
Fantom F1	0,009	0,38	n. d.	23,5	24,5	6,62
Pink Rock F1	0,009	0,01	n. d.	19,5	22,9	7,39
Optima F1	0,008	0,38	n. d.	21,2	22,6	7,43
Volovsko srce	0,009	0,37	n. d.	15,1	23,3	6,43
Amati F1	0,011	0,38	n. d.	18,4	24,5	6,92
Panekra F1	0,006	0,56	n. d.	19,1	21,9	6,19

Big Beef F1	0,008	0,28	n. d.	18,8	21,2	5,56
Granična vrijednost <sup>1</sup>	0,2	2,3	0,3	99,4	73,3	-

<sup>1</sup> Granične vrijednosti za teške metale u povrću prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije [10]

U plodovima paradajza sadržaj Cu je varirao od 21,9 do 24,5 mg kg<sup>-1</sup>, Zn od 18,4 do 23,5 mg kg<sup>-1</sup>, Mn od 6,19 do 8,51 mg kg<sup>-1</sup>, Cd od 0,008 do 0,011 mg kg<sup>-1</sup> i Cr od 0,28 do 0,57 mg kg<sup>-1</sup> zavisno od ispitivanog kultivara, dok prisustvo Pb u plodovima paradajza nije utvrđeno. Niti u jednom ispitivanom uzorku ploda paradajza nije utvrđena toksična vrijednost za sadržaj pojedinog teškog metala, iz čega proizlazi da je akumulacija ispitivanih teških metala u plodovima paradajza bila s zdravstvenog aspekta prihvatljiva. Ovakvi rezultati su bili i očekivani ukoliko se uzme u obzir činjenica da su utvrđene vrijednosti za ispitivane teške metale u zemljишtu na kojem je gajen paradajz također bile ispod graničnih vrijednosti.

Ako se prati dinamika kretanja teških metala Cd, Cr i Pb u sistemu 'tlo – plod biljke', iz rezultata ovog istraživanja se može izvući konstatacija da biljka paradajza vrlo malu količinu toksičnih teških metala apsorbuje i transportuje iz zemljишta u plod, neovisno o njihovom sadržaju u tlu. Naime, u ovom istraživanju sadržaj Pb u plodovima paradajza uopće nije detektovan, dok sadržaj Cd i Cr niti u jednom plodu paradajza nije prelazio vrijednost 0,011 mg kg<sup>-1</sup>, odnosno 0,57 mg kg<sup>-1</sup> suhe materije ploda, što su iznimno niske koncentracije. Ovakvi rezultati nisu iznenađujući s obzirom na to da je naučno dokazano da prisustvo Pb, Cd i Cr u nadzemnim dijelovima biljke može dovesti do poremećaja u načinu odvijanja fizioloških procesa u biljci, a samim time i negativno uticati na njen razvoj [11, 12]. Evidentno je da su mnoge biljke, a među njima i paradajz, tokom evolucije izgradile različite mehanizme da smanje akumulaciju toksičnih teških metala u nadzemnim dijelovima biljke. Neke biljke su to učinile na način da su razvile mehanizme za blokiranje ulaska teških metala u biljku (nemaju receptore na membranama korijenovih dlačica za prihvaćanje jona toksičnih teških metala iz rastvora zemljишta), dok su neke to učinile na način da su razvile mehanizme za zadržavanje toksičnih teških metala u podzemnim dijelovima biljke [13]. Postoje i biljke (hiperakumulatori) koje dopuštaju transport i akumulaciju toksičnih teških metala u nadzemne dijelove biljke i to u većim količinama, no tada ih deponuju u vakuolama stanica kako bi spriječili njihov negativan efekat na fiziološke procese koji se odvijaju ili u organelama ili u citosolu tih stanica [14].

Dinamika kretanja esencijalnih teških metala Zn, Cu i Mn u sistemu 'tlo – plod biljke' je znatno drugačija u odnosu na dinamiku toksičnih teških metala, a to kada je paradajz u pitanju potvrđuju i rezultati ovog istraživanja. Naime, akumulacija Zn, Cu i Mn u plodovima svih ispitivanih kultivara paradajza je bila mnogostruko veća u odnosu na akumulaciju Cd, Cr i Pb, iz čega proizlazi da su Zn, Cu i Mn neophodni biljci za razvoj, pa ih stoga ona nastoji usvojiti i translocirati iz zemljишta u nadzemni dio biljke, gdje ih potom uključuje u fiziološke procese.

Zn je neophodan element za nesmetano odvijanje sinteze DNK i RNK molekula, te proteina, ali i za sintezu fitohormona auksina [15], dok je funkcija Cu u biljci prvenstveno značajna s gledišta odvijanja fotosinteze jer je ovaj element sastavni dio plastocijanina i citohrom oksidaze c koji učestvuju u transportu elektrona tokom odvijanja svjetle faze fotosinteze [16]. Mn je također element neophodan za pravilno odvijanje procesa fotosinteze, no Mn ima bitnu ulogu i u antioksidativnom odbrambenom sistemu biljke gdje djeluje kao aktivator različitih antioksidativnih enzima [17].

Jedini donekle iznenađujući rezultat u ovom istraživanju je odnos između sadržaja Cu i Zn u ispitivanim plodovima paradajza. Sadržaj Zn u nadzemnim dijelovima biljke, pa tako i u plodovima, uglavnom je uvek veći u odnosu na sadržaj Cu, što posebno dolazi do izražaja u uslovima kada je i sadržaj Zn u zemljишtu veći u odnosu na Cu [18]. Međutim, rezultati

ovog istraživanja nisu potvrdili ove navode. Pretpostavka je da je razlog većoj akumulaciji Cu u odnosu na Zn u ispitivanim plodovima paradajza vezan uz program mjera zaštite paradajza. Naime, u cilju suzbijanja plamenjače (*Phytophthora infestans*) je tokom vegetacije paradajza u dva navrata folijarnim putem korišten preparat Ridomil, čija je aktivna materija bakar oksiklorid, a što je vjerojatno kao posljedicu imalo i nešto izražajnije vrijednosti za Cu u ispitivanim plodovima paradajza u odnosu na uobičajene koje se kreću u intervalu od 4 do 10 mg Cu kg<sup>-1</sup> suhe materije.

## ZAKLJUČAK

Ispitivano zemljište se s gledišta određivanih teških metala može smatrati pogodnim za stvaranje zdravstveno ispravnih plodova paradajza. Najveći sadržaj hroma i mangana utvrđen je u plodovima kultivara Pink Gusto F1. Sadržaj kadmija je bio najveći u plodovima kultivara Amati F1, a cinka i bakra u plodovima kultivara Fantom 1. Niti u jednom uzorku plodova paradajza nije detektovano prisustvo olova.

## LITERATURA

1. Haramija P., Heršak E., Njavro Đ. Mogućnosti proizvodnje hrane – prijeteći problemi i nužni koraci, Obnovljeni Život: časopis za filozofiju i religijske znanosti, 2013, 68, 3, 399–415.
2. Kastori R., Petrović N., Arsenijević-Maksimović I. (1997): Teški metali i biljke. u: Kastori R. [ur.] Teški metali u životnoj sredini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
3. He Z.L., Yang X.E., Stoffellab P.J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment, Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2005, 19, 125-140.
4. Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja. (2009): Sl. novine F Bi H broj 72/09.
5. Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja. Službeni glasnik Republike Srpske, Službeni glasnik Republike Srpske broj 56/16.
6. International Standard Organisation (1995): Soil quality - Extraction of trace elements soluble in aqua regia. ISO 11466.
7. Lisjak M., Špoljarević M., Agić D., Andrić L. (2009): Praktikum iz Fiziologije bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
8. International Standard Organisation (1998): Soil Quality - Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc. Flame and Electrothermal AAS. ISO 11047
9. Vukadinović V., Lončarić Z. (1997): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
10. World Health Organization (2001): Codex Alimentarius Commission. Report on the 32nd Session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants, Geneva.
11. Ali N.A., Ater M., Sunahara G.I., Robidoux P.Y. Phytotoxicity and bioaccumulation of cooper and chromium using barley in spiked artificial and natural forest soils, Ecotoxicology and environmental Safety, 2004, 57, 363-374.
12. Godt J., Scheidig F., Grosse-Siestrup C., Esche V., Brandenburg P., Reich A., Groneberg D. A. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. Journal of occupational medicine and toxicology (London, England), 2006, 1, 22.
13. Usman K., Abu-Dieyeh M.H., Zouari N., Al-Ghouti M.A. Lead (Pb) bioaccumulation and antioxidative responses in Tetraena qataranse, Scientific Reports, 2020, 10, 17070.
14. Sheoran V., Sheoran A.S., Poonia P. Factors affecting phytoextraction: a review, Pedosphere, 2016, 26(2), 148-166.
15. Marreiro D.D., Cruz K.J., Morais J.B., Beserra J.B., Severo, J.S., De Oliveira A.R. Zinc and Oxidative Stress: Current Mechanisms, Antioxidants (Basel), 2017, 6, 24.
16. Yruela I. Cooper in plants, Brazilian Journal of Plant Physiology, 2005, 17(1), 145-156.
17. Millaleo R., Reyes-Diaz M., Ivanov A.G., Mora M.L., Alberdi M. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2010, 10, 470-481.

## HEAVY METAL ACCUMULATION IN DIFFERENT TOMATO CULTIVARS AS AN INDICATOR OF SOIL HEALTH

**Author:** MIRZA VALJEVAC, Amina Šerbo, Almira Avdić

**Email:** mirza.valjevac@ppf.unsa.ba

**Mentor:** Assist. Prof. Senad Murtić

Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of Sarajevo

**Introduction:** Heavy metals are generally defined as metals that possess a specific density of more than  $5 \text{ g cm}^{-3}$ . Heavy metals such as copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), and molybdenum (Mo) are essential for both plants and humans. Conversely, some heavy metals such as chromium (Cr), lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg), and arsenic (As) cause serious hazards to plant life and human health. Therefore, it is important to control and monitor their presence in soils and plants.

**Aim:** The aim of this study was to assess the content of total heavy metals (Cd, Cr, Pb, Zn, Cu, and Mn) in the soil and fruit samples of eight different tomato cultivars.

**Material and Methods:** The levels of heavy metals in soils and tomato fruits were determined by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS Shimadzu 7000 AA), according to the ISO 11047 method.

**Results:** All levels of the tested heavy metals in soil samples were below the maximum permissible limit values. Contents of heavy metals in the tomato fruits were found in the ranges:  $21.9\text{--}24.5 \text{ mg kg}^{-1}$  for Cu,  $18.4\text{--}23.5 \text{ mg kg}^{-1}$  for Zn,  $6.19\text{--}8.51 \text{ mg kg}^{-1}$  for Mn,  $0.008\text{--}0.011 \text{ mg kg}^{-1}$  for Cd, and  $0.28\text{--}0.57 \text{ mg kg}^{-1}$  for Cr. Pb was not detected in tomato fruit samples, regardless of the cultivar. The levels of the tested heavy metals in all fruit samples were within tolerable limits.

**Conclusion:** From the point of view of the estimated heavy metals, the tested soil can be considered suitable for the production of healthy tomato fruits. The highest levels of Cr and Mn were found in fruits of tomato cv. Pink Gusto F1. The fruits of cv. Amati F1 had the highest Cd content, while the fruits of cv. Fantom F1 had the highest content of Zn and Cu.

**Keywords:** soil, fruit, health

## INFLUENCE OF EUROPEAN GREEN AGREEMENT ON CATTLE BREEDING IN REPUBLIC OF N. MACEDONIA

**Authors:** DANIEL SPASOVSKI, Angelina Djurevska, Marija Simonovska, Elena Trajkovska

**Email:** bunevskigjoko@gmail.com

**Mentor:** Full Prof. Gjoko Bunevski

Department of Animal Biotechnology

Faculty of Agricultural Sciences and Food (FASF) Skopje,

University Ss. Cyril and Methodius in Skopje

Cattle breeding nowadays is facing strategic changes according to the Common Agriculture Policy (CAP) reform proposed by the European Commission in June 2018 and the Green Deal from 2020 as a contribution to the European environmental, climate, and biodiversity protection commitments set in the European Green Deal. A new Green Action Plan for the Western Balkan countries was published in September 2021. All European countries have to take seriously the implementation of many activities in the adaptation of agriculture as well as cattle breeding according to those newly proposed reforms.

Methane and carbon dioxide are both greenhouse gases that contribute to global warming, but as a short-lived flow gas, methane presents an opportunity for a positive impact.

This paper will present some techniques to reduce livestock greenhouse gas emissions in our country and the region, with the main focus on husbandry (animal breeding, feed supplements, improved pastures), management systems (stocking rates, biological control), and manure management.

**Keywords:** cattle production, Green Deal, climate changing, reforms

### Introduction

Methane and carbon dioxide are both greenhouse gases that contribute to global warming, but as a short-lived flow gas, methane presents an opportunity for a positive impact. Enteric methane is the single largest source of direct greenhouse gas (GHG) emissions in cattle breeding. Methane is emitted on farms through two primary sources: manure degradation and enteric fermentation, the normal digestive process which enables cattle to eat grass and fiber. Our next objective is to improve animal productivity and move the dairy and beef sectors towards net zero emissions.

Each year 1.6 billion cows release about 100 kg of methane per head globally. Methane affects the atmosphere 23 times more than Carbon dioxide. Methane traps the heat of the Sun and makes the whole planet warmer. Each cow's emissions are the same as burning 1000 liters of petrol annually. Several trials considered that cows are responsible for 18% of total greenhouse gasses worldwide. Animal agriculture uses 45% of Earth's land (Kinsman et al., 1995).

Shrinking livestock's carbon hoofprint worldwide is a big challenge. India, for example, has the world's largest cattle population but the lowest beef consumption of any country. As a result, cows live longer and emit more methane over their lifetime. In addition, cows

in tropical regions produce less milk and meat, so it takes them longer to get to the market.

The common agricultural policy (CAP) reform, proposed by the European Commission in 2018, introduces a more flexible performance and results-based approach that takes into account local conditions and needs while increasing EU-level ambitions in terms of sustainability. Based on this approach and complemented by new CAP tools, the European Commission considers that the CAP reform proposal is compatible with the Green Deal's ambitions. The main EU's goals are:

- to ensure food security in the face of climate change and biodiversity loss;
- to reduce the environmental and climate footprint of the EU food system;
- to strengthen the EU food system's resilience; and
- to lead a global transition towards competitive sustainability from farm to fork.

The European Commission adopted a set of proposals to make the EU's climate, energy, transport, and taxation policies fit for reducing net greenhouse gas emissions by at least 55% by 2030, compared to the 1990 levels. Reducing greenhouse gas emissions by at least 55% by 2030 requires higher shares of renewable energy and greater energy efficiency.

### **Aims of EU member states regarding renewable energy sources**

The aim of the EU countries is to increase the binding target of renewable sources in the EU's energy mix to 40%, as well as to promote the uptake of renewable fuels, such as hydrogen, in industry and transport, with additional targets. In addition, reducing energy consumption is essential to bring down both emissions and energy costs for consumers and industry. Also, the other aim is to increase energy efficiency targets at the EU level and make them binding to achieve an overall reduction of 36–39% for final and primary energy consumption by 2030: a) 40% new renewable energy target for 2030, and b) 36–39% new 2030 energy efficiency targets for final and primary energy consumption.

### **Where do livestock methane emissions come from?**

The amount of methane emitted by livestock is primarily driven by the number of animals, the type of digestive system they have, and the type and amount of feed consumed. Ruminants are the principal source of livestock methane emissions because they produce the most methane per unit of feed consumed. Ruminant livestock (cattle, sheep, buffalo, goats, deer, and camels) have a forestomach (or rumen) containing microbes called methanogens, which are capable of digesting coarse plant material and which produce methane as a by-product of digestion (enteric fermentation), which is later released by the animal through belching. In Australia's emissions, for example, livestock are a dominant source of methane ( $\text{CH}_4$ ) and nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ), accounting for 56% and 73%, respectively.

### **Cow belching or cow flatulence? Which is a bigger methane source?**

Contrary to common belief, according to Nasa (2021), cow belching is a bigger methane source due to enteric fermentation ("enteric fermentation" is the digestive process of converting sugars into simple molecules for absorption into the bloodstream, which produces methane as a by-product). However, a small percentage of methane is also produced in the cow's large intestine and then expelled. Settling ponds and lagoons for processing manure also produce copious amounts of this greenhouse gas.

## Results and discussion

### Present situation and cattle population in the Republic of N. Macedonia

The present situation and cattle population in the Republic of N. Macedonia is presented in the following tables.

Table 1 Total number of livestock by categories in the Republic of N. Macedonia (AFV, 2020)

Year	Cattle	Sheep	Goats	Pigs	Bee families
2014	213 578	689 938	74 128	168 581	184 189
2015	226 251	697 481	81 609	100 863	212 897
2016	228 812	744 396	88 964	109 845	239 216
2017	215 296	733 291	86 479	109 976	233 835
2018	190 455	708 509	83 611	110 886	243 492
2019	164 840	656 459	73 323	125 230	253 489
2020	152 814	653 411	67 911	133 397	309 264

Table 2 Comparative analyses of average capacity of cattle farms between 2014 and 2020 (AFV, 2020)

Year/ capacity	1–5 heads/ farm	6–20 heads/ farm	21–50 heads/ farm	51–100 heads/ farm	101–300 heads/ farm	101–300 heads/ farm	Total no.of cattle (heads)
2014	24.11	35.56	22.17	10.99	4.57	2.62	213578
2020	15.63	30.97	25.72	16.23	8.73	2.71	164704

Table 3 Total number of cattle in the Republic of N. Macedonia by agricultural regions in 2018 (SCS, 2019)

Total no. of cattle by region/year	2018	%
Vardar region	12503	4.88
East region	25555	9.98
South-west region	23440	9.15
South-east region	23944	9.35
Pelagonia region	61404	23.97
Polog region	50057	19.54
North-east region	32984	12.88
Skopje region	26290	10.26
RN Macedonia	256181	100.0

Table 4 Breed structure of cattle in the Republic of N. Macedonia (AFV, 2021)

Cattle breed	2020	In %
Braunvieh	280	0.17
Water buffaloes	55	0.03
Busha	4399	2.67
Crossbreds	84386	51.23

Limousine	43	0.03
Montafon (Brown)	3213	1.95
Grey Tyrol cattle	68	0.04
Simmental	6958	4.22
Beef breeds of cattle	12	0.01
Holstein Friesian	62847	38.16
Hereford	407	0.25
Charolais	16	0.01
Total no. of cattle	164704	100,00

In the Republic of N. Macedonia, of the total value of livestock production (180 to 195 million Euros per year), cattle breeding takes 65–70% of total livestock production (115 to 130 million Euros per year) (Facts and figures, 2019). Of the total cattle breeding value, more than 91% belongs to dairy production, and the rest is beef production.

According to Quinton (2019), Nitrous oxide emission from cattle is calculated to be the difference between N<sub>2</sub>O emission from the chamber and that from the fresh waste beneath the chamber. From the results of Experiment 1, the daily N<sub>2</sub>O emission from the chambers ranged between 4.8 and 12.7 mg N<sub>2</sub>O-nitrogen for dry dairy cattle. From the results of Experiment 2, the daily N<sub>2</sub>O emission from fresh waste was estimated to be 2.8 mg N<sub>2</sub>O-nitrogen for dry cattle. As a result, the daily and yearly N<sub>2</sub>O emissions from dry cattle were calculated to be  $5.2 \pm 4.2$  (range: 2.0 ~ 9.9) mg N<sub>2</sub>O-nitrogen and  $2.64 \pm 1.65$  (0.74 ~ 3.60) g N<sub>2</sub>O-nitrogen, respectively.

Table 5 Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission from fresh waste of dairy cattle (Quinton, 2019)

	Number	N <sub>2</sub> O-N (mgN/day)	N <sub>2</sub> O-N/waste-N (%)
Dry dairy cattle	3	2.8 (0 – 8.3)	0.003
Lactating dairy cattle	4	13.1 (6.1 – 31.9)	0.007

According to the World Bank (2022), the livestock sector is a pillar of the global food system and a contributor to poverty reduction, food security, and agricultural development. According to the FAO, livestock contributes 40% of the global value of agricultural output and supports the livelihoods and food and nutrition security of almost 1.3 billion people. Currently, the livestock sector emits an estimated 7.1 GT of CO<sub>2</sub>-equivalent per year, representing 14.5% of human-induced greenhouse gas (GHG) emissions. Increasing the efficiency of livestock supply chains is key to limiting the growth of GHG emissions in the future.

## EU Action Plan from June 2020

The EU Action Plan aims for zero air, water, and soil pollution by 2050 (European Green Deal, 2021).

To steer the EU towards the 2050 goal of a healthy planet for healthy people, the Action Plan sets key 2030 targets to reduce pollution at source, in comparison to the current situation, by:

- Improving air quality to reduce the number of premature deaths caused by air pollution by 55%;
- Improving water quality by reducing waste, plastic litter at sea (by 50%), and microplastics released into the environment (by 30%);

- Improving soil quality by reducing nutrient losses and chemical pesticide use by 50%;
- Reducing by 25% the EU ecosystems where air pollution threatens biodiversity;
- Reducing the share of people chronically disturbed by transport noise by 30%; and
- Significantly reducing waste generation and by 50% residual municipal waste.

Key initiatives and actions for those purposes are:

- Aligning the air quality standards more closely with the latest recommendations of the World Health Organization;
- Reviewing the standards for the quality of water, including in EU rivers and seas;
- Reducing soil pollution and enhancing restoration;
- Reviewing the majority of EU waste laws to adapt them to the clean and circular economy principles;
- Fostering zero pollution from production and consumption;
- Presenting a Scoreboard of EU regions' green performance to promote zero pollution across regions;
- Reducing health inequalities caused by the disproportionate share of harmful health impacts now borne by the most vulnerable;
- Reducing the EU's external pollution footprint by restricting the export of products and wastes that have harmful, toxic impacts in third countries;
- Launching Living Labs for green digital solutions and smart zero pollution;
- Consolidating the EU's Knowledge Centers for Zero Pollution and bringing stakeholders together in the Zero Pollution Stakeholder Platform; and
- Stronger enforcement of zero pollution together with environmental and other authorities.

So, the main two objectives of the EU for gas emissions are 1) for the EU to deliver a reduction of emissions of at least 55% by 2030 (compared to the 1990 levels), and 2) for the EU to become climate neutral by 2050.

## **Measures to carry out in agriculture by Climate Action Plan**

Each Government's Climate Action Plan outlined a number of measures for agriculture to reduce its Greenhouse Gas emissions by 22–30pc by 2030, set out in 40 actions for the sector over the coming years (European Green Deal, 2021). The measures include:

- increased uptake of GHG-efficient farming practices, reducing fertilizer use and increasing the use of clover and multi-species swards, improving animal breeding and reducing levels of crude protein in the diet, as well as earlier finishing of animals and increase in organics;
- the average age of slaughter of prime animals is to be reduced from 27 to 24 months by 2030;
- farmers will be expected to reduce their use of chemical nitrogen to <350,000t by 2025 and <325,000t by 2030;
- 65pc of straight Calcium Ammonium Nitrate should be replaced by protected urea (or other protected nitrogen products) while a 90pc uptake of Low Emission Slurry Spreading (LESS) has been outlined;
- increase the number of dairy herds carrying out milk recording from 50pc to 90pc, and increase suckler beef herd weight recording from 30pc to 70pc;
- reduce the crude protein content of livestock feeding stuffs to minimize nitrous oxide and ammonia loss while utilizing feed additives during the housing period;
- increase the area farmed organically in Ireland from 74,000 ha to 350,000 ha by 2030; and

- contribute agricultural feedstock to the production of 1.6 TWh per annum of indigenous sustainably produced biomethane for injection into the gas grid by 2030.

Further potential measures include:

- A review of diversification opportunities for income and land use for farmers, including in areas such as biomethane and energy production, agroforestry, and afforestation.

- Explore the development of a carbon farming model.

## Reducing greenhouse gas emissions in livestock production

According to CNBS (2021), methane from cows is a big problem for climate change:

- About 25% of all methane is produced directly from fermentation by cows.

- Seaweed feed is reducing the amount of methane cows produce, according to research being conducted at the University of New Hampshire.

- Methane is a far more destructive greenhouse gas than carbon.

Methane is a major contributor to global heating, and cows produce a lot of it. There may, however, be a way to reduce all that gas: seaweed. On a research farm at the University of New Hampshire, scientists are feeding cows seaweed in an attempt to reduce the amount of methane they produce. Methane is more than 80 times as potent as carbon dioxide in warming the atmosphere, according to the United Nations Economic Commission for Europe, although it breaks down more quickly. About 25% of all methane is produced directly from fermentation by cows. The burps are actually worse than the farts. Seaweed can be part of that solution.

During the activities for reducing methane emissions, we have to be very careful that the seaweed does not affect milk production because farmers are paid based on milk yield, fat, and milk protein, as well as SCC and bacteria accounts. Our goal is to reduce methane but, at the same time, not to reduce milk performance. The seaweed may actually improve that performance, according to researchers, because reducing all the burping and farting allows the cows to use that energy instead for milk and beef production. That would be a boon not only for the environment but also for the local dairy industry.

Also, it is of great interest to cultivate or farm some species (not wild harvested), such as some microalgae, which can be very useful for the nutrition of cows for the reduction of greenhouse gasses.

## How can we reduce livestock greenhouse gas emissions?

According to the European Green Deal (2021), there are four main approaches to reducing livestock greenhouse gas emissions:

- husbandry (animal breeding, feed supplements, improved pastures);
- management systems (stocking rates, biological control);
- numbers of livestock; and
- manure management.

Also, measures to change enteric fermentation to reduce emissions may also increase animal productivity by increasing digestive efficiency.

Reducing the number of livestock to reduce greenhouse gas emissions would be counter to the objectives of the livestock industry. But is it the right solution?

There are some methods for reducing livestock emissions that may lead to increased dry matter intake per animal or provide the farmer with an opportunity to increase stocking rates, resulting in either no net change or even a net increase in methane production.

Also, by improving pasture quality and livestock efficiency, we can also improve pro-

ductivity and lower emission intensity per unit of product, but the farm's total greenhouse gas emissions may increase due to increased stocking rates.

### ***Animal breeding***

Many investigations and trials suggest that animal breeding could achieve a 10–20% reduction in methane emissions (Kurt, 2022). There are many variations among animals in methane emissions per unit of feed intake, and these variations suggest that there may be heritable differences in methanogenesis (methane production).

While selection and cattle breeding for reduced methanogenesis may not be compatible with other breeding objectives, breeding for improved feed conversion efficiency (lower net feed intake) should be compatible and is likely to reduce methane emissions and the greenhouse gas intensity of animal products.

### ***Diet supplements and feed alternatives***

According to many trials, supplements like oils, fats, tannins, probiotics, nitrates, enzymes, sea algae, and native vegetation can reduce methane emissions from livestock.

Methane abatements of 10–25% are possible by feeding ruminants dietary oils, with 37–52% abatement achieved in individual studies. Plant secondary compounds, such as condensed tannins, have been shown to reduce methane production by 13–16%, mainly through a direct toxic effect on methanogens. However, high concentrations of condensed tannins can reduce voluntary feed intake and digestibility (Kurt, 2022).

Plant saponins (natural steroids occurring in several plant families) also potentially reduce methane, and some sources are more effective than others, with methane suppression attributed to combating protozoal infections.

There are approved methodologies for using dietary supplements to reduce greenhouse gas emissions from dairy cows and cattle.

According to Amy Quinton (2019), in a USA trial, there was up to a 60 percent reduction in methane emissions by using 1 percent of seaweed in the diet. This type of red seaweed, called *Asparagopsis taxiformis*, has one big drawback: a wild harvest is unlikely to provide enough supply for broad adoption.

### ***Improved pastures***

Improved forage quality with lower fibre and higher soluble carbohydrates can reduce methane production in livestock. Being structural fibres, cellulose and hemicelluloses ferment more slowly than non-structural carbohydrates and yield more methane per unit of feed digested.

Methane emissions are commonly lower with more forage legumes in the diet, partly because of the lower fibre content (faster rate of digestion) and, in some cases, the presence of condensed tannins. As an improved diet increases animal growth and reduces methane production, it has the effect of reducing the greenhouse gas intensity of animal products.

Pasture quality can be improved in several ways, including by plant breeding, changing from tropical (C4) to temperate (C3) grasses that use different pathways to capture carbon dioxide or grazing on less mature pastures. Several alternative plant forages, such as broccoli leaves and some native plants (such as *Rhagodia preissii*, *Eremophila glabra*, and *Acacia saligna*), have been shown to reduce methane emissions in laboratory experiments. Saltbush diets, on the other hand, increase methane emissions per unit of organic matter intake.

Also, on cattle rangelands, to help mitigate climate change, the solution is to conserve rangeland ecosystems and keep the carbon that is already in rangeland soils safely stored there.

### ***Stocking rates***

The Western Balkan countries have been facing a reduction in the total cattle population in the last 20 years. Reducing the number of unproductive animals on a farm can potentially improve profitability and reduce greenhouse gas emissions. If productivity increases through nutritional and breeding strategies, the number of livestock can be reduced without losing the quantity of meat that is currently produced.

In dairy cattle, with extended lactation in dairying, where cows calve every 18 months rather than annually, it can reduce herd energy demand by 10% and so potentially reduce methane emissions by a similar amount.

In beef cattle, with earlier finishing of beef cattle in feedlots, slaughter weights are reached at a younger age, with reduced lifetime emissions per animal and proportionately fewer animals producing methane.

### ***Biological control***

There are three biological control methods for reducing methane production from livestock, using:

- viruses to attack the microbes which produce methane
- specialized proteins to target methane-producing microbes
- other microbes (methanotrophs) to break down the methane produced in the rumen into other substances.

The fourth possible option—bovine somatotropin and hormonal growth implants—does not specifically suppress methane formation but rather improves the animals' performance and reduces the greenhouse gas intensity of the products.

In Canada, farmers are feeding cows with seaweed (a) to reduce costs on farms and (b) because cows produce 20% less methane. Asparagopsis taxiformis reduces methane to nearly zero (0.01). If farmers start feeding cows with a mix of seaweed, that can reduce a lot of greenhouse gas emissions.

Also, due to climate change, almost every country has a water shortage (less rain, higher temperatures), which means increasing irrigation needs in agriculture.

## **Climate-Smart Agriculture and the World Bank Group**

According to the World bank (2022), the livestock sector is a pillar of the global food system and a contributor to poverty reduction, food security, and agricultural development. According to the FAO, livestock contributes 40% of the global value of agricultural output and supports the livelihoods and food and nutrition security of almost 1.3 billion people. At the same time, there is a wide scope to improve livestock sector practices so that they are more sustainable, more equitable, and pose less risk to animal and human health.

Livestock play a major role in sustainable food systems. For example, manure is a critical source of natural fertilizer, while livestock used as draft animals can help boost productivity in regions where there is low mechanization. Globally, around 500 million pastoralists rely on livestock herding for food, income, and as a store of wealth, collateral, or safety net in times of need. Locally, livestock production systems have the potential to contribute to the preservation of biodiversity and to carbon sequestration in soils and

biomass. In harsh environments, such as mountains and drylands, livestock are often the only way to sustainably convert natural resources into food, fiber, and work power for local communities.

Increasing incomes, changing diets, and population growth have led to increased demand and made the livestock sector one of the fastest-growing agricultural sub-sectors in middle- and low-income countries. This represents a major opportunity for smallholders, agribusiness, and job creators throughout the livestock supply chain. However, if not properly managed, this growth risks accentuating sustainability issues that span equity, environmental impacts, and public health.

The World Bank Group (WBG) is currently scaling up climate-smart agriculture. In its first Climate Change Action Plan (2016–2020), as well as the forthcoming update covering 2021–2025, the World Bank committed to working with countries to deliver climate-smart agriculture that achieves the triple win of increased productivity, enhanced resilience, and reduced emissions. In 2020, 52 percent of the World Bank's financing in agriculture also targeted climate adaptation and mitigation.

In North Macedonia, the Agriculture Modernization Project will support the country's efforts to contribute to the Intended Nationally Determined Contributions (INDC) goals by implementing climate change adaptation and mitigation activities, as well as activities that will reduce GHG emissions in the agricultural sector.

### **Moving towards environmental sustainability in the livestock sector**

The World Bank is committed to improving the livestock sector's contribution to sustainable development. The Bank supports countries in managing and responding to a growing demand for animal protein in ways that are significantly less harmful to the environment and contribute significantly less to climate change.

As part of its commitment to helping countries build sustainable, nutritious food systems, the World Bank is moving its livestock investments towards greater sustainability and climate-smart outcomes. All investments are designed with mitigation and adaptation in mind, and an average of 61% of livestock financing over the last three years is directly tied to climate co-benefits (up from 55% in the previous period).

Bank-supported projects seek to improve various dimensions of livestock systems and value chains, using levers such as efficiency gains, balancing of animal rations and sustainable sourcing of feeds, carbon sequestration in agricultural landscapes, energy-efficient technologies and renewable energy sources, animal health and welfare, and better manure management. There are several projects financed by the World Bank for this purpose:

Good news—Good news is that methane lasts only 100 years in the atmosphere, unlike CO<sub>2</sub>, which can stick around for hundreds of years. Carbon remains in the atmosphere for upwards of 1,000 years. Methane is more powerful but remains in the atmosphere for roughly just 12 years.

### **Conclusions**

According to the present situation in the cattle production sector in the world as well as in the Republic of N. Macedonia, it is obvious that GHG emissions are increasing and influencing climate change and global warming of our planet. Cattle husbandry is one of the largest GHG emissions from the agricultural and livestock sector. According to the World Bank and the EU Green Action Plan recommendations, each country has to start its own national program for reducing GHG emissions. There are a lot of mentioned measures

for reducing GHG emissions in the cattle production sector and we can recommend the most important ones such as: 1) improving the soil structure and fungi activity for using CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> in the soil, 2) improving the pasture structure and cattle grazing systems, 3) improving breed genetics for better feedstuff utilization, 4) improving the nutrition systems for reducing CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> elimination from cattle, 5) increasing of use of green sea algae in cattle feeding, 6) feed additives and supplements that inhibit enteric methane emissions, 7) feed ingredients that alter metabolic pathways to reduce enteric methane emissions, 8) increasing understanding of microbiome composition and activity in cattle, 9) using technologies such as sensors, robots, and precise machines to monitor enteric methane emissions or related physiological indicator, 10) socioeconomic analysis of enteric methane mitigation practices and technologies, 11) genetic selection of cattle that emit less methane, 12) energy-efficient technologies and renewable energy sources, 13) better animal health and welfare, and 14) better manure and zero-waste management.

## Literature

1. Agency of Food and Veterinary Medicine (AFV), 2021. Statistical review. Skopje.
2. Amy Quinton (2019). Cows and climate change—Making cattle more sustainable (<https://www.ucdavis.edu/food/news/making-cattle-more-sustainable>).
3. Tim Kurt, Foundation for food and agriculture research (2022): Greener Cattle Initiative. <https://foundationfar.org/consortia/greener-cattle-initiative/>.
4. The World Bank –Moving Towards Sustainability: The Livestock Sector and the World Bank (2022). <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/moving-towards-sustainability-the-livestock-sector-and-the-world-bank>
5. The World Bank - CLIMATE-SMART AGRICULTURE (2021). (<https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>)
6. European Commision by Steve Gillman (2015): Can we make cow burps climate-friendly? (<https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/can-we-make-cow-burps-climate-friendly>)
7. The Washington Post (2019): Are my hamburgers hurting the planet? (<https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2019/11/18/are-my-hamburgers-hurting-planet/>)
8. Amanda Radke (2019). Green New Deal proposes eliminating “farting cows”. Beef management. (<https://www.beefmagazine.com/management/green-new-deal-proposes-eliminating-farting-cows>).
9. Canadian Cattlemen's Association (CCA) (2022): Environment & Climate Change. (<https://www.cattle.ca/sustainability/environment-and-climate-change>)
10. CNBS—Lisa Rizzolo (2021) Methane from cows is a big contributor to climate change—feeding them seaweed may help. (<https://www.cnbc.com/2021/10/12/seaweed-could-help-cow-farts-contribute-less-to-climate-change.html>)
11. Kurihara M., Osada T. (2004). GLOBAL EMISSION RATE OF NITROUS OXIDE FROM CATTLE THEMSELVES. National Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba, Japan.
12. Kinsman et al (1995), J.Dairy Sci, 78:2760-2766.

# APSTRAKTI



## OSOBINE KREČNJAČKO-DOLOMITNIH CRNICA NA PODRUČJU PRIVREDNE JEDINICE „OVČARA“

**Autor:** ILIJA ČIGOJA

**e-mail:** iliya.cigoja@sf.unibl.org

**Mentor:** Prof. dr Marijana Kapović Solomun

Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

**Uvod:** Zemljište je važan prirodni resurs i neizostavan dio šumskih ekosistema. U šumarstvu zauzima prioritetno mjesto u planiranju gazdovanja šumama, izdvajajući gazdinskih klasa, te izradi planskih dokumenta. Krečnjačko-dolomitne crnice karakteriše duga pedogeneza i mala dubina, opasnost od njihove degradacije, naročito erozijom je posebno izražena, pa njihovo očuvanje dobija na značaju naročito danas, u uslovima klimatskih promjena.

**Cilj:** Cilj ovog rada je definisanje fizičko-hemijskih osobina krečnjačko-dolomitnih crnica u približno istim ekološkim uslovima, kako bi se utvrdio ekološko-proizvodni potencijal, te osjetljivost ka degradaciji.

**Materijal i metode:** Ispitivanja su provedena u periodu jula mjeseca 2022. godine na području privredne jedinice „Ovčara“, odjeljenja 64 i 18a, šumskoprivredno područje „Mrkonjičko“. Izvršeno je terensko rekognosciranje, analiza stanišnih uslova, otvaranje osnovnih pedoloških profila. Nakon toga, izdvojeni su osnovni genetički horizonti, te uzeti uzorci zemljišta, koji su analizirani u laboratoriji Instituta za šumarstvo u Beogradu. Otvoreno je ukupno 2 profila i uzeta su 2 uzorka za analizu. Uzorci za analizu uzeti su iz srednjeg dijela otvorenih profila.

**Rezultati:** Rezultati istraživanja su pokazali da je crnica u odjeljenju 64 razvijenija, odnosno ima veću dubinu, 20 cm (*Slika 1*), u odnosu na isti tip u drugom odjeljenju, gdje je dubina 16 cm (*Slika 2*). Sadržaj ukupne gline je veći u profilu broj 1, dok su struktura i tekstura zrnaste i ilovaste, a pH vrijednost zemljišta je neutralna. Boja profila u odjeljenju 64 je tamna, dok je boja profila u odjeljenju 18a tamno-smeđa. Stepen zasićenosti bazama viši je u odjeljenju 64. Vegetacija u odjeljenju 64 je mješovita šuma bukve, jele i smrče, dok je u odjeljenju 18a čista sastojina bukve.

**Zaključak:** Krečnjačko-dolomitna crnica koja se nalazi u odjeljenju 64 ima veću ekološko-proizvodnu vrijednost zbog povoljnijih fizičkih osobina (prevashodno dubine) u odnosu na isti tip zemljišta u odjeljenju 18a. Različit tip vegetacije u ovim odjeljenjima dijelom može uticati na heterogenost obilježja crnica, što je potvrđeno i ovim istraživanjem, koje pokazuje da postoje razlike u osobinama istog tipa zemljišta.

**Ključne riječi:** zemljište; krečnjačko-dolomitna crnica; fizičko-hemijske osobine; ekološko-proizvodni potencijal



Slika 1. Pedološki profil u odjeljenju 64

Figure 1. Pedological profile in compartment 64



Slika 2. Pedološki profil u odjeljenju 18a

Figure 2. Pedological profile in compartment 18a

# CHARACTERISTICS OF MOLLIC LEPTOSOLS IN OVČARA FOREST MANAGEMENT UNIT

**Author:** ILIJA ČIGOJA

**Email:** ilija.cigoja@sf.unibl.org

**Mentor:** Prof. Marijana Kapović Solomun

Faculty of Forestry, University of Banja Luka

**Introduction:** Soil is an important natural resource and an indispensable part of forest ecosystems. In forestry, it takes a crucial place in forest management planning, the separation of management classes, and the preparation of planning documents. Mollic Leptosols are characterized by a long pedogenesis and shallow depth. The danger of their degradation, especially by erosion, is particularly pronounced, so their preservation is gaining importance, especially today, in the conditions of climate change.

**Aim:** The aim of this paper is to define the physico-chemical properties of Mollic Leptosols in approximately the same environmental conditions in order to determine ecological and production potential and sensitivity to degradation.

**Material and Methods:** The tests were conducted in July 2022 in the Ovčara Forest Management Unit, Compartments 64 and 18a, the Mrkonjićko Forest Management Area. Field reconnaissance, analysis of habitat conditions, and opening of basic pedological profiles were carried out. After that, basic genetic horizons were singled out, and soil samples were taken and analyzed in the laboratory of the Forestry Institute in Belgrade. A total of two profiles were opened, and two samples were taken for analysis. The samples for analysis were taken from the middle part of the open profiles.

**Results:** The research results showed that the Mollic Leptosol in Compartment 64 is more developed, that is, it has a greater depth, 20 cm (Figure 1), compared to the same type in the other compartment, where the depth is 16 cm (Figure 2). The content of total clay is higher in profile number 1, while the structure and texture are granular and loam and the pH value of the soil is neutral. The color of the profile in Compartment 64 is dark, while the color of the profile in Compartment 18a is dark brown. The degree of base saturation is higher in 64. The vegetation in Compartment 64 is a mixed-species forest of beech, fir, and Norway spruce, while in Compartment 18a, there is a single species of beech.

**Conclusion:** The Mollic Leptosol located in Compartment 64 has a higher ecological production value due to more favorable physical properties (mainly depth) compared to the same type of soil in Compartment 18a. A different type of vegetation in these compartments can partly affect the heterogeneity of the characteristics of Mollic Leptosol. That was also confirmed by these studies, which show that there are differences in the characteristics of the same type of soil.

**Keywords:** soil, Mollic Leptosol, physico-chemical properties, ecological and production potential

## ANTIFUNGALNA AKTIVNOST ETARSKIH ULJA ZAČINSKOG I LEKOVITOG BILJA PREMA CANDIDA ALBICANS

**Autor:** NERA DAVIDOVIĆ

**e-mail:** nerad1006@gmail.com

**Mentor:** Prof. dr Maja Vukašinović Sekulić

Katedra za biohemijsko inženjerstvo i biotehnologiju

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

**Uvod:** *Candida albicans* je vrsta kvasca koja ulazi u sastav normalne mikroflore sluznice oralne i vaginalne duplje, kao i digestivnog trakta toplokrvnih životinja i ljudi. Usled pojave rezistentnosti ove vrste kvasca na antimikotičke lekove, infekcije su sve češće i teže se leče. Zbog toga, poslednjih godina vlada veliko interesovanje za primenu prirodnih preparata, među kojima su značajna etarska ulja začinskog i lekovitog bilja, koja poseduju brojna biološka svojstva, među kojima je i antifungalna aktivnost.

**Cilj:** Cilj ovog rada bio je ispitivanje antifungalne aktivnosti etarskih ulja različitog začinskog i lekovitog bilja prema vrsti *Candida albicans*, radi pronaalaženja alternativnog načina lečenja kandidijaza.

**Materijal i metode:** Antifungalna aktivnost 20 etarskih ulja i biljnih tinctura analizirana je agar difuzionom i makrodilucionom metodom, a dobijeni rezultati upoređivani su sa efektom nistatina i komercijalnih preparata.

**Rezultati:** Na osnovu rezultata agar difuzione metode, nerazblažena etarska ulja i biljne tincture podeljeni su u pet grupa, prema širini zone inhibicije. Veoma jaka antifungalna aktivnost uočena je kod etarskih ulja origana, bosiljka, timijana i cimeta, dok je jaka aktivnost primećena kod etarskog ulja matičnjaka. Umerenu antifungalnu aktivnost pokazala su ulja karanfilića, đumbira, nane, lovora i lavande, dok je slaba aktivnost zapažena kod etarskih ulja ruzmarina, zvezdastog anisa i kurkume proizvođača *Oshadhi*. Veoma slaba antifungalna efikasnost zabeležena je sa uljima žalfije i smilja, dok antifungalna aktivnost nije uočena kod ulja tamjana, crnog bibera i kurkume proizvođača *Ettera*, kao i kod biljnih tinctura belog luka i sremuša. Najniže vrednosti za minimalnu inhibitornu i minimalnu fungicidnu koncentraciju postignute su sa etarskim uljima koja su pokazala veoma jaku i jaku antifungalnu aktivnost agar difuzionom metodom, kako ne razblažena, tako i razblažena u 96% etanolu.

**Zaključak:** Prema rezultatima dobijenim u ovom istraživanju, etarska ulja cimeta, origana, bosiljka, timijana i matičnjaka mogu se koristiti, samostalno ili u određenim kombinacijama, kod infekcija izazvanih sojevima *Candida albicans*.

**Ključne reči:** *Candida albicans*; etarska ulja; antifungalna aktivnost

# ANTIFUNGAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF SPICES AND MEDICINAL PLANTS AGAINST *CANDIDA ALBICANS*

**Author:** NERA DAVIDOVIĆ

Email: nerad1006@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Maja Vukašinović Sekulić

Department of Biochemical Engineering and Biotechnology

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

**Introduction:** *Candida albicans* is a type of yeast that is part of the normal microflora of the oral and vaginal cavity mucosa, as well as the digestive tract of warm-blooded animals and humans. Since this type of yeast has shown to be resistant to antimycotic drugs, infections are becoming more frequent and difficult to treat. Therefore, in recent years there has been a great interest in the use of natural preparations, including the essential oils of spices and medicinal plants, which possess significant biological properties, including antifungal activity.

**Aim:** The aim of this paper was to investigate the antifungal activity of essential oils of various spices and medicinal plants against the species *Candida albicans* in order to find an alternative way of treating candidiasis.

**Material and Methods:** Antifungal activity of 20 essential oils and herbal tinctures was analyzed by the agar diffusion and macrodilution methods. The obtained results were compared with the effect of nystatin and commercial preparations.

**Results:** Based on the results of the agar diffusion method, undiluted essential oils and herbal tinctures were divided into five groups according to the width of the inhibition zone. Very strong antifungal activity was observed with the essential oils of oregano, basil, thyme, and cinnamon, while strong activity was observed with the essential oil of lemon balm. Moderate antifungal activity was shown by the clove, ginger, mint, bay, and lavender oils, while weak activity was observed in the rosemary, star anise, and turmeric essential oils produced by Oshadhi. Very weak antifungal efficacy was recorded with the sage and immortelle oils, while no antifungal activity was observed with the frankincense, black pepper, and turmeric oils produced by Eterra, as well as with herbal tinctures of garlic and sedum. The lowest values for minimum inhibitory and minimum fungicidal concentration were achieved with essential oils that showed very strong and strong antifungal activity by the agar diffusion method, both undiluted and diluted in 96% ethanol.

**Conclusion:** According to the results obtained in this research, the essential oils of cinnamon, oregano, basil, thyme, and lemon balm can be used, alone or in certain combinations, in infections caused by strains of *Candida albicans*.

**Keywords:** *Candida albicans*, essential oils, antifungal activity

## AGROBIOLOŠKE OSOBINE BIJELIH SORTI VINOVE LOZE WELSCHRIESLING, SILA, ZALAGYONGYE I VILARD BLANC

**Autori:** TEODORA ASANOVIĆ, Nikolina Prodanović

**e-mail:** teodora.asanovic@student.agro.unibl.org

**Mentor:** Prof. dr Tatjana Jovanović-Cvetković

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

**Apstrakt:** Sortiment vinove loze svake geografske oblasti se formirao pod uticajem velikog broja faktora tokom istorijskog razvoja ljudskog društva. Migracije stanovništva, ekonomске krize, ratovi, obnove, tehnološki prosperitet, razvoj trgovine, religija, kultura, tradicija, samo su neki od brojnih činilaca koji direktno ili indirektno utiču na formiranje sortimenta svake zemlje (Cindrić i sar., 2007). Danas se u sortimentu nalaze tri kategorije sorte: Stare domaće i odomaćene vinske i stone sorte, Introdukovane zapadnoevropske vinske sorte i Interspecies hibridi. Svaka od ovih kategorija je u funkciji potreba i zahteva potrošača i ima svoje značajno mesto u sortimentu. U radu su prikazani rezultati istraživanja sorte Graševina, Sila, Zalađende i Vilard blanc u agroekološkim uslovima Kozaračkog vinogorja. Težište istraživanja je stavljeno na ispitivanje rodnosti sorte, karakteristika grozda i bobica, kao i kvaliteta grožđa. Elementi mehaničkog sastava grozda i bobice su urađeni po metodici Prostoserdova (1946), a karakteristika grožđanog soka (% Brix-a, titrirljivog aciditeta i pH vrednosti) po zvaničnim OIV metodama. Najveći koeficijent rodnosti od ispitanih sorti imala je sorta Sila (2,34) a najmanji sorta Villar blanc (1,56). Najveći prinos grožđa po čokotu imala je sorta Villard blanc (2,54 kg/čokotu), a najmanji sorta Sila (1,28 kg/čokotu). Sadržaj šećera u širi ispitivanih sorti kretao se od 22,38 % kod sorte Sila, 26,95% kod sorte Villard blanc. Najveći sadržaj kiselina u grožđu imala je sorta Villard blanc (6,04 g/l), a najmanji sorta Graševina (4,34 g/l). Analizirajući dobijene pokazatelje rodnosti i kvaliteta grožđa ispitivanih vinskih sorti grožđa, u oglednoj godini, od četiri ispitivane sorte najboljom se pokazala sorta Villard blanc, zatim sorta Graševina, sorta Zalađande, dok je sorta Sila u većini slučajeva imala znatno niže vrijednosti u ispitivanim uzorcima.

**Ključne riječi:** sorta; hibrid; rodnost; kvalitet grozda

# AGROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WHITE GRAPE VARIETIES WELSCHRIESLING, SILA, ZALAGYONGYE, AND VILARD BLANC

**Author:** TEODORA ASANOVIĆ, Nikolina Prodananović

**Email:** teodora.asanovic@student.agro.unibl.org

**Mentor:** Assoc. Prof. Tatjana Jovanović-Cvetković

Faculty of Agriculture, University of Banja Luka

**Abstract:** The assortment of vines in each geographical area was formed under the influence of a large number of factors during the historical development of human society. Population migrations, economic crises, wars, renovations, technological prosperity, trade development, religion, culture, and tradition are just some of the numerous factors that directly or indirectly influence the formation of the assortment of each country (Cindrić et al., 2007). Today, the assortment includes three categories of varieties: old domestic and domesticated wine and table varieties, introduced Western European wine varieties, and interspecific hybrids. Each of these categories is a function of consumer needs and demands and has its own important place in the assortment. The paper presents the results of the research on the Welschriesling, Sila, Zalagyongye, and Vilard blanc varieties in the agroecological conditions of the Kozara vine growing region. The elements of the mechanical composition of grapes and berries were determined according to the method of Prostoserdov (1946) and the characteristics of grape juice (% Brix, titratable acidity, and pH value) according to official OIV methods. Of the tested varieties, the Sila variety had the highest fertility coefficient (2.34), and the Villard blanc variety had the lowest one (1.56). The Villard blanc variety had the highest yield of grapes per vine (2.54 kg/vine), and the Sila variety had the lowest yield (1.28 kg/vine). The content of sugar in the grape must of the studied varieties ranged from 22.38% for the Sila variety to 26.95% for the Villard blanc variety. The Villard blanc variety had the highest acid content in grapes (6.04 g/l), and the Welschriesling variety had the smallest acid content (4.34 g/l). An analysis of the yield and quality indicators of the tested wine grape varieties during the study period showed that the Villard blanc variety was the best, followed by the Welschriesling and Zalagyongye varieties, while the Sila variety, in most cases, had significantly lower values in the tested samples.

**Keywords:** variety, hybrid, fertility, bunch quality

## TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GRAPEVINE VARIETY PROKUPAC IN REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA

**Author:** MARIJA SIMONOVSKA

**Email:** simonovskamarija24@yahoo.com

**Mentor:** Full Prof. Krum Boshkov

Department of Viticulture and Enology

Faculty of Agricultural Sciences and Food (FASF) Skopje, University St. Cyril and Methodius in Skopje

Since ancient times, vines have been considered a gift from the gods, and wine has been their drink. In that context, the inspiration for this research began. Prokupac is a wine grape variety that is found only in the Balkans. The grape originates from Serbia, where it is most represented. In Macedonia, it is mostly represented in the Pelagonija-Polog valley and the northeastern region. In the past, the variety was much more widespread than now. It is an autochthonous grape variety (*Vitis vinifera*) used to make rosé and red wines, then for blending, as well as for the production of wine and vinaigrette. The yield ranges from 15 to 30 tons per hectare depending on the soil-climatic conditions and the applied agricultural techniques. Harvesting in Macedonia is done around October 10, later than other varieties. The soil for the best cultivation of grapes should be dry, permeable, loose, stony-gravel, moderately fertile, and warm. The grain of this grape contains 6–7 g/l of acids and 180–210 g/l of sugar. The significant presence of sugar in grapes is a consequence of a large number of sunny hours during a calendar year. Prokupac is a late grape variety with a thick skin and dark blue grain color. The flower is morphologically and functionally hermaphroditic. The plant is lush with upright shoots and has the possibility of low-stemmed cultivation. The resulting wines have a medium alcohol content of 11–12 vol.%. Prokupac can be combined with other wines because it has a nice strength and color if the grapes are grown well in good conditions. The Balkans is a suitable area for the cultivation of vines, especially the Republic of North Macedonia, where many varieties of grapes can be grown.

**Keywords:** grapevine varieties, Prokupac, technological characteristics

