



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Danko Cvitan

**Potencijal primjene biougljena kao
poboljšivača tla u uzgoju 'Malvazije
istarske' (*Vitis vinifera* L.)**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF AGRICULTURE

Danko Cvitan

**The potential of biochar application as a
soil conditioner in cultivation of cv. 'Istrian
Malvasia' (*Vitis vinifera* L.)**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Danko Cvitan

**Potencijal primjene biougljena kao
poboljšivača tla u uzgoju 'Malvazije
istarske' (*Vitis vinifera* L.)**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

izv. prof. dr. sc. Tomislav Karažija

dr. sc. Igor Palčić

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF AGRICULTURE

Danko Cvitan

**The potential of biochar application as a
soil conditioner in cultivation of cv. 'Istrian
Malvasia' (*Vitis vinifera* L.)**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Assoc. prof. Tomislav Karažija, PhD

Igor Palčić, PhD

Zagreb, 2025.

Bibliografski podaci:

- Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
- Znanstveno polje: Poljoprivreda
- Institucija: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za ishranu bilja
- Voditelji doktorskog rada: izv. prof. dr. sc. Tomislav Karažija i dr.sc. Igor Palčić
- Broj stranica: 265
- Broj slika: 18
- Broj tablica: 58
- Broj grafikona: 2
- Broj priloga:
- Broj literaturnih referenci: 431
- Datum obrane doktorskog rada:
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:
 1. izv. prof. dr. sc. Marko Petek
 2. prof. dr. sc. Ana Jeromel
 3. dr. sc. Marijan Bubola

Rad je pohranjen u: Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Ulica Hrvatske bratske zajednice 4 p.p. 550, 10 000 Zagreb, Centralnoj agronomskoj knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb.

Tema rada prihvaćena je na sjednici Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, održanoj dana 7. lipnja 2022. te odobrena na sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 25. listopada 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja, Danko Cvitan, izjavljujem da sam samostalno izradio doktorski rad pod naslovom:

Potencijal primjene biougljena kao poboljšivača tla u uzgoju cv. 'Malvazije istarske' (*Vitis vinifera* L.)

Svojim postupkom jamčim:

- da sam jedini autor ovog dokorskog rada,
- da je doktorski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni,
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (čl. 19).

Zagreb, _____ 2025. godine

Potpis doktoranda

Ocjena doktorskog rada

Ovu disertaciju je ocijenilo povjerenstvo u sastavu:

1. izv. prof. dr. sc. Marko Petek
2. prof. dr. sc. Ana Jeromel
3. dr. sc. Marijan Bubola

Disertacija je obranjena na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, xx.xx.xxxx.
godine pred povjerenstvom u sastavu:

izv. prof. dr. sc. Marko Petek _____

prof. dr. sc. Ana Jeromel _____

dr. sc. Marijan Bubola _____

Informacije o mentorima:

izv. prof. dr. sc. Tomislav Karažija

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Karažija rođen je 1979. godine u Zagrebu. Godine 2008. zapošljava se na Zavodu za ishranu bilja pri Agronomskom fakultetu. Doktorsku disertaciju pod naslovom „Utjecaj organskih gnojiva na ishranjenost, prinos i kvalitetu grožđa cv. Sauvignon bijeli na karbonatnim tlima“ obranio je 2013. godine. Znanstveno se usavršavao na Biotehniškoj fakulteti u Ljubljani 2015. godine. Znanstveni i stručni interesi vezani su za: agroekologiju, ishranu bilja i gnojidbu.

Sudjeluje u nastavi na razini prijediplomskih, diplomskih i doktorskih studija.

Osim nastavne djelatnosti, sudjelovao na više znanstvenih, stručnih i razvojnih projekata od kojih se izdvajaju: Fenotipski odgovor provenijencija obične bukve i hrasta kitnjaka na dugotrajnu sušu u interakciji s različitom koncentracijom fosfora u tlu (HRZZ, 2021.-2024.); Razvojni projekt (IRI) Ampelografsko-pomološki istraživački centar, AgriART sveobuhvatni upravljački sustav u području precizne poljoprivrede (Europski fond za regionalni razvoj, 2020.- 2023.); Zbrinjavanje mulja kroz proizvodnju energetskih kultura (HRZZ, 2018.-2022.); Genetska osnova količine bioaktivnih hranivih tvari hrvatskih tradicijskih kultivara graha (HRZZ Installation Research Projects, 2014.-2015.); Uloga organskih gnojiva u ishrani bilja (Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH, 2008.-2014.); The agricultural pollution control project (APCP, 2011.) (Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH).

Autor je više od 40 znanstvenih radova i sudjelovao je na više od 25 domaćih i međunarodnih znanstvenih skupova.

Član je Hrvatskoga tloznanstvenog društva, International Society of Trace Element Biogeochemistry (ISTEB) i Hrvatskog agrometeorološkog društava.

dr. sc. Igor Palčić

dr. sc. Igor Palčić rođen je 1987. godine u Kopru u Sloveniji. Diplomirao je 2011. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer vinogradarstvo i vinarstvo. Na tom je fakultetu radio kao znanstveni novak, asistent. Istražujući utjecaj ishrane bilja i terroira na rast i razvoj vinove loze te na kvalitetu vina, obranio je doktorsku disertaciju 2015. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu iz znanstvenog područja biotehničke znanosti, polje poljoprivrede. Te je godine na matičnom fakultetu izabran u znanstveno zvanje znanstveni suradnik, a 2016. godine izabran je u znanstveno-nastavno zvanje docenta. Od 2016. do danas radi na Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču, u kojemu je 2021. godine izabran u znanstveno zvanje te 2022. godine i na radno mjesto viši znanstveni suradnik.

Igor Palčić bio je voditelj i/ili suradnik na više od deset međunarodnih i nacionalnih znanstvenih projekata. Mentor je triju doktoranada. Tijekom svojega znanstvenog rada boravio je u inozemstvu radi usavršavanja (Škotska, Španjolska). Zamjenik je voditelja Laboratorija za tlo, biljku i vodu Instituta za poljoprivredu i turizam.

Održao je niz znanstvenih i stručnih predavanja u zemlji i u inozemstvu te je objavio više od 30 a1 radova u znanstvenim časopisima s međunarodnom recenzijom.

Istraživanje je provedeno u okviru istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost HRZZ UIP-2019-04-7370 „Biougljen kao ekološki prihvatljiv i održiv alat za upravljanje ishranom vinove loze u kontekstu klimatskih promjena – BIONUTRIVINE“

SAŽETAK

Vinogradarstvo je važna gospodarska grana koja ima značajan utjecaj na ekosustav, a smanjenje emisija stakleničkih plinova kroz valorizaciju nusproizvoda vinove loze predstavlja potencijalno rješenje za održivo vinogradarstvo. Agrotehnički postupci inkorporacije rezidbenih ostataka vinove loze u tlo predstavljaju način sekvenciranja ugljika, no taj se ugljik može ponovno osloboditi kao CO₂ nakon razgradnje ostataka. Jedno od mogućih rješenja za ublažavanje klimatskih promjena jest pretvorba ostataka rezidbe vinove loze u biougljen. Procesom pirolize ugljik iz biljnog materijala stabilizira se u čvrstom obliku koji se, nakon unosa u tlo, sporo razgrađuje. Na taj se način postiže dugotrajna sekvencirajuća ugljika, odnosno njegovo vezivanje i skladištenje u tlu, čime se sprječava ispuštanje ugljikova dioksida u atmosferu. Ova metoda predstavlja učinkovit način smanjenja koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi te time doprinosi ublažavanju klimatskih promjena. Biougljen je heterogena tvar bogata ugljikom i mineralima, proizvedena pirolizom biomase u uvjetima s niskim ili ograničenim pristupom kisiku. Primjenom u tlo, biougljen može postati poboljšivač tla. Dosadašnja istraživanja primjene biougljena kao poboljšivača vinogradarskih tala obuhvatila su primjenu većih količina (10–40 t/ha), što u kontekstu kružne ekonomije predstavlja ograničenje, budući da količina rezidbenih ostataka proizvedenih u vinogradima nije dostatna za takve potrebe. Kako bi se navedene doze mogle primijeniti na sve vinogradarske površine, bila bi potrebna dodatna biomasa izvan samog gospodarstva, što narušava princip zatvorenog ciklusa i povećava ukupni ugljični otisak. U ovom istraživanju primijenjena je količina biougljena proizvedena isključivo iz rezidbenih ostataka vinove loze nakon reza u zrelo, i to s iste vinogradarske površine na kojoj je biougljen i primijenjen, čime se ispituje učinkovitost dostupnih količina u okviru vinogradarske prakse temeljene na kružnim načelima. Istraživanje je obuhvatilo karakterizaciju ostataka rezidbe introduciranih i autohtonih hrvatskih kultivara vinove loze, prikupljenih u mediteranskom dijelu Hrvatske, te fizikalno-kemijska svojstva biougljena proizvedenog od prikupljenih ostataka rezidbe pirolizom na 400 °C. U dvogodišnjem stacionarnom pokusu (2021. i 2022. godine) istraživao je utjecaj faktora podloge (SO4 i 420A) na pet gojidbenih tretmana: B – biougljen iz ostataka rezidbe vinove loze (1200 kg/ha); BU – biougljen obogaćen ureom (1200 kg/ha); R – malčirani ostaci rezidbe (4000 kg/ha); O – peletirano organsko gnojivo (120 kg/ha); K – kontrola. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj biougljena na fizikalno-kemijska svojstva tla, emisiju CO₂ iz tla, interakciju biougljena i podloge vinove loze na fiziologiju trsa, prinos te kakvoću mošta i vina kultivara 'Malvazije istarske'. U preliminarnom pokusu rezultati su pokazali značajne razlike u fizikalno-kemijskim svojstvima između početnog materijala i dobivenog biougljena. Utvrđeno je povećanje pH vrijednosti, udjela ugljika i koncentracija elemenata u uzorcima biougljena, dok je analiza SEM-om potvrdila strukturne promjene uslijed pirolize. Dobiveni biougljen, zahvaljujući svojim kemijsko-fizikalnim karakteristikama, pokazuje značajan potencijal za primjenu u poboljšanju kvalitete tla. U poljskom pokusu rezultati su pokazali da između tretmana nije bilo statistički značajnih razlika u fizikalno-kemijskim svojstvima tla, dok su u 2022. godini zabilježene statistički značajne razlike između podloga u kemijskim svojstvima tla. U pogledu emisija CO₂ iz tla, u 2021. godini u fenofazama F3 na podlozi 420A, F19 na podlozi SO4 i F31 na tretmanu biougljena

zabilježene su niže emisije CO₂, dok su u 2022. godini smanjene emisije uočene na tretmanu biogljen u fenofazi F19 na podlozi 420A. Također, u određenim fenofazama tretman biogljen pozitivno je utjecao na fiziološke pokazatelje trsa, poput povećanja stope fotosinteze u 2021. godini na podlozi 420A u fenofazi F27. Prinos grožđa na podlogama SO4 i 420A bio je veći na tretmanu biogljen u odnosu na sve ostale tretmane. Pozitivan učinak biogljen primijećen je i u parametrima mošta, poput povećanog sadržaja šećera i ukupnih fenolnih spojeva, dok je biogljen obogaćen ureom pokazao pozitivan učinak na ukupni dušik u moštu, aminokiselinski profil i koncentraciju organskih kiselina u vinu. Ovo istraživanje doprinosi novim znanstvenim spoznajama o primjeni biogljen proizvedenog iz ostataka rezidbe vinove loze u vinogradarskoj proizvodnji.

Ključne riječi: biogljen, emisije CO₂, 'Malvazija istarska', ostaci rezidbe, vinova loza

EXTENDED ABSTRACT

The potential of biochar application as a soil conditioner in cultivation of cv. 'Istrian Malvasia' (*Vitis vinifera* L.)

Viticulture is an important economic sector with a significant impact on the ecosystem. Reducing greenhouse gas emissions through the valorization of grapevine pruning residues presents a potential solution for sustainable viticulture. Agronomic practices involving the incorporation of pruning residues into the soil represent a form of carbon sequestration; however, this carbon can be re-released as CO₂ through decomposition. One potential method to mitigate climate change is the conversion of pruning residues into biochar. Through the process of pyrolysis, carbon from plant material is stabilized in a solid form that decomposes slowly after being incorporated into the soil. This enables long-term carbon sequestration and prevents the release of carbon dioxide into the atmosphere. This method offers an effective approach to reducing atmospheric greenhouse gas concentrations, thereby contributing to climate change mitigation. Biochar is a heterogeneous material rich in carbon and minerals, produced by pyrolyzing biomass under limited or no oxygen conditions. When applied to soil, biochar can serve as a soil amendment. Previous studies on the use of biochar in vineyard soils have involved high application rates (10–40 t/ha), which present limitations in the context of a circular economy, as the amount of pruning residues produced in vineyards is insufficient to support such levels. To achieve those application rates across all vineyard areas, additional biomass from external sources would be required, thereby disrupting the principle of a closed-loop system and increasing the overall carbon footprint. In this study, the amount of biochar used was produced specifically from grapevine pruning residues obtained from the same vineyard plot on which the biochar was applied. This approach assesses the effectiveness of biochar application based on quantities available within vineyard practices aligned with circular economy principles. The preliminary study included the characterization of pruning residues from both introduced and indigenous Croatian grapevine varieties, collected from the Mediterranean region of Croatia, as well as the physicochemical properties of the biochar produced by pyrolysis at 400°C from the collected pruning residues. A two-year stationary field experiment (2021 and 2022) was conducted as a factorial trial, involving two grapevine rootstocks (SO4 and 420A) and five treatments: B – biochar from grapevine pruning residues (1200 kg/ha); BU – biochar enriched with urea (1200 kg/ha); R – mulched pruning residues (4000 kg/ha); O – pelletized organic fertilizer (120 kg/ha); K – control. The experiment was conducted in a ten-year-old vineyard planted with the indigenous grapevine cultivar Malvazija istarska (VCR4 clone), grafted onto the SO4 and 420A rootstocks. The planting distance was 1.0 m within rows and 2.5 m between rows. The training system employed was a vertical trellis with a single-cane Guyot pruning method. The soil type is typical deep red soil (terra rossa), classified as anthrosol according to the WRB classification. The biochar used in the experiment was produced from pruning residues using the Kon-Tiki system, where the pyrolysis process is actively terminated by quenching with water or nutrient solutions (e.g., urea solution). The field experiment followed a randomized block design, with each rootstock subjected to five treatments

with five replications, resulting in a total of 50 experimental plots. Soil analysis included the following parameters: current soil moisture, soil bulk density, aggregate stability, aggregate size distribution, macronutrients, micronutrients, heavy metals, total carbon (C), total nitrogen (N), C:N ratio, soil pH, and electrical conductivity (EC). During key phenological stages of the grapevine, physiological parameters such as photosynthetic rate (LI-COR Inc., Nebraska, USA) and leaf water potential (PMS) were measured. Fully developed leaves from the middle part of the canopy were collected and analyzed for mineral content. Additionally, during specific phenological stages, soil water potential and soil CO₂ emissions were measured using a soil gas flux chamber (LI-6800-09 system). At the end of the experiment, yield was quantified by measuring the grape mass per vine. All must and wine samples obtained from different rootstocks and treatments were analyzed. Standard physicochemical parameters of wine were determined according to the methods of the International Organisation of Vine and Wine (OIV, 2014). Sugars, organic acids, amino acids, and total phenols were analyzed by HPLC. Total carbon and nitrogen were determined using a TOC-L analyzer, while macronutrients, micronutrients, and heavy metals were analyzed using an ICP-OES analyzer. The objective of the research was to determine the effects of biochar on soil physicochemical properties, soil CO₂ emissions, the interaction between biochar and grapevine rootstocks on physiological responses, as well as the impact of biochar on yield and the quality of must and wine from the Malvazija istarska cultivar. In the preliminary experiment, results showed significant differences in the physicochemical properties between the initial biomass and the resulting biochar. Increases in pH, carbon content, and elemental concentrations were observed in the biochar samples, while SEM analysis confirmed structural changes resulting from pyrolysis. Due to its physicochemical characteristics, the produced biochar demonstrated considerable potential for soil quality improvement. In the field experiment, results indicated no statistically significant differences in the soil physicochemical properties among the treatments. However, in 2022, statistically significant differences in the chemical properties of the soil were observed between the two rootstocks. Regarding soil CO₂ emissions, lower emissions were recorded in 2021 during phenological phases F3 (on 420A rootstock), F19 (on SO4 rootstock), and F31 (in the biochar treatment), while in 2022, reduced emissions were observed in the biochar treatment during phase F19 on the 420A rootstock. Additionally, in certain phenological stages, the biochar treatment positively influenced physiological parameters of the grapevine, such as increased photosynthesis rates in 2021 on the 420A rootstock during phase F27. Grape yield on both SO4 and 420A rootstocks was higher in the biochar treatment compared to all other treatments. A positive effect of biochar was also observed in must parameters, such as increased sugar content and total phenols. Furthermore, biochar enriched with urea had a positive effect on total nitrogen in must, amino acid profile, and organic acid content in wine. This research provides valuable new scientific insights into the application of biochar produced from grapevine pruning residues in viticulture and winemaking. The obtained results highlight the potential of biochar as a sustainable and effective soil amendment in viticultural practice, offering a promising approach to improving vineyard productivity and wine quality while contributing to environmental sustainability.

Keywords: biochar, CO₂ emissions, grapevine, 'Istrian Malvasia', pruning residues,

Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja.....	3
2. PREGLED LITERATURE	4
2.1. Utjecaj klimatskih promjena na vinogradarstvo.....	4
2.2. Vodni stres.....	7
2.2.1 Regulacija puči	8
2.2.2. Utjecaj vodnog stresa na fotosintezu	9
2.2.3. Osmotska prilagodba.....	11
2.2.4 Utjecaj vodnog stresa na prinos i kvalitetu grožđa	12
2.2.5. Usvajanje hranjivih tvari u uvjetima vodnog stresa.....	13
2.3. Temperaturni stres.....	14
2.4. Vinogradarska tla	15
2.4.1. Tip tla crvenica	17
2.5. Ugljik u tlu	18
2.5.1. Sekvestracija ugljika	20
2.6. Respiracija tla.....	21
2.7. Biougljen kao poboljšivač tla	22
2.7.1. Proizvodnja biougjljena.....	23
2.7.2. Valorizacija poljoprivrednih nusproizvoda kroz pirolizu	25
2.7.3. Biougljen kao alat za ublažavanje klimatskih promjena.....	28
2.8. Ishrana vinove loze	29
2.8.1. Dušik (N)	30
2.8.2. Kalij (K).....	32
2.8.4. Magnezij (Mg).....	34
2.9. Kultivar 'Malvazija istarska' (<i>Vitis vinifera</i> L.)	34
2.10. Podloge vinove loze	35
2.10.1. <i>Vitis berlandieri</i> × <i>Vitis riparia</i> 420 A Millardet i De Grasset	37
2.10.2. <i>Vitis berlandieri</i> × <i>Vitis riparia</i> SO4	37
2.10.3. Utjecaj podloge na vodni stres.....	37
2.10.4. Tolerancija podloge na salinitet	38

2.10.5. Utjecaj podloge na usvajanje hraniva	39
2.11. Osnovni kemijski sastav mošta i vina	41
2.12. Utjecaj poboljšivača tla na kvalitetu vina	43
2.13. Utjecaj biougljena kao poboljšivača tla na kvalitetu vina	44
3. MATERIJALI I METODE RADA.....	47
3.1. Karakterizacija ostataka od rezidbe i biougljena autohtonih i introduciranih kultivara vinove loze.....	47
3.1.1. Sakupljanje ostatka od rezidbe vinove loze	47
3.1.2. Karakterizacija ostataka od rezidbe vinove loze	48
3.1.3. Karakterizacija proizvedenog biougljena.....	50
3.2. Lokacija za provedbu pokusa.....	52
3.2.1. Kemijska svojstva tla istraživane lokacije.....	52
3.2.2. Vremenski uvjeti na istraživanoj lokaciji	53
3.4. Proizvodnja biougljena - Kon-Tiki sustav.....	54
3.5. Postavljanje pokusa	55
3.6. Analiza uzoraka tla u vinogradu	59
3.7. Praćenje fizioloških reakcija trsa	64
3.8. Uzimanje uzoraka biljnog materijala.....	67
3.9. Berba grožđa	68
3.10. Mikrovinifikacija.....	69
3.11. Kemijska i senzorna analiza.....	70
3.12. Statistička obrada podataka	72
4. REZULTATI.....	73
4.1. Karakterizacija ostataka rezidbe vinove loze	73
4.2. Karakterizacija biougljena dobivenog iz ostataka rezidbe vinove loze	78
4.3. Određivanje emisija ugljikova dioksida (CO ₂) i udjela vode iz tla.....	85
4.4. Utjecaj tretmana na fiziološke pokazatelje i prinos 'Malvazije istarske'	98
4.5. Fizikalno-kemijska svojstva tla	145
4.6. Kemijski sastav mošta i vina	156
5. RASPRAVA.....	181
5.1. Karakterizacija ostataka rezidbe i biougljena dobivenog od različitih kultivara vinove loze	181
5.2. Utjecaj tretmana na emisije CO ₂ i udio vode u tlu.....	184
5.3. Povezanost tretmana s fiziološkim pokazateljima i prinosom 'Malvazije istarske'	188
5.4. Promjene u tlu nakon provedenih tretmana.....	198

5.5. Učinci tretmana na kemijski sastav mošta i vina.....	201
6. ZAKLJUČAK.....	211
7. LITERATURA.....	213
8. ŽIVOTOPIS	261

Popis kratica

A – Neto fotosintetska asimilacija

B – Biougljen

BET – Brunauer–Emmett–Teller metoda za određivanje specifične površine

BU – Biougljen + UREA

CH – Chardonnay

CS – Cabernet Sauvignon

EC – Električna provodljivost (Electrical conductivity)

F3 – Fenofaza vunasti pup

F4 – Fenofaza početak pupanja

F19 – Fenofaza cvatnja

F27 – Fenofaza – zametanje bobica

F31 – Fenofaza – bobica veličine graška

F35 – Fenofaza – šare bobica

F38 – Fenofaza pune zrelosti

FTIR – Fourierova transformacija infracrvene spektroskopije

HPLC – High-performance liquid chromatography, tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti

K – Kontrola (bez dodatka materijala)

MA – Maraština

ME – Merlot

MI – Malvazija istarska

O – Peletirano organsko gnojivo

PB – Pinot bijeli

PL – Plavina

PM – Plavac mali

PO – Pošip

R – Malčirana rozgva

SB – Sauvignon bijeli

SEM – Skenirajući elektronski pretražni mikroskop

SO4 – *Berandieri* × *Riparia* SO4

SSA – Specific Surface Area, specifična površina

SY – Syrah

TC – Total carbon, ukupni ugljik

TE – Teran

420A – *Vitis berlandieri* × *Vitis riparia* 420 A Millardet i De Grasset

Popis tablica

Tablica 1. Lista prikupljenih uzoraka od različitih kultivara.....	47
Tablica 2. Osnovna kemijska svojstva tla istražene lokacije.....	52
Tablica 3. Vremenski uvjeti za grad Poreč za 2021. godinu	53
Tablica 4. Vremenski uvjeti za grad Poreč za 2022. godinu.	53
Tablica 5. Prosječne vrijednosti korištenih materijala tijekom pokusa provedenih u 2021. i 2022. godini	58
Tablica 6. Ocjena gustoće zbijenosti tla indirektno putem volumne (Hazelton i Murphy, 2019)	60
Tablica 7. Ocjena stabilnosti mikroagregata tla (Škorić, 1982).....	61
Tablica 9. Intenzitet i brzinu raspadanja strukturnih agregata i ocjena stabilnosti	61
Tablica 9. Datumi fenofaza, uzorkovanja i mjerenja u pokusnom nasadau Malvazije istarske (2021–2022).....	64
Tablica 10. Karakterizacija ostataka rezidbe vinove loze	73
Tablica 11. Sadržaj makroelemenata u ostacima rezidbe vinove loze	75
Tablica 12. Sadržaj mikroelemenata u ostacima rezidbe vinove loze.....	76
Tablica 13. Karakterizacija biougljena	78
Tablica 14. Sadržaj makroelemenata u biougljenu	80
Tablica 15. Sadržaj mikroelemenata u biougljenu	82
Tablica 16. Specifična površina uzoraka biougljena	84
Tablica 17. Emisije CO ₂ iz tla mjerene u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze tijekom 2021. godine.....	88
Tablica 18. Emisije CO ₂ iz tla mjerene u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze tijekom 2022. godine.....	91
Tablica 19. Udio vode u tlu između tretmana u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze u 2021. godini.	94
Tablica 20. Udio vode u tlu između tretmana u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze u 2022. godini.	97
Tablica 21. Rezultati fotosintetske aktivnosti lista u fenofazama F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	99
Tablica 22. Rezultati vodnog potencijala lista trsa (Mpa) u fenofazama F19, F27, F31, F35 i F38 u 2021. godini	101
Tablica 23. Rezultati vodnog potencijala lista trsa (Mpa) u fenofazama F19, F27, F31, F35 i F38 u 2022. godini	102
Tablica 24. Udio u dušika (N%) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	105
Tablica 25. Udio ugljika (%C) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	107
Tablica 26. Udio kalcija u listu (Ca g/kg) vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	110
Tablica 27. Udio kalija (K g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	113
Tablica 28. Udio magnezija (Mg g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	116
Tablica 29. Udio fosfora (P g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	119

Tablica 30. Udio sumpora (S g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	122
Tablica 31. Udio bora (B mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	125
Tablica 32. Udio mangana (Mn mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	128
Tablica 33. Udio cinka (Zn mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	131
Tablica 34. Udio željeza (Fe mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	134
Tablica 35. Udio bakra (Cu mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	137
Tablica 36. Udio molibdena (Mo mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	140
Tablica 37. Udio natrija (Na mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini	143
Tablica 38. Prosječan prinos grožđa po trsu u 2021. i 2022. godini	144
Tablica 39. Rezultati osnovne kemijske analize tla u 2021. i 2022. godini: pH, električna vodljivost (EC), ukupni dušik (N), ukupni ugljik (C) i C:N odnos	146
Tablica 40. Sadržaj makroelemenata u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini.....	148
Tablica 41. Sadržaj mikroelemenata u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini.....	150
Tablica 42. Sadržaj teških metala u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini	152
Tablica 43. Stabilnost makroagregata tla na kraju provedenog pokusa u vinogradu	153
Tablica 44. Stabilnosti mikroagregata tla na kraju provedenog pokusa u vinogradu	154
Tablica 45. Rezultati volumne gustoće i trenutačne vlage tla na kraju provedenog pokusa u vinogradu	155
Tablica 46. Osnovni fizikalno-kemijski sastava mošta u 2021. i 2022. godini	158
Tablica 47. Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina u 2021. i 2022. godini	161
Tablica 48. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2021. godini (mg/L)	163
Tablica 49. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2021. godini (mg/L)	164
Tablica 50. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2022. godini (mg/L)	166
Tablica 51. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2022. godini (mg/L)	167
Tablica 52. Sadržaj organskih kiselina u vinu za 2021. godini (g/L)	169
Tablica 53. Sadržaj organskih kiselina u vinu za 2022. godini (g/L)	170
Tablica 54. Sadržaj makroelemenata u vinu u 2021. i 2022. godini.....	172
Tablica 55. Sadržaj mikroelemenata u vinu u 2021. i 2022. godini	174
Tablica 56. Sadržaj teških metala u vinu u 2021. i 2022. godini	176
Tablica 57. Senzorna analiza vina metodom redoslijeda u 2021. i 2022. godini na podlozi SO4.....	178
Tablica 58. Senzorna analiza vina metodom redoslijeda u 2021. i 2022. godini na podlozi 420A.....	180

Popis grafova

Graf 1. Rezultati FTIR analize uzoraka rozgve različitih kultivara vinove loze 77

Graf 2. Rezultati FTIR analize uzoraka biougljena različitih kultivara vinove loze 83

Popis slika

Slika 1. Priprema uzorka - ostatak od rezidbe vinove loze	48
Slika 2. Proizvodnja biougljena.....	50
Slika 3. Proizvodnja biougljena - Kon-Tiki sustav	54
Slika 4. Prikaz pokus u vinogradu.....	55
Slika 5. Biougljen proizveden iz ostataka rezidbe vinove loze	56
Slika 6. Biougljen proizveden iz ostataka rezidbe vinove loze obogaćen UREA-om	56
Slika 7. Malčirani ostaci rozgve	57
Slika 8. Peletirano organsko gnojivo.....	57
Slika 9. Kontrola – bez dodatka materijala.....	58
Slika 10. Priprema uzoraka tla za analizu.....	60
Slika 11. Faze rasta vinove loze	64
Slika 12. Mjerenje intenziteta fotosinteze.....	65
Slika 13. Mjerenje emisija iz tla.....	66
Slika 14. Mjerenje vodnog potencijala lista	67
Slika 15. Berba grožđa u pokusu	69
Slika 16. Vinifikacija	70
Slika 17. Površinska struktura ostataka rezidbe vinove loze snimljena skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)	84
Slika 18. Površinska struktura biougljena dobivena iz ostataka rezidbe vinove loze snimljena skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)	85

1. UVOD

Klimatske promjene predstavljaju veliki izazov koji je prvenstveno uzrokovan povećanim emisijama stakleničkih plinova nastalim ljudskim djelovanjem. Emisije stakleničkih plinova dodatno se pojačavaju smanjenjem kapaciteta ekosustava za njihovu apsorpciju, što izaziva povratni efekt koji dodatno ubrzava klimatske promjene (Prandecki i sur., 2022). Znanstveni konsenzus ukazuje na to da su hitne i sustavne mjere potrebne na više razina društva kako bi se učinkovito ublažio njihov utjecaj. Važnost donošenja odgovarajućih mjera naglašava činjenica da klimatske promjene nisu samo ekološki problem, već imaju duboke posljedice za javno zdravlje, sigurnost u proizvodnji hrane i gospodarsku stabilnost (Stoddard i sur., 2021). Iako poljoprivreda nije najveći izvor emisija, njezina uloga u ublažavanju klimatskih promjena nije zanemariva, osobito kada se uzmu u obzir intenzivni poljoprivredni sustavi karakterizirani visokim unosom mineralnih gnojiva i intenzivnom obradom tla (Liang i sur., 2024). Učinkovito upravljanje hranjivima, a osobito dušikom, ključno je ne samo za očuvanje plodnosti tla i stabilnost prinosa, već i za smanjenje negativnih okolišnih posljedica, uključujući emisije dušikovih oksida koji doprinose efektu staklenika (Cassman i sur., 2002). Istraživanja pokazuju da je integracija inovativnih tehnologija i agroekoloških praksi u poljoprivredne sustave ključna za smanjenje ugljičnog otiska poljoprivrede uz istovremeno promicanje održive poljoprivrede (Bu i sur., 2024).

Vinogradarska proizvodnja, posebno u mediteranskim regijama, suočava se s nizom izazova povezanih s porastom temperatura i sve češćim sušnim razdobljima, što značajno utječe na fenologiju, fiziologiju i prinos vinove loze, pa tako i kakvoću grožđa i vina (Bernardo i sur., 2018).

Malvazija istarska je autohtoni i najrašireniji kultivar na vinogradarskom području Istre te drugi najzastupljeniji kultivar u Hrvatskoj (Bubola i sur., 2012). Malvazija istarska se uzgaja na različitim podlogama. Poznato je da podloge imaju važnu ulogu u usvajanju hranjivih tvari i vode (Medrano i sur., 2015). Predviđa se da će se nestašica vode povećati u bliskoj budućnosti kao rezultat veće unutar godišnje varijabilnosti padalina, ali i zbog veće učestalosti i intenziteta ekstrema poput suše i toplinskih valova (IPCC, 2023). Nedostatak vode, bez obzira na njegov uzrok, postaje jedan od glavnih čimbenika koji ograničavaju stabilnost prinosa i utječu na sastava grožđa u postojećim vinogradarskim područjima (García i sur., 2008).

Uspješan uzgoj usjeva čvrsto je povezan s ispravnim upravljanjem bilancom ugljika u tlu (Vendrame i sur., 2019). Ugljik se može naći u tlu u organskim ili anorganskim oblicima. Organski ugljik je iznimno važan kako bi osigurao temeljnu funkciju tla za ekosustav, tj. plodnost tla (Smith i Wigley, 2000). Razgradnjom organskog ugljika u tlu, oslobađa se ugljikov dioksid (CO_2) koji je glavni staklenički plin (González-Sánchez i sur., 2012). Količina ugljika sekvstrirana u tlu može se povećati uporabom zelene gnojide ili korištenjem ostataka rezidbe (Agarwal i sur., 2018). Orezivanje biomase i njeno unošenje u tlo je način sekvstracije ugljika, ali će se isti izgubiti kao CO_2 nakon što se ti ostaci razgrade (Lal, 2004).

Biougljen je heterogena tvar bogata ugljikom i mineralima. Proizveden je pirolizom biomase u kontroliranim uvjetima s ograničenim ili potpunim izostankom kisika. Biougljen se ne podvrgava brzom mineralizaciji do CO_2 , zbog svoje kemijske stabilnosti, te se stoga može koristiti u različite svrhe, uključujući kao dugotrajni poboljšivač tla (EBC 2015). Posljednjih godina primjena biougljena u poljoprivrednim tlima postala je učinkovito rješenje s brojnim koristima: povećanje produktivnosti usjeva i plodnosti tla (Major i sur., 2010); smanjenje ispiranja hranjivih tvari (Laird i sur., 2010); sekvstracija organskog ugljika (Ventura i sur., 2014), smanjenje emisija stakleničkih plinova (Zheng i sur. 2012); povećanje vodnog kapaciteta tla (Case i sur., 2012). Biougljen može ponuditi učinkovitu strategiju za obogaćivanje tla ugljikom, budući da je stabilniji i dugotrajniji u tlu u usporedbi s drugim oblicima organske tvari, poput komposta ili stajskog gnoja. Istodobno, biougljen doprinosi sekvstraciji značajnih količina CO_2 . Stupanj poboljšanja tla primjenom biougljena ovisi o fizičkoj i kemijskoj strukturi istog, kao i o količini primijenjenog materijala u tlo (Novak i sur., 2009). Povećanje vodnog kapaciteta tla kao rezultat dodavanja biougljena povezano je s poroznošću i velikom specifičnom površinom istog (Verheijen i sur., 2013), a efikasnost tog učinka ovisi o vrsti ishodišne sirovine i uvjetima pirolize (Uzoma i sur., 2011).

Dosadašnja istraživanja primjene biougljena kao poboljšivač vinogradarskih tala primjenjivala su veće količine biougljena (10-40 t/ha), te je u kontekstu kružne ekonomije takav pristup neodrživ. Količina rezidbenih ostataka proizvedenih u vinogradima najčešće nije dovoljna za potrebe primjene većih doza biougljena. Kako bi se takve doze primijenile na svim vinogradarskim površinama, bila bi potrebna dodatna biomasa izvan gospodarstva, što narušava princip zatvorenog ciklusa i povećava ugljični otisak. Cilj ovog istraživanja je utvrditi mogućnosti korištenja

biougljena iz ostataka rezidbe vinove loze te njegova valorizacija kao vrijednog vinogradarske proizvodnje, uz istovremeno pozitivan učinak na strukturu tla, sekvestraciju ugljika, fiziologiju vinove loze i kvalitetu vina.

1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

Hipoteze:

1. Primjena biougljena pozitivno će utjecati na fizikalno-kemijska svojstva tla i umanjiti emisije CO₂
2. Interakcija primjene biougljena i podloge vinove loze utjecat će na fiziološke parametre i prinos cv. 'Malvazije istarske'
3. Primjena biougljena pozitivno će utjecati na parametre kakvoće mošta i vina cv. 'Malvazije istarske'

Ciljevi:

1. Utvrditi utjecaj primjene biougljena na fizikalno-kemijska svojstva tla i emisije CO₂
2. Utvrditi utjecaj interakcije primjene biougljena i podloge vinove loze na fiziološke parametre i prinos cv. 'Malvazije istarske'
3. Utvrditi utjecaj primjene biougljena iz ostataka rezidbe vinove loze na parametre kakvoće mošta i vina cv. 'Malvazije istarske'

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Utjecaj klimatskih promjena na vinogradarstvo

Klimatski uvjeti imaju ključnu ulogu u različitim aspektima razvoja vinove loze (*Vitis vinifera* L.) (Pomarici i Vecchio, 2019), njenom vegetativnom rastu (Van Leeuwen i sur., 2004), fenološkim fazama (Costa i sur., 2019), a posljedično i na kvalitetu vina kao krajnjeg proizvoda. Klimatski uvjeti također utječu na geografski raspored vinograda (Fraga i sur., 2019), dok utjecaj vremenskih parametara, poput temperature zraka, količine oborina i sunčevog zračenja, mogu uzrokovati godišnje promjene rodnosti vinograda (Fraga i Santos, 2017). Ekstremni vremenski događaji, poput tuče, kasnih mrazova i prekomjernih oborina, također mogu negativno utjecati na prinos loze i kvalitetu grožđa (Mosedale i sur., 2015).

Klimatske promjene predstavljaju ozbiljan izazov za vinogradare u nadolazećim desetljećima. Tijekom 20. stoljeća zabilježena su značajna povećanja temperatura, od 2 °C do 5 °C u Europi koja je dom nekih od najpoznatijih vinskih regija na svijetu. Također, u južnoj Europi došlo je do smanjenja količine oborina (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023). Prema najnovijem izvješću Međunarodnog panela za klimatske promjene (IPCC), predviđa se da će globalne temperature porasti između 1°C (najblaži scenarij) i 5 °C (najozbiljniji scenarij) tijekom 21. stoljeća (IPCC, 2023).

Predviđa se da će klimatske promjene imati općenito negativan utjecaj na vinogradarski sektor te na uzgoj vinov loze i proizvodnju vina. Temperature čine ključni faktor u fazama razvoja vinove loze (Parker i sur., 2013), povećanje temperature može značajno ubrzati odvijanje fenofaza. Pomicanje fenofaze cvjetanja prema ranijim datumima, kao posljedica porasta temperatura, može značajno utjecati na prakse upravljanja vinogradima. Više temperature tijekom razdoblja dozrijevanja mogu dovesti do promjena u kvalitativnim karakteristikama grožđa te tipičnosti proizvedenog vina. Ekstremne vrućine tijekom kritičnog razdoblja rasta mogu značajno smanjiti fotosintetsku aktivnost i druge metaboličke procese vinove loze, što može rezultirati smanjenjem nakupljanja šećera, promjenama u sastavu organskih kiselina i aromatičnih spojeva u grožđu, a time i smanjenjem kvalitete vina. Viši sadržaj šećera

i niže koncentracije organskih kiselina mogu povećati rizik od mikrobiološkog kvarenja vina (Mira de Orduña, 2010). Ekstremne temperature i stres izazvan nedostatkom vode u budućim klimatskim uvjetima mogli bi ugroziti konačne prinose vinove loze (Fraga i sur., 2018).

Klimatske promjene postale su globalna prijetnja koja se posljednjih godina sve više intenzivira. Njihove negativne posljedice sve snažnije pogađaju vinogradarski sektor. Fiziologija vinove loze, kao ključna komponenta njezina razvojnog ciklusa, uvelike je podložna utjecaju promjena u klimi. S porastom temperatura dolazi do ranijeg pupanja i skraćanja vegetacijske sezone, što može nepovoljno utjecati na kvalitetu grožđa i visinu prinosa (Dominguez i sur., 2024).

Među najvažnijim učincima klimatskih promjena ističu se porast temperatura zraka i promjene u obrascima padalina. Iako se ukupna godišnja količina padalina u mnogim vinogradarskim područjima nije značajno smanjila, dolazi do pomaka u njihovoj sezonskoj distribuciji, pri čemu je ljeti često manje oborina. Ova promjena, u kombinaciji s učestalijim toplinskim udarima, povećava abiotički stres vinove loze, što negativno utječe na njen rast i kvalitetu grožđa. Istodobno, zbog klimatskih promjena vodni resursi postaju sve ograničeniji, što dodatno otežava pristup vodi i povećava pritisak na održivost vinogradarske proizvodnje (Ollat i sur. 2019).

Posljednjih godina globalne klimatske promjene također pokazuju svoje učinke u obliku iznenadnih klimatskih događaja; prekomjerne padaline, jaki vjetar i tuča (Vicente i sur., 2023).

Unatoč nekim pozitivnim učincima klimatskih promjena na smanjenje učestalosti pojedinih bolesti tijekom ljetnih mjeseci, vinova loza i dalje je izložena brojnim patogenima, posebno u uvjetima povećane vlage i topline. Istovremeno, sve je češći problem razvoja otpornosti patogena na zaštitna sredstva, što je rezultat dugotrajne i intenzivne primjene istih aktivnih tvari. Mnogi vinogradari u nastojanju da očuvaju kvalitetu grožđa pribjegavaju sve češćoj primjeni pesticida, što može predstavljati prijetnju za okoliš i zdravlje ljudi (Popp i sur., 2013).

Klimatske promjene sve češće su popraćene ekstremnim vremenskim uvjetima. Nepoželjni vremenski događaji kao što su poplave, suše, nekontrolirani požari, jaki vjetrovi, tuča, ekstremna toplina, ekstremna hladnoća i snažan snijeg u sve većem su prisustvu. S promjenom klime, ekstremni vremenski događaji, koji se danas javljaju

sve češće, donose mnoge probleme za tradicionalnu vinogradarsku proizvodnju (Frei i sur., 2001).

Vrlo je važno redovito pratiti sve klimatske događaje i biti informiran o mogućim anomalijama unaprijed. Ovo može biti vrlo korisno za stratešku klimatsku komunikaciju kako bi se predvidjele trenutne posljedice klimatskih promjena i stvorile dugoročne klimatske strategije u budućnosti (Sisco i sur., 2017).

Među iznenadnim meteorološkim pojavama koje pogađaju vinograde, tuča izaziva ozbiljna oštećenja. Utjecaj tuče četiri tjedna nakon cvatnje ozbiljno oštećuje izbojke (mlade izdanke), lišće, stabljike i grozdove, uz značajno smanjenje lista, prinosa i kvalitete grožđa (Prabhakar i sur., 2019).

Osim toga, jaki vjetrovi predstavljaju značajnu prijetnju za vinograde. U posljednjim godinama zabilježen je značajan porast broja ovih iznenadnih klimatskih događaja, a oni uzrokuju ozbiljnu štetu na poljoprivrednim kulturama (LeComte, 2014).

Sektor vinogradarstva prolazi kroz važan proces prilagodbe klimatskim promjenama. U vinogradarstvu, klimatske promjene ne utječu samo na prinos i kvalitetu grožđa, već su važne i zbog poteškoća koje uzrokuje društvena potražnja za ekološki prihvatljivim poljoprivrednim tehnikama. Vinogradarstvo se mora prilagoditi tim promjenama kako bi osiguralo svoju održivost.

Visoke temperature i vodni stres mogu negativno utjecati na kvalitetu grožđa u bliskoj budućnosti. Vinogradari trebaju nove i održive strategije za proizvodnju visoko kvalitetnog grožđa uz ekonomski prihvatljive prinose u toplijoj, sušoj klimi. Kultivari razvijeni u sklopu različitih oplemenjivačkih programa, posebno one otpornije na vodni stres i visoke temperature, predstavljaju jedno od najučinkovitijih rješenja zahvaljujući svojim ekološki prihvatljivim i ekonomičnim svojstvima (C. Yang i sur., 2022).

Literatura navodi kako klimatske promjene direktno utječu na različite biotske i abiotske stresove koji negativno utječu na uzgoj vinove loze (Badenes i Byrne, 2012). Upravo zato potrebno je revidirati metode i tehnike korištene u vinogradarstvu na način kako bi se smanjio učinak klimatskih promjena.

Abiotski čimbenici su ujedno i najčešći oblik stresa kojima biljka može biti izložena te uključuju stres uzrokovan nedostatkom vode, visokim temperaturama, povišenim salinitetom i nedostatkom kisika (Pevalek-Kozlina, 2003).

Klimatske promjene najveći su suvremeni izazov u proizvodnji grožđa i posljedično vina. Temperature rastu na svjetskoj razini, a većina proizvodnih regija sve češće je izložena manjku vode. Povišene temperature ubrzavaju razvojne fenofaze vinove loze, a povećani vodni stres smanjuje prinose i mijenja sastav grožđa i budućeg vina.

2.2. Vodni stres

Vinova loza (*Vitis vinifera* L.) jedna je od najzastupljenijih i najvažnijih poljoprivrednih kultura u svijetu. Dobro uspijeva u polusuhoj i suhoj klimi, zbog čega se smatra pogodnom poljoprivrednom kulturom za područja izložena vodom stresu (Chaves i sur., 2010). Jedan od razloga je to što ima širok i dubok korijenov sustav, učinkovit mehanizam transpiracije i sposobnost obavljanja osmotske prilagodbe (Chaves i sur., 2007). Procjenjuje se da vinova loza treba između 280 do 300 L vode za stvaranje 1 kg suhe tvari (Hidalgo L., 1993). Ako se smatra da vinograd postiže ukupnu proizvodnju svježih tvari između 13000 i 45000 kg/ha, što predstavlja između 3000 i 9000 kg/ha ukupne suhe tvari (lišće: 15-20%, mladice: 15-20%, prirast korijena i debla: 5-10%, grozdovi: 35-50%), procjena godišnje potrošnje vode bila bi između 1750 i 4500 m³/ha. S obzirom da su potrebe vinove loze za vodom različite ovisno o području i proizvodnim ciljevima smatra se da je prosječna godišnja potrošnja vode iznosi između 2500 do 3000 m³/ha. Gomez i sur., (1998) proveli su istraživanje, potrošnje vode tijekom cijele sezone u vinogradima koje se nalaze u središtu Pirinejskog poluotoka i izračunali su da je u uvjetima vodnog stresa potrošnja vode po danu po trsu vinove loze iznosila 0,53 L, dok u uvjetima bez stresa potrošnja vode po danu i po trsu iznosila 1,46 L.

Kako bi se izbjegao ozbiljan utjecaj na fiziologiju vinove loze u uvjetima vodnog stresa, vinova loza smanjuje stopu transpiracije, kao i intenzitet fotosinteze (Moutinho-Pereira i sur., 2007). Takav obrambeni mehanizam karakterističan je za različite kultivare vinove loze, ali također ovisi o sposobnosti trsa na prilagodbu okolišu (Bota i sur., 2001). Postoje različite metode za utvrđivanje vodnog stresa u vinogradu. Jedna od metoda je određivanje vodnog potencijala lista. Choné i sur. (2001) smatraju da je ta metoda najprikladnija za procjenu vodnog statusa kao i vodnog stresa kod vinove loze. Idealno vrijeme za određivanje vodnog potencijala lista je u trenutku prije zore kada su

biljka i tlo u ravnoteži, te tada dobivamo dobar odraz općeg vodnog statusa biljke. U vinogradarstvu je uobičajena praksa primjene reguliranog deficitarnog navodnjavanja, kojim vinogradari ciljano ograničavaju količinu vode u određenim fenofazama razvoja loze, smanjuju prinos grožđa po trsu, ali povećavaju kvalitetu grožđa (Salón i sur., 2005). U uvjetima nedostatka vode, vinova loza smanjuje lisnu površinu kako bi ograničila transpiraciju i prilagodila se smanjenoj dostupnosti vode. Smanjenje prinosa koje se pritom javlja nije adaptacijski odgovor, već negativna posljedica stresa izazvanog sušom (Keller i sur., 2016). Provedena su brojna istraživanja o učincima nedostatka vode na vegetativni porast (Ginestar i sur., 1998; Dominguez i sur., 2024). Mnogi autori navode da nedostatak vode tijekom razvoja trsa utječe na razvoj rozgve, što posljedično ograničava i formiranje lisne površine (Hardie i Martin, 2000; Centinari i sur., 2016; Elbeltagy i sur., 2017). S agronomskog gledišta najvažniji faktor na koji negativno utječe vodni stres je prinos (Ojeda i sur., 2002), ali isto tako prinos i vegetativni porast su dva čimbenika koja su usko povezana, gdje prinos u osnovi zapravo ovisi o fotosintetskoj aktivnosti lišća. Uzimajući u obzir moguće posljedice klimatskih promjena koje bi mogle dovesti do smanjenja dostupnosti vode, mogućnost pojačanog navodnjavanja vinograda mogla bi predstavljati problem što predstavlja prijetnju održivosti uzgoja vinograda u narednom razdoblju (Poni i Intrieri, 2001).

2.2.1 Regulacija puči

Ključna fiziološka reakcija vinove loze na utjecaj vodnog stresa, kako i kod većine biljaka je otvorenost puči pomoću koje se regulira proces transpiracije. Voda iz lista u atmosferu prelazi iz ksilema u stanične stijenke stanica mezofila, a od tamo isparava u međustanične prostore lista. Iz listova se voda oslobađa difuzijom u obliku vodene pare kroz sitne otvore stomatalnog aparata (Pevalek-Kozlina, 2003). Puči su ključne u odgovoru biljke na sušu. Tijekom suše puči se zatvore kako bi smanjile transpiraciju i spriječile gubitak vode (Dal Santo i sur., 2016). Kada ne bi došlo do smanjenja transpiracije, desio bi se veliki pad tlaka između tla i lista, odnosno povećao bi se negativni vodni potencijal. Vinogradi koji imaju mogućnost navodnjavanja reguliraju, vodni potencijal biljke sigurnom rasponu od $> -1,5\text{MPa}$ (vodni potencijal mladice), ove rubne vrijednosti dovode do djelomičnog gubitka turgora. Čak i bez navodnjavanja vinogradi rijetko premašuju tu vrijednost (Charrier i sur., 2018). U upravljanju vinogradima često se primjenjuju strategije deficitnog navodnjavanja, pri čemu se cilja

na vodni potencijal biljke između -1,2 do -1,4 Mpa. Takvi uvjeti dovode do smanjenja provodljivosti puči, transpiracije i fotosinteze, što u konačnici može rezultirati nižim prinosom. Međutim, deficitno navodnjavanje često pozitivno utječe na kvalitetu grožđa, povećavajući koncentraciju šećera, fenola i aromatičnih spojeva. Kod ozbiljnog vodnog stresa gdje vodni potencijal je manji od -1.6 MPa može doći do gubitka turgora i kavitacije ksilema, što može dovesti do opadanja lišća, pa čak i venuća loze. Različiti genotipovi vinove loze pokazuju kontinuum pučne osjetljivosti na nedostatak vode, te neki kultivari imaju tendenciju ranijeg zatvaranja puči od drugih (Lavoie-Lamoureux i sur., 2017). Bez obzira na razlike u vremenu zatvaranja puči, svi kultivari vinove loze zatvaraju puči kao odgovor na nedostatak vode unutar relativno uskog raspona vodnog potencijala.

Jedan od razloga zbog kojih je razumijevanje rada puči izazovno je njihova međusobna ovisnost s različitim fiziološkim čimbenicima te uključenost u brojne biokemijske procese. (Buckley, 2019). Upravo radi toga jedan od najproučavanijih biljnih hormona je apscizinska kiselina (ABA) koja je postala sinonim za stres od suše, iako djeluje i u drugim biokemijskim procesima. U uvjetima vodnog stresa za samo 4-8 sati koncentracija ABA-e u listi može se povećati za 50 i više puta, a nakon navodnjavanja njena koncentracije se vrlo brzo vraća u normalno stanje. Pri vodnom stresu koncentracija ABA-e povećava se zbog pojačane sinteze, ali i redistribucije unutar stanica mezofila lista, transporta iz korijena te recirkulacije iz drugih listova (Pevalek-Kozlina, 2003). Zatvaranje puči u uvjetima vodnog stresa jedna je od glavnih funkcija apscizinske kiseline (ABA) (Nora i sur., 2012). ABA inhibira rad H^+ -ATPaze i aktivira rad neselektivnih Ca^{2+} kanala i anionskih kanala. To dovodi do depolarizacije membrana stanica zapornica i gubitka elektrokemijskog potencijala, što dovodi do izlučivanja K^+ iz stanica zapornica, pada turgora i zatvaranja puči. Uz to, ABA deaktivira rad K^+ kanala zaduženih za prijenos K^+ u stanice zapornice, što nadalje pridonosi zatvaranju puči (Pevalek-Kozlina, 2003).

2.2.2. Utjecaj vodnog stresa na fotosintezu

Vodni stres utječe na smanjenje lisne površine, stopu fotosinteze po jedinici lisne površine što u konačnici rezultira smanjenim intenzitetom fotosinteze. U uvjetima vodnog stresa gdje biljka pati zbog velikog deficita vode u konačnici može doći do potpunog prestanka fotosinteze (McCree, 1986). Vodni stres popraćen je gubitkom

turgora i venućem, prestankom povećanja stanica, zatvaranjem puči, smanjenjem fotosinteze i prestankom rada mnogih drugih osnovnih metaboličkih procesa. Smanjeni rast lišća ili ubrzano starenje lišća u uvjetima vodnog stresa, također može inhibirati fotosintezu (Nora i sur., 2012).

Tijekom uvjeta suše, vodni stres djeluje ograničavajuće na normalan rad fotosintetskog aparata. Prema navodima iz radova vinova loza dobro podnosu blagu pa čak i srednju razinu vodnog stresa (Flexasi sur., 1998). mladice Flexas i Medrano (2002) proveden je pokus gdje su rezultati pokazali da tek nakon što se provodljivost puči smanji za 60 – 70% dolazi do promjena u brzini prijenosa elektrona i nefotokemijskom gašenju fluorescencije klorofila. Kada je biljka duži period u uvjetima vodnog stresa dolazi do smanjene provodljivosti mezofila koji negativno utječe na difuziju CO₂ što u konačnici ograničava normalni intenzitet fotosinteze (Ouyang i sur., 2017). Intenzitet fotosinteze u uvjetima vodnog stresa povezna je sa strukturom lista i kultivarom vinove loze (Tomás i sur., 2014). Vodni stres pogoršava fotoinhibiciju tj. prolazno smanjuje fotokemijsku učinkovitost fotosustava II zbog prekomjerne fotosintetske gustoće toka fotona (Guan i sur., 2004). U radu Beis i Patakas (2012) utvrđeno je da je grčki kultivar vinove loze 'Sabatiano' tolerantna na vodni stres na način da uklanja višak apsorbirane svjetlosti nefotokemijskim gašenjem i štiti stanice brzom aktivacijom antioksidativnog obrambenog sustava. Nasuprot tome kultivar 'Mavrodafni', koristi fotorespiraciju, kao alternativni proces za raspršivanje viška svjetlosne energije i na taj način sprječava oštećenje fotosintetskog aparata. U radu Hochberg i sur. (2013) uočili su vezu između intenziteta fotosinteze, stope fotorespiracije i provodljivosti puči između 'Cabernet Sauvignona' i 'Syraha'. Kultivar 'Cabernet Sauvignon' pokazala je da u uvjetima manje provodljivosti puči, raste intenzitet fotosinteze i stopa fotorespiracije, što može pomoći u pojavi fotoinhibicije uzrokovanu zatvaranjem puči. U normalnim okolnostima u vinogradima voda se ne gubi velikom brzinom, ali kako vinova loza postepeno ulazi u sve veći vodni stres, tako postepeno pada intenzitet transpiracije i fotosinteze (Gómez-del-Campo i sur., 2002). Povećana koncentracija ugljičnog dioksida unutar lišća kao i smanjenje vodnog potencijala lista dva su glavna čimbenika koja uzrokuju zatvaranje puči. Tijekom perioda vodnog stresa zatvaraju se puči i unutarnja koncentracija CO₂ pada što uzrokuje inhibiciju fotosinteze (Jordan i Ritchie, 1971; Troughton i Russell, 1978).

2.2.3. Osmotska prilagodba

Voda je ključna za održavanje turgora, koji omogućuje rast i povećanje stanica te održavanje strukture i uspravnosti biljke. Turgor je također važan kod otvaranja puči i pokreta listova, cvjetnih latica i drugih dijelova biljke (Downton i Millhouse, 1983). Smanjenje turgora često je povezano i sa manjom stopom rasta lišća. Održavanje turgora omogućuje normalan tijek rasta stanica (elongaciju stanica) te veću otvorenost puči pri nižem vodnom potencijalu, što dovodi do zaključka da je osmotska prilagodba zapravo proces aklimatizacije. Sa smanjenjem količine vode u tlu dolazi do pada vodnog potencijala tla. Biljke mogu primati vodu iz tla sve dok je vodni potencijal stanica korijena niži (negativni) od vodnog potencijala tla. Osmotska prilagodba predstavlja proces akumulacije otopljenih tvari (osmotski aktivnih tvari) u stanicama. Tako stanica smanjuje vodni potencijal (vodni potencijal postaje negativniji) bez znatne promjene turgora ili volumena stanice. Osmotska prilagodba odvija se polagano tijekom nekoliko dana. Listovi koji imaju mogućnost osmotske prilagodbe imaju sposobnost održavanja turgora pri manjem vodnom potencijalu u usporedbi s listovima koji nisu prošli osmotsku prilagodbu (Pevalek-Kozlina, 2003).

Koncentracija otopljenih tvari u simplastu omogućuje listovima da održavaju tlak turgora pod negativnim vodnim potencijalom (T. C. Hsiao i sur., 1976). Vodni potencijal pri kojem stanice gube turgor (tj. točka gubitka turgora) koristi se kao točka tolerantnosti na sušu. Gubitak turgora lista u korelaciji je sa zatvaranjem puči i padom hidrauličke vodljivosti lista (Scoffoni i sur., 2011). Dosadašnja istraživanja pokazala su da je osmotska prilagodba vinove loze jedan od razloga zašto vinova loza dobro podnosi uvjete vodnog stresa (Downton i Millhouse, 1983). U takvim uvjetima dolazi do akumulacije različitih vrsta osmolita (Sofo i sur., 2008). Metabolizam dušika, osobito aminokiseline reagiraju u uvjetima vodnog stresa te imaju jednu od uloga u osmotskoj prilagodbi (Hochberg i sur., 2013). Prolin se smatra jednim od osmolita zbog svoje akumulacije u uvjetima stresa, ali njegov doprinos osmotskom potencijalu je marginalan. Nakupljanje kalcija moglo bi imati ključnu ulogu u osmotskoj prilagodbi lišća vinove loze, zajedno s drugim anorganskim ionima poput kalija (Patakas i sur., 2002). Također, povećana prisutnost kristala kalcijevog oksalata u lišću vinove loze tijekom suše, sugeriraju da takve strukture u mezofilu lista mogu imati važnu ulogu u uvjetima vodnog stresa te u regulaciji razine kalcija (Liu i sur., 2015).

2.2.4 Utjecaj vodnog stresa na prinos i kvalitetu grožđa

Vinogradarska proizvodnja je specifična grana poljoprivrede gdje deficit vode može pozitivno utjecati na finalni proizvod. Deficit vode može povećati kvalitetu grožđa i proizvedenog vina zbog povećane akumulacije pozitivnih metabolita, pri čemu dolazi do smanjenja u veličini bobice i povećava se udio kože u odnosu na meso bobice. U kožici bobice nakupljaju se mnogi metaboliti među kojima npr. fenolni spojevi direktno utječu na kvalitetu budućeg vina, posebice crnog. Ukupna masa svježe bobice najvećim djelom dolazi iz nakupljene vode, a manjim djelom iz nakupljenog šećera. Količina vode u bobici znatno se razlikuje u određenim fenofazama. Prije nego što bobice počinju mijenjati boju, sadrže vrlo malo funkcionalnih puči, ali imaju visoku stopu kutikularne transpiracije (Blanke i Leyhe, 1987). U toj fenofazi bobice su osjetljive na pad vodnog potencijala vinove loze jer može doći do smežuranja bobica (Hardie i Considine, 1976). U sljedećoj fenofazi, u fenofazi dozrijevanja, mijenjaju se veze između vinove loze i bobice grožđa – prvenstveno se smanjuje funkcionalnost ksilema, dok floem ostaje aktivan. Transpiracija se smanjuje zbog promjene u kutikularnoj provodljivosti kao posljedica promjene u sastavu kutikularnog voska (Rogiers i sur., 2004). Put transporta vode u bobicu mijenja se iz ksilema u floem, paralelno s naglim povećanjem šećera te se dodatno smanjuje hidraulička vodljivost između peteljke i bobice. Tijekom dozrijevanja, bobice postaju hidraulički izolirane zbog smanjenja vodljivosti ksilema, što ih čini manje podložnima smežuranju uzrokovanom kratkotrajnim padom vodnog potencijala trsa, za razliku od zelenih bobica koje još ovise o ksilemskom dotoku vode (Greenspan i sur., 1994).

Istraživanja su pokazala da u prosjeku ako vodni potencijal vinove loze padne za 0,2 MPa to rezultira smanjenjem prinosa za 10% (Mirás-Avalos i sur., 2016). Metabolička prilagodba i veličina bobice uvelike utječe na odgovor bobice na uvjete vodnog stresa (Hardie i Considine, 1976). Šećeri i organske kiseline mogu pozitivno ili negativno korelirati s vodnim potencijalom vinove loze, ovisno o stupnju vodnog stresa. Slično kao kod osmotske prilagodbe lista, i bobice nakupljaju osmolite (poput šećera i aminokiselina) kao odgovor na vodni stres, čime održavaju stanični turgor (Mirás-Avalos i Intrigliolo, 2017). Metabolizam dušika ima važnu ulogu u uvjetima vodnog stresa jer se povećava koncentracija aminokiselina prolina, leucina, izoleucina i valina. Ovisno o kultivaru akumulacija navedenih osmolita može varirati (Deluc i sur., 2009).

Nekoliko sekundarnih metabolita bobice snažno reagira na uvjete vodnog stresa. Polifenoli i hlapljivi spojevi spadaju među najvažnije metabolite koji doprinose senzornoj kvaliteti grožđa i vina posebice njihovom okusu, aromi i boji. Umjereni vodni stres kod crnih kultivara grožđa može potaknuti sintezu antocijana, što dovodi do intenzivnije pigmentacije i boje bobica. S druge strane, izraženiji ili dugotrajan manjak vode može imati suprotan učinak i inhibirati biosintezu ovih spojeva. Prema brojnim istraživanjima Mosedale i sur. (2015); Koundouras i sur. (2009); Fraga i sur. (2016), sezonski vremenski uvjeti, kultivari vinove loze, kao i intenzitet i fenofaza u kojoj se javlja vodni stres, značajno utječu na razvoj bobice i akumulaciju antocijana. Nedostatak vode imao je veći utjecaj na nakupljanje ukupnih antocijana kod kultivara 'Syrah' nego kod kultivara 'Cabernet Sauvignon', dok je kod 'Cabernet Sauvignona' zabilježena veća proizvodnja aciliranih antocijana (Hochberg i sur., 2015).

2.2.5. Usvajanje hranjivih tvari u uvjetima vodnog stresa

Smanjenje fotosintetske aktivnosti i ubrzano starenje lišća neki su od simptoma nedostatka vode koji negativno utječu na rast biljaka. Drugi učinci nedostatka vode uključuju smanjen unos hranjivih tvari, smanjen rast i povećanje stanica, te smanjenu asimilaciju, translokaciju i transpiraciju lista. Na unos hranjivih tvari kod biljaka uvelike utječe prekomjerno obrada tla, klimatske promjene, oborine, morfologija korijena, svojstva tla, količina i kvaliteta gnojiva kao i količina navodnjavanja. Karakteristike korijena, poput brzine rasta, duljine korijena, srednjeg radijusa te gustoće korijenovih dlačica, utječu na količinu unosa hranjivih tvari. U uvjetima vodnog stresa kapacitet korijena biljke da apsorbira vodu i hranjive tvari smanjuje se, iako je dobro poznato da esencijalni elementi reguliraju metabolizam biljke te u uvjetima vodnog stresa djeluju kao kofaktori ili enzimatski aktivatori (Manzoor Alam, 1999). Vodni stres obično dovodi do smanjenja koncentracije većine hranjivih tvari u biljnom tkivu te značajno utječe na njihov omjer u biljci (Bassett i sur., 2014). Usvajanje mineralnih tvari iz tla putem korijena i njihov transport unutar biljke usko su povezani s vodom, budući da je unos hranjivih tvari korijenom obično praćen unosom vode. Općenito, unos hranjivih tvari smanjuje se u uvjetima vodnog stresa zbog nekoliko razloga: smanjene difuzije iona u tlu, smanjenog protoka mase putem mineralizacije (Sanaullah i sur., 2012) te promjena kinetike unosa i transporta hranjivih tvari u korijenu (Bassett i sur., 2014). Osim toga,

smanjena fotosintetska aktivnost ograničava dostupnu energiju za asimilaciju hranjivih tvari, što dodatno utječe na njihov unos jer biljke tada ne prerađuju ione u upotrebljive metabolite, što na kraju rezultira smanjenjem rasta biljke. Važno je napomenuti da različite biljne vrste, pa tako i različiti kultivari vinove loze, pokazuju varijabilan odgovor na unos hranjivih tvari pod utjecajem vodnog stresa (Garg, 2003). Učinci vodnog stresa na usvajanje hranjivih tvari ovise o njegovom intenzitetu i trajanju. Unos dušika (N) posebno ovisi o masenom protoku vode kroz tlo do krošnje biljke; zbog toga se niže razine dušika očekuju u korijenu biljaka pod deficitom vode (Gonzalez-Dugo i sur., 2010). Mobilnost dušika značajno je smanjena pod utjecajem suše i vodnog stresa jer mnogi geni koji kodiraju transportere nitrata (NO_3) i enzime uključene u unos, asimilaciju i remobilizaciju nitrata smanjuju svoju aktivnost u tim uvjetima (Goel i Singh, 2015). Usvajanje fosfora također je otežano u uvjetima suše i vodnog stresa, što se očituje padom njegove koncentracije u biljnom tkivu. U tom procesu sudjeluju PHT/PHO/PT geni, koji održavaju otpornost biljke na vodni stres i sušu (Zhu, 2016). Održavanje koncentracije kalija (K^+) u citoplazmi povezano je s tolerancijom biljaka na sušu (Bagdi i sur., 2022). Smanjenje razine kalija utječe na zatvaranje puči, čime se smanjuje intenzitet fotosinteze, što ukazuje da je potreba za kalijem izravno povezana s rastom biljke. Također, smanjen prijenos šećera iz nadzemnog dijela u korijen, uslijed smanjenja asimilata, ograničava rast korijena, što dodatno smanjuje usvajanje kalija. Otpornost biljaka na sušu snažno ovisi o njihovoj sposobnosti održavanja usvajanja kalija. Pokazalo se da gnojdba kalijem može ublažiti štetne učinke vodnog stresa i suše (Römheld i Kirkby, 2010; Shehzad i sur., 2020).

2.3. Temperaturni stres

Povećane temperature uzrokovane globalnim zagrijavanjem postale su velika prijetnja u mnogim područjima poljoprivredne proizvodnje, jer mogu inhibirati razvoj i rast biljaka te uzrokovati njihovo potpuno venuće u ekstremnim uvjetima (Wang i sur., 2018). Opsežna istraživanja posljednjih godina pokazala su da su kloroplasti vrlo osjetljivi na toplinski stres, što negativno utječe na različite fotosintetske procese, poput biosinteze klorofila, asimilacije CO_2 , fotokemijskih reakcija i prijenosa elektrona. Kako bi zaštitile ove organele, biljne stanice razvile su mehanizme odgovora na toplinski stres.

Nedavno je također utvrđeno da kloroplasti igraju važnu ulogu u induciranju ekspresije nekih nuklearnih gena tijekom odgovora na toplinski stres (Hu, Ding i Zhu, 2020).

U studijama provedenim posljednjih godina, navodi se da mnoge fenofaze rasta i razvoja vinove loze počinju ranije, što je u velikoj mjeri povezano s porastom temperatura. Kao posljedica globalnog zatopljenja, trajanje mnogih fenofaza je skraćeno, a sastav i kvaliteta grožđa te njihovih proizvoda negativno su pogođeni. Zbog ovih promjena, vinogradarski se uzgajivači sele prema sjevernijim ili visokogorskim područjima gdje su prosječne temperature niže, kako bi održali kvalitetu konačnog proizvoda na željenoj razini (Venios i sur., 2020).

Iznad optimalnih temperatura, toplinski stres narušava staničnu homeostazu, što može dovesti do značajnog usporavanja rasta i razvoja, pa čak i do smrti biljke. Dok povećane temperature potiču vegetativni rast vinove loze, istovremeno narušavaju ugljičnu ravnotežu biljke i negativno utječu na formiranje cvjetova i razvoj mladih grozdova (Greer i Weedon, 2012).

2.4. Vinogradarska tla

Vinogradarska tla često su narušeni raznim agrotehničkim mjerama (Kibblewhite i sur., 2008). Neodgovarajuće upravljanje vinogradima može uzrokovati niz negativnih posljedica, uključujući zbijanje tla (Polge de Combret-Champart i sur., 2013), zagađenje (Komárek i sur., 2010), eroziju (Raclot i sur., 2009), gubitak organske tvari (Chopin i sur., 2008) kao i gubitka biodiverziteta, što dovodi do pada kvalitete i kvantitete grožđa (Paredes i sur., 2021). Dugotrajna upotreba kemijskih gnojiva dodatno pogoršava stanje tla, narušavajući humusno-mineralni i mikrobiološki sastav, što može dovesti do progresivnog gubitka plodnosti i biološke dezertifikacije.

Fizikalno-kemijska svojstva tla i održivo gospodarenje tlom ključni su čimbenici u postizanju visoke kvalitete grožđa (Mackenzie i Christy, 2005). Poboljšanje tih svojstava pozitivno utječe na plodnost tla i kvalitetu prinosa. Agrotehničke mjere koje se primjenjuju u vinogradarstvu, poput organske gnojidbe, poboljšavaju strukturu tla i povećavaju udio organske tvari (ovisno o vrsti i količini unesenog materijala) (Navel i Martins, 2014). Suprotno tome, mehaničko uklanjanje korova može smanjiti sadržaj organskog ugljika, poremetiti biološke zajednice tla na različitim trofičkim razinama i

uzrokovati fizičku degradaciju tla, što može utjecati na kvalitetu grožđa (Schreck i sur., 2012).

Kemijski, fizikalni i biološki pokazatelji najčešće se koriste za procjenu kvalitete tla (Coll i sur., 2011). U vinogradarstvu se posebno prate pH vrijednost, gustoća tla, dostupnost osnovnih hranjiva (N, P, K, Ca, Mg) te sadržaj organske tvari. Organska tvar povećava kapacitet tla za zadržavanje vode, potiče agregaciju čestica i služi kao rezervoar dostupnih hranjiva (Teixeira i sur., 2011).

Osim toga, utvrđeno je da organska tvar u tlu ima važnu ulogu u smanjenju udjela izmjenjivog natrija (Na) i električne vodljivosti (EC), potičući ispiranje soli povećanom infiltracijom vode te poboljšavajući kapacitet tla za zadržavanje vode i stabilnost agregata (Wu, xu i Shao, 2014).

Degradacija tla jedan je od ključnih uzroka smanjenja površina pogodnih za poljoprivredu, čime se gube vrijedne ekosustavne usluge, resursi i proizvodi. U polusuhim regijama, salinizacija i erozija tla predstavljaju najznačajnije oblike degradacije (Prosdocimi i sur., 2016). Zaslanjenost tla izravno narušava njegovu kvalitetu, inhibira rast biljaka i smanjuje poljoprivrednu produktivnost (Wu i sur., 2015).

Klimatske prilike u polusuhim područjima – topla i suha ljeta, dugotrajne suše te kišna razdoblja u jesen – uz loše upravljanje tlom, doprinose smanjenju organske tvari (López-Vicente i Navas, 2009). Takvi uvjeti nepovoljno utječu na biološke, fizikalne i kemijske karakteristike tla, narušavajući njegovu strukturu, teksturu i plodnost (Cerdà i sur., 2010).

Intenzivna poljoprivreda dodatno doprinosi degradaciji okoliša, narušavajući kvalitetu vode i tla te utječući na količinu i kvalitetu prinosa (Zalidis i sur., 2002). Vinogradi u mediteranskom podneblju posebno su osjetljivi na gubitak organske tvari, eroziju, kemijsku kontaminaciju i zbijanje tla. Intenzivna mehanizacija i stalna obrada tla povećavaju stope erozije i emisije CO₂ (Cerdà i sur., 2017).

U kontekstu klimatskih promjena, dugoročna održivost vinogradarstva postaje upitna. Ekstremne oborine mogu izazvati eroziju tla i gubitak značajnih količina hranjiva – do 12 % primijenjenog dušika i 60 % fosfora godišnje (García-Ruiz, 2010). Zbog toga se sve veća pažnja posvećuje inovativnim strategijama gospodarenja tlom, s ciljem

očuvanja njegove plodnosti, smanjenja gubitaka hranjiva, optimalne potrošnje vode te povećanja kvalitete prinosa (Zhang i sur., 2011).

Obrada tla povećava intenzitet disanja tla i ubrzava razgradnju organske tvari, što dovodi do gubitka stabilnosti agregata (Six i sur., 1998). Globalni gubitak ugljika s obradivih površina procjenjuje se na $0,8 \times 10^{15}$ g C/ha/god (Schlesinger, 1984). Uvođenjem reducirane obrade tla moguće je djelomično obnoviti udio organske tvari (Schlesinger i Andrews, 2000).

Prirodna, neobrađena tla sadrže visoke količine organske tvari, čiji se udio razlikuje ovisno o temperaturi (veći udio u hladnijim područjima), vlažnosti (više u vlažnim i slabo dreniranim tlima), teksturi (više u finim tlima) i stabilnosti agregata. Nakon prenamjene prirodnog zemljišta u poljoprivredno, tlo gubi trećinu do polovice svoje prirodne organske tvari. Ove gubitke moguće je nadoknaditi dodavanjem organskog ugljika, koji usporava eroziju i smanjuje gubitke uslijed mineralizacije u odnosu na prirodne ekosustave (Blanco-Canqui i sur., 2013).

2.4.1. Tip tla crvenica

Crvenica ili terra rossa je najpoznatije i najraširenije tlo u Istri, vrlo plodno s karakterističnom crvenom bojom te s povoljnim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima. Crvenica je tlo koje je nastalo na vapnencu, teže strukture s višim sadržajem gline, tlo nije karbonatno unatoč tome što nastaje na vapnencu. Gračanin i sur. (1951) navodi kako je crvenica stara i reliktna formacija tla nastala procesom rubifikacije. Proces rubifikacije se sastoji od nekoliko zasebnih procesa: dekarbonizacija (Ispiranje CaCO_3), desilikacija (ispiranje silicija slično lateritizaciji) i akumulacija željeza i aluminija (siderolitizacija). Fizička i kemijska svojstva crvenice ovise o dubini i o evolucijskoj fazi tla. Tlo sadrži velike količine pretežno kaolinske gline s malo vermikulita, toplo je, rastresito i propusno za vodu. Crveno tlo odlikuje se povoljnim omjerom mikro i makropora, dobrom propusnošću za kišnicu i učinkovitim prozračivanjem, a ujedno ima i visok kapacitet zadržavanja vode (Bašić, 2013).

Tlo je pogodno za uzgoj različitih kultivara grožđa, voća i povrća. 'Malvazija istarska' i 'Teran' su vinski kultivari koji su poznate po uzgoju na crvenici te u usporedbi s drugim

istarskim tlima regosolom ili rendzinom na flišu vina na crvenom tlu su nešto laganijeg okusa s nižom kiselošću (Bašić, 2013).

2.5. Ugljik u tlu

Količina ugljika u tlu smanjuje se povećanjem dubine tla, a manji dio ugljika prisutan je ispod korijenove zone, u prijelaznom području između zone kapilarne vlage i zone zasićenja tla. Biljka stvara biomasu, biomasa otpada s biljke i nakuplja se na površinskom sloju tla, posebno u šumskim ekosustavima gdje se tvori organski horizont tla (>18% organskog ugljika). U tlu se organski ugljik unosi prvenstveno putem korijenskih izlučevina i razgradnje biljnog materijala. Ove tvari podržavaju raznoliku zajednicu mikroorganizama – uključujući bakterije i gljive – koji razlažu organsku tvar i omogućuju stvaranje stabilnih organskih spojeva poput humusnih koloida. Iako se primarna proizvodnja ugljika odvija fotosintezom u kloroplastima, podzemni dio biljke (korijen) ima ključnu ulogu u daljnjem kruženju ugljika u tlu (Bleam, 2012).

Fotosinteza tijekom vegetacije fiksira ugljik koji završava u tri osnovna oblika: kao biomasa biljaka, kao organska tvar u tlu te, nakon razgradnje, kao ugljični dioksid. Biljke pretvaraju ugljik u biomasu, dok se organska tvar u tlu, odnosno biološki ostatak, sastoji od svježije organske tvari i humusa. Razlagači, poput bakterija i gljivica, razgrađuju ovu organsku tvar, pri čemu se dio ugljika mineralizira i vraća u atmosferu kao ugljični dioksid, a ostatak se stabilizira u tlu kao humus, koji je važan za plodnost tla i dugoročnu pohranu ugljika (Bleam, 2012).

Sam ciklus kruženja ugljika važan je iz tri razloga. Prvo, ugljik čini strukturu cjelokupnog života na planeti, te čini oko 50% suhe tvari svih živih bića. Drugo, kruženje ugljika održava tokove energije oko Zemlje, te utječe na sam metabolizam prirodnog, ljudskog i industrijskog sustava. Povećana upotreba fosilnih goriva dovela je do trećeg razloga za povećano zanimanje za ciklusom ugljika jer ugljik, u obliku ugljikovog dioksida (CO_2) i metana (CH_4), čini dva najvažnija staklenička plina (Houghton, 2013). Sve veće povećanje atmosferskog CO_2 i drugih stakleničkih plinova povezano je sa neprekidnim porastom i razvojem industrije (Etheddge i sur., 1996). Globalna proizvodnje hrane te sve veće emisije stakleničkih plinova povezani su s održivošću svojstva tla, kao i sa odnosima i dinamikom bazena ugljika u tlu.

Tlo ima važnu ulogu u globalnom kruženju ugljika. Najveća količina ugljika u tlu nalazi se na dubini do 1 m, a obuhvaća organski ugljik u količini od 1550 Pg i anorganski ugljik u količini od oko 750 Pg (Batjes, 1996). Ukupna količina ugljika u tlu iznosi oko 2300 Pg što je za usporedbu 3 puta veća količina ugljika od one koja se nalazi u atmosferi (770 Pg) i 3,8 puta veća od one koje sadrže svi biotički čimbenici (610 Pg). Količina ugljika u atmosferi se povećava od 1850. godine i trenutno raste po stopi od 1,8 ppmv godišnje (Lal, 2002). Dodatno, prema rezultatima Global Carbon Projecta, prosječna godišnja stopa porasta CO₂ u 2021. godini iznosila je približno 2,4 ppm, što dodatno potvrđuje stalni porast koncentracije CO₂ u atmosferi (Friedlingstein i sur., 2022). Koncentraciju stakleničkih plinova u zemljinoj atmosferi prikazuje se u mjernim jedinicama ppmv ili pptv (ppmv-part per million-volumenski 10⁻⁴%=0,0001% i pptv-part per trillion- volumenski 10⁻¹⁰%=0,0000000001%).

Ciklus kruženja ugljika u tlu počinje s biološkom fiksacijom ugljika, pretvorbom ugljičnog dioksida u organski ugljik pomoću fotoautotrofni (tj. fotosintetskim eukariotima i prokariotima) i znatno manji stupanj, kemolitotrofnim mikroorganizmima. Ciklus završava s mineralizacijom organskog ugljika koji prelazi u ugljični dioksid kroz proces nazvan oksidativni metabolizam. Oksidativni metabolizam oslobađa kemijsku energiju pohranjenu tijekom fiksacije ugljika (Bleam, 2012).

Mineralizacija ugljika koji nastaje iz biomase i iz bioloških ostataka oslobađa CO₂ i kemijsku energiju koja omogućuje rast i razvoj organizama u tlu. Biljke koje fiksiraju gotovo sav ugljik na kraju mineraliziraju i znatan dio za svoj rast i održavanje. Dio biljne biomase izravno konzumiraju biljojedi, dok biološki ostatak omogućuje rast i razvoj zajednice razlagača, od člankonožaca do bakterija i gljivica (Bleam, 2012).

Osim važnosti u globalnom ciklusu kruženja ugljika, organski ugljik pozitivno utječe na niz važnih bioloških, fizikalnih i kemijskih svojstava koji potencijalno definiraju produktivnost tla (Reeves, 1997). Organski ugljik osigurava energiju bitnu za provedbu bioloških procesa i u kombinaciji s određenim makroelementima doprinosi razvitku sustava tlo/biljka. Organski ugljik utječe na fiziološka svojstva tla, strukturni oblik i stabilnost tla, zadržavanje vode u tlu i toplinska svojstva tla. Organski ugljik također utječe na definiranje kationske izmjene i puferski kapacitet tla (Baldock i Skjemstad, 1999).

2.5.1. Sekvestracija ugljika

Sekvestracija ugljika u tlu je proces s kojim se ugljik iz atmosfere fiksira putem biljke i organskih ostataka pohranjuje u tlo. Sekvestracija ugljičnog dioksida iz atmosfere u organski ugljik u tlu uključuje tri faze:

- fiksacija ugljikovog dioksida iz atmosfere fotosintezom
- prijenos ugljika iz ugljikovog dioksida u biljnu masu
- prijenos ugljika iz biljne biomase u tlo gdje se pohranjuje u obliku organskog ugljika

Radi brze razgradnje biljnih ostataka velika je stopa fluktuacije što uzrokuje povrat emisija ugljičnog dioksida natrag u atmosferu. Sekvestracija ugljika zahtijeva pogled dalje od fiksacije atmosferskog ugljičnog dioksida te zahtijeva pronalaženje načina zadržavanja ugljika u tlu s sporom mineralizacijom (Johns, 2017).

Ugljik u tlo se može stabilizirati pomoću nekoliko mehanizama. Ugljik se može stabilizirati fizički, putem njegove izolacije unutar mikro i makro agregata tla gdje je nedostupan mikroorganizmima tla i kisiku. Kemijski, ugljik se može vezati za čestice gline što sprječava mikroorganizme da se hrane ugljikom. Biokemijski, ugljik se može ugraditi u složene molekule koje mogu spriječiti brzo raspadanje (Johns, 2017).

Tla mogu doseći prag zasićenosti ugljikom kada tlo dosegne maksimalni kapacitet za skladištenje ugljika u tlu. Taj prag ovisi o svojstvima tla i njegovoj interakciji s abiotičkim čimbenicima. U literaturi se još naziva maksimalni kapacitet stabilizacije ugljika. Na temelju toga možemo zaključiti da sekvestracija ugljika u tlu nije beskonačna, te kad se postigne razina zasićenosti ugljikom tla prestaju biti mjesto skladištenja ugljika već mogu postat izvor emisija ugljičnog dioksida. Kao takva, sekvestracija ugljika u tlu je reverzibilan proces te ima prostorno i vremensko ograničenje. Tla koja su osiromašena organskim ugljikom imaju najveći potencijal za vezanje ugljika. Budući da je većina tla diljem svijeta daleko od pragova zasićenosti, postoji veliki potencijal unosa ugljika u tlo kako bi se maksimalno povećala sekvestracija ugljika (Lal, 2001).

Prednosti sekvestracije ugljika u tlu: poboljšana kvaliteta tla i produktivnost biljaka; poboljšana kvaliteta vode i zraka, smanjena erozija tla te smanjena koncentracija sedimenta i onečišćenja koje se prenose vodom i vjetrom; smanjena stopa emisije ugljičnog dioksida u atmosferu (Lal, 2001).

2.6. Respiracija tla

Respiracija ili disanje tla se definira kao protok CO_2 iz tla prema atmosferi izmjeren na površinskom sloju stelje (Ryan i Law, 2005). Disanje tla može utjecati na ravnotežu ugljika u ekosustavima te spada u drugi najveći tok ugljika u Zemljinom sustavu nakon fotosinteze (Friedlingstein i sur., 2022).

Danas je ukupna globalna emisija CO_2 iz tla prepoznata kao jedan od najvećih tokova u globalnom ciklusu ugljika, male promjene u veličini disanja tla mogu imati velik utjecaj na koncentraciju CO_2 u atmosferi. Promjene u toku CO_2 uzrokovane ljudskim aktivnostima, uključujući poremećaj tla, igraju ulogu u povećanju koncentracije CO_2 u atmosferi i potencijalnom globalnom zatopljenju. Nije iznenađujuće da je tok CO_2 iz tla usko povezan s rastom biljaka, koje opskrbljuju organskim ostacima razlagače. U glavnim svjetskim biomima, (Raich i Schlesinger, 1992) pokazuju izravnu povezanost između disanja tla i neto primarna proizvodnja tj. neto količinu organske materije (ugljika) koju biljke proizvedu fotosintezom. Procjene neto primarne proizvodnje u rasponu od 50 do 60 x 10¹⁵ gC/god ukazuju na godišnju količinu ugljika koju biljke fiksiraju, što je kompatibilno s procjenama toka ugljika iz disanja tla i opadanja lišća. Kada se organski ugljik doda u tlo, stopa disanja tla se povećava (Gallardo i Schlesinger, 1994). Najveće stope disanja tla nalaze se u tropskim područjima, gdje je rast biljaka bujan i uvjeti su idealni za razlagače.

Intenzivna obrada poljoprivrednih tala utječe na pad organske tvari. Taj pad se vidi jer su uvjeti za razgradnju – prozračivanje tla i sadržaj vlage – često poboljšani zbog same obrade, što dovodi do većih stopa disanja tla, dok su unosi svježih biljnih ostataka u tlo manji kada se autohtona vegetacija pretvori u poljoprivredno zemljište. Obrada tla također razbija strukturne agregate tla i ubrzava razgradnju organske tvari (Elliott, 1986). Gubici ugljika iz obrađenih tala mogu biti veliki, čak 0.8 x 10¹⁵ gC/god globalno (Schlesinger, 1984)

Disanje tla ključna je komponenta kopnenog ugljikovog ciklusa i sastoji se od razgradnje organske tvari, mikroorganizmima te disanja korijena i rizosfere (Hanson i sur., 2000). Proizvodnja CO_2 tijekom disanja predstavlja krajnju razgradnju organskog ugljika u tlu (SOC) i glavni je čimbenik koji utječe na gubitak ugljika iz kopnenih ekosustava (Schlesinger i Andrews, 2000). Gubitak CO_2 iz spremnika organskog

ugljika u tlu putem disanja obično je mnogo veći od gubitaka organskog ugljika iz tla putem drugih procesa, kao što su ispiranje i erozija (Trumbore, 1997).

Smatra se da poljoprivreda značajno doprinosi povećanim emisijama CO₂ iz tla (Zhang i sur., 2002). Sadržaj ugljika u tlu povezan sa specifičnim ekosustavima može utjecati na emisije disanja tla. Visoke emisije CO₂ zabilježene su u vinogradima s pokrovnim usjevima, a te emisije su bile povezane s višim ukupnim sadržajem ugljika u tlu (Steenwerth i Belina, 2008). Poremećaji uzrokovani oranjem i padalinama uzrokuju nagle poraste u disanju tla, a ti odgovori mogu varirati ovisno o praksi upravljanja i korištenju zemljišta (Calderón i sur., 2000).

2.7. Biougljen kao poboljšivač tla

Biougljen je heterogena tvar bogata ugljikom i mineralima, proizvedena pirolizom biomase u kontroliranim uvjetima s ograničenim ili potpunim izostankom kisika. Proces pirolize provodi se korištenjem tehnologije koja minimizira emisije štetnih plinova i koristi obnovljive izvore biomase, čime se smatra okolišno prihvatljivom ili „čistom“ tehnologijom. Biougljen se koristi u svrhe koje ne uključuju njegovu brzu razgradnju u CO₂, a s vremenom može djelovati kao poboljšivač tla (EBC 2015). Posljednjih godina primjena biougljena u poljoprivredna tla pojavila se kao učinkovito sredstvo s višestrukim koristima: povećanje produktivnosti usjeva i plodnosti tla (Major i sur., 2010); smanjenje ispiranja hranjivih tvari (Laird i sur., 2010); sekvestracija organskog ugljika (Ventura i sur., 2014), smanjenje emisija stakleničkih plinova koji nisu CO₂ (Zheng i sur., 2012); povećanje vodnog kapaciteta tla (Case i sur., 2015). Biougljen može ponuditi novu strategiju za vraćanje ugljika osiromašenim tlima, budući da se smatra stabilnijim od lako razgradive organske tvari poput komposta ili stajnjaka, jer istodobno sekvestrira značajne količine CO₂. Potencijalno poboljšanje tla primjenom biougljena ovisi o fizičkoj i kemijskoj strukturi istog, kao i o količini primijenjenog materijala u tlo (Novak i sur., 2009). Povećanje vodnog kapaciteta tla kao rezultat dodavanja biougljena povezano je s poroznošću i velikom specifičnom površinom istog (Verheijen i sur., 2013), a efikasnost tog učinaka ovisi o vrsti ishodišne sirovine i uvjetima pirolize (Uzoma i sur., 2011). Zbog mehaničke stabilnosti i otpornosti na razgradnju biougljena u tlu, očekuje se da će njegova primjena imati dugoročni učinak na vodni kapacitet i strukturu tla (Verheijen i sur., 2013). Poznato je da biougljen

povećava ukupni sadržaj vode u tlu i njegov kapacitet zadržavanja vode, što znači da tlo može zadržati veću količinu vlage. Međutim, još uvijek je nedovoljno istraženo koliko od te vode zapravo postaje dostupno biljkama za usvajanje, odnosno koliko je vode u tlu u obliku koji biljke mogu koristiti za rast i razvoj. Iako se pretpostavlja da bi povećani kapacitet tla za zadržavanje vode mogao rezultirati većom dostupnošću vode za biljke, osobito tijekom sušnih razdoblja kada je vlaga u tlu ograničena, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se preciznije razumjelo kako biougljen utječe na biljni pristup vodi i na taj način doprinosi otpornosti biljaka na sušu (Atkinson i sur., 2010). Nedavna su istraživanja pokazala da su pozitivni učinci biougljena na prinos i kvalitetu usjeva uglavnom posljedica njegovog učinka na: I) smanjenje vodnog stresa (Genesio i sur., 2015); II) poboljšanje kemijske i biološke plodnosti tla i bolje opskrbe biljaka hranjivim tvarima (Schulz, i sur., 2013); III) povećanje rasta i prinosa biljaka (Major i sur., 2010); i IV) smanjenje emisije stakleničkih plinova putem sekvestracije ugljika (Zheng i sur., 2012).

2.7.1. Proizvodnja biougljena

Postoji mnogo procesa za proizvodnju biougljena, kao što su izgaranje, torifikacija, plinifikacija, spora piroliza i brza piroliza (Yadav i Jagadevan, 2020). Svaki od navedenih proces rezultira različitim prinosom ugljena i razinom ugljika. Ovi procesi se razlikuju po temperaturnim rasponima, brzini zagrijavanja, vremenu zadržavanja sirovine i para, prinosu ugljena, sadržaju ugljika i prinosu ugljika. Većina tehnologija je usmjerena na proizvodnju energije iz biomase (Abam i sur., 2020). S vremenom je tehnologija napredovala omogućujući ekstrakciju maksimalnih prinosa energije iz organske tvari putem endotermičkih i egzotermičkih procesa. Izgaranje i plinifikacija su egzotermički procesi. Dok izgaranje proizvodi toplinu, plinifikacija proizvodi plin termalnim razgradnjom organske tvari uz prisustvo kisika (Zaman i sur., 2017). Navedeni procesi su manje učinkoviti u smanjenju emisija stakleničkih plinova dok zadovoljavaju energetske potrebe (Pei-dong i sur., 2007). Nasuprot tome, višestruke studije su pokazale da je piroliza učinkovita metodologija za zadovoljenje energetskih potreba uz smanjenje emisija i upravljanje otpadom (Aboulkas i sur., 2008; Abnisa i sur., 2011).

Piroliza je složen, višestupanjski proces u kojem se organska tvar termički razgrađuje pod kontroliranom primjenom topline u različitim temperaturnim rasponima koji pružaju

energiju potrebnu za razgradnju kemijske strukture određene sirovine (Chen i sur., 2021). Ovaj proces uglavnom emitira ugljične plinove, vodik i metan, pri čemu konačni proizvod sadrži različite udjele ulja, ugljena i plinova (Uddin i sur., 2018). Općenito, piroliza se sastoji od dva mehanizma – primarnog i sekundarnog. Primarni mehanizam obuhvaća procese u kojima se prekidaju kemijske veze sirovine i oslobađaju hlapljivi spojevi u reaktoru pod djelovanjem visokih temperatura, koji prolaze kroz daljnje reakcije kao dio sekundarnog mehanizma (Zaman i sur., 2017).

U sekundarnom mehanizmu pirolize, nestabilni spojevi se ili razgrađuju ili ponovno kombiniraju za restrukturiranje. Tijekom razgradnje, ti spojevi se raspadaju i tvore molekule s niskom molekularnom težinom, dok se tijekom rekombinacije hlapljivi spojevi kombiniraju kako bi stvorili inertne ili hlapljive spojeve s visokom molekularnom težinom (Van de Velden i sur., 2010). Osim toga, sekundarni mehanizmi također mogu rezultirati stvaranjem ugljena u nekim slučajevima (Neves i sur., 2011). Sadržaj vlage je ključan za proces pirolize, jer će visoka količina vlage rezultirati uglavnom tekućim nusproizvodima, dok će nizak sadržaj vlage generirati uglavnom pepeo umjesto ulja (Bridgwater i sur., 1999). Piroliza pri niskim brzinama zagrijavanja i temperaturama ispod 450 °C će dati veće količine bio ugljena, dok će srednji temperaturni rasponi s nešto većim brzinama zagrijavanja dati veće količine bio-ulja, a visoke brzine zagrijavanja pri temperaturama većim od 800 °C rezultirat će većim količinama plina i pepela (Uddin i sur., 2018). Dakle, sastav nusproizvoda i njihovi prinosi ovise o kombinaciji sirovine, njezinog sadržaja vlage, tipu reaktora, brzini zagrijavanja, temperaturnom rasponu, vremenu zadržavanja, tlaku, katalizatorima te vrsti i protoku strujnog plina (Uddin i sur., 2018).

Spora piroliza, ili konvencionalna piroliza, je tehnika koja datira iz ranog 20. stoljeća, kada se drvo piroliziralo u industriji tijekom 24 sata za proizvodnju metanola, etanola, octene kiseline i ugljena (Uddin i sur., 2018). Ova tehnika koristi kontinuirane sustave poznate kao "sustavi za drveni ugljen", koji polako zagrijavaju organsku materiju u anaerobnom okruženju na temperaturama višim od 400 °C, s minimalnim brzinama zagrijavanja između 5 i 7 °C/min i maksimalnim brzinama zagrijavanja između 20 i 100 °C/min (Goyal i sur., 2008). Maksimalne temperature kreću se između 400 i 650 °C, a vremena zadržavanja kreću se od 5 do 30 minuta pa sve do nekoliko dana, tijekom kojih hlapljivi organski spojevi prolaze kroz procese pucanja i rekombinacije kako bi se proizveli ugljen i druge frakcijske tekućine. Ova kombinacija niskih brzina zagrijavanja,

niskih temperatura i dugih vremena zadržavanja rezultira većim prinosom visokokvalitetnog ugljena, dok se minimizira proizvodnja tekućih i plinovitih proizvoda (Bertero i Sedran, 2015; Bridgwate i sur., 1999).

Brza piroliza je tehnika pirolize koja maksimizira proizvodnju visokokvalitetnog tekućeg ulja. Ovo ulje je gusti energijski gorivi prekursor koji se može unaprijediti u ugljikovodike za benzin i dizel (Strahan i sur., 2011). Tijekom brze pirolize, organska materija se termički obrađuje u odsutnosti kisika na približno 600–650 °C pri visokim brzinama zagrijavanja do 1000 °C/sec. To uzrokuje brzu razgradnju organske materije, pri čemu se uglavnom stvaraju pare i aerosoli, s malim količinama plina i ugljena. Globalno, istraživanja i razvoj pokazuju značajan interes za ovu tehnologiju. Može proizvoditi velike prinose visokokvalitetnog gorivog ulja koje se može koristiti kao izvor energije za industrijske primjene u motorima, turbinama i kotlovima (Goyal i sur., 2008).

Ovo je zato što tehnike brze pirolize osiguravaju početno razlaganje molekularne strukture organske materije, omogućujući daljnje unapređenje. Također, može koristiti razne sirovine za proizvodnju ulja, od biljnih ostataka do komunalnog i industrijskog otpada. Proces omogućuje jednostavno skladištenje i transport goriva te pruža mogućnosti za transformaciju u konvencionalna goriva, specijalne kemikalije ili druge dodatke. Proces je izuzetno prilagodljiv, što ga čini ekonomski isplativim (Venderbosch i Prins, 2010). Dodatno, proizvodnja plina je veća kod brze pirolize nego kod spore pirolize (Chen i sur., 2021). Još jedna prednost je da se brza piroliza može provoditi u raznim reaktorima, kao što su vakuumski peći reaktor, mjehurasti fluidizirani slojni reaktor, povučeni tok reaktor, rotacijski reaktor i vrtložni reaktor, među ostalima (Goyal, i sur., 2008).

2.7.2. Valorizacija poljoprivrednih nusproizvoda kroz pirolizu

Biougljen je važan proizvod pirolize i može se dobiti iz različitih biomasa i otpada. Sastav, svojstva i uvjeti pirolize određuju svojstva i prinos biougljena (xu i sur., 2019). Materijali, koji se obično smatraju otpadom i stoga se nabavljaju po niskim ili nultim troškovima, koriste se za proizvodnju biougljena (Ravindran i sur., 2019). Poljoprivredni otpad poput otpada od drva, ljuski kikirikija, lješnjaka i pšenične slame može se koristiti za proizvodnju biougljena putem sporog piroliznog procesa u rasponu temperatura od 300–900 °C u okruženju bez kisika (Ahmad i sur., 2021). Plinovi i drugi nusproizvodi nastali tijekom ovog procesa mogu se koristiti kao izvori energije za

proizvodnju topline i električne energije (Umar i sur., 2021). Istraživanja su pokazala da sirovine i procesi reakcije u velikoj mjeri utječu na namjenu dobivenog biougljena. Biomasa s visokim sadržajem lignina proizvodi relativno visoke prinose biougljena. Osim toga, piroliza sirovina na bazi drva, poput ljuski maslina i koštica datulja, rezultira čvrstim i grubljim biougljena s udjelom ugljika do 80%.

Različiti sastavi sirovina i procesi pirolize proizvode različite proizvode i potencijalne primjene i upotrebe (Filiberto i Gaunt, 2013). Na primjer, sirovine poput biomase energetske kulture, uključujući uljanu repicu, palmino ulje, drvene pelete, žitarice i kukuruz, mogu se tretirati anhidridnom reakcijom (brza piroliza), karbonizacijom (smeđa na 300 °C i crni biougljen na 380 °C) ili sporom pirolizom na niskim temperaturama od 450–550 °C kako bi se anaerobno proizveo biougljen (Anawar i sur., 2017). Na temelju procesa i temperature, nusproizvodi ovih procesa mogu se koristiti za poboljšanje tla, povećanje poroznosti tla i zadržavanje vode, kao gorivo za grijanje i kuhanje ili kao zamjena za koks dobiven iz ugljena u metalurgiji. Biougljen proizveden na nižim temperaturama bolje je prilagođen za pružanje robusnih koristi za poljoprivredu u smislu rasta biljaka u usporedbi s biougljenom proizvedenim na višim temperaturama.

Valorizacija poljoprivrednog otpada s ciljem pretvaranja biomase u nove materijale i proizvode privukla je značajnu pozornost posljednjih godina. Europske ekološke strategije fokusiraju se na kružnu ekonomiju, reciklažu otpada i isporuku vrijednih materijala za poboljšanje tla (Gharfalkar i sur., 2015; EEA, 2020). U tom kontekstu, ostaci od rezidbe vinove loze predstavljaju veliki potencijal. Prema Međunarodnoj organizaciji za vinovu lozu i vino (OIV 2020), godine svjetska površina pod vinovom lozom procijenjena je na 7,3 milijuna hektara, od čega 3,3 milijuna hektara otpada na vinograde Europske unije (EU). Područje pod vinogradima u Hrvatskoj iznosi približno 19 tisuća hektara (HAPIH, 2023). Prema Guerrero i sur., (2016) svake sezone iz vinograda se dobije 2-5 t ostataka rezidbe vinove loze po hektaru. Poljoprivrednici obično odlažu ove ostatke na dva načina - usitnjavanjem i unošenjem u tlo ili spaljivanjem na polju (Duca i sur., 2016). U oba slučaja, ovi načini odlaganja ostataka rezidbe vinove loze mogu imati negativan utjecaj na okoliš i buduću vinogradarsku proizvodnju. Tkiva malčiranih ostataka mogu biti kolonizirana sporama *B. cinerea* (Mundy i sur., 2012) i time negativno utjecati na buduću proizvodnju, dok spaljivanje ostataka rezidbe vinove loze doprinosi oslobađanju emisija stakleničkih plinova

(Devesa-Rey i sur., 2011). Zbog navedenog, potrebno je implementirati nove tehnologije kako bi se što bolje valorizirali ostaci rezidbe vinove loze.

Kroz proces pirolize, organski ostaci mogu se pretvoriti u biougljen, materijal s dodatnom vrijednošću sekvestracije ugljika (Lehmann i sur., 2006) i koji bi se potencijalno mogao koristiti kao poboljšivač tla (Lehmann i sur., 2003). Zbog sve većeg utjecaja klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju, piroliza s plamenom je način proizvodnje biougljena bez štetnog utjecaja na okoliš (EBC, 2015). Fizikalna i kemijska svojstva proizvedenog biougljena ovise o dostupnosti kisika i postignutoj temperaturi tijekom pirolize, kao i o svojstvima materijala koji se koriste kao sirovina (Gundale i DeLuca, 2006). Širok spektar različitih sirovina može se koristiti za proizvodnju biougljena. Sirovine različitog podrijetla poput poljoprivrednog otpada, prehrambene industrije, šumarstva, kanalizacijskog mulja sve su korištene i proučavane u proizvodnji biougljena (Shakya i Agarwal, 2017; Lehmann i Joseph, 2012a). Uz pomoć ampelografije, identificirani su mnogi različiti kultivari na temelju morfoloških karakteristika lista, izbojka i ploda (Nasiri i sur., 2021). Kultivari vinove loze također se mogu klasificirati prema osjetljivosti na infekcije (Boso i Kassemeyer, 2008) i polifenolnom profilu koji uglavnom proizlazi iz raznolikosti kultivara (D'amato i sur., 2023). Studija Çetin i sur. (2011) pokazala je da se kemijski sastav izdanaka vinove loze može značajno mijenjati ovisno o kultivaru (Houillé i sur., 2015).

Tijekom procesa pirolize, sirovina prolazi kroz razne fizikalne i kemijske promjene (Houillé i sur., 2015). Vrlo je važno da sirovina koja se koristi ima visok udio lignoceluloznog materijala, jer se tada može očekivati veći prinos biougljena zbog karbonizacije lignina (Jia i sur., 2020; Sánchez-García i sur., 2019). Lignin je jedan od dva najzastupljenija sastojka izdanaka vinove loze i čini približno 20% ukupne mase ostataka rezidbe vinove loze (Jiménez i sur., 2006). Viši sadržaj ugljika daje novu vrijednost proizvodnji biougljena iz ostataka rezidbe vinove loze, posebice kao poboljšivač tla, što je tema rasprave u mnogim studijama (Lehmann i sur., 2011; Pituello i sur., 2015; Nunes i sur., 2021). Razgradnja organske tvari i disanje korijena biljaka glavni su izvor proizvodnje CO₂ u tlu (Duca i sur., 2016), dok su nasuprot tome materijali bogati ugljikom, poput biougljena, bogati organskim ugljikom i nisu skloni brzom mineralizaciji (Mundy i sur., 2012). Zbog svog bogatog sastava ugljika, ostaci biomase su vrijedni za ponovnu upotrebu (Devesa-Rey i sur., 2011). Razlike između niskih i visokih temperatura pirolize u proizvodnji biougljena u studiji Al-Wabel i sur.

(2013) navode da niže temperature imaju niže vrijednosti pH i mogu imati potencijal za poboljšanje plodnosti tla. Temperatura pirolize ima veliki utjecaj na fizikalno-kemijska svojstva biougljena (Ding i sur., 2014), a zajednička karakteristika biougljena je visok pH (Karhu i sur., 2011). Zbog velike unutarnje površine i velike količine mikro pora, biougljen može zadržati vodu i povećati ukupnu sposobnost tla za zadržavanje vode (Karhu i sur., 2011). Poroznost je veoma važan faktor koji posjeduje biougljen zbog svoje mogućnosti zadržavanja vode (Batista i sur., 2018).

Biougljen se može proizvesti iz širokog spektra biomasa. Karakteristike biomase kao što je udio lignina, hemiceluloze, celuloze, minerala, proteina, ugljikohidrata kao i sama unutarnja struktura biomase utjecat će na konačni kemijski sastav i strukturu biougljena.

Minerali u biljkama obavljaju različite funkcije i pojavljuju se u različitim oblicima (Martin i Marschner, 1988). Kationi kalij i klor su vrlo pokretni i počinju isparavati na relativno niskim temperaturama tijekom toplinskog razlaganja. Kalcij je uglavnom smješten u staničnim stjenkama, a ioni su vezani za organske kiseline. Silicij je vezan u staničnim stjenkama kao silikat ili kao opalni fitoliti. Oboje se oslobađa tijekom pirolize na mnogo višim temperaturama od kalija. Magnezij je vezan i ionski i kovalentno s organskim molekulama i isparava samo na visokim temperaturama. Fosfor i sumpor povezani su s kompleksnim organskim spojevima unutar stanice i relativno su stabilni na niskim temperaturama pirolize. Dušik je povezan s brojnim različitim organskim molekulama i može biti oslobođen na relativno niskim temperaturama pirolize. Drugi elementi poput željeza ili mangana postoje u brojnim organskim i anorganskim oblicima u biomasi i u velikoj mjeri se zadržavaju tijekom pirolize (Joseph i sur., 2007).

2.7.3. Biougljen kao alat za ublažavanje klimatskih promjena

Biljna biomasa koja se formira na godišnjoj razini obično se brzo razgrađuje. Razgradnja biljne biomase oslobađa CO₂ koji su biljke fiksirale te se otpušta natrag u atmosferu. Nasuprot tome, pretvaranje biljne biomase u biougljen koji se razgrađuje mnogo sporije preusmjerava ugljik iz brzog biološkog ciklusa u mnogo sporiji ciklus razgradnje biougljena uzimajući u obzir da dobiveni biougljen je stabilniji od biomase iz koje je nastao (Lehmann, 2007).

Godišnje usvajanje CO₂ od strane biljaka je osam puta veće od današnjih antropogenih emisija CO₂. To znači da velike količine CO₂ kruže između atmosfere i biljaka na

godišnjoj razini, a većina organskog ugljika u svijetu već je pohranjena u tlu. Preusmjeravanje samo malog dijela ove velike količine kružećeg ugljika pretvarajući ga u biougljen značajno bi smanjilo koncentracije atmosferskog CO₂, te bi imalo vrlo mali utjecaj na globalno skladištenje ugljika u tlu. Preusmjeravanje samo 1 posto godišnjeg neto usvajanja biljaka u biougljena smanjilo bi gotovo 10 posto trenutnih antropogenih emisija CO₂ (Lehmann i Joseph, 2012a).

2.8. Ishrana vinove loze

Postizanje ravnoteže između prinosa i sastava grožđa je glavni cilj u vinogradarstvu, što je posebno izazovno s obzirom na prijetnje sve većih klimatskih promjena. Dostupnost hranjivih tvari u tlu igra ključnu ulogu u produktivnosti i kvaliteti grožđa, što stvara potrebu za upotrebom gnojiva. Najvažniji hranjivi elementi za vinovu lozu su dušik (N), kalij (K) i fosfor (P). Ostali elementi uključuju ugljik (C), klor (Cl), sumpor (S), magnezij (Mg), bor (B), cink (Zn), mangan (Mn), bakar (Cu), željezo (Fe), silicij (Si), kalcij (Ca) i molibden (Mo), koji igraju ulogu u fiziološkom rastu vinove loze, prinosu i kvaliteti (Karagiannidis i sur., 2007; White i Brown, 2010; Herak Ćustić i sur., 2025)

Učinak biogenih elemenata na fermentaciju mošta i kvalitetu vina su od velike važnosti, čime se dodatno naglašava važnost ispravnog upravljanja nutritivnim potrebama vinograda.

Prekomjerna dostupnost hranjivih tvari u usporedbi s potrebama vinove loze donosi negativne rezultate kao što su prekomjerna bujnost biljke, smanjen prinos, odbacivanje cvjetova (Martín i sur., 2004), kao i povećana učestalost gljivičnih bolesti na lišću i grožđu (Lipa, 2008)

Često se povećanje prinosa grožđa ne primjećuje ni nakon gnojidbe, jer su razine hranjivih tvari u tlu već unutar optimalnog raspona za rast vinove loze. Dodatna gnojidba iznad tog praga može čak dovesti do simptoma toksičnosti i negativno utjecati na prinos (Lawlor, 2004).

Dobra praksa gnojidbe vinograda može utjecati na kvalitetu grožđa s morfološkog, fizičkog, kemijskog i organoleptičkog stajališta. Konkretno, kvaliteta grožđa s obzirom na kemijski sastav može se procijeniti kroz makro i mikronutrijente, pH, ukupne šećere, organske kiseline, antocijane, ukupne polifenole, vitamine, hlapljive spojeve i arome

(Chadha, 1999). Prije sadnje vinograda na kiselim tlima, dodavanjem vapnenca povećava se sadržaj kalcija (Ca) i magnezija (Mg) u tlu te se smanjuje toksičnost aluminija (Al). Povećanje koncentracije kalcija (Ca) u tkivu vinove loze nakon primjene vapna u tlu dovodi do aktivacije enzima poput fosfataza i peptidaza te doprinosi povećanju čvrstoće staničnih stijenki plodova i drugih organa vinove loze (Lecourieux i sur., 2006). Također, očekuje se da će porast sadržaja magnezija (Mg) pozitivno utjecati na sintezu klorofila. Neka istraživanja navode da u tlima s visokim razinama izmjenjivog kalija (K) može doći do simptoma nedostatka magnezija u lišću vinove loze, uključujući i isušivanje drški, što uzrokuje fiziološke poremećaje i smanjenje prinosa (Hall, i sur., 2011).

U najgornjim slojevima tla u najvažnijim područjima za industriju vinove loze širom svijeta dolazi do akumulacije Cu i Zn zbog primjene fungicida i dodavanja organskih ostataka kao izvora N, P i K (Brunetto i sur., 2014). Akumulacija Cu i Zn u tlu mijenja njihovu kemijsku raspodjelu, povećavajući udio mobilnih i lako dostupnih oblika, koji imaju veći potencijal za ispiranje i kontaminaciju površinskih i podzemnih voda, osobito u tlima sa pješčanom teksturom i niskim sadržajem organske tvari (Casali i sur., 2008).

Pretjerana akumulacija u tlu je toksična za mnoge vrste usjeva (Giroto i sur., 2014). Osim toga, višak Cu i Zn može biti toksičan za mlade rastuće vinove loze i uzrokovati fiziološki i biokemijski stres vinogradima (Miotto i sur., 2014). To može utjecati na proizvodnju i kemijski sastav grožđa te, posljedično, na mošt i vino.

2.8.1. Dušik (N)

Primjena dušika (N) u vinogradima trebala bi se provoditi s oprezom zbog njegovog učinaka na vegetativni rast, prinos i kemijski sastav grožđa, mošta i vina. Visoke stope gnojiva s dušikom kao $\text{NO}_3\text{--N}$ i $\text{NH}_4\text{+--N}$ mogu potaknuti vegetativni rast što pogoduje razvoju gljivičnih bolesti na lišću i plodovima, smanjuje broj oprašenih cvjetova, proizvodeći manji broj bobica po grozdu i, na kraju, odgađa mirovanje biljke (Hall i sur., 2011). Osim toga, prekomjerna bujnost vinove loze i nedostatak svjetla unutar nadzemnog djela trsa može smanjiti aktivnost enzima koji reguliraju sintezu nekih važnih organskih spojeva, kao što su antocijani.

Gnojidba dušikom utječe na različite aspekte kvalitete grožđa, od morfologije grozdova (duljina, širina i težina grozdova, broj bobica po grozdu, težina bobica, itd.), kemijskog

sastava soka (pH, organske kiseline, antocijani i ukupni polifenoli) i organoleptičkih svojstava (Hannah i sur., 2013). Na primjer, vinska i jabučna kiselina predstavljaju više od 90% svih organskih kiselina u bobici te doprinose stabilnosti i dugovječnost vina. Antocijani se u najvećoj mjeri nalaze u kožici bobica i određuju boju grožđa, mošta i vina. Ukupni polifenoli, koji su također koncentrirani u kožici, obično se povećavaju kao odgovor na gnojdbu dušikom te doprinose intenzitetu boje, organoleptičkim svojstvima grožđa i vina (Chadha, 1999).

Primjena dušičnog gnojiva u radu Ough i sur. (1968) povećala je koncentraciju ukupnog dušika u moštu, osobito kod kultivara 'Merlot' sa pjeskovitog tla i na različitim podlogama. Fermentacija mošta može biti znatno sporija pa čak i stati u slučaju nedostatka N jer, nakon C, N se koristi u najvećoj količini od strane kvasaca i bakterija. Procjena dušične opskrbljenosti mošta ključna je za pravilno vođenje fermentacije, najčešće korištenih pokazatelja u tu svrhu je FAN (free amino nitrogen), odnosno slobodni α -amino dušik (Bell i Henschke, 2005). Parametar FAN uključuje slobodne α -aminokiseline koje kvasci lako usvajaju, među kojima su najvažnije: arginin, serin, alanin, treonin, α -aminomaslačna kiselina i asparaginska kiselina (De Royer Dupré i sur., 2014). FAN predstavlja dušik iz primarnih aminokiselina, dok sekundarne aminokiseline poput prolina i hidroksiprolina nisu uključene, jer ih kvasci ne mogu učinkovito iskoristiti u anaerobnim uvjetima (Bell i Henschke, 2005). Među aminokiselinama prisutnima u moštu, samo α -aminokiseline, poznate kao slobodni aminodušik (FAN – free amino nitrogen), koriste kvasci vrste *Saccharomyces cerevisiae* tijekom rasta. Zajedno s amonijskim dušikom (amonijak NH_3 i amonijev ion NH_4^+), α -aminokiseline čine dušik asimilabilan za kvasce (YAN – yeast assimilable nitrogen) (Bouloumpasi i sur., 2023) Opće je prihvaćeno da je najmanje 140 mg/L asimilacijskog dušika neophodno za potpunu i kvalitetnu fermentaciju (Bell i Henschke, 2005; Karoglan i sur., 2011; Verdenal *et al.*, 2021); moštovi s nižim razinama imaju smanjenu sposobnost proizvodnje alkohola, što rezultira usporenom ili zaustavljenom fermentacijom (Butzke, 1998). Dakle, koncentracija N u moštu utječe na mikrobnu biomasu, brzinu i trajanje fermentacije te konačne proizvode mikrobnog metabolizma (Bisson, 1991) kao što su aromatski spojevi u vinu (Rapp i Versini, 1995).

2.8.2. Kalij (K)

Kalij je jedan od makroelemenata za kojim vinova loza ima najveće potrebe. Velike količine kalija iznose se kroz berbu grožđa. Dostupnost kalija za vinovu lozu može se procijeniti analizom lišća u punom cvatu i tijekom šare bobica. Međutim, nije uvijek moguće točno odrediti kalij u lišću, jer je većina kalija prisutna u slobodnom odliku te se zbog toga može brzo redistribuirati u rastuće organe (npr. bobice) ili pohraniti u rezervne organe poput grana i korijena (Tagliavini i Scandellari, 2013).

Sadržaj kalija (K) u lišću vinove loze ne pokazuje uvijek izravnu povezanost s prinosom, budući da biljka često usvaja količine K veće od svojih neposrednih metaboličkih potreba, akumulirajući ga u staničnim organelama. Procjenjuje se da se čak 50 % ukupnog kalija usvojenog tijekom vegetacije pohranjuje u bobicama. U plodu, kalij ima ključnu ulogu u aktivaciji brojnih enzima te podržava metaboličke procese poput sinteze i transporta šećera, čime izravno doprinosi zrenju bobica i održavanju turgora stanica. Osim toga, zbog svoje mobilnosti u floemu i ksilemu, K je važan u transportu otopina, raspodjeli asimilata i sintezi polifenola odgovornih za boju i aromu ploda (Keller i Hrazdina, 1998).

Jedna od važnijih uloga K je i njegov utjecaj na pH mošta i vina te percepciju kiselosti. Tako povišeni sadržaj K tijekom procesa vinifikacije potencirati naglašeno taloženje vinske kiseline te samim time utječe na povišenje pH vrijednosti mošta i vina te proteinsku i tartaratnu stabilnost. Uz to vrijednosti pH iznad 3,5 mogu značajno narušiti i mikrobiološku stabilnost vina te njegova organoleptična svojstva (Kodur, 2011). Prema Walker i Blackmore (2012) odnos sadržaja K i pH vrijednosti mošta zavisao je od velikog broja faktora među kojima su kultivar, podloga te vinogradarski položaj.

2.8.3. Fosfor (P)

Fosfor je potreban kod vinove loze za formiranje staničnih membrana, metabolizam ugljikohidrata, sintezu proteina, fotosintezu, respiraciju, metabolizam šećera te pohranu i prijenos energije (Fregoni, 1991).

Nedostatak fosfora inhibira inicijaciju, diferencijaciju i održavanje cvjetnih pupova (Skinner i Matthews, 1989). Također je otkriveno da nizak sadržaj fosfora u tlu može uzrokovati nedostatke magnezija (Mg) u mladima (Skinner i Matthews, 1990).

U radu Čoga i sur. (2008) proučavali su dinamiku fosfora na kiselim i karbonatnim tlima u Hrvatskoj te zaključili da pH tla značajno utječe na sadržaj fosfora u lišću, što pak utječe na sadržaj fosfora, šećera i ukupne kiselosti u moštu vina 'Sauvignon bijeli'

Dodavanje fosfora u vinograde s niskim pH tlima ('Pinot noir' i 'Chardonnay') povećalo je masu izboja i smanjilo omjer uroda po mladici kod podloge 140 Ruggeri u usporedbi s 99R, 110R i SO4 podlogama (Wooldridge i sur., 2010). Također je utvrđeno da je fosfor povećao sadržaj P i Mg u peteljka loze na podlozi 140 R, kao i sadržaj N i Mg u moštu.

Prijašnja su istraživanja pokazala da kultivari (Skinner i Matthews, 1989) i podloge (Grant i Matthews, 1996) značajno variraju u sposobnosti usvajanja i potrebi za fosforom. Te je utvrđeno da se status fosfora u lozi može razlikovati među kultivarima i podlogama čak i kada rastu na istom tlu, što može dovesti do razlika u sastavu i senzorskim svojstvima vina.

U radu Skinner i sur. (2019) izneseni rezultati pokazuju da tri različite kultivara vinove loze, uzgajane na tri različita tla s nedostatkom fosfora, svi kultivari reagirali su na dodavanje fosfornih gnojiva povećanjem sadržaja fosfora u listu i soku, što je značajno koreliralo s uočljivim razlikama u senzornim karakteristikama njihovih vina, uključujući aromu, izgled, okus i miris. Dobiveni rezultati pokazuju da slična gnojidba na različitim vrstama tla može dovesti do uočljivih promjena u senzornim karakteristikama vina.

Potreba za fosforom i količina koju se iznosi kroz berbu su male. Osim toga, simbioza između korijena biljaka i mikoriza gljiva može olakšati usvajanje fosfora i smanjiti potrebu za gnojidbom fosfora (Moreira i Siqueira, 2006).

Ako sadržaj P u tlu nije dovoljan da zadovolji potrebe biljaka, vinova loza može pokazivati simptome nedostatka P, kao što su slabi rast, žutilo ili crvenilo donjeg lišća i prerano opadanje lišća. Kada se fosfor dodaje u tlo nesvjesno, može doći do akumulacije fosfora u tlu. Kako se oblici dostupnog fosfora akumuliraju u tlu, fosfor može biti prenesen kroz površinske otjecanja ili podzemne tokove (Schmitt i sur., 2014). Nadalje, visoki sadržaji fosfora u tlu može smanjiti dostupnost cinka zbog formiranja cink- fosfata; posljedično, simptomi nedostatka cinka mogu se primijetiti u lišću vinove loze (Skinner i Matthews, 1989).

2.8.4. Magnezij (Mg)

Magnezij je važan makronutrijent s nekoliko fizioloških funkcija koje utječu na rast i razvoj biljaka. On je središnji atom klorofila i aktivira enzimske procese, čime doprinosi proizvodnji ugljikohidrata u lišću kroz fotosintezu. Također, povoljno utječe na asimilaciju, pri čemu visoke razine magnezija mogu ograničiti usvajanje kalcija u vinovoj lozi. Nedostatak magnezija u vinogradima često se javlja gdje tlo ima niski pH i manje koncentracije fosfora (James i sur., 2023). Istraživanje Zlámalová i sur. (2015) navodi da je folijarna primjena Mg u obliku magnezijevog sulfata ($MgSO_4$) u količini od 3,86 kg Mg/ha povećala prinos grožđa za 11,2% u odnosu na kontrolu, dok su ostali parametri bili bez značajnih promjena. Usvajanje magnezija od strane biljke također je pogođeno antagonističkim učinkom Ca i K i obrnuto.

Nedostatak magnezija smanjuje sadržaj klorofila u lišću i mijenja omjer klorofila a u korist klorofila b. Simptomi nedostatka magnezija pojavljuju se od sredine do kraja sezone i uključuju žutilo rubova lišća, crvenilo bazalnih listova koje se širi prema unutarnjim venama, dok srednje vene ostaju zelene. Vizualno, nedostatak Mg u lozi se prikazuje kao kloroza lišća, osobito starijeg, i uzrokuje prijevremeni opadanje (Abo El-Ezz i sur., 2022).

2.9. Kultivar 'Malvazija istarska' (*Vitis vinifera* L.)

Malvazija istarska nije samo jedna od vinskih kultivara koja se uzgaja u Istri, već predstavlja i kulturološki simbol povezanosti ljudi u Istri, povezujući ih zajedničkim okruženjem i vrlo sličnim, gotovo istovjetnim razvojnim potencijalom. U tom kontekstu, povijesno naslijeđe služi kao temelj za zajednički razvoj. (Peršurić i sur., 2015)

Malvazija istarska je u Istri dominantni kultivar za proizvodnju grožđa, čineći više od 80% ukupne proizvodnje. Vino Malvazija istarska karakteriziraju izvrsna organoleptička svojstva, a ono na najbolji način predstavlja Istru kao vinsku regiju (Jurinčić, 2015).

Malvazija istarska je jedna od najznačajnijih i najpoznatijih kultivara među različitim vrstama Malvazije, poput 'Malvasia bianca del Chianti', 'Malvasia del Lazio', 'Malvasia delle Lipari', 'Malvasia di Candia' i 'Malvasia di Sardegna'. Do danas je opisano više

od 30 različitih vrsta Malvazije, a njihovo područje rasprostranjenosti prvenstveno je vezano uz Mediteran.

Malvazija istarska bijela autohtona je i najrašireniji kultivar u svim vinorodnim područjima Istre. Obično se od ovog kultivara proizvode suha vina s voćno-cvjetnom aromom (koja pretežno potječe od hlapljivih estera), dobivena brzom preradom grožđa i fermentacijom mošta na niskoj temperaturi (Radeka i sur.,2008).

Trsovi su snažni s dugim mladicama i internodijima te je karakterizira vrlo bujna vegetacija. Listovi su srednje veliki do veliki, trodijelni s izraženim zupcima. Plojka lista je glatka i svijetlozelene boje, a s donje strane također glatka. Grozdovi su srednje veliki, rastresiti do umjereno zbijeni, obično s jednim krilom. Bobice su srednje velike do krupne, okrugle, zelenožute boje, a u punoj zrelosti i na osunčanoj strani zlatnožute. Kožica je prekrivena sivim maškom s izraženom vršnom točkom. Meso bobica je sočno i ugodnog slatkog okusa. Ovaj kultivar je vrlo rodan, stoga je potrebno primjenjivati agrotehničke i ampelotehničke mjere za regulaciju prinosa. Tijekom cvatnje je osjetljiva, što može dovesti do jačeg osipanja. U prosjeku akumulira 17-22% šećera i 5-7 g/L ukupnih kiselina (Mirošević i Karoglan, 2008a).

Vino 'Malvazije istarske' srednje su do visokolakoholna sa sadržajem između 11,5 i 13,5 vol. %. Sadrži umjerenu količinu kiselina, s ukupnom kiselošću između 5,0 i 6,5 g/L. Ovo vino je puno, zaobljeno i harmonično, s ekstraktom od 18 do 22 g/L (Mirošević i Karoglan, 2008a).

2.10. Podloge vinove loze

Cijepljenje vinove loze na američke podloge roda *Vitis* sp. postala je raširena praksa tijekom druge polovice 19. st. kada je štetnik filoksera unesen iz Sjeverne Amerike u Francusku te se zatim proširio Europom i u većinu područja uzgoja vinove loze diljem svijeta. Na cijepljenim trsovima vinove loze, korijenski sustav potječe isključivo od podloge, dok nadzemni dio biljke određuje plemka. Prve podloge vinove loze dobivene su od vrsta *V. riparia* i *V. rupestris*, a sa uvođenjem podloga dobivenih od *V. berlandieri* dolazi do ponovne sadnje vinograda u vapnenačkim tlima. Većina danas korištenih podloga razvijena je krajem 19. i početkom 20. stoljeća. Od tada se zagovara njihova primjena zbog otpornosti na filokseru, što se može smatrati primjerom biološke

kontrole štetnika. Osim filoksere, određene podloge mogu pridonijeti suzbijanju i drugih zemljišnih štetnika, poput nematoda (Ollat i sur., 2016).

Cijepljenje vinove loze na podlogu standardna je vinogradarska praksa. Ovim postupkom sprječava se oštećenje korijenovog sustava uzrokovano filokserom te se vinovoj lozi osigurava otpornost na brojne biotičke i abiotičke stresne čimbenike, uključujući sušu, poplave, salinitet i nepovoljan pH tla (Zamboni i sur., 2016). Odabirom odgovarajuće podloge moguće je regulirati bujnost vinove loze i učinkovitost usvajanja hranjiva, što posljedično može utjecati i na potencijalnu kvalitetu vina (Jackson, 2023). Tolerantnost određenih podloga na visoku koncentraciju kalcijeva karbonata u tlu omogućuje sadnju vinove loze i u karbonatnim tlima. Ova tla često sadrže veću koncentraciju željeza, što može dovesti do pojave kloroze lišća. Međutim, pravilnim izborom podloge tolerantne na vapno, ovaj se fiziološki poremećaj može izbjeći (Zamboni i sur., 2016). U kontekstu klimatskih promjena, selekcija i odabir podloge postaju ključni elementi prilagodbe vinove loze novim okolišnim uvjetima. Danas se više od 80 % vinove loze u svjetskim vinogradima uzgaja na način da se plemka vrste *Vitis vinifera* L. cijepi na podlogu jedne od američkih vrsta roda *Vitis* sp. ili na interspecifični hibrid unutar tog roda (Ollat i sur., 2016).

Od američke skupine roda *Vitis*, kao podloga za vinovu lozu izdvojile su se tri vrste: *Vitis riparia*, *Vitis rupestris* i *Vitis berlandieri*. Od samorodnica najpoznatije vrste su *Vitis aestivalis*, *Vitis arizonica*, *Vitis cordifolia*, *Vitis candicans*, *Vitis cinera*, *Vitis labrusca*, *Vitis monticola*, *Vitis rotundifolia* i dr., ali treba naglasiti da najviše samorodnica je proizašlo iz *Vitis labrusca*. Gotovo ni jedna samorodnica nije poslužila kao podloga vinove loze, a samostalno nisu dale značajnih vrijednosti europskom vinogradarstvu. Do većeg broja loznih podloga došlo se pronalazeći i stvarajući križance koji će zadovoljiti pojedine specifične uvjete. Dobro poznavanje i pravilan izbor podloge je od velikog značaja u intenzivnom vinogradarstvu (Mirošević i Karoglan, 2008a).

U svijetu se danas koristi oko 80 podloga vinove loze. Veliki dio njih je križanac dobiven tijekom druge polovice 19. st. kada je kriza filoksere bila na vrhuncu u Europi ili početkom 20. st. *V. riparia* (Riaria Gloire de Montpellier) i *V. rupestris* (du Lot ili St. Georges) su jedine preostale podloge, kao prestavnici izvornih čistih vrsta (Ollat, i sur., 2016). Skupina *Vitis riparia* x *Vitis rupestris* njezini križanci odlikuju svojstvima roditelja. Obično su vrlo otporni na filokseru, dobro se ukorjenjuju te spadaju u kategoriju male

do srednje bujnosti. Tolerancija na sušu i vapno im je niska, te je njihov uzgoj većinom prikladan plodnim tlima (Mirošević i Karoglan, 2008a).

2.10.1. *Vitis berlandieri* × *Vitis riparia* 420 A Millardet i De Grasset

Sinonimi: *Berlandieri* × *Riparia* 420 A, 420 A MiG; Uzgojena je u Francuskoj 1887. godine. To je jedna od najstarijih križanaca podskupine *Vitis berlandieri* × *Vitis riparia*. U Hrvatskoj najviše je proširena u Istri, te predstavlja jednu od najznačajnijih podloga danas u svijetu. Smatra se vrlo bujnom podlogom, u pojedinim uvjetima uzgoja može usporiti vegetaciju i utjecati na kasnije dozrijevanje grožđa, ali na području Mediterana nema nikakvog negativnog utjecaja. Drvo vrlo dobro dozori, i list ostaje do studenog ili prvih niskih temperatura. Dobro je otporna na vapno (od 40 do 50% ukupnog i 20 % fiziološki aktivnog) i filokseru. Vrlo se teško ukorjenjuje iako danas uz pomoć selekcije, omogućen je brzi razvoj korijena. Afinitet s većinom kultivara je dobar. Slabije je otporna na sušu, a preporučuju se za uzgoj na dubokim tlima u uvjetima tople i suhe klime (Mirošević i Karoglan 2008a).

2.10.2. *Vitis berlandieri* × *Vitis riparia* SO4

Sinonimi: *Berlandieri* × *Riparia* selekcija Oppenheim 4, SO4; Selekcioniran u vinogradarskoj školi Oppenheim iz populacije *Vitis Berlandieri* × *Vitis riparia* Teleki 4B. Danas je rasprostranjena gotovo u svim vinogradarskim zemljama. SO4 je podloga selekcionirana na raniju dob dozrijevanja drva, to svojstvo se prenosi i na plemku, što utječe na ranije dozrijevanje grožđa i raniji ulazak trsa u fazu mirovanja. Dobro je otporna na vapno (40-45% ukupnog, 17-18% fiziološkog aktivnog vapna). Dobro je otporna na filokseru, dobro se ukorjenjuje i afinitet s kultivarima *V. vinifera* je dobar. Pokazala je visoku otpornost na nematode te se preporuča uzgoj u boljim vinogradarskim tlima (Mirošević i Karoglan, 2008a).

2.10.3. Utjecaj podloge na vodni stres

Vinova loza je općenito dobro prilagođena suhim i polusuhim klimatskim uvjetima. Povijesno gledano, podloge su razvijene početkom 1900-ih od američkih vrsta *Vitis* u nastojanju da se izbjegne šteta koju uzrokuje filoksera. Zbog klimatskih promjena i ograničenog navodnjavanja počeo se stvarati interes za podloge koje su otpornije na

vodni stres (Serra i sur., 2014). Odabir podloge vinove loze utječe na njezine vegetativne, reproduktivne i fiziološke parametre. U uvjetima vodnog stresa pokazalo se da podloga može utjecati na izmjenu plinova i vodni status biljke. Različite podloge imaju različite kapaciteta za usvajanje vode iz tla (Soar i sur., 2006). Učinkovit prijenos vode od podloge do plemke ovisi o anatomiji ksilemskih žila unutar podloge koja kontrolira provodljivost vode (De Herralde i sur., 2006). Gustoća i dubina rasta korijena ovisi o tipu same podloge i okolišnim uvjetima (Koundouras i sur., 2008).

Podloge se mogu podijeliti u dvije skupine s obzirom na otpornost na vodni stres: one koje potiču snažniji vegetativni rast (veći vigor) i pokazuju veću otpornost na sušu, te one koje uzrokuju slabiji vigor i manju otpornost na sušne uvjete. Određeni mehanizmi podloga omogućuje vinovoj lozi kako bi se lakše nosila s deficitom vode. Ti se mehanizmi mogu predstaviti kao: bijeg od suše koji uključuje sposobnost biljke da završi cijeli životni ciklus prije nego biljka dođe u uvjete vodnog stresa, otpornost na sušu s niskim vodnim potencijalom biljke koji uključuje održavanje turgora uglavnom putem osmotske prilagodbe i otpornost na sušu s visokim vodnim potencijalom biljke. Kod vinove loze moguće je pronaći dva mehanizma u obliku odgovora na uvjete vodnog stresa kao što je zatvaranje puči, smanjenje rasta stanica i fotosinteze te nakupljanje osmolita i proteina (Chaves i sur., 2003). Vinova loza dobro je prilagođena deficitu vode u tlu zbog karakteristika ksilema koji ima sposobnost transporta vode u vinovoj lozi. Zbog veliki ksilemskih žila u usporedbi s drugim biljkama, vinova loza ima brzi opravak u uvjetima vodnog stresa.

Ovisno o terenu i o otpornosti same lozne podloge znatno ovisi koliki će biti prinos i kvaliteta grožđa te trajnost vinograda. Među loznim podlogama, najveću otpornost su pokazale podloge iz grupe hibrida *V. berlandieri* × *V. rupestris* kao što su Richter 110, Ruggeri 140, slabiju otpornost Paulsen 1103. Srednje otporne su podloge Richter 99, 333EM, 41B, 44-53M, a osjetljive one iz grupe *V. riparia* × *V. rupestris* te grupe *V. riparia* × *V. berlandieri* kao što su 420A, 161-49C, Kober 5BB, 3309C, SO4 (Kirigjija, 2008).

2.10.4. Tolerancija podloge na salinitet

Stres uzrokovan prisustvom soli još je jedna okolišna promjena koja negativno utječe na rast i prinos vinove loze. Povišeni salinitet tla uzrokuje ozbiljne probleme u usvajanju

vode i dostupnosti hranjivih tvari, povećava koncentraciju toksičnih iona te dovodi do degradacije strukture tla (Ismail i sur., 2014) *V. vinifera* umjereno je osjetljiva na visoki salinitet tla, a oštećenja uzrokovana ovim stresom uglavnom su povezana s kloridnim ionima. Inhibicija rasta vinove loze i asimilacije CO₂ u vezi s visokim salinitetom uglavnom je posljedica promjena u provodljivosti puči (slično kao što je opaženo kod stresa uzrokovano nedostatkom vode), stope transporta elektrona, vodnog potencijala lišća, klorofila, fluorescencije, osmotskog potencijala i koncentracija iona u lišću (Cramer i sur., 2007).

Stres uzrokovan solju dovodi, na molekularnoj razini, do stvaranja reaktivnih kisikovih vrsta (ROS), dezorganizacije membrane, metaboličke toksičnosti, smanjenog unosa hranjivih tvari, te indukcije nekoliko gena povezanih s biljnim hormonima (Ismail i sur., 2012).

Odgovor vinove loze na salinitet ovise o različitim faktorima, kao što su vrsta tla, kombinacija podloge i plemke, sustav navodnjavanja i klima. Vinova loza pokazuje veću osjetljivost na toksičnost Cl⁻ nego na toksičnosti Na⁺ (Ismail i sur., 2014).

Podloge dobivene od divljih vrsta *Vitis* razlikuju se u svojoj sposobnosti bolje podnošljivosti toksičnosti Cl⁻ (*V. rupestris*, *V. cinerea*, *V. champini* i *V. berlandieri*), što rezultira većoj tolerancijom na salinitet. U radu Rogiers i sur. (2004) ukazuju na veliku varijabilnost u akumulaciji Na⁺ i Cl⁻ među podlogama. Konkretno, pokazuju da je vrsta *V. berlandieri* imala veliku toleranciju na Cl⁻ i/ili Na⁺, iako je ta sposobnost smanjena kod hibrida koji imaju *V. vinifera* kao roditelja. To objašnjava smanjenu toleranciju na Cl⁻ kod nekih podloga, poput 41B (*V. berlandieri* × *V. vinifera*), u usporedbi s drugima. Salinitet, kao i nedostatak vode, negativno utječe na prinos vinove loze (Corso i Bonghi, 2014); u tom kontekstu, u radu Walker i sur. (2002) pokazali su snažan utjecaj podloge u uvjetima stresa uzrokovano solju. Primijetili su da podloge koje pružaju najviše bujnosti pri visokoj salinitetu (npr. Ramsey, 1103 Paulsen i R2), također proizvode veći broj grozdova po lozi kako u srednjem tako i u visokom stupnju saliniteta.

2.10.5. Utjecaj podloge na usvajanje hraniva

Ishrana vinograda predstavlja ključni agronomski zahvat unutar proizvodnog ciklusa, koji značajno utječe na prinos i kvalitetu grožđa. Za pravilno provođenje gnojidbe

makro- i mikronutrijenata potrebno je uzeti u obzir karakteristike tla, klimatske uvjete, kvalitetu vode za navodnjavanje te specifičnu kombinaciju podloge i kultivara vinove loze.

Izbor podloge ima velik utjecaj na provodljivost ksilema, prinos i sastav grožđa (Ollat i sur., 2016). Podloge se razlikuju u sposobnosti zadržavanja vode i hranjivih tvari (Ibacache i sur., 2009). Podloga se pokazala kao dobar regulator apsorpcije i transporta minerala kod vinove loze (Lecourt i sur., 2015), pokazujući značajan utjecaj na mineralni sastav lišća i grožđa. Dobro je poznato da podloga SO4 ima sklonost akumulaciji K u grozdovima, a veća količina K može štetno utjecati na kvalitetu grožđa i stabilnost vina, posebno na kemijsku i mikrobiološku stabilnost tijekom procesa proizvodnje i skladištenja (Mpelasoka i sur., 2003). Takva selektivnost može utjecati na odnos K prema Mg, izazivajući fiziološke poremećaje poput nekroze peteljke i sušenja bobica, a što u konačnici može negativno utjecati na prinos i sastav grožđa (Bavaresco i sur., 2010).

Podloge mogu imati različit učinak na usvajanje hranjivih tvari kod vinove loze neke studije bilježe značajne promjene u sadržaju hranjiva u biljci (Holzapfel i Treeby, 2007) dok druge ne pronalaze statistički značajne razlike (Dalbó i sur., 2011).

Dušik je najobilniji makronutrijent u tlu koji utječe na rast vinove loze, igrajući ključnu ulogu u većini bioloških funkcija i procesa kako u vinovoj lozi tako i u procesima fermentacije (Ben-Asher i sur., 2006). Također dušik je povezan s kvalitetom vina ili mošta te s fiziološkim poremećajima, uglavnom zbog problema s vegetativnim balansom. Veliki izazov ishrane vinove loze dušikom je osigurati adekvatnu dostupnost kada su potrebe vinove loze visoke (tokom cvatnje i zretanja plodova) te ograničiti dostupnost kada su potrebe vinove loze za dušikom niske (Ibacache i sur., 2019).

U radu Zamboni i sur. (2016) podloga je utjecala na nakupljanje minerala u lišću vinove loze. Podloga 101-14 pokazala je najveću akumulaciju dušika u lišću, dok je podloga M3 [R 27 (*V. Berlandieri* × *V. riparia*) × Teleki 5C (*V. Berlandieri* × *V. riparia*) imala najmanju akumulaciju dušika. Podloge 1103 Paulsen i M1 [106-8 (*V. riparia* × (*V. cordifolia* × *V. rupestris*)) × Resseguier n.4 (*V. berlandieri*)] bile su na srednjoj razini akumulacije dušika. Podloge 101-14 je odgovarala najnižim sadržajem P i K, pri čemu su 1103P i M1 podloga imale najveće vrijednosti K. Podloga 1193P sadržavala je najveće vrijednosti Mg i Fe od svih navedenih podloga.

Često, bujnije podloge rezultiraju višim razinama dušika. Stoga, kada se plemka cijepi na podloge koje pokazuju visoku apsorpciju dušika, potrebno je prilagoditi i samu gnojdbu. Pretjerane primjene dušika mogu imati negativne učinke na okoliš (onečišćenje podzemne vode nitratima) i povećati štetu od štetnika i bolesti, fiziološke poremećaje, te smanjiti kvalitetu i prinos grožđa (Keller i sur., 2001).

2.11. Osnovni kemijski sastav mošta i vina

Osnovna kemijska analiza mošta predstavlja temelj za procjenu njegove kvalitete i prikladnosti za fermentaciju. Ova analiza obično obuhvaća ključne parametre poput šećera, organskih kiselina, pH vrijednosti/titracijske kiselosti te polifenolnog i aminokiselinoskog profila.. Analiza ovih spojeva pruža neophodne informacije za predviđanje tijeka fermentacije, ali i same kvalitete i gotovog vina.

Određivanje šećera, posebno glukoze i fruktoze, ključno je jer oni predstavljaju glavne supstrate za fermentaciju kvasaca. Tekućinska kromatografija (HPLC) u kombinaciji s detekcijom pomoću refraktnog indeksa pokazala se učinkovitom za kvantificiranje ovih šećera, kao i organskih kiselina poput vinske i jabučne kiseline te glicerola prisutnih u moštu (Calull i sur., 1992).

Organske kiseline također su temeljna komponenta u analizi mošta. Kiselost mošta općenito se određuje mjerenjem pH vrijednosti i titracijske kiselosti. Topljivost i stupanj disocijacije različitih kiselina često se istražuju kako bi se razumio njihov doprinos ukupnoj kiselosti mošta. Na primjer, komparativne analize koje uključuju organske kiseline—poput vinske, jabučne, mliječne i limunske daju uvid u kemijsko ponašanje mošta u različitim uvjetima, što je ključno za procjenu stabilnosti i eventualne korekcije u procesu vinifikacije (Gancel i sur., 2022).

pH mošta je ključan za kemijsku i mikrobiološku stabilnost vina, jer utječe na fermentaciju, rast kvasaca i inhibiciju bakterije koje uzrokuju kvarenje (Dennis-Eboh i sur., 2023). Također, pH ravnoteža utječe na stabilnost boje vina, posebno crnih vina, jer regulira reakcije kod pigmentacije i stabilnost antocijana (Yokotsuka i sur., 1997). Optimalna pH vrijednost može poboljšati fermentaciju, osigurati ravnotežu i harmoničnost okusa dok preniska ili previsoka vrijednost može narušiti kvalitetu vina (Payan i sur., 2023).

Fizikalno-kemijski sastav vina višeslojna je karakteristika koja odražava kumulativni utjecaj uvjeta u vinogradu, kultivara grožđa i samog procesa vinifikacije.

Općenito, vino se primarno sastoji od vode, etanola, šećera, organskih kiselina, minerala, aminokiselina, fenolnih i hlapljivih aromatskih spojeva. Ova kompleksna matrica spojeva ne definira samo senzorna svojstva vina—kao što su okus, aroma i izgled—nego pruža i kemijski potpis koji je ključan za autentifikaciju i kontrolu kvalitete (Zhou i Song, 2015; Tufariello i sur., 2022).

Etanol koji nastaje tijekom fermentacije rezultat je pretvorbe šećera iz grožđa, dok voda ostaje dominantno otapalo. Omjer etanola i vode, zajedno s količinom zaostalog šećera, određuje alkoholnu jakost i slatkoću vina. Organske kiseline, uključujući vinsku, jabučnu i limunsku kiselinu, doprinose ukupnoj kiselosti i pH vrijednosti vina, što je presudno za njegovu stabilnost, mikrobnu zaštitu i ravnotežu okusa (Răducu i sur., 2019). Mineralni sastav mošta i vina uključuje elemente poput kalija, magnezija te elemenata u tragovima poput željeza i mangana, a definiran je interakcijom tipa tla i vinove loze te tehnoloških postupaka vezanih uz proizvodnju vina. Mineralni profil vina također može poslužiti kao pokazatelji geografskog podrijetla te se navodi kao jedan od mogućih sredstava za autentifikaciju vina i otkrivanje moguće prijevare (Catarino i sur., 2018).

Fenolni spojevi, kao što su flavonoidi, antocijani i tanini, predstavljaju još jednu važnu skupinu spojeva koje utječu na kvalitetu vina. Oni su odgovorni za boju, trpkost, gorčinu i antioksidativni kapacitet vina, a njihova koncentracija i sastav mogu značajno varirati ovisno o kultivaru grožđa. Primjerice, istraživanja vina kultivara 'Merlot' pokazala su da polifenolni profil može odražavati zrelost grožđa te pridonosi jedinstvenom karakteru vina (Răducu i sur., 2019). Koncentracija fenola također je ključna za procjenu potencijala starenja vina s obzirom da su podložni procesima pigmentacije i polimerizacije te taloženja tijekom skladištenja, a što dovodi do promjena u intenzitetu boje i okusnim svojstvima vina.

Mirisna svojstva vina definirana su velikim brojem aromatskih spojeva koje možemo podijeliti na primarne ili sortne, fermentacijske te arome starenja ili tercijalne. Tako se kao glavni predstavnici primarnih aroma mogu izdvojiti terpeni, tioli i pirazini dok su fermentacijske arome određene zastupljenošću pojedinih predstavnika viših alkohola i estera. Zajedničkim djelovanjem imaju ključnu ulogu u definiranju konačnog

aromatskog i okusnog profila vina. U današnje vrijeme veliki broj naprednih analitičkih tehnika, poput Fourierove transformacijske srednje infracrvene spektroskopije i plinske te tekućinske kromatografije u kombinaciji s masenom spektrometrijom, koriste se za detektiranje i kvantificiranje ovih spojeva, pružajući objektivne metode za razlikovanje vina prema kultivaru i razini kvalitete (Louw i sur., 2009).

Osim toga, komparativne studije pokazale su da vina iz različitih regija ili proizvedena različitim tehnologijama pokazuju karakteristične raspona sadržaja alkohola, ukupnog ekstrakta, ukupne kiselosti i pH vrijednosti. Na primjer, istraživanja crnogorskih bijelih i rosé vina ukazala su na prosječan udio alkohola od oko 13,6 vol%, uz specifične vrijednosti za ukupni ekstrakt i kiselost koje su dosljedne i ponovljive među uzorcima, naglašavajući utjecaj terroira i stila vinifikacije (Pajovic-Scepanovic i sur., 2016). U istraživanju Apolinar-Valiente i sur., (2013) utvrdili su značajne razlike u sastavu polisaharida crnih vina kultivara 'Monastrell' proizvedenih u četiri različita španjolska terroira, pri čemu su uočene varijacije prvenstveno povezane s lokalnim karakteristikama tla i primijenjenim tehnologijama vinifikacije.

2.12. Utjecaj poboljšivača tla na kvalitetu vina

Različite strategije upravljanja gnojidbom u vinogradu mogu značajno utjecati na kemijska i senzorna svojstva vina, mijenjajući nutritivni status grožđa, razvoj bobica i biosintezu sekundarnih metabolita. Na primjer, gnojidba dušikom pokazala je utjecaj na sastav grožđa i mošta, gdje primjena dušičnih gnojiva povećava koncentraciju pojedinih aromatskih spojeva u odnosu na kontrolne uzorke bez gnojiva. Međutim, prema Miliordos i sur. (2022) opći profil arome i senzorna svojstva nisu se značajno promijenili. Osim što može utjecati na sadržaj dušika u moštu, različite vrste gnojiva mogu utjecati na nakupljanje šećera i organskih kiselina; tretmani organomineralnim gnojivima, povećavaju sadržaj šećera u soku za oko 10,4%, dok istovremeno održavaju kiselost mošta na optimalnoj razini za suha bijela vina (Vyacheslavovich i Aleksey, 2023). Folijarna gnojidba kalijem često u kombinaciji s agrotehničkim zahvatima poput defolijacije dovodi do povećanja plodova i poboljšava nakupljanje fenolnih spojeva u grožđu (Chen i sur., 2022). Ove promjene u sastavu bobica, uključujući povećanje ukupnih topivih krutih tvari i fenolnih spojeva sigurno će utjecati i na promijene okusa vina te stabilnost boje i opću kvalitetu.

Štoviše, integrirane i organske strategije gnojidbe mogu mijenjati dostupnost hranjivih tvari u tlu i strukturu mikrobiološke zajednice, što zauzvrat utječe na unos hranjivih tvari od strane vinove loze te sastav grožđa. Studije koje uspoređuju organsku i integriranu proizvodnju pokazale su da primjena stajskog gnojiva i uravnoteženih smjesa zelene gnojidbe obogaćuju tlo bitnim elementima poput kalija i fosfora te poboljšavaju oslobađanje mineralnog dušika tijekom kritičnih fenoloških faza (Morelli i sur., 2022), a što pokazuje da ove promjene u plodnosti tla mogu izravno utjecati na kvalitetu grožđa i time na sastav vina proizvedenog od tog grožđa. Osim toga, vinogradarske prakse, uključujući režime gnojidbe, mogu neizravno utjecati na kvalitetu vina mijenjajući mikrobiom karposfere grožđa; promjene u mikrobiološkoj zajednici imaju implikacije na zdravlje grožđa i dinamiku fermentacije, potencijalno utječući na konačni sastav vina (Testempasis i sur., 2023).

Vrsta i intenzitet gnojidbe u vinogradu utječu na cijeli proces proizvodnje vina. U radu Castangia i sur. (2024) utvrđeno je da ekstrakti iz komete grožđa sadrže značajne količine korisnih polifenola, pri čemu količina dobivenih polifenola ovise o vrsti grožđa, primijenjenim agronomskim praksama te tehnologiji proizvodnje vina.

2.13. Utjecaj biougljena kao poboljšivača tla na kvalitetu vina

Biougljen, kada se koristi kao gnojivo u vinogradima, može utjecati na kvalitetu vina mijenjajući fizička, kemijska i biološka svojstva tla, što zauzvrat može poboljšati rast, otpornost i rodost vinove loze, sastav grožđa i konačno proizvedeno vino. Mehanizmi putem kojih biougljen vrši svoj utjecaj su višestruki, uključujući promjene u strukturi tla i zadržavanju vode, poboljšanja u dostupnosti hranjivih tvari te promjene u sastavu mikrobiološke zajednice.

Jedan od glavnih učinaka biougljena je njegova sposobnost poboljšanja fizičkih svojstava tla. Njegova visoka poroznost i velika specifična površina mogu povećati kapacitet zadržavanja vode i poboljšati aeraciju tla, što je posebno korisno na pješčanim ili degradiranim tlima gdje je zadržavanje vode nedovoljno (Alkharabsheh i sur., 2021). Poboljšana dostupnost vlage u tlu doprinosi ujednačenijem i snažnijem rastu vinove loze, što potiče bolji razvoj bobica te utječe na ravnotežu šećera i kiselosti u moštu ključne parametre koji određuju kvalitetu vina. Osim fizičkih poboljšanja,

primjena biougljena može modificirati kemijska svojstva tla. Na primjer, pokazalo se da biougljen povećava pH tla u kiselim tlima i povećava kapacitet izmjene kationa (CEC), što dovodi do poboljšane retencije i dostupnosti hranjivih tvari (Trippe i sur., 2015). Kapacitet izmjene kationa (CEC) predstavlja važnu pedološku karakteristiku tla, definiranu kao sposobnost tla da zadrži i izmijeni pozitivno nabijene ione (katione), poput kalija (K^+), kalcija (Ca^{2+}), magnezija (Mg^{2+}) i natrija (Na^+). Visoka vrijednost CEC ukazuje na veću sposobnost tla za zadržavanje hranjivih tvari te njihovu dostupnost biljnim korijenima, što je od ključne važnosti za plodnost tla i optimalan rast vinove loze (Sumner i Miller, 2018).

Poboljšana retencija hranjivih tvari može omogućiti veći unos esencijalnih elemenata poput kalija, dušika i fosfora od strane vinove loze, što može utjecati na sastav i prinos grožđa. Povećana dostupnost hranjivih tvari može dovesti do promjena u nakupljanju metabolita poput šećera, organskih kiselina i polifenola u grožđu, što kasnije utječe na senzorna svojstva vina (Shang i sur., 2020). Međutim, neka istraživanja sugeriraju da primjena biougljena nije dovela do značajnih promjena u kvaliteti vina, što ukazuje da ishod ovisi o lokalnim uvjetima tla, karakteristikama biougljena, količini primjene i specifičnom kultivaru grožđa koja se koristi (Raifer i sur., 2024b).

Biološki aspekt također je ključan, budući da primjena biougljena često dovodi do promjena u mikrobiološkim zajednicama tla. Rezultati istraživanja ukazuju na promjene u mikrobiološkoj biomasi i raznolikosti, kao i na promjene u mikoriznim asocijacijama nakon primjene biougljena (Warnock i sur., 2007). Ove mikrobiološke promjene mogu poboljšati ciklus hranjivih tvari i dodatno poboljšati unos hranjivih tvari i otpornost vinove loze na stres. Povećana mikrobiološka aktivnost u rizosferi može značajno modulirati metabolizam vinove loze, što doprinosi varijacijama u koncentraciji sekundarnih metabolita koji mogu imati značajnu ulogu pri definiranju arome i okusa vina.

Poboljšanja u strukturi tla i nutritivnom statusu, kao što je povećani rast korijena (Zou i sur., 2021), može dovesti do poboljšanog ukupnog prinosa i kvalitete grožđa. Iako izravna povezanost između poboljšanja svojstava tla i specifičnih parametara kvalitete vina može varirati, poboljšana biološka aktivnost, struktura i plodnost tla što se u literaturi često definira kao 'zdravlje tla' predstavljaju ključne čimbenike u postizanju

uravnoteženog sastava bobica i posljedično, vina s poboljšanim senzornim karakteristikama.

Biougljen kao poboljšivač tla utječe na vino neizravno poboljšavajući fizička svojstva tla (poput zadržavanja vode i poroznosti), prilagođavajući kemijska svojstva tla (posebice pH i retenciju hranjivih tvari) i promičući korisne promjene u mikrobiološkim zajednicama tla. Ova poboljšanja potiču zdraviji rast vinove loze i kvalitetniji sastav grožđa, što je temelj za proizvodnju visokokvalitetnog vina. Međutim, zbog složene interakcije između vrste tla, svojstva biougljena i prakse upravljanja vinogradima, specifični učinci na kvalitetu vina mogu varirati (Raifer i sur., 2024b; Trippe i sur., 2015).

3. MATERIJALI I METODE RADA

3.1. Karakterizacija ostataka od rezidbe i biougljena autohtonih i introduciranih kultivara vinove loze

3.1.1. Sakupljanje ostatka od rezidbe vinove loze

Ostaci od rezidbe vinove loze prikupljeni su početkom 2020. godine tijekom agrotehničkog postupka rezidbe vinove loze. Uzorci su prikupljeni duž hrvatske obale od najsjevernije regije Istre do najjužnije regije Dalmacije. Istraživanje je provedeno na 12 različitih kultivara vinove loze prikazanih u Tablici 1. Šest od njih su autohtoni hrvatski kultivari ('Malvazija istarska', 'Pošip', 'Maraština', 'Teran', 'Plavina' i 'Plavac mali'), dok je drugih šest introduciranih kultivara ('Chardonnay', 'Pinot bijel', 'Sauvignon bijeli', 'Merlot', 'Cabernet Sauvignon' i 'Syrah'). Ostaci od rezidbe svakog kultivara prikupljeni su s tri različite lokacije. Ostaci od rezidbe su izrezani na dužinu od približno 3 cm, prethodno osušeni u pećnici s cirkulirajućim zrakom na temperaturi od 105°C tijekom 24 sata, te pohranjeni na sobnoj temperaturi na tamnom i suhom mjestu.

Tablica 1. Lista prikupljenih uzoraka od različitih kultivara

Kultivar	Akronim	Porijeklo
'Malvazija istarska'	MI	Autohtone
'Pošip'	PO	Autohtone
'Maraština'	MA	Autohtone
'Teran'	TE	Autohtone
'Plavina'	PL	Autohtone
'Plavac mali'	PM	Autohtone
'Chardonnay'	CH	Introducirane
'Pinot bijeli'	PB	Introducirane
'Sauvignon bijeli'	SB	Introducirane
'Merlot'	ME	Introducirane
'Cabernet Sauvignon'	CS	Introducirane
'Syrah'	SY	Introducirane

3.1.2. Karakterizacija ostataka od rezidbe vinove loze

Svi prikupljeni uzorci ostataka od rezidbe vinove loze su samljeveni korištenjem električnog centrifugalnog mlina (ZM200, Retsch GmbH, Haan, Njemačka).



Slika 1. Priprema uzorka - ostatak od rezidbe vinove loze

Sadržaj pepela u ostacima od rezidbe vinove loze određen je korištenjem mufolne peći (Nabertherm Muffle Furnace L9/11/B410, Nabertherm GmbH, Njemačka), gdje je 1 g samljevenog uzorka spaljen u keramičkim lončićima prema sljedećem temperaturnom programu: od 0-105°C zagrijavanje 20 minuta, od 105-750°C zagrijavanje 5 sati. Sljedeća jednadžba korištena je za izračunavanje postotka pepela:

$$\text{Pepelo}(\%) = m \text{ Pepela} / m \text{ Uzorka} \times 100$$

gdje je Pepeo (%) maseni udio pepela izražen u postotcima (%), m Pepela - masa proizvedenog pepela izražena u gramima, a mUzorka - masa uzorka (ostataka od rezidbe vinove loze) izražena u gramima.

Analiza pH vrijednosti provedena je korištenjem 5 mL uzorka i 25 mL deionizirane vode (1:5; v/v) te je pH vrijednost smjese izmjerena pomoću pH metra (inoLab Multi 9310 IDS, xylem Inc., Washington, WA, SAD).

Električna vodljivost (EC) ostataka od rezidbe vinove loze mjerena je miješanjem 1 g uzorka s 25 mL deionizirane vode i rotiranjem 1 sat (omjer 1:25; m/v). EC je izmjeren iz dobivene suspenzije korištenjem EC metra (FiveGo F3, Mettler Toledo AG, Columbus, OH, SAD).

Ukupni sadržaj ugljika (TC) ostataka od rezidbe vinove loze izmjeren je korištenjem analizatora ukupnog organskih ugljika sa SSM jedinicom (TOC-L, SSM-500A,

Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Prethodno osušeni i samljeveni uzorci ostataka od rezidbe vinove loze vagani su na 50 mg i analizirani.

Sadržaj dušika (N) u ostacima od rezidbe vinove loze izmjeren je Kjeldahl metodom (Kjeldahl, 1883a). Ukupno 1 g samljevenog uzorka pomiješano je s 12 mL H_2SO_4 i 2 KJTabs™ tablete, te je proveden program digestije od 1 sata na 420°C. Nakon završetka programa, uzorci su ostavljeni da se ohlade na sobnu temperaturu te je za destilaciju korišteno 30 mL H_3BO_4 i 50 mL NaOH korištenjem destilacijske jedinice UDK 149 (VELP Scientifica Srl., Usmate Velate, Italija). Nakon destilacije, provedena je titracija korištenjem 0,1N HCl.

Makro- i mikroelementi u ostacima od rezidbe vinove loze (P, K, Mg, Ca, S, Cu, Na, Si, Zn) mjereni su ICP-OES tehnikom koja se sastoji od kombinacije induktivno spregnute plazme (ICP) i optičke spektrometrije (OES) (ICPE-9820, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) nakon mikrovalne digestije (Ethos UP, Milestone Srl, Milano, Italija). Količina od 250 mg samljevenih ostataka od rezidbe dodana je u PTFE (politetrafluoroetilen) cijev uz dodatak 6 mL HNO_3 i 2 mL H_2O_2 . PTFE cijevi su smještene u sustav za mikrovalnu digestiju visokih performansi. Program je postavljen za 25 minuta ramping na 200°C te zadržavanje 15 minuta. Nakon hlađenja, digestirani uzorci su kvantitativno preneseni i razrijeđeni do 25 mL koristeći ultra-čistu vodu.

Elektronski mikroskop sa skeniranjem kombiniran s izvorom emisije polja (Quanta 250 FEG-SEM, FEI Company, Hillsboro, OR, SAD) korišten je za određivanje razlika u površinskoj morfologiji ostataka od rezidbe vinove loze.

Ostaci od rezidbe vinove loze su samljeveni i pomiješani s KBr (omjer mase 1/150) kako bi se napravile pelete koristeći hidrauličnu prešu (Specac® Atlas 15T, Specac INC., Fort Washington, SAD). Spektri su analizirani u rasponu valnih duljina od 400–4000 cm^{-1} s razlučivošću od 4 cm^{-1} korištenjem FT-IR spektrometra (Shimadzu IRTracer-100, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

3.1.3. Karakterizacija proizvedenog biougljena

Biougljen od ostataka rezidbe vinove loze proizveden je procesom pirolize koristeći mufolnu peć (Nabertherm Muffle Furnace L9/11/B410, Nabertherm GmbH, Njemačka) u uvjetima ograničenog kisika. Ostaci rezidbe vinove loze su postavljeni u keramičke lončice pokrivene keramičkim poklopcima.



Slika 2. Proizvodnja biougljena

Primijenjen je program mufolne peći sa sljedećim parametrima: podizanje temperature za 10°C po minuti dok se ne postigne temperatura od 400°C, nakon čega je temperatura održavana 1 sat. Za određivanje prinosa proizvedenog biougljena, korištena je sljedeća jednadžba:

$$\text{Prinos (\%)} = m \text{ Biougljena} / m \text{ OstatakaRezidbeVinveLoze} \times 100$$

Prinos (%) predstavlja maseni prinos biougljena, izražen u postotcima (%), m Biougljena predstavlja masu biougljena, izraženu u kg, a m ostataka rezidbe vinove loze predstavlja masu ostataka rezidbe, izraženu u kg.

Sadržaj pepela, vrijednost EC, sadržaj TC i sadržaj N u uzorcima biougljena određeni su kao što je opisano u poglavlju 3.1.2. Karakterizacija ostataka od rezidbe vinove loze.

Analiza pH vrijednosti biougljena provedena je prema ISO10390:2021. Ukratko, 5 mL zrako-suhog biougljena pomiješano je s 25 mL (omjer 1:5; v/v) 0,01 M CaCl₂ i rotirano 1 sat. pH vrijednost smjese izmjerena je pomoću pH metra (inoLab Multi 9310 IDS, xylem Inc., Washington, WA, SAD).

Makro- i mikroelementi u uzorcima biougljena (P, K, Mg, Ca, S, Cu, Na, Si, Zn) mjereni su ICP-OES tehnikom (ICPE-9820, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) nakon mikrovalne digestije. Količina od 200 mg samljevenog biougljena dodana je PTEF u cijev uz dodatak 6 mL HNO₃, 2 mL H₂O₂ i 0,4 mL HF. Program mikrovalne digestije postavljen je na ramping od 35 minuta i temperaturu od 190°C te zadržavanje od 20 minuta. Nakon hlađenja, u PTFE cijev je dodano 5 mL H₃BO₃ te je izvedena druga mikrovalna digestija s rampingom od 35 minuta i temperaturom od 190°C te zadržavanjem od 15 minuta. Nakon hlađenja, digestirani uzorci su kvantitativno preneseni i razrijeđeni do 25 mL koristeći ultra-čistu vodu.

Za profiliranje strukture biougljena korišten je elektronski mikroskop sa skeniranjem kombiniran s izvorom emisije polja (Quanta 250 FEG-SEM, FEI Company, Hillsboro, OR, SAD) kako bi se odredile razlike u površinskoj morfologiji.

Brunauer-Emmett-Teller (BET) metoda (Brunauer i sur., 1938) primijenjena je za mjerenje specifične površine (SSA) biougljena. BET metoda izvedena je korištenjem dušika za adsorpciju na temperaturi od -196 °C. Gemini 2380 Surface Area Analyzer (Micromeritics, Norcross, GA, SAD) korišten je za mjerenje SSA.

FT-IR analiza uzoraka biougljena provedena je kao što je opisano u poglavlju 3.1.2. Karakterizacija ostataka od rezidbe vinove loze.

3.2. Lokacija za provedbu pokusa

Istraživanje je provedeno u vinogradu Instituta za poljoprivredu i turizam, koji se nalazi u Poreču (Istra, Hrvatska). Prije postavljanja pokusa utvrđena su osnovna kemijska svojstva tla.

3.2.1. Kemijska svojstva tla istraživane lokacije

Tlo u vinogradu je tipična duboka crvenica (Terra rossa), te je tlo prema WRB klasifikaciji sistematizirano u antrosole (FAO 2006).

Zrakosuhi, samljeveni i homogenizirani uzorci tla analizirani su u analitičkom Laboratoriju za tlo, biljku i vodu Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču prema sljedećim metodama:

1. pH (reakcija tla) - elektrometrijski, kombiniranom elektrodom na pH-metru MA5730 u suspenziji tla i vode u omjeru 1:2,5 (aktivna kiselost) i 1M KCl (izmjenjiva kiselost), ISO 10390:2021
2. ukupni dušik - prilagođena Kjeldahlova metoda (Kjeldahl, 1883b);
3. humus - određivanje organskog C, (Kjeldahl, 1883b);
4. fosfor i kalij - Egner-Riehm-Domingo (Rauterberg i sur., 1966)

Tablica 2. Osnovna kemijska svojstva tla istražene lokacije

Podloga	pH u H ₂ O	pH u KCL	Organska tvar %	N %	P mg P ₂ O ₅ /100g tla	K mg K ₂ O/100 g tla
420A	7,77	7,21	2,05	0,159	26,84	42,5
SO4	7,81	7,23	1,98	0,154	23,85	41,0

3.2.2. Vremenski uvjeti na istraživanoj lokaciji

Kako bi se opisala klimatska obilježja područja grada Poreča, analizirani su i obrađeni podaci za dva klimatološka parametra: prosječnu mjesečnu temperaturu zraka (°C) i mjesečne količine oborina (mm) u razdoblju godina u kojima se provelo istraživanje 2021. i 2022.

Tablica 3. Vremenski uvjeti za grad Poreč za 2021. godinu

2021	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SMT	5,8	7,8	7,7	11,0	16,4	23,6	25,3	23,6	19,6	13,2	11,4	7,0
MSO	75,8	57,3	17,2	95,3	52,8	29,1	60,7	102,5	48,9	30,6	78,6	88,5

*SMT – srednja mjesečna temperatura (°C)

**MSO – mjesečne sume oborina (mm)

Tablica 3. prikazuje vremenske uvjete tijekom 2021. godine. Tijekom vegetacijskog razdoblja vinove loze, koje je trajalo od ožujka do rujna, mjesečne sume oborina varirale su od 17,2 mm (ožujak) do 48,9 mm (rujan). Srednje mjesečne temperature tijekom vegetacijskog razdoblja vinove loze kretale su se od 7,7°C u ožujku do 19,6°C u rujnu.

Tablica 4. Vremenski uvjeti za grad Poreč za 2022. godinu.

2022	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SMT	5,2	7,5	7,3	12,2	19,1	24,2	26,4	25,2	19,7	16,7	11,5	9,2
MSO	24,9	39,8	10,7	57,6	24,5	64,1	28,2	49,6	179,6	10,5	199,9	107,2

*SMT – srednja mjesečna temperatura (°C)

**MSO – mjesečne sume oborina (mm)

Tablica 4. prikazuje vremenske uvjete tijekom 2022. godine. Tijekom vegetacijskog razdoblja vinove loze, koje je trajalo od ožujka do rujna, mjesečne sume oborina kretale su se od 10,7 mm u ožujku do 179,6 mm u rujnu. Srednje mjesečne temperature kretale su se od 7,3 C u ožujku di 25,2 u kolovozu.

3.4. Proizvodnja biougljena - Kon-Tiki sustav

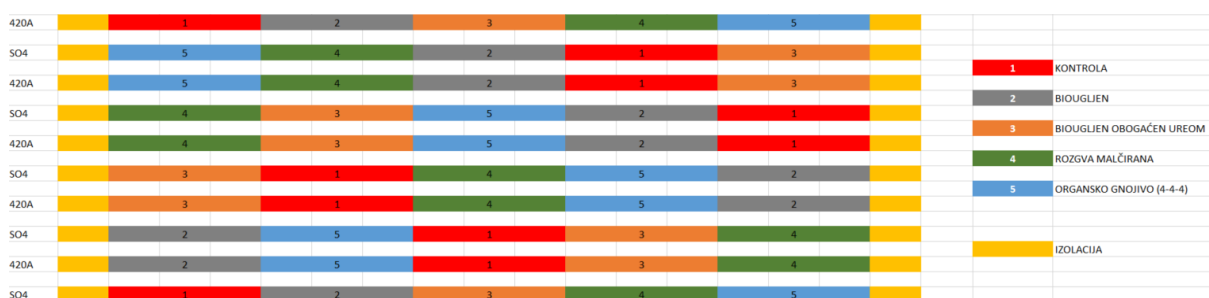
Biougljen iz ostataka rezidbe vinove loze namijenjen za pokus proizveo se na imanju Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču pomoću Kon-Tiki sustava, a samu je primjenu sustava precizno opisao (Cornelissen i sur., 2016). Princip pirolize plamene zavjese sastoji se od piroliziranja sloja po sloja biomase u konusno oblikovanom metalu. U uređaju se pokreće vatra na dnu, a ista se širi kako bi se stvorio prvi sloj na dnu peći. Tada se na vrh žeravice dodaje tanki sloj biomase u ovom slučaju ostaci rezidbe vinove loze, koja se brzo zagrijava i počinje otplinjavanje. Kada se pepeo pojavi na vanjskoj strani karbonizirajuće biomase, sljedeći sloj biomase se homogeno širi na vrhu. Konvektivna i zračeća energija iz plamena iznad i iz vrućih pirolizirajućih slojeva zagrijava sloj svježije biomase, koji počinje pirolizirati. Proces pirolize se zatim aktivno završava gašenjem vodom ili hranjivom otopinom (npr. otopljeno gnojivo - UREA).



Slika 3. Proizvodnja biougljena - Kon-Tiki sustav

3.5. Postavljanje pokusa

U pokusnom vinogradu zasađena je 'Malvazija istarska' (klon VCR4) na SO4 i 420 A podlozi, riječ je o 12-godišnjem vinogradu i s razmakom od 1,0 m unutar reda i 2,5 m između redova. Vinova loza se uzgaja vertikalno postavljenim uzgojnim oblikom Guyot s jednim lucnjem s opterećenjem trsa od 10 pupova po trsu, te je opterećenje bilo isto kod svih tretmana. Dvogodišnji stacionarni pokus postavio se kao dvofaktorijalni pokus s faktorima podloge vinove loze i gnojidbenog tretmana. Pokus uključuje kultivar 'Malvaziju istarsku' na podlozi SO4 i 420A kao i četiri tretman kao i kontrola. Podloge SO4 i 420 A odabrane su zbog svojih razlika u bujnosti te su mjerenja za svaku podlogu odrađena zasebno. Pokus je postavljen po modelu slučajnog bloknoog rasporeda. Osnovna pokusna parcela sačinjena je od 18 trsova vinove loze. Tretmani su postavljeni u pet ponavljanja. Svaka podloga je sadržavala pet tretmana s pet ponavljanja što ukupno iznosi pedeset pokusnih parcela. U vinogradu su otvorene brazde na razmaku od 50 cm od trsa, pomoću pluga. Svi tretmani primijenjeni su ručno uneseni u tlo do dubine od 0–30 cm, unutar oraničnog horizonta. Brazde su zatvorene prolaskom podrivača, bez obrta horizonata. U 2021. godini pokus je postavljen 31. ožujka, dok je u 2022. godini postavljen 6. travnja. U oba termina primijenjena je jednaka količina materijala, uz održavanje jednakih uvjeta primjene.



Slika 4. Prikaz pokus u vinogradu

1.B – Biogljen proizveden iz ostataka rezidbe vinove loze primijenjen je u tlo u količini izračunatoj na temelju prosječne količine biljnog ostatka po hektaru te prosječnog prinosa biogljenja u odnosu na početni materijal. Ukupna količina primijenjenog biogljenja iznosila je 5,4 kg po pokusnoj parceli (18 trsova). Naime, uz pretpostavku da vinograd generira približno 4.000 kg/ha ostataka rezidbe, a da prinos biogljenja pri pirolizi u Kon-Tiki sustavu iznosi 30 %, dobiveno je približno 1.200 kg/ha biogljenja, što je i predstavljalo primijenjenu količinu.



Slika 5. Biogljen proizveden iz ostataka rezidbe vinove loze

2.BU – Biogljen proizveden iz ostataka rezidbe vinove loze obogaćen je otopinom UREA-e. Materijal je primijenjen u istoj količini kao i prethodno spomenuti BC tretman 5,4 kg po pokusnoj parceli (18 trsova) (1.200 kg/ha). Za razliku od standardnog postupka, tijekom proizvodnje biogljenja proces nije zaustavljen vodom, već 5 % otopinom UREA-e, čime je proizvedeni biogljen obogaćen dušikom.



Slika 6. Biogljen proizveden iz ostataka rezidbe vinove loze obogaćen UREA-om

3.R – ostaci rezidbe vinove loze (malčirana rozgva) – materijal se primijenio u pokusu istoj količini u kojoj nastaje u vinogradu po hektaru te je bio usitnjen pomoću malčera (npr. 4.000 kg/ha); Ukupna količina malčirane rozgve iznsila je 18 kg po pokusnoj parceli (18 trsova)



Slika 7. Malčirani ostaci rozgve

4.O – Peletirano organsko gnojivo 4-4-4 (NPK) dodano je u količini od 1,6 kg po pokusnoj parceli (18 trsova). Izračunato je na temelju količine dušika sadržane u biougljenu (BC). Naime, prosječna količina dušika u BC-u iznosila je 0,5 %, a primijenjeno je 1.200 kg/ha BC-a, što je ukupno rezultiralo s 6 kg N/ha. Kako bi se postigla ista količina dušika (6 kg N/ha), uzimajući u obzir da peletirano organsko gnojivo sadrži 4 % N, aplicirano je 150 kg/ha peletiranog organskog gnojiva.



Slika 8. Peletirano organsko gnojivo

5.K – kontrola – bez dodataka materijala u tlo



Slika 9. Kontrola – bez dodatka materijala

Tablica 5. Prosječne vrijednosti korištenih materijala tijekom pokusa provedenih u 2021. i 2022. godini

Svojstvo	Materijali u pokusu		
	Malčirana rozgva	Biougljen	Biougljen +UREA
pH	5,01 ± 0,68	8,3 ± 0,2	8,8 ± 0,1
EC (μS/cm)	2358 ± 109	921 ± 80	1483 ± 65
Ukupni ugljik TC %	44,3 ± 0,1	77,1 ± 0,5	66,2 ± 0,2
N %	0,852 ± 0,117	1,07 ± 0,05	7,83 ± 0,37
pepeo%	3,47 ± 0,22	8,77 ± 0,52	8,71 ± 0,89
Mg mg/kg	0,851 ± 0,083	4,33 ± 0,08	4,09 ± 0,04
P mg/kg	0,652 ± 0,066	5,5 ± 0,37	3,97 ± 0,26
K mg/kg	10,9 ± 1,9	15,3 ± 0,4	12,0 ± 0,1
Ca mg/kg	5,29 ± 0,98	26,3 ± 0,7	31,4 ± 2,6
S g/kg	0,312 ± 0,043	0,767 ± 0,022	0,782 ± 0,005
Zn mg/kg	3,71 ± 0,9	0,792 ± 0,024	0,843 ± 0,007
Fe mg/kg	38,1 ± 19,7	0,513 ± 0,017	0,61 ± 0,005
Cu mg/kg	3,05 ± 0,48	2,58 ± 0,07	3,04 ± 0,01
Mn mg/kg	14,3 ± 6,9	5,76 ± 0,02	5,29 ± 0,02
Na mg/kg	40,6 ± 11	272 ± 6	259 ± 7
Mo mg/kg	0,174 ± 0,01	6,24 ± 0,23	4,01 ± 0,08

EC - električna vodljivost;

Svi agrotehnički i ampelotehnički zahvati provođeni su u skladu s preporukama za vinogradarsku podregiju Hrvatska Istra, osim gnojidbe koja nije primijenjena ni putem tla ni putem lista. Primijenjeni su jedino istraživani gnojidbeni tretmani.

3.6. Analiza uzoraka tla u vinogradu

Uzorci tla prikupljeni su pomoću pedološke sonde (Eijkelkamp, Nizozemska), sa svake pokusne parcele, odnosno sa svake repeticije od svakog tretmana. Uzorkovanje je obavljeno iz na dubini od 0–30 cm.

Na svakoj pokusnoj parceli uzet je jedan reprezentativni uzorak tla. Pokusni tretmani su postavljeni u pet ponavljanja. Svaka podloga je sadržavala pet tretmana s pet ponavljanja te je ukupno prikupljeno 50 uzoraka tla za analizu

Uzorci su nakon prikupljanja prosušeni na zraku, usitnjeni i prosijani kroz sito promjera 0,2 mm. Na pripremljenim uzorcima provedene su sljedeće analize:

1. Volumna gustoća tla

U vinogradu u tri ponavljanja s svakog tretmana u nenarušenom stanju u cilindre Kopeckog poznatog volumena (100 cm^3) uzet je uzorak tla. Očišćeni cilindri stavljeni su na sušenje u električnu sušnicu na 105°C do postizanja konstantne mase ukupno 72 sata te ih zatim prenijeli u vakuum eksikator na hlađenje te ih zatim vagali ($m_s + \text{tara}$). Očišćeni cilindri (bez uzorka) su odvagani zatim od odvage ($m_s + \text{tara}$) oduzeti taru kako bi se dobila masa apsolutno suhog uzorka tla (m_s).

$$\rho_v = m_s/V$$

$$\rho_v = \text{volumna gustoća tla, g/cm}^3$$

$$m_s = \text{masa apsolutno suhog tla, g}$$

$$V = \text{volumen cilindra Kopeckog, cm}^3$$

Tablica 6. Ocjena gustoće zbijenosti tla indirektno putem volumne (Hazelton i Murphy, 2019)

*Pv, g/cm ³	Ocjena
<1,0	vrlo niska
1,0 – 1,3	niska
1,3 – 1,6	srednja
1,6 – 1,9	visoka
>1,9	Vrlo visoka

*Pv – volumna gustoća tla (g/cm³)

2. Trenutačna vlaga tla

U vinogradu u tri ponavljanja sa svakog tretmana u nenarušenom stanju u cilindre Kopeckog poznatog volumena (100 cm³) uzet je uzorak tla. Očišćeni cilindri stavljeni su na sušenje u električnu sušnicu na 105 °C do postizanja konstantne mase ukupno 72 sata te ih zatim prenijeli u vakuum eksikator na hlađenje te ih zatim vagali (ms + tara). Očišćeni cilindri (bez uzorka) odvagani. Od obje odvage oduzeti vrijednost tare tako da se dobije: masa vlažnog uzorka tla (mv) i masa apsolutno suhog uzorka tla (ms).

$$\text{Trv} = mv - ms / v \times 100$$

Trv = trenutačna vlaga tla, %vol.

mv = masa vlažnog uzorka tla,

g ms = masa apsolutno suhog uzorka tla,

g V = volumen uzorka tla, cm³



Slika 10. Priprema uzoraka tla za analizu

3. Stabilnost strukturnih agregata

Neporušeni uzorci tla koji su također uzeti s dubine 0-10 cm pomoću cilindre Kopeckog poznatog volumena (100 cm^3), korišteni su za određivanje stabilnosti agregata. Određivanje stabilnosti strukturnih mikroagregata (Ss) – Metoda po Vageleru (Škorić, 1982).

$$Ss = Fp - Fnp / Fp \times 100$$

Ss = indeks stabilnosti po Vageleru, %

Fp = glina u prepariranom uzorku tla (natrijev pirofosfat), %

Fnp = glina u neprepariranom uzorku tla (voda), %

Tablica 7. Ocjena stabilnosti mikroagregata tla (Škorić, 1982)

*Ss,%	Ocjena stabilnosti
<10	potpuno nestabilni
10 - 20	nestabilni
20 - 30	vrlo malo stabilni
30 - 50	malo stabilni
50 - 70	dosta stabilni
70 - 90	stabilni
>90	stabilni

*Ss (%) – postotak stabilnih mikroagregata tla

Određivanje stabilnosti strukturnih makroagregata – (Temeljem raspada agregata u vodi Škorić, 1982) Staviti u zdjelicu 2 - 3 grude neusitnjenog tla (makrostrukturnih agregata), te zatim pratiti intenzitet i brzinu raspadanja strukturnih agregata.

Tablica 8. Intenzitet i brzinu raspadanja strukturnih agregata i ocjena stabilnosti

Intenzitet raspadanja	Vrijeme raspadanja	Ocjena stabilnosti
potpuno	3 min	potpuno nestabilni
potpuno	30 min	nestabilni
djelomično	6 sati	malo stabilni
neznatno	6 -12 sati	dosta stabilni
neraspadnuti	> 12 sati	stabilni

4. Udio vode u tlu

Za mjerenje sadržaja vode u tlu korišten je senzor za vlagu tla integriran u komoru za mjerenje emisija iz tla LI-6800-09 koji je dio sustava za analizu plinova LI-6800 (LI-COR Inc., Nebraska, SAD). Senzor koristi SDI-12 komunikacijski protokol i temelji se na dielektričnim svojstvima tla, omogućujući precizno mjerenje volumetrijskog sadržaja vode. Mjerenja su se provela sedam puta u 2021. u odabranim fenofazama rasta vinove loze; F3 (6.travanj); F4 (19.travanj); F19 (28.svibanj); F27 (10. lipanj); F31 (21. lipanj); F35 (2. kolovoz); F38 (10. rujan) također i u 2022. godini, sedam puta u odabranim fenofazama; F3 (8. travanj); F4 (20. travanj); F19 (2. lipanj); F27 (14. lipanj); F31 (24. lipanj) , F35 (5. kolovoz) i F38 (13. rujan).

5. Određivanje makro i mikro elemenata u tlu

Uzorkovanje prosječnih uzoraka tla za potrebe određivanja mikro i makro elemenata u tlu za 2021. i 2022. provedeno je u doba mirovanja vinove loze na dubini između 0 – 30 cm.

Makro- i mikroelementi u uzorcima tla (P, K, Mg, Ca, S, Cu, Na, Si, Zn) mjereni su analitičkom tehnikom ICP-OES koja se sastoji od kombinacije induktivno spregnute plazme (ICP) i optičke spektrometrije (OES) (ICPE-9820, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) nakon mikrovalne digestije. Količina od 200 mg usitnjene zemlje dodana je u cijev uz dodatak 6 mL HNO_3 , 2 mL H_2O_2 i 0,4 mL HF. Program mikrovalne digestije postavljen je na ramping od 35 minuta i temperaturu od 190°C te zadržavanje od 20 minuta. Nakon hlađenja, u cijev je dodano 5 mL H_3BO_3 te je izvedena druga mikrovalna digestija s rampingom od 35 minuta i temperaturom od 190°C te zadržavanjem od 15 minuta. Nakon hlađenja, digestirani uzorci su kvantitativno preneseni i razrijeđeni do 25 mL koristeći ultra-čistu vodu.

Ukupni dušik, uključujući i organski i mineralni, određuje se u tlu koristeći Kjeldahlovu metodu (Kjeldahl, 1883a). Ova metoda se temelji na razgradnji uzorka tla koncentriranom sumpornom kiselinom uz prisustvo katalizatora i zagrijavanja. Koncentrirana sumporna kiselina razgrađuje organsku tvar u tlu, pri čemu se organski dušik reducira u amonijak.

Ukupno 1 g samljevenog uzorka tla pomiješano je s 12 mL H_2SO_4 i 2 KJTabs[™] tablete, te je proveden program digestije od 1 sata na 420°C. Nakon završetka programa, uzorci su ostavljeni da se ohlade na sobnu temperaturu te je za destilaciju korišteno 30 mL H_3BO_4 i 50 mL NaOH korištenjem UDK 149 analizatora dušika (VELP Scientifica Srl., Usmate Velate, Italija). Nakon destilacije, provedena je titracija korištenjem 0,1N HCl.

Ukupni sadržaj ugljika u tlu analizatora ukupnog organskih ugljika sa TOC-L uređaja s TN i SSM jedinicom (ISO 10694:1995) (TOC-L, SSM-500A, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Prethodno osušeni i samljeveni uzorci ostataka od rezidbe vinove loze vagani su na 50 mg te pomiješani s 10 mL 0,1 % HCL. Svaki uzorka je stavljen na homogenizaciju 1 min te zatim analiziran.

pH (reakcija tla) - elektrometrijski, kombiniranom elektrodom na pH-metru MA5730 u suspenziji tla i vode u omjeru 1:2,5 (aktivna kiselost) (ISO 10390:2021)

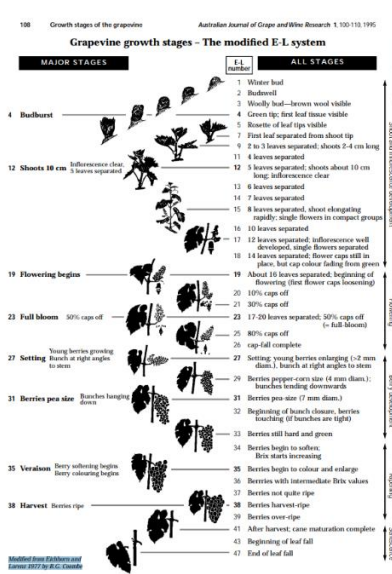
Električna vodljivost (EC) – uzorak tla mjereno je miješanjem 20 g tla s 100 mL deionizirane vode i rotiranjem 30 min (omjer 1:5; m/v) te zatim filtriran. EC je izmjereno iz dobivene suspenzije korištenjem EC metra (FiveGo F3, Mettler Toledo AG, Columbus, OH, SAD). (ISO 11265:1994)

3.7. Praćenje fizioloških reakcija trsa

Tijekom pokusa provedenog u vremenskom razdoblju od 2021. do 2022. godine, mjerenja poput intenziteta fotosinteze, emisije staklenički plinova, uzrokovanje biljnog materija (lista) vinove loze kao i mjerenje vodnog potencijala lista vinove loze provodila su se u odabranim fenofazama rasta vinove loze propisane sustavom za identifikaciju faza rasta vinove loze – Modificirani E – L sustav (Coombe, 1995). Mjerene su fenofaza: vunasti pup (F3), početak pupanja (F4), cvatnja (F19), zametanje bobica (F27), bobice veličine graška (F31), početak šare (F35), puna zrelost (F38).

Tablica 9. Datumi fenofaza, uzorkovanja i mjerenja u pokusnom nasadau Malvazije istarske (2021–2022)

Godina	Vunasti pup (F3)	Početak pupanja (F4)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Bobice veličine graška(F31)	Početak šare (F35)	Puna zrelost (F38)
2021.	6. travanj	19.travanj	28. svibanj	10. lipanj	21. lipanj	2. kolovoz	10. rujan
2022.	8. travanj	20. travanj	2. lipanj	14. lipanj	24. lipanj	5. kolovoz	13.rujan



Slika 11. Faze rasta vinove loze

Fotosinteza

Postupak terenskih mjerenja intenziteta fotosinteze se provodio u sunčanim danima između 09:00 i 11:00 h (Chaumont i sur. 1994) s LI-6800 sustavom za analizu plinova (LI-COR Inc., Nebraska, USA). Unutar sklopa vinove loze s svakog tretman odabrana su tri zdrava dobro razvijena lista na kojima se su se vršila mjerenja neto asimilacija CO₂ (A) Tijekom mjerenja, zračenje će se umjetno održavati na stalnom fotosintetskom fotonskom protoku iz crveno-plavog izvora svjetlosti. Mjerenja su se provodila tri puta u vegetaciji u 2021 u odabranim fenofazama F27 (10. lipanj); F35 (2. kolovoz); F38 (10. rujan) i 2022. godini u razvojnim fonološkim fazama vinove F27 (14. lipanj); F35 (5. kolovoz) i F38 (13. rujan).



Slika 12. Mjerenje intenziteta fotosinteze

Emisije stakleničkih plinova

Mjerenja koncentracija ugljikovog dioksida na površini tla provedena su temeljem statičke metode pomoću komore za mjerenje emisija iz tla LI-6800-09 sustavom za analizu plinova LI-6800 (LI-COR Inc., Nebraska, USA). Mjerenja su se provela sedam puta u 2021. u odabranim fenofazama rasta vinove loze; F3 (6.travanj); F4 (19.travanj); F19 (28.svibanj); F27 (10. lipanj); F31 (21. lipanj); F35 (2. kolovoz); F38 (10. rujan) također i u 2022. godini, sedam puta u odabranim fenofazama; F3 (8. travanj); F4 (20. travanj); F19 (2. lipanj); F27 (14. lipanj); F31 (24. lipanj) , F35 (5. kolovoz) i F38 (13. rujan). Postupak terenskih mjerenja koncentracija emisija stakleničkih plinova provedena je umetanjem kružnih okvira promjera 25 cm u tlo. Sam okvir koji je zakopan na dubini od 8 cm te se na njega prisloni senzor plinova LI-6800 uz pomoć kojeg se

utvrđivala koncentracija stakleničkih plinova unutar sami okvira na površini tla, dok je pored okvira u zemlji zaboden senzor za mjerenje površinske temperature tla.



Slika 13. Mjerenje emisija iz tla

Vodni potencijal lista vinove loze

Vodni potencijal vinove loze mjerio se na svakoj parceli u odabranim fenofazama rasta, s tlačnom komorom (PMS 1000, PMS Instrument Company, SAD) sredinom dana. Na svakoj parceli, tri nasumce odabrana lista vinove loze dobro razvijena, nasuprot grozda u središnjem dijelu trsa koristila su se za mjerenje. Mjerenja su se provodila četiri puta u vegetaciji u 2021. u fenofazama F19 (28.svibanj); F27 (10. lipanj); F31 (21. lipanj); F35 (2. kolovoz); F38 (10. rujn) i 2022. godini u odabranim fenofazama F19 (2. lipanj); F27 (14. lipanj); F31 (24. lipanj); F35 (5. kolovoz) i F38 (13. rujn).



Slika 14. Mjerenje vodnog potencijala lista

3.8. Uzimanje uzoraka biljnog materijala

Listovi su uzrokovani četiri puta kroz vegetaciju u 2021. u fenofazama F19 (28. svibanj); F27 (10. lipanj); F35 (2. kolovoz); F38 (10. rujan) i 2022. godini u odabranim fenofazama F19 (2. lipanj); F27 (14. lipanj); F35 (5. kolovoz) i F38 (13. rujan). Sa svakog tretmana odabrani su dobro razvijeni zdravi listovi (peteljka + plojka) s nodija nasuprot cvata/grozda. Nakon uzrokovanja u vinogradu listovi su oprani u deioniziranoj vodi te zatim osušeni na 105 °C na 24 sata.

1. Određivanje makro i mikroelemenata u listu vinove loze

Svi uzorci su samljeveni pomoću mlinca na 0.2 mm i homogenizirani. Biljni materijali analizirani su u Laboratoriju tlo, biljka i voda, Instituta za poljoprivredu i turizam.

Makro- i mikroelementi u listu vinove loze (P, K, Mg, Ca, S, Cu, Na, Si, Zn) mjereni su ICP-OES tehnikom (ICPE-9820, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) nakon mikrovalne digestije (Ethos UP, Milestone Srl, Milano, Italija). Količina od 250 mg samljevenih ostataka od rezidbe dodana je u PTFE cijev uz dodatak 6 ml HNO_3 i 2 mL

H₂O₂. PTFE cijevi su smještene u sustav za mikrovalnu digestiju visokih performansi. Program je postavljen za 25 minuta ramping na 200°C te zadržavanje 15 minuta. Nakon hlađenja, digestirani uzorci su kvantitativno preneseni i razrijeđeni do 25 mL koristeći ultra-čistu vodu.

Ukupni dušik

Sadržaj dušika (N) u listu vinove loze određen je Kjeldahl metodom (Kjeldahl, 1883a). Za digestiju je korišten 1 g samljevenog uzorka, 12 mL H₂SO₄ i 2 KJTabs™ tablete te je provedena digestija na 420 °C u trajanju jedan sat. Nakon digestije i hlađenja, 30 mL H₃BO₃ i 50 mL NaOH korištena je destilacijska jedinica UDK 149 (VELP Scientifica Srl., Usmate Velate, Italija). Titracija je provedena s 0,1 N HCl.

Ukupni ugljik

Ukupni sadržaj ugljika u u listu vinove loze određen je pomoću TOC-L uređaja SSM jedinicom (TOC-L, SSM-500A, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Prethodno osušeni i samljeveni uzorci ostataka od rezidbe vinove loze vagani su na 50 mg te pomiješani s 10 mL 0.1 % HCL. Svaki uzorka je stavljen na homogenizaciju 1 min te zatim analiziran (ISO 10694:1995).

3.9. Berba grožđa

Berba grožđa provedena je u trenutku postizanja tehnološke zrelosti, pri čemu su grozdovi sakupljeni u plastične sanduke radi očuvanja kvalitete ploda. Tehnološka zrelost grožđa određivana je na temelju sadržaja šećera (izraženog u Brixima), ukupne kiselosti (g/L vinske kiseline) i pH vrijednosti. Tijekom berbe, za svako ponavljanje unutar svakog tretmana brano je po 6 trsova smještenih u sredini svake parcele (dok su po 6 trsova na početku i na kraju služili kao granični redovi i nisu uključeni u analizu). Ubrano grožđe s tih 6 trsova vagano je odvojeno za svaki tretman i za svaku podlogu zasebno, kako bi se precizno odredio prinos grožđa.

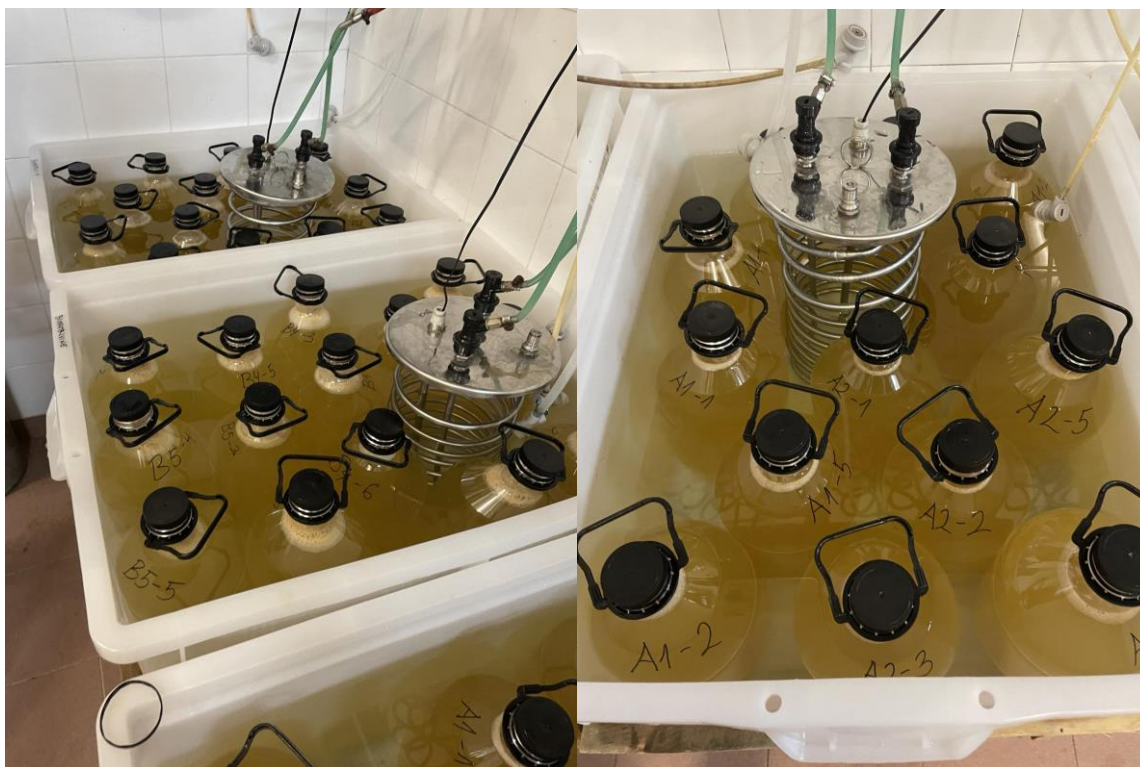


Slika 15. Berba grožđa u pokusu

3.10. Mikrovinifikacija

Nakon berbe grožđe je odmah transportirano u podrum Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču gdje su osigurani optimalni uvjeti za preradu grožđa.

Mikrovinifikacija je provedena odvojeno za svaki pokusni tretman, u pet ponavljanja, u 2021. i 2022. godini. Na dan berbe, grožđe dobiveno od svakog tretmana posebno se preradilo putem muljače - runjače zatim se isprešalo u pneumatskoj preši pri pritisku do 1,5 bara. Nakon dodavanja 50 mg/L SO₂ i pektolitičkih enzima (20 mg/L, Lallzyme C-Max, Lallemand, Montreal, Kanada), mošt je pušten da se istaloži preko noći na 8°C u staklenim bocama od 10 L. Nakon 24 h taloženja, 4,5 litara mošta prebačeno je u staklene boce zapremine 5 L, inokulirano s kvascem *Saccharomyces cerevisiae* VIN 13 (Oenobrand, Montpellier, Francuska; 0,3 g/L). Fermentacija se provodila na temperaturi od 15 °C, a na kraju fermentacije vino je pretočeno s taloga te je sulfirano.



Slika 16. Vinifikacija

3.11. Kemijska i senzorna analiza

Standardni fizikalno-kemijski parametri mošta i vina određeni su u Vinarskom laboratoriju Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču, prema metodama Međunarodne organizacije za vinsku lozu i vino (OIV, 2021).

1. Ukupni fenoli

Za određivanje ukupnog sadržaja fenola (TPC) korišten je Folin–Ciocalteu test. Ukratko, 20 μL uzorka je pomiješano sa 140 μL 0.2 M Folin–Ciocalteu reagensa, a nakon 1 minute dodano je 140 μL 6% natrijevog karbonata. Smjesa je održavana na 25 °C tijekom 60 minuta, a apsorbancija je očitana na 750 nm korištenjem čitača mikrotitarskih ploča (Tecan Infinite 200 Pro M Nano+, Männedorf, Švicarska). Rezultati su izraženi kao mg GAE/g suhe tvari (DW) (Singleton i Rossi, 1965).

2. Šećeri u moštu

Sadržaj glukoze i fruktoze u moštu određen je HPLC metodom koja se sastojala od autosamplera (Shimadzu Nexera SIL-40Cx3, Kyoto, Japan), jedinice za isporuku otapala (Shimadzu Nexera LC-40Dx3, Kyoto, Japan), termostatiziranog stupčastog odjeljka (Shimadzu Nexera CTO-40C, Kyoto, Japan) i detektora refrakcijskog indeksa (Shimadzu RID-20A, Kyoto, Japan). Separacija šećera postignuta je ubrizgavanjem 10 μ L uzorka u stupac za ionsku izmjenu s kalcijem (300 x 8 mm, veličina čestica 9 μ m, Dr. Maisch ReproGel Ca, Ammerbuch, Njemačka) održavanog na 80 °C koristeći deioniziranu vodu kao mobilnu fazu (0,6 mL/min, izokratska elucija). Identifikacija i kvantifikacija istraživanih šećera provedena je usporedbom vremena zadržavanja i površina vrhova s analitičkim standardima (M. Anđelini i sur., 2023).

3. Aminokiseline i organske kiseline

Aminokiseline i organske kiseline analizirane su pomoću LC-MS/MS sustava, koji se sastojao od automatskog uzorkovača (Shimadzu Nexera SIL-40Cx3, Kyoto, Japan), dvaju jedinica za isporuku otapala (Shimadzu Nexera LC-40Dx3, Kyoto, Japan), termostatskog odjeljka za kolonu (Shimadzu Nexera CTO-40C, Kyoto, Japan) i trostrukog kvadrupolnog masenog spektrometra (Shimadzu LCMS8045, Kyoto, Japan). Razdvajanje je provedeno na Discovery HS F5-3 koloni dimenzija 2,1 mm x 150 mm, s jezgrom veličine čestica od 3 μ m (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, MO, SAD), koja je održavana na temperaturi od 37 °C. Ubrizgano je 1 μ L uzorka, a razdvajanje je provedeno linearnom gradijentnom elucijom pomoću mobilne faze A (voda/0,1% mravlje kiseline) i mobilne faze B (acetonitril/0,1% mravlje kiseline) pri protoku od 0,25 mL/min prema sljedećem programu: 0–2 min: 100% A; 2–5 min: 100% A do 75% A; 5–11 min: 75% A do 65% A; 11–15 min: 65% A do 5% A; 15–20 min: 5% A; 20–20,1 min: 5% A do 100% A; 20,1–25 min: 100% A. Identifikacija i kvantifikacija aminokiselina i organskih kiselina provedena je u usporedbi s vanjskim standardima (Polić Pasković i sur., 2024).

4. Senzorna analiza vina

Senzorna analiza vina provedena je četiri mjeseca po završetku alkoholne fermentacije. Senzorno povjerenstvo sačinjeno je od 5 školovanih i iskusnih ocjenjivača vina. Vina su ohlađena na 12 °C te poslužena ocjenjivačima

randomiziranim redoslijedom, u triplikatu, pod kodnim šiframa. Povjerenstvo je ocijenilo vino metodom redoslijeda.

Metoda redoslijeda ima za cilj postaviti vina po redu, od najboljeg prema najlošijem, te dodijeliti bodove od 1 za najbolji uzorak do 5 za najlošiji (ako se ocjenjuje 5 uzoraka).

3.12. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka provedena je korištenjem računalnog programa Statistica, verzija 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, SAD). Za analizu razlika između srednjih vrijednosti korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) te post-hoc analiza Tukey-ovim testom (engl. Honestly Significant Difference – HSD) na razini značajnosti ($p < 0,05$, $0,01$, $0,001$) za sljedeće varijable: karakterizaciju rozgve i biougljena, sadržaj mikro- i makroelemenata u rozgvi i biougljenu te specifičnu površinu biougljena.

Za fizikalno-kemijska svojstva tla, fiziološke reakcije vinove loze, emisiju CO_2 , prinos grožđa te fizikalno-kemijsku analizu mošta i vina provedena je dvosmjerna ANOVA, pri čemu su se kao faktori koristili podloga, tretman te njihova međusobna interakcija. Za sve varijable kod kojih je F-test pokazao statistički značajne razlike ($p < 0,05$, $0,01$, $0,001$), provedena je dodatna post-hoc analiza Tukey-ovim testom radi identifikacije parova koji se međusobno značajno razlikuju.

4. REZULTATI

4.1. Karakterizacija ostataka rezidbe vinove loze

Vrijednosti pH, EC i sadržaja pepela (Tablica 10.) za ostatke rezidbe vinove loze značajno su se razlikovale među nekim proučavanim kultivarima te su se kretale u rasponu od 4,79 do 5,45 za pH, od 1694 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 2390 $\mu\text{S}/\text{cm}$ za EC, te u rasponu od 2,65% do 3,49% za sadržaj pepela. Više vrijednosti za sve navedene varijable utvrđene su za kultivar MI, i to u odnosu na PO, PL, PM, CH, PB, SB i ME za pH vrijednost, u odnosu na kultivare CH, PB, SB, CS i SY za EC, te u odnosu na kultivare PM, PB i SY za sadržaj pepela, dok se kod ostalih istraživanih kultivara nije utvrdila značajna razlika u navedenim varijablama.

Tablica 10. Karakterizacija ostataka rezidbe vinove loze

Karakterizacija ostataka rezidbe vinove loze			
Kultivar	pH	EC	Pepeo
		$\mu\text{S}/\text{cm}$	%
MI	5,5 $\pm$ 0,11a	2390 $\pm$ 20,8a	3,49 $\pm$ 0,09a
PO	5,08 $\pm$ 0,08bcd	1982 $\pm$ 20,8ab	2,76 $\pm$ 0,09ab
MA	4,79 $\pm$ 0,02d	1975 $\pm$ 109,1ab	3,02 $\pm$ 0,21ab
TE	5,27 $\pm$ 0,11ab	2055.6 $\pm$ 47,5ab	2,87 $\pm$ 0,09ab
PL	4,86 $\pm$ 0,04cd	2076.6 $\pm$ 21,8ab	2,98 $\pm$ 0,12ab
PM	5,09 $\pm$ 0,06bcd	2016.3 $\pm$ 115,8ab	2,65 $\pm$ 0,33b
CH	5,08 $\pm$ 0,08bcd	1848 $\pm$ 58ab	2,78 $\pm$ 0,15ab
PB	5,06 $\pm$ 0,08bcd	1778 $\pm$ 124b	2,65 $\pm$ 0,16b
SB	5,01 $\pm$ 0,09bcd	1814 $\pm$ 235,8b	2,59 $\pm$ 0,19b
ME	4,93 $\pm$ 0,02cd	1906 $\pm$ 47,2ab	2,82 $\pm$ 0,11ab
CS	5,16 $\pm$ 0,03abc	1694 $\pm$ 127b	2,77 $\pm$ 0,10ab
SY	5,16 $\pm$ 0,05abc	1839 $\pm$ 66,3b	2,61 $\pm$ 0,22b
Srednja vrijednost	5,07 $\pm$ 0,02	1947 $\pm$ 39	2,83 $\pm$ 0,05
p vrijednost	***	***	*

MI – Malvazija istarska, PO – Pošip, MA – Maraština, TE – Teran, PL – Plavina, PM – Plavac mali, CH – Chardonnay, PB – Pinot blanc, SB – Sauvignon blanc, ME – Merlot, CS – Cabernet sauvignon, SY – Syrah; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti jednosmjernom ANOVA testu. *, *** predstavljaju statistički značajnu razliku $p < 0,05$, i $0,001$. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Koncentracija najzastupljenijih makroelemenata (C, P, K, Mg, Ca, S) u ostacima rezidbe vinove loze značajno se razlikovala među proučavanim kultivarima (Tablica 11.), dok za ukupni udio dušika nije utvrđena statistički značajna razlika između kultivara. (Tablica 11.). Udio ukupnog ugljika u ostacima rezidbe vinove loze kretao se u rasponu od 43,77% do 45,36%. Veći udio ukupnog ugljika zabilježen je kod kultivara PM u odnosu na kultivare MA, SB i ME, dok su ostali kultivari imali usporedive vrijednosti TC s kultivarom PM. Udio dušika (N) u ostacima rezidbe vinove loze kretao se u rasponu od 0,50% do 0,71%, pri čemu nije utvrđena statistički značajna razlika među kultivarima. Koncentracija fosfora (P) u ostacima rezidbe vinove loze bila je u rasponu od 0,46 g/kg do 0,66 g/kg. Veća koncentracija P utvrđena je kod kultivara ME u odnosu na kultivar PM, dok su ostali kultivari imali usporedive vrijednosti s kultivarima ME i PM. Koncentracija kalija (K) kretala se između 6,22 g/kg i 9,33 g/kg. Veća koncentracija K utvrđena je kod kultivara PL u odnosu na kultivare CH, SB i SY. Ostali istraživani kultivari imali su usporedive vrijednosti K s kultivarima PL, CH, SB i SY. Koncentracija magnezija (Mg) u ostacima rezidbe vinove loze iznosila je između 0,60 g/kg i 1,15 g/kg. Kod kultivara MA utvrđena je veća koncentracija Mg u odnosu na kultivare PB, SB, CH, CS, ME, TE i PL, dok su vrijednosti Mg ostalih kultivara bile usporedive s kultivarom MA. Koncentracija kalcija (Ca) kretala se u rasponu od 4,05 g/kg do 7,60 g/kg. Veće koncentracije Ca zabilježene su kod kultivara MA, ME, PO, MI i PB u odnosu na kultivar PM, dok su vrijednosti Ca ostalih kultivara bile usporedive s kultivarima PM, MA, ME, PO, MI i PB. Koncentracija sumpora (S) u ostacima rezidbe vinove loze kretala se u rasponu od 0,24 g/kg do 0,32 g/kg. Veća koncentracija S utvrđena je kod kultivara ME u odnosu na kultivare TE, PM, CH, SB i CS, dok su vrijednosti S ostalih kultivara bile usporedive s kultivarom ME.

Tablica 11. Sadržaj makroelemenata u ostacima rezidbe vinove loze

Makroelementi u ostacima rezidbe vinove loze							
Kultivar	TC	N	P	K	Mg	Ca	S
	%	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
MI	44,37±0,16bcd	0,57±0,07	0,56±0,03ab	8,62±0,69ab	0,91±0,05abcd	6,48±0,44a	0,28±0,01abc
PO	44,63±0,16abc	0,71±0,06	0,62±0,03ab	7,07±0,51ab	1,14±0,10ab	6,60±0,86a	0,30±0,02ab
MA	43,77±0,21d	0,65±0,05	0,61±0,01ab	7,25±0,60ab	1,15±0,07a	7,60±0,39a	0,30±0,01ab
TE	44,89±0,15abc	0,67±0,07	0,53±0,06ab	7,87±0,55ab	0,72±0,06de	6,07±0,55ab	0,26±0,01bc
PL	44,51±0,22abcd	0,60±0,03	0,57±0,03ab	9,33±0,33a	0,65±0,07de	6,12±0,32ab	0,27±0,01abc
PM	45,36±0,17a	0,52±0,03	0,46±0,03b	7,10±0,40ab	1,02±0,04abc	4,05±0,20b	0,25±0,01bc
CH	44,57±0,13abcd	0,56±0,04	0,48±0,05ab	6,22±0,60b	0,82±0,04cde	5,83±0,65ab	0,25±0,02bc
PB	45,02±0,23ab	0,59±0,03	0,50±0,03ab	7,76±0,55ab	0,60±0,07e	6,37±0,34a	0,27±0,01abc
SB	44,27±0,16bcd	0,53±0,04	0,49±0,05ab	6,60±0,80b	0,86±0,04bcde	5,46±0,54ab	0,25±0,02bc
ME	44,02±0,08cd	0,69±0,05	0,66±0,04a	7,53±0,34ab	0,72±0,05de	7,47±0,37a	0,32±0,01a
CS	44,60±0,22abcd	0,50±0,03	0,50±0,05ab	6,92±0,53ab	0,78±0,06cde	5,77±0,53ab	0,24±0,01c
SY	44,71±0,18abc	0,65±0,06	0,59±0,03ab	6,64±0,33b	1,13±0,06ab	5,87±0,28ab	0,28±0,00abc
Srednja vrijednost	44,55±0,06	0,60±0,20	0,55±0,11	7,41±0,16	0,87±0,02	6,14±0,15	0,27±0,00
p vrijednost	***	n.s.	**	***	***	***	***

MI – Malvazija istarska, PO – Pošip, MA – Maraština, TE – Teran, PL – Plavina, PM – Plavac mali, CH – Chardonnay, PB – Pinot blanc, SB – Sauvignon blanc, ME – Merlot, CS – Cabernet sauvignon, SY – Syrah; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti jednosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Za koncentraciju mikroelemenata Cu, Si i Zn u ostacima rezidbe vinove loze (Tablica 12.) utvrđena je statistički značajna razlika, dok se rezultati za mikroelement natrij (Na) nisu značajno razlikovali, a kretali su se između 60,84 mg/kg i 151,13 mg/kg. Koncentracija bakra (Cu) u ostacima rezidbe vinove loze kretala se u rasponu od 2,01 mg/kg do 5,61 mg/kg, silicija (Si) između 4,72 mg/kg i 46,68 mg/kg, te cinka (Zn) u rasponu od 4,50 mg/kg do 10,3 mg/kg. Veća koncentracija Cu, Si i Zn zabilježena je kod kultivara SY u odnosu na kultivare PO, CH, SB, CS, TE i PM kod Cu, te u odnosu na kultivar PM kod Si i Zn, dok se kod ostalih istraživanih kultivara vrijednosti mikroelemenata nisu značajno razlikovale.

Tablica 12. Sadržaj mikroelemenata u ostacima rezidbe vinove loze

Mikroelementi u ostacima rezidbe vinove loze				
Kultivar	Cu	Na	Si	Zn
	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
MI	3,53±0,45ab	64,35±6,97	17,23±4,84ab	6,93±0,91ab
PO	3,25±0,49b	60,84±6,95	13,45±3,02ab	5,97±0,95ab
MA	4,05±0,61ab	126,32±18,62	24,65±5,43ab	6,69±0,70ab
TE	2,29±0,19b	60,72±3,75	16,68±7,85ab	5,56±1,31ab
PL	3,72±0,64ab	141,68±28,51	22,47±5,28ab	7,22±1,58ab
PM	2,01±0,12b	64,71±6,55	4,72±0,54b	4,50±0,44b
CH	2,89±0,38b	147,58±45,41	15,32±4,45ab	8,56±1,23ab
PB	3,29±0,50ab	61,02±2,48	31,27±15,17ab	5,22±1,16ab
SB	2,38±0,26b	105,45±27,39	13,14±3,74ab	9,31±1,23ab
ME	3,42±0,33ab	98,18±23,24	12,81±3,00ab	7,19±1,34ab
CS	2,38±0,18b	88,46±13,81	12,39±2,31ab	6,36±1,00ab
SY	5,61±1,05a	151,13±37,67	42,68±11,43a	10,03±0,80a
Srednja vrijednost	3,24±0,43	97.54±18.45	18,90±5,59	6,96±1,05
p vrijednost	***	n.s.	*	*

MI – Malvazija istarska, PO – Pošip, MA – Maraština, TE – Teran, PL – Plavina, PM – Plavc mali, CH – Chardonnay, PB – Pinot blanc, SB – Saouignon blanc, ME – Merlot, CS – Cabernet sauvignon, SY - Syrah Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti jednosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te slova uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Spektroskopska analiza metodom FTIR provedena je na uzorcima rozgve dvanaest različitih kultivara vinove loze (Grafikon 1.). Spektri su zabilježeni u području od 4000 do 500 cm^{-1} , a zabilježene su karakteristične apsorpcijske vrpce koje upućuju na prisutnost funkcionalnih skupina tipičnih za biljne lignocelulozne materijale.

Za sve uzorke zabilježeni su pikovi u području oko 3300 cm^{-1} (rastezanje $-\text{OH}$ skupina), 2900 cm^{-1} (rastezanje $\text{C}-\text{H}$ veza), te niz pikova u području ispod 1500 cm^{-1} , koji pripadaju vibracijama $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{C}$ i drugim funkcionalnim skupinama vezanim uz strukture celuloze, hemiceluloze i lignina.

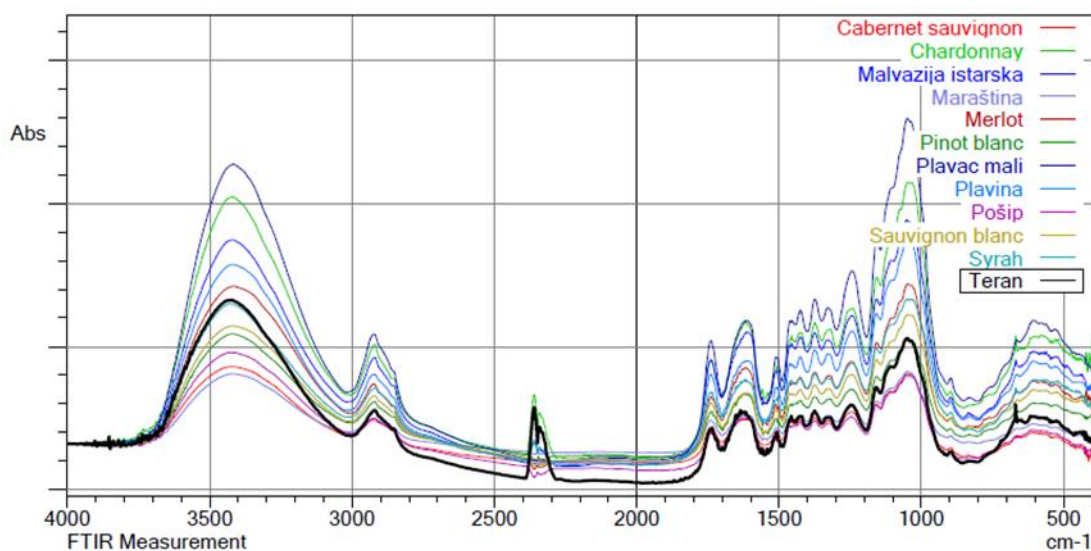
~3400 cm^{-1} – široka vrpca rastezanja $\text{O}-\text{H}$ grupa (voda, alkoholi, fenoli); najizraženija kod Maraštine, Malvazije istarske i Plavine.

~2920 cm^{-1} – $\text{C}-\text{H}$ rastezanje (alifatske strukture); prisutno kod svih kultivara, posebno kod Chardonnay, Pinot blanc i Sauvignon blanc.

~1700 cm^{-1} – $\text{C}=\text{O}$ rastezanje (karboksilne kiseline, esteri, aldehidi); uočeno kod svih uzoraka, s najvećim intenzitetom kod Chardonnay, Pinot blanc i Malvazije istarske.

~1600–1500 cm^{-1} – aromatske $\text{C}=\text{C}$ vibracije (uglavnom iz lignina); jasno izražene kod Syrah, Plavac mali i Cabernet Sauvignon.

~1250–1000 cm^{-1} – vibracije $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{OH}$ i $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ veza (uglavnom iz celuloze i hemiceluloze); izražene kod svih uzoraka, posebno kod Chardonnay, Maraštine i Merlota



Graf 1. Rezultati FTIR analize uzoraka rozgve različitih kultivara vinove loze

4.2. Karakterizacija biougljena dobivenog iz ostataka rezidbe vinove loze

Vrijednosti pH biougljena proizvedenog iz ostataka rezidbe vinove loze značajno su se razlikovale među proučavanim kultivarima. Vrijednosti pH biougljena (Tablica 13.) utvrđene su u rasponu od 10,2 do 11,13. Veća pH vrijednost zabilježena je kod biougljena proizvedenog od kultivara PM i ME u odnosu na kultivar PO, dok su ostali kultivari bili usporedivi. Za vrijednosti EC biougljena (Tablica 13.) nisu utvrđene statistički značajne razlike među kultivarima. Raspon EC vrijednosti bio je od 575 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 1067 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vrijednosti sadržaja pepela u biougljenu (Tablica 13.) značajno su se razlikovale među proučavanim kultivarima te su se kretale u rasponu od 6,76% do 8,35%. Veći sadržaj pepela zabilježen je u biougljenu dobivenom od kultivara MI i MA u odnosu na kultivare PO, PB, SB, CS i SY, dok su ostali kultivari bili usporedivi.

Tablica 13. Karakterizacija biougljena

Karakterizacija biougljena				
Kultivar	pH	EC	Pepeo	Prinos
		$\mu\text{S}/\text{cm}$	%	%
MI	10,57 $\pm$ 0,27ab	655,3 $\pm$ 183,7	8,35 $\pm$ 0,24a	33,37 $\pm$ 0,25ab
PO	10,20 $\pm$ 0,28b	820,6 $\pm$ 25,6	7,21 $\pm$ 0,12b	33,53 $\pm$ 0,74ab
MA	10,42 $\pm$ 0,11ab	600 $\pm$ 13,5	8,34 $\pm$ 0,35a	34,55 $\pm$ 0,15ab
TE	10,65 $\pm$ 0,17ab	684 $\pm$ 165,1	7,51 $\pm$ 0,17ab	35,04 $\pm$ 0,81a
PL	10,96 $\pm$ 0,16ab	829 $\pm$ 67,4	7,62 $\pm$ 0,06ab	34,03 $\pm$ 0,46ab
PM	11,13 $\pm$ 0,18a	980,3 $\pm$ 34,3	7,67 $\pm$ 0,21ab	35,03 $\pm$ 0,47a
CH	10,89 $\pm$ 0,09ab	713,6 $\pm$ 70,3	7,22 $\pm$ 0,12ab	34,32 $\pm$ 0,32ab
PB	10,70 $\pm$ 0,14ab	575 $\pm$ 67,4	6,79 $\pm$ 0,31b	35,21 $\pm$ 0,36a
SB	10,63 $\pm$ 0,09ab	1067 $\pm$ 123,3	6,76 $\pm$ 0,52b	32,65 $\pm$ 0,17b
ME	11,03 $\pm$ 0,14a	774 $\pm$ 53,9	7,42 $\pm$ 0,08ab	34,95 $\pm$ 0,14a
CS	10,78 $\pm$ 0,06ab	775 $\pm$ 76,2	7,06 $\pm$ 0,08b	33,71 $\pm$ 0,23ab
SY	10,54 $\pm$ 0,18ab	780,3 $\pm$ 129,4	6,92 $\pm$ 0,15b	32,87 $\pm$ 0,27b
Srednja vrijednost	10,70 $\pm$ 0,05	770 $\pm$ 33,2	7,40 $\pm$ 0,08	34,10 $\pm$ 0,14
P vrijednost	***	n.s.	***	***

MI – Malvazija istarska, PO – Pošip, MA – Maraština, TE – Teran, PL – Plavina, PM – Plavac mali, CH – Chardonnay, PB – Pinot bijeli, SB – Sauvignon bijeli, ME – Merlot, CS – Cabernet Sauvignon, SY – Syrah. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti jednosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku $p < 0,05$, $0,01$, $0,001$ ili nije statistički značajna. Kod statistički

značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Prinos biougljena (Tablica 13.) dobivenog iz ostataka rezidbe vinove loze značajno se razlikovao među proučavanim kultivarima. Raspon prinosa biougljena bio je od 32,87% do 35,04%. Najveći prinos zabilježen je kod kultivara PM, TE, PB i ME, a najnižim su se izdvojili kultivari SY i SB.

Utvrđene su statistički značajne razlike u koncentracijama makroelemenata (C, N, P, K, Mg, Ca, S) u biougljenu (Tablica 14.) dobivenom iz ostataka rezidbe vinove loze. Udio ukupnog ugljika u uzorcima biougljena bio je u rasponu od 65,88% do 71,57%. Veći udio ukupnog ugljika utvrđen je u biougljenu kultivara MI u odnosu na kultivare PO, MA, PL, ME, CS i SY, dok su kultivari TE, PM, CH, PB i SB bili usporedivi s kultivarom MI. Ukupni udio dušika (N) u uzorcima biougljena bio je u rasponu od 0,62% do 1,16%. Veći udio N utvrđen je u biougljenu kultivara SY i ME u odnosu na kultivare PM i CH. Kultivari PO, MI, MA, TE, PL, PB, SB i CS bili su usporedivi s kultivarima ME i SY. Koncentracija fosfora (P) u uzorcima biougljena bila je u rasponu od 2,20 g/kg do 3,62 g/kg. Veća koncentracija P zabilježena je kod kultivara TE u odnosu na kultivare PO, MA, PM, CH, PB, SB, CS i SY, dok su kultivari MI, PL i ME bili usporedivi s kultivarom TE. Koncentracija kalija (K) u uzorcima biougljena kretala se između 14,29 g/kg i 21,71 g/kg. Veća koncentracija K utvrđena je kod kultivara MI u odnosu na kultivar PB. Koncentracija K u biougljenu kod ostalih kultivara bila je usporediva s kultivarima MI i PB. Koncentracija magnezija (Mg) u uzorcima biougljena bila je u rasponu od 1,85 g/kg do 3,18 g/kg. Veća koncentracija Mg utvrđena je kod kultivara TE u odnosu na kultivare MI, PO, PL, PM, CH, PB, SB, ME i CS, dok su kultivari MA i SY bili usporedivi s kultivarom TE. Koncentracija kalcija (Ca) u uzorcima biougljena bila je u rasponu od 14,28 g/kg do 22,42 g/kg. Veća koncentracija Ca zabilježena je u biougljenu dobivenom od kultivara MI i ME u odnosu na kultivare PO, TE, PM i SB, dok su ostali kultivari bili usporedivi s kultivarima MI i ME. Koncentracija sumpora (S) u uzorcima biougljena bila je u rasponu od 1,04 g/kg do 1,68 g/kg. Veća koncentracija S utvrđena je u biougljenu dobivenom od kultivara MI u odnosu na kultivare PO, TE, PM i PB, dok su kultivari MA, ME, PL, CS, SY, SB i CH bili usporedivi s kultivarom MI. Kultivari PO, PL, CH, SB, CS i SY bili su usporedivi s kultivarima TE, PM i PB.

Tablica 14. Sadržaj makroelemenata u biougljenu

Kultivar	Makroelementi u biougljenu						
	TC	N	P	K	Mg	Ca	S
	%	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
MI	71,57±0,66a	0,96±0,05abc	3,27±0,18ab	21,71±1,78a	2,17±0,06bcd	22,42±1,87a	1,68±0,27a
PO	66,43±1,32de	1,06±0,03ab	2,52±0,11cde	19,27±1,68ab	2,26±0,21bcd	16,60±0,69bcd	1,22±0,04bc
MA	65,88±0,54e	0,88±0,12abc	2,57±0,09bcde	16,72±1,98ab	2,79±0,20ab	21,31±1,25ab	1,62±0,06ab
TE	70,90±0,83ab	0,88±0,07abc	3,62±0,17a	17,28±1,31ab	3,18±0,37a	14,28±0,61c	1,11±0,06c
PL	67,32±0,62cde	0,89±0,13abc	3,05±0,34abc	19,42±1,14ab	1,61±0,12d	18,50±1,13abcd	1,37±0,05abc
PM	70,40±0,48abc	0,62±0,04c	2,49±0,06cde	16,38±0,25ab	2,28±0,11bcd	15,74±1,30cd	1,07±0,02c
CH	69,28±0,58abcde	0,74±0,10bc	2,65±0,12bcde	16,48±0,95ab	1,85±0,09d	20,68±1,07abc	1,28±0,06abc
PB	69,55±0,79abcd	0,94±0,06abc	2,20±0,06e	14,29±1,35b	2,09±0,19bcd	17,56±0,95abcd	1,04±0,04c
SB	68,88±0,75abcde	0,89±0,06abc	2,25±0,22de	17,07±1,62ab	2,01±0,11bcd	14,56±1,23c	1,33±0,06abc
ME	66,88±0,66de	1,16±0,08a	2,96±0,08abcd	19,42±0,88ab	1,66±0,09d	22,32±0,73a	1,61±0,06ab
CS	68,03±0,34bcde	0,94±0,05abc	2,21±0,13e	18,38±1,11ab	1,96±0,07cd	19,40±0,84abcd	1,36±0,04abc
SY	66,65±0,60de	1,16±0,05a	2,49±0,08cde	19,64±1,34ab	2,75±0,17abc	17,41±0,68abcd	1,34±0,02abc
Srednje vrijednosti	68,48±0,26	0,92±0,03	2,69±0,05	18,09±0,41	2,22±0,06	18,99±0,39	1,33±0,03
p vrijednost	***	***	***	*	***	***	***

MI – Malvazija istarska, PO – Pošip, MA – Maraština, TE – Teran, PL – Plavina, PM – Plavac mali, CH – Chardonnay, PB – Pinot bijeli, SB – Sauvignon bijeli, ME – Merlot, CS – Cabernet Sauvignon, SY – Syrah; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. . Rezultati su podvrgnuti jednosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Svi proučavani mikroelementi (Cu, Na, Si, Zn) u uzorcima biougljena (Tablica 15.) dobivenim iz ostataka rezidbe vinove loze značajno su se razlikovali između kultivara. Koncentracija bakra (Cu) u uzorcima biougljena kretala se u rasponu od 4,09 mg/kg do 38,22 mg/kg. Veća koncentracija Cu zabilježena je u biougljenu dobivenom iz kultivara MI u odnosu na sve istraživane kultivare, dok su kultivari SB, PB, PL, SY, MA, CH, ME, TE, PM, CS i PO bili međusobno usporedivi. Koncentracija natrija (Na) u uzorcima biougljena utvrđena je u rasponu od 74,80 mg/kg do 602,84 mg/kg. Veća koncentracija Na utvrđena je kod kultivara SY i CH u odnosu na kultivar MI, dok su ostali kultivari bili usporedivi s kultivarima SY, CH i MI. Koncentracija silicija (Si) u uzorcima biougljena kretala se između 467,49 mg/kg i 1276,81 mg/kg. Veća koncentracija Si zabilježena je kod kultivara M, PB i CH u odnosu na kultivare MI, PL, PM i SB. Kultivari SY, TE, PO, MA i CS bili su usporedivi s kultivarima M, PB i CH. Niže koncentracije Si zabilježene su kod kultivara MI, koji je bio usporediv s kultivarima SB, PM, PL, MA i CS. Koncentracija cinka (Zn) u uzorcima biougljena bila je u rasponu od 22,46 mg/kg do 51,89 mg/kg. Veća koncentracija Zn zabilježena je u biougljenu dobivenom iz kultivara ME u odnosu na kultivare MI, TE, PL, PM i PB, dok su kultivari SB, PO, MA, CH, CS i SY bili usporedivi s kultivarom ME. Niže koncentracije Zn zabilježene su kod kultivara MI, koji je bio usporediv s kultivarima PB, PL, PM, TE, PO, MA, CH, CS i SY.

Tablica 15. Sadržaj mikroelemenata u biougljenu

Mikroelementi u biougljenu				
Kultivar	Cu	Na	Si	Zn
	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
MI	38,2±8,40a	74,8±16,2b	467±119,c	22±1c
PO	4,14±1,15b	423±100,ab	979±52ab	31±3,5abc
MA	9,08±2,07b	412±73,ab	853±81abc	39,6±5,8abc
TE	5,58±0,77b	208±20,ab	989±49ab	23,6±2,5bc
PL	12,4±3,8b	455±88ab	769±22bc	24,9±3,5bc
PM	5,42±1,12b	550±104ab	666±37bc	23,8±2,1bc
CH	6,01±1,00b	585±182a	1216±122a	37,6±7,2abc
PB	18,9±4,5b	214±28,71ab	1258±39a	28,5±2,3bc
SB	4,09±0,94b	381±113ab	692±48bc	45,5±6,3ab
ME	5,98±0,61b	296±81ab	1276±228a	51,8±8,6a
CS	4,53±0,65b	353±73ab	871±51abc	34,1±3,4abc
SY	12,0±2,9b	602±193a	991±48ab	35,7±4,6abc
Srednja vrijednost	10,54±2,35	379,89±89,74	919,44±75,05	33,30±4,24
p vrijednost	***	*	***	***

MI – Malvazija istarska, PO – Pošip, MA – Maraština, TE – Teran, PL – Plavina, PM – Plavac mali, CH – Chardonnay, PB – Pinot bijeli, SB – Sauvignon bijeli, ME – Merlot, CS – Cabernet Sauvignon, SY – Syrah; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti jednosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku $p < 0,05$, $0,01$, $0,001$ ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Spektroskopska analiza metodom FTIR provedena je na uzorcima biougljena (Graf 2.) dobivenim pirolizom rozgve dvanaest različitih kultivara vinove loze. Spektri su zabilježeni u području od 4000 do 500 cm^{-1} , a zabilježene apsorpcijske vrpce ukazuju na prisutnost funkcionalnih skupina karakterističnih za termički obrađene lignocelulozne materijale.

Kod svih uzoraka uočena je široka vrpca oko 3400 cm^{-1} , koja se pripisuje rastezanju O–H veza, a može potjecati od fenolnih, karboksilnih skupina i/ili vlage. Vibracije C–H veza zabilježene su u području oko 2920 cm^{-1} , što upućuje na djelomičnu razgradnju alifatskih struktura tijekom pirolize.

Vrpca oko 1700 cm^{-1} pripisuje se rastezanju C=O veza, tipičnih za karboksilne kiseline i ketone, dok se u području $1600\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$ javljaju vibracije aromatskih C=C veza, koje ukazuju na prisutnost stabilnih aromatskih struktura, ostataka lignina.

U području od 1250 do 1000 cm^{-1} prisutne su vibracije C–O, C–OH i C–O–C veza, karakteristične za ostatke celuloze, hemiceluloze i fenolnih spojeva. Također, deformacijske vibracije aromatskih prstenova vidljive su u području ispod 800 cm^{-1} .

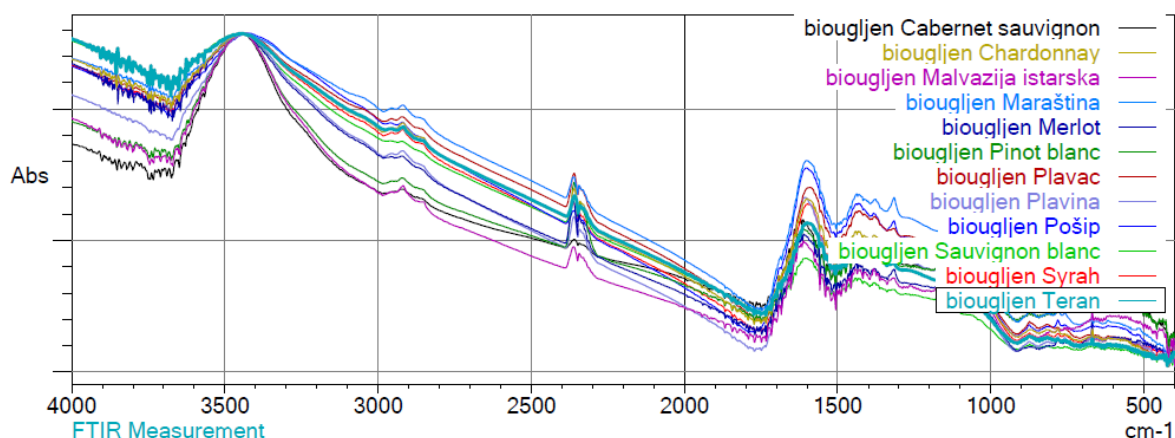
3400 cm^{-1} – široka vrpca rastezanja O–H grupa (voda, fenolne, karboksilne skupine); najizraženija kod Maraštine, Malvazije istarske i Plavine.

~2920 cm^{-1} – C–H rastezanje; uočljivo kod većine, ali s nižim intenzitetom nego kod sirove rozgve.

~1700 cm^{-1} – C=O rastezanje (karboksilne kiseline, ketoni); prisutno kod gotovo svih kultivara, posebno istaknuto kod Chardonnay, Merlot i Syrah.

~1600–1500 cm^{-1} – aromatske C=C vibracije (tipične za lignin i njegove ostatke u biocharu); jasno izražene kod Teran, Plavac i Syrah.

~1250–1000 cm^{-1} – vibracije C–O, C–OH i C–O–C veza; prisutne kod svih uzoraka.



Graf 2. Rezultati FTIR analize uzoraka biougljena različitih kultivara vinove loze

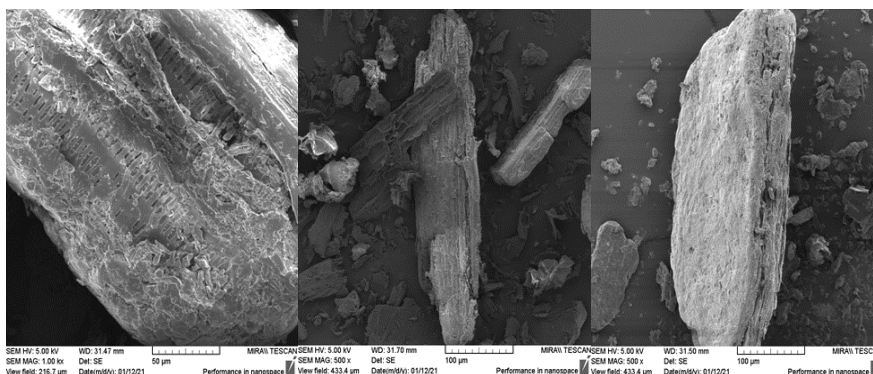
Rezultati analize specifične površine uzoraka biougljena (Tablica 16.) proizvedenih iz ostataka vinove loze značajno su se razlikovali između kultivara. Specifična površina dobivenog biougljena kretala se u rasponu od 1,63 m^2/g do 4,13 m^2/g . Na biougljenu proizvedenom iz ostataka kultivara MA utvrđena je veća specifična površina u odnosu na kultivare MI, TE, PL, PM, CH, PB, ME i CS, dok se kultivari PO, SB i SY nisu razlikovali od kultivara MA.

Tablica 16. Specifična površina uzoraka biougljena

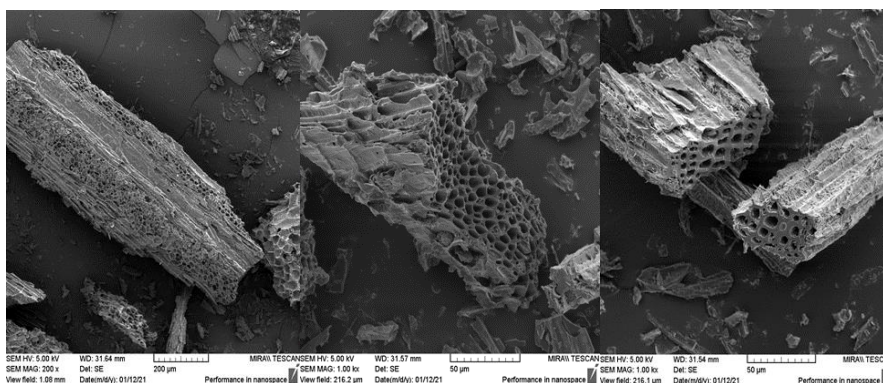
Biougljen	
Kultivar	SSA / m ² g ⁻¹
MI	1,73±0,39cd
PO	3,11±0,94abc
MA	4,13±0,27a
TE	1,63±0,36d
PL	2,35±0,03bcd
PM	2,19±0,85bcd
CH	2,18±0,24bcd
PB	1,64±0,35d
SB	3,46±0,51ab
ME	2,09±0,19bcd
CS	2,30±0,05bcd
SY	2,80±0,56abcd
Srednja vrijednost	2,47±0,42
p - vrijednost	***

MI – Malvazija istarska, PO – Pošip, MA – Maraština, TE – Teran, PL – Plavina, PM – Plavac mali, CH – Chardonnay, PB – Pinot bijeli, SB – Sauvignon bijeli, ME – Merlot, CS – Cabernet Sauvignon, SY – Syrah; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti jednosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Slike dobivene korištenjem skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM) za ostatke rezidbe vinove loze i biougljena prikazane su na slici 17. i 18. Slike pri visokom povećanju pokazale su jasnu razliku između ostataka rezidbe vinove loze i od njih proizvedenog biougljena. Ostaci vinove loze prikazuju uređenu strukturu vlakana kao na slici 18. dok se na slici 19. može vidjeti da se morfologija biougljena promijenila. Uzorci biougljena imali su veći broj pora zbog izloženosti procesu pirolize.



Slika 17. Površinska struktura ostataka rezidbe vinove loze snimljena skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)



Slika 18. Površinska struktura biougljena dobivena iz ostataka rezidbe vinove loze snimljena skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)

4.3. Određivanje emisija ugljikova dioksida (CO₂) i udjela vode iz tla

Emisije CO₂ iz tla u 2021. godini

U 2021. godini utvrđena je statistički značajna razlika u emisijama CO₂ iz tla između gnojidbenih tretmana u fenofazi 27, neovisno o podlozi (Tablica 17.). Također, zabilježena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za emisije CO₂ iz tla u fenofazama 3, 19, 31 i 38, dok za fenofaze 4 i 35 nije utvrđena statistički značajna razlika između podloga, gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije. (Tablica 17.)

U fenofazi 3, na podlozi SO4 veće emisije CO₂ iz tla zabilježene su na tretmanima malčirane rozgve i biougljen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougljen i organsko gnojivo, dok se tretmani kontrola, biougljen i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A, veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu organskog gnojiva u odnosu na tretmane kontrola, biougljen i biougljen + UREA, dok se tretmani organsko gnojivo i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A tretmani biougljen + UREA i kontrola imali su veće emisije CO₂ iz tla u odnosu na tretman biougljena, dok se tretmani biougljen + UREA i kontrola nisu statistički razlikovali. Na tretmanima kontrole, malčirane rozgve i organskog gnojiva zabilježene su veće emisije CO₂ iz tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO4, dok su na tretmanu biougljena zabilježene veće emisije CO₂ iz tla na podlozi SO4 u odnosu na

podlogu 420A, dok se tretman biougljen + UREA nije statistički razlikovao između podloga.

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanima kontrola, malčirane rozgve i organskog gnojiva u odnosu na tretmane biougljen i biougljen + UREA, dok se tretmani biougljen i biougljen + UREA nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A, veće emisije CO₂ iz tla zabilježene su na tretmanima biougljen + UREA i malčirane rozgve u odnosu na tretmane kontrola i organsko gnojivo, dok se tretmani biougljen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali s tretmanom biougljena. Na tretmanima biougljen i biougljen + UREA zabilježene su veće emisije CO₂ iz tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 27, na tretmanu malčirane rozgve zabilježene su veće emisije CO₂ iz tla u odnosu na tretmane kontrola, biougljen, biougljen + UREA i organsko gnojivo, dok se tretmani kontrola, biougljen, biougljen + UREA i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 31, na podlozi SO₄ veće emisije CO₂ iz tla zabilježene su na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougljen, malčirane rozgve i organsko gnojivo, dok tretmani malčirane rozgve, kontrola i organsko gnojivo se nisu statistički razlikovali. Na podlozi SO₄, tretman biougljena imao je najnižu razinu emisija CO₂ iz tla. Na podlozi 420A, veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu kontrole u odnosu na tretmane biougljen, biougljen + UREA i malčirane rozgve, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao od kontrole. Tretmani biougljen, biougljen + UREA i malčirane rozgve nisu se statistički razlikovali. Na tretmanima biougljen + UREA i malčirane rozgve zabilježene su veće emisije CO₂ iz tla na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veće emisije CO₂ iz tla zabilježene su na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougljen, malčirane rozgve i organsko gnojivo, dok se tretmani kontrola, malčirane rozgve i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali, a tretman biougljena bio usporediv s tretmanom organsko gnojivo. Na podlozi 420A veće emisije CO₂ iz tla zabilježene su na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i biougljen + UREA, dok se tretmani biougljen i malčirane rozgve nisu statistički razlikovali od tretmana organsko gnojivo, a tretmani

kontrola i biougljen + UREA se međusobno nisu statički razlikovali. Na tretmanima kontrole i biougljen + UREA zabilježene su veće emisije CO₂ iz tla na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok su na tretmanima biougljena, malčirane rozgve i organsko gnojivo zabilježene veće emisije CO₂ iz tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄.

Tablica 17. Emisije CO₂ iz tla mjerene u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze tijekom 2021. godine.

	Vunasti pup (F3)	Početak pupanja (F4)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Bobica veličine graška (F31)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga							
SO4	0,61 ± 0,182 b	1,86 ± 0,34	0,34 ± 0,102 b	1,58 ± 0,14	1,88 ± 0,24 a	3 ± 0,14	1,75 ± 0,15
420A	1,24 ± 0,26 a	1,86 ± 0,11	0,57 ± 0,122 a	1,58 ± 0,12	1,19 ± 0,15 b	2,66 ± 0,19	1,77 ± 0,18
p - vrijednost	***	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.
Gnojidbeni tretman							
K	0,83 ± 0,232 b	1,47 ± 0,46	0,35 ± 0,14 b	1,4 ± 0,07 b	2,1 ± 0,08 a	2,46 ± 0,41	1,39 ± 0,18 c
B	-0,06 ± 0,218 c	2,37 ± 0,41	0,24 ± 0,221 b	1,4 ± 0,09 b	0,81 ± 0,16 c	2,42 ± 0,22	1,52 ± 0,28 bc
BU	1,24 ± 0,08 ab	1,29 ± 0,26	0,39 ± 0,199 b	1,27 ± 0,29 b	1,89 ± 0,56 a	2,87 ± 0,27	1,91 ± 0,35 ab
R	1,62 ± 0,15 a	1,83 ± 0,18	0,93 ± 0,1 a	2,27 ± 0,16 a	1,39 ± 0,32 b	3,24 ± 0,14	1,94 ± 0,06 ab
O	1,01 ± 0,6 b	2,34 ± 0,47	0,37 ± 0,117 b	1,54 ± 0,04 b	1,49 ± 0,09 b	3,14 ± 0,08	2,05 ± 0,27 a
p - vrijednost	***	n.s.	***	***	***	n.s.	***
Podloga × tretman							
SO4 × K	0,36 ± 0,169 d	1,17 ± 0,97	0,62 ± 0,061 abc	1,28 ± 0,02 b	2,15 ± 0,15 b	2,9 ± 0,57	1,8 ± 0,04 bc
SO4 × B	0,35 ± 0,246 d	2,38 ± 0,9	-0,16 ± 0,134 d	1,23 ± 0,08 b	0,55 ± 0,218 e	2,79 ± 0,31	0,99 ± 0,02 d
SO4 × BU	1,34 ± 0,07 bc	0,80 ± 0,21	-0,04 ± 0,042 d	1,24 ± 0,04 b	3,15 ± 0,13 a	3,14 ± 0,42	2,67 ± 0,13 a
SO4 × R	1,36 ± 0,12 bc	1,86 ± 0,39	0,71 ± 0,036 ab	2,63 ± 0,07 a	2,08 ± 0,12 cb	3,07 ± 0,21	1,82 ± 0,01 bc
SO4 × O	-0,33 ± 0,035 de	3,12 ± 0,6	0,58 ± 0,048 abc	1,5 ± 0,04 b	1,48 ± 0,16 cd	3,1 ± 0,08	1,49 ± 0,02 bcd
420A × K	1,31 ± 0,14 bc	1,77 ± 0,19	0,08 ± 0,147 cd	1,53 ± 0,09 b	2,05 ± 0,07 bc	2,03 ± 0,59	0,98 ± 0,032 d
420A × B	-0,47 ± 0,057 e	2,37 ± 0,15	0,65 ± 0,247 abc	1,58 ± 0,01 ab	1,07 ± 0,12 de	2,05 ± 0,03	2,05 ± 0,35 ab
420A × BU	1,14 ± 0,12 c	1,78 ± 0,21	0,83 ± 0,059 a	1,3 ± 0,65 b	0,63 ± 0,044 e	2,61 ± 0,35	1,15 ± 0,09 cd
420A × R	1,87 ± 0,18 ab	1,8 ± 0,12	1,14 ± 0,06 a	1,92 ± 0,05 ab	0,68 ± 0,041 e	3,42 ± 0,17	2,06 ± 0,03 ab
420A × O	2,35 ± 0,14 a	1,56 ± 0,37	0,16 ± 0,15 bcd	1,57 ± 0,07 ab	1,51 ± 0,11 bcd	3,17 ± 0,15	2,62 ± 0,21 a
p - vrijednost	***	n.s.	***	***	***	n.s.	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Emisije CO₂ iz tla u 2022. godini

U 2022. godini (Tablica 18.) utvrđena je statistički značajna razlika u emisijama CO₂ iz tla između gnojidbenih tretmana u fenofazi 4, neovisno o podlozi, te je utvrđena signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za emisije CO₂ iz tla u fenofazama 3, 19, 27, 31, 35 i 38.

U fenofazi 3, na podlozi SO₄ veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu biougļjen u odnosu na tretman kontrole, dok se tretmani biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali od tretmana biougļjen. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na tretmanima biougļjen, biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo utvrđene su veće emisije CO₂ iz tla na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok su tretmani kontrole se nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 4 na tretmanu biougļjen + UREA utvrđene su veće emisije CO₂ iz tla u odnosu na tretmane biougļjen i organsko gnojivo, neovisno o korištenoj podlozi, dok se tretmani kontrola i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali od tretmana biougļjen + UREA.

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretmane biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok se tretman kontrola nije statistički razlikovao od malčirane rozgve. Tretmani biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo međusobno se nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i malčiranu rozgvu, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao od tretmana biougļjen + UREA. Tretman biougļjen imao je niže emisije CO₂ iz tla u odnosu na sve istražene tretmane, te se tretmani kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali. Na tretmanu malčirana rozgva utvrđena je veća emisija CO₂ iz tla na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok je na tretmanu biougļjen + UREA utvrđena veća emisija CO₂ iz tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄. Ostali tretmani se nisu statistički razlikovali između podloga.

U fenofazi 27 na podlozi SO₄ veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i organsko gnojivo, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao od tretmana biougļjen + UREA. Tretman

biougljen se nije statistički razlikovao od tretmana organskog gnojiva i malčirane rozgve. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na tretmanu kontrola utvrđena je veća emisija CO₂ iz tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, dok su ostali tretmani se nisu statistički razlikovali između podloga.

U fenofazi 31 na podlozi SO₄ veće emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na sve istražene tretmane, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A veća emisija CO₂ iz tla utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougljen i malčiranu rozgvu. Na tretmanima kontrola, biougljen + UREA i malčirana rozgva utvrđena je veća emisija CO₂ iz tla na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok je na tretmanu organskog gnojiva utvrđena veća emisija CO₂ iz tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, te se tretman biougljen nije statistički razlikovao između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ niže emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanu biougljen u odnosu na tretmane biougljen + UREA, malčiranu rozgvu i kontrolu, dok se tretman biougljena nije statistički razlikovao s organskim gnojivom. Na podlozi 420A niže emisije CO₂ iz tla utvrđene su na tretmanima biougljen i malčirana rozgva u odnosu na ostale tretmane. Na tretmanima organsko gnojivo, biougljen + UREA i biougljen utvrđena je veća emisija CO₂ iz tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, dok su ostali tretmani se nisu statistički razlikovali među podlogama.

U fenofazi 38 na podlozi SO₄ veća emisija CO₂ iz tla utvrđena je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretmane kontrolu i organsko gnojivo, dok se tretmani biougljen i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali od tretmana biougljen + UREA. Na podlozi 420A veća emisija CO₂ iz tla utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok su ostali tretmani se nisu statistički razlikovali. Nije utvrđena statistički značajna razlika u emisiji CO₂ iz tla između podloga.

Tablica 18. Emisije CO₂ iz tla mjerene u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze tijekom 2022. godine.

	Vunasti pup (F3)	Početak pupanja (F4)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Bobica veličine graška (F31)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	μmol m ⁻² s ⁻¹	μmol m ⁻² s ⁻¹	μmol m ⁻² s ⁻¹	μmol m ⁻² s ⁻¹	μmol m ⁻² s ⁻¹	μmol m ⁻² s ⁻¹	μmol m ⁻² s ⁻¹
SO4	1,92 ± 0,22 a	0,21 ± 0,13	0,69 ± 0,12	2,55 ± 0,28 b	3,26 ± 0,31 a	0,37 ± 0,17 b	2,48 ± 0,09
420A	0,77 ± 0,12 b	-0,03 ± 0,14	0,57 ± 0,17	2,93 ± 0,14 a	2,72 ± 0,21 b	0,97 ± 0,16 a	2,43 ± 0,10
p - vrijednost	***	n.s.	n.s.	*	***	***	n.s.
Gnojdbeni tretman							
K	0,92 ± 0,22	0,21 ± 0,08 ab	0,68 ± 0,13 a	1,68 ± 0,39 c	2,93 ± 0,33 b	1,30 ± 0,09 a	2,18 ± 0,08 b
B	1,55 ± 0,47	-0,53 ± 0,09 c	-0,10 ± 0,13 b	2,66 ± 0,15 b	2,61 ± 0,06 b	-0,04 ± 0,14 d	2,62 ± 0,14 a
BU	1,65 ± 0,38	0,57 ± 0,12 a	0,88 ± 0,25 a	3,65 ± 0,21 b	4,21 ± 0,47 a	0,92 ± 0,23 b	2,72 ± 0,12 a
R	1,14 ± 0,37	0,42 ± 0,25 a	1,00 ± 0,22 a	3,04 ± 0,12 ab	2,37 ± 0,29 b	0,41 ± 0,07 c	2,65 ± 0,10 a
O	1,49 ± 0,37	-0,22 ± 0,11 bc	0,70 ± 0,07 a	2,68 ± 0,28 a	2,82 ± 0,48 b	0,76 ± 0,44 b	2,11 ± 0,07 b
p - vrijednost	n.s.	***	***	***	***	***	***
Podloga × tretman							
SO4 × K	0,56 ± 0,10 c	0,41 ± 0,05	0,91 ± 0,05 abc	0,99 ± 0,03 d	3,63 ± 0,09 bc	1,47 ± 0,04 ab	2,32 ± 0,08 b
SO4 × B	2,48 ± 0,47 a	-0,53 ± 0,09	0,17 ± 0,02 dc	2,43 ± 0,15 cb	2,73 ± 0,08 cdef	-0,32 ± 0,12 e	2,67 ± 0,28 ab
SO4 × BU	2,41 ± 0,34 a	0,66 ± 0,24	0,39 ± 0,04 bc	3,98 ± 0,32 a	5,13 ± 0,49 a	0,44 ± 0,16 c	2,49 ± 0,09 a
SO4 × R	1,97 ± 0,02 ab	0,51 ± 0,30	1,42 ± 0,21 a	3,27 ± 0,01 ab	3,01 ± 0,06 bcde	0,48 ± 0,10 c	2,84 ± 0,10 ab
SO4 × O	2,19 ± 0,31 a	0,01 ± 0,05	0,56 ± 0,02 bc	2,1 ± 0,21 cd	1,79 ± 0,21 f	-0,21 ± 0,06 ed	2,1 ± 0,13 b
420A × K	1,28 ± 0,31 abc	0,03 ± 0,01	0,45 ± 0,16 bc	2,37 ± 0,54 cb	2,22 ± 0,16 ef	1,12 ± 0,09 b	2,04 ± 0,05 ab
420A × B	0,61 ± 0,12 c	-0,53 ± 0,19	-0,37 ± 0,09 d	2,89 ± 0,21 abc	2,49 ± 0,03 def	0,23 ± 0,11 cd	2,58 ± 0,16 ab
420A × BU	0,88 ± 0,16 bc	0,47 ± 0,06	1,37 ± 0,29 a	3,31 ± 0,07 ab	3,3 ± 0,1 bcd	1,41 ± 0,08 ab	2,96 ± 0,1 ab
420A × R	0,32 ± 0,01 c	0,33 ± 0,46	0,58 ± 0,17 bc	2,81 ± 0,13 cb	1,74 ± 0,14 f	0,34 ± 0,09 c	2,47 ± 0,08 a
420A × O	0,78 ± 0,31 bc	-0,45 ± 0,03	0,84 ± 0,08 abc	3,26 ± 0,14 abc	3,85 ± 0,2 b	1,74 ± 0,05 a	2,12 ± 0,08 b
p - vrijednost	***	n.s.	***	***	***	***	*

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio vode u tlu kod istraženih tretmana u 2021. godini

U 2021. godini (Tablica 19.) utvrđena je statistički značajna razlika za udio vode u tlu između gnojidbenih tretmana u fenofazi 35, bez obzira na podlogu, te je utvrđena signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio vode u tlu u fenofazama 3, 19, 27, 31, 38, dok za fenofazu 4 nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane faktore.

U fenofazi 3 na podlozi SO₄ veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljena u odnosu na ostale istraživane tretmane. Na podlozi 420A najmanji udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljen + UREA, a najveći udio vode utvrđen je na tretmanu kontrola. Na tretmanu biougljen i biougljen + UREA utvrđen je veći udio vode u tlu na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok su tretmani kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo imali veći udio vode u tlu na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄.

U fenofazi 19 na podlozi SO₄ veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljena u odnosu na tretmane kontrola, biougljen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao od tretmana biougljen. Na podlozi 420A veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretmane biougljen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se razlikovao od tretmana kontrole na kojem je ujedno utvrđen veći udio vode u odnosu na sve istraživane tretmane. Na tretmanu biougljen i malčirana rozgva utvrđen je veći udio vode u tlu na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok na tretmanima kontrola, biougljen + UREA i organsko gnojivo utvrđen je veći udio vode na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄.

U fenofazi 27 na podlozi SO₄ veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougljen i malčirana rozgva, dok se tretman organsko gnojivo razlikovao od svih istraživanih tretmana, a ujedno je imao i najveći udio vode u tlu. Na podlozi 420A veći udio vode utvrđen je na tretmanu biougljen u odnosu na tretman biougljen + UREA, također tretman biougljena nije se statistički razlikovao s tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo. Na tretmanu kontrola utvrđen je veći udio vode u odnosu na sve istraživane tretmane. Na tretmanu biougljen + UREA i organsko gnojivo utvrđen je veći udio vode na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok na tretmanu organsko gnojivo utvrđena je veća koncentracija vode na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄. Za ostale tretmane nije utvrđena statistička razlika između podloga.

U fenofazi 31 na podlozi SO₄ veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljena u odnosu na sve istraživane tretmane, dok je na tretmanu biougljen + UREA utvrđen veći udio vode u tlu u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo. Na podlozi 420A veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljena u odnosu na sve istraživane tretmane, dok je na tretmanu biougljen + UREA veći udio vode bio utvrđen u odnosu na tretmane kontrola i malčirana rozgva, dok nije se statistički razlikovao s tretmanom organsko gnojivo. Na tretmanu biougljen + UREA i malčirana rozgva utvrđen je veći udio vode na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali između podloga.

U fenofazi 35 utvrđena je značajno niži udio vode u tlu na tretmanima biougljen + UREA i malčirana rozgva u odnosu na tretman organsko, dok je udio vode u tlu na tretmanima biougljen i kontrola bio usporediv s ostalim tretmanima. Nije bilo značajne razlike u udjelu vode između podloga u ovoj fenofazi.

U fenofazi 38 na podlozi SO₄ veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na sve istraživane tretmane. Na podlozi 420A veći udio vode utvrđen je na tretmanu biougljena u odnosu na sve istraživane tretmane, dok je tretman biougljen + UREA bio usporediv s tretmanom kontrole. Na tretmanima kontrola, biougljen + UREA utvrđen je veći udio vode u tlu na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok je na tretmanima biougljen i malčirana rozgva utvrđen veći udio vode u tlu na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄. Tretman organsko bio je usporediv između podloga u fenofazi 38.

Tablica 19. Udio vode u tlu između tretmana u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze u 2021. godini.

	Vunasti pup (F3)	Početak pupanja (F4)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Bobica veličine graška (F31)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³
SO4	0,174 ± 0,018 b	0,079 ± 0,014	0,11 ± 0,01 b	0,096 ± 0,007 a	0,053 ± 0,006 b	0,16 ± 0,007	0,083 ± 0,013 a
420A	0,188 ± 0,011 a	0,089 ± 0,012	0,123 ± 0,007 a	0,083 ± 0,007 b	0,058 ± 0,006 a	0,162 ± 0,008	0,077 ± 0,005 b
p - vrijednost	***	n.s.	***	***	***	n.s.	***
Gnojdbeni tretman							
K	0,194 ± 0,019 b	0,085 ± 0,031	0,141 ± 0,014 a	0,104 ± 0,01 a	0,025 ± 0,002 e	0,173 ± 0,006 ab	0,088 ± 0,002 b
B	0,239 ± 0,025 a	0,095 ± 0,017	0,130 ± 0,011 b	0,079 ± 0,004 bc	0,085 ± 0,001 a	0,162 ± 0,008 ab	0,08 ± 0,009 c
BU	0,155 ± 0,017 e	0,051 ± 0,009	0,099 ± 0,014 c	0,084 ± 0,015 bc	0,068 ± 0,002 b	0,137 ± 0,013 b	0,124 ± 0,019 a
R	0,157 ± 0,009 d	0,095 ± 0,026	0,084 ± 0,009 d	0,075 ± 0,005 c	0,041 ± 0,005 d	0,144 ± 0,006 b	0,036 ± 0,005 e
O	0,161 ± 0,029 c	0,096 ± 0,013	0,129 ± 0,01 b	0,106 ± 0,012 a	0,059 ± 0,002 c	0,187 ± 0,014 a	0,073 ± 0 d
p - vrijednost	***	n.s.	***	***	***	***	***
Podloga × tretman							
SO4 × K	0,151 ± 0,001 f	0,108 ± 0,062	0,11 ± 0,001 d	0,082 ± 0 c	0,028 ± 0,001 f	0,171 ± 0,007	0,093 ± 0 c
SO4 × B	0,295 ± 0,001 a	0,081 ± 0,018	0,154 ± 0,001 b	0,085 ± 0,001 c	0,085 ± 0,001 a	0,174 ± 0,013	0,059 ± 0,001 f
SO4 × BU	0,192 ± 0,001 d	0,054 ± 0,01	0,068 ± 0,001 f	0,117 ± 0,001 b	0,063 ± 0,001 b	0,147 ± 0,021	0,166 ± 0,001 a
SO4 × R	0,137 ± 0,001 g	0,071 ± 0,045	0,064 ± 0 f	0,065 ± 0,001 dc	0,03 ± 0,001 d	0,136 ± 0,005	0,026 ± 0,001 h
SO4 × O	0,096 ± 0,001 i	0,084 ± 0,013	0,152 ± 0,002 b	0,133 ± 0,001 a	0,061 ± 0,002 cd	0,17 ± 0,023	0,072 ± 0,001 e
420A × K	0,236 ± 0,001 b	0,062 ± 0,019	0,173 ± 0,001 a	0,127 ± 0 ab	0,022 ± 0,001 ef	0,174 ± 0,012	0,084 ± 0,001 d
420A × B	0,182 ± 0,001 e	0,11 ± 0,031	0,106 ± 0,001 de	0,074 ± 0,007 dc	0,086 ± 0,001 a	0,149 ± 0,001	0,101 ± 0 b
420A × BU	0,117 ± 0,001 h	0,048 ± 0,017	0,129 ± 0,001 c	0,05 ± 0,001 e	0,073 ± 0,001 c	0,127 ± 0,018	0,082 ± 0 d
420A × R	0,178 ± 0,001 e	0,119 ± 0,029	0,103 ± 0,001 e	0,085 ± 0,001 c	0,052 ± 0,001 e	0,153 ± 0,008	0,046 ± 0,001 g
420A × O	0,226 ± 0,001 c	0,108 ± 0,024	0,106 ± 0,001 de	0,078 ± 0,001 c	0,057 ± 0,002 c	0,205 ± 0,009	0,073 ± 0 e
p - vrijednost	***	n.s.	***	***	***	n.s.	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; ; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana..

Udio vode u tlu kod istraženih tretmana za 2022. godinu

U 2022. godini (Tablica 20.) utvrđena je statistički značajna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio vode u tlu u svim fenofazama.

U fenofazi 3, na podlozi SO₄, najveći udio vode utvrđen je na tretmanu organsko gnojivo, te su ga po utvrđenom udjelu vode u tlu slijedili tretmani biougļjen + UREA, biougļjen, malčirana rozgva i s najnižim udjelom vode tretman kontrola. Na podlozi 420A, veći udio vode utvrđen je na tretmanima organsko gnojivo i malčirana rozgva u odnosu na tretmane biougļjen, biougļjen + UREA i kontrolu, koja je istovremeno imala najniži udio vode. Na tretmanu biougļjen + UREA utvrđen je veći udio vode na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok je na tretmanima kontrola, biougļjen i malčirana rozgva utvrđen veći udio vode na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄. Tretman organsko gnojivo nije se statistički razlikovao između podloga.

U fenofazi 4, na podlozi SO₄, veći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman biougļjena nije se statistički razlikovao od tretmana organsko gnojivo. Na podlozi 420A, najveći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu organsko gnojivo, dok su tretmani biougļjen i biougļjen + UREA imali veći udio vode u odnosu na tretman kontrola. Utvrđen je veći udio vode na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A na tretmanu biougļjen + UREA, dok su ostali tretmani nisu se statistički razlikovali između podloga.

U fenofazi 19, na podlozi SO₄, veći udio vode utvrđen je na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se ostali tretmani nisu se statistički razlikovali. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Veći udio vode utvrđen je na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A na tretmanu kontrola, dok su podloge bile usporedive na ostalim tretmanima.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, najveći udio vode utvrđen je na tretmanima kontrola i organsko gnojivo, te su ih slijedili redom tretmani biougļjen + UREA, malčirana rozgva, te s najmanjim udjelom vode u tlu tretman biougļjen. Na podlozi 420A, najveći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu organsko gnojivo, te su ga slijedili redom malčirana rozgva, biougļjen, biougļjen + UREA, te s najmanjim udjelom vode tretman kontrola. Podloga SO₄ imala je veći udio vode u tlu na tretmanima biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je obrnuto bilo za tretmane kontrola i biougļjen + UREA.

U fenofazi 31, na podlozi SO₄, najveći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougļjen, te su ga slijedili tretmani biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok je najniži udio vode u tlu zabilježen na tretmanu malčirana rozgva i kontrola. Na podlozi 420A, najveći udio vode u tlu utvrđen je na tretmanu biougļjen, te su ga slijedili redom tretmani organsko gnojivo, biougļjen + UREA, malčirana rozgva, te s najmanjim udjelom vode tretman kontrola. Veći udio vode u tlu utvrđen je na podlozi SO₄ u slučaju tretmana biougļjen i organsko gnojivo, dok su tretmani kontrola i malčirana rozgva veći udio vode u tlu pokazali na podlozi 420A. Udio vode u tlu nije se statistički razlikovao između podloga na tretmanu biougļjen + UREA.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veći udio vode utvrđen je na tretmanu kontrola i organsko gnojivo u odnosu na tretmane biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva. Na podlozi 420A, veći udio vode utvrđen je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na sve istraživane tretmane. Na tretmanima kontrola, biougļjen i malčirana rozgva utvrđen je veći udio vode na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, dok se tretmani biougļjen + UREA i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali između podloga.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, najveći udio vode utvrđen je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA, zatim na tretmanima organsko gnojivo, malčirana rozgva i s najmanjim udjelom vode u tlu tretman kontrola. Na podlozi 420A, najveći udio vode utvrđen je na tretmanu malčirana rozgva, zatim na tretmanima organsko gnojivo i biougļjen + UREA, te najniži udio vode utvrđen je na tretmanima kontrola i biougļjen. Na tretmanima kontrola, biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo utvrđen je veći udio vode u tlu na podlozi 420A u odnosu na SO₄, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu biougļjen.

Tablica 20. Udio vode u tlu između tretmana u fenofazama F3, F4, F19, F27, F31, F35 i F36 vinove loze u 2022. godini.

	Vunasti pup, (F3)	Početak pupanja (F4)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Bobica veličine graška (F31)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³
SO4	0,047 ± 0,006 b	0,049 ± 0,006 b	0,067 ± 0,014	0,091 ± 0,003 a	0,073 ± 0,003 a	0,039 ± 0,003 a	0,125 ± 0,003 a
420A	0,061 ± 0,004 a	0,057 ± 0,007 a	0,06 ± 0,011	0,09 ± 0,012 b	0,068 ± 0,007 b	0,029 ± 0,004 b	0,148 ± 0,004 b
p - vrijednost	***	***	n.s.	*	***	***	***
Gnojdbeni tretman							
K	0,032 ± 0,008 d	0,025 ± 0,002 c	0,087 ± 0,029	0,057 ± 0,021 e	0,048 ± 0,007 e	0,044 ± 0,003 b	0,119 ± 0,004 d
B	0,048 ± 0,002 c	0,056 ± 0,002 b	0,076 ± 0,006	0,089 ± 0,009 d	0,099 ± 0,002 a	0,031 ± 0,002 c	0,133 ± 0,002 c
BU	0,052 ± 0,003 b	0,059 ± 0,007 b	0,04 ± 0,014	0,086 ± 0,005 c	0,069 ± 0,001 c	0,028 ± 0,001 d	0,148 ± 0,005 b
R	0,055 ± 0,011 b	0,037 ± 0,004 c	0,047 ± 0,03	0,101 ± 0,008 b	0,058 ± 0,002 d	0,018 ± 0,006 e	0,141 ± 0,012 b
O	0,082 ± 0,001 a	0,089 ± 0,004 a	0,068 ± 0,002	0,12 ± 0,008 a	0,079 ± 0,002 b	0,049 ± 0,001 a	0,141 ± 0,007 a
p - vrijednost	***	***	n.s.	***	***	***	***
Podloga × tretman							
SO4 × K	0,013 ± 0 f	0,023 ± 0,001 f	0,151 ± 0 a	0,104 ± 0,001 d	0,063 ± 0,001 f	0,051 ± 0,001 a	0,11 ± 0 f
SO4 × B	0,051 ± 0 c	0,06 ± 0,001 bcd	0,088 ± 0 ab	0,07 ± 0 h	0,094 ± 0 b	0,035 ± 0 bc	0,138 ± 0,001 c
SO4 × BU	0,058 ± 0 b	0,049 ± 0,01 de	0,008 ± 0,001 b	0,098 ± 0 e	0,071 ± 0,001 de	0,027 ± 0,001 d	0,137 ± 0,001 c
SO4 × R	0,03 ± 0,001 e	0,032 ± 0,001 de	0,016 ± 0,001 b	0,083 ± 0 f	0,063 ± 0,001 f	0,031 ± 0,001 cd	0,114 ± 0,001 e
SO4 × O	0,083 ± 0 a	0,081 ± 0 ab	0,073 ± 0 ab	0,101 ± 0,001 d	0,074 ± 0 d	0,05 ± 0,001 a	0,126 ± 0,001 d
420A × K	0,051 ± 0,001 c	0,026 ± 0,003 f	0,023 ± 0,001 b	0,01 ± 0,001 i	0,033 ± 0,001 h	0,036 ± 0,001 b	0,128 ± 0 d
420A × B	0,044 ± 0,001 d	0,051 ± 0,001 cde	0,063 ± 0,001 ab	0,109 ± 0 c	0,104 ± 0 a	0,028 ± 0,001 d	0,129 ± 0 d
420A × BU	0,046 ± 0,001 d	0,07 ± 0 bc	0,072 ± 0,001 ab	0,074 ± 0 g	0,068 ± 0,002 e	0,029 ± 0,001 d	0,159 ± 0,001 b
420A × R	0,08 ± 0 a	0,041 ± 0,008 def	0,078 ± 0,06 ab	0,119 ± 0,001 b	0,053 ± 0,001 g	0,006 ± 0,002 e	0,167 ± 0,001 a
420A × O	0,082 ± 0,003 a	0,097 ± 0,001 a	0,063 ± 0,001 ab	0,138 ± 0,001 a	0,084 ± 0,001 c	0,049 ± 0 a	0,157 ± 0 b
p - vrijednost	***	*	***	***	***	***	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

4.4. Utjecaj tretmana na fiziološke pokazatelje i prinos 'Malvazije istarske'

Fotosintetska aktivnost lista u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je značajna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana u asimilaciji CO_2 u fenofazi 27, dok za fenofazu 35 nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane čimbenike (Tablica 21.). Na podlozi 420A utvrđena je veća asimilacija CO_2 u listu vinove loze u fenofazi 38 u odnosu na podlogu SO4, bez obzira na gnojidbeni tretman (Tablica 21.). U fenofazi 27, na podlozi SO4 utvrđena je veća asimilacija CO_2 na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretman kontrola i biougļjen + UREA, dok se tretmani biougļjen i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A utvrđena je najveća asimilacija CO_2 u listu vinove loze na tretmanu biougļjen, te zatim na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva, kontrola, te s najnižim rezultatom tretman organsko gnojivo. Na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva utvrđena je veća asimilacija CO_2 na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO4, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovalo između podloga.

U 2022. godini utvrđena je statistički značajna razlika u neto asimilaciji CO_2 u listu vinove loze između gnojidbenih tretmana u fenofazama 35 i 38, bez obzira na podlogu, dok za fenofazu 27 nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane faktore (Tablica 21.). U fenofazi 35 na tretmanu organsko gnojivo utvrđena je veća neto asimilacija CO_2 u listu vinove loze u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen + UREA, dok se tretmani biougļjen i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali. U fenofazi 38 na tretmanu biougļjen utvrđena je veća neto asimilacija CO_2 u listu vinove loze u odnosu na tretman kontrola, dok se tretmani biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali.

Tablica 21. Rezultati fotosintetske aktivnosti lista u fenofazama F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

2021.				2022.		
	Zametanje bobica (F27)	Šara bobica (F35)	Puna zrelost (F38)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobica (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$
SO4	1,93 ± 0,08 b	3,68 ± 0,21	2,77 ± 0,25 b	3,97 ± 0,08	1,63 ± 0,22	3,28 ± 0,53
420A	2,64 ± 0,15 a	4,12 ± 0,16	3,44 ± 0,15 a	3,9 ± 0,14	1,5 ± 0,18	3,66 ± 0,47
p - vrijednost	***	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Gnojdbeni tretman						
K	1,92 ± 0,19 c	3,84 ± 0,49	2,66 ± 0,4	3,74 ± 0,2	1,02 ± 0,13 b	1,92 ± 0,33 b
B	2,8 ± 0,3 a	3,67 ± 0,24	3,12 ± 0,38	4,02 ± 0,16	1,81 ± 0,32 ab	5,01 ± 0,86 a
BU	2,36 ± 0,24 b	3,9 ± 0,16	3,07 ± 0,42	3,97 ± 0,17	0,94 ± 0,19 b	2,71 ± 0,37 ab
R	2,52 ± 0,11 b	4,3 ± 0,22	3,21 ± 0,29	4,05 ± 0,18	1,94 ± 0,28 ab	4,37 ± 0,61 ab
O	1,83 ± 0,02 c	3,77 ± 0,34	3,46 ± 0,29	3,9 ± 0,22	2,1 ± 0,3 a	3,33 ± 0,98 ab
p - vrijednost	***	n.s.	n.s.	n.s.	**	*
Podloga × tretman						
SO4 × K	1,55 ± 0,17 f	3,26 ± 0,78	2,29 ± 0,65	3,95 ± 0,22	1,02 ± 0,26	1,37 ± 0,39
SO4 × B	2,14 ± 0 cde	3,51 ± 0,07	2,57 ± 0,62	3,86 ± 0,04	2,03 ± 0,59	5,23 ± 1,57
SO4 × BU	1,83 ± 0,01 ef	3,69 ± 0,1	2,51 ± 0,74	3,89 ± 0,23	0,68 ± 0,11	2,39 ± 0,43
SO4 × R	2,28 ± 0,07 cd	4,31 ± 0,48	3,39 ± 0,42	4,36 ± 0,14	2,5 ± 0,26	5,08 ± 0,62
SO4 × O	1,87 ± 0,03 def	3,63 ± 0,56	3,08 ± 0,45	3,81 ± 0,14	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,62
420A × K	2,29 ± 0,08 c	4,43 ± 0,48	3,02 ± 0,48	3,53 ± 0,33	1,02 ± 0,11	2,47 ± 0,32
420A × B	3,46 ± 0,1 a	3,84 ± 0,51	3,68 ± 0,2	4,19 ± 0,33	1,58 ± 0,34	4,78 ± 1,08
420A × BU	2,89 ± 0,13 b	4,1 ± 0,28	3,63 ± 0,06	4,05 ± 0,3	1,19 ± 0,32	3,04 ± 0,64
420A × R	2,75 ± 0,05 b	4,29 ± 0,12	3,04 ± 0,46	3,73 ± 0,22	1,37 ± 0,15	3,65 ± 0,99
420A × O	1,79 ± 0 ef	3,92 ± 0,48	3,84 ± 0,24	3,99 ± 0,46	2,31 ± 0,6	4,36 ± 1,82
p - vrijednost	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku $p < 0,05$, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Vodni potencija lista (Mpa) u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je statistički značajna razlika u vodnom potencijalu lista vinove loze između podloga SO4 i 420A, kao i između gnojidbenih tretmana u fenofazama 31 i 38 (Tablica 18.) U fenofazi 19 utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana (Tablica 22.). U fenofazama 27 i 35 nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane faktore (Tablica 22.).

Na podlozi SO4 utvrđen je manji vodni potencijal lista vinove loze u fenofazama 31 i 38 u odnosu na podlogu 420A, bez obzira na tretman. U fenofazi 31 na tretmanu organsko utvrđen je manji vodni potencijal lista vinove loze u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao s navedenim tretmanima. U fenofazi 38 na tretmanima kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva utvrđen je manji vodni potencijal lista vinove loze u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao s navedenim tretmanima. U fenofazi 19, na podlozi SO4 manji vodni potencijal utvrđen je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i malčirana rozgva, dok se tretman biougļjen + UREA nije statistički razlikovao s tretmanima organsko gnojivo i kontrola. Na podlozi 420A utvrđen je manji vodni potencijal lista vinove loze na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen, dok se tretmani biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali s tretmanom organsko gnojivo. Na tretmanima kontrola, biougļjen + UREA i organsko gnojivo utvrđen je manji vodni potencijal lista vinove loze na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A, dok se tretmani biougļjen i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali.

U 2022. godini, utvrđen je manji vodni potencijal lista vinove loze u fenofazama 27, 31, 35 i 38 na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO4, dok je u fenofazi 19 utvrđeno suprotno (Tablica 23.). U fenofazi 35, na tretmanu malčirana rozgva utvrđen je manji vodni potencijal lista vinove loze u odnosu na tretmane organsko gnojivo i biougļjen, dok se tretmani biougļjen + UREA i kontrola nisu statistički razlikovali od tretmana malčirana rozgva.

Tablica 22. Rezultati vodnog potencijala lista trsa (Mpa) u fenofazama F19, F27, F31, F35 i F38 u 2021. godini

	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Bobica veličine graška (F31)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga					
SO4	-1,3 ± 0,07 a	-1,18 ± 0,04	-1,18 ± 0,06 a	-1,01 ± 0,04	-1,11 ± 0,04 a
420A	-1,11 ± 0,04 b	-1,25 ± 0,05	-1,02 ± 0,7 b	-0,99 ± 0,03	-0,99 ± 0,05 b
p - vrijednost	***	n.s	*	n.s.	*
Gnojidbeni tretman					
K	-1.13 ± 0.07 b	-1,90 ± 0,08	-0,93 ± 0,09 b	-1,06 ± 0,0,4	-1,13 ± 0,07 a
B	-0,97 ± 0,04 c	-1,25 ± 0,07	-1,14 ± 0,07 ab	-0,93 ± 00,4	-0,94 ± 0,02 ab
BU	-1,35 ± 0,08 a	-1,16 ± 0,06	-0,98 ± 0,08 b	-0,98 ± 00,4	-1,15 ± 0,05 a
R	-1,11 ± 0,03 b	-1,17 ± 0,06	-1,05 ± 0,1 b	-1,05 ± 00,7	-1,16 ± 0,05 a
O	-1,47 ± 0,08 a	-1,29 ± 0,09	-1,41 ± 0,07 a	-0,98 ± 0,7	-0,86 ± 0,09 b
p - vrijednost	***	n.s.	**	n.s.	**
Podloga × tretman					
SO4 × K	-1,27 ± 0,03 bcd	-1,05 ± 0,05	-1,05 ± 0,05	-1,12 ± 0,02	-1,23 ± 0,07
SO4 × B	-1,03 ± 0,03 def	-1,12 ± 0,02	-1,23 ± 0,08	-0,88 ± 0,06	-0,97 ± 0,02
SO4 × BU	-1,5 ± 0,06 ab	-1,2 ± 0,1	-0,92 ± 0,12	-1,03 ± 0,07	-1,17 ± 0,1
SO4 × R	-1,07 ± 0,03 cdef	-1,17 ± 0,04	-1,25 ± 0,08	-0,98 ± 0,14	-1,17 ± 0,07
SO4 × O	-1,63 ± 0,03 a	-1,35 ± 0,15	-1,45 ± 0,13	-1,02 ± 0,08	-1,02 ± 0,11
420A × K	-1 ± 0 ef	-1,33 ± 0,09	-0,82 ± 0,16	-1,0 ± 0,06	-1,03 ± 0,09
420A × B	-0,9 ± 0,06 f	-1,38 ± 0,09	-1,05 ± 0,08	-0,97 ± 0,04	-0,92 ± 0,04
420A × BU	-1,2 ± 0,06 cde	-1,12 ± 0,08	-1,03 ± 0,13	-0,93 ± 0,03	-1,13 ± 0,03
420A × R	-1,15 ± 0,03 cde	-1,17 ± 0,12	-0,85 ± 0,06	-1,12 ± 0,04	-1,15 ± 0,08
420A × O	-1,3 ± 0,06 bc	-1,23 ± 0,12	-1,37 ± 0,06	-0,93 ± 0,13	-0,7 ± 0,08
p - vrijednost	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Tablica 23. Rezultati vodnog potencijala lista trsa (Mpa) u fenofazama F19, F27, F31, F35 i F38 u 2022. godini

	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Bobica veličine graška (F31)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga					
SO4	-0,90 ± 0,05 a	-0,6 ± 0,02 b	-0,57 ± 0,03 b	-1,01 ± 0,03 b	-1,13 ± 0,03 b
420A	-0,72 ± 0,04 b	-0,66 ± 0,02 a	-0,67 ± 0,27 a	-1,19 ± 0,05 a	-1,32 ± 0,03 a
p - vrijednost	**	*	*	***	***
Gnojdbeni tretman					
K	-0,87 ± 0,11	-0,61 ± 0,01	-0,65 ± 0,07	-1,18 ± 0,07 ab	-1,25 ± 0,05
B	-0,73 ± 0,07	-0,6 ± 0,02	-0,62 ± 0,08	-0,98 ± 0,06 bc	-1,17 ± 0,06
BU	-0,74 ± 0,09	-0,61 ± 0,06	-0,53 ± 0,06	-1,14 ± 0,05 abc	-1,27 ± 0,06
R	-0,86 ± 0,08	-0,61 ± 0,03	-0,64 ± 0,02	-1,23 ± 0,06 a	-1,25 ± 0,07
O	-0,85 ± 0,06	-0,70 ± 0,04	-0,67 ± 0,06	-0,97 ± 0,07 c	-1,18 ± 0,06
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
Podloga × tretman					
SO4 × K	-1,08 ± 0,12	-0,58 ± 0,03	-0,6 ± 0,05	-1,05 ± 0,05	-1,15 ± 0,03
SO4 × B	-0,87 ± 0,09	-0,56 ± 0,03	-0,63 ± 0,04	-0,87 ± 0,03	-1,1 ± 0,01
SO4 × BU	-0,85 ± 0,1	-0,56 ± 0,04	-0,43 ± 0,01	-1,07 ± 0,07	-1,15 ± 0,03
SO4 × R	-0,93 ± 0,15	-0,61 ± 0,06	-0,63 ± 0,07	-1,13 ± 0,09	-1,12 ± 0,07
SO4 × O	-0,78 ± 0,08	-0,66 ± 0,07	-0,56 ± 0,08	-0,95 ± 0,03	-1,12 ± 0,09
420A × K	-0,65 ± 0,05	-0,65 ± 0,05	-0,7 ± 0,02	-1,32 ± 0,03	-1,35 ± 0,03
420A × B	-0,6 ± 0,03	-0,63 ± 0,01	-0,61 ± 0,04	-1,1 ± 0,06	-1,23 ± 0,07
420A × BU	-0,6,3 ± 0,12	-0,66 ± 0,04	-0,63 ± 0,01	-1,22 ± 0,04	-1,38 ± 0,06
420A × R	-0,7,8 ± 0,06	-0,61 ± 0,04	-0,65 ± 0,05	-1,32 ± 0,04	-1,38 ± 0,04
420A × O	-0,9,2 ± 0,09	-0,75 ± 0,05	-0,78 ± 0,10	-0,98 ± 0,06	-1,23 ± 0,09
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* x *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* x *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio dušika u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana u koncentraciji dušika u listu vinove loze u fenofazama 19, 27 i 35., dok je u fenofazi 38 utvrđena statistički značajna razlika u koncentraciji dušika u listu vinove loze između gnojidbenih tretmana, bez obzira na podlogu (Tablica 24.).

U fenofazi 19, na podlozi SO4 utvrđen je veći udio dušika u listu vinove loze na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao od svih navedenih tretmana. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na tretmanu malčirana rozgva utvrđen je veći udio dušika u listu vinove loze na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 27, na podlozi SO4 utvrđen je veći udio dušika u listu vinove loze na tretmanima kontrola i biougļjen + UREA u odnosu na tretman biougļjen, dok se tretmani malčirana rozgva i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali od tretmana kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA. Na podlozi 420A, najveći udio dušika u listu vinove loze utvrđen je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola i organsko gnojivo, dok se tretmani biougļjen i biougļjen + UREA nisu statistički razlikovali od ostalih tretmana. Na tretmanu kontrola utvrđen je veći udio dušika u listu na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 35, na podlozi SO4 utvrđen je veći udio dušika u listu na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok se ostali tretmani nisu se statistički razlikovali. Na podlozi 420A utvrđen je veći udio dušika u listu vinove loze na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva u odnosu na tretman biougļjen, dok su tretmani kontrola i organsko gnojivo nisu se statistički razlikovali od navedenih tretmana. Veći udio dušika utvrđen je na tretmanima kontrola, biougļjen i organsko gnojivo na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 38, na tretmanu biougļjen + UREA utvrđen je veći udio dušika u listu vinove loze u odnosu na tretmane biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman kontrola nije statistički razlikovao od navedenih tretmana.

U 2022. godini utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana u koncentraciji dušika u listu vinove loze u fenofazama 19, 27, 35 i 38 (Tablica 24.).

U fenofazi 19, na podlozi SO4 veći udio dušika u listu vinove loze utvrđen je na tretmanu biougljen u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman biougljen + UREA nije statistički razlikovao od tretmana biougljen, kontrola i malčirana rozgva. Na podlozi 420A veći udio dušika utvrđen je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok se tretmani kontrola, biougljen i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali od tretmana biougljen + UREA.

U fenofazi 27, na podlozi SO4 veći udio dušika u listu vinove loze utvrđen je na tretmanu kontrola u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se tretmani biougljen, biougljen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana.

U fenofazi 35, na podlozi SO4 nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na podlozi 420A, na tretmanu biougljen + UREA utvrđen je veći udio dušika u listu u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok se tretmani kontrola, biougljen i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali. Veći udio dušika utvrđen je na tretmanima kontrola i organsko gnojivo na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A, dok za ostale tretmane nije utvrđena statistički značajna razlika između podloga.

U fenofazi 38, na podlozi SO4 veći udio dušika u listu vinove loze utvrđen je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se ostali tretmani (kontrola, biougljen i malčirana rozgva) nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika u sadržaju dušika u listu između tretmana. Veći udio dušika utvrđen je na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A na tretmanu biougljen + UREA, dok za ostale tretmane nije utvrđena statistički značajna razlika između podloga.

Tablica 24. Udio u dušika (N%) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

2021.					2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	N%				N%			
SO4	2,45 ± 0,1 a	1,79 ± 0,04	2,1 ± 0,04 a	1,67 ± 0,04	2,69 ± 0,07	2,22 ± 0,05 a	2 ± 0,04 a	1,75 ± 0,04 a
420A	2,11 ± 0,06 b	1,72 ± 0,05	1,76 ± 0,04 b	1,64 ± 0,02	2,79 ± 0,06	2,1 ± 0,05 b	1,8 ± 0,03 b	1,53 ± 0,04 b
p - vrijednost	***	n.s.	***	n.s.	n.s.	*	***	***
Gnojdbeni tretman								
K	2,07 ± 0,07 b	1,77 ± 0,08 ab	1,97 ± 0,1 ab	1,71 ± 0,06 ab	2,72 ± 0,06 b	2,3 ± 0,09 a	1,88 ± 0,07 b	1,66 ± 0,06
B	2,18 ± 0,04 ab	1,64 ± 0,04 b	1,8 ± 0,13 b	1,6 ± 0,02 b	2,96 ± 0,07 a	2,1 ± 0,05 ab	1,89 ± 0,04 b	1,65 ± 0,08
BU	2,33 ± 0,13 ab	1,81 ± 0,05 ab	2,01 ± 0,06 a	1,81 ± 0,04 a	2,97 ± 0,08 a	2,25 ± 0,08 a	2,05 ± 0,06 a	1,73 ± 0,13
R	2,55 ± 0,24 a	1,89 ± 0,06 a	1,87 ± 0,02 ab	1,55 ± 0,05 b	2,45 ± 0,02 c	2,17 ± 0,08 ab	1,76 ± 0,05 b	1,58 ± 0,04
O	2,29 ± 0,14 ab	1,65 ± 0,06 b	2,01 ± 0,13 a	1,6 ± 0,04 b	2,62 ± 0,08 bc	1,99 ± 0,07 b	1,9 ± 0,08 b	1,58 ± 0,05
p - vrijednost	*	**	**	***	***	**	***	n.s.
Podloga × tretman								
SO4 × K	2,17 ± 0,03 b	1,93 ± 0,07 a	2,17 ± 0,09 ab	1,78 ± 0,08	2,64 ± 0,03 bcde	2,45 ± 0,07 a	2,04 ± 0,03 a	1,74 ± 0,05
SO4 × B	2,21 ± 0,05 b	1,59 ± 0,04 b	2,07 ± 0,08 abcd	1,62 ± 0,03	3,04 ± 0,06 a	2,18 ± 0,07 abc	1,89 ± 0,09 abc	1,74 ± 0,06
SO4 × BU	2,35 ± 0,16 b	1,92 ± 0,04 a	2,09 ± 0,01 abc	1,87 ± 0,05	2,86 ± 0,14 abc	2,12 ± 0,1 abc	2,14 ± 0,09 a	2 ± 0,07
SO4 × R	3,07 ± 0 a	1,79 ± 0,06 ab	1,89 ± 0,01 bcde	1,47 ± 0,05	2,48 ± 0,03 cde	2,33 ± 0,07 abc	1,88 ± 0,02 abc	1,67 ± 0,04
SO4 × O	2,47 ± 0,24 ab	1,71 ± 0,05 ab	2,28 ± 0,07 a	1,61 ± 0,08	2,46 ± 0,1 de	2,03 ± 0,06 bc	2,04 ± 0,08 a	1,61 ± 0,02
420A × K	1,97 ± 0,12 b	1,6 ± 0,04 b	1,77 ± 0,05 def	1,63 ± 0,06	2,81 ± 0,09 abcd	2,16 ± 0,11 abc	1,73 ± 0,02 cb	1,58 ± 0,08
420A × B	2,15 ± 0,06 b	1,69 ± 0,04 ab	1,52 ± 0 f	1,58 ± 0	2,88 ± 0,1 ab	2,02 ± 0,06 bc	1,89 ± 0,02 abc	1,55 ± 0,14
420A × BU	2,32 ± 0,23 b	1,71 ± 0,03 ab	1,93 ± 0,11 bcde	1,74 ± 0,02	3,08 ± 0,05 a	2,38 ± 0,05 abc	1,97 ± 0,04 ab	1,46 ± 0,09
420A × R	2,03 ± 0,07 b	1,99 ± 0,09 a	1,86 ± 0,04 cde	1,63 ± 0,06	2,42 ± 0,02 e	2 ± 0,04 bc	1,64 ± 0,01 c	1,49 ± 0,03
420A × O	2,1 ± 0,08 b	1,6 ± 0,11 b	1,74 ± 0,06 ef	1,59 ± 0,04	2,78 ± 0,03 abcde	1,95 ± 0,13 c	1,75 ± 0,03 cb	1,56 ± 0,11
p - vrijednost	**	**	***	n.s.	*	*	*	*

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biouglien, BU – biouglien + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio ugljika u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana u fenofazi 19, gdje je na podlozi 420A veći udio ugljika u listu vinove loze utvrđen na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretman kontrola, dok se tretmani biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali (Tablica 25.). Nije utvrđena statistički značajna razlika između gnojidbenih tretmana na podlozi SO₄, kao niti između podloga. U fenofazi 27 (Tablica 25.) utvrđena je veća koncentracija ugljika u listu vinove loze na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, bez obzira na tretman. U fenofazi 35, na tretmanu organsko gnojivo utvrđena je veća koncentracija ugljika u listu u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen, dok se tretmani biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali. U fenofazi 38 nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane faktore (Tablica 25.).

U 2022. godini utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji ugljika u listu vinove loze između podloga SO₄ i 420A u fenofazama 19, 27 i 35, bez obzira na gnojidbeni tretman (Tablica 25.). Također, utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji ugljika u listu vinove loze između tretmana u fenofazi 27, bez obzira na podlogu, te je zabilježena signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenog tretmana u fenofazi 38. U fenofazama 19, 27 i 35 utvrđena je veća koncentracija ugljika u listu vinove loze na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, bez obzira na tretman. U fenofazi 27, na tretmanu organsko gnojivo utvrđena je veća koncentracija ugljika u listu u odnosu na tretman biougļjen, dok se tretmani kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali. U fenofazi 38, (Tablica 25.) na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika između gnojidbenih tretmana. Na podlozi 420A veći udio ugljika u listu vinove loze utvrđen je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretman biougļjen, dok je tretman biougļjen + UREA bio usporediv s tretmanima organsko gnojivo i biougļjen. Utvrđen je veći udio ugljika u listu na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, ali samo na tretmanu organsko gnojivo, dok za ostale tretmane nije utvrđena statistički značajna razlika između podloga.

Tablica 25. Udio ugljika (%C) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	%C				%C			
SO4	34,2 ± 0,7	34,4 ± 0,5 b	38,5 ± 0,5	37,3 ± 0,5	37,8 ± 0,4 b	36,6 ± 0,5 b	38,5 ± 0,4 b	38,7 ± 0,6 b
420A	35,2 ± 0,8	36 ± 0,5 a	38,7 ± 0,4	38,3 ± 0,5	40,6 ± 0,5 a	39,5 ± 1,1 a	45,5 ± 1 a	43,6 ± 2,5 a
p - vrijednost	n.s.	*	n.s.	n.s.	***	**	***	*
Gnojdbeni tretman								
K	31,9 ± 0,6 b	35,9 ± 0,9	37,2 ± 0,5 b	38,6 ± 0,8	40,5 ± 1,3	38,5 ± 0,6 ab	40,7 ± 1,1	41,7 ± 3,3 ab
B	35,3 ± 0,9 ab	34,7 ± 1	37,5 ± 0,5 b	37 ± 0,3	39,4 ± 0,6	35,6 ± 0,4 b	40,9 ± 2,1	35,5 ± 2,6 b
BU	33,9 ± 1,2 ab	34,5 ± 0,4	38,7 ± 0,6 ab	38,2 ± 0,4	39 ± 1	37,7 ± 1 ab	41,4 ± 1	41,1 ± 1,6 ab
R	35,8 ± 1,1 a	36,4 ± 1	39,1 ± 0,3 ab	37,1 ± 1,1	38,9 ± 0,4	37,8 ± 0,8 ab	43,1 ± 2,6	42,3 ± 2,2 ab
O	36,4 ± 1,3 a	34,6 ± 1	40,4 ± 0,9 a	38,2 ± 1,1	38,2 ± 0,9	40,6 ± 2,6 a	43,8 ± 2,4	45 ± 4 a
p - vrijednost	*	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	*
Podloga × tretman								
SO4 × K	32,3 ± 0,5 ab	36,2 ± 1,1	37 ± 1	38,9 ± 1,1	37,8 ± 0,4	38,6 ± 0,3	38,4 ± 0,3	37,3 ± 0,9 bc
SO4 × B	33,8 ± 0,4 ab	32,7 ± 0,9	37,9 ± 1	37,6 ± 0,4	39,1 ± 0,6	35,3 ± 0,5	37 ± 0,9	39,6 ± 0,7 abc
SO4 × BU	32,3 ± 1,2 ab	34,9 ± 0,7	38,1 ± 0,7	38,4 ± 0,9	37,4 ± 1,4	36,2 ± 1,4	40,1 ± 1,4	41,8 ± 0,8 abc
SO4 × R	38 ± 0,2 a	34,8 ± 1,2	39,2 ± 0,2	35,4 ± 1,3	38,1 ± 0,4	36,6 ± 0,9	38,2 ± 0,6	38,1 ± 0,9 bc
SO4 × O	34,6 ± 2 ab	33,3 ± 0,8	40,1 ± 1,8	36,3 ± 1,3	36,8 ± 1	36,4 ± 1,1	38,8 ± 0,7	36,5 ± 0,4 bc
420A × K	31,6 ± 1,1 b	35,6 ± 1,6	37,4 ± 0,2	38,3 ± 1,2	43,1 ± 1,2	38,5 ± 1,4	43 ± 0,2	46,1 ± 5,9 ab
420A × B	36,8 ± 1,3 ab	36,6 ± 0,1	37 ± 0,1	36,4 ± 0,2	39,7 ± 1,1	35,9 ± 0,7	44,8 ± 2,6	31,4 ± 4 c
420A × BU	35,5 ± 1,9 ab	34 ± 0,5	39,4 ± 0,8	37,9 ± 0,3	40,6 ± 0,3	39,3 ± 0,6	42,7 ± 1,2	40,5 ± 3,5 abc
420A × R	33,7 ± 1,2 ab	38 ± 0,9	39 ± 0,5	38,7 ± 1,4	39,7 ± 0,4	39 ± 1,1	48,1 ± 2,8	46,5 ± 2,5 ab
420A × O	38,3 ± 1,1 a	36 ± 1,6	40,8 ± 0,9	40 ± 1,1	39,6 ± 1,2	44,8 ± 3,7	48,9 ± 1,8	53,5 ± 2,5 a
p - vrijednost	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biogljjen, BU – biogljjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio kalcija u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio kalcija u lišću vinove loze (Tablica 26.). U fenofazi 38 zabilježena je i statistički značajna razlika između gnojidbenih tretmana u pogledu koncentracije kalcija (Tablica 26.). U fenofazi 19 na podlozi SO₄ veća koncentracija kalcija utvrđena je na tretmanima biougļjen i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva. Na podlozi 420A veća koncentracija kalcija utvrđena je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo. Također, veća koncentracija kalcija na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A utvrđena je na tretmanima kontrola, biougļjen i organsko gnojivo, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale. U fenofazi 27 na podlozi SO₄ veća koncentracija kalcija utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok su tretmani kontrola i biougļjen + UREA bili usporedivi s tretmanom biougļjen. Na podlozi 420A veća koncentracija kalcija utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman biougļjena nije statistički razlikovao s tretmanom biougļjen + UREA. Listovi vinove loze podloge SO₄ imali su veće koncentracije kalcija u odnosu na podlogu 420A na tretmanima kontrola i organsko gnojivo, dok se podloge nisu statistički značajno razlikovale na ostalim tretmanima. U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija kalcija utvrđena je na tretmanima kontrola, biougļjen i organsko gnojivo u odnosu na tretman malčirana rozgva, a ti se tretmani nisu statistički razlikovao od tretmana biougļjen + UREA. Na podlozi 420A, veća koncentracija Ca utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen, a koncentracija se nije statistički razlikovala u odnosu na tretmane biougļjen + UREA i malčirana rozgva. Veća koncentracija Ca utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola i biougļjen, dok se podloge nisu statistički razlikovale na ostalim tretmanima. U fenofazi 38, na tretmanu biougļjen utvrđene su veće koncentracije kalcija Ca u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za koncentraciju kalcija u lišću vinove loze (Tablica

26.). Također, u fenofazi 35 utvrđena je statistički značajna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za koncentraciju ovog elementa (Tablica 26.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija Ca utvrđena je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana za koncentraciju Ca. Veća koncentracija Ca utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok su kod ostalih tretmana podloge bile statistički usporedive.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veća koncentracija Ca utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok je tretman malčirana rozgva bio usporediv s tretmanom biougļjen. Na podlozi 420A, veća koncentracija Ca utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane biougļjen i organsko gnojivo, dok su tretmani kontrola i malčirana rozgva bili usporedivi s tretmanom biougļjen + UREA. Veće koncentracije Ca utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se podloge nisu statistički razlikovale na tretmanu biougļjen + UREA.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ veća koncentracija utvrđena je na tretmanima biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva u odnosu na tretman kontrola, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao. Na podlozi 420A veća koncentracija Ca utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretman biougļjen + UREA, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Veća koncentracija Ca utvrđena je na podlozi SO₄ na tretmanima biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale. U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija Ca utvrđena je na tretmanima kontrola i biougļjen u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se tretmani biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali od tretmana biougļjen. Na podlozi 420A, veća koncentracija Ca utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretmane biougļjen i biougļjen + UREA, dok se vrijednosti tretmana kontrola i organsko gnojivo nisu statistički razlikovale. Veća koncentracija Ca utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

Tablica 26. Udio kalcija u listu (Ca g/kg) vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

2021.					2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Ca g/kg				Ca g/kg			
SO4	22,5 ± 0,6 a	29 ± 0,6 a	34,8 ± 0,8 a	35,7 ± 0,8	19,7 ± 0,5 a	24,8 ± 0,2 a	38,9 ± 1 a	35,7 ± 0,8 a
420A	19,1 ± 0,4 b	27,1 ± 0,8 b	32,2 ± 0,9 b	35,3 ± 0,6	17,4 ± 0,3 b	21,6 ± 0,3 b	31,1 ± 0,7 b	33,3 ± 0,9 b
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	***	***	***	**
Gnojdbeni tretman								
K	19,9 ± 0,9 cb	27,7 ± 1,1 b	32,2 ± 1,4 b	35,4 ± 0,8 b	16,8 ± 0,6 c	23,2 ± 0,6 a	31,5 ± 1 a	37 ± 1,1 a
B	23 ± 0,9 a	30,5 ± 0,6 a	32,8 ± 1,7 b	39,4 ± 0,9 a	18,4 ± 0,4 b	23,6 ± 1,2 a	36,6 ± 1,8 b	34,2 ± 1,5 ab
BU	20,9 ± 0,2 b	30,5 ± 0,4 a	33,1 ± 1 b	35,3 ± 0,2 b	18,4 ± 0,3 b	23,7 ± 0,3 a	34,1 ± 3,2 ab	32,7 ± 1,4 b
R	19,1 ± 0,3 cb	27,3 ± 0,4 b	32,2 ± 1,1 b	34 ± 0,2 b	19,5 ± 0,8 ab	23,5 ± 0,7 a	37,4 ± 2,4 b	36,5 ± 1,4 a
O	21 ± 1,8 b	24,4 ± 0,9 c	37,2 ± 0,4 a	33,2 ± 1,1 b	19,7 ± 1,2 a	22,1 ± 0,9 b	35,4 ± 1,1 b	31,9 ± 0,6 b
p - vrijednost	***	***	n.s.	***	***	***	**	***
Podloga × tretman								
SO4 × K	21,8 ± 0,6 b	30 ± 0,5 abc	35,2 ± 0,1 ab	36,1 ± 1,7	18 ± 0,6 b	24,5 ± 0,1 bc	33,8 ± 0,2 bc	38,4 ± 0,5 a
SO4 × B	24,9 ± 0,6 a	31,7 ± 0,2 a	36,5 ± 1 ab	40,9 ± 0,9	18,5 ± 0,5 b	26,2 ± 0,2 a	40,5 ± 1,3 a	37,5 ± 0,1 a
SO4 × BU	20,9 ± 0,2 bc	30,3 ± 0,4 ab	33,3 ± 1,3 abc	35,2 ± 0,2	18,5 ± 0,2 b	24,3 ± 0,3 bc	41,1 ± 0,9 a	35,7 ± 0,5 ab
SO4 × R	19,6 ± 0,2 cd	27,1 ± 0,9 cd	30,9 ± 1,5 cb	33,7 ± 0,1	21,2 ± 0,4 a	25 ± 0,3 ab	41,7 ± 3 a	35,8 ± 2,6 ab
SO4 × O	25,1 ± 0,3 a	26,1 ± 1,2 d	37,9 ± 0,2 a	32,6 ± 0,1	22,4 ± 0,1 a	24,1 ± 0,1 bc	37,3 ± 1,6 ab	30,9 ± 0,8 bc
420A × K	18 ± 0,2 de	25,4 ± 0,2 de	29,1 ± 0,1 c	34,8 ± 0,3	15,6 ± 0 b	21,9 ± 0,1 de	29,3 ± 0,3 cd	35,7 ± 2 ab
420A × B	21 ± 0,2 bc	29,3 ± 0,4 abc	29,1 ± 0,1 c	37,9 ± 1	18,3 ± 0,6 b	20,9 ± 0,1 ef	32,7 ± 0,3 bcd	30,9 ± 0,2 bc
420A × BU	20,8 ± 0,4 bc	30,8 ± 0,7 a	33 ± 1,7 abc	35,4 ± 0,5	18,3 ± 0,7 b	23,1 ± 0,4 cd	27,1 ± 0,9 d	29,6 ± 0,1 c
420A × R	18,6 ± 0,4 de	27,5 ± 0 bcd	33,5 ± 1,3 abc	34,3 ± 0,1	17,8 ± 0,4 b	22 ± 0,4 de	33,1 ± 0,9 bcd	37,3 ± 1,5 a
420A × O	16,9 ± 0,3 e	22,7 ± 0,2 e	36,6 ± 0,6 a	33,9 ± 2,3	17,1 ± 0,1 bc	20,1 ± 0,5 f	33,5 ± 0,4 bc	32,9 ± 0,2 abc
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	***	***	**	**

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio kalija u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojdbenih tretmana za udio kalija u lišću vinove loze (Tablica 27.).

U fenofazi 19, za koncentraciju kalija na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na podlozi 420A veća koncentracija kalija utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman kontrola nije statistički razlikovao od ostalih tretmana. Također, na tretmanu biougļjen + UREA utvrđena je veća koncentracija kalija na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veća koncentracija kalija utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana za koncentraciju kalija. Veća koncentracija kalija utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA, dok na ostalim tretmanima nije bilo statistički značajne razlike između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija kalija utvrđena je na tretmanima biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija kalija utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na ostale tretmane. Veća koncentracija kalija utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA, dok je suprotno utvrđeno na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veće koncentracije kalija utvrđene su na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na tretmane biougļjen i biougļjen + UREA, dok je tretman kontrola nije se statistički razlikovao. Na podlozi 420A, veća koncentracija kalija utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok su tretmani biougļjen i biougļjen + UREA nisu se statistički razlikovali. Veće koncentracije kalija na podlozi SO₄ u odnosu na 420A utvrđene su na tretmanima kontrola, biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je tretman biougļjen bio statistički usporediv između podloga.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za koncentraciju kalija u lišću vinove loze (Tablica 27.). U fenofazi 35 također je zabilježena statistički značajna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana (Tablica 27.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija K utvrđena je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija K utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na ostale tretmane. Podloga SO₄ imala je više koncentracije kalija u odnosu na 420A na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu biougļjen. Kod ostalih tretmana podloge nisu se statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veća koncentracija K utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija K utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Veće koncentracije K utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se podloge nisu statistički razlikovale na tretmanima kontrola i biougļjen.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ veća koncentracija kalija utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao s tretmanom kontrola. Na podlozi 420A veća koncentracija K utvrđena je na tretmanima kontrola i biougļjen u odnosu na ostale tretmane. Veća koncentracija K utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija kalija utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i malčirana rozgva, dok se tretman biougļjen + UREA nije statistički razlikovao od tretmana organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veća koncentracija K utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na ostale tretmane. Utvrđena je veća koncentracija K na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanu biougļjen, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu biougļjen + UREA i organsko gnojivo. Kod ostalih tretmana podloge se nisu statistički razlikovale.

Tablica 27. Udio kalija (K g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	K g/kg				K g/kg			
SO4	4,79 ± 0,1 b	4,55 ± 0 a	4 ± 0,13 b	7,93 ± 0,13 a	6,81 ± 0,23 a	5,17 ± 0,11 a	4,73 ± 0,14 a	4,53 ± 0,06 a
420A	5,51 ± 0,4 a	3,39 ± 0 b	4,36 ± 0,26 a	6,43 ± 0,12 b	6,32 ± 0,18 b	5,04 ± 0,07 b	4,01 ± 0,17 b	4,32 ± 0,09 b
p - vrijednost	*	***	***	***	***	*	***	***
Gnojdbeni tretman								
K	5,01 ± 0,5 ab	4,03 ± 0 b	3,53 ± 0,07 c	7,49 ± 0,26 a	5,77 ± 0,09 c	4,86 ± 0,09 c	5,13 ± 0,11 a	4,42 ± 0,09 ab
B	4,67 ± 0,2 b	3,78 ± 0 b	3,95 ± 0,23 b	7,12 ± 0,15 ab	7,01 ± 0,33 a	4,9 ± 0,03 bc	4,62 ± 0,06 b	4,54 ± 0,15 a
BU	6,27 ± 0,7 a	3,81 ± 0 b	4,18 ± 0,15 b	6,87 ± 0,27 b	6,33 ± 0,09 b	5,27 ± 0,1 a	3,8 ± 0,08 c	4,23 ± 0,16 b
R	4,84 ± 0,2 b	4,52 ± 1 a	4,6 ± 0,56 a	7,08 ± 0,55 ab	6,81 ± 0,46 ab	5,36 ± 0,21 a	3,96 ± 0,36 c	4,36 ± 0,06 ab
O	4,95 ± 0,2 ab	3,69 ± 0 b	4,63 ± 0,27 a	7,35 ± 0,52 a	6,92 ± 0,32 a	5,14 ± 0,14 ab	4,34 ± 0,3 b	4,58 ± 0,16 a
p - vrijednost	*	***	***	***	***	***	***	**
Podloga × tretman								
SO4 × K	4 ± 0,2 b	4,32 ± 0 bc	3,59 ± 0,14 ef	8,06 ± 0,11 ab	5,69 ± 0,12 c	4,66 ± 0,04 d	5,37 ± 0,08 a	4,46 ± 0,03 c
SO4 × B	5,03 ± 0,1 b	4,49 ± 0 c	4,46 ± 0,07 c	7,38 ± 0,21 bc	6,41 ± 0,37 bc	4,95 ± 0,05 d	4,63 ± 0,11 b	4,22 ± 0,09 cd
SO4 × BU	5,1 ± 0 b	4,33 ± 0 bc	4,51 ± 0,03 c	7,42 ± 0,1 bc	6,5 ± 0,03 b	5,06 ± 0,08 cd	3,96 ± 0,05 c	4,58 ± 0,03 abc
SO4 × R	4,52 ± 0 b	5,76 ± 0 a	3,35 ± 0,02 f	8,29 ± 0,13 a	7,82 ± 0,15 a	5,82 ± 0,11 a	4,71 ± 0,27 b	4,49 ± 0,02 bc
SO4 × O	5,29 ± 0,1 ab	3,84 ± 0 bcd	4,06 ± 0,09 cd	8,51 ± 0,09 a	7,65 ± 0,03 a	5,37 ± 0,09 bc	5 ± 0,13 ab	4,92 ± 0,05 a
420A × K	6,03 ± 0,6 ab	3,75 ± 0 cde	3,48 ± 0,01 ef	6,91 ± 0,07 cd	5,85 ± 0,15 bc	5,06 ± 0,04 cd	4,89 ± 0,02 ab	4,38 ± 0,19 c
420A × B	4,3 ± 0 b	3,07 ± 0 e	3,45 ± 0,01 ef	6,86 ± 0,03 cde	7,6 ± 0,2 a	4,86 ± 0,01 d	4,62 ± 0,07 b	4,87 ± 0,05 ab
420A × BU	7,45 ± 1,2 a	3,29 ± 0 de	3,84 ± 0,05 de	6,32 ± 0,25 def	6,16 ± 0,08 bc	5,49 ± 0,05 ab	3,63 ± 0,05 cd	3,88 ± 0,02 d
420A × *R	5,17 ± 0,2 b	3,28 ± 0 de	5,85 ± 0,15 a	5,88 ± 0,1 f	5,8 ± 0,09 bc	4,9 ± 0,03 d	3,22 ± 0,09 d	4,23 ± 0,05 cd
420A × O	4,62 ± 0,3 b	3,54 ± 0 de	5,2 ± 0,14 b	6,2 ± 0,1 ef	6,2 ± 0,05 bc	4,91 ± 0,18 d	3,67 ± 0,05 cd	4,24 ± 0,04 cd
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	***	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biouglijen, BU – biouglijen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio magnezija u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio magnezija u lišću vinove loze (Tablica 28.). U fenofazi 35 zabilježena je statistički značajna razlika između gnojidbenih tretmana za koncentraciju magnezija (Tablica 28.).

U fenofazi 19, Za koncentraciju magnezija na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na podlozi 420A veća koncentracija magnezija utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i organsko gnojivo, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao od tretmana biougļjen + UREA. Također, na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva utvrđena je veća koncentracija magnezija na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, dok je na tretmanu kontrola veća koncentracija magnezija utvrđena na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A. Kod ostalih tretmana sadržaj magnezija nije se statistički razlikovao između podloga.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veća koncentracija utvrđena je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A veća koncentracija magnezija utvrđena je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Utvrđena je veća koncentracija magnezija na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na svim tretmanima osim kontrola, gdje razlika nije bila statistički značajna.

U fenofazi 35, Na tretmanu biougļjen utvrđene su veće koncentracije Mg u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretmani kontrola i biougļjen + UREA nisu statistički značajno razlikovali s tretmanom biougļjen. Koncentracija Mg u lišću nisu se statistički razlikovale između podloga.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veće koncentracije magnezija utvrđene su na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane kontrola i malčirana rozgva, dok su tretmani biougļjen + UREA i organsko gnojivo nisu se statistički razlikovali od tretmana biougļjen. Na podlozi 420A, najveća koncentracija magnezija utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo, zatim slijede tretmani biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok je na tretmanu kontrola utvrđena najniža koncentracija. Utvrđene su veće koncentracije magnezija na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok su ostali tretmani bili statistički usporedivi između podloga.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio magnezija u lišću vinove loze (Tablica 28.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija Mg utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen + UREA, dok se tretmani biougļjen i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali od tretmana organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veća koncentracija Mg utvrđena je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo. Veća koncentracija Mg utvrđena je na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA, dok je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo utvrđeno suprotno. Na tretmanu kontrola, podloge nisu se statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, niža koncentracija Mg u lišću utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija Mg utvrđena je na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola i organsko gnojivo, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao od tretmana biougļjen + UREA. Nije utvrđena statistički značajna razlika u koncentraciji Mg u lišću između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ veće koncentracije utvrđene su na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane, osim tretmana biougļjen koji se nije statistički razlikovao. Na podlozi 420A veće koncentracije Mg utvrđene su na tretmanu biougļjen u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok su ostali tretmani nisu se statistički razlikovali. Veća koncentracija Mg utvrđena je na podlozi SO₄ na tretmanu kontrola, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veći udio Mg utvrđen je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretmani kontrola i biougļjen + UREA nisu statistički razlikovali od tretmana biougļjen. Na podlozi 420A, veći udio Mg utvrđen je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola i organsko gnojivo, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao od ostalih tretmana. Utvrđena je veća koncentracija Mg u lišću podloge 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

Tablica 28. Udio magnezija (Mg g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Mg g/kg				Mg g/kg			
SO4	2,03 ± 0	2,89 ± 0 b	3,09 ± 0,06	2,94 ± 0,04 b	2,03 ± 0,06 a	2,35 ± 0,05	2,88 ± 0,08 b	2,53 ± 0,03 b
420A	2,04 ± 0	3,2 ± 0 a	3,3 ± 0,07	3,31 ± 0,08 a	1,96 ± 0,08 b	2,34 ± 0,04	2,92 ± 0,06 a	2,73 ± 0,05 a
p - vrijednost	n.s.	***	n.s.	***	**	n.s.	n.s.	***
Gnojidbeni tretman								
K	1,93 ± 0,1c	3,07 ± 0 b	3,35 ± 0,04 ab	2,86 ± 0,06 c	1,66 ± 0,03 d	2,15 ± 0,04 c	3,03 ± 0,11 ab	2,56 ± 0,05 b
B	1,96 ± 0 c	3,19 ± 0 ab	3,36 ± 0,08 a	3,25 ± 0,05 ab	2,25 ± 0,07 a	2,31 ± 0,02 b	3,16 ± 0,05 a	2,8 ± 0,04 a
BU	2,15 ± 0 a	3,27 ± 0 a	3,28 ± 0,06 ab	3,1 ± 0,07 b	2,06 ± 0,07 b	2,52 ± 0,04 a	2,92 ± 0,08 ab	2,78 ± 0,09 a
R	2,07 ± 0 b	2,87 ± 0 c	2,74 ± 0,03 c	3,06 ± 0,1 b	1,88 ± 0,12 c	2,51 ± 0,03 a	2,61 ± 0,11 c	2,54 ± 0,07 b
O	2,06 ± 0 b	2,82 ± 0 c	3,23 ± 0,06 b	3,34 ± 0,21 a	2,12 ± 0,07 b	2,27 ± 0,05 b	2,77 ± 0,04 bc	2,47 ± 0,04 b
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	***	***
Podloga × tretman								
SO4×K	2,07 ± 0,1 bc	3,09 ± 0 b	3,26 ± 0,03	2,81 ± 0,11 e	1,7 ± 0,03 e	2,06 ± 0,02 d	3,27 ± 0,05 a	2,53 ± 0,02 cd
SO4×B	1,99 ± 0 cd	2,99 ± 0 b	3,21 ± 0,08	3,19 ± 0,09 bcd	2,14 ± 0,1 bc	2,35 ± 0,02 bc	3,1 ± 0,07 abc	2,71 ± 0 bc
SO4×BU	2,06 ± 0 bc	3,11 ± 0 b	3,15 ± 0,03	2,96 ± 0,04 cde	1,91 ± 0,03 d	2,45 ± 0,04 ab	2,8 ± 0,04 bcd	2,59 ± 0,01 cd
SO4×R	2,01 ± 0 dc	2,57 ± 0 c	2,69 ± 0,01	2,84 ± 0,02 e	2,14 ± 0,04 bc	2,58 ± 0,02 ab	2,52 ± 0,19 d	2,39 ± 0,03 d
SO4×O	2,02 ± 0 dc	2,69 ± 0 c	3,12 ± 0,04	2,89 ± 0,02 de	2,27 ± 0,01 ab	2,33 ± 0,02 bc	2,7 ± 0,04 cd	2,41 ± 0,06 d
420A×K	1,8 ± 0 e	3,05 ± 0 b	3,44 ± 0,02	2,92 ± 0,03 de	1,62 ± 0,03 e	2,23 ± 0,02 cd	2,79 ± 0,01 bcd	2,58 ± 0,12 cd
420A×B	1,92 ± 0 dc	3,39 ± 0 a	3,51 ± 0,01	3,3 ± 0,07 b	2,36 ± 0,04 a	2,26 ± 0,02 bc	3,22 ± 0,06 ab	2,89 ± 0,03 ab
420A×BU	2,24 ± 0 a	3,44 ± 0 a	3,4 ± 0,04	3,25 ± 0,02 bc	2,2 ± 0,01 ab	2,58 ± 0,02 a	3,05 ± 0,13 abc	2,97 ± 0 ab
420A×R	2,14 ± 0 ab	3,17 ± 0 b	2,79 ± 0,05	3,28 ± 0,01 b	1,63 ± 0,04 e	2,44 ± 0,01 ab	2,69 ± 0,12 cd	2,68 ± 0,04 bc
420A×O	2,1 ± 0 bc	2,96 ± 0 b	3,35 ± 0,06	3,79 ± 0,11 a	1,98 ± 0,02 cd	2,21 ± 0,1 cd	2,84 ± 0,02 abcd	2,53 ± 0,01 cd
p - vrijednost	***	***	n.s.	***	***	***	**	**

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio fosfora u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio fosfora u lišću vinove loze (Tablica 29.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija fosfora utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola, biougljen, biougljen + UREA i organsko gnojivo. Na podlozi 420A veća koncentracija fosfora utvrđena je na tretmanima biougljen + UREA i malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola, biougljen i organsko gnojivo. Također, na tretmanu biougljen + UREA utvrđena je veća koncentracija fosfora na podlozi 420A u odnosu na istovjetni tretman na podlozi SO₄, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na podlozi 420A veća koncentracija fosfora utvrđena je na tretmanima kontrola i biougljen u odnosu na ostale tretmane. Veće koncentracije fosfora utvrđene su na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄ na tretmanima kontrola, biougljen i malčirana rozgva, dok se ostali tretmani nisu statistički značajno razlikovali između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija utvrđena je na tretmanu biougljen u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija fosfora utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva, a zatim redom na tretmanima biougljen, biougljen + UREA, dok su niže koncentracije zabilježene na tretmanima kontrola i organsko gnojivo. Veća koncentracija fosfora utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougljen i organsko gnojivo, dok je suprotno utvrđeno na tretmanima kontrola i malčirana rozgva.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veća koncentracija fosfora utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok su ostali tretmani nisu se statistički razlikovali od tretmana kontrola. Na podlozi 420A, veća koncentracija fosfora utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane biougljen + UREA i malčirana rozgva, dok su tretmani kontrola i biougljen bili statistički usporedivi s tretmanom organsko gnojivo. Koncentracija fosfora u lišću nije se statistički razlikovala između podloga.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za koncentraciju fosfora u lišću vinove loze (Tablica 29.). Osim toga, u fenofazi 35 utvrđena je statistički značajna razlika između podloga i gnojidbenih tretmana za koncentraciju fosfora (Tablica 29.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija P utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija P također je utvrđena na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na svim istraživanim tretmanima, podloga 420A imala je višu koncentraciju fosfora u lišću u odnosu na podlogu SO₄.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veće koncentracije P utvrđene su na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veće koncentracije P utvrđene su na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok su ostali tretmani imali koncentracije koje se nisu statistički razlikovale. Veće koncentracije P utvrđene su u lišću podloge SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok na tretmanu malčirana rozgva podloge se nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 35, utvrđena je veća koncentracija fosfora na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A. Na tretmanima kontrola i organsko gnojivo zabilježena je veća koncentracija fosfora u poređenju s tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva. Tretmani kontrola i biougļjen nisu se statistički razlikovali u pogledu koncentracije fosfora.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija P utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane biougļjen i malčirana rozgva, dok se tretmani kontrola i biougļjen + UREA nisu statistički razlikovali od tretmana organsko gnojivo. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana za koncentraciju P. Veća koncentracija P utvrđena je na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanu biougļjen, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

Tablica 29. Udio fosfora (P g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	P g/kg				P g/kg			
SO4	4,2 ± 0,1	3,16 ± 0 b	2,88 ± 0,1	2,41 ± 0,03 a	3,65 ± 0,06 a	3,05 ± 0,04 b	2,4 ± 0,03 a	2,23 ± 0,03 b
420A	4,46 ± 0,1	3,34 ± 0,1 a	2,92 ± 0,12	2,33 ± 0,03 b	4,19 ± 0,12 b	3,27 ± 0,03 a	2,25 ± 0,02 b	2,36 ± 0,02 a
p - vrijednost	***	***	n.s.	**	***	***	***	***
Gnojdbeni tretman								
K	4,21 ± 0,1 bc	3,53 ± 0,2 a	3,02 ± 0,13 b	2,44 ± 0,06 b	3,49 ± 0,06 e	3,18 ± 0,06	2,37 ± 0,04 a	2,36 ± 0,05 a
B	3,87 ± 0 d	3,42 ± 0,2 a	3,32 ± 0,12 a	2,42 ± 0,02 b	4,08 ± 0,18 b	3,15 ± 0,04	2,34 ± 0,06 ab	2,24 ± 0,06 bc
BU	4,52 ± 0,2 b	3,04 ± 0 b	2,64 ± 0,03 c	2,27 ± 0,06 a	3,94 ± 0,12 c	3,17 ± 0,05	2,24 ± 0,03 b	2,34 ± 0,04 ab
R	4,98 ± 0,2 a	3,16 ± 0,1 b	2,95 ± 0,21 b	2,27 ± 0,02 a	3,63 ± 0,07 d	3,2 ± 0,03	2,23 ± 0,06 b	2,22 ± 0,04 c
O	4,08 ± 0,1 cd	3,1 ± 0 b	2,56 ± 0,16 c	2,45 ± 0,03 b	4,45 ± 0,19 a	3,1 ± 0,13	2,44 ± 0,04 a	2,32 ± 0,02 abc
p - vrijednost	***	***	***	***	***	n.s.	***	**
Podloga × tretman								
SO4×K	4,12 ± 0,1 c	3,08 ± 0 cd	2,74 ± 0,08 de	2,53 ± 0,1 a	3,36 ± 0,02 f	3,03 ± 0,02 d	2,46 ± 0,01	2,29 ± 0,03 ab
SO4×B	3,93 ± 0 c	3,07 ± 0 cd	3,57 ± 0,08 a	2,47 ± 0,03 ab	3,69 ± 0,05 d	3,07 ± 0,02 cd	2,43 ± 0,07	2,1 ± 0,01 c
SO4×BU	4,18 ± 0,1 c	3,07 ± 0 cd	2,69 ± 0,03 de	2,38 ± 0,09 abc	3,67 ± 0,02 de	3,07 ± 0,02 cd	2,24 ± 0,02	2,26 ± 0,01 abc
SO4×R	4,73 ± 0,1 ab	3,41 ± 0,1 bc	2,48 ± 0,09 ef	2,26 ± 0,02 bc	3,49 ± 0,05 ef	3,26 ± 0,03 ab	2,34 ± 0,07	2,15 ± 0,04 bc
SO4×O	4,06 ± 0,1 c	3,17 ± 0 cd	2,91 ± 0,11 cd	2,4 ± 0,03 ab	4,04 ± 0,04 c	2,82 ± 0,05 e	2,52 ± 0,03	2,34 ± 0,03 a
420A×K	4,29 ± 0 bc	3,99 ± 0,1 a	3,31 ± 0,02 ab	2,35 ± 0,02 abc	3,63 ± 0,02 de	3,32 ± 0,03 ab	2,27 ± 0,01	2,42 ± 0,1 a
420A×B	3,81 ± 0,1 c	3,78 ± 0,2 ab	3,07 ± 0,02 bc	2,38 ± 0,01 abc	4,48 ± 0,06 b	3,24 ± 0,03 abc	2,25 ± 0,03	2,38 ± 0,02 a
420A×BU	4,85 ± 0,2 a	3 ± 0 d	2,58 ± 0,03 e	2,16 ± 0,02 c	4,2 ± 0,01 c	3,27 ± 0,02 ab	2,24 ± 0,05	2,42 ± 0,02 a
420A×R	5,24 ± 0,2 a	2,92 ± 0 d	3,42 ± 0,04 a	2,27 ± 0,03 bc	3,78 ± 0,05 d	3,14 ± 0,02 bcd	2,12 ± 0,02	2,29 ± 0,03 abc
420A×O	4,1 ± 0,1 c	3,03 ± 0 cd	2,21 ± 0,03 f	2,51 ± 0,01 a	4,86 ± 0,03 a	3,39 ± 0,08 a	2,36 ± 0,01	2,29 ± 0,02 ab
p - vrijednost	**	***	***	*	***	***	n.s.	**

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio sumpora u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19 i 35, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio sumpora u lišću vinove loze (Tablica 30.). U fenofazi 38 zabilježena je i statistički značajna razlika između gnojidbenih tretmana za koncentraciju sumpora, dok u fenofazi 27 nije utvrđena statistički značajna razlika za sumpor u odnosu na ispitivane faktore (Tablica 30.).

U fenofazi 19 za koncentraciju sumpora na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na podlozi 420A veća koncentracija sumpora utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i organsko gnojivo, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao od tretmana biougļjen + UREA. Također, na tretmanu kontrola veća koncentracija sumpora utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na istovjetni tretman na podlozi 420A, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 35 Za sumpor (S), na podlozi SO₄, veća koncentracija utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok su ostali tretmani nisu se statistički razlikovali. Na podlozi 420A, nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Nije utvrđena značajne statistička razlike u koncentraciji sumpora u lišću između podloga.

U fenofazi 38, sumpor (S), na tretmanu biougļjen utvrđene su veće koncentracije u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman biougļjen + UREA nije se statistički razlikovao od tretmana biougļjen.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za koncentraciju sumpora u lišću vinove loze (Tablica 30.). Također, u fenofazi 35 zabilježena je statistički značajna razlika između podloga i gnojidbenih tretmana za koncentraciju sumpora (Tablica 30.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄, veća koncentracija S utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija S utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao od tretmana organsko gnojivo. Veća koncentracija sumpora utvrđena je na podlozi 420A u odnosu

na SO₄ na tretmanima biougljen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je na tretmanu biougljen + UREA utvrđeno suprotno.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, veće koncentracije S utvrđene su na tretmanima kontrola, biougljen i biougljen + UREA u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo. Na podlozi 420A, niža koncentracija S utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na ostale istraživane tretmane. Veća koncentracija S utvrđena je u lišću podloge SO₄ u odnosu na podlogu 420A na tretmanu kontrola, dok je na tretmanu organsko gnojivo utvrđeno suprotno. Koncentracija S u lišću nije se statistički razlikovala između podloga na ostalim tretmanima.

U fenofazi 35, utvrđena je veća koncentracija sumpora na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A. Tretman biougljen + UREA imao je nižu koncentraciju sumpora u odnosu na sve ostale tretmane.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija S utvrđena je na tretmanima kontrola i biougljen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana za koncentraciju S. Veća koncentracija S u lišću utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola i biougljen + UREA, dok je na tretmanu malčirana rozgva utvrđeno suprotno. Nije bilo razlike u koncentraciji S u lišću između podloga kod ostalih tretmana.

Tablica 30. Udio sumpora (S g/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	S g/kg				S g/kg			
SO4	2,18 ± 0 a	2,32 ± 0,1	2,73 ± 0,1 a	2,43 ± 0,1	2,41 ± 0,04 b	2,04 ± 0,02	1,87 ± 0,03 a	1,71 ± 0,02
420A	2,09 ± 0,1 b	2,3 ± 0,1	2,33 ± 0,1 b	2,39 ± 0,1	2,51 ± 0,03 a	2,03 ± 0,02	1,77 ± 0,02 b	1,71 ± 0,01
p - vrijednost	*	n.s.	***	n.s.	***	n.s.	***	n.s.
Gnojidbeni tretman								
K	2,01 ± 0,1 b	2,37 ± 0,1	2,59 ± 0,2 ab	2,25 ± 0,1 bc	2,46 ± 0,02 bc	2,07 ± 0,03 a	1,67 ± 0,02 b	1,76 ± 0,03 a
B	2,12 ± 0,1 ab	2,35 ± 0,1	2,82 ± 0,2 a	2,79 ± 0,13 a	2,34 ± 0,04 d	2,06 ± 0,01 a	1,82 ± 0,03 a	1,68 ± 0,02 cd
BU	2,31 ± 0,1 a	2,25 ± 0,1	2,59 ± 0,1 ab	2,67 ± 0,11 ab	2,52 ± 0,05 ab	2,09 ± 0,01 a	1,91 ± 0,05 a	1,75 ± 0,02 ab
R	2,2 ± 0 ab	2,51 ± 0,1	2,27 ± 0,1 b	2,27 ± 0,15 bc	2,41 ± 0,08 cd	1,94 ± 0,02 c	1,86 ± 0,03 a	1,64 ± 0,02 d
O	2,04 ± 0 b	2,08 ± 0	2,38 ± 0,2 ab	2,07 ± 0,08 c	2,57 ± 0,04 a	2 ± 0,04 b	1,83 ± 0,02 a	1,71 ± 0,01 bc
p - vrijednost	**	n.s.	**	**	***	***	***	***
Podloga × tretman								
SO4×K	2,18 ± 0 ab	2,62 ± 0,2	2,91 ± 0,2 ab	2,24 ± 0,06	2,46 ± 0,04 bc	2,13 ± 0,01 a	1,71 ± 0,01 cd	1,81 ± 0,01 a
SO4×B	2,25 ± 0 ab	2,33 ± 0	3,18 ± 0 a	2,84 ± 0,28	2,26 ± 0,04 d	2,06 ± 0,01 bc	1,86 ± 0,06 abc	1,65 ± 0,01 cd
SO4×BU	2,19 ± 0 ab	2,06 ± 0	2,44 ± 0 abc	2,57 ± 0,22	2,63 ± 0,03 a	2,12 ± 0,01 ab	2,01 ± 0,02 a	1,8 ± 0 a
SO4×R	2,21 ± 0 ab	2,54 ± 0,2	2,39 ± 0,2 bc	2,46 ± 0,2	2,23 ± 0,04 d	1,97 ± 0 de	1,91 ± 0,04 ab	1,6 ± 0,02 d
SO4×O	2,06 ± 0 bc	2,07 ± 0	2,72 ± 0,2 abc	2,02 ± 0,02	2,49 ± 0,01 bc	1,91 ± 0,01 e	1,85 ± 0,02 abc	1,68 ± 0,01 bc
420A×K	1,85 ± 0 c	2,13 ± 0	2,26 ± 0,2 bc	2,26 ± 0,22	2,47 ± 0,03 bc	2,01 ± 0,01 cd	1,62 ± 0 d	1,72 ± 0,04 bc
420A×B	1,99 ± 0 bc	2,37 ± 0,2	2,46 ± 0,2 abc	2,74 ± 0,03	2,42 ± 0,01 c	2,06 ± 0,01 bc	1,78 ± 0,02 bcd	1,71 ± 0,01 bc
420A×BU	2,42 ± 0,2 a	2,44 ± 0,2	2,75 ± 0 abc	2,76 ± 0,02	2,42 ± 0,02 c	2,06 ± 0,01 bc	1,82 ± 0,04 bc	1,71 ± 0,01 bc
420A×R	2,18 ± 0 ab	2,48 ± 0,2	2,15 ± 0 c	2,08 ± 0,17	2,58 ± 0,01 ab	1,9 ± 0,01 e	1,82 ± 0,05 bc	1,68 ± 0,01 bc
420A×O	2,03 ± 0 bc	2,09 ± 0	2,04 ± 0 c	2,13 ± 0,17	2,65 ± 0,01 a	2,09 ± 0,03 ab	1,81 ± 0,02 bc	1,73 ± 0 ab
p - vrijednost	**	n.s.	**	n.s.	***	***	n.s.	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio bora u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio bora u lišću vinove loze (Tablica 31.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija bora utvrđena je na tretmanima biougljen + UREA i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougljen i malčirana rozgva. Na podlozi 420A veća koncentracija bora utvrđena je na tretmanima biougljen, biougljen + UREA i malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola i organsko gnojivo. Utvrđena je veća koncentracija bora na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, neovisno o primijenjenom tretmanu.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, najveća koncentracija bora utvrđena je na tretmanu biougljen + UREA, a zatim slijede tretmani kontrola, biougljen i malčirana rozgva, dok je niža koncentracija zabilježena na tretmanu organsko gnojivo. Na podlozi 420A, najveće koncentracije bora utvrđene su na tretmanima biougljen i malčirana rozgva, zatim slijede kontrola i biougljen + UREA, a najniža koncentracija utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo. Veće koncentracije bora utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A u svim istraživanim tretmanima.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, niža koncentracija bora utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Veća koncentracija bora utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A na tretmanima kontrola, biougljen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se podloge nisu statistički razlikovale na tretmanu biougljen + UREA.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veća koncentracija bora utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija bora utvrđena je na tretmanima kontrola i biougljen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Podloga SO₄ imala je veću koncentraciju bora u odnosu na 420A u svim istraživanim tretmanima.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio bora u lišću vinove loze (Tablica 31.). U fenofazi 27 zabilježena je statistički značajna razlika u koncentraciji bora između podloga SO₄ i 420A, kao i između istraživanih gnojidbenih tretmana (Tablica 31.).

U fenofazi 19, na podlozi SO4 za koncentraciju bora nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na podlozi 420A, veća koncentracija bora utvrđena je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na tretman kontrola, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Veća koncentracija bora u lišću utvrđena je na podlozi SO4 u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougljen i malčirana rozgva, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO4 utvrđena je veća koncentracija u odnosu na podlogu 420A, bez obzira na tretman. Istovremeno, utvrđene su veće koncentracije B na tretmanu kontrola u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se tretmani biougljen, biougljen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali.

U fenofazi 35, na podlozi SO4 veća koncentracija B utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane biougljen, biougljen + UREA i organsko gnojivo, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao s tretmanom kontrola. Na podlozi 420A, veća koncentracija B utvrđena je na tretmanima biougljen i biougljen + UREA u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman kontrola nije statistički razlikovao. Podloga SO4 imala je veću koncentraciju B u odnosu na podlogu 420A pri svim tretmanima.

U fenofazi 38, na podlozi SO4 nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana za koncentraciju B. Na podlozi 420A, veća koncentracija B utvrđena je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Utvrđena je veća koncentracija B na podlozi SO4 u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougljen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok na tretmanu biougljen + UREA nije utvrđena statistički značajna razlike između podloga.

Tablica 31. Udio bora (B mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	B mg/kg				B mg/kg			
SO4	73,6 ± 0,8 a	83,5 ± 1 a	66,3 ± 2 a	59,1 ± 0,6 a	97,8 ± 2 a	121 ± 2 a	70,5 ± 1,3 a	66,4 ± 0,6 a
420A	50,6 ± 1,9 b	61,6 ± 1,4 b	59,6 ± 0,7 b	52,3 ± 0,9 b	77,5 ± 3,1 b	81 ± 2 b	51,4 ± 1,4 b	56,9 ± 1,3 b
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	**	***
Gnojidbeni tretman	***	***	***	***	***	***	**	***
K	60,8 ± 5,4 c	71,3 ± 6,1 b	62,8 ± 1,4 b	59,7 ± 1,4 a	81,3 ± 8,7 b	106 ± 8 a	65,1 ± 5,7 a	60,8 ± 1,7 b
B	63,9 ± 3,5 ab	75,1 ± 3,8 a	61,9 ± 0,8 b	54,2 ± 1,2 c	84,9 ± 4,6 b	101 ± 10 ab	62,1 ± 2,9 ab	59,4 ± 2,2 b
BU	65,5 ± 4,8 a	71,3 ± 7,5 b	62,3 ± 0,6 b	56,5 ± 0,8 b	87,6 ± 1,7 ab	104 ± 7 ab	61,3 ± 2,7 ab	67 ± 0,8 a
R	62,9 ± 3 b	75,7 ± 3,7 a	71,1 ± 4,2 a	53,9 ± 2,3 c	85,7 ± 4,9 b	96 ± 9 ab	58,8 ± 6,4 b	59,7 ± 2,9 b
O	57,4 ± 8,9 d	69,5 ± 3,4 c	56,6 ± 0,8 c	54,1 ± 2,3 c	98,9 ± 6,1 a	96 ± 11 b	57,4 ± 4,7 b	61,2 ± 3,5 b
p - vrijednost	***	***	***	***	**	***	n.s.	***
Podloga × tretman								
SO4 × K	72,8 ± 1,1 b	84,9 ± 0,4 b	65,8 ± 0,4 b	62,8 ± 0,7 a	99,9 ± 5,8 ab	124 ± 2	77,9 ± 0,6 a	64 ± 0,6 a
SO4 × B	71,7 ± 0,9 bc	83,4 ± 0,5 b	63,7 ± 0,6 bc	56,8 ± 0,7 bc	95 ± 1,2 abc	124 ± 1	68,2 ± 1,9 b	64,3 ± 0,3 a
SO4 × BU	76,3 ± 0,2 a	88,1 ± 0,2 a	63,4 ± 0,3 bc	58,1 ± 0,5 b	90,4 ± 2 abcd	121 ± 1	65,9 ± 0,6 b	68,7 ± 0,2 a
SO4 × R	69,6 ± 0,5 c	84 ± 0,2 b	80,5 ± 0,2 a	58,9 ± 0,3 b	96 ± 2,4 ab	116 ± 1	73 ± 2,5 ab	66 ± 1 a
SO4 × O	77,3 ± 0,3 a	77 ± 0,3 c	58,4 ± 0,3 e	59,2 ± 0,4 b	108 ± 3 a	119 ± 9	67,7 ± 1,7 b	68,8 ± 0,8 a
420A × K	48,8 ± 0,2 e	57,6 ± 0,3 f	59,8 ± 1,2 de	56,6 ± 0,5 bc	62,7 ± 1,2 e	88 ± 1	52,3 ± 0,2 cd	57,6 ± 2,1 b
420A × B	56 ± 0,2 d	66,7 ± 1,3 d	60,2 ± 0,1 de	51,7 ± 0,4 d	74,8 ± 0,9 de	79 ± 2	56,1 ± 0,9 c	54,5 ± 0,4 b
420A × BU	54,7 ± 0,2 d	54,5 ± 0,3 g	61,2 ± 0,5 cd	54,9 ± 0,7 c	84,8 ± 1,3 bcd	88 ± 1	56,7 ± 3,9 c	65,3 ± 0,7 a
420A × R	56,1 ± 0,7 d	67,4 ± 0,6 d	61,8 ± 0,6 cd	48,9 ± 0,8 d	75,4 ± 2,5 cde	77 ± 1	44,7 ± 0,3 d	53,4 ± 0,6 b
420A × O	37,6 ± 0,3 f	62 ± 0,2 e	54,9 ± 0,1 f	49,1 ± 0,7 d	89,9 ± 9,8 abcd	73 ± 2	47,1 ± 0,3 d	53,6 ± 2 b
p - vrijednost	***	***	***	***	*	n.s.	**	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biogljjen, BU – biogljjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio mangana u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27 i 35, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio mangana u lišću vinove loze (Tablica 32.). U fenofazi 38 zabilježena je statistički značajna razlika između gnojidbenih tretmana za koncentraciju mangana (Tablica 32.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija mangana utvrđena je na tretmanima biougljen i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i malčirana rozgva, dok je tretman biougljen + UREA imao najnižu koncentraciju navedenog mikroelementa. Na podlozi 420A najveća koncentracija mangana utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva, zatim na tretmanima biougljen + UREA i biougljen, dok su najniže vrijednosti utvrđene na tretmanima kontrola i organsko gnojivo. Na tretmanima kontrola, biougljen i organsko gnojivo veće koncentracije mangana utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na istovjetne tretmane podloge 420A, dok je na tretmanima biougljen + UREA i malčirana rozgva veća koncentracija mangana utvrđena na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, najveća koncentracija utvrđena je na tretmanu biougljen + UREA, zatim slijede biougljen, kontrola, malčirana rozgva, dok je najniža koncentracija utvrđena na tretmanu organsko gnojivo. Na podlozi 420A, najveća koncentracija mangana zabilježena je na tretmanu malčirana rozgva, dok su ostali tretmani imali niže vrijednosti. Veće koncentracije mangana utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A na tretmanima kontrola, biougljen i biougljen + UREA, dok se na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo koncentracije nisu statistički razlikovale između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija utvrđena je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, najveća koncentracija mangana utvrđena je na tretmanu kontrola, a zatim slijede tretmani biougljen, biougljen + UREA, te s najnižim koncentracijama malčirana rozgva i organsko gnojivo. Lišće na podlozi SO₄ imalo je veću koncentraciju mangana u odnosu na podlogu 420A pri svim istraživanim tretmanima.

U fenofazi 38, na tretmanu kontrola utvrđena je veća koncentracija u odnosu na tretmane biougljen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman biougljen + UREA nije statistički razlikovao sa tretmanom kontrola.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio mangana u lišću vinove loze (Tablica 32.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄, najveća koncentracija Mn utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo, zatim slijede tretmani biougļjen i malčirana rozgva, potom kontrola, te s najnižom koncentracijom biougļjen + UREA. Na podlozi 420A, najveća koncentracija Mn utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA, zatim na tretmanima biougļjen, kontrola, organsko gnojivo, te na kraju malčirana rozgva. Veća koncentracija Mn utvrđena je na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA, dok je suprotno utvrđeno na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veće koncentracije mangana utvrđene su na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A niža koncentracija Mn utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Veća koncentracija Mn utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok za tretmane kontrola i biougļjen + UREA vrijednosti se nisu statistički razlikovale između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ veće koncentracije Mn utvrđene su na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao s tretmanom biougļjen. Na podlozi 420A, veća koncentracija Mn utvrđena je na tretmanima biougļjen i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i malčirana rozgva, dok se tretman biougļjen + UREA nije se statistički razlikovao s ostalim tretmanima. Podloga SO₄ imala je veću koncentraciju Mn u lišću od podloge 420A u svim tretmanima.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija Mn utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretmani kontrola i biougļjen nisu statistički razlikovali od tretmana organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veća koncentracija Mn utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Utvrđena je veća koncentracija Mn u lišću podloge 420A u odnosu na SO₄ na tretmanu biougļjen + UREA, dok je na tretmanu organsko gnojivo utvrđeno suprotno. Nije bilo razlike u koncentraciji Mn u lišću između podloga kod ostalih tretmana.

Tablica 32. Udio mangana (Mn mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Mn mg/kg				Mn mg/kg			
SO4	81,6 ± 2,9 b	160 ± 4 a	145 ± 4 a	130 ± 2	87,3 ± 3,1 b	81,5 ± 1 a	88,5 ± 1,4	81,2 ± 0,7 a
420A	89,6 ± 5,1 a	143 ± 1 b	125 ± 2 b	129 ± 2	96,5 ± 2,8 a	77 ± 1,3 b	78,2 ± 1,3	79,4 ± 1,5 b
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	***	***	***	**
Gnojdbeni tretman								
K	74,9 ± 2,5 d	148 ± 3 c	140 ± 2 b	137 ± 4 a	87 ± 2,9 c	78,3 ± 0,9 b	81,1 ± 3 c	81 ± 1,4 ab
B	86,6 ± 3,5 b	154 ± 6 b	137 ± 2 c	124 ± 1 c	97,5 ± 2,6 a	79,8 ± 1,4 b	88,6 ± 3,3 a	81,8 ± 0,3 a
BU	83,5 ± 8,2 c	162 ± 8 a	148 ± 10 a	133 ± 2 ab	92 ± 9,6 b	80 ± 0,8 ab	84,2 ± 1,5 bc	83,7 ± 1,8 a
R	98,3 ± 10,2 a	155 ± 2 b	123 ± 4 e	123 ± 2 c	86 ± 1,4 c	82,4 ± 1,8 a	75,8 ± 2,5 d	76,6 ± 0,4 c
O	84,6 ± 3,7 bc	138 ± 0 d	126 ± 5 d	129 ± 1 bc	97,1 ± 3,5 a	75,7 ± 3,4 c	87 ± 1,8 ab	78,4 ± 2,9 bc
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	***	***
Podloga × tretman								
SO4 × K	80,2 ± 1 d	155 ± 2 cd	144 ± 1 b	137 ± 8 a	80,6 ± 1,2 e	76,7 ± 1,3 d	87,9 ± 0,5 bc	82,8 ± 0,6 bc
SO4 × B	94,3 ± 0,6 c	167 ± 1 b	142 ± 1 bc	126 ± 1 ab	91,6 ± 0,6 cd	83 ± 0,7 ab	95,5 ± 2,4 a	81,5 ± 0 bcd
SO4 × BU	65,1 ± 0,2 e	181 ± 1 a	171 ± 1 a	130 ± 1 ab	70,7 ± 0,7 f	78,8 ± 1 cd	87,5 ± 0,3 bc	79,7 ± 0,2 cde
SO4 × R	75,6 ± 0,2 d	160 ± 1 cd	131 ± 0 f	128 ± 1 ab	88,5 ± 1,8 d	86 ± 1,4 a	80,7 ± 2,5 de	77,3 ± 0,5 de
SO4 × O	92,7 ± 0,2 c	137 ± 1 f	137 ± 1 cd	127 ± 1 ab	105 ± 0,6 b	83,1 ± 0,4 ab	90,9 ± 1,2 ab	84,8 ± 0,4 ab
420A × K	69,5 ± 1,6 e	141 ± 0 ef	136 ± 2 de	138 ± 1 a	93,3 ± 0,3 c	79,9 ± 0,3 bcd	74,3 ± 0,1 ef	79,3 ± 2,7 cde
420A × B	79 ± 1,3 d	142 ± 1 ef	132 ± 0 ef	122 ± 1 b	103 ± 0,4 b	76,7 ± 0,4 d	81,6 ± 0,9 cd	82 ± 0,5 bc
420A × BU	101,9 ± 0,7 b	143 ± 1 ef	125 ± 0 g	136 ± 2 a	113 ± 1 a	81,3 ± 0,7 bc	81 ± 1 de	87,6 ± 0,6 a
420A × R	121 ± 1 a	150 ± 2 d	115 ± 1 h	117 ± 0 b	83,5 ± 0,1 e	78,8 ± 0,4 cd	70,9 ± 0,5 f	76 ± 0,4 ef
420A × O	76,6 ± 1,5 e	139 ± 1 ef	115 ± 1 h	130 ± 1 ab	89,3 ± 0,4 cd	68,2 ± 0,5 e	83,1 ± 0,6 cd	72 ± 0,2 f
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	***	***	**	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio cinka u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio cinka u lišću vinove loze (Tablica 33.).

U fenofazi 19, koncentracija cinka na podlozi SO₄ bila je veća na tretmanima biougljen i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougljen + UREA i malčirana rozgva. Na podlozi 420A veća koncentracija cinka utvrđena je na tretmanu biougljen, zatim na tretmanima malčirana rozgva, kontrola i organsko gnojivo, dok je najniža vrijednost utvrđena na tretmanu biougljen + UREA. Veće koncentracije cinka utvrđene su na svim tretmanima podloge 420A u odnosu na istovjetne tretmane podloge SO₄. U fenofazi 27, na podlozi SO₄, veće koncentracije utvrđene su na tretmanima biougljen i biougljen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, najveća koncentracija cinka utvrđena je na tretmanu biougljen, dok su ostali tretmani imali niže vrijednosti. Veće koncentracije cinka utvrđene su na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima biougljen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu biougljen + UREA. U fenofazi 35, na podlozi SO₄, najveća koncentracija utvrđena je na tretmanu biougljen + UREA, zatim slijede tretmani kontrola, biougljen, malčirana rozgva, a s najnižom koncentracijom tretman organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veća koncentracija cinka utvrđena je na tretmanima kontrola i biougljen u odnosu na ostale tretmane. U lišću podloge SO₄ utvrđena je veća koncentracija cinka u odnosu na podlogu 420A na tretmanu biougljen + UREA, dok su ostali tretmani bili statistički usporedivi između podloga. U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veća koncentracija cinka utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretman biougljen, dok su ostali tretmani bili usporedivi s tretmanom malčirana rozgva. Na podlozi 420A, veća koncentracija cinka utvrđena je na tretmanu organsko u odnosu na tretmane biougljen, biougljen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman kontrola nije statistički razlikovao od tretmana organsko gnojivo. Veća koncentracija cinka utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanu malčirana rozgva, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu organsko gnojivo. Ostali tretmani nisu se statistički razlikovali između podloga.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio cinka u lišću vinove loze (Tablica 33.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄, veća koncentracija Zn utvrđena je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija Zn utvrđena je na tretmanima kontrola i biougļjen + UREA u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je tretman biougļjen imao vrijednosti koje se nisu statistički razlikovale. Veća koncentracija Zn u lišću podloge SO₄ u odnosu na 420A utvrđena je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu kontrola. Kod ostalih tretmana nije bilo statistički značajne razlike između podloga. U fenofazi 27, na podlozi SO₄ najveća koncentracija cinka utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo, dok su najniže vrijednosti utvrđene na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA. Na podlozi 420A najveća koncentracija Zn utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA, zatim na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo, a najniža koncentracija na tretmanima kontrola i biougļjen. Veća koncentracija Zn utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola i organsko gnojivo, dok je na tretmanu biougļjen + UREA utvrđeno suprotno. Kod ostalih tretmana nije utvrđena statistički značajna razlika između podloga. U fenofazi 35, na podlozi SO₄ veća koncentracija Zn utvrđena je na tretmanima kontrola, biougļjen i organsko gnojivo u odnosu na tretman malčirana rozgva, dok se tretman biougļjen + UREA nije statistički razlikovao. Na podlozi 420A, veća koncentracija Zn utvrđena je na tretmanima biougļjen i organsko gnojivo u odnosu na tretman kontrola, dok se tretmani biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali s tretmanom biougļjen. Veća koncentracija Zn utvrđena je u lišću podloge 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale. U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija Zn utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao od tretmana organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veća koncentracija Zn utvrđena je na tretmanima biougļjen i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Veća koncentracija Zn utvrđena je u lišću podloge 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok je na tretmanu malčirana rozgva utvrđeno suprotno.

Tablica 33. Udio cinka (Zn mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

2021.					2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Sara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Sara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Zn mg/kg				Zn mg/kg			
SO4	17,8 ± 0,3 b	22,6 ± 0,5 b	21 ± 0,5 a	20,8 ± 0,3	67,8 ± 2,6 a	32 ± 1,2 b	20,7 ± 0,3 b	22,2 ± 0,7 b
420A	24,5 ± 0,6 a	24,4 ± 0,8 a	20,1 ± 0,2 b	20,7 ± 0,5	59,5 ± 1,3 b	33,3 ± 1,1 a	22,1 ± 0,2 a	25,5 ± 0,6 a
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	***	**	***	***
Gnojdbeni tretman								
K	20,5 ± 1,4 b	22,3 ± 1 c	21,4 ± 0,2 a	21,5 ± 0,3 a	59,1 ± 2,2 b	30,8 ± 1,2 c	21,1 ± 0,2 bc	22,5 ± 1 c
B	23,5 ± 2 a	26,7 ± 1,2 a	20,9 ± 0,3 a	20,2 ± 0,4 b	64 ± 2,4 ab	28,9 ± 0,5 c	22 ± 0,4 ab	23,2 ± 2 bc
BU	19,5 ± 1 c	24,1 ± 0,6 b	21,4 ± 1,1 a	20,7 ± 0,3 ab	62,9 ± 1 ab	33,2 ± 2,6 b	21,1 ± 0,5 bc	24,1 ± 0,7 b
R	21 ± 1,9 b	23,3 ± 0,6 b	20,1 ± 0,1 b	19,8 ± 0,9 b	67 ± 6,1 a	33,2 ± 0,8 b	20,6 ± 0,7 c	22,8 ± 0,5 c
O	21,2 ± 1,1 b	21 ± 0,1 d	19 ± 0,2 c	21,5 ± 0,6 a	65,3 ± 4,6 a	37 ± 1,4 a	22,2 ± 0,3 a	26,7 ± 0,5 a
p - vrijednost	***	***	***	***	**	***	***	***
Podloga × tretman								
SO4 × K	17,4 ± 0,4 f	20,1 ± 0,1 f	21,7 ± 0,2 b	21,4 ± 0,6 abc	54,3 ± 0,3 cd	33,5 ± 0,2 b	21,4 ± 0,2 abc	20,5 ± 0,2 ef
SO4 × B	19,1 ± 0,2 e	24,1 ± 0,2 bc	21,3 ± 0,5 bc	19,6 ± 0,3 cd	66,9 ± 3,7 b	28 ± 0,2 d	21,3 ± 0,6 abc	18,8 ± 0,1 f
SO4 × BU	17,2 ± 0,1 f	25,5 ± 0,2 b	23,8 ± 0,1 a	21 ± 0,4 abc	62,1 ± 1,2 bc	27,4 ± 0,3 d	20 ± 0,1 cd	22,5 ± 0,3 cd
SO4 × R	16,7 ± 0,1 f	21,9 ± 0,2 de	19,9 ± 0,1 def	21,7 ± 0,1 ab	80,5 ± 1,4 a	31,6 ± 0,1 bc	19,1 ± 0,5 d	23,8 ± 0,5 bc
SO4 × O	18,8 ± 0,1 e	21,2 ± 0,2 def	18,6 ± 0,1 g	20,3 ± 0,2 bc	75,5 ± 0,9 a	39,6 ± 0,4 a	21,6 ± 0,4 ab	25,5 ± 0,4 b
420A × K	23,6 ± 0,4 c	24,5 ± 0,1 b	21 ± 0,3 bc	21,6 ± 0,2 ab	63,9 ± 0,5 b	28,2 ± 0,4 d	20,8 ± 0,2 bc	24,5 ± 0,8 b
420A × B	28 ± 0,3 a	29,3 ± 0,8 a	20,5 ± 0,1 cd	20,8 ± 0,6 cb	61,2 ± 2,4 bcd	29,8 ± 0,4 cd	22,7 ± 0,3 a	27,7 ± 0,1 a
420A × BU	21,8 ± 0,2 d	22,7 ± 0,1 cd	19 ± 0,2 fg	20,4 ± 0,3 cb	63,7 ± 1,8 b	39,1 ± 1 a	22,2 ± 0 ab	25,6 ± 0,3 b
420A × R	25,3 ± 0,3 b	24,7 ± 0,3 b	20,4 ± 0,1 cde	17,9 ± 0 d	53,6 ± 1,1 d	34,9 ± 0,5 b	22 ± 0,2 ab	21,8 ± 0,1 de
420A × O	23,7 ± 0,3 c	20,8 ± 0,2 ef	19,3 ± 0,1 efg	22,8 ± 0,4 a	55,1 ± 0,5 cd	34,4 ± 1,5 b	22,7 ± 0,1 a	27,8 ± 0,3 a
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	**	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio željeza u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27 i 35, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio željeza u lišću vinove loze (Tablica 34.). U fenofazi 38 nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane faktore u pogledu udjela željeza (Tablica 34.).

U fenofazi 19, za koncentraciju željeza, na podlozi SO₄ veće vrijednosti utvrđene su na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo u odnosu na tretman malčirana rozgva. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo veće koncentracije željeza utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na istovjetne tretmane podloge 420A, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao između dviju podloga.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, veće koncentracije željeza utvrđene su na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, najveća koncentracija željeza utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva. Veće koncentracije željeza utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu malčirana rozgva.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija željeza utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretmani kontrola i biougļjen + UREA nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A, veća koncentracija željeza utvrđena je na tretmanima kontrola i malčirana rozgva u odnosu na tretmane biougļjen i organsko gnojivo, dok se tretman biougļjen + UREA nije statistički razlikovao. Veća koncentracija željeza utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA, dok su na ostalim tretmanima podloge bile statistički usporedive.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio željeza u lišću vinove loze (Tablica 34.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄, veća koncentracija Fe utvrđena je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na tretman kontrola, dok se tretmani biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali od tretmana organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veća koncentracija Fe utvrđena je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se tretmani

kontrola i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali. Lišće podloge 420A imalo je višu koncentraciju željeza u odnosu na podlogu SO₄, dok se na ostalim tretmanima podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veća koncentracija utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretman biougļjen + UREA, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A nije utvrđena signifikantna razlika između tretmana za koncentraciju Fe. Podloge se nisu statistički razlikovale u vrijednostima željeza.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ veća koncentracija Fe utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i malčirana rozgva, dok se tretmani biougļjen i biougļjen + UREA nisu statistički razlikovali s tretmanom organsko gnojivo. Na podlozi 420A veća koncentracija Fe utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se tretmani kontrola, biougļjen i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali s tretmanom biougļjen + UREA. Veća koncentracija Fe utvrđena je na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanu malčirana rozgva, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu organsko gnojivo. Kod ostalih tretmana nije bilo razlike između podloga.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija Fe utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija Fe utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman organsko gnojivo nije statistički razlikovao. Utvrđena je veća koncentracija Fe u lišću podloge 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima biougļjen i malčirana rozgva, dok se podloge nisu statistički razlikovale kod ostalih tretmana.

Tablica 34. Udio željeza (Fe mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Fe mg/kg				Fe mg/kg			
SO4	98,6 ± 1,4 a	102 ± 5,3 a	89,2 ± 1,2 a	112 ± 2	117 ± 2 a	108 ± 1	112 ± 2	107 ± 2 b
420A	84,3 ± 0,6 b	82,7 ± 1,7 b	84,9 ± 1,1 b	113 ± 2	125 ± 2 b	107 ± 1	115 ± 1	114 ± 2 a
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	***	n.s.	n.s.	***
Gnojidbeni tretman								
K	93,7 ± 4,8 a	87,9 ± 3,3 b	90,1 ± 0,8 a	117 ± 5	115 ± 5 b	108 ± 1	111 ± 2	110 ± 1 abc
B	92,7 ± 3,2 ab	104 ± 10 a	87,8 ± 2,6 ab	114 ± 3	123 ± 3 ab	105 ± 2	112 ± 2	112 ± 5 ab
BU	93,7 ± 3,5 a	103 ± 9,1 a	89,7 ± 1,5 a	112 ± 1	125 ± 5 a	106 ± 2	117 ± 2	108 ± 1 bc
R	86,9 ± 1 c	88 ± 2,7 b	86,6 ± 1 b	106 ± 2	124 ± 2 a	107 ± 1	111 ± 3	105 ± 4 c
O	90,2 ± 4 cb	78,5 ± 1,4 c	81,1 ± 1,2 c	113 ± 1	119 ± 3 ab	111 ± 2	114 ± 3	116 ± 2 a
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	**	n.s.	n.s.	**
Podloga × tretman								
SO4 × K	104 ± 1,7 a	95,2 ± 0,4 b	91,5 ± 0,5 abc	118 ± 12	105 ± 1 d	108 ± 0 ab	108 ± 3 bc	109 ± 1 bcd
SO4 × B	99,6 ± 0,8 a	127 ± 4,4 a	93,6 ± 1 a	109 ± 2	118 ± 4 bcd	108 ± 2 ab	114 ± 3 abc	101 ± 1 cd
SO4 × BU	102 ± 1,2 a	123 ± 2,9 a	92,9 ± 0,9 ab	111 ± 2	113 ± 1 cd	102 ± 1 b	114 ± 1 abc	108 ± 1 bcd
SO4 × R	89,1 ± 0,5 b	82,1 ± 0,6 c	84,7 ± 0,7 de	109 ± 1	125 ± 2 abc	107 ± 1 ab	105 ± 2 c	99 ± 5 d
SO4 × O	98,9 ± 0,7 a	81,7 ± 0,2 c	83,1 ± 1,4 ef	113 ± 1	125 ± 0 abc	114 ± 1 a	120 ± 3 a	116 ± 3 ab
420A × K	83,3 ± 1,5 c	80,7 ± 0,5 c	88,7 ± 1 bcd	116 ± 1	126 ± 1 abc	107 ± 1 ab	115 ± 1 abc	111 ± 2 bc
420A × B	85,7 ± 1,1 bc	80,7 ± 0,4 c	82 ± 0,3 ef	120 ± 1	127 ± 4 ab	103 ± 2 a	110 ± 1 abc	124 ± 2 a
420A × BU	86 ± 0,7 bc	83 ± 0,4 c	86,4 ± 0,5 de	113 ± 1	136 ± 4 a	109 ± 3 ab	121 ± 2 a	108 ± 1 bcd
420A × R	84,8 ± 0,5 bc	93,9 ± 1,2 b	88,5 ± 1 cd	102 ± 0	123 ± 3 abc	108 ± 3 ab	117 ± 3 ab	111 ± 3 bc
420A × O	81,5 ± 1,5 c	75,3 ± 0,4 c	79 ± 1 f	113 ± 2	113 ± 1 cd	108 ± 3 ab	109 ± 1 bc	115 ± 1 ab
p - vrijednost	***	***	***	n.s.	***	**	**	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio bakra u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio bakra u lišću vinove loze (Tablica 35.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija bakra utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao od tretmana kontrola. Na podlozi 420A veća koncentracija bakra utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo. Na svim tretmanima podloge SO₄ utvrđene su veće koncentracije bakra u odnosu na istovjetne tretmane podloge 420A.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, najveća koncentracija utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, najniža koncentracija bakra zabilježena je na tretmanu organsko gnojivo, dok su ostali tretmani imali više vrijednosti. Veće koncentracije bakra utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok se koncentracije na tretmanu malčirana rozgva nisu statistički razlikovale između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane biougļjen, biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao. Na podlozi 420A, niža koncentracija bakra utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Veća koncentracija bakra utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na svim tretmanima.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veća koncentracija bakra utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretman biougļjen, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A, veća koncentracija bakra utvrđena je na tretmanima kontrola i biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Podloga 420A imala je veću koncentraciju bakra u lišću u odnosu na SO₄ isključivo na tretmanu biougļjen + UREA, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali između podloga.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio bakra u lišću vinove loze (Tablica 35.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄ veća koncentracija Cu utvrđena je na tretmanima kontrola i biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija Cu utvrđena je na tretmanima kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na tretman biougļjen + UREA, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao. Lišće podloge SO₄ imalo je veću koncentraciju bakra u odnosu na 420A na svim tretmanima, osim na tretmanu organsko gnojivo, gdje se vrijednosti nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ utvrđene su veće koncentracije na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A veće koncentracije Cu utvrđene su na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao. Veće koncentracije Cu utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na svim tretmanima osim organsko gnojivo, gdje se vrijednosti nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ veće koncentracije Cu utvrđene su na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao s tretmanom biougļjen + UREA. Na podlozi 420A, veće koncentracije Cu utvrđene su na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok se tretman biougļjen nije statistički razlikovao s tretmanom malčirana rozgva. Veća koncentracija Cu utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je kod tretmana biougļjen + UREA bakar u lišću nije se statistički razlikovao između podloga.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija Cu utvrđena je na tretmanima biougļjen + UREA i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija Cu utvrđena je na tretmanima kontrola i organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Utvrđena je veća koncentracija Cu na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima kontrola, biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok je na tretmanu biougļjen + UREA utvrđeno suprotno.

Tablica 35. Udio bakra (Cu mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

2021.					2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Cu mg/kg				Cu mg/kg			
SO4	16,5 ± 0,2 a	18,9 ± 0,3 a	188 ± 3 a	349 ± 17 b	7,36 ± 0,21 a	6,12 ± 0,28 a	101 ± 4	97,3 ± 4,6 b
420A	13,4 ± 0,2 b	16,3 ± 0,3 b	143 ± 2 b	405 ± 18 a	5,92 ± 0,1 b	4,53 ± 0,15 b	137 ± 4	122,2 ± 5,4 a
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	***	***
Gnojdbeni tretman								
K	15,4 ± 0,9 a	17,9 ± 0,6 d	173 ± 15 a	400 ± 33 ab	7,26 ± 0,52 a	6,25 ± 0,76 a	103 ± 7 c	113,1 ± 13,3 b
B	14,9 ± 0,9 b	18,1 ± 0,5 c	169 ± 8 ab	305 ± 11 c	6,08 ± 0,22 c	5,53 ± 0,41 b	129 ± 8 a	103 ± 8,7 c
BU	15,5 ± 0,4 a	19 ± 1 b	161 ± 7 cb	428 ± 39 ab	6,79 ± 0,63 b	5,12 ± 0,37 b	127 ± 4 a	102 ± 3,8 c
R	14,7 ± 0,4 bc	17 ± 0,3 b	170 ± 11 ab	352 ± 6 bc	6,47 ± 0,15 b	4,54 ± 0,35 c	121 ± 16 ab	96,1 ± 5,8 c
O	14,2 ± 0,9 c	16,2 ± 0,8 a	155 ± 12 c	401 ± 18 ab	6,59 ± 0,12 b	5,19 ± 0,16 b	114 ± 6 b	134,5 ± 5,5 a
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	***	***
Podloga × tretman								
SO4 × K	17,4 ± 0,1 a	19,1 ± 0,1 b	207 ± 2 a	424 ± 69 abc	8,38 ± 0,33 a	7,95 ± 0,12 a	87 ± 4 gh	83,5 ± 1,5 e
SO4 × B	16,8 ± 0,2 ab	19,1 ± 0,1 b	184 ± 8 bc	280 ± 5 d	6,56 ± 0,1 bc	6,4 ± 0,08 b	112 ± 4 ef	84 ± 0,5 e
SO4 × BU	16,3 ± 0,1 bc	21,1 ± 0,2 a	177 ± 4 c	342 ± 2 bcd	8,19 ± 0,04 a	5,94 ± 0,01 bc	120 ± 1 cde	110,2 ± 1,8 bc
SO4 × R	15,5 ± 0,1 c	17,5 ± 0,1 cd	194 ± 0 ab	339 ± 1 bcd	6,79 ± 0,07 b	5,31 ± 0,13 cde	86 ± 4 h	85 ± 4,7 e
SO4 × O	16,3 ± 0,1 bc	17,9 ± 0,2 c	180 ± 3 bc	360 ± 2 bcd	6,86 ± 0,05 b	5,02 ± 0,2 def	101 ± 2 fg	123,6 ± 5,6 bc
420A × K	13,4 ± 0 ef	16,7 ± 0,2 d	139 ± 2 de	376 ± 2 bcd	6,14 ± 0,05 cd	4,56 ± 0,17 efg	119 ± 1 de	142,7 ± 2,4 a
420A × B	12,9 ± 0,1 f	17,1 ± 0,3 cd	153 ± 1 d	330 ± 4 cd	5,59 ± 0,05 de	4,66 ± 0,3 def	145 ± 1 ab	122 ± 3,7 bc
420A × BU	14,7 ± 0,2 d	16,8 ± 0,1 d	145 ± 2 d	515 ± 11 a	5,38 ± 0,05 e	4,3 ± 0,06 fg	134 ± 4 bc	93,8 ± 1 de
420A × R	13,8 ± 0,3 ef	16,6 ± 0,3 d	146 ± 3 d	365 ± 0 bcd	6,15 ± 0,07 cd	3,78 ± 0,03 g	157 ± 3 a	107,2 ± 4,9 cd
420A × O	12,1 ± 0,2 g	14,4 ± 0,1 e	129 ± 1 e	441 ± 6 ab	6,32 ± 0,04 bc	5,36 ± 0,23 cd	128 ± 2 cd	145,3 ± 1,2 a
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	**	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio molibdena u listu 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio molibdena u lišću vinove loze (Tablica 36.).

U fenofazi 19, koncentracija molibdena na podlozi SO₄ bila je veća na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A veća koncentracija molibdena utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen, malčirana rozgva i organsko gnojivo. Na tretmanima kontrola, biougļjen i organsko gnojivo veće koncentracije molibdena utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na istovjetne tretmane podloge 420A, dok su ostali tretmani bili usporedivi između podloga.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄, najveća koncentracija molibdena utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA, a slijede biougļjen i kontrola, dok su najniže koncentracije utvrđene na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veće koncentracije molibdena zabilježene su na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na tretmane kontrola i malčirana rozgva, dok je najniža koncentracija utvrđena na tretmanu organsko gnojivo. Veće koncentracije molibdena utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen + UREA i organsko gnojivo, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu malčirana rozgva. Na ostalim tretmanima koncentracije molibdena se nisu statistički razlikovale između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, veća koncentracija utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo, te nije se statistički razlikovala od tretmana biougļjen. Na podlozi 420A, nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Veća koncentracija molibdena utvrđena je u lišću podloge SO₄ u odnosu na 420A na svim tretmanima osim na tretmanu malčirana rozgva.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veća koncentracija molibdena utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Podloga SO₄ imala je veću koncentraciju molibdena u lišću u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen + UREA, malčirana

rozgva i organsko gnojivo, dok su na tretmanima kontrola i biougļjen podloge bile statistiĉki usporedive.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27 i 35, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio molibdena u lišću vinove loze (Tablica 36.). U fenofazi 38 nije utvrđena statistiĉki znaĉajna razlika za ovaj element u odnosu na istraživane faktore (Tablica 32.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄, veća koncentracija Mo utvrđena je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na tretman kontrola, dok se tretmani malĉirana rozgva i organsko gnojivo nisu statistiĉki razlikovali. Na podlozi 420A, veća koncentracija Mo utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane kontrola i malĉirana rozgva, dok se tretmani biougļjen + UREA i organsko gnojivo nisu statistiĉki razlikovali. Nije utvrđena statistiĉki znaĉajna razlika u koncentraciji Mo u lišću između podloga.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ nije utvrđena signifikantna razlika između tretmana za koncentraciju Mo. Također, na podlozi 420A nije utvrđena signifikantna razlika između tretmana. Veća koncentracija Mo utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i malĉirana rozgva, dok na tretmanu organsko gnojivo nije utvrđena statistiĉka razlika između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ nije utvrđena signifikantna razlika između tretmana. Na podlozi 420A, veća koncentracija Mo utvrđena je na tretmanu malĉirana rozgva u odnosu na tretman kontrola, dok se ostali tretmani nisu statistiĉki razlikovali. Koncentracija Mo u lišću nije se statistiĉki razlikovala između podloga.

Tablica 36. Udio molibdena (Mo mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

2021.					2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Mo mg/kg				Mo mg/kg			
SO4	2,92 ± 0,1 a	3,94 ± 0,1 a	3,69 ± 0,08 a	3,25 ± 0,1 a	0,98 ± 0,01 a	1 ± 0,01 a	0,913 ± 0,009	0,9 ± 0,011
420A	2,41 ± 0,1 b	3,71 ± 0,1 b	3,3 ± 0,02 b	3,07 ± 0,05 b	0,92 ± 0,01 b	0,9 ± 0,01 b	0,907 ± 0,012	0,877 ± 0,01
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	n.s.	n.s.
Gnojidbeni tretman								
K	2,55 ± 0,3 c	3,76 ± 0 c	3,71 ± 0,16 a	3,02 ± 0,05 c	0,89 ± 0,02 c	0,95 ± 0,03	0,878 ± 0,019 b	0,869 ± 0,015
B	2,79 ± 0,2 ab	4,05 ± 0 b	3,61 ± 0,14 ab	3,63 ± 0,12 a	0,99 ± 0,01 a	0,92 ± 0,02	0,918 ± 0,009 ab	0,9 ± 0,018
BU	2,86 ± 0,1 a	4,45 ± 0,2 a	3,5 ± 0,08 bc	3,23 ± 0,07 b	0,98 ± 0,02 a	0,96 ± 0,02	0,912 ± 0,004 ab	0,908 ± 0,02
R	2,55 ± 0,1 c	3,52 ± 0,1 d	3,2 ± 0,06 d	2,97 ± 0,06 c	0,93 ± 0,01 b	0,95 ± 0,04	0,949 ± 0,013 ab	0,874 ± 0,021
O	2,59 ± 0,1 bc	3,34 ± 0,1 e	3,44 ± 0,09 c	2,94 ± 0,03 c	0,97 ± 0,01 ab	0,96 ± 0,01	0,892 ± 0,018 b	0,892 ± 0,007
p - vrijednost	***	***	***	***	***	n.s.	**	n.s.
Podloga × tretman								
SO4 × K	3,11 ± 0,1 ab	3,85 ± 0 bc	4,05 ± 0,03 a	2,93 ± 0,01 dc	0,92 ± 0,02 cde	1,02 ± 0,01 a	0,914 ± 0,012 abc	0,875 ± 0,016
SO4 × B	3,21 ± 0 a	4,06 ± 0 b	3,92 ± 0,02 ab	3,89 ± 0,02 c	0,99 ± 0,01 ab	0,97 ± 0,01 ab	0,928 ± 0,011 bc	0,932 ± 0,013
SO4 × BU	2,82 ± 0 bcd	4,89 ± 0,1 a	3,67 ± 0,03 bc	3,36 ± 0,03 a	1,03 ± 0,01 ab	1,01 ± 0,01 a	0,914 ± 0,007 abc	0,948 ± 0,008
SO4 × R	2,57 ± 0 cde	3,33 ± 0 ef	3,16 ± 0,08 d	3,11 ± 0,01 b	0,97 ± 0 bcd	1,03 ± 0,02 a	0,944 ± 0,011 abc	0,861 ± 0,025
SO4 × O	2,9 ± 0 abc	3,56 ± 0 de	3,65 ± 0,01 c	2,94 ± 0,01 b	0,99 ± 0,02 abc	0,97 ± 0,02 abc	0,863 ± 0,026 bc	0,885 ± 0,012
420A × K	1,99 ± 0 f	3,66 ± 0 cd	3,36 ± 0,07 d	3,11 ± 0,06 c	0,85 ± 0,01 e	0,88 ± 0,02 c	0,841 ± 0,019 c	0,863 ± 0,028
420A × B	2,36 ± 0 e	4,04 ± 0,1 b	3,31 ± 0,03 d	3,37 ± 0,05 c	0,99 ± 0,03 abc	0,88 ± 0,02 c	0,908 ± 0,014 abc	0,867 ± 0,021
420A × BU	2,9 ± 0,1 abc	4,02 ± 0 b	3,33 ± 0,04 d	3,1 ± 0,07 cd	0,93 ± 0,01 bcd	0,91 ± 0,02 bc	0,911 ± 0,007 abc	0,867 ± 0,02
420A × R	2,53 ± 0,1 de	3,72 ± 0,1 cd	3,25 ± 0,08 d	2,84 ± 0,04 cd	0,9 ± 0 de	0,88 ± 0,03 c	0,954 ± 0,027 a	0,887 ± 0,037
420A × O	2,28 ± 0 ef	3,11 ± 0 f	3,22 ± 0,01 d	2,93 ± 0,06 cd	0,95 ± 0,01 bcd	0,96 ± 0 abc	0,921 ± 0,007 ab	0,899 ± 0,009
p - vrijednost	***	***	***	***	**	**	**	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Udio natrija u listu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojdbenih tretmana za udio natrija u lišću vinove loze (Tablica 37.).

U fenofazi 19, za koncentraciju natrija, na podlozi SO₄ veće vrijednosti utvrđene su na tretmanima biougļjen i organsko gnojivo u odnosu na tretmane biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman kontrola nije statistički razlikovao od ostalih tretmana. Na podlozi 420A veća koncentracija natrija utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na tretman biougļjen + UREA, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Veće koncentracije natrija utvrđene su na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO₄, neovisno o primijenjenom tretmanu.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veće koncentracije natrija utvrđene su na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i organsko gnojivo. Na podlozi 420A, najveće koncentracije natrija utvrđene su na tretmanima biougļjen i malčirana rozgva, dok su ostali tretmani imali niže vrijednosti. Veće koncentracije natrija zabilježene su na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na većini tretmana, dok je na tretmanu biougļjen + UREA utvrđeno suprotno. Kod ostalih tretmana koncentracije natrija se nisu statistički razlikovale između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄, najveća koncentracija natrija utvrđena je na tretmanu biougļjen + UREA, zatim slijede tretmani biougļjen, kontrola i organsko gnojivo, dok se tretman malčirana rozgva nije statistički razlikovao od tretmana biougļjen + UREA. Na podlozi 420A, veća koncentracija natrija utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane. Podloga SO₄ imala je veću koncentraciju natrija u odnosu na 420A na tretmanima biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu kontrola. Kod ostalih tretmana podloge se nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄, veća koncentracija natrija utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija natrija utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Utvrđena je veća koncentracija natrija na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanu kontrola, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu organsko gnojivo. Na ostalim tretmanima podloge se nisu statistički razlikovale.

U 2022. godini, u fenofazama 19, 27, 35 i 38, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana za udio natrija u lišću vinove loze (Tablica 37.).

U fenofazi 19, na podlozi SO₄, veća koncentracija Na utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi 420A, veća koncentracija Na utvrđena je na tretmanu biougļjen u odnosu na ostale tretmane, osim na tretmanu kontrola, gdje se vrijednosti nisu statistički razlikovale od tretmana biougļjena i biougļjena + UREA. Lišće podloge 420A imalo je veću koncentraciju Na u odnosu na SO₄ na tretmanima biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se vrijednosti između podloga na ostalim tretmanima nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 27, na podlozi SO₄ veća koncentracija natrija utvrđena je na tretmanima biougļjen + UREA i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen, dok se tretmani malčirana rozgva i organsko gnojivo nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A veća koncentracija Na utvrđena je na tretmanima biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen. Veća koncentracija Na utvrđena je na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanu malčirana rozgva, dok na drugim tretmanima nije utvrđena razlika između podloga.

U fenofazi 35, na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana za koncentracije Na. Na podlozi 420A, veća koncentracija Na utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretman organsko gnojivo, dok se ostali tretmani nisu statistički razlikovali. Veće koncentracije Na utvrđene su na podlozi 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima biougļjen i malčirana rozgva, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

U fenofazi 38, na podlozi SO₄ veća koncentracija Na utvrđena je na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola i biougļjen, dok se tretmani biougļjen + UREA i malčirana rozgva nisu statistički razlikovali. Na podlozi 420A, niža koncentracija Na utvrđena je na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na druge tretmane. Veća koncentracija Na utvrđena je u lišću podloge 420A u odnosu na SO₄ na tretmanima kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA, dok se podloge nisu statistički razlikovale kod ostalih tretmana.

Tablica 37. Udio natrija (Na mg/kg) u listu vinove loze u fenofazama F19, F27, F35 i F38 u 2021. i 2022. godini

2021.					2022.			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobice (F35)	Puna zrelost (F38)
Podloga	Na mg/kg				Na mg/kg			
SO4	26,9 ± 1 b	72,3 ± 21,6 a	110 ± 3 a	120 ± 3 a	46,1 ± 1 a	41,3 ± 0,6 b	79,8 ± 1,4	112 ± 3 b
420A	40,7 ± 0,7 a	69,2 ± 21,4 b	102 ± 3 b	115 ± 2 b	39,5 ± 0,9 b	43 ± 0,8 a	96,1 ± 2	141 ± 4 a
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	***	***
Gnojdbeni tretman								
K	33,1 ± 3 cb	60,8 ± 0,4 d	111 ± 5 ab	124 ± 6 a	43 ± 0,9 ab	39,4 ± 0,4 b	92,4 ± 3,1 a	130 ± 13 ab
B	37,2 ± 3,2 a	75,4 ± 2,1 a	107 ± 2 bc	106 ± 1 d	44 ± 0,4 a	38,7 ± 0,2 b	85,2 ± 4 ab	122 ± 8 bc
BU	30,9 ± 3,6 c	72,3 ± 4,9 b	113 ± 5 a	116 ± 1 c	40,7 ± 1 c	44,5 ± 0,7 a	86,6 ± 3,3 ab	130 ± 9 ab
R	32,6 ± 4,3 bc	78,1 ± 0,6 a	104 ± 7 c	118 ± 1 bc	41,7 ± 2,8 ab	43,5 ± 0,9 a	92,2 ± 7,1 a	113 ± 1 c
O	35,2 ± 1,8 ab	67,2 ± 0,5 c	94,3 ± 1,1 d	122 ± 3 ab	44,6 ± 3,5 a	44,5 ± 0,7 a	83,2 ± 2,7 b	136 ± 3 a
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	**	***
Podloga × tretman								
SO4 × K	26,6 ± 1,4 cd	60,3 ± 0,1 e	102 ± 1 d	138 ± 4 a	44,4 ± 0,5 bc	39,1 ± 0,2 cd	87 ± 1,8 bcd	101 ± 1 d
SO4 × B	30,1 ± 0,6 c	71,4 ± 0,8 c	110 ± 3 bc	107 ± 2 ef	43,3 ± 0,3 c	38,5 ± 0,3 d	76,6 ± 2,2 d	104 ± 0 d
SO4 × BU	23,3 ± 2,1 d	83,2 ± 0,6 a	125 ± 1 a	116 ± 1 cde	42,6 ± 0,4 c	43,2 ± 0,6 ab	79,9 ± 1,2 cd	112 ± 1 cd
SO4 × R	23,1 ± 0,1 d	78,7 ± 0,4 ab	118 ± 0 ab	120 ± 1 bc	47,9 ± 0,9 bc	41,7 ± 0,5 bc	77,4 ± 4,5 d	112 ± 1 cd
SO4 × O	31,3 ± 0,4 c	67,9 ± 0,2 cd	92,6 ± 1,1 e	116 ± 1 cde	52,4 ± 0,1 a	44 ± 0,2 ab	78 ± 2,8 d	130 ± 2 bc
420A × K	39,6 ± 0,6 ab	61,3 ± 0,6 e	121 ± 3 a	111 ± 1 def	41,7 ± 1,4 cd	39,7 ± 0,7 cd	97,8 ± 3,7 ab	159 ± 7 a
420A × B	44,2 ± 0,7 a	79,5 ± 2,5 ab	104 ± 1 cd	104 ± 1 f	44,6 ± 0,5 bc	39 ± 0,3 cd	93,8 ± 1,5 ab	140 ± 0 ab
420A × BU	38,6 ± 1,7 b	61,4 ± 0,7 e	101 ± 2 d	116 ± 1 cde	38,7 ± 1,1 de	45,8 ± 0,3 a	93,4 ± 2,9 abc	149 ± 10 ab
420A × R	42,2 ± 1 ab	77,4 ± 1 b	89 ± 0,6 e	117 ± 0 cd	35,5 ± 0,4 e	45,4 ± 0,2 a	107 ± 3,6 a	115 ± 1 cd
420A × O	39,1 ± 0,5 ab	66,4 ± 0,7 d	96,1 ± 1,4 de	128 ± 3 b	36,8 ± 0,3 e	45 ± 1,4 a	88,4 ± 0,9 bcd	142 ± 2 ab
p - vrijednost	***	***	***	***	***	*	**	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Prinos grožđa po trsu u 2021. i 2022. godini

Utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana u prinosu grožđa po trsu vinove loze u 2021. i 2022. godini (Tablica 38.). U 2021. godini, na podlozi SO4, najveći prinos grožđa po trsu vinove loze utvrđen je na tretmanu biougļjen, zatim su slijedili redom biougļjen + UREA, kontrola i organsko gnojivo, dok je najmanji prinos ostvaren na tretmanu malčirana rozgva. Na podlozi 420A, veći prinos grožđa po trsu vinove loze zabilježen je na tretmanima biougļjen i biougļjen + UREA, potom su slijedili tretmani malčirana rozgva, kontrola i organsko gnojivo s najnižim prinosom. Utvrđeno je da prinos grožđa po trsu vinove loze je veći na podlozi SO4 u odnosu na 420A, neovisno o tretmanu. U 2022. godini, na podlozi SO4, veći prinos grožđa po trsu vinove loze utvrđen je na tretmanu biougļjen u odnosu na sve ostale tretmane. Na podlozi 420A, najveći prinos ostvaren je također na tretmanu biougļjen, dok je najniži prinos utvrđen na tretmanu biougļjen + UREA. Prinos grožđa po trsu vinove loze bio je veći na podlozi SO4 u odnosu na 420A na tretmanima kontrola, biougļjen, biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok je na tretmanu organsko gnojivo utvrđeno suprotno.

Tablica 38. Prosječan prinos grožđa po trsu u 2021. i 2022. godini

	Prinos grožđa 2021.	Prinos grožđa 2022.
podloga	kg/trs	kg/trs
SO4	2,56 ± 0,07 a	2,64 ± 0,04 a
420A	2,11 ± 0,09 b	2,36 ± 0,05 b
p - vrijednost	***	***
Gnojidbeni tretman		
K	2,15 ± 0,14 c	2,38 ± 0,06 b
B	2,73 ± 0,09 a	2,79 ± 0,07 a
BU	2,6 ± 0,08 b	2,41 ± 0,09 b
R	2,16 ± 0,05 c	2,43 ± 0,09 b
O	2,02 ± 0,16 d	2,49 ± 0,04 b
p - vrijednost	***	***
Podloga × tretman		
SO4 × K	2,46 ± 0,02 cd	2,51 ± 0,02 bc
SO4 × B	2,94 ± 0,01 a	2,94 ± 0,01 a
SO4 × BU	2,78 ± 0,01 b	2,6 ± 0,03 bc
SO4 × R	2,26 ± 0,02 e	2,62 ± 0,06 b
SO4 × O	2,37 ± 0,05 d	2,56 ± 0,03 bc
420A × K	1,84 ± 0,02 g	2,25 ± 0,02 de
420A × B	2,52 ± 0,01 c	2,64 ± 0,01 b
420A × BU	2,43 ± 0,01 cd	2,23 ± 0,02 e
420A × R	2,06 ± 0,02 f	2,24 ± 0,07 de
420A × O	1,68 ± 0,01 h	2,42 ± 0,05 cd
p - vrijednost	***	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

4.5. Fizikalno-kemijska svojstva tla

Osnovna kemijske analize tla nakon berbe u 2021. i 2022. godina

U 2021. godini nije utvrđena statistički značajna razlika u svojstvima pH, EC, N, C i C:N u tlu između istraživanih podloga, istraživanih gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije (Tablica 39).

U 2022. godini utvrđena je statistički značajna razlika u pogledu udjela dušika, ugljika i omjera C:N u tlu između podloga SO₄ i 420A neovisno o primijenjenim gnojidbenim tretmanima. Međutim, za pH vrijednost i električnu vodljivost (EC) tla nisu utvrđene statistički značajne razlike između podloga, gnojidbenih tretmana te njihove interakcije (Tablica 39.). Na podlozi 420A zabilježen je veći udio dušika, ugljika kao i veći omjer ugljika i dušika u tlu u odnosu na tlo koje je uzrokovano na podlozi SO₄, neovisno o tretmanu (Tablica 39.)

Tablica 39. Rezultati osnovne kemijske analize tla u 2021. i 2022. godini: pH, električna vodljivost (EC), ukupni dušik (N), ukupni ugljik (C) i C:N odnos

	2021.					2022.				
	pH	EC	N	C	C:N	pH	EC	N	C	C:N
podloga		μS/cm	%	%			μS/cm	%	%	
SO4	7,52 ± 0,05	121 ± 6	0,129 ± 0,002	1,05 ± 0,04	8,14 ± 0,18	7,42 ± 0,06	115 ± 8	0,127 ± 0,002 b	0,94 ± 0,01 b	7,39 ± 0,11 b
420A	7,58 ± 0,04	117 ± 6	0,132 ± 0,002	1,05 ± 0,02	7,95 ± 0,08	7,46 ± 0,05	134 ± 7	0,135 ± 0,002 a	1,05 ± 0,02 a	7,79 ± 0,12 a
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	***	**
Gnojidbeni tretman										
K	7,59 ± 0,04	123 ± 4	0,135 ± 0,005	1,06 ± 0,04	7,82 ± 0,11	7,5 ± 0,03	113 ± 7	0,131 ± 0,003	0,97 ± 0,03	7,41 ± 0,11
B	7,5 ± 0,08	116 ± 12	0,125 ± 0,002	1 ± 0,03	8 ± 0,2	7,42 ± 0,11	116 ± 14	0,13 ± 0,004	0,98 ± 0,04	7,56 ± 0,39
BU	7,58 ± 0,08	127 ± 16	0,134 ± 0,005	1,13 ± 0,09	8,35 ± 0,39	7,4 ± 0,13	134 ± 18	0,132 ± 0,004	1,03 ± 0,03	7,79 ± 0,14
R	7,4 ± 0,05	102 ± 2	0,126 ± 0,001	1,04 ± 0,02	8,2 ± 0,12	7,32 ± 0,05	119 ± 5	0,128 ± 0,003	0,98 ± 0,03	7,62 ± 0,11
O	7,67 ± 0,03	125 ± 6	0,13 ± 0,003	1,02 ± 0,03	7,86 ± 0,08	7,57 ± 0,02	140 ± 13	0,136 ± 0,005	1,03 ± 0,06	7,57 ± 0,12
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Podloga × tretman										
SO4 × K	7,54 ± 0,08	122 ± 8	0,132 ± 0,007	1,03 ± 0,05	7,85 ± 0,25	7,47 ± 0,06	100 ± 6	0,126 ± 0,003	0,93 ± 0,04	7,38 ± 0,12
SO4 × B	7,45 ± 0,13	116 ± 18	0,122 ± 0,002	0,95 ± 0,02	7,82 ± 0,23	7,35 ± 0,2	109 ± 23	0,131 ± 0,009	0,91 ± 0,01	6,96 ± 0,41
SO4 × BU	7,58 ± 0,14	130 ± 24	0,138 ± 0,007	1,23 ± 0,16	8,85 ± 0,68	7,38 ± 0,18	128 ± 34	0,129 ± 0,005	0,99 ± 0,02	7,68 ± 0,13
SO4 × R	7,38 ± 0,09	100 ± 4	0,125 ± 0,003	1,06 ± 0,04	8,42 ± 0,15	7,32 ± 0,08	115 ± 7	0,123 ± 0,004	0,93 ± 0,05	7,58 ± 0,17
SO4 × O	7,64 ± 0,05	134 ± 7	0,126 ± 0,002	0,98 ± 0,03	7,78 ± 0,15	7,57 ± 0,05	122 ± 10	0,128 ± 0,003	0,94 ± 0,04	7,33 ± 0,08
420A × K	7,63 ± 0,03	123 ± 3	0,138 ± 0,009	1,08 ± 0,07	7,8 ± 0,02	7,54 ± 0,02	126 ± 7	0,136 ± 0,001	1,01 ± 0,04	7,43 ± 0,22
420A × B	7,55 ± 0,11	116 ± 21	0,129 ± 0,001	1,05 ± 0,03	8,18 ± 0,34	7,48 ± 0,11	123 ± 21	0,129 ± 0,002	1,05 ± 0,07	8,15 ± 0,48
420A × BU	7,59 ± 0,12	123 ± 25	0,13 ± 0,008	1,02 ± 0,07	7,86 ± 0,24	7,41 ± 0,23	139 ± 18	0,134 ± 0,007	1,06 ± 0,05	7,91 ± 0,25
420A × R	7,42 ± 0,07	103 ± 2	0,127 ± 0,001	1,01 ± 0,02	7,98 ± 0,07	7,32 ± 0,09	123 ± 7	0,134 ± 0,002	1,02 ± 0,03	7,66 ± 0,19
420A × O	7,69 ± 0,03	117 ± 9	0,135 ± 0,005	1,07 ± 0,03	7,94 ± 0,05	7,57 ± 0,03	158 ± 20	0,144 ± 0,007	1,13 ± 0,07	7,82 ± 0,11
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj makroelemenata u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini

Utvrđena je značajno veća koncentracija makroelemenata kalij (K) u tlu na podlozi 420A u odnosu na SO₄, neovisno o primijenjenim gnojidbenim tretmanima, dok za makroelemente magnezij kalcij (Ca), magnezij (Mg), fosfor (P) i sumpor (S) u tlu nisu utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih podloga, gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije (Tablica 40.)

U 2022. godini utvrđena je značajno veća koncentracija makroelemenata sumpora (S) na podlozi SO₄ u odnosu na 420A, neovisno o primijenjenim gnojidbenim tretmanima. Međutim, za makroelemente P, K, Mg i Ca u tlu nisu utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih podloga, gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije (Tablica 40.).

Tablica 40. Sadržaj makroelemenata u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini

	2021.					2022.				
	Ca	K	Mg	P	S	Ca	K	Mg	P	S
podloga	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
SO4	8,26 ± 0,67	12 ± 0,1 b	3,62 ± 0,12	0,248 ± 0,004	0,392 ± 0,016	7,43 ± 0,37	7,51 ± 0,09	3,58 ± 0,05	0,242 ± 0,004	0,445 ± 0,009 a
420A	8,08 ± 0,55	12,5 ± 0,1 a	3,53 ± 0,05	0,24 ± 0,004	0,458 ± 0,015	7,93 ± 0,52	7,41 ± 0,1	3,68 ± 0,04	0,24 ± 0,003	0,406 ± 0,012 b
p - vrijednost	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
Gnojidbeni tretman										
K	7,31 ± 0,36	12,3 ± 0,2	3,54 ± 0,18	0,249 ± 0,007	0,427 ± 0,024	7,68 ± 0,26	7,51 ± 0,12	3,6 ± 0,07	0,248 ± 0,008	0,427 ± 0,012
B	8,62 ± 1,36	12 ± 0,4	3,43 ± 0,13	0,242 ± 0,008	0,431 ± 0,037	8,13 ± 1,12	7,32 ± 0,22	3,53 ± 0,06	0,237 ± 0,005	0,422 ± 0,028
BU	9,29 ± 1,54	12,3 ± 0,2	3,66 ± 0,19	0,25 ± 0,006	0,445 ± 0,032	8,15 ± 1,03	7,56 ± 0,15	3,67 ± 0,09	0,248 ± 0,005	0,436 ± 0,02
R	7,08 ± 0,21	12,1 ± 0,2	3,49 ± 0,11	0,235 ± 0,004	0,4 ± 0,027	6,45 ± 0,15	7,27 ± 0,09	3,58 ± 0,09	0,23 ± 0,002	0,401 ± 0,016
O	8,55 ± 0,42	12,6 ± 0,2	3,75 ± 0,11	0,243 ± 0,006	0,423 ± 0,027	7,99 ± 0,3	7,63 ± 0,1	3,76 ± 0,08	0,242 ± 0,002	0,443 ± 0,009
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Podloga × tretman										
SO4 × K	7,24 ± 0,79	12 ± 0,2	3,5 ± 0,39	0,248 ± 0,009	0,396 ± 0,04	7,3 ± 0,31	7,52 ± 0,17	3,54 ± 0,1	0,247 ± 0,015	0,449 ± 0,009
SO4 × B	8,98 ± 2,61	11,8 ± 0,7	3,35 ± 0,25	0,242 ± 0,013	0,397 ± 0,056	7,68 ± 1,51	7,32 ± 0,36	3,48 ± 0,12	0,236 ± 0,01	0,436 ± 0,042
SO4 × BU	9,13 ± 2,48	12,2 ± 0,3	3,77 ± 0,4	0,26 ± 0,005	0,4 ± 0,013	7,71 ± 1,09	7,59 ± 0,18	3,55 ± 0,1	0,253 ± 0,006	0,448 ± 0,021
SO4 × R	7,39 ± 0,27	11,9 ± 0,2	3,6 ± 0,2	0,241 ± 0,005	0,386 ± 0,056	6,39 ± 0,3	7,39 ± 0,16	3,58 ± 0,18	0,232 ± 0,003	0,433 ± 0,01
SO4 × O	8,55 ± 0,56	12,3 ± 0,1	3,88 ± 0,17	0,248 ± 0,01	0,382 ± 0,033	8,06 ± 0,57	7,72 ± 0,17	3,76 ± 0,11	0,244 ± 0,003	0,459 ± 0,012
420A × K	7,39 ± 0,16	12,7 ± 0,2	3,57 ± 0,13	0,249 ± 0,013	0,459 ± 0,016	8,07 ± 0,3	7,5 ± 0,21	3,66 ± 0,1	0,249 ± 0,008	0,404 ± 0,014
420A × B	8,26 ± 1,49	12,2 ± 0,4	3,51 ± 0,14	0,241 ± 0,012	0,464 ± 0,05	8,57 ± 1,96	7,31 ± 0,34	3,59 ± 0,04	0,238 ± 0,007	0,407 ± 0,043
420A × BU	9,45 ± 2,4	12,4 ± 0,3	3,56 ± 0,11	0,241 ± 0,007	0,49 ± 0,053	8,59 ± 1,99	7,53 ± 0,29	3,8 ± 0,11	0,243 ± 0,007	0,425 ± 0,038
420A × R	6,77 ± 0,21	12,3 ± 0,3	3,38 ± 0,08	0,23 ± 0,005	0,415 ± 0,015	6,51 ± 0,1	7,16 ± 0,08	3,58 ± 0,1	0,229 ± 0,003	0,368 ± 0,01
420A × O	8,55 ± 0,76	12,8 ± 0,2	3,61 ± 0,1	0,238 ± 0,006	0,463 ± 0,032	7,92 ± 0,35	7,54 ± 0,13	3,76 ± 0,13	0,239 ± 0,002	0,427 ± 0,006
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biouglien, BU – biouglien + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj mikroelemenata u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini (Tablica 41.) utvrđena je statistički značajno veća koncentracija mikroelementa Mn u tlu na podlozi 420A u odnosu na SO₄, neovisno o primijenjenim gnojidbenim tretmanima. Međutim, za mikroelemente Fe, Zn, Cu, Na u tlu nisu utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih podloga, gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije (Tablica 41.).

U 2022. godini utvrđena je statistički značajno veća koncentracija mikroelementa bora (B) i natrija (Na) tlu uzrokovanog s podloga SO₄ u odnosu na podlogu 420A, neovisno o primijenjenim gnojidbenim tretmanima. Međutim, za mikroelemente Fe, Zn, Cu u tlu nisu utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih podloga, gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije (Tablica 41.).

U uzorcima tla prikupljenim tijekom 2021. i 2022. godine nije detektirana prisutnost mikroelementa molibdena (Mo), što ukazuje na njegovu koncentraciju ispod granice detekcije primijenjene analitičke metode.

Tablica 41. Sadržaj mikroelemenata u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini

2021.							2022.					
	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na
Podloga	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
SO4	49153 ± 1273	161 ± 4	162 ± 5	1179 ± 19 b	120 ± 6	5686 ± 66	47681 ± 843	157 ± 3	161 ± 5	1277 ± 15	143 ± 2 a	6069 ± 43 b
420A	47881 ± 700	152 ± 2	165 ± 4	1258 ± 15 a	129 ± 3	5639 ± 35	46854 ± 580	160 ± 3	160 ± 5	1239 ± 23	133 ± 2 b	5922 ± 35 a
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*
Gnojdbeni tretman												
K	48426 ± 1669	158 ± 5	171 ± 7	1213 ± 34	122 ± 8	5728 ± 119	47123 ± 918	160 ± 4	171 ± 7	1279 ± 39	139 ± 4	6058 ± 61
B	48343 ± 1353	152 ± 6	155 ± 8	1241 ± 28	125 ± 10	5589 ± 111	46499 ± 1356	154 ± 6	154 ± 7	1271 ± 21	133 ± 5	5906 ± 70
BU	48063 ± 1942	157 ± 6	163 ± 8	1207 ± 41	130 ± 7	5648 ± 69	48147 ± 1216	162 ± 5	163 ± 10	1238 ± 27	141 ± 4	6016 ± 75
R	47999 ± 2077	154 ± 7	162 ± 11	1214 ± 22	122 ± 8	5616 ± 51	45886 ± 896	150 ± 1	152 ± 5	1238 ± 49	136 ± 5	5917 ± 59
O	49754 ± 1437	160 ± 5	166 ± 6	1216 ± 37	123 ± 8	5733 ± 45	48681 ± 1216	167 ± 3	164 ± 6	1265 ± 17	142 ± 4	6081 ± 65
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Podloga × tretman												
SO4 × K	48687 ± 3214	162 ± 10	165 ± 12	1155 ± 44	109 ± 6	5745 ± 235	47245 ± 1552	160 ± 7	169 ± 12	1342 ± 13	142 ± 7	6131 ± 97
SO4 × B	48996 ± 2562	154 ± 12	150 ± 15	1223 ± 33	120 ± 20	5622 ± 239	46746 ± 2744	153 ± 10	154 ± 14	1276 ± 24	134 ± 8	5972 ± 123
SO4 × BU	48322 ± 3869	162 ± 11	164 ± 9	1171 ± 66	129 ± 14	5653 ± 143	48672 ± 2184	161 ± 7	166 ± 16	1191 ± 20	144 ± 3	6077 ± 122
SO4 × R	49631 ± 4166	162 ± 12	168 ± 20	1180 ± 28	123 ± 17	5621 ± 55	46181 ± 1642	149 ± 2	153 ± 6	1298 ± 7	146 ± 2	6016 ± 67
SO4 × O	50130 ± 2536	163 ± 9	162 ± 7	1164 ± 57	117 ± 17	5789 ± 72	49560 ± 1890	164 ± 4	165 ± 10	1278 ± 28	148 ± 4	6149 ± 100
420A × K	48166 ± 1880	154 ± 3	177 ± 8	1272 ± 17	134 ± 10	5711 ± 126	47002 ± 1339	160 ± 6	174 ± 8	1216 ± 60	135 ± 5	5984 ± 61
420A × B	47690 ± 1471	149 ± 7	161 ± 7	1259 ± 51	130 ± 11	5556 ± 61	46252 ± 1267	155 ± 10	153 ± 10	1267 ± 41	133 ± 7	5841 ± 73
420A × BU	47804 ± 1955	153 ± 5	161 ± 15	1242 ± 53	130 ± 5	5643 ± 60	47622 ± 1530	163 ± 8	161 ± 16	1284 ± 33	137 ± 7	5956 ± 98
420A × R	46368 ± 1243	145 ± 4	157 ± 11	1247 ± 24	121 ± 3	5610 ± 100	45591 ± 1109	150 ± 2	150 ± 2	1178 ± 93	127 ± 3	5819 ± 57
420A × O	49377 ± 1937	157 ± 5	169 ± 10	1268 ± 30	130 ± 6	5677 ± 43	47803 ± 1747	170 ± 4	170 ± 4	1251 ± 22	135 ± 6	6012 ± 80
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj teških metala u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentracijama teških metala Pb, Cr, Ni u tlu između istraživanih podloga, gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije (Tablica 42.).

U 2022. godini utvrđene su veće koncentracije Pb u tlu na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A, neovisno o gnojidbenim tretmanima. S druge strane, nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentraciji Ni i Cr u tlu između istraživanih podloga, gnojidbenih tretmana, te njihove interakcije (Tablica 42.)

U uzorcima tla prikupljenim tijekom 2021. i 2022. godine nije detektirana prisutnost teškog metala kadmija (Cd), što ukazuje na njegovu koncentraciju ispod granice detekcije primijenjene analitičke metode.

Tablica 42. Sadržaj teških metala u tlu nakon berbe u 2021. i 2022. godini

2021.				2022.		
	Pb	Cr	Ni	Pb	Cr	Ni
podloga	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
SO4	341 ± 8	162 ± 2	66,5 ± 2,6	365 ± 8 a	170 ± 2	71,3 ± 3,1
420A	344 ± 6	162 ± 2	63,6 ± 2,5	336 ± 7 b	165 ± 2	64,4 ± 3
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
Gnojidbeni tretman						
K	348 ± 8	162 ± 3	67,5 ± 3,1	357 ± 13	166 ± 3	70,1 ± 4,6
B	341 ± 18	162 ± 5	62,2 ± 6,8	343 ± 18	169 ± 5	64,1 ± 7,5
BU	345 ± 6	163 ± 2	65,6 ± 3,2	358 ± 13	169 ± 3	70,1 ± 5,5
R	337 ± 10	159 ± 2	64,1 ± 3,9	340 ± 8	164 ± 2	63,2 ± 2,3
O	342 ± 10	163 ± 2	65,9 ± 2,7	353 ± 11	172 ± 4	71,7 ± 4,1
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Podloga × tretman						
SO4 × K	345 ± 12	163 ± 4	66,7 ± 3,2	375 ± 19	166 ± 1	74,1 ± 8,1
SO4 × B	339 ± 32	161 ± 9	62,9 ± 11,3	356 ± 28	170 ± 8	67,8 ± 11,2
SO4 × BU	344 ± 3	163 ± 3	67,3 ± 4,4	373 ± 18	171 ± 5	74,1 ± 7,4
SO4 × R	342 ± 21	161 ± 4	69,3 ± 6,4	352 ± 6	168 ± 2	67,1 ± 3
SO4 × O	336 ± 20	163 ± 4	66,4 ± 4,5	367 ± 18	178 ± 6	73,3 ± 7,7
420A × K	351 ± 14	162 ± 4	68,3 ± 6,1	339 ± 15	166 ± 6	66,1 ± 5,1
420A × B	343 ± 24	162 ± 7	61,4 ± 10,1	331 ± 28	168 ± 7	60,5 ± 11,9
420A × BU	346 ± 14	163 ± 4	63,9 ± 5,3	344 ± 17	167 ± 6	66,1 ± 9,1
420A × R	332 ± 5	158 ± 3	58,9 ± 2,8	328 ± 11	159 ± 1	59,3 ± 1,7
420A × O	348 ± 9	163 ± 3	65,4 ± 4	339 ± 9	165 ± 3	70 ± 4,5
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Stabilnost makroagregata na kraju provedenog pokusa u vinogradu

Na podlozi 420A tretmani K, BU i O pokazuju malo stabilne makroagregate u odnosu na tretmane B i R koji pokazuju nestabilne makroagregate. Na podlozi SO4 jedino K pokazuje malo stabilne agregate dok ostali tretmani pokazuju nestabilne agregate. S druge strane, stabilnost makroagregata tla između istraživanih podloga nisu se razlikovali na tretmanima K, B, i R, dok su tretmani BU i O na podlozi SO4 imali nestabilne makroagregate, a na podlozi 420A malo stabilne (Tablica 43.).

Tablica 43. Stabilnost makroagregata tla na kraju provedenog pokusa u vinogradu

Podloga	Tretman	Stabilnost makroagregata tla
420A	K	malo stabilni
420A	B	nestabilni
420A	BU	malo stabilni
420A	R	nestabilni
420A	O	malo stabilni
SO4	K	malo stabilni
SO4	B	nestabilni
SO4	BU	nestabilni
SO4	R	nestabilni
SO4	O	nestabilni

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko;

Stabilnost mikroagregata na kraju provedenog pokusa u vinogradu

Rezultati analize stabilnosti mikroagregata tla (Tablica 44.) pokazuju da su svi ispitani tretmani kod obje podloge (SO4 i 420A) rezultirali dosta stabilnim mikroagregatima tla. Međutim, primjetna je razlika u postotku stabilnosti između podloga. Podloga 420A pokazala je veću stabilnost mikroagregata u usporedbi s podlogom SO4, pri čemu su vrijednosti stabilnosti u rasponu od 60,6% do 63,2%. Kod podloge SO4, stabilnost mikroagregata bila je niža, krećući se između 57,0% i 60,2%. Unatoč navedenim razlikama, svi tretmani su pokazali zadovoljavajuću agregatnu stabilnost tla. Ovi podaci ukazuju na to da, bez obzira na primijenjeni tretman, mikroagregati tla u obje podloge zadržavaju relativno dobru strukturnu stabilnost.

Tablica 44. Stabilnosti mikroagregata tla na kraju provedenog pokusa u vinogradu

Stabilnost mikroagregata tla			
Podloga	Tretman	Stabilnost %	Interpretacija
SO4	K	57,0	dosta stabilni
SO4	B	59,6	dosta stabilni
SO4	BU	59,7	dosta stabilni
SO4	R	58,5	dosta stabilni
SO4	O	60,2	dosta stabilni
420A	K	62,2	dosta stabilni
420A	B	63,2	dosta stabilni
420A	BU	62,9	dosta stabilni
420A	R	62,8	dosta stabilni
420A	O	60,6	dosta stabilni

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko;

Volumna gustoća i trenutačna vlaga tla u vinogradu

Na kraju provedenog pokusa u vinogradu utvrđena je značajno veća trenutačna vlaga tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO4, bez obzira na tretman (Tablica 45.). Međutim, za volumnu gustoću tla zabilježena je statistički značajna interakcija između podloge i tretmana gdje se pokazalo da je na tretmanima kontrole, malčirane rozgve i organske tvari zabilježena veća volumna gustoća tla na podlozi 420A u odnosu na podlogu SO4, dok su tretmani biougljen i biougljen + UREA bili usporedivi između podloga (Tablica 45.). Nisu zabilježene značajne razlike u volumnoj gustoći tla između tretmana unutar pojedinih podloga.

Tablica 45. Rezultati volumne gustoće i trenutačne vlage tla na kraju provedenog pokusa u vinogradu

podloga	Volumna gustoća tla %	Trenutačna vlaga tla %
SO4	1,07 ± 0,02 b	18,4 ± 0,8 b
420A	1,32 ± 0,02 a	30,8 ± 0,7 a
p - vrijednost	***	***
Tretman		
K	1,16 ± 0,07	23,8 ± 3
B	1,19 ± 0,03	25,9 ± 3
BU	1,23 ± 0,05	24,8 ± 2,5
R	1,22 ± 0,1	24,7 ± 3,7
O	1,17 ± 0,06	23,7 ± 2,5
p - vrijednost	n.s.	n.s.
Podloga × tretman		
SO4 × K	1,02 ± 0,04 c	17,4 ± 1,7
SO4 × B	1,15 ± 0,03 cb	19,4 ± 1,4
SO4 × BU	1,15 ± 0,07 cb	20,1 ± 3
SO4 × R	1,01 ± 0,04 c	16,6 ± 0,8
SO4 × O	1,03 ± 0,03 c	18,7 ± 1
420A × K	1,3 ± 0,03 ab	30,3 ± 1,3
420A × B	1,24 ± 0,03 ab	32,4 ± 0,6
420A × BU	1,31 ± 0,05 ab	29,5 ± 1,1
420A × R	1,43 ± 0,03 a	32,9 ± 1,5
420A × O	1,31 ± 0,02 ab	28,8 ± 2,4
p - vrijednost	**	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku $p < 0,05$, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

4.6. Kemijski sastav mošta i vina

U 2021. godini utvrđena je signifikantan utjecaj podloge i gnojidbenih tretmana na koncentraciju glukoze i fruktoze, pH vrijednost te, ukupnu kiselost i udio dušika u moštu (Tablica 46.).

U 2021. na podlozi SO₄, veće koncentracije glukoze utvrđene su na tretmanu kontrola, zatim su slijedili tretmani biougljen, biougljen + UREA, dok je najmanja koncentracija glukoze zabilježena na tretmanu organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veće koncentracije glukoze utvrđene su na tretmanima biougljen i organsko gnojivo, zatim su slijedili kontrola i malčirana rozgva, dok je najmanja koncentracija glukoze zabilježena na tretmanu biougljen + UREA. Veće koncentracije glukoze utvrđene su na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na svim tretmanima, osim na tretmanu organsko gnojivo, gdje nije bilo statističke razlike. Za fruktozu, na podlozi SO₄ veće koncentracije zabilježene su na tretmanima kontrola, biougljen i malčirana rozgva, u odnosu na tretmane biougljen + UREA i organsko gnojivo. Na podlozi 420A, veća koncentracija fruktoze utvrđena je na tretmanu biougljen u odnosu na tretmane kontrola i biougljen + UREA, dok se ostali tretmani statistički nisu razlikovali. Veća koncentracija fruktoze utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A na tretmanu kontrola, dok se podloge nisu statistički razlikovale kod ostalih tretmana.

Za ukupnu kiselost mošta u 2021. godini najveća vrijednost utvrđena je u tretmanima biougljen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo na podlozi SO₄ u odnosu na sve ostale tretmane. Interakcija tretmana i podloge 420A nije imala statistički značajan utjecaj na ukupnu kiselost mošta. Veća ukupna kiselost mošta utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na 420A, dok se između gnojidbenih tretmana značajno većom vrijednosti izdvojio tretman biougljen + UREA.

Najveću vrijednost pH imalo je tretman kontrole na podlozi SO₄ mošta, a slijede ih svi ostali tretmani.. Značajno najmanjom pH vrijednosti izdvojili su se tretmani tretmane biougljen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo na podlozi 420A, Uspoređujući samo podloge veći pH mošta utvrđen je na podlozi SO₄, dok se je među gnojidbenim tretmanima najvećom vrijednosti izdvojio tretman kontrole.

Udio dušika bio je veći u svim tretmanima na podlozi 420A pri čemu je značajno veći zabilježen kod tretmana biougljen + UREA. Usporedbom podloga, u 2021. godini

podloga 420A imala je veći udio dušika u moštu u odnosu na podlogu SO₄ dok se među gnojidbenim tretmanima izdvojio biougļjen + UREA.

U 2022. godini interakcija između podloge i gnojidbenih tretmana signifikantno je utjecala na koncentraciju glukoze i fruktoze, ukupnu kiselost i udio dušika u moštu ali ne i na pH vrijednost (Tablica 46.).

I u 2022. godini, na podlozi SO₄ utvrđena je veća koncentracija glukoze u odnosu na podlogu 420A dok razlike u koncentraciji nakupljene fruktoze nisu bile značajne. Uspoređujući gnojidbene tretmane u 2022. godini većim koncentracijama glukoze ali i fruktoze izdvojili su se. tretmanima biougļjen i organsko gnojivo..

Utvrđena je i signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenog tretmana za koncentraciju fruktoze i glukoze u 2022. godini pri čemu su veće vrijednosti utvrđene u tretmanima biougļjen i organsko gnojivo na podlozi SO₄.

U 2022. godini između podloga nije utvrđena značajna razlika u ukupnoj kiselosti dok se je između gnojidbenih tretmana kao i u 2021. godini većom koncentracijom izdvojio tretman biougļjen + UREA. Interakcija tretmana i podloge utjecala je na veće vrijednosti kod tretmana biougļjen + UREA neovisno od podloge.

I u 2022. godini na podlozi SO₄ utvrđena je veća vrijednost pH mošta u odnosu na podlogu 420A dok značajnih razlika između gnojidbenih tretmana te njihove interakcije sa podlogama nije bilo.

U 2022. godini također se je gnojidbeni tretman biougļjen + UREA izdvojio najvećim udjelom dušika u moštu te je utvrđena značajna interakcija između podloge i gnojidbenog tretmana. Na podlozi SO₄, veći udio dušika utvrđen je kod tretmana biougļjen + UREA i organsko gnojivo, u odnosu na ostale tretmane. Sličan rezultat dobiven je i na podlozi 420A, gdje su tretmani biougļjen + UREA i organsko gnojivo također imali veći udio dušika u moštu u usporedbi s ostalim tretmanima. Međutim, za razliku od prethodne godine, u 2022. godini podloga SO₄ imala je veći udio dušika u moštu nego 420A.

Tablica 46. Osnovni fizikalno-kemijski sastava mošta u 2021. i 2022. godini

	2021					2022				
	Glukoza	Fruktoza	Ukupna kiselost	pH	Dušik	Glukoza	Fruktoza	Ukupna kiselost	pH	Dušik
	g/L	g/L	g/L		mg/L	g/L	g/L	g/L		mg/L
Podloga										
SO4	114 ± 1 a	102 ± 1 a	6,51 ± 0,08 a	3,39 ± 0,01 a	173 ± 6 b	119 ± 4 a	120 ± 4	5,47 ± 0,04	3,40 ± 0,02 a	221 ± 5 a
420A	106 ± 1 b	94,7 ± 1 b	6,16 ± 0,04 b	3,30 ± 0,01 b	382 ± 5 a	113 ± 2 b	116 ± 2	5,54 ± 0,08	3,31 ± 0,02 b	184 ± 6 b
p - vrijednost	***	***	***	***	***	*	n.s.	n.s.	***	***
Gnojdbeni tretman										
K	115 ± 4 a	100 ± 4 ab	6,17 ± 0,04 c	3,40 ± 0,03 a	279 ± 32 b	118 ± 2 ab	119 ± 2 ab	5,25 ± 0,06 c	3,34 ± 0,04	186 ± 11 c
B	115 ± 1 a	103 ± 1 a	6,12 ± 0,06 c	3,35 ± 0,01 b	249 ± 35 c	127 ± 6 a	128 ± 6 a	5,42 ± 0,06 bc	3,31 ± 0,03	189 ± 12 c
BU	105 ± 2 c	93 ± 1,9 c	6,58 ± 0,09 a	3,33 ± 0,02 bc	317 ± 34 a	105 ± 2 c	108 ± 2 b	5,80 ± 0,11 a	3,36 ± 0,04	231 ± 8 a
R	108 ± 1 b	99,3 ± 1,7 ab	6,38 ± 0,17 b	3,32 ± 0,02 c	269 ± 33 b	106 ± 2 bc	109 ± 2 b	5,55 ± 0,04 ab	3,38 ± 0,03	185 ± 5 c
O	109 ± 1 b	96,2 ± 0,8 bc	6,42 ± 0,12 b	3,32 ± 0,02 c	274 ± 41 b	123 ± 4 a	127 ± 3 a	5,52 ± 0,07 b	3,41 ± 0,02	220 ± 7 b
p - vrijednost	***	***	***	***	***	**	***	***	n.s.	***
Podloga × tretman										
SO4 × K	126 ± 0 a	109 ± 4 a	6,10 ± 0,06 c	3,46 ± 0,01 a	183 ± 9 e	119 ± 1	120 ± 1 ab	5,27 ± 0,03 b	3,40 ± 0,06	210 ± 7 b
SO4 × B	117 ± 1 b	104 ± 0 b	6,23 ± 0,03 bc	3,37 ± 0,01 b	146 ± 6 h	135 ± 8	136 ± 9 a	5,50 ± 0,06 b	3,34 ± 0,01	215 ± 4 b
SO4 × BU	111 ± 0 c	98,6 ± 0,2 cde	6,77 ± 0,03 a	3,38 ± 0,01 b	217 ± 7 d	106 ± 1	106 ± 1 b	5,60 ± 0,06 ab	3,36 ± 0,01	249 ± 3 a
SO4 × R	110 ± 1 c	104 ± 1 ab	6,77 ± 0,03 a	3,37 ± 0,01 b	172 ± 5 ef	106 ± 1	106 ± 1 b	5,50 ± 0,06 b	3,44 ± 0,01	197 ± 2 b
SO4 × O	106 ± 1 d	94,2 ± 0,3 de	6,67 ± 0,07 a	3,37 ± 0,01 bc	150 ± 5 fh	131 ± 0	134 ± 1 ab	5,50 ± 0,06 b	3,45 ± 0,01	235 ± 6 a
420A × K	103 ± 1 e	91,5 ± 0,4 de	6,23 ± 0,03 bc	3,34 ± 0,01 bc	375 ± 5 bc	117 ± 4	117 ± 4 ab	5,23 ± 0,12 b	3,27 ± 0,03	163 ± 1 c
420A × B	113 ± 0 c	102,0 ± 1 abc	6,00 ± 0,06 c	3,33 ± 0,01 c	352 ± 1 c	119 ± 5	120 ± 5 ab	5,33 ± 0,09 b	3,27 ± 0,04	163 ± 2 c
420A × BU	99 ± 0 f	87,5 ± 0,3 e	6,40 ± 0,06 bc	3,27 ± 0,01 d	417 ± 4 a	104 ± 4	110 ± 3 b	6,00 ± 0,12 a	3,36 ± 0,08	214 ± 2 b
420A × R	106 ± 0 de	94,6 ± 0,5 cde	6,00 ± 0,06 c	3,27 ± 0,01 d	367 ± 2 c	106 ± 5	111 ± 3 b	5,60 ± 0,06 ab	3,31 ± 0,02	174 ± 1 c
420A × O	111 ± 1 c	98,3 ± 0,9 bcd	6,17 ± 0,03 bc	3,27 ± 0,01 d	398 ± 3 ab	116 ± 5	120 ± 3 ab	5,53 ± 0,15 b	3,36 ± 0,03	205 ± 1 b
p - vrijednost	***	***	***	***	***	n.s.	*	**	n.s.	***

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđen je signifikantan utjecaj podloge i tretmana na volumni udio alkohola, pH vrijednost, hlapljivu kiselost i ukupnu kiselost te ukupne fenole u vinu (Tablica 47.).

Volumi udio alkohola u vinu u 2021. godini na podlozi SO4 utvrđen je viši udio na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane, dok je na podlozi 420A utvrđen viši udio alkohola na tretmanu biougļjen u odnosu na sve tretmane osim tretmana organsko gnojivo koji se nije statistički razlikovao od tretmana biougļjen. Na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A utvrđen je veći udio alkohola na tretmanu kontrola, biougļjen + UREA, i malčirana rozgva dok je suprotno utvrđeno na tretmanu organsko gnojivo. Tretman biougļjen se nije razlikovao između podloga.

U 2022. godini viši udio alkohola utvrđen je na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A. Također utvrđen je viši udio alkohola na tretmanu biougļjen u odnosu na biougļjen + UREA i malčirana rozgva, dok se tretman biougļjena nije razlikovao od tretmana kontrola i organsko gnojivo.

U obje godine istraživanja utvrđen je značajan utjecaj podloge na pH vina pri čemu je niža vrijednost zabilježena kod podloge 420A. Među gnojidbenim tretmanima izdvojili su se tretmani biougļjen i biougļjen + UREA čija interakcija sa podlogom je utjecala na signifikantno niže pH vrijednosti u odnosu na kontrolni tretman i to neovisno o podlozi.

Hlapljiva kiselost u vinima iz 2021. godine kretala se u rasponu od 0,49 do 0,60 g/L, a u 2022. od 0,45 do 0,87 g/L što je u skladu sa definiranom gornjom granicom za ZOI Hrvatska Istra, a koja iznosi 1,1 g/L. U 2021. godini interakcija podloge i tretmana utjecala je na nešto veće vrijednosti kod tretmana kontrole i biougļjen neovisno od podloge dok je u 2022. godini tretman biougļjen + UREA se izdvojio najmanjim vrijednostima neovisno o podlozi. Gnojidbeni tretman biougļjen + UREA u obje godine istraživanja izdvojio se značajno najvećom ukupnom kiselošću vina pri čemu je u 2021. godini veća vrijednost utvrđena na podlozi SO4, a u 2022. na podlozi 420A. U skladu sa time i interakcija podloge i tretmana izdvojila je sa najvećom vrijednošću ukupne kiselosti u 2021. godini tretman biougļjen + UREA na podlozi SO4, a u 2022. na podlozi 420A.

U 2021. godini, na podlozi SO₄, veća koncentracija ukupnih fenola utvrđena je na tretmanima kontrola i biougljen u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se tretman biougljen + UREA nije statistički razlikovao od ostalih. Na podlozi 420A, najniža koncentracija ukupnih fenola zabilježena je na tretmanu biougljen + UREA u odnosu na sve ostale tretmane. Usporedbom podloga, na tretmanu biougljen + UREA utvrđena je veća koncentracija ukupnih fenola na podlozi SO₄ u odnosu na 420A, dok je suprotno utvrđeno na tretmanu malčirana rozgva, gdje je 420A imala višu koncentraciju fenola. Uspoređujući samo gnojdbene tretmane najmanjim vrijednostima u obje godine istraživanja izdvojio se tretman biougljen + UREA. (Tablica 47.).

Tablica 47. Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina u 2021. i 2022. godini

2021						2022				
Alkohol	pH	Ukupna kiselost	Hlapljiva kiselost	Ukupni fenoli		Alkohol	pH	Ukupna kiselost	Hlapljiva kiselost	Ukupni fenoli
% vol.		g/L	g/L	mg/L		% vol.		g/L	g/L	mg/L
Podloga										
SO4	11 ± 0,1 a	3,29 ± 0,01 a	6,39 ± 0,03 a	0,54 ± 0,013 a	119 ± 3 a	12,2 ± 0,4 a	3,32 ± 0,02 a	5,78 ± 0,08 b	0,72 ± 0,036 a	110 ± 3 b
420A	10,2 ± 0,1 b	3,15 ± 0,01 b	6,24 ± 0,03 b	0,53 ± 0,012 b	113 ± 2 b	11,6 ± 0,2 b	3,11 ± 0,01 b	6,27 ± 0,09 a	0,57 ± 0,028 b	126 ± 4 a
p - vrijednost	***	***	***	***	**	**	n.s.	***	***	***
Gnojdbeni Tretman										
K	11 ± 0,4 a	3,27 ± 0,02 a	6,27 ± 0,08 ab	0,56 ± 0,015 b	120 ± 4 ab	12,1 ± 0,2 ab	3,27 ± 0,04 a	5,60 ± 0,06 d	0,78 ± 0,037 a	132 ± 3 a
B	11,1 ± 0,1 a	3,20 ± 0,03 b	6,23 ± 0,04 b	0,61 ± 0,003 a	125 ± 4 a	13 ± 0,6 a	3,14 ± 0,04 b	6,15 ± 0,04 b	0,56 ± 0,023 c	115 ± 7 b
BU	10,1 ± 0,2 c	3,21 ± 0,02 b	6,40 ± 0,04 a	0,53 ± 0,009 c	108 ± 5 c	10,9 ± 0,2 c	3,14 ± 0,04 b	6,40 ± 0,1 a	0,49 ± 0,024 c	92 ± 2 c
R	10,6 ± 0,1 b	3,22 ± 0,06 ab	6,28 ± 0,03 ab	0,49 ± 0,004 d	116 ± 4 abc	10,9 ± 0,2 bc	3,26 ± 0,08 a	6,00 ± 0,17 bc	0,74 ± 0,058 ab	117 ± 5 b
O	10,4 ± 0,1 b	3,23 ± 0,03 ab	6,38 ± 0,03 a	0,50 ± 0,006 d	113 ± 3 bc	12,8 ± 0,4 a	3,26 ± 0,05 a	5,98 ± 0,23 c	0,66 ± 0,047 b	134 ± 3 a
p - vrijednost	***	***	**	**	***	***	n.s.	***	***	***
Podloga × tretman										
SO4 × K	12 ± 0,2 a	3,29 ± 0,03 ab	6,43 ± 0,07 ab	0,60 ± 0,006 a	125 ± 6 ab	12,2 ± 0,1	3,35 ± 0,04 a	5,50 ± 0,06 d	0,83 ± 0,065 a	128 ± 5 a
SO4 × B	11,3 ± 0 b	3,26 ± 0,03 abc	6,30 ± 0,06 abcd	0,61 ± 0,006 a	134 ± 4 a	13,8 ± 0,9	3,22 ± 0,02 b	6,10 ± 0,06 c	0,61 ± 0,009 b	99 ± 5 b
SO4 × BU	10,7 ± 0 c	3,25 ± 0,02 abcd	6,47 ± 0,03 a	0,52 ± 0,015 bcd	120 ± 2 abc	10,8 ± 0,1	3,22 ± 0,02 b	6,20 ± 0,06 bc	0,54 ± 0,025 bc	91 ± 3 b
SO4 × R	10,9 ± 0 bc	3,34 ± 0,02 a	6,33 ± 0,03 abc	0,50 ± 0,003 cd	106 ± 4 cd	10,8 ± 0,1	3,43 ± 0,03 a	5,63 ± 0,03 d	0,87 ± 0,006 a	103 ± 4 b
SO4 × O	10,2 ± 0,1 d	3,30 ± 0,01 ab	6,40 ± 0,06 ab	0,51 ± 0,006 cd	112 ± 6 cbd	13,5 ± 0,1	3,37 ± 0,02 a	5,47 ± 0,03 d	0,77 ± 0,006 a	127 ± 3 a
420A × K	9,9 ± 0 de	3,24 ± 0,02 bcd	6,10 ± 0,06 d	0,53 ± 0,009 bcd	115 ± 2 bc	12 ± 0,4	3,19 ± 0,01 bc	5,70 ± 0,06 d	0,74 ± 0,032 a	137 ± 2 a
420A × B	10,9 ± 0,1 bc	3,13 ± 0,02 e	6,17 ± 0,03 cd	0,61 ± 0,003 a	116 ± 2 abc	12,2 ± 0,5	3,07 ± 0,03 d	6,20 ± 0,06 bc	0,51 ± 0,009 bc	131 ± 7 a
420A × BU	9,5 ± 0 e	3,16 ± 0,01 cde	6,33 ± 0,03 abc	0,55 ± 0,006 b	96 ± 5 d	10,9 ± 0,3	3,06 ± 0,01 d	6,60 ± 0,06 a	0,45 ± 0,012 c	92 ± 2 b
420A × R	10,2 ± 0 d	3,09 ± 0,01 e	6,23 ± 0,03 bc	0,49 ± 0,006 d	126 ± 1 ab	11,1 ± 0,4	3,09 ± 0,01 cd	6,37 ± 0,03 ab	0,61 ± 0,006 b	130 ± 3 a
420A × O	10,7 ± 0,1 c	3,15 ± 0,01 de	6,37 ± 0,03 abc	0,49 ± 0,006 d	115 ± 3 bc	12 ± 0,4	3,14 ± 0,01 bcd	6,50 ± 0,06 a	0,56 ± 0,022 bc	141 ± 4 a
p - vrijednost	***	***	***	***	***	n.s.	n.s.	***	***	**

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj aminokiselina u vinu 2021. godina.

U 2021. godini utvrđena je značajno veća koncentracija svih istraživanih aminokiselina na podlozi SO4 u odnosu na 420A (Tablica 48. i 49.) Također, utvrđena je veća koncentracija svih aminokiselina, osim prolina, na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na ostale gnojdbene tretmane.

Na podlozi SO4 veće koncentracije prolina utvrđene su na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretmane biougļjen i malčirana rozgva, dok su tretmani kontrola i organsko bili usporedivi. Na podlozi 420A veće koncentracije prolina utvrđene su na tretmanima kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko.

Tablica 48. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2021. godini (mg/L)

Podloga	Cistin	Serin	Asparaginska kiselina	Glicin	Treonin	Alanin	Glutaminska kiselina	Prolin	Lizin
SO4	0,871 ± 0,046 a	6 ± 0,71	6,06 ± 0,48 a	4,97 ± 0,33	6,28 ± 0,32 a	8,6 ± 0,4 a	8,5 ± 0,4 a	218 ± 4 a	14,7 ± 0,9 a
420A	0,438 ± 0,024 b	6,86 ± 0,96	3,08 ± 0,38 b	4,24 ± 0,46	3,6 ± 0,34 b	4,1 ± 0,5 b	3,4 ± 0,4 b	117 ± 4 b	6,1 ± 0,8 b
p - vrijednost	***	n.s.	***	n.s.	***	***	***	***	***
Gnojidbeni Tretman									
K	0,65 ± 0,065 b	5,91 ± 1,69	4,01 ± 0,81 b	4,41 ± 0,82	4,55 ± 0,6 b	6 ± 0,9 b	5,8 ± 0,8 b	171 ± 18 b	10 ± 1,3 b
B	0,504 ± 0,055 d	5,61 ± 1,77	3,84 ± 0,66 b	4,09 ± 0,78	4,45 ± 0,52 b	5,9 ± 0,9 b	5,1 ± 0,9 cb	169 ± 13 b	8 ± 1,4 cd
BU	0,933 ± 0,104 a	7,42 ± 0,45	7,84 ± 0,74 a	5,7 ± 0,21	7,17 ± 0,57 a	9,6 ± 0,7 a	9,2 ± 0,9 a	187 ± 17 a	17,9 ± 1,5 a
R	0,549 ± 0,043 cd	6,45 ± 1,06	3,07 ± 0,44 b	4,28 ± 0,55	3,84 ± 0,61 b	4,8 ± 0,8 b	4,3 ± 0,8 c	142 ± 19 c	6,7 ± 1,3 d
O	0,639 ± 0,108 bc	6,77 ± 1,42	4,1 ± 0,59 b	4,54 ± 0,62	4,69 ± 0,6 b	5,5 ± 0,9 b	5,4 ± 1 b	166 ± 20 b	9,4 ± 2 cb
p - vrijednost	***	n.s.	***	n.s.	***	***	***	***	***
Podloga × tretman									
SO4 × K	0,834 ± 0,04 b	7,99 ± 3,08	5,75 ± 1,11	5,78 ± 1,39	5,85 ± 0,79	8,5 ± 0,8	8,1 ± 0,3	223 ± 4 ab	13,8 ± 0,5 bc
SO4 × B	0,666 ± 0,009 c	3,74 ± 0,46	5,14 ± 0,15	3,77 ± 0,24	5,28 ± 0,09	8,1 ± 0,1	7,6 ± 0,1	206 ± 1 bc	12 ± 0,1 cd
SO4 × BU	1,23 ± 0,05 a	7,03 ± 0,63	9,9 ± 0,52	5,62 ± 0,33	8,72 ± 0,29	11,7 ± 0,5	11,7 ± 0,5	235 ± 8 a	22 ± 1,1 a
SO4 × R	0,669 ± 0,031 c	6,29 ± 1,29	4,07 ± 0,4	5,23 ± 0,57	5,46 ± 0,37	7 ± 0,4	6,7 ± 0,2	198 ± 6 c	10,6 ± 0,3 d
SO4 × O	0,953 ± 0,055 b	4,96 ± 0,71	5,44 ± 0,44	4,46 ± 0,4	6,11 ± 0,4	7,8 ± 0,5	8,4 ± 0,5	225 ± 10 ab	15,1 ± 0,9 b
420A × K	0,465 ± 0,018 d	3,82 ± 1,07	2,26 ± 0,42	3,04 ± 0,44	3,24 ± 0,35	3,5 ± 0,3	3,6 ± 0,1	119 ± 5 de	6,2 ± 0,3 e
420A × B	0,341 ± 0,016 d	7,49 ± 3,49	2,54 ± 1,04	4,42 ± 1,63	3,63 ± 0,95	3,6 ± 1	2,6 ± 0,3	131 ± 5 de	4 ± 0,4 ef
420A × BU	0,632 ± 0,028 c	7,81 ± 0,67	5,77 ± 0,27	5,77 ± 0,29	5,62 ± 0,4	7,6 ± 0,3	6,7 ± 0,2	140 ± 4 d	13,7 ± 0,4 bc
420A × R	0,429 ± 0,009 d	6,6 ± 1,85	2,08 ± 0,46	3,33 ± 0,75	2,22 ± 0,46	2,5 ± 0,6	1,9 ± 0,1	87 ± 1 f	2,9 ± 0,2 f
420A × O	0,324 ± 0,005 d	8,59 ± 2,63	2,75 ± 0,68	4,63 ± 1,25	3,28 ± 0,69	3,2 ± 0,8	2,4 ± 0,2	107 ± 1 ef	3,6 ± 0,2 f
p - vrijednost	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Tablica 49. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2021. godini (mg/L)

Podloga	Histidin	Valin	Metionin	Tirozin	Izoleucin	Leucin	Fenilalanin
SO4	6,12 ± 0,31 a	3,16 ± 0,17 a	0,172 ± 0,011 a	4,44 ± 0,3 a	1,38 ± 0,11 a	4,92 ± 0,5 a	5,01 ± 0,34 a
420A	4,13 ± 0,37 b	1,79 ± 0,18 b	0,113 ± 0,01 b	2,35 ± 0,26 b	0,75 ± 0,08 b	1,75 ± 0,27 b	2,2 ± 0,26 b
p - vrijednost	***	***	***	***	***	***	***
Gnojdbeni tretman							
K	5,04 ± 0,74 b	2,48 ± 0,34 b	0,176 ± 0,025 ab	3,04 ± 0,49 bc	0,97 ± 0,16 b	2,94 ± 0,49 b	3,45 ± 0,45 b
B	4,34 ± 0,54 b	1,85 ± 0,23 b	0,13 ± 0,018 bc	2,22 ± 0,26 c	0,84 ± 0,12 b	2,55 ± 0,53 b	2,72 ± 0,4 cd
BU	6,93 ± 0,32 a	3,7 ± 0,21 a	0,188 ± 0,014 a	5,65 ± 0,42 a	1,82 ± 0,19 a	6,82 ± 0,89 a	6,32 ± 0,6 a
R	4,35 ± 0,58 b	2,01 ± 0,33 b	0,097 ± 0,008 c	2,7 ± 0,39 bc	0,76 ± 0,09 b	1,69 ± 0,26 c	2,44 ± 0,41 d
O	4,94 ± 0,56 b	2,35 ± 0,33 b	0,121 ± 0,01 c	3,37 ± 0,51 b	0,96 ± 0,12 b	2,68 ± 0,6 b	3,08 ± 0,55 bc
p - vrijednost	**	***	***	***	***	***	***
Podloga × tretman							
SO4 × K	6,49 ± 1,13	3,27 ± 0,4	0,227 ± 0,028	4,21 ± 0,63	1,32 ± 0,2	4,34 ± 0,25 b	4,73 ± 0,3 b
SO4 × B	4,75 ± 0,17	2,19 ± 0,07	0,17 ± 0,005	2,9 ± 0,13	1,08 ± 0,03	4,1 ± 0,14 b	3,9 ± 0,04 bc
SO4 × BU	7,64 ± 0,39	4,23 ± 0,2	0,21 ± 0,015	6,53 ± 0,55	2,3 ± 0,21	9,35 ± 0,6 a	8,04 ± 0,39 a
SO4 × R	5,74 ± 0,44	2,92 ± 0,17	0,113 ± 0,008	3,8 ± 0,24	0,98 ± 0,08	2,4 ± 0,18 c	3,64 ± 0,12 c
SO4 × O	5,96 ± 0,43	3,21 ± 0,21	0,14 ± 0,009	4,75 ± 0,42	1,24 ± 0,08	4,41 ± 0,32 b	4,72 ± 0,13 b
420A × K	3,59 ± 0,39	1,68 ± 0,21	0,124 ± 0,026	1,87 ± 0,06	0,62 ± 0,09	1,54 ± 0,13 cd	2,17 ± 0,13 d
420A × B	3,93 ± 1,1	1,5 ± 0,42	0,09 ± 0,026	1,53 ± 0,22	0,6 ± 0,18	1 ± 0,24 d	1,55 ± 0,19 de
420A × BU	6,22 ± 0,25	3,18 ± 0,15	0,165 ± 0,021	4,77 ± 0,3	1,34 ± 0,07	4,3 ± 0,21 b	4,61 ± 0,15 b
420A × R	2,97 ± 0,62	1,1 ± 0,18	0,081 ± 0,009	1,61 ± 0,17	0,54 ± 0,08	0,97 ± 0,09 d	1,23 ± 0,06 e
420A × O	3,93 ± 0,84	1,49 ± 0,28	0,103 ± 0,013	1,99 ± 0,23	0,67 ± 0,14	0,95 ± 0,16 d	1,44 ± 0,1 de
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	*

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj aminokiselina u vinu 2022 godina.

U 2022. godini utvrđena je značajno veća koncentracija aminokiselina cistin, alanin, glutaminska kiselina, prolin, lizin, valin, metionin, tirozin, izoleucin, leucin i fenilalanin na podlozi SO₄ u odnosu na 420A (Tablica 50.). Utvrđena je veća koncentracija Arginina na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A na tretmanu organsko gnojivo, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu razlikovale (Tablica 51.).

Utvrđena je značajno veća koncentracija cistina, glutaminske kiseline i prolina u vinu na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane. Slično, tretman organsko gnojivo pokazao je i veće koncentracije alanina, fenilalanina i metionina u odnosu na kontrolu, lizina u odnosu na sve tretmane, osim biougljen + UREA, i leucina u odnosu na tretmane kontrola i biougljen.

Također, veće koncentracije arginina utvrđene su na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na ostale tretmane na podlozi SO₄. Na podlozi 420A utvrđene su veće koncentracije arginina na tretmanu organsko gnojivo u odnosu na tretman kontrola, dok su ostali tretmani bili usporedivi.

Tablica 50. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2022. godini (mg/L)

Podloga	Cistin	Serin	Asparaginska kiselina	Glicin	Treonin	Alanin	Glutaminska kiselina	Prolin	Lizin
SO4	0,319 ± 0,05 a	11,1 ± 2	3,8 ± 0,64	5,89 ± 0,94	3,6 ± 0,6	5,51 ± 0,69 a	2,69 ± 0,24 a	126 ± 7 a	3,81 ± 0,37 a
420A	0,202 ± 0,037 b	8,4 ± 1,4	2,4 ± 0,35	4,21 ± 0,63	2,4 ± 0,37	3,49 ± 0,46 b	1,62 ± 0,12 b	45 ± 7 b	2,39 ± 0,2 b
p - vrijednost	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	***	***	***
Tretman									
K	0,097 ± 0,024 c	4,7 ± 0,7	1,47 ± 0,2	2,67 ± 0,39	1,49 ± 0,24	2,47 ± 0,39 b	1,67 ± 0,16 b	80 ± 20 b	1,76 ± 0,26 c
B	0,085 ± 0,01 c	11,8 ± 2,6	3,44 ± 0,7	5,62 ± 1,11	3,26 ± 0,69	4,54 ± 0,71 ab	2,01 ± 0,23 b	65 ± 14 b	2,73 ± 0,28 bc
BU	0,397 ± 0,035 b	8,1 ± 2,8	2,94 ± 0,87	4,04 ± 1,3	2,64 ± 0,81	3,99 ± 0,96 ab	2,09 ± 0,3 b	89 ± 14 b	3,46 ± 0,38 ab
R	0,133 ± 0,024 c	11,6 ± 3,6	3,4 ± 1,19	5,87 ± 1,7	3,31 ± 1,08	4,52 ± 1,08 ab	1,83 ± 0,34 b	61 ± 16 b	2,9 ± 0,54 bc
O	0,59 ± 0,052 a	12,6 ± 2,5	4,23 ± 0,83	7,02 ± 1,3	4,29 ± 0,82	6,99 ± 1,1 a	3,17 ± 0,42 a	133 ± 14 a	4,64 ± 0,59 a
p - vrijednost	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	***	***
Podloga × tretman									
SO4 × K	0,158 ± 0,026	6,5 ± 0,8	1,97 ± 0,22	3,65 ± 0,42	2,08 ± 0,27	3,47 ± 0,41	1,9 ± 0,3	126 ± 26	2,44 ± 0,26
SO4 × B	0,094 ± 0,013	8,3 ± 3,2	2,85 ± 0,87	4,27 ± 1,41	2,51 ± 0,83	4,08 ± 0,95	2,41 ± 0,25	107 ± 3	2,77 ± 0,36
SO4 × BU	0,496 ± 0,023	13,1 ± 4,6	4,49 ± 1,42	6,58 ± 2,03	4,21 ± 1,28	6,32 ± 1,13	2,89 ± 0,26	128 ± 8	4,41 ± 0,44
SO4 × R	0,182 ± 0,038	13,7 ± 7,4	4,46 ± 2,36	6,94 ± 3,43	4,12 ± 2,16	5,3 ± 2,14	2,34 ± 0,62	108 ± 0	3,64 ± 1
SO4 × O	0,665 ± 0,096	13,8 ± 4,5	5,22 ± 1,45	7,99 ± 2,3	5,07 ± 1,46	8,39 ± 1,87	3,92 ± 0,7	161 ± 21	5,78 ± 0,93
420A × K	0,036 ± 0,005	2,9 ± 0,5	0,98 ± 0,08	1,69 ± 0,19	0,91 ± 0,09	1,46 ± 0,17	1,45 ± 0,01	34 ± 1	1,09 ± 0,07
420A × B	0,077 ± 0,016	15,3 ± 3,8	4,03 ± 1,13	6,98 ± 1,64	4,01 ± 1,07	5 ± 1,12	1,62 ± 0,33	23 ± 0	2,68 ± 0,48
420A × BU	0,298 ± 0,006	3,1 ± 1,4	1,38 ± 0,39	1,51 ± 0,54	1,06 ± 0,28	1,66 ± 0,4	1,3 ± 0,13	49 ± 1	2,52 ± 0,14
420A × R	0,084 ± 0,006	9,6 ± 1,7	2,35 ± 0,48	4,8 ± 0,86	2,5 ± 0,5	3,73 ± 0,6	1,32 ± 0,16	15 ± 0	2,16 ± 0,22
420A × O	0,515 ± 0,012	11,3 ± 2,8	3,25 ± 0,69	6,05 ± 1,34	3,51 ± 0,78	5,59 ± 0,97	2,42 ± 0,21	106 ± 1	3,49 ± 0,28
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko gnojivo; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Tablica 51. Sadržaj aminokiselina u vinu u 2022. godini (mg/L)

Podloga	Histidin	Arginin	Valin	Metionin	Tirozin	Izoleucin	Leucin	Fenilalanin
SO4	4,28 ± 0,7	2,61 ± 0,3 a	2,23 ± 0,32 a	0,283 ± 0,025 a	1,82 ± 0,29 a	1,25 ± 0,18 a	2,36 ± 0,25 a	2,46 ± 0,24 a
420A	2,97 ± 0,44	1,51 ± 0,13 b	1,36 ± 0,18 b	0,142 ± 0,012 b	1 ± 0,12 b	0,78 ± 0,08 b	1,33 ± 0,1 b	1,55 ± 0,1 b
p - vrijednost	n.s.	***	*	**	**	*	***	***
Gnojdbeni Tretman								
K	1,82 ± 0,28	1,17 ± 0,17 c	0,93 ± 0,15	0,153 ± 0,027 b	0,69 ± 0,1	0,66 ± 0,09	1,21 ± 0,19 b	1,37 ± 0,14 b
B	4,09 ± 0,85	1,46 ± 0,15 c	1,85 ± 0,34	0,18 ± 0,023 ab	1,56 ± 0,28	1,02 ± 0,17	1,57 ± 0,17 b	1,78 ± 0,18 ab
BU	3,2 ± 0,96	2,44 ± 0,23 b	1,69 ± 0,45	0,235 ± 0,04 ab	1,45 ± 0,42	1,04 ± 0,23	2,08 ± 0,28 ab	2,22 ± 0,31 ab
R	4,16 ± 1,3	1,6 ± 0,15 bc	1,92 ± 0,57	0,202 ± 0,043 ab	1,43 ± 0,5	1,09 ± 0,33	1,69 ± 0,39 ab	1,92 ± 0,39 ab
O	4,85 ± 0,9	3,63 ± 0,57 a	2,56 ± 0,45	0,291 ± 0,044 a	1,91 ± 0,37	1,29 ± 0,27	2,69 ± 0,46 a	2,73 ± 0,38 a
p - vrijednost	n.s.	***	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	**
Podloga × tretman								
SO4 × K	2,53 ± 0,28	1,47 ± 0,28 cd	1,32 ± 0,14	0,221 ± 0,03	0,9 ± 0,13	0,9 ± 0,07	1,66 ± 0,24	1,68 ± 0,19
SO4 × B	3,07 ± 1,06	1,79 ± 0,12 bcd	1,58 ± 0,45	0,203 ± 0,03	1,5 ± 0,48	0,91 ± 0,23	1,56 ± 0,21	1,83 ± 0,28
SO4 × BU	5,01 ± 1,52	3,07 ± 0,14 b	2,65 ± 0,65	0,341 ± 0,038	2,24 ± 0,69	1,5 ± 0,36	2,78 ± 0,31	2,93 ± 0,42
SO4 × R	5,12 ± 2,61	1,88 ± 0,22 bcd	2,45 ± 1,13	0,265 ± 0,078	1,95 ± 0,98	1,42 ± 0,65	2,15 ± 0,74	2,43 ± 0,73
SO4 × O	5,65 ± 1,6	4,81 ± 0,86 a	3,13 ± 0,77	0,385 ± 0,06	2,5 ± 0,63	1,55 ± 0,51	3,67 ± 0,66	3,45 ± 0,58
420A × K	1,1 ± 0,14	0,86 ± 0,02 d	0,55 ± 0,05	0,085 ± 0,003	0,48 ± 0,09	0,42 ± 0,02	0,75 ± 0,07	1,07 ± 0,02
420A × B	5,12 ± 1,26	1,12 ± 0,17 cd	2,11 ± 0,53	0,158 ± 0,035	1,61 ± 0,35	1,13 ± 0,26	1,59 ± 0,29	1,74 ± 0,28
420A × BU	1,39 ± 0,43	1,81 ± 0,11 bcd	0,73 ± 0,14	0,13 ± 0,014	0,67 ± 0,14	0,59 ± 0,09	1,37 ± 0,09	1,51 ± 0,11
420A × R	3,2 ± 0,55	1,32 ± 0,14 cd	1,4 ± 0,26	0,138 ± 0,016	0,91 ± 0,14	0,77 ± 0,13	1,24 ± 0,13	1,42 ± 0,13
420A × O	4,06 ± 0,89	2,46 ± 0,17 bc	1,99 ± 0,39	0,197 ± 0,027	1,31 ± 0,23	1,02 ± 0,16	1,72 ± 0,21	2,01 ± 0,2
p - vrijednost	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Organske kiseline u vinu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je značajno manja koncentracija vinske i jantarne, te veća jabučne i limunske kiseline na podlozi SO4 u odnosu na 420A (Tablica 52.). Isti trend zabilježen je i u 2022. godini s time da je jedino razlika u koncentraciji vinske kiseline bila i statistički opravdana (Tablica 53.).

S obzirom na gnojidbene tretmane u 2021. godini najveća koncentracija vinske i jabučne kiseline utvrđena je u tretmanu biougljen + UREA dok je njihova koncentracija bila najmanja u tretmanu kontrole. Što se tiče limunske kiseline njezina koncentracija bila je najveća u tretmanu biougljen, a tretman kontrola izdvojio se najmanjom koncentracijom jantarne kiseline. U 2022. godini gnojidbeni tretman organsko izdvojio se najvećim koncentracijama vinske, jabučne, limunske i jantarne kiseline dok je najmanja koncentracija vinske kiseline ponovno utvrđena u tretmanu kontrola. U slučaju jabučne kiseline tretman biougljen + UREA imao je u 2022. godini najmanje koncentracije. Za razliku od 2021. godine interakcija podloge i tretmana bila je statistički opravdana pri čemu se je tretman organsko ponovno izdvojio najvećim vrijednostima i to neovisno od podloge.

Tablica 52. Sadržaj organskih kiselina u vinu za 2021. godini (g/L)

Podloga	Vinska kiselina	Šikiminska kiselina	Jabučna kiselina	Limunska kiselina	Jantarna kiselina
SO4	1,54 ± 0,02 b	0,005 ± 0,000	2,96 ± 0,10 a	1,10 ± 0,04 a	0,78 ± 0,01 b
420A	1,74 ± 0,02 a	0,004 ± 0,000	2,42 ± 0,06 b	0,95 ± 0,02 b	0,85 ± 0,01 a
p - vrijednost	***	n.s.	***	**	***
Gnojidbeni Tretman					
K	1,55 ± 0,04 c	0,005 ± 0,000 a	2,24 ± 0,07 b	0,94 ± 0,04 ab	0,74 ± 0,01 b
B	1,57 ± 0,04 bc	0,004 ± 0,000 b	2,33 ± 0,09 b	0,92 ± 0,04 b	0,82 ± 0,02 a
BU	1,72 ± 0,04 a	0,005 ± 0,000 ab	3,07 ± 0,16 a	1,13 ± 0,06 a	0,79 ± 0,02 ab
R	1,70 ± 0,04 ab	0,004 ± 0,000 b	2,87 ± 0,10 a	1,05 ± 0,04 ab	0,87 ± 0,01 a
O	1,67 ± 0,04 abc	0,004 ± 0,000 ab	2,96 ± 0,15 a	1,09 ± 0,06 ab	0,85 ± 0,02 a
p - vrijednost	**	**	***	*	***
Podloga × tretman					
SO4 × K	1,45 ± 0,02	0,005 ± 0,000	2,40 ± 0,06	0,99 ± 0,06	0,76 ± 0,01
SO4 × B	1,46 ± 0,01	0,004 ± 0,000	2,57 ± 0,07	1,00 ± 0,05	0,77 ± 0,009
SO4 × BU	1,64 ± 0,07	0,004 ± 0,000	3,35 ± 0,28	1,19 ± 0,12	0,76 ± 0,04
SO4 × R	1,58 ± 0,04	0,004 ± 0,000	3,12 ± 0,09	1,16 ± 0,06	0,82 ± 0,02
SO4 × O	1,59 ± 0,07	0,005 ± 0,000	3,36 ± 0,15	1,18 ± 0,11	0,80 ± 0,03
420A × K	1,65 ± 0,06	0,005 ± 0,000	2,08 ± 0,07	0,88 ± 0,05	0,73 ± 0,03
420A × B	1,68 ± 0,05	0,004 ± 0,000	2,08 ± 0,06	0,83 ± 0,05	0,87 ± 0,03
420A × BU	1,79 ± 0,04	0,005 ± 0,000	2,78 ± 0,05	1,07 ± 0,05	0,82 ± 0,02
420A × R	1,83 ± 0,01	0,004 ± 0,000	2,61 ± 0,05	0,95 ± 0,01	0,91 ± 0,008
420A × O	1,75 ± 0,02	0,004 ± 0,000	2,55 ± 0,03	1,00 ± 0,02	0,90 ± 0,01
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Tablica 53. Sadržaj organskih kiselina u vinu za 2022. godini (g/L)

Podloga	Vinska kiselina	Šikiminska kiselina	Jabučna kiselina	Limunska kiselina	Jantarna kiselina
SO4	1,08 ± 0,07 b	0,005 ± 0,000	1,23 ± 0,07	0,80 ± 0,06	0,74 ± 0,04
420A	1,48 ± 0,02 a	0,005 ± 0,000	1,10 ± 0,05	0,72 ± 0,02	0,82 ± 0,01
p - vrijednost	***	n.s.	***	**	***
Gnojidbeni Tretman					
K	1,04 ± 0,12 b	0,005 ± 0,000 ab	1,20 ± 0,11 ab	0,73 ± 0,07 ab	0,79 ± 0,07 ab
B	1,32 ± 0,03 a	0,004 ± 0,000 ab	0,97 ± 0,10 ab	0,66 ± 0,06 b	0,79 ± 0,02 ab
BU	1,32 ± 0,10 a	0,006 ± 0,000 a	1,03 ± 0,04 b	0,68 ± 0,03 b	0,65 ± 0,03 b
R	1,25 ± 0,12 ab	0,004 ± 0,000 b	1,21 ± 0,02 ab	0,73 ± 0,02 ab	0,81 ± 0,02 ab
O	1,48 ± 0,09 a	0,004 ± 0,000 ab	1,41 ± 0,11 a	0,99 ± 0,12 a	0,86 ± 0,05 a
p - vrijednost	**	**	***	*	***
Podloga × tretman					
SO4 × K	0,75 ± 0,01 d	0,005 ± 0,001 ab	1,10 ± 0,23 ab	0,67 ± 0,15 b	0,72 ± 0,15
SO4 × B	1,26 ± 0,02 abc	0,005 ± 0,000 ab	1,25 ± 0,07 a	0,83 ± 0,05 ab	0,85 ± 0,02
SO4 × BU	0,99 ± 0,05 bcd	0,005 ± 0,000 ab	1,07 ± 0,09 ab	0,62 ± 0,06 b	0,58 ± 0,04
SO4 × R	0,89 ± 0,01 cd	0,005 ± 0,000 ab	1,25 ± 0,03 a	0,75 ± 0,02 ab	0,74 ± 0,05
SO4 × O	1,49 ± 0,01 a	0,004 ± 0,000 ab	1,48 ± 0,22 a	1,15 ± 0,02 a	0,83 ± 0,11
420A × K	1,33 ± 0,01 ab	0,006 ± 0,000 ab	1,31 ± 0,01 a	0,80 ± 0,02 ab	0,86 ± 0,01
420A × B	1,38 ± 0,05 ab	0,003 ± 0,000 b	0,68 ± 0,02 b	0,42 ± 0,04 b	0,73 ± 0,03
420A × BU	1,61 ± 0,02 a	0,007 ± 0,000 a	0,99 ± 0,01 ab	0,74 ± 0,01 ab	0,72 ± 0,01
420A × R	1,61 ± 0,02 a	0,003 ± 0,000 b	1,17 ± 0,02 ab	0,71 ± 0,05 ab	0,88 ± 0,01
420A × O	1,47 ± 0,01 a	0,004 ± 0,000 ab	1,33 ± 0,05 a	0,84 ± 0,02 ab	0,88 ± 0,09
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougļjen, BU – biougļjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj makroelemenata u vinu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je značajno veća koncentracija S na podlozi SO₄ u odnosu na 420A (Tablica 54.). Također, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenog tretmana za koncentraciju Ca, K i P (Tablica 54.). Veća koncentracija kalija (K) i fosfora (P) utvrđena je na podlozi SO₄ u odnosu na podlogu 420A na svim tretmanima, osim na tretmanu biougļjen + UREA, gdje se vrijednosti nisu statistički razlikovale između podloga. Bez obzira na podlogu, utvrđene su veće količine magnezija (Mg) na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na kontrolu, dok se tretmani biougļjen i biougļjen + UREA nisu statistički razlikovali. Na podlozi SO₄, veća koncentracija kalija (K) utvrđena je na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo u odnosu na tretmane kontrola, biougļjen i biougļjen + UREA, te je utvrđena niža koncentracija fosfora (P) na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na ostale tretmane. Na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana za koncentraciju kalcija (Ca). Na podlozi 420A utvrđena je veća koncentracija kalcija (Ca) na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretman kontrola, dok je koncentracija kalija (K) bila veća na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na sve ostale tretmane.

U 2022. godini utvrđena je značajno veća koncentracija P i S na podlozi SO₄ u odnosu na 420A, dok se ostali makroelementi nisu razlikovali između podloga (Tablica 54.) Utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i tretmana za sadržaj Ca u vinu. Također, nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane faktore makroelemenata K i Mg u vinu.

Na podlozi SO₄ nije utvrđena statistički značajna razlika u koncentraciji Ca između tretmana, dok na podlozi 420A utvrđena je veća koncentracija Ca na tretmanu biougļjen + UREA u odnosu na tretman biougļjen, dok su ostali tretmani bili usporedivi.

Tablica 54. Sadržaj makroelemanta u vinu u 2021. i 2022. godini

2021.						2022.				
	Ca	K	Mg	P	S	Ca	K	Mg	P	S
Podloga	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
SO4	74 ± 2,1 b	673 ± 16 a	86,2 ± 0,9	41 ± 0,5 a	126 ± 2 a	57,2 ± 2,2	111 ± 11	104 ± 3	18,8 ± 0,6 a	98 ± 2 a
420A	81,3 ± 3,4 a	526 ± 9 b	88,3 ± 1,2	37,9 ± 0,4 b	116 ± 1 b	52,5 ± 1,9	111 ± 7	105 ± 3	16,4 ± 0,6 b	90 ± 2 b
p - vrijednost	*	***	n.s.	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	*	**
Gnojdbeni tretman										
K	71 ± 2,4	575 ± 28 b	84 ± 1 b	39,4 ± 0,8 ab	119 ± 2	49,2 ± 1	133 ± 23	102 ± 6	17,7 ± 1,2	94 ± 3
B	79,4 ± 4	542 ± 22 b	85,6 ± 0,7 ab	40 ± 0,9 a	122 ± 7	50,8 ± 5	91 ± 6	109 ± 2	18,6 ± 0,4	99 ± 3
BU	79,8 ± 4,5	618 ± 14 a	85,4 ± 1,6 ab	37,4 ± 1 b	121 ± 1	59 ± 2,5	112 ± 14	106 ± 5	16,9 ± 1,2	94 ± 3
R	82,3 ± 7,1	621 ± 37 a	90,6 ± 1,8 a	39,8 ± 1 a	121 ± 1	58,1 ± 2,1	110 ± 10	106 ± 4	17,7 ± 0,9	92 ± 2
O	75,8 ± 3,8	643 ± 49 a	90,6 ± 1,8 a	40,7 ± 0,5 a	122 ± 2	57,1 ± 3,4	110 ± 11	101 ± 6	17 ± 1,5	89 ± 4
p - vrijednost	n.s.	***	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Podloga × tretman										
SO4 × K	72,3 ± 3,7 ab	642 ± 19 b	83,4 ± 2,2	41,3 ± 0,5 ab	123 ± 1	49 ± 1,9 ab	155 ± 44	101 ± 10	18,8 ± 1,8	99 ± 3
SO4 × B	86,1 ± 4,7 ab	597 ± 14 b	85,2 ± 1,5	42 ± 1 a	132 ± 12	58,9 ± 7,5 ab	96 ± 13	105 ± 3	19,4 ± 0,5	106 ± 2
SO4 × BU	77,3 ± 3,2 ab	638 ± 24 b	85,8 ± 1,8	37,3 ± 0,1 c	123 ± 1	55,2 ± 3,3 ab	89 ± 17	111 ± 4	18,8 ± 0,7	98 ± 2
SO4 × R	67,3 ± 1,4 b	716 ± 17 a	87,1 ± 0,6	42,4 ± 0,3 a	125 ± 1	61,8 ± 2,4 a	111 ± 14	102 ± 6	18,7 ± 1,5	92 ± 3
SO4 × O	67,1 ± 1,7 b	772 ± 14 a	89,6 ± 2,6	42,1 ± 0,2 a	126 ± 1	61,1 ± 6,1 a	105 ± 17	102 ± 11	18,2 ± 2,5	93 ± 6
420A × K	69,8 ± 3,4 b	508 ± 14 c	84,7 ± 0,2	37,5 ± 0,3 c	115 ± 0	49,5 ± 1,2 ab	111 ± 16	104 ± 9	16,5 ± 1,8	90 ± 5
420A × B	72,6 ± 4,8 ab	487 ± 3 c	85,9 ± 0,5	38 ± 0,3 cb	113 ± 1	42,7 ± 1,8 b	87 ± 2	113 ± 0	17,8 ± 0,1	93 ± 1
420A × BU	82,3 ± 8,9 ab	597 ± 6 b	84,9 ± 2,8	37,5 ± 2,2 cb	119 ± 1	62,8 ± 2,6 a	135 ± 14	100 ± 8	15 ± 1,6	91 ± 4
420A × R	97,2 ± 9,4 a	525 ± 8 c	94,1 ± 2,5	37,2 ± 0,2 c	117 ± 1	54,4 ± 1,6 ab	109 ± 16	109 ± 5	16,8 ± 1	92 ± 3
420A × O	84,5 ± 3,9 ab	514 ± 2 c	91,7 ± 2,7	39,4 ± 0,2 abc	118 ± 1	53,1 ± 2 ab	114 ± 19	99 ± 9	15,7 ± 2	85 ± 6
p - vrijednost	**	***	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biouglijen, BU – biouglijen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj mikroelemenata u vinu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je značajno veća koncentracija Fe u vinu na podlozi SO₄ u odnosu na 420A (Tablica 55.). Također, utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i tretmana na sadržaj Zn i B u vinu (Tablica 55.). Prisutnost Cu u vinu za 2021. godinu nije detektirana. Utvrđena je veća koncentracija pojedinih mikroelemenata na podlozi SO₄ u odnosu na 420A, i to na svim tretmanima za B, i na tretmanu biougļjen za Zn. Na podlozi SO₄ veća koncentracija B utvrđena je na tretmanu kontrola u odnosu na ostale tretmane, osim tretmana biougļjen gdje su vrijednosti bile usporedive. Na navedenoj podlozi koncentracija Zn se nije razlikovala među tretmanima. Na podlozi 420A utvrđena je veća koncentracija Zn na tretmanu malčirana rozgva u odnosu na tretman biougļjen, dok se koncentracija B nije razlikovala među tretmanima. Za mikroelement Na nije utvrđena statistički značajna razlika, dok mikroelementi Mn i Mo nisu detektirani u vinu.

U 2022. godini na podlozi SO₄ utvrđena je veća koncentracija pojedinih mikroelemenata u odnosu na podlogu 420A, i to Cu bez obzira na tretmane i Zn na tretmanu biougļjen (Tablica 55.). Utvrđena signifikantna interakcija između podloge i tretmana za udio Zn, dok za Fe i Na nije utvrđena statistički značajna razlika za istraživane faktore. Mikroelementi Mn, Mo i B nisu detektirani u vinu (Tablica 55.).

Na podlozi SO₄ veće koncentracije cinka utvrđene su na tretmanu biougļjen u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko, dok se na podlozi 420A tretmani nisu razlikovali.

Tablica 55. Sadržaj mikroelemenata u vinu u 2021. i 2022. godini

	2021.				2022.			
	Fe mg/L	Zn mg/L	B mg/L	Na mg/L	Fe mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	Na mg/L
Podloga								
SO4	3,81 ± 0,11 a	0,79 ± 0,07 a	0,933 ± 0,08	100 ± 4	3,33 ± 0,12	1,15 ± 0,22 a	2,03 ± 0,27 a	42,5 ± 1,3
420A	3,55 ± 0,04 b	0,56 ± 0,08 b	0,087 ± 0,024	107 ± 4	3,41 ± 0,1	0,19 ± 0,08 b	1,34 ± 0,11 b	44,9 ± 3,7
p - vrijednost	*	*	**	***	n.s.	n.s.	**	**
Gnojidbeni tretman								
K	3,73 ± 0,1	0,64 ± 0,14	0,701 ± 0,231 a	102 ± 5	3,38 ± 0,15	1,16 ± 0,27	1,52 ± 0,33 ab	42,1 ± 1,9
B	3,79 ± 0,28	0,61 ± 0,15	0,738 ± 0,21 a	98 ± 6	3,36 ± 0,08	0,61 ± 0,27	2,51 ± 0,52 a	43,2 ± 1,9
BU	3,6 ± 0,05	0,83 ± 0,12	0,412 ± 0,14 b	107 ± 7	3,29 ± 0,22	0,57 ± 0,14	1,81 ± 0,35 ab	46,1 ± 6,1
R	3,65 ± 0,08	0,74 ± 0,11	0,416 ± 0,153 b	98 ± 8	3,51 ± 0,23	0,28 ± 0,18	1,35 ± 0,13 b	37,9 ± 0,9
O	3,61 ± 0,03	0,56 ± 0,09	0,283 ± 0,109 b	113 ± 7	3,31 ± 0,21	0,71 ± 0,59	1,24 ± 0,08 b	49,3 ± 7,1
p - vrijednost	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	**
Podloga × tretman								
SO4 × K	3,95 ± 0,1	0,92 ± 0,2 a	1,272 ± 0,173 a	93 ± 1	3,5 ± 0,2	1,72 ± 0,22	1,97 ± 0,57 ab	45,4 ± 1,4
SO4 × B	4,17 ± 0,51	0,99 ± 0,12 a	1,224 ± 0,219 ab	88 ± 2	3,29 ± 0,1	1,2 ± 0,08	3,5 ± 0,36 a	46 ± 2,5
SO4 × BU	3,71 ± 0,05	0,99 ± 0,16 a	0,782 ± 0,017 c	104 ± 11	3,28 ± 0,4	0,84 ± 0,07	2,33 ± 0,53 ab	40,4 ± 1
SO4 × R	3,55 ± 0,04	0,54 ± 0,11 ab	0,818 ± 0,021 bc	97 ± 12	3,54 ± 0,25	0,64 ± 0,11	1,2 ± 0,1 b	36,6 ± 0,4
SO4 × O	3,65 ± 0,05	0,53 ± 0,08 ab	0,568 ± 0,02 cd	118 ± 11	3,05 ± 0,37	1,34 ± 1,15	1,16 ± 0,07 b	44,1 ± 4,8
420A × K	3,5 ± 0,03	0,37 ± 0,04 ab	0,131 ± 0,027 de	112 ± 9	3,26 ± 0,23	0,61 ± 0,15	1,06 ± 0,04 b	38,8 ± 2,3
420A × B	3,41 ± 0,02	0,23 ± 0,04 b	0,253 ± 0,016 de	108 ± 9	3,43 ± 0,14	0,03 ± 0,06	1,53 ± 0,49 b	40,3 ± 2,1
420A × BU	3,5 ± 0,03	0,66 ± 0,16 ab	0,043 ± 0,016 e	109 ± 9	3,29 ± 0,27	0,3 ± 0,16	1,29 ± 0,23 b	51,8 ± 12,3
420A × R	3,75 ± 0,15	0,95 ± 0,15 a	0,013 ± 0,03 e	99 ± 11	3,48 ± 0,44	0,07 ± 0,11	1,5 ± 0,22 b	39,1 ± 1,4
420A × O	3,57 ± 0,02	0,58 ± 0,17 ab	n.d.	108 ± 10	3,56 ± 0,1	0,08 ± 0,03	1,31 ± 0,15 b	54,5 ± 14,2
p - vrijednost	n.s.	n.s.	***	*	n.s.	n.s.	n.s.	**

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biougljen, BU – biougljen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Sadržaj teških elemenata u vinu u 2021. i 2022. godini

U 2021. godini utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenog tretmana na sadržaj Cr u vinu, dok ostali teški metali Pb, Cd i Ni nisu detektirani u vinu (Tablica 56.). Na podlozi SO4 utvrđena je veća koncentracija Cr na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane biougļjen + UREA, malčirana rozgva i organsko gnojivo. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Utvrđena je veća koncentracija Cr na podlozi SO4 u odnosu na 420A na tretmanu kontrola, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu razlikovale. U 2022. godini utvrđena je signifikantna interakcija između podloge i gnojidbenog tretmana za udio Cr u vinu, dok ostali teški metali Cd, Pb i Ni nisu detektirani u vinu (Tablica 56.). Na podlozi SO4, veće koncentracije Cr utvrđene su na tretmanu kontrola u odnosu na tretman malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok su tretmani biougļjen i biougļjen + UREA bili statistički usporedivi. Na podlozi 420A nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana. Utvrđene su veće koncentracije Cr na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A na tretmanu kontrola, dok se kod ostalih tretmana podloge nisu statistički razlikovale.

Tablica 56. Sadržaj teških metala u vinu u 2021. i 2022. godini

Podloga	2021. Cr µg/L	2022. Cr µg/L
SO4	0,906 ± 0,018 a	0,879 ± 0,06 a
420A	0,823 ± 0,011 b	0,853 ± 0,03 b
p - vrijednost	***	***
Gnojidbeni Tretman		
K	0,938 ± 0,033 a	0,879 ± 0,12 ab
B	0,873 ± 0,03 ab	0,880 ± 0,06 a
BU	0,851 ± 0,011 b	0,860 ± 0,09 bc
R	0,825 ± 0,021 b	0,857 ± 0,05 c
O	0,835 ± 0,024 b	0,854 ± 0,05 c
p - vrijednost	**	**
Podloga × tretman		
SO4 × K	1,013 ± 0,036 a	0,905 ± 0,07 a
SO4 × B	0,921 ± 0,05 ab	0,893 ± 0,01 ab
SO4 × BU	0,85 ± 0,02 bc	0,874 ± 0,15 abc
SO4 × R	0,861 ± 0,012 bc	0,867 ± 0,01 bc
SO4 × O	0,885 ± 0,006 bc	0,856 ± 0,08 c
420A × K	0,862 ± 0,012 bc	0,853 ± 0,01 c
420A × B	0,826 ± 0,014 bc	0,868 ± 0,02 bc
420A × BU	0,852 ± 0,012 bc	0,846 ± 0,05 c
420A × R	0,789 ± 0,033 bc	0,847 ± 0,05 c
420A × O	0,784 ± 0,031 c	0,852 ± 0,06 c
p - vrijednost	*	*

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*, 420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; K – kontrola, B – biogljjen, BU – biogljjen + UREA, R – malčirana rozgva, O – organsko; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te različita slova unutar stupca uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Senzorna ocjena vina metodom redoslijeda

Metodom redoslijeda ocjenjivači su isti uzorak senzorno ocijenili tri puta pri čemu su rangirali svih 5 tretmana tako da je ocjena jedan označavala najbolji uzorak, a pet najlošiji.

U 2021. metodom redoslijeda utvrđene su prosječne ocjene za pojedine tretmane na podlozi SO4 (Tablica 57.): kontrola 4,71, biouglijen 2,71, biouglijen + UREA 1,9, malčirana rozgva 1,66 i organski tretman 3,99.

Na temelju tih podataka, konačni redoslijed tretmana od najboljeg prema najlošijem je: malčirana rozgva, biouglijen + UREA, biouglijen, organski tretman te kontrola kao najlošije ocijenjeni tretman.

U 2022. godini metodom redoslijeda utvrđene su prosječne ocjene za pojedine tretmane na podlozi SO4 (Tablica 57.) : kontrola 1,04, biouglijen 2,8, biouglijen + UREA 4,23, malčirana rozgva 3,14 i organski gnojivo 3,76.

Na temelju tih podataka, konačni redoslijed tretmana od najboljeg prema najlošijem je: kontrola, biouglijen, malčirana rozgva, organsko gnojivo te biouglijen + UREA kao najlošije ocijenjeni tretman.

Tablica 57. Senzorna analiza vina metodom redoslijeda u 2021. i 2022. godini na podlozi SO4

Ocjenjivač	Podloga	2021.					2022.				
		Kontrola	Biougļjen	Biougļjen + UREA	Malčirana rozgva	Organsko gnojivo	Kontrole	Biougļjen	Biougļjen + UREA	Malčirana rozgva	Organsko gnojivo
1	SO4	4,66	3	1,66	1,66	4	1	3	4,33	2,66	4
2	SO4	5	2	1,33	2,66	4	1	3	4,33	3,33	3,33
3	SO4	4,66	2,66	2	1,33	4,33	1	3	4	3	3,66
4	SO4	4	3	2,33	1,33	4,33	1	3,33	3,33	4	3,33
5	SO4	5	3,33	1,66	1,66	3,33	1,33	2	4,66	3	4
6	SO4	4,66	3	2	1,33	4	1	2,66	4,33	3	4
7	SO4	5	2	2,33	1,66	4	1	2,66	4,66	2,66	4
Prosjeek	SO4	4,71	2,71	1,9	1,66	3,99	1,04	2,8	4,23	3,14	3,76
Redoslijed	SO4	5	3	2	1	4	1	2	3	4	5

SO4 – *V. riparia* × *V. berlandieri*; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i zbroj rangova, a dobiveni su osnovnom deskriptivnom analizom

U 2021. godini metodom redoslijeda utvrđene su prosječne ocjene za pojedine tretmane na podlozi 420A (Tablica 58.) : kontrola 4,00, biougljen 1,04, biougljen + UREA 2,52, malčirana rozgva 3,85 i organski tretman 3,57.

Na temelju tih podataka, konačni redoslijed tretmana od najboljeg prema najlošijem je: biougljen, biougljen + UREA, organski tretman, malčirana rozgva te kontrola kao najlošije ocijenjeni tretman.

U 2022. godini metodom redoslijeda utvrđene su prosječne ocjene za pojedine tretmane na podlozi 420A (Tablica 58.): kontrola 1,19, biougljen 3,8, biougljen + UREA 4,00, malčirana rozgva 2,85 i organski tretman 3,09.

Na temelju tih podataka, konačni redoslijed tretmana od najboljeg prema najlošijem je: kontrola, malčirana rozgva, organski tretman, biougljen i biougljen + UREA kao najlošije ocijenjeni tretman.

Tablica 58. Senzorna analiza vina metodom redoslijeda u 2021. i 2022. godini na podlozi 420A

2021.							2022.				
Ocjenjivač	Podloga	Kontrola	Biougļjen	Biougļjen + UREA	Malčirana rozgva	Organsko gnojivo	Kontrola	Biougļjen	Biougļjen + UREA	Malčirana rozgva	Organsko gnojivo
1	420A	4	1	2,33	4,33	3,33	1,33	4	4	2,33	3
2	420A	5	1	2,33	3,66	3	1	3,33	4	3,33	3,33
3	420A	4,33	1,33	1,66	3,66	4	1,33	4	4	2,66	3
4	420A	3,66	1	3	3,66	3,66	1	3,66	4,33	3	3
5	420A	3,33	1	3,33	4,33	3	1,33	4	4	3	2,66
6	420A	3,66	1	2	3,66	4,66	1,33	4	3,33	3	3,33
7	420A	4	1	3	3,66	3,33	1	3,66	4,33	2,66	3,33
Prosjeck	420A	4	1,04	2,52	3,85	3,57	1,19	3,8	4	2,85	3,09
Redoslijed	420A	5	1	2	4	3	1	4	5	2	3

420A – *V. riparia* × *V. berlandieri*; Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i zbroj rangova, a dobiveni su osnovnom deskriptivnom analizom.

5. RASPRAVA

5.1. Karakterizacija ostataka rezidbe i biougljena dobivenog od različitih kultivara vinove loze

Kako bi se ispitao utjecaj pirolize, procesa pretvorbe organskog materijala u biougljen, na fizikalno-kemijska svojstva konačnog produkta provelo se preliminarno istraživanje s ciljem karakterizacije koncentracija pojedinih makro i mikroelementata, pH, EC, i specifične površine u biougljenu u odnosu na ostatke rezidbe vinove loze (rozgvu) različitih kultivara iz kojih je isti proizveden. Uz navedena svojstva praćen je i prinos biougljena iz pojedinih kultivara te je provedena SEM analiza površine dobivenog biougljena i ishodišne rozgve.

Analize su provedene na uzorcima rozgve deset kultivara vinove loze. Provedene analize i statistička obrada podataka ukazuju na značajnu varijabilnost u kemijskom sastavu rozgve, što posljedično ukazuje na značajan utjecaj kultivara na kemijsko-fizikalni profil proizvedenog biougljena. U radu Čabalová i sur. (2023) koji se bavi valorizacijom rezidbenih materijala vinove loze, navodi da na kemijska svojstva vinove loze mogu utjecati brojni faktori, a jedan od ključnih je i kultivar. Utvrđeno je da se između različitih kultivara razlikuju sadržaji lignina, celuloze, hemiceluloze, pepela te ukupnog ugljika i dušika. Dobiveni rezultati analize fizikalno-kemijskog sastava rozgve u ovom istraživanju su u skladu s literaturom za pH (Meza i sur., 2024); postotak pepela (D'Eusanio i sur., 2023); udio dušika (Pérez-Bermúdez i sur., 2016); udio ugljika (Pisciotta i sur., 2021) kao i koncentracije mikro i makroelemenata (Anđelini i sur., 2023).

Kao i kod fizikalno-kemijskog sastava rozgve, svojstva biougljena su se značajno razlikovala između kultivara, osim kod električne vodljivosti (EC) kod koje nije bilo značajnih razlika, što ukazuje na dosljednu električnu vodljivost biougljena proizvedenog pri temperaturi pirolize od 400°C.

Rezultati su pokazali da, bez obzira na kultivar vinove loze, prinos biougljena varira u rasponu od 32% do 35%, što je u skladu s literaturom koja navodi da je prinos biougljena pri temperaturi od 400°C ispod 40% (Sánchez-García i sur., 2019). Također, utvrđeno je povećanje vrijednosti pH u odnosu na ishodišni materijal, pri čemu su svi uzorci biougljena pokazivali alkalnu reakciju u odnosu na rozgvu gdje

je gdje se pH kretao od 4,70 do 5,45. Navedeno svojstvo biougljena važno je kod primjene na kiselim tlima. Biougljen dobiven iz različitih sirovina, uključujući biljne ostatke i stajski gnoj, općenito pokazuje pH u rasponu od neutralnog do izrazito alkalnog. Na primjer, Zaidun i sur. (2019) zabilježili su povećanje pH tla za približno 9% nakon primjene biougljena od kukuruzne slame u količini od 10 t ha⁻¹. U radu Horák, (2015) također je primijećeno da biougljen s višim inherentnim vrijednostima pH, kada se primjenjuju u sve većim količinama, rezultiraju jasnim i dosljednim porastom pH-a kiselih tla, čime se potvrđuju nalazi da se povećanje pH tla uglavnom pripisuje organskim anionima prisutnim u dodacima biougljena.

Koncentracija ukupnog dušika u uzorcima biougljena pokazala je blagi porast s pirolizom u odnosu na ostatke rezidbe, što je u skladu s literaturom koja pokazuje povećanje sadržaja dušika nakon karbonizacije drvenog materijala (Al-Wabel i sur., 2013). Sadržaj ugljika u svim uzorcima biougljena, dobivenim iz rezidbi vinove loze, povećao se nakon pirolize. Svi uzorci biougljena bili su bogati ugljikom, u rasponu od 65% do 71%, što je u skladu s radom (Barbosa De Pinho i sur., 2019), koji su utvrdili da biougljen proizvedeni od materijala bogatih ligninom mogu imati sadržaj ugljika u rasponu od 63% do 84%. Navedena svojstva su očekivana radi same prirode pretvorbe organskog materijala bez prisutnosti kisika. Piroliza pretvara biomasu u biougljen, ugljikom bogat materijal koji značajno može unaprijediti svojstva tla, istovremeno djelujući kao dugoročni spremnik ugljika. Ovaj proces poboljšava poljoprivrednu produktivnost povećavajući zadržavanje vode, dostupnost hranjivih tvari i mikrobiološku aktivnost u tlu, a također doprinosi ublažavanju klimatskih promjena sekvestriranjem ugljika i smanjenjem emisija stakleničkih plinova. Ove višestruke koristi, potvrđene brojnim studijama (Barbosa De Pinho i sur., 2019; Gomez i sur., 2014), podržavaju integraciju biougljena dobivenog pirolizom kao obećavajućeg alata u održivoj poljoprivredi i globalnim strategijama za borbu protiv klimatskih promjena.

Koncentracije mikro i makroelemenata u svim uzorcima biougljena povećale su se u odnosu na ishodišni materijal. Visoka temperatura tijekom pirolize dovodi do koncentracije elemenata zbog gubitka lako razgradivih tvari i hlapljivih spojeva (Nunes i sur., 2021). Iako postoje značajne razlike između kultivara kako u ishodišnom materijalu, tako i u biougljenu, navedene razlike se ne prenose dosljedno iz rozgve u biougljen. Odnosno, kultivari s najvišim ili najnižim

koncentracijama pojedinih makro i mikroelemenata u rozgvi nisu to isto bili u biougljenu, što upućuje na značajan utjecaj procesa pretvorbe rozgve u biougljen na konačni mineralni sastav.

FTIR spektroskopska analiza ostatka rezidbe i biougljena dobivenog pirolizom različitih kultivara vinove loze otkriva značajne promjene u kemijskom sastavu materijala, što ima implikacije na njihovu daljnju primjenu.

Spektri rozgve svih analiziranih kultivara pokazuju prisutnost karakterističnih funkcionalnih skupina povezanih s biljnim lignoceluloznim materijalima. (Giaroli i sur., 2024) proveli su karakterizaciju rozgve vinove loze (*Vitis vinifera* L) te su utvrdili karakteristične FTIR spektralne značajke koje potvrđuju prisutnost lignina i celuloze u ostatku rozgve, što je u skladu s ovim istraživanjem.

Najistaknutije su vrpce oko 3300 cm^{-1} , koje odgovaraju rastezanju O–H veza, te vrpce oko 2900 cm^{-1} , koje se pripisuju C–H vezama. Ove vibracijske vrpce potvrđuju prisutnost hidroksilnih i alifatskih skupina karakterističnih za celulozu i hemicelulozu. Prema literaturi, široka vrpca u području $3300\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ pripisuje se O–H rastezanju, dok vrpce oko 2900 cm^{-1} odgovaraju C–H rastezanju u metilenskim i metilnim skupinama (El-Azazy i sur., 2022).

FTIR analiza biougljena dobivenog pirolizom rozgve vinove loze otkriva značajne promjene u kemijskom sastavu materijala. Smanjenje intenziteta vrpce oko 3400 cm^{-1} , koje se pripisuju rastezanju O–H veza, i oko 2900 cm^{-1} , povezane s C–H vibracijama, ukazuje na gubitak hidroksilnih i alifatskih skupina. Ove promjene rezultat su dehidracije i dekarboksilacije tijekom procesa pirolize. Istovremeno, prisutnost izraženih vrpce oko 1600 cm^{-1} , koje odgovaraju aromatskim C=C vibracijama, sugerira očuvanje aromatskih struktura i povećanu stabilnost karbonizirane matrice.

Ovi nalazi u skladu su s literaturom koja proučava promjene u kemijskom sastavu biomase tijekom pirolize. Na primjer, apsorpcijski vrhovi povezani s rastezanjem hidroksilnih skupina (O–H) i vibracijama karbonilnih skupina (C=O) često se smanjuju s porastom temperature pirolize, što ukazuje na prijelaz prema stabilnijoj strukturi ugljika (McCall i sur., 2024).

Prisutnost funkcionalnih skupina poput karboksilnih ($\text{C}=\text{O}$ vrpce oko 1700 cm^{-1}) i $\text{C}-\text{O}$ veza ($1000\text{--}1250\text{ cm}^{-1}$) ukazuje na potencijalnu adsorpcijsku aktivnost biougljena. Ova sposobnost adsorpcije omogućava interakciju s kationima i teškim metalima, čime se biougljen pokazuje kao vrijedan poboljšivač tla, filtracijski medij ili nosač za bioaktivne tvari (Chen i sur., 2015; Kharel i sur., 2019). Varijacije u spektralnim karakteristikama među različitim kultivarima sugeriraju da kemijski sastav rozgve može značajno utjecati na funkcionalna svojstva dobivenog biougljena, naglašavajući važnost selekcije sirovine za specifične primjene.

Također, dobivamo uvid u potencijalnu valorizaciju rozgve kao nusprodukta u vinogradarskoj proizvodnji i njezinu transformaciju u biougljen kao vrijedan proizvod.

Specifična površina biougljena kretala se između $1,63\text{ m}^2/\text{g}$ i $4,13\text{ m}^2/\text{g}$, što je u skladu s rezultatima drugih istraživanja Tag i sur. (2016), koji su utvrdili da biougljen dobiven od rezidbi vinove loze ima nisku specifičnu površinu, u rasponu od $1,2\text{ m}^2/\text{g}$ do $8,1\text{ m}^2/\text{g}$. Usprkos nižoj specifičnoj površini, pomoću elektronskog mikroskopa (SEM) uočena je poroznost s longitudinalnim porama različitih veličina, što karakterizira strukturu biougljena (Lehmann i sur., 2011) i dokazuje uspješnost primijenjenog procesa pirolizi u „kon-tiki“ sustavu. Također, uočena je razlika u strukturi između dobivenog biougljena i ostataka rezidbe vinove loze (Slika 21.) i (Slika 22.) koji su usporedivi s literaturom (Lehmann i Joseph, 2012b).

Provedeno istraživanje ukazuje da je moguće valorizirati ostatke rezidbe vinove loze pretvorbom u biougljen, čime se ishodišnim materijalima dodaje dodatna vrijednost, a biougljen postaje korisnim materijalom za poboljšanje kvalitete tla. Dobiveni biougljen, zahvaljujući svojim kemijskim i fizikalnim svojstvima, poput visokog sadržaja ugljika, dušika i visoke poroznosti, može pozitivno utjecati na kapacitet zadržavanja vode i poticanje mikrobiološke aktivnosti u tlu, čime biougljen postaje učinkovit poboljšivač tla.

5.2. Utjecaj tretmana na emisije CO_2 i udio vode u tlu

Utjecaj primjene biougljena kao poboljšivač tla istražen je u brojnim studijama. Dosadašnja istraživanja navode da su količine biougljena inkorporirane u tlo varirale od 5 do 90 tona po hektaru (Patel i Panwar, 2024). Ovo istraživanje imalo je za cilj postizanje kružne poljoprivrede i ekonomije što uključuje primjenu u tlo one količine

biougljena koja je dobivena iz rezidbe samog vinograda i iznosi 1,2 t/ha. Istraživanje Patel i Panwar, (2024) navodi da su optimalne količine biougljena u kružnoj ekonomiji do 8 tona po hektaru, dok su stope veće od 20 tona po hektaru ekonomski neodržive. Pretvorba ostataka rezidbe vinove loze u proizvodnji biougljena predstavlja značajan doprinos konceptu kružnog gospodarstva u poljoprivredi, smanjujući ekološki otisak vinogradarske proizvodnje. Konverzija ostatak rezidbe u biougljen ne samo da minimizira emisije CO₂ povezane s transportom i razgradnjom organske tvari, već i omogućuje dugoročno sekvenciranje ugljika u tlu, čime se doprinosi ublažavanju klimatskih promjena. Osim toga, primjena biougljena u tlo poboljšava njegova fizikalno-kemijska svojstva, povećava zadržavanje vode i hranjiva te smanjuje potrebu za sintetskim gnojivima, što dodatno unapređuje održivost poljoprivrednih sustava.

U poljskim uvjetima, primjena biougljena često je povezana s manjim emisijama CO₂ iz tla (He i sur., 2017). Mnoge studije podržavaju hipotezu da učinak biougljena na ukupne emisije CO₂ iz tla može biti zanemariv (Lu i sur., 2019; Ventura i sur., 2019) ili čak negativan, što rezultira smanjenjem ukupnih emisija (Shen i sur., 2017). Rezultati istraživanja iz navedenih studija o emisijama CO₂ u poljskim uvjetima podudaraju se s našim rezultatima dobivenim u pokusu. U 2021. i 2022. godini, na tretmanima s biougljenom u različitim fenofazama vinove loze, zabilježene su niže emisije stakleničkih plinova u odnosu na organsko gnojivo i tretman biougljena obogaćenog ureom, kao što je to navedeno u prethodnim radovima. U pojedinim fenofazama, primjerice tijekom fenofaze vunastog pupa 2021. godine, na podlozi 420A izmjerena je vrijednost od $-0,332 \pm 0,035 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, dok je na tretmanu s organskim gnojivom iznosila $2,35 \pm 0,14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. U fenofazi cvatnje iste godine, na podlozi SO4, zabilježene su vrijednosti od $-0,160 \pm 0,134 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ za tretman s biougljenom i $-0,046 \pm 0,042 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ za biougljen obogaćen ureom, u usporedbi s $0,581 \pm 0,048 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na tretmanu s organskim gnojivom. Slični rezultati zabilježeni su i 2022. godine, kada je tretman s biougljenom na podlozi 420A pokazao vrijednost od $-0,378 \pm 0,092 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, dok su na tretmanu biougljen + urea i organsko gnojivo izmjerene emisije od $1,37 \pm 0,29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, odnosno $0,841 \pm 0,086 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. U pojedinim fenofazama, poput onih kao vunasti pup, početka pupanja i cvatnje, zabilježene negativne emisije stakleničkih

plinova, što upućuje na to da je tlo koje sadrži biougljen u određenim fenofazama apsorbiralo CO₂ umjesto da ga emitira.

U obje godine istraživanja, u različitim fenofazama razvoja vinove loze, zabilježen je porast emisija stakleničkih plinova u tretmanu s biougljenom obogaćenim ureom u odnosu na tretman s čistim biougljenom. Konkretno, tijekom 2021. godine povećane emisije su uočene u fenofazi vunenastog pupa na podlozi 420A, u fazi kada su bobice bile veličine graška te u fenofazi pune zrelosti na podlozi SO4. U 2022. godini, porast emisija zabilježen je u fenofazama početka pupanja i cvatnje na podlozi 420A, zatim tijekom zametanja bobica i faze bobica veličine graška na podlozi SO4, kao i u fenofazi šare na obje podloge. Povećanje emisija CO₂ iz tla u tretmanima s biougljenom može se povezati s abiotičkom oksidacijom biougljena (Thomazini i sur., 2015). Rezultati ovog istraživanja također pokazuju da je utjecaj biougljena na emisiju CO₂ iz tla variraju ovisno o fenofazi vinove loze što se podudara s nalazima istraživanja (Cirigliano i sur., 2023).

Smanjenje emisija CO₂ iz tla uzrokovano primjenom biougljena može se objasniti sposobnošću biougljena da apsorbira rizodepozite i enzime prisutne u tlu, čime se inhibira mikrobna aktivnost koja razgrađuje organski ugljik (Ameloot i sur., 2014). Ovaj proces ukazuje na to da biougljen djeluje kao fizička i kemijska barijera koja ograničava dostupnost organskih tvari mikroorganizmima koji sudjeluju u razgradnji ugljika, čime dolazi do smanjenja emisija CO₂ povezane s tim procesom. Suprotno našim rezultatima (Z. Wang i sur., 2014; Ventura i sur., 2014) nisu utvrdili značajan učinak primjene biougljena na emisije CO₂ iz tla. Također je važno napomenuti da utjecaj biougljena na emisije stakleničkih plinova iz tla ovisi o stopi primjene biougljena (Aguilar-Chávez i sur., 2012).

Dostupnost vode ključna je za kvalitetu i količinu poljoprivredne proizvodnje u mediteranskoj regiji, uključujući vinogradarstvo. Općenito, veća dostupnost vode dovodi do većih prinosa, no to može negativno utjecati na ključne parametre kvalitete grožđa, jer veće bobice imaju niže koncentracije šećera, što može uzrokovati disbalans između količine i kvalitete grožđa (Leeuwen i sur., 2009). Biougljen može imati hidrofilne površine, što omogućuje da voda infiltrira u intrapore biougljena (Liu i sur., 2017). Ova hidrofilnost poboljšava sposobnost biougljena da apsorbira i zadrži vodu unutar svoje porozne strukture, čime se povećava

zadržavanje vode u tlu. Takva svojstva čine biougljen izuzetno korisnim dodatkom tlu, osobito u pješčanim ili slabije zadržavajućim vodu tlima, jer doprinose održavanju optimalne razine vlažnosti, smanjenju isparavanja i, posljedično, boljem rastu biljaka pod uvjetima vodnog stresa. Naši rezultati pokazuju da u određenim fenofazama tretmani s biougljenom, kao i biougljen obogaćen ureom, imaju pozitivan utjecaj na udio vode u tlu. Iako nisu zabilježene statistički značajne razlike u svim fenofazama, ovi rezultati sugeriraju da tretmani poput biouglijena i malčirana rozgva mogu imati dugoročne prednosti u održavanju stabilnog udjela vode, osobito u srednjim fenofazama kao što je fenofaza bobica veličine graška i kasnijim fazama kao fenofaza pune zrelosti. Takav učinak može biti od važnosti za vinogradare, jer održavanje stabilnog udjela vode u tlu može pozitivno utjecati na fiziološko stanje biljaka i njihov odgovor na stresne uvjete poput suše.

Prema istraživanju Baronti i sur. (2014) u vinogradu u Italiji, primjena 22 t/ha biouglijena povećala je sadržaj vode u tlu za 26%, dok je raspoloživa voda porasla za 45%. Slično, u svom istraživanju Chang i sur. (2021) na vinovoj lozi pokazali su povećanje sposobnosti tla za zadržavanje vode s povećanjem doze biouglijena. Također, García-Jaramillo i sur. (2021) utvrdili su značajno povećanje gravimetrijskog sadržaja vode u tlu nakon primjene biouglijena u vinogradima u Oregonu. , nakon primjene 18 i 35 tona po hektaru biouglijena u dva vinograda u Oregonu (SAD)

Tekstura tla igra ključnu ulogu u zadržavanju vode. Biougljen je učinkovitiji u povećanju kapaciteta zadržavanja vode u tlima grube teksture, dok u tlima srednje i fine teksture učinak može biti manji ili zanemariv (Razzaghi i sur., 2020). Povećanje poljskog kapaciteta u tlima grube i srednje teksture može se objasniti time što biougljen povećava udio mikropora u tlu zahvaljujući visokoj unutarnjoj mikroporoznosti biouglijena. Osim toga, manje čestice biouglijena mogu popuniti međuprostore između krupnijih čestica tla, smanjujući tako prosječnu veličinu pora (Liu i sur., 2017). Na tlima s većim udjelom gline, poput crvenice, biougljen bi mogao poboljšati zadržavanje vode povećanjem mikroporoznosti tla, što objašnjava zašto je zabilježeno povećanje zadržavanja vode u određenim fenofazama.

5.3. Povezanost tretmana s fiziološkim pokazateljima i prinosom 'Malvazije istarske'

Mjerenja vodnog potencijala lista pokazala su da su tretmani s biougljenom povezani s manje negativnim vrijednostima vodenog stresa, što može ukazivati na potencijalnu ulogu biougljena u ublažavanju učinaka suše

Kako bi se stekao praktični uvid u izmjerene vrijednosti vodnog potencijala lista, iste su tumačene temeljem tablice autora Rienth i Scholasch, (2019) koji iste rangiraju sukladno razini vodnog stresa vinove loze.

U prvoj godini pokusa (2021.) istražen je učinak tretmana biougljen, biougljen obogaćenog ureom i drugih tretmana na vodni stres vinove loze u odnosu na kontrolu. Kontrola, koja predstavlja biljke bez dodatnih tretmana, pokazala je umjeren do značajan stres kroz sve fenofaze na obje podloge (SO4 i 420A). Ovi rezultati potvrđuju prethodna očekivanja da vinova loza bez dodataka biougljena ili biougljena obogaćenog ureom teže podnosi vodni stres. Nakon primjene biougljena u fenofazi cvatnje, na podlozi 420A na tretmanima s biougljenom zabilježen je blag do umjeren vodni stres, dok su svi ostali tretmani na podlozi 420A (uključujući kontrolu i tretman s organskog gnojivom) pokazali umjeren do jak stres. Ovaj nalaz sugerira da biougljen može ublažiti negativne efekte vodnog stresa na vinovu lozu i u početnim fazama vegetacije.

U kasnijim fenofazama, kao što su šara i fenofaza pred berbu, zabilježen je pad u vodnom stresu na tretmanu s biougljenom na podlozi SO4, što je također pratilo i smanjenje vodnog stresa na tretmanu s organskim gnojivom. Uočen pad vodenog stresa na tretmanu s biougljenom u kasnijim fenofazama može upućivati na potencijalni pozitivan utjecaj biougljena na vodni status vinove loze tijekom osjetljivih razvojnih faza. Kako navodi literatura (Liu i sur., 2024) organska gnojiva doprinose povećanju organske tvari u tlu, što poboljšava kapacitet zadržavanja vode i smanjuje njegovu volumnu gustoću, čime se povećava zadržavanje vlage u tlu tijekom sušnih uvjeta. Ovo moguće poboljšanje strukture tla koje omogućuje bolju infiltraciju i dostupnost vode, može dati odgovor zašto je vinova loza na tretmanu organsko gnojivo u fenofazi puna zrelost ima smanjeni vodni stres.

U drugoj godini pokusa (2022.) primjećuju razlike u intenzitetu stresa ovisno o podlozi vinove loze. U ovom istraživanju obje podloge (SO4 i 420A) spadaju u kategoriju osjetljivijih podloga na sušu (Lovisolo i sur., 2008). Statistički značajna razlika između podloga u 2022. godini pokazala je da je podloga SO4 imala manje negativan vodni potencijal lista u odnosu na podlogu 420A.

Prema autorima Rienth i Scholasch, (2019) vrijednosti vodnog potencijala, u fenofazi šare, stres kod tretmana biouglijenom na podlozi SO4 bio je uglavnom "blag", dok je u kontrolnim biljkama zabilježen "umjeren" stres. Uočene razlike u vodnom potencijalu lista upućuju na potencijalnu ulogu biouglijena u održavanju vodnog statusa vinove loze tijekom kritičnih faza razvoja, poput fenofaze šare.

Slični rezultati zabilježeni su u istraživanjima Baronti i sur. (2014), gdje je primjena 22 t/ha biouglijena smanjila negativni vodni potencijal lista na približno $-0,25$ MPa u usporedbi s $-0,4$ MPa u kontrolnim tretmanima. Ipak, Petrillo i sur., (2020) nisu u svom istraživanju na vinovoj lozi zabilježili statistički značajne razlike u vodnom stresu između tretmana s biouglijenom i kontrolom. Slično tome, u istraživanju također nisu utvrđene statistički značajne razlike između tretmana u 2021. u fenofazama zametanja bobica i šara bobice, te u 2022. u svim fenofazama osim šare bobica. Takvi rezultati mogu ukazivati na to da učinak biouglijena na vodni stres ovisi o specifičnim vremenskim uvjetima ili o fiziološkim karakteristikama biljaka. Potrebno je naglasiti da, blagi vodni stres može poboljšati kvalitetu grožđa, što su pokazala istraživanja (Acevedo-Opazo i sur., 2010; Bindon i sur., 2008). Ovi nalazi ističu potrebu za uravnoteženim pristupom u upravljanju vodnim resursima gdje biougljen može biti jedna od alata u vinogradima kako bi se optimizirali prinosi i kvaliteta grožđa.

Tijekom obaju godina pokusa, tretmani s biouglijenom bili su povezani s blažim vodnim stresom što je, zauzvrat, imalo pozitivan učinak na fotosintetsku aktivnost trsa. Tijekom prve godine pokusa, tretman s biouglijenom na podlozi 420A u fenofazi zametanje bobica pokazao bolje rezultate za intenzitet fotosinteze u usporedbi s svim istraženim tretmanima, dok je na tretman biouglijena na podlozi SO4 pokazao veći intenzitet u usporedbi s kontrolom što ukazuje na pozitivan utjecaj biouglijena na fiziološke procese vinove loze. vodnog potencijala.

U drugoj godini pokusa, nije bilo značajnih razlika u fotosintezi između podloga SO₄ i 420A. Međutim, u fenofazi zriobe, kada je grožđe bilo spremno za berbu, tretmani s biougljenom imali su veće vrijednosti fotosinteze u odnosu na ostale tretmane, što potvrđuje da biougljen može očuvati fotosintetsku aktivnost vinove loze čak i u kasnijim fazama razvoja. Ovi rezultati naglašavaju potencijal biougljena u povećanju otpornosti vinove loze na vodni stres te očuvanju njezine funkcionalnosti u uvjetima ograničene dostupnosti vode.

U radu Patakas i sur. (2005) navode da vinova loza na tlima s dodatkom biougljena, pri srednjem dnevnom vodnom potencijalu lista manje negativnu vrijednost od -1,5 MPa, pokazuje bolje stope fotosinteze, što je potvrđeno i u ovom istraživanju. Slično tome, Baronti i sur. (2014) utvrdili su da je primjena biougljena smanjila vodni stres i očuvala fotosintetsku aktivnost, posebno u drugoj polovini vegetacije, čime se potvrđuje pozitivna uloga biougljena u održavanju fiziološkog statusa vinove loze pod uvjetima vodnog stresa.

Međutim, rezultati drugih istraživanja ukazuju na kontradiktorne nalaze. Na primjer, Xu i sur. (2015) nisu primijetili utjecaj biougljena na fotosintezu, dok su Wang i sur. (2014) pokazali pozitivan učinak biougljena na fotosintezu, visinu biljaka i svježu masu. Svi ovi rezultati sugeriraju da učinak biougljena na fotosintezu i vodni stres ovisi o specifičnim uvjetima tla, količini primijenjenog biougljena i vrsti kulture.

U kontekstu biljnih tkiva, rezultati našeg istraživanja pokazuju da je primjena biougljena, posebno biougljena obogaćenog ureom, imala pozitivan učinak na sadržaj dušika u listovima vinove loze, što sugerira da biougljen može povećati dostupnost dušika za biljke.

Biougljen, sa svojom izrazito poroznom strukturom, služi kao izvrsna podloga za adsorpciju molekula UREE. Ovaj proces adsorpcije može se postići tehnikama impregnacije, pri čemu se biougljen natapa u koncentriranoj otopini uree, što je metoda koju su opisali u rad (Castejón-del Pino i sur., 2024). Dobiveni proizvod, često nazivan biougljen obogaćen urejom ili biougljen-dušikov kompozit, pokazuje svojstva sporog otpuštanja, omogućujući postupnu i dugotrajnu dostupnost dušika biljkama.

Nekoliko studija je pokazalo da proizvodnja biougljen-dušikovitih kompozita donosi višestruke agronomske koristi. U radu Mota i Silva, (2024) utvrdili su da primjena

ovih kompozita u uzgoju kukuruza značajno smanjuje gubitak dušika u usporedbi s konvencionalnom urejom. U radu Barbosa i sur. (2022) dodatno su doprinijeli razumijevanju prednosti biougljena obogaćenog ureom, pri čemu je njihovo istraživanje pokazalo da biougljen natopljen urejom može dulje očuvati raspoloživi dušik u tlu u usporedbi s tradicionalnim primjenama uree.

U prvoj godini pokusa, primjena biougljena obogaćenog ureom izazvala je povećanje sadržaja dušika u listovima vinove loze, što ukazuje na potencijal ovog tretmana za poboljšanje dušičnog statusa biljaka. Taj efekt bio je još izraženiji u drugoj godini istraživanja, kada je tretman s biougljenom obogaćenim ureom pokazao najviše vrijednosti dušika u listu vinove loze u svim ispitivanim fenofazama, ili je bio među tretmanima s najvišim vrijednostima. Ovi rezultati sugeriraju da biougljen obogaćen ureom može značajno povećati dostupnost dušika u tlu i ubrzati mineralizaciju, čime se poboljšava opskrba vinove loze hranjivim tvarima. S obzirom na to da dušik ima ključnu ulogu u metaboličkim procesima, uključujući fotosintezu, otpornost na stres i prinos, ovi rezultati potvrđuju potencijal biougljena kao sredstva za povećanje učinkovitosti gnojidbe i poboljšanje fiziološkog statusa biljaka.

Naši rezultati nisu u skladu s nekim prethodnim istraživanjima, kao što je istraživanje (Petrillo i sur., 2020) koje je pokazalo da primjena biougljena u tlu nije imala značajan učinak na akumulaciju biomase, usvajanje dušika i njegovu redistribuciju među različitim organima vinove loze uzgojene u lončanicama. Slični zaključci doneseni su i u radu Schmidt i sur. (2014), koji su utvrdili da primjena biougljena, bilo samostalno ili u kombinaciji s kompostom, nije značajno utjecala na rast vinove loze ili na usvajanje hranjivih tvari u usporedbi s kontrolnim tretmanima.

S druge strane, naši rezultati su u skladu s istraživanjem (Taghizadeh-Toosi i sur., 2012), koji su utvrdili da je biougljen obogaćen dušikom povećao usvajanje dušika u biljkama za 10,9% do 26,1% u odnosu na kontrolu. Također, ovo istraživanje pokazuje da je povećano usvajanje dušika dovelo do trostrukog povećanja biljne biomase u usporedbi s kontrolom, što dodatno potvrđuje potencijal biougljena obogaćenog ureom za poboljšanje dušičnog statusa biljaka.

Rezultati pokazuju da je tretman biougljena obogaćenog ureom tijekom prve godine ispitivanja kontinuirano pokazivao više vrijednosti sadržaja dušika u listovima vinove loze u svim promatranim fenofazama, iako se te vrijednosti nisu statistički značajno

razlikovale u odnosu na ostale tretmane. U drugoj godini istraživanja, isti tretman dao je najviše vrijednosti sadržaja dušika u određenim fenofazama F19 na podlozi 420A kao i u F35 i F38 na podlozi SO4, ali ni tada razlika nije bila statistički značajna. Ovi rezultati ukazuju na mogući pozitivan utjecaj tretmana biougljena + UREA na usvajanje dušika, no zbog nedostatka statističke značajnosti potrebno je daljnje istraživanje kako bi se potvrdila pouzdanost i ponovljivost ovih učinaka. Veća koncentracija dušika u listu može imati dugoročne koristi u poboljšanju fotosinteze, otpornosti na vodni stres i ukupnom prinosu vinove loze. Veće nakupljanje dušika u vegetativnim dijelovima vinove loze (Poorter i sur., 2012) može potvrditi izravnu ulogu biougljena u opskrbi vinove loze hranjivim tvarima (Vaccari i sur., 2015) što sugerira da se biougljen obogaćen ureom naposljetku brže mineralizirao u tlu i povećao dostupnost hranjiv tvari vinovoj lozi. Iako su izravne studije o fotosintetskim odgovorima vinove loze na biougljen obogaćen ureom ograničene, dokazi iz sličnih literature (Fornes i sur., 2025; Mota i Silva, 2024) podržavaju hipotezu da ovaj oblik poboljšivača tla može koristiti fiziologiji vinove loze osiguravanjem stabilnije i učinkovitije opskrbe dušikom.

U obje istraživane godine, utvrđeno je da u određenim fenofazama postoji statistički značajna razlika između podloga SO4 i 420A u ukupnom sadržaju ugljika u listovima vinove loze. Ovaj nalaz potvrđuje da podloga ima ključnu ulogu u oblikovanju ukupnog sadržaja ugljika u listovima, čime se naglašava važnost odabira podloge za optimalnu asimilaciju ugljika.

Razlike u ukupnom sadržaju ugljika u listovima između podloga SO4 i 420A mogu se objasniti kroz nekoliko fizioloških i strukturalnih čimbenika koji utječu na asimilaciju i raspodjelu ugljika unutar loze. Prvo, fiziološke razlike u vodnim odnosima i toleranciji na stres među podlogama imaju ključnu ulogu u ovom procesu. Istraživanje Bianchi i sur. (2020) pokazalo je da podloge 420A i SO4 pokazuju varijacije u upotrebi vode i toleranciji na sušu. Ove razlike mogu značajno utjecati na fotosintetske procese jer optimalni vodni uvjeti omogućuju bolje funkcioniranje fotosintetskog aparata, što povećava asimilaciju ugljika.

Drugi važan faktor koji utječe na razlike u sadržaju ugljika je struktura trsa i vigor loze. Različite podloge induciraju različite oblike rasta trsa, što utječe na kapacitet za prijem svjetlosti i ukupnu fotosintetsku učinkovitost. Kao što su napomenuli

Rumbaugh i sur. (2021), podloga 420A može rezultirati razvojem veće površine lista i većeg broja fotosintetskih organa u odnosu na SO₄. To znači da podloga 420A može imati bolji kapacitet za apsorpciju svjetlosti, što direktno poboljšava učinkovitost fotosinteze i posljedično povećava asimilaciju ugljika.

Konačno, podloga također utječe na osnovne fotosintetske parametre, poput sadržaja klorofila i učinkovitosti izmjene plinova, što ima direktan utjecaj na sposobnost biljke da asimilira ugljik. Istraživanje Sharma i sur. (2024) pokazuje da podloge mogu modificirati sadržaj klorofila i svojstva izmjene plinova, što utječe na fotosintetsku učinkovitost. Podloga 420A, s obzirom na svoje fiziološke karakteristike, može pokazivati bolju fotosintetsku učinkovitost u odnosu na SO₄, što može rezultirati većim skladištenjem ugljika u listovima što se u konačnici i pokazalo u rezultatima u 2021. godini za fotosintetsku aktivnost vinove loze u različitim fenofazama.

Također, uočeno je da organska gnojiva, u određenim fenofazama, imaju veći udio ugljika u listovima vinove loze u odnosu na biougljen. Ovaj rezultat može se povezati s bržom i učinkovitijom dostupnošću hranjivih tvari koje organska gnojiva pružaju biljci, čime se direktno poboljšava njezina fotosintetska učinkovitost. Kao što je prethodno spomenuto, organska gnojiva oslobađaju hranjive tvari i ugljične spojeve kroz brzu mineralizaciju organske tvari, što omogućava biljci da odmah koristi te resurse za poboljšanje fotosinteze i povećanje fiksacije ugljika u listovima (Yang i sur. 2022). Ovo neposredno poboljšanje u asimilaciji ugljika objašnjava povećani udio ugljika u listovima vinove loze kada se primjenjuju organska gnojiva.

Zbog sporog otpuštanja hranjivih tvari, biougljen ne pruža neposredan izvor dostupnih nutrijenata biljkama. Stoga njegov učinak na intenzitet fotosinteze nije trenutni, osobito u ranim fenološkim fazama, za razliku od brzo djelujućih mineralnih gnojiva. Biougljen, iako doprinosi dugoročnom skladištenju ugljika u tlu, ne može poduprijeti brzi metabolički odgovor biljke kao što to čine organska gnojiva. Ugljik sadržan u biougljenu, zbog svoje stabilne strukture, ne doprinosi direktnoj povećanoj asimilaciji ugljika u listovima u istoj mjeri kao organska gnojiva, koja omogućuju bržu i učinkovitiju fotosintezu (Liu i sur., 2016).

Organska gnojiva također poboljšavaju mikrobiološku aktivnost u tlu, što dodatno povećava dostupnost hranjivih tvari i ubrzava cirkuliranje ugljika. Brza razgradnja

organske tvari iz gnojiva stvara uvjete za optimalnu fotosintetsku aktivnost biljaka, što dovodi do većeg nakupljanja ugljika u lišću (Zhang i sur., 2024). Također, organska gnojiva doprinose boljoj strukturi tla i većoj zadržavanju vode, što rezultira boljim uvjetima za rast i razvoj vinove loze. To omogućava biljkama bolji unos vode i hranjivih tvari, a time i povećanu sposobnost nakupljanja ugljika u lišću (Liu i sur., 2016).

Primjena biouglijena i biouglijena obogaćenog ureom u vinovoj lozi u 2021. i 2022. godini pokazala je pozitivan učinak na koncentraciju ključnih makroelemenata, posebice magnezija (Mg) i kalcija (Ca), koji su od esencijalne važnosti za pravilnu fiziološku funkciju biljke.

Magnezij, kao središnji atom molekule klorofila, ključan je za fotosintezu i njegov nedostatak može uzrokovati kloroze, smanjujući sposobnost biljke da proizvodi klorofil (Gama i sur., 2015). Održavanje optimalnih koncentracija magnezija ključno je za zdravlje vinove loze i kvalitetu grožđa, što je potvrđeno u oba istraživana razdoblja. Biouglijen je u 2021. i 2022. godini pokazao pozitivan učinak na koncentraciju magnezija, osobito u fenofazi cvatnje, zamatanja bobica i šare, što podržava ranija istraživanja koja sugeriraju njegovu ulogu u poboljšanju dostupnosti makroelemenata u tlu i biljnim tkivima (Ambrosini i sur., 2018). Ovi rezultati ukazuju na to da biouglijen može biti ključan za poboljšanje mineralne ravnoteže u vinovoj lozi, pogotovo u kombinaciji s ureom.

Kalcij je ključan za strukturni integritet biljnih stanica i igra važnu ulogu u procesu cvatnje i zamatanja plodova, jer je uključen u stanične signalne putove koji se integriraju s biljnim hormonima (Upadhyay i sur., 2015). Primjena biouglijena, osobito obogaćenog ureom, povećala je koncentraciju kalcija u oba istraživana razdoblja, posebno u fazama cvatnje i zamatanja bobica. Kalcij, kako su pokazali (Pradubsuk i Davenport, 2010), važan je u reproduktivnim fazama vinove loze, jer poboljšava uspjeh cvatnje i zamatanja plodova, što može rezultirati boljim prinosima i kvalitetom grožđa.

Što se tiče mikroelemenata, biouglijen i biouglijen obogaćen ureom pokazali su značajan utjecaj na koncentraciju elemenata poput bora (B), željeza (Fe), mangana (Mn), molibdena (Mo) i cinka (Zn), koji su esencijalni za pravilnu fiziološku funkciju vinove loze.

Bor, željezo i mangan igraju ključnu ulogu u metaboličkim procesima, uključujući sintezu klorofila i enzimsku aktivnost. Biougljen je u 2021. i 2022. godini povećao koncentraciju bora i željeza, osobito u fazama cvatnje i šare bobice, što je u skladu s ranijim istraživanjima koja ukazuju na potencijal dušika u poboljšanju dostupnosti ovih mikroelemenata (El-Boray, i sur., 2019; Brunetto i sur., 2023). Također, biougljen obogaćen ureom povećao je koncentracije cinka, molibdena i mangana, osobito u fazama cvatnje, zretanja bobica i šare bobice, čime se poboljšava ravnoteža mikroelemenata, što može imati dugoročne koristi za zdravlje i razvoj vinove loze.

U skladu s istraživanjima (Beatrice i sur., 2024; Karimi i sur., 2020), biougljen dobiven iz drveta povezan je s povećanjem dostupnosti mikroelemenata poput kalcija (Ca), magnezija (Mg), cinka (Zn) i željeza (Fe). Povećana dostupnost ovih elemenata može pomoći u ublažavanju deficita koji bi mogli ometati rast vinove loze, osobito tijekom ključnih faza poput cvatnje i šare.

Kao što prikazuju rezultati, biougljen obogaćen ureom imao je izraženiji učinak u povećanju koncentracija makro- i mikroelemenata, što sugerira da ubrzanje mineralizacije, uz prisutnost ureje, može poboljšati dostupnost hranjivih tvari u tlu. Kao što navode (El-Boray i sur., 2019; Taghizadeh-Toosi i sur., 2012), dušična gnojiva, poput uree, mogu pojačati mineralizaciju tvari u tlu, čime se poboljšava dostupnost ključnih hranjivih tvari, osobito magnezija, sumpora, bor, željeza i drugih mikroelemenata. Ovaj proces potiče bolju prehranu vinove loze, čime se poboljšava njezin fiziološki razvoj i potencijal za bolji prinos i kvalitetu grožđa.

S obzirom na rezultate iz 2021. i 2022. godine, primjena biougljena i biougljena obogaćenog ureom može značajno poboljšati koncentraciju i dostupnost makro- i mikroelemenata u vinovoj lozi. Također treba naglasiti da je tretman biougljen + urea pokazao izraženiji učinak na povećanje koncentracija magnezija, kalcija, bora, željeza, mangana i cinka, što ukazuje na potencijal ove kombinacije za poboljšanje nutritivnog statusa vinove loze. Daljnja istraživanja su potrebna kako bi se detaljnije razumjeli dugoročni učinci ovih tretmana na kvalitetu grožđa i vina, kao i njihov utjecaj na zdravlje tla i biljaka.

Na temelju prikazanih rezultata, biougljen je pokazao je najveći prinos u obje godine istraživanja (2021. i 2022.), što potvrđuje njegov pozitivan učinak na produktivnost

vinove loze. U 2021. godini, odmah iza biougljena slijedio je tretman biougljena obogaćenog ureom, koji je također pokazao visoke vrijednosti, iako su bile nešto niže u odnosu na biougljen. U 2022. godini, biougljen ponovno je imao najveći prinos, dok je biougljen obogaćen ureom (BU) ostvario nešto niže vrijednosti. Međutim, razlike između biougljena obogaćenog ureom BU i ostalih tretmana nisu bile statistički značajne, što sugerira da, iako biougljen obogaćen ureom može poboljšati prinos, njegov učinak nije uvijek dovoljno izražen da bi se značajno razlikovao od drugih tretmana.

Pretpostavlja se da je do povećanja prinosa u tretmanu biougljena obogaćenog ureom došlo zbog boljeg vodnog potencijala u tlu i listu, kao i učinkovitijeg usvajanja hraniva, što su rezultati pokazali. Učinci biougljena na fotosintezu također mogu biti ključni za poboljšanje produktivnosti vinove loze.

Dobiveni rezultati upućuju na to da primjena biougljena ima konzistentan pozitivan učinak na prinos, što je u skladu s prethodnim istraživanjima koja uključuju različite usjeve, kao što su pšenica (Baronti i sur., 2014), kukuruz (Rajkovich i sur., 2012).

Budući da u ovom istraživanju nisu praćene pojedinačne sastavnice prinosa, nije moguće sa sigurnošću utvrditi jesu li dobivene razlike rezultat promjene u broju mladica, grozdova, bobica ili mase bobice.

Također, brojna istraživanja navode da je pozitivan učinak biougljena na prinos usjeva zabilježen pri količinama od 5 do 50 t/ha. Iako je raspon primjene biougljena kao poboljšivač tla prilično širok, istraživanja su pokazala da veće količine biougljena rezultiraju boljim prinosima.

Međutim, ovi nalazi nisu u potpunosti usklađeni s našim istraživanjem, kod kojeg se utjecaj biougljena na prinos vinove loze primijetio već pri znatno nižim količinama (manje od 1,2 t/ha). Genesio i sur. (2015) proveli su četverogodišnji pokus u vinogradu u središnjoj Italiji, u kojem su primijenili biougljen dobiven pirolizom orezanih grana voćaka pri 500°C u količinama od 22 i 44 t/ha. Utvrdili su povećanje prinosa, osobito u drugoj i trećoj godini nakon primjene biougljena, s poboljšanjima od 42,3% do 66,8%. U prvoj i posljednjoj godini eksperimenta, prinos je porastao za 16,1% do 35,3%, a povećanje je bilo izraženije u suhim godinama.

U radu Raifer i sur. (2024b) primijenili su biougljen dobiven od crnogoričnog drva u eksperimentalnom vinogradu u sjevernoj Italiji u količinama od 25 i 50 t/ha. Nisu zabilježeni učinci na prinos i kvalitetu grožđa, no autori su istaknuli da biougljen može pomoći u sekvestraciji ugljika i regulaciji pH tla, iako nije imao direktan utjecaj na kvalitetu grožđa. Slično tome, García-Jaramillo i sur. (2021) proveli su istraživanje u dva vinograda u SAD-u, gdje su primijenili biougljen iz plinifikacije drva u količinama od 15 i 38 t/ha. Nisu pronašli učinke na prinos i kvalitetu grožđa, a nedostatak utjecaja na prinos pripisali su navodnjavanju vinograda, koje je smanjilo mogući vodni stres.

Rezultati pokusa s biougljenom provedenog u nenavodnjavanom vinogradu u središnjoj Italiji pokazali su da je povećanje produktivnosti grožđa bilo obrnuto proporcionalno količini oborina tijekom vegetacijskog razdoblja. Ovo potvrđuje ključnu ulogu biougljena u upravljanju dostupnošću vode za biljke (Genesio i sur., 2015). Slično tome, eksperiment proveden na suncokretu u jugozapadnoj Španjolskoj pokazao je bolje rezultate rasta biljaka tretiranih biougljenom tijekom sušnih razdoblja. Glavni razlog poboljšanja učinka usjeva nakon tretmana biougljenom bio je veće smanjenje provodljivosti stomata, što ukazuje na poboljšanje učinkovitosti korištenja vode (Paneque i sur., 2016).

Ovi rezultati potvrđuju da biougljen može potencijalno imati pozitivan učinak na prinos vinove loze, osobito u uvjetima ograničene dostupnosti vode, iako specifični učinci mogu varirati ovisno o uvjetima tla, klimatskim uvjetima i količini primijenjenog biougljena.

5.4. Promjene u tlu nakon provedenih tretmana

Prethodna istraživanja pokazuju da primjena biougljena može utjecati na kemijska i fiziološka svojstva tla, pri čemu ključnu ulogu imaju vrsta sirovine od koje je biougljen proizveden te količina primijenjenog biougljena. Također literatura navodi Fan, Zuo i Dong, (2020), da primjena biougljena u količini od 8 % (200 t/ha) značajno je povećala pH tla, vlažnost, ukupni dušik, fosfor i učinkoviti kalij, dok je istovremeno smanjila gustoću tla i ukupni sadržaj kalija.

U 2021. i 2022. godini pokusa nisu utvrđene značajne razlike u pokusu za istražene parametre pH i EC tla. Poznato je da biougljen općenito ima viši pH od tla u koje se primjenjuje (Liang i sur., 2016; El-Naggar i sur., 2018). Sukladno tome, povećanjem stope primjene biougljena i pH vrijednost tla također raste (Molnár i sur., 2016; Laird i sur., 2017).

U istraživanju Singha i sur. (2019), bez obzira na količinu primijenjenog biougljena, nije utvrđen značajan utjecaj na električnu vodljivost tla (EC) što je usporedivo s dobivenim rezultatima. Biougljen je dodavan u tlo u količinama od 1 do više od 80 t/ha. Rezultati su pokazali povećanje pH tla. Također je zabilježeno povećanje ukupnog sadržaja ugljika u tlu zbog visokog udjela stabilnog organskog ugljika u biougljenu. u samo pokusu istraživanju provedeno na institutu može objasniti odsutnost značajnog utjecaja tretmana biougljena u odnosu na kontrolu na fizikalno-kemijske karakteristike tla.

Iako se u literaturi često navodi da biougljen može povećati EC tla zbog oslobađanja topivih hranjivih tvari, u provedenom istraživanju takav učinak nije zabilježen. To može upućivati na ograničenu razgradnju biougljena, nisku koncentraciju topljivih iona u korištenom materijalu ili nisku stopu primjene biougljena. Ovi rezultati u skladu su s nalazima (Abujabhah i sur., 2016), koji također nisu zabilježili povezanost između primjene biougljena i EC tla. Uslijed primjene biougljena povećava se poroznost tla, što je moglo pospješiti ispiranje iona topljivih u vodi u dublje slojeve tla, te u konačnici rezultiralo nesignifikantnim razlikama između tretmana (Sun i sur., 2022).

Nadalje, nekoliko drugih studija potvrdilo je povećanje ukupnog ugljika i dušika u tlu i omjera C:N dodavanjem biougljena (Agegnehu i sur. 2017; Tan i sur., 2017);, što

nije u skladu s rezultatima ovog istraživanja. U radu Sun i sur. (2022) ističu da stopa primjene biougljena igra ključnu ulogu u objašnjenju varijacija u ukupnom ugljiku u tlu i omjeru C:N.

Važno je napomenuti da su u drugoj godini pokusa zabilježene statistički značajne razlike u sadržaju ugljika (%C) i dušika (%N) u tlu između različitih podloga vinove loze SO4 i 420A. Tlo uzeto s područja podloge 420A imalo je veći udio ugljika i dušika, dok su vrijednosti pH i električne vodljivosti tla ostale nepromijenjene. Ovi rezultati sugeriraju da su podloge utjecale na kemijska svojstva tla, odnosno na različitu sposobnost usvajanja hranjivih tvari. Varijabilnost između podloga može dovesti do razlika u apsorpciji vode i hranjivih tvari, na što ukazuju i radovi (Albacete i sur., 2015; Zhang i sur., 2018).

Biougljen iz ostataka drvenastih kultura sadrži hranjive tvari poput Ca, P, K, Zn, Cu, Mn i Fe te je poznato da oslobađa P i K u otopinu tla tijekom prve godine (Angst i Sohi, 2013). Međutim, rezultati ovog istraživanja pokazali su da primjena biougljena nije imala značajan utjecaj na koncentracije hranjivih tvari u tlu. Moguće je da je biljka apsorbirala sve raspoložive hranjive elemente iz tla, čime je postignuta nutritivna zasićenost, što može objasniti izostanak značajnih promjena između istraživanih tretmana. Nadalje, pri niskim razinama primjene biougljena, njegova sposobnost poboljšanja kemijskih i fizikalnih svojstava tla može biti ograničena, što rezultira minimalnim ili izostankom utjecaja na tlo u usporedbi s kontrolnim uvjetima. Ovi rezultati sugeriraju da je prag primjene biougljena ključan faktor koji značajno utječe na promjene fizikalno-kemijskih karakteristika tla, određujući njegovu učinkovitost u poboljšanju dostupnosti hranjiva, strukture tla i ukupne plodnosti. To potvrđuje tezu da biougljen ima ograničen kapacitet sorpcije za navedene ione, što je posljedica smanjenja reaktivnosti njegove površine tijekom vremena (Mia, i sur., 2017).

Stopa primjene biougljena u ovom istraživanju bila je niska (1.2 t/ha) u usporedbi s literaturom. Upravo ta niska stopa primjene vjerojatno je razlog zbog kojeg u obje istraživačke godine nije utvrđen značajan utjecaj tretmana biougljenom u odnosu na kontrolu u tlu.

Primjena biougljena također nije imala značajan utjecaj na stabilnost makroagregata tla. Tretman biougljenom pokazao je nestabilnost makroagregata u

tlu na obje podloge. U radu (Zhou i sur., 2019) navode da određene vrste biougljena možda nemaju značajan utjecaj na stabilnost makroagregata, naglašavajući potrebu za uzimanjem u obzir fizikalno-kemijskih svojstava biougljena i tipova tla prilikom procjene njegove učinkovitosti. S druge strane, u radu Bao i sur. (2024) primijetili su da dugotrajna primjena biougljena poboljšava udio makroagregata. Izostanak utjecaja biougljena na stabilnost makroagregata može se pripisati relativno kratkom vremenskom razdoblju između primjene tretmana i uzorkovanja, tijekom kojeg nisu nastupili odgovarajući pedogenetski procesi koji bi omogućili izraženiji utjecaj biougljena na agregatnu stabilnost tla. Međutim, primjena tretmana biougljena u kombinaciji s UREA gnojivom na tlu podloge 420A pokazala je blago povećanu stabilnost makroagregata. Ovaj nalaz sugerira da bi sinergijski učinci biougljena i mineralnih gnojiva mogli igrati ulogu u poboljšanju agregatne stabilnosti, što je u skladu s literaturnim podacima koji ističu važnost interakcija između biougljena i drugih tipova gnojiva u tlu.

Zanimljivo je da su tretmani s biougljenom i biougljen obogaćen ureom pokazali slične vrijednosti volumne gustoće tla između podloga, što sugerira da biougljen može imati određeni učinak na poboljšanje strukture tla i smanjenje zbijanja, neovisno o tipu podloge vinove loze. Ovi nalazi su u skladu s istraživanjima Das i Ghosh, (2017), koji su pokazali da biougljen dovodi do smanjenja volumne gustoće što se pokazalo na podlozi 420A, povećanja poroznosti i promjena u hidrauličkoj vodljivosti tla, što može biti rezultat fizičkih učinaka razrjeđenja biougljena, koji poboljšava ukupnu poroznost tla i mijenja njegovu strukturu.

Međutim, učinci biougljena na volumnu gustoću tla također se mogu uočiti tijekom vremena. U radu Zhang i sur. (2024) ukazuju na to da, iako početna smanjenja volumne gustoće možda nisu značajna, ona postaju izraženija s nastavkom primjene biougljena. Relativno kratko vremensko razdoblje od primjene biougljena do same analize je moguće objasnjene zašto nema izražene razlike između samih tretmana.

Također, tretmani biougljena i biougljen obogaćen ureom pokazali su usporedive rezultate u odnosu na volumnu gustoću tla, neovisno o vrsti podloge, što ukazuje na dosljedan učinak biougljena na strukturu tla. S druge strane, ostali tretmani nisu bili usporedivi između podloga, dok je na podlozi 420A zabilježena veća volumna

gustoća tla u odnosu na podlogu SO₄. Ovi rezultati sugeriraju da biogljjen može imati stabilan učinak na poboljšanje strukture tla, bez obzira na specifične karakteristike vinogradarskih podloga.

5.5. Učinci tretmana na kemijski sastav mošta i vina

Povezanost između gnojidbenih tretmana, tla i fiziologije vinove loze očituje se u utjecaju hranjivih tvari i dostupnosti vode u tlu, a koji utječu na fiziološke procese vinove loze. Ti procesi, pak, utječu na kemijski sastav grožđa i samim time indirektno i konačnu kvalitetu vina. Literatura navodi da primjena dušika u tlu može pozitivno utjecati na status dušika u moštu (Bell i Henschke, 2005).

Tijekom obje istraživačke godine, tretman biogljjena obogaćenog ureom imao je najveći utjecaj na ukupni dušik u moštu u odnosu na ostale tretmane, i to na obje podloge. Dobiveni rezultati u skladu su s prethodnim istraživanjima koja navode da biogljjen obogaćen ureom ima potencijal za zadržavanje dušika, čime se povećava njegova dostupnost u tlu, što omogućuje biljkama efikasniju iskoristivost dušika. Iako nije zabilježen značajan učinak u tlu, povećana dostupnost mineralnih oblika dušika može objasniti povećanje ukupnog sadržaja dušika u moštu grožđa tretiranog biogljjenom obogaćenim ureom, čak i uz moguće gubitke NH₃-N kroz isparavanje ili procjeđivanje u tlu (Lorensini i sur., 2012).

U radu Brunetto i sur. (2009) procijenjen je utjecaj primjene uree i organskog komposta na prinos, ukupni sadržaj dušika u listovima te sastav mošta grožđa kultivara 'Cabernet Sauvignon'. Istraživanje je obuhvatilo tri vegetacijske sezone, tijekom kojih su prikupljeni listovi za analizu sadržaja dušika. Rezultati su pokazali da je primjena organskog komposta povećala sadržaj dušika u listovima u odnosu na kontrolu i ureu tijekom faze pune cvatnje, dok u fenofazi pred berbu nisu uočene značajne razlike između tretmana. U dvije vegetacijske sezone zabilježeno je značajno povećanje ukupnog dušika u moštu na tretmanu s ureom, što se podudara s našim istraživanjem, gdje su uočeni slični trendovi u pogledu ukupnog dušika u moštu.

Veći sadržaj dušika u moštu grožđa smanjuje vjerojatnost zaustavljene fermentacije, jer dušik je jedan od glavni izvora energije te samim time njegova dostupnost utječe na rast i razmnožavanje kvasca te brzinu i trajanje fermentacije

(Beltran i sur., 2005).. Također, istraživanja pokazuju da gnojidba dušikom u mineralnom obliku (poput uree) može povećati pH vrijednosti, ukupnu kiselost te koncentracije jabučne i vinske kiseline (Brunetto i sur., 2009). Ovi rezultati poklapaju se s našim istraživanjem, osobito u prvoj godini pokusa, gdje je tretman biougljena obogaćenog ureom imao najveći utjecaj na vinsku, jabučnu i limunsku kiselinu. U drugoj godini, međutim, utjecaj biougljena obogaćenog ureom na pojedinačne organske kiseline u vinu nije bio tako izražen, osim na vinsku kiselinu, koja je bila usporediva između tretmana biougljena i organskog gnojiva. U drugoj godini, najveći utjecaj na koncentracije organskih kiselina imao je tretman organskim gnojivom neovisno od korištenoj podlozi (SO4 i 420A).

Količina i primjena dušika ključni su faktori u vinogradarskoj praksi, jer određuju sastav i koncentraciju aminokiselina u grožđu (Ough i Bell, 1980; Conradie, 2001; Rodriguez-Lovelle i Gaudillère, 2002). Literatura također navodi da primjena dušika u vinogradu može povećati koncentraciju aminokiselina u moštu u odnosu na vinograde u kojima dušik nije dodan (Conradie, 2001). U radu Palčić i sur. (2019) utvrđen je utjecaj tipa tla na koncentraciju i profil slobodnih aminokiselina u moštu grožđa tijekom različitih faza dozrijevanja. Koncentracije arginina, cisteina, histidina, leucina, lizina i treonina bile su značajno veće na *terroiru* Škrinjari u sve tri proučavane faze rasta vinove loze. Autori navode da *terroir* Škrinjari ima najviši ukupni sadržaj dušika i pH vrijednost blizu neutralne, što ukazuje da pH vrijednost tla i ukupni sadržaj dušika mogu utjecati na koncentraciju slobodnih aminokiselina u moštu grožđa. Ovi rezultati u skladu su s našim rezultatima iz 2021. godine, gdje je tretman biougljena obogaćenog ureom imao značajan utjecaj na koncentracije svih istraženih aminokiselina, kao i na ukupne aminokiseline. Bell, (1991) navodi da primjena dušika putem tla može povećati koncentraciju aminokiselina kao postotak YAN-a, što je utvrđeno na dvije od tri provedene lokacije, iako učinak nije bio statistički značajan. Wample i sur. (1993) ističu da primjena 112 kg N/ha u tlu može smanjiti koncentraciju aminokiselina u moštu u odnosu na vinograde u kojima dušik nije dodavan, no također navode da dušik može imati pozitivan utjecaj na koncentraciju aminokiselina.

Literatura također navodi da na količinu aminokiselina u soku grožđa utječe niz čimbenika kao što su podloga, kultivar, sadržaj dušika, zrelost grožđa kao i vodni status biljke (Singh, 1998; Bell i Henschke, 2005). Prema dosadašnjim

istraživanjima, strategije navodnjavanja i fertigacije mogu utjecati na metabolizam bobica, uključujući esencijalne šećere, organske kiseline, aminokiseline i hlapljive spojeve, što posljedično mijenja senzorske karakteristike vina. Također je utvrđeno da navodnjavanje značajno utječe na pojedine aminokiseline i hlapljive spojeve u grožđu i vinu, ali ne nužno dovodi do poboljšanja kvalitete vina. U 2022. godini, tretman organskog gnojiva bolje je utjecao na vodni status tla u odnosu na ostale tretmane, što je moglo rezultirati većom količinom aminokiselina u vinu. Ove tvrdnje su u skladu s istraživanjem Zhang i sur., (2024) koje je utvrdilo da navodnjavanje značajno utječe na koncentracije histidina, metionina, lizina i serina u bobicama grožđa, dok u vinima na koncentracije arginina, asparagina, cisteina i prolina.

Kao što smo već spomenuli, podloga vinove loze može utjecati na sastav aminokiselina u grožđu. U skladu s tim, naši rezultati iz 2021. i 2022. godine pokazuju utjecaj podloge na količinu aminokiselina u vinu. Vino dobiveno s podloge SO4 imalo je veće koncentracije ukupnih aminokiselina (89–120%) u odnosu na podlogu 420A.

U radu Treeby i sur. (1998) utvrđeno je da su koncentracije pojedinačnih aminokiselina u moštu bile značajno pod utjecajem podloge: najmanje koncentracije bile su u moštu s trsova na podlogama 140 Ruggeri i 101-14, dok su najveće koncentracije zabilježene u moštu s trsova na podlozi K51-40, te u manjoj mjeri na trsovima sa podloge Schwarzmann i kod loza s vlastitim korijenom.

Radeka i sur., (2008) navodi da većina fenolnih spojeva u vinu potječe iz grožđa, a manji dio nastaje metabolizma kvasaca, uključujući hlapljive fenole. Koncentracija fenola u vinu ovisi o tehnologiji vinifikacije. U ovom istraživanju, postupak vinifikacije bio je isti na svim tretmanima i podlogama u obje godine, kako bi se vidio utjecaj tretmana na vino.

Rezultati iz 2021. godine pokazuju manju koncentraciju ukupnih fenola u vinu nastalom vinifikacijom grožđa iz tretmana u kojem je dodan biougljen obogaćenim ureom na podlozi 420A, a slični rezultati su u 2022. godini na obje podloge.

Prema Mirošević i Karoglan (2008b) folijarna primjene uree u vinogradima kultivara 'Tempranillo' dovode do varijacija u kemijskim karakteristikama vina. Iako je to istraživanje bilo usmjereno na folijarnu primjenu uree, implicira da povećana dostupnost dušika može utjecati na ravnotežu između primarnih i sekundarnih

metaboličkih procesa u vinovoj lozi. Konkretno, kada je dušik lako dostupan, sinteza sekundarnih metabolita na bazi ugljika, poput tanina, antocijana i drugih fenolnih spojeva, može biti smanjena. Pretpostavka je da je biougljen obogaćen ureom imao sličan učinak, postupnim otpuštanjem dušika u tlo, omogućujući stabilnu opskrbu hranjivima, što može pogodovati vegetativnom rastu na račun sinteze fenolnih spojeva.

Ovaj odnos između primjene dušika i ukupnih fenola može se objasniti modelom kompeticije za proteine. Korištenje visokih koncentracija dušičnih hranjiva povećava biomasu i akumulaciju suhe tvari u biljkama, što razrjeđuje koncentraciju fenola, jer povećana potreba za proteinima smanjuje raspodjelu ugljikovih skeleta prema fenolima (Jones i Hartley, 1999).

Utjecaj tretmana biougljena na ukupne fenole u 2021. godini na podlozi SO4 bio je veći u odnosu na organsko gnojivo, dok je na podlozi 420A samo tretman biougljena obogaćenog ureom imao značajan učinak. Nije utvrđena razlika u koncentraciji šećera između tretmana i podloge. Naši rezultati podudaraju se s prethodnim istraživanjima koja sugeriraju da podloga nije značajno utjecala na sadržaj šećera u moštu, što je potvrđeno za nekoliko različitih kultivara grožđa ('St. Pepin', 'De Chaunac', 'Maréchal Foch', 'Verdelet', 'Gewürztraminer', 'Riesling', 'Cabernet Franc' i 'Chardonnay'). Kaplan i sur. (2018) utvrdili su da podloga može utjecati na sadržaj šećera, pri čemu je najniža vrijednost zabilježena kod podloge 101-14 usporedbi s podlogama SORI, 161-49C, 5BB, SO4, 125AA.

U radu Brunetto i sur. (2013), primjena gnojidbenih tretmana u obliku organskog komposta i uree nije imala značajan utjecaj na sadržaj šećera u moštu kultivara 'Cabernet Sauvignon', što sugerira da ovi tretmani ne mijenjaju koncentraciju šećera u fazi prerade grožđa. Također, u radu Brunetto i sur. (2010) izvještavaju da primjena ili način raspodjele dušika u obliku organskog komposta nije utjecao na sadržaj šećera u moštu vinove loze u regiji Serra Gaucha, u saveznoj državi Rio Grande do Sul. Rezultati navedenih istraživanja poklapaju se s istraživanjem provedenim na pokusnom imanju Instituta za poljoprivredu i turizam, gdje tretmani nisu utjecali na koncentracije šećera u moštu.

Koncentracije kalija u 2021. godini u vinima kultivara 'Malvazija istarska' kretale su se u rasponu od 487 mg/L, zabilježenih u tretmanu s biougljenom na podlozi 420A,

do 772 mg/L, utvrđenih pri primjeni organskog gnojiva na podlozi SO₄. Ovi rezultati su u skladu s vrijednostima koje su ranije izvijestili Linskens i sur. (1988), a koje su varirale između 370 i 1120 mg/L. U 2022. godini koncentracija kalija u vinima kultivara 'Malvazija istarska' kretale su se u rasponu 87 mg/L, zabilježenih na tretmanu biougljena podloge 420A do 155 mg/L, utvrđenih na tretmanu kontrola na podlozi SO₄, treba naglasiti da 2022. godini nije utvrđena statistički značajna razlika između podloga kao ni između tretmana za vrijednosti kalija u vinu. Uočen pad koncentracije kalija u vinu u 2022. godini moguće je povezati s nižim sadržajem kalija u lišću zabilježenim tijekom fenofaze pune zrelosti. U 2021. godini utvrđena je veća koncentracija kalija u lišću, što sugerira da je tada bila izraženija translokacija kalija iz vegetativnih organa prema bobicama. To ukazuje na potencijalnu povezanost između razine kalija u listu i njegove koncentracije u konačnom proizvodu vinu.

U 2021. godini na podlozi SO₄ utvrđena je značajno niža koncentracija kalija na tretmanima biougljen i biougljen obogaćen ureom u odnosu na malčiranu rozgvu i organsko gnojivo, što se može objasniti efektom razrjeđenja, ukoliko povežemo prinos na navedenim tretmanima. Također, uočena je niža koncentracija kalija na tretmanu kontrola u odnosu na tretmane malčirana rozgva i organsko, što se može objasniti nižom koncentracijom hraniva u tlu. Na podlozi 420A utvrđena je veća koncentracija kalija na tretmanu biougljen obogaćen ureom u odnosu na tretmane kontrola, malčirana rozgva, organsko i biougljen, što se može objasniti time da tretmani bogati dušikom mogu potaknuti rast biljke i povećati unos kalija iz tla, što rezultira višom koncentracijom u soku grožđa i kasnije u vinu.

U 2021. godini, koncentracije fosfora u vinu kultivara 'Malvazija istarska' kretale su se u rasponu od 37,2 mg/L, zabilježenih u tretmanu s malčiranom rozgom na podlozi 420A, do 42,4 mg/L, utvrđenih također u tretmanu s malčiranom rozgom, ali na podlozi SO₄.

U 2022. godini zabilježene su niže vrijednosti fosfora u odnosu na prethodnu godinu. Nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana, dok je statistički značajna razlika utvrđena između podloga. Na podlozi 420A zabilježena je niža koncentracija fosfora (16,4 mg/L) u usporedbi s podlogom SO₄, na kojoj je utvrđena vrijednost od 18,8 mg/L. Dobiveni rezultati su u skladu s vrijednostima koje su ranije izvijestili

Kment i sur. (2005) od 0,20 do 47 mg/L, a nešto niže vrijednosti od 40 do 250 mg/L koje su dobili Mirabal-Gallardo i sur. (2018).

Na podlozi SO₄ utvrđena je niža koncentracija fosfora (P) na tretmanu biougljen obogaćen ureom u odnosu na tretmane kontrola, biougljen, malčirana rozgva i organsko, što možemo pripisati većoj koncentraciji dušika na tretmanu biougljen obogaćen ureom u odnosu na ostale tretmane, što je potvrđeno i na udjelu dušika (N) u moštu. To je u konačnici utjecalo na nižu koncentraciju fosfora u vinu.

Vrijednosti magnezija u vinima u 2021. godini kretale su se u rasponu od 84 mg/L na tretmanu kontrola do 90,6 na tretmanima malčirana rozgva i organsko gnojivo, dok se u 2022. godini vrijednosti magnezija kretale u rasponu od 102 mg/L na tretmanu kontrola do 109 na tretmanu biougljen, također treba naglasiti da u 2022. godini nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana tako ni između podloga. Dobiveni rezultati su u skladu s vrijednostima od 56 mg/L do 105 mg/L koje su utvrdili Thiel i sur. (1997) te vrijednostima 90,4 mg/L i 114,8 mg/L koje su iznesene u radu Bora i sur. (2022).

Tretmani biougljen i biougljen obogaćen ureom imali su usporedive vrijednosti, ali nešto niže od tretmana malčirane rozgve i organskog za koncentraciju magnezija (Mg). Magnezij je element koji se kontinuirano nakuplja u bobici. Na temelju rezultata Mg u listu u fenofazama bobica zametanje bobica, šare i pred berbu, utvrđeno je da je varijacija Mg bila mala te je koncentracija Mg uvijek bila pri vrhu u usporedbi s ostalim tretmanima, što se odrazilo i u samom vinu. Kao i kod kalija, možemo povezati ovaj efekt s razrjeđenjem u odnosu na prinos.

Utvrđene vrijednosti kalcija u vinima 'Malvazije istarske' kretale su se za 2021. godinu na tretmanu organsko gnojivo podloge SO₄ od 67,1 mg/L do tretmana malčirana rozgva na podlozi 420A od 97,2 mg/L. U 2022. godini vrijednosti kalcija u vinima kretale su se od 42,7 mg/L na tretmanu biougljen podloge 420A do 62,8 mg/L na tretmanu biougljen + UREA sa podloge 420A. Dobiveni rezultati su u skladu s vrijednostima od 22 do 66 mg/L koje su iznesene u radu Vitali Čepo i sur. (2022).

Za koncentraciju kalcija (Ca) u vinu na podlozi SO₄ nije utvrđen utjecaj tretmana, što se podudara s rezultatima analize lišća, pogotovo u fenofazi pred berbu. Slični rezultati dobiveni su i na podlozi 420A, gdje je jedina razlika u odnosu na tretmane malčirana rozgva i kontrola, što se može objasniti nižom koncentracijom Ca u tlu.

U 2022. godini, kao i u 2021., nije utvrđen utjecaj tretmana na koncentraciju Ca na podlozi SO₄, dok je na podlozi 420A jedina razlika između tretmana biougljen i biougljen obogaćen ureom, gdje je dušik na tretmanu biougljen obogaćen ureom mogao potaknuti rast biljke i povećati unos Ca, što rezultira njegovom većom koncentracijom u samom vinu.

Utvrđene vrijednosti željeza u istraženim vinima u 2021. varirale su od 3,55 mg/l na podlozi 420A do 3,81 mg/L na podlozi SO₄, dok u 2022. godini nije utvrđena statistički značajna razlika između istraženih faktora, a vrijednosti željeza u vinu kretale su se od 3,33 mg/L na podlozi SO₄ do 3,41 mg/L na podlozi 420A. Dobiveni rezultati su u skladu s vrijednostima od 0,03 mg/L do 6,6 mg/L koje su iznjete u radu Laurie i sur. (2010).

U 2021. godini utvrđen je viši udio željeza (Fe) u vinu dobivenom s trsova na podlozi SO₄ u usporedbi s podlogom 420A. Također, zabilježene su veće koncentracije Fe u listovima vinove loze uzgajane na podlozi SO₄ tijekom fenofaze cvatnje, i to u tretmanima: kontrola, biougljen, biougljen + UREA te organsko gnojivo.

Povišene koncentracije Fe u listovima zabilježene su i u fenofazi zretanja bobica, također na podlozi SO₄, u tretmanima kontrola, biougljen i biougljen + UREA. U fenofazi šare bobica, povećan sadržaj Fe utvrđen je i u tretmanima biougljen te biougljen + UREA.

Dobiveni rezultati upućuju na mogućnost da je povećana koncentracija Fe u vinu rezultat učinkovite translokacije željeza iz lista prema grozdu.

U analiziranim uzorcima vina u 2021. godini utvrđene su vrijednosti cinka u rasponu od 0,23 mg/L na tretmanu biougljen na podlozi 420A do 0,99 mg/L na tretmanu biougljen i biougljen + UREA na podlozi SO₄. Dobiveni rezultati su u skladu s vrijednostima 0,1 mg/L do 1,6 mg/L koje su prikazane u radu Gonzalez i sur. (2021). U 2022. godini utvrđene su vrijednosti koncentracije cinka u rasponu od 1,2 mg/L na tretmanu malčirane rozgve na podlozi SO₄ do 3,5 mg/L na tretmanu biougljena na podlozi SO₄, pri čemu su sve izmjerene vrijednosti bile ispod maksimalne dopuštene koncentracije od 5 mg/L koju propisuje međunarodna organizacija za lozu i vino (OIV, 2011). Za koncentracije cinka (Zn) utvrđena je razlika između podloga i tretmana, što se djelomično preklapa s rezultatima Zn u listu u fenofazi berbe Podloga 420A povezuje se s nižim ukupnim nakupljanjem cinka (Zn), što se

vjerojatno može pripisati njezinoj ograničenoj razvijenosti korijena i smanjenoj vegetativnoj bujnosti u usporedbi s podlogom SO4 (Zalamena i sur., 2015). Ove razlike u učinkovitosti usvajanja hranjivih tvari mogu utjecati na ukupnu kakvoću grožđa i karakteristike vina proizvedenog s trsova cijepljenih na različite podloge (Blank i sur., 2022).

U 2021. godini koncentracija kroma (Cr) u vinu 'Malvazije istarske' kretale su se od 0,784 µg/L na tretmanu organsko gnojivo na podlozi 420A do 1,013 µg/L na tretmanu kontrola na podlozi SO4. U 2022. godini utvrđene vrijednosti kroma u vinu kretale su se od 0,846 µg/L na tretmanu biougļjen + UREA do 0,905 µg/L na tretman kontrola na podlozi SO4. Ovi rezultati su u skladu s vrijednostima koje su ranije izvijestili u radu Jakkielska i sur. (2023) gdje ističu da se krom često otkriva u niskim koncentracijama u vinima, obično ispod dopuštenih granica. Naveli su da su koncentracije kroma u bijelim vinima u njihovom istraživanju bile ispod 0,1 µg/L, što je u skladu s sigurnosnim pragovima utvrđenima za prehrambene proizvode.

Almeida i Vasconcelos, (2003) istraživali su multielementni sastav vina i njihovih prethodnika, mošta od grožđa. Njihova istraživanja pokazala su da su za mnoge elemente koncentracije u gotovom vinu bile slične ili niže nego u izvornom moštu. Razlike su pripisali dijelom fenomenima taloženja koji se javljaju tijekom fermentacije i starenja vina, a koji mogu biti pojačani u situacijama kada veći prinosi dovode do niže koncentracije minerala u moštu.

U radu Raifer i sur. (2024a) specifično su istraživali utjecaje biougļjena u vinogradu kultivara 'Müller-Thurgau' u Južnom Tirolu, Italija. Njihovo istraživanje izvještava da je primjena biougļjena utjecala na određena hidraulička svojstva tla (npr. vlagu u tlu), ali nije imala značajan učinak na ukupnu kvalitetu vina, uključujući parametre koji se odnose na mineralni sastav grožđa. Ovo sugerira da biougļjen, pod uvjetima tog istraživanja, nije doveo do značajnih promjena u mineralnom profilu grožđa koje bi bile uočljive u konačnom proizvodu vina. Iako biougļjen može promijeniti dinamiku hranjivih tvari u tlu poticanjem poboljšanih procesa mineralizacije, (Laird i sur., 2010) te promjene možda neće nužno rezultirati promjenama u mineralnom sastavu grožđa i kvaliteti vina.

Rezultati osnovne analize mošta pokazali su da u 2021. i 2022. godini pH vrijednosti mošta bile veće na podlozi SO4 u odnosu na podlogu 420A.. Literatura navodi da

utjecaj podloga na pH mošta rezultat je složene interakcije između bujnosti loze, usvajanja hranjivih tvari i procesa dozrijevanja bobica. Podloge mogu utjecati na unos ključnih iona, posebice kalija (K^+), koji ima važnu ulogu u održavanju acidozne ravnoteže u bobicama grožđa. Povećana apsorpcija K^+ tijekom razvoja bobica može dovesti do premještanja vodikovih iona, što rezultira povećanjem pH mošta (Walker i sur., 2000).

Dodatne tvrdnje navode Miele i Rizzon (2017) u istraživanju na moštu kultivara 'Cabernet Sauvignon' na različitim podlogama, uključujući SO4 i 420A gdje su utvrdili da vinova loza cijepljena na podlozi SO4 daje mošt s većim vrijednostima pH. Vrijednost pH mošta se u konačnici reflektirao i na sam pH vina gdje pogotovo u 2022. godini vidimo da na podlozi SO4 svi istraženi tretmani imaju veći pH od tretmana podloge 420A.

U 2021. utvrđena je veća koncentracija šećera u moštu tretmana biougljena na obje podloge, a u 2022. godini na podlozi SO4, pri čemu treba naglasiti da je i u toj godini tretman biougljena spadao je u grupu tretmana s višim koncentracijama šećera.

Jedna od glavnih sposobnosti biougljena jest poboljšanje zadržavanja vode u tlu i cirkuliranje hranjivih tvari. Visoka poroznost i velika površinska područja biougljena poboljšavaju nivo vlage u tlu i dostupnost esencijalnih hranjivih tvari (Schmidt i sur., 2014). Ovaj poboljšani status vode može smanjiti vodeni stres loze, povećati intenzitet fotosinteze te dovesti do uravnoteženijeg razvoja plodova i optimiziranog nakupljanja šećera u bobicama. Na temelju dobivenih rezultata, uočene su razlike u sadržaju alkohola u vinu među tretmanima. Ovi nalazi u skladu su s prethodnim istraživanjima koja upućuju na to da veća koncentracija šećera u moštu može rezultirati većim potencijalnim udjelom alkohola tijekom fermentacije.

Rezultati za pojedinačne organske kiseline i utjecaj koji je imao tretmana biougljen + UREA na njihovu koncentraciju u obje istraživačke godine u skladu je sa vrijednostima ukupne kiselosti u moštu kao i ukupne kiselosti u vinu, a koja je u navedenom tretmanu bila veća. Kako literatura navodi u vinogradu, ishrana vinove loze dušikom utiče na sintezu organskih kiselina i aminokiselina u bobicama. Odgovarajuća gnojidba dušikom općenito poboljšava status dušika u grožđu, što dovodi do povećanih razina ukupnog dušika i aminokiselina, koji mogu utjecati na metaboličku ravnotežu između nakupljanja šećera i sinteze organskih kiselina (Bell

i Henschke, 2005). S obzirom da je u tretmanu biougļjen + UREA utvrđena veća koncentracija dušika u moštu, Navedena veće razine pristupačnog dušika mogla je potaknuti u određenim uvjetima i utjecati na sintezu organskih kiselina (Baroň i Mojmr, 2011). Rezultati mjerenja reducirajućih šećera u vinu pokazali su da su u 2021. i 2022. godini svi tretmani imali sadržaj ispod 4 g/L, što klasificira vina kao suha (Pravilnik o proizvodnji vina, 2005).

Vina su ocijenjena metodom redoslijeda, pri čemu je svaki ocjenjivač rangirao uzorke od najboljeg do najlošijeg. Uzorci su bodovani tako da je najbolji dobio 1 bod, a najlošiji 5 bodova. Ova metoda omogućuje usporedbu uzoraka na temelju ukupnog dojma, a ne apsolutnih vrijednosti.

U 2021. i 2022. godini na podlozi SO4 na temelju dobivenih rezultata metodom redoslijeda tretman koji je dao najbolje ocijenjeno vino je malčirana rozgva, dok je tretman kontrola ocijenjena kao najlošiji tretman za vino. Na podlozi 420A tretman koji je dao najbolje ocijenjeno vino u 2021. godini bio je biougļjen, dok je tretman kontrola ocijenjena kao najlošiji. U 2022. godini najboljom kvalitetom nametnuo se upravo tretman kontrole dok je biougļjen + UREA ocijenjen kao najlošiji tretman.

Rezultati pokazuju da su tretmani poput malčirane rozgve i biougļjena pozitivno utjecali na fermentaciju, dok je kontrola, koja nije imala dodatnu intervenciju u vinogradu, bila ocijenjena lošije u 2021. na podlozi SO4, ali je u 2022. na podlozi 420A ocijenjena kao najbolja.

6. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci

1. Prva hipoteza, da će primjena biougljena pozitivno utjecati na fizikalno-kemijska svojstva tla i smanjiti emisije CO₂, djelomično je potvrđena.

Tretmani s dodatkom biougljena pokazali su statistički značajan utjecaj na emisije CO₂ iz tla u određenim fenofazama razvoja vinove loze. Tijekom 2021. godine primjena biougljena rezultirala je smanjenjem emisija CO₂ u više fenofaza i na različitim podlogama, uz statistički značajne razlike u odnosu na ostale tretmane. U 2022. godini zabilježene su negativne emisije CO₂ u više fenofaza, što može upućivati na potencijalno uskladištenje ugljika u tlu. Također je utvrđen pozitivan utjecaj biougljena na sadržaj vode u tlu, koji je bio izraženiji tijekom 2021. u usporedbi s 2022. godinom.

Dio hipoteze koji je predviđao značajan utjecaj primjene biougljena na kemijska svojstva tla, uključujući koncentracije hranjivih tvari i stabilnost makroagregata, nije potvrđen. Rezultati istraživanja pokazali su da primjena biougljena nije dovela do statistički značajnih promjena u navedenim parametrima.

2. Druga hipoteza da će interakcija primjene biougljena i podloge vinove loze utjecati na fiziološke parametre i prinos cv. 'Malvazije istarske' djelomično je potvrđena.

Rezultati istraživanja pokazuju da je primjena biougljena pozitivno utjecala na fiziološke parametre vinove loze. U 2021. godini, tijekom fenofaze cvatnje, te u 2022. godini, tijekom fenofaze pune zrelosti, zabilježen je značajan porast fotosintetskog intenziteta na tretmanima s biougljenom. Vodni potencijal lista ukazuje na blag do umjeren stres biljaka na tretmanima s biougljenom, s razlikama između podloga: u 2021. godini veći vodni potencijal zabilježen je na podlozi SO₄, dok je u 2022. bio izraženiji na podlozi 420A.

Tijekom vegetacijskih razdoblja 2021. i 2022. utvrđeno je povećanje sadržaja hraniva (N, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Mo) u listovima vinove loze na tretmanima s

biougljenom i biougljenom obogaćenim ureom, pri čemu čemu je utvrđen utjecaj interakcije primijenjenih gnojidbenih tretmana s istraživanim podlogama vinove loze.

Tretmani s biougljenom dosljedno su u obje godine rezultirali statistički značajno višim prinosima u odnosu na ostale tretmane, na obje istraživane podloge (SO4 i 420A), što potvrđuje pozitivan učinak biougljena na prinos.

3. Treća hipoteza: Primjena biougljena pozitivno će utjecati na parametre kakvoće mošta i vina kultivara 'Malvazija istarska' – djelomično je potvrđena.

Rezultati istraživanja sugeriraju da biougljen, osobito kada se primjenjuje u kombinaciji s ureom, može povoljno utjecati na kemijski sastav mošta i vina. Zabilježene su veće koncentracije dušika, aminokiselina i ukupnih kiselina u moštu, kao i viši sadržaj alkohola i niža hlapiva kiselost u vinu. U 2021. godini među svim ispitivanim tretmanima na podlozi 420A, vino dobiveno iz tretmana s dodatkom biougljena ocijenjeno je kao najbolje prema rezultatima senzorske analize.

Primjena biougljena nije rezultirala statistički značajnim razlikama među ostalim istraživanim parametrima kakvoće mošta i vina, pa se pozitivan učinak može smatrati ograničenim.

7. LITERATURA

1. Abam F.I., Diemuodeke O.E., Ekwe E.B., Alghassab M., Samuel O.D., Khan Z.A., Imran M., Farooq M. (2020). Exergoeconomic and environmental modeling of integrated polygeneration power plant with biomass-based syngas supplemental firing. *Energies* 13 doi:10.3390/en13226018
2. Abnisa F., Wan Daud W.M.A., Sahu J.N. (2011). Optimization and characterization studies on bio-oil production from palm shell by pyrolysis using response surface methodology *Biomass. Bioenergy* 35, . doi:10.1016/j.biombioe.2011.05.011
3. Abo El-Ezz S.F., Lo'Ay A.A., Al-harbi N.A., Al-qahtani S.M., Allam H.M., Abdein M.A., Abdelgawad Z.A. (2022). A Comparison of the Effects of Several Foliar Forms of Magnesium Fertilization on 'Superior Seedless' (*Vitis vinifera* L.) in Saline Soils. *Coatings* 12 ;201 doi:10.3390/COATINGS12020201
4. Aboulkas A., El Harfi K., El Bouadili A. (2008). Non-isothermal kinetic studies on co-processing of olive residue and polypropylene. *Energy Conversion Managment* 49. doi:10.1016/j.enconman.2008.06.029
5. Abujabhah I.S., Doyle R., Bound S.A., Bowman J.P. (2016). The effect of biochar loading rates on soil fertility, soil biomass, potential nitrification, and soil community metabolic profiles in three different soils. *Journal of Soils Sediments* 16: 2211–2222. doi:10.1007/S11368-016-1411-8/FIGURES/11
6. Acevedo-Opazo C., Ortega-Farias S., Fuentes S. (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 97 : 956–964. doi:10.1016/J.AGWAT.2010.01.025
7. Agarwal A.K., Shurpali N., Srivastava V. (2018). *Greenhouse Gas Emissions: Challenges, Technologies and Solutions*, Springer Singapore.
8. Agegnehu G., Srivastava A.K., Bird M.I. (2017). The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. *Applied Soil Ecology* 119: 156–170. doi:10.1016/J.APSOIL.2017.06.008
9. Aguilar-Chávez Á., Díaz-Rojas M., Cárdenas-Aquino M. del R., Dendooven

- L., Luna-Guido M. (2012). Greenhouse gas emissions from a wastewater sludge-amended soil cultivated with wheat (*Triticum* spp. L.) as affected by different application rates of charcoal. *Soil Biology and Biochemistry* 52: 90–95. doi:10.1016/J.SOILBIO.2012.04.022
10. Ahmad J., Patuzzi F., Rashid U., Shahabz M., Ngamcharussrivichai C., Baratieri M. (2021). Exploring untapped effect of process conditions on biochar characteristics and applications. *Environmental Technology & Innovation* 21: doi:10.1016/j.eti.2020.101310
 11. Al-Wabel M.I., Al-Omran A., El-Naggar A.H., Nadeem M., Usman A.R.A. (2013). Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus wastes. *Bioresource Technology* 121: 374-379 doi:10.1016/j.biortech.2012.12.165
 12. Albacete A., Martínez-Andújar C., Martínez-Pérez A., Thompson A.J., Dodd I.C., Pérez-Alfocea F. (2015). Unravelling rootstock×scion interactions to improve food security. *Journal of Experimental Botany* 66 (8): 2211–2226. doi:10.1093/JXB/ERV027
 13. Alkharabsheh H.M., Seleiman M.F., Battaglia M.L., Shami A., Jalal R.S., Alhammad B.A., Almutairi K.F., Al-Saif A.M. (2021). Biochar and Its Broad Impacts in Soil Quality and Fertility, Nutrient Leaching and Crop Productivity: A Review. *Agronomy* 11, (5): 993. doi:10.3390/AGRONOMY11050993
 14. Almeida C.M.R., Vasconcelos M.T.S.D. (2003). Multielement Composition of Wines and Their Precursors Including Provenance Soil and Their Potentialities As Fingerprints of Wine Origin, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (16): 4788–4798. doi:10.1021/JF034145B
 15. Ambrosini V.G., Rosa D.J., Bastos de Melo G.W., Zalamena J., Cella C., Simão D.G., Souza da Silva L., Pessoa dos Santos H., Toselli M., Tiecher T.L., Brunetto G. (2018). High copper content in vineyard soils promotes modifications in photosynthetic parameters and morphological changes in the root system of ‘Red Niagara’ plantlets. *Plant Physiol Biochem* 128: 89–98. doi:10.1016/J.PLAPHY.2018.05.011
 16. Ameloot N., Sleutel S., Case S.D.C., Alberti G., McNamara N.P., Zavalloni C., Vervisch B., delle Vedove G., De Neve S. (2014). C mineralization and microbial activity in four biochar field experiments several years after incorporation. *Soil Biology and Biochemistry* 78: 195–203.

doi:10.1016/J.SOILBIO.2014.08.004

17. Anawar H.M., Strezov V., Akter F., Kader M.A., Solaiman Z.M. (2017). Impact of Biochar on Soil Fertility and Behaviour of Xenobiotics in Soil. U: knjigi Xenobiotics in the Soil Environment. doi:10.1007/978-3-319-47744-2_20
18. Anđelini D., Cvitan D., Prelac M., Pasković I., Černe M., Nemet I., Major N., Ban S.G., Užila Z., Ferri T.Z., Džakula B.N., Petek M., Ban D., Palčić I. (2023). Biochar from Grapevine-Pruning Residues Is Affected by Grapevine Rootstock and Pyrolysis Temperature. *Sustainability* 15,(6): 4851. doi:10.3390/SU15064851
19. Anđelini M., Major N., Išić N., Kovačević T.K., Ban D., Palčić I., Radunić M., Goreta Ban S. (2023). Sugar and Organic Acid Content Is Dependent on Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) Peel Color. *Horticulturae* 9 (3): 313. doi:10.3390/HORTICULTURAE9030313/S1
20. Angst T.E., Sohi S.P. (2013). Establishing release dynamics for plant nutrients from biochar. *GCB Bioenergy* 5 (2): 221–226. doi:10.1111/GCBB.12023
21. Apolinar-Valiente R., Williams P., Romero-Cascales I., Gómez-Plaza E., López-Roca J.M., Ros-García J.M., Doco T. (2013). Polysaccharide Composition of Monastrell Red Wines from Four Different Spanish Terroirs: Effect of Wine-Making Techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61 (10): 2538–2547. doi:10.1021/JF304987M
22. Atkinson C.J., Fitzgerald J.D., Hipps N.A. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant and Soil* 337; 1-18. doi:10.1007/s11104-010-0464-5
23. Badenes M.L., Byrne D.H. (2012). Fruit breeding,. U: *Fruit Breeding*, Springer, New York 729 - 770 doi:10.1007/978-1-4419-0763-9
24. Bagdi D.L., Gupta S., Bagdi D.K., Singhal R.K., Gupta N.K. (2022). Photosynthesis, Membrane Stability and Proline Metabolism Enzyme Activity as Potential Indicators for Salt Tolerance in Wheat. *Russian Journal of Plant Physiology* 69 (5). doi:10.1134/S1021443722050028
25. Baldock J.A., Skjemstad J.O. (1999). Soil organic carbon / soil organic matter. CSIRO Publishing: 159–170.
26. Bao Z., Dai W., Li H., An Z., Lan Y., Jing H., Meng J., Liu Z. (2024). Long-Term Biochar Application Improved Aggregate K Availability by Affecting Soil

- Organic Carbon Content and Composition. *Land degradation & development* 35 (17): 5137–5148. doi:10.1002/LDR.5285
27. Barbosa C.F., Correa D.A., Carneiro J.S. da S., Melo L.C.A. (2022). Biochar Phosphate Fertilizer Loaded with Urea Preserves Available Nitrogen Longer than Conventional Urea. *Sustainability* 14 (2): 686. doi:10.3390/SU14020686/S1
 28. Barbosa De Pinho J., Bianchini A., Silvério P., Pereira X., Cunha Nunes L., Fernandes Daros R., Gonçalves Da Silva J., Castro D.A., Fadel M. (2019). Sugarcane Biochar for Agricultural Use Produced in Different Conditions of Pyrolysis. *Journal of Experimental Agriculture International* 38 (4): 1–8. doi:10.9734/JEAI/2019/V38I430307
 29. Baroň, Mojmír. (2011). Yeast assimilable nitrogen in South Moravian grape musts and its effect on acetic acid production during fermentation *Czech Journal of Food Sciences* 29 (6): 603–609. doi:10.17221/259/2010-CJFS
 30. Baronti S., Vaccari F.P., Miglietta F., Calzolari C., Lugato E., Orlandini S., Pini R., Zulian C., Genesio L. (2014). Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.). *European Journal of Agronomy* 53: 38–44. doi:10.1016/J.EJA.2013.11.003
 31. Bašić F. (2013). *The Soils of Croatia*. World Soils Book Series. Springer Dordrecht Heidelberg New York London doi:10.1007/978-94-007-5815-5
 32. Bassett C.L., Baldo A.M., Moore J.T., Jenkins R.M., Soffe D.S., Wisniewski M.E., Norelli J.L., Farrell R.E. (2014). Genes responding to water deficit in apple (*Malus × domestica* Borkh.) roots. *BMC Plant Biology* 14 (1). doi:10.1186/1471-2229-14-182
 33. Batista E.M.C.C., Shultz J., Matos T.T.S., Fornari M.R., Ferreira T.M., Szpoganicz B., De Freitas R.A., Mangrich A.S. (2018). Effect of surface and porosity of biochar on water holding capacity aiming indirectly at preservation of the Amazon biome. *Scientific Reports* 8, 10677. doi:10.1038/s41598-018-28794-z
 34. Batjes N.H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47, 2: 151 - 163. doi:10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x
 35. Bavaresco L., Gatti M., Fregoni M. (2010). Nutritional deficiencies. *Methodol Results Grapevine Research* 165–191. doi:10.1007/978-90-481-9283-

36. Beatrice P., Dalle Fratte M., Baronti S., Miali A., Genesio L., Vaccari F.P., Cerabolini B.E.L., Montagnoli A., Leuzinger S., Santorufo L., Ma X., Fratte M.D. (2024). The long-term effect of biochar application to *Vitis vinifera* L. reduces fibrous and pioneer root production and increases their turnover rate in the upper soil layers. *Frontiers Plant Sci* 15: 1384065. doi:10.3389/FPLS.2024.1384065
37. Beis A., Patakas A. (2012). Relative contribution of photoprotection and anti-oxidative mechanisms to differential drought adaptation ability in grapevines. *Environmental and Experimental Botany* 78. 173-183 doi:10.1016/j.envexpbot.2011.12.038
38. Bell S. (1991). The effect of nitrogen fertilization on growth, yield, and juice composition of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon grapevines. *Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine : Seattle, Washington, Usa 18-19 june 1991*, 206 -210
39. Bell S.J., Henschke P.A. (2005). Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine* 11 (3): 242–295. doi:10.1111/J.1755-0238.2005.TB00028.X
40. Beltran G., Esteve-Zarzoso B., Rozès N., Mas A., Guillaumon J.M. (2005). Influence of the timing of nitrogen additions during synthetic grape must fermentations on fermentation kinetics and nitrogen consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (4): 996–1002. doi:10.1021/JF0487001
41. Ben-Asher J., Tsuyuki I., Bravdo B.A., Sagih M. (2006). Irrigation of grapevines with saline water. I. Leaf area index, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. *Agricultural Water Management* 83: 13 - 21. doi:10.1016/j.agwat.2006.01.002
42. Bernardo S., Dinis L.T., Machado N., Moutinho-Pereira J. (2018). Grapevine abiotic stress assessment and search for sustainable adaptation strategies in Mediterranean-like climates. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38. doi:10.1007/s13593-018-0544-0
43. Bertero M., Sedran U. (2015). Coprocessing of Bio-oil in Fluid Catalytic Cracking. *Recent Advances in Thermo-Chemical Conversion of Biomass*: 355–381. doi:10.1016/B978-0-444-63289-0.00013-2
44. Bianchi D., Caramanico L., Grossi D., Brancadoro L., De Lorenzis G. (2020).

- How Do Novel M-Rootstock (*Vitis* Spp.) Genotypes Cope with Drought? *Plants* 9: 1385. doi:10.3390/PLANTS9101385
45. Bindon K., Dry P., Loveys B. (2008). Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon). *Aust J Grape Wine Res* 14 (2): 91–103. doi:10.1111/J.1755-0238.2008.00009.X
 46. Bisson L. (1991). Influence of nitrogen on yeast and fermentation of grapes. *Proc Int Symp on nitrogen grapes wine* (American Society for Enology and Viticulture: Davis, CA. Seattle, USA): 78–89.
 47. Blanco-Canqui H., Shapiro C.A., Wortmann C.S., Drijber R.A., Mamo M., Shaver T.M., Ferguson R.B. (2013). Soil organic carbon: The value to soil properties. *Journal of Soil and Water Conservation* 88: 129A - 134A. doi:10.2489/jswc.68.5.129A
 48. Blank M., Samer S., Stoll M. (2022). Grapevine rootstock genotypes influences berry and wine phenolic composition (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir). *OENO One* 56 (1): 133–144. doi:10.20870/OENO-ONE.2022.56.1.4459
 49. Blanke M.M., Leyhe A. (1987). Stomatal Activity of the Grape Berry cv. Riesling, Müller-Thurgau and Ehrenfelser. *Journal of Plant Physiology* 127 (5): 451 - 460 doi:10.1016/S0176-1617(87)80253-5
 50. Bleam W.F. (2012). Natural Organic Matter and Humic Colloids. U: *Soil and Environmental Chemistry*. doi:10.1016/b978-0-12-415797-2.00006-6
 51. Bora F.D., Călugăr A., Bunea C.I., Rozsa S., Bunea A. (2022). Assessment of Physicochemical, Macro-and Microelements, Heavy Metals, and Related Human Health Risk from Organically, Conventionally, and Homemade Romanian Wines. *Horticulturae* 8 (5): 382. doi:10.3390/HORTICULTURAE8050382/S1
 52. Boso S., Kassemeyer H.H. (2008). Different susceptibility of European grapevine cultivars for downy mildew. *Vitis Journal of Grapevine Research* 47 (1): 39 - 49 <https://doi.org/10.5073/vitis.2008.47.39-49>.
 53. Bota J., Flexas J., Medrano H. (2001). Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Annals of Applied Biology* 138(3):353-361. doi:10.1111/j.1744-7348.2001.tb00120.x
 54. Bouloumpasi E., Skendi A., Soufleros E.H. (2023). Survey on Yeast

- Assimilable Nitrogen Status of Musts from Native and International Grape Varieties: Effect of Variety and Climate. *Fermentation* 9 (8): 773. doi:10.3390/FERMENTATION9080773/S1
55. Bridgwater A. V., Meier D., Radlein D. (1999). An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic Geochemistry* 30 (12): 1479 - 1493 doi:10.1016/S0146-6380(99)00120-5
 56. Brunauer S., Emmett P.H., Teller E. (1938). Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *Journal of the American Chemical Society* 60,: 309-319. doi:10.1021/JA01269A023/ASSET/JA01269A023.FP.PNG_V03
 57. Brunetto G., Adams M., Basso A. (2010.). Produção, estado nutricional e composição do mosto em videiras submetidas à adubação orgânica. Guarapari. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais. Viçosa, MG: SBCS, 2010.
 58. Brunetto G., Ceretta C.A., de Melo G.W.B., Girotto E., Ferreira P.A.A. (2013). Application of nitrogen sources on grapevines and effect on yield and must composition. *Rev Bras Frutic* 35 (4): 1042–1051. doi:10.1590/S0100-29452013000400015
 59. Brunetto G., Ceretta C.A., Kaminski J., de Melo G.W., Girotto E., Trentin E.E., Lourenzi C.R., Vieira R.C.B., Gatiboni L.C. (2009). Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. *Ciência Rural* 39 (7): 2035–2041. doi:10.1590/S0103-84782009005000162
 60. Brunetto G., Ceretta C.A., Kaminski J., de Melo G.W.B., Welter P.D., Girotto E., Lorenzi C.R., Vieira R.C.B., De Conti L., Tiecher T.L. (2023). Annual Urea Nitrogen Contribution to the Nutrition of Cabernet Sauvignon Grapevine Grown in Sandy and Clayey Soil. *Agronomy* 14, 101. doi:10.3390/AGRONOMY14010101
 61. Brunetto G., Miotto A., Ceretta C.A., Schmitt D.E., Heinzen J., de Moraes M.P., Canton L., Tiecher T.L., Comin J.J., Girotto E. (2014). Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended vineyard sandy soils. *Archives of Agronomy and Soil Science* 60 (5): 609 - 624 doi:10.1080/03650340.2013.826348
 62. Bu M., Xi W., Wang Y., Wang G. (2024). Scenario-Based Modeling of Agricultural Nitrous Oxide Emissions in China. *Agriculture* 14: 2074

<https://doi.org/10.3390/agriculture14112074>

63. Bubola M., Peršurić D., Ganić K.K., Karoglan M., Kozina B. (2012). Effects of fruit zone leaf removal on the concentrations of phenolic and organic acids in istrian malvasia grape juice and wine. *Food Technol Biotechnol* 50 (2): 159–166.
64. Buckley T.N. (2019). How do stomata respond to water status? *New Phytologist* 224: 21-36. doi:10.1111/nph.15899
65. Butzke C.E. (1998). Survey of Yeast Assimilable Nitrogen Status in Musts from California, Oregon, and Washington. *American Joournal of Enology and Viticulture* 49 (2): 220–224. doi:10.5344/AJEV.1998.49.2.220
66. Čabalová I., Krilek J., Kačík F., Lagaňa R., Jurczyková T. (2023). Valorization of Wood-Based Waste from Grapevine. *Forests* 14 (3): 442. doi:10.3390/f14030442
67. Calderón F.J., Jackson L.E., Scow K.M., Rolston D.E. (2000). Microbial responses to simulated tillage in cultivated and uncultivated soils. *Soil Biology and Biochemistry* 32 (11–12): 1485-1489 doi:10.1016/S0038-0717(00)00067-5
68. Calull M., Marcé R.M., Borrull F. (1992). Determination of carboxylic acids, sugars, glycerol and ethanol in wine and grape must by ion-exchange high-performance liquid chromatography with refractive index detection. *Journal of Chromatography A* 590 (2): 215–222. doi:10.1016/0021-9673(92)85384-6
69. Casali C.A., Moterle D.F., Rheinheimer D. dos S., Brunetto G., Corcini A.L.M., Kaminski J., Melo G.W.B. de. (2008). Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul, *Rev Bras Ciência do Solo* 32 (4). doi:10.1590/s0100-06832008000400012
70. Case S.D.C., McNamara N.P., Reay D.S., Stott A.W., Grant H.K., Whitaker J. (2015). Biochar suppresses N₂O emissions while maintaining N availability in a sandy loam soil. *Soil Biology and Biochemistry* 81: 178-185 doi:10.1016/j.soilbio.2014.11.012
71. Case S.D.C., McNamara N.P., Reay D.S., Whitaker J. (2012). The effect of biochar addition on N₂O and CO₂ emissions from a sandy loam soil - The role of soil aeration. *Soil Biology and Biochemistry* 51: 125–134. doi:10.1016/j.soilbio.2012.03.017
72. Cassman K.G., Dobermann A., Walters D.T. (2002). Agroecosystems,

- nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31(2), 132-140. doi:10.1579/0044-7447-31.2.132
73. Castangia I., Aroffu M., Fulgheri F., Abi Rached R., Corrias F., Sarais G., Bacchetta G., Argiolas F., Pinna M.B., Murru M., Manca M.L., Manconi M., Nácher A. (2024). From Field to Waste Valorization: A Preliminary Study Exploring the Impact of the Wine Supply Chain on the Phenolic Profile of Three Sardinian Pomace Extracts. *Foods* 13 (9): 1414. doi:10.3390/FOODS13091414/S1
 74. Castejón-del Pino R., Cayuela M.L., Sánchez-García M., Siles J.A., Sánchez-Monedero M.A. (2024). Field Assessment of Biochar Interactions With Chemical and Biological N Fertilization in Pointed White Cabbage. *GCB Bioenergy* 16 (11): e70006. doi:10.1111/GCBB.70006
 75. Catarino S., Madeira M., Monteiro F., Caldeira I., de Sousa R.B., Curvelo-Garcia A. (2018). Mineral Composition through Soil-Wine System of Portuguese Vineyards and Its Potential for Wine Traceability. *Beverages* 4,: 85. doi:10.3390/BEVERAGES4040085
 76. Centinari M., Vanden Heuvel J.E., Goebel M., Smith M.S., Bauerle T.L. (2016). Root-zone management practices impact above and belowground growth in Cabernet Franc grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 22 (1): 137–148. doi:10.1111/AJGW.12162
 77. Cerdà A., Keesstra S.D., Rodrigo-Comino J., Novara A., Pereira P., Brevik E., Giménez-Morera A., Fernández-Raga M., Pulido M., di Prima S., Jordán A. (2017). Runoff initiation, soil detachment and connectivity are enhanced as a consequence of vineyards plantations. *Journal of Environmental Management* 202: 268-275 doi:10.1016/j.jenvman.2017.07.036
 78. Cerdà A., Lavee H., Romero-Díaz A., Hooke J., Montanarella L. (2010). Preface: Soil erosion and degradation in mediterranean type ecosystems. *Land Degradation & Development* 21: 71-74. doi:10.1002/ldr.968
 79. Çetin E.S., Altinöz D., Tarçan E., Göktürk Baydar N. (2011). Chemical composition of grape canes. *Industrial Crops and Products* 34: 994-998. doi:10.1016/j.indcrop.2011.03.004
 80. Chadha, K.L; Shikhamany S.. (1999). The grape improvement, production and post-harvest management. New Delhi Malhotra Publ House 579.
 81. Chalcantzi I., Banilas G., Tassou C., Nisiotou A. (2021). Biogeographical

Regionalization of Wine Yeast Communities in Greece and Environmental Drivers of Species Distribution at a Local Scale. *Frontiers in Microbiology* 12. doi:10.3389/FMICB.2021.705001

82. Chang Y., Rossi L., Zotarelli L., Gao B., Shahid M.A., Sarkhosh A. (2021). Biochar improves soil physical characteristics and strengthens root architecture in Muscadine grape (*Vitis rotundifolia* L.). *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* volume 8: 7. doi:10.1186/s40538-020-00204-5
83. Charrier G., Delzon S., Domec J.C., Zhang L., Delmas C.E.L., Merlin I., Corso D., King A., Ojeda H., Ollat N., Prieto J.A., Scholach T., Skinner P., Van Leeuwen C., Gambetta G.A. (2018). Drought will not leave your glass empty: Low risk of hydraulic failure revealed by long-term drought observations in world's top wine regions. *Science Advances* 4 (1). doi:10.1126/sciadv.aao6969
84. Chaves M.M., Maroco J.P., Pereira J.S. (2003). Understanding plant responses to drought - From genes to the whole plant. *Functional Plant Biology* 30(3):239-264. doi:10.1071/FP02076
85. Chaves M.M., Santos T.P., Souza C.R., Ortuño M.F., Rodrigues M.L., Lopes C.M., Maroco J.P., Pereira J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of Applied Biology* 150 (2): 237 -252 doi:10.1111/j.1744-7348.2006.00123.x
86. Chaves M.M., Zarrouk O., Francisco R., Costa J.M., Santos T., Regalado A.P., Rodrigues M.L., Lopes C.M. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany* 105(5):661-76. doi:10.1093/aob/mcq030
87. Chen T., Xu T., Shen L., Zhang T., Wang L., Chen Z., Wu Y., Yang J. (2022). Effects of Girdling and Foliar Fertilization with K on Physicochemical Parameters, Phenolic and Volatile Composition in 'Hanxiangmi' Table Grape. *Horticulturae* 8 (5): 388. doi:10.3390/HORTICULTURAE8050388/S1
88. Chen W.H., Farooq W., Shahbaz M., Naqvi S.R., Ali I., Al-Ansari T., Saidina Amin N.A. (2021). Current status of biohydrogen production from lignocellulosic biomass, technical challenges and commercial potential through pyrolysis process. *Energy* 226 120433.

doi:10.1016/j.energy.2021.120433

89. Chen Z., Xiao X., Chen B., Zhu L. (2015). Quantification of chemical states, dissociation constants and contents of oxygen-containing groups on the surface of biochars produced at different temperatures. *Environmental Science & Technology* 49 (1): 309–317. doi:10.1021/ES5043468/
90. Choné X., Van Leeuwen C., Dubourdieu D., Gaudillère J.P. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany* 87 (4): 477–483 doi:10.1006/anbo.2000.1361
91. Chopin E.I.B., Marin B., Mkoungafoko R., Rigaux A., Hopgood M.J., Delannoy E., Cancès B., Laurain M. (2008). Factors affecting distribution and mobility of trace elements (Cu, Pb, Zn) in a perennial grapevine (*Vitis vinifera* L.) in the Champagne region of France. *Environ Pollut* 156 (3): 1092–1098. doi:10.1016/J.ENVPOL.2008.04.015
92. Cirigliano P., Cresti A., Rengo A., D’Arcangelo M.E.M., Brunori E. (2023). Monitoring of Seasonal Under-Vine CO₂ Effluxes in a Vineyard under Different Fertilization Practices. *Horticulturae* 9 (10): 1107. doi:10.3390/HORTICULTURAE9101107/S1
93. Coga L., Slunjski S., Herak Ćustić M., Gunjača J., Ćosić T. (2008). Phosphorus dynamics in grapevine on acid and calcareous soils *Cereal Res Commun* 36 (S5, Part 1): 119–122. doi:10.1556/CRC.36.2008.SUPPL.1
94. Coll P., Le Cadre E., Blanchart E., Hinsinger P., Villenave C. (2011). Organic viticulture and soil quality: A long-term study in Southern France. *Applied Soil Ecology* 50 (1): 37-44 doi:10.1016/j.apsoil.2011.07.013
95. Conradie W.J. (2001). Timing of Nitrogen Fertilisation and the Effect of Poultry Manure on the Performance of Grapevines on Sandy Soil. I. Soil Analysis, Grape Yield and Vegetative Growth. *South African Journal of Enology and Viticulture* 22 (2): 53–59. doi:10.21548/22-2-2192
96. Coombe B.G. (1995). Growth Stages of the Grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal Of Grape and Wine Research* 1 (2): 100-110 doi:10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x
97. Cornelissen G., Pandit N.R., Taylor P., Pandit B.H., Sparrevik M., Schmidt H.P. (2016). Emissions and Char Quality of Flame-Curtain ‘Kon Tiki’ Kilns for Farmer-Scale Charcoal/Biochar Production. *PLoS One* 11 (5): e0154617. doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0154617

98. Corso M., Bonghi C. (2014). Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today* 1 (3): 108-113. doi:10.14719/pst.2014.1.3.64
99. Costa R., Fraga H., Fonseca A., García De Cortázar-Atauri I., Val M.C., Carlos C., Reis S., Santos J.A. (n.d.). Grapevine Phenology of cv. Touriga Franca and Touriga Nacional in the Douro Wine Region: Modelling and Climate Change Projections. *Agronomy* 9: 210 doi:10.3390/agronomy9040210
100. Cramer G.R., Ergül A., Grimplet J., Tillett R.L., Tattersall E.A.R., Bohlman M.C., Vincent D., Sonderegger J., Evans J., Osborne C., Quilici D., Schlauch K.A., Schooley D.A., Cushman J.C. (2007). Water and salinity stress in grapevines: Early and late changes in transcript and metabolite profiles. *Funct Integr Genomics* 7 (2) :111–134. doi:10.1007/s10142-006-0039-y
101. D'amato M., Cerulli A., Errichiello F., Gambuti A., Moio L., Forino M., Piacente S. (2023). Chemical characterization of four ancient white wine grapes (*Vitis vinifera* L.) from the Amalfi coast. *Food Chemistry Advances* 2: 100201. doi:10.1016/j.focha.2023.100201
102. D'Eusanio V., Genua F., Marchetti A., Morelli L., Tassi L. (2023). Exploring the Mineral Composition of Grapevine Canes for Wood Chip Applications in Alcoholic Beverage Production to Enhance Viticulture Sustainability. *Beverages* 9,: 60. doi:10.3390/BEVERAGES9030060
103. Dal Santo S., Palliotti A., Zenoni S., Tornielli G.B., Fasoli M., Paci P., Tombesi S., Frioni T., Silvestroni O., Bellincontro A., d'Onofrio C., Matarese F., Gatti M., Poni S., Pezzotti M. (2016). Distinct transcriptome responses to water limitation in isohydric and anisohydric grapevine cultivars *BMC Genomics* 17 (1) 815. doi:10.1186/s12864-016-3136-x
104. Dalbó M.A., Schuck E., Basso C. (2011). Influence of rootstock on nutrient content in grape petioles. *Rev Bras Frutic* 33 (3). doi:10.1590/S0100-29452011005000092
105. Das S.K., Ghosh G.K. (2017). Soil hydro-physical Environment as Influenced by Different Biochar Amendments. *Int Journal.of Bio-Resource Stress Manag* 8 (5): 668–673. doi:10.23910/IJBSM/2017.8.5.1841
106. De Herralde F., Del Mar Alsina M., Aranda X., Save R., Biel C. (2006). Effects of rootstock and irrigation regime on hydraulic architecture of *Vitis vinifera* L. cv. tempranillo. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 40 (3): 133-139 doi:10.20870/oen-

107. De Royer Dupré N., Schneider R., Payan J.C., Salançon E., Razungles A. (2014). Effects of Vine Water Status on Dimethyl Sulfur Potential, Ammonium, and Amino Acid Contents in Grenache Noir Grapes (*Vitis vinifera*). J Agric Food Chem 62 (13): 2760–2766. doi:10.1021/JF404758G
108. Deluc L.G., Quilici D.R., Decendit A., Grimplet J., Wheatley M.D., Schlauch K.A., Mérillon J.M., Cushman J.C., Cramer G.R. (2009). Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. BMC Genomics 10.:212 doi:10.1186/1471-2164-10-212
109. Dennis-Eboh U., Achuba F.I., George B.O. (2023). Wine Making: Influence of pH on Physicochemical Parameters of Wine Must Produce from Hot Water Extract of Broom-cluster Fig (*Ficus capensis*) Leaf using *Saccharomyces cerevisiae*. Journal of Applied Sciences and Environmental Management 27 (1): 177–182. doi:10.4314/JASEM.V27I1.25
110. Devesa-Rey R., Vecino X., Varela-Alende J.L., Barral M.T., Cruz J.M., Moldes A.B. (2011). Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. Waste Management, 31(11), .2327–2335. doi:10.1016/j.wasman.2011.06.001
111. Ding W., Dong X., Ime I.M., Gao B., Ma L.Q. (2014). Pyrolytic temperatures impact lead sorption mechanisms by bagasse biochars. Chemosphere, 106:.32–39. doi:10.1016/j.chemosphere.2013.12.042
112. Dominguez D.L.E., Cirrincione M.A., Deis L., Martínez L.E. (2024). Impacts of Climate Change-Induced Temperature Rise on Phenology, Physiology, and Yield in Three Red Grape Cultivars: Malbec, Bonarda, and Syrah. Plants 13 (22) 3219. doi:10.3390/PLANTS13223219
113. Downton W.J.S., Millhouse J. (1983). Turgor maintenance during salt stress prevents loss of variable fluorescence in grapevine leaves. Plant Sci Lett 31 (1). doi:10.1016/0304-4211(83)90124-4
114. Duca D., Toscano G., Pizzi A., Rossini G., Fabrizi S., Lucesoli G., Servili A., Mancini V., Romanazzi G., Mengarelli C. (2016). Evaluation of the characteristics of vineyard pruning residues for energy applications: Effect of different copper-based treatments. Journal of Agricultural Engineering

XLVII:497. doi:10.4081/jae.2016.497

115. EBC (2012-2023) 'European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.' Carbon Standards International (CSI), Frick, Switzerland. (<http://european-biochar.org>,
116. El-Azazy M., El-Shafie A.S., Al-Saad K., El-Azazy M., El-Shafie A.S., Al-Saad K. (2022). Application of Infrared Spectroscopy in the Characterization of Lignocellulosic Biomasses Utilized in Wastewater Treatment U: Infrared Spectrosc - Perspect Appl. Intechopen doi:10.5772/INTECHOPEN.108878
117. El-Boray M. S., Shalan A.M., Helmy O.M. (2019). Impact of Bud Break Substances on Bud Behavior and Productivity of Grape Cv. CrimsonJ Plant Prod 10 (3): 275–282. doi:10.21608/JPP.2019.36259
118. El-Naggar A., Lee S.S., Rinklebe J., Farooq M., Song H., Sarmah A.K., Zimmerman A.R., Ahmad M., Shaheen S.M., Sik Ok Y. (2018). Biochar application to low fertility soils: A review of current status, and future prospects. Geoderma 337: 536 - 554 doi:10.1016/j.geoderma.2018.09.034
119. Elbeltagy H., Abdel-Nasser G., Aly M., Farid A.A. (2017). Effect of Irrigation and Fertigation Strategies on Growth, Yield, Quality and Water Use Efficiency of Drip Irrigated Grapevine. Alexandria J Soil Water Sci 1 (1): 16–39. doi:10.21608/AJSWS.2017.225028
120. Elliott E.T. (1986). Aggregate Structure and Carbon, Nitrogen, and Phosphorus in Native and Cultivated Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 627-633.. doi:10.2136/sssaj1986.03615995005000030017x
121. Etheddge D.M., Steele L.P., Langenfelds R.L., Francey R.J. (1996). Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. J Geophys Res 101 (95): 4115–4128. <https://doi.org/10.1029/95JD03410>
122. F. örster H, Gores S, Nissen C, Renders N, Sporer M, Tomescu M, Siemons A and Dael S (2020). Trends and projections in Europe 2020 — European Environment Agency EEA Rep No 13/2020. doi:10.2800/830157
123. Fan S., Zuo J., Dong H. (2020). Changes in Soil Properties and Bacterial Community Composition with Biochar Amendment after Six Years. Agron 10: 746. doi:10.3390/AGRONOMY10050746
124. Filiberto D.M., Gaunt J.L. (2013). Practicality of biochar additions to enhance soil and crop productivity. Agriculture 2013, 3(4), 715-725.

doi:10.3390/agriculture3040715

125. Flexas J., Escalona J.M., Medrano H. (1998). Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 25(8) 893 - 900. doi:10.1071/PP98054
126. Flexas J., Medrano H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany* 89,2; 183–189. doi:10.1093/aob/mcf027
127. Fornes F., Castejón-del Pino R., Cayuela M.L., Sánchez-García M., Lidón A., Belda R.M., Sánchez-Monedero M.A. (2025). Effects of biochar, N-enriched biochar and urea on tomato seed germination, vegetative growth, and fruit traits. *J Sci Food Agric* 105 (4): 2476–2485. doi:10.1002/JSFA.14019
128. Fraga H., García de Cortázar Atauri I., Malheiro A.C., Santos J.A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Glob Chang Biol* 22 (11): 3774–3788. doi:10.1111/GCB.13382
129. Fraga H., García de Cortázar Atauri I., Santos J.A. (2018). Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. *Agric Water Manag* 196: 66–74. doi:10.1016/J.AGWAT.2017.10.023
130. Fraga H., Pinto J.G., Santos J.A. (2019). Climate change projections for chilling and heat forcing conditions in European vineyards and olive orchards: a multi-model assessment. *Clim Change* 152: 179–193. doi:10.1007/s10584-018-2337-5
131. Fraga H., Santos J.A. (2017). Daily prediction of seasonal grapevine production in the Douro wine region based on favourable meteorological conditions. *Aust J Grape Wine Res* 23 (2): 296–304. doi:10.1111/AJGW.12278
132. Fregoni M. (1996). *Nutrizione e fertilizzazione della vite*. Edagricole, Bologna, I, 418
133. Frei C., Davies H.C., Gurtz J., Schär C. (2001). Climate dynamics and extreme precipitation and flood events in Central Europe. *Integrated Assessment* 1, 281–300 <https://doi.org/10.1023/A:1018983226334>
134. Friedlingstein P., O'sullivan M., Jones M.W., Andrew R.M., Gregor L., Hauck J., Le Quéré C., Luijkx I.T., Olsen A., Peters G.P., Peters W., Pongratz J., Schwingshackl C., Sitch S., Canadell J.G., Ciais P., Jackson R.B., Alin S.R.,

- Alkama R., Arneth A., Arora V.K., Bates N.R., Becker M., Bellouin N., Bittig H.C., Bopp L., Chevallier F., Chini L.P., Cronin M., Evans W., Falk S., Feely R.A., Gasser T., Gehlen M., Gkritzalis T., Gloege L., Grassi G., Gruber N., Gürses Ö., Harris I., Hefner M., Houghton R.A., Hurtt G.C., Iida Y., Ilyina T., Jain A.K., Jersild A., Kadono K., Kato E., Kennedy D., Klein Goldewijk K., Knauer J., Korsbakken J.I., Landschützer P., Lefèvre N., Lindsay K., Liu J., Liu Z., Marland G., Mayot N., Mcgrath M.J., Metzl N., Monacci N.M., Munro D.R., Nakaoka S.I., Niwa Y., O'brien K., Ono T., Palmer P.I., Pan N., Pierrot D., Pocock K., Poulter B., Resplandy L., Robertson E., Rödenbeck C., Rodriguez C., Rosan T.M., Schwinger J., Séférian R., Shutler J.D., Skjelvan I., Steinhoff T., Sun Q., Sutton A.J., Sweeney C., Takao S., Tanhua T., Tans P.P., Tian X., Tian H., Tilbrook B., Tsujino H., Tubiello F., Van Der Werf G.R., Walker A.P., Wanninkhof R., Whitehead C., Willstrand Wranne A., Wright R., Yuan W., Yue C., Yue X., Zaehle S., Zeng J., Zheng B. (2022). Global Carbon Budget 2022. *Earth Syst. Sci. Data*, 14,: 4811–4900,. doi:10.5194/essd-14-4811-2022
135. Gallardo A., Schlesinger W.H. (1994). Factors limiting microbial biomass in the mineral soil and forest floor of a warm-temperate forest. *Soil Biol Biochem* 26 (10): 1409-1415. doi:10.1016/0038-0717(94)90225-9
 136. Gama F., Saavedra T., Díaz I., Campillo M. del C., de Varennes A., Duarte A., Pestana M., Correia P.J. (2015). Fe deficiency induction in *Poncirus trifoliata* rootstock growing in nutrient solution changes its performance after transplant to soil. *Sci Hortic (Amsterdam)* 182: 102–109. doi:10.1016/J.SCIENTA.2014.11.003
 137. Gancel A.L., Payan C., Koltunova T., Jourdes M., Christmann M., Teissedre P.L. (2022). Solubility, acidifying power and sensory properties of fumaric acid in water, hydro-alcoholic solutions, musts and wines compared to tartaric, malic, lactic and citric acids. *OENO One* 56 (3): 137–154. doi:10.20870/OENO-ONE.2022.56.3.5455
 138. García-Jaramillo M., Meyer K.M., Phillips C.L., Acosta-Martínez V., Osborne J., Levin A.D., Trippe K.M. (2021). Biochar addition to vineyard soils: effects on soil functions, grape yield and wine quality. *Biochar* 3 (4): 565–577. doi:10.1007/S42773-021-00118-X
 139. García-Ruiz J.M. (2010). The effects of land uses on soil erosion in Spain: A

- review. CATENA 81 (1): 1–11. doi:10.1016/J.CATENA.2010.01.001
140. García Pérez F. (2008). Costs accounting of the unirrigated vineyards in Murcia (Spain) *Vitic Enol Prof Issue* (ISSN 1131-5679): 30–36.
 141. Garg B.K. (2003). Nutrient uptake and management under drought: nutrient-moisture interaction. *Curr Agric* 27: 1—8.
 142. Genesio L., Miglietta F., Baronti S., Vaccari F.P. (2015). Biochar increases vineyard productivity without affecting grape quality: Results from a four years field experiment in Tuscany. *Agric Ecosyst Environ* 201: 20-25. doi:10.1016/j.agee.2014.11.021
 143. Gharfalkar M., Court R., Campbell C., Ali Z., Hillier G. (2015). Analysis of waste hierarchy in the European waste directive 2008/98/EC. *Waste Manag* 39: 305–313. doi:10.1016/j.wasman.2015.02.007
 144. Giaroli M.C., Pérez C.J., Vega G.A., Ciolino A.E., Ninago M.D. (2024). Physicochemical Characterization of *Vitis vinifera* Pruning Shots from Mendoza, Argentina: Extraction of Lignocellulosic Products. *Starch - Stärke* 76 (7–8): 2300158. doi:10.1002/STAR.202300158
 145. Ginestar C., Eastham J., Gray S., Iland P. (1998). Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation. II. Effects of post-veraison water deficits on composition of Shiraz grapes. *Am J Enol Vitic* 49: 421-428. doi:10.5344/ajev.1998.49.4.421
 146. Girotto E., Ceretta C.A., Brunetto G., Miotto A., Tiecher T.L., De Conti L., Lourenzi C.R., Lorensini F., Gubiani P.I., da Silva L.S., Nicoloso F.T. (2014). Copper availability assessment of Cu-contaminated vineyard soils using black oat cultivation and chemical extractants. *Environ Monit Assess* 186 :9051–9063. doi:10.1007/s10661-014-4065-2
 147. Goel P., Singh A.K. (2015). Abiotic stresses downregulate key genes involved in nitrogen uptake and assimilation in brassica juncea. *IPLoS One* 10 (11). doi:10.1371/journal.pone.0143645
 148. Gómez-del-Campo M., Ruiz C., Lissarrague J.R. (2002). Effect of water stress on leaf area development, photosynthesis, and productivity in Chardonnay and Airén grapevines. *Am J Enol Vitic* 53 (2) :138-143 doi:10.5344/ajev.2002.53.2.138
 149. Cuevas García E. 2001. Mecanismos de adaptación a sequía en la vid. Evaluación del consumo de agua, crecimiento y desarrollo vegetativo,

- productividad y eficiencia en el uso del agua de cuatro genotipos de vid (*Vitis vinifera* L.) [Doctoral thesis]. Universidad Politécnica de Madrid. Preuzeto s : <https://tesis.biblioteca.upm.es/tesis/2780>.
150. Gomez J.D., Deneff K., Stewart C.E., Zheng J., Cotrufo M.F. (2014). Biochar addition rate influences soil microbial abundance and activity in temperate soils. *Eur J Soil Sci* 65 (1): 28–39. doi:10.1111/EJSS.12097
 151. Gonzalez-Dugo V., Durand J.L., Gastal F. (2010). Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. *Agron Sustain Dev* 30: 529-544. doi:10.1051/agro/2009059
 152. González-Sánchez E.J., Ordóñez-Fernández R., Carbonell-Bojollo R., Verón-González O., Gil-Ribes J.A. (2012). Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of conservation agriculture. *Soil Tillage Res* 122: 52–60. doi:10.1016/j.still.2012.03.001
 153. Gonzalez P.A., Parga-Dans E., Blázquez P.A., Luzardo O.P., Peña M.L.Z., González M.M.H., Rodríguez-Hernández Á., Andújar C. (2021). Elemental composition, rare earths and minority elements in organic and conventional wines from volcanic areas: The Canary Islands (Spain). *PLoS One* 16 (11). doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0258739
 154. Goyal H.B., Seal D., Saxena R.C. (2008). Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: A review. *Renew Sustain Energy Rev* 12: 504-517 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.07.014>
 155. Gračanin M. (1951). *Pedologija III. dio – Sistematika tala*. Školska knjiga, Zagreb.
 156. Greenspan M.D., Shackel K.A., Matthews M.A. (1994). Developmental changes in the diurnal water budget of the grape berry exposed to water deficits. *Plant Cell Environ* 17 (7): 811-820 doi:10.1111/j.1365-3040.1994.tb00175.x
 157. Greer D.H., Weedon M.M. (2012). Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate. *Plant, Cell Environ* 35 (6): 1050-1064. doi:10.1111/j.1365-3040.2011.02471.x
 158. Guan X.Q., Zhao S.J., Li D.Q., Shu H.R. (2004). Photoprotective function of photorespiration in several grapevine cultivars under drought stress. *Photosynthetica* 42 (1) 31-36 doi:10.1023/B:PHOT.0000040566.55149.52

159. Guerrero R.F., Biais B., Richard T., Puertas B., Waffo-Teguo P., Merillon J.M., Cantos-Villar E. (2016). Grapevine cane's waste is a source of bioactive stilbenes. *Ind Crops Prod* 94: 884-892 doi:10.1016/j.indcrop.2016.09.055
160. Gundale M.J., DeLuca T.H. (2006). Temperature and source material influence ecological attributes of ponderosa pine and Douglas-fir charcoal. *For Ecol Manage* 231, 86-93. doi:10.1016/j.foreco.2006.05.004
161. Hall G.E., Bondada B.R., Keller M. (2011). Loss of rachis cell viability is associated with ripening disorders in grapes. *J Exp Bot* 62 (3): 1145–1153. doi:10.1093/jxb/erq355
162. Hannah L., Roehrdanz P.R., Ikegami M., Shepard A. V., Shaw M.R., Tabor G., Zhi L., Marquet P.A., Hijmans R.J. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proc Natl Acad Sci U S A* 110 (17): 6907-6912 doi:10.1073/pnas.1210127110
163. Hanson P.J., Edwards N.T., Garten C.T., Andrews J.A. (2000). Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: A review of methods and observations. *Biogeochemistry* 48 (1): 115–146 doi:10.1023/A:1006244819642
164. Hardie W.J., Considine J.A. (1976). Response of Grapes to Water-Deficit Stress in Particular Stages of Development. *Am J Enol Vitic* 27 (2): 55-61 doi:10.5344/ajev.1976.27.2.55
165. Hardie W.J., Martin S.R. (2000). Shoot growth on de-fruited grapevines: A physiological indicator for irrigation scheduling. *Aust J Grape Wine Res* 6 (1): 52-58. doi:10.1111/j.1755-0238.2000.tb00162.x
166. Hazelton P., Murphy B. (2019). *Interpreting Soil Test Results: What Do All the Numbers Mean?* CSIRO Publishing, Australia, 1-152.. doi:10.1071/9780643094680
167. He Y., Zhou X., Jiang L., Li M., Du Z., Zhou G., Shao J., Wang X., Xu Z., Hosseini Bai S., Wallace H., Xu C. (2017). Effects of biochar application on soil greenhouse gas fluxes: a meta-analysis. *GCB Bioenergy* 9 (4): 743–755. doi:10.1111/GCBB.12376
168. Herak Ćustiĉ, Mirjana; Herak-Kramberger, Carol; Palĉiĉ, Igor; Petek M. (2025). *Ishrana bilja u hortikulturi, krajobrazu i kvaliteti hrane*. Školska knjiga d.d.
169. Hochberg U., Degu A., Cramer G.R., Rachmilevitch S., Fait A. (2015).

- Cultivar specific metabolic changes in grapevines berry skins in relation to deficit irrigation and hydraulic behavior. *Plant Physiol Biochem* 88: 42-52 doi:10.1016/j.plaphy.2015.01.006
170. Hochberg U., Degu A., Fait A., Rachmilevitch S. (2013a). Near isohydric grapevine cultivar displays higher photosynthetic efficiency and photorespiration rates under drought stress as compared with near anisohydric grapevine cultivar. *Physiol Plant* 147 (4) : 443–452. doi:10.1111/j.1399-3054.2012.01671.x
 171. Hochberg U., Degu A., Toubiana D., Gendler T., Nikoloski Z., Rachmilevitch S., Fait A. (2013b). Metabolite profiling and network analysis reveal coordinated changes in grapevine water stress response. *BMC Plant Biol* 13 (1): 184 doi:10.1186/1471-2229-13-184
 172. Holzapfel B.P., Treeby M.T. (2007). Effects of timing and rate of N supply on leaf nitrogen status, grape yield and juice composition from Shiraz grapevines grafted to one of three different rootstocks. *Aust J Grape Wine Res* 13 (1): 14–22,. doi:10.1111/j.1755-0238.2007.tb00067.x
 173. Horák J. (2015). Testing Biochar As a Possible Way To Ameliorate Slightly Acidic Soil At The Research Field Located In The Danubian LowlandActa Hortic Regiotecture 18 (1): 20–24. doi:10.1515/AHR-2015-0005
 174. Houghton R.A. (2013). The Contemporary Carbon Cycle. U: Treatise on Geochemistry: Second Edition. RA Houghton, Woods Hole Research Center, Falmouth, MA, USA: 400-430 doi:10.1016/B978-0-08-095975-7.00810-X
 175. Houillé B., Besseau S., Courdavault V., Oudin A. (2015). Biosynthetic Origin of E-Resveratrol Accumulation in Grape Canes during Postharvest Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5):1631-1638 doi:10.1021/jf505316a
 176. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu. (preuzet s: <https://www.hapih.hr/> [Accessed 21 August 2023])
 177. Hu S., Ding Y., Zhu C. (2020). Sensitivity and Responses of Chloroplasts to Heat Stress in Plants. *Front Plant Sci* 11: 375. doi:10.3389/fpls.2020.00375
 178. Ibacache A., Verdugo-Vásquez N., Zurita-Silva A. (2019). Rootstock: Scion combinations and nutrient uptake in grapevines. U: *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*. Elsevier: 297-316 doi:10.1016/B978-0-12-818732-6.00021-6

179. Ibacache G A., Sierra B C. (2009). Influence of Rootstocks on Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content in Petioles of Four Table Grape Varieties. *Chil J Agric Res* 69 (4): 503-508 .doi:10.4067/s0718-58392009000400004
180. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. (eds.). 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391l
181. Ismail A., Riemann M., Nick P. (2012). The jasmonate pathway mediates salt tolerance in grapevines *J Exp Bot* 63 (5): 2127–2139 doi:10.1093/jxb/err426
182. Ismail A., Seo M., Takebayashi Y., Kamiya Y., Eiche E., Nick P. (2014). Salt adaptation requires efficient fine-tuning of jasmonate signalling. *Protoplasma* 251 (4): 881–898 doi:10.1007/s00709-013-0591-y
183. ISO 10390:2021 - Soil, treated biowaste and sludge – Determination of pH. preuzet s: <https://www.iso.org/standard/75243.html> [Accessed 14 April 2025]
184. ISO 10694:1995b Soil quality — Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). preuzeto s: <https://www.iso.org/standard/18782.html> [Accessed 14 April 2025]
185. ISO 11265:1994 - Soil quality — Determination of the specific electrical conductivity. preuzeto s: <https://www.iso.org/standard/19243.html> [Accessed 14 April 2025]
186. I Kirigijja I. 2008. O izboru lozne podloge. *Glas zaštite bilja* 31(6): 6-13.
187. Jackson R.S. (2023). *Nature and Origins of Wine Quality*. U: *Wine Tasting* 4th ed. Academic Press, Cambridge, MA, USA, pp. 7-28.. doi:10.1016/b978-0-323-85263-0.00002-8
188. Jakkielska D., Dasteridis I., Kubicki M., Frankowski M., Ziola-Frankowska A. (2023). Determination of Metal Content by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry in Polish Red and White Wine Samples in Relation to Their Type, Origin, Grape Variety and Health Risk Assessment. *Foods* 12 (17): 3205. doi:10.3390/FOODS12173205/S1
189. James A., Mahinda A., Mwamahonje A., Rweyemamu E.W., Mrema E., Aloys

- K., Swai E., Mpore F.J., Massawe C. (2023). A review on the influence of fertilizers application on grape yield and quality in the tropics. *J Plant Nutr* 46: 2936-2957. doi:10.1080/01904167.2022.2160761
190. Jia Y., Hu Z., Mu J., Zhang W., Xie Z., Wang G. (2020). Preparation of biochar as a coating material for biochar-coated urea. *Sci Total Environ* 731: 139063. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139063
 191. Jiménez L., Angulo V., Ramos E., De La Torre M.J., Ferrer J.L. (2006). Comparison of various pulping processes for producing pulp from vine shoots. *Ind Crops Prod* 23 (2): 122-130. doi:10.1016/j.indcrop.2005.05.001
 192. Johns C. (2017). Carbon Sequestration – Why and How? Future Directions International Pty Ltd, Dalkeith, WA, Australia. Preuzeto s : <https://globalpublicpolicywatch.org/wp-content/uploads/2022/11/Carbon-Sequestration.pdf>
 193. Jones C.G., Hartley S.E. (1999). A Protein Competition Model of Phenolic Allocation. *Oikos* 86 (1): 27-44. doi:10.2307/3546567
 194. Jordan W.R., Ritchie J.T. (1971). Influence of Soil Water Stress on Evaporation, Root Absorption, and Internal Water Status of Cotton Plant *Physiol* 48 (6): 783-788. doi:10.1104/pp.48.6.783
 195. Joseph S.D., Downie A., Munroe P., Crosky A., Lehmann J. (2007). Biochar for Carbon Sequestration , Reduction of Greenhouse Gas Emissions and Enhancement of Soil Fertility; A Review of the Materials Science Proceedings of the Australian Combustion Symposium December 9-11, 2007, University of Sydney: 130–133.
 196. Jurinčić I. (2015). Malvazija istarska - proizvod sa geografskim porijeklom i njen značaj za razvoj prekograničnog brenda u Istri. Croatian & 10th International Symposium on Agriculture (50 ; Opatija ; 2015); International Symposium on Agriculture (10 ; Opatija ; 2015) 164-168
 197. Kaplan M., Klimek K., Borowy A., Najda A. (2018). Effect of rootstock on yield quantity and quality of grapevine 'Regent' in south-eastern Poland. *Acta Sci Pol Hortorum Cultus* 17 (4): 117–127. doi:10.24326/ASPHC.2018.4.11
 198. Karagiannidis N., Nikolaou N., Ipsilantis I., Zioziou E. (2007). Effects of different N fertilizers on the activity of *Glomus mosseae* and on grapevine nutrition and berry composition. *Mycorrhiza* 18 (1): 42-50. doi:10.1007/s00572-007-0153-2

199. Karhu K., Mattila T., Bergström I., Regina K. (2011). Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity - Results from a short-term pilot field study. *Agric Ecosyst Environ* 1400. 309-313 doi:10.1016/j.agee.2010.12.005
200. Karimi A., Moezzi A., Chorom M., Enayatizamir N. (2020). Application of Biochar Changed the Status of Nutrients and Biological Activity in a Calcareous Soil *J Soil Sci Plant Nutr* 20 (2): 450–459. doi:10.1007/S42729-019-00129-5/TABLES/5
201. Karoglan M., Maslov L., Matić I., Brodski A., Jeromel A., Kozina B., Mijić A. (2011). Total and yeast assimilable nitrogen composition in grape juices of three grapevine cultivars as affected by vineyard nitrogen fertilization. *J Cent Eur Agric* 12 (2): 267–275. doi:10.5513/JCEA01/12.2.909
202. Keller M., Hrazdina G. (1998). Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening *Am J Enol Vitic* 49 (3) 341-349. doi:10.5344/ajev.1998.49.3.341
203. Keller M., Kummer M., Vasconcelos M.C. (2001). Soil nitrogen utilisation for growth and gas exchange by grapevines in response to nitrogen supply and rootstock. *Aust J Grape Wine Res* 7 (1). 2–11 doi:10.1111/j.1755-0238.2001.tb00187.x
204. Keller M., Romero P., Gohil H., Smithyman R.P., Riley W.R., Casassa L.F., Harbertson J.F. (2016). Deficit irrigation alters grapevine growth, physiology, and fruit microclimate *Am J Enol Vitic* 67 (4). 426-435 doi:10.5344/ajev.2016.16032
205. Kharel G., Sacko O., Feng X., Morris J.R., Phillips C.L., Trippe K., Kumar S., Lee J.W. (2019). Biochar Surface Oxygenation by Ozonization for Super High Cation Exchange Capacity. *ACS Sustain Chem Eng* 7 (19): 16410–16418. doi:10.1021/ACSSUSCHEMENG.9B03536/SUPPL_FILE/SC9B03536_SI_001.PDF
206. Kibblewhite M.G., Ritz K., Swift M.J. (2008). Soil health in agricultural systems. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* ;363(1492):685-701. . doi:10.1098/rstb.2007.2178
207. Kjeldahl J. (1883a). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern *Zeitschrift für Anal Chemie* 22 (1): 366–382.

doi:10.1007/BF01338151/METRICS

208. Kjeldahl J. (1883b). A new method for the determination of nitrogen in organic matter Fresenius, Zeitschrift f. anal. Chemie 22, 366–382 (1883). <https://doi.org/10.1007/BF01338151>
209. Kment P., Mihaljevič M., Ettler V., Šebek O., Strnad L., Rohlová L. (2005). Differentiation of Czech wines using multielement composition – A comparison with vineyard soil. Food Chem 91 (1): 157–165. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2004.06.010
210. Kodur S. (2011). Effects of juice pH and potassium on juice and wine quality, and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (Vitis): A short review. Vitis - J Grapevine Res, 50. <https://doi.org/10.5073/vitis.2011.50.1-6>
211. Komárek M., Čadková E., Chrastný V., Bordas F., Bollinger J.C. (2010). Contamination of vineyard soils with fungicides: A review of environmental and toxicological aspects. Environ Int.1: 138-151 doi:10.1016/j.envint.2009.10.005
212. Koundouras S., Hatzidimitriou E., Karamolegkou M., Dimopoulou E., Kallithraka S., Tsialtas J.T., Zioziou E., Nikolaou N., Kotseridis Y. (2009). Irrigation and rootstock effects on the phenolic concentration and aroma potential of vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. J Agric Food Chem 57 (17). doi:10.1021/jf901063a
213. Koundouras S., Tsialtas I.T., Zioziou E., Nikolaou N. (2008). Rootstock effects on the adaptive strategies of grapevine (Vitis vinifera L. cv. Cabernet-Sauvignon) under contrasting water status: Leaf physiological and structural responses Agric Ecosyst Environ 128 (1–2). doi:10.1016/j.agee.2008.05.006
214. L. H. (1993). Tratado de viticultura general, Ediciones Mundi-Prensa, Sabin, 1264
215. Laird D., Fleming P., Wang B., Horton R., Karlen D. (2010). Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma 158 (3–4): 436–442. doi:10.1016/J.GEODERMA.2010.05.012
216. Laird D.A., Novak J.M., Collins H.P., Ippolito J.A., Karlen D.L., Lentz R.D., Sistani K.R., Spokas K., Van Pelt R.S. (2017). Multi-year and multi-location soil quality and crop biomass yield responses to hardwood fast pyrolysis biochar. Geoderma 289: 46–53. doi:10.1016/J.GEODERMA.2016.11.025
217. Lal R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change.

- Geoderma 123: 1-22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.032
218. Lal R. (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. U: Environmental Pollution 116: 353-362. doi:10.1016/S0269-7491(01)00211-1
 219. Lal R. (2001). World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. Adv Agronomy 71: 145-191 doi:10.1016/s0065-2113(01)71014-0
 220. Laurie V.F., Villagra E., Tapia J., Sarkis J.E., Hortellani M.A. (2010). Análisis de metales mayoritarios en vinos chilenos por espectrometría de absorción atómica. Cienc e Investig Agrar 37 (2): 77–85. doi:10.4067/S0718-16202010000200008
 221. Lavoie-Lamoureux A., Sacco D., Risse P.A., Lovisolo C. (2017). Factors influencing stomatal conductance in response to water availability in grapevine: a meta-analysis. Physiol Plant 159 (4). doi:10.1111/ppl.12530
 222. Lawlor D.W. (2004). Mengel, K. and Kirkby, E. A. Principles of plant nutrition. Ann Bot 93 (4): 479-480. doi:10.1093/aob/mch063
 223. LeComte D. (2014). International Weather Highlights 2013: Super Typhoon Haiyan, Super Heat in Australia and China, a Long Winter in Europe. Weatherwise 67 (3): 20-27 doi:10.1080/00431672.2014.899800
 224. Lecourieux D., Ranjeva R., Pugin A. (2006). Calcium in plant defence-signalling pathways: Tansley review. New Phytol. 171 : 327-438 doi:10.1111/j.1469-8137.2006.01777.x
 225. Lecourt J., Lauvergeat V., Ollat N., Vivin P., Cookson S.J. (2015). Shoot and root ionome responses to nitrate supply in grafted grapevines are rootstock genotype dependent. Aust J Grape Wine Res 21 (2): 157-338 doi:10.1111/ajgw.12136
 226. Leeuwen C. Van, Tregoat O., Choné X., Bois B., Pernet D., Gaudillère J.P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes. OENO One 43 (3): 121–134. doi:10.20870/OENO-ONE.2009.43.3.798
 227. Lehmann J. (2007). A handful of carbon. Nature 447: 143-144. doi:10.1038/447143a
 228. Lehmann J., Da Silva J.P., Steiner C., Nehls T., Zech W., Glaser B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal

- amendments. *Plant Soil*.249: 343-357 doi:10.1023/A:1022833116184
229. Lehmann J., Gaunt J., Rondon M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - A review. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang* 11: 403-427. doi:10.1007/s11027-005-9006-5
- Lehmann J., Joseph S. (2012a). Biochar for environmental management: An introduction. U: *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. London : 448 doi:10.4324/9781849770552
230. Lehmann J., Joseph S. (2012b). Characteristics of Biochar: Biological Properties U: *Biochar for Environmental Management Science and Technology*, Earthscan, London, 85-105..
 231. Lehmann J., Rillig M.C., Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C., Crowley D. (2011). Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biol Biochem* 43: 1812-1836. doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.022
 232. Liang C., Gascó G., Fu S., Méndez A., Paz-Ferreiro J. (2016). Biochar from pruning residues as a soil amendment: Effects of pyrolysis temperature and particle size. *Soil Tillage Res* 164: 3–10. doi:10.1016/J.STILL.2015.10.002
 233. Liang M., Zhou Z., Ren P., Xiao H., Xu-Ri, Hu Z., Piao S., Tian H., Tong Q., Zhou F., Wei J., Yuan W. (2024). Four decades of full-scale nitrous oxide emission inventory in China. *Natl Sci Rev* 11 (3). doi:10.1093/NSR/NWAD285
 234. Linskens H.F., Jackson J.F. (1988). Wine Analysis U: *Modern Methods of Plant Analysis (MOLMETHPLANT, 6)*1–8. doi:10.1007/978-3-642-83340-3_1
 235. Lipa J.J. (2008). Mineral Nutrition and Plant Disease. *J Plant Prot Res* 48 (2). doi:10.2478/v10045-008-0034-5
 236. Liu S., Zhang Y., Zong Y., Hu Z., Wu S., Zhou J., Jin Y., Zou J. (2016). Response of soil carbon dioxide fluxes, soil organic carbon and microbial biomass carbon to biochar amendment: a meta-analysis. *GCB Bioenergy* 8 (2): 392–406. doi:10.1111/GCBB.12265
 237. Liu Y., Lan X., Hou H., Ji J., Liu X., Lv Z. (2024). Multifaceted Ability of Organic Fertilizers to Improve Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance: Review and Perspectives. *Agron* 2024, Vol 14, Page 1141 14 (6): 1141. doi:10.3390/AGRONOMY14061141

238. Liu Y., Li X., Chen G., Li M., Liu M., Liu D. (2015). Epidermal micromorphology and mesophyll structure of *populus euphratica* heteromorphic leaves at different development stages. *PLoS One* 10 (9) : e0137701 . doi:10.1371/journal.pone.0137701
239. Liu Z., Dugan B., Masiello C.A., Gonnermann H.M. (2017). Biochar particle size, shape, and porosity act together to influence soil water properties. *PLoS ONE* 12(6): e0179079 doi:10.1371/journal.pone.0179079
240. López-Vicente M., Navas A. (2009). Predicting soil erosion with RUSLE in mediterranean agricultural systems at catchment scale. *Soil Sci* 174 (5): 272-282. doi:10.1097/SS.0b013e3181a4bf50
241. Lorensini F., Ceretta C.A., Girotto E., Cerini J.B., Lourenzi C.R., De Conti L., Trindade M.M., de Melo G.W., Brunetto G. (2012). Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Rural* 42 (7): 1173–1179. doi:10.1590/S0103-84782012005000038
242. Louw L., Roux K., Tredoux A., Tomic O., Naes T., Nieuwoudt H.H., Van Rensburg P. (2009). Characterization of Selected South African Young Cultivar Wines Using FTMIR Spectroscopy, Gas Chromatography, and Multivariate Data Analysis. *J Agric Food Chem* 57 (7): 2623–2632. doi:10.1021/JF8037456
243. Lovisolo C., Tramontini S., Flexas J., Schubert A. (2008). Mercurial inhibition of root hydraulic conductance in *Vitis* spp. rootstocks under water stress. *Environ Exp Bot* 63 (1–3): 178–182. doi:10.1016/J.ENVEXPBOT.2007.11.005
244. Lu X., Li Yongfu, Wang H., Singh B.P., Hu S., Luo Y., Li J., Xiao Y., Cai X., Li Yongchun. (2019). Responses of soil greenhouse gas emissions to different application rates of biochar in a subtropical Chinese chestnut plantation. *Agric For Meteorol* 271: 168–179. doi:10.1016/J.AGRFORMET.2019.03.001
245. Mackenzie D.E., Christy A.G. (2005). The role of soil chemistry in wine grape quality and sustainable soil management in vineyards *Water Sci Technol* 51 (1): 27-37. doi:10.2166/wst.2005.0004
246. Major J., Rondon M., Molina D., Riha S.J., Lehmann J. (2010). Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna

- oxisol. *Plant Soil* 333 (1). doi:10.1007/s11104-010-0327-0
247. Manzoor Alam S. (1999). Nutrient Uptake by Plants Under Stress Conditions. U: Journal: Handbook of plant and crop stress. Taylor & Francis 285-313 doi:10.1201/9780824746728.ch12
 248. Martin M.H., Marschner H. (1988). The Mineral Nutrition of Higher Plants.. *J Ecol* 76 (4). doi:10.2307/2260650
 249. Martín P., Delgado R., González M.R., Gallegos J.I. (2004). Colour of ‘tempranillo’ grapes as affected by different nitrogen and potassium fertilization rates. *Acta Horticulturae*,652: 153-160. doi:10.17660/ActaHortic.2004.652.18
 250. McCall M.A., Watson J.S., Sephton M.A. (2024). Predicting Stability of Barley Straw-Derived Biochars Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *ACS Sustain Resour Manag* 1. 1975-1983 doi:10.1021/ACSSUSRESMGT.4C00148
 251. McCree K.J. (1986). Whole-plant carbon balance during osmotic adjustment to drought and salinity stress.*Aust J Plant Physiol* 13 (1) 33-43. doi:10.1071/PP9860033
 252. Medrano H., Tomás M., Martorell S., Escalona J.M., Pou A., Fuentes S., Flexas J., Bota J. (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron Sustain Dev*.35 : 499-517 doi:10.1007/s13593-014-0280-z
 253. Meza L, Deyett E, Val-Lance J., Gendre L, Garcia J F, Can-Tu D., Rey P, Lecomte P, Rolshaus P.E., Vallance J, Cantu D, Meza Leticia, Deyett Elizabeth, Vallance Jessica, Gendre Lucille, Garcia Jadran F, Cantu Dario, Rey Patrice, Lecomte Pascal, Rolshausen P.E. (2024). Grapevine pruning strategy affects trunk disease symptoms, wood pathobiome and mycobiome*Phytopathol Mediterr* 63 (1): 91–102. doi:10.36253/PHYTO-14778
 254. Mia S., Dijkstra F.A., Singh B. (2017). Aging Induced Changes in Biochar’s Functionality and Adsorption Behavior for Phosphate and Ammonium*Environ Sci Technol* 51 (15): 8359–8367. doi:10.1021/ACS.EST.7B00647
 255. Miele A., Rizzon L.A. (2017). Rootstock-scion interaction: 2. Effect on the composition of Cabernet Sauvignon grape must. *Rev Bras Frutic* 39 (3): e-434. doi:10.1590/0100-29452017434

256. Miotto A., Ceretta C.A., Brunetto G., Nicoloso F.T., Girotto E., Farias J.G., Tiecher T.L., De Conti L., Trentin G. (2014). Copper uptake, accumulation and physiological changes in adult grapevines in response to excess copper in soil. *Plant Soil* 374 (1–2). doi:10.1007/s11104-013-1886-7
257. Mira de Orduña R. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Res Int* 43 (7): 1844–1855. doi:10.1016/J.FOODRES.2010.05.001
258. Mirabal-Gallardo Y., Caroca-Herrera M.A., Muñoz L., Meneses M., Laurie V.F. (2018). Multi-element analysis and differentiation of Chilean wines using mineral composition and multivariate statistics. *Cienc E Investig Agrar* 45 (2): 181–191. doi:10.7764/RCIA.V45I2.1883
259. Mirás-Avalos J.M., Intrigliolo D.S. (2017). Grape composition under abiotic constraints: Water stress and salinity. *Front Plant Sci* 8 : 851. doi:10.3389/fpls.2017.00851
260. Mirás-Avalos J.M., Trigo-Córdoba E., Bouzas-Cid Y., Orriols-Fernández I. (2016). Irrigation effects on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. ‘Albariño’ under the humid climate of Galicia. *OENO One* 50 (4): 183–194. doi:10.20870/OENO-ONE.2016.50.4.63
261. Mirošević N., Karoglan Kontić J. (2008a). *Vinogradarstvo*. Nakladni zavod Globus.
262. Molnár M., Vaszita E., Farkas É., Ujaczki É., Fekete-Kertész I., Tolner M., Klebercz O., Kirchkeszner C., Gruiz K., Uzingier N., Feigl V. (2016). Acidic sandy soil improvement with biochar — A microcosm study. *Sci Total Environ* 563–564: 855–865. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2016.01.091
263. Moreira F.M.S., Siqueira J.O. (2006). *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. In: *Microbiologia E Bioquímica Do Solo*. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.
264. Morelli R., Roman T., Bertoldi D., Zanzotti R. (2022). Can Comparable Vine and Grape Quality Be Achieved between Organic and Integrated Management in a Warm-Temperate Area? *Agronomy* 12 (8): 1789. doi:10.3390/AGRONOMY12081789/S1
265. Mosedale J.R., Wilson R.J., Maclean I.M.D. (2015). Climate change and crop exposure to adverse weather: Changes to frost risk and grapevine flowering condition. *PLoS One* 10 e0141218 doi:10.1371/journal.pone.0141218

266. Mota C.P., Silva C.A. (2024). Biochar–Nitrogen Composites: Synthesis, Properties, and Use as Fertilizer for Maize. *Applied Chem* 4, : 157–173. doi:10.3390/APPLIEDCHEM4020011
267. Moutinho-Pereira J., Magalhães N., Gonçalves B., Bacelar E., Brito M., Correia C. (2007). Gas exchange and water relations of three *Vitis vinifera* L. cultivars growing under Mediterranean climate *Photosynthetica* 45 (2): 202-207 doi:10.1007/s11099-007-0033-1
268. Mpelasoka B.S., Schachtman D.P., Treeby M.T., Thomas M.R. (2003). A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation *Aust J Grape Wine Res.* 9 : 154-168 doi:10.1111/j.1755-0238.2003.tb00265.x
269. Mundy D.C., Agnew R.H., Wood P.N. (2012). Grape tendrils as an inoculum source of *Botrytis cinerea* in vineyards - A review. *New Zealand Plant Protection*.65: 218-227 doi:10.30843/nzpp.2012.65.5373
270. Nasiri A., Taheri-Garavand A., Fanourakis D., Zhang Y.D., Nikoloudakis N. (2021). Automated grapevine cultivar identification via leaf imaging and deep convolutional neural networks: A proof-of-concept study employing primary iranian varieties. *Plants* 10 (8): 1628 doi:10.3390/plants10081628
271. Navel A., Martins J.M.F. (2014). Effect of long term organic amendments and vegetation of vineyard soils on the microscale distribution and biogeochemistry of copper. *Sci Total Environ* 466–467. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.07.064
272. Neves D., Thunman H., Matos A., Tarelho L., Gómez-Barea A. (2011). Characterization and prediction of biomass pyrolysis products. *Prog Energy Combust Sci.* 37: 611-630 doi:10.1016/j.pecs.2011.01.001
273. Nora L., O. G., R. F., V. C. (2012). Controlled Water Stress to Improve Fruit and Vegetable Postharvest Quality. U : Water Stress. InTech, Rijeka, Croatia: 59-72 doi:10.5772/30182
274. Novak J., Lima I., Xing B., Gaskin J., Steiner C., Das K., Ahmedna M., Rehrah D., Watts D., Busscher W. (2009). Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science* 3: 195-206.
275. Nunes L.J.R., Rodrigues A.M., Matias J.C.O., Ferraz A.I., Rodrigues A.C. (2021). Production of biochar from vine pruning: Waste recovery in the wine

- industry. Agric. 11: 489 doi:10.3390/agriculture11060489
276. OIV. (International Organization for Vine and Wine)(2011). Maximum acceptable limits of various substances contained in wine OIV-MA-C1-01: R2011, 1–3. International Organisation of Vine and Wine (OIV), Paris, France. Preuzeto s <https://www.oiv.int/public/medias/6372/oiv-ma-c1-01-r2011-en.pdf>
 277. OIV (International Organization for Vine and Wine) (2021). Compendium of international methods of wine and must analysis. International Organisation of Vine and Wine (OIV), Paris, France. Preuzeto s: <https://www.oiv.int/standards/compendium-of-international-methods-of-wine-and-must-analysis/>
 278. Ojeda H., Andary C., Kraeva E., Carbonneau A., Deloire A. (2002). Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am J Enol Vitic* 53 (4): 261- 267.
 279. Ollat N., Bordenave L., Tandonnet J.P., Boursiquot J.M., Marguerit E. (2016a). Grapevine rootstocks: Origins and perspectives. *Acta Horticulturae*. 1136, 11-22 doi:10.17660/ActaHortic.2016.1136.2
 280. Ollat N., Cookson S.J., Destrac-Irvine A., Lauvergeat V., Ouaked-Lecourieux F., Marguerit E., Barrieu F., Dai Z., Duchêne E., Gambetta G.A., Gomès E., Lecourieux D., Van Leeuwen C., Simonneau T., Torregrosa L., Vivin P., Delrot S. (2019). Grapevine adaptation to abiotic stress: *Acta Hortic*. 1248: 497–512. doi:10.17660/ACTAHORTIC.2019.1248.68
 281. Ollat N., Peccoux A., Papura D., Esmenjaud D., Marguerit E., Tandonnet J.P., Bordenave L., Cookson S.J., Barrieu F., Rossdeutsch L., Lecourt J., Lauvergeat V., Vivin P., Bert P.F., Delrot S. (2016b). Rootstocks as a component of adaptation to environment. U: *Grapevine in a Changing Environment: A Molecular and Ecophysiological Perspective*: 68-108 doi:10.1002/9781118735985.ch4
 282. Ough C.S., Bell A.A. (1980). Effects of Nitrogen Fertilization of Grapevines on Amino Acid Metabolism and Higher-Alcohol Formation during Grape Juice Fermentation. *Am J Enol Vitic* 31 (2): 122–123. doi:10.5344/AJEV.1980.31.2.122
 283. Ough C.S., Lider L.A., Cook J.A. (1968). Rootstock-Scion Interactions

- Concerning Wine Making. I. Juice Composition Changes and Effects on Fermentation Rate with St. George and 99-R Rootstocks at Two Nitrogen Fertilizer Levels. *Am J Enol Vitic* 19 (4): 213–227. doi:10.5344/AJEV.1968.19.4.213
284. Ouyang W., Struik P.C., Yin X., Yang J. (2017). Stomatal conductance, mesophyll conductance, and transpiration efficiency in relation to leaf anatomy in rice and wheat genotypes under drought. *J Exp Bot* 68 (18): 5191 - 5205 doi:10.1093/jxb/erx314
 285. Pajovic-Scepanovic R., Krstic M., Savkovic S., Raicevic D., Popovic T. 2016. Wine quality in Montenegro "Agriculture For 62 (3). doi:10.17707/AGRICULTFOREST.62.3.19
 286. Palčić I., Jagatić Korenika A.-M., Jakobović S., Pasković I., Major N., Ban D., Goreta Ban S., Karoglan M., Petek M., Herak Ćustić M., Jeromel A. (2019). Soil type affects grape juice free amino acids profile during ripening of cv. Malvasia Istriana (*Vitis vinifera* L.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 48 : 22-33 doi:10.1080/01140671.2019.1657910
 287. Paneque M., De la Rosa J.M., Franco-Navarro J.D., Colmenero-Flores J.M., Knicker H. (2016). Effect of biochar amendment on morphology, productivity and water relations of sunflower plants under non-irrigation conditions. *Catana* 147: 280–287. doi:10.1016/J.CATENA.2016.07.037
 288. Paredes D., Rosenheim J.A., Chaplin-Kramer R., Winter S., Karp D.S. (2021). Landscape simplification increases vineyard pest outbreaks and insecticide use. *Ecol Lett.* 24: 73-83 doi:10.1111/ele.13622
 289. Parker A., de Cortázar-Atauri I.G., Chuine I., Barbeau G., Bois B., Boursiquot J.M., Cahurel J.Y., Claverie M., Dufourcq T., GénY L., Guimberteau G., Hofmann R.W., Jacquet O., Lacombe T., Monamy C., Ojeda H., Panigai L., Payan J.C., Lovelle B.R., Rouchaud E., Schneider C., Spring J.L., Storchi P., Tomasi D., Trambouze W., Trought M., van Leeuwen C. (2013). Classification of varieties for their timing of flowering and veraison using a modelling approach: A case study for the grapevine species *Vitis vinifera* L. *Agric For Meteorol* 180: 249–264. doi:10.1016/J.AGRFORMET.2013.06.005
 290. Patakas A., Nikolaou N., Zioziou E., Radoglou K., Noitsakis B. (2002). The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. *Plant Sci* 163 (2) 361-367 doi:10.1016/S0168-

291. Patakas A., Noitsakis B., Chouzouri A. (2005). Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agric Ecosyst Environ* 106 (2–3): 253–259. doi:10.1016/J.AGEE.2004.10.013
292. Patel M.R., Panwar N.L. (2024). Evaluating the agronomic and economic viability of biochar in sustainable crop production. *Biomass and Bioenergy* 188: 107328. doi:10.1016/J.BIOMBIOE.2024.107328
293. Payan C., Gancel A.L., Jourdes M., Christmann M., Teissedre P.L. (2023). Wine acidification methods: a review. *OENO One* 57 (3): 113–126. doi:10.20870/OENO-ONE.2023.57.3.7476
294. Pei-dong Z., Guomei J., Gang W. (2007). Contribution to emission reduction of CO₂ and SO₂ by household biogas construction in rural China. *Renew Sustain Energy Rev.*11: 1903-1912 doi:10.1016/j.rser.2005.11.009
295. Pérez-Bermúdez P., Olmo M., Gil J., García-Férriz L., Olmo C., Boluda R., Gavidia I. (2016). Cover crops and pruning in Bobal and Tempranillo vineyards have little influence on grapevine nutrition. *Sci Agric* 73 (3): 260–265. doi:10.1590/0103-9016-2015-0027
296. Peršurić A., Damijanić A., Saftić D., Radeka S., Jurincic I. (2015). Analiza ponude vina u Istri i značaj Malvazije Istarske. Conference: 50 th Croatian and 10 th International Symposium on AgricultureAt: Opatija . Croatia Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2015. str. 153-158
297. Petrillo M., Zanutelli D., Lucchetta V., Aguzzoni A., Tagliavini M., Andreotti C. (2020). The use of biochar as soil amendment: effects on nitrogen and water availability for potted grapevines. *Italus Hortus* 27: 28–40. doi:10.26353/j.itahort/2020.2.2840
298. Pevalek-Kozlina B. (2003). Fiziologija bilja, *Manualia Universitatis studiorum Zagreb: Profil International*, 568.
299. Pisciotta A., Di Lorenzo R., Novara A., Laudicina V.A., Barone E., Santoro A., Gristina L., Barbagallo M.G. (2021). Cover Crop and Pruning Residue Management to Reduce Nitrogen Mineral Fertilization in Mediterranean Vineyards. *Agron* 11 (1): 164. doi:10.3390/AGRONOMY11010164
300. Pituello C., Francioso O., Simonetti G., Pisi A., Torreggiani A., Berti A., Morari F. (2015). Characterization of chemical–physical, structural and

- morphological properties of biochars from biowastes produced at different temperatures. *J Soils Sediments* 15 (4): 792-804. doi:10.1007/s11368-014-0964-7
301. Polge de Combret-Champart L., Guilpart N., Mérot A., Capillon A., Gary C. (2013). Determinants of the degradation of soil structure in vineyards with a view to conversion to organic farming. *Soil Use Manag* 29 (4): 557-566. doi:10.1111/sum.12071
 302. Polić Pasković M., Herak Ćustić M., Lukić I., Marcelić Š., Žurga P., Vidović N., Major N., Goreta Ban S., Pecina M., Ražov J., Likar M., Pongrac P., Pasković I. (2024). Foliar Nutrition Strategies for Enhancing Phenolic and Amino Acid Content in Olive Leaves. *Plants* (24): 3514. doi:10.3390/PLANTS13243514
 303. Pomarici E., Vecchio R. (2019). Corrigendum to “Will sustainability shape the future wine market?” *Wine Economics and Policy* 8(1) 1–4,. doi:10.1016/j.wep.2019.11.002
 304. Poni S., Intrieri C. (2001). Grapevine photosynthesis: Effects linked to light radiation and leaf age. *Adv Hortic Sci* 15: 5-15 .
 305. Poorter H., Fiorani F., Stitt M., Schurr U., Finck A., Gibon Y., Usadel B., Munns R., Atkin O.K., Tardieu F., Pons T.L. (2012). The art of growing plants for experimental purposes: a practical guide for the plant biologist. *Funct Plant Biol* 39 (11): 821–838. doi:10.1071/FP12028
 306. Popp J., Pető K., Nagy J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agron Sustain Dev.* 33: 243-255 doi:10.1007/s13593-012-0105-x
 307. Prabhakar M., Gopinath K.A., Reddy A.G.K., Thirupathi M., Rao C.S. (2019). Mapping hailstorm damaged crop area using multispectral satellite data Egypt. *J Remote Sens Sp Sci* 22 (1): 73–79. doi:10.1016/J.EJRS.2018.09.001
 308. Pradubsuk S., Davenport J.R. (2010). Seasonal Uptake and Partitioning of Macronutrients in Mature ‘Concord’ Grape. *J Am Soc Hortic Sci* 135 (5): 474–483. doi:10.21273/JASHS.135.5.474
 309. Prandecki K. (2022). Global and European Climate Policy. U: *Zagadnienia Ekon Rolnej. Probl Agric Econ* 372 (3): 45–63. doi:10.30858/ZER/152466
 310. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske.(2005)Pravilnik o proizvodnji vina. Preuzeto s: <https://narodne->

- novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_01_2_17.html [Accessed 4 April 2025]
311. Prosdocimi M., Jordán A., Tarolli P., Keesstra S., Novara A., Cerdà A. (2016). The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. *Sci Total Environ* 547: 323–330. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2015.12.076
 312. Raclot D., Le Bissonnais Y., Louchart X., Andrieux P., Moussa R., Voltz M. (2009). Soil tillage and scale effects on erosion from fields to catchment in a Mediterranean vineyard area. *Agric Ecosyst Environ* 134 (3–4): 201–210. doi:10.1016/J.AGEE.2009.06.019
 313. Radeka S., Herjavec S., Persuric Đ, Lukic I., Sladonja B. (2008). Effect of Different Maceration Treatments on Free and Bound Varietal Aroma Compounds in Wine of *Vitis vinifera* L. cv. Malvazija istarska bijela. *Food Technology and Biotechnology* 46: 86-92
 314. Răducu C., Mireșan V., Balta I., Coroian A., Mariș Ștefania C., Longodor A.L. (2019). Characterization of Merlot Dry Red Wine Composition According to the Year of Production. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, XXIII, 2285-1364. doi:10.31219/OSF.IO/EWS5X
 315. Raich J.W., Schlesinger W.H (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus B* 44 (2). doi:10.1034/j.1600-0889.1992.t01-1-00001.x
 316. Raifer B., Lucchetta V., Loesch M., Chitarrini G., Dordevic N., Matteazzi A., Sanoli C. (2024a). The use of biochar as a soil amendment did not affect wine quality in a Müller Thurgau vineyard in South Tyrol (Italy). *Laimbg J* 6 . 2024.003 doi:10.23796/LJ/2024.003
 317. Rajkovich S., Enders A., Hanley K., Hyland C., Zimmerman A.R., Lehmann J. (2012). Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biol Fertil Soils* 48 (3): 271–284. doi:10.1007/S00374-011-0624-7/FIGURES/4
 318. Rapp A., Versini G. (1995). Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines. *Dev Food Sci* 37: 1659-1694. doi:10.1016/S0167-4501(06)80257-8
 319. Rauterberg E., Atanasiu N., Bortels H., Nicholas J.D. (1966). Methoden zur Bestimmung des Düngebedürfnisses der Böden. U: *Boden und Düngem* 800–905. doi:10.1007/978-3-7091-8197-3_10

320. Ravindran B., Nguyen D.D., Chaudhary D.K., Chang S.W., Kim J., Lee S.R., Shin J. Du, Jeon B.H., Chung S.J., Lee J.J. (2019). Influence of biochar on physico-chemical and microbial community during swine manure composting process. *J Environ Manage* 232: 592–599. doi:10.1016/J.JENVMAN.2018.11.119
321. Razzaghi F., Obour P.B., Arthur E. (2020). Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. *Geoderma* 361: 114055. doi:10.1016/J.GEODERMA.2019.114055
322. Reeves D.W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *U: Soil and Tillage Research* 43: 131-167 doi:10.1016/S0167-1987(97)00038-X
323. Rienth M., Scholasch T. (2019). State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status. *OENO One* 53 (4): 619–637. doi:10.20870/OENO-ONE.2019.53.4.2403
324. Rodriguez-Lovelle B., Gaudillère J.P. (2002). Carbon and nitrogen partitioning in either fruiting or non-fruiting grapevines: effects of nitrogen limitation before and after veraison. *Aust J Grape Wine Res* 8 (2): 86–94. doi:10.1111/J.1755-0238.2002.TB00216.X
325. Rogiers S.Y., Hatfield J.M., Gunta Jaudzems V., White R.G., Keller M. (2004). Grape berry cv. Shiraz epicuticular wax and transpiration during ripening and preharvest weight loss. *Am J Enol Vitic* 55 (2). doi:10.5344/ajev.2004.55.2.121
326. Römheld V., Kirkby E.A. (2010). Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant Soil* 335 (1): 155-180. doi:10.1007/s11104-010-0520-1
327. Rumbaugh A.C., Girardello R.C., Cooper M.L., Plank C., Kurtural S.K., Oberholster A. (2021). Impact of rootstock and season on red blotch disease expression in cabernet sauvignon (*V. vinifera*). *Plants* 10 (8): 1583. doi:10.3390/PLANTS10081583/S1
328. Ryan M.G., Law B.E. (2005). Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. *Biogeochemistry* 73: 3-27. doi:10.1007/s10533-004-5167-7
329. Salón J.L., Chirivella C., Castel J.R. (2005). Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: Water relations, yield, and wine quality. *Am J Enol Vitic* 56 (1): 1-8. doi:10.5344/ajev.2005.56.1.1

330. Sanaullah M., Rumpel C., Charrier X., Chabbi A. (2012). How does drought stress influence the decomposition of plant litter with contrasting quality in a grassland ecosystem? *Plant Soil* 352: 1–2. doi:10.1007/s11104-011-0995-4
331. Sánchez-García M., Cayuela M.L., Rasse D.P., Sánchez-Monedero M.A. (2019). Biochars from Mediterranean Agroindustry Residues: Physicochemical Properties Relevant for C Sequestration and Soil Water Retention. *ACS Sustain Chem Eng* 7: 4724-4733 doi:10.1021/acssuschemeng.8b04589
332. Schlesinger W. (1984). Soil organic matter: a source of atmospheric CO₂ U: The Role of Terrestrial Vegetation in the Global Carbon Cycle: Measurement by Remote Sensing, 1984 SCOPE.111 - 127
333. Schlesinger W.H., Andrews J.A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*.48: 7-20 doi:10.1023/A:1006247623877
334. Schmidt H.P., Kammann C., Niggli C., Evangelou M.W.H., Mackie K.A., Abiven S. (2014). Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: Influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality *Agric Ecosyst Environ* 191: 117–123. doi:10.1016/J.AGEE.2014.04.001
335. Schmitt D.E., Gatiboni L.C., Girotto E., Lorensini F., Melo G.W.B., Brunetto G. (2014). Phosphorus fractions in the vineyard soil of the Serra Gaúcha of Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev Bras Eng Agric e Ambient* 18 (2): 134-140 doi:10.1590/S1415-43662014000200002
336. Schreck E., Gontier L., Dumat C., Geret F. (2012). Ecological and physiological effects of soil management practices on earthworm communities in French vineyards. *Eur J Soil Biol* 52. 8-15 doi:10.1016/j.ejsobi.2012.05.002
337. Schulz H., Dunst G., Glaser B. (2013). Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility *Agron Sustain Dev* 33 (4): 817-827 doi:10.1007/s13593-013-0150-0
338. Scoffoni C., Rawls M., Mckown A., Cochard H., Sack L. (2011). Decline of leaf hydraulic conductance with dehydration: Relationship to leaf size and venation architecture. *Plant Physiol* 156 (2): 832-843 doi:10.1104/pp.111.173856
339. Serra I., Strever A., Myburgh P.A., Deloire A. (2014). Review: The interaction

- between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in grapevine. *Aust J Grape Wine Res* 20 (1): 1-169 doi:10.1111/ajgw.12054
340. Shakya A., Agarwal T. (2017). Poultry Litter Biochar: An Approach towards Poultry Litter Management – A Review. *Int J Curr Microbiol Appl Sci* 6 (10): 2657-2668. doi:10.20546/ijcmas.2017.610.314
 341. Shang X., Hung C.Y., Husk B., Orsat V., Whalen J.K. (2020). Wood-based biochar for small fruit production in southern Quebec, Canada. *Can J Soil Sci* 102 (1): 89–96. doi:10.1139/CJSS-2020-0152/ASSET/IMAGES/CJSS-2020-0152TAB3.GIF
 342. Sharma P., Thilakarathna I., Fennell A., Parra L., Ahmad A., Zovko M. (2024). Hyperspectral imaging and artificial intelligence enhance remote phenotyping of grapevine rootstock influence on whole vine photosynthesis. *Frontiers* 15 doi:10.3389/fpls.2024.1409821
 343. Shehzad M.A., Nawaz F., Ahmad F., Ahmad N., Masood S. (2020). Protective effect of potassium and chitosan supply on growth, physiological processes and antioxidative machinery in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. *Ecotoxicol Environ Saf* 187. 109841 doi:10.1016/j.ecoenv.2019.109841
 344. Shen Y., Zhu L., Cheng H., Yue S., Li S. (2017). Effects of Biochar Application on CO₂ Emissions from a Cultivated Soil under Semiarid Climate Conditions in Northwest China. *Sustain* 9 (8): 1482. doi:10.3390/SU9081482
 345. Singh B.K. (1998). Role of Amino Acids in Abiotic Stress Resistance to Plants. *U: Plant Amino Acids Biochemistry and Biotechnology* 648 .doi.org/10.1201/9781482270068
 346. Singha A., Rahaman A., Abu M., Jiku S., Faruquee M., Alam A., Sinha S.R. (2019). Biochar application and no-tillage practices to minimize the residues of herbicides in the seeding hole. *Bull Natl Res Cent* 43 (1): 1–9. doi:10.1186/S42269-019-0222-7
 347. Singleton V.L., Rossi J.A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *Am J Enol Vitic* 16 (3): 144–158. doi:10.5344/AJEV.1965.16.3.144
 348. Sisco M.R., Bosetti V., Weber E.U. (2017). When do extreme weather events generate attention to climate change? *Clim Change* 143 1–2.

doi:10.1007/s10584-017-1984-2

349. Six J., Elliott E.T., Paustian K., Doran J.W. (1998). Aggregation and Soil Organic Matter Accumulation in Cultivated and Native Grassland Soils. *Soil Sci Soc Am J.* 62:1367-1377
doi:10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x
350. Skinner P.W., Ishii R., O'Mahony M., Matthews M.A. (2019). Sensory attributes of wines made from vines of differing phosphorus status. *Oeno One* 53 (2): 205–219. doi:10.20870/OENO-ONE.2019.53.2.2421
351. Skinner P.W., Matthews M.A. (1989). Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.) under phosphorus-limited conditions. *Sci Hortic (Amsterdam)* 38 (1–2). doi:10.1016/0304-4238(89)90019-8
352. Skinner P.W., Matthews M.A.. (1990). A novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorus to roots of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Cell Environ* 13 (8): 821–826. doi:10.1111/J.1365-3040.1990.TB01098.X
353. Škorić A. (1982). Priručnik za pedološka istraživanja, Fakultet poljoprivrednih znanost. Fakultet poljoprivrednih znanost, Zagreb.
354. Smith S.J., Wigley M.L. (2000). Global Warming Potentials: 1. Climatic implications of emissions reductions *Clim Change* 44 (4): 445–457. doi:10.1023/A:1005584914078
355. Soar C.J., Dry P.R., Loveys B.R. (2006). Scion photosynthesis and leaf gas exchange in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: Mediation of rootstock effects via xylem sap ABA *Aust J Grape Wine Res* 12 (2) 82-96. doi:10.1111/j.1755-0238.2006.tb00047.x
356. Sofo A., Manfreda S., Fiorentino M., Dichio B., Xiloyannis C. (2008). The olive tree: A paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates *Hydrol Earth Syst Sci* 12 (1) 293–301 doi:10.5194/hess-12-293-2008
357. Stanley Grant R., Matthews M.A. (1996). The Influence of Phosphorus Availability, Scion, and Rootstock on Grapevine Shoot Growth, Leaf Area, and Petiole Phosphorus Concentration *Am J Enol Vitic* 47 (2): 217–224. doi:10.5344/AJEV.1996.47.2.217
358. OIV (International Organisation of Vine and Wine). 2021. State of the World Vitivinicultural Sector in 2020. International Organisation of Vine and Wine (OIV), Paris, France. Preuzeto s : <https://www.oiv.int/public/medias/7909/oiv->

state-of-the-world-vitivinicultural-sector-in-2020.pdf

359. Steenwerth K., Belina K.M. (2008). Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. *Appl Soil Ecol* 40 (2) 359-369 doi:10.1016/j.apsoil.2008.06.006
360. Stoddard I., Anderson K., Capstick S., Carton W., Depledge J., Facer K., Gough C., Hache F., Hoolohan C., Hultman M., Hällström N., Kartha S., Klinsky S., Kuchler M., Lövbrand E., Nasiritousi N., Newell P., Peters G.P., Sokona Y., Stirling A., Stilwell M., Spash C.L., Williams M. (2021). Three Decades of Climate Mitigation: Why Haven't We Bent the Global Emissions Curve? *Annu Rev Environ Resour* 46 (1): 653–689. doi:10.1146/ANNUREV-ENVIRON-012220-011104
361. Strahan G.D., Mullen C.A., Boateng A.A. (2011). Characterizing biomass fast pyrolysis oils by ¹³C NMR and chemometric analysis. *Energy and Fuels* 25 (11): 1-27 doi:10.1021/ef2013166
362. Sumner M.E., Miller W.P. (2018). Cation exchange capacity and exchange coefficients *Methods Soil Anal Part 3 Chem Methods* 1201–1229. doi:10.2136/SSSABOOKSER5.3.C40;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER
363. Sun Z., Hu Y., Shi L., Li G., Pang Z., Liu S., Chen Y., Jia B. (2022). Effects of biochar on soil chemical properties: A global meta-analysis of agricultural soil. *Plant Soil Environ* 68 (6): 272–289. doi:10.17221/522/2021-PSE
364. T. C. Hsiao, E. Acevedo E.F. and D.W.H. (1976). Water stress, growth and osmotic adjustment *Philos Trans R Soc London B, Biol Sci* 273 (927): 479–500. doi:10.1098/RSTB.1976.0026
365. Tag A.T., Duman G., Ucar S., Yanik J. (2016). Effects of feedstock type and pyrolysis temperature on potential applications of biochar. *J Anal Appl Pyrolysis* 120: 200-206 doi:10.1016/j.jaap.2016.05.006
366. Taghizadeh-Toosi A., Clough T.J., Sherlock R.R., Condon L.M. (2012). Biochar adsorbed ammonia is bioavailable *Plant Soil* 350 (1–2): 57–69. doi:10.1007/S11104-011-0870-3/FIGURES/6
367. Tagliavini M., Scandellari F. (2013). Methodologies and concepts in the study of nutrient uptake requirements and partitioning in fruit trees. *Acta Hort* 984: 47-56 doi:10.17660/ActaHortic.2013.984.3
368. Tan Z., Lin C.S.K., Ji X., Rainey T.J. (2017). Returning biochar to fields: A review. *Appl Soil Ecol* 116: 1–11. doi:10.1016/J.APSSOIL.2017.03.017

369. Teixeira R.F.M., Domingos T., Costa A.P.S.V., Oliveira R., Farropas L., Calouro F., Barradas A.M., Carneiro J.P.B.G. (2011). Soil organic matter dynamics in Portuguese natural and sown rainfed grasslands. *Ecol Modell* 222 (4): 993–1001. doi:10.1016/J.ECOLMODEL.2010.11.013
370. Testempasis S.I., Papazlatani C. V., Theocharis S., Karas P.A., Koundouras S., Karpouzas D.G., Karaoglanidis G.S. (2023). Vineyard practices reduce the incidence of *Aspergillus* spp. and alter the composition of carposphere microbiome in grapes (*Vitis vinifera* L.). *Front Microbiol* 14: 1257644. doi:10.3389/FMICB.2023.1257644/BIBTEX
371. Thiel G., Danzer K. (1997). Direct analysis of mineral components in wine by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) Fresenius. *J Anal Chem* 357 (5): 553–557. doi:10.1007/S002160050212/METRICS
372. Thomazini A., Spokas K., Hall K., Ippolito J., Lentz R., Novak J. (2015). GHG impacts of biochar: Predictability for the same biocharAgric Ecosyst Environ 207: 183–191. doi:10.1016/J.AGEE.2015.04.012
373. Tomás M., Medrano H., Brugnoli E., Escalona J.M., Martorell S., Pou A., Ribas-Carbó M., Flexas J. (2014). Variability of mesophyll conductance in grapevine cultivars under water stress conditions in relation to leaf anatomy and water use efficiency. *Aust J Grape Wine Res* 20 (2)_ 171-333 doi:10.1111/ajgw.12069
374. Treeby M.T., Holzapfel B.P., Walker R.R., Nicholas P.R. (1998). Profiles of free amino acids in grapes of grafted Chardonnay grapevines. *Aust J Grape Wine Res* 4 (3): 121–126. doi:10.1111/J.1755-0238.1998.TB00140.X
375. Trippe K.M., Griffith S.M., Banowetz G.M., Whitaker G.W. (2015). Changes in Soil Chemistry following Wood and Grass Biochar Amendments to an Acidic Agricultural Production Soil.nAgron J 107 (4): 1440–1446. doi:10.2134/AGRONJ14.0593
376. Troughton A., Russell R.S. (1978). Plant Root Systems: Their Function and Interaction with the Soil. *J Appl Ecol* 15 (2): 645-646 doi:10.2307/2402624
377. Trumbore S.E. (1997). Potential responses of soil organic carbon to global environmental changeProc Natl Acad Sci U S A 94 (16): 8284-8291. doi:10.1073/pnas.94.16.8284
378. Tufariello M., Pati S., Palombi L., Grieco F., Losito I. (2022). Use of

- Multivariate Statistics in the Processing of Data on Wine Volatile Compounds Obtained by HS-SPME-GC-MS. *Foods* 11 (7): 910. doi:10.3390/FOODS11070910
379. Uddin M.N., Techato K., Taweekun J., Rahman M.M., Rasul M.G., Mahlia T.M.I., Ashrafur S.M. (2018). An Overview of Recent Developments in Biomass Pyrolysis Technologies. *Energies* 11: 3115. doi:10.3390/EN11113115
 380. Umar H.A., Sulaiman S.A., Meor Said M.A., Gungor A., Shahbaz M., Inayat M., Ahmad R.K. (2021). Assessing the implementation levels of oil palm waste conversion methods in Malaysia and the challenges of commercialisation: Towards sustainable energy production. *Biomass and Bioenergy* 151: 106179. doi:10.1016/J.BIOMBIOE.2021.106179
 381. Upadhyay A., Jogaiah S., Maske S.R., Kadoo N.Y., Gupta V.S. (2015). Expression of stable reference genes and SPINDLY gene in response to gibberellic acid application at different stages of grapevine development. *Biol Plant* 59 (3): 436–444. doi:10.1007/S10535-015-0521-2
 382. Uzoma K.C., Inoue M., Andry H., Zahoor A., Nishihara E. (2011). Influence of biochar application on sandy soil hydraulic properties and nutrient retention. *J Food, Agric Environ* 9 (3–4).
 383. Vaccari F.P., Maienza A., Miglietta F., Baronti S., Di Lonardo S., Giagnoni L., Lagomarsino A., Pozzi A., Pusceddu E., Ranieri R., Valboa G., Genesio L. (2015). Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. *Agric Ecosyst Environ* 207: 163–170. doi:10.1016/j.agee.2015.04.015
 384. Van de Velden M., Baeyens J., Brems A., Janssens B., Dewil R. (2010). Fundamentals, kinetics and endothermicity of the biomass pyrolysis reaction. *Renew Energy* 35 (1): 232-242 doi:10.1016/j.renene.2009.04.019
 385. Van Leeuwen C., Friant P., Choné X., Tregoat O., Koundouras S., Dubourdieu D. (2004). Influence of climate, soil, and cultivar on terroirAm *J Enol Vitic* 55 (3) 207-217 doi:10.5344/ajev.2004.55.3.207
 386. Venderbosch R.H., Prins W. (2010). Fast pyrolysis technology development. *Biofuels, Bioprod Biorefining*. 4:178-208 doi:10.1002/bbb.205
 387. Vendrame N., Tezza L., Pitacco A. (2019). Study of the carbon budget of a temperate-climate vineyard: Inter-annual variability of CO₂ flux. *Am J Enol*

- Vitic 70 (1): 34–41. doi:10.5344/ajev.2018.18006
388. Venios X., Korkas E., Nisiotou A., Banilas G. (2020). Grapevine responses to heat stress and global warming. *Plants*. 9(12), 1754 doi:10.3390/plants9121754
 389. Ventura M., Alberti G., Panzacchi P., Vedove G.D., Miglietta F., Tonon G. (2019). Biochar mineralization and priming effect in a poplar short rotation coppice from a 3-year field experiment *Biol Fertil Soils* 55 (1): 67–78. doi:10.1007/S00374-018-1329-Y/TABLES/2
 390. Ventura M., Zhang C., Baldi E., Fornasier F., Sorrenti G., Panzacchi P., Tonon G. (2014). Effect of biochar addition on soil respiration partitioning and root dynamics in an apple orchard *Eur J Soil Sci* 65 (1) 186-195 doi:10.1111/ejss.12095
 391. Verdenal T., Dienes-Nagy Á., Spangenberg J.E., Zufferey V., Spring J.L., Viret O., Marin-Carbone J., van Leeuwen C. (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: A review. *Oeno One*.55 doi:10.20870/OENO-ONE.2021.55.1.3866
 392. Verheijen F.G.A., Jeffery S., Van Der Velde M., Penížek V., Beland M., Bastos A.C., Keizer J.J. (2013). Reductions in soil surface albedo as a function of biochar application rate: Implications for global radiative forcing. *Environ Res Lett* 8 (4). 044008 doi:10.1088/1748-9326/8/4/044008
 393. Vicente S.M., Li Serrano; Chao. (2003). Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate Coordinating. U: Climate Change 2021 – The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change , pp. 1513 - 1766 doi:10.1017/9781009157896.013
 394. Vitali Čepo D., Karoglan M., Borgese L., Depero L.E., Marguí E., Jablan J. (2022). Application of benchtop total-reflection X-ray fluorescence spectrometry and chemometrics in classification of origin and type of Croatian wines. *Food Chem X* 13: 100209. doi:10.1016/J.FOCHX.2022.100209
 395. Vyacheslavovich D.A., Aleksey L. (2023). I Influence of different types of fertilizer on yield and quality indicators of grapes and wine of Chardonnay variety. *Vestn Kazan State Agrar Univ* 18 (1): 12–16. doi:10.12737/2073-0462-2023-12-16
 396. Walker R.R., Blackmore D.H. (2012). Potassium concentration and pH inter-

- relationships in grape juice and wine of Chardonnay and Shiraz from a range of rootstocks in different environments. *Aust J Grape Wine Res* 18 (2): 183–193. doi:10.1111/J.1755-0238.2012.00189.X
397. Walker R.R., Blackmore D.H., Clingeleffer P.R., Correll R.L. (2002). Rootstock effects on salt tolerance of irrigated field-grown grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Sultana). 1. Yield and vigour inter-relationships. *Aust J Grape Wine Res* 8 (1). doi:10.1111/j.1755-0238.2002.tb00206.x
 398. Walker R.R., Read P.E., Blackmore D.H. (2000). Rootstock and salinity effects on rates of berry maturation, ion accumulation and colour development in Shiraz grapes. *Aust J Grape Wine Res* 6 (3): 227–239. doi:10.1111/J.1755-0238.2000.TB00183.X
 399. Wample ~ R.L., Spayd S.E., Evans R.G., Stevens R.G., Bary A., Kawakami A., Seymour B., Wichers A., Andersen J., Ballard G., Corliss K., Johnson J., Litton A., Wheeler R. (1993). Nitrogen Fertilization of White Riesling Grapes in Washington: Nitrogen Seasonal Effects on Bud Cold Hardiness and Carbohydrate Reserves. *Am J Enol Vitic* 44 (2): 159–167. doi:10.5344/AJEV.1993.44.2.159
 400. Wang Q.L., Chen J.H., He N.Y., Guo F.Q. (2018). Metabolic reprogramming in chloroplasts under heat stress in plants. *Int J Mol Sci.* 19(3), 849 doi:10.3390/ijms19030849
 401. Wang Y., Pan F., Wang G., Zhang G., Wang Yanling, Chen X., Mao Z. (2014). Effects of biochar on photosynthesis and antioxidative system of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings under replant conditions. *Sci Hortic (Amsterdam)* 175: 9–15. doi:10.1016/J.SCIENTA.2014.05.029
 402. Wang Z., Li Y., Chang S.X., Zhang J., Jiang P., Zhou G., Shen Z. (2014). Contrasting effects of bamboo leaf and its biochar on soil CO₂ efflux and labile organic carbon in an intensively managed Chinese chestnut plantation. *Biol Fertil Soils* 50 (7): 1109–1119. doi:10.1007/S00374-014-0933-8/FIGURES/6
 403. Warnock D.D., Lehmann J., Kuyper T.W., Rillig M.C. (2007). Mycorrhizal responses to biochar in soil - Concepts and mechanisms. *Plant Soil* 300 (1–2): 9–20. doi:10.1007/S11104-007-9391-5/FIGURES/1
 404. White P.J., Brown P.H. (2010). Plant nutrition for sustainable development and global health. *Ann Bot* 105 (7): 1073–1080 doi:10.1093/aob/mcq085

405. Wooldridge J., Louw P.J.E., Conradie W.J. (2010). Effects of Rootstock on Grapevine Performance, Petiole and Must Composition, and Overall Wine Score of *Vitis vinifera* cv. Chardonnay and Pinot noir. *South African J Enol Vitic* 31 (1): 45–48. doi:10.21548/31-1-1399
406. IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, First Update 2007. World Soil Resources Report No. 103. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. Preuzeto s : https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/wrb2007_red.pdf).
407. Wu Y., Xu G., Shao H.B. (2014). Furfural and its biochar improve the general properties of a saline soil. *Solid Earth* 5 (2): 665–671 doi:10.5194/se-5-665-2014
408. Wu Y.P., Zhang Y., Bi Y.M., Sun Z.J. (2015). Biodiversity in saline and non-saline soils along the bohai sea coast, china. *Pedosphere* 25 (2): 307-315 doi:10.1016/S1002-0160(15)60015-7
409. Xu C.Y., Hosseini-Bai S., Hao Y., Rachaputi R.C.N., Wang H., Xu Z., Wallace H. (2015). Effect of biochar amendment on yield and photosynthesis of peanut on two types of soils. *Environ Sci Pollut Res Int* 22 (8): 6112–6125. doi:10.1007/S11356-014-3820-9
410. Xu G., Song J., Zhang Y., Lv Y. (2019). Effects of biochar application on soil organic carbon mineralization during drying and rewetting cycles *BioResources* 14 (4): 9957-9967 doi:10.15376/biores.14.4.9957-9967
411. Yadav K., Jagadevan S. (2020). Influence of Process Parameters on Synthesis of Biochar by Pyrolysis of Biomass: An Alternative Source of Energy. U: *Recent Advances in Pyrolysis*.1-14 doi:10.5772/intechopen.88204
412. Yang C., Menz C., Fraga H., Costafreda-Aumedes S., Leolini L., Ramos M.C., Molitor D., van Leeuwen C., Santos J.A. (2022). Assessing the grapevine crop water stress indicator over the flowering-veraison phase and the potential yield lose rate in important European wine regions. *Agric Water Manag* 261: 107349. doi:10.1016/J.AGWAT.2021.107349
413. Yang Y., Li M., Wu J., Pan X., Gao C., Tang D.W.S. (2022). Impact of Combining Long-Term Subsoiling and Organic Fertilizer on Soil Microbial Biomass Carbon and Nitrogen, Soil Enzyme Activity, and Water Use of

- Winter Wheat. *Front Plant Sci* 12: 788651. doi:10.3389/FPLS.2021.788651/BIBTEX
414. Yokotsuka K., Yajima M., Sek13 T., Matthews4 M. (1997). Changes in Color Parameters during Fermentation and Storage of Red Wine Using Thai Roselle under Different pHs and SO₂ Concentrations. *Food Sci Technol Int Tokyo* 3 (2): 105–109. doi:10.3136/FSTI9596T9798.3.105
 415. Zaidun S.W., Jalloh M.B., Awang A., Sam L.M., Besar N.A., Musta B., Ahmed O.H., Omar L. (2019). Biochar and clinoptilolite zeolite on selected chemical properties of soil cultivated with maize (*Zea mays* L.). *Eurasian J Soil Sci* 8 (1): 1–10. doi:10.18393/EJSS.468100
 416. Zalamena J., Melo G.W., Santos H.P., da Silva L.S., Fialho F.B., Brunetto G. (2015). Physiological characterization of grapevine rootstocks grown in soil with increasing zinc doses. *Rev Bras Eng Agrícola E Ambient* 19 (10): 973–980. doi:10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V19N10P973-980
 417. Zalidis G., Stamatiadis S., Takavakoglou V., Eskridge K., Misopolinos N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.88:137-146 doi:10.1016/S0167-8809(01)00249-3
 418. Zaman C.Z., Pal K., Yehye W.A., Sagadevan S., Shah S.T., Adebisi G.A., Marliana E., Rafique R.F., Johan R. Bin. (2017). Pyrolysis: A Sustainable Way to Generate Energy from Waste. *U: Pyrolysis* 4-36. doi:10.5772/intechopen.69036
 419. Zamboni M., Garavani A., Gatti M., Vercesi A., Parisi M.G., Bavaresco L., Poni S. (2016). Vegetative, physiological and nutritional behavior of new grapevine rootstocks in response to different nitrogen supply. *Sci Hortic (Amsterdam)* 202: 99-106 doi:10.1016/j.scienta.2016.02.032
 420. Zhang C., Zhou J., Yan H., Akhlaq M., Ni Y., Xue R., Li J. (2024). Effects of different irrigation amounts and biochar application on soil physical and mechanical properties in the short term. *Irrig Drain* 73 (3): 866–881. doi:10.1002/IRD.2916
 421. Zhang F., Cui Z., Fan M., Zhang W., Chen X., Jiang R. (2011). Integrated Soil-Crop System Management: Reducing Environmental Risk while Increasing Crop Productivity and Improving Nutrient Use Efficiency in China.

- J Environ Qual 40:1051–1057. doi:10.2134/jeq2010.0292
422. Zhang H., Li X., Zhang S., Yin Z., Zhu W., Li J., Meng L., Zhong H., Xu N., Wu Y., Sun G. yu. (2018). Rootstock alleviates salt stress in grafted mulberry seedlings: Physiological and PSII function responsesFront Plant Sci 871: 407668. doi:10.3389/FPLS.2018.01806/BIBTEX
 423. Zhang Kui, Kang W., Han W., Ma H., Gong D., Qin L. (2024). Effects of the fertilizer and water management on amino acids and volatile components in Cabernet Sauvignon grapes and winesInt. J Agric Biol Eng 17 (1): 69–79. doi:10.25165/J.IJABE.20241701.8034
 424. Zhang Kangkang, Khan Z., Khan M.N., Luo T., Luo L., Bi J., Hu L. (2024). The application of biochar improves the nutrient supply efficiency of organic fertilizer, sustains soil quality and promotes sustainable crop production. Food Energy Secur 13 (1): e520. doi:10.1002/FES3.520
 425. Zhang Y., Li C., Zhou X., Moore B. (2002). A simulation model linking crop growth and soil biogeochemistry for sustainable agriculture. Ecol Modell 151 (1). 75-108 doi:10.1016/S0304-3800(01)00527-0
 426. Zheng J., Stewart C.E., Cotrufo M.F. (2012). Biochar and Nitrogen Fertilizer Alters Soil Nitrogen Dynamics and Greenhouse Gas Fluxes from Two Temperate Soils. J Environ Qual 41 (5): 1349-1701. doi:10.2134/jeq2012.0019
 427. Zhou H., Fang H., Zhang Q., Wang Q., Chen C., Mooney S.J., Peng X., Du Z. (2019). Biochar enhances soil hydraulic function but not soil aggregation in a sandy loam. Eur J Soil Sci 70 (2): 291–300. doi:10.1111/EJSS.12732
 428. Zhou L., Song R. (2015). The Evaluation Model of Grape Wine Quality Based on Multivariate Statistical MethodsAdv J Food Sci Technol 9 (4): 296–301. doi:10.19026/AJFST.9.2012
 429. Zhu J.K. (2016). Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. Cell 177 :313-324 doi:10.1016/j.cell.2016.08.029
 430. Zlámálová T., Elbl J., Baroň M., Bělíková H., Lampíř L., Hlušek J., Lošák T. (2015). Using foliar applications of magnesium and potassium to improve yields and some qualitative parameters of vine grapes (*Vitis vinifera* L.). Plant, Soil and Environment 61 (10): 451–457. doi:10.17221/437/2015-PSE
 431. Zou Z., Fan L., Li X., Dong C., Zhang Liping, Zhang Lan, Fu J., Han W., Yan P. (2021). Response of plant root growth to biochar amendment: A meta-

analysis. Agronomy 11 (12): 2442. doi:10.3390/AGRONOMY11122442/S1

8. ŽIVOTOPIS

Danko Cvitan, rođen 5. veljače 1988. godine u Rijeci, završio je Gimnaziju Eugena Kumičića u Opatiji. Godine 2012. upisuje preddiplomski stručni studij Mediteranske poljoprivrede na Veleučilištu u Rijeci, koji završava 2015. godine stječući zvanje stručnog prvostupnika inženjera agronomije (bacc. ing. agr.).

Na Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču počinje raditi 2016. godine kroz mjeru stručnog osposobljavanja bez zasnivanja radnog odnosa. Sljedeće godine, 2017., zapošljava se kao viši tehničar na projektu "Smanjenje emisija stakleničkih plinova upotrebom gradskog i poljoprivrednog otpada u proizvodnji bilja – REDGREENPLANT".

Iste godine upisuje diplomski sveučilišni studij Povrčarstvo i cvjećarstvo na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, koji završava 2020. godine i stječe akademski naziv magistra inženjera agronomije (mag. ing. agr.).

Od 2016. do 2020. godine radi kao viši tehničar na više nacionalnih i međunarodnih projekata, uključujući:

- "Smanjenje emisija stakleničkih plinova upotrebom gradskog i poljoprivrednog otpada u proizvodnji bilja – REDGREENPLANT".
- "Vodeni ekstrakt koprive – mit ili stvarnost"
- "Optimizacija gnojidbe pri uzgoju industrijske rajčice primjenom mikoriznih gljiva"
- "Coastal Areas Sustainable Tourism Water Management in the Mediterranean"
- "Sustainable Tourism Strategies to Conserve and Valorise the Mediterranean Coastal and Maritime Natural Heritage"

Godine 2020. zapošljava se kao znanstveni novak na projektu "Biougļjen kao ekološki prihvatljiv i održiv način upravljanja ishranom vinove loze u kontekstu klimatskih promjena", gdje aktivno sudjeluje u istraživanjima vezanim za biougļjen, vinogradarstvo, vinarstvo i klimatske promjene. Stručno se usavršavao na Institutu Jožef Štefan u Ljubljani, s fokusom na mikrovalnu digestiju i rad s instrumentom ICP-MS.

Od 2024. godine radi kao stručni suradnik na projektu "Integration of Satellite Technologies for Agricultural Land Classification (STALC)" te je aktivan član Hrvatskog tloznanstvenog društva (HTD).

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Radovi u časopisima:

1. Prelac, Melissa; Major, Nikola; **Cvitan, Danko**; Anđelini, Dominik; Repajić, Maja; Ćurko, Josip; Kovačević, Tvrtko Karlo; Goreta Ban, Smiljana; Užila, Zoran; Ban, Dean et al. Valorization of Olive Leaf Polyphenols by Green Extraction and Selective Adsorption on Biochar Derived from Grapevine Pruning Residues // *Antioxidants*, 13 (2024), 1; 1-19. doi: 10.3390/antiox13010001
2. Prelac, Melissa; Palčić, Igor; **Cvitan, Danko**; Anđelini, Dominik; Repajić, Maja; Ćurko, Josip; Kovačević, Tvrtko Karlo; Goreta Ban, Smiljana; Užila, Zoran; Ban, Dean et al. From Waste to Green: Water-Based Extraction of Polyphenols from Onion Peel and Their Adsorption on Biochar from Grapevine Pruning Residues // *Antioxidants*, 12 (2023), 1697; 1-17. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox12091697>
3. Prelac, Melissa ; Palčić, Igor ; **Cvitan, Danko** ; Anđelini, Dominik ; Repajić, Maja ; Ćurko, Josip ; Kovačević, Tvrtko Karlo ; Goreta Ban, Smiljana ; Užila, Zoran ; Ban, Dean et al. Biochar from Grapevine Pruning Residues as an Efficient Adsorbent of Polyphenolic Compounds // *Materials*, 16 (2023), 13; 4716, 18. doi: 10.3390/ma16134716
4. Anđelini, Dominik ; **Cvitan, Danko** ; Prelac, Melissa ; Pasković, Igor ; Černe, Marko ; Nemet, Ivan ; Major, Nikola ; Goreta Ban, Smiljana ; Užila, Zoran ; Zubin Ferri, Tea et al. Biochar from Grapevine-Pruning Residues Is Affected by Grapevine Rootstock and Pyrolysis Temperature // *Sustainability*, 15 (2023), 6; 4851, 17. doi: 10.3390/su15064851
5. Perković, Josipa ; Major, Nikola ; Ban, Dean ; **Cvitan, Danko** ; Goreta Ban, Smiljana Shallot Species and Subtypes Discrimination Based on Morphology Descriptors // *Plants*, 10 (2020), 1; 60, 17. doi: 10.3390/plants10010060

Sažeci u zbornicima sa skupova:

1. **Cvitan, Danko** ; Anđelini, Dominik ; Užila, Zoran ; Pasković, Igor ; Major, Nikola ; Černe, Marko ; Goreta Ban, Smiljana ; Ban, Dean ; Palčić, Igor; Vine pruning residues as a tool for planning vineyard fertilization // 56th CROATIAN AND 16th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURE. Vodice, 2021. str. 286-287
2. Anđelini, Dominik ; **Cvitan, Danko** ; Užila, Zoran ; Pasković, Igor ; Major, Nikola ; Černe, Marko ; Goreta Ban, Smiljana ; Ban, Dean ; Palčić, Igor
3. Potential of grapevine pruning residues for biochar production // 56th CROATIAN AND 16th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURE. Vodice, 2021. str. 275-276
4. Palčić, Igor ; Anđelini, Dominik ; **Cvitan, Danko** ; Užila, Zoran ; Pasković, Igor ; Major, Nikola; Černe, Marko ; Goreta Ban, Smiljana ; Ban, Dean Grapevine-pruning-residue-derived biochar as a soil amendment for acidic soils // 56th CROATIAN AND 16th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURE. Vodice, 2021. str. 311-312
5. Palčić, Igor ; Radman, Sanja ; **Cvitan, Danko** ; Anđelini, Dominik ; Prelac, Melissa ; Repajić, Maja ; Goreta Ban, Smiljana ; Dragović Uzelac, Verica Influence of fertilization on wild nettle (*Urtica dioica* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) yield // Book of Abstracts of the 4th International scientific and expert conference "Natural resources, green technology and sustainable development/4-GREEN2022". Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2022. str. 106-106
6. Černe, Marko; Bouhadi, Mohammed, Javed, Qaiser; Palčić, Igor; Anđelini, Domnik; **Cvitan, Danko**; Major, Nikola; Kovačević, Tvrtko Karlo; Lukić, Marina; Goreta Ban, Smiljana; Ban, Dean et al. The potential of olive pomace compost for using as a soil amendment. Novi Sad: e-ABSTRACT BOOK, University of Novi Sad, Institute of Food Technology in Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Republic of Serbia, Šarić, Ljubiša; Kovač, Renata; Ćurčić, Nataša; Šarić. Bojana (ur.), 2024
7. Palčić, Igor ; Černe, Marko ; Pasković, Igor ; Major, Nikola ; Zubin Ferri, Tea ; Užila, Zoran ; Perković, Josipa ; **Cvitan, Danko** ; Goreta Ban, Smiljana ; Perčin, Aleksandra et al.Olive pomace and sewage sludge - turning

- environmental problems into environment- friendly biochar // Book of Abstracts of the 3rd Agriculture and Climate Change Conference. Budimpešta: Elsevier, 2019. str. 61-61
8. Prekalj, Bernard ; FRANIĆ, Mario ; BAN, Dean ; BAŽON, Iva ; CVITAN, Danko ; GORETA BAN, Smiljana Morfološka svojstva lukovice ekotipova češnjaka u Istri // 54. hrvatski i 14. međunarodni simpozij agronoma - Zbornik radova. Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2019. str. 291-295
 9. Bažon, Iva ; Goreta Ban, Smiljana ; **Cvitan, Danko** ; Prekalj, Bernard ; Franić, Mario ; Ban, Dean Morfološka i gospodarska svojstva prirodne populacije „Brgujski kupus“ // 54. hrvatski i 14. međunarodni simpozij agronoma : zbornik radova = 54th Croatian & 14th International Symposium on Agriculture : Proceedings. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2019. str. 231-234
 10. Goreta Ban, Smiljana ; Ban, Dean ; Lukić, Igor ; Major, Nikola ; Prekalj, Bernard ; Bažon, Iva ; Užila, Zoran ; **Cvitan, Danko** Istarski češnjak - morfološki, fenološki i biokemijski profil, 2018
 11. Pasković, Igor ; Radić, Tomislav ; Palčić, Igor ; Lukić, Marina ; Ban, Dean ; Hančević, Katarina ; **Cvitan, Danko** ; Užila, Zoran ; Goreta Ban, Smiljana Utjecaj gnojidbe i primjene mikoriznih gljiva na prinos i kvalitetu industrijske rajčice // 53. hrvatski i 13. međunarodni simpozij agronoma / 53rd Croatian & 13th International Symposium on Agriculture. Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2018. str. 143-144
 12. Palčić, Igor ; Černe, Marko ; Pasković, Igor ; Major, Nikola ; Užila, Zoran ; Perković, Josipa ; **Cvitan, Danko** ; Goreta Ban, Smiljana ; Perčin, Aleksandra ; Igrc, Marina Diana et al. Potential of olive pomace and sewage sludge in the production of biochar for use in agricultural soils // Book of Abstracts. Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2018. str. 33-34