



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Dominik Anđelini

**Utjecaj folijarne primjene biougljena na
fiziologiju vinove loze i fizikalno-kemijski
sastav vina 'Malvazija istarska' (*Vitis
vinifera* L.)**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu
FACULTY OF AGRICULTURE

Dominik Anđelini

**Influence of foliar application of biochar
on grapevine physiology and
physicochemical conditions Malvazija
istarska (*Vitis vinifera* L.) wine**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu
AGRONOMSKI FAKULTET

Dominik Anđelini

**Utjecaj folijarne primjene biougljena na
fiziologiju vinove loze i fizikalno-kemijski
sastav vina 'Malvazija istarska' (*Vitis
vinifera* L.)**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

izv. prof. dr. sc. Marko Petek

dr. sc. Igor Palčić

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu
FACULTY OF AGRICULTURE

Dominik Anđelini

**Influence of foliar application of biochar
on grapevine physiology and
physicochemical conditions Malvazija
istarska (*Vitis vinifera* L.) wine**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Assoc. prof. Marko Petek, PhD

Igor Palčić, PhD

Zagreb, 2025.

Bibliografski podaci:

- Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
- Znanstveno polje: Poljoprivreda
- Znanstvena grana: Vinogradarstvo i vinarstvo
- Institucija: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za ishranu bilja
- Voditelji doktorskog rada: izv. prof. dr. sc. Marko Petek i dr.sc. Igor Palčić
- Broj stranica: 106
- Broj slika: 4
- Broj tablica: 24
- Broj priloga: 0
- Broj literaturnih referenci: 228
- Datum obrane doktorskog rada:
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:
 - 1.
 - 2.
 - 3.

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, Dominik Anđelini, izjavljujem da sam samostalno izradio doktorski rad pod naslovom:

Utjecaj folijarne primjene biougljena na fiziologiju vinove loze i fizikalno-kemijski sastav vina 'Malvazija istarska' (*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.
- 2.
- 3.

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

Informacije o mentorima:

Izv. prof. dr. sc. Marko Petek rođen je 1978. godine u Zagrebu. Od 2003. godine radi na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u Zavodu za ishranu bilja, nakon što je te godine i diplomirao na temu „Količina dušika, fosfora i kalija u radiču (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*) pri različitim gnojdbama”. Na istom je fakultetu obranio i doktorski rad „Mineralni sastav cikle (*Beta vulgaris* var. *conditiva* Alef.) pri organskoj i mineralnoj gnojdbi” 2009. godine (biotehničko znanstveno područje, polje poljoprivrede).

Sudjeluje u nastavi na razini prijediplomskih, diplomskih i doktorskih studija. Predaje na hrvatskom i engleskom jeziku različite module iz područja ishrane bilja. Kreator je predmeta na engleskom jeziku Applied plant nutrition koji se izvodi na Agronomskom fakultetu u sklopu studija na engleskom jeziku (Environment, agriculture and resource management, INTER-EnAgro).

Suradnik je (ili bio) na nekoliko znanstvenih i stručnih projekata koje su financirali Hrvatska zaklada za znanost, Europski fond za regionalni razvoj Europske unije, Ministarstvo znanosti, Ministarstvo poljoprivrede te Ministarstvo zaštite okoliša. Autor je više od 45 znanstvenih radova i sudjelovao je na više od 30 domaćih i međunarodnih znanstvenih skupova, na kojima je, među ostalim, održao i tri pozvana predavanja.

Kratko vrijeme radio je i u Ministarstvu poljoprivrede kao viši stručni savjetnik za uređenje tržišta voćem i povrćem.

Suautor je sveučilišnog udžbenika Voda u agroekosustavima. Dobitnik je Nagrade „Mihovil Gračanin” koju dodjeljuje Hrvatsko tloznanstveno društvo (2012.) i Godišnje nagrade Hrvatskih voda (2015.). Član je Hrvatskoga tloznanstvenog društva (tajnik u dvama mandatima), International Society of Horticultural Sciences (ISHS) i International Society of Trace Element Biogeochemistry (ISTEB).

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 poljoprivreda. 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“ i HRZZ projekta „Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti“ (DOK-2020-01-3145), financijskom potporom Hrvatske zaklade za znanost i Instituta za poljoprivredu i turizam.

SAŽETAK

Biougļjen je heterogena tvar bogata ugljikom i mineralima, a dobiva se pirolizom biomase u kontroliranim uvjetima slabije pristupačnosti kisika. Biougļjen se u vinograd unosi u tlo, u količinama od jedne pa sve do 40 tona po hektaru, što je često neodrživo i financijski neprihvatljivo u proizvodnji vina. Stoga se, kao ponešto drukčiji oblik primjene, nudi dodatak biougļjena u otopine za folijarnu primjenu. Glavni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatka biougļjena u otopinu za folijarnu primjenu na usvajanje hraniva od strane lista vinove loze (*Vitis vinifera* L.) te na fizikalno-kemijski sastav mošta i vina 'Malvazije istarske'. Istraživanje je obuhvaćalo laboratorijski i poljski pokus. Laboratorijskim pokusom cilj je bio utvrditi mogućnost folijarne primjene biougļjena te utjecaj na usvajanje, odnosno ispiranje dušika s površine lista. Primijenjene su otopine biougļjena (300 mg/L), uree u koncentraciji 3 % (U3%) i 5 % (U5%), kombinacije 300 mg/L biougļjena i 3 % uree (BU3%), odnosno 5% (BU5%) te kontrolni tretman (K). Utvrđeno je kako dodatak biougļjena nije statistički utjecao na usvajanje dušika, ali je utjecao na količinu ispranog dušika s površine lista. Poljski je pokus postavljen u proizvodnom vinogradu 'Malvazije istarske', a primijenjene folijarne otopine sadržavale su vodu (kontrolni tretman, K) te biougļjen u koncentraciji 300 mg/L (B300), ureu u koncentraciji 400 mg/L (U), biougļjen 300 mg/L i ureu 400 mg/L (BU), aminokiseline 2 mL/L (A), biougļjen 300 mg/L i aminokiseline 2 mL/L (BA), biougļjen 300 mg/L, ureu 200 mg/L i aminokiseline 1 mL/L (BUA), biougļjen u koncentraciji 600 mg/L (B600) te biougļjen u koncentraciji 1200 mg/L (B1200). Folijarne otopine primijenjene su u tri navrata; u fazi početka cvatnje, zametanja bobica i šare bobica. Dodatkom veće koncentracije biougļjena (B600 i B1200) zabilježen je veći sadržaj Ca i K u listu, YAN-a, šećera i pojedinih aminokiselina u moštu, prinos i bolja senzorna ocjena vina. S druge strane smanjio se sadržaj Mg u listu te vinske kiseline i benzaldehida u moštu. Dodatak biougļjena u otopinu uree (BU) povećao je sadržaj P, K, N, Mn, Si, B, Fe i Na u listu u pojedinim fenofazama, zatim sadržaj šećera u moštu i ukupne kiseline u vinu, ali je smanjio prinos grožđa u odnosu na tretman ureom (U). Dodatkom biougļjena s aminokiselinama (BA) povećao se sadržaj Ca, P, S, B i Mn u listu, alkohol, pH vrijednost i senzorna ocjena u vinu, a smanjio N, K, Fe i Na u listu, YAN u moštu i ukupne kiseline u vinu u odnosu na tretman aminokiselinama (A). Dobiveni rezultati omogućili su razumijevanje povezanosti dodatka biougļjena u otopinu za folijarnu primjenu i reakcije vinove loze kroz fiziološke parametre, te parametre mošta i vina. Primjena folijarnih otopina s višim koncentracijama biougļjena (B600 i B1200) preporučaju se u uzgoju Malvazije istarske.

Ključne riječi: elementi u listu, organske kiseline, aminokiseline, senzorna svojstva, 'Malvazija istarska'

EXTENDED ABSTRACT

Influence of foliar application of biochar on grapevine physiology and physicochemical conditions of Malvazija istarska (*Vitis vinifera* L.) wine

Grapevine cultivation is one of the most widespread and economically important agricultural plants worldwide. Climate change presents a significant challenge to viticulture, with rising temperatures, prolonged droughts, and unpredictable weather patterns affecting grapevine growth, yield, and wine quality. Efficient vineyard management practices, particularly those that optimize nutrient uptake and improve soil and plant resilience, are increasingly necessary to mitigate these effects. Pruning residues are increasingly in the focus of researchers, and their conversion into biochar is just one of the possibilities for utilization. Biochar is a heterogeneous carbon-rich material produced through biomass pyrolysis under low-oxygen conditions. Most commonly is applied to vineyards by incorporating it into the soil, in quantities ranging from one to as much as 40 tons per hectare, which is often unsustainable and financially unfeasible for wine production. Therefore, as a slightly different approach, the addition of biochar to solutions for foliar application is offered as an alternative. This study aimed to determine the impact of adding biochar to solutions for foliar application on the nutrient uptake by grapevine leaves and on the physicochemical composition of the must and wine of 'Malvazija istarska' (*Vitis vinifera* L.). The research included both laboratory and field experiments.

The laboratory experiment aimed to investigate the feasibility of foliar application of biochar and its effect on nitrogen uptake and leaching from foliar solutions. Various foliar solutions were tested, including biochar at 300 mg/L (B), urea at concentrations of 3 and 5 % (U3% and U5%), and their combinations biochar 300 mg/L and urea 3% (BU3%) as well as biochar 300 mg/L and urea 5% (BU5%). Nitrogen uptake was assessed by measuring the residual nitrogen content on leaves after application. The experiment also examined the amount of nitrogen leached from leaf surfaces after exposure to rain simulations. It was found that the addition of biochar did not statistically affect nitrogen uptake but did influence the amount of leached nitrogen. The field experiment was conducted in a production vineyard of 'Istrian Malvasia' and the foliar solutions applied at three key growing stages: at the flowering onset stage (F19), berry set (F27), and veraison (F35). Treatments included water (control treatment, K), biochar at 300 mg/L (B300), urea 400 mg/L (U), biochar 300 mg/L and urea 400 mg/L (BU), amino acids 2 mL/L (A), biochar 300 mg/L and amino acids 2 mL/L (BA), biochar 300 mg/L, urea 200 mg/L, and amino acids 1 mL/L (BUA), biochar at

600 mg/L (B600), and biochar at 1200 mg/L (B1200). Before each treatment and prior to harvest (F38), leaves from the grape zone were sampled and analyzed for elemental content using ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry). Leaf water potential was also determined, and photosynthetic activity was measured before and after each treatment. In the moment of harvest, yield per treatment was measured, and the grapes were processed. The must was analyzed for the following parameters: yeast-assimilable nitrogen (YAN), sugar content (HPLC), organic acids (LC-MS), amino acids (LC-MS), and aromatic compounds (GC-MS). After fermentation was completed, the physicochemical parameters of the wine were determined. Sensory analysis of the wine was conducted using a descriptive method, ranking method, and the O.I.V. 100-point scoring method.

The results clarified the effect of biochar addition to foliar application solutions on nutrient uptake and the physicochemical composition of the must and wine. Higher concentrations of biochar (B600 and B1200) resulted in increased Ca and K content in leaves, YAN (yeast-assimilable nitrogen), sugar, and specific amino acids in the must, as well as improved yield and sensory evaluation of the wine. On the other hand, Mg content in the leaves and tartaric acid and benzaldehyde levels in the must decreased. The addition of biochar to urea solutions (BU) increased P, K, N, Mn, Si, B, Fe, and Na content in the leaves at certain phenological stages, as well as sugar content in the must and total acidity in the wine, but reduced grape yield compared to urea treatment (U). The addition of biochar with amino acids (BA) increased Ca, P, S, B, and Mn content in the leaves, alcohol, pH, and sensory score in the wine, while decreasing N, K, Fe, and Na in the leaves, YAN in the must, and total acidity in the wine compared to amino acid treatment (A).

The obtained results provided an insights into the interaction between biochar addition to foliar solutions and grapevine responses in terms of physiological parameters, as well as the composition and quality parameters of must and wine. The significance of these findings lies in the possibility of selecting specific biochar concentrations in foliar solutions to influence specific physiological parameters of grapevines and the properties of must and wine for the 'Malvazija istarska' variety. Therefore, higher biochar concentration in foliar solutions (B600 and B1200) are recommended for improving 'Malvazija istarska' wine quality and grape yield. Combining biochar with urea or amino acids can enhance nutrient uptake but should be optimized to avoid negative trade-offs.

Keywords: leaf elements, organic acids, amino acids, sensory properties, 'Malvazija istarska'

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja	2
2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE	3
2.1. Rezidbeni ostaci vinove loze.....	3
2.2. Proizvodnja i upotreba biougljena	3
2.3. Folijarna prihrana vinove loze	4
2.4. Fotosintetska aktivnost i vodni potencijal lista vinove loze	6
2.5. Sadržaj elemenata u listu vinove loze	7
2.5.1. Dušik	7
2.5.2. Kalcij.....	8
2.5.3. Kalij	8
2.5.4. Magnezij.....	9
2.5.5. Fosfor	9
2.5.6. Sumpor.....	10
2.5.7. Bor.....	10
2.5.8. Bakar	11
2.5.9. Željezo.....	11
2.5.10. Mangan.....	11
2.5.11. Molibden	12
2.5.12. Natrij	12
2.5.13. Silicij.....	13
2.5.14. Cink.....	13
2.6. Kemijski sastav mošta	13
2.6.1. Kvascu dostupan dušik.....	13
2.6.2. Šećeri	14
2.6.3. Organske kiseline	14
2.6.4. Aminokiseline	15
2.6.5. Aromatski spojevi u moštu.....	16

2.7.	Fizikalno-kemijski sastav vina.....	19
2.8.	Senzorna svojstva vina.....	20
3.	MATERIJALI I METODE RADA.....	21
3.1.	Proizvodnja biougljena.....	21
3.2.	Analiza biougljena.....	22
3.3.	Laboratorijski pokus.....	23
3.4.	Poljski pokus folijarne primjene.....	24
3.4.1.	Analiza folijarnih otopina.....	26
3.4.2.	Meteorološki podaci u vegetaciji.....	26
3.4.3.	Mjerenje parametara fotosintetske aktivnosti.....	26
3.4.4.	Mjerenje vodnog potencijala listova.....	27
3.4.5.	Analiza sadržaja elemenata u listu.....	27
3.5.	Berba i pokus proizvodnje vina.....	28
3.5.1.	Mjerenje prinosa.....	28
3.5.2.	Vinifikacija.....	28
3.5.3.	Analiza kvascu dostupnog dušika u moštu.....	29
3.5.4.	Analiza šećera u moštu.....	29
3.5.1.	Analiza pojedinačnih organskih kiselina i aminokiselina u moštu.....	29
3.5.2.	Analiza aromatskih spojeva u moštu.....	30
3.5.3.	Analiza osnovnog fizikalno-kemijskog sastava vina.....	30
3.5.4.	Senzorna analiza vina.....	31
3.5.5.	Statistička obrada podataka.....	31
4.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	32
4.1.	Fizikalno-kemijska svojstva biougljena.....	32
4.2.	Fizikalno-kemijska svojstva otopina za folijarnu primjenu.....	32
4.3.	Laboratorijski pokus.....	33
4.4.	Poljski pokus.....	35
4.4.1.	Meteorološki podaci u vegetaciji.....	35
4.4.2.	Karakteristike otopina za folijarnu primjenu.....	36

4.4.3.	Fotosintetska aktivnost lista.....	37
4.4.4.	Vodni potencijal lista.....	39
4.4.1.	Sadržaj elemenata u listu.....	39
4.4.2.	Prinos grožđa.....	46
4.5.	Analiza mošta i vina.....	47
4.5.1.	Kvascu dostupan dušik.....	47
4.5.2.	Sadržaj šećera u moštu.....	48
4.5.1.	Pojedinačne organske kiseline u moštu.....	50
4.5.1.	Aminokiselinski sastav mošta.....	53
4.5.2.	Aromatski spojevi u moštu.....	55
4.5.3.	Fizikalno-kemijski sastav vina.....	58
4.5.4.	Senzorna svojstva vina 'Malvazija istarska'.....	60
5.	RASPRAVA.....	66
5.1.	Laboratorijski pokus.....	66
5.2.	Poljski pokus.....	66
5.2.1.	Fotosintetska aktivnost i vodni potencijal lista.....	68
5.2.2.	Sadržaj elemenata u listu.....	68
5.2.3.	Prinos.....	73
5.2.4.	Kvascu dostupan dušik.....	74
5.2.5.	Sadržaj šećera u moštu.....	75
5.2.6.	Organske kiseline.....	75
5.2.7.	Aminokiseline.....	76
5.2.8.	Aromatski spojevi.....	77
5.2.9.	Fizikalno-kemijski sastav vina.....	79
5.2.10.	Senzorika.....	80
5.2.11.	Utjecaj različitih koncentracija biogljena.....	81
6.	ZAKLJUČCI.....	83
7.	LITERATURA.....	85
8.	ŽIVOTOPIS.....	104

Popis kratica

A	neto fotosintetska asimilacija
BET	Brunauer–Emmett–Teller metoda za određivanje specifične površine
Ci	koncentracija ugljičnog dioksida u listu
CO	ugljikov monoksid
EBC	European Biochar Certification, europsko certifikacijsko tijelo za biougljen
EC	<i>electrical conductivity</i> , električna provodljivost
GC-MS	<i>Gas chromatography – mass spectrometry</i> , plinska kromatografija s masenom spektrometrijom
HPLC	<i>High-performance liquid chromatography</i> , tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti
O.I.V	Međunarodna organizacija za lozu i vino
PAR	<i>Photosynthetically Active Radiation</i> , fotosintetski aktivno sunčevo zračenje
RH	<i>relative humidity</i> , relativna vlažnost
SSA	<i>Specific Surface Area</i> , specifična površina
TC	<i>total carbon</i> , ukupni ugljik
YAN	<i>yeast assimilable nitrogen</i> , kvascu dostupan dušik

Popis tablica

Tablica 1. Fizikalno-kemijska svojstva i sadržaj elemenata u ostacima rezidbe vinove loze korištenim u procesu proizvodnje biougljena za folijarnu primjenu	21
Tablica 2. Prikaz fizikalno-kemijskih svojstava biougljena korištenog u laboratorijskom i poljskom pokusu	32
Tablica 3. Vrijednosti ukupnog dušika u otopinama korištenim u laboratorijskom pokusu folijarne primjene	33
Tablica 4. Količine ispranog dušika s listova vinove loze (mg/L) u laboratorijskom testu uz simulaciju sušenja na zraku i simulaciju kiše.....	34
Tablica 5. Prikaz vremenskih parametara unutar vinograda u trenutku folijarne primjene otopina te datum posljednje kiše prije tretiranja i prve kiše nakon tretiranja.	36
Tablica 6. Vrijednosti pH i električne vodljivosti (EC) otopina za folijarnu primjenu korištenih u poljskom pokusu	37
Tablica 7. Neto fotosintetska asimilacija (A) i koncentracija ugljičnog dioksida (Ci) u listovima vinove loze mjerenim u različitim fenofazama	38
Tablica 8. Vrijednosti vodnog potencijala lista različitih tretmana mjerenih u različitim fenofazama (MPa)	39
Tablica 9. Sadržaj makroelemenata u listovima različitih tretmana uzorkovanih u različitim fenofazama tijekom vegetacije.....	41
Tablica 10. Sadržaj mikroelemenata u listovima različitih tretmana uzorkovanih u različitim fenofazama tijekom vegetacije.....	44
Tablica 11. Prinos grožđa po trsu i hektaru ovisno o primjenjenim folijarnim tretmanima .	46
Tablica 12. Korelacija sadržaja elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i prinosa grožđa	47
Tablica 13. Sadržaj kvascu dostupnog dušika u moštovima različitih tretmana folijarne primjene otopina	48
Tablica 14. Sadržaj šećera u moštovima različitih tretmana folijarne primjene otopina.....	49
Tablica 15. Korelacija elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i sadržaja šećera glukoze i fruktoze u moštovima	50
Tablica 16. Sadržaj organskih kiselina u moštu proučavanih tretmana folijarne primjene otopina.....	51
Tablica 17. Korelacija sadržaja elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i organskih kiselina u moštovima	52
Tablica 18. Sadržaj aminokiselina u moštovima različitih tretmana folijarne primjene otopina (mg/L)	54

Tablica 19. Sadržaj aromatskih spojeva u moštu ($\mu\text{g/L}$) različitih tretmana folijarne primjene otopina.....	56
Tablica 20. Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina različitih tretmana folijarne primjene otopina.....	59
Tablica 21. Prosječne ocjene vina različitih tretmana ocijenjenih O.I.V. metodom 100 bodova.....	60
Tablica 22. Korelacija sadržaja elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i senzorne ocjene vina po O.I.V. metodi 100 bodova	61
Tablica 23. Rezultati kvantitativne deskriptivne analize vina različitih tretmana folijarne primjene različitih otopina	63
Tablica 24. Prikaz rangiranja vina različitih tretmana prema različitim mjerilima.....	65

Popis grafikona

Grafikon 1. Prikaz oborina i prosječnih mjesečnih temperatura u pokusnom vinogradu tijekom vegetacijskog perioda	35
Grafikon 2. Rezultati kvantitativne deskriptivne analize vina različitih tretmana folijarne primjene različitih otopina	64

Popis slika

Slika 1. Prikaz ostataka rezidbe prije pirolize te nastalog biougljena. (A) ostaci rezidbe prije pirolize; (B) ostaci rezidbe nakon pirolize	22
Slika 2. Prikaz postupka laboratorijskog pokusa folijarne primjene otopine biougljena i uree. (A) nanošenje folijarnih otopina prskanjem; (B) list nakon tretiranja; (C) list uronjen u vodu; (D) listovi na tresilici	24
Slika 3. Prikaz pripremljenih folijarnih otopina i postupka poljskog pokusa primjene folijarnih otopina u vinogradu sorte 'Malvazija istarska'	26
Slika 4. Kontrolirana fermentacija moštova različitih tretmana iz pokusnog vinograda	28

1. UVOD

Vinova loza je najrasprostranjenija voćna vrsta u svijetu, koja s ukupnom proizvodnjom od gotovo 7,4 milijuna hektara globalno nadmašuje sve druge voćne vrste (Maletić i sur., 2008; O.I.V., 2015). Ukupna proizvodna površina vinove loze u Hrvatskoj iznosi 19 tisuća hektara (Hapih.hr, 2019). Regija Hrvatska Istra dobro je poznata po proizvodnji vina, a glavna bijela sorta grožđa je 'Malvazija istarska'. Istarski vinogradari progresivno uvode nove prakse upravljanja vinogradima s ciljem postizanja bolje kvalitete grožđa uz smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Klimatske promjene predstavljaju dominantan izazov za vinogradarstvo u nadolazećim desetljećima (Fraga i sur., 2016, 2012; Giorgi i Lionello, 2008; Schultz, 2010), a globalno zatopljenje jedna je od najvećih prijetnji, posebno zato što porast temperature zraka posljedično uzrokuje sušu i nestašicu vode (Schultz, 2010), što u konačnici utječe na kvalitetu grožđa. U vinogradarskoj praksi, posebnu važnost ima upravljanje vegetativnim i generativnim razvojem vinove loze (Salomé i sur., 2016), a to uključuje i zahvat zimske rezidbe vinove loze, čime nastaju velike količine rezidbenih ostataka koji potencijalno mogu doprinijeti zagađenju voda i tla diljem svijeta (Parlavecchia i sur., 2019). Obzirom na to da vinova loza proizvede 2 - 5 tona rezidbenih ostataka po hektaru godišnje, ovisno o gustoći sadnje, klimi i bujnosti sorte grožđa (Guerrero i sur., 2016), lako se može izračunati da godišnja količina iznosi 14,8 - 37 milijuna tona globalno, i 38 - 95 tisuća tona na području Hrvatske. U proizvodnji se mogu pronaći različiti načini zbrinjavanja rezidbenih ostataka vinove loze. Iako se ostaci rezidbe vinove loze mogu koristiti kao izvor polifenola (Zwengelstein i sur., 2020), lignina i bioetanola (Dávila i sur., 2019), kao aditiv u proizvodnji vina (Cebrián-Tarancón i sur., 2019a), materijal za proizvodnju iverice i papira (Jiménez i sur., 2006; Wong i sur., 2020), izvor spojeva za kozmetičku industriju (Moreira i sur., 2020) itd., uglavnom se spaljuju ili sjeckaju i malčiraju, a te prakse mogu imati negativne učinke na okoliš. Spaljivanje ostataka rezidbe smatra se kontroverznim zbog doprinosa emisiji stakleničkih plinova, dok se sjeckanje i korištenje kao malč smatra visokorizičnim u pogledu suzbijanja štetnika i bolesti (Benyei i sur., 2018). Pizzi i sur. (2018) utvrdili su kako otvoreno paljenje rezidbenih ostataka iz vinograda može emitirati 137 kilotona CO i 13,7 kilotona ukupnih lebdećih čestica. Kao alternativa, piroliza organskih ostataka i korištenje njenog krutog proizvoda, poznatog kao biougljen, kao poboljšivača tla privlači sve veću pozornost (Sánchez-García i sur., 2019). Biougljen je tvar bogata ugljikom koja se proizvodi pirolizom različitih organskih materijala u uvjetima ograničenog kisika (Sun i sur., 2022). Zanimanje za primjenu biougljena putem tla rezultat je iznenađujućih rezultata istraživanja koji ističu veće zadržavanje vode i hranivih tvari u tlu

(Sánchez-García i sur., 2019), a primjena biougljena pojavljuje se i kao vrlo obećavajuća metoda u rješavanju višestrukih problema istovremeno (Kumar i Bhattacharya, 2021). Iako su istraživanja povezana s biougljenom najčešće usmjerena ka proučavanju primjene putem tla ili remedijaciji teških metala, postoje obećavajući rezultati primjene biougljena u otopinama za folijarnu primjenu (Abd Elwahed i sur., 2019; Mahmoud i El-Tanahy, 2022; Y. Wang i sur., 2015).

1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

Hipoteze:

- Dodatak biougljena u otopinu za folijarnu primjenu pozitivno će utjecati na usvajanje hraniva od strane lista vinove loze 'Malvazije istarske';
- Dodatak biougljena u otopinu za folijarnu primjenu pozitivno će utjecati na fizikalno-kemijski sastav mošta i vina 'Malvazije istarske'.

Ciljevi:

- Utvrditi utjecaj dodatka biougljena u otopinu za folijarnu primjenu na usvajanje hraniva od strane lista vinove loze 'Malvazije istarske';
- Utvrditi utjecaj dodatka biougljena u otopinu za folijarnu primjenu na fizikalno-kemijski sastav mošta i vina 'Malvazije istarske'.

2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE

2.1. Rezidbeni ostaci vinove loze

Vinova loza proizvede 2 - 5 tona rezidbenih ostataka po hektaru godišnje, ovisno o gustoći sadnje, klimi i bujnosti sorte grožđa (Guerrero i sur., 2016). Danas se briga za okoliš povećala u smjeru upravljanja i revalorizacije otpada (Cebrián i sur., 2017). Ostaci rezidbe najvažniji su otpad u vinogradarstvu, a zbog njihovog velikog potencijala i nedovoljnog iskorištavanja, nedavna istraživanja usmjerena su ka pronalaženju inovativnih načina upotrebe ostataka koji se smatraju resursom, a ne otpadom (Azuaara i sur., 2017; Briones i sur., 2015; Vecino i sur., 2015). Rezidbeni ostaci se mogu kompostirati (Lampraki i sur., 2023), koristiti za ogrjev, biogorivo, proizvodnju peleta, sječke ili iverice (Kulišić i sur., 2020; Wong i sur., 2020), kao dodatak u vinifikaciji (Cebrián-Tarancón i sur., 2019b), u ekstrakciji bioaktivnih molekula (Çetin i sur., 2011; Houillé i sur., 2015; Ju i sur., 2016). Jedno od tih rješenja jest svakako pretvorba ostataka rezidbe vinove loze u biougljen (Nunes i sur., 2021).

2.2. Proizvodnja i upotreba biougljena

Biougljen je heterogena tvar bogata ugljikom i mineralima. Proizveden je pirolizom biomase u kontroliranim uvjetima slabije ili bez pristupačnosti kisika, korištenjem 'čiste' tehnologije i koristi se u bilo koju svrhu koja ne uključuje njegovu brzu mineralizaciju do CO₂ te kao poboljšivač tla (EBC, 2022). Pirolizom organskog materijala dobivamo biougljen, biouglje te pirolitičke plinove (bioplin). Proizvodi pirolize dobivaju se reakcijama primarne razgradnje organskog materijala (uglavnom hemiceluloze, celuloze i lignina) i reakcijama sekundarne razgradnje primarnih materijala (npr. rasplinjavanje (reformacija s CO₂, H₂ i parom) organskih hlapljivih spojeva koji se mogu kondenzirati i ugljika iz biougljena, pucanje kondenzirajućih organskih hlapljivih spojeva, aromatizacija biougljena) u plinove niske molekularne mase i ugljik (Dobre i sur., 2012, 2010; Parvulescu i sur., 2016). Sastav i svojstva biougljena, biouglja i pirolitičkih plinova ovise o različitim čimbenicima, npr. vrsti pirolize i parametrima pirolize (brzina zagrijavanja, konačna temperatura procesa, vrijeme zadržavanja hlapljivih tvari pirolize ili brzina protoka plina nosača), vrsti, veličini i pripremi organskog materijala te dizajnu reaktora (D. Anđelini i sur., 2023; El Hanandeh i sur., 2021; Janu i sur., 2021; Liu i sur., 2017; Mlonka-Mędrala i sur., 2021; Tian i sur., 2021; Tomczyk i sur., 2020; Usino i sur., 2021).

Primjena biougljena u poljoprivrednim tlima posljednjih se godina smatra korisnim i to zbog povećanja produktivnosti usjeva i plodnosti tla (Major i sur., 2010; Vaccari i sur., 2011.), smanjenja ispiranja hranivih tvari (Laird i sur., 2010), sekvestracije organskog ugljika (Ventura i sur., 2014), smanjenja emisija stakleničkih plinova koji nisu CO₂ (Zheng i sur., 2012) te povećanja vodnog kapaciteta tla (Basso i sur., 2013; Case i sur., 2012).

Primjenjuje se kao poboljšivač tla (Molnár i sur., 2016), u obradi vode (Gupta i Gupta, 2022), stočarstvu (Schmidt i sur., 2019), kao adsorbent polifenola (Prelac i sur., 2023a, 2023b) i ostalo. Primjena biougljena u poljoprivrednim tlima poboljšava plodnost tla i produktivnost usjeva kroz bolju retenciju hranjivih tvari i strukturu tla (Jeffery i sur., 2011). Tla obogaćena biougljenom pokazuju smanjeno ispiranje hranjivih tvari, pesticida i teških metala (Beesley i sur., 2011), kao i kada se koristi u obradi otpadnih voda (Yao i sur., 2013). Biougljen ima visok potencijal za ublažavanje emisije stakleničkih plinova sekvestracijom ugljika u tlu tijekom dugog perioda, čime doprinosi naporima uložnim u ublažavanje klimatskih promjena (van Zwieten i sur., 2010).

Iako su istraživanja povezana s biougljenom najčešće usmjerena ka proučavanju primjene putem tla ili remedijaciji teških metala, postoje obećavajući rezultati primjene biougljena u otopinama za folijarnu primjenu (Abd Elwahed i sur., 2019; Mahmoud i El-Tanahy, 2022; Y. Wang i sur., 2015).

2.3. Folijarna prihrana vinove loze

Gnojidba je jedan od najvažnijih faktora u vinogradarstvu koji utječu na produktivnost vinograda i kvalitetu grožđa i vina (Lasa i sur., 2012). Folijarna gnojiva se često koriste u poljoprivrednoj proizvodnji kako bi se nadopunila gnojidba putem tla, posebno u trenucima kada uvjeti u tlu za usvajanje hraniva nisu najpogodniji te kada je potrebno brzo usvajanje (stres od tuče, niskih ili previsokih temperatura, itd.) (Fernández i Brown, 2013). Dušik može činiti 1 - 4 % suhe tvari vinove loze te ima ključnu ulogu u razvoju biljaka, kao komponenta DNK, proteina, klorofila i aminokiselina (Jackson, 2008; Verdenal i sur., 2016), a urea je jedan od najčešće korištenih N gnojiva u svijetu, čineći otprilike 60% potrošnje dušičnih gnojiva prema statistici (Glibert i sur., 2014). U poljoprivrednim sustavima, mineralni dušik je uglavnom podlozan gubicima kroz isparavanje amonijaka, ispiranje i denitrifikaciju (Cameron i sur., 2013), a svi ti gubici dušika mogu uzrokovati probleme zagađenja, pa zbog prekomjerne upotrebe dušičnih gnojiva u tlima, folijarna gnojidba postaje sve popularnija (Liu i sur., 2014), ne kao zamjena za gnojidbu tla, već za poboljšanje usvajanja i

učinkovitosti primijenjenih hranjivih tvari (Lasa i sur., 2012). Stoga se folijarna gnojdba općenito preporučuje za opskrbu dodatnim dušikom (N), magnezijem (Mg) i mikrohranivima, kao i fosforom (P), kalijem (K) i sumporom (S) (Alshaal i El-Ramady, 2017).

Palčić i sur. (2020) utvrdili su kako je, zbog učestalog nedostatka dušika u vinogradarskim tlima, važno osigurati dovoljne količine slobodnih aminokiselina u moštu. Sadržaj kvascu dostupnog dušika (YAN) u moštu je ključan faktor u kinetici fermentacije (Bell i Henschke, 2005). Mnogi genetski čimbenici (kultivar, podloga, klon), okoliš (klima, tlo) i upravljanje vinogradom (tlo, ampelotehnički zahvati, navodnjavanje, vrijeme berbe) mogu za posljedicu imati nezadovoljavajući sadržaj YAN-a u grožđu (Bell i Henschke, 2005; Garde-Cerdán i sur., 2018). Utvrđeno je kako primjena dušika putem tla učinkovito povećava YAN u grožđu (Bell i sur., 1979; Bell, 1994), ali navedena opcija može biti skupa i imati ozbiljne ekonomske i ekološke negativne posljedice (Strebel i sur., 1989). Kao što je navedeno, folijarna primjena dušika općenito se smatra ekološki prihvatljivijom u usporedbi s primjenom putem tla jer izravno cilja na biljku (Fernandez i Eichert, 2009) smanjujući rizik od ispiranja nitrata (Dong i sur., 2005). Canoura i sur. (2018) izvijestili su kako je folijarna prihrana dušikom učinkovitija u povećanju koncentracije YAN-a u grožđu u usporedbi s primjenom putem tla, ali i kako učinkovitost folijarne prihrane ovisi o vremenu primjene (Lasa i sur., 2012). Janjanin i sur. (2016) navode kako su folijarna gnojiva korištena u pokusu (NPK 7-20-30, NPK s aminokiselinama i NPK s amonijevim nitratom) bila djelomično učinkovita u podizanju razine dušika u listu, dok je folijarno tretiranje ureom (1 % masa/volumen) signifikantno povećalo sadržaj dušika u listu. Navedena istraživanja iznose potrebu promjene načina upravljanja ishranom vinove loze.

Mineralne se tvari preko lista usvajaju kroz kutikulu i epidermalne stanice, stanice zapornice puči i dlačice na listu. Kutikula ima ulogu zaštite od UV zračenja, dehidracije, prašine, mikroorganizama i drugih atmosferskih zagađivača. Sastav i struktura kutikule utječu na njezinu propustljivost, zbog toga kutikula predstavlja prepreku znatnijem usvajanju i ograničavajući je čimbenik koji utječe na brzinu procesa usvajanja hraniva folijarno (Oosterhuis, 2009). Elementi nakon usvajanja pokazuju različitu mogućnost kretanja u biljci pa se dijele na pokretljive (N, Ca, Na, Mg, P, S i Cl), osrednje pokretljive (Fe, Mn, Zn, Cu i Mo) i teško pokretljive (Ca i B) (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Višestruka primjena folijarnih gnojiva niske koncentracije aktivne tvari često rezultiraju najpovoljnijom reakcijom biljaka (Patil i Chetan, 2016). Alshaal i El-Ramady (2017) iznose kako je u vrijeme tretiranja najpovoljnija temperatura zraka oko 21 °C (18 – 29 °C) s relativnom vlagom zraka većom od 70 % te kako može doći do smanjenja učinkovitosti primjene folijarnih preparata ako nastupi kiša unutar 24 - 48 sati nakon tretiranja.

u svrhu dodatka dušika vinovoj lozi folijarnim putem najčešće se u praksi primjenjuje urea, prvenstveno zbog svoje visoke topljivosti i niskih troškova. Dosadašnja istraživanja navode kako primjena uree folijarnim putem utječe na dušični i aminokiselinski sastav mošta, flavonoide, stilbene i aromatske spojeve u moštu (Garde-Cerdán i sur., 2015; Gutiérrez-Gamboa i sur., 2017; Lasa i sur., 2012; Portu i sur., 2015).

Aminokiseline se sastoje od amino grupe (koja ima visok pH) i karboksilne grupe (nizak pH) te centralno smještenog atoma ugljika. Ovisno o položaju amino grupe, mogu biti L- i D-aminokiseline, a biljka može iskoristiti samo slobodne L-aminokiseline. Aminokiseline imaju nisku molekularnu masu, nije potrebna dodatna energija za njihovo usvajanje, lako penetriraju u list te ne ovise o aktivnosti klorofila (Ilhami Köksal i sur., 1999; Pecha i sur., 2012). Postoji gotovo 250 različitih aminokiselina, od kojih 20 ima fiziološki važnu ulogu u metabolizmu biljaka. Najčešće se primjenjuju folijarno, ali se mogu primijeniti i kroz sustav fertirigacije jer je njihovo usvajanje preko korijena dobro, a utječu i na mikrobiološku aktivnost tla (Bulgari i sur., 2015; du Jardin, 2015; Gluhić, 2020; Yakhin i sur., 2017). Na sadržaj aminokiselina u biljci utječu različiti čimbenici. Na primjer, na sadržaj prolina u biljci utječu abiotiski stresovi poput suše i visoke temperature, mraza i tuče (Gluhić, 2020), godišnje oborine, intenzitet sunčeve svjetlosti te stupanj zrelosti grožđa (Roubelakis-Angelakis i Kliewer, 1992). Koncentracija prolina između ranog i kasnog roka berbe iste sorte može se razlikovati dva do šest puta (Roubelakis-Angelakis i Kliewer, 1992).

Zbog svega navedenog, adekvatan način upotrebe gnojiva je vrlo važan te može donijeti ekološke i ekonomske koristi (Peuke, 2009).

2.4. Fotosintetska aktivnost i vodni potencijal lista vinove loze

Fotosintetski aktivno zračenje uključuje valne duljine svjetlosti u rasponu 400 - 700 nm. Postoji nekoliko mogućih putanja svjetlosti do zelenih, fotosintetski aktivnih, dijelova vinove loze. Izravna svjetlost, koja dolazi direktno od Sunca te difuzna svjetlost koja dolazi iz ostatka hemisfere, dva su glavna izvora svjetlosti za fotosintezu. Manji dio svjetlosti otpada na svjetlost reflektiranu od tla ili okoline. Unutar krošnje vinove loze svi listovi apsorbiraju difuznu svjetlost, dok samo neki apsorbiraju i izravnu svjetlost. Brzina fotosinteze ovisi o ukupnoj gustoći svjetlosnog toka koji dolazi na površinu listova (Smart, 1974). Najčešće se analiziraju neto fotosintetska asimilacija (A) i koncentracija ugljičnog dioksida u listu (Ci), a dobivenim podacima stječe se uvid u fotosintetsku aktivnost lista biljke, što može biti jedan

od pokazatelja stresa biljke od različitih utjecaja poput nedostatka vode i hraniva, niskih temperatura ili napada bolesti i virusa.

Nedostatak vode u vinovoj lozi utječe na vegetativni i generativni rast na više načina, ovisno o ozbiljnost i trenutku nastupanja tijekom vegetacije (Scholasch i Rienth, 2019). Među dostupnim alatima za mjerenje razine vode u vinovoj lozi, metoda određivanja vodnog potencijala lista s pomoću mjerača vodnog potencijala, odnosno tlačne komore koju su predstavili Scholander i sur. (1965), do danas je ostala glavni alat za određivanje trenutka navodnjavanja u komercijalnim vinogradima (Williams, 2017), a koristi se i za kalibraciju tehnologija u razvoju poput infracrvene termometrije i dendrometrije, senzora vlage u tlu i senzora protoka biljnog soka (Conesa i sur., 2016; King i Shellie, 2016). Utvrđeno je kako je status vode u vinovoj lozi usko vezan uz vegetativni rast loze, reproduktivni rast, dozrijevanje grožđa i senzorne karakteristike vina (Matthews i sur., 1990). Vodni potencijal lista prvenstveno služi kao pokazatelj statusa vode u biljci u svrhu određivanja trenutka i obroka navodnjavanja vinograda. Svaki vinograd je drukčiji pa treba uzeti u obzir tip tla, dubinu i sadržaj vode u tlu, zahvate u vinogradu, klimu i kultivar. Ipak, utvrđene su određene referentne vrijednosti vodnog potencijala koji upućuje na razinu vodnog stresa u vinovoj lozi. Vrijednosti do -0,6 MPa ne predstavljaju stres loze, vrijednosti od -0,7 do -1,1 MPa označavaju blagi do srednji vodni deficit, od -1,2 do -1,6 MPa srednji do izraženi vodni deficit, dok vrijednosti preko -1,6 predstavljaju jaki vodni stres vinove loze (Deloire i sur., 2020).

2.5. Sadržaj elemenata u listu vinove loze

Sadržaj pojedinih elemenata u listu nije konstantan, već se mijenja tijekom vegetacijskog razdoblja. Osim toga, sadržaj elemenata ovisi o sorti, kemijskim svojstvima tla, vremenskim uvjetima te gnojidbi. Što se tiče apsolutnih vrijednosti pojedinih elemenata u listovima, kvaliteta grožđa i mošta više ovise o njihovim omjerima nego o sadržaju pojedinih elemenata (Slunjski i sur., 2012).

2.5.1. Dušik

Dušik je najvažniji makroelement u tlu za vinovu lozu. Dio je nukleinskih kiselina, enzima, aminokiselina i proteina koji sačinjavaju molekule klorofila, stoga utječe na prinos i sastav mošta (Barker i Pilbeam, 2007; Ough i Bell, 1980). Nitratni i amonijev oblik dušika glavni su izvori dušika za biljke. Nitrat je lako mobilan u biljkama i može se pohraniti u vakuolama, ali da bi se nitrat koristio za sintezu proteina i drugih organskih spojeva u biljkama, mora se

reducirati u amonijak. Za redukciju nitrata potreban je molibden kao kofaktor (Barker i Pilbeam, 2007). Vinova loza može akumulirati visoke koncentracije dušika u svojim tkivima pa se suvišak rijetko javlja. Ipak, prevelika opskrba dušikom može reducirati koncentraciju šećera u grožđu, povećati sadržaj jabučne kiseline i pH vrijednost te odgoditi dozrijevanje (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Nedostatak dušika očituje se smanjenjem bujnosti mladica i listova, dolazi do žućenja vegetativnih dijelova zbog oslabjelog fotosintetskog potencijala, što ima za posljedicu i smanjenu sintezu šećera (Peuke, 2009). Koncentracija dušika u različitim organima vinove loze mijenja se tijekom vegetacije, u ranijim fazama se nalazi u višim koncentracijama, ali se prema kraju vegetacije koncentracija smanjuje. Koncentracija dušika u listu u pravilu nije povezana s povećanom bujnošću i prinosem. Zbog visoke pokretljivosti u biljci, sadržaj dušika u lišću može varirati i do 40 % tijekom dana, a jedan od razloga je i osjetljivost na intenzitet svjetlosti i trajanje dana (Holzapfel i sur., 2019; Spayd i sur., 2000; Verdenal i sur., 2021). Kao element u vinovoj lozi predstavlja otprilike 1,5 % suhe tvari (Verdenal i sur., 2021), a smatra se da sadržaj dušika u listovima vinove loze općenito daje dobar pokazatelj stanja dušične ishrane vinove loze (Conradie, 2017). U lišću se u fenofazi cvatnje nalazi u koncentraciji 2,50 – 3,50 % te u fenofazi šare bobica 2,25 – 3,25 % u uvjetima zapadnog dijela Sjedinjenih Američkih Država (Davenport i Horneck, 2011). Fregoni (2013) iznosi vrijednosti dušika u listu u vrijeme fenofaze šare bobica u koncentraciji 1,60 – 2,65 %, za područje sjeverne Italije, koje je Istri po tipu tla i klimi sličnije.

2.5.2. Kalcij

Kalcij je u biljci glavna sastavnica stanične stijenke, čiju propusnost i regulira (Marschner, 2011). Aktivator je brojnih enzimatskih reakcija, reagira i s pektinima, čime pospješuje i time smanjuje njihovu rastezljivost, a služi i za prenošenje signala u stanici. Mlade stanične stijenke sadrže male količine Ca^{2+} , no starenjem se u njih ugrađuje sve više Ca^{2+} (Lazarević i Poljak, 2019). Simptomi nedostatka izgledaju kao uske nekrotične pruge uzduž lisnih rubova, koje se mogu proširiti i na peteljku, a može se pojaviti i vršna trulež grozdova. Češće se javlja suvišak kalcija, u slučaju kada u tlu imamo veće količine fiziološki aktivnog vapna pa se javlja kloroza (Jackson, 2008).

2.5.3. Kalij

Kalij je esencijalni element, važan za rast vinove loze, sastav bobice te za kvalitetu mošta i vina. Glavni je kation (K^+) u biljci, stoga je uključen u neutralizaciju negativnog naboja i

organskih kiselina te doprinosi turgoru i pokretima biljke poput rada puči i pomicanja listova. Kalij se u tlu sporo premješta, ali je u biljci lako pokretljiv. Vinova loza usvoji 60% kalija u periodu od početka vegetacije do cvatnje, a ostatak od šare bobica do pune zrelosti (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Kako se kalij u velikim količinama iznosi iz vinograda berbom grožđa (Barker i Pilbeam, 2007), često se javljaju nedostaci. Također, posljednjih godina razina kalija u bobicama grožđa u vrijeme berbe raste, a kiseline opadaju (Walker i Blackmore, 2012). Nedostatak kalija očituje se u usporenom rastu, smanjenoj površini lista, usporenom rastu korijena, odumiranju korijenovih dlačica što smanjuje otpornost na sušu. Listovi poprimaju metalno sjajnu boju, a najdonji listovi na mladici se uvijaju prema dolje, što u vrijeme pune zrelosti može podsjećati na simptome napada virusa (Maceljski i sur., 2021).

2.5.4. Magnezij

Magnezij je neophodan za biosintezu klorofila, centralni je atom klorofila, aktivira enzimske procese, stabilizira ribosome, nukleinske kiseline i staničnu stijenu (Mengel i Kirby, 2001). Nedostatak magnezija se na vinovoj lozi uočava kao klasična međužilna kloroza, odnosno žućenje listova, i to prvenstveno bazalnih. Nedostatak se javlja češće na alkalnim tlima i pjeskovitim tlima s velikom količinom oborina (Ćustić i sur., 2008). Postoji pozitivna korelacija s dušikom, fosforom i sumporom u smislu usvajanja hraniva. S druge strane, kalij i kalcij se ponašaju antagonistički s magnezijem (Barker i Pilbeam, 2007).

2.5.5. Fosfor

U vinogradarskim tlima zalihe fosfora su male, a usvajanje je relativno sporo u odnosu na većinu drugih hraniva, prvenstveno zbog slabe topivosti u tlu (Barker i Pilbeam, 2007). Fosfor povoljno djeluje na kakvoću, ranije dozrijevanje grožđa i potpunije dozrijevanje drva. Povećava otpornost na niske temperature te povoljno djeluje na razvoj korijenova sustava, povećavajući time otpornost na sušu i kondiciju cijelog trsa. U biljci je lako pokretljiv, a u tlu se sporo i teško premješta u niže slojeve prema korijenu (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). U slučaju nedostatka fosfora, oplodnja je poremećena, smanjuje se prinos i kakvoća grožđa te se u proljeće i jesen usporava vegetacija. Promjena boje se uočava najprije na najstarijem lišću i to od rubova plojke. Kod bijelih sorata listovi poprimaju žuto-smeđu boju, a kod crnih sorata crvenkasto-ljubičastu. Listovi se uvijaju prema naličju, a peteljka postaje ljubičasta (Maceljski i sur., 2021). Poznata je i povezanost fosfora s drugim elementima,

poput kalija, gdje nedostatak fosfora limitira usvajanje kalija. Nitratni oblik dušika primjenjen zajedno s fosforom pospješuje usvajanje oba hraniva, a antagonistički učinak postoji s kalcijem i magnezijem, zbog vezivanja s fosforom, što je izraženije u alkalnim tlima (Barker i Pilbeam, 2007).

2.5.6. Sumpor

Sumpor u biljci ima važnu ulogu u mnogim procesima, a sadrže ga esencijalne aminokiseline cistein i metionin pa je prisutan u svim proteinima. Uključen je u fotosintezu, sintezu glutamata, fiksaciju dušikovog iona i redukciju nitrata. Svojstva ugljika i dušika u biljci ovise o usvajanju i asimilaciji dovoljnih količina sumpora. Tradicionalno, vinova loza dobivala je velike količine sumpora iz bakrovog (II) sulfata i elementarnog sumpora koji su se koristili kao fungicid, no uvođenjem novih preparata za zaštitu vinove loze, sve je učestalija pojava nedostatka sumpora. Nedostatak sumpora može biti ograničavajući čimbenik prinosa i kvalitete (Amâncio i sur., 2009), a dovodi i do značajnog smanjenja novoasimiliranih aminokiselina u usporedbi sa situacijama kada je sumpor dostupan u dovoljnoj količini, pri čemu je najveće smanjenje primjetno u mladim listovima. Međutim, nedostatak sumpora uzrokuje povećanje ukupnih slobodnih aminokiselina, ali smanjuje cistein i glutation, osobito u korijenu i mladim listovima. U nedostatku sumpora, vinova loza stvara veće količine antocijana i *trans*-resveratrola te aminokiseline asparagina (Amâncio, 2015). Rezerve sumpora, koje se nalaze u vakuolama, nisu adekvatan izvor sumpora u slučaju nedostatka zbog spore mobilizacije, stoga se mogu javiti simptomi nedostatka, iako zapravo sumpora ima dovoljno u biljci (Barker i Pilbeam, 2007).

2.5.7. Bor

Bor ima važnu ulogu u rastu stanice, sintezi nukleinskih kiselina, funkciji membrane i reakcijama stanice na hormone, te je vrlo važan za ugljikohidrate i reproduktivnost vinove loze. Nedostatak bora očituje se najprije u mlađim listovima uz simptome žućenja rubova listova i međužilne kloroze koja prelazi u nekrozu (Barker i Pilbeam, 2007). Može doći i do nekroze grozdova i truleži korijena te do gubitka apikalne dominacije biljke. Nedostatak bora u oplodnji rezultira neoplođenim sjemenim zamecima pa se javljaju rehljavni grozdovi (Lazarević i Poljak, 2019).

2.5.8. Bakar

Bakar u biljci ima funkciju u procesu fotosinteze i respiratornom prijenosu elektrona. Također, ključan je za formiranje stanične stijenke, detoksifikaciju reaktivnih oblika kisika, osjetljivost na etilen i za sintezu polifenola. Dostupnost bakra u tlu smanjuje se iznad pH 7,0 jer blago alkalni uvjeti tla potiču vezanje bakra za kemijske komponente tla. Suprotno tome, dostupnost bakra povećava se u kiselim uvjetima tla zbog povećanja koncentracije bakrovih iona u otopini tla. Koncentracija bakra u listu se uglavnom kreće u rasponu od 5 do 20 mg/kg, no njegove koncentracije u listu vinove loze uglavnom su više, zbog učestale upotrebe sredstava za zaštitu bilja na bazi spojeva s bakrom. Upravo iz tog razloga, češće se javlja suvišak i fitotoksičnost bakra u biljci. Simptomi uključuju međužilnu klorozu, smanjenje korijenovog sustava, mladica, dužine peteljke i veličine lista. Antagonizam između bakra i željeza moguć je u slučaju prevelike koncentracije bakra (Barker i Pilbeam, 2007).

2.5.9. Željezo

Željezo je dio lanca za prijenos elektrona u mitohondriju i kloroplastu, a svojstvo željeza da sudjeluje u oksidacijskim i redukcijskim reakcijama je važno u metabolizmu biljaka (Marschner, 2011). Nedostatak željeza se očituje kao međužilna kloroza na listovima, a uviđa se i smanjena niža koncentracija CO₂ u listu, zbog smanjenog protoka puči, ali i fiksacije CO₂ u listu (Bertamini i Nedunchezian, 2005). Isti autori navode kako nedostatak željeza ima za rezultat smanjenu efektivnost klorofila, smanjenu lisnu površinu, niži sadržaj suhe tvari i utjecaj na fiziološke procese, koji za rezultat imaju odbacivanje cvatova i plodova. Postoji interakcija željeza s kalijem, čiji sadržaj je vezan uz razinu željeza u biljci i antagonizam s kalcijem na alkalnim tlima koji ga inaktivira. Također, sadržaj dušika ima utjecaj na sadržaj željeza, a amonijski oblik utječe povoljnije od nitratnog (Barker i Pilbeam, 2007).

2.5.10. Mangan

Mangan ima važnu ulogu u mnogim metaboličkim procesima, uključujući fotosintezu, disanje, sintezu proteina i aktivaciju hormona (Burnell, 1988). Fiziološke potrebe biljke za manganom su niske, ali usvajanje Mn²⁺ iona prekoračuje potrebe biljke, što ukazuje na lošu regulaciju usvajanja mangana (Clarkson, 1988). Ion Mn²⁺ ima slična svojstva kao alkalni

kationi poput Ca^{2+} i Mg^{2+} te teški metali poput Zn^{2+} i Fe^{2+} ; stoga ti ioni utječu na unos i transport mangana, a nedostatak jednog elementa može značajno povećati unos jednog ili više drugih elemenata (Marschner, 2011). Kloroza izazvana nedostatkom mangana javlja se uglavnom na alkalnim tlima, a najbolje se rješava folijarnom primjenom mangana (Čoga i sur., 2010).

2.5.11. Molibden

Molibden je esencijalni mikroelement za rast i razvoj biljaka. Potreban je za specifične biljne enzime koji sudjeluju u oksidacijskim i redukcijskim reakcijama. Zbog svoje uloge u fiksaciji dušika, redukciji nitrata i transportu dušika, molibden igra ključnu ulogu u metabolizmu dušika kod biljaka. Usvajanje molibdena u biljkama poboljšano je prisutnošću fosfora, dok ga dostupni sumpor u tlu smanjuje. Kod vinove loze, nedostatak molibdena se smatra glavnim uzrokom *millerandage*-a, slučaja kada se grozdovi ne razvijaju jednoliko (Williams i sur., 2004). Također, javlja se i drastično smanjenje veličine listova te nepravilnosti u formiranju lisne plojke. Zbog visoke pokretljivosti u provodnim tkivima biljke, folijarna primjena molibdenom najučinkovitiji je način opskrbe biljaka ovim elementom. Učinkovitost folijarnih primjena ovisi o prodiranju molibdena kroz kutikulu, unosu u stanice i transportu kroz provodna tkiva (Zoz i sur., 2012). Folijarne primjene molibdena najučinkovitije su kada se primjenjuju u ranim fazama razvoja biljaka, u količinama do 200 g/ha molibdena (Škarpa i sur., 2013). Folijarna primjena molibdena daleko je učinkovitija od primjene u kisela tla (Marschner, 2011) ili u sušnim uvjetima (Gupta, 1979).

2.5.12. Natrij

Natrij sudjeluje u regeneraciji fosfoenolpiruvata (PEP), supstrata koji služi za predfiksaciju CO_2 za fotosintezu. U nedostatku natrija dolazi do kloroze i nekroze na listovima (Lazarević i Poljak, 2019). Natrij vinova loza usvaja iz tla, a može ga usvojiti i putem lista, u slučaju posolice vinograda posađenih u blizini mora. Problem sa suviškom javlja se u zaslanjenim tlima. Postoje interakcije kalija, kalcija i silicija s natrijem, što je vrlo važno u reguliranju otpornosti na stres soli u biljci. Natrij može i djelomično zamijeniti kalij u osmoregulaciji stanice (Barker i Pilbeam, 2007).

2.5.13. Silicij

Silicij je drugi najzastupljeniji element, kako po težini tako i po broju atoma, u zemljinoj kori. Budući da silicijevi dioksidi čine više od 50 % tla, sve biljke ukorijenjene u tlo, sadržavat će silicij u svojim tkivima i to u velikom rasponu, od 0,1 do 10 % suhe tvari (Feng i Takahashi, 2002). Međutim, utjecaju silicija na rast biljaka dugo se nije pridavala pažnja, prvenstveno zbog činjenice da simptomi nedostatka silicija nisu lako vidljivi kod biljaka (Marschner, 2011). Utvrđeno je kako silicij igra važnu u povećanju otpornosti biljaka na biotičke i abiotičke stresove, uključujući bolesti, štetnike, sušu i neravnotežu hranjivih tvari te kako je korist silicija izraženija u uvjetima stresa biljke, poput oluja, niskih temperatura i nedovoljne insolacije tijekom ljetnih mjeseci (Feng i Takahashi, 2002). Utječe na čvrstoću i debljinu staničnih stijenki što rezultira jačom barijerom za prolazak bolesti i štetnika unutar biljke (Marschner, 2011). Silicij ima i utjecaj na korijenov sustav, tako što utječe na povećanje mase i gustoće korijena te na nadzemnu biomasu i prinos (Epstein 2009, Liang i sur. 2015, Debona i sur. 2017).

2.5.14. Cink

U biljkama se cink nalazi isključivo kao Zn^{2+} ion i ne sudjeluje u reakcijama oksidacije i redukcije. Cink je potreban u strukturi i funkciji velikog broja enzima. Nedostatak cinka ima za posljedicu usporeni rast, nekrozu pojedinih dijelova biljke, nerazvijene listove i neispravno zametanje plodova (Delrot i sur., 2010). U biljaka s nedostatkom cinka, smanjuje se sinteza proteina, a nakupljaju se slobodne aminokiseline. Primijećeno je kako biljke s nedostatkom cinka nakupljaju veće količine fosfora, željeza, mangana i bakra (Marschner, 2011).

2.6. Kemijski sastav mošta

2.6.1. Kvascu dostupan dušik

Sadržaj dušika u moštu utječe na razvoj i umnažanje stanica kvasaca tijekom alkoholne fermentacije, definira kinetiku alkoholne fermentacije i utječe na stvaranje fermentacijskih spojeva, poput viših alkohola i estera. Mošt s niskim sadržajem dušika može imati problema u fermentaciji jer može doći do zastoja ili spore fermentacije, što se često javlja kao problem u vinarstvu (Gutiérrez-Gamboa i sur., 2019). Kvasac može iskoristiti samo neke oblike

dušika za svoj rast i razvoj, pa se zbog toga on navodi kao kvascu dostupan dušik (*yeast assimilable nitrogen*, YAN). U YAN ulaze amonijevi kationi i aminokiseline osim prolina. Nedostatak YAN-a može se pojaviti u slučaju suše, također kao posljedica asfiksije korijena u slabo dreniranim tlima, ili previše bujnog i kompetitivnog biljnog pokrivača u vinogradu. Fermentacijom moštova s nedovoljnim sadržajem YAN-a često se dobivaju teška vina s malo voćnosti i potencijala za starenje (Ribéreau-Gayon i sur., 2006).

2.6.2. Šećeri

Šećeri se nalaze odmah iza vode po udjelu u bobici, a formiraju se u procesu fotosinteze u kloroplastima iz ugljikovog dioksida i vode djelovanjem sunčeve svjetlosti. Ovaj se proces kod vinove loze najvećim dijelom odvija u lišću, a djelomično i u ostalim zelenim dijelovima trsa, među kojima sudjeluje i bobica dok je zelena i u sebi ima klorofila. Šećeri su tipični ugljikohidrati, a s obzirom na broj monomernih jedinica se dijele na monosaharide, oligosaharide i polisaharide. U skupinu monosaharida ubrajaju se pentoze te količinski najzastupljeniji i najznačajniji šećeri heksoze – glukoza i fruktoza (Herjavec, 2019). Od fenofaze šare bobica, a tijekom dozrijevanja grožđa, sadržaj glukoze i fruktoze se povećava i nakuplja u vakuolama pulpe i kožice bobice (Robinson i Davies, 2000). Konačni sadržaj šećera ovisi o opterećenju vinove loze, broju mladica, lisnoj masi, zdravstvenom stanju vinove loze, dostupnosti vode te trenutku berbe (González-Barreiro i sur., 2015). Tijekom alkoholne fermentacije, šećeri iz grožđa se s pomoću kvasca pretvaraju u jednake udjele alkohola i ugljičnog dioksida. Sadržaj alkohola u vinu ovisi o stupnju zrelosti grožđa i sadržaju šećera u moštu. Maksimalni sadržaj ukupnih šećera u moštu može dostići 23-24 °Brixa, a veći sadržaj može biti rezultat prosušivanja i koncentriranja šećera (Orak, 2009). Zoričić (1996) iznosi kako je u grožđu više glukoze, ali se dozrijevanjem taj odnos postupno mijenja u korist fruktoze te kako je u punoj zrelosti sadržaj oba šećera podjednak. Ribéreau-Gayon i sur. (2006) iznose kako je odnos glukoza/fruktoza u početku pune zrelosti jednak 1, dok se tijekom pune zrelosti on može kretati u rasponu 0,9 – 1.

2.6.3. Organske kiseline

Organske kiseline i njihov međusobni odnos značajno sudjeluju u formiranju kakvoće okusa pri čemu će vina s nižim koncentracijama pojedinih kiselina biti okusno prazna i tupa, potencijalno mikrobiološki nestabilna, dok će vina s prenatlašenom kiselošću biti gruba i neharmonična (Mato i sur., 2005). Vinska, jabučna i limunska kiselina glavne su kiseline u

grožđu i vinu te ujedno imaju i najvažniju ulogu u formiranju kiselinskog profila. U vrijeme berbe grožđa, preko 90 % ukupne kiselosti zauzimaju jabučna i vinska kiselina. Vinska kiselina je najzastupljenija kiselina, čije se koncentracije u grožđu kreću u rasponu između 4,5 i 10 g/L (Ribéreau-Gayon i sur., 2006), te je poprilično stabilna tijekom dozrijevanja jer je grožđe ne koristi u procesu disanja. Potpuno suprotno, jabučna kiselina ima najveću koncentraciju u vrijeme šare bobbe te se smanjuje s dozrijevanjem, ovisno o temperaturi, viša temperatura utječe na veći pad koncentracije u grožđu. Koncentracija u grožđu je u pravilu od 1,0 do 6,5 g /L, a za razliku od vinske kiseline, mikrobiološki je nestabilna te rezultat njene razgradnje ne mora uvijek biti pozitivan sa stajališta kvalitete vina. Limunska kiselina se nalazi u grožđu u malim količinama, između 0,5 i 1,0 g/L (Kalathenos i sur., 1995), a kao međuprodukt Krebsovog ciklusa ima ključnu funkciju u biokemijskim procesima u stanicama grožđa, kao i u metabolizmu bakterija i kvasca. Međutim, tijekom alkoholne fermentacije i neke druge organske kiseline kao što su jantarna, piruvična, mliječna i octena kiselina, mogu nastati radom kvasaca i/ili bakterija i time direktno utjecati na kiselinski profil vina (Jagatić Korenika i sur., 2020). Pojedinačne organske kiseline zastupljene u grožđu imaju različita organoleptička svojstva, pa utjecaj organskih kiselina stoga nije povezan samo s ukupnom kiselošću i pH, već i specifičnom koncentracijom svake kiseline u vinu (Chidi i sur., 2018).

2.6.4. Aminokiseline

Aminokiseline su uz amonijak, glavni dušični spojevi koji mogu biti asimilirani od strane kvasaca, a samim time i njihova koncentracija u moštu može značajno utjecati na kvalitetu vina. Mošt u prosjeku sadrži 20 aminokiselina koje zajedno predstavljaju 30 – 40 % ukupnog dušika (Jagatić Korenika i sur., 2023), a nedostatak dušika može izazvati zastoje ili prestanak fermentacije (Arias-Gil i sur., 2007). Pojedine aminokiseline prekursori su spojeva viših alkohola i estera koji doprinose aromi konačnog vina (Bell i Henschke, 2005; Garde-Cerdán i Ancín-Azpilicueta, 2008; Hernández-Orte i sur., 2005). Ough i Bell (1980) tvrde kako u moštu nema dovoljno aminokiselina za formiranje viših alkohola tijekom fermentacije, ali su kvasci u stanju sami sintetizirati sve potrebne aminokiseline iz amonijskog oblika dušika. U slučaju kada je on glavni izvor dušika vrijednosti formiranih viših alkohola vrlo su niske (60 mg/L). Međutim, kada kvascu na raspolaganju stoji samo dušik iz aminokiselina dolazi do značajnog povećanja nastalih viših alkohola (od 300 do 600 mg/L). Razlog tome je što nedostatkom amonijaka kvasci nadomještaju manjak slobodnog dušika putem deaminacije i transaminacije pri čemu ostavljaju neiskorištene kosture molekula ugljika koje zatim pretvaraju u više alkohole (Ribéreau-Gayon i sur.,

2006). S druge strane, vina s povišenom količinom ostatka dušika imaju veći rizik od mikrobiološke nestabilnosti, uz moguće stvaranje etil karbamata i biogenih amina, koji su negativni spojevi po pitanju kvalitete vina (Moreno-Arribas i Polo, 2009; Ribéreau-Gayon i sur., 2006; Uthurry i sur., 2007).

Aminokiseline poput arginina i prolina najzastupljenije su u moštu, pri čemu njihov omjer varira ovisno o sorti grožđa, klimatskim uvjetima i tehnološkim postupcima uzgoja grožđa. Slijede ih alanin, asparagin, asparaginska kiselina, glutaminska kiselina, serin, treonin... Arginin je, iako važan za metabolizam kvasaca, prepoznat kao potencijalni preduvjet za nastanak etil karbamata tijekom procesa sazrijevanja vina. Osim toga, prisutnost aminokiselina može utjecati na brzinu fermentacije, jer pojedine aminokiseline kvasci preferiraju više nego druge, čime se može modulirati dinamika fermentacijskog procesa. Istraživanja su pokazala da niske koncentracije aminokiselina mogu biti ograničavajući faktor u stvaranju estera, što direktno utječe na aromatski profil vina. S druge strane, visoke koncentracije pojedinih aminokiselina povezane su s razvojem neželjenih mana vina poput "miševine" (Snowdon i sur., 2006) ili povećanja sadržaja biogenih amina (Miličević i sur., 2017).

2.6.5. Aromatski spojevi u moštu

Dušični, fenolni i aromatski sadržaj grožđa ima važnu ulogu u konačnoj kvaliteti vina. Aroma mošta dolazi od viših alkohola, estera, terpena, pirazina, fenola, aldehida i sortnih tiola. Aromatski sastav i njihova koncentracija vrlo su važni, a koncentracija pojedinih spojeva ima posebnu važnost na aromatski profil (He i sur., 2023). Čini se da bobice grožđa nemaju anatomske strukture za pohranu lipofilnih hlapljivih organskih spojeva. Umjesto toga, ti se spojevi obično pohranjuju kao vodotopivi glikozidi ili kao konjugati s aminokiselinama poput cisteina (Des Gachons i sur., 2000). Glikozidaze i peptidaze koje oslobađaju hlapljive aromatične spojeve iz ovih vodotopivih oblika igraju ključnu ulogu u određivanju okusa i arome vina.

Aromatski spojevi koji potječu iz grožđa značajno utječu na senzorni profil budućeg vina. Primarnu sortnu aromu čine spojevi koji potječu izravno iz grožđa poput monoterpena, norizoprenoida, fenilpropanoida, metoksipirazina, te hlapivih sumpornih spojeva (Ebeler i Thorngate, 2009; González-Barreiro i sur., 2015). Primarni aromatski spojevi zaduženi su za karakterističnu aromu vina određenog kultivara, a u vino prelaze iz grožđa nepromijenjeni, odnosno fermentacija nema utjecaja na njih. Aromatskoj prepoznatljivosti

sorte najviše doprinose monoterpeni (Ribéreau-Gayon i sur., 2006) te C₁₃ norizoprenoidi (Mateo i Jiménez, 2000).

Viši alkoholi mogu pozitivno utjecati na miris nearomatičnih kultivara, a najčešće se izdvajaju 1-heksanol i cis-3-heksen-1-ol (Guth, 1997; Moyano i sur., 2009). Značajni su i 2-etil-1-heksanol, benzilni alkohol, 2-feniletanol (Cabaroglu i sur., 1997; Jackson, 2008). Kvantitativno su najznačajniji alifatski viši alkoholi 1-propanol (miris zrelog voća), izobutilni alkohol, amilni alkohol i izoamilni alkohol (miris otapala) te aromatski alkohol 2-fenil etanol (miris cvijeća, ruža) (Jackson, 2008). Viši alkoholi doprinose kompleksnosti arome vina, no veće koncentracije uzrokuju nepoželjne mirise (Barbosa i sur., 2009; Bell i Henschke, 2005).

Esteri su aromatski spojevi koji nastaju kao produkti kondenzacije organskih kiselina i alkohola (alifatski esteri) ili fenola (fenolni esteri). Identificirano je više od 160 estera od kojih se većina javlja tek u tragovima, dok samo nekoliko češćih prelazi prag senzorne detekcije. Među alifatske estere ubrajamo acetatne i etilne estere, a posebno su značajni etilni esteri, ugodne voćne arome, koje stvaraju etanol i nezasićene masne ili organske kiseline (Jackson, 2008). Glavni predstavnici su etil heksanoat, etil oktanoat i etil dekanat (Barbosa i sur., 2009; Boulton i sur., 1999). Aroma etilnih estera se mijenja s povećanjem duljine lanca, od voćne preko sapunaste do mirisa masti, kada njihova prisutnost više nije poželjna u aromi vina. Acetatni esteri poput etil acetata, izoamil acetata, izobutil acetata, 2-feniletil acetata i heksil acetata nastaju reakcijom između octene kiseline i viših alkohola (Boulton i sur., 1999; Ferreira i sur., 1995; Jackson, 2008). Izoamil acetat posjeduje miris banane, stoga se i naziva voćni ester. Zajedno s etilnim esterima iskazuje pozitivan sinergistički učinak na miris vina (Ferreira, 2010). Esteri se sintetiziraju u grožđu, ali u koncentracijama koje nisu senzorno značajne za razliku od većine koju stvaraju kvasci tijekom alkoholne fermentacije i zbog čega estere i smatramo dijelom fermentacijske arome vina. Formiranje estera niže je kod moštava sa niskim sadržajem aminokiselina koji su glavni prekursori u formiranju estera. Veza između estera i sadržaja aminokiselina uglavnom je vezana uz sadržaj arginina, glutamata i glutamina pošto one čine najveću frakciju aminokiselina koje kvasci koriste u fermentaciji (Thurston i sur., 1981).

C₁₃ norizoprenoidi su grupa aromatskih spojeva koji su nastali iz karotenoida u grožđu. Iako se u grožđu nalaze u tragovima, njihov prag detekcije je vrlo nizak. Stoga, značajno doprinose aromatskom profilu pojedinih sorata kao što su Chardonnay, Chenin blanc, Semillon, Sauvignon blanc, Cabernet Sauvignon i Syrah (Ebeler i Thorngate, 2009). Poput monoterpena, veliki dio norizoprenoida se u grožđu nalaze u nehlapivom glikozidnom

obliku, te se oslobađaju tijekom fermentacije i dozrijevanja. Monoterpeni, C₁₃ norizoprenoidi, esteri i benzenoidni spojevi ponajviše daju vinu sortne arome (González-Barreiro i sur., 2015). C₁₃ norizoprenoidi su među najintenzivnijim aromatskim spojevima koji se mogu naći u grožđu te kao takvi, imaju značajan utjecaj na cvjetne arome u vinu, a to su najčešće spojevi poput linalola, α -terpineola, nerola, geraniola, citronelola, β -damaskenona, i β -ionona (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). S druge strane, spojevi poput heksanala i 1-heksanola u višim koncentracijama u vinu daju herbalne, često nepoželjne arome (Gutiérrez-Gamboa i sur., 2019).

Terpeni su sortni spojevi koji su najviše proučavani u grožđu vinove loze, a do sada ih je detektirano 40-ak. Ova grupa spojeva uvelike je zaslužna za primarne ili sortne arome grožđa i vina, uglavnom voćne i cvjetne arome, a poneki spojevi daju i smolaste arome (farnesol). Najveći doprinos primarnoj aromi vina daju monoterpeni koji se u vinu najvećim dijelom nalaze u slobodnom (hlapivom) obliku, a u grožđu i u slobodnom i u vezanom glikozidnom obliku. Vezani terpeni predstavljaju „aromatsku rezervu“ jer se njihovom hidrolizom glikozidne veze oslobađaju slobodni oblici monoterpena koji direktno utječu na aromu vina. Neki od najizraženijih su monoterpenski alkoholi poput linalola, α -terpineola i citronelola. Mirisni pragovi monoterpena su prilično niski, a najmirisniji su citronelol i linalol, iako je sveukupno aromatično djelovanje monoterpena sinergističko (Ribéreau-Gayon i sur., 2006).

Masne kiseline se u moštu stvaraju u većim količinama iz moštova bogatijim aminokiselinama, a takva vina imaju zbog toga niži udio viših alkohola (Rapp i Versini, 1995). Najzastupljenije su kapronska, kaprilna, kaprinska i laurinska.

Karbonilni spojevi u moštu dijele se na aldehide i ketone. Acetaldehid je najvažniji karbonilni spoj u moštu, a slijede ga aldehidi etanal, propanal, oktanal te ketoni propanon, butanon i pentanon (Ribéreau-Gayon i sur., 2006).

Za praćenje dozrijevanja grožđa koriste se klasični parametri temeljeni na postotku topljivih tvari, šećera, titracijske kiselosti, pH vrijednosti i boje. Korisnost ovih pokazatelja je ograničena, jer pružaju samo osnovne informacije relevantne za potencijalnu kvalitetu vina. Ipak, njihovo praćenje je neophodno. Na primjer, svake godine se širom svijeta troše milijuni eura kako bi se spriječilo da ukupna kiselost u berbi bude previsoka, što je često slučaj u hladnijim podnebljima poput Kanade i Njemačke, ili preniska, što je često slučaj u toplijim podnebljima poput velikog dijela Španjolske i Australije, gdje se jabučna kiselina brže metabolizira. Za detaljnije informacije o razvoju sortnih karakteristika tijekom sazrijevanja

grožđa koriste se analize fenola, karotenoida i/ili hlapljivih spojeva (Coelho i sur., 2009). Kod bijelih sorti promjene u koncentracijama hlapljivih spojeva tijekom sazrijevanja razlikuju se ovisno o sorti, što otežava određivanje zrelosti na temelju sadržaja sortnih hlapljivih spojeva (García i sur., 2003).

2.7. Fizikalno-kemijski sastav vina

Fizikalno-kemijska analiza obuhvaća svojstva vina o kojima izravno utječe njegova kvaliteta, a to su sadržaj alkohola, ukupna i hlapiva kiselost, pH vrijednost i reducirajući šećeri. Navedena svojstva pod utjecajem su velikog broja čimbenika poput sorte, agrotehničkih i ampelotehničkih zahvata te uvjeta tijekom fermentacije (Jagatić Korenika i sur., 2019).

Alkoholi u vinu nastaju razgradnjom šećera, aminokiselina i pektina, a uključuju u najvećoj mjeri etanol, zatim više alkohole i metanol (Herjavec, 2019). Sadržaj alkohola u vinima kultivara Malvazija istarska kreće se u rasponu 10,8 - 14,3 % vol. (Peršurić i sur., 2004).

Ukupna kiselost vina je rezultat odnosa između slobodnih organskih kiselina (jabučna i vinska kiselina) i organskih kiselina neutraliziranih K⁺ ionom te njihovih soli i drugih kiselih tvari koje se mogu titrirati bazom (Villette i sur., 2020), a u Malvaziji istarskoj se najčešće kreće u rasponu 5,50 – 9,20 g/L (Peršurić i sur., 2004). Izražava se u g/L kao vinska kiselina.

Hlapiva kiselost vina nastaje kao sekundarni produkt alkoholnog vrenja ili u procesu octene fermentacije vina. Utječe na senzorna svojstva vina, u malim koncentracijama kod nekih stilova vina može biti i poželjna, ali u pravilu je nepoželjna u vinu. Izražava se u g/L kao octena kiselina (Herjavec, 2019).

Vrijednost pH je povezana s ukupnom kiselosti vina, ali ne predstavlja isto i nisu u potpunosti linearno povezane. Biološka, tartaratna i proteinska stabilnost te malolaktička fermentacija samo su neka od svojstava na koja pH vrijednost ima utjecaj. Bijela mirna vina u pravilu imaju pH u rasponu 3,0 - 3,3, a crna 3,3 – 3,6 (Jackson, 2008), dok vina kultivara Malvazija istarska najčešće imaju pH vrijednost 3,05 - 3,20 (Peršurić i sur., 2004).

Reducirajući šećeri predstavljaju ostatak šećera u vinu nakon završetka alkoholne fermentacije, a u senzornom smislu mogu utjecati na punoću okusa vina. Prema ostatku šećera mirna se vina dijele na suha (<4 g/L), polusuha (4 – 12 g/L), poluslatka (12 – 50 g/L)

i slatka (> 50 g/L). *Pravilnik o proizvodnji vina* (2005) navodi i kako se te granice mogu pomicati ovisno o omjeru šećera i ukupne kiselosti.

2.8. Senzorna svojstva vina

U vinu se nalazi nekoliko stotina različitih kemijskih spojeva i gotovo svako od njih svojim prisustvom može utjecati na kakvoću vina. Uz koncentraciju pojedinih sastojaka vina od velikog značaja su i njihovi međusobni odnosi. Rezultati kemijske i senzorne analize međusobno se nadopunjavaju čime se dolazi do potpunijeg uvida u svojstva i kakvoću vina. Prilikom senzorne analize, molekule aromatskih spojeva hlape iz vina, a potom orthonazalnim (kroz nos) i retronazalnim (kroz usta) putevima dopijevaju do okusnih pupoljaka i receptora te stimuliraju percepciju odgovarajućeg mirisa čiji intenzitet i kvaliteta najviše ovisi o njihovoj prirodi i koncentraciji (Pittari i sur., 2021). Na senzornu strukturu vina utječe složeno međudjelovanje različitih čimbenika i spojeva, uključujući šećere, kiseline, fenolne i hlapljive spojeve (Orbanić i sur., 2023), a kvalitetu vina određuju parametri poput intenziteta boje, aromatskog profila, kompleksnosti okusa, *mouthfeel*-a i sveukupnog dojma vina (Korenika i sur., 2021). Bez obzira na mjesto i cilj provođenja ocjenjivanja vina ono se mora provoditi prema za to predviđenim pravilima i uvjetima poput odgovarajuće prostorije koja mora biti svijetla, prozračna, izolirana od buke i umjereno zagrijana, bez stranih mirisa, a temperatura vina mora biti odgovarajuća kao i čaša za ocjenjivanje. Ocjenjivanje vina trebaju provoditi educirane osobe s iskustvom (Jackson, 2009).

3. MATERIJALI I METODE RADA

3.1. Proizvodnja biougljena

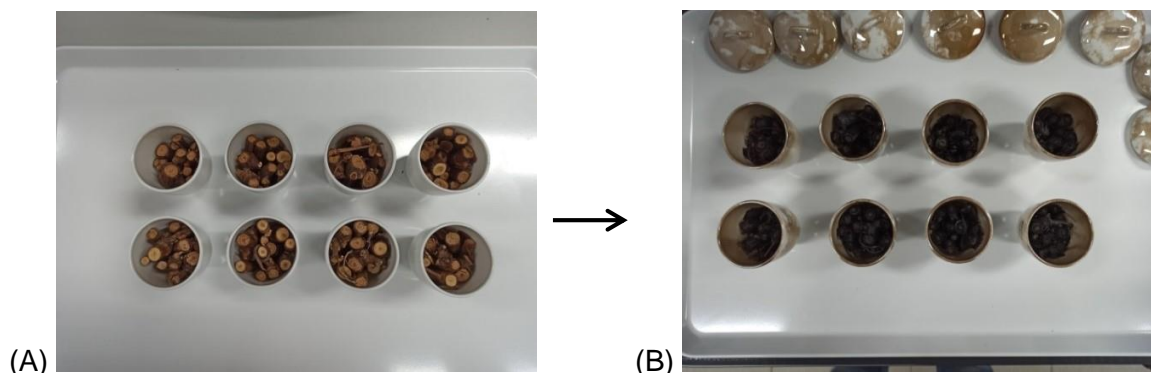
Biougljen je proizveden pirolizom ostataka rezidbe vinove loze, sakupljenih iz nasada Malvazije istarske na Institutu za poljoprivredu i turizam (Poreč, Hrvatska). Rezidbeni ostaci su sakupljeni iz vinograda nakon zimske rezidbe te prosušeni na 105 °C u sušioniku (Memmert UF110, Memmert GmbH Schwabach, Njemačka). Fizikalno-kemijska svojstva ostataka rezidbe prikazana su u tablici 1., a analize su provedene u triplikatu iz reprezentativnog uzorka sakupljenog u vinogradu

Tablica 1. Fizikalno-kemijska svojstva i sadržaj elemenata u ostacima rezidbe vinove loze korištenim u procesu proizvodnje biougljena za folijarnu primjenu

Svojstvo	Mjerna jedinica	Vrijednost
pH	/	5,28 ± 0,02
EC	μS/cm	2348 ± 39,4
pepeo	%	3,49 ± 0,01
ukupni ugljik (TC)	%	44,5 ± 0,37
SSA	m ² g ⁻¹	1,04 ± 0,01
N	%	0,61 ± 0,06
P	g/kg	0,66 ± 0,03
K	g/kg	10,0 ± 0,88
Mg	g/kg	0,90 ± 0,08
S	g/kg	0,32 ± 0,02
Ca	g/kg	5,55 ± 0,76
Cu	mg/kg	3,54 ± 0,76
Mn	mg/kg	18,6 ± 2,84
Mo	mg/kg	0,18 ± 0,02
Pb	mg/kg	n.d.
Se	mg/kg	0,04 ± 0,24
Zn	mg/kg	6,65 ± 2,29

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška triju ponavljanja, a dobiveni su jednosmjernim ANOVA testom. Oznaka n.d. predstavlja nije detektirano.

Biougljen je proizveden koristeći mufolnu peć (Nabertherm Muffle Furnace L9/11/B410, Nabertherm GmbH, Lilienthal, Njemačka). Ostaci rezidbe vinove loze postavljeni su u keramičke posudice s keramičkim poklopcima (slika 1a) kako bi se minimalizirao doticaj materijala s kisikom. Korišten je sljedeći program pirolize: podizanje temperature za 10 °C/min do maksimalne temperature od 400 °C, držanje temperature jedan sat te brzo hlađenje na sobnoj temperaturi. Nakon hlađenja, biougljen (slika 1b) je usitnjen u tarioniku te prosijan kroz sito veličine 74 μm kako bi čestice biougljena nesmetano prolazile kroz dizne prskalice korištene za primjenu suspenzija u pokusu.



Slika 1. Prikaz ostataka rezidbe prije pirolize te nastalog biougljena. (A) ostaci rezidbe prije pirolize; (B) ostaci rezidbe nakon pirolize

3.2. Analiza biougljena

Analiza pH vrijednosti biougljena provedena je prema DIN ISO 10390 normi. Ukratko, 5 mL biougljena pomiješano je s 25 mL (omjer 1:5; v/v) 0,01 M CaCl_2 i rotirano 1 sat. Vrijednost pH izmjerena je pomoću pH metra (inoLab Multi 9310 IDS, Xylem Inc., Washington, WA, SAD).

Električna vodljivost (EC) biougljena izmjerena je miješanjem 1 g uzorka s 25 mL deionizirane vode i rotiranjem 1 sat (omjer 1:25; m/v). EC je izmjerena u dobivenoj suspenziji pomoću EC metra (FiveGo F3, Mettler Toledo AG, Columbus, OH, SAD).

Ukupni sadržaj ugljika (TC) u biougjenu detektiran je sagorijevanjem 50 mg mljevenog uzorka u jedinici za sagorijevanje čvrstih uzoraka (SSM-5000A) na TOC-L analizatoru (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

Specifična površina (SSA) određena je adsorpcijom dušika pri temperaturi tekućeg dušika od $-196\text{ }^\circ\text{C}$ prema Brunauer–Emmett–Teller (BET) metodi (Brunauer i sur., 1938). Za analizu biougljena korišten je Gemini 2380 analizator površine (Micromeritics, Norcross, GA, SAD).

Biougljen je usitnjen u tarioniku i razoren mikrovalno potpomognutom digestijom koristeći u prvom koraku 6 mL HNO_3 , 2 mL H_2O_2 i 0,4 mL HF uz 100 mg uzorka. U drugom koraku dodano je 5 mL H_3BO_3 u svrhu neutralizacije HF kiseline. Dobiveni digestat analizirao se na sadržaj pojedinih makro i mikroelemenata koristeći Optički emisijski spektrometar uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-OES, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

Sadržaj dušika (N) u biougjenu određen je Kjeldahl metodom (Kjeldahl, 1883). Za digestiju je korišten 1 g samljevenog uzorka, 12 mL H_2SO_4 i 2 KJTabs™ tablete te je provedena

digestija na 420 °C u trajanju jedan sat. Nakon digestije i hlađenja, 30 mL H₃BO₄ i 50 mL NaOH korišteno je za destilaciju na UDK 149 analizatoru dušika (VELP Scientifica Srl., Usmate Velate, Italija). Titracija je provedena s 0,1 N HCl.

Površinska morfologija promatrana je pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa kombiniranog s pištoljem za emisiju polja (QUANTA 250 FEG—SEM, FEI Company, Hillsboro, OR, SAD).

3.3. Laboratorijski pokus

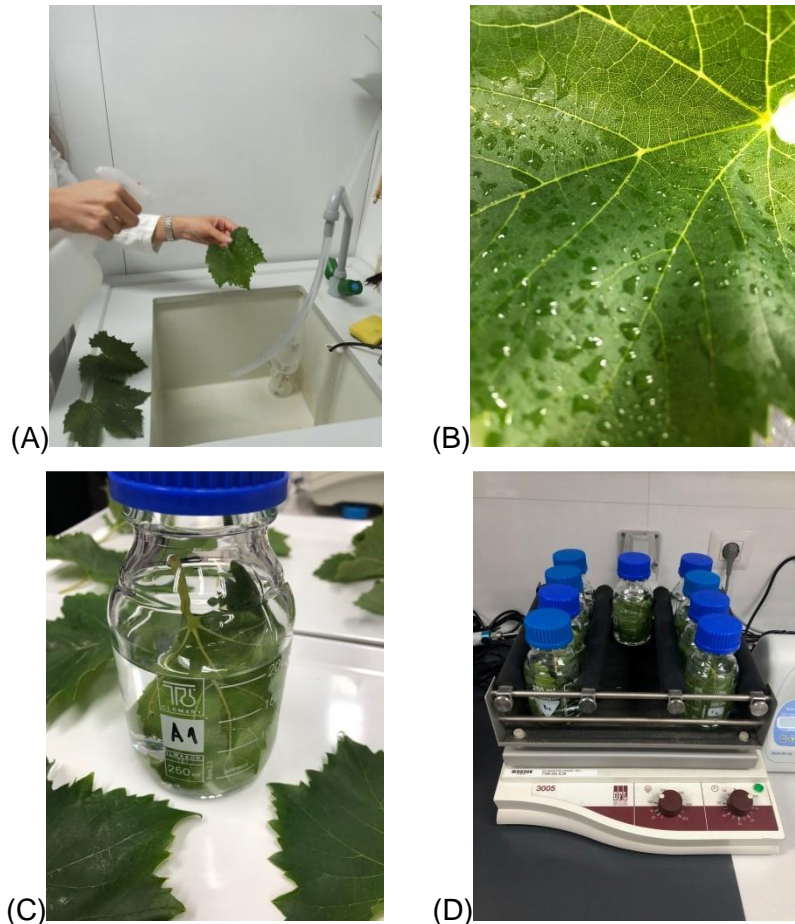
Prema Wang i sur. (2015) proveden je pokus folijarne primjene biougljena kao materijala koji će povećati adheziju dušičnih gnojiva. U pokusu je korištena urea (urea 46% N, Petrokemija d.d., Kutina, Hrvatska) zbog svoje učestale primjene, visokog sadržaja dušika te visoke topivosti i razine usvajanja.

Primijenjene su sljedeće otopine:

1. **B** – ultračista voda + biougljen 300 mg/L
2. **BU3%** – ultračista voda + biougljen 300 mg/L + urea 3 %
3. **BU5%** – ultračista voda + biougljen 300 mg/L + urea 5 %
4. **U3%** – ultračista voda + urea 3 %
5. **U5%** – ultračista voda + urea 5 %

Otopine su pripremljene ultrazvučnom obradom (300 W, 40 kHz) tijekom 10 minuta te analizirane na sadržaj ukupnog dušika korištenjem analizatora dušika TOC-TN (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Fotosintetski aktivni listovi vinove loze uzeti su nasumično, iz zone grozda, netom prije provođenja laboratorijskih pokusa. Volumen od 1 mL ispitivanih otopina s određenom koncentracijom dušika ravnomjerno je raspršen na list vinove loze s kutom apliciranja od 30 stupnjeva (slika 2.). Nakon 15 minuta, 5 mL ultračiste vode se ravnomjerno raspršilo na tretirani list kako bi se simulirale oborine i utvrdio potencijal biougljena na sprječavanje ispiranja folijarnih preparata. Nakon sušenja na zraku, list je uronjen u 20 mL ultra čiste vode i tresen 10 minuta pri 120 okretaja u minuti za ispiranje površinske otopine. Supernatant je analiziran na sadržaj ukupnog dušika koji predstavlja količinu dušika koja je podložna ispiranju s lista. Izračunata je i teoretska količina usvojenog dušika na temelju jednadžbe:

$$\text{Usvojeni } N = N \text{ u otopini} - \text{isprani } N \text{ u supernatantu}$$



Slika 2. Prikaz postupka laboratorijskog pokusa folijarne primjene otopina biougljena i uree. (A) nanošenje folijarnih otopina prskanjem; (B) list nakon tretiranja; (C) list uronjen u vodu; (D) listovi na tresilici

3.4. Poljski pokus folijarne primjene

Istraživanje je provedeno u pokusnom vinogradu Instituta za poljoprivredu i turizam (Poreč, Hrvatska; koordinate; 45.221756, 13.600339), u vegetacijskom razdoblju 2023. godine. U uzgoju vinove loze primjenjivale su se uobičajene agrotehničke mjere, a redovna folijarna prihrana se izostavila. Jednofaktorijalni poljski pokus postavio se prema slučajnom bloknom rasporedu na ujednačenim redovima vinograda zasađenog sortom 'Malvazija istarska', klon VCR4, u punoj rodnosti, uzgajanoj na podlozi SO4 s uzgojnim oblikom jednokraki Guyot i razmakom sadnje 0,8 m x 2,5 m.

Osnovnu pokusnu parcelu činilo je 7 uzastopnih trsova. Svaki tretman postavljen je u pet ponavljanja te se sa svake pokusne parcele uzimao reprezentativni uzorak. Sa svake strane reda, te između tretmana, ostavili su se trsovi izolacije.

Otopine za folijarnu primjenu pripremljene su 24 sata prije tretiranja (slika 3.) u sljedećim kombinacijama:

1. **K** – ultračista voda (kontrolni tretman)
2. **B300** – ultračista voda + biougljen (300 mg/L)
3. **U** – ultračista voda + urea (400 mg/L)
4. **BU** – ultračista voda + biougljen (300 mg/L) + urea (400 mg/L)
5. **A** – ultračista voda + aminokiseline (2 mL/L)
6. **BA** – ultračista voda + biougljen (300 mg/L) + aminokiseline (2 mL/L)
7. **BUA** – ultračista voda + biougljen (300 mg/L) + urea (200 mg/L) + aminokiseline (1 mL/L)
8. **B600** – ultračista voda + biougljen (600 mg/L)
9. **B1200** – ultračista voda + biougljen (1200 mg/L)

Količine uree (Urea 46 % N, Petrokemija d.d., Kutina, Hrvatska) u tretmanima izjednačile su se prema sadržaju dušika i preporučenoj dozi proizvođača aminokiselina. Preparat s aminokiselinama sadržavao je 7,56 % w/v dušika koji je u obliku aminokiselina (39,07 %) u sastavu; glicin (8,64 %), prolin (4,61 %), alanin (4,49 %), histidin (4,46 %), glutaminska kiselina (4,16 %), hidroksiprolin (3,13 %), asparaginska kiselina (1,96 %), leucin (1,42 %), lizin (1,23 %), fenilalanin (0,91 %), arginin (0,83 %), izoleucin (0,73 %), metionin (0,43 %), serin (0,24 %), cistein (0,16 %), treonin (0,11 %), triptofan (0,10 %), tirozin (0,31 %) i valin (1,15 %) (Drin, Green Haas Italia S.P.A, Canale, Italija).

Folijarni tretmani provodili su se u tri navrata, prvi u fenofazi cvatnje (F19, fenofaza 19 prema Coombe, 1995.), drugi u fenofazi zametanja bobica (F27, fenofaza 27 prema Coombe, 1995.) i treći u fenofazi šare bobica (F35, fenofaza 35 prema Coombe, 1995.).

Tretiranje je provedeno koristeći leđnu električnu prskalicu (V.black electron, Davide e Luigi Volpi S.p.a., Casalromano, Italija) kako bi se osigurala ujednačena primjena (slika 3). Tretmani su primijenjeni u ranim jutarnjim satima kako bi bilo dovoljno vremena za usvajanje preparata prije nastupanja intenzivne insolacije i visokih temperatura koje mogu uzrokovati opekline na listu.



Slika 3. Prikaz pripremljenih folijarnih otopina i postupka poljskog pokusa primjene folijarnih otopina u vinogradu sorte 'Malvazija istarska'

3.4.1. Analiza folijarnih otopina

U otopinama za folijarnu primjenu mjerene su pH vrijednost i električna vodljivost (EC) odmah po pripremi te 24 sata nakon, netom prije primjene u pokusnom vinogradu. Analiza pH vrijednosti otopina provedena je mjerenjem s pomoću pH metra (inoLab Multi 9310 IDS, Xylem Inc., Washington, WA, SAD), direktno u preparatima. Električna vodljivost (EC) otopina izmjerena je izravno u otopinama s pomoću EC metra (FiveGo F3, Mettler Toledo AG, Columbus, OH, SAD).

3.4.2. Meteorološki podaci u vegetaciji

Meteorološki podaci prikupljeni su uz pomoć automatske meteorološke postaje (Pinova Meteo, Pinova d.o.o., Čakovec, Hrvatska) smještene u pokusnom vinogradu. Prikupljeni su podaci o količini oborina i temperaturama za period vegetacije koji se računa od 1. travnja do 31. rujna. Također prikupljeni su i podaci o temperaturi zraka i lista te vlazi zraka u vrijeme primjene folijarnih otopina. Utvrđeni su i datumi posljednje kiše prije tretiranja te prve sljedeće po tretiranju.

3.4.3. Mjerenje parametara fotosintetske aktivnosti

Prije i nakon svakog tretiranja mjerili su se parametri fotosintetske aktivnosti lista i to neto fotosintetska asimilacija (A) i koncentracija ugljičnog dioksida u listu (Ci) s pomoću infracrvenog prijenosnog sustava za analizu fotosintetske aktivnosti LI-6800 (LI-COR Biosciences, Lincoln, NE, SAD). Listovi na kojima su se provodila mjerenja odabrani su

nasumično, među razvijenim listovima iz zone grozda. Sva mjerenja provedena su između 13:00 i 15:00 sati po lokalnom vremenu. Mjerenja su provedena pri konstantnom osvjetljenju (fotosintetski aktivno sunčevo zračenje (PAR) $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) i koncentraciji CO_2 ($400 \mu\text{mol mol}^{-1}$), temperatura zraka i relativna vlažnost (RH) bile su u rasponu od 25,4 do 28,0 °C i od 53,9 do 73,5 %, ovisno o vremenu mjerenja.

3.4.4. Mjerenje vodnog potencijala listova

Među razvijenim listovima iz zone grožđa, nasumičnim odabirom, listovi su stavljani u plastičnu vrećicu te im je peteljka prerezana oštrim skalpelom. U kratkom vremenu, par sekundi nakon rezanja, pozicionirani su u tlačnu komoru uređaja za mjerenje vodnog potencijala lista (Model 1000, PMS Instrument Company, Albany, OR, SAD) dok je peteljka lista ostavljena izvan komore (Levin, 2019). Prilikom primjene određene razine tlaka u komori, na prerezu peteljke lista pojavljuje se kapljica iz ksilema. Očitana vrijednost, ali s negativnim predznakom, označava podtlak koji vinova loza mora stvoriti kako bi usvajala vodu iz tla. Pojedinačni listovi s različitih pokusnih polja predstavljali su repeticije u mjerenju.

3.4.5. Analiza sadržaja elemenata u listu

Uzorkovanje listova iz zone grozda provodilo se u više navrata: I) prije prvog tretiranja, II) prije drugog tretiranja, III) prije trećeg tretiranja, IV) u punoj zrelosti. Listovi su se isprali u destiliranoj vodi kako bi se uklonile površinske rezidue pesticida i nečistoće. Listovi su potom sušeni na 105 °C do konstantne mase, samljeveni te razoreni mikrovalnom digestijom koristeći 6 mL HNO_3 i 2 mL H_2O_2 uz 250 mg uzorka. Nakon mikrovalne digestije, uzorci su kvantitativno preneseni u odmjerne posude i razrijeđeni s ultračistom vodom do volumena 25 mL. Uzorci su potom analizirani na sadržaj pojedinih makro i mikroelemenata koristeći Optički emisijski spektrometar uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-OES, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

Sadržaj dušika (N) u listu vinove loze određen je Kjeldahl metodom (Kjeldahl, 1883). Za digestiju je korišten 1 g samljevenog uzorka, 12 mL H_2SO_4 i 2 KJTabs™ tablete te je provedena digestija na 420 °C u trajanju jedan sat. Nakon digestije i hlađenja, 30 mL H_3BO_3 i 50 mL NaOH korišteno je za destilaciju na UDK 149 analizatoru dušika (VELP Scientifica Srl., Usmate Velate, Italija). Titracija je provedena s 0,1 N HCl.

3.5. Berba i pokus proizvodnje vina

Berba grožđa provedena je u fenofazi pune zrelosti (F38, fenofaza 38 prema Coombe, 1995.), odvojeno po tretmanima i repeticijama. Grožđe je brano ručno u plastične sanduke te u kratkom roku prerađeno kako bi se izbjegle neželjene reakcije u grožđu.

3.5.1. Mjerenje prinosa

Grožđe je brano u punoj zrelosti pojedinačno po tretmanima i repeticijama. Težina ubranog grožđa podijeljena je s brojem trsova te je dobiven prosjek po tretmanu.

3.5.2. Vinifikacija

Vinifikacija se odvijala u kontroliranim uvjetima, u prostorima Minivinifikacije Instituta za poljoprivredu i turizam Poreč (slika 4.). Grožđe je nakon muljanja i runjenja tretirano kalijevim metabisulfitom u koncentraciji 8 g/hL te je dodan pektolitički enzim (Lallzyme C-max, Lallemand, Montreal, Kanada) te je mošt podvrgnut taloženju na temperaturi od 12 °C tijekom 24 sata. Nakon pretoka bistrer frakcije mošta, uslijedila je inokulacija selekcioniranim sojem kvasca *Saccharomyces cerevisiae* var. *cerevisiae* Lalvin QA23 (Lallemand, Montréal, Kanada) u dozaciji 30 g/hL bez dodatka hrane i nutrijenata za kvasce, a u svrhu objektivnijeg uočavanja razlika među proučavanim tretmanima. Fermentacija je provedena na konstantnoj temperaturi od 16 °C.



Slika 4. Kontrolirana fermentacija moštova različitih tretmana iz pokusnog vinograda

3.5.3. Analiza kvascu dostupnog dušika u moštu

Razina kvascu dostupnog dušika u moštu (*Yeast assimilable nitrogen*, YAN) mjerena je s pomoću infracrvene spektroskopije s Fourierovom transformacijom (Lyza 5000 Wine, Anton Paar GmbH, Graz, Austrija).

3.5.4. Analiza šećera u moštu

Sadržaj glukoze i fruktoze u moštu određen je s pomoću HPLC-a koji se sastojao od uređaja za automatsko uzorkovanje (Shimadzu Nexera SIL-40CX3, Kyoto, Japan), pumpe (Shimadzu Nexera LC-40DX3, Kyoto, Japan), pećnice (Shimadzu Nexera CTO-40C, Kyoto, Japan) i detektora indeksa loma (Shimadzu RID-20A, Kyoto, Japan). Razdvajanje šećera postignuto je ubrizgavanjem 10 µL uzorka na kromatografsku kolonu dimenzije 300 × 8 mm, veličina čestica 9 µm, proizvođača Dr. Maisch (ReproGel Ca, Ammerbuch, Njemačka) temperiranu na 80 °C te koristeći deioniziranu vodu kao mobilnu fazu (0,6 ml/min, izokratno eluiranje). Identifikacija i kvantifikacija ispitivanih šećera provedena je usporedbom retencijskih vremena površine ispod pika s analitičkim standardima. Kalibracijske krivulje izrađene su ubrizgavanjem serijskih razrjeđenja ispitivanih šećera (0,25, 0,50, 1,00, 2,50, 5,00, 7,50 i 10,00 g/L glukoze i fruktoze) (M. Anđelini i sur., 2023).

3.5.1. Analiza pojedinačnih organskih kiselina i aminokiselina u moštu

Aminokiseline i organske kiseline analizirane su na LC-MS/MS, koji se sastojao od uređaja za automatsko uzorkovanje (Shimadzu Nexera SIL-40CX3, Kyoto Japan), dvije pumpe (Shimadzu Nexera LC-40DX3, Kyoto, Japan), pećnice (Shimadzu Nexera CTO-40C, Kyoto, Japan) i masenog spektrometra u konfiguraciji trostrukog kvadrupola (Shimadzu LCMS8045, Kyoto, Japan). Razdvajanje je provedeno na koloni Discovery HS F5-3, dimenzije 2,1 mm × 150 mm, veličine čestica 3 µm (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, MO, SAD) pri 37 °C ubrizgavanjem 1 µL uzorka koristeći linearni gradijent elucije mobilne faze A (voda/0,1% mravlja kiselina) i mobilne faze B (acetonitril/0,1 % mravlja kiselina) pri 0,25 mL/minuti, 0 min do 2 min: 100 % A; 2 min do 5 min: 100 % A do 75 % A; 5 min do 11 min: 75 % A do 65 % A; 11 min do 15 min: 65 % A do 5 % A; 15 min do 20 min: 5 % A; 20 do 20,1: 5 % A do 100 % A; i 20,1 min do 25 min: 100 % A. Identifikacija i kvantifikacija aminokiselina i organskih kiselina provedena je prema referentnim standardima.

3.5.2. Analiza aromatskih spojeva u moštu

Analiza hlapivih spojeva provedena je pomoću mikroekstrakcije na čvrstoj fazi-plinske kromatografije/masene spektrometrije (SPME-GC/MS). Ukupno 1 mL uzorka pomiješan je s 3 mL deionizirane vode obogaćene unutarnjim standardom, 2-oktanolom, u bočici volumena 10 mililitara i odmah zatvoren. SPME ekstrakcija provedena je pomoću automatskog uzorkivača (AOC6000, Shimadzu, Kyoto, Japan) s grijanim agitatorom temperiranim na 60 °C i 80 µm DVB/C-WR/PDMS Smart SPME vlaknom (Shimadzu, Kyoto, Japan). Predkondicioniranje vlakna trajalo je 10 minuta, inkubacija uzorka 30 minuta, a ekstrakcija uzorka 40 minuta. Razdvajanje hlapivih spojeva izvršeno je na Rxi 5-MS koloni (Restek, Bellefonte, PA, SAD). SPME vlakno desorbirano je 10 minuta u injektoru održavanom na 250 °C s protokom helija kroz kolonu od 1 mL po minuti i temperaturnim programom kako slijedi: zadržavanje na 40 °C tijekom 5 minuta, povećanje do 220 °C brzinom od 10 °C/min, povećanje do 300 °C brzinom od 15 °C/min, te zadržavanje na 300 °C tijekom 5 minuta (GC2030, Shimadzu, Kyoto, Japan). Parametri masene spektrometrije (TQ8040NX, Shimadzu, Kyoto, Japan) uključivali su temperaturu izvora iona od 280 °C, temperaturu sučelja od 300 °C, ionizaciju elektronskim udarom i raspon mase od 40 do 350 m/z. Kovačev indeks zadržavanja za svaki spoj izračunat je korištenjem mješavine standardnih alkana prema istom temperaturnom programu. Spojevi su identificirani korištenjem Kovačevog indeksa i NIST17 baze podataka. Dobivene površine pika normalizirane su prema unutarnjem standardu i izražene u mg/L.

3.5.3. Analiza osnovnog fizikalno-kemijskog sastava vina

Osnovna fizikalno-kemijska analiza vina uključuje određivanje sadržaja ukupnog alkohola, ukupnih kiselina i hlapivih kiselina, pH vrijednosti i reducirajući šećeri. Svi navedeni parametri mjereni su u vinu po završetku alkoholne fermentacije, neposredno nakon prvog pretoka vina, koristeći infracrvenu spektroskopiju s Fourierovom transformacijom (Lyza 5000 Wine, Anton Paar GmbH, Graz, Austrija). Uzorci su prije analiza filtrirani kako bi se otplinili te kako bi se eventualne nečistoće uklonile.

3.5.4. 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, a ocjenjivali su vina proizvedena iz pokusnog vinograda. Vina su ohlađena na 12 °C te poslužena ocjenjivačima randomiziranim redoslijedom, u triplikatu, pod kodnim šiframa. Povjerenstvo je ocjenjivalo vina O.I.V. metodom 100 pozitivnih bodova, kvantitativnom deskriptivnom analizom te metodom redoslijeda.

O.I.V. metodom 100 bodova ocjenjivači su ocjenjivali vizualna svojstva, miris i okus vina te dodijelili određeni broj bodova ovisno o intenzitetu i kakvoći svojstava unutar pojedine kategorije. Moguće je bilo dodijeliti bodove u rasponu 40 – 100 bodova.

Kvantitativnom deskriptivnom analizom ocjenjivao se intenzitet pojedinog senzornog svojstva vina korištenjem strukturirane skale s vrijednostima od 0 (svojstvo nije prisutno) do 10 bodova (svojstvo se intenzivno osjeti).

Metoda redoslijeda ima za cilj postaviti vina po redu, od najboljeg prema najlošijem, te ima dodijeliti bodove od 1 za najbolji uzorak do 9 za najlošiji.

3.5.5. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka provedena je korištenjem računalnog programa Statistica, verzija 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, SAD). Provedena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) te post-hoc analiza značajnih razlika Tukey testom (engl. *Honestly Significant Difference*) na razini značajnosti $p < 0,05$, u svrhu utvrđivanja razlika između srednjih vrijednosti sadržaja elemenata u listu vinove loze kroz vegetaciju kao i intenziteta fotosinteze, vodnog potencijala lista, prinosa grožđa, fizikalno-kemijskog sastava mošta i vina te senzornih svojstava vina. *Pearsonov* test korelacije (r) korišten je kako bi se utvrdio stupanj povezanosti između varijabli, u ovom slučaju između sadržaja različitih elemenata u listu i prinosa grožđa, sadržaja šećera u moštu, pojedinačnih organskih kiselina te između sadržaja različitih elemenata u listu i aminokiselina sa senzornim svojstvima vina. Jačina korelacije određena je prema klasifikaciji autora Cohen (1988) u kojoj se pozitivna korelacija ($r > 0$) dijeli na slabu pozitivnu korelaciju ($0,1 \leq r < 0,3$), umjerenu pozitivnu korelaciju ($0,3 \leq r < 0,5$) te jaku pozitivnu korelaciju ($r \geq 0,5$). Negativna korelacija se dijeli na slabu negativnu korelaciju ($-0,3 < r \leq -0,1$), umjerenu negativnu korelaciju ($-0,5 < r \leq -0,3$) te jaku negativnu korelaciju ($r \leq -0,5$).

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Fizikalno-kemijska svojstva biougljena

U tablici 2. prikazana su fizikalno-kemijska svojstva biougljena korištenog u pokusima. Biougljen je materijal visoke pH vrijednosti, u ovom slučaju 9,79 te visokog sadržaja ugljika od preko 73 % i elemenata poput kalcija (187 g/kg), dušika (1,06 %), fosfora (27,2 g/kg), kalija (22,8 g/kg), magnezija (27,5 g/kg) i sumpora (12,4 g/kg). Specifična površina biougljena (SSA) iznosila je 2,07 m²g⁻¹.

Tablica 2. Prikaz fizikalno-kemijskih svojstava biougljena korištenog u laboratorijskom i poljskom pokusu

Svojstvo	Mjerna jedinica	Vrijednost
pH	/	9,79 ± 0,05
EC	μS/cm	792 ± 65,9
pepeo	%	8,36 ± 0,01
ukupni ugljik (TC)	%	73,1 ± 0,43
SSA	m ² g ⁻¹	2,07 ± 0,14
N	%	1,06 ± 0,01
P	g/kg	27,2 ± 0,21
K	g/kg	22,8 ± 0,78
Mg	g/kg	27,5 ± 1,67
S	g/kg	12,4 ± 0,30
Ca	g/kg	187 ± 9,61
Cu	mg/kg	4,65 ± 0,25
Mn	mg/kg	6,56 ± 1,22
Mo	mg/kg	0,11 ± 0,00
Pb	mg/kg	0,37 ± 0,00
Se	mg/kg	0,05 ± 0,00
Zn	mg/kg	2,69 ± 0,01

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška triju ponavljanja, a dobiveni su jednosmjernim ANOVA testom.

4.2. Fizikalno-kemijska svojstva otopina za folijarnu primjenu

Nakon pripreme otopina za folijarnu primjenu u laboratorijskom pokusu, iste su analizirane na sadržaj ukupnog dušika, a čije vrijednosti su navedene u tablici 3. u obliku miligrama po litri (mg/L) te pretvorene u postotke (%) kako bi se vrijednosti lakše usporedile s postojećom literaturom gdje se dušik najčešće navodi u postocima.

Tablica 3. Vrijednosti ukupnog dušika u otopinama korištenim u laboratorijskom pokusu folijarne primjene

Preparat	Sastav preparata	TN mg/L	TN %
B	biougljen 300 mg/L	7,05 ± 0,07	0,001
BU3%	biougljen 300 mg/L + urea 3%	16999 ± 97,4	1,70
BU5%	biougljen 300 mg/L + urea 5%	25531 ± 217	2,55
U3%	urea 3%	16990 ± 71,9	1,70
U5%	urea 5%	25567 ± 148	2,56

B – biougljen 300 mg/L, BU3% – biougljen + urea 3%, BU5% – biougljen + urea 5%, U3% – urea 3%, U5% – urea 5%. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška triju ponavljanja, a dobiveni su jednosmjernim ANOVA testom.

4.3. Laboratorijski pokus

Sadržaj dušika koji se nalazio u supernatantu, odnosno isprana količina dušika s lista te usvojena količina, dobivena računanjem, prikazane su u tablici 4. Proučava li se usvojeni dušik, može se uočiti kako nije bilo signifikantne razlike između tretmana sušenih na zraku i onih na kojima se simulirala kiša. Usvojeni dušik bio je veći u tretmanima koji su sadržavali veću količinu dušika u otopinama, a dodatak biouglijena u otopinu uree nije utjecao na usvajanje. No, isprani dušik u supernatantu bio je signifikantno niži u tretmanima koji su sadržavali biougljen u kombinaciji s ureom. Ispiranje je također bilo veće u slučaju tretmana sušenih na zraku, naspram tretmana na kojima se simulirala kiša, osim u slučaju tretmana B.

Tablica 4. Količine ispranog dušika s listova vinove loze (mg/L) u laboratorijskom testu uz simulaciju sušenja na zraku i simulaciju kiše

	isprani N	usvojeni N
Folijarna otopina		
B	0,64 ± 0,07 d	6,41 ± 0,08 c
BU3%	44,1 ± 18,5 c	16955 ± 62,13 b
BU5%	56,2 ± 19,5 c	25475 ± 140 a
U3%	103 ± 42,1 b	16887 ± 64,2 b
U5%	184 ± 75,7 a	25383 ± 118 a
<i>p vrijednost</i>	***	***
Tretman		
sušeno na zraku	146 ± 32,5 a	16873 ± 2471
simulacija kiše	9,00 ± 1,78 b	17010 ± 2492
<i>p vrijednost</i>	***	n.s.
Folijarna otopina x tretman		
B		
sušeno na zraku	0,78 ± 0,07 d	6,26 ± 0,09 c
simulacija kiše	0,49 ± 0,00 d	6,56 ± 0,07 c
BU 3%		
sušeno na zraku	83,1 ± 14,2 c	16916 ± 91,8 b
simulacija kiše	5,22 ± 1,20 d	16994 ± 96,7 b
BU 5%		
sušeno na zraku	98,5 ± 10,4 c	25433 ± 225 a
simulacija kiše	13,9 ± 4,94 d	25518 ± 215 a
U 3%		
sušeno na zraku	197 ± 11,2 b	16793 ± 82,1 b
simulacija kiše	9,88 ± 0,91 d	16981 ± 71,7 b
U 5%		
sušeno na zraku	353 ± 11,9 a	25214 ± 138 a
simulacija kiše	15,5 ± 2,72 d	25552 ± 150 a
<i>p vrijednost</i>	***	n.s.

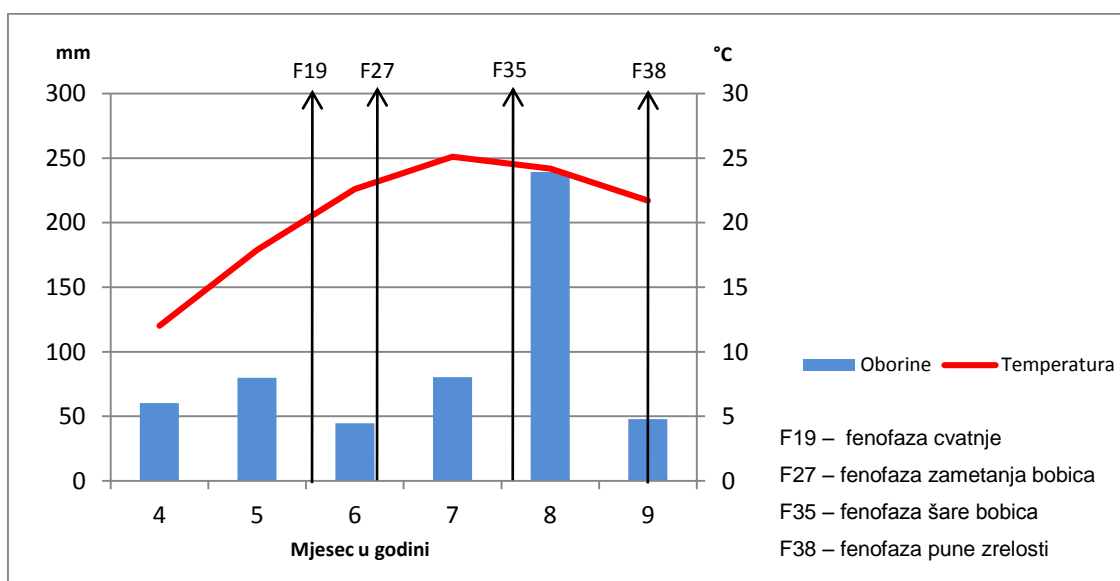
B – biogljjen 300 mg/L, BU3% – biogljjen + urea 3%, BU5% – biogljjen + urea 5%, U3% – urea 3%, U5% – urea 5%. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Rezultati su podvrgnuti dvosmjernom ANOVA testu. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku $p < 0,05$, $0,01$, $0,001$ ili nije statistički značajna. Kod statistički značajnih rezultata, kao post hoc test proveden je Tukey test te slova uz srednje vrijednosti označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

4.4. Poljski pokus

Iz laboratorijskog pokusa usvajanja folijarnih otopina proučeno je usvajanje biougljena, uree te kombinacije oba materijala u različitim omjerima. U svrhu detaljnijeg shvaćanja reakcije vinove loze na primjenu navedenih otopina, pristupilo se poljskom pokusu u proizvodnom vinogradu, uz prošireni sadržaj korištenih materijala u otopinama za folijarnu primjenu. U podosta zahtjevnoj vinogradarskoj godini, u kojoj su se izmjenjivali periodi ekstremne suše i velike količine oborina koje su pale u kratkom roku, a sve uz pojačani napad bolesti, vinograd i grožđe su uz puno napora održani u dobroj formi te je u konačnici grožđe bilo visoke kvalitete.

4.4.1. Meteorološki podaci u vegetaciji

U grafu 1. prikazane su ukupne oborine i prosječne temperature po mjesecima tijekom vegetacije vinove loze. Označene su i fenofaze u kojima su se provodila tretiranja, uzorkovanja i berba.



Grafikon 1. Prikaz oborina i prosječnih mjesečnih temperatura u pokusnom vinogradu tijekom vegetacijskog perioda

Kako ovaj grafikon ne daje detaljan uvid u vremenske uvjete u samom trenutku tretiranja, a koji mogu znatno utjecati na samo usvajanje folijarnih otopina, u tablici 5. navedeni su vremenski parametri poput srednje temperature zraka i lista te vlaga zraka u trenutku tretiranja (u periodu između 6:00 i 7:00 sati). Također, datum posljednje kiše prije tretiranja,

te datum prve kiše nakon tretiranja navedeni su u tablici, a sa svrhom prisutnosti podataka koji mogu doprinijeti lakšem razumijevanju pojedinih procesa usvajanja ili fiziologije vinove loze.

Tablica 5. Prikaz vremenskih parametara unutar vinograda u trenutku folijarne primjene otopina te datum posljednje kiše prije tretiranja i prve kiše nakon tretiranja.

Fenofaza	Datum	Srednja temperatura zraka u vrijeme tretiranja	Temperatura lista u vrijeme tretiranja	Vlaga zraka u vrijeme tretiranja	Posljednja kiša prije tretiranja	Prva kiša nakon tretiranja
F19	31.5.2023.	18,3 °C	17,9 °C	69,76 %	24.5.	5.6.
F27	20.6.2023.	20,2 °C	19,0°C	81,71 %	11.6.	27.6.
F35	2.8.2023.	22,0 °C	21,1°C	70,86 %	30.7.	4.8.
F38	12.9.2023.	14,6 °C	13,5°C	93,81 %	1.9.	21.9.

F19 – fenofaza cvatnje, F27 – fenofaza zametanja bobica, F35 – fenofaza šare bobica, F38 – fenofaza pune zrelosti

4.4.2. Karakteristike otopina za folijarnu primjenu

Otopine za folijarnu primjenu su općenito imale pH vrijednosti 6,15 - 9,42, one koje su sadržavale biougljen imale su pH vrijednosti u rasponu od 7,18 kod tretmana BA do 9,42 u slučaju B600 tretmana (tablica 6.). Otopine koje su sadržavale isključivo biougljen imale su više pH vrijednosti (9,21 – 9,42), dok je u slučajevima kada je uz biougljen otopina sadržavala i aminokiseline, ta vrijednost bila izraženo niža (BA 7,18; BUA 7,40), a vrijednost čistog aminokiselinskog tretmana A 6,77. Dodatak uree u otopinu biougljena uzrokovao je blagi pad pH vrijednosti u odnosu na biougljen zasebno. (B300 9,21; BU 9,10).

Električna vodljivost otopina kretala se u rasponu od 1,80 do 493 μ S/cm. Otopinama s različitim koncentracijama biougljena rasla je vrijednost EC povećanjem koncentracije biougljena (B300 36,0 < B600 57,5 < B1200 92,0). Otopine s aminokiselinama imale su izraženo više vrijednost EC u odnosu na ostale.

Tablica 6. Vrijednosti pH i električne vodljivosti (EC) otopina za folijarnu primjenu korištenih u poljskom pokusu

Folijarni preparat	pH	EC
		$\mu\text{S/cm}$
K	$6,15 \pm 0,45$	$1,80 \pm 0,30$
B300	$9,21 \pm 0,26$	$36,0 \pm 1,04$
U	$7,16 \pm 0,33$	$4,83 \pm 0,66$
BU	$9,10 \pm 0,24$	$36,6 \pm 1,32$
A	$6,77 \pm 0,03$	$460 \pm 15,2$
BA	$7,18 \pm 0,03$	$493 \pm 26,7$
BUA	$7,40 \pm 0,06$	$287 \pm 10,3$
B600	$9,42 \pm 0,32$	$57,5 \pm 1,82$
B1200	$9,34 \pm 0,04$	$92,0 \pm 2,27$

K – kontrolni tretman, B300 – biougļjen 300 mg/L, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline, B600 – biougļjen 600 mg/L, B1200 – biougļjen 1200 mg/L. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm standardna pogreška triju ponavljanja, a dobiveni su jednosmjernim ANOVA testom.

4.4.3. Fotosintetska aktivnost lista

Tijekom vegetacije, a nakon svakog tretiranja, mjerena je neto fotosintetska asimilacija (A) te koncentracija ugljičnog dioksida u listu (Ci) (tablica 7.). Kod oba mjerena svojstva, a među proučavanim tretmanima unutar zasebnog mjerenja, nije bilo signifikantne razlike, osim u slučaju koncentracije ugljičnog dioksida u listu u fenofazi pune zrelosti. Kod tog svojstva najveća vrijednost izmjerena je kod tretmana A, dok je najniža vrijednost bila kod tretmana BA.

Tablica 7. Neto fotosintetska asimilacija (A) i koncentracija ugljičnog dioksida (Ci) u listovima vinove loze mjerenim u različitim fenofazama

Tretman	Fenofaza							
	Cvatnja (F19)		Zametanje bobica (F27)		Šara bobica (F35)		Puna zrelost (F38)	
	A	Ci	A	Ci	A	Ci	A	Ci
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$
K	2,72 ± 0,13	377 ± 2,14	3,00 ± 0,27	376 ± 0,88	3,02 ± 0,34	350 ± 5,25	2,23 ± 0,41	500 ± 8,63 ab
B300	2,73 ± 0,20	378 ± 0,80	4,10 ± 0,08	375 ± 4,95	2,93 ± 0,19	333 ± 8,51	1,97 ± 0,50	538 ± 32,3 ab
U	3,00 ± 0,04	364 ± 10,2	3,39 ± 0,07	374 ± 2,61	3,00 ± 0,52	339 ± 11,5	2,49 ± 1,06	358 ± 7,54 cd
BU	3,07 ± 0,20	380 ± 6,53	3,02 ± 0,17	376 ± 2,08	3,31 ± 0,47	353 ± 1,31	3,73 ± 0,64	278 ± 16,2 cd
A	2,11 ± 0,55	377 ± 4,49	3,32 ± 0,55	376 ± 2,46	4,02 ± 0,21	352 ± 4,85	3,42 ± 0,14	577 ± 26,9 a
BA	2,05 ± 0,73	380 ± 3,53	2,98 ± 0,13	376 ± 1,21	3,46 ± 0,61	353 ± 9,12	3,30 ± 0,66	267 ± 13,5 d
BUA	1,98 ± 0,29	378 ± 3,33	2,96 ± 0,44	379 ± 2,47	2,28 ± 0,04	355 ± 0,11	3,37 ± 0,56	405 ± 64,4 bc
B600	2,92 ± 0,44	371 ± 5,64	3,37 ± 0,39	372 ± 0,41	3,99 ± 0,33	356 ± 3,23	3,45 ± 0,49	315 ± 13,9 cd
B1200	2,01 ± 0,41	376 ± 5,97	3,35 ± 0,09	374 ± 0,28	3,66 ± 0,36	348 ± 8,07	2,81 ± 0,71	308 ± 4,07 cd
<i>p vrijednost</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***

K – kontrolni tretman, B300 – biogljjen 300 mg/L, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline, B600 – biogljjen 600 mg/L, B1200 – biogljjen 1200 mg/L. 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.

4.4.4. Vodni potencijal lista

U fenofazi cvatnje mjerenje vodnog potencijala lista provedeno je prije prvog tretiranja kako bi se dobio uvid u početno stanje. Iako statistički nema značajne razlike među tretmanima, prisutna je velika oscilacija u izmjerenim vrijednostima (tablica 8.). U fenofazi pune zrelosti najviši podtlak bio je potreban tretmanu BA (-0,73), dok je najmanji podtlak bio potreban kontrolnom tretmanu K (-0,55).

Tablica 8. Vrijednosti vodnog potencijala lista različitih tretmana mjerenih u različitim fenofazama (MPa)

Tretman	Fenofaza			
	Cvatnja (F19)	Zametanje bobica (F27)	Šara bobica (F35)	Puna zrelost (F38)
K	-0,47 ± 0,08	-0,70 ± 0,03	-0,77 ± 0,04	-0,55 ± 0,00 d
B300	-0,47 ± 0,03	-0,73 ± 0,06	-0,80 ± 0,10	-0,68 ± 0,03 ab
U	-0,57 ± 0,04	-0,77 ± 0,09	-0,97 ± 0,02	-0,62 ± 0,02 bcd
BU	-0,70 ± 0,13	-0,80 ± 0,05	-0,77 ± 0,02	-0,67 ± 0,03 abc
A	-0,83 ± 0,11	-0,70 ± 0,05	-0,80 ± 0,03	-0,62 ± 0,04 bcd
BA	-0,48 ± 0,04	-0,82 ± 0,09	-0,77 ± 0,04	-0,73 ± 0,02 a
BUA	-0,63 ± 0,02	-0,72 ± 0,04	-0,77 ± 0,04	-0,58 ± 0,02 cd
B600	-0,83 ± 0,09	-0,68 ± 0,06	-0,85 ± 0,08	-0,58 ± 0,02 cd
B1200	-0,77 ± 0,09	-0,80 ± 0,08	-0,98 ± 0,07	-0,68 ± 0,04 ab
<i>p vrijednost</i>	n.s.	n.s.	n.s.	**

K – kontrolni tretman, B300 – biougļjen 300 mg/L, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline, B600 – biougļjen 600 mg/L, B1200 – biougļjen 1200 mg/L. 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.

4.4.1. Sadržaj elemenata u listu

U tablici 9. prikazan je sadržaj makroelemenata u listu mjerenih u različitim fenofazama tijekom vegetacije. Podaci iz fenofaze cvatnje prikazani su u tablici, ali na njima nije provedena statistička analiza, već su prezentirani kao nulto mjerenje, prije tretiranja folijarnim otopinama. Najveći postotak dušika u listu u fenofazi zametanja bobica imao je tretman BU. U fenofazi šare bobica najviši sadržaj dušika imali su tretmani BA i B1200, dok je u punoj zrelosti signifikantno višu vrijednost imao tretman A. Signifikantno više vrijednosti kalcija u zametanju bobica imali su tretmani U i B600, u šari B300, B600 i B1200, dok u punoj zrelosti nije bilo signifikantne razlike. Tretman B600 u svim je fenofazama imao značajno više vrijednosti K imao tretman B600, a u punoj zrelosti uz njega i B1200. Sadržaj magnezija u fenofazi zametanja bobica bio je najviši u listovima tretmana K i U, u fenofazi

šare bobica u tretmanu B300 te u punoj zrelosti kod tretmana U. Signifikantno niže vrijednosti magnezija, naspram drugih tretmana, izmjerene su u fenofazi zamatanja bobica kod tretmana B600, u fenofazi šare bobica kod BUA te u punoj zrelosti kod A, BUA, B600 i B1200. U listovima vinove loze, sadržaj fosfora u fenofazi zamatanja bobica bio je veći kod tretmana BA, u fenofazi šare bobica bio je viši kod BU dok u punoj zrelosti nije bilo signifikantne razlike. Tretmani BU i BA imali su viši sadržaj sumpora u fenofazi zamatanja bobica. U fenofazi šare bobica signifikantno više vrijednosti sumpora izmjerene su kod B600 i B1200, signifikantno niže kod U i BUA, dok su ostali tretmani bili komparabilni. U fenofazi pune zrelosti najveći sadržaj sumpora imao je B1200, najniži K, B300, BU, A i BUA, dok su ostali tretmani bili komparabilni.

Uzme li se u obzir utjecaj dodatka biougljena u otopinu uree i aminokiselina na sadržaj makroelemenata u listu tijekom vegetacije, može se zaključiti kako je dodatak biougljena u otopinu uree (BU) signifikantno povećao sadržaj dušika, fosfora i sumpora u odnosu na tretman s ureom (U) u fenofazi zamatanja bobica. Negativno je djelovao na sadržaj dušika i magnezija u fenofazi pune zrelosti. Otopina biougljena s aminokiselinama (BA) signifikantno je povećala sadržaj dušika, kalcija, fosfora i kalija u fenofazi šare bobica u odnosu na tretman aminokiselina (A), dok je smanjila sadržaj dušika i kalija u fenofazi pune zrelosti. Kombinirani tretman BUA ni u jednoj fenofazi nije pokazao signifikantno pozitivno odstupanje u sadržaju proučavanih makroelemenata.

Koncentracija biougljena je u određenim fenofazama imala utjecaj na sadržaj pojedinih elemenata. Jedini element čiji sadržaj, konstantno tijekom vegetacije prati dozu biougljena je magnezij. U svim fenofazama njegov sadržaj kretao se proporcionalno s rastućom koncentracijom biougljena $B300 > B600 = B1200$, gdje su vrijednosti kod B300 veće u odnosu na B600 i B1200. Jedino je još K pokazao određenu pravilnost, redosljedom $B300 < B600 < B1200$ gdje se povećanjem koncentracije biougljena u otopinama za folijarnu primjenu povećao i sadržaj kalija, osim u fenofazi pune zrelosti gdje je redosljed bio $B300 < B600 = B1200$, odnosno tretiranje najnižom koncentracijom biougljena (B300) rezultiralo je signifikantno nižim sadržajem kalija u listu od tretmana B600 i B1200.

Tablica 9. Sadržaj makroelemenata u listovima različitih tretmana uzorkovanih u različitim fenofazama tijekom vegetacije

Tretman	Makroelement					
	N	Ca	K	Mg	P	S
	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Fenofaza cvatnje						
K	3,53 ± 0,02	15,3 ± 0,97	11,8 ± 0,58	2,38 ± 0,11	2,62 ± 0,10	2,24 ± 0,11
B300	3,45 ± 0,02	18,3 ± 0,41	12,6 ± 0,30	2,62 ± 0,07	2,70 ± 0,07	2,40 ± 0,09
U	3,64 ± 0,02	17,1 ± 0,24	12,2 ± 0,41	2,62 ± 0,09	2,76 ± 0,05	2,43 ± 0,11
BU	3,69 ± 0,01	16,3 ± 0,31	12,5 ± 0,25	2,54 ± 0,01	2,76 ± 0,04	2,28 ± 0,04
A	3,80 ± 0,02	19,6 ± 0,20	12,4 ± 0,18	2,75 ± 0,01	2,92 ± 0,02	2,58 ± 0,02
BA	3,80 ± 0,03	18,4 ± 0,11	12,6 ± 0,26	2,74 ± 0,03	2,84 ± 0,02	2,62 ± 0,01
BUA	3,74 ± 0,02	16,4 ± 0,06	13,9 ± 0,23	2,45 ± 0,02	2,90 ± 0,01	2,67 ± 0,03
B600	3,80 ± 0,02	16,3 ± 0,07	17,7 ± 0,18	2,30 ± 0,02	3,11 ± 0,01	2,52 ± 0,02
B1200	3,81 ± 0,01	17,2 ± 0,20	17,3 ± 0,08	2,11 ± 0,01	3,09 ± 0,00	2,55 ± 0,01
Fenofaza zametanja bobica						
K	3,01 ± 0,01 b	22,8 ± 0,13 b	13,2 ± 0,07 c	3,01 ± 0,01 a	2,38 ± 0,01 d	2,39 ± 0,01 bc
B300	2,84 ± 0,00 d	20,8 ± 0,35 c	11,1 ± 0,15 f	2,73 ± 0,05 b	2,34 ± 0,02 de	2,40 ± 0,01 bc
U	2,91 ± 0,01 cd	24,3 ± 0,61 a	11,8 ± 0,17 def	3,04 ± 0,03 a	2,26 ± 0,03 ef	2,37 ± 0,05 bc
BU	3,15 ± 0,02 a	23,7 ± 0,28 ab	11,2 ± 0,49 f	2,90 ± 0,05 ab	2,61 ± 0,03 ab	2,73 ± 0,03 a
A	2,85 ± 0,02 d	21,0 ± 0,20 c	12,7 ± 0,16 cde	2,80 ± 0,03 b	2,52 ± 0,01 c	2,46 ± 0,02 b
BA	2,93 ± 0,02 bcd	22,6 ± 0,23 b	11,7 ± 0,19 ef	2,75 ± 0,03 b	2,63 ± 0,01 a	2,67 ± 0,02 a
BUA	2,95 ± 0,02 bc	19,6 ± 0,08 c	12,9 ± 0,03 cd	2,48 ± 0,01 c	2,53 ± 0,01 bc	2,36 ± 0,01 bc
B600	2,86 ± 0,04 cd	25,0 ± 0,20 a	18,4 ± 0,10 a	2,22 ± 0,02 d	2,24 ± 0,00 f	2,34 ± 0,01 c
B1200	2,91 ± 0,03 cd	24,0 ± 0,10 ab	16,1 ± 0,32 b	2,31 ± 0,04 cd	2,34 ± 0,02 de	2,46 ± 0,02 bc
p vrijednost	***	***	***	***	***	***

Nastavak tablice 9.

Tretman	Makroelement					
	N	Ca	K	Mg	P	S
	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Fenofaza šare bobica						
K	2,14 ± 0,01 abc	27,5 ± 0,67 bc	9,82 ± 0,27 c	2,29 ± 0,03 ef	2,00 ± 0,04 ab	1,87 ± 0,06 ab
B300	2,00 ± 0,00 cd	32,4 ± 1,74 a	8,44 ± 0,38 c	3,41 ± 0,15 a	1,91 ± 0,08 abc	1,94 ± 0,13 ab
U	1,98 ± 0,01 cd	25,4 ± 1,27 c	8,43 ± 0,43 c	2,50 ± 0,13 def	1,63 ± 0,09 c	1,67 ± 0,12 b
BU	2,10 ± 0,06 abc	30,2 ± 0,08 ab	8,68 ± 0,03 c	3,10 ± 0,01 ab	2,05 ± 0,01 a	2,04 ± 0,00 ab
A	2,00 ± 0,06 bcd	24,9 ± 0,19 c	8,41 ± 0,12 c	2,61 ± 0,04 cde	1,91 ± 0,04 abc	1,84 ± 0,05 ab
BA	2,20 ± 0,06 a	28,0 ± 1,16 bc	9,90 ± 0,64 c	2,96 ± 0,11 bc	1,88 ± 0,09 abc	1,95 ± 0,12 ab
BUA	1,91 ± 0,01 d	20,3 ± 0,49 d	9,24 ± 0,25 c	2,15 ± 0,03 f	1,75 ± 0,04 bc	1,68 ± 0,07 b
B600	2,17 ± 0,02 ab	32,9 ± 0,01 a	14,1 ± 0,30 a	2,38 ± 0,00 def	2,00 ± 0,01 ab	2,08 ± 0,02 a
B1200	2,22 ± 0,02 a	34,2 ± 0,27 a	12,1 ± 0,07 b	2,74 ± 0,03 bcd	1,89 ± 0,03 abc	2,21 ± 0,03 a
p vrijednost	***	***	***	***	**	**
Fenofaza pune zrelosti						
K	2,02 ± 0,01 bc	29,6 ± 0,67	7,25 ± 0,03 b	2,46 ± 0,02 cd	2,99 ± 0,03	1,78 ± 0,02 b
B300	2,01 ± 0,02 bc	35,8 ± 0,41	6,95 ± 0,02 bc	3,00 ± 0,03 ab	3,32 ± 0,01	1,83 ± 0,01 b
U	2,10 ± 0,06 ab	37,7 ± 0,71	7,61 ± 0,23 b	3,27 ± 0,01 a	3,53 ± 0,04	1,93 ± 0,01 ab
BU	1,98 ± 0,01 c	33,1 ± 0,46	7,00 ± 0,07 bc	2,77 ± 0,01 bc	3,23 ± 0,01	1,83 ± 0,01 b
A	2,14 ± 0,01 a	27,6 ± 2,47	5,95 ± 0,18 c	2,38 ± 0,04 d	3,00 ± 0,09	1,83 ± 0,05 b
BA	1,99 ± 0,01 c	31,4 ± 0,63	7,26 ± 0,19 b	2,75 ± 0,07 b	3,24 ± 0,01	1,88 ± 0,01 ab
BUA	2,06 ± 0,01 abc	29,4 ± 0,06	7,86 ± 0,07 b	2,31 ± 0,02 d	3,31 ± 0,01	1,81 ± 0,01 b
B600	2,11 ± 0,01 ab	36,0 ± 1,32	10,2 ± 0,04 a	2,36 ± 0,12 d	2,95 ± 0,03	2,05 ± 0,03 ab
B1200	2,07 ± 0,01 abc	30,3 ± 8,04	10,1 ± 0,48 a	2,45 ± 0,08 d	3,25 ± 0,41	2,22 ± 0,20 a
p vrijednost	***	n.s.	***	***	n.s.	**

K – kontrolni tretman, B300 – biogljjen 300 mg/L, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline, B600 – biogljjen 600 mg/L, B1200 – biogljjen 1200 mg/L

U tablici 10. prikazan je sadržaj mikroelemenata u listu mjerenih u različitim fenofazama tijekom vegetacije. Podaci iz fenofaze cvatnje prikazani su u tablici, ali na njima nije provedena statistička analiza, već su prezentirani kao nulto mjerenje, prije tretiranja folijarnim otopinama. Sadržaj bora bio je signifikantno viši u listu tretmana B1200 u fenofazama zametanja bobica te u šari bobica. U punoj zrelosti najviše vrijednosti imali su tretmani U, A i B1200, najnižu K, dok su ostali tretmani bili komparabilni. Dakle, konstantno više vrijednosti kroz vegetaciju izmjerene su u tretmanu B1200. Tretman B1200 imao je signifikantno višu vrijednost bakra u fenofazama zametanja bobica te u šari bobice gdje je uz njega i tretman B600. U punoj zrelosti nije bilo signifikantne razlike u sadržaju bakra. Sadržaj željeza u fenofazi zametanja bobica bio je najviši u listu tretmana BU i A, najniži kod BA, B600 i B1200, dok su ostali tretmani bili komparabilni. U fenofazi šare bobica sadržaj željeza, je bio najviši kod tretmana K i BU, a najniži kod BUA. Tretmani B300, U i BU imali su najviši sadržaj željeza u fenofazi pune zrelosti. Element mangan u fenofazi zametanja bobica najviši je bio u tretmanima BU, B600 i B1200, u fenofazi šare bobica B1200, dok je u punoj zrelosti bio u lišću tretmana U. Razlika u sadržaju molibdena bila je signifikantna isključivo u fenofazi pune zrelosti gdje su se s višim sadržajem izdvojili tretmani B300 i U, a s nižim sadržajem BUA i B600. Ukupni sadržaj natrija u listu tretmana A i B1200 bio je viši u fenofazi zametanja bobica, u šari bobica je to bio slučaj kod BU, a u punoj zrelosti kod tretmana U. U istoj fenofazi pune zrelosti, najniže vrijednosti su imali tretmani B300 i B600, dok su ostali tretmani bili komparabilni. Element silicij u fenofazi zametanja bobica bio je signifikantno veći kod tretmana BU. U fenofazi šare bobica najviše vrijednosti silicija izmjerene su kod tretmana B1200, najniže kod K, A i BUA dok su ostali tretmani bili komparabilni. U fenofazi pune zrelosti najviše vrijednosti silicija izmjerene su kod tretmana U. Sadržaj cinka u fenofazi zametanja bobica bio je signifikantno viši u listovima tretmana K i B1200, u šari bobica kod tretmana B600 te u punoj zrelosti kod tretmana B1200.

Uzme li se u obzir dodatak biougļjena u otopinu uree ili aminokiselina uočava se određeni obrazac tijekom vegetacije. Ipak, u fenofazi zametanja bobica odnos $BU > U$ utvrđen je kod elemenata mangan i silicij, a obrnuti $BU < U$ kod elemenata bor i natrij. U fenofazi šare bobica $BU > U$ uočava se kod bora, željeza i natrija, a obrnuti utjecaj $BU < U$ kod elementa bakar. U fenofazi pune zrelosti uočava se kako je $BU < U$ kod elementa mangan. Što se tiče aminokiselina, jedine razlike uočavaju se kod bora i mangana gdje je $BA > A$ te kod željeza i natrija gdje je $BA < A$.

Niti jedan proučavani element nije pratio određeni redoslijed kretanja sadržaja ovisno o kretanju koncentracije biougļjena u otopinama za folijarnu primjenu.

Tablica 10. Sadržaj mikroelemenata u listovima različitih tretmana uzorkovanih u različitim fenofazama tijekom vegetacije

Tretman	Mikroelement							
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Na	Si	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Fenofaza cvatnje								
K	46,5 ± 0,94	7,10 ± 0,29	76,1 ± 2,72	33,8 ± 0,69	0,84 ± 0,03	14,1 ± 0,28	379 ± 12,5	12 ± 0,29
B300	60,9 ± 1,41	8,16 ± 0,19	80,5 ± 2,01	44,4 ± 1,02	0,92 ± 0,04	14,4 ± 0,30	672 ± 22,5	14,6 ± 0,35
U	69,0 ± 2,30	7,59 ± 0,17	78,5 ± 2,41	42,2 ± 0,47	0,79 ± 0,03	14,1 ± 0,24	624 ± 27,2	13,6 ± 0,21
BU	59,5 ± 0,69	7,70 ± 0,08	74,9 ± 0,19	36,7 ± 0,45	0,73 ± 0,03	14,2 ± 0,19	561 ± 15,1	13,8 ± 0,21
A	60,6 ± 0,33	9,01 ± 0,06	78,1 ± 0,78	36,2 ± 0,08	0,98 ± 0,02	13,3 ± 0,12	610 ± 5,45	14,2 ± 0,09
BA	58,2 ± 0,77	6,92 ± 0,22	79,1 ± 0,77	38,9 ± 0,34	0,91 ± 0,04	14,0 ± 0,14	371 ± 17,3	11,3 ± 0,10
BUA	57,4 ± 0,34	7,51 ± 0,11	81,8 ± 0,51	37,5 ± 0,13	0,99 ± 0,04	16,2 ± 0,38	381 ± 16,8	11,6 ± 0,15
B600	54,0 ± 0,43	8,17 ± 0,04	75,9 ± 0,17	36,0 ± 0,20	0,93 ± 0,02	15,2 ± 0,06	402 ± 2,62	13,0 ± 0,14
B1200	65,1 ± 0,20	8,52 ± 0,02	78,6 ± 0,74	42,4 ± 0,17	0,91 ± 0,04	14,6 ± 0,05	407 ± 21,3	14,7 ± 0,05
Fenofaza zametanja bobica								
K	44,3 ± 0,13 e	6,90 ± 0,02 abc	82,6 ± 1,21 ab	48,3 ± 0,22 b	0,89 ± 0,03	26,3 ± 0,23 b	403 ± 18,3 c	12,0 ± 0,06 a
B300	45,8 ± 0,40 e	6,41 ± 0,03 bc	83,2 ± 1,41 ab	41,5 ± 0,51 c	0,84 ± 0,02	22,0 ± 0,26 de	412 ± 12,9 c	9,02 ± 0,12 d
U	53,9 ± 0,93 c	6,28 ± 0,19 bc	82,6 ± 1,30 ab	49,0 ± 0,54 b	0,87 ± 0,02	25,1 ± 0,65 bc	429 ± 15,6 c	9,20 ± 0,16 cd
BU	48,8 ± 0,85 d	7,00 ± 0,05 ab	86,3 ± 0,74 a	53,0 ± 0,77 a	0,91 ± 0,01	19,9 ± 0,29 f	792 ± 74,3 a	10,3 ± 0,15 bc
A	45,4 ± 0,26 e	6,62 ± 0,07 bc	86,0 ± 1,44 a	41,2 ± 0,37 c	0,86 ± 0,01	29,2 ± 0,28 a	612 ± 7,64 b	11,2 ± 0,21 ab
BA	52,2 ± 0,22 c	6,85 ± 0,10 abc	79,3 ± 1,96 b	48,2 ± 0,23 b	0,92 ± 0,01	25,4 ± 0,14 b	657 ± 3,78 ab	10,5 ± 0,05 b
BUA	45,5 ± 0,11 e	6,46 ± 0,05 bc	81,0 ± 0,50 ab	40,8 ± 0,09 c	0,90 ± 0,03	21,6 ± 0,04 e	624 ± 8,43 b	10,2 ± 0,12 bc
B600	56,7 ± 0,13 b	6,18 ± 0,06 c	79,7 ± 0,28 b	53,4 ± 0,19 a	0,86 ± 0,01	23,6 ± 0,28 cd	680 ± 16,1 ab	10,7 ± 0,12 b
B1200	67,5 ± 0,74 a	7,48 ± 0,37 a	77,5 ± 1,50 b	52,2 ± 0,50 a	0,92 ± 0,02	28,0 ± 0,35 a	695 ± 34,9 ab	12,0 ± 0,61 a
p	***	***	**	***	n.s.	***	***	***

Nastavak tablice 10.

Tretman	Mikroelement							
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Na	Si	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Fenofaza šare bobica								
K	69,6 ± 1,42 bcde	233 ± 4,67 cd	107 ± 2,57 a	52,4 ± 0,82 cd	0,82 ± 0,01	77,1 ± 1,88 c	593 ± 9,02 b	9,99 ± 0,30 d
B300	72,4 ± 3,94 bcd	292 ± 14,4 b	97,5 ± 6,07 abc	62,3 ± 3,04 ab	0,89 ± 0,01	93,2 ± 4,68 b	638 ± 38,5 ab	10,4 ± 0,49 cd
U	62,5 ± 2,93 de	303 ± 20,1 b	88,2 ± 5,35 bc	48,6 ± 2,36 d	0,83 ± 0,01	92,7 ± 4,65 bc	596 ± 18,6 ab	10,4 ± 0,44 cd
BU	72,9 ± 0,21 bc	236 ± 2,41 cd	108 ± 2,76 a	51,8 ± 0,24 cd	0,89 ± 0,00	112 ± 0,75 a	609 ± 0,68 ab	11,3 ± 0,04 cd
A	66,6 ± 1,21 bcde	236 ± 3,37 cd	97,0 ± 1,12 abc	52,4 ± 0,75 cd	0,84 ± 0,01	102 ± 1,63 ab	572 ± 5,94 b	11,2 ± 0,17 cd
BA	61,1 ± 2,62 e	279 ± 8,32 bc	102 ± 4,60 ab	57,8 ± 2,3 bc	0,83 ± 0,01	100 ± 4,70 ab	618 ± 2,13 ab	11,9 ± 0,45 bc
BUA	63,3 ± 0,82 cde	195 ± 7,99 d	81,2 ± 4,14 c	45,8 ± 0,62 d	0,76 ± 0,04	96,0 ± 0,71 b	530 ± 16,6 b	9,69 ± 0,20 d
B600	74,7 ± 1,07 ab	465 ± 2,82 a	95,8 ± 1,01 abc	64,6 ± 0,36 ab	0,89 ± 0,10	96,7 ± 2,76 ab	644 ± 47,2 ab	14,9 ± 0,25 a
B1200	83,6 ± 1,61 a	486 ± 9,7 a	88,3 ± 0,75 bc	69,8 ± 0,73 a	0,87 ± 0,01	87,4 ± 3,70 bc	718 ± 33,8 a	13,0 ± 0,24 b
p	***	***	***	***	n.s.	***	**	***
Fenofaza pune zrelosti								
K	67,3 ± 0,67 b	99,5 ± 5,31	86,4 ± 2,44 ab	52,3 ± 0,12 d	0,87 ± 0,02 abc	73,4 ± 2,16 ab	852 ± 3,63 b	11,2 ± 0,19 bc
B300	79,2 ± 0,15 ab	134 ± 2,86	93,8 ± 0,51 a	62,0 ± 0,17 abc	0,91 ± 0,01 a	65,6 ± 0,72 b	894 ± 16,2 ab	12,4 ± 0,06 bc
U	85,6 ± 0,8 a	168 ± 11,5	96,2 ± 3,53 a	69,1 ± 0,60 a	0,94 ± 0,03 a	82,8 ± 0,78 a	980 ± 44,3 a	11,0 ± 0,12 bc
BU	72,6 ± 0,87 ab	144 ± 3,09	91,6 ± 0,67 a	53,5 ± 0,00 cd	0,90 ± 0,03 ab	80,1 ± 0,8 ab	863 ± 3,96 ab	12,8 ± 0,19 bc
A	88,2 ± 5,52 a	147 ± 6,55	65,1 ± 1,29 c	59,6 ± 1,00 bcd	0,79 ± 0,01 cd	68,0 ± 2,21 ab	386 ± 6,80 c	8,92 ± 0,13 c
BA	81,4 ± 0,40 ab	141 ± 3,55	68,2 ± 0,77 bc	63,4 ± 0,15 abc	0,82 ± 0,00 bcd	67,0 ± 0,17 ab	415 ± 12,39 c	11,6 ± 0,06 bc
BUA	77,6 ± 0,35 ab	114 ± 1,11	64,3 ± 0,18 c	57,9 ± 0,16 bcd	0,78 ± 0,02 d	71,3 ± 0,67 ab	390 ± 13,58 c	10,3 ± 0,09 bc
B600	73,3 ± 4,23 ab	257 ± 25,7	63,3 ± 4,72 c	65,3 ± 0,64 ab	0,78 ± 0,01 d	69,8 ± 2,54 ab	407 ± 16,9 c	14,2 ± 1,43 ab
B1200	82,7 ± 5,49 a	207 ± 98,73	79,9 ± 8,57 abc	59,7 ± 5,12 bcd	0,80 ± 0,02 bcd	63,8 ± 8,56 b	407 ± 46,8 c	17,7 ± 1,82 a
p	**	n.s.	***	***	***	*	***	***

K – kontrolni tretman, B300 – biougļjen 300 mg/L, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline, B600 – biougļjen 600 mg/L, B1200 – biougļjen 1200 mg/L

4.4.2. Prinos grožđa

Prinos grožđa značajno se razlikovao ovisno o tretmanima, što je prikazano u tablici 11. Tretman B600 dao je najveći prinos od 2,67 kg/trsu, što je 61,4 % više od najnižeg izmjerenih prinosa kod tretmana B300 i BUA. Proučavamo li odnos koncentracije biougljena i prinosa grožđa, vidimo kako se prinos povećavao redom B300 < B1200 < B600, s time da je tretman B300 dao niži prinos od kontrolnog tretmana. Usporedi li se dodatak biougljena uz ureu, uočava se kako je dodatak biougljena smanjio prinos u odnosu na ureu zasebno. U slučaju aminokiselina značajna razlika nije bila prisutna. Također, u tablici 11. prikazan je i prinos grožđa pojedinog tretmana po hektaru.

Tablica 11. Prinos grožđa po trsu i hektaru ovisno o primjenjenim folijarnim tretmanima

Tretman	Prinos	
	kg/trsu	kg/ha
K	1,95 ± 0,03 bc	9750
B300	1,54 ± 0,04 e	7700
BU	1,61 ± 0,05 de	8050
U	1,93 ± 0,09 bc	9650
A	1,64 ± 0,08 de	8200
BA	1,76 ± 0,04 cd	8800
BUA	1,46 ± 0,06 e	7300
B600	2,67 ± 0,10 a	13350
B1200	2,06 ± 0,08 b	10300
<i>p vrijednost</i>	***	

K – kontrolni tretman, B300 – biougljen 300 mg/L, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline, B600 – biougljen 600 mg/L, B1200 – biougljen 1200 mg/L. 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.

Postoji korelacija između sadržaja pojedinih elementa u listu u određenoj fenofazi s prinosom grožđa, a što je prikazano u tablici 12. Signifikantna umjerena i jaka pozitivna korelacija s prinosom postoji između sadržaja dušika, fosfora i silicija u fenofazi šare bobica, kalcija u fenofazama zametanja i šare bobica, kalija u svim fenofazama te sumpora i cinka u fenofazama šare bobica i pune zrelosti. Jaka negativna korelacija s prinosom postoji između sadržaja magnezija u fenofazi zametanja i pune zrelosti.

Tablica 12. Korelacija sadržaja elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i prinosa grožđa

Varijabla	Prinos	Varijabla	Prinos
N F27	-0,20	P F27	-0,38
N F35	0,68	P F35	0,48
N F38	0,28	P F38	-0,33
Ca F27	0,73	S F27	-0,01
Ca F35	0,62	S F35	0,62
Ca F38	-0,01	S F38	0,56
K F27	0,82	Si F27	0,34
K F35	0,85	Si F35	0,40
K F38	0,66	Si F38	-0,33
Mg F27	-0,52	Zn F27	0,38
Mg F35	-0,15	Zn F35	0,83
Mg F38	-0,43	Zn F38	0,52

F27 – fenofaza zametanja bobica, F35 – fenofaza šare bobica, F38 – fenofaza pune zrelosti. Prag signifikantnosti korelacije na razini značajnosti $\alpha = 0,05$ za $n = 35$ iznosi 0,334 te su sve vrijednosti iznad 0,334 ili manje od -0,334 podebljane u tablici i predstavljaju značajnu korelaciju između varijabli. Podebljane vrijednosti označavaju postojanje umjerene i jake korelacije po klasifikaciji prema Cohenu (1988) između sadržaja pojedinog elementa u listu i prinosa grožđa.

4.5. Analiza mošta i vina

U ovom su poglavlju prikazani rezultati provedenih analiza mošta i vina. U moštu su provedene analize kvascu dostupnog dušika, pojedinačnih šećera i organskih kiselina, aminokiselina i aromatskih spojeva. U vinu je provedena fizikalno-kemijska analiza te u konačnici senzorna analiza.

4.5.1. Kvascu dostupan dušik

Izmjerene vrijednosti YAN-a (*yeast assimilable nitrogen*) kretale su se u rasponu od 156 do 182 mg/L N, što je prikazano u tablici 13. Kod tretmana B600 i B1200 izmjerena je značajno viša vrijednost od ostalih tretmana. U tretmanu BUA izmjerena je najniža razina YAN-a, a primjećujemo kako je tretman BUA dao značajno nižu razinu YAN-a u moštu od kontrolnog tretmana. Dodatak biougljena u folijarnu otopinu uree nije utjecalo na sadržaj YAN-a, dok je u slučaju aminokiselina dodatak biougljena značajno smanjio sadržaj YAN-a.

Tablica 13. Sadržaj kvascu dostupnog dušika u moštovima različitim tretmana folijarne primjene otopina

Tretman	Kvascu dostupan dušik (YAN)
	mg/L N
K	170 ± 0,58 bc
B300	166 ± 0,58 cd
U	166 ± 0,58 cd
BU	166 ± 1,15 cd
A	172 ± 1,15 b
BA	165 ± 0,58 d
BUA	156 ± 1,15 e
B600	182 ± 1,15 a
B1200	178 ± 0,58 a
<i>p vrijednosti</i>	***

K – kontrolni tretman, B300 – biogljjen 300 mg/L, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline, B600 – biogljjen 600 mg/L, B1200 – biogljjen 1200 mg/L. 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.

4.5.2. Sadržaj šećera u moštu

Sadržaj šećera u moštu prikazan je u tablici 14. iz koje se može iščitati kako se sadržaj glukoze kretao u rasponu od 61,9 do 103 g/L, fruktoze od 65,8 do 107 g/L te ukupni sadržaj šećera od 145 do 232 g/L. Sadržaj glukoze i fruktoze bio je najviši u moštovima tretmana BA i B1200. Ukupni sadržaj šećera najviši je bio u moštu tretmana B1200. Najniži sadržaj glukoze i fruktoze i ukupnih šećera bio je kod tretmana B300.

Omjer glukoze i fruktoze kod svih tretmana bio je ispod jedan, u rasponu od 0,94 do 0,96, što ukazuje kako je sadržaj fruktoze u moštu viši od sadržaja glukoze. Tretman B1200 imalo je najveći omjer, dok su tretmani B300 i A imali najmanji omjer između glukoze i fruktoze.

Dodatak biogljjena u otopinu uree imao je pozitivan utjecaj na ukupni sadržaj šećera, glukoze, fruktoze i omjer. S druge strane, dodatak biogljjena u otopinu aminokiselina utjecao je značajno na omjer glukoze i fruktoze, ali nije značajno utjecao na glukoze, fruktoze i ukupne šećere.

Niži sadržaj glukoze, fruktoze, ukupnih šećera te najniži omjer između glukoze i fruktoze imao je B300 naspram tretmana s višim dozama biouglijena B600 i B1200.

Tablica 14. Sadržaj šećera u moštovima različitih tretmana folijarne primjene otopina

Tretman	Glukoza	Fruktoza	Ukupno	Glukoza/fruktoza
	g/L	g/L	g/L	
K	85,1 ± 2,49 bc	89,7 ± 2,67 bc	197 ± 5,86 bc	0,95 ± 0,00 cd
B300	61,9 ± 0,71 d	65,8 ± 0,75 d	145 ± 1,61 d	0,94 ± 0,00 e
U	76,1 ± 7,04 c	79,9 ± 7,48 cd	175 ± 15,9 cd	0,95 ± 0,00 bc
BU	90,5 ± 1,50 ab	95,6 ± 1,57 ab	208 ± 3,34 ab	0,95 ± 0,00 de
A	89,4 ± 3,62 abc	94,9 ± 3,82 ab	207 ± 8,19 ab	0,94 ± 0,00 e
BA	97,5 ± 2,42 a	103 ± 2,53 a	223 ± 5,22 ab	0,95 ± 0,00 cd
BUA	90,5 ± 1,56 ab	95,8 ± 1,75 ab	209 ± 3,70 ab	0,94 ± 0,00 de
B600	97,9 ± 0,88 ab	102 ± 0,79 ab	227 ± 2,71 ab	0,96 ± 0,00 ab
B1200	103 ± 0,53 a	107 ± 0,53 a	232 ± 1,31 a	0,96 ± 0,00 a
p vrijednost	***	***	***	***

K – kontrolni tretman, B300 – biougljen 300 mg/L, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline, B600 – biougljen 600 mg/L, B1200 – biougljen 1200 mg/L. 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.

Tablica 15. Korelacija elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i sadržaja šećera glukoze i fruktoze u moštovima

Varijabla	Glukoza	Fruktoza
K F27	0,60	0,57
K F35	0,55	0,52
K F38	0,53	0,50
Mg F27	-0,51	-0,50
Mg F35	-0,44	-0,44
Mg F38	-0,46	-0,44
Si F27	0,70	0,70
Si F35	0,16	0,13
Si F38	-0,35	-0,33
Zn F27	0,62	0,61
Zn F35	0,51	0,49
Zn F38	0,31	0,29
N F27	0,2	0,22
N F35	0,41	0,39
N F38	0,12	0,09

F27 – fenofaza zametanja bobica, F35 – fenofaza šare bobica, F38 – fenofaza pune zrelosti. Prag signifikantnosti korelacije na razini značajnosti $\alpha = 0,05$ za $n = 35$ iznosi 0,334 te su sve vrijednosti iznad 0,334 ili manje od -0,334 podebljane u tablici i predstavljaju značajnu korelaciju između varijabli. Podebljane vrijednosti označavaju postojanje umjerene i jake korelacije po klasifikaciji prema Cohenu (1988) između sadržaja pojedinog elementa u listu te glukoze i fruktoze u moštovima.

Postoji umjerena i jaka pozitivna korelacija između sadržaja kalija u listu i sadržaja glukoze i fruktoze u moštu u svim fenofazama (tablica 15.). Sadržaj glukoze i fruktoze je obrnuto proporcionalan sadržaju magnezija u listu. Korelacija između sadržaja silicija u listu postoji samo u slučaju fenofaze zametanja bobica (F27), kod cinka je to u fenofazama zametanja bobica (F27) i šari bobica (F35), a kod dušika u fenofazi šare bobica.

4.5.1. Pojedinačne organske kiseline u moštu

Tablica 16. prikazuje najzastupljenije organske kiseline u moštovima proučavanih tretmana. Sadržaj vinske kiseline kod svih je tretmana bila značajno viša od tretmana B600 i B1200. Suprotno tome, tretmani B600 i B1200 imali su značajno viši sadržaj jabučne kiseline. Koncentracija mliječne kiseline bila je najviša u moštu tretmana K, a najniža vrijednost je izmjerena u moštu tretmana B600. Najviša vrijednost limunske kiseline zabilježena je u moštu tretmana U, najniža u moštu tretmana BA, dok su svi ostali tretmani bili komparabilni. Dodatak biougljena u otopinu uree i aminokiselina nije utjecao na koncentraciju proučavanih organskih kiselina u moštu.

Tablica 16. Sadržaj organskih kiselina u moštu proučavanih tretmana folijarne primjene otopina

Tretman	Organska kiselina			
	Vinska kiselina g/L	Jabučna kiselina g/L	Mliječna kiselina mg/L	Limunska kiselina mg/L
K	7,56 ± 0,03 a	1,62 ± 0,09 abc	30,0 ± 1,80 a	292 ± 9,92 ab
B300	8,90 ± 0,31 a	1,63 ± 0,03 abc	27,3 ± 1,60 abcd	326 ± 8,14 ab
U	7,37 ± 0,21 a	1,79 ± 0,10 ab	29,7 ± 3,50 ab	336 ± 4,75 a
BU	8,27 ± 0,29 a	1,52 ± 0,06 bc	24,2 ± 1,80 abcd	300 ± 5,03 ab
A	8,86 ± 0,48 a	1,26 ± 0,07 c	28,9 ± 5,50 abc	313 ± 21,4 ab
BA	9,04 ± 0,47 a	1,46 ± 0,11 bc	17,9 ± 1,70 bcd	276 ± 5,18 b
BUA	9,10 ± 0,87 a	1,53 ± 0,11 bc	17,3 ± 1,70 cd	311 ± 16,6 ab
B600	4,77 ± 0,17 b	2,02 ± 0,03 a	15,6 ± 0,40 d	292 ± 13,9 ab
B1200	5,35 ± 0,32 b	1,82 ± 0,10 a	29,0 ± 1,00 abc	312 ± 9,36 ab
p vrijednost	***	***	***	**

K – kontrolni tretman, B300 – biougļjen 300 mg/L, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline, B600 – biougļjen 600 mg/L, B1200 – biougļjen 1200 mg/L. 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 unutar jednog stupca označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

Tablica 17. Korelacija sadržaja elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i organskih kiselina u moštovima

Varijabla	Vinska kiselina	Jabučna kiselina	Mliječna kiselina	Limunska kiselina
K F27	-0,57	0,26	0,46	-0,16
K F35	-0,57	0,37	0,35	-0,16
K F38	-0,66	0,08	0,63	-0,27
Mg F27	0,46	-0,12	-0,60	0,16
Mg F35	-0,10	-0,02	-0,12	0,37
Mg F38	-0,10	-0,57	-0,18	0,05
Si F27	0,12	0,24	0,22	0,43
Si F35	-0,58	0,12	0,31	0,02
Si F38	0,02	-0,49	-0,38	0,15
Zn F27	-0,27	0,04	0,30	0,18
Zn F35	-0,58	0,34	0,27	0,00
Zn F38	-0,72	-0,08	0,54	-0,20
N F27	0,15	-0,36	0,02	0,21
N F35	-0,48	0,41	0,26	0,24
N F38	-0,29	0,13	0,12	-0,53

F27 – fenofaza zamatanja bobica, F35 – fenofaza šare bobica, F38 – fenofaza pune zrelosti. Prag signifikantnosti korelacije na razini značajnosti $\alpha = 0,05$ za $n = 35$ iznosi 0,334 te su sve vrijednosti iznad 0,334 ili manje od -0,334 podebljane u tablici i predstavljaju značajnu korelaciju između varijabli. Podebljane vrijednosti označavaju postojanje umjerene i jake korelacije po klasifikaciji prema Cohenu (1988) između sadržaja pojedinog elementa u listu i pojedinačnih organskih kiselina u moštu.

Postoji umjerena i jaka korelacija između sadržaja pojedinih elemenata u listu u pojedinim fenofazama i sadržaja organskih kiselina u moštu (tablica 17.). U svim mjerenim fenofazama sadržaj kalija u listu je obrnuto proporcionalan sadržaju vinske kiseline u moštu. Korelacija kalija i mliječne kiseline postoji u fenofazi zamatanja bobica (F27) i u punoj zrelosti (F38). Mg je u fenofazi zamatanja bobica pozitivno korelirao sa sadržajem vinske kiseline, a negativno sa sadržajem mliječne kiseline. U fenofazi pune zrelosti magnezij i silicij negativno su korelirali sa sadržajem jabučne kiseline u moštu. Sadržaj silicija u fenofazi šare bobica je negativno korelirao i na sadržaj vinske kiseline, dok je u njegov sadržaj u fenofazi zamatanja bobica pozitivno korelirao sa sadržajem limunske kiseline u moštu. Sadržaj cinka u listu u fenofazama šare bobica i pune zrelosti negativno je korelirao sa sadržajem vinske kiseline, dok je u fenofazi pune zrelosti pozitivno korelirao sa sadržajem mliječne kiseline u moštu. U fenofazi šare bobica, dušik je negativno korelirao na sadržaj vinske kiseline, a pozitivno na sadržaj jabučne kiseline u moštu. U fenofazi pune zrelosti postojala je negativna korelacija između sadržaja dušika u listu i sadržaja limunske kiseline u moštu.

4.5.1. Aminokiselinski sastav mošta

Sadržaj pojedinih aminokiselina u vinu proizvedenom iz pokusa, prikazan je u tablici 18. Prikazane su isključivo aminokiseline koje je HPLC detektirao. Kod svih aminokiselina utvrđena je značajna statistička razlika među tretmanima. Najviše koncentracije serina, asparaginske kiseline, treonina, hidroksiprolina, glutamina, alanina, prolina i asparagina zabilježene su u moštu tretmana B1200. U slučaju glicina i glutaminske kiseline, najviše vrijednosti izmjerene su u moštovima tretmana B600 i B1200.

Dodatak biougljena u otopinu uree negativno je utjecao na koncentraciju serina, asparaginske kiseline i alanina. Dodatak biougljena u otopinu aminokiselina statistički nije imao značajan utjecaj na sadržaj aminokiselina. Također, kombinirani tretman BUA nije se značajno razlikovao od tretmana BU i BA.

Koncentracija aminokiselina značajno je povezana s dozom biougljena u otopinama koje su sadržavale samo biougljen. Tako su kod serina, treonina i prolina redoslijed od manje koncentracije prema većoj imali tretmani $B300 < B600 < B1200$, kod asparaginske kiseline, glicina, glutamina, alanina i glutaminske kiseline redoslijed $B300 < B600 = B1200$, a kod asparagina $B300 = B600 < B1200$. Koncentracija hidroksiprolina bila je najviša kod tretmana B1200, najniža kod B 600, dok je tretman B300 bio komparabilan.

Tablica 18. Sadržaj aminokiselina u moštovima različitih tretmana folijarne primjene otopina (mg/L)

Aminokiselina	Tretman									p
	K	B300	U	BU	A	BA	BUA	B600	B1200	
serin	15,8 ± 1,72 c	15,0 ± 0,86 c	32,7 ± 1,21 b	15,5 ± 1,82 c	13,9 ± 0,69 c	13,4 ± 4,90 c	15,3 ± 5,56 c	41,8 ± 6,20 b	59,1 ± 3,45 a	***
asparaginska kiselina	18,7 ± 0,65 cd	20,0 ± 0,61 cd	24,5 ± 0,69 bc	15,0 ± 0,35 d	19,4 ± 0,03 cd	18,1 ± 2,30 cd	17,0 ± 2,21 d	31,2 ± 2,15 ab	36,4 ± 1,73 a	***
glicin	1,43 ± 0,13 abc	1,15 ± 0,04 bc	1,46 ± 0,07 ab	1,19 ± 0,04 bc	1,15 ± 0,03 bc	1,04 ± 0,05 c	1,14 ± 0,16 bc	1,62 ± 0,05 a	1,76 ± 0,09 a	***
treonin	15,7 ± 0,46 c	15,9 ± 0,29 c	18,9 ± 0,58 bc	16,9 ± 0,48 c	15,8 ± 0,49 c	16,8 ± 0,35 c	16,7 ± 1,56 c	20,8 ± 1,04 b	26,0 ± 0,41 a	***
hidroksiprolin	1,56 ± 0,05 b	1,81 ± 0,04 ab	1,68 ± 0,05 b	1,69 ± 0,06 b	1,74 ± 0,05 ab	1,74 ± 0,07 ab	1,65 ± 0,10 b	1,57 ± 0,03 b	2,01 ± 0,06 a	***
glutamin	1794 ± 115 b	1748 ± 85,7 b	1827 ± 71,1 b	1967 ± 137 b	1601 ± 21,8 b	1961 ± 285 b	2083 ± 216 b	2255 ± 176 ab	2898 ± 100 a	***
alanin	15,4 ± 2,42 cde	8,68 ± 1,64 ef	21,2 ± 0,86 bc	10,7 ± 3,67 def	19,3 ± 1,62 cd	5,49 ± 0,65 f	12,2 ± 1,98 cdef	28,9 ± 1,71 ab	31,7 ± 2,01 a	***
glutaminska kiselina	36,0 ± 1,35 bc	27,1 ± 0,79 c	40,6 ± 2,84 b	34,8 ± 1,47 bc	36,6 ± 1,91 bc	31,5 ± 2,34 bc	32,3 ± 2,95 bc	65,3 ± 3,41 a	59,4 ± 1,62 a	***
prolin	66,8 ± 2,36 d	54,6 ± 1,86 d	105 ± 2,55 c	106 ± 5,53 c	104 ± 4,69 c	69,0 ± 6,79 d	82,3 ± 6,13 cd	172 ± 6,88 b	232 ± 15,3 a	***
asparagin	0,58 ± 0,04 b	0,54 ± 0,05 b	0,75 ± 0,08 ab	0,49 ± 0,08 b	0,46 ± 0,01 b	0,50 ± 0,08 b	0,48 ± 0,07 b	0,63 ± 0,03 b	1,02 ± 0,08 a	***

K – kontrolni tretman, B300 – biogljjen 300 mg/L, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline, B600 – biogljjen 600 mg/L, B1200 – biogljjen 1200 mg/L. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Oznaka n.d. označava kako određeno svojstvo nije detektirano u uzorku. 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, unutar jednog reda, označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

4.5.2. Aromatski spojevi u moštu

Aromatski spojevi pronađeni u moštovima iz pokusa prikazani su u tablici 19. Tretman B1200 pokazao je signifikantno više vrijednosti izoamilnog alkohola, 2-feniletanola, 1-oktanola, etil oktanoata, etil nonanoata, etil dekanoata, etil pentadekanoata, izoamil acetata, 2-feniletil acetata, β -damaskenona, linalola, α -terpineola, farnesola i kaprilne kiseline. Tretman BA imao je najviši sadržaj 1-heksanola, a tretman B600 najviši sadržaj benzaldehida. Najniži sadržaj benzaldehida izmjeren je u moštovima tretmana BA i B1200.

Dodatak biougljena u folijarne otopine uree i aminokiselina nije utjecao na sadržaj aromatskih spojeva u moštu.

Tablica 19. Sadržaj aromatskih spojeva u moštu ($\mu\text{g/L}$) različitih tretmana folijarne primjene otopina

Aromatski spoj	Tretman									p
	K	B300	U	BU	A	BA	BUA	B600	B1200	
Alkoholi										
izoamilni alkohol	5,27 \pm 4,17 b	3,35 \pm 1,46 b	1,26 \pm 0,16 b	4,03 \pm 3,11 b	52,9 \pm 13,9 b	100 \pm 23,8 b	11,7 \pm 11,2 b	3,74 \pm 2,92 b	662 \pm 116 a	***
2-feniletanol	0,22 \pm 0,02 b	0,67 \pm 0,03 b	0,51 \pm 0,08 b	0,49 \pm 0,04 b	7,08 \pm 2,56 b	38,7 \pm 15,5 b	0,20 \pm 0,01 b	0,32 \pm 0,12 b	530 \pm 98,1 a	***
2-etil-1-heksanol	255 \pm 27,1	229 \pm 7,50	222 \pm 18,1	246 \pm 13,9	309 \pm 51,9	248 \pm 5,16	311 \pm 79,0	247 \pm 8,07	347 \pm 9,97	n.s.
1-heksanol	69,5 \pm 5,50 d	61,4 \pm 0,86 d	77,4 \pm 0,21 d	59,0 \pm 2,26 d	507 \pm 8,09 c	961 \pm 11,9 a	51,3 \pm 4,16 d	115 \pm 7,23 d	674 \pm 50,4 b	***
1-oktanol	119 \pm 6,30 b	176 \pm 44,9 b	154 \pm 21,4 b	206 \pm 41,1 b	422 \pm 67,1 b	5715 \pm 5188 ab	283 \pm 131 b	141 \pm 43,7 b	29191 \pm 12229 a	*
1-dekanol	4,54 \pm 0,73	1,52 \pm 0,34	4,63 \pm 0,45	3,51 \pm 0,86	20,4 \pm 11,9	79,2 \pm 11,7	4,22 \pm 0,59	13,1 \pm 1,69	103 \pm 80,1	n.s.
Esteri										
etil heptanoat (mg/L)	32,3 \pm 6,42	30,7 \pm 4,89	22,7 \pm 1,47	31,6 \pm 6,25	30,3 \pm 9,6	20,4 \pm 18,1	49,8 \pm 23,8	20,4 \pm 2,45	22,0 \pm 80,9	n.s.
etil oktanoat	11,4 \pm 1,57 b	5,08 \pm 5,08 b	7,37 \pm 1,21 b	7,36 \pm 0,42 b	25,6 \pm 5,14 b	122 \pm 41,7 b	9,32 \pm 2,93 b	9,68 \pm 2,47 b	2160 \pm 343 a	***
etil nonanoat	33,7 \pm 1,78 b	27,9 \pm 1,27 b	36,9 \pm 1,55 b	44,3 \pm 3,00 b	136 \pm 42,9 b	346 \pm 125 b	45,4 \pm 6,20 b	133 \pm 14,9 b	1929 \pm 185 a	***
etil dekanat	0,04 \pm 0,01 b	0,00 \pm 0,00 b	0,02 \pm 0,02 b	0,00 \pm 0,00 b	0,76 \pm 0,52 b	32,6 \pm 23,4 b	0,03 \pm 0,01 b	0,04 \pm 0,04 b	1903 \pm 114 a	***
etil pentadekanoat	0,22 \pm 0,06 b	0,08 \pm 0,08 b	0,51 \pm 0,02 b	0,65 \pm 0,02 b	1,27 \pm 0,45 b	3,60 \pm 0,20 b	0,57 \pm 0,03 b	1,39 \pm 0,11 b	416 \pm 107 a	***
izoamil acetat	1,89 \pm 1,05 b	1,40 \pm 0,65 b	0,50 \pm 0,01 b	1,18 \pm 0,71 b	31,8 \pm 5,56 b	75,6 \pm 14,2 b	1,75 \pm 1,32 b	12,9 \pm 10,2 b	914 \pm 263 a	***
2-feniletil acetat	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 b	0,01 \pm 0,01 b	0,00 \pm 0,00 b	0,22 \pm 0,14 b	2,66 \pm 1,30 b	0,01 \pm 0,01 b	0,02 \pm 0,00 b	442 \pm 175 a	**
heksil acetat	417 \pm 414	1,39 \pm 0,53	2,71 \pm 0,91	1,52 \pm 0,41	263 \pm 6,38	640 \pm 7,95	1,34 \pm 0,13	1,92 \pm 0,11	788 \pm 233	n.s.

Nastavak tablice 19.

Aromatski spoj	Tretman									p
	K	B300	U	BU	A	BA	BUA	B600	B1200	
C13-norizoprenoidi										
β -damaskenon	2,71 ± 0,73 b	3,78 ± 0,16 b	3,85 ± 0,20 b	7,61 ± 1,48 b	10,6 ± 2,9 b	42,6 ± 13,9 b	7,30 ± 0,85 b	10,8 ± 0,13 b	212 ± 24,6 a	***
Monoterpeni										
linalol	244 ± 20,9 b	479 ± 100 b	351 ± 39,5 b	774 ± 267 b	476 ± 70,9 b	7985 ± 7277 b	1420 ± 833 b	340 ± 61,8 b	28896 ± 8448 a	**
α -terpineol	58,3 ± 16,8 b	48,7 ± 15,2 b	43,9 ± 5,05 b	47,8 ± 20,3 b	52,7 ± 30,0 b	92,8 ± 1,57 ab	65,2 ± 7,43 b	27,3 ± 2,11 b	159 ± 16,3 a	**
citronelol	481 ± 481	494 ± 491	1014 ± 7,05	506 ± 504	516 ± 515	569 ± 562	509 ± 509	9,62 ± 0,30	56,6 ± 38,4	n.s.
farnesol	0,11 ± 0,01 b	0,19 ± 0,05 b	0,10 ± 0,01 b	0,19 ± 0,02 b	0,32 ± 0,15 b	6,21 ± 3,97 b	0,20 ± 0,16 b	0,27 ± 0,08 b	367 ± 45,6 a	***
Masne kiseline										
kaprilna kiselina	1874 ± 453 ab	1278 ± 16,7 b	1135 ± 50,3 b	1064 ± 154 b	1510 ± 185 ab	1490 ± 74,9 ab	1151 ± 193 b	1155 ± 53,1 b	3011 ± 659 a	*
kaprinska kiselina	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,04 ± 0,00	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,19 ± 0,04	0,04 ± 0,01	0,10 ± 0,02	132 ± 128	n.s.
Karbonilni spojevi										
Benzaldehid	20,7 ± 3,38 ab	16,8 ± 2,78 abc	13,7 ± 4,84 bc	16,8 ± 0,56 abc	13,1 ± 2,72 bc	2,33 ± 0,40 c	21,8 ± 3,23 ab	29,9 ± 2,08 a	2,14 ± 1,00 c	***
Dodecanal	1,76 ± 0,48	1,73 ± 0,12	2,64 ± 0,32	3,26 ± 0,61	0,00 ± 0,00	36,5 ± 23,5	3,00 ± 0,53	8,61 ± 1,07	0,00 ± 0,00	n.s.

K – kontrolni tretman, B300 – biogljjen 300 mg/L, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline, B600 – biogljjen 600 mg/L, B1200 – biogljjen 1200 mg/L. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Oznaka n.d. označava kako određeno svojstvo nije detektirano u uzorku. 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, unutar jednog reda, označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

4.5.3. Fizikalno-kemijski sastav vina

Nakon završene alkoholne fermentacije provedena je osnovna fizikalno-kemijska analiza vina. Iz tablice 20. može se uočiti kako se alkoholna jakost kretala u rasponu od 9,52 (K i A) do 10,9 % vol. (B600). Dodatak biougljena u folijarni preparat s ureom nije utjecao na alkoholnu jakost, dok je dodatak biougljena aminokiselinama značajno utjecao na alkoholnu jakost. Povećanje koncentracije biougljena u folijarnoj otopini utjecalo je na povećanje alkoholne jakosti u vinima.

Ukupna kiselost kretala se u rasponu od 7,12 do 8,21 g/L, izraženo kao vinska kiselina. Najniži sadržaj ukupne kiselosti izmjeren je kod tretmana B1200, dok je najviši izmjeren u slučaju B300 i A. Dodatak biougljena u otopinu uree povećao je kiselost u vinu, dok je u slučaju dodatka s aminokiselinama, razina ukupne kiselosti u vinu bila niža. Povećanjem koncentracije biougljena u folijarnim preparatima opadala je ukupna kiselost u vinima. U razini hlapive kiselosti, koja se izražava kao octena kiselina, nije bilo statistički značajne razlike.

Vrijednost pH kretala se od 2,89 (BUA) do 3,14 (B1200). Dodatak biougljena s ureom utjecao je na smanjenje pH vrijednosti, dok se u slučaju dodatka biougljena s aminokiselinama ona povećala u vinu. Što je veća koncentracija biougljena (do maksimalne proučavane) u otopinama za folijarnu primjenu, to je pH vrijednost u proizvedenim vinima viša.

Reducirajući šećeri u vinu kretali su se u rasponu od 2,00 do 2,87 g/L, što ih prema Zakonu o vinu Republike Hrvatske svrstava u suha vina.

Dodatak biougljena u otopine uree i aminokiselina utjecao je u slučaju uree (U - BU) na povećanje ukupne kiselosti i smanjenje pH vrijednosti, dok je u slučaju aminokiselina (A - BA) utjecao obrnuto, smanjio ukupne kiseline, povećao pH vrijednost i alkohol.

Povećanjem koncentracije biougljena signifikantno se i povećala pH vrijednost dok se alkoholna jakost smanjivala redosljedom tretmana B600 > B1200 > B300.

Tablica 20. Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina različitih tretmana folijarne primjene otopina

Tretman	Fizikalno-kemijski parametar				
	Alkohol	Ukupna kiselost	Hlapiva kiselost	pH vrijednost	Reducirajući šećeri
	% vol.	g/L	g/L		g/L
K	9,52 ± 0,01 f	8,08 ± 0,01 ab	0,02 ± 0,01	2,96 ± 0,00 d	2,57 ± 0,07 ab
B300	9,58 ± 0,01 e	8,21 ± 0,22 a	n.d.	2,93 ± 0,01 e	2,87 ± 0,09 a
U	10,1 ± 0,00 c	7,61 ± 0,00 c	0,01 ± 0,01	3,01 ± 0,00 c	2,57 ± 0,19 ab
BU	10,2 ± 0,01 c	8,00 ± 0,01 ab	0,02 ± 0,02	2,92 ± 0,00 e	2,30 ± 0,10 ab
A	9,52 ± 0,01 f	8,15 ± 0,00 a	n.d.	2,90 ± 0,00 f	2,53 ± 0,07 ab
BA	10,4 ± 0,01 b	7,78 ± 0,00 bc	0,03 ± 0,01	2,97 ± 0,00 d	2,00 ± 0,12 b
BUA	10,1 ± 0,01 c	8,05 ± 0,01 ab	n.d.	2,89 ± 0,00 f	2,23 ± 0,09 b
B600	10,9 ± 0,01 a	7,47 ± 0,02 cd	0,03 ± 0,01	3,11 ± 0,00 b	2,27 ± 0,18 b
B1200	9,98 ± 0,00 d	7,12 ± 0,03 d	0,01 ± 0,01	3,14 ± 0,00 a	2,53 ± 0,13 ab
p vrijednost	***	***	n.s.	***	**

K – kontrolni tretman, B300 – biogljjen 300 mg/L, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline, B600 – biogljjen 600 mg/L, B1200 – biogljjen 1200 mg/L. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Oznaka n.d. označava kako određeno svojstvo nije detektirano u uzorku. 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, unutar stupca, označavaju statistički značajne razlike između tretmana.

4.5.4. Senzorna svojstva vina 'Malvazija istarska'

Provedena je senzorna analiza dobivenih vina različitih tretmana koristeći tri različite metode; O.I.V. metodu 100 bodova, kvantitativnu deskriptivnu metodu i metodu redoslijeda, stoga su rezultati prikazani u sljedećim potpoglavljima.

4.5.7.1. O.I.V. metoda 100 bodova

Rezultati senzorne analize vina 'Malvazija istarska' dobiveni O.I.V. metodom 100 bodova, prikazani su u Tablici 21. Vina tretmana B600 i B1200 najbolje su ocijenjena vina, dok su K i B300 najlošije ocijenjena vina. Prouči li se utjecaj koncentracije biougljena u otopinama za folijarnu primjenu uočava se kako dodatak biougljena u otopinu uree nije utjecao na senzornu ocjenu (odnos U - BU), dok je u slučaju aminokiselina (A - BA), tretman s dodatkom biougljena značajno bolje ocijenjen. Kombinirani tretman BUA nije se značajno razlikovao od tretmana BU i BA.

Koncentracija biougljena u zasebnim otopinama koje su sadržavale isključivo biougljen utjecala je na konačnu ocjenu vina. Tretmani B600 i B1200 značajno su bolje ocijenjeni od tretmana B300.

Tablica 21. Prosječne ocjene vina različitih tretmana ocijenjenih O.I.V. metodom 100 bodova

Tretman	Ocjena
K	78,3 ± 0,32 d
B300	79,0 ± 0,45 d
U	82,0 ± 0,45 ab
BU	82,2 ± 0,39 ab
A	79,9 ± 0,35 cd
BA	81,4 ± 0,41 ab
BUA	81,0 ± 0,45 bc
B600	83,0 ± 0,49 a
B1200	82,8 ± 0,37 a
<i>p vrijednost</i>	***

K – kontrolni tretman, B300 – biougljen 300 mg/L, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline, B600 – biougljen 600 mg/L, B1200 – biougljen 1200 mg/L. 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.

Prisutna je korelacija između sadržaja pojedinih elemenata u listu vinove loze sa senzornom ocjenom vina prema O.I.V metodi 100 bodova, a koja je prikazana u tablici 22. Kalcij u fenofazi zamatanja bobica pokazuje signifikantnu pozitivnu korelaciju sa senzornom ocjenom vina. Pozitivna korelacija kalija i senzorne ocjene vina prisutna je u svim fenofazama, dok je negativna korelacija prisutna u slučaju magnezija u fenofazama zamatanja bobica i pune zrelosti. Pozitivna korelacija cinka prisutna je u fenofazi šare bobica, dok željezo u fenofazi pune zrelosti negativno korelira sa senzornom ocjenom vina. Sadržaj dušika u listu u fenofazi zamatanja bobica negativno korelira, dok u fenofazi pune zrelosti, pozitivno korelira sa senzornom ocjenom vina. Također postoji pozitivna korelacija sadržaja aminokiselina glicin, alanin i prolin u moštu sa senzornom ocjenom vina.

Tablica 22. Korelacija sadržaja elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i senzorne ocjene vina po O.I.V. metodi 100 bodova

Varijabla	O.I.V. metoda 100 bodova
Ca F27	0,61
Ca F35	0,28
Ca F38	-0,11
K F27	0,50
K F35	0,52
K F38	0,48
Mg F27	-0,52
Mg F35	-0,07
Mg F38	-0,44
Zn F27	-0,02
Zn F35	0,65
Zn F38	0,36
Fe F27	-0,35
Fe F35	-0,29
Fe F38	-0,63
N F27	-0,42
N F35	0,29
N F38	0,51
glicin	0,50
alanin	0,65
prolin	0,75

F27 – fenofaza zamatanja bobica, F35 – fenofaza šare bobica, F38 – fenofaza pune zrelosti. Prag signifikantnosti korelacije na razini značajnosti $\alpha = 0,05$ za $n = 35$ iznosi 0,334 te su sve vrijednosti iznad 0,334 ili manje od -0,334 podebljane u tablici i predstavljaju značajnu korelaciju između varijabli. Podebljane vrijednosti označavaju postojanje umjerene i jake korelacije po klasifikaciji prema Cohenu (1988) između sadržaja pojedinog elementa u listu i senzorne ocjene vina.

4.4.7.2. Kvantitativna deskriptivna metoda

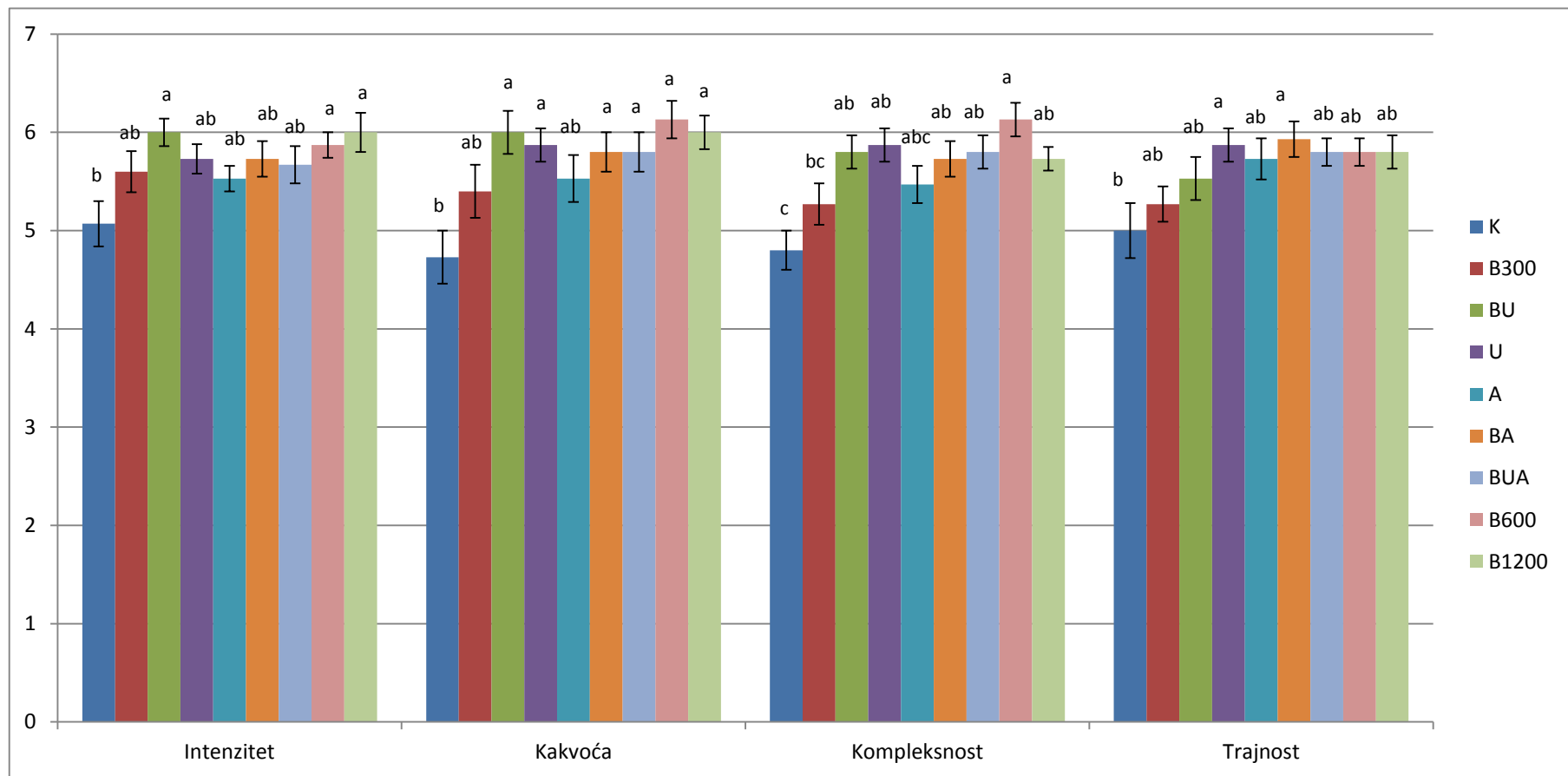
Kvantitativnom deskriptivnom metodom utvrđeno je kako tretmani u većini mirisnih svojstava nisu imali signifikantne razlike, osim u svojstvu jezgričavog voća (tablica 23.). Prvenstveno miris jabuke bio je najizraženiji u kontrolnom uzorku (K), a tretmani koji su sadržavali ureu (U, BU, BUA) imali su niži intenzitet tog svojstva. Tretmani B300, A, BA, B600 i B1200 su bili komparabilni. Sve tri dozacije biougijena (B300, B600 i B1200) imale su podjednak intenzitet koštuničavog voća.

U okusnim svojstvima, izražene su signifikantne razlike među proučavanim tretmanima. Tretmani BU, B600 i B1200 imali su najveći intenzitet okusa, K je imao najniži, a ostali su tretmani bili komparabilni. Kakvoća je više ocijenjena u vinima tretmana U, BA, BUA, B600 i B1200, niže je ocijenjena kod tretmana K, dok su ostali tretmani bili komparabilni. U kompleksnosti, najbolje je ocijenjen tretman B600, a najlošije K. Najveću trajnost imala su vina uzoraka U i BA, najnižu tretman K, a ostali su tretmani bili komparabilni.

Tablica 23. Rezultati kvantitativne deskriptivne analize vina različitih tretmana folijarne primjene različitih otopina

Senzorno svojstvo	Tretman									p
	K	B300	U	BU	A	BA	BUA	B600	B1200	
MIRIS										
Bijelo cvijeće	0,80 ± 0,30	0,67 ± 0,23	0,93 ± 0,32	0,93 ± 0,32	0,60 ± 0,25	0,80 ± 0,26	1,00 ± 0,26	1,20 ± 0,34	0,87 ± 0,27	n.s.
Citrusi	n.d.	0,27 ± 0,21	0,20 ± 0,11	0,07 ± 0,07	0,20 ± 0,11	0,13 ± 0,09	0,27 ± 0,12	0,47 ± 0,22	0,20 ± 0,11	n.s.
Jezgričavo voće	4,87 ± 0,42 a	3,80 ± 0,20 ab	3,33 ± 0,32 b	3,47 ± 0,31 b	3,67 ± 0,32 ab	3,73 ± 0,28 ab	3,20 ± 0,30 b	3,80 ± 0,31 ab	3,80 ± 0,28 ab	*
Koštuničavo voće	1,33 ± 0,30	2,27 ± 0,42	2,13 ± 0,32	2,07 ± 0,34	1,80 ± 0,37	2,33 ± 0,35	2,20 ± 0,34	2,13 ± 0,38	2,07 ± 0,40	n.s.
Tropsko voće	0,27 ± 0,21	0,33 ± 0,19	0,60 ± 0,21	0,67 ± 0,23	0,33 ± 0,16	0,80 ± 0,24	0,60 ± 0,25	1,00 ± 0,26	0,80 ± 0,28	n.s.
OKUS										
Intenzitet	5,07 ± 0,23 b	5,60 ± 0,21 ab	5,73 ± 0,15 ab	6,00 ± 0,14 a	5,53 ± 0,13 ab	5,73 ± 0,18 ab	5,67 ± 0,19 ab	5,87 ± 0,13 a	6,00 ± 0,20 a	*
Kakvoća	4,73 ± 0,27 b	5,40 ± 0,27 ab	5,87 ± 0,17 a	6,00 ± 0,22 a	5,53 ± 0,24 ab	5,80 ± 0,20 a	5,80 ± 0,20 a	6,13 ± 0,19 a	6,00 ± 0,17 a	***
Kompleksnost	4,80 ± 0,20 c	5,27 ± 0,21 bc	5,87 ± 0,17 ab	5,80 ± 0,17 ab	5,47 ± 0,19 abc	5,73 ± 0,18 ab	5,80 ± 0,17 ab	6,13 ± 0,17 a	5,73 ± 0,12 ab	***
Trajnost	5,00 ± 0,28 b	5,27 ± 0,18 ab	5,87 ± 0,17 a	5,53 ± 0,22 ab	5,73 ± 0,21 ab	5,93 ± 0,18 a	5,80 ± 0,14 ab	5,80 ± 0,14 ab	5,80 ± 0,17 ab	**

K – kontrolni tretman, B300 – biougljen 300 mg/L, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline, B600 – biougljen 600 mg/L, B1200 – biougljen 1200 mg/L. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Oznaka n.d. označava kako određeno svojstvo nije detektirano u uzorku. 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, unutar jednog reda, označavaju statistički značajne razlike između tretmana.



Grafikon 2. Rezultati kvantitativne deskriptivne analize vina različitih tretmana folijarne primjene različitih otopina

K – kontrolni tretman, B300 – biogljjen 300 mg/L, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline, B600 – biogljjen 600 mg/L, B1200 – biogljjen 1200 mg/L. 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.

4.4.7.3. Metoda redoslijeda

Svaki je ocjenjivač isti uzorak ocijenio tri puta u senzornom ocjenjivanju te rangirao svih 9 tretmana tako da je ocjena jedan označavala najbolji uzorak, a devet najlošiji. U tablici 24. prikazane su srednje vrijednosti tri ocjene za pojedini tretman te su rezultati prikazani kao srednja vrijednost rangova, medijan, modus, zbroj rangova i redoslijed prema zbroju rangova. Svi su tretmani imali za posljedicu bolju konačnu kvalitetu u odnosu na kontrolu (K). Tretman B600 najbolje je rangiran uzorak, dok je K najlošije rangiran. U usporedbi koncentracija biougljena rangiranje od boljeg prema lošijem ide redoslijedom B600 > B1200 > B300, s time da je tretman B300 daleko lošiji od preostala dva.

Vina tretmana U bolje su ocijenjena od tretmana BU uzimajući u obzir prosjek ocjena i zbroj rangova. Uzimajući u obzir medijan nije bilo razlike između ta dva tretman, dok je prema modusu tretman BU je bolje ocijenjen od U. U slučaju aminokiselina dodatak biougljena utjecao je na bolju poziciju u rangiranju ($A < BA$), a isti su rezultati zabilježeni i prema prosjeku, medijanu i modusu. Kombinirani tretman BUA lošije je rangiran od BU i BA, dok je korištenjem modusa bolje ocijenjen od oba tretmana.

Uzme li se u obzir neko drugo mjerilo (medijan, modus), konačni redoslijed se na pojedinim pozicijama mijenja, ali B600 i B1200 uvijek ostaju najbolje rangirani, a K i B300 najlošije rangirani.

Tablica 24. Prikaz rangiranja vina različitih tretmana prema različitim mjerilima

Ocjenjivač	Tretman								
	K	B300	BU	U	A	BA	BUA	B600	B1200
1	8,67	8,00	2,67	4,33	6,33	4,67	5,00	2,00	3,33
2	8,67	7,67	4,67	3,33	6,67	4,33	4,67	2,00	3,00
3	8,67	8,00	4,33	3,67	6,67	4,67	4,67	1,67	2,67
4	8,67	8,00	4,00	3,33	7,00	4,67	4,00	2,00	3,00
5	8,67	7,67	4,00	3,33	6,67	4,33	5,00	2,00	3,33
Prosjek	8,67	7,87	3,93	3,60	6,67	4,53	4,67	1,93	3,07
Medijan	9	8	4	4	7	6	4	1	2
Modus	9	7	4	5	7	6	3	1	2
Zbroj rangova	130	118	59	54	100	68	70	29	46
Redoslijed	9	8	4	3	7	5	6	1	2

K – kontrolni tretman, B300 – biougljen 300 mg/L, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline, B600 – biougljen 600 mg/L, B1200 – biougljen 1200 mg/L. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost, medijan, modus i zbroj rangova, a dobiveni su osnovnom deskriptivnom analizom.

5. RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatka biouglijena u otopinu za folijarnu primjenu na usvajanje hraniva od strane lista vinove loze i na fizikalno-kemijski sastav mošta i vina 'Malvazije istarske'. S obzirom na kompleksnost teme provela su se dva pokusa, jedan laboratorijski, u preliminarnu svrhu, te jednogodišnji poljski pokus u proizvodnom vinogradu.

5.1. Laboratorijski pokus

U ovom pokusu ispitan je dodatak biouglijena u folijarne otopine uree kako bi se utvrdilo postoji li utjecaj dodatka biouglijena u otopine na usvajanje uree. Dodatak biouglijena u folijarne otopine nije značajno utjecao na usvajanje dušika putem lista, ali je utjecao na smanjeno ispiranje. Ispiranje je u slučaju tretmana biouglijena i 5 % uree (BU5%) bilo manje za oko 70 % u odnosu na tretman iste koncentracije uree, ali bez dodatka biouglijena. Primjenom biouglijena s koncentracijom uree od 3% (BU3%) ispiranje je bilo manje za oko 55 %. Iako je samo usvajanje folijarnih preparata visoko učinkovito, dodatkom biouglijena u folijarne otopine koje sadrže ureu, smanjeno je ispiranje i potencijalni gubitak dijela dušika iz preparata. Razlog tomu vrlo vjerojatno leži u velikoj specifičnoj površini i poroznosti samog biouglijena u kojem se zadržava dio hraniva te je gubitak isparavanjem manji. Na smanjeno ispiranje biouglijen djeluje i svojim negativnim nabojem, što ga čini dobrim nosačem biljnih hraniva poput uree. Također, uočeno je bolje prijanjanje folijarne otopine koja je sadržavala biouglijen na list kikirikija (M. Wang i sur., 2015), što može biti razlog smanjenom ispiranju s lista vinove loze u provedenom pokusu. Ovaj je pokus uvelike pridonio razumijevanju dodatka biouglijena u otopine za folijarnu primjenu, te su dobiveni rezultati bili od velikog značaja za dizajn i provođenje poljskog pokusa.

5.2. Poljski pokus

Jednogodišnji poljski pokus folijarne primjene otopina koje su sadržavale biouglijen, aminokiseline i ureu imao je za cilj utvrditi utjecaj njihove primjene na usvajanje hraniva od strane lista vinove loze te na fizikalno-kemijski sastav mošta i vina. Također, istraživanjem se htjelo utvrditi povezanost sadržaja elemenata u listu s prinosom i senzornom ocjenom vina.

Primijenjene su otopine imale optimalna svojstva za folijarnu primjenu. Prema Williams (2023) maksimalna vrijednost električne vodljivosti u folijarnim preparatima ne bi smjela prekoračiti 3000 mS/cm (3000000 μ S/cm). Vrijednosti kod primijenjenih otopina kretala se u rasponu od 1,80 do 493 μ S/cm što je daleko ispod gornje granice preporučene vrijednosti.

Biljna kutikula je polielektrolit pa njen kapacitet ionske izmjene ovisi o fluktuacijama pH vrijednosti (Chamel i Vitton, 1996). Dokazano je kako kutikula ima izoelektričnu točku oko pH 3, te će u slučaju više vrijednosti od navedene, kutikula biti negativno nabijena, a karboksilne skupine kutikule će tada lako vezati pozitivno nabijene katione (Schönherr i Huber, 1977). Raspon pH vrijednosti primijenjenih folijarnih otopina u poljskom pokusu varirao je u rasponu između 6,15 i 9,42. Iako je jasno kako pH otopine za folijarnu primjenu utječe na uspješnost usvajanja, u pokusu nije bilo dosljednosti u reakciji biljke na pH otopine te se može pretpostaviti da je utjecaj pH vrijednosti otopine slabiji od utjecaja sadržaja hraniva u folijarnoj otopini, kako navode i Fernández i sur. (2013). Cook i Boynton (1952) zabilježili su najveću apsorpciju uree u listu jabuke u pH rasponu od 5,4 do 6,6. Nadalje, najveći unos listom citrusa nakon folijarnog tretmana ureom zabilježen je kada je pH otopine bio između 5,5 i 6,0 (El-Otmani i sur., 2000) Folijarna otopina tretmana U imala je pH vrijednost od 7,16, dok je tretman uree s biougljenom BU imao pH 9,10. U konačnici pokazalo se kako je tretman BU s višom pH vrijednosti, u odnosu na tretman U, utjecao na povećanje sadržaja fosfora, kalija, dušika, mangana, silicija, bora, željeza i natrija u listu u pojedinim fenofazama, ali je isto tako utjecao na smanjenje magnezija, bora, natrija, bakra i mangana u pojedinim fenofazama, što potvrđuje gore navedenu tvrdnju Fernández i sur. (2013). Za spojeve željeza, pojedini su autori (Fernández i sur., 2006; Fernández i Ebert, 2005), primijetili kako je pH vrijednosti oko 5,0 optimalna za folijarno usvajanje željeza. Iz provedenog istraživanja ne možemo utvrditi kako postoji pravilnost u različitim fenofazama o utjecaju pH vrijednosti folijarne otopine na usvajanje željeza. Blanpied (2022) je utvrdio da je maksimalna apsorpcija kalcija folijarnim putem kod jabuke javlja kada je pH otopine u rasponu od 3,3 do 5,2. Međutim, Lidster i sur. (1977.) navode najveće stope apsorpcije kalcija kada je primijenjena otopina CaCl_2 pH 7. U ovom pokusu, u fenofazi zametanja bobica ne uočava se pravilo u odnosu na pH vrijednost otopine, dok su u fenofazi šare bobica tretmani BU, B300, B600 i B1200 pokazali signifikantno više usvajanje kalcija. To su redom svi tretmani čije su otopine imale pH viši od 9,0 (9,10 - 9,42).

5.2.1. Fotosintetska aktivnost i vodni potencijal lista

Tijekom vegetacije, provedena su mjerenja fotosintetske asimilacije, koncentracije CO₂ u listu te vodnog potencijala lista. Signifikantne razlike uočene su isključivo u zadnjem mjerenju u fenofazi pune zrelosti i to u svojstvima koncentracije CO₂ u listu i vodnog potencijala lista. Takvi podaci govore kako tretmani nisu imali utjecaja na fotosintetske i vodne parametre lista tijekom vegetacije, sve do pred berbu. Postojala je pretpostavka kako bi visoka koncentracija biougljena mogla zasjeniti list i smanjiti njegovu fotosintetsku aktivnost te kako bi neki tretmani mogli utjecati na vodni potencijal lista smanjujući ili povećavajući stres u biljci, no taj je efekt izostao tijekom razdoblja intenzivnog rasta.

Vodni potencijal kroz vegetaciju kretao se od -0,47 do -0,98 MPa, što je kategorizirano kao „bez vodnog deficita“ (< -0,6 MPa) te u kategoriji „blagi do srednji vodni deficit“ (-0,7 - -1,1 MPa) (Deloire i sur., 2020). Tijekom cijele vegetacije nije bilo izraženog vodnog deficita, vjerojatno zbog meteoroloških uvjeta u godini istraživanja, zbog utjecaja tla crvenice koja ima visok udio gline pa u dubljim horizontima čuva vodu i pravovremenih zahvata obrade tla i ampelotehnike. Signifikantne razlike među tretmanima izmjerene su jedino u fenofazi pune zrelosti, gdje je tretman BA imao najviši vodni deficit te je svrstan u kategoriju „blagi do srednji vodni deficit“. Tretman K imao je najniži vodni deficit, a s ostalim tretmanima (izuzev BA), svrstava se u kategoriju „bez vodnog deficita“. Iako je navedeno kako vodni deficit može utjecati na fotosintezu, prinos, sadržaj grožđa i senzorna svojstva vina (Matthews i sur., 1990), u ovom istraživanju ne pronalazi se povezanost navedenog, vjerojatno zbog premalih razlika u vodnom potencijalu lista među tretmanima.

5.2.2. Sadržaj elemenata u listu

Analizom sadržaja elemenata u listu utvrđene su vrijednosti pojedinih elemenata u listu tijekom četiri proučavane fenofaze; u cvatnji, zamatanju bobica, šari bobica i punoj zrelosti. Primjena folijarnih otopina utjecala je na sadržaj pojedinih elemenata u listu u pojedinim fenofazama, vjerojatno zbog utjecaja niza čimbenika, poput karakteristika folijarnih otopina, sadržaja i dostupnosti hraniva u tlu, fiziološkog odgovora biljke te meteoroloških prilika.

U ovom istraživanju utvrđena je statistički značajna razlika u sadržaju N u listu vinove loze između primijenjenih folijarnih tretmana i kontrole. Sadržaj dušika u listu u fenofazi zamatanja bobica kretao se u rasponu od 1,91 do 3,81 % i imao je tendenciju opadanja kroz vegetaciju, što je u skladu s literaturom (Davenport i Horneck, 2011; Fregoni, 2013).

Isključivo u fenofazi šare bobica postoji i pozitivna korelacija sadržaja dušika u listu i prinosa grožđa, što je u skladu s navodima Keller i sur. (1998) prema kojima dušik utječe na prinose. Također, u istoj fenofazi šare bobica, postojala je pozitivna korelacija sadržaja dušika u listu sa sadržajem glukoze, fruktoze i jabučne kiseline u moštu, te negativna korelacija s vinskom kiselinom u moštu. Williams (2023) iznosi kako se dušik u obliku uree najlakše i najbrže usvaja putem lista, zatim slijede amonijski pa nitratni ion. U ovom istraživanju tretman s aminokiselinama A imao je viši sadržaj dušika u listu u svim fenofazama od tretmana s ureom U.

Sadržaj kalcija u listu, neovisno o fenofazi razvoja, kretao se u rasponu 15,3 – 37,7 g/kg. Kako iznosi Fregoni (2013), optimalan sadržaj kalcija u listu u vrijeme cvatnje je 17,0 – 38,0 g/kg, a svi tretmani u ovom pokusu imali su vrijednosti kalcija oko donje granice. Isti autor u fenofazi šare preporučuje 22,0 – 45,0 g/kg, a jedino je tretman BUA imao niži sadržaj kalcija. Holzapfel i sur. (2019) navode kako se sadržaj kalcija povećava od početka vegetacije prema punoj zrelosti, što je bio slučaj i u ovom pokusu. Gluhić (2005) iznosi kako su crvenice u pravilu nekarbonatne, što može biti razlog nižeg sadržaja kalcija u fenofazi cvatnje, prije primjene folijarnih tretmana u ovom istraživanju.

Kroz vegetaciju, sadržaj kalija u listu kretao se u rasponu od 5,95 do 18,4 g/kg. U fenofazi zametanja sadržaj kalija u listu bio je u rasponu 11,1 – 18,4 g/kg, u fenofazi šare bobica 8,43 - 14,1, što je u skladu s rasponom od 5,00 do 16,0 g/kg kako navodi Fregoni (2013) odnosno 7,50 – 15,0 mg/kg kako navode Davenport i Horneck (2011). Sadržaj kalija bio je viši u početku vegetacije, sve do fenofaze zametanja bobica, kada je počeo opadati, što je u skladu s navodima Holzapfel i sur. (2019). U svim praćenim fenofazama, tretmani B600 i B1200 imali su najvišu koncentraciju kalija u listu. Razlog tome može biti visok sadržaj kalija u biougļjenu (22,8 g/kg) koji je korišten u folijarnim otopinama. Također, tretmani B600 i B1200 imali su u punoj zrelosti viši sadržaj kalija i niži sadržaj vinske kiseline od ostalih tretmana, što potvrđuje tvrdnje Walkera i Blackmorea (2012) kako viši sadržaj kalija u listu u razdoblju od šare bobica do pune zrelosti utječe na smanjenje vinske kiseline u moštu.

Sadržaj magnezija u listu vinove loze u provedenom istraživanju kretao se u rasponu od 2,11 do 3,41 g/kg, što je ispod optimalne razine u rasponu 5,00 – 8,00 g/kg (Christensen i sur., 1978) odnosno 2,50 – 5,00 g/kg (Davenport i Horneck, 2011). Ipak Fregoni (2006) navodi preporučene količine magnezija u rasponu 1,70 – 6,00 g/kg, ovisno o fenofazi vinove loze. Tretmani K i U imali su viši sadržaj magnezija u fenofazi zametanja bobica, B300 u fenofazi šare bobica te U u fenofazi pune zrelosti. Holzapfel i sur. (2019) navode kako se sadržaj magnezija povećava od početka vegetacije prema punoj zrelosti, što je bio slučaj i

u ovom istraživanju, jedino se sadržaj magnezija neznatno smanjio u fenofazi pune zrelosti u odnosu na fenofazu šare bobica. Općenito, nizak sadržaj magnezija u listu u provedenom istraživanju vjerojatno je povezan s nedostatkom ili nepristupačnošću magnezija u tlu zbog visoke količine kalija u tlu koji ga blokira (Gluhić, 2005). Iako biougljen korišten u istraživanju sadrži 27,5 g/kg magnezija, povećanjem doze biougljena, došlo je do opadanja sadržaja magnezija u listu. S druge strane, Bai i sur. (2024) navode kako folijarna prihrana magnezijem utječe na povećanje prinosa. Ako se biougljen korišten u ovom istraživanju sagleda kao kompleksni materijal koji između ostalog sadrži i magnezij (što nije slučaj s ureom i aminokiselinama), zaključuje se kako se folijarnom primjenom većih koncentracija biougljena (600 i 1200 mg/L) može utjecati na povećanje prinosa grožđa.

Sadržaj fosfora u listu kroz vegetaciju kretao se u rasponu od 1,63 do 3,53 g/kg, što je u skladu s rasponima koncentracija koje navode Fregoni (2013) (1,20 – 3,80 mg/kg) i Davenport i Horneck (2011) (1,20 – 4,50 mg/kg). U fenofazi zametanja bobica, sadržaj fosfora bio je najviši u listu tretmana BA, a najniži u tretmanu B600. U fenofazi šare bobica u listu tretmana BU detektiran je najviši sadržaj fosfora, a najniži u tretmanu U. U fenofazi pune zrelosti nije bilo signifikantne razlike među tretmanima. Holzapfel i sur. (2019) navode kako se fosfor smanjuje od početka vegetacije prema punoj zrelosti, što je također bio slučaj u ovom pokusu, izuzev u fenofazi pune zrelosti kada je sadržaj fosfora bio veći nego u fenofazi cvatnje, odnosno sadržaj fosfora je bio najveći od svih mjerenja tijekom vegetacije. Ta je pojava vjerojatno rezultat bolje pristupačnosti i usvajanja fosfora putem korijena, a zbog izraženih oborina tijekom kolovoza u godini istraživanja.

Tijekom vegetacije, sadržaj sumpora u listu kretao se u rasponu od 1,67 do 2,73 g/kg, što je niže od optimalnog raspona od 3,00 – 76,0 g/kg koji navode Zhao i sur. (2008). Melo i sur. (2018) navode kritičnu granicu sumpora u fenofazi šare bobica od 3,50 g/kg, od čega su svi tretmani imali niži sadržaj (1,67 – 2,21 g/kg). Ipak, tretmani BU i BA imali su viši sadržaj sumpora u fenofazi zametanja bobica, u fenofazi šare bobica viši sadržaj su imali tretmani B600 i B1200, dok je tretman B1200 imao viši sadržaj sumpora u fenofazi pune zrelosti. Više vrijednosti sumpora u listovima navedenih tretmana koji su sadržavali biougljen mogu biti posljedica kombinacije tretiranja biougljenom, koji sadrži sumpor u količini 12,4 g/kg, u višim koncentracijama (600 i 1200 mg/L), odnosno kombinacije najniže doze biougljena (300 mg/L) i preparata s aminokiselinama i ureom, a vjerojatno zbog pozitivne korelacije dušika i sumpora u biljci (Barker i Pilbeam, 2007).

Sadržaj bora u listu bio je relativno stabilan tijekom vegetacije, odnosno sadržaj se nije pretjerano mijenjao. Ipak, postoje signifikantne razlike među tretmanima, tretman B1200

imao je najvišu vrijednost u sve tri mjerene fenofaze, a uz njega u fenofazi pune zrelosti tretmani U i A. U fenofazi cvatnje, naspram fenofaze zametanja bobica, sadržaj bora bio je viši u listovima svih tretmana osim u tretmanima B600 i B1200. Iako su zahtjevi vinove loze za borom u vrijeme cvatnje veliki (Dell i Huang, 1997), u istraživanim tretmanima došlo je do porasta sadržaja bora, vjerojatno usvajanjem iz folijarnih otopina.

Vrijednosti bakra u listu Malvazije istarske bile su iznad kritične granice, a kretao se u rasponu od 6,18 mg/kg u fenofazi cvatnje do 486 mg/kg u fenofazi šare bobica. Znatno povećanje sadržaja bakra u listu u fenofazi šare u odnosu na sadržaj u fenofazi zametanja bobica, te kasnije opadanje u fenofazi pune zrelosti, vrlo vjerojatno je rezultat primjene sredstava za zaštitu bilja na bazi bakarnih spojeva. Opadanje sadržaja bakra u punoj zrelosti vjerojatno je rezultat prestanka primjene sredstava u vremenu nakon fenofaze šare bobica.

Sadržaj željeza u listu vinove loze kroz vegetaciju kretao se u rasponu od 63,3 do 108 mg/kg. Od fenofaze cvatnje vinove loze do fenofaze šare bobice sadržaj željeza u listu se povećavao, da bi njegova razina u fenofazi pune zrelosti smanjila u svim tretmanima osim u tretmanu U. Fregoni (2013) navodi kako je optimalan sadržaj željeza u listu vinove loze u fenofazi cvatnje u rasponu 65 – 300 mg/kg te u fenofazi šare bobice 80,0 – 300 mg/kg. Sadržaj željeza u provedenom istraživanju bio je uz donju granicu preporučenog raspona. Tretmani K, B300, U i BU pokazali su konstantu u visokom sadržaju željeza kroz proučavane fenofaze.

Raspon mangana u listu vinove loze kretao se od 33,8 do 69,8 mg/kg, što je ispod preporučene količine, odnosno na donjoj granici od 50,0 – 500 mg/kg u vrijeme cvatnje i 55,0 – 400 mg/kg u vrijeme šare bobica kako navodi Fregoni (2013). Kirkby (1993) navodi nešto drukčiji optimalni raspon mangana u listu u rasponu 30,0 – 100 mg/kg. Razlog nižoj koncentraciji mangana vjerojatno je tlo blago alkalne pH reakcije tla pokusnog vinograda, a alkalni uvjeti u tlu smanjuju pristupačnost mangana biljci (Čoga i sur., 2010). Uz pH tla, uzrok nedostatku može biti i niska razina mangana u biougljenu, urei i preparatu s aminokiselinama, čime se taj nedostatak nije mogao nadoknaditi folijarnom primjenom korištenih otopina.

Sadržaj molibdena u listu vinove loze kroz vegetaciju kretao se u rasponu od 0,73 do 0,99 mg/kg, što je u skladu s rasponom od 0,20 do 2,00 mg/kg kako navode Barker i Pilbeam (2007), a razina je bila poprilično konstantna, s blagim padom kroz vegetaciju. Isti autori navode povezanost oblika ishrane dušikom i sadržaja molibdena, no u ovom istraživanju

ne uočava se povezanost oblika dušika koji je dodan folijarnom prihranom i sadržaja molibdena.

Sadržaj natrija u listu kretao se u rasponu 13,3 – 112 mg/kg, a povećavao se do fenofaze šare bobica, nakon čega je u fenofazi pune zrelosti opao. Razlog može biti isti kao i kod bakra, a to je primjena različitih sredstava za zaštitu bilja koji sadrže natrijeve spojeve (Hassan, 2019).

Sadržaj silicija u listu kroz vegetaciju kretao se u rasponu 371 – 980 mg/kg. U fenofazi zametanja bobica najviša vrijednost detektirana je u tretmanu BU. U fenofazi šare bobica najveća je vrijednost detektirana u listu tretmana B1200, a u fenofazi pune zrelosti tretman U. Iako se ne primjećuje određeno ponavljanje i pravilno gibanje koncentracije silicija kroz vegetaciju unutar određenog tretmana, koncentracija silicija se povećavala tijekom vegetacije, sve do pune zrelosti, vjerojatno zbog činjenice kako su za analizu prikupljeni listovi iz zone grožđa, a u kasnijim fenofazama to su već stariji listovi koji sadrže veće koncentracije silicija (Schabl i sur., 2020). Sut i sur. (2022) navode povezanost sadržaja silicija s prinosom grožđa i sadržajem aminokiselina u slučaju gnojidbe silicijem, no u ovom istraživanju taj efekt nije uočljiv, vjerojatno zbog nedovoljno visokog sadržaja silicija u listu.

Sadržaj cinka u ovom istraživanju kretao se u rasponu 8,92 – 17,7 mg/kg, uz opadanje tijekom fenofaze cvatnje te postepenog nakupljanja prema fenofazi pune zrelosti. Fregoni (2013) navodi preporučene količine cinka u fenofazi cvatnje u koncentraciji 20,0 - 250 mg/kg te u fenofazi šare bobica 14,0 - 160 mg/kg. Stoga se može utvrditi nedostatak, odnosno koncentracija uz preporučenu donju razinu cinka u listovima određenih tretmana. Iako je utvrđen nedostatak cinka, ne može se utvrditi i povećano nakupljanje elemenata poput fosfora, željeza, mangana ili bakra kako navodi (Marschner, 2011). Također, isti autor navodi i kako u slučaju nedostatka cinka, u biljci može doći do nakupljanja slobodnih aminokiselina. U ovom se istraživanju može uočiti niža koncentracija aminokiselina treonin, glutamin, asparaginska kiselina i glutaminska kiselina, u moštovima tretmana koji su u fenofazi pune zrelosti imali niži sadržaj cinka. Isti su tretmani, izuzev tretmana BA, imali niže vrijednosti cinka i u fenofazi šare bobica, a u fenofazi zametanja bobica tretmani B300 i U.

Sadržaj elemenata u listu vinove loze preslika je uvjeta u kojem se vinova loza uzgaja (Bertoldi i sur., 2011), ali i sorte vinove loze (Ortiz-Villajos i sur., 2011) i podloge (Bavaresco i sur., 2003). Iako se optimalne i kritične granice elemenata iz gore navedenih radova

odnose općenito na vinovu lozu, autori iznose potrebu za postavljanjem kritičnih granica za svaki kultivar zasebno, stoga ove usporedbe treba uzeti s rezervom.

Zaključno, sadržaj dušika, kalcija, bora i bakra je kod svih tretmana bio iznad kritične granice, a sadržaj fosfora, željeza, mangana i cinka kod svih tretmana ispod kritične granice. Tretmani B600 i B1200 su imali zadovoljavajući sadržaj K naspram ostalih tretmana koji su bili ispod kritične granice. U slučaju magnezija, tretmani B300, BU i BA imali su više vrijednosti, dok su svi ostali tretmani imali vrijednosti ispod kritične granice hraniva. Također uviđa se da je folijarnom primjenom tretmana koji sadržavaju biougljen (B300, B600, B1200, BU i BA) zadovoljen sadržaj pojedinih elemenata poput dušika, kalcija i bora u listu u fenofazi šare bobica.

5.2.3. Prinos

Prinos, često glavna komponenta uzgoja pojedinih kultura, vrlo je važan u poljoprivrednoj proizvodnji. Prinos grožđa po biljci temelj je za određivanje veličine prinosa po jedinici površine. U provedenom pokusu jedino je tretman B600 pokazao signifikantno viši prinos, dok su tretmani B1200, U i BA bili komparabilni s kontrolnim tretmanom K. Svi ostali tretmani dali su niži prinos.

Pomnoži li se prinos po trsu s brojem trsova po hektaru (u ovom slučaju 5000), dobiva se prinos po hektaru. Tretman B600, koji je imao najviši prinos, dao je 36,7 % viši prinos od kontrolnog tretmana K, odnosno čak 82,9 % viši prinos od najlošijeg BUA tretmana. Tretman U imao je 19,9 % viši prinos u odnosu na tretman BU koji je sadržavao biougljen, dok je u slučaju tretmana s aminokiselinama (A, BA), kod kojih nije bilo signifikantne razlike, tretman BA imao 7,32 % viši prinos od tretmana A koji nije sadržavao biougljen. U pogledu različitih koncentracija biougljena, tretman B1200 je imao 33,8 %, a B600 čak 73,4 % viši prinos od tretmana B300, koji je imao najnižu koncentraciju biougljena u otopini.

Tretmani B600 i B1200 dali su, uz viši prinos i veći sadržaj pojedinih elemenata u listu (kalcij, kalij, sumpor, bor, bakar, mangan) od kontrolnog tretmana K, alkohol u vinu i u konačnici višu ocjenu na senzornom ocjenjivanju. Povećanje prinosa folijarnom primjenom biougljena u oprečnoj je vezi s rezultatima velike većine dosad provedenih istraživanja primjene biougljena putem tla, kada biougljen nije utjecao na povećanje prinosa (García-Jaramillo i sur., 2021). Ipak, tri folijarne primjena visoke doze biougljena (1200 mg/L) u ovom su

istraživanju povećale prinos, što potencijalno ukazuje na prednost folijarne primjene biougljena u odnosu na primjenu putem tla u pogledu prinosa.

U istraživanjima folijarne primjene uree (Murillo-Peña i sur., 2023; Pérez-Álvarez i sur., 2017), utvrđeno je kako ona nije utjecala na prinos, odnosno kako je godina imala veći utjecaj od same primjene. Također, folijarna primjena uree, obogaćene aminokiselinama nije utjecala na prinos grožđa (Mataffo i sur., 2020). Gutiérrez-Gamboa i sur. (2022) iznose kako promjene u prinosu grožđa ovise više o edafskim čimbenicima i ishranjenosti vinograda i navodnjavanju, a manje o folijarnoj primjeni različitih oblika dušika.

5.2.4. Kvascu dostupan dušik

U ovom istraživanju, tretmani B600 i B1200 imali su najveći sadržaj YAN-a. Zanimljivo je kako su navedeni tretmani, koji su sadržavali isključivo biougljen, postigli viši sadržaj YAN-a u odnosu na tretmane koji su sadržavali dušične spojeve (U, BU, A, BA, BUA). U istraživanju Torres-Díaz i sur. (2024) folijarna primjena uree nije utjecala na sadržaj YAN-a, što je bio slučaj i u ovom istraživanju. Svi proučavani tretmani u konačnici su imali razinu YAN-a višu od preporučenog minimuma za uspješnu fermentaciju bistrog mošta u količini od približno 140 mg/L dušika (Bell i Henschke, 2005), odnosno 160 mg/L (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Potrebe kvasaca za dušikom mogu varirati ovisno o koncentraciji šećera u moštu te soju kvasca (Barbosa i sur., 2009). Uzevši u obzir navedene činjenice, kao i tehničke podatke o korištenom kvascu QA23 u kojima se navodi kako je to kvasac s niskim zahtjevima prema dušiku u moštu (Lallemand, n.d.) može se pretpostaviti kako su, po pitanju dušika, uvjeti za uspješnu fermentaciju bili ispunjeni kod svih tretmana te kako dodatak hrane za kvasce tijekom fermentacije u ovom slučaju nije bio potreban, što je svakako prednost u vinarstvu jer smanjuje troškove proizvodnje vina.

Potrebno je utvrditi je li primjena folijarnih preparata u jednoj, određenoj fenofazi imala glavni utjecaj na sadržaj YAN-a u moštu ili je akumulativni efekt sve tri primjene doprinio tome. Verdenal i sur. (2015) iznose kako je u istraživanju koje su proveli folijarna primjena uree u fenofazi šare imala veći utjecaj na sadržaj YAN-a u moštu od primjene u fenofazi cvatnje te kako je učinkovitije napraviti korekciju nedostatka dušika ureom u fenofazi šare bobica nego u fenofazi cvatnje.

5.2.5. Sadržaj šećera u moštu

Sadržaj glukoze i fruktoze bio je najviši u moštovima tretmana BA i B1200, dok je najniži bio kod tretmana B300. Sadržaj glukoze kretao se u rasponu od 61,9 do 103 g/L, a sadržaj fruktoze od 65,8 do 107 g/L. Ukupni sadržaj šećera u moštovima različitih tretmana iz provedenog poljskog pokusa kretao se u rasponu od 145 do 232 g/L, što je unutar prosjeka od 130 do 250 g/L (Damijanić i Palman, 2010). Odnos šećera glukoza/fruktoza u pokusu bio je ispod jedan, što ukazuje na veću količinu fruktoze u svim proučavanim tretmanima. Ribéreau-Gayon i sur. (2006) iznose kako je odnos šećera glukoza/fruktoza u početku pune zrelosti jednak 1,00, dok se tijekom pune zrelosti on može kretati u rasponu 0,90 – 1,00, što potvrđuje kako je berba grožđa izvršena u punoj zrelosti.

Jackson (2009) iznosi kako povećanje prinosa ima za tendenciju smanjeno nakupljanje šećera tijekom dozrijevanja grožđa, što se u ovom pokusu djelomično potvrdilo. Tretman BU imao je niži prinos i viši ukupni sadržaj šećera u moštu od tretmana U što potvrđuje ove navode. Također, kod tretmana BUA, A, BA i K je razina ukupnih šećera pratila razinu prinosa grožđa. Tretmani B600 i B1200 bili su izuzetak jer su imali viši prinos, ali i viši sadržaj šećera u moštu, te tretman B300 koji je pokazao nizak prinos i nizak sadržaj šećera u moštu. Torres-Díaz i sur. (2024) iznose kako folijarna primjena uree nije utjecala na sadržaj glukoze i fruktoze u grožđu, što je bio slučaj i u ovom istraživanju.

5.2.6. Organske kiseline

Među proučavanim organskim kiselinama u moštu najzastupljenija je bila vinska kiselina koja se kretala u rasponu od 4,77 do 9,10 g/L, što je u skladu s vrijednostima u literaturi (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Ipak, postojala je velika razlika tretmana B600 i B1200 koji su imali znatno niže vrijednosti vinske kiseline od ostalih tretmana. Razlog tomu može biti povezan s višim sadržajem kalija u listu navedenih tretmana. Iako povećana dostupnost kalija u biljci dovodi do povećanja sadržaja vinske kiseline u grožđu, slobodna forma vinske kiseline se veže s kalijem, što dovodi do neutralizacije kiselosti (Jackson, 2008). Po zastupljenosti je slijedila jabučna kiselina u koncentraciji od 1,26 do 2,02 g/L, što je i prosječna vrijednost u bijelim vinima u prosječnim godinama (Moreno-Arribas i Polo, 2009). Tretmani B600 i B1200 imali su viši sadržaj jabučne kiseline. Povezanost višeg sadržaja jabučne s nižim sadržajem vinske kiseline, vjerojatno je posljedica međusobnog odnosa te dvije kiseline. Budući da jabučna i vinska kiselina djeluju zajedno u održavanju ionske ravnoteže u bobicama, promjene u metabolizmu jedne mogu neizravno utjecati na razinu

druge (Jackson, 2008). Također, povećana dostupnost dušika, koja je u fenofazi šare bobica izmjerena u listu tretmana B600 i B1200, vjerojatno je utjecala na višu sintezu jabučne kiseline u grožđu. Slijedila je limunska kiselina, koju su moštovi različitih tretmana sadržavali u koncentraciji od 276 do 336 mg/L što je niže od vrijednosti u literaturi od 500 do 1000 mg/L (Kalathenos i sur., 1995) te mliječna kiselina u koncentraciji od 15,6 do 30,0 mg/L. Tretman U, koji je u šari bobica imao niži sadržaj dušika u listu, imao je i najviši sadržaj limunske kiseline, što potvrđuje tvrdnju o utjecaju dušika na sadržaj limunske kiseline u grožđu (Jackson, 2008). Najniži sadržaj limunske kiseline imao je tretman BA, što je vjerojatno posljedica više razine vodnog stresa u biljci, što potvrđuju i rezultati najveće vrijednosti vodnog potencijala lista u fenofazi pune zrelosti. Torres-Díaz i sur. (2024) u svom istraživanju iznose kako folijarna primjena uree nije utjecala na sadržaj vinske i jabučne kiseline u grožđu, što je bio slučaj i u ovom istraživanju.

5.2.7. Aminokiseline

Iako je mnogo autora (Garde-Cerdán i sur., 2015; Gutiérrez-Gamboa i sur., 2019, 2017; Lasa i sur., 2012; Spayd i sur., 2000, 1995) utvrdilo znakovitu povezanost dušične gnojidbe i koncentracije pojedinačnih aminokiselina u moštu, u ovom je pokusu taj efekt izostao. Tretman B1200 imao je najviše vrijednosti svih proučavanih aminokiselina, dok se uz njega i tretman B600 istaknuo u slučaju aminokiselina glicin i glutaminska kiselina, te je bio komparabilan u slučaju asparaginske kiseline, glutamina i alanina.

U moštovima provedenog pokusa, najzastupljenija je bila aminokiselina glutamin, zatim prolin, glutaminska kiselina i serin, što je u skladu s dosadašnjim objavljenim istraživanjima (Hernández-Orte i sur., 1999; Huang i Ough, 1989; Soufleros i sur., 2003; Stines i sur., 2000). Navedena istraživanja navode i aminokiselinu arginin kao jednu od najzastupljenijih, međutim u ovom pokusu ona nije detektirana. U navođenju aminokiselina po zastupljenosti u moštu, arginin i prolin su uglavnom na prvom mjestu, zatim ih slijede ostale gore navedene. Bell i Henschke (2005) iznose velike raspone sadržaja aminokiselina u grožđu iz različitih istraživanja. Sadržaj svih aminokiselina iz ovog istraživanja, osim asparagina, bio je unutar raspona iz literature.

Verdenal i sur. (2021) iznose kako visina prinosa utječe na koncentracije pojedinih aminokiselina u grožđu. U ovom istraživanju tretmani B1200 i B600 koji su imali visok prinos, imali su i visok sadržaj aminokiselina u moštu. Ipak, uz njih je i tretman K imao visok prinos, no u moštu tog tretmana nisu detektirane visoke koncentracije aminokiselina.

5.2.8. Aromatski spojevi

Viši alkoholi mogu pozitivno utjecati na miris nearomatičnih kultivara (Guth, 1997; Moyano i sur., 2009), a u moštovima različitih folijarnih tretmana iz provedenog istraživanja detektirani su viši alkoholi izoamilni alkohol, 2-feniletanol, 2-etil-1-heksanol, 1-heksanol, 1-oktanol i 1-dekanol. Sadržaj izoamilnog alkohola kretao se u rasponu 1,26 - 622 µg/L, a bio je najviši u moštu tretmana B1200. Izoamilni alkohol daje miris otapala, stoga njegova visoka koncentracija nije poželjna (Jackson, 2008). Sadržaj 2-feniletanola koji daje miris cvijeća i ruža te 1-oktanol također je bio najviši u moštu tretmana B1200. Sadržaj 1-heksanola, koji se najčešće povezuje s travnatim i biljnim aromama, bio je najveći u tretmanu BA, a Gómez-Míguez i sur. (2007) iznose kako je njegov veći sadržaj u manje zreloom grožđu. Spojevi 2-etil-1-heksanol i 1-decanol nisu pokazali signifikantne razlike među tretmanima.

U moštovima različitih folijarnih tretmana iz provedenog istraživanja detektirani su i etilni i acetatni esteri. Etil heptanoat i heksil acetat nisu pokazali statistički značajne razlike među tretmanima. Svi ostali detektirani spojevi, a to su etil oktanoat, etil nonanoat, etil dekanat, etil pentadekanoat i izoamil acetat, signifikantno više vrijednosti naspram drugih tretmana pokazali su u moštu tretmana B1200. Esteri doprinose voćnim i cvjetnim aromama vina, sintetiziraju se u grožđu, ali u koncentracijama koje nisu senzorno značajne za razliku od većine koju stvaraju kvasci tijekom alkoholne fermentacije i zbog čega se esteri i smatraju dijelom fermentacijske arome vina (Jackson, 2008).

Koncentracija β-damaskenona u moštovima kretala se u rasponu 2,71 – 212 µg/L. Većina je tretmana imala niže vrijednosti, u skladu s prosjekom od 10 µg/L kako za Riesling navode Alem i sur. (2019). Značajno višu razinu β-damaskenona imao je mošt tretmana B1200. Sadržaj β-damaskenona, čiji je prag detekcije vrlo nizak, utječe na kompleksnu cvjetnu aromu i aromu ruža. Za stvaranje β-damaskenona važna je koncentracija karotenoida u biljci, a koja pak ovisi o izloženosti sunčevoj svjetlosti, temperaturi, stresu, različitim ampelotehničkim zahvatima, ali i ishranjenosti vinograda. Na sintezu β-damaskenona iz karotenoida najviše utjecaja ima prekursor neoksantin, u čijoj je strukturi glavni element ugljik (Anić i sur., 2024), stoga povezanost folijarne primjene najviše doze biouglijena (B1200) i visokog sadržaja β-damaskenona može biti vezano uz visok sadržaj ugljika u biouglijenu od 73,1 %.

Aromatski spojevi su često povezani s metabolizmom ugljika, jer su mnogi od njih produkt sekundarnog metabolizma koji ovisi o dostupnosti ugljika i energiji iz primarnih metabolita.

Povećana koncentracija ugljika u biljci može osigurati više šećera i drugih prekursora potrebnih za biosintezu aromatskih spojeva. Šećeri poput glukoze i fruktoze važni su prekursori za sintezu fenolnih spojeva i terpena. Terpeni se sintetiziraju iz izopentenil difosfata, molekule bogate ugljikom. Stoga, povećana dostupnost ugljika može povećati i biosintezu terpena (Bosman i Lashbrooke, 2023; Chen i sur., 2024; Cosme Silva i sur., 2017). Iako, u provedenom istraživanju, koncentracija ugljika u listu i moštu nije analizirana, moguće je kako je primjena folijarnog preparata s najvišom dozom biouglijena (B1200) zbog svog visokog sadržaja ugljika doprinijela povećanju koncentracije ugljika u vinovoj lozi te posljedično povećanoj koncentraciji monoterpena u moštu. Tretman B1200 imao je viši sadržaj linalola i farnesola, dok je uz njega tretman BA bio komparativan u sadržaju α -terpineola. Sadržaj monoterpena različit je u različitim dijelovima bobice grožđa. Geraniol i nerol su koncentriraniji u kožici grožđa nego u pulpi (Ribéreau-Gayon i sur., 2006), stoga je njihova detekcija vjerojatno izostala zbog brze prerade bez maceracije grožđa.

Među masnim kiselinama u moštu, detektirane su kaprilna (oktanska) i kaprinska (dekanska) kiselina. Tretmani K, A, BA i B600 imali su viši sadržaj kaprilne kiseline u moštu, dok među koncentracijama kaprinske kiseline nije bilo signifikantne razlike. Prisutnost $C_6 - C_{10}$ masnih kiselina uglavnom se povezuje s neugodnim mirisima. Rapp i Versini (1995) iznose kako se masne kiseline u moštu stvaraju u većim količinama iz moštava bogatijim aminokiselinama, a takva vina imaju zbog toga niži udio viših alkohola. Caven-Quantrill i Buglass (2008) iznose kako se veći sadržaj kaprinske kiseline nalazi u zrelijem grožđu, no to u ovom istraživanju nije bio slučaj.

Tretman B1200 signifikantno je imao viši sadržaj izoamil alkohola, 2-feniletanola koji daje aromu ruže, 1-oktanol, etil oktanoata, etil nonanoata koji daje arome konjaka, voća i ruže, etil dekanoata koji daje sapunaste arome, etil pentadekanoata, izoamil acetata koji daje aromu banane, 2-feniletal acetata koji daje arome meda, cvijeća i ruže, β -damaskenona koji daje arome ruže i egzotičnog cvijeća, linalola koji daje arome cvijeća, citrusa i začina, α -terpineola koji daje cvjetne arome te farnesola. Također, isti tretman imao je signifikantno niži sadržaj benzaldehida koji su uzročnici gorkih aroma badema. Uz iznimku 2-feniletanola, ostali viši alkoholi imaju neprijatan miris, poput izoamilnog alkohola koji ima miris po otapalu (Jackson, 2008).

Torres-Díaz i sur. (2024) u svom istraživanju iznose kako se folijarnom primjenom uree sadržaj spojeva u moštu poput 1-heksanola smanjio, 2-feniletanola i α -terpineola povećao, a kako u sadržaju 1-decanola, heksil acetata i linalola nije bilo razlike. U provedenom

pokusu ni jedna folijarna primjena tretmana s ureom nije imala za posljedicu razlike u koncentraciji navedenih spojeva.

Kalua i Boss (2009) sugeriraju kako se neki spojevi koji doprinose aromi grožđa mogu stvarati i prije šare bobica, a ne isključivo akumulirati od trenutka šare bobica prema punoj zrelosti. Stoga je razumijevanje vremena sinteze aromatskih spojeva i razlika među sortama ili pak različitim tretmanima u vinogradu važno za buduća vinogradarsko-vinarska istraživanja i optimizaciju vinogradarskih strategija s ciljem poboljšanja arome grožđa, odnosno arome vina kao konačnog proizvoda.

5.2.9. Fizikalno-kemijski sastav vina

Fizikalno-kemijskom analizom vina utvrđeno je kako su folijarni tretmani statistički značajno utjecali na alkohol, ukupnu kiselost, pH vrijednost i reducirajuće šećere, a u svojstvu hlapive kiselosti nije bilo statistički značajne razlike. Alkoholna jakost se u vinima proizvedenim iz pokusa kretala u rasponu od 9,52 do 10,9 % vol., a nešto niža razina alkohola u vinima posljedica je nižih šećera u moštu, odnosno nešto zahtjevnije vinogradarske godine u kojoj je nakupljanje šećera u grožđu bilo otežano. Zbog toga se sadržaj alkohola u vinima iz ovog istraživanja ne slaže s rezultatima (10,8 – 14,3 % vol.) koje su na istoj sorti dobili Peršurić i sur. (2004). Najviši sadržaj alkohola imalo je vino tretmana B600, a najniži vino tretmana B300. Ukupna kiselosti kretala se u rasponu 7,12 – 8,21 g/L, što je u skladu s rezultatima Peršurić i sur. (2004) koji su na 'Malvaziji istarskoj' utvrdili raspon 5,50 – 9,20 g/L. Tretmani K, B300, BU, A, i BUA imali su najviši sadržaj ukupne kiselosti, a tretmani B600 i B1200 najniži. Vrijednosti pH u vinima kretale su se u rasponu 2,89 – 3,14. Samo su vina tretmana B600 i B1200 u skladu s rezultatima Peršurić i sur. (2004) gdje su utvrđene vrijednosti pH iste sorte varirale od 3,05 do 3,20. Reducirajući šećeri izmjereni su u rasponu 2,00 – 2,87 g/L, što sva vina svrstava u suha vina (Pravilnik o proizvodnji vina, 2005), no ostatak šećera od 2,00 do 2,87 g/L u praksi može doprinijeti punoći okusa vina (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). U ovom tipu proizvodnje suhih mirnih bijelih vina za brzu potrošnju, poželjni su nešto niži alkoholi, koji su generalno bili prisutni u vinima svih tretmana, ali također umjerena ukupna kiselost i posljedično viša pH vrijednost, što može biti jedan od glavnih razloga više senzorne ocjene tretmana B600 i B1200, a prvenstveno zbog veće harmoničnosti vina.

5.2.10. Senzorika

Primjena folijarnih otopina pozitivno je utjecala na senzorna svojstva proizvedenih vina. Kako bi se dobili kvalitetniji rezultati, vina su ocijenjena koristeći tri različite metode; O.I.V metoda 100 bodova, kvantitativna deskriptivna metoda i metoda redosljeda. Senzornim ocjenjivanjem, prema O.I.V. metodi 100 bodova, najbolje su ocijenjena vina tretmana B1200, B600, BU, U i BA. Svi tretmani osim B300 i A ocijenjeni su višom ocjenom u odnosu na kontrolni tretman K. Budući da su, prema Pravilniku o proizvodnji vina (2005), sva vina koja su ocijenjena bodovima većim od 82 boda, svrstana u kategoriju vrhunskih vina, vina tretmana U, BU, B600 i B1200 svrstavaju se u vrhunska vina, dok ostala spadaju u kvalitetna vina.

Rezultati dobiveni kvantitativnom deskriptivnom metodom analize vina ukazuju kako postoje signifikantne razlike u pogledu mirisa vina isključivo u svojstvu jezgričavog voća. Tretman K imao je najizraženiji miris jezgričavog voća, tretmani BU, U i BUA najslabiji, dok su ostali tretmani bili komparabilni. Miris jezgričavog voća u vinima ovog istraživanja najčešće su uključivala jabuku, i to zrelu jabuku, što može biti jedna od posljedica oksidacije vina, što negativno djeluje na senzornu ocjenu vina (Jackson, 2009). U svim svojstvima okusa utvrđene su značajne statističke razlike. Prema intenzitetu okusa najviše bodova dobila su vina tretmana U, B600 i B1200. Kakvoća okusa najbolje je ocijenjena u vinima tretmana U, BU, BA, BUA, B600 i B1200. Kompleksnost okusa je bila najizraženija u tretmanu B600, a najniža u kontrolnom K tretmanu. Trajnost okusa najbolje je ocijenjena u vinima tretmana U i BA, najniža u tretmanu K, dok su ostali tretmani bili komparabilni. Kako konačnu ocjenu vina tvori zbroj svih ovih svojstava, zapažamo kako su vina s najvišim ocjenama za okusna svojstva vina, također najbolje ocijenjena metodom 100 bodova.

Sva su vina ocijenjena i metodom redosljeda, tako da je svaki ocjenjivač u svakoj seriji, poredao vina redosljedom od najboljeg prema najlošijem. Svaki je uzorak dobio bodove, od jedan za najbolji uzorak, do 9 za najlošiji. Iako se rezultati takvih analiza najčešće statistički obrađuju korištenjem ANOVA-e, to je nepravilno jer nemamo normalnu distribuciju podataka (Jackson, 2009). Stoga su za prikaz podataka korištene srednje vrijednosti rangova, medijan, modus, zbroj rangova i redosljed prema zbroju rangova. Neovisno o korištenom mjerilu, konačni redosljed najbolje i najlošije ocijenjenih tretmana se nisu mijenjale. Najbolje su ocijenjena vina tretmana B600, zatim B1200, a najlošije je ocijenjen kontrolni tretman K.

5.2.11. Utjecaj različitih koncentracija biougljena

Primjena različitih koncentracija biougljena pokazala je značajne razlike u pojedinim proučavanim svojstvima, dok su kod nekih one izostale. Iako je pretpostavka bila da bi primjena veće koncentracije biougljena mogla dovesti do zasjenjenja lišća i posljedično imati značajan utjecaj na fiziologiju biljke, nepostojanje signifikantnih razlika u slučaju vodnog potencijala i emisije plinova lista, pokazuje da povećanje koncentracije primjene biougljena ne utječe na ove parametre, barem do najviše proučavane koncentracije od 1200 mg/L (B1200). Sadržaj elemenata u listu se mijenja tijekom vegetacije, stoga uzimanje fenofaze kao faktora u statističkoj obradi podataka može nas dovesti do krivih zaključaka. Međutim, kada proučavamo sadržaj jednog elementa unutar pojedine fenofaze, jasnije uočavamo razlike među tretmanima. Iako je jednostavno zaključiti da je za neke elemente (kalij, kalcij) povećanje koncentracije biougljena dovelo do povećanja sadržaja tog elementa zbog usvajanja iz biougljena, vrlo je složeno objasniti situaciju kada povećanje koncentracije biougljena rezultira smanjenjem sadržaja elementa u listu (magnezij). Smanjenje sadržaja pojedinih elemenata može biti posljedica jačeg rasta biljne i lisne mase, što rezultira razrjeđivanjem sadržaja elemenata koji se nalaze u stanici lista (Russell, 1975). Dodatak određenih hranjivih tvari može smanjiti količine drugih biogenih elemenata u biljci, a predviđanje promjena u koncentracijama elemenata pri dodavanju hranjivih tvari poput dušika, fosfora ili kalija ovisi o različitim čimbenicima, uključujući dostupnost hranjivih tvari u tlu te izravne i neizravne čimbenike na rast i prinos (Russell, 1975). Uzorci uzeti u ranim fazama rasta imaju visoke koncentracije dušika, fosfora, kalija i sumpora. Koncentracija takvih hranjivih tvari opada prema kraju vegetacije i zbog razrjeđivanja ugljikohidratima i drugim strukturnim krutinama (Russell, 1975). Elementi dušik, kalija i djelomično sumpor su slijedili taj obrazac, ali fosfor se ponašao različito. Ukupni sadržaj fosfor bio je viši u punoj zrelosti nego u fenofazama zametanja bobica i šare bobica kod svih proučavanih tretmana. Povećanjem koncentracije biougljena povećao se sadržaj kalija i kalcija u listu, vjerojatno direktnim usvajanjem tih elemenata iz folijarnih otopina. Sadržaj YAN-a, glukoze i fruktoze se također povećao, no nije bilo značajne razlike između tretmana B600 i B1200, Tretman B600 dao je najveći prinos, zatim ga je slijedio B1200 pa B300. Među organskim kiselinama, niže vrijednosti vinske kiseline primijećene su kod tretmana B600 i B1200 što se može povezati s višim sadržajem šećera, no uvidom u odnose glukoza/fruktoza uočavamo kako je kod tretmana B600 i B1200 on bliži vrijednosti 1,00 u odnosu na B300, stoga nije moguće tvrditi kako je dodatak biougljena utjecao na ranije dozrijevanje, odnosno kraću vegetaciju. Povećanjem koncentracije biougljena uočeno je povećanje serina, treonina i prolina, a povećanjem do 600 mg/L biougljena u otopini (B300 < B600 = B1200) povećanje je uočeno i kod asparaginske kiseline, glicina, alanina i glutaminske kiseline. U uvjetima abiotičkog

stresa dolazi do nakupljanja raznih aminokiselina koji imaju ulogu kompatibilnih osmolita: prolin, arginin, glicin, glutamin, asparagin, valin te neproteinske aminokiseline (Burg i Ferraris, 2008; Hildebrandt i sur., 2015). U senzornoj analitici vina, korištenjem O.I.V. metode 100 bodova, tretmani B600 i B1200 bolje su ocijenjeni od tretmana B300, dok je metodom redoslijeda B600 najbolje ocijenjen, zatim B1200 te najlošije B300.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju podataka dobivenih laboratorijskim i poljskim pokusima folijarne primjene biouglijena u vinogradu sorte 'Malvazija istarska', moguće je zaključiti sljedeće:

- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu uree za folijarnu primjenu smanjio je ispiranje dušika s lista vinove loze.
- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu uree za folijarnu primjenu povećao je sadržaj P, K, N, Mn, Si, B, Fe i Na u listu u pojedinim fenofazama, ali se također smanjio sadržaj Mg, B, Na, Cu i Mn u listu u pojedinim fenofazama.
- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu aminokiselina za folijarnu primjenu povećao je sadržaj Ca, P, S, B i Mn u listu u pojedinim fenofazama, ali se također smanjio sadržaj N, K, Fe i Na u listu u pojedinim fenofazama.
- Dodatak biouglijena u koncentraciji 600 mg/L u otopinu za folijarnu primjenu (B600) utjecao je na povećanje prinosa u odnosu na kontrolni tretman. Dodatak biouglijena u koncentraciji 600 i 1200 mg/L postigao je značajno viši prinos grožđa od dodatka 300 mg/L.

Slijedom navedenog, može se djelomično potvrditi hipoteza kako će dodatak biouglijena u otopinu za folijarnu primjenu pozitivno utjecati na usvajanje hraniva od strane lista vinove loze sorte 'Malvazija istarska'.

- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu uree za folijarnu primjenu povećao je sadržaj sadržaj glukoze, fruktoze, ukupnih šećera i ukupnih kiselina u moštu, u odnosu na tretman otopinom uree bez dodatka biouglijena. S druge strane, smanjio je prinos, omjer šećera glukoza/fruktoza, sadržaj aminokiselina serin, asparaginska kiselina i alanin u moštu te pH vrijednost vina.
- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu aminokiselina za folijarnu primjenu povećao je omjer šećera glukoza/fruktoza u moštu te sadržaj alkohola i pH vina u odnosu na tretman aminokiselinama bez dodatka biouglijena. S druge strane, smanjio je YAN, alanin i prolin u moštu te ukupne kiseline u vinu.

- Primjena koncentracije 600 i 1200 mg/L biougljena u folijarnim otopinama utjecala je na povećanje YAN-a, prinosa, sadržaja šećera te aminokiselina serin, treonin, prolin, asparaginska kiselina, glicin, alanin i glutaminska kiselina u moštu, naspram primjene niže koncentracije od 300 mg/L.

Slijedom navedenog, može se djelomično potvrditi hipoteza kako će dodatak biougljena u otopinu za folijarnu primjenu pozitivno utjecati na fizikalno-kemijski sastav mošta i vina 'Malvazije istarske'.

Također može se zaključiti sljedeće:

- Primjena koncentracije 600 i 1200 mg/L biougljena u folijarnim otopinama utječe na bolja senzorna svojstva vina, u odnosu na primjenu 300 mg/L.
- Dodatak biougljena (300 mg/L) u otopinu aminokiselina za folijarnu primjenu utječe na bolja senzorna svojstva vina, u odnosu na folijarnu primjenu aminokiselina bez biougljena.

Rezultati dobiveni ovim istraživanjem doprinijeli su novim informacijama o utjecaju dodatka biougljena u otopine za folijarnu primjenu na fiziološke procese vinove loze, usvajanje hraniva, prinos, fizikalno-kemijski sastav mošta te senzornu ocjenu vina. Odabirom određene koncentracije biougljena moguće je utjecati na navedena svojstva, odnosno u određenim svojstvima poboljšati ili oslabiti utjecaj folijarno primijenjene otopine uree i aminokiselina. Moguće je preporučiti primjenu tretmana B1200 u svrhu postizanja više senzorne ocjene vina. Ovo istraživanje ukazuje na opravdano uvođenje folijarne primjene biougljena u redovnu praksu vinogradarske proizvodnje.

7. LITERATURA

1. Abd Elwahed M.S., Abd El-Aziz M.E., Shaaban E.A., Salama D.M. (2019). New trend to use biochar as foliar application for wheat plants (*Triticum Aestivum*). *J Plant Nutr* 42 (10): 1180–1191. doi:10.1080/01904167.2019.1609503
2. Alem H., Rigou P., Schneider R., Ojeda H., Torregrosa L. (2019). Impact of agronomic practices on grape aroma composition: a review. *J Sci Food Agric* 99 (3): 975–985. doi:10.1002/jsfa.9327
3. Alshaal T., El-Ramady H. (2017). Foliar application: from plant nutrition to biofortification. *Environ Biodivers Soil Secur* 1 (2017): 71–83. doi:10.21608/JENVBS.2017.1089.1006
4. Amâncio S. (2015). Foreword: The Value of Sulfur for Grapevine. In: *Molecular Physiology and Ecophysiology of Sulfur*, pp. 1–7. doi:10.1007/978-3-319-20137-5_1
5. Amâncio S., Tavares S., Fernandes J.C., Sousa C. (2009). Grapevine & sulfur: Old partners, new achievements. In: *Grapevine Molecular Physiology and Biotechnology: Second Edition*, pp. 31–52. doi:10.1007/978-90-481-2305-6_2
6. Anđelini D., Cvitan D., Prelac M., Pasković I., Černe M., Nemet I., Major N., Goreta Ban S., Užila Z., Zubin Ferri T., Njegić Džakula B., Petek M., Ban D., Palčić I. (2023). Biochar from Grapevine-Pruning Residues Is Affected by Grapevine Rootstock and Pyrolysis Temperature. *Sustain* 15 (6): 4851. doi:10.3390/su15064851
7. 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
8. Anić M., Karoglan M., Osrečak M., Karoglan Kontić J. (2024). The Influence of Environmental Conditions and Vineyard Management Practices on the Composition and Content of Carotenoids in Grapevines (*Vitis vinifera* L.). A Review. *South African J Enol Vitic* 45 (1). doi:10.21548/45-1-6217
9. Arias-Gil M., Garde-Cerdán T., Ancín-Azpilicueta C. (2007). Influence of addition of ammonium and different amino acid concentrations on nitrogen metabolism in spontaneous must fermentation. *Food Chem* 103 (4): 1312–1318. doi:10.1016/j.foodchem.2006.10.037
10. Azuara M., Sáiz E., Manso J.A., García-Ramos F.J., Manyà J.J. (2017). Study on the effects of using a carbon dioxide atmosphere on the properties of vine shoots-derived biochar. *J Anal Appl Pyrolysis* 1245: 719–725. doi:10.1016/j.jaap.2016.11.022

11. Bai R., Liu H., Liu Y., Hong Yong J.W. (2024). Effects of Foliar Application of Magnesium Fertilizer on Photosynthesis and Growth in Grapes. *Agronomy* 14 (1): 2659. doi:10.3390/agronomy14112659
12. Barbosa C., Falco V., Mendes-Faia A., Mendes-Ferreira A. (2009). Nitrogen addition influences formation of aroma compounds, volatile acidity and ethanol in nitrogen deficient media fermented by *Saccharomyces cerevisiae* wine strains. *J Biosci Bioeng* 108 (2): 99–104. doi:10.1016/j.jbiosc.2009.02.017
13. Barker A. V., Pilbeam D.J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*, 1st edition, CRC Press
14. Basso A.S., Miguez F.E., Laird D.A., Horton R., Westgate M. (2013). Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of sandy soils. *GCB Bioenergy* 5 (2): 132–143. doi:10.1111/gcbb.12026
15. Bavaresco L., Giachino E., Pezzutto S. (2003). Grapevine rootstock effects on lime-induced chlorosis, nutrient uptake, and source-sink relationships. *J Plant Nutr* 26 (7): 1451–1465. doi:10.1081/PLN-120021054
16. Beesley L., Moreno-Jiménez E., Gomez-Eyles J.L., Harris E., Robinson B., Sizmur T. (2011). A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. *Environ Pollut* 159 (12): 3269–3282. doi:10.1016/j.envpol.2011.07.023
17. Bell A.A., Ough C.S., Kliewer W.M. (1979). Effects on Must and Wine Composition, Rates of Fermentation, and Wine Quality of Nitrogen Fertilization of *Vitis Vinifera* Var. Thompson Seedless Grapevines. *Am J Enol Vitic* 30: 124–129. doi:10.5344/ajev.1979.30.2.124
18. Bell S.J. (1994). The effect of nitrogen fertilisation on the growth, yield and juice composition of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon grapevines. dialnet.unirioja.es. The University of Western Australia
19. Bell S.J., Henschke P.A. (2008). Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Aust J Grape Wine Res* 11 (3): 242–295. doi:10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x
20. Benyei P., Cohen M., Gresillon E., Angles S., Araque-Jiménez E., Alonso-Roldán M., Espadas-Tormo I. (2018). Pruning waste management and climate change in Sierra Mágina's olive groves (Andalusia, Spain). *Reg Environ Chang* 18: 1–11. doi:10.1007/s10113-017-1230-5
21. Bertamini M., Nedunchezian N. (2005). Grapevine growth and physiological responses to iron deficiency. *J Plant Nutr* 28 (5): 737–749. doi:10.1081/PLN-200055522
22. Bertoldi D., Larcher R., Bertamini M., Otto S., Concheri G., Nicolini G. (2011).

- Accumulation and distribution pattern of macro-and microelements and trace elements in *Vitis vinifera* L. cv. chardonnay berries. *J Agric Food Chem* 59 (13): 7224–7236. doi:10.1021/jf2006003
23. Blanpied G.D. (1979). Effect of Artificial Rain Water pH and Calcium Concentration on the Calcium and Potassium in Apple Leaves¹. *HortScience* 14 (6): 706–708. doi:10.21273/hortsci.14.6.706
 24. Bosman R.N., Lashbrooke J.G. (2023). Grapevine mono- and sesquiterpenes: Genetics, metabolism, and ecophysiology. *Front Plant Sci* 14. doi:10.3389/fpls.2023.1111392
 25. Boulton R.B., Singleton V.L., Bisson L.F., Kunkee R.E. (1999). *Principles and Practices of Winemaking*, Springer. New York, 604 pp. doi:10.1007/978-1-4757-6255-6
 26. Briones R., Torres L., Saravia Y., Serrano L., Labidi J. (2015). Liquefied agricultural residues for film elaboration. *Ind Crops Prod* 78: 19–28. doi:10.1016/j.indcrop.2015.10.021
 27. Brunauer S., Emmett P.H., Teller E. (1938). Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *J Am Chem Soc* 60 (2): 309–319. doi:10.1021/ja01269a023
 28. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. (2015). Biostimulants and crop responses: A review. *Biol Agric Hort* 31 (1): 1–17. doi:10.1080/01448765.2014.964649
 29. Burg M.B., Ferraris J.D. (2008). Intracellular organic osmolytes: Function and regulation. *J Biol Chem* 283 (12): 7309–13. doi:10.1074/jbc.R700042200
 30. Burnell J.N. (1988). The Biochemistry of Manganese in Plants. In: *Manganese in Soils and Plants*, Springer, Dordrecht, pp. 125–137. doi:10.1007/978-94-009-2817-6_10
 31. Cabaroğlu T., Canbas A., Baumes R., Bayonove C., Lepoutre J.P., Günata Z. (2006). Aroma composition of a white wine of *Vitis vinifera* L. cv. Emir as affected by skin contact. *J Food Sci* 62 (4): 680–683. doi:10.1111/j.1365-2621.1997.tb15434.x
 32. Cameron K.C., Di H.J., Moir J.L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: A review. *Ann Appl Biol* 162 (2): 145–173. doi:10.1111/aab.12014
 33. Canoura C., Kelly M.T., Ojeda H. (2018). Effect of irrigation and timing and type of nitrogen application on the biochemical composition of *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay and Syrah grapeberries. *Food Chem* 241: 171–181. doi:10.1016/j.foodchem.2017.07.114
 34. 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 Biol Biochem* 51: 125–134. doi:10.1016/j.soilbio.2012.03.017
35. Caven-Quantrill D.J., Buglass A.J. (2008). Seasonal variation of flavour content of English vineyard grapes, determined by stir-bar sorptive extraction-gas chromatography-mass spectrometry. *Flavour Fragr J* 23 (4): 239–248. doi:10.1002/ffj.1877
36. Cebrián-Tarancón C., Sánchez-Gómez R., Cabrita M.J., García R., Zalacain A., Alonso G.L., Salinas M.R. (2019a). Winemaking with vine-shoots. Modulating the composition of wines by using their own resources. *Food Res Int* 121: 117–126. doi:10.1016/j.foodres.2019.03.032
37. Cebrián-Tarancón C., Sánchez-Gómez R., Carot J.M., Zalacain A., Alonso G.L., Salinas M.R. (2019b). Assessment of vine-shoots in a model wines as enological additives. *Food Chem* 288: 86–95. doi:10.1016/j.foodchem.2019.02.075
38. Cebrián C., Sánchez-Gómez R., Salinas M.R., Alonso G.L., Zalacain A. (2017). Effect of post-pruning vine-shoots storage on the evolution of high-value compounds. *Ind Crops Prod* 109: 730–736. doi:10.1016/j.indcrop.2017.09.037
39. Çetin E.S., Altinöz D., Tarçan E., Göktürk Baydar N. (2011). Chemical composition of grape canes. *Ind Crops Prod* 34 (1): 994–998. doi:10.1016/j.indcrop.2011.03.004
40. Chamel A., Vitton N. (1996). Sorption and diffusion of 14C-atrazine through isolated plant cuticles. *Chemosphere* 33 (6): 995–1003. doi:10.1016/0045-6535(96)00241-x
41. Chen T., Xu T., Wang J., Zhang T., Yang Jin, Feng L., Song T., Yang Jian, Wu Y. (2024). Transcriptomic and free monoterpene analyses of aroma reveal that isopentenyl diphosphate isomerase inhibits monoterpene biosynthesis in grape (*Vitis vinifera* L.). *BMC Plant Biol* 24 (595). doi:10.1186/s12870-024-05306-y
42. Chidi B.S., Bauer F.F., Rossouw D. (2018). Organic acid metabolism and the impact of fermentation practices on wine acidity - A review. *South African J Enol Vitic* 39 (2). doi:10.21548/39-2-3172
43. Christensen P.L., Kasimatis A.N., Jensen F.L. (1978). Grapevine Nutrition and Fertilization in the San Joaquin Valley. University of California, Berkeley, 40 pp.
44. Clarkson D.T. (1988). The Uptake and Translocation of Manganese by Plant Roots. In: *Manganese in Soils and Plants*, Springer, Dordrecht, pp. 101–111. doi:10.1007/978-94-009-2817-6_8
45. Coelho E., Coimbra M.A., Nogueira J.M.F., Rocha S.M. (2009). Quantification approach for assessment of sparkling wine volatiles from different soils, ripening stages, and varieties by stir bar sorptive extraction with liquid desorption. *Anal Chim Acta* 635 (2): 214–221. doi:10.1016/j.aca.2009.01.013
46. Čoga L., Slunjski S., Herak Ćustić M., Horvat T., Petek M., Gunjača J. (2010). Effect of soil pH reaction on manganese content and dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*

- L.). *Acta Hort* 868 (868): 203–208. doi:10.17660/ActaHortic.2010.868.24
47. Cohen J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd ed.), Lawrence Erlbaum Associates. Lawrence Erlbaum Associates, New York, United States of America, 567 pp.
48. Conesa M.R., Torres R., Domingo R., Navarro H., Soto F., Pérez-Pastor A. (2016). Maximum daily trunk shrinkage and stem water potential reference equations for irrigation scheduling in table grapes. *Agric Water Manag* 172 (1): 51–61. doi:10.1016/j.agwat.2016.04.011
49. Conradie W.J. (2017). Seasonal Uptake of Nutrients by Chenin blanc in Sand Culture: I. Nitrogen. *South African J Enol Vitic* 1: 59–65. doi:10.21548/1-1-2414
50. Cook J.A., Boynton D. (1952). Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves. *Proc Am Soc Hortic Sci* 59: 82–90
51. Cosme Silva G.M., Silva W.B., Medeiros D.B., Salvador A.R., Cordeiro M.H.M., da Silva N.M., Santana D.B., Mizobutsi G.P. (2017). The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. *Food Chem* 15 (237): 372–378. doi:10.1016/j.foodchem.2017.05.123
52. Damijanić K., Palman I. (2010). *Priručnik iz vinarstva. Veleučilište u Rijeci, Poljoprivredni odjel, Poreč, Hrvatska*
53. Davenport J.R., Horneck D.A. (2011). Sampling guide for nutrient assessment of irrigated vineyards in the inland Pacific Northwest. *Ext Bull*
54. Dávila I., Gullón B., Labidi J., Gullón P. (2019). Multiproduct biorefinery from vine shoots: Bio-ethanol and lignin production. *Renew Energy* 142: 612–623. doi:10.1016/j.renene.2019.04.131
55. Dell B., Huang L. (1997). Physiological response of plants to low boron. *Plant Soil* 193: 103–120. doi:10.1007/978-94-011-5580-9_8
56. Deloire A., Pellegrino A., Rogiers S. (2020). A few words on grapevine leaf water potential. *IVES Tech Rev vine wine*. doi:10.20870/ives-tr.2020.3620
57. Delrot S., Medrano H., Or E., Bavaresco L., Grando S. (2010). *Methodologies and results in grapevine research*, 1st Edition. Springer, Dordrecht, Nizozemska, 448 pp. doi:10.1007/978-90-481-9283-0
58. Des Gachons C.P., Tominaga T., Dubourdieu D. (2000). Measuring the aromatic potential of *Vitis vinifera* L. Cv. Sauvignon blanc grapes by assaying S-cysteine conjugates, precursors of the volatile thiols responsible for their varietal aroma. *J Agric Food Chem* 48 (8): 3387–3391. doi:10.1021/jf990979b
59. Dobre T., Parvulescu O.C., Iavorschi G., Stoica A., Stroescu M. (2010). Catalytic effects at pyrolysis of wheat grains impregnated with nickel salts. *Int J Chem React Eng* 8 (1). doi:10.2202/1542-6580.1968

60. Dobre T., Parvulescu O.C., Ramos I.R., Ceatra L., Stroescu M., Stoica A., Mirea R. (2012). Global reaction kinetics and enthalpy in slow pyrolysis of vegetal materials. *Rev Chim* 63 (1): 54–59
61. Dong S., Neilsen D., Neilsen G.H., Fuchigami L.H. (2005). Foliar N application reduces soil NO₃--N leaching loss in apple orchards. *Plant Soil* 268: 357–366. doi:10.1007/s11104-004-0333-1
62. du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci Hortic (Amsterdam)* 196: 3–14. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021
63. EBC. (2022). European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar, European Biochar Foundation (EBC). Arbaz, Švicarska
64. Ebeler S.E., Thorngate J.H. (2009). Wine chemistry and flavor: Looking into the crystal glass. *J Agric Food Chem* 57 (18): 8098–8108. doi:10.1021/jf9000555
65. El-Otmani M., Coggins J., Agusti M., Lovatt C.J. (2000). Plant growth regulators in citriculture: World current uses. *CRC Crit Rev Plant Sci* 19 (5): 395–447. doi:10.1080/07352689.2000.10131824
66. El Hanandeh A., Albalasmeh A., Gharaibeh M. (2021). Effect of pyrolysis temperature and biomass particle size on the heating value of biocoal and optimization using response surface methodology. *Biomass and Bioenergy* 151. doi:10.1016/j.biombioe.2021.106163
67. Fernández V., Sotirooulos T., Brown P.H. (2013). Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices. International Fertilizer Industry Association (IFA), Pariz, Francuska, 140 pp.
68. Fernández V., Brown P.H. (2013). From plant surface to plant metabolism: The uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Front Plant Sci* 4: 1–5. doi:10.3389/fpls.2013.00289
69. Fernández V., Del Río V., Abadía J., Abadía A. (2006). Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): Effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant Soil* 289: 239–252. doi:10.1007/s11104-006-9132-1
70. Fernández V., Ebert G. (2005). Foliar iron fertilization: A critical review. *J Plant Nutr* 28 (12): 2113–2124. doi:10.1080/01904160500320954
71. Fernandez V., Eichert T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *CRC Crit Rev Plant Sci* 28 (1–2): 36–68. doi:10.1080/07352680902743069
72. Ferreira V. (2010). Volatile aroma compounds and wine sensory attributes. In: *Managing Wine Quality: Viticulture and Wine Quality* (Reynolds G.A., ed), Woodhead Publishing, Cambridge, Ujedinjeno Kraljevstvo Velike Britanije i Sjeverne Irske, pp. 3–28. doi:10.1533/9781845699284.1.3

73. Ferreira V., Fernández P., Peña C., Escudero A., Cacho J.F. (1995). Investigation on the role played by fermentation esters in the aroma of young Spanish wines by multivariate analysis. *J Sci Food Agric* 67 (3): 381–392. doi:10.1002/jsfa.2740670316
74. 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: 3774–3788. doi:10.1111/gcb.13382
75. Fraga H., Malheiro A.C., Moutinho-Pereira J., Santos J.A. (2012). An overview of climate change impacts on European viticulture. *Food Energy Secur* 1: 94–110. doi:10.1002/fes3.14
76. Fregoni M. (2013). *Viticultura di qualità. Trattato dell'eccellenza da terroir. Tecniche Nuove*, Milano, Italia, 939 pp.
77. 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: 565–577. doi:10.1007/s42773-021-00118-x
78. García E., Chacón J.L., Martínez J., Izquierdo P.M. (2003). Changes in volatile compounds during ripening in grapes of Airén, Macabeo and Chardonnay white varieties grown in La Mancha region (Spain). *Food Sci Technol Int* 9 (1): 33–41. doi:10.1177/1082013203009001006
79. Garde-Cerdán T., Ancín-Azpilicueta C. (2008). Effect of the addition of different quantities of amino acids to nitrogen-deficient must on the formation of esters, alcohols, and acids during wine alcoholic fermentation. *LWT* 41 (3): 501–510. doi:10.1016/j.lwt.2007.03.018
80. Garde-Cerdán T., Gutiérrez-Gamboa G., Fernández-Novales J., Pérez-Álvarez E.P., Diago M.P. (2018). Towards the definition of optimal grape harvest time in Grenache grapevines: Nitrogenous maturity. *Sci Hortic (Amsterdam)* 239: 9–16. doi:10.1016/j.scienta.2018.05.014
81. Garde-Cerdán T., Santamaría P., Rubio-Bretón P., González-Arenzana L., López-Alfaro I., López R. (2015). Foliar application of proline, phenylalanine, and urea to Tempranillo vines: Effect on grape volatile composition and comparison with the use of commercial nitrogen fertilizers. *LWT* 60 (2): 684–689. doi:10.1016/j.lwt.2014.10.028
82. Giorgi F., Lionello P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Glob Planet Change* 63: 90–104. doi:10.1016/j.gloplacha.2007.09.005
83. Glibert P.M., Maranger R., Sobota D.J., Bouwman L. (2014). The Haber Bosch-harmful algal bloom (HB-HAB) link. *Environ Res Lett* 9 (10): 105001.

doi:10.1088/1748-9326/9/10/105001

84. Gluhic D. (2020). Primjena biostimulatora na bazi aminokiselina u poljoprivrednoj proizvodnji. *Glas zaštite bilja* 43 (3): 38–46. doi:10.31727/gzb.43.3.5
85. Gluhic D. (2005). Pogodnosti tla Istre za vinogradarsku proizvodnju. *Glas zaštite bilja* 28 (6): 29–54
86. Gómez-Míguez M.J., Gómez-Míguez M., Vicario I.M., Heredia F.J. (2007). Assessment of colour and aroma in white wines vinifications: Effects of grape maturity and soil type. *J Food Eng* 79 (3): 758–764. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.02.038
87. González-Barreiro C., Rial-Otero R., Cancho-Grande B., Simal-Gándara J. (2015). Wine Aroma Compounds in Grapes: A Critical Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55 (2): 202–218. doi:10.1080/10408398.2011.650336
88. Guerrero R.F., Blais 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
89. Gupta P., Gupta N. (2022). Potential role of biochar in water treatment. *Desalin Water Treat* 251: 79–104. doi:10.5004/dwt.2022.28136
90. Gupta U.C. (1979). Effect of Methods of Application and Residual Effect of Molybdenum on the Molybdenum Concentration and Yield of Forages on Podzol Soils. *Can J Soil Sci* 59 (2). doi:10.4141/cjss79-018
91. Guth H. (1997). Quantitation and Sensory Studies of Character Impact Odorants of Different White Wine Varieties. *J Agric Food Chem* 45 (8): 3027–3032. doi:10.1021/jf970280a
92. Gutiérrez-Gamboa G., Diez-Zamudio F., Stefanello L.O., Tassinari A., Brunetto G. (2022). Application of foliar urea to grapevines: productivity and flavour components of grapes. *Aust J Grape Wine Res* 28 (6). doi:10.1111/ajgw.12515
93. Gutiérrez-Gamboa G., Garde-Cerdán T., Gonzalo-Diago A., Moreno-Simunovic Y., Martínez-Gil A.M. (2017). Effect of different foliar nitrogen applications on the must amino acids and glutathione composition in Cabernet Sauvignon vineyard. *LWT* 75: 147–154. doi:10.1016/j.lwt.2016.08.039
94. Gutiérrez-Gamboa G., Romanazzi G., Garde-Cerdán T., Pérez-Álvarez E.P. (2019). A review of the use of biostimulants in the vineyard for improved grape and wine quality: effects on prevention of grapevine diseases. *J Sci Food Agric* 99 (3): 1001–1009. doi:10.1002/jsfa.9353
95. Hapih.hr. (2019). Annual report for 2019.
96. Hassan A.S. (2019). Inorganic-Based Pesticides: A Review Article. *Egypt Sci J Pestic* 5 (4): 39–52

97. He Y., Wang X., Li P., Lv Y., Nan H., Wen L., Wang Z. (2023). Research progress of wine aroma components: A critical review. *Food Chem* 402: 1334491. doi:10.1016/j.foodchem.2022.134491
98. Herak Ćustić M., Gluhic D., Čoga L., Petek M., Goščak I. (2008). Vine plant chlorosis on unstructured calcareous soils and leaf Ca, Mg and K content. *Cereal Res Commun* 36 (1): 439–442. doi:10.1556/CRC.36.2008
99. Herjavec S. (2019). *Vinarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, Hrvatska, 368 pp.
100. Hernández-Orte P., Guitart A., Cacho J. (1999). Changes in the concentration of amino acids during the ripening of vitis vinifera Tempranillo variety from the Denomination d'Origine Somontano (Spain). *Am J Enol Vitic* 50: 144–154. doi:10.5344/ajev.1999.50.2.144
101. Hernández-Orte P., Ibarz M.J., Cacho J., Ferreira V. (2005). Effect of the addition of ammonium and amino acids to musts of Airen variety on aromatic composition and sensory properties of the obtained wine. *Food Chem* 89 (2): 163–174. doi:10.1016/j.foodchem.2004.02.021
102. Hildebrandt T.M., Nunes Nesi A., Araújo W.L., Braun H.P. (2015). Amino Acid Catabolism in Plants. *Mol Plant* 8 (11): 1563–78. doi:10.1016/j.molp.2015.09.005
103. Holzapfel B.P., Smith J.P., Field S.K. (2019). Seasonal vine nutrient dynamics and distribution of Shiraz grapevines. In: 21th GIESCO International Meeting, June 23-28 2019, Oeno One, Thessaloniki, Greece. doi:10.20870/oeno-one.2019.53.2.2425
104. Houillé B., Besseau S., Courdavault V., Oudin A., Glévarec G., Delanoue G., Guérin L., Simkin A.J., Papon N., Clastre M., Giglioli-Guivarch N., Lanoue A. (2015). Biosynthetic origin of *e*-resveratrol accumulation in grape canes during postharvest storage. *J Agric Food Chem*. doi:10.1021/jf505316a
105. Huang Z., Ough C.S. (1989). Effect of Vineyard Locations, Varieties, and Rootstocks on the Juice Amino Acid Composition of Several Cultivars. *Am J Enol Vitic*. doi:10.5344/ajev.1989.40.2.135
106. İlhami Köksal A., Dumanoğlu H., Güneş N.T., Aktaş M. (1999). The effects of different amino acid chelate foliar fertilizers on yield, fruit quality, shoot growth and Fe, Zn, Cu, Mn content of leaves in williams pear cultivar (*Pyrus communis* L.). *Turkish J Agric For*. doi:10.3906/tar-98130
107. Jackson R. (2008). *Wine Science*, Third Edition. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. doi:10.1016/B978-0-12-373646-8.X5001-X
108. Jackson R.S. (2009). *Wine Tasting: A Professional Handbook*, 2nd Edition. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. doi:10.1016/S1082-0132(08)X0011-1

109. Jagatić Korenika A.-M., Jakobović M., Hrvojčec H., Palčić I., Jakobović S. (2023). Amino acid composition of some grape juices (*Vitis vinifera* L.) from Croatia. *Glas zaštite bilja*. doi:10.31727/gzb.46.4.5
110. Jagatić Korenika A.-M., Marinov L., Anđelini D., Jeromel A. (2020). Yeasts and wine acidity profile. *J Cent Eur Agric* 21 (4): 861–869. doi:10.5513/JCEA01/21.4.2833
111. Jagatić Korenika A.-M., Puhelek I., Tomaz I., Jeromel A. (2019). Kemijska i senzorna karakterizacija vina 'Chardonnay'. *Glas zaštite bilja* 42 (3): 96–100. doi:10.31727/gzb.42.3.12
112. Jagatić Korenika A.-M., Tomaz I., Preiner D., Plichta V., Jeromel A. (2021). Impact of commercial yeasts on phenolic profile of plavac mali wines from Croatia. *Fermentation*. doi:10.3390/fermentation7020092
113. Janjanin D., Karoglan M., Herak Ćustić M., Bubola M., Osrečak M., Palčić I. (2016). Response of 'Italian Riesling' leaf nitrogen status and fruit composition (*Vitis vinifera* L.) to foliar nitrogen fertilization. *HortScience*. doi:10.21273/hortsci.51.3.262
114. Janu R., Mrlik V., Ribitsch D., Hofman J., Sedláček P., Bielská L., Soja G. (2021). Biochar surface functional groups as affected by biomass feedstock, biochar composition and pyrolysis temperature. *Carbon Resour Convers*. doi:10.1016/j.crcon.2021.01.003
115. Jeffery S., Verheijen F.G.A., van der Velde M., Bastos A.C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agric Ecosyst Environ*. doi:10.1016/j.agee.2011.08.015
116. 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
117. Ju Y., Zhang A., Fang Y., Liu M., Zhao X., Wang H., Zhang Z. (2016). Phenolic compounds and antioxidant activities of grape canes extracts from vineyards. *Spanish J Agric Res*. doi:10.5424/sjar/2016143-8951
118. Kalathenos P., Sutherland J.P., Roberts T.A. (1995). Resistance of some wine spoilage yeasts to combinations of ethanol and acids present in wine. *J Appl Bacteriol*. doi:10.1111/j.1365-2672.1995.tb05023.x
119. Kalua C.M., Boss P.K. (2009). Evolution of volatile compounds during the development of cabernet sauvignon grapes (*Vitis vinifera* L.). *J Agric Food Chem*. doi:10.1021/jf803471n
120. King B.A., Shellie K.C. (2016). Evaluation of neural network modeling to predict non-water-stressed leaf temperature in wine grape for calculation of crop water stress index. *Agric Water Manag*. doi:10.1016/j.agwat.2015.12.009

121. Kirkby E.A. (1993). Bergmann, W. (Ed.): Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag, 1992. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkd. doi:10.1002/jpln.19931560416
122. Kjeldahl J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter. Zeitschrift für Anal Chemie 22: 366–382
123. Kulišić B., Radić T., Njavro M. (2020). Agro-pruning for energy as a link between rural development and clean energy policies. Sustain 12 (10): 1–19. doi:10.3390/su12104240
124. Kumar A., Bhattacharya T. (2021). Biochar: a sustainable solution. Environ Dev Sustain 23: 1–39. doi:10.1007/s10668-020-00970-0
125. Laird D., Fleming P., Wang B., Horton R., Karlen D. (2010). Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma. doi:10.1016/j.geoderma.2010.05.012
126. Lallemand. (n.d.). Lalvin QA23. Available at: <https://admin.lallemandbrewing.com/wp-content/uploads/2017/03/QA23-TDS-ENG-Lalvin.pdf>
127. Lampraki E., Baltzoi P., Patakioutas G., Tsirogiannis I., Mantzos N., Kyrkas D., Hela D., Malamos N., Gizas G. (2023). Properties of organic compost from vineyard pruning residues and wine lees and evaluation when used in substrates for grapevine saplings under various irrigation treatments. In: Acta Horticulturae. doi:10.17660/ActaHortic.2023.1375.1
128. Lasa B., Menendez S., Sagastizabal K., Cervantes M.E.C., Irigoyen I., Muro J., Aparicio-Tejo P.M., Ariz I. (2012). Foliar application of urea to ‘Sauvignon Blanc’ and ‘Merlot’ vines: Doses and time of application. Plant Growth Regul. doi:10.1007/s10725-012-9667-5
129. Lazarević B., Poljak M. (2019). Fiziologija bilja. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, 112 pp.
130. Levin A.D. (2019). Re-evaluating pressure chamber methods of water status determination in field-grown grapevine (*Vitis* spp.). Agric Water Manag. doi:10.1016/j.agwat.2019.03.026
131. Lidster P.D., Porritt S.W., Eaton G.W. (2022). The Effect of Storage Relative Humidity on Calcium Uptake by ‘Spartan’ Apple1. J Am Soc Hortic Sci. doi:10.21273/jashs.102.4.394
132. Liu C.W., Sung Y., Chen B.C., Lai H.Y. (2014). Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Int J Environ Res Public Health. doi:10.3390/ijerph110404427
133. Liu W.J., Li W.W., Jiang H., Yu H.Q. (2017). Fates of Chemical Elements in

- Biomass during Its Pyrolysis. *Chem Rev* 117 (9): 6367–6398. doi:10.1021/acs.chemrev.6b00647
134. Ma J.F., Takahashi E. (2002). *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier, Amsterdam, Nizozemska. doi:10.1016/b978-0-444-51166-9.x5000-3
 135. Maceljčki M., Cvjetković B., Ostojić Z. (2021). *Štetočinje vinove loze*. Zrinski d.d., Čakovec, Hrvatska, 319 pp.
 136. Mahmoud S.H., El-Tanahy A.M.M. (2022). Effect of Carbon Nanoparticles in Biochar and Sulphur as a Foliar Spray on Onion Plants: A New Orientation. *Gesunde Pflanz*. doi:10.1007/s10343-022-00768-2
 137. 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*. doi:10.1007/s11104-010-0327-0
 138. Maletić E., Karoglan Kontić J., Pejić I. (2008). *Vinova loza : ampelografija, ekologija, oplemenjivanje*. Školska knjiga, d.d., Zagreb, Hrvatska, 215 pp.
 139. Marschner P. (2011). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition*, Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition. doi:10.1016/C2009-0-63043-9
 140. Mataffo A., Scognamiglio P., Dente A., Strollo D., Colla G., Roupael Y., Basile B. (2020). Foliar application of an amino acid-enriched urea fertilizer on 'greco' grapevines at full veraison increases berry yeast-assimilable nitrogen content. *Plants*. doi:10.3390/plants9050619
 141. Mateo J.J., Jiménez M. (2000). Monoterpenes in grape juice and wines. *J Chromatogr A*. doi:10.1016/S0021-9673(99)01342-4
 142. Mato I., Suárez-Luque S., Huidobro J.F. (2005). A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines. *Food Res Int*. doi:10.1016/j.foodres.2005.04.007
 143. Matthews M.A., Ishii R., Anderson M.M., O'Mahony M. (1990). Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *J Sci Food Agric*. doi:10.1002/jsfa.2740510305
 144. Melo G.W., Rozane D.E., Brunetto G. (2018). Identification of the critical levels, sufficiency ranges and potential response to nutrient fertilization in vineyards by the DRIS method. *Acta Hortic*. doi:10.17660/ActaHortic.2018.1217.55
 145. Mengel K., Kirby E.A. (2001). *Principles of Plant Nutrition, Principles of Plant Nutrition*. Springer, Dordrecht, Nizozemska, 849 pp. doi:10.1007/978-94-010-1009-2
 146. Miličević B., Babić J., Ačkar Đ., Jozinović A., Previšić V., Miličević R., Šubarić

- D. (2017). Utjecaj tehnologije fermentacije imobiliziranim kvascima na prisutnost biogenih amina u pjenušcu. *Glas zaštite bilja*. doi:10.31727/gzb.40.6.1
147. Mirošević N., Karoglan Kontić J. (2008). *Vinogradarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 376 pp.
148. Mlonka-Mędrala A., Evangelopoulos P., Sieradzka M., Zajemska M., Magdziarz A. (2021). Pyrolysis of agricultural waste biomass towards production of gas fuel and high-quality char: Experimental and numerical investigations. *Fuel*. doi:10.1016/j.fuel.2021.120611
149. Molnár M., Vaszita E., Farkas É., Ujaczki É., Fekete-Kertész I., Tolner M., Klebercz O., Kirckeszner C., Gruiz K., Uzinger N., Feigl V. (2016). Acidic sandy soil improvement with biochar — A microcosm study. *Sci Total Environ*. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.01.091
150. Moreira M.M., Rodrigues F., Dorosh O., Pinto D., Costa P.C., Švarc-Gajić J., Delerue-Matos C. (2020). Vine-canes as a source of value-added compounds for cosmetic formulations. *Molecules* 25 (13): 2969. doi:10.3390/molecules25132969
151. Moreno-Arribas M.V., Polo M.C. (2009). Wine chemistry and biochemistry, *Wine Chemistry and Biochemistry*. doi:10.1007/978-0-387-74118-5
152. Moyano L., Zea L., Villafuerte L., Medina M. (2009). Comparison of odor-active compounds in sherry wines processed from ecologically and conventionally grown Pedro Ximenez grapes. *J Agric Food Chem*. doi:10.1021/jf802252u
153. Murillo-Peña R., Garde-Cerdán T., Martínez-Vidaurre J.M. (2023). Evaluation of foliar applications of urea at three concentrations on grape amino acids composition. *J Sci Food Agric*. doi:10.1002/jsfa.12550
154. 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
155. OIV (International Organization for Vine and Wine). (2015). *World vitiviniculture situation, Statistical Report on World Viniviculture World vitiviniculture situation*. Dijon, France
156. Oosterhuis D. (2009). Foliar fertilization: mechanisms and magnitude of nutrient uptake. *Proc Fluid Forum*
157. Orak H.H. (2009). Determination of glucose and fructose contents of some important red grape varieties by HPLC. *Asian J Chem*
158. Orbanić F., Rossi S., Bestulić E., Budić-Leto I., Kovačević Ganić K., Horvat I., Plavša T., Bubola M., Lukić I., Jeromel A., Radeka S. (2023). Applying Different Vinification Techniques in Teran Red Wine Production: Impact on Bioactive Compounds and Sensory Attributes. *Foods*. doi:10.3390/foods12203838

159. Ortiz-Villajos J.A.A., Navarro F.J.G., Jiménez C.J.S., de los Reyes C.P., Moreno R.G., Ballesta R.J. (2011). Trace Elements Distribution in Red Soils under Semiarid Mediterranean Environment. *Int J Geosci.* doi:10.4236/ijg.2011.22009
160. 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.* doi:10.5344/ajev.1980.31.2.122
161. 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. (2020). Soil type affects grape juice free amino acids profile during ripening of cv. Malvasia Istriana (*Vitis vinifera* L.). *New Zeal J Crop Hortic Sci.* doi:10.1080/01140671.2019.1657910
162. Parlavecchia M., D’Orazio V., Loffredo E. (2019). Wood biochars and vermicomposts from digestate modulate the extent of adsorption-desorption of the fungicide metalaxyl-m in a silty soil. *Environ Sci Pollut Res* 26: 35924–35934. doi:10.1007/s11356-019-06729-z
163. Parvulescu O.C., Gavrilă A.I., Dobre T., Ceatra L. (2016). Effects of process factors on slow pyrolysis of sorghum waste. *Rev Chim* 67 (11): 2254–2257
164. Patil B., Chetan H. (2016). Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh Kisaan E patrika*
165. Pecha J., Fürst T., Kolomazník K., Friebrová V., Svoboda P. (2012). Protein biostimulant foliar uptake modeling: The impact of climatic conditions. *AIChE J.* doi:10.1002/aic.12739
166. Pérez-Álvarez E.P., Garde-Cerdán T., García-Escudero E., Martínez-Vidaurre J.M. (2017). Effect of two doses of urea foliar application on leaves and grape nitrogen composition during two vintages. *J Sci Food Agric.* doi:10.1002/jsfa.8069
167. Peršurić Đ., Sladonja B., Radeka S., Gluhic D., Lukić I. (2004). ‘Terroir’ and grape and wine quality of native grape variety of Istrian Malvasia. In: *Joint International Conference on Viticultural Zoning, Cape Town*, pp. 322–329
168. Peuke A.D. (2009). Nutrient composition of leaves and fruit juice of grapevine as affected by soil and nitrogen fertilization. *J Plant Nutr Soil Sci.* doi:10.1002/jpln.200625205
169. Pittari E., Moio L., Piombino P. (2021). Interactions between polyphenols and volatile compounds in wine: A literature review on physicochemical and sensory insights. *Appl Sci.* doi:10.3390/app11031157
170. Pizzi A., Foppa Pedretti E., Duca D., Rossini G., Mengarelli C., Ilari A., Mancini M., Toscano G. (2018). Emissions of heating appliances fuelled with agropellet produced from vine pruning residues and environmental aspects. *Renew*

- Energy. doi:10.1016/j.renene.2018.01.064
171. Portu J., López-Alfaro I., Gómez-Alonso S., López R., Garde-Cerdán T. (2015). Changes on grape phenolic composition induced by grapevine foliar applications of phenylalanine and urea. *Food Chem.* doi:10.1016/j.foodchem.2015.02.042
172. Pravilnik o proizvodnji vina. (2005). . Ministarstvo poljoprivrede šumarstva i vodnog gospodarstva, Hrvatska
173. Prelac M., Palčić I., Cvitan D., Anđelini D., Repajić M., Čurko J., Kovačević T.K., Goreta Ban S., Užila Z., Ban D., Major N. (2023a). Biochar from Grapevine Pruning Residues as an Efficient Adsorbent of Polyphenolic Compounds. *Materials* (Basel). doi:10.3390/ma16134716
174. Prelac M., Palčić I., Cvitan D., Anđelini D., Repajić M., Čurko J., Kovačević T.K., Goreta Ban S., Užila Z., Ban D., Major N. (2023b). From Waste to Green: Water-Based Extraction of Polyphenols from Onion Peel and Their Adsorption on Biochar from Grapevine Pruning Residues. *Antioxidants* 12 (9). doi:10.3390/antiox12091697
175. Rapp A., Versini G. (1995). Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines. *Dev Food Sci.* doi:10.1016/S0167-4501(06)80257-8
176. Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B., Lonvaud A. (2006a). *Handbook of Enology: Volume 1, The Microbiology of Wine and Vinifications, Handbook of Enology*
177. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. (2006b). *Handbook of Enology, The Chemistry of Wine: Stabilization and Treatments: Second Edition, Handbook of Enology, The Chemistry of Wine: Stabilization and Treatments: Second Edition.* doi:10.1002/0470010398
178. Robinson S.P., Davies C. (2000). Molecular biology of grape berry ripening. *Aust J Grape Wine Res.* doi:10.1111/j.1755-0238.2000.tb00177.x
179. Roubelakis-Angelakis K.A., Kliewer W.M. (1992). Nitrogen Metabolism in Grapevine. In: *Horticultural Reviews.* doi:10.1002/9780470650523.ch9
180. Russell R.D. (1975). *Soil Testing and Plant Analysis (Revised).* Ed. L. M. Walsh and J. D. Beaton. Madison, Wis.: Soil Science Society of America (1973), pp. 512, \$10.00. *Exp Agric.* doi:10.1017/s0014479700006256
181. Salomé C., Coll P., Lardo E., Metay A., Villenave C., Marsden C., Blanchart E., Hinsinger P., Le Cadre E. (2016). The soil quality concept as a framework to assess management practices in vulnerable agroecosystems: A case study in Mediterranean vineyards. *Ecol Indic* 61: 456–465. doi:10.1016/j.ecolind.2015.09.047

182. 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
183. Schabl P., Gabler C., Kühner E., Wenzel W. (2020). Effects of silicon amendments on grapevine, soil and wine. *Plant, Soil Environ.* doi:10.17221/40/2020-PSE
184. Schmidt H.P., Hagemann N., Draper K., Kammann C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*. doi:10.7717/peerj.7373
185. Scholander P.F., Hammel H.T., Bradstreet E.D., Hemmingsen E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science* (80-). doi:10.1126/science.148.3668.339
186. Scholasch T., Rienth M. (2019). Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology; Consequences for the optimization of irrigation strategies. *Oeno One*. doi:10.20870/oeno-one.2019.53.3.2407
187. Schönherr J., Huber R. (1977). Plant Cuticles Are Polyelectrolytes with Isoelectric Points around Three. *Plant Physiol.* doi:10.1104/pp.59.2.145
188. Schultz H.R. (2010). Climate change and viticulture: Research needs for facing the future. *J Wine Res* 21: 113–116. doi:10.1080/09571264.2010.530093
189. Škarpa P., Kunzová E., Zúkalová H. (2013). Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant, Soil Environ.* doi:10.17221/663/2012-pse
190. Slunjski S., Čoga L., Herak Ćustić M., Petek M., Špoljar A. (2012). Phosphorus, manganese and iron ratios in grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves on acid and calcareous soils. In: *Acta Horticulturae*. doi:10.17660/ActaHortic.2012.938.39
191. Smart R.E. (1974). Photosynthesis by Grapevine Canopies. *J Appl Ecol.* doi:10.2307/2401759
192. Snowdon E.M., Bowyer M.C., Grbin P.R., Bowyer P.K. (2006). Mousy off-flavor: A review. *J Agric Food Chem.* doi:10.1021/jf0528613
193. Soufleros E.H., Bouloumpasi E., Tsarchopoulos C., Biliaderis C.G. (2003). Primary amino acid profiles of Greek white wines and their use in classification according to variety, origin and vintage. *Food Chem.* doi:10.1016/S0308-8146(02)00271-6
194. Spayd S.E., Nagel C.W., Edwards C.G. (1995). Yeast growth in Riesling juice as affected by vineyard nitrogen fertilization. *Am J Enol Vitic.* doi:10.5344/ajev.1995.46.1.49
195. Spayd S.E., Stevens R.G., Wample R.L., Evans R.G., Edwards C.G.,

- Webster D. (2000). Impact of nitrogen fertilization on vine performance and juice and wine composition of 'Riesling' grapes (*Vitis vinifera* L.) in Washington state. In: *Acta Horticulturae*. doi:10.17660/actahortic.2000.512.7
196. Stines A.P., Grubb J., Gockowiak H., Henschke P.A., Høj P.B., Van Heeswijck R. (2000). Proline and arginine accumulation in developing berries of *Vitis vinifera* L. in Australian vineyards: Influence of vine cultivar, berry maturity and tissue type. *Aust J Grape Wine Res*. doi:10.1111/j.1755-0238.2000.tb00174.x
197. Strebel O., Duynisveld W.H.M., Böttcher J. (1989). Nitrate pollution of groundwater in western Europe. *Agric Ecosyst Environ*. doi:10.1016/0167-8809(89)90013-3
198. Sun J., Jia Q., Li Y., Zhang T., Chen J., Ren Y., Dong K., Xu S., Shi N.-N., Fu S. (2022). Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Biochar on Growth, Nutrient Absorption, and Physiological Properties of Maize (*Zea mays* L.). *J Fungi* 8 (12): 1275. doi:10.3390/JOF8121275
199. Sut S., Malagoli M., Dall'Acqua S. (2022). Foliar Application of Silicon in *Vitis vinifera*: Targeted Metabolomics Analysis as a Tool to Investigate the Chemical Variations in Berries of Four Grapevine Cultivars. *Plants*. doi:10.3390/plants11212998
200. Thurston P.A., Taylor R., Ahvenainen J. (1981). EFFECTS OF LINOLEIC ACID SUPPLEMENTS ON THE SYNTHESIS BY YEAST OF LIPIDS AND ACETATE ESTERS. *J Inst Brew*. doi:10.1002/j.2050-0416.1981.tb03995.x
201. Tian B., Wang X., Zhao W., Xu L., Bai L. (2021). Pyrolysis behaviors, kinetics and gaseous product evolutions of two typical biomass wastes. *Catal Today*. doi:10.1016/j.cattod.2020.12.023
202. Tomczyk A., Sokołowska Z., Boguta P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Rev Environ Sci Biotechnol* 19: 191–215. doi:10.1007/s11157-020-09523-3
203. Torres-Díaz L.L., Pérez-Álvarez E.P., Parra-Torrejón B., Román M.-S., de Urturi I. de S., Ramírez-Rodríguez G.B., Murrillo-Pena R., González-Lázaro M., Delgado-López J.M., Garde-Cerdán T. (2024). Effects of foliar application of methyl jasmonate and/or urea, conventional or via nanoparticles, on grape volatile composition. *J Sci Food Agric* 104 (13): 8248–8262. doi:10.1002/jsfa.13660
204. Usino D.O., Ylittervo P., Moreno A., Sipponen M.H., Richards T. (2021). Primary interactions of biomass components during fast pyrolysis. *J Anal Appl Pyrolysis*. doi:10.1016/j.jaap.2021.105297
205. Uthurry C.A., Lepe J.A.S., Lombardero J., García Del Hierro J.R. (2007). Erratum to 'Ethyl carbamate production induced by selected yeasts and lactic acid

- bacteria in red wine' [Food Chem. 94 (2006) 262-270] (DOI:10.1016/j.foodchem.2004.11.017). Food Chem. doi:10.1016/j.foodchem.2007.03.046
206. Vaccari F.P., Baronti S., Lugato E., Genesio L., Castaldi S., Fornasier F., Miglietta F. (2011). Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. *Eur J Agron*. doi:10.1016/j.eja.2011.01.006
207. van Zwieten L., Kimber S., Morris S., Chan K.Y., Downie A., Rust J., Joseph S., Cowie A. (2010). Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*. doi:10.1007/s11104-009-0050-x
208. Vecino X., Devesa-Rey R., Villagrasa S., Cruz J.M., Moldes A.B. (2015). Kinetic and morphology study of alginate-vineyard pruning waste biocomposite vs. non modified vineyard pruning waste for dye removal. *J Environ Sci (China)*. doi:10.1016/j.jes.2015.05.032
209. 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*. doi:10.1111/ejss.12095
210. Verdenal T., Dienes-Nagy Á., Spangenberg J.E., Zufferey V., Spring J.L., Viret O., Marin-Carbonne J., van Leeuwen C. (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: A review. *Oeno One*. doi:10.20870/OENO-ONE.2021.55.1.3866
211. Verdenal T., Spangenberg J.E., Zufferey V., Lorenzini F., Dienes-Nagy A., Gindro K., Spring J.L., Viret O. (2016). Leaf-to-fruit ratio affects the impact of foliar-applied nitrogen on N accumulation in the grape must. *J Int des Sci la Vigne du Vin*. doi:10.20870/oeno-one.2016.50.1.55
212. Verdenal T., Spangenberg J.E., Zufferey V., Lorenzini F., Spring J.L., Viret O. (2015). Effect of fertilisation timing on the partitioning of foliar-applied nitrogen in *Vitis vinifera* cv. Chasselas: A 15N labelling approach. *Aust J Grape Wine Res*. doi:10.1111/ajgw.12116
213. Villette J., Cuéllar T., Verdeil J.L., Delrot S., Gaillard I. (2020). Grapevine Potassium Nutrition and Fruit Quality in the Context of Climate Change. *Front Plant Sci*. doi:10.3389/fpls.2020.00123
214. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). *Ishrana billja*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, Hrvatska, 442 pp.
215. 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*. doi:10.1111/j.1755-

0238.2012.00189.x

216. Wang M., Sun X., Zhong N., Cai D., Wu Z. (2015). Promising approach for improving adhesion capacity of foliar nitrogen fertilizer. *ACS Sustain Chem Eng*. doi:10.1021/acssuschemeng.5b00064
217. Wang Y., Shen H., Xu L., Zhu X., Li C., Zhang W., Xie Y., Gong Y., Liu L. (2015). Transport, ultrastructural localization, and distribution of chemical forms of lead in radish (*Raphanus sativus* L.). *Front Plant Sci* 6 (MAY). doi:10.3389/FPLS.2015.00293
218. Williams C.M.J., Maier N.A., Bartlett L. (2004). Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of 'Merlot' grapevines. *J Plant Nutr*. doi:10.1081/LPLA-200030023
219. Williams J. (2023). Improving nutrient use efficiencies with foliar applied nutrients. *Integr Soils*
220. Williams L.E. (2017). Physiological tools to assess vine water status for use in vineyard irrigation management: Review and update. In: *Acta Horticulturae*. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1157.24
221. Wong M.C., Hendrikse S.I.S., Sherrell P.C., Ellis A. V. (2020). Grapevine waste in sustainable hybrid particleboard production. *Waste Manag* 118: 501–509. doi:10.1016/j.wasman.2020.09.007
222. Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Front Plant Sci*. doi:10.3389/fpls.2016.02049
223. Yao Y., Gao B., Chen J., Yang L. (2013). Engineered biochar reclaiming phosphate from aqueous solutions: Mechanisms and potential application as a slow-release fertilizer. *Environ Sci Technol*. doi:10.1021/es4012977
224. Zhao F., Tausz M., De Kok L.J. (2008). Role of Sulfur for Plant Production in Agricultural and Natural Ecosystems. doi:10.1007/978-1-4020-6863-8_21
225. 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*. doi:10.2134/jeq2012.0019
226. Zoričić M. (1996). *Podrumarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 279 pp.
227. Zoz T., Steiner F., Testa J.V.P., Seidel E.P., Fey R., Castagnara D.D., Zoz A. (2012). Foliar fertilization with molybdenum in wheat. *Semin Agrar*. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n2p633
228. Zwingelstein M., Draye M., Besombes J.L., Piot C., Chatel G. (2020). Viticultural wood waste as a source of polyphenols of interest: Opportunities and perspectives through conventional and emerging extraction methods. *Waste Manag*. doi:10.1016/j.wasman.2019.11.034

8. ŽIVOTOPIS

Dominik Anđelini rođen je 12. srpnja 1996. godine u Rijeci. Srednjoškolsko obrazovanje stekao je u Srednjoj školi Mate Balote u Poreču, smjer Poljoprivredni tehničar. Godine 2015. upisuje sveučilišni preddiplomski studij Biljne znanosti na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te na istoj instituciji nastavlja školovanje gdje 2018. godine upisuje diplomski studij Vinogradarstvo i vinarstvo. Diplomski studij završava u srpnju 2020. godine te je od rujna iste godine zaposlen na mjestu asistenta/doktoranda na Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču na projektu Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ) „Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti“. Sveučilišni poslijediplomski studij Poljoprivredne znanosti na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisuje 2020. godine kada i započinje s provedbom istraživanja u sklopu projekta BIONUTRIVINE – „Biougljen kao ekološki prihvatljiv i održiv način upravljanja ishranom vinove loze u kontekstu klimatskih promjena“. Suradnik je na i projektu BioRecovery – Inovativna rješenja u zelenoj tranziciji – iz poljoprivrednog i prehrambenog otpada u visokovrijedne sirovine.

Kao autor i koautor objavio je ukupno pet a1 radova u znanstvenim časopisima te šest sažetaka u zbornicima sažetaka sa skupova. Usavršavao se u području mikrovalne digestije i DNK analize biougljena na Institutu Jožef Stefan u Ljubljani.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Radovi u časopisima

1. **Anđelini, Dominik** ; Cvitan, Danko ; Prelac, Melissa ; Pasković, Igor ; Černe, Marko ; Nemet, Ivan ; Major, Nikola ; Goreta Ban, Smiljana ; Užila, Zoran ; Zubin Ferri, Tea i sur. Biochar from Grapevine-Pruning Residues Is Affected by Grapevine Rootstock and Pyrolysis Temperature // Sustainability, 15 (2023), 6; 4851, 17. doi: 10.3390/su15064851
2. Prelac, Melissa ; Palčić, Igor ; Cvitan, Danko ; **Anđelini, Dominik** ; Repajić, Maja ; Ćurko, Josip ; Kovačević, Tvrtko Karlo ; Goreta Ban, Smiljana ; Užila, Zoran ; Ban, Dean i sur. Biochar from Grapevine Pruning Residues as an Efficient Adsorbent of Polyphenolic Compounds // Materials, 16 (2023), 13; 4716, 18. doi: <https://doi.org/10.3390/ma16134716>

3. Prelac, Melissa; Palčić, Igor; Cvitan, Danko; **Andelini, Dominik**; Repajić, Maja; Ćurko, Josip; Kovačević, Tvrtko Karlo; Goreta Ban, Smiljana; Užila, Zoran; Ban, Dean i sur. 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>
4. Prelac, Melissa; Major, Nikola; Cvitan, Danko; **Andelini, Dominik**; Repajić, Maja; Ćurko, Josip; Kovačević, Tvrtko Karlo; Goreta Ban, Smiljana; Užila, Zoran; Ban, Dean i sur. 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: <https://doi.org/10.3390/antiox13010001>
5. Jagatić Korenika, Ana-Marija ; Marinov, Luka ; **Andelini, Dominik** ; Jeromel, Ana Kvasci i kiselinski profil vina // *Journal of Central European agriculture*, 21 (2020), 4; 861-869. doi: 10.5513/JCEA01/21.4.2833

Sažeci u zbornicima sa skupova

1. **Andelini, Dominik** ; Cvitan, Danko ; Užila, Zoran ; Pasković, Igor ; Major, Nikola ; Černe, Marko ; Goreta Ban, Smiljana ; Ban, Dean ; Palčić, Igor Potential of grapevine pruning residues for biochar production // 56th CROATIAN AND 16th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURE / Rozman, V. ; Antunović, Z. (ur.). Vodice, 2021. str. 275-276
2. Cvitan, Danko ; **Andelini, 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 / Rozman, V. ; Antunović, Z. (ur.). Vodice, 2021. str. 286-287
3. Palčić, Igor ; **Andelini, 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 / Rozman, V. ; Antunović, Z. (ur.). Vodice, 2021. str. 311-312
4. Palčić, Igor ; Radman, Sanja ; Cvitan, Danko ; **Andelini, 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" / Radojčić Redovniković, I. ; Jakovljević, T. ; Stojaković, R. i sur.

(ur.). Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2022. str. 106-106

5. **Anđelini, Dominik** ; Cvitan, Danko ; Prelac, Melissa ; Pasković, Igor ; Černe, Marko ; Nemet, Ivan ; Major, Nikola ; Goreta Ban, Smiljana ; Užila, Zoran ; Ban, Dean ; Palčić, Igor Biochar from Grapevine-Pruning Residues Is Affected by Grapevine Rootstock and Pyrolysis Temperature; 44th edition of the World Congress of Vine and Wine, Cadiz, 2023. str. 513-514
6. Cvitan, Danko ; **Anđelini, Dominik** ; Prelac, Melissa ; Pasković, Igor ; Černe, Marko ; Nemet, Ivan ; Major, Nikola ; Goreta Ban, Smiljana ; Užila, Zoran ; Ban, Dean ; Palčić, Igor Reduction Of GHG Emissions From Vineyard Soils Through Conversion of Grapevine Pruning Residues Into Biochar ; 44th edition of the World Congress of Vine and Wine, Cadiz, 2023. str. 519-520