



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 of 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 of 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: 114
- Broj slika: 4
- Broj tablica: 28
- Broj priloga: 1
- Broj literaturnih referenci: 229
- Datum obrane doktorskog rada:
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:
 1. izv. prof. dr. sc. Tomislav Karažija
 2. izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Jagatiić Korenika
 3. dr. sc. Marijan Bubola

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

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

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja, 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. izv. prof. dr. sc. Tomislav Karažija
2. izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Jagatiić Korenika
3. dr. sc. Marijan Bubola

Disertacija je obranjena na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, . . . 2025.
godine pred povjerenstvom u sastavu:

izv. prof. dr. sc. Tomislav Karažija _____

izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Jagatiić Korenika _____

dr. sc. Marijan Bubola _____

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 dva sveučilišna udžbenika „Voda u agroekosustavima“ publicirane 2015. i „Ishrana bilja u hortikulturi, krajjobrazu i kvaliteti hrane“ publicirane 2025. godine. 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 poljoprivrede. Te je godine na matičnom fakultetu izabran u znanstveno zvanje znanstveni suradnik, a 2016. godine izabran je u znanstveno-nastavno zvanje docenta. Od 2016. do danas radi na Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču, u kojemu je 2021. godine izabran u znanstveno zvanje te 2022. godine i na radno mjesto viši znanstveni suradnik.

Igor Palčić bio je voditelj i/ili suradnik na više od deset međunarodnih i nacionalnih znanstvenih projekata. Mentor je triju doktoranada. Tijekom svojega znanstvenog rada boravio je u inozemstvu radi usavršavanja (Škotska, Španjolska). Zamjenik je voditelja Laboratorija za tlo, biljku i vodu Instituta za poljoprivredu i turizam. Suautor je sveučilišnog udžbenika „Ishrana bilja u hortikulturi, krajobrazu i kvaliteti hrane“ publicirane 2025. godine.

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

Biougljen je heterogena tvar bogata ugljikom i biogenim elementima, a dobiva se pirolizom biomase u kontroliranim uvjetima slabije pristupačnosti kisika. Biougljen se najčešće unosi u vinogradarsko tlo u količinama od 1 pa sve do 40 tona po hektaru, dok je utjecaj folijarne primjene biougljena i utjecaj na trs i svojstva grožđa nedovoljno istražen. Glavni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatka biougljena u otopinu za folijarnu primjenu na usvajanje hraniva putem 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 biougljena te utjecaj na usvajanje, odnosno ispiranje dušika s površine lista. Primijenjene su otopine biougljena (300 mg/L), uree u koncentraciji 3 % (U3%) i 5 % (U5%), kombinacije 300 mg/L biougljena i 3 % (BU3%), odnosno 5% uree (BU5%) te kontrolni tretman (K) kod kojeg je primijenjena isključivo voda. Utvrđeno je kako dodatak biougljena nije statistički utjecao na usvajanje dušika, ali je smanjio 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 biougljen u koncentraciji 300 mg/L (B), ureu u koncentraciji 400 mg/L (U), kombinaciju biougljena 300 mg/L i uree 400 mg/L (BU), preparat na bazi aminokiselina 2 mL/L (A), kombinaciju biougljena 300 mg/L i preparata na bazi aminokiselina 2 mL/L (BA) te kombinaciju biougljena 300 mg/L, uree 200 mg/L i preparata na bazi aminokiselina 1 mL/L (BUA). Folijarne otopine primijenjene su u tri navrata; u početku faza cvatnje, zamatanja bobica i šare bobica. Folijarna primjena tretmana u maloj je mjeri utjecala na fiziološke procese i to na koncentraciju CO₂ u listu i vodni potencijal lista isključivo u fenofazi pune zrelosti. Dodatkom biougljena u otopinu uree (BU) povećala se koncentracija N, P, S, Cu, Mg, Mn, Na, Si i Zn u listu u pojedinim fenofazama i koncentracija glukoze i fruktoze u moštu, S druge strane, utjecao je na smanjenje prinosa grožđa, koncentracije aminokiselina serin, asparaginska kiselina i alanin u moštu te pH vrijednost vina u odnosu na tretman ureom (U). Dodatkom biougljena s aminokiselinama (BA) povećala se koncentracija Ca, P, S, K, N, Mg, Mn i Zn u listu, alkoholna jakost, pH vrijednost i senzorna ocjena vina, a smanjila koncentracija YAN-a, mliječne kiseline i aminokiseline alanin u moštu u odnosu na tretman aminokiselinama (A). Dobiveni rezultati omogućili su razumijevanje povezanosti dodatka biougljena u otopinu za folijarnu primjenu i reakcije vinove loze kroz fiziološke parametre te parametre mošta i vina.

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 Malvazija istarska 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 (B), 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) and biochar 300 mg/L, urea 200 mg/L, and amino acids 1 mL/L (BUA). 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 OIV 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. The foliar treatments had a limited effect on physiological processes, influencing leaf CO₂ concentration and leaf water potential only during full ripeness. The addition of biochar to the urea solution (BU) increased the concentrations of N, P, S, Cu, Mg, Mn, Na, Si, and Zn in the leaf during certain phenological stages, as well as the glucose and fructose content in the must. On the other hand, it reduced grape yield, the concentration of the amino acids serine, aspartic acid, and alanine in the must, and the pH value of the wine compared to the urea treatment (U). The addition of biochar with amino acids (BA) increased the concentrations of Ca, P, S, K, N, Mg, Mn, and Zn in the leaf, as well as the alcohol content, pH value, and sensory evaluation of the wine. However, it reduced the concentration of YAN (Yeast Assimilable Nitrogen), lactic acid, and the amino acid alanine in the must compared to the amino acid treatment (A).

The obtained results provided an insights into the interaction between biochar addition to foliar solutions and grapevine physiological responses, 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 combination in foliar solutions to influence specific physiological parameters of grapevines and the properties of must and wine for the 'Malvazija istarska' variety. Therefore, treatments BU and BA are recommended for improving 'Malvazija istarska' wine quality and maintaining high 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	7
2.5. Koncentracija bioogenih elemenata u listu vinove loze	8
2.5.1. Dušik	8
2.5.2. Kalcij.....	9
2.5.3. Kalij	9
2.5.4. Magnezij	9
2.5.5. Fosfor	10
2.5.6. Sumpor.....	10
2.5.7. Bor.....	11
2.5.8. Bakar	11
2.5.9. Željezo.....	11
2.5.10. Mangan.....	12
2.5.11. Molibden	12
2.5.12. Natrij	13
2.5.13. Silicij.....	13
2.5.14. Cink.....	13
2.6. Kemijski sastav mošta	14
2.6.1. Kvascu dostupan dušik.....	14
2.6.2. Šećeri	14
2.6.3. Organske kiseline	15
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 podnevnog vodnog potencijala listova.....	27
3.4.5.	Analiza koncentracije biogenih elemenata u listu	27
3.5.	Berba i proizvodnja vina.....	28
3.5.1.	Mjerenje prinosa	28
3.5.2.	Proizvodnja vina	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	30
3.5.2.	Analiza aromatskih spojeva u moštu.....	30
3.5.3.	Analiza osnovnog fizikalno-kemijskog sastava vina	31
3.5.4.	Senzorna analiza vina	31
3.5.5.	Statistička obrada podataka.....	32
4.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	33
4.1.	Fizikalno-kemijska svojstva biougljena.....	33
4.2.	Karakteristike otopina za folijarnu primjenu.....	33
4.3.	Laboratorijski pokus.....	34
4.4.	Poljski pokus.....	36
4.4.1.	Meteorološki podaci u vegetaciji	36
4.4.2.	Karakteristike otopina za folijarnu primjenu.....	37

4.4.3.	Fotosintetska aktivnost lista	38
4.4.4.	Vodni potencijal lista	40
4.4.1.	Koncentracije elemenata u listu	41
4.4.2.	Prinos grožđa	47
4.5.	Analiza mošta i vina	49
4.5.1.	Kvascu dostupan dušik	49
4.5.2.	Koncentracija šećera u moštu	50
4.5.1.	Pojedinačne organske kiseline u moštu	52
4.5.1.	Aminokiselinski sastav mošta	54
4.5.2.	Aromatski spojevi u moštu	56
4.5.3.	Fizikalno-kemijski sastav vina	59
4.5.4.	Senzorna svojstva vina 'Malvazija istarska'	61
5.	RASPRAVA	67
5.1.	Laboratorijski pokus	67
5.2.	Poljski pokus	67
5.2.1.	Fotosintetska aktivnost i vodni potencijal lista	68
5.2.2.	Koncentracija biogenih elemenata u listu	69
5.2.3.	Prinos grožđa	75
5.2.4.	Kvascu dostupan dušik	75
5.2.5.	Koncentracija šećera u moštu	76
5.2.6.	Organske kiseline	77
5.2.7.	Aminokiseline	77
5.2.8.	Aromatski spojevi	78
5.2.9.	Fizikalno-kemijski sastav vina	80
5.2.10.	Senzorna svojstva vina	80
6.	ZAKLJUČCI	82
7.	LITERATURA	84
8.	ŽIVOTOPIS	112
9.	PRILOZI	115

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
OIV	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 koncentracija elemenata u ostacima rezidbe vinove loze korištenim u procesu proizvodnje biougljena za folijarnu primjenu	21
Tablica 2. Fizikalno-kemijska svojstava biougljena korištenog u laboratorijskom i poljskom pokusu folijarne primjene	33
Tablica 3. Koncentracije ukupnog dušika izražene u mg/L i % u otopinama korištenim u laboratorijskom pokusu folijarne primjene	34
Tablica 4. Količine ispranog dušika s listova vinove loze (mg/L) u laboratorijskom testu uz simulaciju sušenja na zraku i simulaciju kiše.....	35
Tablica 5. Prikaz vremenskih parametara unutar vinograda u trenutku folijarne primjene otopina.....	37
Tablica 6. Vrijednosti pH i električne vodljivosti (EC) otopina korištenih u poljskom pokusu folijarne primjene	38
Tablica 8. Neto fotosintetska asimilacija (A) i koncentracija ugljikovog dioksida (Ci) u listovima vinove loze mjerenim u različitim fenofazama	39
Tablica 9. Vrijednosti vodnog potencijala lista različitih tretmana mjerenih u fenofazi cvatnje (MPa).....	40
Tablica 10. Vrijednosti vodnog potencijala lista različitih tretmana mjerenih u različitim fenofazama (MPa)	40
Tablica 11. Koncentracija makroelemenata u listovima različitih tretmana uzorkovanih u cvatnji prije prve folijarne primjene.....	42
Tablica 12. Koncentracija makroelemenata u listovima različitih tretmana uzorkovanih u različitim fenofazama tijekom vegetacije	43
Tablica 13. Koncentracija mikroelemenata (mg/kg) u listovima različitih tretmana uzorkovanih prije prvog tretiranja u fenofazi cvatnje.....	45
Tablica 14. Koncentracija mikroelemenata (mg/kg) u listovima različitih tretmana uzorkovanih u različitim fenofazama tijekom vegetacije	46
Tablica 15. Prinos grožđa (kg) po trsu i hektaru ovisno o primjenjenim folijarnim tretmanima.....	47
Tablica 16. Korelacija koncentracije elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i prinosa grožđa.....	48
Tablica 17. Koncentracija kvascu dostupnog dušika (mg/L) u moštu različitih tretmana folijarne primjene otopina.....	49
Tablica 18. Koncentracija šećera (g/L) u moštu različitih tretmana folijarne primjene otopina.....	50

Tablica 19. Korelacija elemenata u listu različitih folijarnih tretmana po fenofazama i koncentracije šećera glukoze i fruktoze u moštu	51
Tablica 20. Koncentracija organskih kiselina (g/L) u moštu proučavanih tretmana folijarne primjene otopina	52
Tablica 21. Korelacija koncentracije elemenata u listu po fenofazama i organskih kiselina u moštu	53
Tablica 22. Koncentracija aminokiselina u moštu različitih tretmana folijarne primjene otopina (mg/L).....	55
Tablica 23. Koncentracija aromatskih spojeva u moštu (µg/L) različitih tretmana folijarne primjene otopina	57
Tablica 24. Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina različitih tretmana folijarne primjene otopina.....	60
Tablica 25. Prosječne ocjene vina različitih tretmana ocijenjenih OIV metodom „100 bodova“	61
Tablica 26. Korelacija koncentracije elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i senzorne ocjene vina po OIV metodi 100 bodova	63
Tablica 27. Rezultati kvantitativne deskriptivne analize vina različitih tretmana folijarne primjene različitih otopina	65
Tablica 28. Prikaz rangiranja vina različitih tretmana prema različitim mjerilima	66

Popis grafikona

Grafikon 1. Prikaz padalina i prosječnih mjesečnih temperatura u pokusnom vinogradu tijekom vegetacijskog perioda 2023. godine.....	36
---	----

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	29

Popis priloga

Prilog 1. Obrazac za senzorno ocjenjivanje vina

.....115

1. UVOD

Vinova loza je najrasprostranjenija voćna vrsta u svijetu, koja s ukupnom proizvodnjom od gotovo 7,3 milijuna hektara globalno nadmašuje sve druge voćne vrste (OIV, 2023). Ukupna proizvodna površina vinove loze u Hrvatskoj u 2023. godini iznosila je 19 826 hektara (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2024). Podregija 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 razvojem i rodnošću trsova (Salomé i sur., 2016), a to uključuje i zahvat rezidbe vinove loze u zrelo, čime nastaju velike količine rezidbenih ostataka (Parlavecchia i sur., 2019). Obzirom na to da vinova loza proizvede od dvije do pet 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 bioetanol (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 u mogu imati negativne učinke na okoliš. Spaljivanje ostataka rezidbe smatra se kontroverznim zbog doprinosa emisiji stakleničkih plinova, dok sjeckanje i korištenje kao malč može utjecati negativno u pogledu širenja 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, nekoliko je istraživanja utvrdilo obećavajuće rezultate primjene biougljena u otopinama za folijarnu primjenu u svrhu većeg usvajanja i manjeg ispiranja folijarno primjenjenih otopina (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 od dvije do pet tona rezidbenih ostataka po hektaru godišnje, ovisno o gustoći sadnje, primjenjenim agrotehničkim mjerama, klimi i bujnosti sorte (Guerrero i sur., 2016). Danas se briga za okoliš povećala u smjeru upravljanja i revalorizacije otpada (Cebrián i sur., 2017). Ostaci rezidbe najvažniji su nusproizvod vinogradarstva, 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 (Azuara 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 porozna tvar bogata ugljikom koja nastaje termokemijskom transformacijom organske tvari, obično u uvjetima ograničene pristupačnosti kisika – pirolizom. Proces pirolize rezultira proizvodom koji posjeduje visoku poroznost, veliku specifičnu površinu i poboljšani kapacitet izmjene kationa (Murtaza i sur., 2024; Rathinapriya i sur., 2025). Pirolizom organskog materijala dobivamo biougljen, bioulje 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 CO_2 , H_2 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, bioulja 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 (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 korisnom 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 primjeni 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 trsa 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 dušičnih gnojiva u svijetu, čineći otprilike 60% potrošnje dušičnih gnojiva prema statistici (Glibert i sur., 2014). U poljoprivrednim sustavima, mineralni dušik je uglavnom podložan 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 gnojidba 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 gnojiva korištena u pokusu (NPK 7-20-30 primijenjeno putem tla, NPK s folijarno primijenjenim aminokiselinama i NPK s folijarno primijenjenim amonijevim nitratom) bila djelomično učinkovita u podizanju razine dušika u listu, dok je folijarno tretiranje ureom (u koncentraciji od 1 %) značajno povećalo sadržaj dušika u listu. Navedena istraživanja iznose potrebu promjene načina upravljanja ishranom vinove loze.

Biogeni elementi se 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, 2020b), 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 trsa. 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 lisne zone trsa 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 porast i rodnost 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, rodnost, 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 kod trsa. Vodni potencijal moguće je izraziti kao sumu triju parcijalnih potencijala: osmotskog, hidrostatskog i gravitacijskog. U praksi se mjere najčešće dva različita potencijala lista; pred zoru (*predawn leaf water potential*) i u podne (*midday leaf water potential*) (Lazarević i Poljak, 2019). Vrijednosti do -0,6 MPa ne predstavljaju stres loze, vrijednosti od -0,6 do -0,8 MPa označavaju blagi deficit, vrijednosti od -0,8 do -1,0 MPa predstavljaju srednji vodni deficit, od -1,0 do -1,2 MPa izraženi vodni deficit, dok vrijednosti preko -1,2 predstavljaju jaki vodni stres vinove loze (Myburgh i Howell, 2022).

2.5. Koncentracija bioogenih elemenata u listu vinove loze

Koncentracija pojedinih biogenih elemenata u listu nije konstantna, već se mijenja tijekom vegetacijskog razdoblja. Osim toga, koncentracija biogenih 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 koncentraciji pojedinih biogenih elemenata (Slunjski i sur., 2012).

2.5.1. Dušik

Dušik je sastavni dio 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 mijenjati metabolizam trsa te se dio asimilata troši na stvaranje novih listova i veći je porast bobica, što dovodi do smanjenje koncentracije šećera u grožđu. Također, može 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. 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, ali i nakon berbe grožđa (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 naličju, 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 enzimatske 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 zametanje cvatova, 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 i dozrijevanje rozgve. 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 (Maceljki 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 rehljavi 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, detoksikaciju 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 CO_2 u listu, zbog smanjenog protoka puči, ali i fiksacije CO_2 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 Mn^{2+} iona prekoračuje potrebe biljke, što ukazuje na lošu regulaciju usvajanja mangana (Clarkson, 1988). Ion Mn^{2+} 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 bobice u grozdu 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 CO₂ 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 Zn²⁺ 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

Koncentracija 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 niskom koncentracijom 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 amonijski 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 međurednog biljnog pokrova u vinogradu. Fermentacijom moštova s nedovoljnom koncentracijom YAN-a često se dobivaju teška vina s malo voćnosti i potencijala za starenje (Ribéreau-Gayon i sur., 2006).

2.6.2. Šećeri

Šećeri su najzastupljeniji spojevi nakon vode 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 se, obzirom na broj monomernih jedinica, 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 kože 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. 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 prenatlaženom 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 zreлом 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 bobice te se smanjuje s dozrijevanjem. Viša temperatura utječe na veći pad koncentracije jabučne kiseline u grožđu. Koncentracija u zreлом 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 vrijednošću, 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 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 molekule 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

Aromatski spojevi u moštu imaju 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 hlapljivih 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 ester) ili fenola (fenolni ester). 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 ester, 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 ester poput etil acetata, izoamil acetata, izobutil acetata, 2-feniletal 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 slabije je kod moštova s 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 budući da 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 α -terpineola, 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 (hlapljivom) obliku, a u grožđu i u slobodnom i u vezanom glikozidnom obliku. Hidrolizom glikozidne veze vezanih terpena oslobađaju se 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 proizvođači trude spriječiti 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 dozrijevanja grožđa koriste se analize fenola, karotenoida i/ili hlapljivih spojeva (Coelho i sur., 2009). Kod bijelih sorti promjene u koncentracijama hlapljivih spojeva tijekom dozrijevanja 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

Parametre vina o kojima izravno utječe njegova kvaliteta, analizira se Fizikalno-kemijskom analizom. To su sadržaj alkohola, ukupna i hlapljiva kiselost, pH vrijednost i reducirajući šećeri. Navedeni parametri 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, vinska kiselina i ostale) i organskih kiselina neutraliziranih K^+ ionom te njihovih soli i drugih kiselih tvari koje se mogu titrirati bazom. Izražava se u g/L kao vinska kiselina.

Hlapljiva kiselost vina nastaje kao sekundarni produkt alkoholnog vrenja ili u procesu octene fermentacije vina. Utječe na senzorna svojstva vina, u nižim 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 malolaktična fermentacija samo su neki od čimbenika koji su pod utjecajem pH vrijednosti. Bijela mirna vina u pravilu imaju pH u rasponu 3,0 -3,3, a crna 3,3 – 3,6 (Jackson, 2008).

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) no te se 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 ortonazalnim (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, punoće okusa i sveukupnog dojma vina (Korenika i sur., 2021). Bez obzira na mjesto i cilj provođenja ocjenjivanja vina ono se mora provoditi u odgovarajućoj prostoriji koja mora biti svijetla, prozirna, 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

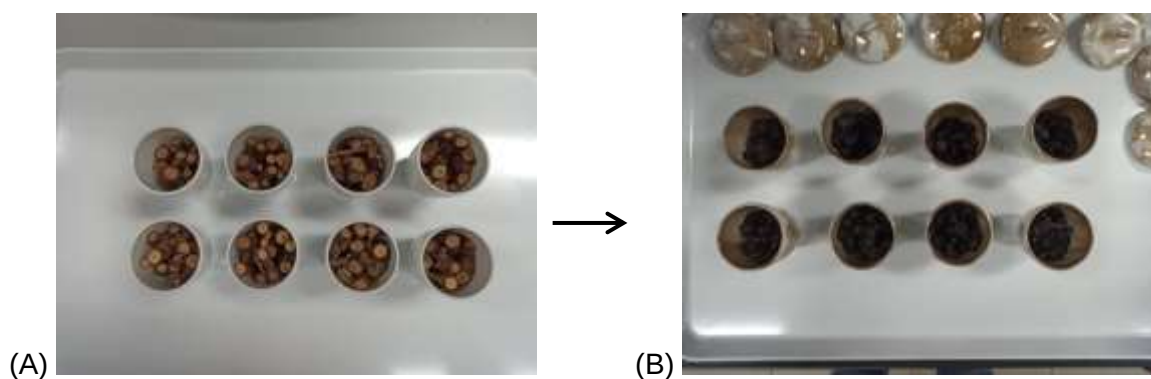
Biougljen je proizveden pirolizom ostataka rezidbe vinove loze, sakupljenih iz nasada Malvazije istarske na Institutu za poljoprivredu i turizam (Poreč, Hrvatska). Rezidbeni ostaci su sakupljeni iz vinograda nakon rezidbe u zrelo te prosušeni na 105 °C u sušioniku (Memmert UF110, Memmert GmbH Schwabach,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

Tablica 1. Fizikalno-kemijska svojstva i koncentracija 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. 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).

Ukupna koncentracija ugljika (TC) u biougljenu 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 koncentraciju pojedinih makro i mikroelemenata koristeći Optički emisijski spektrometar uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-OES, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

Koncentracija dušika (N) u biougljenu određena 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 $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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

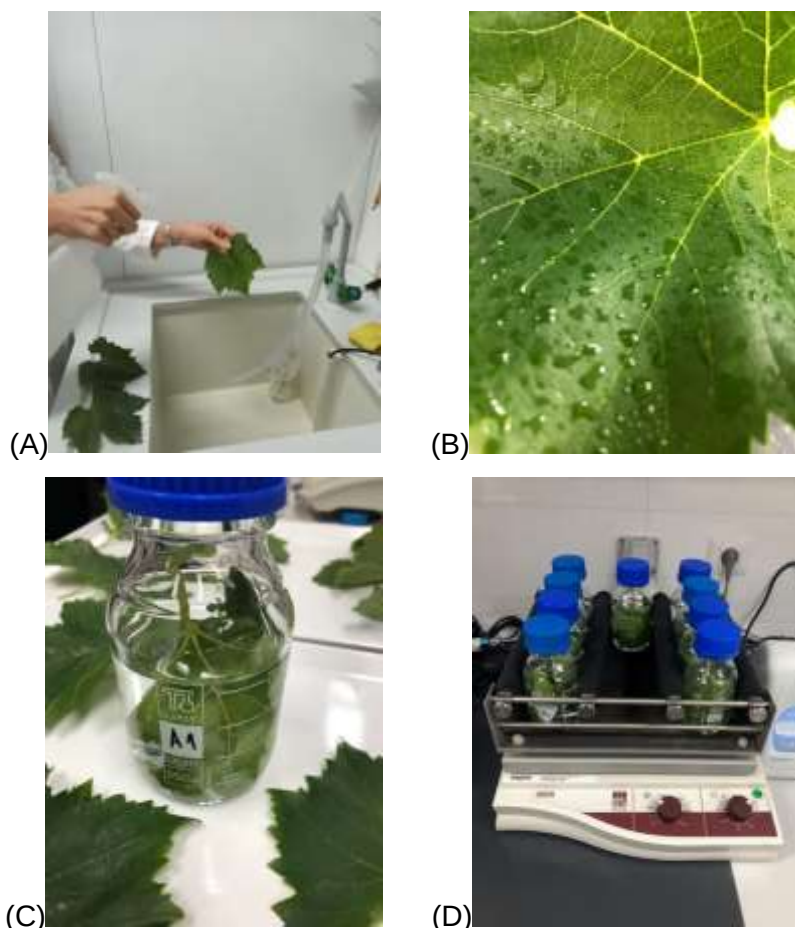
Prema Wang i sur. (2015) proveden je pokus folijarne primjene biouglijena kao materijala koji može povećati adheziju dušičnih gnojiva. U pokusu je korištena urea (urea 46% N, Petrokemija d.d., Kutina, Hrvatska) zbog svoje učestale primjene, visoke koncentracije dušika te visoke topivosti i razine usvajanja.

Primijenjene su sljedeće otopine:

1. **B** – ultračista voda + biouglijen 300 mg/L
2. **BU3%** – ultračista voda + biouglijen 300 mg/L + urea 3 %
3. **BU5%** – ultračista voda + biouglijen 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 koncentraciju ukupnog dušika korištenjem analizatora dušika TOC-TN (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). 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 simulirali kišni uvjeti i utvrdio potencijal biouglijena 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 koncentraciju ukupnog dušika koji predstavlja količinu dušika koja je podložna ispiranju s lista. Izračunata je i teoretska količina usvojenog dušika na temelju jednadžbe:

$$Usvojeni N = N u otopini - isprani N u supernatantu$$



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 folijarna prihrana se izostavila. Jednofaktorijski poljski pokus postavio se prema slučajnom bloknom rasporedu na ujednačenim redovima vinograda zasađenog sortom 'Malvazija istarska', klon VCR4, u punoj rodosti, 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. 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. **B** – ultračista voda + biouglijen (300 mg/L)
3. **U** – ultračista voda + urea (400 mg/L)
4. **BU** – ultračista voda + biouglijen (300 mg/L) + urea (400 mg/L)
5. **A** – ultračista voda + preparat s aminokiselinama (2 mL/L)
6. **BA** – ultračista voda + biouglijen (300 mg/L) + preparat s aminokiselinama (2 mL/L)
7. **BUA** – ultračista voda + biouglijen (300 mg/L) + urea (200 mg/L) + preparat s aminokiselinama (1 mL/L)

Količine uree (Urea 46 % N, Petrokemija d.d., Kutina, Hrvatska) i preparata s aminokiselinama (Drin, Green Haas Italia S.P.A, Canale, Italija) usklađene su prema koncentraciji dušika. 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 %).

Folijarni tretmani provodili su se u tri navrata, prvi u fenofazi cvatnje (2.6.2023., F19, fenofaza 19 prema Coombe, 1995.), drugi u fenofazi zametanja bobica (21.6.2023., F27, fenofaza 27 prema Coombe, 1995.) i treći u fenofazi šare bobica (3.8.2023., 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 padalina te srednjim dnevnim temperaturama za period vegetacije koji se računa od 1. travnja do 31. rujna. Također prikupljeni su i podaci o srednjoj 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 podnevnog vodnog potencijala listova

Mjeren je podnevni (*midday*) vodni potencijal lista u vremenu između 11:30 i 12:30 sati. Među razvijenim listovima iz zone grožđa, nasumičnim odabirom, listovi su stavljani u plastičnu vrećicu te im je peteljka prerezana oštrom 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 parcelica predstavljali su repeticije u mjerenju.

3.4.5. Analiza koncentracije biogenih 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 grožđa. 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 koncentraciju pojedinih makro i mikroelemenata koristeći Optički emisijski spektrometar uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-OES, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

Koncentracija dušika (N) u listu vinove loze određena 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

H₃BO₃ 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 proizvodnja 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 izbjegli neželjeni procesi u grožđu.

3.5.1. Mjerenje prinosa

Masa ubranog grožđa podijeljena je s brojem trsova te je dobiven prosječni prinos po tretmanu.

3.5.2. Proizvodnja vina

Proizvodnja vina je proveden u kontroliranim uvjetima, u prostorima Minivinifikacije Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču (Slika 4.). Grožđe je nakon muljanja i runjenja tretirano kalijevim metabisulfitom u koncentraciji 8 g/hL, dodan je pektolitički enzim (Lallzyme C-max, Lallemand, Montreal, Kanada) u koncentraciji 1 g/hL te je uslijedilo taloženje na temperaturi od 12 °C tijekom 24 sata. Nakon pretoka bistre frakcije mošta, uslijedila je inokulacija selekcioniranim sojem kvasca *Saccharomyces cerevisiae* var. *cerevisiae* Lalvin QA23 (Lallemand, Montréal, Kanada) u koncentraciji 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) (Ding i sur., 2023).

3.5.4. Analiza šećera u moštu

Koncentracija glukoze i fruktoze u moštu određena je 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 μ L uzorka na kromatografsku kolonu dimenzije 300 $\times$ 8 mm, veličina čestica 9 μ m, 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) (Anđelini i sur., 2023).

3.5.1. Analiza pojedinačnih organskih kiselina i aminokiselina u moštu

Aminokiseline i organske kiseline analizirane su tekućinskom kromatografijom tandem masenom spektrometrijom 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 hlapljivih 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 koncentracije ukupnog alkohola, ukupne kiselosti i hlapljivih kiselina, pH vrijednosti i reducirajućih šećera. 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 od 5 iskusnih ocjenjivača vina. Vina su ohlađena na 12 °C te poslužena ocjenjivačima randomiziranim redoslijedom, u tri ponavljanja, pod kodnim šiframa. Povjerenstvo je ocjenjivalo vina O.I.V. metodom „100 bodova“, kvantitativnom deskriptivnom analizom te metodom redoslijeda.

OIV 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). Obrazac za ocjenjivanje vina sadržavao je stavke kojima su se paralelno dodjeljivale ocjene prema OIV metodi te bodovi za kvantitativna deskriptivna svojstva (Prilog 1.).

Metoda redoslijeda ima za cilj rangirati 7 uzoraka vina, od najboljeg prema najlošijem, te dodijeliti bodove od 1 za najbolji uzorak do 7 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 koncentracija biogenih 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 koncentracije različitih biogenih elemenata u listu i prinosa grožđa, koncentracije šećera u moštu, pojedinačnih organskih kiselina te između koncentracije različitih biogenih elemenata u listu i aminokiselina u moštu 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 visoke koncentracije ugljika od preko 73 % i elemenata poput kalcija (187 g/kg), dušika (10,6 g/kg), 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 $2,07 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

Tablica 2. Fizikalno-kemijska svojstva biougljena korištenog u laboratorijskom i poljskom pokusu folijarne primjene

Svojstvo	Mjerna jedinica	Vrijednost
pH	/	$9,79 \pm 0,05$
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$792 \pm 65,9$
pepeo	%	$8,36 \pm 0,01$
ukupni ugljik (TC)	%	$73,1 \pm 0,43$
SSA	m^2g^{-1}	$2,07 \pm 0,14$
N	g/kg	$10,6 \pm 0,10$
P	g/kg	$27,2 \pm 0,21$
K	g/kg	$22,8 \pm 0,78$
Mg	g/kg	$27,5 \pm 1,67$
S	g/kg	$12,4 \pm 0,30$
Ca	g/kg	$187 \pm 9,61$
Cu	mg/kg	$4,65 \pm 0,25$
Mn	mg/kg	$6,56 \pm 1,22$
Mo	mg/kg	$0,11 \pm 0,00$
Pb	mg/kg	$0,37 \pm 0,00$
Se	mg/kg	$0,05 \pm 0,00$
Zn	mg/kg	$2,69 \pm 0,01$

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ standardna pogreška tri ponavljanja. EC – električna vodljivost, SSA – specifična površina.

4.2. Karakteristike otopina za folijarnu primjenu

Nakon pripreme otopina za folijarnu primjenu u laboratorijskom pokusu, iste su analizirane na koncentraciju 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. Koncentracije ukupnog dušika izražene u mg/L i % u otopinama korištenim u laboratorijskom pokusu folijarne primjene

Preparat	Sastav preparata	Ukupni ugljik	Ukupni ugljik
		mg/L	%
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 tri ponavljanja.

4.3. Laboratorijski pokus

Koncentracija 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 značajno 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 dušik	usvojeni dušik
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
BU3%		
sušeno na zraku	83,1 ± 14,2 c	16916 ± 91,8 b
simulacija kiše	5,22 ± 1,20 d	16994 ± 96,7 b
BU5%		
sušeno na zraku	98,5 ± 10,4 c	25433 ± 225 a
simulacija kiše	13,9 ± 4,94 d	25518 ± 215 a
U3%		
sušeno na zraku	197 ± 11,2 b	16793 ± 82,1 b
simulacija kiše	9,88 ± 0,91 d	16981 ± 71,7 b
U5%		
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.

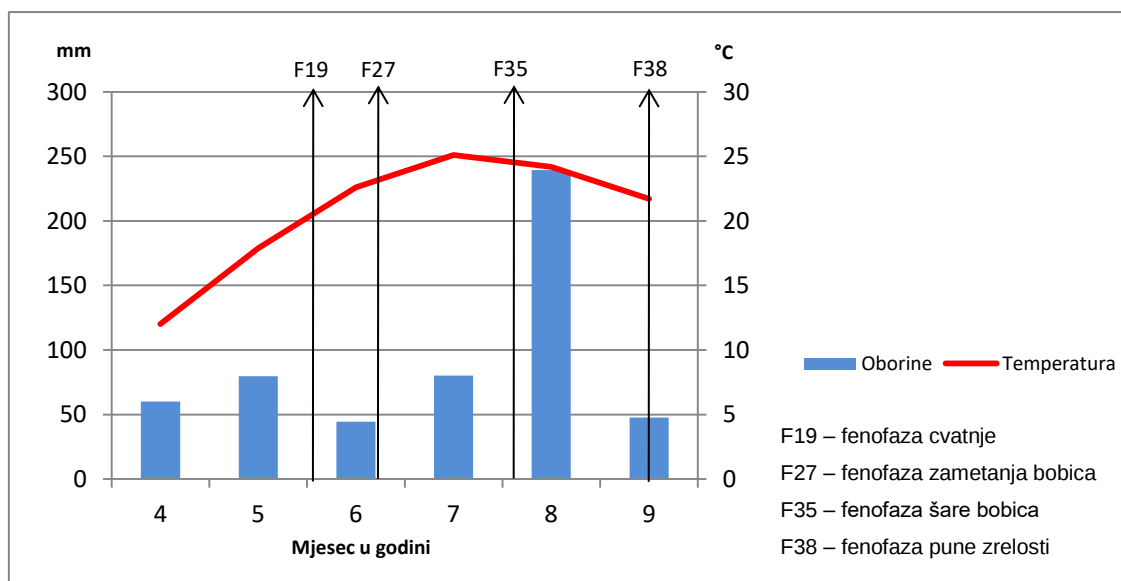
B – biouglijen 300 mg/L, BU3% – biouglijen + urea 3%, BU5% – biouglijen + urea 5%, U3% – urea 3%, U5% – urea 5%. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, n.s. predstavljaju statistički značajnu razliku p<0,05, 0,01, 0,001 ili nije statistički značajna. Kod statistički 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 biougijena, 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 i preparata 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.

4.4.1. Meteorološki podaci u vegetaciji

U Grafikonu 1. prikazane su ukupne padaline i prosječne temperature po mjesecima tijekom vegetacije. Označene su i fenofaze u kojima su se provodila tretiranja, uzorkovanja i berba.



Grafikon 1. Prikaz padalina i prosječnih mjesečnih temperatura u pokusnom vinogradu tijekom vegetacijskog perioda 2023. godine

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 hraniva ili fiziologije trsa.

Tablica 5. Prikaz vremenskih parametara unutar vinograda u trenutku folijarne primjene otopina

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	70 %	24.5.	5.6.
F27	20.6.2023.	20,2 °C	19,0°C	82 %	11.6.	27.6.
F35	2.8.2023.	22,0 °C	21,1°C	71 %	30.7.	4.8.
F38	12.9.2023.	14,6 °C	13,5°C	94 %	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

Primijenjene otopine su imale pH vrijednosti u rasponu 6,15 - 9,42. Otopine koje su sadržavale biougļjen imale su pH vrijednosti u rasponu od 7,18 kod tretmana BA do 9,21 u slučaju B tretmana (Tablica 6.). Otopine koja je sadržavala isključivo biougļjen (B) imala je višu pH vrijednost (9,21), dok je u slučajevima kada je uz biougļjen 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 biougļjena uzrokovao je blagi pad pH vrijednosti u odnosu na biougļjen zasebno. (B 9,21; BU 9,10).

Električna vodljivost otopina kretala se u rasponu od 1,80 do 493 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Otopine koje su sadržavale preparat s aminokiselinama imale su izraženo više vrijednost električne vodljivosti u odnosu na ostale otopine.

Tablica 6. Vrijednosti pH i električne vodljivosti (EC) otopina korištenih u poljskom pokusu folijarne primjene

Folijarni preparat	pH	EC
		$\mu\text{S/cm}$
K	$6,15 \pm 0,45$	$1,80 \pm 0,30$
B	$9,21 \pm 0,26$	$36,0 \pm 1,04$
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	$7,40 \pm 0,06$	$287 \pm 10,3$

K – kontrolni tretman, B – biougļjen, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ standardna pogreška triju ponavljanja.

4.4.3. Fotosintetska aktivnost lista

Tijekom vegetacije, prije tretiranja (Tablica 7.), te nakon svakog tretiranja (Tablica 8.), mjerena je neto fotosintetska asimilacija (A) te koncentracija ugljičnog dioksida u listu (Ci). 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 BU i BA.

Tablica 7. Neto fotosintetska asimilacija (A) i koncentracija ugljikovog dioksida (Ci) u listovima vinove loze mjerenim u fenofazi cvatnje prije folijarne primjene otopina

Tretman	A	Ci
	$\mu\text{mol m/s}$	$\mu\text{mol/mol}$
K	$2,72 \pm 0,13$	$377 \pm 2,14$
B	$2,73 \pm 0,20$	$378 \pm 0,80$
U	$3,00 \pm 0,04$	$364 \pm 10,2$
BU	$3,07 \pm 0,20$	$380 \pm 6,53$
A	$2,11 \pm 0,55$	$377 \pm 4,49$
BA	$2,05 \pm 0,73$	$380 \pm 3,53$
BUA	$1,98 \pm 0,29$	$378 \pm 3,33$

K – kontrolni tretman, B – biougļjen, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ standardna pogreška.

Tablica 8. Neto fotosintetska asimilacija (A) i koncentracija ugljikovog dioksida (Ci) u listovima vinove loze mjerenim u različitim fenofazama

Tretman	Zametanje bobica (F27)		Šara bobica (F35)		Puna zrelost (F38)	
	A	Ci	A	Ci	A	Ci
	$\mu\text{mol m/s}$	$\mu\text{mol/mol}$	$\mu\text{mol m/s}$	$\mu\text{mol/mol}$	$\mu\text{mol m/s}$	$\mu\text{mol/mol}$
K	$3,00 \pm 0,27$	$376 \pm 0,88$	$3,02 \pm 0,34$	$350 \pm 5,25$	$2,23 \pm 0,41$	$500 \pm 8,63 \text{ ab}$
B	$4,10 \pm 0,08$	$375 \pm 4,95$	$2,93 \pm 0,19$	$333 \pm 8,51$	$1,97 \pm 0,50$	$538 \pm 32,3 \text{ abc}$
U	$3,39 \pm 0,07$	$374 \pm 2,61$	$3,00 \pm 0,52$	$339 \pm 11,5$	$2,49 \pm 1,06$	$358 \pm 7,54 \text{ cd}$
BU	$3,02 \pm 0,17$	$376 \pm 2,08$	$3,31 \pm 0,47$	$353 \pm 1,31$	$3,73 \pm 0,64$	$278 \pm 16,2 \text{ d}$
A	$3,32 \pm 0,55$	$376 \pm 2,46$	$4,02 \pm 0,21$	$352 \pm 4,85$	$3,42 \pm 0,14$	$577 \pm 26,9 \text{ a}$
BA	$2,98 \pm 0,13$	$376 \pm 1,21$	$3,46 \pm 0,61$	$353 \pm 9,12$	$3,30 \pm 0,66$	$267 \pm 13,5 \text{ d}$
BUA	$2,96 \pm 0,44$	$379 \pm 2,47$	$2,28 \pm 0,04$	$355 \pm 0,11$	$3,37 \pm 0,56$	$405 \pm 64,4 \text{ bcd}$
<i>p vrijednost</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***

K – kontrolni tretman, B – biougļjen, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ standardna pogreška. *, **, ***, 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 (Tablica 9.).

Tablica 9. Vrijednosti vodnog potencijala lista različitih tretmana mjerenih u fenofazi cvatnje (MPa)

Tretman	Vodni potencijal lista (MPa)
K	-0,47 ± 0,08
B	-0,47 ± 0,03
U	-0,57 ± 0,04
BU	-0,70 ± 0,13
A	-0,83 ± 0,11
BA	-0,48 ± 0,04
BUA	-0,63 ± 0,02

K – kontrolni tretman, B – biogljjen, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. U fenofazama zametanja bobica i šare bobica nije prisutna statistički značajna razlika (Tablica 10.). U fenofazi pune zrelosti značajno je više vrijednosti vodnog potencijala imao tretman BA (-0,73 MPa), dok je najniže vrijednosti imao tretman K (-0,55 MPa).

Tablica 10. Vrijednosti vodnog potencijala lista različitih tretmana mjerenih u različitim fenofazama (MPa)

Tretman	Zametanje bobica (F27)	Šara bobica (F35)	Puna zrelost (F38)
K	-0,70 ± 0,03	-0,77 ± 0,04	-0,55 ± 0,00 c
B	-0,73 ± 0,06	-0,80 ± 0,10	-0,68 ± 0,03 ab
U	-0,77 ± 0,09	-0,97 ± 0,02	-0,62 ± 0,02 abc
BU	-0,80 ± 0,05	-0,77 ± 0,02	-0,67 ± 0,03 abc
A	-0,70 ± 0,05	-0,80 ± 0,03	-0,62 ± 0,04 abc
BA	-0,82 ± 0,09	-0,77 ± 0,04	-0,73 ± 0,02 a
BUA	-0,72 ± 0,04	-0,77 ± 0,04	-0,58 ± 0,02 bc
<i>p vrijednost</i>	n.s.	n.s.	**

K – kontrolni tretman, B – biogljjen, BA – biogljjen + aminokiseline, BU – biogljjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biogljjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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. Koncentracije elemenata u listu

U Tablici 12. prikazane su koncentracije makroelemenata u listu mjerenih u različitim fenofazama tijekom vegetacije. Podaci iz fenofaze cvatnje prikazani su u Tablici 11., ali na njima nije provedena statistička analiza, već su prezentirani kao nulto mjerenje, prije tretiranja folijarnim otopinama. Najveću koncentraciju dušika u listu u fenofazi zametanja bobica imao je tretman BU. U fenofazi šare bobica najvišu koncentraciju dušika imao je tretman BA, dok je u punoj zrelosti značajno višu koncentraciju imao tretman A. Značajno višu koncentraciju kalcija u zametanju bobica i punoj zrelosti imao je tretman U, a u fenofazi šare bobica tretman B. Tretmani K i BUA imali su višu koncentraciju kalija u listu u fenofazi zametanja bobica. U fenofazi šare bobica višu koncentraciju kalija u listu imali su tretmani K i BA, dok je tretman BUA imao najvišu koncentraciju kalija u fenofazi pune zrelosti. Koncentracija magnezija u fenofazi zametanja bobica bila je najviša u listovima tretmana K i U, u fenofazi šare bobica u tretmanu B te u punoj zrelosti kod tretmana U. Značajno niža koncentracija magnezija, naspram drugih tretmana, izmjerena je u listu tretmana BUA u fenofazama zametanja i šare bobica te u listu tretmana K i BUA u punoj zrelosti. Koncentracija fosfora u fenofazi zametanja bobica bila je viša kod tretmana BA, u fenofazi šare bobica u listu tretmana K i BU te u listu tretmana U u punoj zrelosti. Tretmani BU i BA imali su višu koncentraciju sumpora u fenofazi zametanja bobica. U fenofazi šare bobica nije bilo značajnih razlika, a više koncentracije sumpora izmjerene su u listu tretmana U u punoj zrelosti.

Uzme li se u obzir utjecaj dodatka biougljena u otopinu uree i preparata s aminokiselinama na koncentraciju makroelemenata u listu tijekom vegetacije, može se zaključiti kako je dodatak biougljena u otopinu uree (BU) značajno povisio koncentraciju dušika, fosfora i sumpora u odnosu na tretman s ureom (U) u fenofazi zametanja bobica. Tretman BU imao je višu koncentraciju i kalcija, magnezija i fosfora u fenofazi šare bobica, dok je tretman U imao višu koncentraciju dušika, magnezija i fosfora u fenofazi pune zrelosti u odnosu na tretman BU.

Otopina biougljena i preparata s aminokiselinama (BA) značajno je povećala koncentraciju dušika, kalcija, fosfora i sumpora u listu u fenofazi zametanja bobica u odnosu na tretman aminokiselina (A). U fenofazi šare bobica tretman BA imao je višu koncentraciju dušika i kalija u odnosu na tretman A. Višu koncentraciju kalija, magnezija i fosfora imao je također tretman BA u fenofazi pune zrelosti, dok je tretman A u istoj fenofazi imao značajno višu koncentraciju dušika u odnosu na tretman BA. Kombinirani tretman BUA imao je značajno niže koncentracije magnezija u svim fenofazama u usporedbi s tretmanima BU i BA.

Tablica 11. Koncentracija makroelemenata u listovima različitih tretmana uzorkovanih u cvatnji prije prve folijarne primjene

Tretman	Makroelement					
	N	Ca	K	Mg	P	S
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
K	35,3 ± 0,17	15,3 ± 0,97	11,8 ± 0,58	2,38 ± 0,11	2,62 ± 0,10	2,24 ± 0,11
B	34,5 ± 0,17	18,3 ± 0,41	12,6 ± 0,30	2,62 ± 0,07	2,70 ± 0,07	2,40 ± 0,09
U	38 ± 0,23	17,1 ± 0,24	12,2 ± 0,41	2,62 ± 0,09	2,76 ± 0,05	2,43 ± 0,11
BU	38 ± 0,35	16,3 ± 0,31	12,5 ± 0,25	2,54 ± 0,01	2,76 ± 0,04	2,28 ± 0,04
A	36,9 ± 0,12	19,6 ± 0,20	12,4 ± 0,18	2,75 ± 0,01	2,92 ± 0,02	2,58 ± 0,02
BA	36,4 ± 0,24	18,4 ± 0,11	12,6 ± 0,26	2,74 ± 0,03	2,84 ± 0,02	2,62 ± 0,01
BUA	37,4 ± 0,23	16,4 ± 0,06	13,9 ± 0,23	2,45 ± 0,02	2,90 ± 0,01	2,67 ± 0,03

K – kontrolni tretman, B – biougļjen 300 mg/L, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška.

Tablica 12. Koncentracija 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	g/kg
Fenofaza zametanja bobica						
K	30,1 ± 0,12 b	22,8 ± 0,13 ab	13,2 ± 0,07 a	3,01 ± 0,01 a	2,38 ± 0,01 c	2,39 ± 0,01 b
B	28,4 ± 0,03 d	20,8 ± 0,35 c	11,1 ± 0,15 c	2,73 ± 0,05 b	2,34 ± 0,02 cd	2,40 ± 0,01 b
U	28,5 ± 0,17 d	24,3 ± 0,61 a	11,8 ± 0,17 bc	3,04 ± 0,03 a	2,26 ± 0,03 d	2,37 ± 0,05 b
BU	29,3 ± 0,17 c	23,7 ± 0,28 ab	11,2 ± 0,49 c	2,90 ± 0,05 ab	2,61 ± 0,03 ab	2,73 ± 0,03 a
A	31,5 ± 0,17 a	21,0 ± 0,20 c	12,7 ± 0,16 ab	2,80 ± 0,03 b	2,52 ± 0,01 b	2,46 ± 0,02 b
BA	29,1 ± 0,12 cd	22,6 ± 0,23 b	11,7 ± 0,19 bc	2,75 ± 0,03 b	2,63 ± 0,01 a	2,67 ± 0,02 a
BUA	29,5 ± 0,17 bc	19,6 ± 0,08 c	12,9 ± 0,03 a	2,48 ± 0,01 c	2,53 ± 0,01 b	2,36 ± 0,01 b
p vrijednost	***	***	***	***	***	***
Fenofaza šare bobica						
K	21,4 ± 0,12 ab	27,5 ± 0,67 bc	8,44 ± 0,38 b	2,29 ± 0,03 de	2,00 ± 0,04 a	1,87 ± 0,06
B	20 ± 0,03 bc	32,4 ± 1,74 a	8,43 ± 0,43 b	3,41 ± 0,15 a	1,91 ± 0,08 ab	1,94 ± 0,13
U	20 ± 0,58 bc	25,4 ± 1,27 c	8,68 ± 0,03 b	2,50 ± 0,13 de	1,63 ± 0,09 b	1,67 ± 0,12
BU	22 ± 0,58 a	30,2 ± 0,08 ab	8,41 ± 0,12 b	3,10 ± 0,01 ab	2,05 ± 0,01 a	2,04 ± 0
A	21 ± 0,58 ab	24,9 ± 0,19 cd	9,90 ± 0,64 a	2,61 ± 0,04 cd	1,91 ± 0,04 ab	1,84 ± 0,05
BA	19,8 ± 0,06 bc	28,0 ± 1,16 abc	9,24 ± 0,25 ab	2,96 ± 0,11 bc	1,88 ± 0,09 ab	1,95 ± 0,12
BUA	19,1 ± 0,12 c	20,3 ± 0,49 d	8,44 ± 0,38 b	2,15 ± 0,03 e	1,75 ± 0,04 ab	1,68 ± 0,07
p vrijednost	***	***	*	***	**	n.s.
Fenofaza pune zrelosti						
K	20,2 ± 0,06 bc	29,6 ± 0,67 c	7,25 ± 0,03 ab	2,46 ± 0,02 d	2,99 ± 0,03 c	1,78 ± 0,02 b
B	20,1 ± 0,19 bc	35,8 ± 0,41 ab	6,95 ± 0,02 b	3,00 ± 0,03 b	3,32 ± 0,01 b	1,83 ± 0,01 b
U	21,4 ± 0,06 a	37,7 ± 0,71 a	7,61 ± 0,23 ab	3,27 ± 0,01 a	3,53 ± 0,04 a	1,93 ± 0,01 a
BU	19,9 ± 0,06 bc	33,1 ± 0,46 abc	7,00 ± 0,07 b	2,77 ± 0,01 c	3,23 ± 0,01 b	1,83 ± 0,01 ab
A	19,8 ± 0,06 c	27,6 ± 2,47 c	5,95 ± 0,18 c	2,38 ± 0,04 d	3,00 ± 0,09 c	1,83 ± 0,05 ab
BA	21 ± 0,58 ab	31,4 ± 0,63 bc	7,26 ± 0,19 ab	2,75 ± 0,07 c	3,24 ± 0,01 b	1,88 ± 0,01 ab
BUA	20,6 ± 0,12 abc	29,4 ± 0,06 c	7,86 ± 0,07 a	2,31 ± 0,02 d	3,31 ± 0,01 b	1,81 ± 0,01 b
p vrijednost	***	***	***	***	***	**

K – kontrolni tretman, B – biougļjen 300 mg/L, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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.

U tablici 14. prikazane su koncentracije mikroelemenata u listu mjerenih u različitim fenofazama tijekom vegetacije. Podaci iz fenofaze cvatnje prikazani su u Tablici 13., ali na njima nije provedena statistička analiza, već su prezentirani kao nulto mjerenje, prije tretiranja folijarnim otopinama. Koncentracija bora bila je značajno viša u listu tretmana U i BA u fenofazi zametanja bobica, tretmana B i BU u fenofazi šare bobica te tretmana U i A u fenofazi pune zrelosti. U fenofazi zametanja bobica tretman BU imao je najvišu koncentraciju bakra, u fenofazi šare bobice više koncentracije bakra imali su tretmani B i U, a u punoj zrelosti tretman U. Koncentracija željeza u fenofazi zametanja bobica bila je najviša u listu tretmana BU i A, najniža u listu tretmana BA, dok su ostali tretmani bili komparabilni. U fenofazi šare bobica koncentracija željeza, bila je najviša kod tretmana K, BU i BA, a najniža kod BUA. Tretman U imao je najvišu koncentraciju željeza u listu u fenofazi pune zrelosti. Koncentracija elementa mangana u fenofazi zametanja bobica najviša je bila u tretmanu BU, u fenofazi šare bobica B, dok je u punoj zrelosti bio u lišću tretmana U. Razlika u koncentraciji molibdena bila je značajna u fenofazama šare bobica i pune zrelosti. S višom koncentracijom molibdena u listu u fenofazi šare bobica izdvojili su se tretmani B, BU i A, s nižom koncentracijom tretman BUA, dok su ostali tretmani bili komparabilni. U punoj zrelosti tretmani B i U imali su višu koncentraciju molibdena u listu, dok su tretmani A i BUA imali značajno niže koncentracije. Ukupna koncentracija natrija u fenofazi zametanja bobica bila je najviša u listu tretmana A, u šari bobica je to bio slučaj kod BU, a u punoj zrelosti kod tretmana U.

Element silicij u fenofazi zametanja bobica bio je značajno viši kod tretmana BU. U fenofazi šare bobica najviša koncentracija silicija izmjerena je kod tretmana B i BA, najniže kod BUA dok su ostali tretmani bili komparabilni. U fenofazi pune zrelosti najviša koncentracija silicija izmjerena je u listu tretmana U. Koncentracija cinka u fenofazi zametanja bobica bila je značajno viša u listu tretmana K, u šari bobica kod tretmana BA te u punoj zrelosti kod tretmana B i BU.

Uzme li se u obzir dodatak biougijena u otopinu uree (BU), taj je tretman u fenofazi zametanja bobica imao značajno više koncentracije bakra, mangana, silicija i cinka, a niže koncentracije bora i natrija u odnosu na tretman U. Tretman BU imao je višu koncentraciju natrija te nižu koncentraciju bakra u fenofazi šare bobica. Tretman U imao je u punoj zrelosti više koncentracije bora, mangana i silicija te nižu koncentraciju cinka u odnosu na tretman BU. U slučaju preparata s aminokiselinama, značajno više koncentracije bora i mangana imao je tretman BA u odnosu na tretman A u fenofazi zametanja bobica. Kod elemenata željeza, natrija i cinka situacija je obrnuta, pa je tretman A imao više koncentracije navedenih elemenata u odnosu na tretman A. Razlike između ova dva proučavana tretmana vidljive su također i u fenofazi pune zrelosti pa značajno više koncentracije mangana i cinka ima tretman BA.

Tablica 13. Koncentracija mikroelemenata (mg/kg) u listovima različitih tretmana uzorkovanih prije prvog tretiranja u fenofazi cvatnje

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
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
B	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

K – kontrolni tretman, B – biouglijen, BA – biouglijen + aminokiseline, BU – biouglijen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biouglijen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška.

Nastavak tablice 10.

Tablica 14. Koncentracija mikroelemenata (mg/kg) 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 zametanja bobica								
K	44,3 ± 0,13 b	6,90 ± 0,02 ab	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
B	45,8 ± 0,40 b	6,41 ± 0,03 c	83,2 ± 1,41 ab	41,5 ± 0,51 c	0,84 ± 0,02	22,0 ± 0,26 c	412 ± 12,9 c	9,02 ± 0,12 d
U	53,9 ± 0,93 a	6,28 ± 0,19 c	82,6 ± 1,30 ab	49,0 ± 0,54 b	0,87 ± 0,02	25,1 ± 0,65 b	429 ± 15,6 c	9,20 ± 0,16 d
BU	48,8 ± 0,85 b	7,00 ± 0,05 a	86,3 ± 0,74 a	53,0 ± 0,77 a	0,91 ± 0,01	19,9 ± 0,29 d	792 ± 74,3 a	10,3 ± 0,15 c
A	45,4 ± 0,26 b	6,62 ± 0,07 abc	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 b
BA	52,2 ± 0,22 a	6,85 ± 0,10 bc	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 c
BUA	45,5 ± 0,11 b	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 c
p vrijednost	***	***	*	***	n.s.	***	***	***
Fenofaza šare bobica								
K	69,6 ± 1,42 ab	233 ± 4,67 bc	107 ± 2,57 a	52,4 ± 0,82 bc	0,82 ± 0,01 ab	77,1 ± 1,88 c	593 ± 9,02 ab	9,99 ± 0,30 b
B	72,4 ± 3,94 a	292 ± 14,4 a	97,5 ± 6,07 ab	62,3 ± 3,04 a	0,89 ± 0,01 a	93,2 ± 4,68 b	638 ± 38,5 a	10,4 ± 0,49 ab
U	62,5 ± 2,93 ab	303 ± 20,1 a	88,2 ± 5,35 ab	48,6 ± 2,36 c	0,83 ± 0,01 ab	92,7 ± 4,65 b	596 ± 18,6 ab	10,4 ± 0,44 ab
BU	72,9 ± 0,21 a	236 ± 2,41 bc	108 ± 2,76 a	51,8 ± 0,24 bc	0,89 ± 0,00 a	112 ± 0,75 a	609 ± 0,68 ab	11,3 ± 0,04 ab
A	66,6 ± 1,21 ab	236 ± 3,37 bc	97,0 ± 1,12 ab	52,4 ± 0,75 bc	0,84 ± 0,01 a	102 ± 1,63 ab	572 ± 5,94 ab	11,2 ± 0,17 ab
BA	61,1 ± 2,62 b	279 ± 8,32 ab	102 ± 4,60 a	57,8 ± 2,3 ab	0,83 ± 0,01 ab	100 ± 4,70 ab	618 ± 2,13 a	11,9 ± 0,45 a
BUA	63,3 ± 0,82 ab	195 ± 7,99 c	81,2 ± 4,14 b	45,8 ± 0,62 c	0,76 ± 0,04 b	96,0 ± 0,71 b	530 ± 16,6 b	9,69 ± 0,20 b
p vrijednost	**	***	**	***	***	***	*	**
Fenofaza pune zrelosti								
K	67,3 ± 0,67 c	99,5 ± 5,31 d	86,4 ± 2,44 b	52,3 ± 0,12 d	0,87 ± 0,02 ab	73,4 ± 2,16 bc	852 ± 3,63 b	11,2 ± 0,19 b
B	79,2 ± 0,15 ab	133 ± 2,86 bc	93,8 ± 0,51 ab	62,0 ± 0,17 b	0,91 ± 0,01 a	65,6 ± 0,72 d	894 ± 16,2 ab	12,4 ± 0,06 a
U	85,6 ± 0,80 a	168 ± 11,5 a	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 b
BU	72,6 ± 0,87 bc	144 ± 3,09 abc	91,6 ± 0,67 ab	53,5 ± 0,00 d	0,90 ± 0,03 ab	80,1 ± 0,80 ab	863 ± 3,96 b	12,8 ± 0,19 a
A	88,2 ± 5,52 a	147 ± 6,55 ab	65,1 ± 1,29 c	59,6 ± 1,00 c	0,79 ± 0,01 c	68,0 ± 2,21 cd	386 ± 6,80 c	8,92 ± 0,13 d
BA	81,4 ± 0,40 ab	141 ± 3,55 abc	68,2 ± 0,77 c	63,4 ± 0,15 b	0,82 ± 0,00 bc	67,0 ± 0,17 cd	415 ± 12,39 c	11,6 ± 0,06 b
BUA	77,6 ± 0,35 abc	114 ± 1,11 cd	64,3 ± 0,18 c	57,9 ± 0,16 c	0,78 ± 0,02 c	71,3 ± 0,67 cd	390 ± 13,58 c	10,3 ± 0,09 c
p vrijednost	***	***	***	***	***	***	***	***

K – kontrolni tretman, B – biouglijen, BA – biouglijen + aminokiseline, BU – biouglijen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biouglijen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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.

4.4.2. Prinos grožđa

Prinos grožđa značajno se razlikovao ovisno o tretmanima, što je prikazano u Tablici 15. Tretmani K i U imali su najveći prinos od 1,95 i 1,93 kg/trsu, što je 33 % više od najnižeg izmjerenih prinosa kod tretmana BUA. Usporedi li se dodatak biouglijena u otopinu uree (BU), uočava se kako je dodatak biouglijena smanjio prinos u odnosu na ureu zasebno (U). U slučaju aminokiselina značajna razlika nije bila prisutna. Također, u Tablici 11. prikazan je i prinos grožđa pojedinog tretmana po hektaru.

Tablica 15. Prinos grožđa (kg) po trsu i hektaru ovisno o primjenjenim folijarnim tretmanima

Tretman	Prinos	
	kg/trsu	kg/ha
K	1.95 ± 0.03 a	9750
B	1.54 ± 0.04 bc	7700
U	1.93 ± 0.09 a	9650
BU	1.61 ± 0.05 bc	8050
A	1.64 ± 0.08 bc	8200
BA	1.76 ± 0.04 ab	8800
BUA	1.46 ± 0.06 c	7300
<i>p vrijednost</i>	***	

K – kontrolni tretman, B – biouglijen, BA – biouglijen + aminokiseline, BU – biouglijen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biouglijen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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 koncentracije pojedinih elementa u listu u određenoj fenofazi s prinosom grožđa, a što je prikazano u Tablici 16. Signifikantna umjerena i jaka pozitivna korelacija s prinosom postoji između koncentracije kalcija, magnezija, sumpora i cinka u fenofazi zametanja bobica, kalcija, kalija, željeza i sumpora u fenofazi šare bobica (F35). Umjerena i jaka negativna korelacija s prinosom postoji između koncentracije kalcija, kalija, fosfora i sumpora u fenofazi pune zrelosti (F38).

Tablica 16. Korelacija koncentracije elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i prinosa grožđa

Varijabla	Prinos	Varijabla	Prinos
N F27	0.21	Fe F27	0.01
N F35	0.67	Fe F35	0.73
N F38	-0.10	Fe F38	0.11
Ca F27	0.57	P F27	0.18
Ca F35	0.36	P F35	0.56
Ca F38	-0.38	P F38	-0.65
K F27	0.05	S F27	0.47
K F35	0.43	S F35	0.44
K F38	-0.44	S F38	-0.38
Mg F27	0.65	Zn F27	0.59
Mg F35	0.01	Zn F35	0.28
Mg F38	-0.23	Zn F38	-0.14

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 koncentracije 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 kvascu dostupnog dušika (YAN, *yeast assimilable nitrogen*) kretale su se u rasponu od 156 do 172 mg/L N, što je prikazano u Tablici 17. Kod tretmana A izmjerena je značajno viša koncentracija kvascu dostupnog dušika od ostalih tretmana. U tretmanu BUA izmjerena je najniža razina YAN-a, a primjećujemo kako su tretmani BA i BUA jedini imali značajno nižu koncentraciju YAN-a u moštu od kontrolnog tretmana K. Dodatak biouglijena u folijarnu otopinu uree nije utjecalo na koncentraciju YAN-a, dok je u slučaju preparata s aminokiselinama dodatak biouglijena značajno smanjio koncentraciju YAN-a.

Tablica 17. Koncentracija kvascu dostupnog dušika (mg/L) u moštu različitih tretmana folijarne primjene otopina

Tretman	Kvascu dostupan dušik (YAN)
	mg/L dušika
K	170 ± 0.58 ab
B	166 ± 0.58 bc
U	166 ± 0.58 bc
BU	166 ± 1.15 bc
A	172 ± 1.15 a
BA	165 ± 0.58 c
BUA	156 ± 1.15 d
<i>p vrijednosti</i> ***	

K – kontrolni tretman, B – biougljen, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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. Koncentracija šećera u moštu

Koncentracija šećera u moštu prikazana je u Tablici 18. iz koje se može iščitati kako se koncentracija glukoze kretala u rasponu od 61,9 do 97,5 g/L, fruktoze od 65,8 do 103 g/L te ukupna koncentracija šećera od 145 do 223 g/L. Koncentracija glukoze i fruktoze te ukupnih šećera bila je najviša u moštu tretmana BU, BA i BUA. Najniža koncentracija glukoze, fruktoze i ukupnih šećera bila je u moštu tretmana B.

Omjer glukoze i fruktoze kod svih tretmana bio je ispod jedan, u rasponu od 0,94 do 0,95, što ukazuje kako je koncentracija fruktoze u moštu viša od koncentracije glukoze. Tretman U imalo je najveći omjer, dok su tretmani B i A imali najmanji omjer između glukoze i fruktoze.

Dodatak biouglijena u otopinu uree imao je pozitivan utjecaj na ukupnu koncentraciju šećera, glukoze, fruktoze i omjer glukoze i fruktoze. S druge strane, dodatak biouglijena u otopinu preparata s aminokiselinama utjecao je značajno na omjer glukoze i fruktoze, ali nije značajno utjecao na koncentraciju glukoze, fruktoze i ukupnih šećera.

Tablica 18. Koncentracija šećera (g/L) u moštu različitih tretmana folijarne primjene otopina

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

K – kontrolni tretman, B – biougljen, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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 19. Korelacija elemenata u listu različitih folijarnih tretmana po fenofazama i koncentracije šećera glukoze i fruktoze u moštu

Varijabla	Glukoza	Fruktoza
K F27	0.42	0.41
K F35	0.23	0.22
K F38	0.13	0.13
Mg F27	-0.15	-0.17
Mg F35	-0.50	-0.49
Mg F38	-0.32	-0.31
Si F27	0.63	0.64
Si F35	-0.45	-0.45
Si F38	-0.12	-0.11
Zn F27	0.56	0.56
Zn F35	0.14	0.14
Zn F38	-0.40	-0.40
N F27	0.46	0.47
N F35	0.13	0.12
N F38	-0.08	-0.10
Ca F27	-0.01	-0.03
Ca F35	-0.57	-0.57
Ca F38	-0.30	-0.29
P F27	0.66	0.67
P F35	-0.03	-0.03
P F38	-0.07	-0.06
S F27	0.40	0.40
S F35	-0.21	-0.21
S F38	0.10	0.10

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 koncentracije pojedinog elementa u listu te glukoze i fruktoze u moštovima.

Postoji umjerena i jaka pozitivna korelacija između koncentracije kalija u listu i koncentracije glukoze i fruktoze u moštu isključivo u fenofazi zametanja bobica (Tablica 19.). Koncentracija glukoze i fruktoze je obrnuto proporcionalna koncentraciji magnezija u listu. Pozitivna korelacija između koncentracija silicija i cinka u listu postoji u slučaju fenofaze zametanja bobica (F27) te negativna u fenofazi šare bobica (F35). Cink pokazuje negativnu korelaciju u fenofazi zametanja bobica (F27) dok fosfor i sumpor pozitivno koreliraju u fenofazi zametanja bobica (F27).

4.5.1. Pojedinačne organske kiseline u moštu

Tablica 20. prikazuje najzastupljenije organske kiseline u moštu proučavanih tretmana. Koncentracija vinske kiseline nije se značajno razlikovala među tretmanima. Tretman U imao je značajno višu koncentraciju jabučne kiseline, najniža je bila kod tretmana A, dok su ostali tretmani bili komparabilni. Koncentracija mliječne kiseline bila je najviša u moštu tretmana K, B, U i A, najniža u moštu tretmana BA i BUA, dok je tretman BU bio komparabilan. Najviša koncentracija limunske kiseline zabilježena je u moštu tretmana U, najniža u moštu tretmana BA, dok su svi ostali tretmani bili komparabilni. Dodatak biougļjena u otopinu preparata s aminokiselinama imao je utjecaj samo na koncentraciju mliječne kiseline u moštu.

Tablica 20. Koncentracija organskih kiselina (g/L) u moštu proučavanih tretmana folijarne primjene otopina

Tretman	Vinska kiselina	Jabučna kiselina	Mliječna kiselina	Limunska kiselina
	g/L	g/L	mg/L	mg/L
K	7,56 ± 0,03	1,62 ± 0,09 ab	30,0 ± 1,80 a	292 ± 9,92 ab
B	8,90 ± 0,31	1,63 ± 0,03 ab	27,3 ± 1,60 a	326 ± 8,14 ab
U	7,37 ± 0,21	1,79 ± 0,10 a	29,7 ± 3,50 a	336 ± 4,75 a
BU	8,27 ± 0,29	1,52 ± 0,06 ab	24,2 ± 1,80 ab	300 ± 5,03 ab
A	8,86 ± 0,48	1,26 ± 0,07 b	28,9 ± 5,50 a	313 ± 21,4 ab
BA	9,04 ± 0,47	1,46 ± 0,11 ab	17,9 ± 1,70 b	276 ± 5,18 b
BUA	9,10 ± 0,87	1,53 ± 0,11 ab	17,3 ± 1,70 b	311 ± 16,6 ab
p vrijednost	n.s.	*	*	*

K – kontrolni tretman, B – biougļjen, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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.

Postoji umjerena i jaka korelacija između sadržaja pojedinih elemenata u listu u pojedinim fenofazama i sadržaja organskih kiselina u moštu (Tablica 21.). Koncentracija kalija negativno korelira s koncentracijom jabučne kiseline u fenofazi zamatanja (F27), jabučne i limunske u fenofazi pune zrelosti (F38) te pozitivno korelira s koncentracijom mliječne kiseline u fenofazi pune zrelosti (F38). Koncentracija magnezija, sumpora i kalcija u fenofazi zamatanja bobica (F27) negativno korelira s koncentracijom mliječne kiseline u moštu. Elementi magnezij, silicij, cink, kalcij i željezo negativno koreliraju s koncentracijom vinske i jabučne kiseline u fenofazi pune zrelosti (F38).

Tablica 21. Korelacija koncentracije elemenata u listu po fenofazama i organskih kiselina u moštu

Varijabla	Vinska kiselina	Jabučna kiselina	Mliječna kiselina	Limunska kiselina
K F27	0.09	-0.38	0.26	-0.18
K F35	0.07	0.11	-0.17	-0.11
K F38	-0.19	-0.54	0.50	-0.53
Mg F27	-0.30	0.28	-0.43	0.12
Mg F35	-0.23	0.11	-0.26	0.36
Mg F38	-0.60	-0.59	0.04	0.04
Si F27	0.68	0.21	0.00	0.55
Si F35	-0.35	0.14	-0.39	0.02
Si F38	-0.59	-0.47	-0.17	0.09
Zn F27	0.11	0.01	-0.12	0.23
Zn F35	0.11	0.01	-0.12	0.23
Zn F38	-0.73	-0.61	-0.13	-0.43
N F27	0.00	-0.27	0.15	0.20
N F35	-0.09	0.44	-0.30	0.37
N F38	-0.13	-0.07	0.04	-0.53
P F27	0.46	0.05	-0.11	0.35
P F35	0.08	0.33	-0.28	0.54
P F38	-0.18	-0.82	0.43	-0.05
S F27	0.26	0.32	-0.45	0.42
S F35	-0.02	0.29	-0.34	0.42
S F38	-0.18	-0.60	0.23	0.11
Ca F27	-0.10	0.37	-0.44	0.04
Ca F35	-0.33	0.30	-0.41	0.32
Ca F38	-0.56	-0.78	0.13	-0.03
Fe F27	0.03	0.20	0.15	0.44
Fe F35	-0.16	0.30	-0.52	0.36
Fe F38	-0.62	-0.52	-0.18	0.08

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 koncentracije pojedinog elementa u listu i pojedinačnih organskih kiselina u moštu.

4.5.1. Aminokiselinski sastav mošta

Koncentracija pojedinih aminokiselina u moštu dobivenog prešanjem grožđa iz poljskog pokusa folijarne primjene, prikazana je u Tablici 22. Prikazane su isključivo aminokiseline koje su detektirane pomoću HPLC uređaja. Najviše koncentracije serina, asparaginske kiseline, glicina, alanina i glutaminske kiseline detektirane su u moštu tretmana U. Tretman BU imao je najvišu koncentraciju prolina u moštu. Koncentracija treonina, hidroksiprolina, glutamina i asparagina nije se značajno razlikovala među tretmanima.

Dodatak biouglijena u otopinu uree negativno je utjecao na koncentraciju serina, alanina i glutaminske kiseline. Dodatak biouglijena u otopinu preparata s aminokiselinama značajno je smanjio koncentraciju alanina. Kombinirani tretman BUA nije se značajno razlikovao od tretmana

	BU	i	BA
--	----	---	----

Tablica 22. Koncentracija aminokiselina u moštu različitih tretmana folijarne primjene otopina (mg/L)

Aminokiselina	K	B	U	BU	A	BA	BUA	p
serin	15,8 ± 1,72 b	15,0 ± 0,86 b	32,7 ± 1,21 a	15,5 ± 1,82 b	13,9 ± 0,69 b	13,4 ± 4,90 b	15,3 ± 5,56 b	**
asparaginska kiselina	18,7 ± 0,65 ab	20 ± 0,61 ab	24,5 ± 0,69 a	15,0 ± 0,35 b	19,4 ± 0,03 ab	18,1 ± 2,30 b	17,0 ± 2,21 b	**
glicin	1,43 ± 0,13 ab	1,15 ± 0,04 ab	1,46 ± 0,07 a	1,19 ± 0,04 ab	1,15 ± 0,03 ab	1,04 ± 0,05 b	1,14 ± 0,16 ab	*
treonin	15,7 ± 0,46	15,9 ± 0,29	18,9 ± 0,58	16,9 ± 0,48	15,8 ± 0,49	16,8 ± 0,35	16,7 ± 1,56	n.s.
hidroksiprolin	1,56 ± 0,05	1,81 ± 0,04	1,68 ± 0,05	1,69 ± 0,06	1,74 ± 0,05	1,74 ± 0,07	1,65 ± 0,10	n.s.
glutamin	1794 ± 115	1748 ± 85,7	1827 ± 71,1	1967 ± 137	1601 ± 21,8	1961 ± 285	2083 ± 216	n.s.
alanin	15,4 ± 2,42 abc	8,68 ± 1,64 cd	21,2 ± 0,86 a	10,7 ± 3,67 bcd	19,3 ± 1,62 ab	5,49 ± 0,65 d	12,2 ± 1,98 abcd	***
glutaminska kiselina	36,0 ± 1,35 ab	27,1 ± 0,79 b	40,6 ± 2,84 a	34,8 ± 1,47 ab	36,6 ± 1,91 ab	31,5 ± 2,34 ab	32,3 ± 2,95 ab	**
prolin	7,23 ± 0,36 b	9,38 ± 0,35 ab	7,76 ± 1,13 ab	11,4 ± 0,57 a	7,04 ± 0,36 b	10,7 ± 1,13 ab	9,68 ± 1,45 ab	**
asparagin	0,58 ± 0,04	0,54 ± 0,05	0,75 ± 0,08	0,49 ± 0,08	0,46 ± 0,01	0,50 ± 0,08	0,48 ± 0,07	n.s.

K – kontrolni tretman, B – biouglijen, BA – biouglijen + aminokiseline, BU – biouglijen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biouglijen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Oznaka n.d. označava kako određeno svojstvo nije detektirano u uzorku. *, **, ***, 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 23. Tretman BA pokazao je značajno višu koncentraciju izoamilnog alkohola, 2-feniletanola, 1-heksanola, 1-oktanola, 1-dekanola, etil-oktanoata, etil-nonanoata, etil-pentadekanoata, izoamil acetata, β -damaskenona, linalola i kaprinske kiseline. Tretmani K i BUA imali su najvišu koncentraciju benzaldehida, dok je tretman BA imao najnižu koncentraciju.

Dodatak biouglijena u folijarnu otopinu uree (BU) nije značajno utjecao na koncentracije aromatskih spojeva u moštu u odnosu na tretman ureom (U). S druge strane, dodatak biouglijena u otopinu preparata s aminokiselinama (BA) utjecao je na povećanje koncentracije 2-feniletanola, 1-heksanola, 1-dekanola, etil-oktanoata, etil-pentadekanoata, izoamil acetata, β -damaskenona i kaprinske kiseline u moštu u odnosu na tretman preparatom s aminokiselinama (A).

Tablica 23. Koncentracija aromatskih spojeva u moštu ($\mu\text{g/L}$) različitih tretmana folijarne primjene otopina

Spoj	K	B	U	BU	A	BA	BUA	p
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	$52,9 \pm 13,9$ ab	$100 \pm 23,8$ a	$11,7 \pm 11,2$ b	**
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	$7,08 \pm 2,56$ a b	$38,7 \pm 15,5$ a	$0,20 \pm 0,01$ b	*
2-etil-1-heksanol	$255 \pm 27,1$	$229 \pm 7,50$	$222 \pm 18,1$	$246 \pm 13,9$	$309 \pm 51,9$	$248 \pm 5,16$	$311 \pm 79,0$	n.s.
1-heksanol	$69,5 \pm 5,50$ c	$61,4 \pm 0,86$ c	$77,4 \pm 0,21$ c	$59,0 \pm 2,26$ c	$507 \pm 8,09$ b	$961 \pm 11,9$ a	$51,3 \pm 4,16$ c	***
1-oktanol	$119 \pm 6,30$ b	$176 \pm 44,9$ ab	$154 \pm 21,4$ b	$206 \pm 41,1$ ab	$422 \pm 67,1$ ab	$501 \pm 25,7$ a	283 ± 131 ab	*
1-dekanol	$4,54 \pm 0,73$ b	$1,52 \pm 0,34$ b	$4,63 \pm 0,45$ b	$3,51 \pm 0,86$ b	$20,4 \pm 11,9$ b	$79,2 \pm 11,7$ a	$4,22 \pm 0,59$ b	***
Esteri								
etil-heptanoat (mg/L)	$32,3 \pm 6,42$	$30,7 \pm 4,89$	$22,7 \pm 1,47$	$31,6 \pm 6,25$	$30,3 \pm 9,6$	$20,4 \pm 18,1$	$49,8 \pm 23,8$	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	$122 \pm 41,7$ a	$9,32 \pm 2,93$ b	*
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	$136 \pm 42,9$ ab	346 ± 125 a	$45,4 \pm 6,20$ b	*
etil-dekanoat	$0,04 \pm 0,01$	$0,00 \pm 0,00$	$0,02 \pm 0,02$	$0,00 \pm 0,00$	$0,76 \pm 0,52$	$32,6 \pm 23,4$	$0,03 \pm 0,01$	n.s.
etil-pentadekanoat	$0,22 \pm 0,06$ bc	$0,08 \pm 0,08$ b	$0,51 \pm 0,02$ bc	$0,65 \pm 0,02$ bc	$1,27 \pm 0,45$ b	$3,60 \pm 0,20$ a	$0,57 \pm 0,03$ bc	***
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	$75,6 \pm 14,2$ a	$1,75 \pm 1,32$ b	***
2-feniletil acetat	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,01$	$0,00 \pm 0,00$	$0,22 \pm 0,14$	$2,66 \pm 1,30$	$0,01 \pm 0,01$	n.s.
heksil acetat	417 ± 414	$1,39 \pm 0,53$	$2,71 \pm 0,91$	$1,52 \pm 0,41$	$263 \pm 6,38$	$640 \pm 7,95$	$1,34 \pm 0,13$	n.s.

Nastavak tablice 23.

Spoj	K	B	U	BU	A	BA	BUA	p
C13-norizoprenoidi								
β -damaskenon	2,71 $\pm$ 0,73 b	3,78 $\pm$ 0,16 b	3,85 $\pm$ 0,20 b	7,61 $\pm$ 1,48 b	10,6 $\pm$ 2,9 b	42,6 $\pm$ 13,9 a	7,30 $\pm$ 0,85 b	*
Monoterpeni								
linalol	244 $\pm$ 20,9	479 $\pm$ 100	351 $\pm$ 39,5	774 $\pm$ 267	476 $\pm$ 70,9	726 $\pm$ 17,6	556 $\pm$ 30,8	n.s.
α -terpineol	58,3 $\pm$ 16,8	48,7 $\pm$ 15,2	43,9 $\pm$ 5,05	47,8 $\pm$ 20,3	52,7 $\pm$ 30,0	92,8 $\pm$ 1,57	65,2 $\pm$ 7,43	n.s.
citronelol	481 $\pm$ 481	494 $\pm$ 491	1014 $\pm$ 7,05	506 $\pm$ 504	516 $\pm$ 515	569 $\pm$ 562	509 $\pm$ 509	n.s.
farnesol	0,11 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,05	0,10 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,02	0,32 $\pm$ 0,15	6,21 $\pm$ 3,97	0,20 $\pm$ 0,16	n.s.
Masne kiseline								
kaprilna kiselina	1874 $\pm$ 453	1278 $\pm$ 16,7	1135 $\pm$ 50,3	1064 $\pm$ 154	1510 $\pm$ 185	1490 $\pm$ 74,9	1151 $\pm$ 193	n.s.
kaprinska kiselina	0,02 $\pm$ 0,01 b	0,03 $\pm$ 0,02 b	0,04 $\pm$ 0,00 b	0,05 $\pm$ 0,01 b	0,04 $\pm$ 0,01 b	0,19 $\pm$ 0,04 a	0,04 $\pm$ 0,01 b	**
Karbonilni spojevi								
Benzaldehid	20,7 $\pm$ 3,38 a	16,8 $\pm$ 2,78 ab	13,7 $\pm$ 4,84 ab	16,8 $\pm$ 0,56 ab	13,1 $\pm$ 2,72 ab	2,33 $\pm$ 0,40 b	21,8 $\pm$ 3,23 a	*
Dodekanal	1,76 $\pm$ 0,48	1,73 $\pm$ 0,12	2,64 $\pm$ 0,32	3,26 $\pm$ 0,61	0,00 $\pm$ 0,00	36,5 $\pm$ 23,5	3,00 $\pm$ 0,53	n.s.

K – kontrolni tretman, B – biougļjen, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline,. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ 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 24. može se uočiti kako se alkoholna jakost kretala u rasponu od 9,52 (K i A) do 10,4 % vol. (BA). Dodatak biouglijena u folijarni preparat s ureom nije utjecao na alkoholnu jakost, dok je dodatak biouglijena aminokiselinama značajno povećao alkoholnu jakost.

Ukupna kiselost, izražena kao vinska kiselina, kretala se u rasponu od 7,61 do 8,21 g/L. Najniža ukupna kiselost izmjerena je u vinu tretmana U, dok je najviša izmjerena u tretmanu B. Dodatak biouglijena u otopinu uree (BU) i aminokiselina (BA) nije značajno utjecao na ukupnu kiselost vina u odnosu na tretmane ureom (U) i preparatom s aminokiselinama (A). Kod koncentracije hlapljive kiselosti, koja se izražava kao octena kiselina, nije bilo statistički značajne razlike.

Vrijednost pH kretala se od 2,89 (BUA) do 3,01 (U). Dodatak biouglijena u otopinu uree utjecao je na smanjenje pH vrijednosti, dok se u slučaju dodatka biouglijena s aminokiselinama ona povećala u vinu.

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.

Tablica 24. Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina različitih tretmana folijarne primjene otopina

Tretman	Alkohol	Ukupna kiselost	Hlapljiva kiselost	pH vrijednost	Reducirajući šećeri
	% vol.	g/L	g/L		g/L
K	9,52 ± 0,01 d	8,08 ± 0,01 ab	0,02 ± 0,01	2,96 ± 0,00 b	2,57 ± 0,07 ab
B	9,58 ± 0,01 c	8,21 ± 0,22 a	n.d.	2,93 ± 0,01 c	2,87 ± 0,09 a
U	10,1 ± 0,00 b	7,61 ± 0,00 c	0,01 ± 0,01	3,01 ± 0,00 a	2,57 ± 0,19 ab
BU	10,2 ± 0,01 b	8,00 ± 0,01 abc	0,02 ± 0,02	2,92 ± 0,00 c	2,30 ± 0,10 bc
A	9,52 ± 0,01 d	8,15 ± 0,00 ab	n.d.	2,90 ± 0,00 d	2,53 ± 0,07 ab
BA	10,4 ± 0,01 a	7,78 ± 0,00 bc	0,03 ± 0,01	2,97 ± 0,00 b	2,00 ± 0,12 c
BUA	10,1 ± 0,01 b	8,05 ± 0,01 ab	n.d.	2,89 ± 0,00 d	2,23 ± 0,09 bc
p vrijednost	***	**	n.s.	***	**

K – kontrolni tretman, B – biougļjen, BA – biougļjen + aminokiseline, BU – biougļjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougļjen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Oznaka n.d. označava kako određeno svojstvo nije detektirano u uzorku. *, **, ***, 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 proizvedenih vina različitih tretmana koristeći tri različite metode; OIV metodu „100 bodova“, kvantitativnu deskriptivnu metodu i metodu redoslijeda, stoga su rezultati prikazani u sljedećim potpoglavljima.

4.5.4.1. OIV metoda 100 bodova

Rezultati senzorne analize vina 'Malvazija istarska' dobiveni OIV metodom „100 bodova“ prikazani su u Tablici 25. Vina tretmana U i BU najbolje su ocijenjena vina, dok su K i B najlošije ocijenjena vina. Prouči li se utjecaj dodatka biouglijena u otopine za folijarnu primjenu uočava se kako dodatak biouglijena u otopinu uree nije utjecao na senzornu ocjenu (odnos U - BU). Isto je i u slučaju aminokiseline (A - BA), gdje nije bilo statistički značajne razlike, iako je tretman BA bolje ocijenjen u odnosu na tretman A. Kombinirani tretman BUA nije se značajno razlikovao od tretmana BU i BA.

Tablica 25. Prosječne ocjene vina različitih tretmana ocijenjenih OIV metodom „100 bodova“

Tretman	Ocjena
K	78.3 ± 0.32 c
B	79.0 ± 0.45 c
U	82.0 ± 0.45 a
BU	82.2 ± 0.39 a
A	79.9 ± 0.35 bc
BA	81.4 ± 0.41 ab
BUA	81.0 ± 0.45 ab
<i>p vrijednost</i>	***

K – kontrolni tretman, B – biougljen, BA – biougljen + aminokiseline, BU – biougljen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biougljen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. *, **, ***, 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 OIV metodi 100 bodova, a koja je prikazana u tablici 26. Kalcij i sumpor u fenofazi zametanja bobica (F27) pokazuju signifikantnu pozitivnu korelaciju sa senzornom ocjenom vina. U istoj fenofazi kalij, cink i dušik negativno koreliraju sa senzornom ocjenom vina. U fenofazi pune zrelosti (F38) koncentracija kalcija, silicija i željeza pokazuje negativnu korelaciju, dok dušik pokazuje pozitivnu korelaciju sa senzornom ocjenom. Također, postoji pozitivna korelacija sadržaja aminokiselina glicin, alanin, prolin i hidroksiprolin te negativna korelacija kod metionina u moštu sa senzornom ocjenom vina.

Tablica 26. Korelacija koncentracije elemenata u listu različitih tretmana po fenofazama i senzorne ocjene vina po OIV metodi 100 bodova

Varijabla	OIV metoda "100 bodova"
Ca F27	0.35
Ca F35	-0.27
Ca F38	-0.38
K F27	-0.37
K F35	-0.18
K F38	-0.24
S F27	0.42
S F35	-0.20
S F38	0.16
P F27	0.26
P F35	-0.42
P F38	-0.02
Si F27	0.58
Si F35	-0.12
Si F38	-0.73
Zn F27	-0.40
Zn F35	0.27
Zn F38	-0.31
Fe F27	-0.13
Fe F35	-0.36
Fe F38	-0.67
N F27	-0.34
N F35	-0.26
N F38	0.45
glicin	0.42
alanin	0.57
prolin	0.55
hidroksiprolin	0.34
metionin	-0.35

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 koncentracije pojedinog elementa u listu i senzorne ocjene vina.

4.4.7.2. Kvantitativna deskriptivna metoda

Kvantitativnom deskriptivnom metodom utvrđeno je kako nije bilo značajnih razlika u mirisnim svojstvima različitih tretmana, osim u svojstvu arome jezgričavog voća (Tablica 27.). Miris jabuke bio je najizraženiji u kontrolnom uzorku (K), a tretmani koji su sadržavali ureu (U, BU, BUA) imali su najniži intenzitet te arome. Tretmani B, A i BA su bili komparabilni.

U svojstvu okusa, izražene su značajne razlike među proučavanim tretmanima. Tretman K imao je najniže vrijednosti u svim svojstvima okusa. Tretman BU imao je najviši intenzitet okusa, K je imao najniži, a ostali su tretmani bili komparabilni. Kakvoća okusa je bolje ocijenjena u vinima tretmana U, BU, BA i BUA, lošije u tretmanu K, dok su ostali tretmani bili komparabilni. Kompleksnost je najbolje ocijenjena u vinima tretmana U, BU, BA i BUA. Trajnost okusa bila je najizraženija u vinima uzoraka U i BA, najniža u tretmanu K, dok su ostali tretmani bili komparabilni.

U proučavanim svojstvima mirisa i okusa vina, dodatak biougljena u otopine uree i preparata s aminokiselinama nije pokazao značajne razlike, iako su vina tretmana biougljena i preparat s aminokiselinama (BA) imala više vrijednosti proučavanih svojstava od tretmana s preparatom aminokiselina (A).

Tablica 27. Rezultati kvantitativne deskriptivne analize vina različitih tretmana folijarne primjene različitih otopina

Senzorno svojstvo	K	B	U	BU	A	BA	BUA	p
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	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	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	*
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	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	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	*
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	***
Kompleksnost	4,80 ± 0,20 b	5,27 ± 0,21 ab	5,87 ± 0,17 a	5,80 ± 0,17 a	5,47 ± 0,19 ab	5,73 ± 0,18 a	5,80 ± 0,17 a	**
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	*

K – kontrolni tretman, B – biouglijen, BA – biouglijen + aminokiseline, BU – biouglijen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biouglijen + urea + aminokiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna pogreška. Oznaka n.d. označava kako određeno svojstvo nije detektirano u uzorku. *, **, ***, 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.

4.4.7.3. Metoda redoslijeda

Svaki je ocjenjivač isti uzorak ocijenio tri puta u senzornom ocjenjivanju te rangirao svih 7 tretmana tako da je ocjena jedan označavala najbolji uzorak, a sedam najlošiji. U Tablici 28. 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 U najbolje je rangiran uzorak, dok je K najlošije rangiran.

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 aminokiseline dodatak biouglna 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 prema prosjeku, dok je korištenjem modusa jednako ocijenjen kao tretman BU.

Tablica 28. Prikaz rangiranja vina različitih tretmana prema različitim mjerilima

Ocjenjivač	K	B	BU	U	A	BA	BUA
1	7,00	5,67	1,67	3,00	4,33	3,00	3,33
2	6,67	5,67	2,67	2,33	4,67	3,00	3,00
3	6,67	6,00	2,33	2,33	4,67	3,00	3,00
4	6,67	6,33	2,33	2,33	5,00	3,00	2,33
5	6,67	5,67	2,33	2,00	4,67	3,00	3,67
Prosjek	6,73	5,87	2,27	2,40	4,67	3,00	3,07
Medijan	7	6	2	3	5	4	2
Modus	7	5	2	3	5	4	2
Zbroj rangova	130	118	59	54	100	68	70
Redoslijed	7	6	2	1	5	3	4

K – kontrolni tretman, B – biouglnjen, BA – biouglnjen + aminokiseline, BU – biouglnjen + urea, A – aminokiseline, U – urea, BUA – biouglnjen + urea + aminokiseline. 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 preliminarne svrhe, te jednogodišnji poljski pokus u proizvodnom vinogradu.

5.1. Laboratorijski pokus

U ovom pokusu ispitao se 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 (Wang i sur., 2015), što može biti razlog smanjenom ispiranju s lista vinove loze u provedenom pokusu. Ovaj je pokus 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, preparat s aminokiselinama 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 koncentracije 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 konstantne dosljednosti u reakciji biljke na pH otopine te se može pretpostaviti da je utjecaj pH vrijednosti otopine slabiji od utjecaja koncentracije hraniva u folijarnoj otopini, kako navode i Fernández i sur. (2013). Ipak, tretman K s najnižom pH vrijednošću imao je visoku koncentraciju pojedinih elemenata u listu i najviši prinos. 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 koncentracije fosfora, dušika, kalcija, mangana, silicija, bora, bakra, cinka i natrija u listu u pojedinim fenofazama, ali je isto tako utjecao na smanjenje dušika, magnezija, fosfora, bora, natrija, bakra, mangana i silicija 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.

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 posljednjem 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 parametre

fotosinteze i vodni potencijal lista tijekom vegetacije, sve do pred berbu. Postojala je pretpostavka da bi primjena biougljena mogla dovesti do zasjenjenja lišća i posljedično imati utjecaj na fiziologiju biljke. No, izostanak značajnih razlika u slučaju vodnog potencijala i emisije plinova lista, ukazuje kako primjena 300 mg/L biougljena nema takav utjecaj. Prije pripreme folijarnih otopina, biougljen je prosijan kroz sito veličine 74 μm , što znači da je sadržavao i manje čestice. Upravo te manje čestice biougljena mogle su zatvoriti puči čija je dužina 20 – 40 μm i širina 10 – 15 μm i na taj način utjecati na izmjenu plinova (Salem-Fnayou i sur., 2011). Vodni potencijal kroz vegetaciju kretao se od -0,47 do -0,97 MPa, što je kategorizirano kao „bez vodnog deficita“ ($< -0,6$ MPa) te u kategoriji „blagi do srednji vodni deficit“ (od -0,7 do -1,1 MPa) (Deloire i sur., 2020). Tijekom 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. Značajne 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. Stoga, Williams i Araujo (2002) predlažu mjerenje vodnog potencijala prije zore zbog ravnoteže između vodnog potencijala lista i vodnog potencijala tla, što u konačnici daje kvalitetnije podatke, uviđaju se veće razlike između tretmana te se ranije uočava potreba za navodnjavanjem vinograda. S druge strane pojedini autori (Salón i sur., 2005; Stevens i sur., 1995) navode kako su vrijednosti različito mjerenih vodnih potencijala u uzajamnoj vezi te da nema velike razlike između različitih metoda mjerenja.

5.2.2. Koncentracija biogenih elemenata u listu

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

U ovom istraživanju utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji N u listu vinove loze između primijenjenih folijarnih tretmana i kontrole. Koncentracija dušika u listu kretala se u rasponu od 1,91 do 3,80 % i imala 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 koncentracije dušika u listu i prinosa grožđa, što je u skladu s navodima Keller i sur. (1998) prema kojima dušik utječe na prinose.

Koncentracija kalcija u listu, neovisno o fenofazi razvoja, kretala se u rasponu 15,3 – 37,7 g/kg. Kako iznosi Fregoni (2013), optimalna koncentracija kalcija u listu u vrijeme cvatnje je 17,0 – 38,0 g/kg, a svi tretmani u ovom pokusu imali su koncentracije kalcija oko donje granice. Isti autor u fenofazi šare preporučuje 22,0 – 45,0 g/kg, a jedino je tretman BUA imao nižu koncentraciju kalcija. Holzapfel i sur. (2019) navode kako se koncentracija 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 niže koncentracije kalcija u fenofazi cvatnje, prije primjene folijarnih tretmana u ovom istraživanju.

Kroz vegetaciju, koncentracija kalija u listu kretala se u rasponu od 5,95 do 13,9 g/kg. U fenofazi zametanja koncentracija kalija u listu bila je u rasponu 11,1 – 13,2 g/kg, u fenofazi šare bobica 8,43 – 9,90, 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). Koncentracija kalija bila je viša u početku vegetacije, sve do fenofaze zametanja bobica, kada je počela opadati, što je u skladu s navodima Holzapfel i sur. (2019). Isključivo kod tretmana K i A došlo je do povećanja koncentracije kalija u fenofazi zametanja bobica u odnosu na fenofazu cvatnje.

Iako se koncentracija vinske kiseline u moštu ne razlikuje značajno, postoji negativna korelacija između koncentracije kalija u listu i vinske kiseline u moštu, što potvrđuje tvrdnje Walkera i Blackmorea (2012) kako viša koncentracija kalija u listu u razdoblju od šare bobica do pune zrelosti utječe na smanjenje vinske kiseline u moštu.

Koncentracija magnezija u listu vinove loze u provedenom istraživanju kretala se u rasponu od 2,15 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 višu koncentraciju magnezija u fenofazi zametanja bobica, B u fenofazi šare bobica te U u fenofazi pune zrelosti. Holzapfel i sur.

(2019) navode kako se koncentracija magnezija povećava od početka vegetacije prema punoj zrelosti, što je bio slučaj i u ovom istraživanju, jedino se koncentracija magnezija neznatno smanjila u fenofazi pune zrelosti u odnosu na fenofazu šare bobica. Općenito, niska koncentracija magnezija u listu u provedenom istraživanju vjerojatno je povezana s nedostatkom ili nepristupačnošću magnezija u tlu zbog visoke koncentracije kalija u tlu koji ga blokira (Gluhić, 2005). Tretmani koji su sadržavali preparat s aminokiselinama (A, BA i BUA) imali su konstantno nižu koncentraciju magnezija u mjeranim fenofazama. Razlog može biti u tome što aminokiselinski pripravci mogu kompleksirati katione poput Ca^{2+} , K^{+} ili Fe^{2+} , a što može smanjiti kompetitivnu apsorpciju Mg^{2+} na razini lista ili omesti translokaciju magnezija unutar biljke (*Principles of Plant Nutrition*, 2001). Iako Bigard i sur. (2020) iznose kako koncentracija magnezija pokazuje pozitivnu korelaciju s koncentracijom glukoze u moštu, u ovom se pokusu pokazalo upravo suprotno.

Koncentracija fosfora u listu kroz vegetaciju kretala 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). Holzapfel i sur. (2019) navode kako se fosfor smanjuje od početka vegetacije prema punoj zrelosti, što je djelomično bio slučaj u ovom pokusu, izuzev u fenofazi pune zrelosti kada je koncentracija fosfora bila veća nego u fenofazi cvatnje, odnosno koncentracija fosfora je bila najviša 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, koncentracija sumpora u listu kretala 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 nižu koncentraciju (1,67 – 2,04 g/kg). Ipak, tretmani BU i BA imali su višu koncentraciju sumpora u fenofazi zametanja bobica, u fenofazi šare bobica nije bilo signifikantnih razlika, dok je tretman U imao višu koncentraciju sumpora u fenofazi pune zrelosti. Više koncentracije sumpora u listovima tretmana koji su sadržavali biougljen i jedan od izvora dušika, mogu biti posljedica kombinacije tretiranja biougljenom, koji sadrži sumpor u količini 12,4 g/kg, a vjerojatno zbog pozitivne korelacije dušika i sumpora u biljci (Barker i Pilbeam, 2007).

Koncentracija bora u listu bila je u blagom porastu tijekom vegetacije. U fenofazi pune zrelosti tretman K imao je najnižu koncentraciju bora, što može biti povezano s višom pokretljivošću bora u slučaju nižeg vodnog potencijala lista kako je to i bio slučaj kod tretmana K. Zahtjevi trsa za borom u vrijeme cvatnje su veliki (Dell i Huang, 1997), a

istraživani tretmani različito su trošili bor u fenofazi cvatnje. Tretman K imao je za 2,20 mg/kg nižu koncentraciju bora u listu, dok su najveću razliku pokazali tretmani B i U od 15,1 mg/kg i A od 15,2 mg/kg. Tretmani BU, BA i BUA imali su manju razliku u odnosu na tretmane ureom i pripravkom aminokiselina bez dodatka biougljena. Tretman s biougljen B je imao veliku razliku moguće zbog vezivanja ili slabog otpuštanja bora, dok je u tretmanima u kojima su se uz biougljen nalazili urea ili pripravak s aminokiselinama vjerojatno došlo do određene interakcije i boljeg usvajanja bora iz folijarnih otopina.

Koncentracije bakra u listu 'Malvazije istarske' bile su iznad kritične granice, a kretale su se u rasponu od 6,28 mg/kg u fenofazi zametanja bobica do 303 mg/kg u fenofazi šare bobica. Znatno povećanje koncentracije bakra u listu u fenofazi šare u odnosu na koncentraciju 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 koncentracije bakra u punoj zrelosti vjerojatno je rezultat prestanka primjene sredstava u vremenu nakon fenofaze šare bobica.

Koncentracija željeza u listu vinove loze kroz vegetaciju kretala se u rasponu od 64,3 do 108 mg/kg. Od fenofaze cvatnje vinove loze do fenofaze šare bobice koncentracija željeza u listu se povećavala, da bi se njegova koncentracija u fenofazi pune zrelosti smanjila u svim tretmanima osim u tretmanu U. Fregoni (2013) navodi kako je optimalna koncentracija željeza u listu vinove loze u fenofazi cvatnje u rasponu 65 – 300 mg/kg te u fenofazi šare bobice 80,0 – 300 mg/kg. Koncentracija željeza u provedenom istraživanju bila je uz donju granicu preporučenog raspona. Tretmani K, B, U i BU pokazali su konstantu u visokoj koncentraciji željeza kroz proučavane fenofaze.

Koncentracija mangana u listu vinove loze kretala se od 33,8 do 69,1 mg/kg, što je ispod preporučene koncentracije, 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 drukčije optimalne koncentracije 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 koncentracija mangana u biougljenu, urei i preparatu s aminokiselinama, čime se taj nedostatak nije mogao nadoknaditi folijarnom primjenom korištenih otopina.

Koncentracija molibdena u listu vinove loze kroz vegetaciju kretala 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 koncentracija je bila poprilično konstantna, s blagim padom kroz vegetaciju. Isti autori navode povezanost oblika ishrane dušikom i koncentracije molibdena, no u ovom istraživanju ne uočava se povezanost oblika dušika koji je dodan folijarnom prihranom i koncentracije molibdena.

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

Koncentracija silicija u listu kroz vegetaciju kretala se u rasponu 371 – 980 mg/kg. U fenofazi zametanja bobica najviša koncentracija detektirana je u tretmanu BU. U fenofazi šare bobica najveća je koncentracija detektirana u listu tretmana B i BA, a u fenofazi pune zrelosti u tretmanu 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 prikupljani 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 koncentracije silicija s prinosom grožđa i koncentracijom aminokiselina u slučaju gnojdbje silicijem, no u ovom istraživanju taj efekt nije uočljiv, vjerojatno zbog nedovoljno visoke koncentracije silicija u listu.

Koncentracija cinka u ovom istraživanju kretala se u rasponu 8,92 – 14,6 mg/kg, uz opadanje tijekom fenofaze cvatnje te postepenog nakupljanja prema fenofazi pune zrelosti. Fregoni (2013) navodi preporučene koncentracije 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 nižu koncentraciju cinka. Isti su tretmani, izuzev tretmana BA, imali niže vrijednosti cinka i u fenofazi šare bobica, a u fenofazi zametanja bobica tretmani B i U.

Koncentracija elemenata u listu vinove loze preslika je uvjeta u kojem se trs 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.

Niže koncentracije većine elemenata u listu tretmana B mogu biti posljedica otežnog usvajanja otopine putem lista. Mogući razlog je taj što molekule, da bi se usvojile, moraju obaviti difuziju preko graničnog sloja zraka i voštane kutikule na površini lista ili se kretati iz područja visoke u područje niske koncentracije. Ipak, biougljen proizveden na nižim temperaturama ($\leq 400\text{ }^{\circ}\text{C}$) i niske specifične površine ($2 - 20\text{ m}^2\text{g}^{-1}$), kao što je i biougljen korišten u ovom pokusu ($400\text{ }^{\circ}\text{C}$, $2,07\text{ m}^2\text{g}^{-1}$) trebao bi u pravilu imati nisku do umjerenu hidrofobnost (Downie i sur., 2009). Međutim, tijekom pripreme otopina, biougljen je pokazao izraženu hidrofobnost. Kako je od proizvodnje do primjene biougljena prošlo otprilike dva mjeseca, očito je taj period nedovoljan kako bi biougljen stajanjem izgubio hidrofobnost (Liepins i sur., 2024; Wang i sur., 2022). Mogući odgovor na taj problem mogao bi biti dodatak okvašivača u otopinu za folijarnu primjenu.

Zaključno, koncentracija dušika, kalcija, bora i bakra je kod svih tretmana bila iznad kritične granice, a koncentracija fosfora, željeza, mangana i cinka kod svih tretmana ispod kritične granice. U slučaju magnezija, tretmani B, BU i BA imali su više koncentracije, dok su svi ostali tretmani imali koncentracije ispod kritične granice hraniva. Uviđa se da su u pojedinim fenofazama i u listovima pojedinih tretmana zadovoljene koncentracije pojedinih elemenata prema relevantnoj literaturi. Za donošenje zaključaka o utjecaju pojedinih folijarnih tretmana na sadržaj biogenih elemenata nedostaju detaljnija saznanja o osnovnim principima utjecaja folijarno primijenjenog biougljena. Različiti obrasci kretanja biogenih elemenata tijekom različitih fenofaza mogu biti rezultat usvajanja elemenata i spojeva iz folijarnih otopina ili pak utjecaj primjene folijarnih otopina na intenzitet usvajanja putem korijena. Također, smanjenje koncentracije pojedinih biogenih elemenata može biti posljedica jačeg rasta biljne i lisne mase, što rezultira razrjeđivanjem koncentracije 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 prinose (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. Ukupna koncentracija fosfora bila je viša u punoj zrelosti nego u fenofazama zretanja bobica i šare bobica kod svih proučavanih tretmana.

5.2.3. Prinos grožđa

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 tretmani K i U pokazali su značajno veći prinos, dok je tretman BUA dao najmanji prinos, čak 33% manji od kontrolnog tretmana K. Tretman U imao je 19,9 % veći prinos u odnosu na tretman BU koji je sadržavao biougļjen, dok je u slučaju tretmana s aminokiselinama (A, BA), kod kojih nije bilo značajne razlike, tretman BA imao 7,32 % veći prinos od tretmana A koji nije sadržavao biougļjen.

Tretmana K imao je najveći prinos, ali i nižu koncentraciju alkohola u vinu što je rezultiralo najmanjom senzornom ocjenom. Vino tretmana BU je senzorno isto ocijenjeno kao vino tretmana U, no BU je imao viši prinos grožđa, koncentraciju jabučne, mliječne kiseline i kvascu dostupnog dušika. Koncentracija glukoze i fruktoze bila je viša u moštu tretmana BU.

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, tretman A imao je najveću koncentraciju kvascu dostupnog dušika (YAN). 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 koncentraciju YAN-a u moštu ili je akumulativni efekt sve tri primjene doprinio tome. Razni autori (Pérez-Álvarez i sur., 2017; Verdenal i sur., 2015) iznose kako je u istraživanjima koje su proveli folijarna primjena uree u fenofazi šare imala veći utjecaj na koncentraciju 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. Koncentracija šećera u moštu

Koncentracija glukoze i fruktoze bila je najviša u moštovima tretmana BU, BA i BUA, dok je najniža bila u moštu tretmana B. Koncentracija glukoze kretala se u rasponu od 61,9 do 97,5 g/L, a koncentracija fruktoze od 65,8 do 103 g/L. Ukupna koncentracija šećera u moštovima različitih tretmana iz provedenog poljskog pokusa kretala se u rasponu od 145 do 223 g/L, što je unutar prosjeka od 130 do 250 g/L kako navode 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 veći prinos ima tendenciju manjeg nakupljanja šećera tijekom dozrijevanja grožđa, što se u ovom pokusu djelomično potvrdilo. Tretman BU imao je niži prinos i višu ukupnu koncentraciju šećera u moštu od tretmana U što potvrđuje ove navode. Također, kod tretmana BUA, A, BA i K je koncentracija ukupnih šećera pratila visinu prinosa grožđa, ali i višu koncentraciju šećera u moštu, te tretman B koji je pokazao nizak prinos i nisku koncentraciju šećera u moštu. Torres-Díaz i sur. (2024) iznose kako

folijarna primjena uree nije utjecala na koncentraciju 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 7,37 do 9,10 g/L, što je u skladu s vrijednostima u literaturi (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Iako se koncentracija vinske kiseline nije značajno razlikovala, postojale su određene razlike među tretmanima. Tretmani K i U imali su najniže koncentracije, dok je tretman BUA imao najviše. Može se primijetiti kako je dodatak biougijena u folijarne otopine (B, BU, BA i BUA) utjecao na povećanje koncentracije vinske kiseline u moštu.

Po zastupljenosti je slijedila jabučna kiselina u koncentraciji od 1,26 do 1,79 g/L, što je i prosječna vrijednost u bijelim vinima u prosječnim godinama (Moreno-Arribas i Polo, 2009). Tretman U imao je najvišu koncentraciju 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 sadržaj druge (Jackson, 2008). Također, povećana dostupnost dušika, koja je u fenofazi pune zrelosti izmjerena u listu tretmana U, vjerojatno je utjecala na višu sintezu jabučne kiseline u grožđu. Slijedila je limunska kiselina, kod različitih tretmana 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 17,3 do 30,0 mg/L. 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 koncentraciju vinske i jabučne kiseline u grožđu, što je bio slučaj i u ovom istraživanju.

5.2.7. Aminokiseline

Razni su autori (Garde-Cerdán i sur., 2015; Gutiérrez-Gamboa i sur., 2019, 2017; Lasa i sur., 2012; Spayd i sur., 2000, 1995) utvrdili znakovitu povezanost dušične gnojide i koncentracije pojedinačnih aminokiselina u moštu, što je u ovom pokusu i djelomično

potvrđeno. Tretman U imao je najviše koncentracije serina, asparaginske kiseline, slicina, alanina i glutaminske kiseline.

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 U te u većini aminokiselina tretman K koji su imali visok prinos, imali su i visoke koncentracije aminokiselina u moštu.

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. Koncentracija izoamilnog alkohola kretala se u rasponu 1,26 - 100 µg/L, a bila je najviša u moštu tretmana BA. Izoamilni alkohol daje miris otapala, stoga njegova visoka koncentracija nije poželjna (Jackson, 2008). Koncentracija 2-feniletanola koji daje miris cvijeća i ruža te 1-oktanela također je bila najviša u moštu tretmana BA. Koncentracija 1-heksanola, koji se najčešće povezuje s travnatim i biljnim aromama, bila je najviša u tretmanu BA, a Gómez-Míguez i sur. (2007) iznose kako je njegova koncentracija viša u nezrelom grožđu. Spoj 2-etil-1-heksanol nije pokazao signifikantne razlike među tretmanima.

U moštovima različitih folijarnih tretmana iz provedenog istraživanja detektirani su i etilni i acetatni esteri. Etil-heptanoat i etil-dekanoat nisu pokazali statistički značajne razlike među tretmanima. 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). Iako su svi uzorci uzeti u isto vrijeme i odmah

zaleđeni u zamrzivaču na -18 °C, viši sadržaj različitih alkoholnih spojeva upućuje kako je vjerojatno došlo do neželjenog početka fermentacije u uzorcima mošta. Upravo zbog toga rezultate koncentracija aromatskih spojeva u moštu iz ovog pokusa treba uzeti s rezervom.

Koncentracija β -damaskenona u moštovima kretala se u rasponu 2,71 – 212 $\mu\text{g/L}$. Većina je tretmana imala niže vrijednosti, u skladu s prosjekom od 10 $\mu\text{g/L}$ kako za Riesling navode Alem i sur. (2019). Značajno višu koncentraciju β -damaskenona imao je mošt tretmana BA. Iako bez statistički značajne razlike, dodatak biugljena u folijarne otopine utjecao je na povećanje koncentracije β -damaskenona u odnosu na tretane K, U i A. 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 biougjljena više koncentracije β -damaskenona može biti vezano uz visoku koncentraciju ugljika u biougjljenu od 73,1 %.

Iako se koncentracije monoterpena nisu značajno razlikovale među tretmanima, uočavamo kako je dodatak biougjljena također utjecao na povećanje koncentracije pojedinih monoterpena u moštu. 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. 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 koncentracijama iz moštova bogatijim aminokiselinama, a takva vina zbog toga imaju niže koncentracije viših alkohola. Caven-Quantrill i Buglass (2008) iznose kako se viša koncentracija kaprinske kiseline nalazi u zrelijem grožđu, no to u ovom istraživanju nije bio slučaj.

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 alkoholnu jakost, ukupnu kiselost, pH vrijednost i reducirajuće šećere, dok u svojstvu hlapljive kiselosti nije bilo statistički značajne razlike. Alkoholna jakost se u vinima proizvedenim u istraživanju kretala u rasponu od 9,52 do 10,4 % vol., a nešto niža razina alkohola u vinima posljedica je nižeg sadržaja šećera u moštu, odnosno nešto zahtjevnije vinogradarske godine u kojoj je nakupljanje šećera u grožđu bilo otežano.

Ukupna kiselost 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. Vino tretmana B, koje je imalo najvišu ukupnu kiselost, imalo je i najniže koncentracije glukoze i fruktoze, što odgovara navodima (González-Fernández i sur., 2012). Vrijednosti pH u vinima kretale su se u rasponu 2,89 – 3,01, što se u današnje vrijeme smatra niskim vrijednostima. Vina tretmana U imala najnižu ukupnu kiselost i najviše pH vrijednosti, što je vjerojatno povezano s niskom koncentracijom magnezija u listu u vrijeme pune zrelosti. Magnezij reagira s kalijem u biljci te kroz njegovu redukciju, smanjuje i ukupnu kiselost mošta i vina (Čoga i sur., 2009).

Reducirajući šećeri izmjereni su u rasponu 2,00 – 2,87 g/L, što sva vina svrstava u suha vina, 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, poželjna je niža alkoholna jakost, prisutna u vinima svih tretmana, ali također izražena ukupna kiselost. Iako su sva vina imala nižu koncentraciju alkohola i nižu pH vrijednost te višu ukupnu kiselost, takva su vina u konačnici bila pogodnija kao bazna vina za proizvodnju pjenušaca (Plavša i sur., 2025). Vina tretmana koja su imala višu alkoholnu jakost i nižu ukupnu kiselost u konačnici su i bolje senzorno ocijenjena.

5.2.10. Senzorna svojstva vina

Primjena folijarnih otopina pozitivno je utjecala na senzorna svojstva proizvedenih vina. Kako bi se dobili kvalitetniji rezultati, vina su ocijenjena koristeći tri različite metode; OIV metoda „100 bodova“, kvantitativna deskriptivna metoda i metoda redoslijeda. Senzornim

ocjenjivanjem, prema OIV metodi „100 bodova“, najbolje su ocijenjena vina tretmana U i BU. Svi tretmani osim B i A ocijenjeni su višom ocjenom u odnosu na kontrolni tretman K.

Rezultati dobiveni kvantitativnom deskriptivnom metodom analize vina ukazuju kako postoje značajne razlike kod svojstava mirisa vina i to kod arome jezgričavog voća. Najlošije ocijenjeni tretmani K i B imali su najizraženiji miris jezgričavog voća. Miris jezgričavog voća u vinima ovog istraživanja najčešće je uključivao aromu zrele jabuke, 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, a tretman K je značajno lošije ocijenjen u svimokusnim svojstvima.

Prema intenzitetu okusa najviše bodova dobila su vina tretmana BU. Kakvoća i kompleksnost okusa najbolje su ocijenjeni u vinima tretmana U, BU, BA, BUA. Trajnost okusa najbolje je ocijenjena u vinima tretmana U i BA, najniža u tretmanu K, dok su ostali tretmani bili komparabilni. Kako ukupna ocjena senzornih svojstava vina proizlazi iz zbroja ocjena za pojedina svojstva, zapažamo kako su vina s najvišim ocjenama za okusna svojstva ujedno i najbolje ocijenjena metodom „100 bodova“.

Sva su vina rangirana i metodom redoslijeda, tako da je svaki ocjenjivač u svakoj seriji, poredao vina od najboljeg prema najlošijem. Svaki je uzorak dobio bodove, od jedan za najbolji uzorak, do sedam 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 redoslijed prema zbroju rangova. Ovisno o korištenom mjerilu, konačni redoslijed najboljih tretmana je različit. Prema zbroju rangova najbolje su rangirana vina tretmana U, BU i BA, prema medijanu i modusu BU, BUA i U, što može upućivati na činjenicu kako su razlike u senzornim svojstvima između navedenih tretmana bile vrlo male. No, uzimajući u obzir sva korištena mjerila, vina tretmana K su u svim varijantama najlošije ocijenjena.

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 u laboratorijskom pokusu.
- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu uree za folijarnu primjenu povećao je u listu koncentracije N, P, S, Cu, Mn, Si i Zn u fenofazi zametanja bobica, N, Mg, P i Na u fenofazi šare bobica te Zn u fenofazi pune zrelosti, ali se također smanjila koncentracije B i Na u fenofazi zametanja bobica, Cu u fenofazi šare bobica te N, Mg, P, B i Si u fenofazi pune zrelosti.
- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu aminokiselina za folijarnu primjenu povećao je u listu koncentracije Ca, P, S, Mn i Zn u fenofazi zametanja bobica, K u fenofazi šare bobica te N, K, Mg, P i Zn u fenofazi pune zrelosti, ali se također smanjila koncentracija N, K, Fe i Na u fenofazi zametanja bobica te Mn u fenofazi pune zrelosti.

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 koncentracije glukoze i fruktoze u moštu, u odnosu na tretman otopinom uree bez dodatka biouglijena. S druge strane, smanjio je prinos, koncentracije 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 koncentraciju alkohola i pH vina u odnosu na tretman aminokiselinama bez dodatka biouglijena. S druge strane, smanjio je YAN, alanin i prolin u moštu te ukupnu kiselost vina.

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

Također, može se zaključiti sljedeće:

- Dodatak biouglijena (300 mg/L) u otopinu aminokiselina za folijarnu primjenu utjecao je na bolja senzorna svojstva vina, u odnosu na folijarnu primjenu aminokiselina bez dodatka biouglijena.

Rezultati dobiveni ovim istraživanjem doprinijeli su novim spoznajama o utjecaju dodatka biouglijena u otopine za folijarnu primjenu na fiziološke procese vinove loze, usvajanje hraniva, prinos, fizikalno-kemijski sastav mošta te senzorna svojstva vina. Folijarnom primjenom određene kombinacije biouglijena s već dostupnim preparatima na tržištu, moguće je utjecati na fiziološke procese u trsu, koncentracije elemenata u listu, prinos grožđa, sastav mošta te sastav i senzornu ocjenu vina. Moguće je preporučiti primjenu tretmana BU u svrhu postizanja visokog prinosa i senzorne kvalitete vina. Ovo istraživanje ukazuje na potencijal uvođenja folijarne primjene biouglijena u redovnu praksu vinogradarske proizvodnje. Ipak, daljnja istraživanja u pogledu koncentracija biouglijena u otopinama za folijarnu primjenu, fenofaze i broja primjena te same reakcije trsa na primjenu biouglijena potrebna su u svrhu proširivanja znanja o folijarnoj primjeni biouglijena.

7. LITERATURA

- 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*). *Journal of Plant Nutrition* 42: 1180–1191. doi:10.1080/01904167.2019.1609503
- Alem H., Rigou P., Schneider R., Ojeda H., Torregrosa L. (2019). Impact of agronomic practices on grape aroma composition: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99 (3): 975–985. doi:10.1002/jsfa.9327
- Alshaal T., El-Ramady H. (2017). Foliar application: from plant nutrition to biofortification. *Environment, Biodiversity and Soil Security* 1 (2017): 71–83. doi:10.21608/JENVBS.2017.1089.1006
- 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
- 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
- Anđelini D., Cvitan D., Prelac M., Pasković I., Černe M., Nemet I., Major N., Ban S.G., 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. *Sustainability (Switzerland)* 15 (6): 4851. doi:10.3390/su15064851
- 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
- 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*

- 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 Chemistry. doi:10.1016/j.foodchem.2006.10.037
- 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. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 124: 719–725. doi:10.1016/j.jaap.2016.11.022
- 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. Journal of Bioscience and Bioengineering 108 (2): 99–104. doi:10.1016/j.jbiosc.2009.02.017
- Barker A. V., Pilbeam D.J. (2007). Handbook of Plant Nutrition, 1st edition, CRC Press
- 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). doi:10.1111/gcbb.12026
- Bavaresco L., Giachino E., Pezzutto S. (2003). Grapevine rootstock effects on lime-induced chlorosis, nutrient uptake, and source-sink relationships. Journal of Plant Nutrition 26 (7): 1451–1465. doi:10.1081/PLN-120021054
- 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. Environmental Pollution 159: 3269–3282. doi:10.1016/j.envpol.2011.07.023
- 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. *American Journal of Enology and Viticulture* 30 (2). doi:10.5344/ajev.1979.30.2.124
- 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*. 206-210 pp.
- Bell S.J., Henschke P.A. (2005). Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11 (5): 242–295. doi:10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x
- 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). *Regional Environmental Change* 18: 1–11. doi:10.1007/s10113-017-1230-5
- Bertamini M., Nedunchezian N. (2005). Grapevine growth and physiological responses to iron deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 28 (5): 737–749. doi:10.1081/PLN-200055522
- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59 (13): 7224–7236. doi:10.1021/jf2006003
- Bigard A., Romieu C., Sire Y., Torregrosa L. (2020). *Vitis vinifera* L. Diversity for Cations and Acidity Is Suitable for Breeding Fruits Coping With Climate Warming. *Frontiers in Plant Science* 11. doi:10.3389/fpls.2020.01175
- Boulton R.B., Singleton V.L., Bisson L.F., Kunkel R.E. (1999). *Principles and Practices of Winemaking*, Springer. New York, 604 pp. doi:10.1007/978-1-4757-6255-6
- Briones R., Torres L., Saravia Y., Serrano L., Labidi J. (2015). Liquefied agricultural residues for film elaboration. *Industrial Crops and Products* 78 (30): 19–28.

doi:10.1016/j.indcrop.2015.10.021

Brunauer S., Emmett P.H., Teller E. (1938). Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *Journal of the American Chemical Society* 60: 309–319. doi:10.1021/ja01269a023

Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. (2015). Biostimulants and crop responses: A review. *Biological Agriculture and Horticulture* 31: 1–17. doi:10.1080/01448765.2014.964649

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

Cabaroglu 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. *Journal of Food Science* 62 (4): 680–683. doi:10.1111/j.1365-2621.1997.tb15434.x

Cameron K.C., Di H.J., Moir J.L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: A review. *Annals of Applied Biology* 162 (2): 145–173. doi:10.1111/aab.12014

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 Chemistry* 241: 171–181. doi:10.1016/j.foodchem.2017.07.114

Case S.D.C., McNamara N.P., Reay D.S., Whitaker J. (2012). The effect of biochar addition on N₂O and CO₂ emissions from a sandy loam soil - The role of soil aeration. *Soil Biology and Biochemistry* 51: 125–134. doi:10.1016/j.soilbio.2012.03.017

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 and Fragrance Journal* 23 (4): 239–248.

- 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 Research International* 121: 117–126. doi:10.1016/j.foodres.2019.03.032
- 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 Chemistry* 288 (January): 86–95. doi:10.1016/j.foodchem.2019.02.075
- 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. *Industrial Crops and Products* 109: 730–736. doi:10.1016/j.indcrop.2017.09.037
- Çetin E.S., Altinöz D., Tarçan E., Göktürk Baydar N. (2011). Chemical composition of grape canes. *Industrial Crops and Products* 34 (1): 994–998. doi:10.1016/j.indcrop.2011.03.004
- 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
- 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 Journal of Enology and Viticulture* 39 (2). doi:10.21548/39-2-3172
- 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.
- 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
- 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. *Analytica Chimica Acta*. doi:10.1016/j.aca.2009.01.013
- 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 Horticulturae* 868 (868): 203–208. doi:10.17660/ActaHortic.2010.868.24
- Čoga L., Slunjski S., Herak Ćustić M., Maslač J., Petek M., Ćosić T., Pavlović I. (2009). Influence of soil reaction on phosphorus, potassium, calcium and magnesium dynamics in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus* 74 (1): 39–43
- 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.
- 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. *Agricultural Water Management* 172 (1): 51–61. doi:10.1016/j.agwat.2016.04.011
- Conradie W.J. (2017). Seasonal Uptake of Nutrients by Chenin blanc in Sand Culture: I. Nitrogen. *South African Journal of Enology and Viticulture* 1: 59–65. doi:10.21548/1-1-2414
- Cook J.A., Boynton D. (1952). Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 59: 82–90
- Ćustić M.H., Gluhic D., Čoga L., Petek M., Gošćak I. (2008). Vine plant chlorosis on unstructured calcareous soils and leaf Ca, Mg and K content. In: *Cereal Research Communications*, pp. 439–442. doi:10.1556/CRC.36.2008

- Damijanić K., Palman I. (2010). Priručnik iz vinarstva. Veleučilište u Rijeci, Poljoprivredni odjel, Poreč, Hrvatska
- Davenport J.R., Horneck D.A. (2011). Sampling guide for nutrient assessment of irrigated vineyards in the inland Pacific Northwest. Extension Bulletin
- Dávila I., Gullón B., Labidi J., Gullón P. (2019). Multiproduct biorefinery from vine shoots: Bio-ethanol and lignin production. *Renewable Energy* 142: 612–623. doi:10.1016/j.renene.2019.04.131
- Dell B., Huang L. (1997). Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil* 193: 103–120. doi:10.1007/978-94-011-5580-9_8
- Deloire A., Pellegrino A., Rogiers S. (2020). A few words on grapevine leaf water potential. *IVES Technical Reviews, vine and wine*. doi:10.20870/ives-tr.2020.3620
- 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
- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 (8): 3387–3391. doi:10.1021/jf990979b
- Ding Y., Wei R., Wang L., Wang W., Wang H., Li H. (2023). Exploring the ecological characteristics of natural microbial communities along the continuum from grape berries to winemaking. *Food Research International*. doi:10.1016/j.foodres.2023.112718
- Dobre T., Parvulescu O.C., Iavorschi G., Stoica A., Stroescu M. (2010). Catalytic effects at pyrolysis of wheat grains impregnated with nickel salts. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. doi:10.2202/1542-6580.1968

- 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. *Revista de Chimie* 63 (1): 54–59
- Dong S., Neilsen D., Neilsen G.H., Fuchigami L.H. (2005). Foliar N application reduces soil NO₃--N leaching loss in apple orchards. *Plant and Soil*. doi:10.1007/s11104-004-0333-1
- Downie, A., Crosky, A., Munroe P. (2009). Physical properties of biochar. In: Lehmann, J. and Joseph, S., Eds., *Biochar for environmental management. Science and Technology*
- du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021
- Ebeler S.E., Thorngate J.H. (2009). Wine chemistry and flavor: Looking into the crystal glass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (18): 8098–8108. doi:10.1021/jf9000555
- El-Otmani M., Coggins J., Agusti M., Lovatt C.J. (2000). Plant growth regulators in citriculture: World current uses. *Critical Reviews in Plant Sciences*. doi:10.1080/07352689.2000.10131824
- 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*. doi:10.1016/j.biombioe.2021.106163
- Fernández V., Sotiropoulos T., Brown P.H. (2013). Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices. International Fertilizer Industry Association (IFA)
- Fernández V., Brown P.H. (2013). From plant surface to plant metabolism: The uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*. doi:10.3389/fpls.2013.00289

- 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 and Soil*. doi:10.1007/s11104-006-9132-1
- Fernández V., Ebert G. (2005). Foliar iron fertilization: A critical review. *Journal of Plant Nutrition* 28 (12): 2113–2124. doi:10.1080/01904160500320954
- Fernandez V., Eichert T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*. doi:10.1080/07352680902743069
- 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
- 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67 (3): 381–392. doi:10.1002/jsfa.2740670316
- 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. *Global Change Biology* 22: 3774–3788. doi:10.1111/gcb.13382
- Fraga H., Malheiro A.C., Moutinho-Pereira J., Santos J.A. (2012). An overview of climate change impacts on European viticulture. *Food and Energy Security* 1: 94–110. doi:10.1002/fes3.14
- Fregoni M. (2013). *Viticultura di qualità. Trattato dell'eccellenza da terroir. Tecniche Nuove*, Milano, Italija, 939 pp.
- 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 Science and Technology International* 9 (1): 33–41. doi:10.1177/1082013203009001006

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*. doi:10.1016/j.lwt.2007.03.018

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. *Scientia Horticulturae*. doi:10.1016/j.scienta.2018.05.014

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 - Food Science and Technology*. doi:10.1016/j.lwt.2014.10.028

Giorgi F., Lionello P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63: 90–104. doi:10.1016/j.gloplacha.2007.09.005

Glibert P.M., Maranger R., Sobota D.J., Bouwman L. (2014). The Haber Bosch-harmful algal bloom (HB-HAB) link. *Environmental Research Letters*. doi:10.1088/1748-9326/9/10/105001

Gluhić D. (2020a). Primjena biostimulatora na bazi aminokiselina u poljoprivrednoj proizvodnji. *Glasnik zaštite bilja*. doi:10.31727/gzb.43.3.5

Gluhić D. (2020b). Primjena biostimulatora na bazi aminokiselina u poljoprivrednoj proizvodnji. *Glasnik zaštite bilja* 43 (3): 38–46. doi:10.31727/gzb.43.3.5

Gluhić D. (2005). Pogodnosti tla Istre za vinogradarsku proizvodnju. *Glasnik zaštite bilja* 28 (6): 29–54

- 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. *Journal of Food Engineering* 79 (3): 758–764. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.02.038
- González-Barreiro C., Rial-Otero R., Cancho-Grande B., Simal-Gándara J. (2015). Wine Aroma Compounds in Grapes: A Critical Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi:10.1080/10408398.2011.650336
- González-Fernández A.B., Marcelo V., Valenciano J.B., Rodríguez-Pérez J.R. (2012). Relationship between physical and chemical parameters for four commercial grape varieties from the Bierzo region (Spain). *Scientia Horticulturae*. doi:10.1016/j.scienta.2012.09.009
- Guerrero R.F., Biais B., Richard T., Puertas B., Waffo-Teguo P., Merillon J.M., Cantos-Villar E. (2016). Grapevine cane's waste is a source of bioactive stilbenes. *Industrial Crops and Products* 94: 884–892. doi:10.1016/j.indcrop.2016.09.055
- Gupta P., Gupta N. (2022). Potential role of biochar in water treatment. *Desalination and Water Treatment*. doi:10.5004/dwt.2022.28136
- 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. *Canadian Journal of Soil Science* 59 (2). doi:10.4141/cjss79-018
- Guth H. (1997). Quantitation and Sensory Studies of Character Impact Odorants of Different White Wine Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. doi:10.1021/jf970280a
- 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. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 28 (1): 27–40. doi:10.1111/ajgw.12515
- 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
- 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. doi:10.1002/jsfa.9353
- Hassan A.S. (2019). Inorganic-Based Pesticides: A Review Article. *Egyptian Scientific Journal of Pesticides* 5 (4): 39–52
- 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 Chemistry* 402: 1334491. doi:10.1016/j.foodchem.2022.134491
- Herjavec S. (2019). *Vinarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 368 pp.
- 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). *American Journal of Enology and Viticulture*
- 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 Chemistry*. doi:10.1016/j.foodchem.2004.02.021
- Holzappel B.P., Smith J.P., Field S.K. (2019). Seasonal vine nutrient dynamics and distribution of Shiraz grapevines. *Oeno One* 53 (2): 363–372. doi:10.20870/oeno-one.2019.53.2.2425
- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. doi:10.1021/jf505316a
- Huang Z., Ough C.S. (1989). Effect of Vineyard Locations, Varieties, and Rootstocks on the Juice Amino Acid Composition of Several Cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture*. doi:10.5344/ajev.1989.40.2.135
- Ilhami 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 Journal of Agriculture and Forestry*. doi:10.3906/tar-98130
- Jackson R. (2008). *Wine Science*, Wine Science. doi:10.1016/B978-0-12-373646-8.X5001-X
- Jackson R.S. (2009). *Wine Tasting: A Professional Handbook*, 2nd Editio. Edition. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. doi:10.1016/S1082-0132(08)X0011-1
- 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. *Glasnik zaštite bilja*. doi:10.31727/gzb.46.4.5
- Jagatić Korenika A.-M., Puhelek I., Tomaz I., Jeromel A. (2019). Kemijska i senzorna karakterizacija vina 'Chardonnay'. *Glasnik zaštite bilja* 42 (3): 96–100. doi:10.31727/gzb.42.3.12
- Jagatić Korenika A.M., Marinov L., Anđelini D., Jeromel A. (2020). Yeasts and wine acidity profile. *Journal of Central European Agriculture*. doi:10.5513/JCEA01/21.4.2833
- Janjanin D., Karoglan M., Ćustić M.H., 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
- 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 Resources Conversion.
doi:10.1016/j.crcon.2021.01.003

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. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. doi:10.1016/j.agee.2011.08.015

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. *Industrial Crops and Products* 23 (2): 122–130. doi:10.1016/j.indcrop.2005.05.001

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 Journal of Agricultural Research*. doi:10.5424/sjar/2016143-8951

Kalathenos P., Sutherland J.P., Roberts T.A. (1995). Resistance of some wine spoilage yeasts to combinations of ethanol and acids present in wine. *Journal of Applied Bacteriology*. doi:10.1111/j.1365-2672.1995.tb05023.x

Kalua C.M., Boss P.K. (2009). Evolution of volatile compounds during the development of cabernet sauvignon grapes (*vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. doi:10.1021/jf803471n

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. *Agricultural Water Management*. doi:10.1016/j.agwat.2015.12.009

Kirkby E.A. (1993). Bergmann, W. (Ed.): *Nutritional Disorders of Plants*. Gustav Fischer Verlag, 1992. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. doi:10.1002/jpln.19931560416

Kjeldahl J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*

- Korenika A.M.J., 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
- Kulišić B., Radić T., Njavro M. (2020). Agro-pruning for energy as a link between rural development and clean energy policies. Sustainability (Switzerland) 12 (10): 1–19. doi:10.3390/su12104240
- Kumar A., Bhattacharya T. (2021). Biochar: a sustainable solution. Environment, Development and Sustainability 23: 1–39. doi:10.1007/s10668-020-00970-0
- 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
- Lallemant. (n.d.). Lalvin QA23. Available at: <https://products.lallemantwine.com/storage/files/wine-yeasts/145-technical-datasheet-cp-1711101134.pdf>
- 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
- 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 Regulation. doi:10.1007/s10725-012-9667-5
- Lazarević B., Poljak M. (2019). Fiziologija bilja. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, 112 pp.
- Levin A.D. (2019). Re-evaluating pressure chamber methods of water status

- determination in field-grown grapevine (*Vitis* spp.). *Agricultural Water Management*. doi:10.1016/j.agwat.2019.03.026
- Liepins K., Volperts A., Dobeles G., Plavniece A., Bikovens O., Sansonetti E., Zhurinsk A. (2024). Enhancing the Wetting Properties of Activated Biochar by Oxidation with Hydrogen Peroxide. *Chemistry* 6 (5): 911–921. doi:10.3390/chemistry6050053
- 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.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:10.3390/ijerph110404427
- Liu W.J., Li W.W., Jiang H., Yu H.Q. (2017). Fates of Chemical Elements in Biomass during Its Pyrolysis. *Chemical Reviews* 117 (9): 6367–6398. doi:10.1021/acs.chemrev.6b00647
- 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
- Maceljiski M., Cvjetković B., Ostojić Z. (2021). *Štetočinke vinove loze*. Zrinski d.d., Čakovec, Hrvatska, 319 pp.
- 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 Pflanzen*. doi:10.1007/s10343-022-00768-2
- 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 and Soil*. doi:10.1007/s11104-010-0327-0
- 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
- Mataffo A., Scognamiglio P., Dente A., Strollo D., Colla G., Roupheal 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* 9 (5): 1–12. doi:10.3390/plants9050619
- Mateo J.J., Jiménez M. (2000). Monoterpenes in grape juice and wines. *Journal of Chromatography A* 881 (1–2): 557–67. doi:10.1016/S0021-9673(99)01342-4
- 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 Research International*. doi:10.1016/j.foodres.2005.04.007
- Matthews M.A., Ishii R., Anderson M.M., O'Mahony M. (1990). Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 51 (3): 321–335. doi:10.1002/jsfa.2740510305
- 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 Horticulturae*. doi:10.17660/ActaHortic.2018.1217.55
- 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. *Glasnik zaštite bilja*. doi:10.31727/gzb.40.6.1
- Mirošević N., Karoglan Kontić J. (2008). *Vinogradarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb
- 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* 296: 120611. doi:10.1016/j.fuel.2021.120611
- Molnár M., Vaszita E., Farkas É., Ujaczki É., Fekete-Kertész I., Tolner M., Klebercz O., Kirchkeszner C., Gruiz K., Uzinger N., Feigl V. (2016). Acidic sandy soil improvement with biochar — A microcosm study. *Science of the Total Environment* 563–564: 855–865. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.01.091

- 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
- Moreno-Arribas M.V., Polo M.C. (2009). Wine chemistry and biochemistry, *Wine Chemistry and Biochemistry*. doi:10.1007/978-0-387-74118-5
- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (3): 968–973. doi:10.1021/jf802252u
- 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 103 (10): 4826–4837. doi:10.1002/jsfa.12550
- Murtaza G., Rizwan M., Usman M., Hyder S., Akram M.I., Deeb M., Alkahtani J., AlMunquedhi B., Hendy A.S., Ali M., Iqbal R., Harsonowati W., Rahman M.H., Rizwan M. (2024). Biochar enhances the growth and physiological characteristics of *Medicago sativa*, *Amaranthus caudatus* and *Zea mays* in saline soils. *BMC Plant Biology* 24 (304). doi:10.1186/s12870-024-04957-1
- Myburgh P.A., Howell C.L. (2022). Determining a Midday Stem Water Potential Threshold for Irrigation of Table Grapes. *South African Journal of Enology and Viticulture*. doi:10.21548/43-2-4700
- 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. *Agriculture (Switzerland)* 11: 489. doi:10.3390/agriculture11060489
- OIV (International Organization for Vine and Wine). (2023). Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2022. Dijon, France, 30 pp.

- Oosterhuis D. (2009). Foliar fertilization: mechanisms and magnitude of nutrient uptake. Proceedings of the Fluid Forum
- 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* 12 (20): 3838. doi:10.3390/foods12203838
- 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. *International Journal of Geosciences* 2 (2). doi:10.4236/ijg.2011.22009
- 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. *American Journal of Enology and Viticulture* 31: 122–123. doi:10.5344/ajev.1980.31.2.122
- Palčić I., Jagatić Korenika A.M., Jakobović S., Pasković I., Major N., Ban D., Ban S.G., 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 Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 48 (1): 22–33. doi:10.1080/01140671.2019.1657910
- 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. *Environmental Science and Pollution Research* 26: 35924–35934. doi:10.1007/s11356-019-06729-z
- Parvulescu O.C., Gavrila A.I., Dobre T., Ceatra L. (2016). Effects of process factors on slow pyrolysis of sorghum waste. *Revista de Chimie*
- Patil B., Chetan H. (2016). Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh Kisaan E patrika*

- Pecha J., Fürst T., Kolomazník K., Friebrová V., Svoboda P. (2012). Protein biostimulant foliar uptake modeling: The impact of climatic conditions. *AIChE Journal* 58 (7): 2010–2019. doi:10.1002/aic.12739
- 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97 (8): 2524–2532. doi:10.1002/jsfa.8069
- 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
- Peuke A.D. (2009). Nutrient composition of leaves and fruit juice of grapevine as affected by soil and nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172 (4): 557–564. doi:10.1002/jpln.200625205
- Pittari E., Moio L., Piombino P. (2021). Interactions between polyphenols and volatile compounds in wine: A literature review on physicochemical and sensory insights. *Applied Sciences (Switzerland)* 11 (3): 1157. doi:10.3390/app11031157
- 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. *Renewable Energy* 121: 513–520. doi:10.1016/j.renene.2018.01.064
- Plavša T., Bubola M., Jeromel A., Tomaz I., Krapac M. (2025). Exploring the Potential of Indigenous Grape Varieties for Sparkling Wine Production in the Hrvatska Istra Subregion (Croatia). *Beverages* 11 (3). doi:10.3390/beverages11030078
- 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 Chemistry* 1 (180): 171–180. doi:10.1016/j.foodchem.2015.02.042

- Prelac M., Palčić I., Cvitan D., Anđelini D., Repajić M., Ćurko 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* 16 (13): 4716. doi:10.3390/ma16134716
- Prelac M., Palčić I., Cvitan D., Anđelini D., Repajić M., Ćurko 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
- Principles of Plant Nutrition. (2001). , Principles of Plant Nutrition. doi:10.1007/978-94-010-1009-2
- Rapp A., Versini G. (1995). Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines. *Developments in Food Science* 37: 1659–1694. doi:10.1016/S0167-4501(06)80257-8
- Rathinapriya P., Maharajan T., Jothi R., Prabakaran M., Lee I.-B., Yi P.-H., Jeong S.T. (2025). Unlocking biochar impacts on abiotic stress dynamics: a systematic review of soil quality and crop improvement. *Frontiers in Plant Science* 15. doi:10.3389/fpls.2024.1479925
- Ribarstva M. poljoprivrede šumarstva. (2024). Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2023. godini. Zagreb, Hrvatska, 133 pp.
- Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B., Lonvaud A. (2006). Handbook of Enology: Volume 1, The Microbiology of Wine and Vinifications, Handbook of Enology
- Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. (2006). 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

- Robinson S.P., Davies C. (2000). Molecular biology of grape berry ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. doi:10.1111/j.1755-0238.2000.tb00177.x
- Roubelakis-Angelakis K.A., Kliewer W.M. (1992). Nitrogen Metabolism in Grapevine, *Horticultural Reviews*. doi:10.1002/9780470650523.ch9
- 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. Experimental Agriculture 512. doi:10.1017/s0014479700006256
- Salem-Fnayou A. Ben, Bouamama B., Ghorbel A., Mliki A. (2011). Investigations on the leaf anatomy and ultrastructure of grapevine (*Vitis vinifera*) under heat stress. *Microscopy Research and Technique*. doi:10.1002/jemt.20955
- 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. *Ecological Indicators* 61: 456–465. doi:10.1016/j.ecolind.2015.09.047
- Salón J.L., Chirivella C., Castel J.R. (2005). Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: Water relations, yield, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 56 (1): 1–8. doi:10.5344/ajev.2005.56.1.1
- 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 Sustainable Chemistry and Engineering* 7: 4724–4733. doi:10.1021/acssuschemeng.8b04589
- Schabl P., Gabler C., Kührer E., Wenzel W. (2020). Effects of silicon amendments on grapevine, soil and wine. *Plant, Soil and Environment*. doi:10.17221/40/2020-PSE
- Schmidt H.P., Hagemann N., Draper K., Kammann C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*. doi:10.7717/peerj.7373

- Scholander P.F., Hammel H.T., Bradstreet E.D., Hemmingsen E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*. doi:10.1126/science.148.3668.339
- 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
- Schönherr J., Huber R. (1977). Plant Cuticles Are Polyelectrolytes with Isoelectric Points around Three. *Plant Physiology*. doi:10.1104/pp.59.2.145
- Schultz H.R. (2010). Climate change and viticulture: Research needs for facing the future. *Journal of Wine Research* 21: 113–116. doi:10.1080/09571264.2010.530093
- Škarpa P., Kunzová E., Zukalová H. (2013). Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant, Soil and Environment*. doi:10.17221/663/2012-pse
- 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
- Smart R.E. (1974). Photosynthesis by Grapevine Canopies. *The Journal of Applied Ecology* 11 (3): 997–1006. doi:10.2307/2401759
- Snowdon E.M., Bowyer M.C., Grbin P.R., Bowyer P.K. (2006). Mousy off-flavor: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (18): 6465–6474. doi:10.1021/jf0528613
- 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 Chemistry* 80 (2): 261–273. doi:10.1016/S0308-8146(02)00271-6
- Spayd S.E., Nagel C.W., Edwards C.G. (1995). Yeast growth in Riesling juice as affected

by vineyard nitrogen fertilization. *American Journal of Enology and Viticulture* 46 (1): 49–55

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. *Acta Horticulturae* 512 (512): 65–75. doi:10.17660/actahortic.2000.512.7

Stevens R.M., Harvey G., Aspinall D. (1995). Grapevine growth of shoots and fruit linearly correlate with water stress indices based on root-weighted soil matric potential. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1 (2): 58–66. doi:10.1111/j.1755-0238.1995.tb00079.x

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. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. doi:10.1111/j.1755-0238.2000.tb00174.x

Strebel O., Duynisveld W.H.M., Böttcher J. (1989). Nitrate pollution of groundwater in western Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 26 (3–4): 189–214. doi:10.1016/0167-8809(89)90013-3

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.). *Journal of Fungi* 8 (12): 1275. doi:10.3390/JOF8121275

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* 11 (21): 2998. doi:10.3390/plants11212998

Thurston P.A., Taylor R., Ahvenainen J. (1981). EFFECTS OF LINOLEIC ACID SUPPLEMENTS ON THE SYNTHESIS BY YEAST OF LIPIDS AND ACETATE

- ESTERS. *Journal of the Institute of Brewing* 87 (2): 92–95. doi:10.1002/j.2050-0416.1981.tb03995.x
- Tian B., Wang X., Zhao W., Xu L., Bai L. (2021). Pyrolysis behaviors, kinetics and gaseous product evolutions of two typical biomass wastes. *Catalysis Today* 374: 77–85. doi:10.1016/j.cattod.2020.12.023
- Tomczyk A., Sokołowska Z., Boguta P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 19: 191–215. doi:10.1007/s11157-020-09523-3
- 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 104 (13): 8248–8262. doi:10.1002/jsfa.13660
- Usino D.O., Ylittervo P., Moreno A., Sipponen M.H., Richards T. (2021). Primary interactions of biomass components during fast pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 159: 105297. doi:10.1016/j.jaap.2021.105297
- 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 Chemistry* 94 (2006): 262–270. doi:10.1016/j.foodchem.2007.03.046
- 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. *European Journal of Agronomy* 34 (4): 231–238. doi:10.1016/j.eja.2011.01.006
- 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 and Soil* 327: 235–246. doi:10.1007/s11104-009-0050-x

- 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. *Journal of Environmental Sciences (China)* 38: 158–167. doi:10.1016/j.jes.2015.05.032
- 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. *European Journal of Soil Science* 65 (1): 186–195. doi:10.1111/ejss.12095
- Verdenal T., Dienes-Nagy Á., Spangenberg J.E., Zufferey V., Spring J.L., Viret O., Marin-Carbone J., van Leeuwen C. (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: A review. *Oeno One* 55 (1): 1–43. doi:10.20870/OENO-ONE.2021.55.1.3866
- 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. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 50 (1). doi:10.20870/oeno-one.2016.50.1.55
- 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. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21 (1): 110–117. doi:10.1111/ajgw.12116
- Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). *Ishrana bilja*, 3rd Edition. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 442 pp.
- 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. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. doi:10.1111/j.1755-0238.2012.00189.x
- Wang M., Sun X., Zhong N., Cai D., Wu Z. (2015). Promising approach for improving adhesion capacity of foliar nitrogen fertilizer. *ACS Sustainable Chemistry and*

- 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.). *Frontiers in Plant Science* 6 (MAY). doi:10.3389/FPLS.2015.00293
- Wang Z., Geng C., Bian Y., Zhang G., Zheng C., An C. (2022). Effect of oxidative aging of biochar on relative distribution of competitive adsorption mechanism of Cd²⁺ and Pb²⁺. *Scientific Reports* 12: 11308. doi:10.1038/s41598-022-15494-y
- 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. *Journal of Plant Nutrition* 27 (11): 1891–1916. doi:10.1081/LPLA-200030023
- Williams J. (2023). Improving nutrient use efficiencies with foliar applied nutrients. *Integrated Soils*. Dostupno na: https://integratedsoils.com/wp-content/uploads/2023/01/190829_article_-_improving_nutrient_use_efficiencies_with_foliar_applied_nutrients.pdf [pristupljeno: 25.4.2025.]
- 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
- Williams L.E., Araujo F.J. (2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127 (3): 448–454. doi:10.21273/jashs.127.3.448
- Wong M.C., Hendrikse S.I.S., Sherrell P.C., Ellis A. V. (2020). Grapevine waste in sustainable hybrid particleboard production. *Waste Management* 118: 501–509. doi:10.1016/j.wasman.2020.09.007

- Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science* 26 (7): 2049. doi:10.3389/fpls.2016.02049
- 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. *Environmental Science and Technology* 47 (15): 8700–8708. doi:10.1021/es4012977
- Zhao F., Tausz M., De Kok L.J. (2008). Role of Sulfur for Plant Production in Agricultural and Natural Ecosystems, p. 443. doi:10.1007/978-1-4020-6863-8_21
- 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. *Journal of Environmental Quality* 41 (5): 1361–1370. doi:10.2134/jeq2012.0019
- Zoričić M. (1996). *Podrumarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 279 pp.
- 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. *Semina: Ciencias Agrarias* 33 (2): 633–638. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n2p633
- 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 Management* 102. 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 projektima „BioRecovery – Inovativna rješenja u zelenoj tranziciji – iz poljoprivrednog i prehrambenog otpada u visokovrijedne sirovine“, DIGIAgri. Trenutno je

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; **Anđelini, 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; Čurko, 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. **Andelini, 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 ; **Andelini, 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

9. PRILOZI

Prilog 1. Obrazac za senzorno ocjenjivanje vina

Malvazija istarska		Serija _____		Uzorak _____		
Boja	Tipičnost					
	Intenzitet					
Miris	Karakter	Intenzitet				
		Kakvoća				
		Tipičnost				
		Kompleksnost				
		Trajnost				
	Tipologija	Voćno	citrusi			
			jezgričavo			
			koštuničavo			
			tropsko			
		cvijetno	bijelo			
			obojeno			
		biljno	povrće			
			svježe trave			
			suhe trave			
		mineralno	kremen, nafta			
		tercijarno	med žele od dunje			
		Okus	Karakter	Intenzitet		
				Kakvoća		
				Kompleksnost		
				Trajnost		
Punoća						
Ocjena (100 bodova)						

Ocjenjivanje vrijednostima 1 - 9 (1 = odsutnost osjeta, 9 = maksimalni intenzitet osjeta)