

Utjecaj apikalne defolijacije na sastav hlapljivih spojeva u grožđu sorte 'Graševina'

Sažetak

Cilj istraživanja bio je istražiti utjecaj apikalne defolijaciju (uklanjanje lišća iznad zone grožđa) kao moguću strategiju ublažavanja negativnih učinaka klimatskih promjena na vinovu lozu. Smanjenje ukupne lisne mase može smanjiti transpiracijske gubitke vode i time poboljšati vodni status biljaka, ali i reducirati fotosintetski potencijal što za posljedicu može imati usporavanje dozrijevanja grožđa. Početkom šare grožđa uklonjeno je oko 33% od ukupne lisne mase, ali iznad zone grozdova. U kontrolnoj varijanti zahvat defolijacije nije proveden. Apikalna defolijacija nije utjecala na elemente uroda sorte 'Graševina' gledano kroz broj grozdova po trsu, prosječnu masu grozda i ukupni urod po trsu. S druge strane, utjecala je na povećanje ukupne kiselosti u grožđu. Osim toga, utjecala je na smanjenje viših alkohola, ali i na povećanje aldehida, terpena, masnih kiselina, hlapljivih fenola i C13-norizoprenoidea. Dobiveni rezultati upućuju na to da apikalna defolijacija može značajno modificirati aromatski profil grožđa sorte 'Graševina', što je osobito važno u kontekstu prilagodbe vinogradarske proizvodnje klimatskim promjenama.

Ključne riječi: apikalna defolijacija, hlapljivi spojevi, 'Graševina'

Uvod

Danas se vinova loza uzgaja u vrlo različitim okolišnim uvjetima, a kvaliteta grožđa uvelike ovisi o pravilnom provođenju agrotehničkih i ampelotehničkih mjera. Među ključnim parametrima koji određuju gospodarsko-tehnološku vrijednost grožđa ističe se aromatski sastav. S druge strane, klimatske promjene očitovane kroz porast temperatura i sve učestalije toplinske valove, značajno utječu na fiziologiju vinove loze i procese dozrijevanja grožđa. Dozrijevanje grožđa je ubrzano što može narušiti ravnotežu aromatskih (hlapljivih) spojeva u bobici (Van Leeuwen i Darriet, 2016). Budući da su hlapljivi spojevi izrazito osjetljivi na toplinski i vodni stres, njihovo očuvanje postaje jedan od ključnih izazova suvremene vinogradarske proizvodnje (GardeCerdán i AncínAzpilicueta, 2006).

U potrazi za strategijama prilagodbe vinogradarske proizvodnje klimatskim promjenama, sve se više istražuju ampelotehničke mjere koje mogu ublažiti negativne učinke ekstremnih klimatskih uvjeta. Apikalna defolijacija, zahvat kojim se uklanjaju listovi iznad zone grožđa, jedna je od takvih mjera. Najčešće se provodi početkom šare, kada grožđe ulazi u fazu dozrijevanja (Palliotti et al., 2014). Za razliku od uobičajene bazalne defolijacije, koja izravno mijenja mikroklimat grozdova, apikalna defolijacija reducira ukupnu lisnu površinu bez povećanja izloženosti grozdova direktnom sunčevom zračenju (Zhang et al., 2017). Time se smanjuju transpiracijski

¹ prof. dr. sc. **Marko Karoglan**, dr. sc. **Marina Anić**, izv. prof. dr. sc. **Zvezdana Marković**, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Student **Damjan Koppi**, mag.ing.agr.

Autor za korespondenciju: mkaroglan@agr.hr

gubici vode, poboljšava vodni status biljke i modificira odnos lisne površine i uroda, što može utjecati na dinamiku dozrijevanja i sintezu aromatskih spojeva (Vercesi et al., 2024).

Mladi apikalni listovi snažni su transpiracijski organi i veliki potrošači asimilata, pa njihovo uklanjanje smanjuje ukupnu potrošnju vode i asimilacijsku konkurenciju unutar trsa. Višegodišnja terenska istraživanja pokazuju da apikalna defolijacija može odgoditi dozrijevanje za nekoliko dana, smanjiti znakove vodnog deficita i pritom ne utjecati negativno na urod grožđa (Palliotti et al., 2014). Takve promjene potencijalno utječu i na aromatski profil grožđa.

S obzirom na gospodarsku važnost 'Graševine' u vinogradarsko-vinarskoj proizvodnji Hrvatske, cilj ovog istraživanja bio je utvrditi kako apikalna defolijacija provedena početkom šare grožđa utječe na njegov aromatski sastav, te može li se ovaj zahvat preporučiti proizvođačima kao jedan od alata za prilagodbu klimatskim promjenama.

Materijali i metode

Istraživanje je provedeno u vinogradu sorte 'Graševina' *Vitis vinifera* L., smještenog u vinogorju Kutjevo, vinogradarskom položaju Venje. Položaj obuhvaća 1,84 ha površine, južne je ekspozicije, s pretežitim smjerom redova sjever–jug. Prosječna nadmorska visina je oko 200 metara a nagib oko 5%. Međuredni razmak sadnje iznosio je 2,50 m, odnosno 0,6 m između trsova. Lozna podloga je *V. Berlandieri* x *V. Riparia* Kober 5BB. Uzgojni oblik je dvokraki Guyot, s visinom uzgoja 0,75 m.

Pokus je postavljen po slučajnom bloknom rasporedu, s dvije varijante u tri ponavljanja, pri čemu je svako ponavljanje obuhvaćalo 10 trsova po tretmanu. Varijante u pokusu bile su:

- Kontrola (K): bez uklanjanja lišća
- Apikalna defolijacija (AD): uklanjanje približno 33% lisne mase sa srednjeg dijela svake mladice.

Zona defolijacije započinjala je iznad petog nodija na mladici. Zahvat apikalne defolijacije proveden je početkom šare grožđa (BBCH 81), jednokratnim ručnim uklanjanjem listova smještenih na srednjem dijelu mladice.

Berba je obavljena 28. kolovoza 2023. godine, i to obiju varijanti istovremeno. Na svakom pokusnom trsu utvrđen je ukupan broj grozdova i urod po trsu. Prosječna masa grozda određena je na reprezentativnim uzorcima od 10 grozdova iz svakog ponavljanja. U moštu su analizirani sadržaj šećera, ukupne kiseline i pH vrijednost prema metodama O.I.V.-a (2001). Za analizu hlapljivih organskih spojeva, iz svakog ponavljanja uzet je reprezentativni uzorak od 100 bobica i zamrznut.

Analiza hlapljivih spojeva

Odvagano je 150 g zamrznutih bobica, na koje je dodano 5 mL vodene otopine askorbin-ske kiseline koncentracije 200 g/L. Homogenizacija je provedena u prisutnosti suhog leda, nakon čega je homogenat centrifugiran. Iz supernatanta je preneseno 5 mL u posudicu za uzorke, kojoj je dodano 2,5 g NaCl.

Prije adsorpcije analita, uzorak je uravnotežen 10 minuta pri 55 °C. Adsorpcija je provedena tehnikom mikroekstrakcije na čvrstoj fazi u izvedbi klina (SPME Arrow) tijekom 60 minuta pri 55 °C, uz korištenje čvrste faze CAR–PDMS–DVB. Desorpcija je izvedena u injektoru pri 250 °C u trajanju od 7 minuta.

Analiza hlapljivih spojeva provedena je vezanim sustavom plinske kromatografije i masene spektrometrije (Thermo Scientific Trace 1300 GC – ISQ 7000 MS). Korištena je kapilarna kolona TR-Wax (60 m × 0,25 mm × 0,25 μm). Temperaturni program obuhvaćao je raspon od 40 do 210 °C uz porast od 2 °C/min.

Snimanje spektara masa provedeno je u načinu praćenja svih iona (SCAN), u rasponu od 20 do 500 m/z, uz energiju elektrona od 70 eV. Identifikacija spojeva temeljila se na usporedbi vremena zadržavanja, retencijskih indeksa te masenih spektara s bazama podataka NIST 17 i Wiley 12. Kvantifikacija je provedena metodom vanjskog standarda prema Šikuten i sur. (2021).

Svi podaci analizirani su jednosmjernom analizom varijance (ANOVA) uz razinu pouzdanosti od 95%. Statistička obrada provedena je u programu XLSTAT (Addinsoft, 2020, New York, SAD).

Rezultati i rasprava

Podaci o temperaturi zraka i oborinama (Tablica 1) prikupljeni su meteorološke postaje Kutjevo-Vidim, udaljene oko 6km od pokusnog vinograda (Koppi, 2025). Zabilježena je viša srednja godišnja temperatura zraka (13,8 °C) u odnosu na višegodišnji prosjek, s osobito izraženim odstupanjima u ljetno-jesenskom razdoblju (srpanj, kolovoz, rujan i listopad). Ukupna godišnja količina oborina u 2023. (878 mm) bila je bliska višegodišnjem prosjeku, ali je raspodjela oborina bila neravnomjerna, s viškom u travnju i svibnju, te izraženim manjkom u kolovozu.

Tablica 1. Klimatske prilike, Kutjevo-Vidim, 2023.g.

Table 1. Climatic conditions, Kutjevo-Vidim, 2023.g

Mjesec/Month	Srednja mjesečna temperatura zraka/Average monthly air temperature (°C)	Suma oborina/ Precipitation sum (mm)
Siječanj	5,1	94,8
Veljača	4,5	63,5
Ožujak	9,4	52,8
Travanj	10,4	92,0
Svibanj	16,5	112,2
Lipanj	20,7	60,7
Srpanj	24,0	62,8
Kolovoz	23,2	23,1
Rujan	21,2	57,4
Listopad	16,5	45,7
Studeni	8,1	143,7
Prosinac	6,4	69,6
	13,8 ¹⁾	878,0 ²⁾

¹⁾srednja godišnja temperatura zraka/average annual air temperature

²⁾godišnja suma oborina/annual precipitation sum

Rezultati provedenog istraživanja pokazuju da apikalna defolijacija provedena početkom šare grožđa, nije imala statistički značajan utjecaj na elemente uroda sorte 'Graševina' (Tablica 2), unatoč uklanjanju približno jedne trećine ukupne lisne mase. Ovakav rezultat u skladu je s ranijim istraživanjima (Palliotti et al., 2014) koja ukazuju da uklanjanje apikalnih listova ne narušava produktivni potencijal trsa, pogotovo ako se zahvat provodi u ranoj fazi dozrijevanja.

Tablica 2. Elementi uroda grožđa, 'Graševina', Venje, 2023.g.**Table 2.** Yield parameters, Graševina, Venje, 2023.

Varijanta pokusa/ Treatment	Urod po trsu/ Yield per vine (kg)	Broj grozdova po trsu/ Cluster number per vine	Prosječna masa grozda/ The average cluster weight (g)
K ¹⁾	3,20	30,94	153,23
AD ²⁾	2,68	26,78	146,67
Sign. ³⁾ /Significance	n.s.	n.s.	n.s.

¹⁾kontrola/ control²⁾apikalna defolijacija/apical defoliation³⁾* označava razinu signifikantnosti $p < 0,05$; ** označava razinu signifikantnosti $p < 0,01$; *** označava razinu signifikantnosti $p < 0,0001$; n.s. označava da nema statistički značajne razlike/* indicates significance level $p < 0,05$; ** indicates a significance level of $p < 0,01$; *** indicates a significance level of $p < 0,0001$; n.s. indicates no statistically significant difference

S druge strane, apikalna defolijacija značajno je utjecala na povećanje ukupne kiselosti u grožđu (Tablica 3), dok se sadržaj šećera i pH nisu mijenjali pod utjecajem provedenog zahvata. Viša ukupna kiselost u grožđu može se objasniti usporenom dinamikom dozrijevanja grožđa, što je posljedica smanjene lisne površine odnosno reduciranog fotosintetskog potencijala (Vercesi et al., 2024). Očuvanje kiselosti u uvjetima klimatskih promjena iznimno je važno za ukupnu kvalitetu vina, osobito kod bijele sorte kao što je 'Graševina', kod koje pad kiselosti u kasnijim fazama dozrijevanja može narušiti svježinu i postojanost finalnog proizvoda.

Tablica 3. Osnovni kemijski sastav grožđa, 'Graševina', Venje, 2023.g.**Table 3.** Basic grape chemical composition, Graševina, Venje, 2023.

Varijanta pokusa/ Treatment	Šećer/ Soluble solids (°Oe)	Ukupna kiselost/ Titratable acidity (g/L)	pH
K ¹⁾	81,00	5,67	3,21
AD ²⁾	79,00	6,07	3,25
Sign. ³⁾ /Significance	n.s.	*	n.s.

¹⁾kontrola/ control²⁾apikalna defolijacija/apical defoliation³⁾* označava razinu signifikantnosti $p < 0,05$; ** označava razinu signifikantnosti $p < 0,01$; *** označava razinu signifikantnosti $p < 0,0001$; n.s. označava da nema statistički značajne razlike/* indicates significance level $p < 0,05$; ** indicates a significance level of $p < 0,01$; *** indicates a significance level of $p < 0,0001$; n.s. indicates no statistically significant difference

Najizraženiji učinak apikalne defolijacije zabilježen je na aromatski profil grožđa (Tablica 4). Defolirana varijanta pokazala je značajno smanjenje udjela viših alkohola, spojeva koji u višim koncentracijama mogu maskirati tipični sortni miris vina, te doprinijeti „grubosti“ arome. Važno je naglasiti i povećanje sadržaja terpena, C13-norizoprenoida, masnih kiselina i hlapljivih fenola – skupina spojeva koje su izravno povezane s cvjetnim, voćnim i začinskim aromama (Garde-Cerdán i Ancín-Azpilicueta, 2006). Povećanje ukupnih hlapljivih spojeva sugerira da apikalna defolijacija, unatoč smanjenju fotosintetske površine, potiče sintezu aromatskih prekursora, vjerojatno kao odgovor biljke na blaži vodni stres i promijenjene mikroklimatske uvjete unutar zone grožđa (Zhang et al., 2017). Blaži vodni stres povezan je sa smanjenom lisnom površinom a samim time i smanjenom transpiracijom trsa vinove loze.

Tablica 4. Sastav ukupnih hlapljivih spojeva u grožđu, 'Graševina', Venje, 2023.g.
Table 4. Total grape volatile compounds composition, Graševina, Venje, 2023.

Varijanta pokusa/ Treatment	Ukupni viši alkoholi/ Total higher alcohols ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica/ berries)	Ukupni aldehidi /Total aldehydes ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica/ berries)	Ukupni esteri /Total esthers ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica/ berries)	Ukupni terpeni/ Total terpenes ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica/ berries)	Ukupne masne kiseline/ Total fatty acids ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica/ berries)	Ukupni hlapljivi fenoli / Total volatile phenols ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobice/ berries)	Ukupni C-13 norizoprenoidi/ Total C-13 norisoprenoids ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica/ berries)	Ukupni hlapljivi spojevi/ Total volatile phenols ($\mu\text{g}/\text{kg}$ bobice / berries)
K ¹⁾	3439,0	1810,0	8,51	344,85	298,32 \pm 28,23	5,92	14,37	5921,0
AD ²⁾	1889,2	3713,1	10,10	256,12	539,57 \pm 22,4545	8,89	21,27	6438,2
Sign. ³⁾ Significance	***	***	n.s.	***	**	**	*	*

¹⁾ kontrola/control

²⁾ apikalna defolijacija/apical defoliation

³⁾ * označava razinu signifikantnosti $p < 0,05$; ** označava razinu signifikantnosti $p < 0,01$; *** označava razinu signifikantnosti $p < 0,0001$; n.s. označava da nema statistički značajne razlike/* indicates significance level $p < 0.05$; ** indicates a significance level of $p < 0.01$; *** indicates a significance level of $p < 0.0001$; n.s. indicates no statistically significant difference

Zaključak

U kontekstu prilagodbe vinogradarske proizvodnje klimatskim promjenama, apikalna defolijacija pokazuje potencijal kao alat za modulaciju aromatskog profila grožđa i očuvanje kiselosti, bez negativnog utjecaja na urod. Međutim, s obzirom na jednogodišnji karakter istraživanja i specifične uvjete provedbe pokusa, potrebna su daljnja istraživanja kako bi se detaljnije proučio utjecaj ove mjere u različitim godinama i lokalitetima, te optimizirao intenzitet i vrijeme provedbe zahvata.

Literatura

Garde-Cerdán, T. & Ancín-Azpilicueta, C. (2006) Review of quality factors on wine ageing in oak barrels. *Trend in Foods Science & Technology*, 17, 438-447. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.008>

Koppi, D. (2025) Utjecaj apikalne defolijacije nakon šare na sastav hlapljivih spojeva grožđa sorte 'Graševina'. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.

Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., Poni, S. (2014) Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae*, 178, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039>

Van Leeuwen, C. & Darriet, P. (2016) The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150-167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>

Vercesi, A., Gabrielli, M., Garavani, A., Poni, S. (2024) Effects of apical, late-season leaf removal on vine performance and wine properties in Sangiovese grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Horticulturae*, 10, 929. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090929>

Zhang, P., Wu, X., Needs, S., Liu, D., Fuentes, S., Howell, K. (2017) The influence of apical and basal defoliation on the canopy structure and biochemical composition of *Vitis vinifera* cv. Shiraz grapes and wine. *Frontiers in Chemistry*, 5, 48,1-9. <https://doi.org/10.3389/fchem.2017.00048>

Prispjelo/Received: 4.2.2026.

Prihvaćeno/Accepted: 6.3.2025.

Professional paper

Impact of apical defoliation on the volatile compounds composition of Graševina grapes

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of apical defoliation (removal of leaves above the fruiting zone) as a potential strategy to mitigate the negative impacts of climate change on grapevine. Reducing total leaf area can decrease transpirational water loss and thereby improve vine water status, but also reduce photosynthetic potential, which may slow down grape ripening. At the onset of veraison, approximately 33% of the total leaf area was removed, but only above the cluster zone. In the control variant no defoliation was applied. Apical defoliation did not affect the yield components of the 'Graševina' variety, as reflected in the number of clusters per vine, average cluster weight and total yield per vine. On the other hand, it led to an increase in total acidity in the grapes. In addition, it reduced higher alcohols while increasing aldehydes, terpenes, fatty acids, volatile phenols and C13-norisoprenoids. The results indicate that apical defoliation can markedly modify the aromatic profile of 'Graševina' grapes, which is particularly important in the context of adapting viticultural production to climate change.

Keywords: apical defoliation, volatile compounds, Graševina