

## Effect of fertilization on the content of volatile compounds in must of variety 'Škrlet bijeli' (*Vitis vinifera* L.)

### Utjecaj gnojidbe na sadržaj hlapivih spojeva u moštu sorte 'Škrlet bijeli' (*Vitis vinifera* L.)

Mirela TRDENIĆ<sup>1</sup>, Marko PETEK<sup>2</sup> (✉), Zvezdana MARKOVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Petrokemija d.d., Aleja Vukovar 4, 44 320 Kutina, Croatia

<sup>2</sup> University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, Croatia

✉ Corresponding author: [mpetek@agr.hr](mailto:mpetek@agr.hr)

Received: March 30, 2020; accepted: September 6, 2020

#### ABSTRACT

The primary aromas of grapes originate from the volatile compounds formed in the vine berry during ripening and thus play a key role in the formation of the grape quality. The content and development of primary aromas depend on the variety, soil, climate, agrotechnical practices in the vineyard, and are especially affected by temperature, exposure to sunlight, water supply and leaf defoliation in the cluster zone. The aim of this research was to determine the effect of different fertilization treatments, especially the foliar application of potassium (K) and boron (B) and other microelements on the content of primary aromas in grapes of the 'Škrlet bijeli' variety. Four fertilization treatments were applied: NPK; NPK + Fertdolomite; NPK + Fertdolomite + Folibor B; NPK + Fertdolomite + Folibor B + Proteoleaf. Grape harvesting in research years 2012, 2013 and 2014 was performed at the stage of full maturity. The primary aromas were analyzed by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography mass spectrometry (SPME-GC/MS). In this research, it has been determined a statistically significant effect of vintage years with lower average temperature during the growing season on the content of primary aromas in the must. The exception is  $\beta$ -damaskenone whose values were significantly higher in a vintage year with a higher average temperature during the growing season.

**Keywords:** C<sub>13</sub> norisoprenoids, grapevine, plant nutrition, vine berry, volatile compounds

#### SAŽETAK

Primarne arome grožđa su hlapivi spojevi koji se formiraju u bobici grožđa tijekom dozrijevanja te imaju ključnu ulogu u formiranju kvalitete grožđa. Sadržaj i razvoj primarnih aroma ovisan je o sorti, tlu, klimi, agrotehničkim mjerama koje se provode u vinogradu, a posebice je izražen utjecaj temperature, izloženost sunčevoj svjetlosti, opskrba vodom te defolijacija lista u zoni grožđa. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih gnojidbenih tretmana, posebice folijarne primjene kalija (K) te bora (B) i ostalih mikroelemenata na sadržaj primarnih aroma u grožđu sorte 'Škrlet bijeli'. Primjenjena su četiri gnojidbena tretmana: NPK; NPK + Fertdolomit; NPK + Fertdolomit + Folibor B; NPK + Fertdolomit + Folibor B + Proteoleaf. Berba grožđa u 2012., 2013. i 2014. godini obavljena je u fazi pune zrelosti. Sadržaj primarnih aroma određen je primjenom plinske kromatografije s masenom detekcijom (GC/MS) uz prethodnu mikroekstrakciju na čvrstoj fazi (SPME). Istraživanjem je utvrđen statistički značajan utjecaj godina s nižom prosječnom temperaturom tijekom vegetacije na sadržaj primarnih aroma u moštu. Izuzetak je  $\beta$ -damaskenon čije su vrijednosti bile značajno veće u godini s višom prosječnom temperaturom tijekom vegetacije.

**Ključne riječi:** bobica grožđa, C<sub>13</sub> norizoprenoidi, grožđe, hlapivi spojevi, ishrana bilja, vinova loza

## DETAILED ABSTRACT

The primary aromas of grapes originate from the volatile compounds formed in the vine berry during ripening and thus play a key role in the formation of the grape quality. The content and development of primary aromas depend on the variety, soil, climate, agrotechnical practices in the vineyard, and are especially affected by temperature, exposure to sunlight, water supply and leaf defoliation in the cluster zone. The aim of this study was to determine the effect of different fertilization treatments, especially the foliar application of potassium (K) and boron (B) and other microelements on the content of primary aromas in grapes of the variety 'Škrlet bijeli'. The native variety 'Škrlet bijeli' is economically the most important variety of the wine subregion Moslavina, represented on only 0.36% of the total wine growing areas in Croatia and it is also the first variety in Croatia on which was performed the clonal selection. Within the clonal selection, the ŠK-29 clone was stood out as the most fertile one, but with an average weight of clusters and average quality of grapes. Therefore, the aim of this research was improving its production properties by fertilization treatments, especially the content of primary aromas in grapes. The research was set up in a vineyard planted in 2008 at the location of Kutina (GPS Data, N 45° 30'1,68 x E 16° 46'9,57), region Središnja bregovita Hrvatska, subregion Moslavina and vineyards Voloder-Ivanic Grad. Four fertilization treatments were applied on the selected clone ŠK-29: (1) standard fertilization with NPK 7-14-21 as control (S); (2) standard fertilization with NPK 7-14-21 + Fertdolomite (SC); (3) standard fertilization with NPK 7-14-21 + Fertdolomite + foliar application Folibor B (SCB); (4) standard fertilization with NPK 7-14-21 + Fertdolomite + Folibor B + foliar application Proteoleaf (SCBM). Grape harvesting in all three years of research (2012, 2013 and 2014) was performed at the stage of full maturity. The primary aromas were analyzed by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography mass spectrometry (SPME-GC/MS). The primary aroma compounds which were determined and quantified are: monoterpenes, C<sub>13</sub> norisoprenoids and C<sub>6</sub> compounds. Of the total of 24 quantified aroma compounds in all three years of study, only compounds identified and quantified in each individual year were taken for statistical data interpretation: linalool and geranyl acetone of monoterpene group, β-damaskenone and β-ionone of C<sub>13</sub> norisoprenoid group and 1-hexanol and trans-2-hexenal of C<sub>6</sub> group. The obtained results were statistically processed using one-way analysis of variance using the statistical software SAS 9.4 (2013, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). A statistically significant effect of vintage years (2013 and 2014) with a lower average temperature during vegetation was found to increase the content of linalool, geranyl-acetone, β-ionone, 1-hexanol and trans-2-hexenal, except the β-damaskenone which values were significantly higher in the vintage year with a higher average temperature during vegetation (2012).

## UVOD

Primarne ili sortne arome su hlapljivi spojevi u grožđu, nastali različitim metaboličkim putevima tijekom dozrijevanja u bobici grožđa te imaju ključnu ulogu u formiranju kvalitete grožđa (Hernandez Orte i sur., 2015; Alem i sur., 2019). Predstavljani su prvenstveno grupom terpenskih spojeva, C<sub>6</sub> spojeva, C<sub>13</sub> norizoprenoida, metokspirazina i hlapljivih sumpornih spojeva s tiolnom skupinom (Fregoni i Iacono, 1984; Boidron i sur., 1989; Ribéreau Gayon i sur., 2005). Mirisni spojevi u grožđu vinove loze koji su najviše proučavani pripadaju grupi terpenskih spojeva. Oni su odgovorni za karakterističnu aromu grožđa i vina muškatinih sorti, a također su prisutni u grožđu i vinu ostalih „aromatično jednostavnijih“ sorti, ali u znatno nižim koncentracijama (Marais, 1983; Ribéreau Gayon i sur., 2005). Danas je poznato oko 4 000 terpenskih

spojeva, od njih najmirisniji spojevi su monoterpeni (spojevi s 10 ugljikovih atoma) i seskviterpeni (s 15 ugljikovih atoma), nastaju iz dvije odnosno tri izoprenske jedinice (Pine, 1994). Monoterpeni se pojavljuju u obliku jednostavnih ugljikovodika (limonen, mircen, itd.), aldehida (linalal, geranial, itd.), alkohola (linalol, geraniol, itd.), kiselina (linolska i geranijska kiselina, itd.) pa čak i estera (linalil acetat, itd.).

Prema Ribéreau Gayon i sur. (2005) norizoprenoidi koji nastaju kemijskom ili enzimskom razgradnjom karotenoida također doprinose sortnoj aromi. Među ovim spojevima β-damaskenon (miris na cvijeće, tropsko voće i pirjanu jabuku) te β-ionon (miris ljubičice) prisutni su u svim sortama vinove loze (Baumes i sur., 1986; Sefton i sur., 1993; Ribéreau Gayon i sur., 2005). Prekursori arome, terpeni i norizoprenoidi su prisutni u grožđu u glikozidnom

obliku, ali i u slobodnom obliku (aglikoni). Ti prekursori predstavljaju spremnike arome (Alem i sur., 2019) koja se postupno oslobađa tijekom procesa vinifikacije i starenja vina enzimatskom ili kemijskom hidrolizom (Lopez i sur., 2004). Za razliku od njih, metokspirazini, koji daju herbalnu aromu određenim vinima kao što je Cabernet Sauvignon, prisutni su u grožđu samo u slobodnom obliku. Utvrđeno je da i vrlo mirisni sumporni spojevi s funkcionalnom tiolnom skupinom, pridonose aromi određenih sorti, posebice Sauvignon Blanc. C<sub>6</sub> spojevi koji nastaju oksidacijom masnih kiselina pridonose "zelenoj" aromi grožđa i vina, a u grožđu se nalaze u obliku alkohola, aldehida, ketona, kiselina, estera i lakotna (Alem i sur., 2019).

Na sadržaj i razvoj primarnih aroma u grožđu tijekom dozrijevanja utječe metabolizam grozda koji je ovisan o sorti, zatim tlu, klimi, agrotehničkim mjerama koje se provode u vinogradu, a posebice je izražen utjecaj temperature, izloženost sunčevoj svjetlosti, opskrba vodom te defolijacija lista u zoni grozda (Ribéreau Gayon i sur., 2005; Alem i sur., 2019). I dok postoji velik broj istraživanja koja proučavaju utjecaj vinogradarske prakse (navodnjavanje, skidanje lista, zasjenjivanje) na sadržaj primarnih aroma u grožđu, puno je manje podataka o utjecaju gnojidbe, a posebice folijarne prihrane makro i mikroelementima na aromatski profil grožđa.

Alem i sur. (2019) u preglednom članku o utjecaju agrotehničkih mjera na sadržaj arome u grožđu navode da folijarna primjena sumpora (S) i dušika (N) u bobici grožđa povećava sadržaj tiolnih spojeva koji poboljšavaju kvalitetu arome vina nakon fermentacije. Folijarno tretiranje grožđa bordoškom otopinom (bakrenim sredstvom) rezultiralo je povećanjem koncentracije monoterpenskog spoja linalola u vinu sorte 'Vinhao' u Portugalu (Martins i sur., 2015), dok su Webster i sur. (1993) utvrdili utjecaj obilnije gnojidbe N na povećanje  $\alpha$ -terpineola u Rizling vinima. Yuan i sur. (2018) proučavali su utjecaj različitih doza dušika (N), fosfora (P) i kalija (K) na sadržaj hlapljivih spojeva u bobicama grožđa 'Pinot crni' te utvrdili značajan utjecaj N i K na povećanje sadržaja ukupnog  $\beta$ -damaskenona,  $\beta$ -ionona i C<sub>6</sub> spojeva. Također su utvrdili i pozitivnu korelaciju tretmana N, P i

K sa sadržajem  $\beta$ -citronelola te tretmana K sa sadržajem geraniola. Utjecaj dugoročne gnojidbe N na povećanje sadržaja  $\beta$ -damaskenona utvrdili su i Linsenmeier i Lohnertz (2007). Posebice je značajan pozitivan utjecaj N na C<sub>6</sub> spojeve ((E)-2-heksenal i heksanal) što je razumljivo jer sadržaj C<sub>6</sub> spojeva u bobici opada pri niskom vigoru vinove loze (Song i sur., 2012). Moguće je da niža opskrba N utječe na enzimsku aktivnost ili sadržaj masnih kiselina iz kojih C<sub>6</sub> spojevi nastaju što rezultira nižim sadržajem C<sub>6</sub> aldehida. Suprotno, da gnojidba N ne utječe na sadržaj C<sub>6</sub> spojeva ili zelene arome u grožđu utvrdili su Baiano i sur. (2010), Ancin-Azpilicueta i sur. (2013) te Mendez-Costabel i sur. (2014). Također od vinove loze uzgajane na vapnenim tlima bogatim kalcijem (Ca) dobivaju se vina bogatija monoterpenima, seskviterpenima i C<sub>13</sub> norizoprenoidima (Coelho i sur., 2009). U istraživanju u kojem se folijarno primijenio bor (B) došlo je do statistički značajnog povećanja sadržaja terpena u plodu tri sorte marelice (Mehta, 2012).

Autohtona sorta vinove loze 'Škrlet bijeli' gospodarski je najznačajnija sorta podregije Moslavina, zastupljena na samo 0,36% ukupnih vinogradarskih površina u Hrvatskoj (73,52 ha, APPRRR, 2019). Od 2008. godine zamjećuje se rast proizvodnje grožđa i vina navedene sorte zbog provedene klonske selekcije i dostupnosti kvalitetnog sadnog materijala te zahtjeva, ne samo hrvatskog već i svjetskog tržišta vina za originalnim vinima autohtonih sorata koja predstavljaju Hrvatsku kao prepoznatljivu vinogradarsko-vinarsku zemlju. U sklopu završne faze klonske selekcije 'Škrleta bijelog', Petric (2013) je kroz tri godine na dvije lokacije istraživala varijabilnost deset najperspektivnijih klonskih kandidata u svrhu njihovog registriranja kao klonova. Uz ostala proizvodna svojstva, ispitivan je i sadržaj hlapljivih aromatskih spojeva u grožđu klonskih kandidata. Rezultati ukazuju da *terroir* (tlo, klima, gnojidba) dominira nad genetskim potencijalom klona kada se on nađe u drugim uvjetima sredine. U ranijim istraživanjima nije bio ispitivan utjecaj gnojidbe stoga je cilj ovog istraživanja bio utvrditi utjecaj različitih gnojidbenih tretmana na sadržaj primarnih aroma u grožđu sorte 'Škrlet bijeli'.

## MATERIJALI I METODE

Istraživanje je postavljeno u vinogradu na lokaciji Kutina (GPS Data, N 45°30'1,68 x E 16°46'9,57), regija Središnja bregovita Hrvatska, podregija Moslavina, vinogorje Voloder-Ivanić Grad. Vinograd je posađen 2008. godine bezvirusnim klonskim materijalom. Za ovo istraživanje odabran je klon ŠK-29 (na podlozi Kober 5BB) koji se istaknuo kao najrodniji klon 'Škrleta bijelog' s najvećim brojem grozdova po trsu, međutim s najmanjom prosječnom masom grozda i prosječnom kvalitetom grožđa (Petric, 2013) te se gnojidbom žele unaprijediti njegove proizvodne karakteristike. Razmak sadnje iznosi 2,20 x 0,90 m. Uzgojni oblik je jednostruki Guyot s dva prigojna reznika i jednim lucnjem, s ukupnim opterećenjem od 12 pupova. Prije postavljanja pokusa obavljena je preliminarna analiza tla sljedećim metodama: pH vrijednost tla prema HRN ISO 10390:2005, humus prema bikromatnoj metodi po Tjurinu (Škorić, 1982), fosfora i kalija prema AL-metodi (Egner i sur., 1960) te mehanički sastav tla prema HRN ISO 11277:2011.

Na odabranom klonu ŠK-29 primijenjena su četiri gnojidbena tretmana u tri ponavljanja prema eksperimentalnom dizajnu potpuno slučajnog blokno rasporeda. Osnovnu pokusnu parcelicu čine tri trsa sa zaštitnim pojasom između njih. Istraživanje je provedeno kroz 2012., 2013. i 2014. godinu.

Gnojidbeni tretmani su: 1. tretman – S (standard kao kontrola) standardna gnojidba s 400 kg/ha NPK (MgO, SO<sub>3</sub>) 7-14-21 (2, 18), primijenjena u veljači prije početka vegetacije deponatorom u tlo (temeljem početne analize tla), 2. tretman – SC (standard + kalcizacija) standardna gnojidba s 400 kg/ha NPK (MgO, SO<sub>3</sub>) 7-14-21 (2, 18) + 3 t/ha Fertdolomita praškastog (kalcijev magnezijev karbonat), oba materijala primijenjena putem tla u veljači prije početka vegetacije, NPK gnojivo deponatorom u tlo, Fertdolomit rasipanjem po površini tla, 3. tretman – SCB (standard + kalcizacija + folijarno bor) standardna gnojidba s 400 kg/ha NPK (MgO, SO<sub>3</sub>) 7-14-21 (2, 18) + 3 t/ha Fertdolomit praškasti + 2,5 L/ha Folibor B (bor etanolamin 11%); NPK gnojivo deponatorom u tlo, Fertdolomit rasipanjem po površini tla, Folibor B dva

tretiranja folijarno (prije i nakon cvatnje) i 4. tretman – SCBM (standard + kalcizacija + folijarno bor + folijarno makro i mikroelementi) standardna gnojidba s 400 kg/ha NPK (MgO, SO<sub>3</sub>) 7-14-21 (2, 18) + 3 t/ha Fertdolomit praškasti + 2,5 L/ha Folibor B + 4 kg/ha Proteoleaf (N 3%, P 5%, K 40%, Mg 3%, B 0,05%, Fe 0,1%, Mn 0,05%, Mo 0,001%, Zn 0,01%); NPK gnojivo deponatorom u tlo, Fertdolomit rasipanjem po površini tla, Folibor B dva tretiranja folijarno (prije i nakon cvatnje), Proteoleaf dva tretiranja folijarno (faza šare i faza dozrijevanja grožđa).

U sve tri godine istraživanja u fazi pune zrelosti obavljena je berba svih osnovnih parcelica u pokusu: 31. 08. 2012., 05. 09. 2013. i 15. 09. 2014. godine. Nakon muljanja i tiještenja grožđa, uzet je prosječni uzorak mošta u sterilne plastične bočice zapremine 500 mL. Plastične bočice su smrznute i skladištene na -28°C te odmrznute neposredno prije analize. Određivanje aromatskih spojeva u moštu provedeno je primjenom plinske kromatografije s masenom detekcijom (GC/MS) uz prethodnu mikroekstrakciju na čvrstoj fazi (SPME-eng. solid-phase microextraction), prema metodi Tomašević i sur. (2017). SPME vlakno korišteno za ekstrakciju je 100 µm polydimethylsiloxane (PDMS), 23 Ga (Supelco, Bellefonte, PA, SAD). Adsorpcija na SPME vlakno provela se kroz 30 minuta pri 40°C uz konstantno miješanje. Nakon pola sata vlakno je prenijeto u injektor plinskog kromatografa gdje se obavila desorpcija kroz pet minuta. Kromatografski uvjeti analize prikazani su u Tablici 1.

Analiza je provedena primjenom plinskog kromatografa Agilent 6890 Network GC System (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, SAD) uz detekciju masenim spektrometrom Agilent 5793 Inert Mass Selective Detector (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, SAD). Identifikacija spojeva arome provedena je usporedbom vremena zadržavanja razdvojenih spojeva s vremenom zadržavanja pojedinih standarda te usporedbom masenog spektra spoja i standarda uz Nist05 knjižicu masenih spektra (Wiley & Sons, Hoboken, NJ, SAD). Određeni su i kvantificirani spojevi primarne arome: slobodni monoterpeni, slobodni C<sub>13</sub> norizoprenoidi i slobodni C<sub>6</sub> spojevi. Od ukupno 24 kvantificirana spoja arome kroz sve

**Table 1.** Chromatographic conditions for the determination of aroma compounds in must**Tablica 1.** Kromatografski uvjeti za određivanje spojeva arome u moštu

GC/MS conditions GC/MS uvjeti			
Column Kolona	ZB-5MS (Phenomenex, SAD) 30 m x 250 µm, 0,25 µm		
Mobile phase Mobilna faza	Helium/helij 5,0		
Flow (mL/min) Protok (mL/min)	1,9		
Injection method Način injektiranja	Splitless		
Injector temperature (°C) Temperatura injektora (°C)	250		
Detector temperature (°C) Temperatura detektora (°C)	280		
Electronic ionization (eV) Elektronska ionizacija (eV)	70		
Temperature program/ Temperaturni program	Dynamics (°C/min) Dinamika (°C/min)	Temperature (°C) Temperatura (°C)	Retention (min) Zadržavanje (min)
		40	5
	1	85	0
	2	100	
	25	240	1
Detection/identification Detekcija/identifikacija	Mass detector/Maseni detektor (MSD)/		
Detector mode Način rada detektora	Scan recording spectrum mode (35-350 m/z) Scan način snimanja spektra (35-350 m/z)		

tri godine istraživanja, samo spojevi koji su identificirani i kvantificirani u svakoj pojedinoj godini uzeti su za statističku obradu podataka. Iz grupe monoterpena to su spojevi linalol i geranil aceton, iz grupe C<sub>13</sub> norizoprenoida su spojevi β-damaskenon i β-ionon te iz grupe C<sub>6</sub> spojeva su spojevi 1-heksanol i *trans*-2-heksenal.

Dobiveni rezultati statistički su obrađeni primjenom jednosmjerne analize varijance korištenjem statističkog softvera SAS 9.4 (2013, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Za analizu vremenskih uvjeta (temperatura, oborine) korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda, postaja Kutina te su isti prikazani u Tablici 2.

## REZULTATI I RASPRAVA

Temeljem rezultata analize tla vidljivo je da se radi o kiselom tlu, slabo humoznom (Gračanin, 1947), umjereno opskrbljeno fosforom i dobro opskrbljeno kalijem (Vukadinović i Vukadinović, 2011) te prema rezultatima mehaničkog sastava tla radi se o praškasto ilovastom tlu (Tablica 3).

Statističkom obradom dobivenih rezultata analize mošta, korištenjem jednosmjerne ANOVA-e nije utvrđen statistički značajan utjecaj gnojidbenih tretmana na sadržaj primarnih aroma u moštu 'Škrleta bijelog', međutim utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju spojeva

primarnih aroma između istraživanih godina (2012., 2013. i 2014.). Razlike između godina vjerojatno su se pojavile zbog različitih klimatskih uvjeta (temperatura, oborine) tijekom istraživanih vegetacijskih godina (Tablica 2). Najmanja količina oborina i najviše temperature tijekom vegetacije utvrđene su 2012. godine, dok su najveća količina oborina i najniže temperature tijekom vegetacije utvrđene u 2014. godini.

Sadržaj ukupnih slobodnih spojeva monoterpena, C<sub>13</sub> norizoprenoida i C<sub>6</sub> spojeva u moštu 'Škrleta bijelog' pod utjecajem gnojidbenih tretmana u tri godine istraživanja prikazan je u Tablici 4. Vrijednosti ukupnih slobodnih monoterpena varirale su od 1,91 µg/L (2012.) pri tretmanu S do 12,32 µg/L (2013.) pri tretmanu SC. Vrijednosti ukupnih slobodnih C<sub>13</sub> norizoprenoida varirale su od 1,68 µg/L (2014.) pri tretmanu SCB do 17,01 µg/L (2013.) pri

**Table 2.** Weather data during year 2012, 2013 and 2014

**Tablica 2.** Vremenski podaci tijekom 2012., 2013. i 2014. godine

	Year Godina		
	2012.	2013.	2014.
Annual precipitation (mm) Godišnja suma oborina	784,0	946,5	1239,5
Sum of active temperatures (°C) Suma aktivnih temperatura	3741,7	3604,2	3481,4
Sum of precipitation during vegetation <sup>1</sup> (mm) Suma oborina tijekom vegetacije <sup>1</sup>	472,0	482,6	950,4
Average temperature during vegetation <sup>1</sup> (°C) Prosječna temperatura tijekom vegetacije <sup>1</sup>	18,1	17,3	17,0

<sup>1</sup> vegetation period: from early April to late October

<sup>1</sup> Period vegetacije: od početka travnja do kraja listopada

**Table 3.** Soil chemical properties and mechanical soil composition

**Tablica 3.** Kemijska svojstva tla i mehanički sastav tla

Sampling depth Dubina uzorkovanja	Chemical soil properties <sup>1</sup> Kemijska svojstva tla <sup>1</sup>					Texture Teksturna oznaka
	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	humus (%)	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	mg K <sub>2</sub> O/100 g	
0-30 cm	4,8	5,8	1,3	20,6	33,6	Silty loam Praškasta ilovača
30-60 cm	4,3	5,5	1,0	12,4	24,6	
	Mechanical soil composition (%) <sup>2</sup> Mehanički sastav tla (%) <sup>2</sup>					
	Coarse sand Krupni pijesak 2,0-0,2 mm	Fine sand Sitni pijesak 0,2-0,063 mm	Coarse silt Krupni prah 0,063-0,02 mm	Fine silt Sitni prah 0,02-0,002 mm	Clay Glina < 0,002 mm	
0-30 cm	0,7	1,3	46,6	33,9	17,5	Silty loam/ Praškasta ilovača
30-60 cm	0,4	1,9	44,5	35,5	17,7	

<sup>1</sup> Laboratory for agronomy research, Petrokemija d.d.

Laboratorij za primjenska istraživanja, Petrokemija d.d.

<sup>2</sup> Department of Soil Science, University of Zagreb Faculty of Agriculture

Zavod za pedologiju, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet



tretmanu SCBM. Vrijednosti ukupnih slobodnih oblika  $C_6$  spojeva varirale su od 549,30  $\mu\text{g/L}$  (2012.) pri tretmanu SC do 1775,21  $\mu\text{g/L}$  (2013.) pri tretmanu S. Usporede li se prosjeci godina, statistički značajno više monoterpena,  $C_{13}$  norizoprenoida i  $C_6$  spojeva utvrđeno je u 2013. godini u odnosu na 2012. i 2014. godinu. Vidljivo je iz rezultata da godina ima veliki utjecaj na sadržaj primarnih aroma u moštu te se reakcija na primijenjena hraniva razlikuje u pojedinim godinama što su utvrdili i Yuan i sur. (2018). U 2013. godini su u svakoj skupini spojeva primarnih aroma, postignute najviše vrijednosti jer je u odnosu na 2012. godinu bila niža prosječna temperatura tijekom vegetacije te, jer je u odnosu na 2014. godinu, pala manja količina oborina (Tablica 2). Yuan i sur. (2018) su utvrdili

da niže minimalne temperature tijekom dozrijevanja rezultiraju većim akumuliranjem hlapljivih spojeva u bobicama što je u skladu s teorijom Jacksona i Lombarda (1993) da će se tijekom nižih noćnih temperatura također nakupiti više hlapljivih spojeva u bobici. Također Pons i sur. (2017) navode da pretopli i presuhi vremenski uvjeti rezultiraju proizvodnjom grožđa i vina niže kvalitete. Sadržaj monoterpena nije se promijenio pod utjecajem gnojidbenih tretmana što je u skladu s Versini i sur. (1990) koji navode da su monoterpeni aromatski spojevi na čiji sadržaj u grožđu najmanje utječe okolina u odnosu na ostale aromatske spojeve. Međutim, uspoređujući prosjeke gnojidbe za  $C_{13}$  norizoprenoide, može se utvrditi pozitivni trend povećanja ovisno o gnojidbenim

**Table 4.** Content of total1 monoterpenes,  $C_{13}$  norisoprenoids and  $C_6$  compounds in must of 'Škrlet bijeli' ( $\mu\text{g/L}$ ) according to fertilization treatments in years 2012, 2013 and 2014

**Tablica 4.** Sadržaj ukupnih1 monoterpena,  $C_{13}$  norizoprenoida i  $C_6$  spojeva u moštu 'Škrleta bijelog' ( $\mu\text{g/L}$ ) pod utjecajem gnojidbenih tretmana u 2012., 2013. i 2014. godin

Volatile compounds Hlapljivi spoj	Year/ Godina	Treatment <sup>2</sup> Tretman <sup>2</sup>				Year average Prosjek godine
		S	SC	SCB	SCBM	
Total monoterpenes <sup>3</sup> Ukupni monoterpeni <sup>3</sup>	2012.	1,91	2,92	2,32	2,19	2,33 C
	2013.	7,95	12,32	11,72	9,13	10,28 A
	2014.	8,62	8,37	7,66	7,58	8,06 B
	Fertilization average Prosjek gnojidbe	5,35	7,75	7,15	6,47	
Total $C_{13}$ norisoprenoids <sup>4</sup> Ukupni $C_{13}$ norizoprenoidi <sup>4</sup>	2012.	4,16	5,39	4,06	3,49	4,38 B
	2013.	12,42	13,23	14,31	17,01	14,24 A
	2014.	2,57	1,76	1,68	2,12	2,03 C
	Fertilization average Prosjek gnojidbe	6,54	6,80	6,67	7,54	
Total $C_6$ compounds <sup>5</sup> Ukupni $C_6$ spojevi <sup>5</sup>	2012.	661,10	549,30	869,70	802,30	720,60 B
	2013.	1775,21	1428,00	1443,40	1601,80	1562,08 A
	2014.	773,50	577,30	641,40	768,00	690,05 B
	Fertilization average Prosjek gnojidbe	1069,90	851,50	984,80	1057,40	

Different letters represent significantly different values according to Duncan's test,  $P \leq 0,05$   
Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Duncanovom testu,  $P \leq 0,05$

<sup>1</sup> Free forms

<sup>1</sup> Slobodni oblici

<sup>2</sup> Treatment: S-standard as control; SC-standard + calciziation; SCB-standard + calciziation + boron; SCBM-standard + calciziation + boron + macro and microelements

<sup>2</sup> Tretman: S-standard kao kontrola; SC-standard + kalcizacija; SCB-standard + kalcizacija + bor; SCBM-standard + kalcizacija + bor + makro i mikroelementi

<sup>3</sup> Total monoterpenes: linalool, geranyl-acetone

<sup>3</sup> Ukupni monoterpeni: linalol, geranil-aceton

tretmanima što je u skladu sa sličnim rezultatima Yuan i sur. (2018) koji su utvrdili značajan utjecaj N i K na povećanje sadržaja ukupnih C<sub>13</sub> norizoprenoida.

Sadržaj monoterpenkih spojeva, slobodnih oblika linalola i geranil-acetona u moštu 'Škrleta bijelog' pod utjecajem gnojidbenih tretmana u tri godine istraživanja prikazan je u Tablici 5. Vrijednosti linalola varirale su od 0,24 µg/L (2012.) pri tretmanu SCB do 5,45 µg/L (2013.) pri tretmanu SCB. Vrijednosti geranil-acetona varirale su od 1,66 µg/L (2012.) pri tretmanu S do 5,06 µg/L (2014.) pri tretmanu S. Usporede li se prosjeci godina, statistički značajno više linalola utvrđeno je u 2013. i 2014. godini u odnosu na 2012. godinu, dok je statistički najviše geranil-acetona utvrđeno u 2014. godini u odnosu na ostale dvije godine. Ovdje je također utvrđen pozitivan utjecaj godine s nižom prosječnom temperaturom tijekom vegetacije (2013. i 2014.) što je u skladu s rezultatima drugih autora (Yuan i sur., 2018; Jacksona i Lombarda, 1993). Yuan i sur. (2018) koji su od monoterpenkih spojeva samo za β-citronelol utvrdili pozitivnu korelaciju s rastućim dozama N, P i K te za slobodni oblik geraniola pozitivnu korelaciju

s rastućom dozom K u ishrani vinove loze. Petric (2013) je također utvrdila da je linalol najzastupljeniji terpenški spoj u moštu 'Škrleta bijelog', za koji je utvrđeno da se pojavljuje u svakoj od tri godine istraživanja.

Sadržaj hlapljivih spojeva iz grupe C<sub>13</sub> norizoprenoida, slobodnih oblika β-ionona i β-damaskenona u moštu 'Škrleta bijelog' pod utjecajem gnojidbenih tretmana u tri godine istraživanja prikazan je u Tablici 6. Vrijednosti β-ionona varirale su od 0,21 µg/L (2014.) pri tretmanu SC do 12,88 µg/L (2013.) pri tretmanu SCBM. Vrijednosti β-damaskenona varirale su od 1,42 µg/L (2014.) pri tretmanu SCB do 4,50 µg/L (2012.) pri tretmanu SC. Usporede li se prosjeci godina, statistički značajno više β-ionona utvrđeno je u 2013. godini u odnosu na ostale dvije godine. Statistički najviše β-damaskenona utvrđeno je u 2012. godini kao najtoplijoj godini u odnosu na ostale dvije godine što je u skladu s Robinson i sur. (2014) koji navode da izloženost grozda sunčevoj svjetlosti, i u vezi s tim viša temperatura, pogoduju nakupljanju slobodnih i vezanih norizoprenoida. Međutim, neki autori (Marais i sur., 1992; Kwasniewski i sur., 2010) su

**Table 5.** Content of free forms of linalool and geranyl-acetone in must of 'Škrlet bijeli' (µg/L) according to fertilization treatments in years 2012, 2013 and 2014

**Tablica 5.** Sadržaj slobodnih oblika linalola i geranil-acetona u moštu 'Škrleta bijelog' (µg/L) pod utjecajem gnojidbenih tretmana u 2012., 2013. i 2014. godini

Volatile compounds Hlapljivi spoj	Year/ Godina	Treatment <sup>2</sup> Tretman <sup>2</sup>				Year average Prosjeak godine
		S	SC	SCB	SCBM	
Linalool/ Linalol	2012.	0,28	0,29	0,24	0,33	0,28B
	2013.	2,99	3,39	5,45	3,06	3,72A
	2014.	4,21	4,45	3,53	3,73	3,98A
	Fertilization average Prosjeak gnojidbe	2,49	2,7	3,07	2,37	
Geranyl-acetone/ Geranil-aceton	2012.	1,66	2,66	1,75	1,86	1,98C
	2013.	3,29	2,85	3,48	3,10	3,18B
	2014.	5,06	3,57	3,88	4,36	4,22A
	Fertilization average Prosjeak gnojidbe	3,34	3,03	3,04	3,11	

Different letters represent significantly different values according to Duncan's test, P≤0,05

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Duncanovom testu, P≤0,05

<sup>1</sup> Treatment: S-standard as control; SC-standard + calcization; SCB-standard + calcization + boron; SCBM-standard + calcization + boron + macro and microelements

<sup>1</sup> Tretman: S-standard kao kontrola; SC-standard + kalcizacija; SCB-standard + kalcizacija + bor; SCBM-standard + kalcizacija + bor + makro i mikroelementi



utvrdili nižu koncentraciju  $\beta$ -damaskenona kod bijelih sorti u uvjetima visoke temperature i velike izloženosti sunčevoj svjetlosti. Uspoređujući prosjeke gnojidbe za  $\beta$ -ionon, može se utvrditi pozitivni trend povećanja ovisno o gnojidbenim tretmanima te je najveća vrijednost postignuta u tretmanu SCBM gdje je uz NPK gnojivo i kalcizaciju folijarno primijenjen B i K. Navedeno je u skladu sa sličnim rezultatima Yuan i sur. (2018) koji su utvrdili pozitivnu korelaciju slobodnog i vezanog oblika  $\beta$ -ionona s rastućom dozom N u ishrani vinove loze. Zanimljivo je spomenuti da Petric (2013) u moštovima 10 klonskih kandidata 'Škrleta bijelog' (između ostalog i klona ŠK-29) nije detektirala spoj  $\beta$ -ionon, a zastupljenost  $\beta$ -damaskenona bila je najniža upravo u moštu klona ŠK-29. To je samo potvrda zaključka Petric (2013) da lokacija dominira nad genetskim potencijalom klona stoga se može zaključiti da će klonovi na drugačijoj lokaciji imati različitu ekspresiju svojstava.

Sadržaj hlapljivih spojeva iz grupe  $C_6$  spojeva, 1-heksanola i *trans*-2-heksenala u moštu 'Škrleta bijelog' pod utjecajem gnojidbenih tretmana u tri godine

istraživanja prikazan je u Tablici 7. Vrijednosti 1-heksanola varirale su od 528,0  $\mu\text{g/L}$  (2014.) pri tretmanu SCBM do 1702,6  $\mu\text{g/L}$  (2013.) pri tretmanu S. Vrijednosti *trans*-2-heksenala varirale su od 12,46  $\mu\text{g/L}$  (2012.) pri tretmanu SCBM do 72,61  $\mu\text{g/L}$  (2013.) pri tretmanu S.

Usporede li se prosjeci godina, statistički značajno više 1-heksanola i *trans*-2-heksenala utvrđeno je u 2013. godini u odnosu na ostale dvije istraživane godine. Razlog najvećim vrijednostima  $C_6$  spojeva u 2013. godini vjerojatno su niže prosječne temperature tijekom vegetacije u odnosu na 2012. godinu što je u skladu s već spomenutim navodima Yuan i sur. (2018) te manja količina oborina u odnosu na 2014. godinu. Negativni utjecaj godine s više oborina vjerojatno se očituje zbog jačeg razvoja patogena na grožđu i vinovoj lozi (Pons i sur., 2017). Mendez-Costabel i sur. (2014) također u svom istraživanju nisu utvrdili utjecaj gnojidbe N na sadržaj  $C_6$  spojeva. Od  $C_6$  spojeva, za 1-heptanol, (*E*)-2-oktenal i heksansku kiselinu, Yuan i sur. (2018) su ustanovili pozitivnu korelaciju s rastućom dozom N te za 1-oktanol pozitivnu korelaciju s N i K. Međutim za  $C_6$  spojeve koji

**Table 6.** Content of free forms of  $\beta$ -ionone and  $\beta$ -damascenone in must of 'Škrlet bijeli' ( $\mu\text{g/L}$ ) according to fertilization treatments in years 2012, 2013 and 2014

**Tablica 6.** Sadržaj slobodnih oblika  $\beta$ -ionona i  $\beta$ -damaskenona u moštu 'Škrleta bijelog' ( $\mu\text{g/L}$ ) pod utjecajem gnojidbenih tretmana u 2012., 2013. i 2014. godini

Volatile compounds Hlapljivi spoj	Year/ Godina	Treatment <sup>2</sup> Tretman <sup>2</sup>				Year average Prosjeak godine
		S	SC	SCB	SCBM	
$\beta$ -ionone $\beta$ -ionon	2012.	0,74	0,89	0,64	0,83	0,77 B
	2013.	10,64	11,08	11,92	12,88	11,63 A
	2014.	0,34	0,21	0,26	0,26	0,26 B
	Fertilization average Prosjeak gnojidbe	3,90	4,06	4,27	4,81	
$\beta$ -damascenone $\beta$ -damaskenon	2012.	3,45	4,50	3,42	3,59	3,74 A
	2013.	1,78	2,15	2,02	2,22	2,04 B
	2014.	1,45	1,55	1,42	1,87	1,57 B
	Fertilization average Prosjeak gnojidbe	2,22	2,73	2,28	2,56	

Different letters represent significantly different values according to Duncan's test,  $P \leq 0,05$

Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Duncanovom testu,  $P \leq 0,05$

<sup>1</sup> Treatment: S-standard as control; SC-standard + calcization; SCB-standard + calcization + boron; SCBM-standard + calcization + boron + macro and microelements

<sup>1</sup> Tretman: S-standard kao kontrola; SC-standard + kalcizacija; SCB-standard + kalcizacija + bor; SCBM-standard + kalcizacija + bor + makro i mikroelementi

**Table 7.** Sadržaj 1-heksanola i *trans*-2-heksenala u moštu 'Škrleta bijelog' (µg/L) pod utjecajem gnojidbenih tretmana u 2012., 2013. i 2014. godini**Tablica 7.** Content of 1-hexanol and *trans*-2-hexenal in must of 'Škrlet bijeli' (µg/L) according to fertilization treatments in years 2012, 2013 and 2014

Volatile compounds Hlapljivi spoj	Year/ Godina	Treatment <sup>2</sup> Tretman <sup>2</sup>				Year average Prosjeak godine
		S	SC	SCB	SCBM	
1-hexanol 1-heksanol	2012.	643,10	534,80	837,20	789,90	701,24 B
	2013.	1702,60	1364,00	1373,30	1264,20	1440,76 A
	2014.	702,30	545,90	589,70	528,00	597,26 B
	Fertilization average Prosjeak gnojidbe	1016,00	815,00	933,40	850,60	
<i>trans</i> -2-hexenal <i>trans</i> -2-heksenal	2012.	17,98	14,44	18,36	12,46	15,57 C
	2013.	72,61	67,07	66,81	48,66	65,18 A
	2014.	47,63	31,34	51,75	36,36	41,23 B
	Fertilization average Prosjeak gnojidbe	45,88	40,56	46,51	30,47	

Different letters represent significantly different values according to Duncan's test,  $P \leq 0,05$   
Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Duncanovom testu,  $P \leq 0,05$

<sup>1</sup> Treatment: S-standard as control; SC-standard + calcization; SCB-standard + calcization + boron; SCBM-standard + calcization + boron + macro and microelements

<sup>1</sup> Tretman: S-standard kao kontrola; SC-standard + kalcizacija; SCB-standard + kalcizacija + bor; SCBM-standard + kalcizacija + bor + makro i mikroelementi

doprinosu „zelenoj aromi“ grožđa je poznato da vrlo često postižu različite rezultate jer variraju ovisno o sezoni, vigoru vinove loze i ovisno jesu li grozdovi u sjeni, te su ponekad iz tog razloga nepouzdan za analizu (Yuan i sur., 2018).

## ZAKLJUČAK

Iz svega navedenog može se zaključiti da gnojidbeni tretmani nisu statistički značajno utjecali na sadržaj primarnih aroma u moštu 'Škrleta bijelog'. Utvrđen je statistički značajan utjecaj godina (2013. i 2014.) s nižom prosječnom temperaturom tijekom vegetacije, osim za  $\beta$ -damaskenone čije su vrijednosti bile značajno veće u godini s višom prosječnom temperaturom tijekom vegetacije (2012.).

## LITERATURA

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: <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.9327>

Ancín-Azpilicueta, C., Nieto-Rojo, R., Gómez-Cordón, J. (2013) Effect of foliar urea fertilisation on volatile compounds in Tempranillo wine. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93 (6), 1485-1481. DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5921>

APPRRR (2019). Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju

Baiano, A., La Notte, E., Coletta, A., Terracone, C., Antonacci, D. (2010) Effects of irrigation volume and nitrogen fertilization on quality of Redglobe and Michele Palieri table grape cultivars. American Journal of Enology and Viticulture, 62 (1), 57-65. DOI: <https://dx.doi.org/10.5344/ajev.2010.09127>

Baumes, R., Cordonnier, R., Nitz, S., Drawert, F. (1986) Identification and determination of volatile constituents in wines from different vine cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture, 37 (9), 927-943. DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740370915>

Boidron, J. N., Levéque, F., Bertrand, A. (1989) I derivati terpenici e l'aroma delle uve e dei vini. Vini d'Italia, XXX, no 1, 37 - 43.

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, 635, 214-221. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2009.01.013>

Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960) Untersuchung über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II, Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kaliumbestimmung - K. Hogsk. Annir. W. R. 26: 199-215.

Fregoni, M., Iacono, F. (1984) L'epoca della vendemmia in funzione del tipo di vino che si desidera ottenere. Vini d'Italia, 3, 21 - 27.

- Gračanin, M. (1947) Pedologija Fiziografija tala. Poljoprivredni nakladni zavod. Zagreb.
- Hernandez Orte, P., Concejero, B., Astrain, J., Lacau, B., Cacho, J., Ferreira, V. (2015) Influence of viticulture practices on grape aroma precursors and their relation with winw aroma. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95 (4), 688-701.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6748>
- HRN ISO 10390:2005. Kakvoća tla—Određivanje pH vrijednosti (ISO 10390:2005).
- HRN ISO 11277:2011. Kvaliteta tla—Određivanje raspodjele veličine čestica (mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla—Metoda prosijavanja i sedimentacije (ISO 11277:2009).
- Jackson, D., Lombard, P. (1993) Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality—a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44 (4), 409-430.
- Kwasniewski, M.T., Vanden Heuvel, J.E., Pan, B.S., Sacks, G.L. (2010) Timing of cluster light environment manipulation during grape development affects C13- norisoprenoid and carotenoid concentrations in Riesling. *Journal of Agriculture, Food and Chemistry*, 58, 6841-6849.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1021/jf904555p>
- Linsenmeier, A. W., Lohnertz, O. (2007) Changes in norisoprenoid levels with long-term nitrogen fertilization in different vintages of *Vitis vinifera* var. Riesling wines. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 28 (1), 17-24.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.21548/28-1-1455>
- Lopez, R., Ezepeleta, E., Sanchez, I., Cacho, J., Ferreira, V. (2004) Analysis of the aroma intensities of volatile compounds released from mild acid hydrolysates of odourless precursors extracted from Tempranillo and Grenache grapes using gas chromatography-olfactometry. *Food Chemistry*, 88 (1), 95-103.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.025>
- Marais, J. (1983) Terpenes in the Aroma of Grapes and Wines: A Review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 4 (2), 49-58.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.21548/4-2-2370>
- Marais, J., Van Wyk, C., Rapp, A. (1992) Effect of sunlight and shade on norisoprenoid levels in maturing Weisser Riesling and Chenin blanc grapes and Weisser Riesling wines. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 13, 23-32.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.21548/13-1-2191>
- Martins, V., Teixeira, A., Geros, H. (2015) Changes in the volatile composition of wine from grapes treated with Bordeaux mixture: a laboratory scale study. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21 (3), 425-429.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/ajgw.12150>
- Mehta, B. (2012) Effect of Pre harvest Foliar Sprays of Boron and Retain® for Improvement of Quality Parameters of Apricots (*Prunus armeniaca* L.) in Tasmania. Doctoral thesis. University of Tasmania, Australia. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-pre-harvest-Foliar-sprays-of-Boron-and-of-Mehta/e52ad67ef4b12d6d83a9db5ecd7a15b125d64908> (Accessed 29 September 2019)
- Mendez-Costabel, M., Wilkinson, K., Bastian, S., Jordans, C., McCarthy, M., Ford, C., Dokoozlian, N. (2014) Effect of increased irrigation and additional nitrogen fertilisation on the concentration of green aroma compounds in *Vitis vinifera* L. Merlot fruit and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20 (1), 80-90.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/ajgw.12062>
- Petric, I. V. (2013) Evaluacija klonskih kandidata Škrleta bijelog (*Vitis vinifera* L.) temeljem pokazatelja rodnosti i kvalitete grožđa. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Zagreb.
- Pine, S. H. (1994) Organska kemija. Školska knjiga Zagreb, pp. 866 – 869.
- Pons, A., Allamy, L., Schuttler, A., Rauhut, D., Thibon, C., Darriet, P. (2017) What is the expected impact of climate change on wine aroma compounds and their precursors in grape. *Vine and wine open access journal*, 51 (2).  
DOI: <https://dx.doi.org/10.20870/oeno-one.2017.5.2.1868>
- Ribéreau Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2005) Handbook of enology. Vol. 2. 2<sup>nd</sup> Edition. Bordeaux. John Wiley & Sons, Ltd.
- Robinson, A. L., Boss, P. K., Solomon, P. S., Trengove, R. D., Heymann, H., Ebeler, S. E. (2014) Origins of grape and wine aroma. Part 1. Chemical components and viticultural impacts. *American Journal of Enology and Viticulture*, 65 (1)- 1-24.  
DOI: <https://www.ajevonline.org/content/65/1/1>
- Song, J., Shellie, K., Wang, H., Qian, M. (2012) Influence of deficit irrigation and kaolin particle film on grape composition and volatile compounds in Merlot grape (*Vitis vinifera* L.). *Food Chemistry*, 134 (2), 841-850.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.193>
- Sefton, M.A., Francis, I.L., Williams, P.J. (1993) The Volatile Composition of Chardonnay Juices: A Study by Flavor Precursor Analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44, 359-370.  
DOI: <https://www.ajevonline.org/content/44/4/359>
- Škorić, A. (1982) Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
- Tomašević, M., Gracin, L., Čurko, N., Kovačević Ganić, K. (2017) Impact of pre-fermentative maceration and yeast strain along with glutathione and SO<sub>2</sub> additions on the aroma of *Vitis vinifera* L. Pošip wine and its evaluation during bottle aging. *LWT, Food Science and Technology*, 81, 67-76.
- Versini, G., Rapp, A., Volkmann, C., Scienza, A. (1990) Flavour compounds of clones from different grape varieties. *Vitis*, 513-524.  
DOI: <https://doi.org/10.5073/vitis.1990.29.special-issue.513-523>
- Vukadinović, V., Vukadinović, Vesna (2011). *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet. Osijek.
- Webster, D.R., Edwards, C.G., Spayd, S.E., Peterson, J.C., Seymour, B.J. (1993) Influence of vineyard nitrogen fertilization on the concentrations of monoterpenes, higher alcohols, and esters in aged Riesling wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44, 275-284. DOI: <https://www.ajevonline.org/content/44/3/275>
- Yuan, F., Schreiner, R. P., Qian, M. C. (2018) Soil Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Alter β-Damascenone and Other Volatiles in Pinot noir Berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 69, 157-166. DOI: <https://www.ajevonline.org/content/early/2018/01/04/ajev.2017.17071>