

网络出版时间:2014-01-02 16:06

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.067

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.067.html

24-表油菜素内酯对酿酒葡萄原花色素及 黄烷醇含量的影响

高 翔,惠竹梅,彭小琴,张 晖,孟 莹

(西北农林科技大学 葡萄酒学院,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 【目的】研究 24-表油菜素内酯(24-Epibrassinolide,EBR)对酿酒葡萄赤霞珠(Cabernet Sauvignon)和烟 73(Yan 73)果实原花色素及黄烷醇含量的影响。【方法】在葡萄转色期之前,使用 0.1,0.4,0.8 mg/L 的 EBR 和 1.0 mg/L 油菜素内酯(BRs)抑制剂(Brassinazole,Brz)对酿酒葡萄赤霞珠和烟 73 果穗进行喷施处理,以喷施清水为对照,在果实成熟过程中测定葡萄果皮和种子中的原花色素及黄烷醇含量,分析不同质量浓度 EBR 和 Brz 对葡萄原花色素及黄烷醇含量的影响。【结果】在葡萄成熟过程中,赤霞珠和烟 73 葡萄果皮中原花色素含量呈现先略有下降然后上升的趋势;赤霞珠果皮中的黄烷醇含量呈现先略有上升后下降然后再上升再下降的趋势,烟 73 果皮中的黄烷醇含量呈先略有上升后下降然后再上升的趋势。赤霞珠和烟 73 葡萄种子中的原花色素含量均呈先下降然后上升的趋势;赤霞珠葡萄种子中的黄烷醇含量呈先下降后上升然后再下降的趋势,烟 73 葡萄种子中的烷醇含量总体呈先下降后上升的趋势。与对照相比,不同质量浓度 EBR 处理均提高了赤霞珠葡萄果皮与种子中原花色素和黄烷醇的含量,平均提高幅度依次表现为 0.4 mg/L EBR>0.8 mg/L EBR>0.1 mg/L EBR,其中 0.4 mg/L EBR 处理与对照之间的差异达显著水平;而不同质量浓度 EBR 处理均使烟 73 葡萄果皮与种子中的原花色素和黄烷醇含量有所降低;1.0 mg/L Brz 处理降低了赤霞珠和烟 73 葡萄果皮与种子中的原花色素和黄烷醇含量,其中烟 73 种子中原花色素和果皮黄烷醇含量与对照之间差异达显著水平。【结论】EBR 处理可以提高赤霞珠果皮及种子中的原花色素及黄烷醇含量,但却使烟 73 葡萄果皮及种子中的原花色素和黄烷醇含量有所降低;Brz 处理降低了赤霞珠和烟 73 果皮及种子的原花色素和黄烷醇含量,表明外源 BRs 参与了调节葡萄果皮及种子中原花色素和黄烷醇的积累。

[关键词] 24-表油菜素内酯;原花色素;黄烷醇;酿酒葡萄

[中图分类号] S663.1

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)02-0094-07

Effects of 24-Epibrassinolide on contents of proanthocyanidins and flavanol accumulation in wine grape

GAO Xiang,XI Zhu-mei,PENG Xiao-qin,ZHANG Hui,MENG Ying

(College of Enology,Northwest A&F University,Yangling,Shaanxi 712100,China)

Abstract: 【Objective】The objective of this study was to investigate the influences of exogenous 24-Epibrassinolide (EBR) treatment on contents of proanthocyanidins and flavanol in *Vitis vinifera* grape berry (Cabernet Sauvignon and Yan 73). 【Method】The grape clusters (Cabernet Sauvignon and Yan 73) were sprayed with 0 (control), 0.1, 0.4, or 0.8 mg/L EBR and 1.0 mg/L brassinosteroids (BRs) inhibitors (Brassinazole, Brz) before veraison, respectively. The contents of proanthocyanidin and flavanol in grape skins and seeds at different periods of fruit ripening were determined to analyze the effects of EBR and Brz on proanthocyanidin and flavanol accumulation. 【Result】Proanthocyanidins content had a slight decrease

[收稿日期] 2013-03-15

[基金项目] 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-30);陕西省自然科学基金项目(2011JM3004)

[作者简介] 高 翔(1987—),女(藏族),四川汶川人,在读硕士,主要从事葡萄与葡萄酒学研究。E-mail:present816@126.com

[通信作者] 惠竹梅(1969—),女,陕西耀县人,副教授,主要从事葡萄与葡萄酒学研究。E-mail:xizhumei@nwsuaf.edu.cn

then increased dramatically during fruit ripening in grape skins. On the contrary, flavanol had a gradual increase after treatment, then decreased, and raise again, but decrease again until harvest in Cabernet Sauvignon grape skins, but it had a gradual increase after treatment, then decreased, and raise again in Yan 73 grape skins. Proanthocyanidins decreased at first, then increased until harvest in grape seeds, the flavanol had a gradual decrease after treatment, then increased, and decrease again in Cabernet Sauvignon grape seeds, it had a decreased at first, then increased in Yan 73 grape skins. EBR treatment increased the contents of proanthocyanidins and flavanol in grape skins and seeds of Cabernet Sauvignon, and 0.4 mg/L EBR treatment was significantly different from the control. Nevertheless, EBR treatment attenuated the contents of proanthocyanidin and flavanol in grape skins and seeds of Yan 73 during ripening. 1.0 mg/L Brz treatment decreased the content of proanthocyanidins and flavanol in both varieties, and the contents of proanthocyanidins in seeds and flavanol in skins of Yan 73 were significantly lower than that of the control.

【Conclusion】 EBR enhanced the accumulation of proanthocyanidins and flavanol in grape skins and seeds of Cabernet Sauvignon, while the effects on Yan 73 were opposite. Brz treatment decreased the contents of proanthocyanidin and flavanol in grape skins and seeds of these two varieties. The results confirmed that exogenous BRs played a role in accumulation of proanthocyanidin and flavanol in wine grapes.

Key words: 24-Epi brassinolide; proanthocyanidin; flavanol; wine grape

原花色素和黄烷醇均属于类黄酮类(Flavonoids)物质,原花色素又称缩合单宁,是黄烷醇中黄烷-3-醇类物质的寡聚物或多聚物,也是葡萄中最主要的多酚类物质之一^[1];黄烷醇主要有儿茶素、表儿茶素、没食子酸儿茶素、表棓儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、表棓儿茶素没食子酸酯等,主要参与原花色素的形成^[2-3]。多酚类物质具有极强的抗氧化功能,尤其是黄烷-3-醇^[4]和原花色素^[5],能够有效地清除自由基,具有抗癌^[6]、抗衰老^[7]等生理生化活性。此外,葡萄果实中的原花色素是葡萄酒苦涩味的主要来源,并间接影响着葡萄酒的色泽变化和澄清度^[8-10]。因此,原花色素和黄烷醇是酿酒葡萄果实及葡萄酒品质的重要评价指标之一。葡萄果实中的原花色素和黄烷醇主要存在于果皮和种子中,其合成除受遗传基因的影响外,还受到环境条件、栽培管理、植物激素等多种因素的影响^[11-12]。许多研究认为,在葡萄果实发育过程中,促进浆果成熟的激素主要有脱落酸(Absciscic acid, ABA)^[12-14]、油菜素内酯(Brassinosteroids, BRs)^[1,15]和乙烯(Ethylene)^[16-17]。BRs是甾醇类植物激素,具有高效、广谱、无毒等优点,植物经极低质量浓度BRs处理后便能表现出显著的生理效应,并可协调植物体内多种内源激素的平衡^[18]。Symons等^[1]和Castellarin等^[19]均检测到了1个编码BR合成的基因VvBR6OX1,其在葡萄整个成熟过程中均有表达,表明BRs在葡萄的生长发育过程中合成并调控葡萄的成熟。内源BRs的增加或外施BRs可提高葡萄

含糖量,促进花色苷的积累,使果实转色和成熟提前,而BRs抑制剂(Brassinazole, Brz)则会延迟葡萄果实成熟^[1]。BRs在葡萄坐果和转色期大量合成^[1,19],对植物的生长和果实的成熟具有重要作用^[1,15,19,20-21]。因此,研究BRs对葡萄原花色素和黄烷醇含量的影响,对于促进果实的成熟与原花色素的积累,提高酿酒葡萄浆果的品质具有重要意义。但截至目前,关于BRs调控葡萄成熟的研究还比较少,BRs是否调控原花色素的合成,国内外尚无研究报道。为此,本研究以生产中主栽的酿酒葡萄品种赤霞珠和主要的染色品种烟73为试材,研究一种活性较强的BRs物质——24-表油菜素内酯(24-Epi brassinolide, EBR)对葡萄果实中原花色素和黄烷醇含量的影响,以期对BRs在葡萄原花色素合成积累方面的研究与合理应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2011-07-02—08-31在陕西省咸阳市泾阳县白王镇齐家寨酿酒葡萄基地进行,供试酿酒葡萄品种为赤霞珠(Cabernet Sauvignon)和烟73(Yan 73, Muscat hamburg × Alicante bouschet),2006-03定植,株行距0.8 m × 2.5 m,南北行向,单干双臂整形,常规管理。

1.2 试验地概况

试验园位于泾阳县白王镇(34°40'56" N, 108°38'53" E),海拔400 m,年日照时数2 195.2 h,

无霜期 213 d,年平均降雨量 548.7 mm,年平均温度 13 ℃。

1.3 试验设计

试验共设 5 个处理:(1)0.1 mg/L EBR;(2)0.4 mg/L EBR;(3)0.8 mg/L EBR;(4)1.0 mg/L Brz;(5)清水对照(CK)。每处理选取生长势基本一致的葡萄植株 10 棵,在每棵葡萄树上不同方位选择生长基本一致的 10 穗葡萄进行标记,试验设 3 次重复,共 300 穗葡萄。

在转色期前(花后 50 d),选择无露水的晴天早晨,按照不同处理对标记的果穗进行均匀喷施,植物激素用体积分数 98%的乙醇溶解后稀释到适宜质量浓度,其中乙醇的最终体积分数为 0.1%。用吐温-80 作为展开剂,其最终体积分数也为 0.1%。清水对照中加入等量的乙醇和吐温-80。

处理于 2011-07-02 进行,处理前于各处理区采集混合样品,3 次重复。以后约 7 d 采样 1 次,直至果实采收,赤霞珠葡萄转色期为 07-15,采收期为 08-31;烟 73 转色期为 07-05,采收期为 08-16。每次采样时,均在标记的葡萄果穗上,选取不同着生方向,在其上、中、下不同部位采集果粒,放入冰盒后带回实验室,-80 ℃冰箱保存待用。试验时手工分离果皮和种子,用于原花色素和黄烷醇含量的测定。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 酚类物质的提取 称取液氮研磨的葡萄果皮、种子各 1 g 于 15 mL 离心管中,分别加入酸化甲

醇(体积分数 80%甲醇、体积分数 0.1%盐酸)10 mL,40 Hz 超声波提取 30 min,4 ℃、10 000 r/min 离心 10 min。3 次重复,合并上清液,定容至 30 mL,放入-20 ℃冰箱保存待用^[22]。

1.4.2 原花色素含量的测定 原花色素含量的测定采用香草醛-盐酸法^[22],配制质量分数 1%的香草醛(A)和体积分数 4%的盐酸甲醇(B)溶液,将 A、B 2 种溶液以 1:1 体积比均匀混合作为显色液。取样液 1 mL,加入显色液 5 mL,30 ℃避光保温 30 min,于 500 nm 波长下比色,结果用每克鲜葡萄果皮或种子中原花色素的毫克数表示。

1.4.3 黄烷醇含量的测定 取样液 1 mL,加入质量分数 0.2%的对二甲氨基肉桂醛 1 mL、0.24 mol/L 的盐酸甲醇 1 mL,避光反应 2 h,于 546 nm 波长下比色^[22],结果用每克鲜葡萄果皮或种子中黄烷醇的毫克数表示。

1.5 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 19.0 软件进行统计与分析,并用邓肯氏法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 24-表油菜素内酯对葡萄果皮及种子中原花色素含量的影响

2.1.1 果皮中原花色素含量的变化 不同质量浓度 EBR 处理对赤霞珠、烟 73 葡萄果皮原花色素含量的影响如图 1 所示。

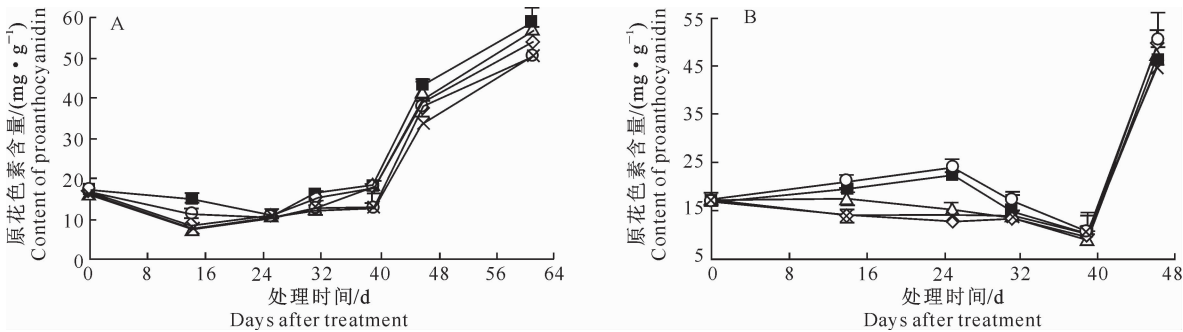


图 1 不同质量浓度 EBR 处理对赤霞珠(A)、烟 73(B)葡萄果皮原花色素含量的影响
-◇-0.1 mg/L EBR;-■-0.4 mg/L EBR;-△-0.8 mg/L EBR;-×-1.0 mg/L Brz;-○-CK

Fig.1 Effect of EBR treatment on the content of proanthocyanidin in grape skins of Cabernet Sauvignon (A) and Yan 73 (B)

由图 1 可知,在葡萄果实成熟过程中,各处理赤霞珠和烟 73 果皮中的原花色素含量总体均呈现出先略有下降后迅速上升的趋势。与对照相比,不同质量浓度 EBR 均可提高赤霞珠果皮中的原花色素含量,平均提高幅度由高到低依次表现为 0.4 mg/L EBR>0.8 mg/L EBR>0.1 mg/L EBR(图 1-A),

其中 0.4 mg/L EBR 处理果皮中的原花色素含量与对照之间差异达显著水平($P<0.05$)。由图 1-B 可知,不同质量浓度 EBR 处理可使烟 73 果皮中的原花色素含量低于对照,但总体与对照之间差异不显著;Brz 处理使赤霞珠和烟 73 果皮中的原花色素含量普遍降低,但与对照之间并无显著差异($P>$

0.05)。

2.1.2 种子中原花色素含量的变化 不同质量浓度 EBR 处理对赤霞珠、烟 73 葡萄种子原花色素含量的影响如图 2 所示。在葡萄成熟过程中,种子与果皮中的原花色素含量及变化趋势存在一定差异^[23]。由图 2 可知,在葡萄果实成熟过程中,各处理赤霞珠和烟 73 葡萄种子中的原花色素含量总体均呈现先下降后上升的趋势。与对照相比,不同质量浓度 EBR 处理均可提高赤霞珠种子中的原花色素含量,平均提高幅度由高到低依次为 0.4 mg/L EBR>0.8 mg/L EBR>0.1 mg/L EBR,其中 0.4

mg/L EBR 处理 32~40 d 时种子的原花色素含量与对照之间差异达显著水平,其余时期与对照之间无显著差异($P>0.05$)。Brz 处理使赤霞珠种子中的原花色素含量降低,但与对照之间差异不显著(图 2-A)。由图 2-B 可知,不同质量浓度的 EBR 处理使烟 73 种子中的原花色素含量低于对照,其中 0.4 mg/L EBR 处理与对照之间差异显著($P<0.05$),其他 EBR 处理 14~39 d 时的原花色素含量与对照之间差异也达显著水平($P<0.05$);Brz 处理使烟 73 种子原花色素含量降低,与对照之间差异达显著水平($P<0.05$)。

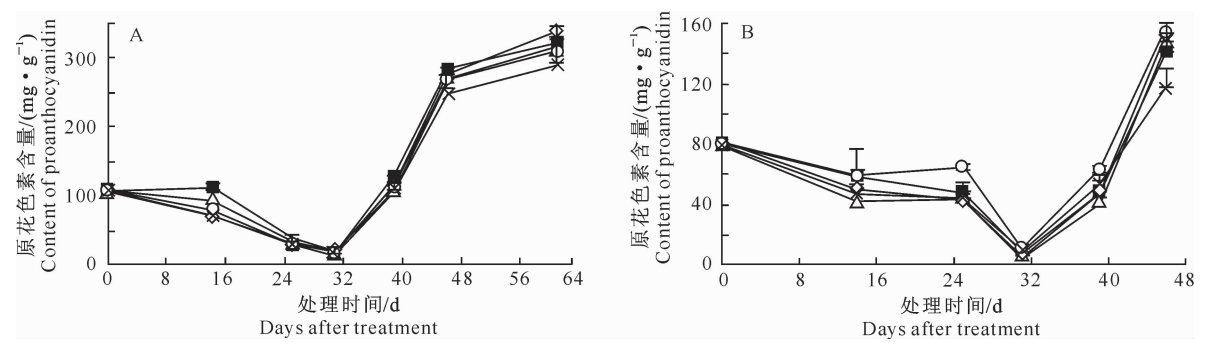


图 2 不同质量浓度 EBR 处理对赤霞珠(A)、烟 73(B)葡萄种子原花色素含量的影响
—◇—0.1 mg/L EBR; —■—0.4 mg/L EBR; —△—0.8 mg/L EBR; —×—1.0 mg/L Brz; —○—CK

Fig. 2 Effect of EBR treatment on the content of proanthocyanidin in grape seeds of Cabernet Sauvignon (A) and Yan 73 (B)

2.2 24-表油菜素内酯对葡萄果皮及种子中黄酮醇含量的影响

2.2.1 果皮中黄酮醇含量的变化 不同质量浓度

EBR 处理对赤霞珠、烟 73 葡萄果皮黄酮醇含量的影响如图 3 所示。

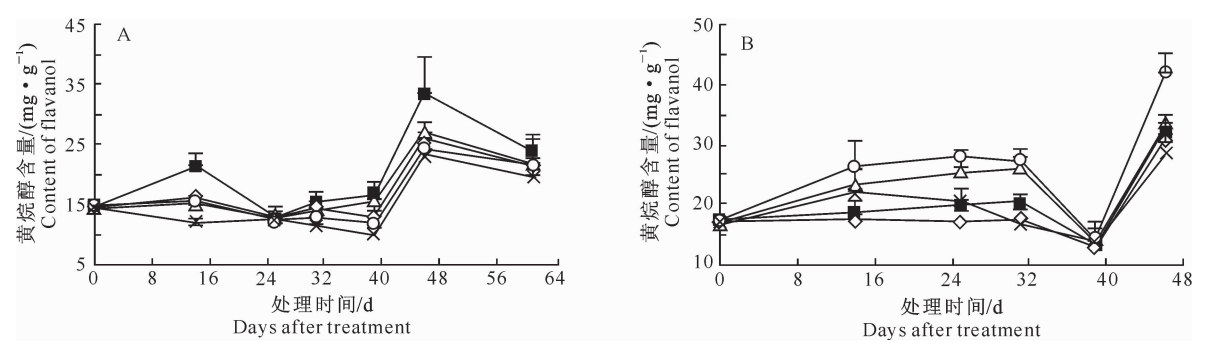


图 3 不同质量浓度 EBR 处理对赤霞珠(A)、烟 73(B)葡萄果皮黄酮醇含量的影响
—◇—0.1 mg/L EBR; —■—0.4 mg/L EBR; —△—0.8 mg/L EBR; —×—1.0 mg/L Brz; —○—CK

Fig. 3 Effect of EBR treatment on the content of flavanol in grape skins of Cabernet Sauvignon (A) and Yan 73 (B)

Kennedy 等^[23]的研究表明,在葡萄果实成熟过程中,黄酮醇和原花色素分别在不同的时期开始增加与累积。由图 3 可知,在葡萄成熟过程中,47 d 前,各处理赤霞珠和烟 73 果皮黄酮醇含量总体呈现先略有上升再下降然后上升的趋势;47 d 后赤霞珠果皮中的黄酮醇含量呈下降趋势。与对照相比,不同浓度质量 EBR 均可提高赤霞珠果皮中的黄酮醇含

量,平均提高幅度由高到低依次为 0.4 mg/L EBR>0.8 mg/L EBR>0.1 mg/L EBR,其中 0.4 mg/L EBR 处理葡萄果皮中的黄酮醇含量与对照之间差异达显著水平($P<0.05$)。Brz 处理使赤霞珠果皮中的黄酮醇含量降低,但与对照之间无显著性差异(图 3-A)。由图 3-B 可知,不同质量浓度 EBR 处理使烟 73 果皮中的黄酮醇含量低于对照,其中以 0.1 和 0.4 mg/L

EBR 处理的降低幅度较大,与对照之间差异显著 ($P<0.05$);Brz 处理使烟 73 果皮的黄烷醇含量有所降低,且随着果实的发育成熟,其降低幅度逐渐增大,与对照之间差异达显著性水平($P<0.05$)。

2.2.2 种子中黄烷醇含量的变化 由图 4 可知,在葡萄成熟过程中,47 d 前,各处理赤霞珠和烟 73 种子中的黄烷醇含量总体呈先下降后上升的趋势;47 d 后,赤霞珠种子中的黄烷醇含量呈下降趋势。与

对照相比,不同质量浓度 EBR 均可提高赤霞珠种子中的黄烷醇含量,平均提高幅度由高到低依次为 0.1 mg/L EBR>0.4 mg/L EBR>0.8 mg/L EBR(图 4-A),但与对照之间无显著差异。由图 4-B 可知,不同质量浓度 EBR 处理使烟 73 葡萄种子中的黄烷醇含量低于对照,但与对照之间无显著差异;Brz 处理使赤霞珠和烟 73 种子的黄烷醇含量降低,但与对照之间差异不显著($P>0.05$)。

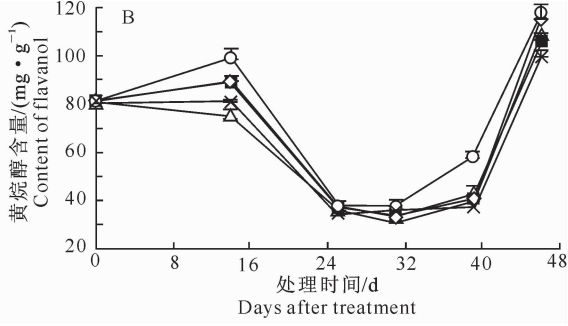
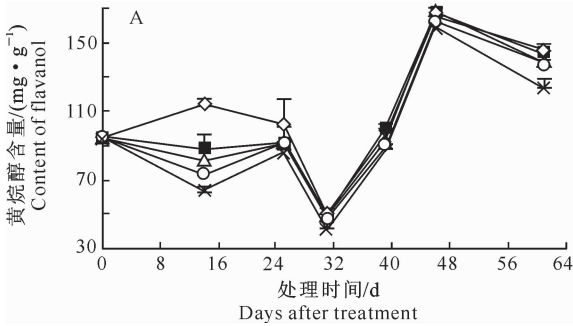


图 4 不同质量浓度 EBR 处理对赤霞珠(A)、烟 73(B)葡萄种子黄烷醇含量的影响
-◇-0.1 mg/L EBR;-■-0.4 mg/L EBR;-△-0.8 mg/L EBR;-×-1.0 mg/L Brz;-○-CK

Fig. 4 Effect of EBR treatment on the content of flavanol in grape seeds of Cabernet Sauvignon (A) and Yan 73 (B)

3 讨 论

3.1 葡萄成熟过程中原花色素及黄烷醇含量的变化

葡萄中的原花色素和黄烷醇是通过苯丙烷和类黄酮代谢途径产生,主要在葡萄开花及坐果期合成。有大量研究表明,原花色素含量在坐果期达到最大值后开始下降,至转色期又有短暂上升,然后再下降直至稳定不变^[23-25]。也有研究表明,在转色期后,葡萄原花色素含量上升或稳定不变^[24-25]。本研究结果表明,在葡萄成熟过程中,赤霞珠和烟 73 葡萄果皮中原花色素含量的变化呈现先略有下降然后上升的趋势,这与 Kennedy 等^[26]和 Koyama 等^[27]对葡萄果皮中原花色素含量变化的研究结果一致。Kennedy 等^[23]的研究表明,黄烷醇和原花色素含量分别在葡萄果实发育的不同时期累积增加。本研究中,47 d 前,各处理葡萄果皮黄烷醇含量的变化呈现先略有上升再下降然后上升的趋势,与原花色素含量变化趋势不同。花色素也是由类黄酮代谢途径合成,在转色期由于花色素的合成会积累大量的无色花色素(原花色素前体物质),因此有报道称在转色期会有原花色素单体,即黄烷醇含量短暂上升^[24-25],这与本研究葡萄果皮中黄烷醇含量的短暂上升一致。

原花色素在果实的不同部分聚合度不同,即在果实不同部位其单体、寡聚体和多聚体的比例不同,且在葡萄成熟过程中,种子中的原花色素聚合度会

降低,而果皮中其聚合度都会上升^[23,26]。有研究表明,在葡萄种子中,儿茶素、寡聚体和多聚体含量分别占浆果总含量的 4.2%,29.4%和 66.4%,而果皮中儿茶素、寡聚体和多聚体分别占 1.8%,13.0%和 85.2%^[28],所以果皮和种子中原花色素含量变化趋势可能不一致。本试验结果表明,葡萄种子中原花色素和黄烷醇含量的变化趋势总体一致,均呈现先下降后上升的趋势,这与果皮原花色素和黄烷醇含量的变化趋势不同。

综上所述,本研究结果表明,在葡萄成熟过程中,原花色素和黄烷醇含量的变化趋势在不同品种、环境及葡萄的不同器官中存在差异。除了受到遗传基因对原花色素和黄烷醇含量变化的影响外,外界环境也会影响类黄酮的合成途径^[24]。此外,在葡萄成熟过程中,原花色素和黄烷醇含量的变化很复杂,会发生聚合、氧化、相互转化等反应,提取及测定方法也会影响原花色素及黄烷醇含量分析结果^[29],葡萄病虫害也可能会导致类黄酮途径的激活^[30]。

3.2 BRs 对葡萄成熟过程中原花色素及黄烷醇含量的影响

BRs 具有多种生物活性,被认为是一种多效的植物激素,在葡萄等非呼吸跃变型果实的成熟过程中具有重要的调控作用^[1,19,24,31-33]。本试验结果表明,不同质量浓度 EBR 均可提高赤霞珠葡萄果皮和种子中的原花色素及黄烷醇含量;Brz 处理降低了

赤霞珠葡萄果皮和种子中的原花色素及黄烷醇含量,但与对照之间差异不显著。Vardhini 等^[34]的研究表明,乙烯已被确认是调控呼吸跃变型果实成熟过程的主要激素^[35],在果实成熟过程中,BRs 可通过促进乙烯的合成^[36]提高番茄中番茄红素的含量,而在葡萄果实成熟过程中发现乙烯可促进花色苷的积累^[37]。因此,关于 BRs 对葡萄果实成熟和原花色素积累的调控机理,还需要进一步深入研究。

本研究中,不同质量浓度 EBR 处理使烟 73 葡萄果皮和种子中的原花色素及黄烷醇含量低于对照,这与 EBR 对赤霞珠葡萄的影响不一致;Brz 处理也可以降低烟 73 葡萄果皮和种子中的原花色素和黄烷醇含量,这与其对赤霞珠葡萄的影响相同。有研究表明,BRs 可提高葡萄成熟过程中的花色素含量^[1],催化花色素合成的花色素合酶(ANS)与催化原花色素合成的无色花色素还原酶(LAN)存在底物竞争关系^[25],烟 73 葡萄果实喷施 BRs 后,促进了无色花色素形成花色素,而转色期类黄酮糖基转移酶(UFGT)活性较高^[12],其能迅速地催化花色素转化形成稳定的花色苷,从而导致原花色素和黄烷醇合成减少。本试验处理开始时,正处于赤霞珠转色期前 2 周及烟 73 转色期前 3 d,BRs 的半衰期较短,在葡萄生长不同时期喷施 BRs,其所起的主要作用也可能不同。

4 结 论

1)在葡萄成熟过程中,赤霞珠和烟 73 葡萄果皮中原花色素含量呈现先略有下降然后上升的趋势;赤霞珠果皮中的黄烷醇含量呈现先略有上升后下降然后再上升再下降的趋势,烟 73 果皮中的黄烷醇含量呈先略有上升后下降然后再上升的趋势。赤霞珠和烟 73 葡萄种子中的原花色素含量均呈先下降然后上升的趋势;赤霞珠葡萄种子中的黄烷醇含量呈先下降后上升然后再下降的趋势,烟 73 葡萄种子中的烷醇含量总体呈先下降后上升的趋势。

2)不同质量浓度 EBR 处理均可以提高赤霞珠葡萄果皮及种子中的原花色素和黄烷醇含量,其中 0.4 mg/L EBR 处理对果皮原花色素和黄烷醇含量的提高幅度较大,与对照之间的差异达显著水平。不同质量浓度 EBR 处理均可以降低烟 73 葡萄果皮及种子中的原花色素和黄烷醇含量。

3)Brz 处理降低了葡萄果皮和种子中的原花色素及黄烷醇含量,其中烟 73 种子原花色素和果皮黄烷醇含量的降低幅度较大,与对照之间差异达显著

水平。

[参考文献]

[1] Symons G M, Davies C, Shavrukov Y, et al. Grapes on steroids: Brassinosteroids are involved in grape berry ripening [J]. Plant Physiology, 2006, 140(1): 150-158.

[2] Hollman P C H. Evidence for health benefits of plant phenols: Local or systemic effects [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2001, 81(9): 842-852.

[3] Hollman P C H, Arts I C W. Flavonols, flavones and flavanols-nature, occurrence and dietary burden [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(7): 1081-1093.

[4] Guendez R, Kallithraka S, Makris D P, et al. Determination of low molecular weight polyphenolic constituents in grape (*Vitis vinifera* sp.) seed extracts; Correlation with antiradical activity [J]. Food Chemistry, 2005, 89(1): 1-9.

[5] Rigo A, Vianello F, Clementi G, et al. Contribution of proanthocyanidins to the peroxy radical scavenging capacity of some Italian red wines [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(6): 1996-2002.

[6] Wang H, Provan G J, Helliwell K. Tea flavonoids their functions, utilisation and analysis [J]. Trends in Food Science and Technology, 2000, 11: 152-160.

[7] Revilla I, Gonzalez-SanJose M L. Compositional changes during the storage of red wines treated with pectolytic enzymes: Low molecular-weight phenols and flavan-3-ol derivative levels [J]. Food Chemistry, 2003, 80(2): 205-214.

[8] 李华, 王华, 袁春龙. 葡萄酒化学 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.

Li H, Wang H, Yuan C L. Wine chemistry [M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese)

[9] Vidal S, Courcoux P, Francis L, et al. Use of an experimental design approach for evaluation of key wine components on mouth-feel perception [J]. Food Quality and Preference, 2004, 15(3): 209-217.

[10] Monagas M, Gomez-Cordoves C, Bartolome B, et al. Monomeric, oligomeric, and polymeric flavan-3-ol composition of wines and grapes from *Vitis vinifera* L. cv. Graciano, Tempranillo, and Cabernet Sauvignon [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2003, 51(22): 6475-6481.

[11] Sparvoli F, Martin C, Scienza A, et al. Cloning and molecular analysis of structural genes involved in flavonoid and stilbene biosynthesis in grape (*Vitis vinifera* L.) [J]. Plant Molecular Biology, 1994, 24: 743-755.

[12] Jeong S T, Goto-Yamamoto N, Kobayashi S, et al. Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins [J]. Plant Science, 2004, 167(2): 247-252.

[13] Coombe B G. Research on development and ripening of the grape berry [J]. Am J Enol Vitic, 1992, 43: 101-110.

[14] 霍珊珊, 惠竹梅, 马立娜, 等. 植物生长调节剂对赤霞珠葡萄果实品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版,

- 2012,40(1):184-189
- Huo S S, Xi Z M, Ma L N, et al. Effect of plant growth regulator on the quality of Cabernet Sauvignon grape [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2012,40(1):184-189. (in Chinese)
- [15] 马焕普,陈 静,刘志民,等.天然芸苔素和茉莉酸酯对葡萄果实品质及成熟期的影响[J].北方果树,2004(4):8-9.
- Ma H P, Chen J, Liu Z M, et al. Effect of nature brassinolide and PDJ on quality and mature period of grape [J]. Northern Horticulture, 2004(4):8-9. (in Chinese)
- [16] Chervin C, El-Kereamy A, Roustan J-P, et al. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit [J]. Plant Science, 2004, 167(6):1301-1305.
- [17] El-Kereamy A, Chervin C, Roustan J P, et al. Exogenous ethylene stimulates the long-term expression of genes related to anthocyanin biosynthesis in grape berries [J]. Physiologia Plantarum, 2003, 119(2):175-182.
- [18] 储昭庆,李 李,宋 丽,等.油菜素内酯生物合成与功能的研究进展[J].植物学通报,2006,23(5):543-555.
- Chu Z Q, Li L, Song L, et al. Advances on brassinosteroid biosynthesis and functions [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2006, 23(5):543-555. (in Chinese)
- [19] Castellarin S D, Pfeiffer A, Siviloti P, et al. Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit [J]. Plant, Cell & Environment, 2007, 30(11):1381-1399.
- [20] Deluc L G, Grimplet J, Wheatley M D, et al. Transcriptomic and metabolite analyses of Cabernet Sauvignon grape berry development [J]. BMC Genomics, 2007, 8:1-42.
- [21] 孟凡庭,刘华山.油菜素内酯对巨峰葡萄座果率与品质的影响[J].北方园艺,1993(4):10-11.
- Meng F T, Liu H S. Effect of Brassinolide on fruit setting rate and quality of Kyoho Grape [J]. Northern Horticulture, 1993(4):10-11. (in Chinese)
- [22] Fang Y L, Meng J F, Zhang A, et al. Influence of shriveling on berry composition and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon grapes from Shanxi vineyards [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(4):749-757.
- [23] Kennedy J A, Matthews M A, Waterhouse A L. Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening [J]. Phytochemistry, 2000, 55:77-85.
- [24] Lacampagne S, Gagne S, Geny L. Involvement of abscisic acid in controlling the proanthocyanidin biosynthesis pathway in grape skin; New elements regarding the regulation of tannin composition and leucoanthocyanidin reductase (LAR) and anthocyanidin reductase (ANR) activities and expression [J]. J Plant Growth Regul, 2010, 29(1):81-90.
- [25] Gagne S, Lacampagne S, Claisse O, et al. Leucoanthocyanidin reductase and anthocyanidin reductase gene expression and activity in flowers, young berries and skins of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet-Sauvignon during development [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2009, 47(4):282-290.
- [26] Kennedy J A, Hayasaka Y, Vidal S, et al. Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development [J]. Food Chemistry, 2001, 49:5348-5355.
- [27] Koyama K, Sadamatsu K, Goto-Yamamoto N. Absciscic acid stimulated ripening and gene expression in berry skins of the Cabernet Sauvignon grape [J]. Functional & Integrative Genomics, 2010, 10(3):367-381.
- [28] Sun B S, Ricardo da Silva J M, Spranger M. Quantification of catechin and poranthocyanidins in several portuguese grapevine varieties and red wines [J]. Ciencia E Tecnica Vitivinicola, 2001, 16(1):23-34.
- [29] Schofield P, Mbugua D M, Pell A N. Analysis of condensed tannin: A review [J]. Animal Feed Science and Technology, 2001, 91:21-40.
- [30] 宋凤鸣,郑 重.棉酚和单宁含量与棉花对枯萎病抗性之间的关系[J].浙江农业大学学报,1997,23(5):529-532.
- Song F M, Zheng Z. Involvement of gossypol and tannin in the resistance of cotton seedlings to Fusarium wilt [J]. Journal of Zhejiang Agricultural University, 1997, 23(5):529-532. (in Chinese)
- [31] Finkelstein R, Gampala S, Rock C. Absciscic acid signaling in seeds and seedlings [J]. Plant Cell, 2002, 14(S):S15-S45
- [32] Haubrick L L, Assmann S M. Brassinosteroids and plant function: Some clues, more puzzles [J]. Plant, Cell and Environment, 2006, 29(3):446-457.
- [33] Gollop R, Even S, Colova-Tsolova V, et al. Expression of the grape dihydroflavonol reductase gene and analysis of its promoter region [J]. Journal of Experimental Botany, 2001, 53(373):1397-1409.
- [34] Vardhini B, Rao S. Acceleration of ripening of tomato pericarp discs by brassinosteroids [J]. Phytochemistry, 2002, 16:843-847.
- [35] Seymour G B, Fray R G, Hill P, et al. Down-regulation of two non-homologous endogenous tomato genes with a single chimaeric sense gene construct [J]. Plant Molecular Biology, 1993, 23:1-9.
- [36] Montoya T, Nomura T, Yokota T, et al. Patterns of dwarf expression and brassinosteroid accumulation in tomato reveal the importance of brassinosteroid synthesis during fruit development [J]. The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology, 2005, 42(2):262-269.
- [37] Kereamy A E I, Chervin C, Roustan J P, et al. Exogenous ethylene stimulate the long-term expression of genes related to anthocyanin biosynthesis in grape berries [J]. Physiologia Plantarum, 2003, 119(2):175-182.