

叶面喷施 ABA 和 PDJ 对‘巨峰’葡萄果实着色及品质的影响

李芳菲^{1,2}, 王莎², 谷世超², 程大伟², 顾红², 李明², 陈锦永^{2*}, 杨英军^{1*}

(¹河南科技大学林学院, 河南洛阳 471023; ²中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009)

摘要:【目的】研究叶面喷施脱落酸(ABA)和二氢茉莉酸丙酯(PDJ)对‘巨峰’葡萄果实着色及品质的影响。【方法】在果实转色初期和中期,使用不同浓度 ABA(A1: 10 mg·L⁻¹, A2: 25 mg·L⁻¹, A3: 50 mg·L⁻¹)和 PDJ(P1: 5 mg·L⁻¹, P2: 10 mg·L⁻¹, P3: 25 mg·L⁻¹)对‘巨峰’葡萄进行叶面喷施处理,并分析不同处理下成熟果实花色苷、叶绿素、类胡萝卜素、可溶性固形物、可滴定酸和类黄酮含量,以及穗重、单粒重等指标的差异,通过主成分分析对葡萄果实着色指标和内在品质进行综合评价,以确定最适宜的 ABA 和 PDJ 施用浓度。【结果】不同浓度 ABA 和 PDJ 处理均能显著增加果皮花色苷含量,降低叶绿素和类胡萝卜素含量,提高了颜色指数(CIRG)和红绿色差指标(*a**),并降低果实亮度(*L**)和黄蓝色差指标(*b**),从而提高果实着色程度;果穗重、单粒重增大,可溶性固形物和果皮类黄酮含量显著上升,但对果实可滴定酸无影响。【结论】不同处理的效果综合评价依次为 A2>P2>A1>A3>P1>P3>CK,在所有处理中,A2 处理对于促进果实着色以及提高果实品质的效果最好,P2 处理次之,ABA 处理效果整体上优于 PDJ 处理。

关键词: ‘巨峰’葡萄;脱落酸(ABA);二氢茉莉酸丙酯(PDJ);果实着色;品质

中图分类号:S663.1

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2020)03-0362-09

Effects of foliar application of ABA and PDJ on the coloration and quality of ‘Kyoho’ grape berry

LI Fangfei^{1,2}, WANG Sha², GU Shichao², CHENG Dawei², GU Hong², LI Ming², CHEN Jinyong^{2*}, YANG Yingjun^{1*}

(¹Forestry College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, Henan, China; ²Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, Henan, China)

Abstract: 【Objective】Fruit color is one of the most important sensory quality indicators of colored grapes, but in actual production, the fruit may be poorly colored due to various internal or external factors. Application of plant growth regulators (PGR) in grapes is an effective means to improve fruit coloration. In order to explore the effects of foliar application of abscisic acid (ABA) and prohydrojasmon (PDJ) on the coloration and quality of ‘Kyoho’ grape berries, this experiment used different concentrations of ABA and PDJ for ‘Kyoho’ grapes at veraison, and analyzed indicators related to grape coloration and quality. The propose of the study was to select the appropriate concentration of ABA and PDJ for improving ‘Kyoho’ grape coloration. 【Methods】Foliar spray treatments of ‘Kyoho’ grape were carried out with different concentrations of ABA (A1: 10 mg·L⁻¹, A2: 25 mg·L⁻¹, and A3: 50 mg·L⁻¹) and PDJ (P1: 5 mg·L⁻¹, P2: 10 mg·L⁻¹, and P3: 25 mg·L⁻¹) in the early and middle stages of ripening, and effects on anthocyanins, chlorophyll, carotenoids, soluble solids, titratable acids and flavonoids contents of berries, as well as on bunch weight and berry weight of mature grape were analyzed. 【Results】With

收稿日期:2019-11-14 接受日期:2019-12-24

基金项目:国家自然科学基金—葡萄细胞分裂素响应调节因子 VvRR2 在坐果与幼果发育中的功能分析(31701893);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(1610192019502);河南省大宗水果产业技术体系(S2014-11)

作者简介:李芳菲,在读硕士研究生,研究方向为果树生理与栽培技术。E-mail:1193297033@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. E-mail:chenjinyong@caas.cn; E-mail:Yangyingjun2003@126.com

the berries matured, the degree of fruit coloration, color index of red grape (CIRG) and color component of redness and greenness (a^*) increased, while surface light brightness (L^*) and color component of yellowness and blueness (b^*) decreased. Except for P3, all the other treatments increased the degree of fruit coloration, CIRG, a^* value and decreased L^* and b^* values, indicating that both ABA and PDJ were effective to improve fruit coloration. Among the treatments, A2 and P2 were the best ($p < 0.05$). As the fruit ripened, anthocyanins accumulated, while chlorophyll and carotenoid contents gradually decreased. ABA reduced chlorophyll and carotenoid contents in ‘Kyoho’ grape and promoted the synthesis of anthocyanins, with A2 being the best ($p < 0.05$). PDJ had the same effect, P2 was the best to promote berry coloration ($p < 0.05$). After ABA and PDJ treatment, the bunch weight and berry weight of ‘Kyoho’ grape were higher than those of the control, and effects of A2 and P2 reached significant levels ($p < 0.05$), indicating that ABA and PDJ could increase the bunch weight. ABA and PDJ had no significant effect on the longitudinal diameter, transverse diameter and fruit shape index ($p > 0.05$). However, the soluble solids of grape fruit were significantly higher in ABA and PDJ treatments than in the control ($p < 0.05$), but there was no significant difference in titratable acid content among the treatments ($p > 0.05$), indicating that ABA and PDJ could increase the content of soluble solids in fruits, but had no effect on titratable acids. ABA and PDJ treatments significantly increased the flavonoid content in the fruit ($p < 0.05$), and A2 was the best, followed by P2.【Conclusion】The effectiveness of different treatments on berry coloration and quality was $A2 > P2 > A1 > A3 > P1 > P3 > CK$. On the whole, ABA treatments were more effective than PDJ treatments.

Key words: ‘Kyoho’ grape; Abscisic acid (ABA); Prohydrojasmon(PDJ); Fruit coloring; Quality

‘巨峰’葡萄属于欧美杂种,由日本的大井上康于1937年以‘石原早生’为母本、‘森田尼’为父本杂交培育而成的四倍体葡萄品种,1959年引入我国,并在各地得到大面积推广,至20世纪90年代,‘巨峰’葡萄已发展为我国鲜食葡萄第一主栽品种^[1-2]。‘巨峰’葡萄具有粒大、汁多、肉甜、丰产性强、抗病性好等优点^[3],但常常因环境因素或管理不当造成果实着色不均、青红相间的现象,严重影响果实品质及商品价值。

脱落酸(abscisic acid, ABA)是一种植物内源激素,通过信号传导途径调控植物的各项生理反应^[4]。ABA不仅可以帮助植物抵抗外界胁迫,还能改善果实的色泽,提高果实品质^[5]。目前,使用外源ABA促进葡萄着色在我国已得到广泛应用。关于ABA如何改善葡萄色泽和提高果实品质,一些学者做了相关研究。有研究表明,ABA处理可以有效提高‘京优’葡萄可溶性固形物的含量,降低有机酸含量,促进花色苷的积累,通过进一步研究发现ABA处理可能通过上调花色苷合成相关基因和转录因子,从而提高花色苷含量,改善果实色泽^[6]。也有研究认为外源ABA可能是通过调节内源激素含量和

激素间的平衡影响果实的着色^[7]。

茉莉酸类(jasmonates, JAs)作为一种新型植物生长调节物质,对于植物生长发育、抗逆以及次级代谢产物的合成等都发挥重要作用^[8-9]。近几年,有学者发现JAs同样可以促进果实中花色苷的合成,改善色泽并提高果实品质^[10-11]。二氢茉莉酸丙酯(prohydrojasmon, PDJ)是一种人工合成的茉莉酸类衍生物,与其他茉莉酸类相比,PDJ具有化学稳定性好、易被植物吸收且生理作用时间长等优点,更具有实用价值^[12]。有研究表明,用不同浓度PDJ涂抹‘巨玫瑰’葡萄果柄,可提高葡萄颜色指数(Color Index of Red Grape, CIRG)和花色苷含量,降低叶绿素含量,改善果实色泽,此外,PDJ处理增加了可溶性固形物含量并使可滴定酸含量下降,提高果实品质^[13]。马焕普等^[14]研究表明,50 mg·L⁻¹的PDJ处理‘京优’效果最好,能显著增加花色苷的含量,促进葡萄着色,同时使葡萄提早成熟5~6 d。

果实色泽是有色葡萄最重要的感官品质指标之一,但在实际生产中会因为各种内部或外界因素造成果实着色不良。目前,植物生长调节剂作为一种行之有效的手段正被应用于葡萄产业,用以改善

果实着色。以往有关植物生长调节剂调控果实着色的方式多集中在对果实的处理,缺乏采用叶面喷施方式促进着色的相关研究,叶面喷施方式相比前者不仅简单易行、节省人工、利于机械化操作,而且避免了因果实套袋后造成的处理不便的问题。目前有关PDJ对果实着色和品质影响的研究也较少。本试验于转色期使用不同浓度ABA和PDJ对‘巨峰’葡萄进行叶面喷施,研究其对果实着色和品质的影响,筛选出适宜的ABA和PDJ浓度,并比较两者的作用效果,以期为科学合理地应用植物生长调节剂及改善‘巨峰’葡萄色泽提供理论依据和技术参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于2018年6—8月进行,试验品种为9a生‘巨峰’葡萄,位于河南省新密市振东路高根才葡萄园(地理坐标为E 113°57',N 34°48'),南北行向,株行距1 m×2 m,V形架,植株生长健壮且长势一致,生长结果正常,按常规栽培措施统一管理。

1.2 试验设计

选择长势基本一致的植株,于转色初期(花后45 d)和转色中期(花后60 d)进行不同浓度ABA和PDJ(Wako,日本)处理。试验共设7个处理(表1),以清水为对照(CK)。各处理加入体积分数0.1%的乙醇以溶解ABA和PDJ,并加入0.1%的吐温80作为展着剂。处理采用叶面喷施的方法,直至滴水为止,其他按常规管理。2株小区,3次重复,每处理6株葡萄。待果实成熟,将全部供试果穗采回,每小区从葡萄果穗的上、中、下部位随机采30粒果实,放入冰盒,测定各项指标。

表1 试验处理

Table 1 Test treatment

处理 Treatment	植物生长调节剂 Plant growth regulator	质量浓度 Concentration/(mg·L ⁻¹)
对照CK	清水 Water	0
A1	ABA	10
A2		25
A3		50
P1	PDJ	5
P2		10
P3		25

1.3 测定指标与方法

1.3.1 果实外观指标 (1)穗质量、单粒质量用电子

天平测定,果粒纵径、横径用游标卡尺测定。

(2)果穗着色等级。每小区随机选5个果穗,按本试验调查标准(表2)进行果穗着色等级划分,求均值。

表2 果穗着色等级标准

Table 2 Standards for the coloration level of the cluster

级别 Class	着色面积占整穗的百分比 The percentage of coloring area to the whole cluster
1	着色面积≤30% Coloring area≤30%
2	30%<着色面积≤50% 30%<Coloring area≤50%
3	50%<着色面积≤70% 50%<Coloring area≤70%
4	70%<着色面积≤90% 70%<Coloring area≤90%
5	着色面积>90% Coloring area>90%

(3)果实着色指数。用CR-400手持色差计(Konica Minolta日本)测定每个果实赤道部位的色泽指标 L^* 、 a^* 、 b^* 。 L^* 表示果面色泽明亮度,取值范围[1,100], L^* 值越大,果面亮度越高,反之则亮度越低。 a^* 值代表红绿色差指标, b^* 值代表黄蓝色差指标,取值范围均为[-60,+60], a^* 正值为红色,负值为绿色; b^* 正值为黄色,负值为蓝色,绝对值越大,颜色越深^[15]。利用 a^* 和 b^* 值可计算出色泽饱和度(Chroma, C^*)值, $C^*=[a^{*2}+b^{*2}]^{1/2}$,并计算出色调角(hue angle, h°)值, $h^\circ=\arctangent b^*/a^*$ 。葡萄果实颜色指数(CIRG), $CIRG=(180-h^\circ)/(L^*+C^*)$,该指数评价果实外观色泽的标准为:CIRG<2为黄绿,2<CIRG<4为粉红,4<CIRG<5为红色,5<CIRG<6为深红,CIRG>6为蓝黑色^[16]。

1.3.2 果实内在指标(理化指标) (1)可溶性固形物(TSS)含量和可滴定酸(TA)含量。可溶性固形物含量使用手持式折光仪测定,可滴定酸含量采用酸度计测定。

(2)叶绿素和类胡萝卜素含量的测定参照孙晓文^[17]的方法。

(3)类黄酮和花色苷含量。类黄酮含量采用采用 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3$ 比色法测定^[18],花色苷含量采用pH示差法测定^[19-20]。

1.4 数据分析

采用Excel 2013整理试验数据,采用SPSS22.0软件进行差异显著性分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 ABA和PDJ对‘巨峰’葡萄果实着色的影响

结果表明,ABA和PDJ可不同程度地改善果实

色泽(图1)。从外观看,以A2和P2处理效果最好,整穗为深紫色,着色情况远优于对照。A1和A3处理整体为深紫红色,但夹杂少许青粒。P3和对照差

异不明显,都夹杂一半甚至一半以上的青粒,P1处理仅优于P3处理和对照。所以,以A2和P2处理促进着色的效果最好。



图1 不同浓度ABA和PDJ处理的‘巨峰’葡萄着色情况

Fig. 1 Coloration in ‘Kyoho’ grape berries treated with different concentrations of ABA and PDJ

2.2 ABA和PDJ对果实外观指标的影响

经ABA和PDJ处理后,‘巨峰’葡萄的穗质量、单粒质量均发生了不同程度的变化。由表3可知,ABA和PDJ可增大果实穗质量,A2和P2处理效果最为显

著,与对照相比,分别提高了23.7%和10.3%,P2显著增大了果实单粒质量,其余处理与对照差异不显著。ABA和PDJ处理对果实纵横径及果形指数均无影响。整体上,A2和P2处理对果实生长指标效果最优。

表3 不同浓度ABA和PDJ处理对‘巨峰’葡萄果实生长指标的影响

Table 3 Effects of treatments with different concentrations of ABA and PDJ on fruit growth indexes of ‘Kyoho’ grape

处理 Treatment	果穗质量 Bunch mass/g	单粒质量 Berry mass/g	纵径 Longitudinal diameter/mm	横径 Transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index
对照CK	576.43±16.34 cd	6.39±0.13 bc	22.66±0.23 a	22.34±0.28 a	1.01±0.003 a
A1	666.35±31.43 b	6.30±0.15 c	22.53±0.33 a	22.08±0.34 a	1.02±0.009 a
A2	713.25±19.90 a	6.45±0.06 bc	22.88±0.60 a	22.89±0.48 a	1.00±0.047 a
A3	631.57±29.41 b	6.40±0.08 bc	22.88±0.28 a	22.60±0.83 a	1.01±0.028 a
P1	541.60±19.52 d	6.53±0.09 ab	22.55±0.14 a	22.34±0.24 a	1.01±0.004 a
P2	635.89±31.31 b	6.68±0.19 a	22.50±0.21 a	22.67±0.41 a	1.01±0.007 a
P3	591.24±14.59 c	6.31±0.06 c	22.89±0.55 a	22.17±0.14 a	1.02±0.000 a

注:同一列中不同小写字母表示差异显著(p < 0.05)。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at p < 0.05. The same below.

2.3 ABA和PDJ对果实着色等级及色泽指标的影响

着色等级可以直接反映葡萄果穗的着色情况。由表4可知,ABA和PDJ均提高了果穗的着色等级,以A1、A2和P2处理效果最显著,三者之间无明显差异,其他处理效果不明显。对于果粒的色泽明亮度L*,A2处理的L*值最低,其次为A1和P2处理,其他处理的L*值虽然有一定程度的提高或降低,但与对照相比差异不明显。a*代表红绿色差,表中各处理a*值均为正值,数值越高,红色越深。可以看出,a*值位于前三位的是P2、A1、P3处理,且与对照差异显著,表明P2处理对于果粒红色的加深效果最强,其次是A1、P3处理。b*(黄蓝色差)为负值时表示蓝色,数值越小蓝色越深,蓝色的加深有利于葡萄着色。除对照和P3外,其他处理的b*值

均为负值,且与对照差异明显。A2处理b*值最小,其次为P2处理,两者无差异,表明A2和P2对于果粒蓝色的加深效果最强。CIRG是颜色指数,可以根据CIRG比较不同处理果皮的着色程度。各处理的CIRG值在5到6之间,表示果粒为深红色,ABA和PDJ处理均提高了果粒的CIRG值,以A2效果最好,其次是P2。总体来说,A2处理对于提高果穗着色等级及果粒的色泽指标效果最好,P2处理效果仅次于A2处理。

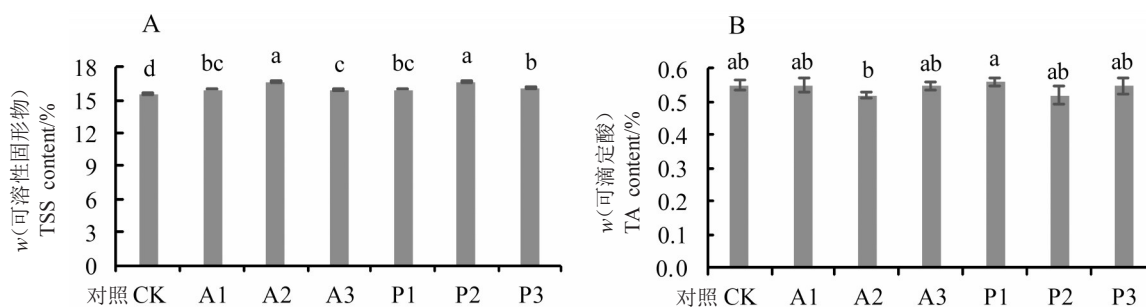
2.4 ABA和PDJ对果实TSS和TA含量的影响

可溶性固形物和可滴定酸含量可以直接反映果实的口感,当果实成熟时,两者都趋于稳定。图2显示,ABA和PDJ处理均显著提高了果实可溶性固形物含量,A2和P2处理的果实可溶性固形物含量

表4 不同浓度ABA和PDJ处理对果实着色等级及色泽指标的影响

Table 4 Effects of treatments with different concentrations of ABA and PDJ on fruit coloring grade and color indexes

处理 Treatment	着色等级 Coloration level	L^*	a^*	b^*	CIRG
对照 CK	3.8±0.40 b	31.93±0.28 ab	3.21±0.22 d	0.29±0.45 a	5.11±0.08 cd
A1	4.8±0.40 a	30.43±0.16 c	3.78±0.06 b	-0.92±0.08 d	5.25±0.03 b
A2	5.0±0.00 a	28.84±0.31 d	3.42±0.23 cd	-1.22±0.06 d	5.55±0.08 a
A3	4.0±0.00 b	31.50±0.39 b	3.39±0.13 cd	-0.43±0.18 c	5.16±0.07 bc
P1	4.0±0.63 b	31.89±0.66 ab	3.28±0.31 d	-0.12±0.34 bc	5.12±0.06 cd
P2	5.0±0.00 a	30.05±0.14 c	4.10±0.13 a	-1.14±0.06 d	5.26±0.04 b
P3	4.0±0.00 b	32.26±0.39 a	3.57±0.19 bc	0.16±0.30 ab	5.02±0.06 d



不同小写字母表示不同处理间在 $p < 0.05$ 水平差异显著。下同。

Different small letters refer to significant difference between treatments at $p < 0.05$ level. The same below.

图2 不同浓度ABA和PDJ处理对果实可溶性固形物(A)和可滴定酸(B)含量的影响

Fig. 2 Effects of treatments with different concentrations of ABA and PDJ on contents of soluble solid (A) and titratable acid (B) in berries

最高,均为16.7%,而对照仅有15.5%,显著高于对照,其余4个处理之间差异不显著。经ABA和PDJ处理的果实可滴定酸含量与对照无差异。综上,A2和P2对可溶性固形物含量的提高效果最佳,但各处理均不能显著降低果实的可滴定酸含量。

2.5 ABA和PDJ对果皮叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

葡萄果实的成熟伴随着叶绿素和类胡萝卜素含量的下降,两者含量的降低有利于果实着色。经ABA和PDJ处理的果实果皮中叶绿素含量显著低于对照,表明各处理都能降低果皮叶绿素含量。PDJ处理中P2的叶绿素含量最低,表明P2处理效果最好,而ABA三个处理的叶绿素含量之间无差异。各处理均降低了果皮类胡萝卜素含量,PDJ各处理显著低于对照,但三者之间差异不显著。ABA处理仅A1与对照差异显著,降低类胡萝卜素含量的效果整体不如PDJ处理。所有处理中以P2对于降低叶绿素含量效果最好,P1、P2、P3对降低类胡萝卜素含量的效果优于其他处理,但三者之间无明显差异(图3)。

2.6 ABA和PDJ对果皮类黄酮和花色苷含量的影响

葡萄果实的成熟伴随着花色苷含量的积累,花色苷含量越高果实着色越深。由图4可见,不同浓度ABA和PDJ处理均促进了果皮类黄酮和花色苷含量的积累。A2处理类黄酮含量最高,效果最好,其次是P2和P1处理。除P3处理外,其余各处理均显著增加了果皮花色苷的含量,A1、A2、P2对于花色苷含量的积累效果最好,三者无差异。

2.7 ABA和PDJ对‘巨峰’葡萄着色和品质的综合评价

对不同浓度ABA和PDJ处理的‘巨峰’着色指标和品质指标进行了主成分分析(表5)和综合评价(表6),提取出2个主成分,累计贡献率达到86.222%,具有一定的信息代表性,即能够反映不同浓度ABA和PDJ处理对于‘巨峰’果实色泽和品质的效果。第一个主成分主要由TSS、TA、着色等级、CIRG、叶绿素、类黄酮、花色苷7个性状决定,可直接反映果实的风味、色泽和营养价值,贡献率高达70.458%。第二个主成分由类胡萝卜素决定,可从

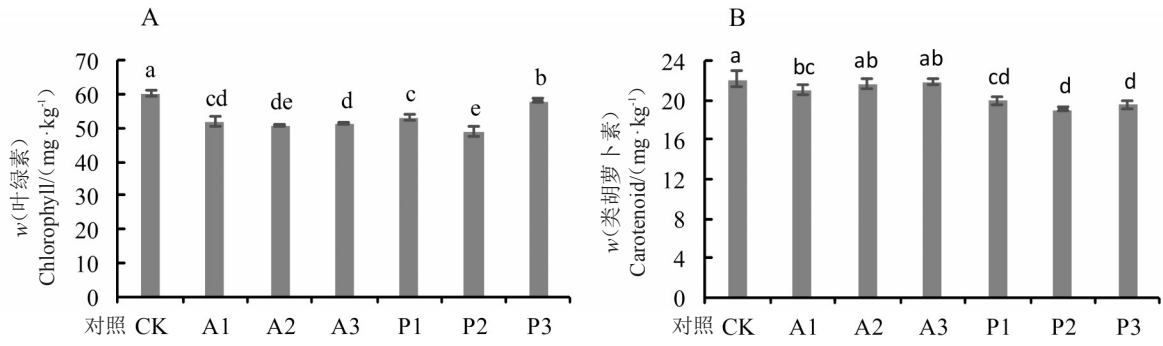


图3 不同浓度ABA和PDJ处理对果皮叶绿素(A)和类胡萝卜素(B)含量的影响

Fig. 3 Effects of treatments with different concentrations of ABA and PDJ on contents of chlorophylls (A) and carotenoids (B) in peels

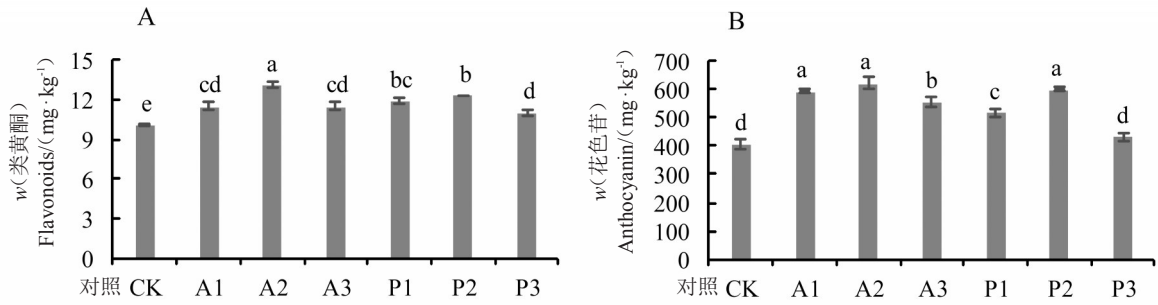


图4 不同浓度ABA和PDJ处理对的果皮类黄酮(A)和花色苷(B)含量的影响

Fig. 4 Effects of treatments with different concentrations of ABA and PDJ contents of flavonoids (A) and anthocyanins (B) in peels

表5 不同浓度ABA和PDJ处理的‘巨峰’果实着色及品质评价因子主成分分析

Table 5 Principal component analysis of fruit coloration and quality evaluation factors of ‘Kyoho’ berries treated with different concentrations of ABA and PDJ

主成分 Principal component	PC1	PC2
特征根 Eigen value	5.637	1.261
贡献率 Contribution rate	0.704 58	0.157 64
累计贡献率 Cumulative contribution rate	0.704 58	0.862 22
可溶性固形物 Soluble solid	0.921*	-0.265
可滴定酸 Titratable acid	-0.83*	-0.031
着色等级 Coloring grade	0.928*	-0.009
颜色指数 Color index of red grape	0.855*	0.464
叶绿素 Chlorophyll	-0.864*	0.058
类胡萝卜素 Carotenoid	-0.203	0.975*
类黄酮 Flavonoids	0.936*	-0.05
花色苷 Anthocyanins	0.919*	0.137

注:*表示某指标在各因子中的较大绝对值。

Note:* means the bigger absolute value of each index in all factors.

侧面表明果实的着色情况,贡献率为15.764%。综合评价的结果是A2>P2>A1>A3>P1>P3>CK,促进‘巨峰’着色并提高果实品质综合效果最好的处理是A2处理。

表6 不同浓度ABA和PDJ处理对果实着色及品质影响的综合评价

Table 6 Comprehensive evaluation of the effects of different concentrations of ABA and PDJ on fruit coloration and quality

处理 Treatment	对照 CK	A1	A2	A3	P1	P2	P3
Z值 Z value	-2.47	0.46	2.99	-0.29	-0.84	1.91	-1.77
排序 Rank	7	3	1	4	5	2	6

3 讨论

本试验研究表明,除P1穗质量和A1、P3粒质量低于对照外,ABA和PDJ处理后‘巨峰’葡萄果穗质量、单粒质量高于对照,其中A2(25 mg·L⁻¹ ABA)和P2(10 mg·L⁻¹ PDJ)达到显著水平,说明适当浓度的ABA和PDJ可增大果实的穗质量,这与王延书等^[21]研究结果一致。果粒横径和纵径决定了果实的大小和形状,马文婷等^[22]以ABA(100、200、300 mg·L⁻¹)处理‘蛇龙珠’葡萄,孙晓文等^[17]用PDJ(50、100 mg·L⁻¹)处理‘圣诞玫瑰’葡萄,结果均为ABA和PDJ对果实

纵径和横径无显著影响。本试验中,不同浓度ABA和PDJ处理后,果粒纵径、横径及果形指数与对照均无明显差异,这与前人研究结果相似。

葡萄果实的成熟伴随着果实着色等级、红绿色差 a^* 、CIRG值的上升和色泽明亮度 L^* 、黄蓝色差 b^* 的下降。本研究中除P3处理外,其他处理与对照相比,均增大了果实着色等级、 a^* 值、CIRG,同时降低了 L^* 和 b^* 值,表明ABA和PDJ均可提高果实的着色程度,其他学者^[13,23]的研究也得到了相似的结果。本试验中以A2(25 mg·L⁻¹ ABA)和P2(10 mg·L⁻¹ PDJ)处理效果最好。

果皮颜色的呈现主要由叶绿素、类胡萝卜素、花色苷等色素的相对含量决定,花色苷使果实呈红色和紫色,类胡萝卜素决定了果实的黄色或橙红色,而叶绿素对红色有一定干扰或屏蔽作用^[24]。随着果实逐渐成熟,花色苷得到积累,叶绿素含量逐渐降低^[25],类胡萝卜素作为葡萄果皮底色,含量越低,越有利于葡萄花色苷颜色的呈现^[17]。施加外源ABA可提高花色苷含量,降低叶绿素的含量,从而调节果实成熟过程中的色素组成^[26-27]。用不同浓度ABA对‘矢富罗莎’和‘早生红秀’葡萄进行浸蘸果穗处理,结果表明,100 mg·L⁻¹ ABA促进花色苷的积累和叶绿素的降解效果最好^[26]。本试验中,叶面喷施ABA均显著降低‘巨峰’葡萄叶绿素含量并促进花色苷的合成,以25 mg·L⁻¹ ABA效果最好,与前面学者的最佳浓度不同,可能与葡萄品种和施用部位有关,相比果实,叶片对于药剂的耐受性较低,喷施浓度过高易发生药害,造成叶片萎蔫黄化等问题,不利于树体和果实发育,所以本试验选用的处理浓度相对较低,效果最好的浓度低于其他学者针对果实处理的浓度。近几年的研究显示,PDJ能有效促进葡萄^[13,17]、桃^[28]、苹果^[29]等果实花色苷的积累和叶绿素、类胡萝卜素含量的下降,改善果实色泽。本试验以PDJ处理‘巨峰’葡萄得到了相同的结论,以10 mg·L⁻¹ PDJ促进着色效果最佳。

可溶性固形物和可滴定酸的含量是决定葡萄内在品质的重要指标,也是形成其他营养物质和风味成分的基础物质^[30]。在转色期应用不同质量浓度的ABA(100、150、200 mg·L⁻¹)处理‘魏可’葡萄,可显著提高果实可溶性固形物含量,降低可滴定酸含量^[23]。对‘京亚’葡萄进行PDJ(25、50、100 mg·L⁻¹)处理,可溶性固形物含量明显增加,含酸量显著降

低,糖酸比增大,从而提高了果实风味^[14]。本试验中,经ABA和PDJ处理,葡萄果实可溶性固形物均显著高于对照,而可滴定酸的含量与对照无差异,表明ABA和PDJ对果实可滴定酸无影响,Jeong等^[31]研究也表明施用ABA不能影响果实可滴定酸的含量。类黄酮是葡萄果皮中重要的次生代谢产物,可以使色素更深更稳定,对提高葡萄和葡萄酒的色度和稳定性有重要意义,且在预防糖尿病、心血管疾病和某些癌症方面有独特的功效^[32]。本研究中,ABA和PDJ处理可显著增加果实类黄酮含量,与其他学者^[17,28]的研究结果一致。

本试验采用主成分分析,对葡萄果实着色指标和内在品质等进行了综合评价,综合得分为A2>P2>A1>A3>P1>P3>CK,所以促进葡萄着色并提高果实品质以A2(25 mg·L⁻¹ ABA)效果最好,ABA处理效果整体优于PDJ处理。

参考文献 References:

- [1] 国家葡萄产业技术体系育种研究室. 植物生长调节剂在葡萄生产中的应用[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
Breeding Research Laboratory of National Grape Industry Technology System. Application of plant growth regulator in grape production[M]. Beijing:China Agriculture Press,2011.
- [2] 黄璐. 巨峰葡萄不同芽节位夏季花芽分化规律及相关影响因子的研究[D]. 南宁:广西大学,2015.
HUANG Lu. Study on the summer differentiation of buds in different nodes and its influence factors in Kyoho grape[D]. Nanning: Guangxi University,2015.
- [3] 陈锦永,顾红,赵长竹,张威远,魏世忠. ABA促进巨峰葡萄着色和成熟试验简报[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2010(1):43-44.
CHEN Jinyong, GU Hong, ZHAO Changzhu, ZHANG Weiyuan, WEI Shizhong. The test briefing of ABA promoting grape coloring and maturity[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2010(1):43-44.
- [4] NAMBARA E, MARION-POLL A. Abscisic acid biosynthesis and catabolism[J]. Annual Review of Plant Biology, 2005, 56(1):165-185.
- [5] 马文瑶,程大伟,顾红,黄海娜,陈锦永,杨英军. 脱落酸(ABA)促进果实着色研究进展[J]. 果树学报,2018,35(8):1016-1026.
MA Wenyao, CHENG Dawei, GU Hong, HUANG Haina, CHEN Jinyong, YANG Yingjun. Advances in ABA promoting fruit coloration[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(8): 1016-1026.
- [6] 于淼. 脱落酸和乙烯利对葡萄花色苷生物合成相关基因表达的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2010.

- YU Miao. Effects of abscisic acid and ethephon on expression of genes related to anthocyanin biosynthesis in grapevine[D]. Ha'erbin: Northeast Forestry University, 2010.
- [7] 李云鹏. ABA和BR及其复合剂对葡萄果实着色的效应及机理研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2003.
- LI Yunpeng. Effect and mechanism of ABA, BR and its compound on fruit coloring of grape[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2003.
- [8] 王芳, 陈子林. 茉莉酸类植物激素分析研究进展[J]. 生命科学, 2010, 22(1): 45-58.
- WANG Fang, CHEN Zilin. Advance in the analysis of plant hormone jasmonates[J]. Chinese Bulletin of Life Sciences, 2010, 22(1): 45-58.
- [9] YU Y H, JIAO Z L, BIAN L, WAN Y R, YU K K, ZHANG G H, GUO D L. Overexpression of *Vitis vinifera* VvbZIP60 enhances Arabidopsis resistance to powdery mildew via the salicylic acid signaling pathway[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 256: 108640.
- [10] KONDO S, TOMIYAMA A, SETO H. Changes of endogenous jasmonic acid and methyl jasmonate in apples and sweet cherries during fruit development[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2000, 125(3): 282-287.
- [11] PORTU J, SANTAMARÍA P, LÓPEZ-ALFARO I, LÓPEZ R, GARDE-CERDÁN T. Methyl jasmonate foliar application to tempranillo vineyard improved grape and wine phenolic content [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2015, 63(8): 2328.
- [12] 徐后娟, 丁秀英, 刘峰, 张军. 二氢茉莉酸丙酯对烟草黑胥病的控制作用及对 osmotin 基因表达的影响[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(5): 31-34.
- XU Houjuan, DING Xiuying, LIU Feng, ZHANG Jun. Effects of propyl dihydrojasmonate on tobacco black shank and its effect on osmotin gene expression[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2005, 11(5): 31-34.
- [13] 马文瑶, 程大伟, 黄海娜, 陈锦永, 杨英军. PDJ对‘巨玫瑰’葡萄果实着色及品质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(3): 118-125.
- MA Wenyao, CHENG Dawei, HUANG Haina, CHEN Jinyong, YANG Yingjun. Effect of prohydrojasmon on coloration and quality of the ‘Jumeigui’ grape berry[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2019, 21(3): 118-125.
- [14] 马焕普, 陈静, 刘志民, 梁宝岩. 天然芸薹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 Huanpu, CHEN Jing, LIU Zhimin, LIANG Baoyan. Effects of natural brassinolide and jasmonate on the quality and ripening stage of grape fruits[J]. Northern Fruits, 2004(4): 8-9.
- [15] 孟祥云, 王枝翠, 王雨歌, 樊新民, 赵宝龙, 刘怀锋. 地面遮阴对新疆‘红地球’葡萄果实着色的影响[J]. 果树学报, 2014, 31(1): 60-65.
- MENG Xiangyun, WANG Zhicui, WANG Yuge, FAN Xinmin, ZHAO Baolong, LIU Huafeng. Effects of terrestrial shading on the berry coloring of ‘Red Globe’ grape (*Vitis vinifera* L.) in Xinjiang[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(1): 60-65.
- [16] AMIRI M E, FALLAHI E, PARSEH S. Application of ethephon and ABA at 40% veraison advanced maturity and quality of ‘Beidaneh Ghermez’ grape[J]. International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production, 2010, (884): 371-377.
- [17] 孙晓文. 茉莉酸酯类对葡萄果实着色及品质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- SUN Xiaowen. Effects of jasmonates on coloration and quality of grape berry[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016.
- [18] MEYERS K J, WATKINS C B, PRITTS M P, LIU R U. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2003, 51(23): 6887-6892.
- [19] HE J J, LIU Y X, PAN Q H, CUI X Y, DUAN C Q. Different anthocyanin profiles of the skin and the pulp of Yan7 (Muscat Hamburg × Alicante Bouschet) grape berries[J]. Molecules, 2010, 15(3): 1141-53.
- [20] 刘洪海, 张晓丽, 杜平, 张希波. pH示差法测定烟73葡萄中花青素含量[J]. 中国调味品, 2009, 34(4): 110-111.
- LIU Honghai, ZHANG Xiaoli, DU Ping, ZHANG Xibo. Determination the anthocyanin content in Yan73 grape by pH-differential method[J]. China Condiment, 2009, 34(4): 110-111.
- [21] 王延书. 葡萄果实着色前后ABA代谢合成关键酶的基因表达分析[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- WANG Yanshu. Transcriptional analysis of key enzymes for ABA metabolism and biosynthesis around the veraison of grape berry ripening[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2011.
- [22] 马文婷. 脱落酸、乙烯利和芸薹素内酯对蛇龙珠葡萄果实品质及果皮花色苷的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2015.
- MA Wenting. Effects of ABA, ETH and BR on fruit quality and anthocyanin on grape peel of Cabernet Gernischt[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2015.
- [23] 程云, 吴欣欣, 李百健, 高志红. 外源脱落酸对魏可葡萄果实着色及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 163-166.
- CHENG Yun, WU Xinxin, LI Baijian, GAO Zhihong. Effect of exogenous abscisic acid on coloration and quality of Weike grape[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(10): 163-166.
- [24] 李芳菲, 马文瑶, 程大伟, 黄海娜, 顾红, 陈锦永, 杨英军. 植物生长调节物质对葡萄着色影响的研究进展[J]. 果树学报, 2019, 36(7): 928-938.
- LI Fangfei, MA Wenyao, CHENG Dawei, HUANG Haina, GU Hong, CHEN Jinyong, YANG Yingjun. Advances in grape coloration by plant growth regulators[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(7): 928-938.
- [25] 王鹏洋, 曲姗姗. ABA对果实品质的影响研究进展[J]. 现代农

- 业科技,2019(7):198.
- WANG Pengyang, QU Shanshan. Advances in effects of ABA on fruit quality[J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2019(7):198.
- [26] 谢周. 根域限制和不同植物生长调节剂对葡萄生长发育的影响[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- XIE Zhou. The effects of root restriction and different plant growth regulators on the development of grapevines[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.
- [27] KOYAMA R, ROBERTO S R, DE SOUZA R T, BORGES W F S, ANDERSON M, WATERHOUSE A L, CANTU D, FIDELIBUS M W, BLANCO-ULATE B. Exogenous abscisic acid promotes anthocyanin biosynthesis and increased expression of flavonoid synthesis genes in *Vitis vinifera* × *Vitis labrusca* table grapes in a Subtropical Region[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2018, 9:323.
- [28] 何平. 茉莉酸酯类对秋甜桃果实着色及品质的影响[J]. *分子植物育种*, 2019, 17(7):2371-2378.
- HE Ping. Effects of jasmonates on coloration and quality of qitian peach[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2019, 17(7): 2371-2378.
- [29] ATAY E. Effect of application time of prohydrojasmon on fruit coloration of Gala and Braeburn apples[J]. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2015, 21(6): 1242-1247.
- [30] 任俊鹏, 李小红, 董瑞奇, 宋新新, 顾克余, 沈月芳, 陶建敏. 环剥和脱落酸处理对‘夏黑’葡萄果实着色及相关基因表达的影响[J]. *果树学报*, 2013 30(6):968-974.
- REN Junpeng, LI Xiaohong, DONG Ruiqi, SONG Xinxin, GU Keyu, SHEN Yuefang, TAO Jianmin. Effect of girdling and ABA treatment on fruit quality and peel coloring of ‘Summer Black’ grape[J]. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(6):968-974.
- [31] JEONG S T, GOTO-YAMAMOTO N, KOBAYASHI S, ESAKA M. 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.
- [32] 闵卓, 欧阳亚南, 张阳, 刘敏, 鞠延仑, 房玉林. 葡萄与葡萄酒中类黄酮物质的研究进展[J]. *北方园艺*, 2018 (5):160-170.
- MIN Zhuo, OUYANG Yanan, ZHANG Yang, LIU Min, JU Yanlun, FANG Yulin. Advances in flavonoids in grape and wine[J]. *Northern Horticulture*, 2018 (5): 160-170.