

GA₃和CPPU对无核翠宝葡萄果实品质的影响

郭淑萍¹, 杨顺林¹, 杨玉皎¹, 张永辉¹, 孟富宣¹, 何建军^{2*}, 张俊松³, 金杰^{1*}

(¹云南省农业科学院热区生态农业研究所, 云南元谋 651300; ²广西特色作物研究院, 广西桂林 541004; ³云南省楚雄州武定县农业农村局, 云南武定 651600)

摘要:【目的】探究赤霉素(Gibberellin acid, GA₃)和氯吡啶(Forchlorfenuron, CPPU)对无核翠宝葡萄果粒膨大及其内在和外观品质的影响, 筛选出适宜提升无核翠宝葡萄品质的植物生长调节剂浓度和配比, 为无核翠宝葡萄合理施用植物生长调节剂提供理论依据, 为其高效优质栽培提供参考。【方法】作者以2年生早熟欧亚种葡萄品种无核翠宝为试材, 在盛花期用10.0、12.5、20.0、25.0 mg·L⁻¹ GA₃浸蘸果穗, 幼果期分别用12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU、25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU混合液浸蘸果穗, 果实成熟时测定果粒纵横径、果粒质量、果穗质量、可溶性固形物含量、总酸含量、维生素C含量、单宁含量和果实色泽。【结果】GA₃和CPPU处理后果实坐果率、果实纵径、果实横径、果粒质量、果穗质量得到显著提升, 可溶性固形物含量、维生素C含量和固酸比下降, 玫瑰香味变淡, 总酸含量增加, 推迟成熟。综合评价表明, 盛花期12.5 mg·L⁻¹ GA₃+幼果期25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU综合得分最高, 盛花期25.0 mg·L⁻¹ GA₃+幼果期12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU综合得分最低, 但均高于对照。【结论】在盛花期用12.5 mg·L⁻¹ GA₃处理, 幼果期使用25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU处理对无核翠宝葡萄综合品质提升效果最好。

关键词: 无核翠宝葡萄; 赤霉素; 氯吡啶; 果实品质

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2022)10-1834-11

Effect of GA₃ and CPPU treatments on fruit quality of Wuhe Cuibao grape

GUO Shuping¹, YANG Shunlin¹, YANG Yujiao¹, ZHANG Yonghui¹, MENG Fuxuan¹, HE Jianjun^{2*}, ZHANG Junsong³, JIN Jie^{1*}

(¹Institute of Tropical Eco-Agricultural Sciences, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yuanmou 651300, Yunnan, China; ²Guangxi Academy of Special Crops, Guilin 541004, Guangxi, China; ³Wuding County, Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Wuding 651600, Yunnan, China)

Abstract: 【Objective】Wuhe Cuibao grape (Guibao×Centennial Seedless) selected by Fruit Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, is an early-maturing seedless Eurasian variety with high quality. The Institute of Ecological Agriculture in Hot Areas of Yunnan Academy of Agricultural Sciences introduced the variety from the Fruit Tree Research Institute of Shanxi Academy of Agricultural Sciences in December 2016. After five years of trial planting, this variety was found to have a sweet and crispy flesh with rose fragrance and high nutrition value. In addition, it has other advantages such as low maintenance, high yield, moderate disease resistance, strong adaptability and thus promising application prospects. However, Wuhe Cuibao grape may suffer excessive flower and fruit drop under natural conditions, and the berry and the clusters are small, with an average berry weight of 3.6–4.0 g, which affects the commodity of the fruit. Gibberellin (GA₃) and forchlorfenuron (CPPU) are widely used in grape cultivation to improve fruit set, increase fruit size and improve fruit quality. However, the suitable concentration and proportion of plant growth regulators vary with grape varieties, use period

收稿日期: 2022-03-17 接受日期: 2022-05-11

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD1001405); 云南省重大科技专项(202002AA100007); 云南省省级特色作物种质资源圃

作者简介: 郭淑萍, 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向: 作物种质资源。Tel: 15808700147, E-mail: 522246390@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 18378302220, E-mail: 123131614@qq.com; Tel: 0878-8225668, E-mail: 276361917@qq.com

and climate. If they are not used properly, problems such as stunted berry hollow fruit and decline in fruit quality may occur. After treatment with plant growth regulators, the commodity of the fruit is significantly improved. Therefore, it is of great significance to study the application of plant growth regulators to increase fruit set, improve cluster thinning, increase yield and improve the comprehensive quality of Wuhe Cuibao. The effects of the concentrations and proportions of GA₃ and CPPU on the fruit quality of Wuhe Cuibao grape in the dry and hot valley of Jinsha River, Yunnan Province were studied, and the plant growth regulators suitable for improving the quality of Wuhe Cuibao grape were selected. **【Methods】** The authors used two-year-old Wuhe Cuibao grape vines as the test material. At full flowering (March 12), grape clusters were evenly dipped with different concentrations of GA₃ (A-B: 10.0 mg·L⁻¹, C-D: 12.5 mg·L⁻¹, E-F: 20.0 mg·L⁻¹, and G-H: 25.0 mg·L⁻¹). Two weeks after flowering (March 25), grape clusters were evenly immersed in the mixture of GA₃ and CPPU of different concentrations (A: 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU, B: 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU, C: 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU, D: 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU, E: 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU, F: 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU, G: 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU, and H: 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU). Fruit color parameters, longitudinal diameter, transverse diameter, berry mass, cob mass, soluble solids content, total acid, Vc, tannin content and color parameters were collected at the maturity stage under different treatments. **【Results】** The results showed that the indexes such as fruit setting rate, longitudinal diameter, transverse diameter, single berry weight and bunch weight in the berries treated with GA₃ and CPPU were significantly increased. 20.0 mg·L⁻¹ GA₃ at full flowering stage and 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ + 2.5 mg·L⁻¹ CPPU at young fruit stage had the largest longitudinal diameter, transverse diameter and berry mass, which were 25.94 mm, 20.80 mm and 6.59 g, respectively. The largest bunch mass (284.72 g) was found in the treatment with 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ at full flowering stage plus 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ + 2.5 mg·L⁻¹ CPPU at young fruit stage. The effect of fruit expansion was the best when 20.0 mg·L⁻¹ GA₃ was used at full flowering stage and 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ + 2.5 mg·L⁻¹ CPPU was used at young fruit stage. However, the use of the plant growth regulators reduced the soluble solid content, vitamin content and solid acid in Wuhe Cuibao grape, weakened the rose flavor, increased the total acid content, significantly increased the *L*^{*}, *a*^{*} and *b*^{*} values, deepened the greenness and delayed ripening. The values in 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ treatments at full flowering stage, and 25.0 mg·L⁻¹ GA₃ + 5.0 mg·L⁻¹ CPPU treatment at young fruit stage were relatively higher; the treatment with 25.0 mg·L⁻¹ GA₃ at full flowering stage and 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ + 2.5 mg·L⁻¹ CPPU at young fruit stage had the lowest value, but they were higher than the CK. **【Conclusion】** The comprehensive quality of Wuhe Cuibao grapes in the dry and hot valley of Jinsha River in Yunnan Province was improved greatest by using 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ treatment at full flowering stage and 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU treatment at young fruit stage.

Key words: Wuhe Cuibao grape; GA₃; CPPU; Fruit quality

无核翠宝葡萄为欧亚种,是山西省农业科学院果树研究所以瑰宝为母本、无核白鸡心为父本杂交育成的无核、早熟、优质鲜食葡萄品种^[1],具有浓郁的玫瑰香味,其果肉甜脆、栽培管理容易、丰产性强、抗病性中等、适应性强,适合在干热河谷地区种植^[2-3],具有较好的种植前景,值得推广。但无核翠宝葡萄自然条件下容易落花落果,果粒和果穗不大,平均单果质量3.8 g,且着生不紧密,影响商品性,经

GA₃等植物生长调节剂处理后,果实商品性显著提升^[4]。为此,研究使用植物生长调节剂对改善果粒小和果穗稀疏,提高产量,提升无核翠宝葡萄综合品质具有重要的意义。

赤霉素(GA₃)和氯吡脒(CPPU)是葡萄常用的植物生长调节剂,合理使用可以提高果实品质^[5]。GA₃应用于葡萄生产可诱导果实无核化、提升坐果率、促进果实膨大^[6]。CPPU是一种细胞分裂素,能

促进细胞分裂和组织分化,在提高坐果率、膨大果实、改善果实外观上效果显著^[6-7],CPPU与GA₃搭配使用,对葡萄坐果、无核和果实膨大有促进作用^[8-9],果实品质的提升效果比单独使用GA₃好^[10],目前GA₃和CPPU组合在巨峰^[11-12]、夏黑^[13-14]、阳光玫瑰^[15-17]等多个鲜食葡萄品种中得到广泛应用。然而,植物生长调节剂的使用浓度和配比因葡萄品种、使用时期、气候不同而有所不同,使用不当易导致僵果、空心、果实品质下降等问题^[18]。植物生长调节剂在无核翠宝葡萄上的应用已有报道^[4],但是在干热河谷气候条件下植物生长调节剂对无核翠宝葡萄的影响未见报道。笔者在盛花期使用不同浓度的GA₃,在幼果期使用不同浓度的GA₃和PPU混合液对无核翠宝葡萄进行处理,在果实成熟期对各项生长指标、果实品质进行调查分析,筛选出云南金沙江干热河谷区适合无核翠宝葡萄品质提升的植物生长调节剂类型和配比浓度,以期为云南金沙江干热河谷区以及类似区域的无核翠宝葡萄植物生长调节剂的合理施用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

以2年生无核翠宝葡萄为试验材料,取生长一致、长势健壮、无病虫害的植株,5穗为1小区,3次重复,共135穗。种植在云南省农业科学院热区生态农业研究所元谋综合试验站苴林基地,扦插苗,避雨栽培,水平棚架T形,南北行向,株行距2.0 m×4.0 m,水肥一体化管理,其他栽培和病虫害防治常规管理。供试药剂:GA₃(赤霉酸,别名奇宝,20%,美商华仑生物科学公司);CPPU(氯吡脞,0.1%,重庆市诺意农药有限公司)。

1.2 试验方法

试验于2021年3—5月进行,盛花期(2021年3月12日)分别用不同浓度植物生长调节剂进行第一次处理,试验设置9个处理,以清水处理为对照(CK),详见表1;幼果期(2021年3月25日)用2种不同调节剂组合进行膨大处理,分别为12.5 mg·L⁻¹GA₃+2.5 mg·L⁻¹CPPU、25 mg·L⁻¹GA₃+5 mg·L⁻¹CPPU。处理时将果穗浸在500 mL药液中3 s,2021年5月12日,葡萄成熟后采样并带回实验室检测各项指标。

表1 无核翠宝葡萄植物生长调节处理

Table 1 Plant growth regulator treatment method for Wuhe Cuibao grape

处理 Treatment	盛花期(3月12日) Full flowering period(March 12th)	幼果期(3月25日) Young fruit stage(March 25th)
对照 CK	清水 Water	清水 Water
A	10.0 mg·L ⁻¹ GA ₃	12.5 mg·L ⁻¹ GA ₃ +2.5 mg·L ⁻¹ CPPU
B	10.0 mg·L ⁻¹ GA ₃	25.0 mg·L ⁻¹ GA ₃ +5.0 mg·L ⁻¹ CPPU
C	12.5 mg·L ⁻¹ GA ₃	12.5 mg·L ⁻¹ GA ₃ +2.5 mg·L ⁻¹ CPPU
D	12.5 mg·L ⁻¹ GA ₃	25.0 mg·L ⁻¹ GA ₃ +5.0 mg·L ⁻¹ CPPU
E	20.0 mg·L ⁻¹ GA ₃	12.5 mg·L ⁻¹ GA ₃ +2.5 mg·L ⁻¹ CPPU
F	20.0 mg·L ⁻¹ GA ₃	25.0 mg·L ⁻¹ GA ₃ +5.0 mg·L ⁻¹ CPPU
G	25.0 mg·L ⁻¹ GA ₃	12.5 mg·L ⁻¹ GA ₃ +2.5 mg·L ⁻¹ CPPU
H	25.0 mg·L ⁻¹ GA ₃	25.0 mg·L ⁻¹ GA ₃ +5.0 mg·L ⁻¹ CPPU

1.3 测定指标及方法

1.3.1 葡萄果实外观品质测定 用电子天平测量果粒质量和果穗质量,精确到0.01 g;用游标卡尺随机测30粒果实的纵径、横径,精确到0.01 mm,果形指数为果粒纵径和横径的比值。

1.3.2 葡萄果实内在品质指标测定 用手持测糖仪测可溶性固形物含量(SSC),参照GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》中酸碱滴定法测定总酸含量(TA);参照GB 5009.86—2016《食品安全国家标准食品中抗坏血酸的测定》和NY/T 1600—2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定分光光度法》^[19-20]测定维生素C和单宁含量。

固酸比的测定,以SSC与TA含量的比值表示^[21]。

1.3.3 葡萄果实色泽的测定 使用CR-400便携式色差仪(Konica Minolta,日本)测定果皮色差的L*、a*、b*值,其中L*表示色泽亮度,取值范围为(1,100),L*值越大,表示果面越亮;a*值代表红绿色差值,其中-a*为绿,值越小,表示颜色越绿;b*值代表黄蓝色差值,其中-b*为蓝,+b*为黄,数值越大表示样品越黄;利用a*和b*值计算色泽饱和度(Chroma,C*)和色调角(h°)^[22]。h°在0°~180°之间,h°=0°为紫红色,h°=90°时为黄色,h°=180°为绿色。无核翠宝果实本身为黄绿色,在果实综合评价时选择h°来反映果面色泽。

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2},$$

$$h^\circ = 180^\circ + \arctan\left(\frac{b}{a}\right) (a < 0, b > 0).$$

1.4 数据分析

使用Excel 2007进行试验数据整理,使用

DPS7.05 软件对数据进行显著性 (Duncan 法, $p < 0.05$) 分析, 用 SPSS22 软件进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对无核翠宝葡萄果粒和果穗的影响

如表 2 所示, 不同处理对无核翠宝葡萄的果形指数、果粒质量、果穗质量等果穗性状具有显著影响, 均显著提高无核翠宝果粒质量, 果粒质量大小依次是 E>F>A>B>H>G>C>D>CK。处理 E 果粒质量最大, 达 6.59 g, 其次是处理 F, 为 6.06 g, 对照果粒质量最小, 仅 3.73 g。综合比较, 盛花期用 20.0 mg·L⁻¹ GA₃、幼果期用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU 混

合液处理能显著增加无核翠宝葡萄果粒质量; 盛花期用 20.0 mg·L⁻¹ GA₃、幼果期 (黄豆大) 用 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU 混合液处理也增加了果粒质量, 但随着混合液浓度增大, 果粒质量减小。在盛花期使用 10.0、12.5、20.0、25.0 mg·L⁻¹ GA₃ 处理, 幼果期用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU 混合液或 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU 混合液处理均显著增加了无核翠宝葡萄果粒质量, 但除了处理 H 外, 随着混合液浓度的增加, 果粒质量减小, 说明高浓度的植物生长调节剂抑制果实生长 (图 1)。

不同处理的无核翠宝葡萄果穗质量有显著差异。处理后果穗质量由大到小排序是 C>E>G>

表 2 不同处理对无核翠宝葡萄果实外观品质的影响

Table 2 Effects of different treatments on the appearance quality of Wuhe Cuibao grape

处理 Treatment	果粒纵径 Longitudinal diameter/mm	果粒横径 Transverse diameter/mm	果形指数 Shape index	果粒质量 Berry mass/g	果穗质量 Bunch weight/g	成熟期 Mature period
对照 CK	21.47±10.58 d	18.42±0.31 c	1.16±0.03 c	3.73±0.22 d	166.26±7.52 c	05-06
A	24.83±0.42 abc	19.64±0.48 abc	1.27±0.06 ab	5.56±0.19 bc	258.80±6.24 ab	05-12
B	24.03±0.37 bc	19.97±0.27 abc	1.20±0.01 bc	5.50±0.22 bc	250.96±5.20 b	05-12
C	24.20±0.56 bc	18.72±0.41 bc	1.29±0.01 ab	4.95±0.29 c	284.72±11.26 a	05-12
D	21.59±0.45 d	18.77±0.70 bc	1.15±0.02 c	4.77±0.22 c	242.70±8.47 b	05-12
E	25.94±0.66 a	20.80±0.42 a	1.25±0.04 abc	6.59±0.29 a	269.64±5.40 ab	05-12
F	24.99±0.74 ab	20.27±0.85 ab	1.24±0.03 abc	6.06±0.60 ab	241.10±11.23 b	05-12
G	23.26±0.44 c	19.39±0.36 abc	1.20±0.03 bc	5.15±0.25 bc	266.60±17.86 ab	05-12
H	24.88±0.44 abc	18.95±0.33 bc	1.31±0.04 a	5.29±0.06 bc	259.48±8.25 ab	05-12

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($p < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatment ($p < 0.05$). The same below.

H>A>B>D>F>CK。处理 C 的果穗质量最大, 为 284.72 g, 其次是处理 E, 为 269.64 g, 对照的果粒质量最小, 仅 166.26 g。综合比较, 盛花期使用 10.0、12.5、20.0、25.0 mg·L⁻¹ GA₃ 均能增加果穗质量, 且当 GA₃ 浓度为 12.5 mg·L⁻¹ 时, 果穗质量最大, 当 GA₃ 浓度为 20.0 mg·L⁻¹ 时, 果穗质量减小, 表明 GA₃ 浓度低于 20.0 mg·L⁻¹ 能促进葡萄生长, 超过 20.0 mg·L⁻¹ 葡萄果穗质量减小, 说明无核翠宝葡萄在盛花期使用 GA₃ 浓度不宜超过 20.0 mg·L⁻¹。幼果期使用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU 处理果穗质量比使用 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU 处理大。表明无核翠宝葡萄在盛花期使用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃, 幼果期使用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU 保果效果最好; 在盛花期使用 20.0 mg·L⁻¹ GA₃, 幼果期使用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU 果粒膨大效果最好。

不同处理果实纵径由大到小依次为 E>F>H>A>C>B>G>D>CK, 说明不同处理均能不同程度增加果粒纵径, 仅处理 D 与对照相比差异不显著。处理 E 果粒纵径最大, 为 25.94 mm, 其次是处理 F, 为 24.99 mm, 说明盛花期使用 20.0 mg·L⁻¹ GA₃ 处理能增大果粒纵径, 高于 20.0 mg·L⁻¹ 或低于 20.0 mg·L⁻¹ 效果不是最佳; 幼果期使用 GA₃+CPPU 混合液处理效果也不显著。

不同处理间果粒横径 E>F>B>A>G>H>D>C>CK, 说明不同处理均能不同程度增加果粒横径, 但仅处理 E 和 F 达显著水平。盛花期使用 20.0 mg·L⁻¹ GA₃ 处理能增大果粒横径, 高于 20.0 mg·L⁻¹ 或低于 20.0 mg·L⁻¹ 效果不是最佳。所有处理中, 果粒纵径和果粒横径最大的是处理 E, 其次是处理 F, 最小的是 CK。

果形指数反映的是果粒的形状, 各处理的果形指数均大于 1, 说明果粒为椭圆形。除了处理 D, 处理



图1 不同处理无核翠宝葡萄成熟期结果状态

Fig. 1 Morphology of mature Wuhe Cuibao grape clusters under different treatments

A、处理C、处理H显著提高了果形指数,其他处理比CK略有增加,但未达到显著水平。不同处理间果形指数 $H > C > A > E > F > B > G > CK > D$ 。说明在盛花期和幼果期使用相同浓度的 GA_3 处理果形指数增加显著,与幼果期使用植物生长调节剂混合液的浓度关系不明显。

2.2 不同处理对无核翠宝葡萄果实内在品质的影响

如表3所示,不同处理均显著降低了无核翠宝葡萄可溶性固形物含量,由高到低排序为 $CK > A > D > C > G > B > F > E > H$ 。对照的可溶性固形物含量(w,后同)最高,为19.30%,其次是处理A,为16.33%;处理H的可溶性固形物含量最低,仅13.07%。表明植物生长调节剂处理后降低了无核翠宝葡萄的可溶性固形

物含量。

不同处理间果实总酸 $C > D > A = B = E > G > H > F > CK$,处理C的果实总酸含量最高,达0.60%,其次是处理D,为0.57%,CK的果实总酸含量最低,为0.37%。处理A、处理B、处理E的果实总酸含量相同,均为0.44%。盛花期随着 GA_3 质量浓度从 $10.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 $12.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,果实总酸含量在增加,当 GA_3 质量浓度从 $12.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 $25.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,果实总酸含量在减小。除了处理A、处理B,盛花期使用 GA_3 浓度一致,幼果期随着植物生长调节剂混合液浓度增加果实总酸含量在降低。

各处理果实固酸比 $CK > C > G > B > E > F > H > A > D$ 。与对照相比,各处理的固酸比均下降,对照的固酸比最高,达51.87,其次是处理C,即在盛

表3 不同处理对无核翠宝葡萄果实内在品质的影响

Table 3 Effects of different treatments on the intrinsic quality of Wuhe Cuibao grape

处理 Treatment	w(可溶性固形物) Soluble solid content/%	w(总酸) Total acid content/%	固酸比 Ratio of SSC to TA	w(维生素C) Vc content/(mg·100 g ⁻¹)	ρ(单宁) Tannin content/(mg·L ⁻¹)	香味 Rose flavor
对照CK	19.30±0.44 a	0.37±0.02 d	51.87±2.38 a	2.44±0.04 d	0.66±0.00 d	浓 Strong
A	16.33±0.57 b	0.44±0.01 c	29.06±1.25 cd	2.85±0.04 c	0.91±0.01 a	淡 Weak
B	14.57±0.70 bcd	0.44±0.01 c	33.26±2.29 bc	2.48±0.03 d	0.85±0.01 b	淡 Weak
C	15.00±0.46 bc	0.60±0.00 a	36.38±1.66 b	2.97±0.00 c	0.70±0.01 c	淡 Weak
D	15.63±0.3 2b	0.57±0.01 b	26.30±20.69 d	2.80±0.11 c	0.85±0.02 b	淡 Weak
E	13.33±0.59 cd	0.44±0.01 c	32.07±1.73 bc	3.44±0.08 b	0.47±0.01 e	淡 Weak
F	13.47±0.76 cd	0.41±0.01 c	30.74±2.05 bcd	2.84±0.06 c	0.85±0.01 b	淡 Weak
G	14.77±0.23 bcd	0.43±0.01 c	33.83±0.69 bc	4.62±0.16 a	0.65±0.00 d	淡 Weak
H	13.07±0.64 d	0.42±0.01 c	30.74±1.84 bcd	4.73±0.04 a	0.66±0.01 d	淡 Weak

花期使用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ 处理,花后两周使用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃+2.5 mg·L⁻¹ CPPU 处理,为 36.38;固酸比最低的是处理 D,在盛花期使用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃处理,花后两周使用 25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU,为 26.30,表明使用 GA₃和 CPPU 处理能降低果实固酸比。

各处理维生素 C 含量由大到小为 H>G>E>C>A>F>D>B>CK,各处理维生素 C 含量均高于对照,处理 H 的维生素 C 含量最高,为 4.73 mg·100 g⁻¹,其次是处理 G,为 4.62 mg·100 g⁻¹,对照的维生素 C 含量最低,为 2.44 mg·100 g⁻¹。说明无核翠宝葡萄在盛花期和花后 2 周使用植物生长调节剂处理可增加果实维生素 C 含量。

各处理间果实单宁含量 A>B=D=F>C>CK=H>G>E,处理 A 单宁含量(ρ)最高,达 0.91 mg·L⁻¹,其次是处理 B、处理 D、处理 F,3 个处理单宁含量相同,均为 0.85 mg·L⁻¹;处理 H 和 CK 单宁含量相同,为 0.66 mg·L⁻¹;处理 E 单宁含量最低,为 0.47 mg·L⁻¹。

自然生长状态下的无核翠宝葡萄香味比较浓,成熟早,使用 GA₃和 CPPU 处理后无核翠宝葡萄玫

瑰香味变淡,成熟期推迟了 6~10 d。

2.3 不同处理对无核翠宝葡萄果实色泽的影响

果实成熟后果实明亮度会下降,即 L*值会减小,由表 4 可知,使用植物生长调节剂处理后 L*值升高,其中处理 D 的 L*值最大,为 0.09,CK 最小,-5.31,不同处理均使 L*值明显提高,表明使用 GA₃和 CPPU 处理能增加葡萄果实亮度。各处理的红绿色度值 a*均为负值,表明果皮均为绿色,各处理的 a*值显著大于 CK,值越小,颜色越绿。经处理后果面绿色加深,处理 C 的绿色最深。各处理的 b*值均显著大于 CK,处理 A 的 b*值最大,为 9.02,其次是处理 D,为 8.37;最小的是 CK,为 2.83,表明处理后的果皮黄色加深。色泽饱和度 C*反映葡萄果面色泽彩度,值越大,果实颜色越纯^[22],除了处理 E 和处理 G 外,各处理的 C*均大于对照 CK(6.45),处理 A 和处理 D 间色泽饱和度 C*无差异,处理 A 和处理 D 与处理 E 之间果粒的色泽饱和度 C*存在显著差异,处理 D 的值最大为 9.57,其次是处理 A,为 9.15,处理 E(4.56)的值最小,比 CK(6.45)的值小,表明处理 A 和处理 D 能增强果面色泽,处理 E 和处理 G 的值比 CK 小,表明处理 E

表4 不同处理对无核翠宝葡萄果皮色泽的影响

Table 4 Effects of different treatments on the fruit color of Wuhe Cuibao grape

处理 Treatment	L*	a*	b*	C*	h°
对照CK	-5.31±1.30 b	-5.62±2.44 b	2.83±1.33 c	6.45±2.41 ab	179.43±0.12 a
A	-1.97±0.71 ab	-1.45±0.45 a	9.02±2.33 a	9.15±2.109 a	178.57±0.04 a
B	-1.77±0.89 ab	-0.77±0.91 a	7.99±2.14 ab	8.30±0.79 ab	179.16±0.54 a
C	-2.42±0.83 ab	-0.62±0.47 a	8.27±2.75 a	8.33±1.24 ab	179.75±0.73 a
D	0.09±1.83 a	-1.65±0.45 a	8.39±2.68 a	9.57±1.21 a	178.61±0.04 a
E	-0.11±1.44 a	-0.93±0.54 a	4.35±2.63 bc	4.56±21.19 b	179.83±0.66 a
F	-3.67±1.16 ab	-0.89±0.35 a	7.65±1.32 ab	7.73±0.62 ab	178.54±0.03 a
G	-3.11±2.35 ab	-2.56±0.60 a	4.12±3.02 bc	5.56±0.58 ab	179.10±0.30 a
H	-3.72±1.29 ab	-2.19±0.54 a	6.64±4.13 abc	7.22±1.69 ab	178.95±0.26 a

和处理G使葡萄果面色泽变弱,其他处理可以明显增强无核翠宝葡萄果皮色泽。色调角 h° 代表果皮色调,能很好地反映出无核翠宝的果面色泽。 $h^\circ > 100$ 时, h° 值越大,果实绿色越深^[22]。与CK对比,处理E、处理C使 h° 值增大,果皮颜色绿色加深,其他处理使 h° 值减小,果皮颜色绿色变浅。

2.4 不同处理无核翠宝葡萄果实品质的相关性

相关性分析显示(表5),无核翠宝葡萄果粒纵径与果粒横径、果形指数、果粒质量、果穗质量、果面亮度 L^* 呈显著正相关,与可溶性固形物含量、固酸比

呈显著负相关。无核翠宝葡萄果粒横径与果粒质量、果穗质量呈显著正相关,与果形指数、可溶性固形物含量呈显著负相关。果形指数与总酸含量呈显著正相关,与固酸比呈显著负相关。可溶性固形物含量与固酸比呈显著正相关,与果粒质量、单宁、红绿色度值 a^* 、黄蓝色度值 b^* 、明亮度 L^* 呈显著负相关。果粒质量与果穗质量呈显著正相关,与固酸比呈显著负相关。总酸含量与明亮度 L^* 呈显著正相关,与固酸比呈显著负相关。固酸比与红绿色度值 a^* 、黄蓝色度值 b^* 、明亮度 L^* 呈显著负相关。单宁与

表5 不同处理无核翠宝葡萄果实品质的相关性

Table 5 Correlation of fruit quality of Wuhe cuibao grape under different treatments

指标 Index	果粒 纵径 Longitudinal diameter	果粒 横径 Transverse diameter	果形 指数 Shape index	可溶 性固 形物 含量 Soluble solid content	果粒 质量 Berry mass	果穗 质量 Bunch mass	总酸 含量 Total acid content	固酸比 Ratio of SSC to TA	维生 素C 含量 Vitam in C content	单宁 含量 Tannin content	b^*	L^*	a^*	C^*	h°
果粒纵径 Longitudinal diameter	1														
果粒横径 Transverse diameter	0.532**	1													
果形指数 Shape index	0.630**	-0.320*	1												
可溶性固形物含量 Soluble solid content	-0.527**	-0.387**	-0.252	1											
果粒质量 Berry mass	0.767**	0.913**	0.024	-0.556**	1										
果穗质量 Bunch mass	0.324*	0.410**	-0.009	-0.053	0.410**	1									
总酸含量 Total acid content	0.356	0.025	0.395*	0.107	0.166	-0.180	1								
固酸比 Ratio of SSC to TA	-0.633**	-0.266	-0.537**	0.660**	-0.523**	0.035	-0.669**	1							
维生素C含量 Vitamin C content	-0.188	-0.257	-0.02	0.183	-0.327	-0.192	-0.074	0.190	1						
单宁含量 Tannin content	-0.068	0.215	-0.244	-0.449*	0.156	-0.145	-0.262	-0.108	0.280	1					
b^*	0.132	0.180	-0.006	-0.395**	0.254	-0.223	0.232	-0.468*	-0.012	0.470*	1				
L^*	0.297*	0.077	0.277	-0.316*	0.189	-0.199	0.476*	-0.571**	-0.077	0.005	0.359*	1			
a^*	0.265	0.131	0.178	-0.441**	0.205	0.037	0.172	-0.501**	-0.300	0.203	0.133	0.294	1		
C^*	0.010	0.113	-0.083	-0.18	0.148	-0.215	0.099	-0.115	0.245	0.322	0.837**	0.137	-0.388**	1	
h°	0.107	-0.047	0.165	-0.021	0.014	0.115	0.026	-0.044	0.092	-0.316	-0.523**	-0.027	0.072	-0.437**	1

注:*表示显著相关($p < 0.05$),**表示极显著相关($p < 0.01$)。下同。

Note: * indicates correlation significant difference ($p < 0.05$), ** indicates correlation extremely significant difference ($p < 0.01$). The same below.

黄蓝色度值 b^* 呈显著正相关。黄蓝色度值 b^* 与明亮度 L^* 、色泽饱和度 C^* 呈显著正相关,与色调角 h° 呈显著负相关。红绿色度值 a^* 与色泽饱和度 C^* 呈显著负相关。色泽饱和度 C^* 与色调角 h° 呈显著负相关。

2.5 无核翠宝葡萄不同处理的综合评价

2.5.1 KMO 检验和 Bartlett's 球形检验 用 SPSS 软件进行主成分分析前需对数据进行 KMO 和 Bartlett's 球形检验,当 KMO 值大于 0.05 且显著性水平小于 0.05 时方可进行主成分分析。笔者在本研究中运用 SPSS22 软件对评价指标原始数值进行了 KMO 和 Bartlett's 球形检验,结果见表 6。本试验 KMO 检验值 0.509,大于 0.5,显著性水平结果为 0.000,小于 0.05,因此,可以进行主成分分析。

表 6 KMO 和 Bartlett's 适度性检验

检验 Test	项目 Project	结果 Result
KMO 检验 KMO test	KMO 度量 KMO measure of sampling adequacy	0.506
Bartlett's 球形检验 Bartlett's test	卡方近似值 Approx. Chi-Square 自由度 df 显著性概率 Sig.	376.459 66.000 0.000

2.5.2 果实品质指标主成分提取 通过主成分分析,对不同处理进行综合评价。将 12 个指标进行主成分分析(表 7),共提取 5 个主成分,累计贡献率达到 87.37%,具有一定的代表性。从各主成分的载荷可以看出(表 8),第 1 主成分贡献率为 36.71%,指标果粒纵径、果粒横径、果形指数、可溶性固形物含量、果粒质量、固酸比、黄蓝色度值 b^* 、红绿色度值 a^* 在第 1 主成分上有较高载荷,相关性较强,第 1 主成分集中反映了无核翠宝葡萄果粒形状、大小、酸甜度和果面颜色;第 2 主成分贡献率为 17.80%,指标果粒横径、果形指数、总酸、单宁在第 2 主成分上有较高载荷,相关性较强,第 2 主成分集中反映了果形和果实

表 7 主成分的特征根和贡献率

主成分 Eigen value	特征根 Eigen value	贡献率 Eigen value/%	累计贡献率 Cumulative contribution ration/%
1	4.41	36.71	36.71
2	2.14	17.80	54.52
3	1.75	14.55	69.07
4	1.13	9.45	78.52
5	1.06	8.85	87.37

表 8 果实品质在各主成分中的因子载荷量

Table 8 The factor load of fruit quality in each principal component

指标 Index	主成分 Principal component				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
果粒纵径 Longitudinal diameter	0.820	-0.015	-0.413	0.235	-0.268
果粒横径 Transverse diameter	0.516	0.675	-0.376	0.085	0.259
果形指数 Shape index	0.549	-0.553	-0.173	0.198	-0.519
可溶性固形物含量 Soluble solid content	-0.740	-0.305	-0.282	0.182	0.338
果粒质量 Berry mass	0.763	0.478	-0.385	0.107	0.086
总酸 Total acid content	0.472	-0.606	-0.098	0.277	0.481
固酸比 Ratio of SSC to TA	-0.899	0.246	-0.119	-0.074	-0.092
维生素 C 含量 Vc content	-0.310	-0.033	0.405	0.741	-0.246
单宁含量 Tannin content	0.185	0.584	0.679	0.138	-0.097
b^*	0.529	0.172	0.508	0.198	0.333
L^*	0.498	-0.482	0.435	-0.166	0.266
a^*	0.589	-0.146	0.284	-0.521	-0.204

内在品质;第 3 主成分贡献率为 14.55%,指标单宁和黄蓝色度值 b^* 在第 3 主成分上有较高载荷,集中反映了果实单宁和果实外观颜色;第 4 主成分贡献率为 9.45%,包含维生素 C 含量和红绿色度值 a^* 。第 5 主成分贡献率为 8.85%,集中反映了果实形状。

2.5.3 综合得分和排名 综合得分越高,效果越好。根据 5 个主成分得分计算各处理的综合得分 F_i ,计算公式为: $F_i=(0.37 F_1+0.18 F_2+0.15 F_3+0.09 F_4+0.09 F_5)/0.87$ (式中 $F_1、F_2、F_3、F_4、F_5$ 为主成分 1、2、3、4、5 的得分)^[14,23-24]。根据主成分得分计算公式计算出各品种 F 值,并进行排序。各主成分得分及综合得分显示(表 9),处理 D>处理 B>处理 C>处理 A>处理 F>处理 H>处理 E>处理 G>CK,处理 D 的综合效果最好,表明盛花期用 12.5 mg·L⁻¹ GA₃ 处理、幼果期使用 25 mg·L⁻¹ GA₃+5 mg·L⁻¹ CPPU 处理对无核翠宝葡萄综合品质提升效果最好。

3 讨论

GA₃ 和 CPPU 是葡萄生产中常用的植物生长调节剂,在葡萄生产栽培中已经广泛应用。GA₃ 和 CPPU 搭配使用可以提高坐果率、膨大果实、提高果实商品性。笔者在本研究中使用 GA₃、GA₃ 和 CPPU 二者混合液处理的无核翠宝葡萄,果实果穗质量、果粒质量、果粒纵径和果粒横径均有不同程度增加,果实

表9 不同处理果实品质主成分得分及综合得分

Table 9 The Principal component score and comprehensive score of fruit quality

处理 Treatment	主成分1得分 Principal component 1 score	主成分2得分 Principal component 2 score	主成分3得分 Principal component 3 score	主成分4得分 Principal component 4 score	主成分5得分 Principal component 5 score	综合得分 Comprehensive score	排序 Rank
D	1.17	-0.08	0.19	1.22	1.26	0.77	1
B	0.64	-0.25	1.20	1.00	-1.68	0.36	2
C	1.03	0.44	-0.78	-0.13	-0.51	0.33	3
A	-0.13	0.98	1.29	-1.02	-0.04	0.26	4
F	-0.42	0.47	0.73	-0.75	0.65	0.03	5
H	-0.06	0.43	-0.62	-0.22	0.17	-0.05	6
E	0.27	-2.17	-0.48	-0.74	0.66	-0.43	7
G	-0.35	0.35	-1.38	-0.58	-0.64	-0.44	8
对照CK	-2.14	-0.19	-0.15	1.22	0.12	-0.84	9

商品性提高,这与程大伟等^[25]在红艳无核、朱盼盼等^[26]在阳光玫瑰和牛锐敏等^[27]在夏黑上的研究结果一致。

果形指数反映果实形状,果形指数介于1.1~1.3之间,果实为椭圆形;果形指数介于1.0~1.1之间,果实为圆形;果形指数低于1.0,果实为扁圆形。本研究中,与对照相比,除了处理D,其他处理果形指数显著增加,果粒显著变长。

可溶性固形物、总酸含量及固酸比是评价葡萄果实内在品质的重要指标。可溶性固形物含量越高,品质越佳,总酸含量越高品质越差。笔者发现,GA₃和CPPU以及二者的混合液处理均显著降低了无核翠宝葡萄可溶性固形物含量,这与前人^[4-5, 17, 28-31]在无核翠宝、阳光玫瑰、紫金早生、凉玉、夏黑葡萄上的研究结果相一致。王莎^[15]在阳光玫瑰葡萄上使用植物生长调节剂后发现,单独使用GA₃,阳光玫瑰葡萄果实可溶性固形物含量增加,添加CPPU后,可溶性固形物含量降低。所有处理增加了无核翠宝葡萄总酸含量,降低了果实的固酸比。使用GA₃和CPPU处理后,果实纵横径、单粒质量、单穗质量都显著增加,穗形紧凑,果实硬度提高,但是可溶性固形物含量下降、酸度增高,这与黄远等^[32]使用CPPU处理西瓜得出的结果一致。赤霉素和氯吡脲对葡萄果实品质的影响与施用时期、使用浓度、葡萄品种有直接关系。在花前处理,可保花促坐果,但会存在大小粒、坐果稀疏等问题;花后处理,则造成果穗小、成熟时间推迟^[33]。

维生素C是一种重要的抗氧化剂,是人类饮食中不可缺少的重要营养成分,具有防癌、提高人体免疫力和应激能力等重要作用^[34]。笔者发现,使用不

同浓度的GA₃和CPPU二者混合液处理显著降低了果实维生素C含量,说明GA₃和CPPU会影响无核翠宝葡萄的内在品质。

果实涩味主要来源于单宁^[35],各处理的果实单宁含量均高于对照,说明使用GA₃和CPPU处理增加了无核翠宝葡萄单宁含量,增加了葡萄果实涩味,与程大伟等^[25, 36]对红艳无核和巨玫瑰、郭淑华等^[37]对夏黑的研究结果一致。这可能是因为植物生长调节剂的使用与葡萄品种、使用浓度、使用时期、搭配及区域气候条件的不同而对果实品质影响也不同。

果实的色泽是衡量果实品质和新鲜度的一个重要指标^[38]。笔者发现,GA₃、CPPU处理增加了果实亮度,使果品看起来更新鲜亮,但着色缓慢,成熟推迟。除处理E和处理G降低了无核翠宝葡萄色泽饱和度C*,其他处理均提高了无核翠宝葡萄色泽C*。

4 结 论

使用GA₃和CPPU可改善无核翠宝葡萄果实外观品质,但浓度使用不恰当会影响无核翠宝葡萄果实的内在品质,因此在筛选葡萄适宜的植物生长调节剂类型、浓度、使用时期要结合当地气候条件和葡萄品种。通过对GA₃和CPPU处理的无核翠宝葡萄各项指标进行综合评价分析发现,各处理综合得分排序为:处理D>处理B>处理C>处理A>处理F>处理H>处理E>处理G>CK,说明在盛花期使用12.5 mg·L⁻¹ GA₃、在花后2周使用25.0 mg·L⁻¹ GA₃+5.0 mg·L⁻¹ CPPU对无核翠宝葡萄综合品质提升效果最好,表现最佳。

参考文献 References:

- [1] 唐晓萍,陈俊,马小河,赵旗峰,董志刚,李晓梅. 早熟无核葡萄新品种无核翠宝[J]. 园艺学报,2012,39(11):2307-2308.
TANG Xiaoping, CHEN Jun, MA Xiaohe, ZHAO Qifeng, DONG Zhigang, LI Xiaomei. A new early-ripening seedless grape cultivar Wuhe Cuibao[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(11):2307-2308.
- [2] 郭淑萍,杨顺林,杨玉皎,孟富宣,张永辉,何建军. 无核翠宝葡萄在云南干热河谷区的引种表现及栽培技术[J]. 中国南方果树,2020(4):169-171.
GUO Shuping, YANG Shunlin, YANG Yujiao, MENG Fuxuan, ZHANG Yonghui, HE Jianjun. Introduction performance and cultivation techniques of Wuhe Cuibao grape in dry and hot valley of Yunnan[J]. South China Fruits, 2020(4):169-171.
- [3] 李晓梅,唐晓萍,董志刚,谭伟,马小河,赵旗峰,王敏,任瑞. 葡萄新品种无核翠宝优质丰产栽培技术[J]. 中国果树,2015(3):63-65.
LI Xiaomei, TANG Xiaoping, DONG Zhigang, TAN Wei, MA Xiaohe, ZHAO Qifeng, WANG Min, REN Rui. High quality and high yield cultivation techniques of a new grape variety 'Wuhe Cuibao' [J]. China Fruits, 2015(3):63-65.
- [4] 吕科,张建海,董雪洁,胡小南,刘帅,王会学. GA₃和CPPU对无核翠宝葡萄果实膨大及果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2020(3):23-27.
LÜ Ke, ZHANG Jianhai, DONG Xuejie, HU Xiaonan, LIU Shuai, WANG Huixue. Effects of GA₃ and CPPU on berry enlargement and quality of Wuhe Cuibao grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2020(3):23-27.
- [5] 王莎,程大伟,顾红,李明,何莎莎,李芳菲,谷世超,陈锦永. 植物生长调节剂对阳光玫瑰葡萄果实无核及品质的影响[J]. 果树学报,2019,36(12):1675-1682.
WANG Sha, CHENG Dawei, GU Hong, LI Ming, HE Shasha, LI Fangfei, GU Shichao, CHEN Jinyong. Effects of plant growth regulators on the seedless rate and fruit quality of Shine Muscat grape[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(12):1675-1682.
- [6] 林玲,时晓芳,曹雄军,白杨,韩佳宇,张瑛,郭荣荣,白先进. 植物生长调节剂对阳光玫瑰葡萄冬果膨大效果的探讨[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2018(4):84-86.
LIN Ling, SHI Xiaofang, CAO Xiongjun, BAI Yang, HAN Jiayu, ZHANG Ying, GUO Rongrong, BAI Xianjin. Exploration of plant growth regulators on berry enlargement of winter fruits of Shine Muscat grape vine[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2018(4):84-86.
- [7] 董秋洪,杨天仪,施莉莉,王世平. 膨大剂对‘玫瑰香’果粒膨大及其品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2003(5):25-28.
DONG Qiuhong, YANG Tianyi, SHI Lili, WANG Shiping. Effects of swelling agent on the swelling and quality of 'ose fragrance' fruit[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2003(5):25-28.
- [8] 王西成,王壮伟,吴伟民,赵密珍,钱亚明. 植物生长调节剂对葡萄果实品质影响的研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2018(4):103-107.
WANG Xicheng, WANG Zhuangwei, WU Weimin, ZHAO Mizhen, QIAN Yaming. Research progress on effect of plant growth regulators of grape quality[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2018(4):103-107.
- [9] 樊翠芹,张丽,于翠红,唐晓东,张伟,李子千,杜晓东. 0.1%噻苯隆可溶性液剂在巨峰葡萄上的应用效果[J]. 河北农业科学,2016,20(6):40-45.
FAN Cuiqin, ZHANG Li, YU Cuihong, TANG Xiaodong, ZHANG Wei, LI Ziqian, DU Xiaodong. Effect of 0.1% Thidiazuron soluble liquid agent on the application of Kyoho grape[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2016, 20(6):40-45.
- [10] 孟凡丽. 葡萄无核化技术研究[J]. 北方果树,2015(4):1-3.
MENG Fanli. Research on grape denuclearization technology[J]. Northern Fruits, 2015(4):1-3.
- [11] 刘金标,李洪艳,曹雄军,时晓芳,张瑛,周咏梅,谢太理. 不同处理对‘巨峰’葡萄无核化及果实品质的影响[J]. 西南农业学报,2017,30(12):2788-2792.
LIU Jinbiao, LI Hongyan, CAO Xiongjun, SHI Xiaofang, ZHANG Ying, ZHOU Yongmei, XIE Taili. Effects of different treatments on seedlessness and fruit quality of 'Kyoho' grape[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2017, 30(12):2788-2792.
- [12] 贺保国,郭全新,马朝旺,李智辉,王重锋,郑先福. GA₃和CPPU对‘巨峰’葡萄无核诱导及品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2019(3):37-42.
HE Baoguo, GUO Quanxin, MA Chaowang, LI Zhihui, WANG Chongfeng, ZHENG Xianfu. Effects of GA₃ and CPPU on inducing seedless fruit and quality of 'Kyoho' grape vine[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2019(3):37-42.
- [13] 侯玉茹,王宝刚,冯晓元,杨媛,石磊,李文生,王纪华. CPPU和GA₃在葡萄中的残留动态及对果实品质的影响[J]. 果树学报,2012,29(1):36-41.
HOU Yuru, WANG Baogang, FENG Xiaoyuan, YANG Yuan, SHI Lei, LI Wensheng, WANG Jihua. Residues of plant growth regulators in fruit and regulation on fruit quality in Summer Black grape[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(1):36-41.
- [14] 郭俊强,汤婷,陈子秋,张松霖,李智,王西平. 赤霉酸和氯吡啶处理对‘户太8号’和‘夏黑’葡萄果实品质的影响[J]. 北方园艺,2021(9):8-17.
GUO Junqiang, TANG Ting, CHEN Ziqiu, ZHANG Songlin, LI Zhi, WANG Xiping. Effects of GA₃ and CPPU treatments on fruit quality of grape varieties 'Hutai No.8' and 'Summer Black' [J]. Northern Horticulture, 2021(9):8-17.
- [15] 王莎. SM、GA₃和CPPU对阳光玫瑰葡萄无核化和果实品质的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2020.
WANG Sha. Effects of SM, GA₃ and CPPU on seedless and fruit quality of Shine Muscat grape[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2020.
- [16] 史文婷. GA₃和CPPU对‘阳光玫瑰’葡萄果实无核化及品质的影响[D]. 银川:宁夏大学,2017.
SHI Wenting. Effects of GA₃ and CPPU treatment on seedlessness and fruit quality of 'Shine Muscat' grape vine[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2017.
- [17] 江平,朱国美,郑冬梅. GA₃和CPPU对阳光玫瑰葡萄果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2017(4):44-47.
JIANG Ping, ZHU Guomei, ZHENG Dongmei. The effects of GA₃ and CPPU on fruit quality of Shine Muscat[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2017(4):44-47.
- [18] 王宝亮,王海波,王孝娣,郑晓翠,史祥宾,魏长存,何锦兴,刘万春,刘凤之. 植物生长调节剂对夏黑葡萄果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2013(2):35-37.
WANG Baoliang, WANG Haibo, WANG Xiaodi, ZHENG Xiaocui, SHI Xiangbin, WEI Changcun, HE Jinxing, LIU Wanchun, LIU Fengzhi. Effect of plant growth regulator on fruit quality of Summer Black grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2013(2):35-37.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
National Health and Family Planning Commission of the People's

- s Republic of China. National food safety standard determination of ascorbic acid in food: GB 5009.86—2016[S]. Beijing: China Standards Press, 2016.
- [20] 中华人民共和国农业部. 水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定分光光度法: NY/T 1600—2008[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of tannin in fruits, vegetables and their products Spectrophotometric method: NY/T 1600—2008[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [21] GENARD M, BRUCHOU C. Multivariate analysis of within-tree factors accounting for the variation of peach fruit quality[J]. *Science Horticulture*, 1992, 52(1): 37-51.
- [22] 唐莎莎. 无核白葡萄果实品质评价研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.
- TANG Shasha. The research on evaluation of fruit quality of the Thompson Seedless Grape[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013.
- [23] 李建查, 潘志贤, 李坤, 岳学文, 史亮涛, 张雷, 孙毅, 和润莲, 王艳丹, 何光熊, 段琪彩, 方海东. 灌水量和种植密度对干热河谷洋葱生物量及养分吸收利用的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2021, 40(10): 71-78.
- LI Jiancha, PAN Zhixian, LI Kun, YUE Xuewen, SHI Liangtao, ZHANG Lei, SUN Yi, HE Runlian, WANG Yandan, HE Guangxiang, DUAN Qicai, FANG Haidong. The effects of irrigation amount and planting density on biomass and nutrient absorption and utilization by onion in an arid warm valley[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2021, 40(10): 71-78.
- [24] 高春华, 朱金英, 张华文, 田艺心, 高凤菊. 38 个粒用高粱品种芽期耐盐性的综合鉴定及评价[J]. *核农学报*, 2019, 33(9): 1841-1855.
- GAO Chunhua, ZHU Jinyong, ZHANG Huawen, TIAN Yixin, GAO Fengju. Comprehensive identification and evaluation of 38 grain sorghum cultivars for tolerance during germination[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2019, 33(9): 1841-1855.
- [25] 程大伟, 何莎莎, 谷世超, 李明, 郭西智, 顾红, 陈锦永. GA₃ 和 TDZ 对‘红艳无核’葡萄果实品质的影响[J]. *果树学报*, 2021, 38(2): 212-221.
- CHENG Dawei, HE Shasha, GU Shichao, LI Ming, GUO Xizhi, GU Hong, CHEN Jinyong. Influence of GA₃ and TDZ on fruit quality of ‘Hongyan Wuhe’ grape[J]. *Journal of Fruit Science*, 2021, 38(2): 212-221.
- [26] 朱盼盼, 王录俊, 李蕊, 王金锋, 安娟娟, 张薇. 不同配比 GA₃ 和 CPPU 对葡萄果实品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(19): 38-40.
- ZHU Panpan, WANG Lujun, LI Rui, WANG Jinfeng, AN Juanjuan, ZHANG Wei. Effects of different proportions of GA₃ and CPPU on fruit qualities of grape[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2018, 46(19): 38-40.
- [27] 牛锐敏, 许泽华, 陈卫平, 王春良, 王国珍. 植物生长调节剂对‘夏黑’和‘丽红宝’葡萄品质的影响[J]. *北方园艺*, 2015(18): 55-57.
- NIU Ruimin, XU Zehua, CHEN Weiping, WANG Chunliang, WANG Guozhen. Effect of plant growth regulators on quality of ‘Summer Black’ and ‘Lihongbao’ grape[J]. *Northern Horticulture*, 2015(18): 55-57.
- [28] 王壮伟, 吴伟民, 夏瑾, 王西成, 钱亚明. GA₃ 和 CPPU 对‘紫金早生’葡萄果实品质的影响[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2019(1): 16-19.
- WANG Zhuangwei, WU Weimin, XIA Jin, WANG Xicheng, QIAN Yaming. Effects of GA₃ and CPPU on fruit quality of ‘Zijin Zaosheng’ grape[J]. *Sino-Overseas grapevine & Wine*, 2019(1): 16-19.
- [29] 余智颖, 张萌, 陶建敏. GA₃ 与 CPPU 对凉玉葡萄果实品质的影响[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2010(11): 49-51.
- YU Zhiying, ZHANG Meng, TAO Jianmin. Effects of GA₃ and CPPU on fruit quality of Liangyu grape[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2010(11): 49-51.
- [30] 李蕊, 白青, 王录俊, 王金锋, 安娟娟, 张薇. GA₃ 和 CPPU 处理对‘夏黑’葡萄果实品质的影响[J]. *中国果菜*, 2018, 38(1): 22-26.
- LI Rui, BAI Qing, WANG Lujun, WANG Jinfeng, AN Juanjuan, ZHANG Wei. Effects of GA₃ and CPPU treatment on fruit quality of ‘Summer Black’ grape[J]. *China Fruit & Vegetable*, 2018, 38(1): 22-26.
- [31] 廖淼玲, 陈文婷, 白描, 徐丰, 杨国顺. ‘夏黑’葡萄果实膨大研究[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(19): 62-66.
- LIAO Miaoling, CHEN Wenting, BAI Miao, XU Feng, YANG Guoshun. Research on fruit enlargement of ‘Summer Black’ [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(19): 62-66.
- [32] 黄远, 李文海, 赵露, 沈泰, 陈海文, 孔秋生, 别之龙. 不同坐果方式对设施西瓜产量和品质的影响[J]. *中国瓜菜*, 2017, 30(3): 15-17.
- HUANG Yuan, LI Wenhai, ZHAO Lu, SHEN Tai, CHEN Haiwen, KONG Qiusheng, BIE Zhilong. Effects of different fruit setting methods on yield and quality of watermelon under protected cultivation[J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2017, 30(3): 15-17.
- [33] 马荣, 金龙, 田兴武, 李秀芳. 两种植物生长调节剂对宁夏地区‘旱黑宝’葡萄果实膨大的影响[J]. *农业工程技术*, 2018, 38(4): 46-49.
- MA Rong, JIN Long, TIAN Xingwu, LI Xiufang. Effects of two plant growth regulators on fruit expansion of ‘Zaoheibao’ grape in Ningxia[J]. *Agricultural Engineering Technology*, 2018, 38(4): 46-49.
- [34] 张晓芬, 陈斌, 冯红军, 王文琪, 宋署辉, 何洪巨, 耿三省. 辣椒果实 Vc 含量的变化规律与遗传分析[J]. *核农学报*, 2015, 29(12): 2287-2293.
- ZHANG Xiaofen, CHEN Bin, FENG Hongjun, WANG Wenqi, SONG Shuhui, HE Hongju, GENG Sansheng. Change rules and genetic analysis of vitamin C content in pepper fruits[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2015, 29(12): 2287-2293.
- [35] 陈锦永, 靳路真, 程大伟, 顾红, 张威远, 张洋, 郭西智, 方金豹. 水果涩味研究进展[J]. *果树学报*, 2016, 33(12): 1556-1566.
- CHEN Jinyong, JIN Luzhen, CHENG Dawei, GU Hong, ZHANG Weiyuan, ZHANG Yang, GUO Xizhi, FANG Jinbao. Research progress on fruit astringency[J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(12): 1556-1566.
- [36] 程大伟, 陈锦永, 顾红, 黄海娜, 靳路真, 张威远, 张洋, 郭西智. GA₃ 与 TDZ 组合对巨玫瑰葡萄果实理化指标和苦涩味物质含量的影响[J]. *南方农业学报*, 2018, 49(5): 922-929.
- CHENG Dawei, CHEN Jinyong, GU Hong, HUANG Haina, JIN Luzhen, ZHANG Weiyuan, ZHANG Yang, GUO Xizhi. Effects of GA₃ and TDZ combination on bitter and astringent taste compounds of *Vitis vinifera* × *V. labrusca* [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2018, 49(5): 922-929.
- [37] 郭淑华, 张淑辉, 刘佰霖, 刘笑宏, 杜远鹏. 不同植物生长调节剂组合对夏黑葡萄品质的影响[J]. *落叶果树*, 2016, 48(4): 6-9.
- GUO Shuhua, ZHANG Shuhui, LIU Bailin, LIU Xiaohong, DU Yuanpeng. Effects of different plant growth regulators on fruit quality of Summer Black grape[J]. *Deciduous Fruits*, 2016, 48(4): 6-9.
- [38] HERNANZ D, RECAMALES Á F, MELÉNDEZ-MARTÍNEZ A J, GONZÁLEZ-MIRET A L, HEREDIA F J. Multivariate statistical analysis of the color-anthocyanin relationships in different soilless-grown strawberry genotypes[J]. *Journal of Agriculture & Food Chemistry*, 2008, 56(8): 2735-3741.