

GA₃和TDZ对‘红艳无核’葡萄果实品质的影响

程大伟, 何莎莎, 谷世超, 李明, 郭西智, 顾红, 陈锦永*

(中国农业科学院郑州果树研究所·果树生长发育与品质控制重点开放实验室, 郑州 450009)

摘要:【目的】研究赤霉酸(gibberellin acid, GA₃)和噻苯隆(thidiazuron, TDZ)对‘红艳无核’葡萄果实品质的影响, 筛选适宜‘红艳无核’品质提升的植物生长调节剂类型和浓度配比, 为‘红艳无核’葡萄合理施用植物生长调节剂提供理论依据, 为其优质化栽培提供参考。【方法】以4 a(年)生‘红艳无核’葡萄为试材, 在果实膨大初期分别用不同浓度的GA₃、TDZ以及二者混合液浸蘸果穗, 在果实成熟期对不同处理的果实外观品质和内在品质指标进行测定。【结果】经GA₃和TDZ处理后, 果实的果穗质量、单果质量、纵横径、固酸比等均得到显著提升, 其中以GA₃处理和混合液处理的值相对较高; 此外, GA₃处理的果实着色指数达3.91, 着色一致性显著优于其他处理, 病果率较低(6.67%)。综合评价不同处理的果实品质, 结果为GA₃处理>混合液处理>TDZ处理>对照。【结论】GA₃对‘红艳无核’葡萄综合品质的提升效果最好, 其中以25 mg·L⁻¹ GA₃处理的效果最佳。

关键词: ‘红艳无核’葡萄; 赤霉酸; 噻苯隆; 果实品质

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2021)02-0212-10

Influence of GA₃ and TDZ on fruit quality of ‘Hongyan Wuhe’ grape

CHENG Dawei, HE Shasha, GU Shichao, LI Ming, GUO Xizhi, GU Hong, CHEN Jinyong*

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/The Key Laboratory of Fruit Growth Development and Quality Control, Zhengzhou 450009, Henan, China)

Abstract: 【Objective】 ‘Hongyan Wuhe’ grape (‘Red Globe’ × ‘Centennial Seedless’) selected by Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences is an early-season seedless Eurasian variety with high quality. This grape variety has beautiful clusters and is nutritious. In addition, it has good storability and promising application prospects. However, ‘Hongyan Wuhe’ produces small berries, with an average berry weight of 4.0 g. The color of the berries is uneven, and the clusters are compact. In rainy seasons, the inner berries of the clusters are prone to cracking, which causes the whole cluster to rot. Therefore, it is of great significance to apply plant growth regulators and other cultivation techniques to increase fruit size, improve coloration, reduce cracking incidence, and improve the comprehensive quality of ‘Hongyan Wuhe’. Gibberellic acid (GA₃) and thidiazuron (TDZ) are widely used in viticulture to improve fruit set, increase fruit size and improve fruit quality. However, the suitable stage for application and concentrations and ratio of plant growth regulators vary greatly depending on the variety. Improper use may cause problems such as hollow fruit, insufficient bunch firmness, and reduced fruit quality. The aim of this study is to investigate the effects of gibberellin acid (GA₃) and thidiazuron (TDZ) on the fruit quality of ‘Hongyan Wuhe’ grape, and screen the composition and concentrations of the plant growth regulators suitable for improving the quality of the berries. 【Methods】 Four-year-old ‘Hongyan Wuhe’ grapevines were used in this study as the test material. Grape clusters were evenly dipped with different concentrations of TDZ (A: 1 mg·L⁻¹ TDZ; B: 2.5 mg·L⁻¹ TDZ; C: 5 mg·L⁻¹ TDZ; D: 7.5 mg·L⁻¹ TDZ; E: 10 mg·L⁻¹ TDZ), GA₃ (F: 10 mg·L⁻¹ GA₃; G: 25 mg·L⁻¹

收稿日期: 2020-08-20 接受日期: 2020-10-20

基金项目: 河南省重点研发与推广专项(202102110047); 河南省大宗水果产业体系(S2014-11); 中国农业科学院科技创新工程协同创新(CAAS-XTCX20190025-4)

作者简介: 程大伟, 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事果树栽培生理研究。Tel: 18037682001, E-mail: chengdaweiceo@163.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 0371-65330948, E-mail: chenjinyong@caas.cn

GA₃; H: 50 mg · L⁻¹ GA₃; I: 75 mg · L⁻¹ GA₃; J: 100 mg · L⁻¹ GA₃), or their combinations (K: 1 mg · L⁻¹ TDZ+10 mg · L⁻¹ GA₃; L: 2.5 mg · L⁻¹ TDZ+25 mg · L⁻¹ GA₃; M: 5 mg · L⁻¹ TDZ+50 mg · L⁻¹ GA₃) during the early stage of the fruit enlargement. At the maturity stage, the growth indicators, quality indicators, color parameters and disease incidence of the fruit under different treatments were collected. SPSS software was used to carry out principal component analysis for comprehensive evaluation of the treatments. 【Results】The results showed that the indexes such as bunch weight, single berry weight, and solid to acid ratio in the berries treated with GA₃ and/or TDZ were significantly increased. The values in GA₃ treatments and combined treatments were relatively higher. The fruit bunch weights in GA₃ treatment and the combined treatment were 857.01 g and 835.40 g, respectively, and the single-berry weights were 7.08 g and 7.71 g, respectively. The longitudinal and transverse diameters were also significantly higher than those in the control and TDZ treatments. After treated with GA₃ and TDZ, the soluble solid content in the fruit decreased significantly at different degrees compared with the control (19.20%). At the same time, titratable acid content also decreased compared with the control. Therefore, the ratio of soluble solids to acids in each treatment was significantly higher than the control. Except for the TDZ treatment, the vitamin C content in regulator treatments increased to varying degrees, and the tannin content also increased. In addition, the coloring effect of GA₃ treatment was better, with an average *a* value of 10.27 and a coloring index of 3.91, which was significantly higher than the other treatments. The coloring uniformity in GA₃ treatment was also significantly better than the other treatments. Diseased fruit rate was relatively low (6.67%) in GA₃ treatment. Principal component analysis revealed the berry quality among different treatments in the order of GA₃ treatment > combined treatment > TDZ treatment > control. The results indicate that the overall effect of GA₃ treatment was the best followed by combined treatment. 【Conclusion】It was found that GA₃ treatment in the early stage of the fruit enlargement had the best effect in improving the overall quality of ‘Hongyan Wuhe’ grapes. Among the different concentrations of GA₃ tested, 25 mg · L⁻¹ had the best effect.

Key words: ‘Hongyan Wuhe’ grape; GA₃; TDZ; Fruit quality

‘红艳无核’葡萄为欧亚种,是中国农业科学院郑州果树研究所以‘红地球’为母本、‘森田尼无核’为父本杂交选育的中早熟、优质、无核鲜食葡萄品种,其果穗美观,果肉甜脆,抗病性强,耐贮运,适合在温暖、少雨的气候条件下种植^[1-2],具有良好的推广前景。但‘红艳无核’葡萄果粒偏小,平均单果质量4.0 g,果粒着色不均匀,且着生紧密,遇到多雨年份,果穗内部果粒易出现裂果,导致整个果穗腐烂。因此,为满足生产需求,研究施用植物生长调节剂等栽培技术对增大果粒、改善着色、减少病果、提升‘红艳无核’综合品质具有重要意义。

植物生长调节剂是一类可调节植物生长和代谢的化合物^[3],在我国广泛应用于蔬菜、水果及中药材等作物上,是现代化农业中主要应用的化控技术^[4-8]。葡萄种植过程中,根据葡萄品种可以使用不同种类的生长调节剂,以提高坐果率,调节果实生长发育^[9-16]。赤霉酸(gibberellic acid, GA₃)和噻苯隆

(thidiazuron, TDZ)由于具有提高坐果、增大果实和提高品质等方面的作用而被广泛应用于葡萄栽培中^[17-22]。然而,植物生长调节剂的适宜使用时期、浓度和配比因品种不同而差异很大,若使用不当易造成果实空心率增加、果穗紧实度不足、果实品质下降等问题^[23]。

笔者使用不同浓度的GA₃和TDZ以及二者的混合液对‘红艳无核’葡萄进行膨大处理,并对其成熟期各项生长指标、品质指标、着色情况及病果率进行调查分析,旨在筛选适宜‘红艳无核’品质提升的植物生长调节剂类型和配比浓度,以期为‘红艳无核’葡萄合理施用植物生长调节剂提供理论依据和优质化栽培提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

于2019年5—9月在河南省周口市商水县绿苑

种植合作社葡萄园进行。试验材料为‘红艳无核’葡萄,树龄4 a(年)生,南北行向,株行距2.0 m×3.0 m,架式为V形架,采用滴灌进行田间水分管理,其他栽培和病虫害防治措施均采用常规管理方法。

1.2 方法

2019年5月7日,‘红艳无核’葡萄初花时,统一留穗尖8 cm进行整穗。试验设置13个处理(表1),在果实膨大初期进行浸果处理,以清水浸蘸为对照(CK)。处理时,将果穗在1 000 mL药液中浸3 s,1个小区3株树,3次重复。2019年8月14日,葡萄成熟后采样并带回实验室,检测各项指标。

表1 ‘红艳无核’葡萄植物生长调节剂处理
Table 1 Plant growth regulator treatment method of ‘Hongyan Wuhe’ grape

处理 Treatment	植物生长调节剂质量浓度 Plant growth regulator concentration
对照 CK	清水 Water
A	1 mg·L ⁻¹ TDZ
B	2.5 mg·L ⁻¹ TDZ
C	5 mg·L ⁻¹ TDZ
D	7.5 mg·L ⁻¹ TDZ
E	10 mg·L ⁻¹ TDZ
F	10 mg·L ⁻¹ GA ₃
G	25 mg·L ⁻¹ GA ₃
H	50 mg·L ⁻¹ GA ₃
I	75 mg·L ⁻¹ GA ₃
J	100 mg·L ⁻¹ GA ₃
K	1 mg·L ⁻¹ TDZ+10 mg·L ⁻¹ GA ₃
L	2.5 mg·L ⁻¹ TDZ+25 mg·L ⁻¹ GA ₃
M	5 mg·L ⁻¹ TDZ+50 mg·L ⁻¹ GA ₃

1.3 测定指标及方法

1.3.1 葡萄果实外观品质指标测定 用电子天平分别测量果穗质量和果粒质量,精确到0.01 g;用游标卡尺随机测量各个处理30粒果实的果粒纵径、横径,精确到0.01 cm;果实纵径与横径的比值为果形指数。

1.3.2 葡萄果实内在品质指标测定 可溶性固形物含量使用糖度计(RA-250, KEM 京都电子仪器,日本)进行测定;总酸含量(TA)使用酸度计(GMK-835F,北京沃德赛普科技有限责任公司)进行测定;分别参照《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》^[24-25]进行维生素C和单宁含量的测定。

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,再根据以上测定值计算C值、h值和CIRG值,即C(色泽饱和度, Chroma)=(a²+b²)^{1/2},h(色调值, hue)=arctangent b/a, CIRG(红色葡萄果实色泽指数, color index of red grape)=(180-h)/(L+C)。

1.3.4 葡萄果实着色情况及病果率的测定 各处理葡萄果穗着色等级按以下标准(表2)进行划分,求均值;着色一致性根据果穗情况进行判断,病果率为每个处理中有病果、裂果的果穗占该处理总穗数的百分比。

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 colored area against the whole cluster
1	着色面积≤30% Colored area≤30%
2	30%<着色面积≤50% 30%<Colored area≤50%
3	50%<着色面积≤70% 50%<Colored area≤70%
4	70%<着色面积≤90% 70%<Colored area≤90%
5	着色面积>90% Colored area>90%

1.4 数据分析

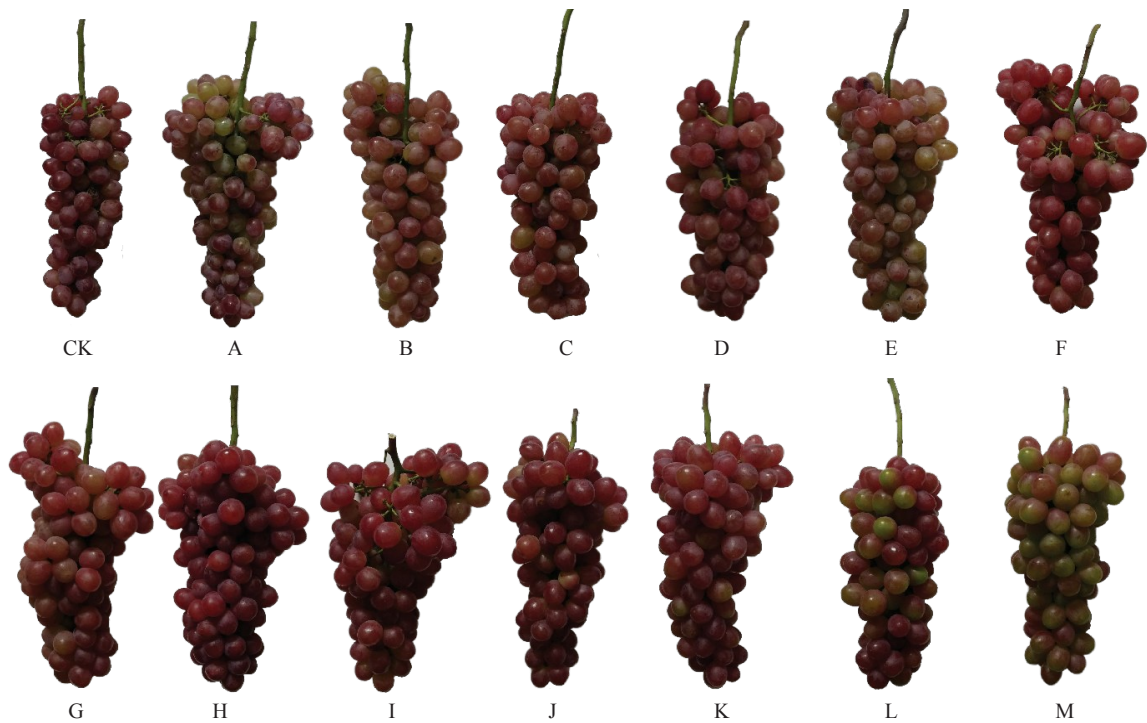
使用Excel 2010进行试验数据整理,使用SPSS 22.0软件进行差异显著性分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实外观品质的影响

成熟后各处理果穗外观情况如图1所示,果实外观品质相关指标调查结果见表3。由表3可知,不同处理方式对‘红艳无核’葡萄的果穗长度、果穗质量、单果质量等外观指标的影响差异显著。果穗长度最大的是5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理,达22.75 cm,其次是2.5 mg·L⁻¹ TDZ+25 mg·L⁻¹ GA₃处理,2.5 mg·L⁻¹ TDZ处理的果穗长度最短,仅14.90 cm;TDZ处理的平均果穗长度17.38 cm,低于对照,而GA₃处理和混合液处理的平均果穗长度均显著高于对照,其中混合液处理的值最大。

对照的果穗质量最小,仅462.35 g,50 mg·L⁻¹ GA₃处理的果穗质量最大,达930.42 g,其次是5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理;TDZ、GA₃和混合液处理的平均果穗质量均高于对照,其中GA₃处理的平均果穗质量最高,达857.01 g;随着使用浓度的增加,除1 mg·L⁻¹ TDZ处理外果穗质量也逐渐增大,



处理 A~M 同表 1。下同。 Treatment A~M same Table 1. The same below.

图 1 不同处理‘红艳无核’葡萄成熟期果实形态

Fig. 1 Morphology of mature ‘Hongyan Wuhe’ grape clusters under different treatments

表 3 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实外观品质的影响

Table 3 Effects of different treatments on the appearance quality of ‘Hongyan Wuhe’ grape

处理 Treatment	果穗长度 Bunch length/cm	果穗质量 Bunch mass/g	单果质量 Berry mass/g	果粒纵径 Longitudinal diameter/cm	果粒横径 Transverse diameter/cm	果形指数 Shape index
对照 CK	17.68 cde	462.35 d	3.71 h	2.09 g	1.77 g	1.18 def
1 mg·L ⁻¹ TDZ	18.70 c	551.91 cd	5.04 g	2.40 f	1.99 f	1.20 ab
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ	14.90 e	469.45 d	5.73 ef	2.41 f	2.02 ef	1.19 bcd
5 mg·L ⁻¹ TDZ	15.52 e	486.13 d	5.31 fg	2.42 f	2.05 e	1.18 def
7.5 mg·L ⁻¹ TDZ	18.02 cd	631.08 c	5.55 fg	2.43 f	2.02 ef	1.20 ab
10 mg·L ⁻¹ TDZ	19.77 bc	668.42 bc	6.06 e	2.50 e	2.11 d	1.18 cde
10 mg·L ⁻¹ GA ₃	19.35 bc	861.42 a	6.71 d	2.55 d	2.12 d	1.20 abc
25 mg·L ⁻¹ GA ₃	19.17 c	839.05 a	6.85 d	2.56 d	2.16 c	1.19 bcd
50 mg·L ⁻¹ GA ₃	19.09 c	930.42 a	7.53 bc	2.65 c	2.25 b	1.18 cde
75 mg·L ⁻¹ GA ₃	19.52 bc	802.69 ab	7.07 cd	2.63 c	2.26 b	1.16 f
100 mg·L ⁻¹ GA ₃	18.78 c	851.50 a	7.24 bcd	2.56 d	2.19 c	1.16 ef
1 mg·L ⁻¹ TDZ+10 mg·L ⁻¹ GA ₃	18.98 c	776.26 ab	7.06 cd	2.71 b	2.23 b	1.21 a
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ+25 mg·L ⁻¹ GA ₃	22.25 ab	829.05 a	7.74 b	2.69 b	2.25 b	1.20 bcd
5 mg·L ⁻¹ TDZ+50 mg·L ⁻¹ GA ₃	22.75 a	900.91 a	8.31 a	2.73 a	2.39 a	1.14 g
平均值 Mean	18.89	718.62	6.42	2.52	2.13	1.18
标准差 SD	2.10	169.39	1.25	0.17	0.15	0.02
最大值 Max	22.75	930.42	8.31	2.73	2.39	1.21
最小值 Min	14.90	462.35	3.71	2.09	1.77	1.14
不同处理类型均值 Means of different treatment types	TDZ 17.38	561.40	5.54	2.43	2.04	1.19
	GA ₃ 19.18	857.01	7.08	2.59	2.20	1.18
	T+G 21.33	835.40	7.71	2.71	2.29	1.18

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 ($p < 0.05$). The same below.

而GA₃处理果穗质量先增加后减小,50 mg·L⁻¹ GA₃处理的果穗质量最大,TDZ和GA₃混合使用时随着浓度的增加果穗质量逐渐加大。

各处理均能显著增加‘红艳无核’葡萄的单果质量,其中5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理的单果质量最大,达8.31 g,其次是2.5 mg·L⁻¹ TDZ+25 mg·L⁻¹ GA₃处理;TDZ、GA₃和混合液处理的平均单果质量均高于对照,其中混合液处理的平均单果质量最高,达7.71 g,其次为GA₃单独使用的处理;随着浓度的增加,TDZ处理和混合液处理的单果质量基本上也逐渐增加,GA₃处理单果质量先增加后减小,50 mg·L⁻¹ GA₃处理的单果质量最大。

所有处理中,果粒纵径和横径最大的均为5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理,分别达2.73 cm和2.39 cm,对照的果粒纵横径均最小。果形指数反映的是果粒的形状,本试验中各处理的果形指数均大于1,说明葡萄果粒为椭圆形,1 mg·L⁻¹ TDZ+10 mg·L⁻¹ GA₃处理的果形指数最大,说明该处理可以使‘红艳无核’葡萄果粒变长。

2.2 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实内在品质的影响

由表4可知,不同处理之间的可溶性固形物含

量存在显著差异,植物生长调节剂处理降低了‘红艳无核’葡萄的可溶性固形物含量,对照的可溶性固形物含量(w,后同)达19.20%,显著高于其他处理,10 mg·L⁻¹ TDZ处理的可溶性固形物含量最低,仅15.73%;10 mg·L⁻¹ TDZ、25 mg·L⁻¹ GA₃、5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理作为GA₃、TDZ及其混合液中浓度最大的处理,其可溶性固形物含量均为同类型处理中最低;TDZ处理的平均可溶性固形物含量稍高于GA₃处理和混合液处理,但三者差异不大,均低于对照。

不同处理也降低了‘红艳无核’葡萄的总酸含量,25 mg·L⁻¹ GA₃处理总酸含量最低,仅0.44%;3种处理中,GA₃处理的平均总酸含量最低(0.46%),其次为混合液处理,TDZ处理的平均总酸含量相对较高(0.60%);随着浓度的增加,TDZ处理和混合液处理的总酸含量逐渐降低,而GA₃处理总酸含量先降低后增加,25 mg·L⁻¹ GA₃的总酸含量最低。

固酸比可综合反映葡萄果实的口感及品质,25 mg·L⁻¹ GA₃处理固酸比值最高,达40.30,1 mg·L⁻¹ TDZ处理的固酸比最低;3种处理类型的平均固酸比均高于对照(26.31),其中GA₃处理的最高(36.81),其次为混合液处理,表明GA₃和TDZ可以

表4 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实内在品质的影响

Table 4 Effects of different treatments on the intrinsic quality of ‘Hongyan Wuhe’ grape

处理 Treatment	w(可溶性固形物) Soluble solid content/%	w(总酸) Total acid/%	固酸比 Ratio of SSC to TA	w(维生素C) Vc content/(mg·100 g ⁻¹)	w(单宁) Tannin content/(mg·g ⁻¹)
对照 CK	19.20 a	0.73 a	26.31 g	3.88 b	0.84 d
1 mg·L ⁻¹ TDZ	16.77 h	0.65 b	25.66 g	3.40 c	0.73 d
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ	17.07 g	0.61 c	27.84 f	3.12 d	0.83 d
5 mg·L ⁻¹ TDZ	18.07 b	0.59 d	30.80 e	3.88 b	0.68 d
7.5 mg·L ⁻¹ TDZ	17.87 c	0.59 d	30.46 e	4.41 a	0.76 d
10 mg·L ⁻¹ TDZ	15.73 j	0.56 e	27.93 f	4.02 b	0.80 d
10 mg·L ⁻¹ GA ₃	17.20 f	0.50 g	34.49 cd	3.93 b	1.08 c
25 mg·L ⁻¹ GA ₃	17.87 c	0.44 i	40.30 a	3.98 b	1.26 b
50 mg·L ⁻¹ GA ₃	17.07 g	0.45 i	37.96 b	4.46 a	1.38 ab
75 mg·L ⁻¹ GA ₃	17.00 g	0.48 h	35.71 c	3.93 b	1.42 ab
100 mg·L ⁻¹ GA ₃	16.00 i	0.45 i	35.58 c	3.98 b	1.41 ab
1 mg·L ⁻¹ TDZ+10 mg·L ⁻¹ GA ₃	17.67 d	0.52 f	33.76 d	4.02 b	1.50 a
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ+25 mg·L ⁻¹ GA ₃	17.47 e	0.49 gh	35.65 c	4.07 b	1.36 ab
5 mg·L ⁻¹ TDZ+50 mg·L ⁻¹ GA ₃	15.93 i	0.45 i	35.15 c	3.93 b	1.46 a
平均值 Mean	17.21	0.54	32.69	3.93	1.11
标准差 SD	0.94	0.09	4.53	0.34	0.32
最大值 Max	19.20	0.73	40.30	4.46	1.50
最小值 Min	15.73	0.44	25.66	3.12	0.68
不同处理类型均值 Means of different treatment types	TDZ 17.10	0.60	28.54	3.77	0.76
	GA ₃ 17.03	0.46	36.81	4.06	1.31
	T+G 17.02	0.49	34.85	4.01	1.44

提高‘红艳无核’葡萄果实的固酸比。

维生素C含量最高的是50 mg·L⁻¹ GA₃处理,达4.46 mg·100 g⁻¹,2.5 mg·L⁻¹ TDZ处理最低;除TDZ处理的平均维生素C含量低于对照外,GA₃处理和混合液处理的平均维生素C含量均高于对照,其中GA₃处理平均维生素C含量最高(4.06 mg·100 g⁻¹)。

GA₃和TDZ处理对果实单宁含量影响差异较大,单宁含量最高的是1 mg·L⁻¹ TDZ+10 mg·L⁻¹ GA₃处理,达1.50 mg·g⁻¹,5 mg·L⁻¹ TDZ处理单宁含量最低;整体来看,只有TDZ处理的平均单宁含量(0.76 mg·g⁻¹)低于对照(0.84 mg·g⁻¹),而GA₃处理和混合液处理的平均单宁含量均显著高于对照,其中混合液处理的平均单宁含量最高(1.44 mg·g⁻¹)。

2.3 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实色泽的影响

随着果实成熟,果面光亮度会降低,即L值会下降,从表5可知,1 mg·L⁻¹ TDZ+10 mg·L⁻¹ GA₃处理的L值最低(30.40),10 mg·L⁻¹ TDZ处理的L值最高(33.51);TDZ处理的平均L值(32.95)高于对照(32.03),而GA₃处理和混合液处理的平均L值均低于对照,其中混合液处理的平均L值最低(31.29)。各处理的a值均为正值,表示果皮为红色,10 mg·L⁻¹ GA₃处理的a值最大,说明该处理的果皮中红色成分偏高,5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理的a值最小;3种处理的平均a值均高于对照(7.33),其中GA₃处理的平均a值(10.27)最大,显著高于其他处理,说明GA₃促进‘红艳无核’葡萄着色效果明显。各处理的b值也均为正值,以5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处

表5 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实色泽的影响

Table 5 Effects of different treatments on the fruit color of ‘Hongyan Wuhe’ grape

处理 Treatment	L	a	b	C	h	CIRG	
对照 CK	32.03 c	7.33 cd	6.39 cde	9.86 f	42.02 bed	3.29 b	
1 mg·L ⁻¹ TDZ	32.54 bc	7.52 cd	7.25 b	10.57 cde	44.42 bc	3.15 b	
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ	32.62 bc	8.63 bc	6.79 bcd	11.03 cd	38.45 cde	3.24 b	
5 mg·L ⁻¹ TDZ	33.11 ab	8.72 bc	6.93 bc	11.27 c	39.14 cde	3.17 b	
7.5 mg·L ⁻¹ TDZ	32.96 ab	9.49 b	6.93 bc	12.02 b	37.65 cde	3.16 b	
10 mg·L ⁻¹ TDZ	33.51 a	7.36 cd	8.03 a	11.05 c	47.81 ab	2.97 c	
10 mg·L ⁻¹ GA ₃	32.60 bc	12.49 a	6.70 bcd	14.25 a	28.64 g	3.23 b	
25 mg·L ⁻¹ GA ₃	32.13 c	11.76 a	6.74 bed	13.72 a	30.61 fg	3.26 b	
50 mg·L ⁻¹ GA ₃	30.73 de	8.96 b	5.95 e	10.84 cde	34.07 efg	3.51 a	
75 mg·L ⁻¹ GA ₃	31.13 d	8.91 b	6.03 e	10.81 cde	34.42 efg	3.47 a	
100 mg·L ⁻¹ GA ₃	30.45 e	9.25 b	5.84 e	10.98 cde	32.52 efg	3.56 a	
1 mg·L ⁻¹ TDZ+10 mg·L ⁻¹ GA ₃	30.40 e	8.53 bc	5.74 e	10.32 def	34.23 efg	3.58 a	
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ+25 mg·L ⁻¹ GA ₃	30.83 de	8.17 bc	6.14 de	10.27 ef	37.28 def	3.47 a	
5 mg·L ⁻¹ TDZ+50 mg·L ⁻¹ GA ₃	32.65 bc	6.50 d	8.13 a	11.18 c	52.62 a	2.92 c	
平均值 Mean	31.98	8.83	6.69	11.30	38.13	3.29	
标准差 SD	1.06	1.63	0.75	1.25	6.70	0.21	
最大值 Max	33.51	12.49	8.13	14.25	52.62	3.58	
最小值 Min	30.40	6.50	5.74	9.86	28.64	2.92	
不同处理类型均值 Means of different treatment types	TDZ	32.95	8.34	7.19	11.19	41.49	3.14
	GA ₃	31.41	10.27	6.25	12.12	32.05	3.41
	T+G	31.29	7.73	6.67	10.59	41.38	3.32

理最大,1 mg·L⁻¹ TDZ+10 mg·L⁻¹ GA₃处理的b值最小(5.74);GA₃处理的平均b值低于对照(6.39),而TDZ处理和混合液处理的平均b值均高于对照。

C值为色泽饱和度,值越大,果实颜色越纯,各处理的C值均高于对照(9.86),其中GA₃处理的平均C值最高(12.12),说明不同处理尤其是GA₃处理可以明显增强‘红艳无核’葡萄果皮着色的一致性。

各处理的h值为28.64~52.62,h值越低越接近红色,10 mg·L⁻¹ GA₃处理的h值最低,5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理最高;3种处理的平均h值均低于对照(42.02),其中GA₃处理的平均h值最低(32.05)。CIRG值为红色葡萄色泽指数,1 mg·L⁻¹ TDZ+10 mg·L⁻¹ GA₃处理的CIRG值(3.58)最大,5 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ GA₃处理最小;TDZ处理的平均

CIRG值(3.14)低于对照(3.29),而GA₃处理和混合液处理均高于对照,其中GA₃处理的平均CIRG值最高。

2.4 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实着色情况及病果率的影响

由表6可知,不同处理的着色指数和着色一致性差异较大,其中GA₃处理的平均着色指数值

(3.91)最大,着色一致性也相对较好,而TDZ处理和混合液处理的着色指数及着色一致性均相对较差。各处理的病果率差异也较大,GA₃处理的病果率相对较低,仅6.67%,与其他处理差异显著,混合液处理的病果率(13.33%)次之,而TDZ处理的病果率相对较高,达65.33%。

表6 不同处理对‘红艳无核’葡萄果实着色及病果率的影响

Table 6 Effects of different treatments on fruit coloration and diseased fruit rate of ‘Hongyan Wuhe’ grape

处理 Treatment	着色指数 Coloring index	着色一致性 Coloring consistency	病果率 Diseased fruit rate/%	
对照 CK	3.79 ab	基本一致 Almost the same	23.08 d	
1 mg·L ⁻¹ TDZ	2.43 e	不一致 Inconformity	93.33 a	
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ	3.00 c	不一致 Inconformity	86.67 a	
5 mg·L ⁻¹ TDZ	2.83 cd	不一致 Inconformity	73.33 b	
7.5 mg·L ⁻¹ TDZ	2.43 e	不一致 Inconformity	46.67 c	
10 mg·L ⁻¹ TDZ	2.29 ef	不一致 Inconformity	26.67 d	
10 mg·L ⁻¹ GA ₃	3.93 a	一致 Consistency	6.67 e	
25 mg·L ⁻¹ GA ₃	3.93 a	一致 Consistency	6.67 e	
50 mg·L ⁻¹ GA ₃	4.00 a	一致 Consistency	6.67 e	
75 mg·L ⁻¹ GA ₃	4.00 a	一致 Consistency	6.67 e	
100 mg·L ⁻¹ GA ₃	3.43 b	一致 Consistency	6.67 e	
1 mg·L ⁻¹ TDZ+10 mg·L ⁻¹ GA ₃	3.71 ab	不一致 Inconformity	26.67 d	
2.5 mg·L ⁻¹ TDZ+25 mg·L ⁻¹ GA ₃	2.57 de	不一致 Inconformity	6.67 e	
5 mg·L ⁻¹ TDZ+50 mg·L ⁻¹ GA ₃	2.00 f	不一致 Inconformity	6.67 e	
不同处理类型均值 Means of different treatment types				
	TDZ	2.68	不一致 Inconformity	65.33
	GA ₃	3.91	一致 Consistency	6.67
	T+G	2.90	不一致 Inconformity	13.33

2.5 ‘红艳无核’葡萄不同处理的综合评价

对‘红艳无核’不同处理果实的综合指标进行主成分分析,提取了3个主成分,累计贡献率达86.923%,能够反映‘红艳无核’葡萄采用不同处理的效果(表7)。第1主成分贡献率为52.745%,包含果穗质量、单果质量、总酸含量、固酸比、维生素C含量和单宁含量这6个性状的原始信息;第2主成分贡献率为21.840%,代表可溶性固形物含量、a值和着色指数这3个性状的原始信息;第3主成分贡献率为12.339%,代表C值这1个性状的原始信息。

PCA法通过因子分析确定参评品质指标主成分特征值和特征向量,根据主成分累计贡献率,选择关键主成分,计算各主成分得分,再利用综合得分公式求出各处理品质指标综合分值(Z值),Z值越大,表明综合效果越好,反之综合效果越弱;综合评价结果为G>F>H>J>I>M>L>K>D>E>C>B>A>CK(表8),25 mg·L⁻¹ GA₃处理得分最高,说明25 mg·L⁻¹ GA₃

表7 ‘红艳无核’葡萄果实品质评价因子主成分分析
Table 7 Principal component analysis of the quality of ‘Hongyan Wuhe’ grape

指标或参数 Index or parameter	主成分 Principal component		
	PC1	PC2	PC3
特征根 Eigen value	5.274	2.184	1.234
贡献率 Contribution ratio/%	52.745	21.840	12.339
累计贡献率 Cumulative contribution-ratio/%	52.745	74.584	86.923
果穗质量 Bunch mass	0.962*	-0.171	-0.007
单果质量 Berry mass	0.880*	-0.411	0.076
可溶性固形物含量 SSC	-0.316	0.706*	-0.517
总酸含量 Content	0.968*	-0.155	0.076
固酸比 Ratio of SSC to TA	0.957*	0.111	-0.083
维生素C含量 Vc content	0.532*	0.083	-0.402
单宁含量 Tannin content	-0.867*	0.182	0.300
a值 a value	0.477	0.792*	0.340
C值 C value	0.411	0.595	0.649*
着色指数 Coloring index	0.434	0.655*	-0.399

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.

表8 不同处理方式效果的综合评价
Table 8 The comprehensive evaluation of the effect of different treatments

处理 Treatment	Z值 Z value	排序 Rank	
对照 CK	-2.188	14	
A 1 mg·L ⁻¹ TDZ	-2.082	13	
B 2.5 mg·L ⁻¹ TDZ	-1.455	12	
C 5 mg·L ⁻¹ TDZ	-1.169	11	
D 7.5 mg·L ⁻¹ TDZ	-0.432	9	
E 10 mg·L ⁻¹ TDZ	-1.116	10	
F 10 mg·L ⁻¹ GA ₃	1.989	2	
G 25 mg·L ⁻¹ GA ₃	2.337	1	
H 50 mg·L ⁻¹ GA ₃	1.406	3	
I 75 mg·L ⁻¹ GA ₃	0.762	5	
J 100 mg·L ⁻¹ GA ₃	1.027	4	
K 1 mg·L ⁻¹ TDZ+10 mg·L ⁻¹ GA ₃	0.278	8	
L 2.5 mg·L ⁻¹ TDZ+25 mg·L ⁻¹ GA ₃	0.313	7	
M 5 mg·L ⁻¹ TDZ+50 mg·L ⁻¹ GA ₃	0.329	6	
不同处理类型均值 Means of different treatment types	TDZ	-1.251	3
	GA ₃	1.504	1
	T+G	0.307	2

处理综合效果最好。与对照相比,其他3种处理类型综合得分排序为GA₃处理>混合液处理>TDZ处理>对照,说明GA₃处理对‘红艳无核’葡萄综合品质的提升效果最好。

3 讨论

GA₃和TDZ是葡萄生产中常用的促进葡萄膨大、提高果实商品性的植物生长调节剂,合理使用这2种生长调节剂对改善葡萄各生长指标具有重要的作用。本研究中,通过使用GA₃和TDZ以及二者混合处理的‘红艳无核’葡萄果实果穗质量、单果质量以及果粒纵横径均有不同程度的增加,果实商品性增加,这与朱盼盼等^[26]在‘阳光玫瑰’和牛锐敏等^[27]在‘夏黑’上的研究结果一致。

可溶性固形物含量是评价葡萄果实内在品质的重要指标之一,含量越高,品质越佳;可滴定酸含量是由光合同化作用及呼吸消耗等综合作用的结果,酸度越高,品质越差^[26]。本研究发现,GA₃和TDZ以及二者混合处理均显著降低了‘红艳无核’葡萄果实的可溶性固形物含量,这与程媛媛等^[28]对‘新美人指’果实的研究结果一致。GA₃和TDZ处理也降低了‘红艳无核’果实的总酸含量,提高了果实的固酸比,可改善其内在品质,这与王莎等^[29]对‘阳光玫瑰’的研究结果一致,但与程媛媛等^[28]对‘新美人指’的

研究结果不一致,原因可能是二者存在葡萄品种与区域气候差异。

维生素C是一种重要的抗氧化剂,具有防癌、提高人体免疫力和应激能力等重要作用,是人类饮食中不可缺少的重要营养成分^[30]。本研究发现,高浓度的TDZ处理以及GA₃处理和混合液处理均显著提高了果实维生素C含量,说明GA₃和TDZ有助于提升‘红艳无核’葡萄的内在品质。

果实涩味主要来源于单宁^[31],本研究表明,TDZ处理的果实单宁含量低于对照,而GA₃处理和混合液处理的单宁含量均高于对照,说明TDZ有利于降低‘红艳无核’果实单宁含量,从而降低果实涩味,而GA₃处理和二者混合处理不利于果实涩味的降低,这与郭淑华等^[32]对‘夏黑’的研究结果一致,但与黄海娜等^[22]对‘巨玫瑰’、田淑芬等^[33]对‘玫瑰香’和刘金串等^[34]对‘红地球’的研究认为GA₃有利于降低果实涩味、TDZ不利于降低果实涩味的结果不同,这可能是因为植物生长调节剂的使用方法非常复杂,其使用浓度、时期、配比及葡萄品种的不同对果实的影响也会不同。

果实的色泽是果品品质和新鲜度的一个重要指标^[35],本研究发现,‘红艳无核’使用GA₃处理的果实色泽指标、着色指数和着色一致性均显著优于TDZ、GA₃与TDZ混合处理和对照,这与侯玉茹等^[36]研究表明GA₃处理能使葡萄果皮花青素含量上升、促进果实成熟的结果相一致。GA₃处理不仅促进了‘红艳无核’葡萄果实的着色,其病果率也最低,因此显著提高了果实品质。

4 结论

植物生长调节剂虽能改善葡萄果实的外观品质,然而使用浓度与时期不当易影响果品内在品质,甚至影响果品销售,因此筛选不同葡萄品种适宜的植物生长调节剂类型、浓度、处理时期至关重要。笔者对GA₃和TDZ处理的‘红艳无核’葡萄各项指标进行综合评价发现,各处理类型综合得分排序为GA₃处理>混合液处理>TDZ处理>对照,说明GA₃对‘红艳无核’葡萄综合品质的提升效果最好,其中使用25 mg·L⁻¹ GA₃膨果处理,综合表现最佳,可有效提高果实商品性,增加经济效益。

参考文献 References:

- [1] 张永辉,龚向光,谭炜,付君,唐成顺. 红艳无核在云南干热河

- 谷区的引种表现[J]. 果农之友, 2019(7):7.
- ZHANG Yonghui, GONG Xiangguang, TAN Wei, FU Jun, TANG Chengshun. Introduction of Hongyan Wuhe in Yunnan Dry-hot Valley[J]. Fruit Growers' Friend, 2019(7): 7.
- [2] 佚名. 中早熟鲜食葡萄新品种‘红艳无核’选育成功[J]. 农业科技与信息, 2017(11):50.
- YI Ming. Selection of a new mid-early ripe table grape variety ‘Hongyan Wuhe’ [J]. Agricultural Science-Technology and Information, 2017(11): 50.
- [3] 张文, 闫君, 彭涛, 陈婷, 潘建忠, 张琪玮. UPLC-MS/MS 测定葡萄中的生长调节剂及其中 7 种外源生长调节剂的残留降解动态[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 183-188.
- ZHANG Wen, YAN Jun, PENG Tao, CHEN Ting, PAN Jianzhong, ZHANG Qiwei. Determination of plant growth regulators and degradations of 7 kinds of exogenous growth regulators in grapes using Ultra-high Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(23): 183-188.
- [4] 苏杭, 张鹏, 李慧, 王璐芳, 金芬. 我国常用植物生长调节剂对水果品质影响研究[J]. 农产品质量与安全, 2017(2):44-48.
- SU Hang, ZHANG Peng, LI Hui, WANG Lufang, JIN Fen. Effect of plant growth regulators in common use on fruit quality in China: A review[J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2017 (2):44-48.
- [5] 黄炜, 师桂英, 黄彦玮, 吕海龙, 张立彭, 贾喜霞. 外源 GA₃ 和 ABA 处理条件下‘兰州百合’鳞茎内源激素的变化[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 12(6):129-136.
- HUANG Wei, SHI Guiying, HUANG Yanwei, LÜ Hailong, ZHANG Lipeng, JIA Xixia. Changes of endogenous hormones in the bulbs of Lanzhou lily under exogenous GA₃ and ABA treatments[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2018, 12 (6): 129-136.
- [6] 翟宇瑶, 郭宝林, 黄文华. “壮根灵”类药剂检测及植物生长延缓剂在根及根茎类地道药材栽培中使用情况调查[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(3):414-419.
- ZHAI Yuyao, GUO Baolin, HUANG Wenhua. Detection of agent “zhuanggenling” and investigation of utilization of plant growth retardants in traditional Chinese medicine cultivation[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2015, 40(3): 414-419.
- [7] 林涛, 樊建麟, 杨东顺, 乔绍伟, 刘兴勇, 李彦刚, 刘宏程. 甜椒中噻苯隆的测定及其残留动态[J]. 江苏农业学报, 2016, 32 (3):694-697.
- LIN Tao, FAN Jianlin, YANG Dongshun, QIAO Shaowei, LIU Xingyong, LI Yangang, LIU Hongcheng. Determination of thidiazuron and its dissipation behavior in pimiento[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2016, 32(3):694-697.
- [8] 柴振林, 杨柳, 朱杰丽, 曹件生, 吴翠蓉, 周利雄. 氯吡啶在猕猴桃中的残留动态研究[J]. 果树学报, 2013, 30(5):1011-1015.
- CHAI Zhenlin, YANG Liu, ZHU Jieli, CAO Jiansheng, WU Cuirong, ZHOU Lixiong. Study on residue dynamics of forchlorfenuron in kiwifruit[J]. Journal of Fruit Science, 2013, 30(5):1011-1015.
- [9] 顾克余, 周蓓蓓, 宋长年, 胡鑫, 房经贵. 植物生长调节剂及其在葡萄生产上的应用综述[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 13-16.
- GU Keyu, ZHOU Beibei, SONG Changnian, HU Xin, FANG Jinggui. Plant growth regulator and its application in grape production[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(7): 13-16.
- [10] 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.
- [11] 李秀杰, 韩真, 李晨, 逯志斐, 李勃. 生长调节剂对阳光玫瑰葡萄果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2016(6):20-23.
- LI Xiujie, HAN Zhen, LI Chen, LU Zhifei, LI Bo. Effects of plant growth regulators on Shine Muscat fruit quality[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2016(6): 20-23.
- [12] 张敏. 植物生长调节剂在欧美杂交种葡萄无核大粒化栽培中的应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- ZHANG Min. The influence of plant growth regulator in seedless and large berries cultural techniques of European-American hybrid grapes[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.
- [13] 李修波, 张树军, 吕志华. 植物生长调节剂对夏黑葡萄膨大及果实品质的影响[J]. 中国林副特产, 2016(5):22-23.
- LI Xiubo, ZHANG Shujun, LÜ Zhihua. Effects of plant growth regulators on the swelling and fruit quality of summer black grapes[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2016(5): 22-23.
- [14] 崔慧琴, 牛建新. 植物生长调节剂对克瑞森葡萄果实品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2009, 46(6):1263-1265.
- CUI Huiqin, NIU Jianxin. Effects of plant growth regulators on Crimson Seedless fruit quality[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2009, 46(6): 1263-1265.
- [15] 曹雄军, 谢太理, 张瑛, 林玲, 白先进. 植物生长调节剂对巨玫瑰葡萄夏果品质的影响[J]. 南方农业学报, 2013, 44(12):2049-2052.
- CAO Xiongjun, XIE Taili, ZHANG Ying, LIN Ling, BAI Xianjin. Effects of plant growth regulators on quality of summer fruits of Jumeigui grape[J]. Journal of Southern Agriculture, 2013, 44(12): 2049-2052.
- [16] 张虎平, 随健鹏, 梅述江, 董海涛. 几种生长调节剂对早生高墨无核化处理的效果[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(17): 5118-5119.
- ZHANG Huping, SUI Jianpeng, MEI Shujiang, DONG Haitao. Effects of several growth regulators on the early-growing high-ink denuclearization treatment[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(17): 5118-5119.
- [17] 郭梦玉, 孙贺, 姜丹, 徐聆粤, 朴一龙. GA₃ 和 TDZ 对大田‘蜜汁’和‘寒香蜜’葡萄无核化和膨大效果[J]. 延边大学农学报, 2016, 38(1):64-68.
- GUO Mengyu, SUN He, JIANG Dan, XU Lingyue, PIAO Yilong. Effects of GA₃ and TDZ on the seedless and the intamescentia of ‘Mizhi’ and ‘Hanxiangmi’ grape[J]. Agricultural Science Journal of Yanbian University, 2016, 38(1): 64-68.
- [18] 孙贺, 李旭, 曹万万, 姜丹, 朴一龙. GA₃ 和 TDZ 对‘茉莉香’葡萄果穗生长和品质的影响[J]. 延边大学农学报, 2014, 36 (4):321-325.
- SUN He, LI Xu, CAO Wanwan, JIANG Dan, PIAO Yilong. Effects of GA₃ and TDZ on fruit bunch and quality of ‘Molixiang’ grape[J]. Agricultural Science Journal of Yanbian University, 2014, 36(4): 321-325.
- [19] 李玉利, 杨忠兴, 仇璇, 唐云, 潘维君, 杨国庆, 郁星星. CPPU、TDZ 对上海夏黑葡萄果实生长与品质的影响[J]. 中国南方果

- 树,2015,44(4):88-90.
- LI Yuli, YANG Zhongxing, QIU Xuan, TANG Yun, PAN Weijun, YANG Guoqing, YU Xingxing. Effects of CPPU and TDZ on fruit growth and quality of Shanghai Summer Black grape[J]. *South China Fruits*, 2015, 44(4): 88-90.
- [20] 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.
- [21] 陶建敏,韩传光,章镇,徐喜楼.GA₃在葡萄生产上的应用[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2003(6):33-35.
- TAO Jianmin, HAN Chuanguang, ZHANG Zhen, XU Xilou. Application of GA₃ in grape production[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2003(6): 33-35.
- [22] 黄海娜,程大伟,顾红,张洋,郭西智,陈锦永.GA₃和TDZ对‘巨玫瑰’葡萄果皮涩味的影响[J]. *中国农业科技导报*, 2019, 21(2):120-132.
- HUANG Haina, CHENG Dawei, GU Hong, ZHANG Yang, GUO Xizhi, CHEN Jinyong. Effects of GA₃ and TDZ on the Astringent Taste of ‘Jumeigui’ grape berry skin[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2019, 21(2): 120-132.
- [23] 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.
- [24] 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]. 2016.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National Food Safety Standard Determination of ascorbic acid in food:GB 5009.86—2016[S]. 2016.
- [25] 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.
- [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] 程媛媛,高志红,章镇,陶建敏.TDZ对新美人指葡萄延后成熟及果实品质的影响[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2011(7):40-42.
- CHENG Yuanyuan, GAO Zhihong, ZHANG Zhen, TAO Jianmin. Effect of TDZ on the delayed ripening and fruit quality of New Beauty Finger grapes[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2011(7): 40-42.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 田淑芬,王勇,李杨昕.玫瑰香葡萄无核化处理对不同器官中酚类物质和抗氧化能力的影响[J]. *园艺学报*, 2011, 38(4):747-752.
- TIAN Shufen, WANG Yong, LI Yangxin. Effects of seedlessness treatment on the phenolic content and antioxidant enzymes of grape ‘Muscat Hamburg’ different organs[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2011, 38(4): 747-752.
- [34] 刘金串,孟江飞,郭志君,耿万刚,乔玲,张昂,张振文,房玉林.膨大处理对红地球葡萄酚类物质及抗氧化活性的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(5):7-12.
- LIU Jinchuan, MENG Jiangfei, GUO Zhijun, GENG Wangang, QIAO Ling, ZHANG Ang, ZHANG Zhenwen, FANG Yulin. Effect of enlargement treatment on phenolic content and antioxidant activities of red globe grape[J]. *Food Science*, 2012, 33(5): 7-12.
- [35] 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.
- [36] 侯玉茹,王宝刚,冯晓元,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, 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.