

果实膨大期不同浓度 GA₃ 处理对大红袍花椒果实品质影响

卢红¹, 吴丽², 孙玲², 付满意³

(1. 信阳市平桥区林业技术服务中心, 河南 信阳 464000; 2. 国有林场信阳市平桥区天目山林场, 河南 信阳 464000;
3. 信阳农林学院 林学院, 河南 信阳 464000)

摘要: 施加 GA₃ 等植物生长调节剂已成为提高果实品质的重要栽培管理手段, 但施加 GA₃ 对花椒果实品质的影响目前仍不清楚。为研究不同浓度 GA₃ 处理在果实膨大期对大红袍花椒果实的外在品质和内在品质的影响, 筛选出最优 GA₃ 喷施浓度。选择大红袍花椒为研究对象, 在花椒果实膨大期喷施浓度为 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L 和 100 mg/L 的 GA₃, 待果实成熟采收后, 分别测定果粒的纵径、横径、百粒重、果皮油囊数量、总挥发油、酰胺类化合物、不挥发性乙醚萃取物以及总黄酮指标。结果表明, 坐果期喷施 75 mg/L GA₃ 时综合效果最好, 果实纵径, 横径, 百粒重以及果皮油囊数量 4 项外在品质指标分别提升 14%、11%、12% 和 35%。果皮总挥发油、麻味物质、不挥发性乙醚萃取物和总黄酮 4 项内在品质指标会显著提升 33%、27%、13% 和 11%。本研究筛选出了提升花椒果实品质的最佳 GA₃ 处理浓度, 为花椒栽培管理提供了新的见解和思路。

关键词: 赤霉素; 大红袍花椒; 外在品质; 内在品质

中图分类号: S573 文献标识码: A 文章编号: 0488-5368(2024)06-0038-06

Effect of GA₃ Treatment with Different Concentrations on Fruit Quality of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. "Dahongpao" During Fruit Expansion Period

LU Hong¹, WU Li², SUN Ling², FU Manyi²

(1. Xinyang Pingqiao District Forestry Technology Extension Station, Xinyang, Henan 464000, China;
2. State-owned Forest Farm Xinyang Pingqiao District Tianmu Mountain Forest Farm, Xinyang, Henan 464000, China;
3. Academy of Forestry, Xinyang Agricultural and Forestry University, Xinyang, Henan 464000, China)

Abstract: Application of plant growth regulators such as GA₃ has become an important cultivation management tool to improve fruit quality, but the effect of GA₃ application on *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. "Dahongpao" fruit quality is still unclear. In order to investigate the effect of different GA₃ concentrations on the external and internal quality of "Dahongpao" fruits during fruit expansion, the optimum GA₃ spraying concentration was selected. The fruit were sprayed at 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L and 100 mg/L during fruit set. After harvesting, the longitudinal and transverse diameters, the weight of 100 grains, the number of pericarp oil capsules, the total volatile oil, the amide compounds, the non-volatile ether extract and the total flavonoids were measured. The results showed that the best overall results were obtained when 75 mg/L GA₃ was sprayed at fruit set, and the four external quality indicators, namely longitudinal diameter, transverse diameter, 100 grain weight and number of oil capsules on the fruit skin, were improved by 14%, 11%, 12% and 35% respectively. The four intrinsic quality indicators, namely total peel volatile oil, pineness, non-volatile ether extract and total flavonoids, were significantly improved by 33%, 27%, 13% and 11% respectively. This study screened out the optimal GA₃ treatment concentration for enhancing "Dahongpao" fruit quality, providing new insights and ideas for "Dahong-

收稿日期: 2023-05-08 修回日期: 2023-07-25

基金项目: 信阳农林学院青年教师科研基金项目(20200112)。

第一作者简介: 卢红(1980-), 女, 本科, 高级工程师, 主要从事经济林生产工作。

通信作者: 付满意。

pao" cultivation management.

Key words: Gibberellin; *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. "Dahongpao"; External quality; Internal quality

花椒原产于中国,在中国分布范围极广,是兼具香料、油料和药用等多功能于一身的经济林树种,在我国具有悠久的栽培历史。大红袍花椒 (*Zanthoxylum bungeanum* "Dahongpao") 属于花椒的优良品种,具有果大肉厚,油脂丰富,麻香浓郁的特点,是主要的花椒栽培品种^[1]。

赤霉素是六大植物生长激素之一,属于一类四环二萜类化合物,其调控作用几乎涉及植物生长发育的全过程,包括对种子萌发,植株生长,开花调控以及果实发育成熟等多个阶段的影响^[2~5]。喷施赤霉素是当前在经济林作物中用于提高果实品质的重要手段之一^[6]。赵婧彤等^[7]研究发现在盛花期喷施赤霉素能够显著提升骏枣的产量和营养品质,杨文莉等^[8]对轮台白杏喷施赤霉素时发现其坐果和果实品质均有较高提升。尤其在葡萄上,关于喷施赤霉素提高坐果,促进果实增大拉长,提升果实营养物质含量等研究较多^[9~11]。前人的相关研究均证明,施用一定剂量的赤霉素对于果实品质的提升具有显著的效果。但有关赤霉素对花椒影响的研究目前主要集中在促进种子萌发相关内容^[12~17],而喷施赤霉素对于提升花椒果粒外在品质和内在品质的研究尚未见报道。本研究对象选用已进入丰产期的大红袍花椒,通过在果实膨大期喷施不同浓度赤霉素,以期筛选出能够促进大红袍花椒果实品质的处理措施,为后续合理使用赤霉素用以提升花椒果粒品质提供技术支持和参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验地位于河南省信阳市平桥区邢集镇信育种植生产园区,年均日照时数 1 900~2 100 h;年平均气温 15.3~15.8 °C,无霜期长,平均 220~230 d;降雨充沛,年均降雨量 993~1 294 mm,属亚热带向暖温带过渡地区,季风气候明显。实验材料为大红袍花椒,树龄 8 a,栽植株行距 2 m × 3 m,东西行向。

1.2 实验方法

在花椒果实膨大期,分别选择生长势基本一致的植株作为试验母株,试验采用单株小区,随机区组处理,重复 3 次,共计 15 株树。选择试验母株朝南方向结果枝喷洒 GA₃ 溶液,试验共设置 5 个处理,分别为 T1 (25 mg/L)、T2 (50 mg/L)、T3 (75

mg/L)、T4 (100 mg/L),CK 为喷施清水处理。用喷雾器向花椒果实喷洒各处理溶液,以地面有水滴落时停止喷施,对所有处理的树木进行挂牌标记,待果实完全成熟后,选取无机械损伤的果实进行后续实验分析。GA₃ 产品为纯度 99% 的 GA₃ 粉剂 (杭州莱钡特生物科技有限公司)。

1.3 项目测定

1.3.1 果实百粒重测量 每株喷洒 GA₃ 溶液的朝南向结果枝上随机选取一定数量花椒果实,去除花椒干果的果梗和杂质,利用四分法,随机选取 100 粒花椒果实,用电子天平称量其百粒重。

1.3.2 果实形态测量 将花椒果实腹缝线作为纵径,垂直于纵径的为横径,以数显游标卡尺测量横径和纵径 (mm)。各处理中每一个重复选取 20 粒花椒果实进行测量,取平均值。

1.3.3 果皮表面油囊数量 采用体视显微镜 (SZMN45TR-B4, 光谷仪器, 中国) 观察并测定分析果皮表面油囊数量。不同处理每一个重复株上选取 20 粒花椒果实进行统计,取其平均值。

1.3.4 总挥发油测定 采用水蒸气蒸馏法^[18]测定总挥发油含量。将 30 g 干燥花椒粉末和 300 mL 超纯水倒入 500 mL 烧瓶中,加热水至沸腾,持续 4 h 以上直到没有精油流出,等精油界面稳定后进行读数,总挥发油含量用每 1 g 干燥果皮的出油体积 mL 表示 (mL/g)。

1.3.5 酰胺类化合物 (麻味物质) 测定 本研究采用高效液相色谱法测定花椒中的麻味物质^[19,20]。先将花椒样品粉碎并过 0.3 mm 筛,然后转移到锥形烧瓶中,按照料液比 1:10 (g/mL) 加入甲醇,在 50 °C 下进行超声辅助提取,时间为 30 min,再以 3 000 r/min 离心 5 min,上清液过 0.22 μm 膜后得到待测试样品溶液。采取高效液相色谱检测外标法,通过色谱图测出的麻味物质峰面积,比对标准曲线获得各处理样品的酰胺类化合物具体含量。

1.3.6 不挥发性乙醚萃取物测定 采用无水乙醚 (HG3-1002) 提取法^[21]分析不挥发性乙醚萃取物含量。将盛有样品的滤纸筒用脱脂棉塞住,放入素氏提取器中,水浴加热抽提 18 h。随后对溶剂进行回收,处理完成之后及时水浴蒸干,于烤箱中 110 °C 下加热 1 h,在干燥器中冷却后称重 (精确至 0.001 g)。连续多次加热、冷却并称重,直到两次

相继得到的质量差小于 0.002 g 为止。计算公式如下：

$$X = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100 - H}$$

式中：

X: 不挥发性乙醚萃取物%；

m_2 : 接收瓶和不挥发性乙醚萃取物的质量, 单位为克(g)；

m_1 : 接收瓶质量, 单位为克(g)；

m_0 : 试样质量, 单位为克(g)；

H: 样品水分含量, %。

1.3.7 总黄酮测定 花椒中总黄酮的测定方法选用硝酸铝-亚硝酸钠-氢氧化钠 ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{NaNO}_2 - \text{NaOH}$) 比色法^[22,23]。称取 2.0 g 干燥花椒粉, 用 60 ml 60% 乙醇溶剂在 30 °C 下超声(功率为 150 w)提取 1 h, 经过抽滤得到花椒待测样品溶液。取 20 ml 待测溶液, 先加入 1.0 mL 5% NaNO_2 溶液, 混匀后静置 6 min; 再加入 1.0 mL 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液, 摇匀后放置 6 min; 最后加入 10 mL 10% NaOH 溶液摇匀, 显色 15 min, 稳定之后在 200~700 nm 波长下进行紫外-可见分光光度计下扫描, 最终计算出花椒的黄酮萃取率, 计算公式如下：

黄酮萃取率 = 花椒提取液中的黄酮总量 (mg) / 花椒原料量 (g)

1.4 数据处理

运用 SPSS 24 进行单因素 ANOVA 的 Waller-Duncan 比较差异的显著性 ($\alpha = 0.05$) 分析, 采用 Origin 2021 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 GA_3 对大红袍花椒果形影响

花椒果实纵横径是衡量果实大小的一项重要指标。本研究发现, 与对照组花椒果粒纵径 4.95 mm、横径 5.26 mm 相比, 在果实膨大期喷施不同浓度的 GA_3 对于花椒果粒具有一定的提升。喷施 25 mg/L、50 mg/L 和 75 mg/L GA_3 对于花椒果粒纵径分别提升了 8%、11% 和 14% ($P < 0.05$), 喷施 100 mg/L GA_3 虽有提升, 但与对照组相比差异不显著; 喷施 50 mg/L 和 75 mg/L GA_3 对于花椒果粒横径分别提升了 7% 和 11% ($P < 0.05$), 喷施 25 mg/L 和 100 mg/L GA_3 时果粒横径虽有提升, 但与对照组相比同样差异不显著 (图 1)。由此可见在果实膨大期对大红袍花椒果实进行 GA_3 处理可以起到一定的增大效果。

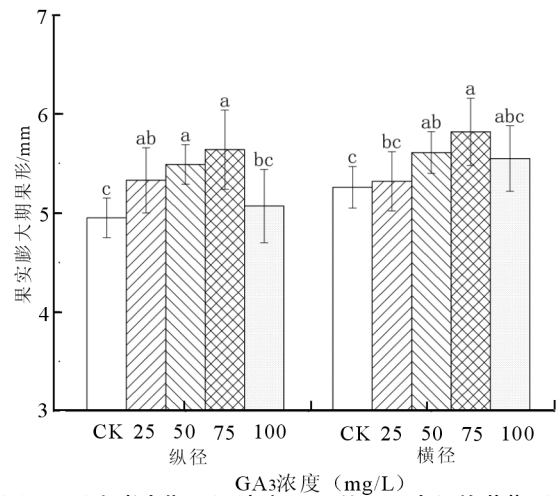


图 1 果实膨大期不同浓度 GA_3 处理下大红袍花椒果形

2.2 不同浓度 GA_3 对大红袍花椒百粒重影响

百粒重是果实品质的重要体现。本研究发现, 与对照组 (1.19 g) 相比, 在果实膨大期喷施 GA_3 对于大红袍花椒的百粒重具有提升作用。在喷施 50 mg/L 和 75 mg/L GA_3 时, 花椒果实百粒重为 1.31 g 和 1.33 g, 相较于对照组分别提升了 10% 和 12% ($P < 0.05$)。而喷施 25 mg/L 和 100 mg/L GA_3 , 花椒果实的百粒重虽高于对照组, 但差异不显著 (图 2)。

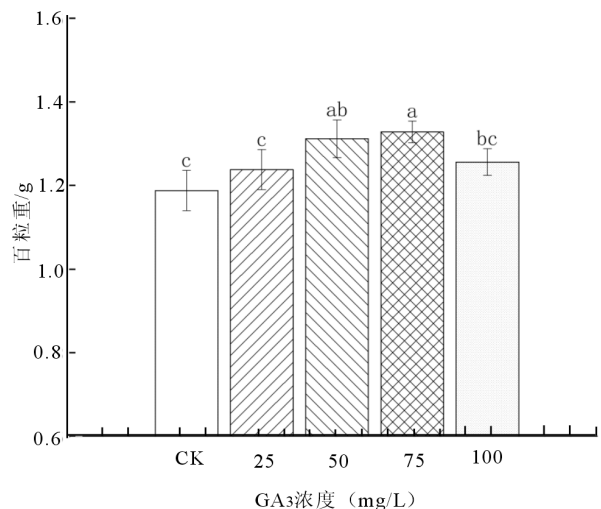


图 2 果实膨大期不同浓度 GA_3 处理下大红袍花椒百粒重

2.3 不同浓度 GA_3 对大红袍花椒果皮油囊数量影响

作为木本油料作物, 花椒果皮上的油囊数量越多, 其含油量也越高。本研究发现, 在果实膨大期喷施 GA_3 对于花椒果皮油囊数量具有一定的提升效果。在喷施 75 mg/L 和 100 mg/L GA_3 时, 果皮油囊数量分别提升了 35% 和 26% ($P < 0.05$)。而喷施 25 mg/L 和 50 mg/L GA_3 时, 虽有提升但差异不显著 (图 3)。

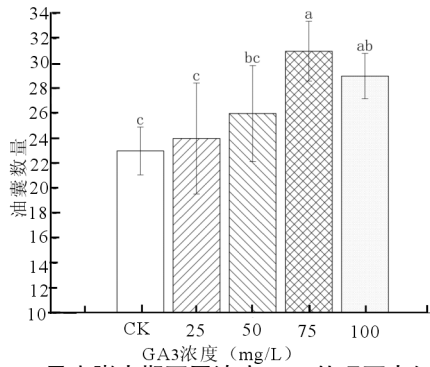


图3 果实膨大期不同浓度 GA₃ 处理下大红袍花椒果皮油囊数量

2.4 不同浓度 GA₃ 对大红袍花椒内在品质影响

花椒果皮中的挥发油成分反映了花椒香气的浓郁程度。与对照组(0.021 mL/g)相比,在果实膨大期喷施 GA₃ 对于花椒果皮中的挥发油具有提升效果。喷施 50 mg/L GA₃ 时,总挥发油含量(0.023 mL/g)提升了 11%($P < 0.05$),喷施 75 mg/L GA₃ 时,总挥发油含量(0.028 mL/g)提升了 33%($P < 0.05$),喷施浓度为 100 mg/L GA₃ 时,总挥发油为 0.030 mL/g,提升了 45%($P < 0.05$),喷施浓度为 25 mg/L GA₃ 时,总挥发油略有提升,但差异不显著(图 4 A)。

麻味物质主要由酰胺类化合物构成,其反映了

花椒的辛辣程度,本研究发现 GA₃ 处理对花椒酰胺类化合物含量有提升影响。在果实膨大期喷施 75 mg/L GA₃ 时,酰胺类化合物含量增加到 33.13 mg/g,提升了 27%($P < 0.05$);喷施浓度为 100 mg/L GA₃ 时,酰胺类化合物含量为 32.81 mg/g,提升了 26%($P < 0.05$),喷施浓度为 25 mg/L 和 50 mg/L GA₃ 时,酰胺类化合物虽有提升,但差异不显著(图 4 B)。

黄酮是一种次生代谢产物,对于人体具有抗衰老、降血糖和改善心脑血管疾病等功效。在果实膨大期喷施 GA₃ 对于花椒果皮中总黄酮含量有一定影响。喷施 50 mg/L GA₃ 时总黄酮含量为提升了 4%($P < 0.05$);喷施 75 mg/L GA₃ 处理的总黄酮含量提升了 11%($P < 0.05$);喷施 100 mg/L GA₃ 总黄酮含量提升了 15%($P < 0.05$),但喷施 25 mg/L GA₃ 时,总黄酮相较于对照组略有降低(图 4 C)。

不挥发性乙醚萃取物属于花椒产品质量等级中的一项重要参考指标,在果实膨大期喷施 75 mg/L GA₃ 能够提高不挥发性乙醚萃取物含量(12.12%),相较于对照组提升了 13%($P < 0.05$),但其他处理下,不挥发性乙醚萃取物提升效果不明显(图 4D)。

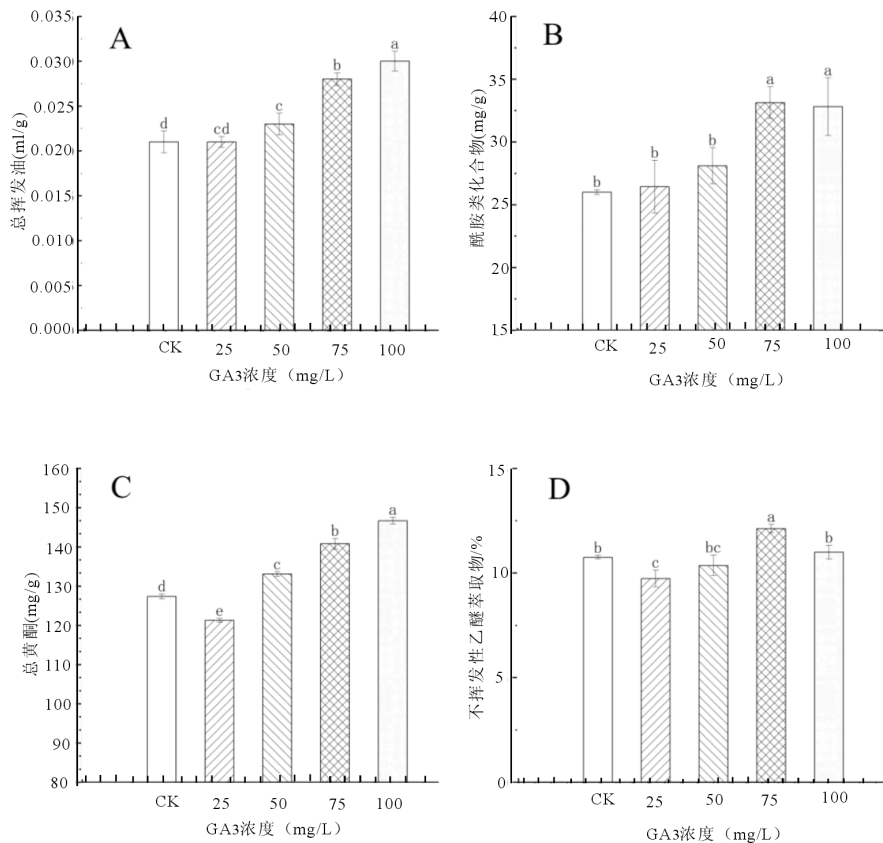


图4 果实膨大期不同浓度 GA₃ 处理下大红袍花椒果皮品质

3 结论与讨论

本实验通过在花椒果实膨大期喷施不同浓度的 GA_3 , 发现其对花椒果实纵横径、千粒重和果皮油囊数量在内的外在品质具有提升效果, 同时对于花椒果皮总挥发油、酰胺类化合物、总黄酮和不挥发性乙醚萃取物在内的内在品质同样具有一定的提升效果。

赤霉素是目前广泛用于农业生产领域中的一种生长调节剂, 前人通过研究也已经证明赤霉素对植物细胞具有显著的促进作用, 能够促使细胞分裂和增大^[24]。其主要作用机理是能够提升 α -淀粉酶、总淀粉酶和蔗糖转化酶的活性, 使其大量降解, 进而提升细胞质中的可溶性糖含量, 增大渗透压, 促使外界水分进入细胞, 从而起到使细胞增大, 延长细胞的作用^[25]。

果实的个头大小和外观形状是果实外在品质的主要体现, 尤其是在细胞分裂迅速的果实膨大期, 赤霉素的效果更加突出。通过前人对蓝莓^[26]、脐橙^[27]以及无核葡萄^[28]喷施赤霉素的研究可知, 赤霉素对于果实纵横径确有提升效果。本试验中, 在果实膨大期, 针对大红袍花椒喷施 GA_3 时同样发现具有增大果粒纵横径和横径的效果, 且均在喷施 75 mg/L GA_3 时对纵横径、横径提升效果最为明显, 这和人前针对苹果、梨喷施赤霉素的研究类似, 均能够提高果实的纵横径, 但不同浓度的喷施效果也有不同^[29,30]。此外, 前人研究发现, 针对不同类型的果实喷施赤霉素对于增加果实重量也具有显著的效果^[31,32]。本实验针对大红袍花椒在果实膨大期喷施不同浓度 GA_3 时发现, 喷施 50 mg/L 和 75 mg/L GA_3 , 果粒重量均增加明显。花椒果皮油囊数量是衡量花椒含油量和品质的一项重要指标, 油囊点数越多, 其含油量越高, 风味物质越丰富^[33]。本实验研究发现, 在果实膨大期喷施 75 mg/L 和 100 mg/L GA_3 时, 能够提升果皮油囊数量, 且在喷施 75 mg/L GA_3 时提升效果最好。赤霉素对花椒纵横径增大、百粒重增大以及果皮油囊数量增多, 主要原因在于一定浓度的赤霉素刺激下可以促进细胞的分裂和增长。

总挥发油、酰胺类化合物、不挥发性乙醚萃取物和总黄酮是花椒品质高低的重要评价指标。本实验研究发现, 在果实膨大期, 喷施 50 mg/L GA_3

时, 只有总挥发油和总黄酮 2 项内在品质指标有所提高; 喷施 100 mg/L GA_3 时, 只有总挥发油、酰胺类化合物和总黄酮 3 项内在品质指标有所提高; 而喷施 75 mg/L GA_3 时, 上述所有 4 项品质指标均显著提升。并且在喷施 75 mg/L GA_3 时, 酰胺类化合物和不挥发性乙醚提取物 2 项指标是所有处理中提升效果最明显的。赤霉素对于花椒果皮内在品质的提升, 其原因可能是在一定浓度赤霉素刺激下, 植物通过吸收和传导运输, 使体内的赤霉素含量增加, 在一定程度上会影响到植株的光合反应以及代谢产物。

综上所述, 针对大红袍花椒的纵横径, 横径, 百粒重以及果皮油囊数量这些外在品质指标而言, 喷施 75 mg/L GA_3 时的提升效果均是最显著的。而对于总挥发油、酰胺类化合物、不挥发性乙醚萃取物和总黄酮这些内在品质指标而言, 喷施 75 mg/L GA_3 时所有指标均会显著提升, 且酰胺类化合物和不挥发性乙醚萃取物提升效果最高, 总挥发油和总黄酮提升效果仅次于喷施 100 mg/L GA_3 。在实际生产中, 考虑到人工费用以及植物生长调节剂成本等综合经济因素, 选择在果实膨大期喷施 75 mg/L GA_3 时, 大红袍花椒的果粒无论是在外在品质还是在内在品质均有所提升, 且综合性价比最高。

参 考 文 献:

- [1] 杨令叶. 韩城大红袍花椒籽种仁蛋白质分离提取和性能的研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2008.
- [2] Takahashin, Phinneybo, Macmillanj, *et al.* Gibberellins [M]. Newyork: SpringerVerlagInc, 1991: 363-364.
- [3] 徐增达. 植物生长调节剂在花卉上的应用[J]. 江西农业学报, 2006(3): 94-96.
- [4] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 278-279.
- [5] 王弋, 董晨, 魏永赞, 等. GA 信号途径及其调控果树生长发育的研究进展[J]. 果树学报, 2018, 35(4): 500-511.
- [6] 薛莞莞. 赤霉素对‘红灯’甜樱桃果实主要生理生化指标及解剖结构的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2019.
- [7] 赵婧彤, 樊丁宇, 阿布都卡尤木·阿依麦提, 等. 花期喷施 GA_3 对骏枣产量品质影响及枣果残留评价[J]. 新疆农业科学, 2022(1): 143-148.
- [8] 杨文莉, 周伟权, 赵世荣, 等. GA_3 对轮台白杏坐果及

- 果实品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(4): 597-604.
- [9] 赵荣华, 白世践, 李超, 等. 赤霉素处理对‘丽红宝’葡萄果实品质及着色的影响[J]. 北方园艺, 2016(19): 35-39.
- [10] 李海燕, 张丽平, 王莉, 等. 2种植物生长调节剂对阳光玫瑰葡萄品质的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2016, 42(4): 419-426.
- [11] 王莎, 程大伟, 顾红, 等. 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): 1 675-1 682.
- [12] 谷建田, 范双喜, 赵福宽. 几种生长调节剂对温室围栽花椒萌芽和产量的影响[J]. 北京农学院学报, 2002(4): 93-95.
- [13] 刘元生, 杨光梅. 花椒种子萌发及成苗技术的研究[J]. 种子, 2003(5): 36-38.
- [14] 费明亮. 蚬壳花椒种子解休眠及萌发条件研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.
- [15] Sun J, Jia H, Wang P, *et al.* Exogenous gibberellin weakens lipid breakdown by increasing soluble sugars levels in early germination of zanthoxylum seeds[J]. *Plant Science*, 2018, 280: 155-163.
- [16] Sun J, Wang P, Zhou T, *et al.* Transcriptome analysis of the effects of shell removal and exogenous gibberellin on germination of zanthoxylum seeds[J]. *Scientific Reports*, 2017, 7(1): 8 521.
- [17] Datt G, Chauhan J S, Ballabha R. Influence of pre-sowing treatments on seed germination of various accessions of Timroo (*Zanthoxylum armatum* DC.) in the Garhwal Himalaya[J]. *Journal Of Applied Research On Medicinal And Aromatic Plants*, 2017(7): 89-94.
- [18] Nazem V, Sabzalian M R, Saeidi G, *et al.* Essential oil yield and composition and secondary metabolites in self-and open-pollinated populations of mint (*Mentha* spp.) [J]. *Industrial Crops and Products*, 2019, 130: 332-340.
- [19] 王洪伟, 罗凯, 黄秀芳, 等. 不同方法定量检测花椒油中花椒麻味物质的效果比较研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(7): 272-275+278.
- [20] 徐丹萍. 花椒风味形成的物质基础及气候因子对品质的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2020.
- [21] Xiang L, Liu Y, Xie C, *et al.* The chemical and genetic characteristics of Szechuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum* and *Z. armatum*) cultivars and their suitable habitat[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7: 467.
- [22] 秦亚茹, 张友胜, 张凯, 等. 藤茶总黄酮检测方法的对比研究[J]. 现代食品科技, 2019, 35(12): 302-309+188.
- [23] Gao Q, Ma R, Chen L, *et al.* Antioxidant profiling of vine tea (*Ampelopsis grossedentata*): Off-line coupling heart-cutting HSCCC with HPLC - DAD - QTOF-MS/MS[J]. *Food Chemistry*, 2017, 225: 55-61.
- [24] 高秀华, 傅向东. 赤霉素信号转导及其调控植物生长发育的研究进展[J]. 生物技术通报, 2018, 34(7): 1-13.
- [25] Yuda E, Matsui H, Yukimoto M, *et al.* Effect of 15 β -OH gibberellins on the fruit set and development of three pear species1[J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 1984, 53(3): 235-241.
- [26] 杨海燕, 严志祥, 樊苏帆, 等. 不同浓度赤霉素处理对基质栽培蓝莓‘安娜’果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2020(23): 39-43.
- [27] Habibi S, Ebadi A, Ladanmoghadam A R, *et al.* Effect of plant growth regulators on fruit splinting in thompson navel orange[J]. *Acta scientiarum Polonorum. Hortorum cultus*, 2021, 20(2): 83-92.
- [28] Kapłan M, Klimek K, Jabłońska-Rys E, *et al.* Effect of hormonization treatment on yield quantity and quality, contents of biologically active compounds, and antioxidant activity in ‘einset seedless’ grapevine fruits and raisins[J]. *Molecules*, 2021, 26(20): 6 206.
- [29] 薛桂新, 吴秀玉, 王颖, 等. 赤霉素和多效唑对苹果梨果实纵横径的影响[J]. 延边大学农学报, 1999(2): 95-97.
- [30] 刘树海, 崔海燕, 王建平, 等. 不同类型赤霉酸对梨产量和品质的影响[J]. 河北农业科学, 2012, 16(3): 27-30.
- [31] 陈国品, 白先进, 文仁德, 等. 赤霉素对延后栽培酿酒葡萄西拉生长发育及果实品质的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(5): 694-699.
- [32] 牛锐敏, 许泽华, 陈卫平, 等. 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.
- [33] 刘丽丽. 秦安县花椒主要栽培品种外在品质研究初探[J]. 农业科技与信息, 2020(14): 81-83.