

Effects of Plant Growth Regulators at the First Week of Anthesis on Fruit Setting and Quality in 4-Year-Old Macadamia Variety HASE695

Jinyun Zhang, Yao Liu, Guang Yang, Jie Song, Guifang Yang, Shijun Wu[†]

College of Horticulture and Food, Guangdong ecological engineering Vocational College, Guangzhou, Guangdong, 510520, China
Email: 626535349@qq.com

Abstract

Low fruit setting is one of the major barriers restricting the production of macadamia. High physiological dropping is the key essential biological reason for low fruit setting in macadamia. Most of the previous studies on fruit setting rate focus on improving the fruit setting of flower bud differentiation stage and fruit setting stage, and there are no effective approaches to improving the fruit set-ting during the first week of anthesis stage. The objective of this study was to figure out more effective ways to increase the fruit setting of macadamia by spraying plant growth regulators at the first week of blooming stage. Currently, in the production and cultivation management of macadamia nuts, targeted and reasonable measures for protecting flowers and fruits during the flowering and fruiting periods in Australian orchards need to be developed. The application and concentration of different plant growth regulators in different geographical and climatic conditions still need to be further improved, in order to achieve high yield and quality of macadamia nuts. At present, research reports on the flower and fruit preservation of macadamia nuts mainly focus on some single plant growth regulators such as gibberellin (GA3), naphthylacetic acid (NAA), and 2,4-D to regulate the growth and development mechanism of macadamia nuts. There are few studies on the interaction between various plant growth regulators used in macadamia nuts, and future research should consider the impact of the interaction between different plant growth regulators on the yield and quality of macadamia nuts, The intrinsic mechanism of increasing the yield of macadamia nuts through the mixed application of multiple plant growth regulators.

Keywords: Plant Growth Regulators; GA3; BR; CPPU; Fruit Shape Index

植物生长调节剂对 4 年树龄澳洲坚果品 HASE695 果实发育的影响*

张金云, 刘姚, 杨光, 宋杰, 阳桂芳, 吴世军[†]

广东生态工程职业学院园艺与食品学院, 广东广州 510520

摘要: 【目的】探究不同浓度下的几种植物生长调节剂对 HASE695 果实发育的影响, 确定植物生长调节剂合理施用浓度, 为澳洲坚果优质丰产栽培技术提供借鉴。【方法】以 4 年树龄 HASE695 为试验对象, 选取 GA3、BR 和 CPPU 等植物生调节剂为保果剂, 设置了 12 个不同的处理浓度。比较了不同处理对鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、鲜种重、种横径、种纵径、果形指数、单株产量等果实发育参数指标的差异。【结果】GA3 20 mg/L 处理对果横径、果纵径、鲜果重、鲜种重等指标影响明显, 分别比对照增加 16.53%、17.01%、46.14%、26.82%; GA3 40 mg/L 处理对单株产量增产效果较好, 达 13.33 kg, 产量增加 44.7%; BR 0.06 mg/L 处理对鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、鲜种重、种横径、种

*基金资助: 本文系国家重点研发计划资助项目《热带木本油料作物新品种培育及高效配套关键技术研究示范》(2023YFD2200700)。

纵径等指标作用明显, 分别增加 13.9%、56.1%、29.81%、40.39%、14.82%、12.19%。BR 0.4 mg/L 处理果形指数提升 10.38%, 单株产量达 16.33 kg, 增产效果好, 产量增加 77.3%; CPPU 20 mg/L 处理对鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、鲜种重和种纵径等参数影响明显, 分别增加 13.66%、11.14%、37.21%、21.45%、19.05%、5.56%。CPPU 40 mg/L 处理对鲜果横径和果形指数提升 10.69%、3.89%、单株产量达 17.76kg, 增产效果好, 产量增加 92.83%; 20mg/L GA3 +0.13 mg/L LBR +20 mg/L CPPU 混合处理对鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、鲜种重、种横径和种纵径等参数影响明显, 分别增加 18.06%、14.61%、54.58%、33.99%、12.9%、12.79%。40 mg/L GA3 +0.4 mg/L BR +40 mg/L CPPU 混合处理增产效果最好, 单株产量达 18.07 kg, 产量增加 96.19%。【结论】花谢后 1~7 天内, 喷施 GA3、BR、CPPU 均能提高澳洲坚果产量和改善品质, 其中 40 mg/L GA3 +0.4 mg/L BR +40 mg/L CPPU 混合处理单株产量达 18.07 kg, 产量增加 96.19%, 增产效果较好, 是较为适宜的组合配比。

关键词: 植物生长调节剂; GA3; BR; CPPU; 果形指数

引言

澳洲坚果(*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), 系山龙眼科(Proteaceae), 澳洲坚果属(*Macadamia*), 又称夏威夷果, 常绿乔木坚果类浅根系果树^[1]。澳洲坚果味美而营养丰富, 富含多种维生素、矿物质元素及不饱和脂肪酸。不饱和脂肪酸含量高达 84%, 其药食同源, 具保健功效, 益智健脑, 软化血管, 防心血管疾病, 促血液循环, 伤口愈合, 抗细胞衰老, 润肤养颜, 有“干果之王”美称^[2-5]。目前中国澳洲坚果种植面积约 32.7 万 hm², 面积占全球种植面积 60%以上, 平均单位面积产量约 80 公斤/亩, 产量仅占全球约 11%, 中国澳洲坚果消费年均增长 22.4%, 壳果消费占比达 80%~90%, 70.03%靠进口, 总规模将达到 5.3~6 万吨^[4,6], 种植面积与消费市场呈现逐年增长态势, 发展种植澳洲坚果前景广阔。但生产上花多果少, 1 株澳洲坚果结果树可着生约 10000 个花序, 平均每一花序约 200 朵小花, 正常情况下前期 10%的座果, 0.1~0.3%可生长发育到成熟^[7], 优化澳洲坚果丰产栽培保果技术措施, 提高座果率和产量, 对提高种植户经济效益有重要意义。

植物生长调节剂可调控植物生长发育过程中的不同阶段细胞内的核酸、蛋白质和酶的合成, 近些年来开始被广泛开发并应用到农业生产中, 其在促进作物生长、增加作物对肥料的吸收、增强作物抗逆性、提高作物产量、改善产品品质、提高种植效益等方面也发挥着重要作用^[8-9]。植物生长调节剂能调控澳洲坚果树体营养的状况与养分分配, 控制新梢生长量, 减少新梢对养分的消耗, 控制营养生长, 促进生殖生长; 也可通过调控生长发育所需的激素含量来提高坐果率, 加速果实的膨大生长, 减少落果, 提高产量及品质^[10]。国外有关保花保果剂的研究报道主要是集中在赤霉素(GA₃)、萘乙酸(NAA)、二氯苯氧乙酸(2,4-D) 等一些单一植物生长调节剂来调控植物的生长发育机理^[11-13]。有研究报道, 2,4-D 可以提高蜜桔、番茄、南瓜的产量和质量^[14-16]。国内邹明宏等^[17]人, 研究 NAA、2,4-D、GA₃ 和氯吡苯脲(CPPU)等植物生长调节剂与 WGD-2 保果叶面肥搭配处理幼果有一定的保果效果, 2 次施用效果更佳。肖海艳等^[18]人, 澳洲坚果‘桂热 1 号’喷施 666.67 mg/L 三十烷醇、250 mg/L IBA、1 333 mg/L 细胞分裂素(CTK)类保护剂对降低落果率和提高果实产量有显著效果。李穆等^[19]人, 澳洲坚果 695 喷施爱增美、爱多收、能显著提高坐果率和产量, 芸苔素内酯(BR)能促进花粉授精。刘世红等^[20]人, 盛花期喷施 40 mg/L GA₃, 幼果期喷施 0、20、40 mg/L NAA 在一定程度上也可提高澳洲坚果的产量和品质。目前植物生长调节剂在澳洲坚果花芽分化期和座果期有研究, 但在不同地理气候环境条件, 不同类型植物生长调节剂的应用, 及使用浓度还有待完善, 如何正确使用植物生长调节剂, 提高产量和品质, 是当前澳洲坚果生产中亟需要解决的痛点问题之一。

在已有的研究基础上, 试验以 4 年树龄 HASE695 为研究对象, 配制不同浓度 GA₃、BR、CPPU 等植物生长调节剂对澳洲坚果品种 HASE695 座果期进行施用, 研究比较不同浓度植物生长调节剂处理对鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、鲜种重、种横径、种纵径、果形指数、单株产量等指标的影响, 筛选出适宜的使用浓度, 旨在为提高澳洲坚果产量, 为澳洲坚果优质丰产栽培提供借鉴。

1 材料与方

1.1 试验材料

试验地点位于广东省阳江市红五月农场广东生态工程职业学院实训基地，于 2022 年 1 月-2022 年 10 月进行。选取长势基本一致 4 年树龄澳洲坚果 HASE695，进行植物生长调剂保果处理。植物生长调节剂来源，GA₃，100ml，3%，1000~1500 倍液，农药登记号 PD86101-33，上海悦联化工有限公司，主要成份：2,4a,7-三羟基-1-甲基-8-亚甲基赤霉-3-烯-1,10-二羧酸-1,4a-内酯。BR，200 ml，0.04%，6500~13000 倍液，农药登记证号：PD20183454，上海沪联生物药业（夏邑）股份有限公司，主要成份：28 高芸苔素内酯。CPPU，1000ml，0.1%，150 倍液，农药登记证号：PD20150079，郑州郑氏化工产品有限公司，主要成份：N-2-氯-4-吡啶基苯-N'-苯基脲。先正达益施帮氨基酸叶面肥，1000 ml，200-300 ml/亩。

1.2 试验方法

试验采用单因素完全随机区组设计，共计 4 水平 12 处理，花谢 1~7 天内喷施，GA₃ 处理浓度为：10 mg/L、20 mg/L、40 mg/L；BR 处理浓度为：0.06 mg/L、0.13 mg/L、0.4 mg/L；CPPU 处理浓度为：10 mg/L、20 mg/L、40 mg/L。混合（GA₃+BR+CPPU）处理浓度为：10 mg/L+0.06 mg/L +10 mg/L、20 mg/L +0.13 mg/L +20mg/L、40 mg/L +0.4 mg/L +40 mg/L。每个处理均加入 2 g/L 先正达氨基酸叶面肥，5000 mg/L 磷酸二氢钾。每个处理 22 株，每次处理重复 4 次。

1.3 指标测定

表 1 试验处理

| 处理 类型 | 浓度 | | | |
|--------------------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| GA ₃ | 0(CK) | 10 mg/L(T1A) | 20 mg/L(T2A) | 40 mg/L(T3A) |
| BR | 0(CK) | 0.06 mg/L(T1B) | 0.13 mg/L(T2B) | 0.4 mg/L(T3B) |
| CPPU | 0(CK) | 10 mg/L(T1C) | 20 mg/L(T2C) | 40 mg/L(T3C) |
| GA ₃ +BR+CPPU | 0(CK) | 10 mg/L+0.06 mg/L+10 mg/L(T1D) | 20mg/L +0.13 mg/L +20 mg/L(T2D) | 40 mg/L +0.4 mg/L +40 mg/L(T3D) |

不同品种每个处理每次重复每颗果树参数指标测定，采用上海寺冈电子有限公司 DS-560 测定每个重复 22 株单株产量。对单果重、鲜果重、鲜种重每次重复选取 50 粒果，采用拜杰电子秤 3 kg/0.1g 进行称重。对果皮厚、纵径与横径每次重复选取 50 粒果，采用游标卡尺测量（精确到 0.01 mm）。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010、SPSS15.0、Sigmaplot12.0 进行数据整理分析及图表绘制。利用单因素方差分析和 LSD 多重比较分析不同植物生长调节剂处理对 HASE695 果实性状的差异。

2 结果分析

2.1 GA₃ 对果实发育的影响

由表 2 可知，GA₃ 处理 T1A、T2A、T3A 对果实鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、鲜种重、种横径、种纵径、单株产量与对照比较差异显著（ $p < 0.05$ ）；果皮厚、果形指数与对照比较无显著差异（ $p < 0.05$ ）。其中 T1A 处理种横径达最大值 23.48 mm、种纵径达最大值 22.99 mm；T2A 处理鲜果横径达最大值 31.22 mm、鲜果纵径达最大值 40.51mm、鲜果重达最大值 18.18 g、鲜种重达最大值 8.32 g；T3A 处理果皮厚达最大值 4.5 cm，单株产量达最大值 13.33 kg。

表 2 GA₃对果实发育的影响

| 指标 处理 | 鲜果横径 (mm) | 鲜果纵径 (mm) | 鲜果重 (g) | 果皮厚 (mm) | 鲜种重 (g) | 种横径 (mm) | 种纵径 (mm) | 果形指数 | 单株 产量 (kg) |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|
| CK | 26.79±0.46 a | 34.62±0.61 a | 12.44±0.56 a | 2.75±0.06 a | 6.56±0.35 a | 21.31±0.35 a | 21.57±0.3 4a | 0.77±0.01 a | 9.21a |
| GA ₃ T1 | 30.12±0.20 b | 38.45±0.35 b | 15.82±0.32 b | 3.24±0.07 a | 7.79±0.18 b | 23.48±0.22 b | 22.99 ±0.18b | 0.78±0.01 a | 9.36b |
| T2 | 31.22±0.32 c | 40.51±0.37 c | 18.18±0.52 c | 3.38±0.07 a | 8.32±0.28 b | 23.39±0.26 b | 23.57 ±0.24b | 0.77±0.01 a | 9.71c |
| T3 | 29.72±0.37 b | 37.94±0.51 b | 15.99±0.55 b | 4.50±1.26 a | 7.78±0.32 b | 23.27±0.33 b | 22.78 ±0.30b | 0.78±0.01 a | 13.33 d |

2.2 BR 对果实发育的影响

由表 3 可知, BR 处理 T1B、T2B、T3B 对果实鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、鲜种重、种横径、种纵径、单株产量与对照比较差异显著 ($p<0.05$), T1B、T2B 处理果形指数参数与对照比较无显著差异 ($p<0.05$)。其中 T1B 处理鲜果纵径达最大值 39.70 mm、鲜果重达最大值 19.42 g、果皮厚达最大值 3.57 mm、鲜种重达最大值 9.21 g、种横径达最大值 24.47 mm、种纵径达最大值 24.20 mm; T3B 处理果形指数达最大值 0.85、单株产量达最大值 16.33 kg。

表 3 BR 对果实发育的影响

| 指标 处理 | 鲜果横径 (mm) | 鲜果纵径 (mm) | 鲜果重 (g) | 果皮厚 (mm) | 鲜种重 (g) | 种横径 (mm) | 种纵径 (mm) | 果形指数 | 单株 产量 (kg) |
|----------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|
| CK | 26.79±0.4 6a | 34.62±0.61 a | 12.44±0.5 6a | 2.75±0.0 6a | 6.56±0.3 5a | 21.31±0.35 a | 21.57±0.3 4a | 0.77±0.0 1a | 9.21a |
| T1B | 31.90±0.4 7c | 39.70±0.36 c | 19.42±0.6 0c | 3.57±0.0 6c | 9.21±0.3 2c | 24.47±0.34 b | 24.20±0.2 6b | 0.80±0.0 1a | 9.32b |
| T2B | 30.33±0.2 7b | 39.13±0.52 bc | 16.91±0.5 0b | 3.26±0.1 1b | 8.03±0.3 0b | 23.54±0.2 8b | 23.57±0.5 7b | 0.78±0.0 1a | 11.73 c |
| T3B | 32.50±0.7 8c | 38.09±0.43 b | 17.42±0.5 9b | 3.25±0.0 8b | 8.43±0.3 6b | 24.09±0.4 1b | 24.06±0.3 4b | 0.85±0.0 2b | 16.33 d |

2.3 CPPU 对果实发育的影响

由表 4 可知, CPPU 处理 T1C、T2C、T3C 对果实鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、种横径、单株产量与对照比较差异显著 ($p<0.05$), T1C 处理鲜种重、T1C 和 T3C 处理种纵径、T1C 和 T2C 处理果形指数等参数与对照比较无显著差异 ($p<0.05$)。其中 T2C 处理鲜果横径达最大值 30.45 mm、鲜果纵径达最大值 38.48 mm、鲜果重达最大值 17.07 g、果皮厚达最大值 3.34 mm、鲜种重达最大值 7.81 g、种纵径达最大值 22.77 mm; T3C 处理鲜果横径达最大值 23.59 mm、果形指数达最大值 0.80、单株产量达最大值 17.76 kg。

表 4 CPPU 对果实发育的影响

| 指标 处理 | 鲜果横径 (mm) | 鲜果纵径 (mm) | 鲜果重 (g) | 果皮厚 (mm) | 鲜种重 (g) | 种横径 (mm) | 种纵径 (mm) | 果形指数 | 单株 产量 (kg) |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| CK | 26.79±0.4 6a | 34.62±0.6 1a | 12.44±0.5 6a | 2.75±0.0 6a | 6.56±0.3 5a | 21.31±0.35 a | 21.57±0.34 a | 0.77±0.01 ab | 9.21a |
| CPPU T1 | 28.70±0.2 9b | 37.27±0.3 6b | 14.12±0.3 4b | 2.98±0.0 5b | 6.80±0.1 9a | 22.37±0.22 b | 21.99±0.18 ab | 0.77±0.01 a | 11.23 b |
| T2 | 30.45±0.5 6c | 38.48±0.5 9b | 17.07±0.6 2c | 3.34±0.0 7c | 7.81±0.3 3b | 22.99±0.39 bc | 22.77±0.35 b | 0.79±0.01 ab | 14.33 c |

| | | | | | | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|----------|----------|------------|------------|-----------|-------|
| T3 | 30.17±0.3 | 37.96±0.2 | 16.09±0.4 | 3.26±0.0 | 7.74±0.2 | 23.59±0.30 | 22.43±0.28 | 0.80±0.01 | 17.76 |
| C | 2c | 9b | 1c | 6c | 5b | c | ab | b | d |

2.4 GA₃+BR+CPPU 对果实发育的影响

由表 5 可知，GA₃+BR+CPPU 混合处理 T1D、T2D、T3D 对果实鲜果横径、鲜果重、果皮厚、种横径、单株产量与对照比较差异显著 ($p<0.05$)，T1D 处理鲜果纵径、T3D 处理鲜种重、T3D 处理种纵径、T3D 处理果形指数等参数与对照比较无显著差异 ($p<0.05$)。其中 T1D 果皮厚达最大值 3.41 mm、果形指数达最大值 0.82；T2D 处理鲜果横径达最大值 31.63 mm、鲜果纵径达最大值 39.68 mm、鲜果重达最大值 19.23 g、鲜种重达最大值 8.79 g、种横径达最大值 24.06 mm；种纵径达最大值 24.33 mm；T3D 处理单株产量达最大值 18.07 kg。

表 5 GA₃+BR+CPPU 对果实发育的影响

| 处理 | 指标 | 鲜果横径 (mm) | 鲜果纵径 (mm) | 鲜果重 (g) | 果皮厚 (mm) | 鲜种重 (g) | 种横径 (mm) | 种纵径 (mm) | 果形指数 | 单株 产量 (kg) |
|---|----|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| GA ₃ + BR+ CPP U | CK | 26.79±0.4 6a | 34.62±0.6 1a | 12.44±0.5 6a | 2.75±0.0 6a | 6.56±0.35 a | 21.31±0.3 5a | 21.57±0.34 a | 0.77±0.01 ab | 9.21a |
| | T1 | 28.96±0.9 9b | 34.96±1.0 0a | 16.09±0.4 0b | 3.41±0.0 7b | 7.95±0.23 b | 23.64±0.2 3c | 23.09±0.37 bc | 0.82±0.01 c | 13.76 b |
| | T2 | 31.63±0.3 6c | 39.68±0.4 7b | 19.23±0.5 0c | 3.34±0.0 9b | 8.79±0.27 c | 24.06±0.3 3c | 24.33±0.68 c | 0.80±0.01 b | 16.3c |
| | T3 | 29.42±0.2 9b | 38.29±0.4 2b | 16.13±0.4 6b | 3.26±0.0 9b | 7.31±0.23 ab | 22.40±0.3 2b | 22.27±0.33 ab | 0.77±0.00 a | 18.07 d |

2.5 最优处理单果重、鲜种重和单株产量之间差异

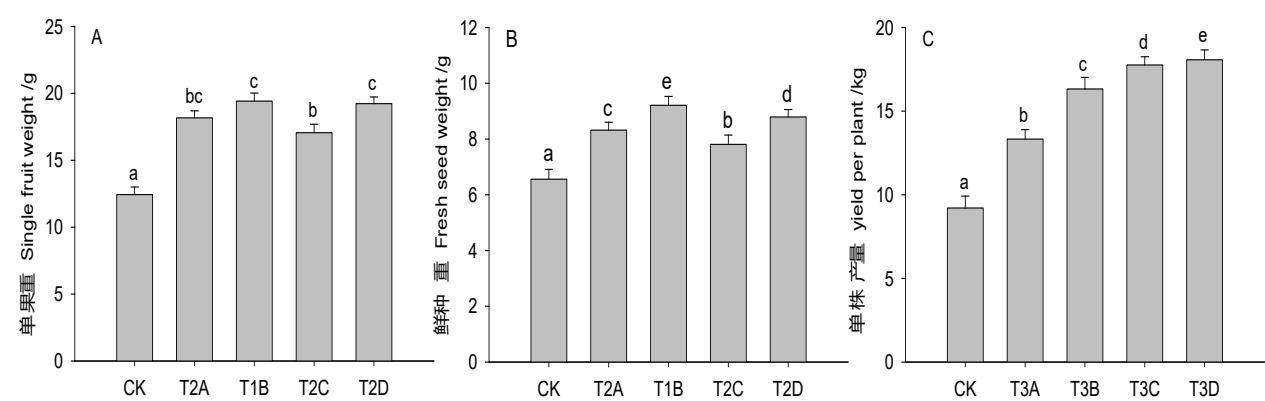


图1 处理

大写字母 A：单果重最优处理与对照比较；B：鲜种重最优处理与对照比较；C：单株产量最优处理与对照比较。图中数值为每个处理各重复试验的平均值±标准误 (n=100)；小写字母表示在 $p=0.05$ 水平上的差异显著性；小写字母只在同一物种不同处理及对照 (CK) 的相同指标之间

最优处理单果重、鲜种重和单株产量之间差异比较见图 1。由图 1A 可知，单果重最优处理 T2A、T1B、T2C、T2D 与对照比较差异显著 ($p<0.05$)，T1B 和 T2D 比较单果重无差异 ($p<0.05$)。T2A 鲜果重达最大值 18.18 g (单果重增加 46.14%)；T1B 鲜果重达最大值 19.42 g (单果重增加 56.10%)、T2C 鲜果重达最大值 17.07 g (单果重增加 37.2%)、T2D 鲜果重达最大值 19.23 g (单果重增加 54.58%)。由图 1B 可知，鲜种重最优处理 T2A、T1B、T2C、T2D 与对照比较差异显著 ($p<0.05$)，T2A 鲜种重达最大值 8.79 g (鲜种重增加 26.8%)、T1B 鲜种重达最大值 9.21 g (鲜种重增加 40.39%)、T2C 鲜种重达最大值 7.81 g (鲜种重增加 19.05%)、T2D 鲜种重达最大值 8.79 g (鲜种重增加 33.99%)。由图 1C 可知，单株产量最优处理 T3A、T3B、T3C、T3D 与对照比较差异显著 ($p<0.05$)。T3A 单株产量达最大值 13.76 kg (单株产量提升

44.7%)、T3B 单株产量达最大值 16.33 kg (单株产量提升 77.3%)、T3C 单株产量达最大值 17.76 kg (单株产量提升 92.8%)、T3D 处理单株产量达最大值 18.07 kg (单株产量提升 96.1%)。

3 讨论

植物生长调节剂是指人工合成的具有植物激素活性的物质, 又称外源激素, 人工合成并筛选有 100 多个种类, 目前已被广泛应用于农业、林业、果树和花卉等作物, 且获得了显著的效果^[21]。

GA₃ 作为一种有效的广谱性植物生长调节剂, 应用于果树生产上促进坐果和提高果实品质。在梨、苹果、李、桃、梅、杏、枣、樱桃、山楂、枇杷、杨梅、葡萄、龙眼、荔枝、柑橘及无花果等果树上有着广泛的应用^[22]。李慧等^[23]人研究发现, 外源 GA₃ 处理可以提高枣的座果率和产量; 王玥双^[24]人研究发现 GA₃ 处理可以提高芒果的果实品质和果皮色泽; 本文研究显示, 谢花后 1~7 天内喷施 20 mg/L GA₃, 果横径达最大值 31.22 mm、鲜果纵径达最大值 40.51 mm、鲜果重达最大值 18.18 g、鲜种重达最大值 8.32 g; 鲜果重与鲜种重比对照分别增加 31.57%、26.8%; 单株产量 9.71 kg, 比对照增加 5.42%。盛花期喷施 40 mg/L GA₃, 单株产量达最大值 13.33, 比对照增加 44.7%。对比刘世红等^[20]人研究, 澳洲坚果盛花期喷施 20 mg/L GA₃, 单株产量达 12.98 kg, 比对照增加 173.26%的结果比较有一定差异, GA₃ 对澳洲坚果果实其它发育指标的研究还未见报道。本文研究表明在花谢后喷施 GA₃ 能提高澳洲坚果产量。

BR 被认为是继生长素、GA₃、细胞分裂素、脱落酸和乙烯后的第六大植物内源激素, 具有平衡协调植物内源激素的作用, 同时调配植物体内养分向营养需求最旺盛的组织运输。BR 具有活性高、持效期长、药效相对缓慢、提高植物抗逆能力等特点, 对植物保花保果, 提高着果率, 增加产量、改善果实品质等方面都有积极作用。本文研究显示, 谢花后 1~7 天内 0.06 mg/L BR 处理, 鲜果纵径达最大值 39.70 mm, 增加 13.9%; 鲜果重达最大值 19.42 g, 增加 56.1%; 果皮厚达最大值 3.57 mm, 增加 29.81%; 鲜种重达最大值 9.21 g, 增加 40.39%; 种横径达最大值 24.47 mm, 增加 14.82%; 种纵径达最大值 24.20 mm, 增加 12.19%。0.4 mg/L BR 处理果形指数达最大值 0.85, 增加 10.38%; 单株产量达最大值 16.33 kg, 增加 77.3%。对比植金丽等^[25]人“HASE695”0.003%丙酰 BR 水剂于始花期晴天直接喷施于小花上, 处理的鲜果质量、鲜果横径、壳果质量、壳果横径、花后 21 周着果率、产量和出种率增加 12.0%、7.1%、22.5%、8.6%、18.2%、17.2%和 4.5%。李穆等^[19]人, 关于澳洲坚果喷施丙酰 BR 初始着果率比喷清水增加了 228.6%, 明显促进产量的提高。本文试验处理单果重, 单株产量增加值高于植金丽等人研究。研究结果均表明, BR 能提高澳洲坚果产量。

CCPU 作为一种生理活性很高的植物生长调节剂, 其生理作用十分广泛。CPPU 可以促进细胞分裂、扩大细胞体积。CPPU 可以诱导单性结实。CPPU 可以促进组织和器官的分化。CPPU 可以提高叶绿素含量。CPPU 促进果实膨大, 改善果实品质, 如梨、猕猴桃、柚、枇杷、蜜柑、李、樱桃、桃、苹果、葡萄等果树^[26]。本文研究显示, HASE695 谢花 1~7 天内 40 mg/L CPPU 处理, 单株产量达最大值 17.76kg, 单株产量提升 92.83%。40 mg/L GA₃ +0.4 mg/L BR +40 mg/L CCPU 混合处理单株产量达最大值 18.07 kg, 单株产量提升 96.1%。对比邹明宏等^[17]人, Hinde(H2)幼果期使用 120 mg/L-WGD-2+20 mg/L-CPPU(N-(2-氯-4-吡啶基)N'-苯基脲)处理幼果, 产量增产幅度最高达 79.3%。研究表明 CPPU 对 HASE695 产量提升作用明显。

混合 20 mg/L GA₃ +0.13 mg/L BR +20 mg/L CPPU 处理, 鲜果重达最大值 19.23 g (单果重增加 54.58%); 鲜种重达最大值 8.79 g (鲜种重增加 33.99%); 40 mg/L +0.4 mg/L +40 mg/L 处理单株产量达最大值 18.07 kg (单株产量提升 96.1%)。混合 40 mg/L GA₃ +0.4 mg/L BR +40 mg/L CPPU 处理鲜果重 19.23 g < 0.06 mg/L BR 处理鲜果重 19.42 g; 混合 40 mg/L GA₃ +0.4 mg/L BR +40 mg/L CPPU 处理鲜种重 8.79 g < 0.06 mg/L BR 处理鲜种重 9.21 g。0.06 mg/L BR 对 HASE695 鲜果重和鲜种重提高效果最好。混合 40 mg/L GA₃ +0.4 mg/L BR +40 mg/L CPPU 处理对 HASE695 产量提升效果最显著。

4 结论

20 mg/L GA₃ 在谢花 1~7 天内喷施, 果横径、果纵径、鲜果重、鲜种重等参数变化明显, 分别提升 16.53%、17.01%、46.14%、26.82%; 喷施 40 mg/L GA₃, 单株产量提升效果较好, 达 13.33 kg, 产量增加 44.7%; 0.06 mg/L BR 在谢花 1~7 天内施用, 鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、鲜种重、种横径、种纵径等参数变化明显。分别提升 13.9%、56.1%、29.81%、40.39%、14.82%、12.19%, 0.4 mg/L BR 处理果形指数提升 10.38%; 增产效果好, 单株产量达 16.33kg, 产量增加 77.3%; 20 mg/L CPPU 在谢花 1~7 天内施用, 鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、果皮厚、鲜种重和种纵径等参数变化明显, 分别得升 13.66%、11.14%、37.21%、21.45%、19.05%、5.56%。喷施 40 mg/L CPPU 处理, 鲜果横径和果形指数提升 10.69%、3.89%、增产效果好, 单株产量达 17.76 kg, 产量增加 92.83%; 20 mg/L GA₃ +0.13 mg/L BR +20 mg/L CPPU 处理在谢花 1~7 天内施用, 鲜果横径、鲜果纵径、鲜果重、鲜种重、种横径和种纵径等参数影响明显, 分别提升 18.06%、14.61%、54.58%、33.99%、12.9%、12.79%, 40 mg/L GA₃ +0.4 mg/L BR +40 mg/L CPPU 处理, 增产效果最好, 单株产量达 18.07 kg, 产量增加 96.19%。

参考文献

- [1] 张金云,杨光,宋杰,阳桂芳,吴世军,张新奇,王庆林,刘姚.养分平衡法在澳洲坚果配方施肥中的应用[J].南方农业,2023,17(4):114-117.
- [2] 陆超忠,曾辉,陈作泉,许惠珊.澳洲坚果主要引进品种产量和品质的研究[J].热带作物学报,2000,21(2):42-49.
- [3] 张金云,杨光,宋杰,阳桂芳,赵秀娟,吴世军,朱才华,刘姚.不同基质配比对几个澳洲坚果品种幼苗生长的影响[J].农业与技术,2022,42(24):52-56.
- [4] 贺熙勇,陶亮,柳颀,倪书邦.世界澳洲坚果产业概况及发展趋势[J].中国南方果树,2015,44(4):151-155.
- [5] 谭秋锦,韦媛荣,黄锡云,张涛,许鹏,宋海云,王文林,郑树芳.10 份澳洲坚果种质果实性状与营养成分分析[J].果树学报,2021,38(5):672-680.
- [6] 王文林,张涛,汤秀华,许鹏,韦媛荣,韦哲君,陆宇明.中国澳洲坚果产业概况与发展模式探索[J].农业研究与应用,2022,35(4):44-50.
- [7] 刘建福,陈长吉,林松柏,倪书邦,贺熙勇,陈国云,陶丽.澳洲坚果对营养胁迫的生理响应研究,西南农业学报[J].2002,15(3):90-93.
- [8] 安欣.植物生长调节剂对苹果生长、坐果和碳氮分配、利用的影响研究[D].山东:山东农业大学, 2015.
- [9] 魏晓琼,贾文飞,马靖恒,王颖,李金英,吴林.植物生长调节剂对植株生长发育的影响概述[J].北方园艺,2022(4):118-125.
- [10] 刘世红,倪书邦,肖晓明,贺熙勇.保花保果对不同品种澳洲坚果产量及品质的影响[J].北方园艺,2007(12):31-34.
- [11] TEALE W D,PAPONOV I A,PALME K.Auxin inaction: signaling,transport and the control of plant growth and development[J].Nature Reviews Molecular Cell Biology,2006,7:847-859.
- [12] MONTAÑO M N J,MÉNDEZ N J R.Effect of indole-3-acetic acid and naphtha-eneacetic acid on the yield muskmelon (Cucumis melo L)[J].Revista UDO Agrícola,2009,9(3):530-538.
- [13] CLAUS S.Gibberellin-Mechanism of Action[M]. Hoboken: John Wiley & Sons,Ltd,2014:1-12.
- [14] ALEXANDER R R,AMPARO G L,JOSE L G B.Effect of 2,4-D exogenous application on the abscission and fruit growth in Sweet orange var Salustiana[J].Agronomia Colombiana,2012,30(1):34-40.
- [15] ABBUD R L.Stimulatory effect of 2,4-D on growth and yield of tomato Lycopersicon esculantum L cv super queen [J].Iraqi Journal of Desert Studies,2010,2(1):18-22.
- [16] PASQUALETTO A,DA SILVA N F,ORDONEZ G P,BARCELOS R W.Hybrid squash fruit production with the application of 2,4-D on the flowers [J].Pesquisa Agropecuária Tropical,2001,31(1):23-27.
- [17] 邹明宏,曾辉,杜丽清,陆超忠,罗炼芳,张汉周.WGD-2 叶面肥与植物生长调节剂对澳洲坚果的保果效应[J].果树学报,2009,26(1):98-102.
- [18] 肖海艳,汤秀华,宋海云,许鹏,张涛,何锐扬,覃振师.保果处理对澳洲坚果'桂热 1 号'落果的影响[J].经济林研究,2018,36(4):170-174.
- [19] 李穆,曾黎明,李季东,黄锦媛,蔡元保,唐秀观,林玉虹,陈燕,郑文武.不同保果剂对澳洲坚果花粉活力、柱头可授性及坐果率的影响[J].南方农业,2023,17(4):114-117.

影响[J].农业研究与应用,2019,32(4):15-19.

[20] 刘世红,倪书邦,肖晓明.赤霉素和萘乙酸对澳洲坚果产量及品质的影响[J].广东农业科学,2007(12):38-39.

[21] 赖灯妮,张群,尚雪波,谭欢,潘兆平,周雨佳,彭清辉.植物生长调节剂在果蔬中的应用与安全性分析研究进展[J/OL].食品工业科技,[2022-11-22].<https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022070377>.

[22] 段志坤.赤霉素在果树生产上的应用及其注意事项[J].果树实用技术与信息,2018,24(12):13-16.

[23] 李慧,李白云,魏天军.以色列叶面肥和赤霉素对同心圆枣坐果率及产量的影响[J].宁夏农林科技,2016,57(4):24-26.

[24] 王玥双. 适量赤霉素有利于芒果产量及品质[J]. 中国果业信息, 2017, 34(7):55-55.

[25] 植金丽,曾黎明,李穆,巫辅民,李伏生.保果剂和施肥处理对澳洲坚果着果和产量的影响[J/OL].中国南方果树,[2023-02-10].
<https://doi.org/10.13938/j.issn.1007-1431.2022020>.

[26] 夏垚.植物生长调节剂对'阳光玫瑰'葡萄花果生长的影响[D].南京:南京农业大学,2019.

【作者简介】



¹张金云 (1983-), 男, 汉, 籍贯: 湖北荆州, 博士研究生, 副教授, 主要从事澳洲坚果栽培技术教学与科研工作,
Email: zut2010@126.com;
250181686@qq.com



²刘姚 (1988-), 女, 汉, 籍贯: 江西樟树, 博士研究生, 副教授, 主要从事澳洲坚果精深加工教学与科研工作,
Email: liuyao8528@163.com



³杨光, 女, 1987年出生, 籍贯: 辽宁锦州, 博士研究生, 副教授, 研究方向澳洲坚果遗传育种,
E-mail: yangguang200510@126.com



⁴宋杰 (1988-), 男, 汉, 籍贯: 山西长治, 博士研究生, 副教授, 主要从事澳洲坚果病虫害防治教学与科研工作,
E-mail: jasone1981202@163.com



⁵阳桂芳 (1985-), 女, 汉, 籍贯: 湖南武冈, 博士研究生, 副教授, 主要从事园艺技术教学与无花果丰产栽培科研工作, E-mail: 602910753@qq.com



⁶吴世军 (1984-), 男, 汉, 籍贯: 山东潍坊, 博士研究生, 副教授, 主要从事澳洲坚果育种教学与科研工作,
E-mail: 626535349@qq.com