

卢明艳,宋锋惠,史彦江,等. 生长调节剂对干旱区骏枣产量和果实品质的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(15):117-123.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.15.021

生长调节剂对干旱区骏枣产量和果实品质的影响

卢明艳^{1,2}, 宋锋惠¹, 史彦江¹, 王灵哲³, 故里米热·卡克什¹, 李峻臣³

(1. 新疆林业科学院,新疆乌鲁木齐 830002; 2. 新疆阿克苏森林生态系统国家定位观测研究站,新疆阿克苏 843000;

3. 新疆农业大学林学与园艺学院,新疆乌鲁木齐 830052)

摘要:为明确生长调节剂在骏枣生产中的施用效果,以期提高骏枣的种植效益,以七年生骏枣为研究对象,在骏枣盛花期喷施不同生长调节剂,研究对骏枣坐果、产量和果实品质的影响,并进行综合评价。结果表明,骏枣花期喷施生长调节剂可以显著提高其果吊比、单株结果数和产量,降低裂果率、单果质量、果实可溶性糖含量、可溶性固形物含量和糖酸比。主成分分析表明,果吊比、单株结果数、单株产量、果型指数和皮皮枣率是影响骏枣综合性状的最重要指标,其次是可溶性糖含量和僵枣率。以 T4 处理(于盛花期枣树开花量达到 40% 左右、枣树花开至 70% 左右各喷施 1 次 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)或 T3 处理[于盛花期枣树开花量达到 40% 左右第 1 次喷施 0.15 mL/kg 噻苯隆(TDZ) + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼,枣树花开至 70% 左右第 2 次喷施 0.3 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素]效果较好,T1 处理(于盛花期枣树开花量达到 40% 左右、枣树花开至 70% 左右各喷施 1 次 0.2 mL/kg 芸薹素内酯 + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)次之。

关键词:骏枣;生长调节剂;产量;果实品质;坐果

中图分类号: S665.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)15-0117-06

红枣已成为新疆维吾尔自治区特色林果产业之一,截至 2019 年年底,全区(不含兵团)红枣种植面积 34.486 万 hm^2 ,总产量 172.44 万 t,面积、产量分别占全国总面积、总产量的 23%、27%,面积、产量均居全国首位,同时也是南疆地区农村产业结构优化和农民增收的亮点。但在红枣生产中落花落果现象十分严重,影响种植效益。

在生产上可应用生长调节剂,以改变果树内源激素的水平和不同激素间的平衡关系,从而防止花果脱落,提高坐果率。有研究表明,植物生长调节剂在花前或花期施用可显著提高果树的结实率^[1-2]和产量,并改善果实品质^[3-5]。目前,在红枣生产栽培中,可使用的生长调节剂种类繁多^[6-10],但喷施不同的生长调节剂产生的效果还不明确。同时,红枣主产区片面追求产量,盲目超量使用激素和农药

等,致使树势降低,枣果裂果、黑斑病、皮皮枣等现象逐渐加重,高品质枣比例下降和枣果质量安全性令人担忧,进而使红枣价格和效益下滑。

为了明确植物生长调节剂对红枣产量和果实品质的影响,本研究以阿克苏地区红枣主栽品种——骏枣为研究对象,选择芸薹素内酯、噻苯隆、赤霉素等不同组合的植物生长调节剂处理,分析其对骏枣植株坐果率、产量品质及种植效益的影响,探索干旱区骏枣适宜的植物生长调节剂种类及施用浓度,以期提高红枣的种植效益,为科学指导新疆红枣生产提供理论依据和枣产业发展技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地位于新疆维吾尔自治区阿克苏地区温宿县新疆林科院佳木试验站,供试品种为七年生骏枣,嫁接砧木为酸枣,株行距为 1.5 m × 4.0 m,东西行向栽植,树高 2.7 ~ 2.9 m,冠幅 1.7 ~ 2.1 m。供试样株为生长均匀一致、树势相当的植株。树体常规划统一管理,枣园相对整齐。

1.2 试验试剂与方法

供试主要生长调节剂:芸薹素内酯为成都新朝阳作物科学股份有限公司生产的 0.007 5% 14-羟

收稿日期:2020-11-26

基金项目:新疆维吾尔自治区林业专项资金林果业提质增效科技专项资金(编号:XJLGZX19-04)。

作者简介:卢明艳(1983—),女,山东德州人,硕士,副研究员,主要从事果树育种和经济林树种的引种示范与推广工作。E-mail:305736030@qq.com。

通信作者:宋锋惠,博士,研究员,研究方向为育种与栽培生理。

E-mail:sfh1111@126.com。

基芸薹素甾醇水剂(100 mL 包装);赤霉素为上海同瑞生物科技有限公司生产的 75% 结晶粉(1 g 包装);噻苯隆(TDZ)为陕西绿顿作物科技有限公司研制生产的 0.1% 可溶液剂(30 mL 包装);花蕾保为山西科星农药液肥有限公司生产的 1.4% 复硝酸钠水剂(10 g 包装)。

试验于 2019 年 6 月中旬进行,采用随机区组试验设计,设 7 个试验处理:T1 处理(喷施 2 次 0.2 mL/kg 芸薹素内酯 + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)、T2 处理(第 1 次喷施 15 mg/kg 赤霉素 + 0.3% 磷酸二氢钾,第 2 次喷施 0.33 mL/kg 芸薹素内酯 3500 倍液 + 0.80 mL/kg 流体硼)、T3 处理[第 1 次喷施 0.15 mL/kg 噻苯隆(TDZ) + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼,第 2 次喷施 0.3 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素]、T4 处理(喷施 2 次 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)、T5 处理(喷施 2 次 3% 白糖 + 0.1% 花蕾保)、T6 处理(喷施 2 次 0.3% 磷酸二氢钾 + 0.2% 尿素 + 0.80 mL/kg 流体硼 + 0.5% 红糖)、CK(喷施 2 次清水)。

喷施时间:盛花期(枣花的花盘发油亮时),共计喷施 2 次,第 1 次:枣树开花量达到 40% 左右(6 月 18 日);第 2 次:枣树花开达到 70% 左右(6 月 24 日)。每个处理喷施 30 株,重复 3 次,随机区组排列,共 630 株树。人工背负式喷雾器,以枝枝不漏,叶叶着药,不流不淌为度。北京时间 09:00 之前或 19:00 后喷施。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 坐果和产量 于 10 月 18 日,对每个处理的 3 株固定株调查二年生二次枝上果实(1.2 ~ 1.3 m 高树冠南部)10 个枣吊,观测枣吊的坐果数和畸形果数,计算果吊比和畸形果率。果吊比 = 坐果数/调查枣吊数;畸形果率 = (畸形果/调查果) × 100%。于 11 月 18 日(自然吊干枣)采集统计各处理 3 株固定株的枣果数,随机采 30 个果实,带回实验室进行果实品质测定。由单果质量及果实个数计算单株产量,测得单株产量及根据株行距折合成产量。

1.3.2 果实品质测定 本试验中骏枣分级按照自治区地方标准 DB65/T 4296—2020《新疆干制枣果品质量分级标准》骏枣分级标准:特级果为横径大于 3.3 cm,一级果为横径在 3.0 ~ 3.3 cm 之间,二级果为横径在 2.8 ~ < 3.0 cm 之间,三级果为横径在 2.6 ~ < 2.8 cm 之间,等外枣为横径在 2.6 cm 以

下。将选出的样品按照果实纵径用游标卡尺测量划分等级,统计 30 个果实中商品枣分级(特级果、一级果、二级果、三级果)、黑斑枣、裂果、僵果和皮皮枣,计算优质果率(特级果率、一级果率和二级果率之和)、黑斑率、裂果率、僵果率和皮皮枣率;果实纵横径采用电子数显卡尺测量;单果质量采用电子台秤测定;可溶性固形物含量测定参考 NY/T 2637—2014《水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定

折射仪法》;可滴定酸含量测定参考 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》;维生素 C 含量测定参考 GB/T 5009.86—2016《食品中抗坏血酸的测定》;可溶性糖含量测定参考 NY/T 2742—2015《水果及制品可溶性糖的测定 3,5-二硝基水杨酸比色法》;还原糖含量测定参考 GB/T 5009.8—2008《食品中蔗糖的测定》;糖酸比 = 可溶性糖含量/可滴定酸含量;蛋白质含量测定参照 GB/T 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》;总黄酮含量采用硝酸铝比色法测定^[11];果实水分含量测定参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》。3 次重复。

数据用 Excel 统计,采用 SPSS 23.0 软件进行方差分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 生长调节剂处理对骏枣坐果和产量的影响

由表 1 可知,喷施不同生长调节剂对骏枣果吊比、单果质量和产量有一定的影响。果吊比的高低直接影响骏枣的产量,T1、T2、T3、T4 处理均能显著提高骏枣的果吊比($P < 0.05$),比 CK 分别提高 163.40%、150.33%、113.73%、192.16%,T5 处理则降低了骏枣的果吊比;T1、T2、T3、T4 处理的单果质量低于 CK,分别降低 20.09%、18.38%、20.27%、19.86%,T5、T6 处理的单果质量和 CK 相比略有增加,但差异不显著;不同生长调节剂处理下,骏枣的单株结果数、单株产量和单位面积产量存在显著差异,除 T5 处理外,其他处理这 3 个指标均显著高于 CK,T1 和 T4 处理最高,其骏枣单株结果数、单株产量和单位面积产量明显增加,较 CK 分别增加了 473.91%、357.26%、359.50% 和 466.67%、352.99%、355.09%,T3 处理次之,增产效果显著。综上所述,T5 处理可提高骏枣单果质量,减少果吊比和产量,而喷施其他生长调节剂能提高骏枣的果吊比和产量,以 T1 和 T4 处理的产量较

表 1 不同生长调节剂处理对骏枣坐果和产量的影响

| 处理 | 果吊比 (个/枣吊) | 单果质量 (g) | 单株结果数 (个) | 单株产量 (kg) | 产量 (kg/hm ²) |
|----|---------------|----------------|-----------------|--------------|-----------------------------|
| T1 | 4.03 ± 1.01a | 13.52 ± 0.69b | 396.00 ± 18.18a | 5.35 ± 0.25a | 8 903.70 ± 409.05a |
| T2 | 3.83 ± 0.55a | 13.81 ± 1.99b | 315.00 ± 15.09c | 4.35 ± 0.21c | 7 245.90 ± 346.95c |
| T3 | 3.27 ± 0.59ab | 13.49 ± 2.27b | 358.00 ± 6.66b | 4.84 ± 0.09b | 8 048.10 ± 149.55b |
| T4 | 4.47 ± 1.19a | 13.56 ± 1.69b | 391.00 ± 15.37a | 5.30 ± 0.21a | 8 818.20 ± 346.95a |
| T5 | 1.37 ± 0.35c | 19.64 ± 0.97a | 50.00 ± 5.00e | 0.98 ± 0.10e | 1 635.15 ± 163.50e |
| T6 | 2.17 ± 0.92bc | 17.29 ± 3.00ab | 104.00 ± 6.81d | 1.80 ± 0.12d | 3 003.75 ± 195.90d |
| CK | 1.53 ± 0.06c | 16.92 ± 0.54ab | 69.00 ± 4.53e | 1.17 ± 0.08e | 1 937.70 ± 127.50e |

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 2 同。

高, T3 处理次之。

2.2 生长调节剂处理对骏枣品质的影响

由表 2 可知, 喷施不同生长调节剂处理对果实横径、果实纵径、畸形果率、黑斑病率、裂果率和皮皮枣率有一定的影响。T5 处理的果实横径、果实纵径分别比 CK 提高 7.43%、3.38%, T6 处理的果实横径、果实纵径分别比 CK 提高 0.29%、0.68%, 其他处理的果实横径、果实纵径均明显小于 CK 处理, 但差异不显著。在果型指数上, 各处理间差异不显著, T3 处理的果型指数最大, T5 处理的果型指数最小; 果型指数从大到小依次为 T3 > T4 > T1 > T2 > CK = T6 > T5。T5 处理和 CK 的特级果率最高, 分别为 51.11%、50.00%, T6 处理(43.33%)次之, T3 处理(18.89%)最低。T1、T2、T3、T4 处理均能提高骏枣的一级果率和二级果率, 一级果率比 CK 分别提高 40.05%、70.03%、140.05%、60.04%, 二级果率比 CK 分别提高 125.23%、175.23%、200.23%、

50.23%; T3 处理的一级果率和二级果率均与 CK 差异显著。不同生长调节剂处理对骏枣优质果率的影响差异不显著, 优质果率均在 51.11% 及以上, 大小顺序为 T2 > CK > T5 > T3 > T4 > T6 > T1。T1、T3、T4 处理的畸形果率分别为 4.71%、1.28%、1.53%, 其他处理均为 0, 且 T1 处理与其他处理差异显著。T5、T6 处理的黑斑率分别比 CK 提高了 38.50%、61.57%, 而 T1、T2、T3、T4 处理分别比 CK 降低了 30.75%、61.50%、84.63%、76.94%。T1、T2、T3、T4、T5、T6 处理的裂果病分别比 CK 降低 92.31%、69.25%、69.25%、92.31%、38.43%、23.06%; 而 T1、T4 处理的僵枣率均比 CK 提高 66.97%, 而 T3、T5、T6 处理分别比 CK 降低了 66.67%、33.33%、66.67%, T2 处理的僵枣率为 0。T1、T2、T3、T4 处理的皮皮枣率与 CK 差异显著, 较 CK 分别提高了 20.02、13.02、23.03、26.03 倍, T5、T6 处理的皮皮枣率和 CK 相比略有增加, 但差异不显著。

表 2 不同生长调节剂处理对骏枣果实外观品质的影响

| 处理 | 果实横径 (cm) | 果实纵径 (cm) | 果型指数 | 优质果率(%) | | | | 畸形果率 (%) | 黑斑病率 (%) | 裂果率 (%) | 僵枣率 (%) | 皮皮枣率 (%) |
|----|---------------|---------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | 特级 | 一级 | 二级 | 合计 | | | | | |
| T1 | 3.21 ± 0.07b | 4.32 ± 0.12ab | 1.35 ± 0.07a | 25.56 ± 3.85c | 15.56 ± 0.96bc | 10.00 ± 3.33abc | 51.11 ± 5.85a | 4.71 ± 0.73a | 10.00 ± 3.33cd | 1.11 ± 1.92c | 5.56 ± 1.93a | 23.33 ± 5.77a |
| T2 | 3.21 ± 0.16b | 4.09 ± 0.22b | 1.28 ± 0.05a | 35.56 ± 5.09abc | 18.89 ± 8.39ab | 12.22 ± 5.09ab | 66.67 ± 10.00a | 0.00 ± 0.0b | 5.56 ± 1.92d | 4.44 ± 1.92bc | 0 ± 0.0a | 15.56 ± 1.93b |
| T3 | 3.11 ± 0.18b | 4.30 ± 0.32ab | 1.38 ± 0.04a | 18.89 ± 3.85c | 26.67 ± 3.33a | 13.33 ± 3.33a | 58.89 ± 6.94a | 1.28 ± 0.49b | 2.22 ± 1.92d | 4.44 ± 1.92bc | 1.11 ± 1.92a | 26.67 ± 3.33a |
| T4 | 3.19 ± 0.25b | 4.32 ± 0.07ab | 1.36 ± 0.09a | 30.00 ± 0.00bc | 17.78 ± 3.85ab | 6.67 ± 3.33abc | 54.44 ± 3.85a | 1.53 ± 1.44b | 3.33 ± 0.0d | 1.11 ± 1.92c | 5.56 ± 1.93a | 30.00 ± 3.33a |
| T5 | 3.76 ± 0.17a | 4.59 ± 0.05a | 1.22 ± 0.07a | 51.11 ± 15.40a | 7.78 ± 5.09bc | 1.11 ± 1.92c | 60.00 ± 5.77a | 0 ± 0.0b | 20.00 ± 6.00ab | 8.89 ± 3.85bc | 2.22 ± 3.85a | 6.67 ± 5.77c |
| T6 | 3.51 ± 0.37ab | 4.47 ± 0.25ab | 1.27 ± 0.07a | 43.33 ± 3.34ab | 5.56 ± 1.93c | 3.33 ± 3.33bc | 52.22 ± 6.95a | 0 ± 0.0b | 23.33 ± 0.0a | 11.11 ± 3.85a | 1.11 ± 1.92a | 6.67 ± 3.33c |
| CK | 3.50 ± 0.11ab | 4.44 ± 0.08ab | 1.27 ± 0.05a | 50.00 ± 8.82a | 11.11 ± 5.09bc | 4.44 ± 3.85bc | 65.56 ± 3.85a | 0 ± 0.0b | 14.44 ± 5.09bcd | 4.44 ± 1.92a | 3.33 ± 0.0a | 1.11 ± 1.92c |

不同植物生长调节剂对骏枣果实内在品质的影响如表 3 所示, 与其他各处理相比, CK 的可溶性糖含量和糖酸比均最高, 可溶性固形物含量最低的 T2 处理提高 23.85%, 可溶性糖含量最低的 T5 处理提高 22.43%, 糖酸比含量最低的 T1 处理提

高 29.02%。各处理果实含水量由高到低依次为 T1 > T6 > T2 > T5 > T3 > T4 > CK, 其中 T1 处理的果实含水量较 CK 提高了 26.48%。各处理总酸含量由高到低依次为 T3 > T1 > T2 > CK > T4 > T6 > T5, 其中 T1、T2 和 T3 处理总酸含量分别较 CK 提高

6.84%、2.65% 和 11.88%。各处理还原糖含量依次为 T4 > T3 > T1 > T6 > T2 > CK > T5, 其中 T1、T2、T3、T4 和 T6 处理还原糖含量分别较 CK 提高 12.55%、7.12%、22.79%、35.34% 和 11.70%。维

生素 C 含量较高的 T1、T2 处理分别较 CK 提高了 12.12%、6.06%。总黄酮含量较高的 T3、T4 和 T5 处理分别较 CK 提高了 29.04%、13.46% 和 30.19%。

表 3 不同生长调节剂处理对骏枣果实内在品质的影响

| 处理 | 可溶性固形物含量 (%) | 含水量 (g/kg) | 总酸含量 (g/kg) | 可溶性糖含量 (%) | 还原糖含量 (mg/kg) | 维生素 C 含量 (mg/kg) | 总黄酮含量 (g/kg) | 糖酸比 |
|----|--------------|------------|-------------|------------|---------------|------------------|--------------|-------|
| T1 | 34.40 | 320 | 8.45 | 22.19 | 436.6 | 296 | 2.396 | 26.26 |
| T2 | 32.70 | 284 | 8.12 | 23.58 | 415.5 | 280 | 2.687 | 29.04 |
| T3 | 34.20 | 262 | 8.85 | 25.31 | 476.3 | 238 | 3.479 | 28.60 |
| T4 | 33.70 | 255 | 7.88 | 25.61 | 525.0 | 114 | 3.059 | 32.50 |
| T5 | 38.40 | 276 | 7.40 | 21.89 | 363.4 | 189 | 3.510 | 29.58 |
| T6 | 41.10 | 310 | 7.73 | 23.66 | 433.3 | 169 | 2.644 | 30.61 |
| CK | 40.50 | 253 | 7.91 | 26.80 | 387.9 | 264 | 2.696 | 33.88 |

2.3 生长调节剂的综合评价

对骏枣生产而言,需要增产和改善果实品质兼用的复合型生长调节剂,单从产量、果实外在品质或内在品质上来看,某些指标难以客观评价不同生长调节剂对骏枣的作用,因此本研究采用主成分分析综合评价方法对生长调节剂 7 种试验处理下坐果和产量、果实外在品质以及内在品质等指标的影响进行综合评价。

由表 4 可知,主成分 1、2、3、4、5 的方差贡献率分别为 55.499%、16.366%、12.373%、7.304%、4.572%,累计贡献率为 96.114%,基本能够反映不同生长调节剂对骏枣坐果、产量和果实外在品质以及内在品质等综合性状的影响。主成分因子载荷分析显示,第 1 主成分中,果吊比、单株果数、单株产量、果型指数和皮皮枣率的贡献率最高;可溶性糖含量对第 2 主成分的贡献率最高;而僵枣率对第 3 主成分的贡献率最高。因此,果吊比、单株果数、单株产量、果型指数和皮皮枣率是影响骏枣综合性状的较重要指标,其次是可溶性糖含量和僵枣率。

将主成分因子载荷向量换算成标准化特征向量后,得到反映骏枣坐果、产量和果实品质综合性状的 5 个主成分表达式:

$$f_1 = 0.263X_1 - 0.272X_2 + 0.284X_3 + 0.283X_4 + 0.259X_5 - 0.276X_6 + 0.244X_7 + 0.243X_8 - 0.081X_9 + 0.191X_{10} - 0.250X_{11} - 0.255X_{12} + 0.083X_{13} + 0.270X_{14} - 0.251X_{15} + 0.011X_{16} + 0.228X_{17} + 0.021X_{18} + 0.217X_{19} + 0.045X_{20} - 0.016X_{21} - 0.135X_{22};$$

$$f_2 = -0.039X_1 - 0.050X_2 - 0.022X_3 - 0.030X_4 + 0.064X_5 + 0.011X_6 + 0.215X_7 + 0.062X_8 + 0.322X_9 - 0.303X_{10} - 0.228X_{11} + 0.112X_{12} - 0.117X_{13} + 0.022X_{14} +$$

表 4 主成分特征向量、特征根及贡献率

| 因子 | 主成分 | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
| 果吊比 | 0.921 | -0.074 | 0.139 | 0.031 | -0.289 |
| 单果质量 | -0.950 | -0.094 | 0.080 | -0.229 | 0.074 |
| 单株果数 | 0.991 | -0.042 | 0.042 | 0.001 | -0.114 |
| 单株产量 | 0.988 | -0.057 | 0.051 | -0.003 | -0.113 |
| 果型指数 | 0.905 | 0.121 | 0.186 | 0.150 | 0.326 |
| 特级枣率 | -0.963 | 0.022 | 0.028 | 0.058 | -0.260 |
| 一级枣率 | 0.852 | 0.408 | -0.279 | -0.107 | 0.102 |
| 二级枣率 | 0.851 | 0.118 | -0.493 | 0.048 | 0.059 |
| 优质果率 | -0.283 | 0.610 | -0.643 | 0.027 | -0.356 |
| 畸形果率 | 0.672 | -0.575 | 0.148 | 0.231 | 0.052 |
| 黑斑病率 | -0.873 | -0.433 | 0.116 | 0.006 | 0.170 |
| 裂果率 | -0.891 | 0.212 | -0.152 | 0.272 | 0.251 |
| 僵枣率 | 0.290 | -0.221 | 0.647 | 0.372 | -0.209 |
| 皮皮枣率 | 0.944 | 0.042 | 0.256 | -0.202 | 0.001 |
| 可溶性固形物含量 | -0.878 | -0.069 | 0.165 | 0.257 | 0.361 |
| 果实含水量 | 0.040 | -0.944 | -0.122 | 0.048 | 0.092 |
| 总酸含量 | 0.797 | 0.068 | -0.383 | 0.177 | 0.418 |
| 可溶性糖含量 | 0.075 | 0.824 | 0.154 | 0.514 | 0.160 |
| 还原糖含量 | 0.760 | 0.241 | 0.530 | 0.022 | 0.125 |
| 维生素 C 含量 | 0.158 | -0.246 | -0.845 | 0.371 | -0.021 |
| 总黄酮含量 | -0.057 | 0.487 | 0.097 | -0.764 | 0.254 |
| 糖酸比 | -0.473 | 0.681 | 0.406 | 0.348 | -0.139 |
| 特征根 | 12.210 | 3.601 | 2.722 | 1.607 | 1.006 |
| 方差贡献率 (%) | 55.499 | 16.366 | 12.373 | 7.304 | 4.572 |
| 累计贡献率 (%) | 55.499 | 71.865 | 84.238 | 91.542 | 96.114 |

$$0.036X_{15} - 0.498X_{16} + 0.036X_{17} + 0.434X_{18} + 0.127X_{19} - 0.130X_{20} + 0.257X_{21} + 0.359X_{22};$$

$$f_3 = 0.084X_1 + 0.048X_2 + 0.025X_3 + 0.031X_4 + 0.113X_5 + 0.017X_6 - 0.169X_7 - 0.299X_8 - 0.390X_9 + 0.089X_{10} + 0.070X_{11} - 0.092X_{12} + 0.392X_{13} + 0.155X_{14} + 0.100X_{15} - 0.074X_{16} - 0.232X_{17} + 0.094X_{18} + 0.321X_{19} - 0.512X_{20} + 0.059X_{21} + 0.246X_{22};$$

$$f_4 = 0.024X_1 - 0.180X_2 + 0.001X_3 - 0.002X_4 + 0.118X_5 + 0.046X_6 - 0.084X_7 + 0.038X_8 + 0.021X_9 + 0.182X_{10} + 0.005X_{11} + 0.214X_{12} + 0.294X_{13} - 0.160X_{14} + 0.203X_{15} + 0.038X_{16} + 0.140X_{17} + 0.406X_{18} + 0.017X_{19} + 0.292X_{20} - 0.602X_{21} + 0.275X_{22};$$

$$f_5 = -0.288X_1 + 0.074X_2 - 0.114X_3 - 0.112X_4 + 0.325X_5 - 0.259X_6 + 0.101X_7 + 0.058X_8 - 0.354X_9 + 0.052X_{10} + 0.169X_{11} + 0.250X_{12} - 0.208X_{13} + 0.001X_{14} + 0.360X_{15} + 0.092X_{16} + 0.417X_{17} + 0.159X_{18} + 0.125X_{19} - 0.021X_{20} + 0.253X_{21} - 0.138X_{22}。$$

用特征值除以所有主成分特征值之和,可以计算出综合评价函数 $f_z = A_1f_1 + A_2f_2 + A_3f_3 + A_4f_4 + A_5f_5$, 其中 $A_1 = \lambda_1 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5)$, $A_2 = \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5)$, $A_3 = \lambda_3 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5)$, $A_4 = \lambda_4 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5)$, $A_5 = \lambda_5 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5)$ 。其中 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、

λ_4 、 λ_5 分别是 5 个主成分的特征值。

由表 5 可知,综合来看,由高到低依次为 T4、T3、T1、T2、CK、T6、T5,故喷施生长调节剂综合评定效果较优的有 T4、T3 处理,其次为 T1 处理。其中, T4 处理在除 f_5 外的其他主成分排名上均位居前列,果吊比、单株结果数和单株产量较高,黑斑病率和裂果率较低,还原糖含量和糖酸比较高,且果实含水率较低,利于果实贮藏,排名第 1; T3 处理在 f_1 和 f_5 上排名均居第 1,而在 f_3 和 f_4 上排名靠后,说明其优势主要表现在单株结果数和单株产量较大,一级果率和二级果率较高,皮皮枣率较高,而黑斑病、裂果率较低,单果质量较低,总酸含量、还原糖含量和总黄酮含量较高; T1 处理在 f_1 和 f_4 上排名均靠前,说明果吊比、单株结果数和单株产量较高,畸形果率和皮皮枣率较高,而裂果率低,果实含水量、还原糖含量和总酸含量较高,糖酸比较低。

表 5 骏枣产量和果实品质指标各公因子得分和累计得分

| 处理 | f_1 | | f_2 | | f_3 | | f_4 | | f_5 | | $f_{综合}$ | |
|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|----------|----|
| | 得分 | 排序 | 得分 | 排序 |
| T1 | 3.311 | 2 | -3.336 | 7 | -0.150 | 4 | 0.895 | 2 | -0.054 | 4 | 1.389 | 3 |
| T2 | 1.202 | 4 | 0.402 | 4 | -2.353 | 7 | -0.306 | 5 | -1.341 | 7 | 0.371 | 4 |
| T3 | 3.536 | 1 | 1.678 | 2 | -0.988 | 6 | -0.786 | 6 | 1.594 | 1 | 2.215 | 2 |
| T4 | 2.844 | 3 | 1.446 | 3 | 2.955 | 1 | -0.101 | 4 | -0.817 | 6 | 2.221 | 1 |
| T5 | -4.267 | 7 | -0.607 | 5 | 0.124 | 3 | -1.962 | 7 | -0.327 | 5 | -2.714 | 7 |
| T6 | -3.091 | 5 | -1.365 | 6 | 0.899 | 2 | 0.204 | 3 | 0.958 | 2 | -1.838 | 6 |
| CK | -3.535 | 6 | 1.781 | 1 | -0.487 | 5 | 2.056 | 1 | -0.014 | 3 | -1.644 | 5 |

2.4 对成本及收益的影响

由表 6 可知,生长调节剂成本由高到低依次为 T3、T1、T6、T4、T2、T5、CK、T1、T2、T3、T4、T5、T6 处理的产量较 CK 分别增加 359.50%、273.94%、315.34%、355.09%、-15.61%、55.02%,增产效果显著,收益分别为 40 066.65、32 606.55、36 216.45、39 681.90、7 358.25、13 519.95 元/hm²。不同生长调节剂处理和对照的肥料、农药、水费和机耕费同等水平成本为 19 500 元/hm², T1、T2、T3、T4、T6 处理的投入产出率分别比对照高 155.96%、119.85%、129.99%、155.24%、22.99 百分点。说明,除 T5 处理外,生长调节剂能提高产量和投入产出率, T4 和 T1 处理提高的效果更明显。

3 结论与讨论

骏枣花期喷施生长调节剂可以显著提高其果吊比、单株结果数和产量,降低裂果率、单果质量、果实可溶性糖含量、可溶性固形物含量和糖酸比,

提高皮皮枣率,其中以 T4 处理和 T3 处理的效果较好, T1 次之。与对照处理相比, T4 处理的骏枣果吊比、单株结果数、单株产量和产量分别提高 192.16%、466.67%、352.99%、355.09%,一级果率、二级果率、僵枣率、皮皮枣率分别提高 60.04%、50.23%、66.97% 和 26.03 倍,而单果质量、黑斑率、裂果率分别降低 19.86%、76.94%、92.31%;还原糖和总黄酮含量分别提高了 35.34%、13.46%,而可溶性固形物含量、可溶性糖含量和糖酸比降低。 T3 处理的骏枣果吊比、单株结果数、单株产量和产量分别提高 113.73%、418.84%、313.68%、315.34%,一级果率、二级果率、皮皮枣率分别提高 140.05%、200.23% 和 23.03 倍,而单果质量、黑斑率、裂果率和僵枣率分别降低 20.27%、84.63%、69.25% 和 66.67%;还原糖含量和总黄酮含量分别提高 22.79%、29.04%。在骏枣生产中,建议在盛花期枣树开花量达到 40% 左右、枣树花开至 70% 左右喷施 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼,或

表6 不同生长调节剂处理间经济效益分析

| 处理 | 生长调节剂成本 (元/hm ²) | 物化成本 (元/hm ²) | 单株产量 (kg) | 产量 (kg/hm ²) | 收益 (元/hm ²) | 投入产出率 (%) |
|----|---------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|
| T1 | 465.0 | 19 965.0 | 5.35 | 8 903.70 | 40 066.65 | 200.68 |
| T2 | 313.5 | 19 813.5 | 4.35 | 7 245.90 | 32 606.55 | 164.57 |
| T3 | 1 230.0 | 20 730.0 | 4.84 | 8 048.10 | 36 216.45 | 174.71 |
| T4 | 345.0 | 19 845.0 | 5.3 | 8 818.20 | 39 681.90 | 199.96 |
| T5 | 300.0 | 19 800.0 | 0.98 | 1 635.15 | 7 358.25 | 37.16 |
| T6 | 462.0 | 19 962.0 | 1.8 | 3 003.75 | 13 519.95 | 67.71 |
| CK | 0.0 | 19 500.0 | 1.17 | 1 937.70 | 8 719.65 | 44.72 |

盛花期枣树开花量达到40%左右第1次喷施0.15 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼,枣树花开至70%左右第2次喷施0.3 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素可有效提高产量、果实品质和投入产出率。

植物生长调节剂是有机合成、植物生理和生物化学以及农林园艺栽培等多种科学技术综合发展的产物,具有与内源生长素和激素同样的生理功能^[12]。在果树生产上以有效调节植物生长发育,达到稳产增产、改善品质、增强抗逆性等预期目的。前人研究表明,在芒果^[13-14]、甜橙^[15]等植物花期喷施低浓度赤霉素(20~50 mg/L),可有效提高其坐果率、降低落果,增加产量,增加果形指数,但果实的可溶性固形物含量下降,可滴定酸含量上升。梁春莉等研究发现,喷施赤霉素、吲哚乙酸(IAA)能在不同程度上降低冬枣含仁率,但果实坐果率较对照明显分别提高69.3%、45.8%^[16]。目前,也有研究人员对梨枣喷施赤霉素、芸薹素内酯及赤霉素与多效唑混合剂等植物生长调节剂提高枣果量和坐果率^[17]。本研究发现,从骏枣坐果和产量上看,T1处理(喷施2次0.2 mL/kg 芸薹素内酯 + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)和T4处理(喷施2次15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)效果较好,能显著提高骏枣的果吊比和产量,T3处理(第1次喷施0.15 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼,第2次喷施0.3 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素)次之,这与王倩茹等的研究结果^[18-19]一致。

单一从某些指标难以客观评价不同生长调节剂对骏枣产量、果实品质的作用。因此,开展适宜的生长调节剂工作时可采用更加科学的评价方法,主要集中在隶属函数法和主成分分析法^[20-21]。本研究对22个骏枣的坐果、产量和果实品质等综合性状指标进行主成分分析。结果表明,果吊比、单株果数、单株产量、果型指数和皮枣率是影响骏枣

综合性状的最重要指标,其次是可溶性糖含量和僵枣率。喷施生长调节剂效果的较优处理为T4(喷施2次处理15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)或T3处理(第1次喷施0.15 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼,第2次喷施0.3 mL/kg 噻苯隆 + 15 mg/kg 赤霉素),其次为T1处理(喷施2次0.2 mL/kg 芸薹素内酯 + 15 mg/kg 赤霉素 + 0.80 mL/kg 流体硼)。

参考文献:

- [1]周宇,佟兆国,张开春,等.赤霉素在落叶果树生产中的应用[J].中国农业科技导报,2006,8(2):27-31.
- [2]常有宏,蔺经,刘广勤,等.喷布GA₄₊₇和套袋对苹果和果锈的影响[J].江苏农业科学,1998,26(1):56-57.
- [3]方学智,费学谦,丁明,等.不同浓度CPPU处理对美味猕猴桃果实生长及品质的影响[J].江西农业大学学报,2006,28(2):217-221.
- [4]汪良驹,王中华,李志强,等.5-氨基乙酰丙酸促进苹果果着色效应[J].果树学报,2004,21(6):512-515.
- [5]王贞,孙治强,任子君.复合型植物生长调节剂对番茄果实生长及品质的影响[J].河南农业大学学报,2008,42(2):176-179.
- [6]郑强卿,陈奇凌,李铭,等.复混型植物生长调节剂对骏枣光合特性及品质构成因素的影响[J].安徽农业科学,2015,43(28):35-38,69.
- [7]郑强卿,陈奇凌,李铭,等.复混型植物生长调节剂对骏枣果实生长发育和产量品质的影响[J].贵州农业科学,2015,43(12):131-134.
- [8]呼生春,张永飞,张旭东,等.不同药剂对灵武长枣坐果、品质及产量的影响[J].湖北农业科学,2016,55(6):1740-1743.
- [9]宋丽华,万仲武,曹兵.不同药剂处理对灵武长枣坐果与光合指标的影响[J].经济林研究,2016,34(1):40-44.
- [10]孙宁川,葛春辉,徐万里,等.植物生长调节剂对哈密大枣采前落果、果实品质及产量的影响[J].新疆农业科学,2010,47(12):2385-2389.
- [11]韩志萍.陕北红枣中总黄酮的提取及含量比较[J].食品科学,2006(12):560-562.
- [12]李韬.植物生长调节剂不同处理方式在花生上的应用效果研究[D].北京:中国农业科学院,2013.

冯世鑫,蒋妮,陈乾平,等. 黄腐酸钾钼合剂对山豆根生长和品质及叶绿素荧光参数的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(15):123-127.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.15.022

黄腐酸钾钼合剂对山豆根生长和品质 及叶绿素荧光参数的影响

冯世鑫¹, 蒋妮¹, 陈乾平¹, 唐辉²

(1. 广西壮族自治区药用植物园, 广西南宁 530023; 2. 中国科学院桂林植物研究所, 广西桂林 541006)

摘要:以盆栽山豆根为材料,探讨黄腐酸钾钼合剂对其生长、叶绿素荧光参数及品质的影响,设置4个施肥水平(135、158、184、202 kg/hm²),以复合肥(N含量15%、P含量15%、K含量15%)450 kg/hm²为对照,测定山豆根的单叶面积、光合色素含量、叶绿素荧光参数、株高、根瘤数量、药材产量及其浸出物、苦参碱、氧化苦参碱的含量。结果表明:(1)黄腐酸钾钼合剂能显著促进山豆根株高和叶片的生长($P < 0.05$),能使根瘤数量增多,施用184 kg/hm²处理药材产量提高47.4%;(2)叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素明显增多;显著提高山豆根叶绿素最大荧光产量(F_m)、PS II最大光化学效率(F_v/F_m)、PS II的潜在活性(F_v/F_0)、实际光化学量子产量 $Y(II)$ 、光化学淬灭系数(q_p),而降低非光化学淬灭系数(NPQ)。叶片对光能利用率和光合作用活性得到提高,以T3处理最优。(3)施用黄腐酸钾钼合剂202 kg/hm²可使山豆根的浸出物提高51.3%;苦参碱(除135 kg/hm²处理外)和氧化苦参碱含量显著高于对照。表明,黄腐酸钾钼合剂能促进山豆根植株的生长,增强叶片对光能利用率,提高药材产量;适量的施肥水平有利于活性成分苦参碱和氧化苦参碱的积累;以184 kg/hm²黄腐酸钾钼合剂为宜。

关键词:山豆根;黄腐酸钾钼合剂;生长;叶绿素荧光参数;品质;光合色素

中图分类号:S567.1⁺90.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)15-0123-05

山豆根为豆科植物越南槐(*Sophora tonkinensis* Gagnep.)的根和根茎,别称广豆根,主产于广西壮

族自治区、贵州省。主要活性成分为苦参碱和氧化苦参碱,具有清热解毒、消肿利咽的功效^[1]。临床广泛用于火毒蕴结、咽喉肿痛、肺热咳嗽、烦渴、黄疸、热结便秘等,为治咽要药。现代药理研究表明,山豆根具有抗肿瘤、抗炎、抑菌、保肝、增强免疫、抗心律失常、降血压等药理活性^[2-4]。目前已研制开发出治疗肝炎的针剂、咽喉肿痛的片剂以及抗肿瘤的中成药。随着研究的深入,市场需求量的日益增大,野生山豆根资源濒临枯竭,人工栽培山豆根正

收稿日期:2020-04-03

基金项目:广西科技重大专项(编号:桂科AA17204056-4);有机药材种植与评价研究团队(编号:桂药创2019007);广西中医药适宜技术开发项目(编号:GZSY20-02)。

作者简介:冯世鑫(1966—),男,广西横州人,副研究员,主要从事中药资源保护和利用研究。E-mail:870330655@qq.com。

通信作者:唐辉,博士,研究员,主要从事植物引种栽培研究。E-mail:th@gxib.cn。

[13]高兆银,胡美姣,朱敏,等. 采前喷施赤霉素(GA₃)对杧果果实产量、品质和采后贮藏特性的影响[J]. 果树学报,2017,34(6):744-751.

[14]Perez B M H, Osuna E T, Santiago C M D J, et al. Thidiazuron and gibberellic acid on fruit set and growth of partenocarpic and polinized fruits of 'Ataulfo' mangos [J]. Interciencia, 2015, 40(10):677-683.

[15]Khan A S, Shaheen T, Malik A U, et al. Exogenous applications of plant growth regulators influence the reproductive growth of *Citrus sinensis* Osbeck cv. Blood Red [J]. Pakistan Journal of Botany, 2014, 46(1):233-238.

[16]梁春莉,赵锦,刘孟军. 田间喷施生长调节剂对冬枣胚发育及坐果的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(9):267-269.

[17]刘守阳,汪有科,赵霞,等. 植物生长调节剂对梨枣节水增产效益的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(12):185-200.

[18]王倩茹,宋卫,玉山·库尔班,等. 骏枣花期喷施叶面剂(肥)的保花保果效果试验[J]. 山西果树,2015(3):1-3.

[19]吴玉东,赵天义,宁清丽,等. 0.01%芸苔素内酯喷施火龙果增产试验初报[J]. 广西植保,2017,30(1):30-31.

[20]辜夕容,陈勇,李洪飞,等. 武隆猪腰枣优良单株果实品质的主成分分析及综合评选[J]. 食品科学,2012,33(15):79-82.

[21]Derek F K, Juan V, Ronan G, et al. Selecting apple cultivars for use in ready-to-eat desserts based on multivariate analyses of physico-chemical properties [J]. LWT - Food Science and Technology, 2012, 48(2):308-315.