

不同药剂对石榴可育花比率及产量和品质的影响

司守霞¹, 牛娟², 陈利娜², 曹尚银^{2*}

(1. 河南林业职业学院, 河南 洛阳 471002; 2. 中国农业科学院 郑州果树研究所, 河南 郑州 450009)

摘要:以 9 年生‘突尼斯’软籽石榴为材料, 在不同物候时期, 通过叶面喷施、土壤施入的方法, 研究了赤霉素、PBO、多效唑、2,4-D、KT-30 和硼砂及其组合处理对石榴可育花比例、坐果及产量和果实品质的影响。结果表明, 分别在石榴花芽分化初期(7 月 20 日)、休眠期(10 月 5 日)、胚珠分化初期(4 月 21 日)连续 3 次喷施多效唑 100~300 倍液, 在花芽分化初期(7 月 20 日)于根部土壤施入 2~3 g·cm⁻¹的多效唑, 均能显著提高石榴的可育花比例; 在花蕾期, 全株喷施 GA₃ 10 mg·L⁻¹+2,4-D 10 mg·L⁻¹或 1 000 mg·L⁻¹ B 或 B 300 mg·L⁻¹+KH₂PO₄ 300 mg·L⁻¹+尿素 500 mg·L⁻¹, 能显著促进石榴坐果, 提高产量。

关键词:药剂; 石榴; 可育花; 产量; 品质

中图分类号:S665.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)04-0111-06

Effect of Different Reagents on the Proportion of Fertile Flower and Fruit Yield and Quality in of Pomegranate

SI Shou-xia¹, NIU Juan², CHEN Li-na², CAO Shang-yin^{2*}

(1. Henan College of Forestry, Luoyang, Henan 471002, China; 2. Zhengzhou Fruit Tree Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450009, China)

Abstract: Taking the plants of 9-year-old pomegranate (cultivar ‘Tunisa’) as materials, the effects of different reagents (GA₃, PBO, PP-333, 24,-D and KT-30) on the proportion of fertile flower and fruit yield and quality were examined by spraying the reagents on the leaf surface and applying in the soil before flowering and flowering stages. It was found that the rate of fertile flower was significantly promoted after consecutively spraying 100—300 times PP-333 solution at the beginning of the bud differentiation (July 20), dormant (October 5), early ovule differentiation (April 21), or applying 2—3 g·cm⁻¹ PP-333 in the root soil at the beginning of the flower bud differentiation (July 20). The whole of spraying GA₃ 10 mg·L⁻¹+2,4-D 10 mg·L⁻¹, 1 000 mg·L⁻¹ B, B 300 mg·L⁻¹+KH₂PO₄ 300 mg·L⁻¹+N 500 mg·L⁻¹ during flowering stage could significantly enhance the yield and quality of pomegranate.

Key words: medicament; pomegranate; fertile flower proportion; yield; quality

石榴具有较高的营养价值和经济价值, 为果中珍品。石榴花有筒状花和钟状花 2 种类型, 筒状花为可育花, 钟状花为不育花。生产中发现, 在不同石榴品种及同一品种的不同时期和不同树龄间, 两性花比例都存在差异, 且树龄越大, 树体的消耗营养越

多, 败育花比例就越高。另外, 石榴早期落花落果也十分严重。这些都成为制约石榴生产的重要限制因子。目前生产上采取常规栽培管理措施如: 加强土肥水管理、合理修剪、配置授粉树、人工授粉等, 以提高石榴坐果率。另外, 果树花果的生长发育受多种

收稿日期: 2017-02-25 修回日期: 2017-04-08

基金项目: 国家林业局 948 项目: 软籽石榴品种资源及集约培育技术引进(2012-4-55); 国家科技基础性工作专项重点项目“我国优势产区落叶果树农家品种资源调查与收集”(2012 FY110100); 中国农业科学院科技创新工程: 特色果树资源与育种(CAAS-ASTIP-201X-CCZFD)。

作者简介: 司守霞, 女, 副教授, 研究方向: 植物育种技术。E-mail: sxxvip100@126.com

* 通信作者: 曹尚银, 男, 研究员, 研究方向: 果树遗传育种。E-mail: 13937192127@163.com

激素的调控,是多种激素相互作用的结果,李进^[1]等以石榴品种‘甜光颜’为材料,采用高效液相色谱法测定了石榴完全花与不完全花发育过程中 GA₃、KT、IAA、ABA 等内源激素的动态变化。关于用生长调节剂提高可育花比例在锥栗、青海云杉、麻疯树^[2-4]等植物中研究较多,利用植物生长调节剂提高坐果率的研究中,在桃、杏、苹果、葡萄、板栗、枣等果树中均有报道^[5-9],而石榴有关方面的研究报道却不多。为此,本研究进行了不同药剂对石榴可育花比率及产量和品质的影响的研究,以期能为石榴生产和理论提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验地概况 试验于 2015 年 4 月—2016 年 10 月在中国农业科学院郑州果树研究所试验基地河南省荥阳市河阴石榴园中进行(位于 34°50′05″—34°58′01″N,113°13′06″—113°23′08″E)。荥阳市平均气温为 14.3 ℃,海拔为 150~250 m,平均降水量 641.7 mm,年日照时数为 2 367.7 h,年日照百分率为 54%。试验所用的‘突尼斯’石榴为 9 年生,株行距 3 m×3.7 m,树体自然开心形,管理条件较好,试验所在地土壤为砂土。

1.1.2 供试药剂及仪器 试验所用的赤霉素(GA₃)由索莱宝(Solarbio)科技有限公司生产,多效唑(PP333)由四川国光农化股份有限公司生产,PBO 由江阴市华叶农业科技有限公司生产,2,4-D 和 KT-30 由美国 sigma-aldrich 公司生产,硼砂(B)由天津市致远化学试剂有限公司生产,尿素(N)、KH₂PO₄ 均由国药集团化学试剂有限公司生产,这些试剂均购自郑州市金水区恒通达实验分析仪器用品经营部。英国 SMSTA.XTPlus 质构仪(TA.XTPlus 物性测试仪)由英国 Stable Micro System 公司生产,TD-45-数显糖度仪/手持式糖度计由杭州汇尔仪器设备有限公司生产。三按键电子数显游标卡尺型号 0-150 由深圳市卓赢电子科技有限公司生产。

1.2 试验方法

在试验地内设置 4 个试验小区,分别标记为试验小区 1、2、3、4,要求小区内 9 年生‘突尼斯’石榴植株长势一致。在试验小区 1~3 内,完成不同药剂对石榴可育花比例的影响试验;在试验小区 4 内,完成不同药剂对石榴坐果影响的试验。所有试验均按照单株小区、3 次重复、随机区组设计的要求进行(表 1)。

1.2.1 药剂对石榴可育花比例影响的试验 在试验小区 1 内,选择并标记试验植株后,分别在花芽分

化初期(7 月 20 日)、休眠期(10 月 5 日)、胚珠分化初期(4 月 21 日)3 次叶面喷施多效唑、PBO,以喷清水作为对照(CK);试验小区 2 内,选择在花芽分化初期(7 月 20 日)叶面单次喷施多效唑(多效唑单)、PBO(PBO 单)、GA₃(GA₃ 单);试验区 3 内,于花芽分化初期(7 月 20 日)土壤中单次施入多效唑,土施方法为:测量树冠的干周,树冠下距离树干 80 cm 处开挖深度为 20 cm 的环状沟,然后按照设计施入量,把用水稀释过的多效唑药液等量施入环状沟中,待水渗入土壤后填覆。以浇等量清水的植株作为对照。施药后,于盛花期对可育花比例进行调查。调查时,分别在试验植株树冠的东、南、西、北 4 方位选择 4 组单枝,然后分别统计各组单枝上可育花和不可育花数目,计算可育花比例。可育花比例=(可育花数目/总花数目)×%;果形指数=纵径/横径。

表 1 不同药剂对石榴可育花比例影响试验

Table 1 Effects of different proportions of reagents on the rate of fertile flower of pomegranate

药剂	施用时间	喷施浓度或土施剂量		
PBO/倍液	2015-07-20	100	200	250
	2015-10-05	100	200	250
	2016-04-21	100	200	250
多效唑/倍液	2015-07-20	100	300	500
	2015-10-05	100	300	500
	2016-04-21	100	300	500
多效唑单施/倍液	2015-07-20	100	300	500
PBO 单施/倍液	2015-07-20	100	200	250
GA ₃ 单施/(mg·L ⁻¹)	2016-04-21	10	15	20
多效唑土施/(g·cm ⁻¹)	2015-07-20	1	2	3

表 2 不同药剂对石榴坐果率影响试验

Table 2 Effects of different proportions of reagents on the fruit—setting of pomegranate

药剂	浓度/(mg·L ⁻¹)		处理
GA ₃ +KH ₂ PO ₄	25	1 000	GA1
	50	200	GA2
	50	1 000	GA3
GA ₃ +2,4-D	10	10	GA4
	20	20	GA5
	30	30	GA6
GA ₃ +KT-30	25	2	GA7
	50	2.5	GA8
	100	5	GA9
B	1 000	0	B1
	3 000	0	B2
	5 000	0	B3
B+KH ₂ PO ₄	100	200	B4
	100	300	B5
	300	300	B6
B+KH ₂ PO ₄ +N	300	300+500	B7

1.2.2 药剂对石榴坐果、产量及品质的影响试验 在试验小区 4 内,选择并标记试验植株。按照表 2

试验设计配置药剂,于花蕾期(4 月 29 日)开始,把配制好的药剂进行全株均匀喷洒,每隔 10 d 喷 1 次,共喷 3 次。施药后,在各处理树上选择方位、生长势基本一致的结果枝组为调查单位,编号挂牌登记,分别于 5 月 8 日、5 月 18 日、5 月 28 日、9 月 22 日调查坐果数。在果实收获期,每处理随机摘取 9 个果实,用电子分析天平调查单果重和种子百粒重;用数显游标卡尺测量果实纵横径;用 TA-XT 质构仪测定籽粒硬度;用糖度计测定可溶性固形物含量等。

2 结果与分析

2.1 不同药剂处理对石榴可育花比例的影响

2.1.1 多效唑对石榴可育花比例及果实品质影响
多效唑处理结果见表 3、表 4;多效唑 100 倍液或 300 倍液分别在花芽分化初期(7 月 20 日)、休眠期

(10 月 5 日)、胚珠分化初期(4 月 21 日)进行 3 次叶面喷施,或仅在花芽分化初期(7 月 20 日)于根部土壤施入 $2\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}$ 或 $3\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的多效唑,均显著提高石榴可育花比例;不论是多次喷施或单次土施多效唑,石榴单果重较对照虽有增加,但不显著;果形指数、籽粒硬度、籽粒重和可溶性固形物含量等品质指标均与对照无显著差异。多次喷施多效唑 500 倍液,单次喷施 100、300、500 倍液及土施 $1\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的多效唑,其可育花比例,石榴的单果重、果形指数、籽粒硬度、籽粒重和可溶性固形物含量等品质指标均与对照无显著差异,但单果重、果形指数、籽粒硬度等较对照有增加,但不显著。表明喷施多效唑 100~300 倍液或根部土壤施入 $2\sim3\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的多效唑,能够显著地提高石榴可育花的比例,但对石榴品质无显著性影响。

表 3 多效唑对石榴可育花比例的影响

Table 3 Effect of different PP-333 proportions on fertile flower and quality on of pomegranate						
药剂及浓度 /倍液	可育花比率 /%	单果重 /g	果形指数	籽粒硬度 /Kg	百粒重 /g	可溶性固形物 含量/%
多效唑 100	13±0.03a	363.43a	0.85a	1.58a	46.47a	14.47a
多效唑 300	9 ±0.02b	376.17a	0.87a	1.47a	43.70a	14.60a
多效唑 500	3±0.00c	368.4a	0.97a	1.89a	42.73a	14.23a
多效唑(单施)100	2±0.00c	396.65a	0.95a	1.95a	41.9a	14.35a
多效唑(单施)300	3±0.01c	394.0a	0.94a	1.77a	45.8a	14.13a
多效唑(单施)500	2±0.01c	333.4a	1.0a	1.86a	43a	14.15a
对照 0	4±0.00c	320.96a	0.89a	1.58a	43.43a	14.78a

注:小写字母表示 $P=0.05$ 水平上的显著性差异。下同。

表 4 土壤施入多效唑对石榴可育花比例的影响

Table 4 Effects of different PP-333 proportions the rate of fertile flower of pomegranate						
处理土施量 /g	可育花比例 /%	单果重 /g	果形指数	籽粒硬度 /Kg	百粒重 /g	可溶性固形物 含量/%
多效唑土施 1	4±0.03c	404.1a	0.97a	1.73a	48.97a	14.6a
多效唑土施 2	13±0.03a	327.93a	0.90a	1.6a	43.85a	14.47a
多效唑土施 3	14±0.04a	273.05a	0.91a	1.78a	42.55a	14.55a
对 照 0	4±0.00c	320.96a	0.89a	1.58a	43.43a	14.78a

2.1.2 PBO 对石榴可育花比例及果实品质的影响

喷施 PBO 对石榴可育花比例及果实品质影响的试验结果见表 5。分别在花芽分化初期(7 月 20 日)、休眠期(10 月 5 日)、胚珠分化初期(4 月 21 日)喷施 PBO 100 倍液及在花芽分化初期(7 月 20 日)单次喷施 PBO 250 倍液的植株,其可育花比例较对照虽有增加,但不显著;其中分别在 3 个时期喷施 PBO 100 倍液,其单果重、果形指数较对照虽有增加,而在花芽分化初期(7 月 20 日)单次喷施 PBO 250 倍液后,其单果重、果形指数、籽粒硬度、百粒重及可溶性固形物含量与对照相比虽有下降,但均未达到显著水平。多次喷施喷施 PBO 200、250 倍液,以及单次喷施 100、200 倍液的植株,其可育花比例、

单果重、果形指数、籽粒硬度、百粒重及可溶性固形物含量等与对照相比无显著差异。说明叶面喷施 PBO 100~250 倍液对石榴果实的可育花比例、果实品质无显著影响。

2.1.3 GA_3 对石榴可育花比例及果实品质的影响

喷施 GA_3 对石榴可育花比例及果实品质影响的试验结果见表 6,在胚珠分化初期(4 月 21 日)叶面喷施 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 GA_3 后,石榴可育花比例较对照虽有增加,但不显著;其单果重与对照相比虽有增加,但未达到显著水平;其果形指数、籽粒硬度、百粒重及可溶性固形物含量等与对照相比虽有下降,但无显著差异。叶面喷施 $15\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 GA_3 后,其中单果重与对照相比均有所增加,但

表 5 PBO 对可育花比例的影响

Table 5 Effects of PBO proportions on fertile flower and quality of pomegranate

药剂浓度 /倍液	可育花比例 /%	单果重 /g	果形指数	籽粒硬度 /Kg	百粒重 /g	可溶性固形物 含量/%
PBO 100	3±0.01a	413.53a	0.91a	1.69a	41.63a	14.13a
PBO 200	1±0.00a	420.53a	0.89a	1.64a	44.4a	14.63a
PBO 250	1±0.00a	365.68a	0.92a	1.57a	44.97a	14.57a
PBO(单次) 100	2±0.02a	361.67a	0.92a	2.02a	43.00a	14.23a
PBO(单次) 200	2±0.01a	388.7a	0.93a	1.92a	46.17a	14.5a
PBO(单次) 250	4±0.01a	390.35a	0.87a	1.41a	44.85a	14.1a
对照 0	2±0.01a	404.75a	0.89a	1.70a	50.85a	15.11a

表 6 GA₃ 对可育花比例的影响

Table 6 The effect of GA₃ proportions on fertile flower and quality of pomegranate

药剂浓度 /(mg·L ⁻¹)	可育花比例 /%	单果重 /g	果形指数	籽粒硬度 /Kg	百粒重 /g	可溶性固形物 含量/%
赤霉素 10	3±0.01a	389.73a	0.93a	1.45a	43.8a	14.87a
赤霉素 15	2±0.01a	382.77a	0.90a	1.44a	48.3a	14.67a
赤霉素 20	2±0.00a	369.83a	0.96a	1.76a	46.43a	15.07a
对照 0	2±0.01a	349.8a	1.03a	1.53a	45.0a	15.54a

未达到显著水平;总体来说,其可育花比例、单果重、果形指数、籽粒硬度、百粒重及可溶性固形物含量等与对照相比无显著差异。表明用叶面喷施 10~20 mg·L⁻¹的 GA₃,对石榴可育花比例、果实品质无显著影响。

2.2 不同药剂处理对石榴坐果及品质的影响

2.2.1 不同激素处理对石榴坐果及品质的影响

不同药剂组合处理结果显示(表 7~表 9),在花蕾期全株喷施喷施 GA₃ 25 mg·L⁻¹+KH₂PO₄ 1 000 mg·L⁻¹(G1),GA₃ 10 mg·L⁻¹+2,4-D 10 mg·L⁻¹(G4)或 GA3 25 mg·L⁻¹+KT-30 2 mg·L⁻¹(GA7)的植株,其平均坐果数、单株产量较对照虽有增加,但不显著;其中处理 G1,其百粒重、可溶性固形物含量、籽粒硬度与对照相比,均有所增加,但未达显著水平。处理 G4 和 G7 的植株,其百粒重与对照相比,均有所增加,但未达显著水平;处理 G4,可溶性固形物含量、籽粒硬度与对照相比,均有所增加,处理 G7,可溶性固形物含量、籽粒硬度与对照相比,均有所降低,但均未达显著水平。另外,结果显示处理 G2 和 G3,其平均坐果数、平均果重、单株产量较对照虽有降低,但差异不显著;处理 G5 和 G6,其平均坐果数、平均果重、单株产量较对照虽有增加,籽粒硬度有所降低,但差异不显著;处理 G8 和 G9,其平均果重、单株产量及百粒重较对照虽有降低,但差异不显著。表明花蕾期全株喷施 GA₃ 10 mg·L⁻¹+2,4-D 10 mg·L⁻¹,能显著地促进石榴的坐果数,相对提高平均果重、单株产量及可溶性固

形物含量。喷施其他药剂组合的植株,其坐果数、单株产量、百粒重、可溶性固形物含量、籽粒硬度与对照相比,差异均未达显著水平。

表 7 不同 GA₃+KH₂PO₄ 处理对石榴果实经济性状的影响

Table 7 Effects of different GA₃+KH₂PO₄ concentrations on pomegranate fruit economic characters

处理	平均坐果数/个	平均果重/g	平均株产/Kg	百粒重/g	可溶性固形物含量/%	籽粒硬度/Kg
G1	34a	326.7a	10.3a	48.4a	14.6a	2.5a
G2	18a	324.4a	5.7a	45.0a	15.2a	1.2b
G3	16a	313.0a	4.7a	52.1a	15.6a	1.5ab
CK	19a	360.4a	7.2a	45.7a	14.2a	1.5ab

表 8 不同 GA₃+2,4-D 处理对石榴果实经济性状的影响

Table 8 Effects of different GA₃+2,4-D concentrations on pomegranate fruit economic characters

处理	平均坐果数/个	平均果重/g	平均株产/Kg	百粒重/g	可溶性固形物含量/%	籽粒硬度/Kg
G4	34a	365.7a	12.9a	43.5a	15.2a	1.7a
G5	25ab	357.5a	9.3a	44.9a	14.7a	1.4a
G6	27ab	365.5a	9.5a	46.5a	15.6a	1.3a
CK	20b	348.6a	7.6a	42.4a	14.8a	1.8a

2.2.2 硼砂(B)对石榴坐果数、产量和品质影响

从表 10 中可以看出,B1(1 000 mg·L⁻¹)处理显著地提高了石榴的坐果数;B7(B 300 mg·L⁻¹+KH₂PO₄ 300 mg·L⁻¹+N 500 mg·L⁻¹)处理不仅显著提高了石榴的坐果数,而且也使单株产量显著提高、籽粒硬度显著降低。表明花蕾期全株喷施 B 1 000 mg·L⁻¹能显著增加石榴坐果;喷施 B 300

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} + \text{KH}_2\text{PO}_4 300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} + \text{N} 500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,不但能显著促进石榴坐果、提高产量,而且也能使石榴籽粒变软。其他处理对‘突尼斯’软籽石榴的坐果数、平均单果重、百粒重、平均单株产量等虽未达显著水平,但与对照相比均有不同程度提高;不同处理的B对石榴果肉的可溶性固形物含量影响较小。

表9 不同GA₃+KT-30处理对石榴果实经济性状的影响

Table 9 Effect of different GA₃+KT-30 concentrations on pomegranate fruit economic characters

处理	平均坐果数/个	平均果重/g	平均株产/Kg	百粒重/g	可溶性固形物含量/%	籽粒硬度/Kg
G7	26a	367.0a	9.8a	49.1a	14.4a	1.6a
G8	21a	331.2a	8.0a	40.5a	14.7a	2.0a
G9	11a	376.8a	4.1a	43.1a	14.6a	1.5a
CK	23a	356.5a	8.8a	44.6a	15.4a	1.7a

表10 硼砂不同处理对石榴实经济性状的影响

Table 10 Effects of different treatment sodium borate in pomegranate fruit economic characters

处理	平均坐果数/个	平均果重/g	平均株产/Kg	百粒重/g	可溶性固形物含量/%	籽粒硬度/Kg
B1	56a	345.2a	19.7ab	47.2a	14.4a	1.3b
B2	34ab	459.0a	15.1ab	48.5a	14.4a	1.8ab
B3	39ab	441.3a	17.3ab	52.1a	14.1a	1.7ab
B4	45cb	386.1a	16.8ab	50.5a	16.1a	1.5ab
B5	46cb	426.3a	19.5ab	49.0a	15.1a	1.6ab
B6	39cb	404.2a	15.7ab	47.7a	14.6a	1.6ab
B7	57c	367.1a	20.5a	43.0a	15.0a	1.2c
CK	22b	380.6a	8.1b	45.4a	14.4a	1.8a

3 结论与讨论

分别在石榴花芽分化初期(7月20日)、休眠期(10月5日)、胚珠分化初期(4月21日)连续3次喷施多效唑100~300倍液,或在花芽分化初期(7月20日)于根部土壤施入2~3 g·cm⁻¹的多效唑,均能显著提高石榴的可育花比例;在花期,全株喷施GA₃10 mg·L⁻¹+2,4-D10 mg·L⁻¹或1 000 mg·L⁻¹ B或B300 mg·L⁻¹+KH₂PO₄300 mg·L⁻¹+N500 mg·L⁻¹,能显著地促进石榴坐果、提高产量。

石榴开花数量多,持续时间长,但能够坐果的可育花仅占开花总量的10%左右,可育花的多少直接影响坐果率的高低。乔志钦^[10]研究了PP₃₃₃、2,4-D、B₉、防脱落素4种激素对石榴产量和品质的影响,发现植物生长调节剂PP₃₃₃能明显增加花芽数、提高可育花比率。刘杜玲^[11]以7年生温185核桃为材料,在花期喷施不同浓度的GA₃,发现400 mg

·L⁻¹和500 mg·L⁻¹的GA₃在直观上坐果率>对照,但与对照相比差异不显著。W. Hartmann^[12-13]等对GA₃在改善李坐果方面作了较为详尽的研究,发现叶面喷施GA₃不仅能显著改善坐果率,其单果重因产量的大幅度提高而降低。在本试验中,发现喷施多效唑100~300倍液或土施多效唑2、3 g·cm⁻¹都可以有效提高可育花比例,但对果实品质没有显著性影响;在花期喷施25 mg·L⁻¹GA₃+1 000 mg·L⁻¹KH₂PO₄,50 mg·L⁻¹GA₃+200 mg·L⁻¹KH₂PO₄,50 mg·L⁻¹GA₃+1 000 mg·L⁻¹KH₂PO₄和50 mg·L⁻¹GA₃+2.5 mg·L⁻¹KT-30都能使坐果数相对提高,而使单果重相对降低。

胡锡华^[14]提出花期前后喷施0.3% KH₂PO₄+0.5%尿素溶液,可提高老叶光合作用功能,缓解营养矛盾,减少落花落果。郭俊荣^[15]等研究发现施N、P为主的肥料可使油松球果产量提高26%~62.5%。邢诒旺^[16]等报道,在荔枝始花期喷施1 000 mg·L⁻¹B+800 mg·L⁻¹的920+2 000 mg·L⁻¹ KH₂PO₄和在雌花谢后喷施500 mg·L⁻¹ 2,4-D+800 mg·L⁻¹ 920+2 000 mg·L⁻¹ KH₂PO₄,单株平均产量比对照增加150%,单果质量比对照增加3.9 g。喷施0.2%、0.4%B、0.4%尿素,能显著提高红富士苹果的坐果率10%以上^[17]。另外,研究发现施用氮肥能使70%以上的白桦开花,说明氮肥是促进白桦营养生长和生殖生长的关键因素,但必须与磷、钾肥合理搭配效果更佳^[18]。在盛花期喷施5 000 mg·L⁻¹B和5 000 mg·L⁻¹ N+5 000 mg·L⁻¹ KH₂PO₄的混合溶液,能显著提高澳洲坚果的产量及一级果仁率^[19]。本试验显示,在花期单施硼砂或B+KH₂PO₄,B0.3 g·L⁻¹+KH₂PO₄0.3 g·L⁻¹+N0.5 g·L⁻¹都能提高石榴的产量和品质,其中喷施B0.3 g·L⁻¹+KH₂PO₄0.3 g·L⁻¹+N0.5 g·L⁻¹能极显著地提高石榴的产量和品质;在花期喷施GA₃0.01 g·L⁻¹+2,4-D0.01 g·L⁻¹能相对提高‘突尼斯’软籽石榴的产量,但果实重量和籽粒大小稍有降低。

参考文献:

[1] 李进,杨荣萍,洪明伟,等. 石榴完全花与不完全花的内源激素变化研究[J]. 云南农业大学学报,2015,30(6):986-990.

[2] 朱周俊,袁德义,范晓明,等. 植物生长调节剂对锥栗花芽性别分化及结果枝生长的影响[J]. 中南林业大学学报,2016,36(1):64-66.

ZHU Z J, YUAN D Y, FANG X M, *et al.* Effects of plant growth regulator on flower bud sex differentiation and fruiting branch growth of *Castanea henryi*[J]. Journal of Central South

University of Forestry and Technology,2016,36(1):64-66. (in Chinese)

[3] 胡盼,王川,王军辉,等. 不同处理对青海云杉花芽分化过程内源激素的影响[J]. 西北林学院学报,2013,28(5):89-94.
HU P,WANG C,WANG J H,*et al.* Different treatment influence on the flower bud different iation of *Picea crassi folia*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(5):89-94. (in Chinese)

[4] 王港,罗扬,陈波涛. 外源植物激素对麻疯树开花影响初探[J]. 西北林学院学报,2010,25(5):86-89.
WANG G,LUO Y,CHEN B T. A preliminary study on external plant hormones for *Jatropha curcas* flowering [J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(5):86-89. (in Chinese)

[5] 曹慧,兰彦平,王孝威. 果树应用稀土微肥研究进展[J]. 北方园艺,2000(4):29-31.

[6] 孙益知,刘延琳. 提高核桃坐果率的试验[J]. 西北园艺,2002(1):13-16.

[7] 徐凌飞,韩清芳. 生长调节剂对杏树座果率的影响[J]. 陕西农业科学,1997(3):29-30.

[8] 黄卫东,刘肃. 植物生长调节剂在果树上的应用:现状、问题和展望[J]. 园艺学年评,1995(1):17-19.

[9] 黄卫东,张平,李文清. 6-BA 对葡萄果实生长及碳、氮同化物运输的影响[J]. 园艺学报,2002,29(4):303-306.
HUANG W D,ZHANG P,LI W Q. The effects of 6-BA on the fruit development and transportation of carbon and nitrogen assimilates in grape[J]. Acta Horticulturae Sinica,2002,29(4):303-306. (in Chinese)

[10] 乔志钦,宋建堂,郑双健. 植物生长调节剂对石榴产量和品质的影响[J]. 河南林业科技,2004,24(3):51-52.

[11] 刘杜玲,焦普生. 生长调节剂对核桃坐果率及叶绿素含量的影响[J]. 西北林学院学报,2006,21(2):87-89.
LIU D L,JIAO P S. Effect of growth regulator on the fruit setting and the chlorophyll content of walnut[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(2):87-89. (in Chinese)

[12] HARTMANN W. Effect of growth regulators on fruit seed and vegetative development of sel-f sterile plum cultivars[J]. Gartenbauw Issenschaft,1984,49(4):162-169.

[13] HARTMANN W,ANVARY S F. Effects of GA3 on fruit and seed development of self steril plum[J]. Acta Horticulture,1986,179:349-354.

[14] 胡锡华. 柑橘保花保果技术措施[J]. 现代农业科技,2015(17):125-126.

[15] 郭俊荣,杨培华,谢斌,等. 油松育种资源选择及促进结实技术研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(1):46-49.
GUO J R,YANG P H,XIE B,*et al.* Selection of breeding resources and fruiting-promoting technique of *Pinus tabulae formis*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2004,19(1):46-49. (in Chinese)

[16] 邢诒旺,吴开茂,邢诒师,等. 南岛无核荔枝控梢促花和保花保果技术的研究[J]. 海南大学学报:自然科学版,2004,22(3):253-257.
XING Y W,WU K M,XING Y S,*et al.* Study on keeping a full growth of flowers and fruits of nandao seedless *Licthi* (*Licthi chinensis* Sonn.) by controlling its treetops and hastening its blossom[J]. Natural Science Journal of Gainan University,2004,22(3):253-257. (in Chinese)

[17] 樊金栓,薛智德,王挺. 提高红富士苹果坐果率的研究[J]. 西北林学院学报,1994,9(3):85-87.
FAN J S,XUE Z D,WANG T. A study on increasing fruit rate of Fuji apple[J]. Journal of Northwest Forestry University,1994,9(3):85-87. (in Chinese)

[18] 刘福妹,姜静,刘桂丰. 施肥对白桦树生长及开花结实的影响[J]. 西北林学院学报,2015,30(2):116-120.
LIU F M,JIANG J,LIU G F. Edderent of fertilization on the growth and flowering of *Betula platypjylla* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(2):116-120. (in Chinese)

[19] 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.
LIU S H,NI S B,XIAO X M,HE X Y. The measures of protecting flowers andfruitsveffect on different varieties of macadamia on the yield and quality[J]. Northern Horticulture,2007(12):31-34. (in Chinese)