

植物生长调节剂对番红花花期 及开花性状的影响

韦庆翠¹, 张衡锋¹, 沈婷婷¹, 汤庚国²

(1. 江苏农牧科技职业学院园林园艺系, 江苏 泰州 225300)

(2. 南京林业大学林学院, 江苏 南京 210037)

[摘要] 采用植物生长调节剂浸泡和注射的方法, 研究不同浓度 6-BA、GA 和 NAA 组合处理对番红花开花时间及开花性状的影响。结果表明: 通过植物生长调节剂调控番红花进行花期是可行的, 在有效调控花期和保证产量的前提下, A₂B₃C₁ 组合浸泡球茎和 a₂b₃c₁ 组合注射球茎效果最佳。

[关键词] 番红花, 植物生长调节剂, 花期, 开花性状

[中图分类号] Q945.1 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2017)04-0098-05

Effect of Plant Growth Regulators on Florescence and Flowering of *Crocus sativus* L.

Wei Qingcui¹, Zhang Hengfeng¹, Shen Tingting¹, Tang Gengguo²

(1. Department of Horticulture and Landscape, Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou 225300, China)

(2. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Soaking and injecting bulbs with different combinations of plant growth regulators, studied the effects of 6-BA, GA and NAA on florescence and flowering of *Crocus sativus* L. The results showed that it was feasible to regulate the florescence of *C. sativus* through the treatment of plant growth regulators. On the premise of florescence and yield, the treatment with soaking A₂B₃C₁ and injecting a₂b₃c₁ was best.

Key words: *Crocus sativus* L., plant growth regulator, florescence, flowering characteristic

开花是植物生活史中质变的过程, 随着分子生物学、分子遗传学、植物发育学的发展以及潜在经济价值的吸引下, 球根花卉的花期调控研究已经进行了大半个世纪, 目前仍然是园艺界重点研究的课题之一。番红花(*Crocus sativus* L.) 属鸢尾科番红花属多年生三倍体球根花卉, 作为传统名贵中药已收入《中华人民共和国药典(2015)》^[1], 同时也是重要的园林观赏植物, 在食品、香料、化妆和染色等方面具有广泛用途, 素有“植物黄金”之称^[2]。番红花原产伊朗、小亚细亚半岛和希腊等地^[3], 引种到我国后多采用“二段法”栽培生产^[4], 但因其花期过于集中, 且需纯手工的采摘, 严重限制了番红花产业的规模化发展。本文探索了植物生长调节剂处理对番红花开花时间及开花性状的影响, 以期达到调控番红花花期的目的, 为番红花研究和生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 2015 年在江苏农牧科技职业学院校内实训基地内(32°27′42″N, 119°55′57″E)繁育的仔球。泰州地区年降雨量 1020.5 mm, 全年最高、最低和平均温度分别为 38.2 ℃、-7.2 ℃和 14.9 ℃, 全年光照

收稿日期: 2017-10-08.

基金项目: 泰州市科技计划项目(TN201321)、江苏省大学生创新创业训练计划项目(201512806025H)、江苏农牧科技职业学院科研项目(NSFYB1410)。

通讯联系人: 张衡锋, 博士, 研究方向: 药用植物资源引种及开发研究. E-mail: 584189434@qq.com

1 746 h. 2014 年 12 月 1 日大田定植,正常水肥管理,2015 年 5 月 8 日收获仔球并储藏于阴凉通风处,备试.

1.2 试验设计

1.2.1 植物生长调节剂浸泡球茎处理

选用 6-BA、GA 和 NAA 3 种植物生长调节剂,采用 L9(3⁴)正交试验设计进行处理,每种植物生长调节剂均设 3 个浓度水平,详见表 1,共 9 个处理,对照为清水,每个处理进行 3 个重复. 根据番红花生物学特性^[5],2015 年 5 月 20 日(番红花球茎处于休眠状态)分别挑选生长完好,重量(25±1)g 的种球 200 枚采用浸泡球茎的方法进行处理,处理 1 次,浸泡 6 h,取出用纸吸干,置于常温正常养护管理措施下继续培养,直至开花.

1.2.2 植物生长调节剂注射球茎处理

选用 6-BA、GA 和 NAA 3 种植物生长调节剂,采用 L9(3⁴)正交试验设计进行处理,每种植物生长调节剂均设 3 个浓度水平,详见表 2,共 9 个处理,对照为清水,每个处理进行 3 个重复. 根据番红花生物学特性^[5],2015 年 7 月 27 日(番红花球茎进入花芽分化期)分别挑选生长完好,重量(25±1)g 的种球 200 枚,采用注射的方法进行处理,注射部位为鳞茎盘,每球茎注射 1.5 mL(每种植物生长调节剂 0.5 mL),处理后置于常温正常养护管理措施下继续培养,直至开花.

表 1 浸泡处理中 3 种植物生长调节剂浓度水平

Table 1 3 kinds of plant growth regulator concentration levels with soaking treatment mg/L			
浓度	6-BA(A)	GA(B)	NAA(C)
水平 1	25(A ₁)	75(B ₁)	15(C ₁)
水平 2	50(A ₂)	150(B ₂)	30(C ₂)
水平 3	75(A ₃)	225(B ₃)	45(C ₃)

表 2 注射处理中 3 种植物生长调节剂浓度水平

Table 2 3 kinds of plant growth regulator concentration levels with injecting treatment mg/L			
浓度	6-BA(a)	GA(b)	NAA(c)
水平 1	5(a ₁)	15(b ₁)	3(c ₁)
水平 2	10(a ₂)	30(b ₂)	6(c ₂)
水平 3	15(a ₃)	45(b ₃)	9(c ₃)

1.3 测定项目及方法

统计首花时间和盛花期(开花植株操过 50%),花期时调查开花率、单花率、双花率和三花率. 开花性状主要调查各处理后优势花朵的数目,测量花期球茎(带芽)的重量、叶长和侧芽数量.

开花率=开花球茎数量/各处理球茎数量,
单花率=单花球茎数量/各处理开花球茎数量,
双花率=双花球茎数量/各处理开花球茎数量,
三花率=三花球茎数量/各处理开花球茎数量.

1.4 数据分析

采用 Excel 2013 进行数据处理和制表,并用 DPS 9.50 软件进行统计分析和显著性检验.

2 结果与分析

2.1 植物生长调节剂浸泡球茎对开花及开花生物学特性的影响

2.1.1 植物生长调节剂浸泡球茎对开花的影响

如表 3 所示,番红花球茎经 6-BA、GA 和 NAA 3 种植物生长调节剂交互作用后表现出不同的开花特性,其中 A₂B₃C₁ 组合显著提早首花日期和盛花期,与 CK 相比分别提早了 11.04 d 和 10.48 d;A₂B₁C₂ 组合显著降低单花比例,与 CK 相比降低了 26.89%;A₃B₂C₁ 组合显著增加三花比例,与 CK 相比增加了 103.23%. 另外,研究数据表明,所有处理的开花率之间无显著差异,说明植物生长调节剂浸泡处理对番红花开花率无明显影响.

2.1.2 植物生长调节剂浸泡球茎对开花生物学特性的影响

如表 4 所示,在不同浓度的 3 种植物生长调节剂和交互作用下,番红花花期球茎重量、花期叶长和花期侧芽数量均发生不同程度的变化,除总花柱干重外,且均达到极显著差异. 经植物生长调节剂浸泡处理后,A₃B₁C₃ 组合显著降低了花期球茎重量,增加侧芽数量,与 CK 相比分别降低和增加了 33.37% 和 117.61%,A₃B₂C₁ 组合显著增加花期叶长,与 CK 相比增加了 43.02%. 另外,通过相关性分析表明(如表 5 所示),花期球茎重量与侧芽数量和总花柱干重之间呈极显著负相关,侧芽数量和总花柱干重之间呈极显著正相关,说明

植物生长调节剂易诱导球茎萌生更多的侧芽,促使球茎中存储的大量养分用于侧芽(叶芽)等器官的营养生长,从而降低花期球茎重量,另外,侧芽数量与总花柱干重之间也存在一种正相关联系.

表 3 浸泡处理对番红花开花的影响

Table 3 The effects of soaking treatment on <i>C. sativus</i> flowering							
处理号	试验计划	至首花时间/d	至盛花期时间/d	单花比例/%	双花比例/%	三花比例/%	开花率/%
CK		145.53±3.06Aab	160.94±4.58ABab	14.58±1.35Cc	77.08±3.45abc	8.34±1.17Dd	96.03±4.89a
1	A ₁ B ₁ C ₁	142.23±4.71ABab	158.34±4.04ABabc	12.89±0.97CDcd	77.99±4.13ab	9.12±1.34CDcd	94.29±3.17a
2	A ₁ B ₂ C ₂	140.47±3.98ABabc	155.21±5.37ABbc	12.47±1.06CDde	78.52±3.98a	9.01±1.57CDcd	97.12±4.05a
3	A ₁ B ₃ C ₃	143.09±4.12ABab	157.44±2.87ABabc	21.49±0.76Aa	69.89±5.02bcd	8.62±1.05Dd	92.26±4.37a
4	A ₂ B ₁ C ₂	142.26±3.17ABab	157.67±3.41ABabc	10.66±0.99De	76.11±5.23abc	13.23±1.20Bb	96.07±4.96a
5	A ₂ B ₂ C ₃	145.51±3.64Aab	161.97±3.56Aab	21.36±1.13Aa	67.21±4.02d	11.43±1.73BCDb	93.12±5.02a
6	A ₂ B ₃ C ₁	134.49±3.27Bc	150.46±5.06Bc	11.45±1.07Dde	76.54±4.51abc	12.01±1.05BCDb	97.40±5.26a
7	A ₃ B ₁ C ₃	147.92±4.90Aa	163.55±4.96Aa	18.06±1.42Bb	69.55±3.58cd	12.39±1.84BCb	92.98±4.87a
8	A ₃ B ₂ C ₁	139.86±3.24ABbc	155.38±3.12ABbc	12.27±1.01CDde	70.78±3.89abcd	16.95±1.99Aa	96.37±4.62a
9	A ₃ B ₃ C ₂	145.06±5.01Aab	160.10±4.07ABbc	10.96±0.89Dde	76.46±4.38abc	12.58±1.08BCb	95.95±4.09a

注:图中小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,大写字母表示在 0.01 水平上差异极显著.下同.

表 4 浸泡处理对番红花开花生物学特性的影响

Table 4 The effects of soaking treatment on <i>C. sativus</i> flowering characteristic					
处理号	试验计划	花期球茎重量/g	花期叶长/cm	侧芽数量/枚	总花柱干重/g
CK		17.83±0.76Aa	9.46±0.41Ff	3.18±0.20Ef	0.264±0.012a
1	A ₁ B ₁ C ₁	17.02±0.85Aab	12.47±0.50ABbc	3.37±0.24DEef	0.265±0.014a
2	A ₁ B ₂ C ₂	16.88±0.72Aab	11.86±0.44BCDcd	3.95±0.28Dd	0.270±0.009a
3	A ₁ B ₃ C ₃	16.03±0.69Ab	11.04±0.39CDEde	3.78±0.18Dede	0.269±0.011a
4	A ₂ B ₁ C ₂	14.22±0.81Bc	10.85±0.61DEe	5.10±0.16Cc	0.280±0.010a
5	A ₂ B ₂ C ₃	14.02±0.59Bc	10.61±0.52Ee	5.35±0.20BCbc	0.273±0.017a
6	A ₂ B ₃ C ₁	13.59±0.75BCcd	12.80±0.48ABab	5.72±0.21Bb	0.277±0.015a
7	A ₃ B ₁ C ₃	11.88±0.68Ce	10.65±0.53DEe	6.92±0.30Aa	0.273±0.020a
8	A ₃ B ₂ C ₁	12.01±0.77Ce	13.53±0.44Aa	6.85±0.28Aa	0.287±0.010a
9	A ₃ B ₃ C ₂	12.54±0.80BCde	12.09±0.51BCbc	6.73±0.39Aa	0.282±0.014a

表 5 浸泡处理后番红花开花生物学特性之间的相关分析

Table 5 Correlation analysis between flowering biological characteristics after soaking treatment				
	花期球茎重量/g	花期叶长/cm	侧芽数量/枚	总花柱干重/g
花期球茎重量	1.000			
花期叶长	-0.363	1.000		
侧芽数量	-0.987 **	0.371	1.000	
总花柱干重	-0.830 **	0.551	0.831 **	1.000

注: ** 和 * 分别表示 0.01 和 0.05 水平的相关显著性.

2.2 植物生长调节剂注射处理对开花及开花生物学特性的影响

2.2.1 植物生长调节剂注射球茎对开花的影响

如表 6 所示,番红花球茎经不同浓度的 3 种植物生长调节剂交互作用后,表现出不同的开花特性,其中 a₂b₃c₁ 组合显著提早首花日期和盛花期,与 CK 相比分别提早了 11.47 d 和 8.88 d,同时该组合显著降低单花比例,与 CK 相比降低了 29.42%,显著增加三花比例,与 CK 相比增加了 52.88%. 另外,研究数据表明,所有处理的开花率之间无显著差异,说明注射植物生长调节剂处理对番红花的开花率无明显影响.

2.2.2 植物生长调节剂注射处理对开花生物学特性的影响

如表 7 所示,在不同浓度的 3 种植物生长调节剂和交互作用下,番红花花期球茎重量、花期叶长和花期侧芽数量均发生不同程度的变化,除总花柱干重外,且均达到极显著差异. 番红花球茎经注射植物生长调节剂处理后,a₃b₃c₂ 组合显著降低了花期球茎重量,增加了侧芽数量,与 CK 相比分别降低和增加了 17.61%和 40.88%,a₂b₃c₁ 组合显著增加花期叶长,与 CK 相比增加了 16.60%. 另外,通过相关性分析表明(表 8),花期球茎重量与花期叶长呈显著负相关,与侧芽数量之间呈极显著负相关,花期叶长与侧芽数量和总花柱干重之间呈显著正相关,说明番红花球茎经注射植物生长调节剂处理后,易诱导球茎中存储的大量养分用于叶片和侧

芽(叶芽)等器官的营养生长,从而降低花期球茎重量,另外,叶长与总花柱干重之间也存在一种正相关联系。

表 6 注射处理对番红花开花的影响

Table 6 The effects of injecting treatment on *C. sativus* flowering

处理号	试验计划	至首花时间/d	至盛花期时间/d	单花比例/%	双花比例/%	三花比例/%	开花率/%
CK		77.53±2.48Aa	93.77±3.01Aa	14.58±1.35Aa	77.08±3.45a	8.34±0.77De	96.03±4.89a
1	a ₁ b ₁ c ₁	74.86±2.13Aab	90.18±3.22ABabc	13.27±1.22ABab	76.91±3.67a	9.82±0.48Cd	97.28±4.57a
2	a ₁ b ₂ c ₂	72.43±2.71ABbc	89.29±3.08ABabc	12.11±1.38ABabc	76.82±3.80a	11.07±0.57BCc	95.11±4.02a
3	a ₁ b ₃ c ₃	68.25±2.09BCcd	86.75±2.79ABc	12.76±1.52ABabc	74.82±3.90a	12.42±0.23ABab	95.49±3.96a
4	a ₂ b ₁ c ₂	73.38±2.22ABab	88.71±2.90ABabc	13.95±1.33ABa	76.01±3.41a	10.04±0.72Cd	93.21±3.78a
5	a ₂ b ₂ c ₃	72.84±2.31ABb	88.06±3.03ABbc	12.07±1.58ABabc	76.06±3.85a	11.87±0.45ABab	95.16±4.03a
6	a ₂ b ₃ c ₁	66.06±1.97Cd	84.89±2.99Bc	10.29±1.47Bc	76.96±3.09a	12.75±0.80Aa	97.03±4.42a
7	a ₃ b ₁ c ₃	75.04±2.82Aab	92.57±2.81ABab	14.06±1.40ABa	76.20±3.11a	9.74±0.47Cd	94.13±4.62a
8	a ₃ b ₂ c ₁	71.99±2.01ABbc	87.33±2.80ABbc	13.85±1.73ABa	74.67±3.65a	11.48±0.33ABbc	95.72±4.07a
9	a ₃ b ₃ c ₂	67.32±2.70BCd	86.26±2.87ABc	10.96±1.50ABbc	76.78±3.18a	12.26±0.41ABab	96.06±4.77a

表 7 注射植物生长调节剂对番红花开花生物学特性的影响

Table 7 The effects of injecting treatment on *C. sativus* flowering characteristic

处理号	试验计划	花期球茎重量/g	花期叶长/cm	侧芽数量/枚	总花柱干重/g
CK		17.83±0.76Aa	9.46±0.41Cc	3.18±0.20Ee	0.264±0.012a
1	a ₁ b ₁ c ₁	17.31±0.66ABab	9.89±0.39BCbc	3.46±0.22DEde	0.266±0.009a
2	a ₁ b ₂ c ₂	17.02±0.81ABCab	10.42±0.44ABCab	3.77±0.19CDcd	0.271±0.012a
3	a ₁ b ₃ c ₃	16.92±0.57ABCabc	10.84±0.48Aba	3.85±0.19BCDc	0.270±0.014a
4	a ₂ b ₁ c ₂	16.57±0.51ABCDbcd	10.30±0.37ABCab	3.62±0.17DEcd	0.265±0.012a
5	a ₂ b ₂ c ₃	16.35±0.44ABCDbcde	10.73±0.30Aba	3.53±0.15DEcde	0.273±0.010a
6	a ₂ b ₃ c ₁	15.74±0.57BCDcde	11.03±0.40Aa	3.90±0.22BCDbc	0.279±0.010a
7	a ₃ b ₁ c ₃	15.80±0.60BCDcde	10.26±0.42ABCab	4.21±0.25ABCab	0.269±0.011a
8	a ₃ b ₂ c ₁	15.45±0.78CDde	10.77±0.38Aba	4.32±0.21Aba	0.265±0.018a
9	a ₃ b ₃ c ₂	15.16±0.68De	10.95±0.38Aa	4.48±0.19Aa	0.270±0.011a

表 8 注射植物生长调节剂后番红花开花生物学特性之间的相关分析

Table 8 Correlation analysis between flowering biological characteristics after injecting treatment

	花期球茎重量/g	花期叶长/cm	侧芽数量/枚	总花柱干重/g
花期球茎重量	1.000			
花期叶长	-0.758 *	1.000		
侧芽数量	-0.893 **	0.679 *	1.000	
总花柱干重	-0.366	0.662 *	0.195	1.000

3 讨论与结论

花芽分化是一个极其复杂的过程,主要受营养物质的分配和各种内源激素互作用调控. 植物生长调节剂(外源激素)对植物开花及开花特性的影响,因植物种类、作用方式、作用浓度等而各异. 目前,我们关于外源激素调控球根花卉开花特性的研究主要集中在 ABA、NAA 和 GA₃ 等植物生长调节剂上,但多以单种外源激素处理为主^[6-9],对外源激素之间的交互作用效果的研究较少.

张衡锋的研究结果表明^[10],花芽分化的诱导需要高水平的内源细胞分裂素、低水平的内源赤霉素和内源生长素. 番红花球茎经 3 种植物生长调节剂浸泡处理后, A₂B₃C₁ 组合显著提早首花日期和盛花期, A₂B₁C₂ 组合显著降低单花比例, A₃B₂C₁ 组合显著增加三花比例, 从一个侧面印证了前期的研究成果. 番红花产业中一直存在花期过于集中,纯手工采摘后需立即干燥处理等问题,通过生长调节剂调控花期,可有效延伸番红花采摘期,确保用工平衡,降低盛花期集中干燥处理的压力. 另外,番红花只有顶芽才转变为花芽,一般每枚种球拥有 2~3 个顶芽, Baghalian K 等研究表明,干燥柱头重量与花数量等参数之间具有显著相关性^[11],所以,增加单芽三花比例,降低单芽单花比例,生产上可显著提高产量,解决开花数量少等症结. 番红花球茎经注射植物生长调节剂处理后,处理效果不如浸泡球茎处理效果显著,虽然注射所用浓度是浸泡浓度的 1/5,但部分球茎在注射部位周围出现严重脱水和腐烂现象(注射针头经过严格消毒),这

可能与注射部位以及番红花对植物生长调节剂的吸收特性有关。至于在番红花花芽分化之前注射植物生长调节剂的效果,将有待于进一步的研究。另外,植物生长调节剂虽然能引起内源激素的变化,但是同时它也打破了植物各器官之间内源激素的分配,从而引起植物生长发育方向的不确定,本研究采用3种植物生长调节剂组合施用的方式,为生长调节剂调控番红花生长研究提供了一定的理论依据和实践基础,但3种植物生长调节剂之间具体的交互作用机制尚不清楚,在后期的研究中有待进一步探讨。

综上所述,通过植物生长调节剂对番红花进行花期调控是可行的,在有效调控花期和保障产量的前提下, $A_2B_3C_1$ 组合浸泡球茎效果最佳; $a_2b_3c_1$ 组合注射植物生长调节剂效果最佳。番红花花芽分化以及开花的顺利完成,完全取决于球茎内部各类生理生化反应的调控,所以掌握番红花球茎内各种变化的规律性以及各内源激素之间的平衡关系,对科学有效地调控番红花花期至关重要。

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典(2015)[M].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [2] DEO B. Growing saffron-The world's most expensive spice[J]. Crop & Food Research,2003,20:1-4.
- [3] 裴鉴,丁志遵.中国植物志[M].北京:科学出版社,1985.
- [4] 饶君凤,王根法,吕伟德.浙江省西红花“二段法”优质高产栽培技术研究[J].安徽农业科学,2012,40(9):5214-5215.
- [5] ZHANG H F, WEI Q C, LI C Z, et al. Comparative proteomic analysis provides insights into the regulation of flower bud differentiation in *Crocus sativus* L.[J]. Journal of food biochemistry,2016,40:567-582.
- [6] 何钟佩.植物激素生理及化学控制[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [7] 王磊,赵九洲,汤庚国.几种植物生长调节剂对石蒜生理生化特性的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(4):39-42.
- [8] 盛利,陈莉,吴稚斐,等.植物生长调节剂对盆栽康乃馨花期调节与生长的影响[J].河北农业科学,2009,11(3):34-35.
- [9] 张宁宁,邵和平,曹荣祥,等.卡特兰花期调控研究进展[J].江苏农业科学,2013,41(7):176-178.
- [10] 张衡锋.番红花开花机制及施肥效应的研究[D].南京:南京林业大学,2016.
- [11] BAGHALIAN K, SHESHTAMAND M S, JAMSHIDI A H. Genetic variation and heritability of agro-morphological and phytochemical traits in Iranian saffron(*Crocus sativus* L.) populations[J]. Industrial Crops and Products,2010,31:401-406.

[责任编辑:黄 敏]

(上接第97页)

- [7] 郝建民,刘寿荣. Co 相变的 X 射线衍射研究[J]. 金属学报,1994,30(13):45-48.
- [8] GANGOPADHYAY S, HADJIPANAYIS G C, SORESENSEN C M. Magnetism in ultrafine Fe and Co particles[J]. IEEE transactions on magnetics,1993,29(6):2 602-2 607.
- [9] UVAROV V, POPOV I. Development and metrological characterization of quantitative X-ray diffraction phase analysis for the mixtures of clopidogrel bisulphate polymorphs[J]. J Pharm Biomed Anal,2008,46:676-682.
- [10] HESTNES K H, SØRENSEN B E. Evaluation of quantitative X-ray diffraction for possible use in the quality control of granitic pegmatite in mineral production[J]. Miner Eng,2012,39:239-247.
- [11] 许桂花,姚艳红,李承范. X-射线衍射 K 值法测定硅灰石矿中方解石的含量[J]. 长春师范大学学报(自然科学版),2006,25(12):41-43.
- [12] 黄继武,李周.多晶材料 X 射线衍射—实验原理,方法与应用[M].北京:冶金工业出版社,2012.

[责任编辑:黄 敏]