

施肥对番红花生长、品质和产量影响效应的研究

韦庆翠¹, 余梁伟¹, 黄心成¹, 张衡锋¹, 张焕朝^{2*}

(1. 江苏农牧科技职业学院园林园艺学院, 江苏 泰州 225300;

2. 南京林业大学林学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 为获得番红花种球大田规模化生产的最佳施肥方案, 以番红花鳞茎为试验材料, 设置 7 个施肥处理, 探讨施肥对番红花种球生长动态、仔球品质和仔球产量的影响效应。结果表明: 在根系生成前, 母球是仔球生长的“营养源”, 根系生成后逐渐替代母球为仔球输送营养; 返青期氮显著促进仔球增重, 增强光合作用和蛋白合成, 磷和微量元素促进可溶性糖和淀粉积累; 快速生长期和成熟期羊粪表现出最佳的供肥能力, 对磷、钾需求量也较大。建议生产中以羊粪为基肥, 返青期追施氮肥, 快速生长期和成熟期追施磷肥和钾肥, 追肥中适当添加微肥。

关键词: 番红花; 施肥; 生长动态; 品质; 产量

番红花 (*Crocus sativus* L.) 系鸢尾科 (Iridaceae) 番红花属多年生三倍体球根花卉, 原产欧洲南部, 我国各地常见栽培^[1]。以花柱入药, 具有活血、化瘀、生新、镇痛、健胃、通经之效, 在我国属珍稀名贵药材^[2]。番红花因其特殊的生境条件、纯手工采收方式、极低的产量 (约 $8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), 价格始终居高不下 (约 $10 \$ \cdot \text{g}^{-1}$), 素有“植物黄金”之称^[3]。目前, 国内外关于番红花的研究主要集中在有效成分药理作用、繁育技术等方面^[4-5]。番红花喜肥, 生产中种植户多凭借经验施肥, 易造成浪费和环境污染, 缺乏科学技术指导。张衡锋等^[6-7]研究了氮磷钾配施及微肥对番红花仔球品质和产量的影响, 基本掌握了番红花的总体营养需求, 但有关番红花不同生长期的营养需求变化及有机肥、无机肥肥效分析的报道较少。因此, 本文在大田条件下, 设置不同施肥处理, 研究施肥对番红花鳞茎生长动态、仔球品质和仔球产量的影响效应, 旨在为番红花科学、规范生产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在泰州市海陵区大泗镇大马村农田中, 地处江苏中部, 年均气温 $14.4 \sim 15.1 ^\circ\text{C}$, 年均降水量 1037.7 mm 。土壤属潮土, $0 \sim 30 \text{ cm}$ 耕层土壤含有机质 $11.55 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $1.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷 $1.01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $14.98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全钾 $12.84 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $90.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 7.58。

1.2 试验材料

试验种球由江苏中药科技园提供, 种球平均质量 (20 ± 1.5) g, 每种球留 2 个顶芽, 不留侧芽, 2018 年 12 月种植于试验地内, 定植密度 $80 \text{ 球} \cdot \text{m}^{-2}$ 。供试肥料中, 羊粪 (腐熟, 有机质 24.73%, N 0.43%, P_2O_5 0.62%, K_2O 0.55%) 和猪粪 (腐熟, 有机质 17.2%, N 0.64%, P_2O_5 0.47%, K_2O 0.39%) 由江苏现代畜牧科技示范园提供, 氮肥 (尿素, N 46%)、磷肥 (过磷酸钙, P_2O_5 14%)、钾肥 (硫酸钾, K_2O 54%)、微肥 (施必增, $\text{Cu}+\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Zn}+\text{B}+\text{Mo} \geq 20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 均从市场购买。

1.3 试验设计

采用单因素完全随机区组试验设计, 试验小区面积 40 m^2 ($20 \text{ m} \times 2 \text{ m}$), 3 个重复。共设置 7 个处理: 羊粪 $500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 猪粪 $500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, N $220 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}+\text{P}_2\text{O}_5$ $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}+\text{K}_2\text{O}$ $200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (高氮), N $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}+\text{P}_2\text{O}_5$ $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}+\text{K}_2\text{O}$ $200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (高磷), N $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}+\text{P}_2\text{O}_5$ $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}+\text{K}_2\text{O}$ $240 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (高钾), N $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}+\text{P}_2\text{O}_5$ 80

收稿日期: 2021-02-24; 录用日期: 2021-04-17

基金项目: 2019 年江苏省大学生创新创业训练计划项目 (2019 12806060H); 2020 年江苏省大学生创新创业训练计划项目 (2020 12806046H); 江苏农牧科技职业学院校内课题 (NSFPT201627); 江苏省“青蓝工程”优秀教学团队项目 (苏教师函 [2020] 10 号)。

作者简介: 韦庆翠 (1978-), 副教授, 硕士, 研究方向为药用植物繁育技术研究。E-mail: 36675564@qq.com。

通讯作者: 张焕朝, E-mail: 1912703186@qq.com。

$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} + \text{K}_2\text{O } 200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ + 微肥 $40 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (加微), 不施肥为 CK。所有肥料均作为基肥一次性施入土壤, 田间管理参照当地番红花正常养护措施。根据番红花生长节律: 番红花 2 月开始展叶, 叶片基部逐渐膨大形成仔球 (子代), 母球逐渐萎缩, 至 5 月收获时, 仔球成熟, 母球完全干瘪并宿存于仔球基部。分别于 3 月 8 日、4 月 8 日、5 月 8 日随机挖取种球 (包括母球和仔球), 带回实验室待测。3 月 10 日选取代表性种球第 4 片功能叶测定光合参数和荧光参数。5 月 8 日收获仔球, 统计产量。

1.4 测定指标与方法

球茎采样后在 85°C 下烘干至恒重, 称量测定母球和仔球的干重 (DW); 光合参数测定采用 CIRAS-3 便携式光合作用测定系统, 在光强 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、大气温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、大气 CO_2 浓度 $(400 \pm 10) \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 条件下, 测定完全展开功能叶的净光合速率; 采用 FMS-2 荧光仪, 在暗适应 20 min 条件下, 测定完全展开功能叶的初始荧光、最大荧光值; 蛋白质含量 (鲜样) 采用考马斯亮蓝比色法测定^[8]; 可溶性糖和淀粉含量 (干样) 采用蒽酮比色法测定^[9]; 以试验小区为单位, 统计仔球产量 (FW)、数量和各级仔球比例 (I 级仔球 $>20 \text{ g}$, II 级仔球 $10 \sim 20 \text{ g}$, III 级仔球 $<10 \text{ g}$)。

采用 Excel 2016 进行数据处理, DPS 9.50 进行方差分析, 并用 LSD 进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 施肥对番红花生长的影响

从施肥对番红花生长参数的影响 (表 1) 可知, 经不同施肥处理后, 各处理对番红花母球和仔球生长产生了不同程度的影响, 且各处理对母球和仔球干重 (DW) 的影响均达到极显著水平 ($P < 0.01$), 母球干重与仔球干重之间也具有极显著负相关性 ($R_{\text{干重}} = -0.941^{**}$)。番红花仔球在整个生长期表现出慢-快-慢的生长节律: 3 月为返青期, 生长缓慢, 4 月为快速生长期, 5 月进入成熟期, 生长再次趋缓。相比 CK, 各处理在不同生长期对番红花仔球干物质积累的促进作用存在差异, 说明番红花仔球生长在不同生长期对营养种类的需求是不同的。另外, 不同处理对番红花叶片的净光合速率、初始荧光、最大荧光均产生不同程度的促进作用, 各处理差异达到极显著水平 ($P < 0.01$), 其中均以高氮处理的促进作用最为明显; 相比 CK, 羊粪处理的净光合速率增加了 167.83%, 初始荧光增加了 76.09%、最大荧光增加了 109.96%。说明施肥处理有效增强了番红花叶片内电子传递活性和 PS II 潜在活性, 提高了光合效率。

表 1 不同施肥处理对番红花相关生长参数的影响

处理	母球干重 ($\text{g} \cdot \text{区}^{-1}$)		仔球干重 ($\text{g} \cdot \text{区}^{-1}$)			净光合速率 ($\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	初始荧光	最大荧光
	3 月	4 月	3 月	4 月	5 月			
羊粪	$1.34 \pm 0.04\text{BCbc}$	$0.50 \pm 0.001\text{Bd}$	$1.35 \pm 0.02\text{Dd}$	$3.59 \pm 0.09\text{Bb}$	$5.73 \pm 0.20\text{Aa}$	$2.98 \pm 0.19\text{Bb}$	$34.38 \pm 1.18\text{ABb}$	$265.12 \pm 15.66\text{Bb}$
猪粪	$1.26 \pm 0.06\text{Cd}$	$0.56 \pm 0.002\text{ABab}$	$1.58 \pm 0.01\text{Bb}$	$2.97 \pm 0.11\text{Cc}$	$4.45 \pm 0.18\text{Cd}$	$2.10 \pm 0.09\text{Cc}$	$32.19 \pm 1.42\text{Bb}$	$254.90 \pm 10.03\text{Cc}$
高氮	$1.39 \pm 0.02\text{Bb}$	$0.59 \pm 0.001\text{Aa}$	$1.96 \pm 0.05\text{Aa}$	$2.17 \pm 0.13\text{Dd}$	$3.71 \pm 0.16\text{De}$	$3.08 \pm 0.13\text{Aa}$	$37.12 \pm 1.24\text{Aa}$	$297.35 \pm 12.47\text{Aa}$
高磷	$1.24 \pm 0.03\text{Cd}$	$0.55 \pm 0.001\text{ABabc}$	$1.44 \pm 0.04\text{Cc}$	$3.87 \pm 0.05\text{Aa}$	$4.85 \pm 0.13\text{BCbc}$	$2.05 \pm 0.10\text{Dd}$	$26.57 \pm 1.22\text{Cc}$	$211.54 \pm 11.36\text{Dd}$
高钾	$1.31 \pm 0.05\text{BCcd}$	$0.52 \pm 0.002\text{Bbcd}$	$1.16 \pm 0.04\text{Ee}$	$3.64 \pm 0.17\text{ABb}$	$4.57 \pm 0.22\text{Ccd}$	$1.93 \pm 0.05\text{Ee}$	$26.84 \pm 1.08\text{Cc}$	$203.46 \pm 9.58\text{De}$
加微	$0.98 \pm 0.03\text{De}$	$0.51 \pm 0.001\text{Bd}$	$1.42 \pm 0.03\text{CDd}$	$3.70 \pm 0.08\text{ABab}$	$5.03 \pm 0.22\text{Bb}$	$1.85 \pm 0.08\text{Ff}$	$25.96 \pm 1.64\text{Cc}$	$166.58 \pm 10.04\text{Ef}$
CK	$1.61 \pm 0.07\text{Aa}$	$0.50 \pm 0.003\text{Bd}$	$0.96 \pm 0.04\text{Ff}$	$1.87 \pm 0.10\text{Ee}$	$3.40 \pm 0.16\text{De}$	$1.15 \pm 0.09\text{Gg}$	$21.08 \pm 1.07\text{Dd}$	$141.62 \pm 6.54\text{Fg}$

注: 数据为同一处理 3 次重复的平均值 $\pm$ 标准差。不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。下同。

2.2 施肥对番红花仔球蛋白质、可溶性糖和淀粉含量的影响

施肥对番红花仔球蛋白质、可溶性糖和淀粉含量均产生了不同程度的影响, 且均达到显著差异 ($P < 0.05$) 或极显著差异 ($P < 0.01$) 水平 (表 2)。在番红花不同的生长期, 各处理对番红花仔球内碳水化合物积累的促进作用也不尽相同。与 CK 相比, 3 月高氮处理最利于蛋白质含量的增加, 高磷和加微处

理有利于可溶性糖和淀粉含量的积累, 4 月快速生长期和 5 月成熟期羊粪处理促进效果最为突出, 猪粪处理效果较好, 5 月蛋白质、可溶性糖和淀粉含量羊粪处理分别增加了 45.67%、53.06% 和 62.68%, 猪粪处理分别增加了 31.33%、45.30% 和 32.83%。说明番红花在不同生长期对营养有不同需求, 3 月返青期对氮、磷和微量元素需求量较大, 4 和 5 月羊粪和猪粪肥效更为突出, 磷和钾需求量也较大。

表 2 不同施肥处理对仔球蛋白质、可溶性糖和淀粉含量的影响

处理	蛋白质含量 (mg · g ⁻¹)			可溶性糖含量 (%)			淀粉含量 (%)		
	3 月	4 月	5 月	3 月	4 月	5 月	3 月	4 月	5 月
羊粪	2.60 ± 0.11ab	3.28 ± 0.14a	4.37 ± 0.11Aa	5.37 ± 0.15ABCabc	13.01 ± 0.42Aa	26.05 ± 1.21Aa	13.19 ± 0.39ABCb	21.33 ± 0.95Aa	27.20 ± 1.14Aa
猪粪	2.58 ± 0.10ab	3.12 ± 0.12ab	3.94 ± 0.13ABab	4.73 ± 0.20BCDde	11.86 ± 0.34ABab	24.73 ± 1.30Aa	12.72 ± 0.41BCb	20.01 ± 0.73Aab	22.21 ± 0.97ABab
高氮	2.72 ± 0.09a	2.80 ± 0.10b	3.17 ± 0.10CDd	4.52 ± 0.21CDde	9.90 ± 0.35BCcd	18.44 ± 0.91CDc	12.88 ± 0.52Bb	18.40 ± 0.68ABb	18.82 ± 0.84Bbc
高磷	2.63 ± 0.13ab	3.06 ± 0.15ab	3.66 ± 0.11BCc	5.80 ± 0.23ABab	12.13 ± 0.41ABab	23.97 ± 0.77ABa	15.70 ± 0.33Aa	20.42 ± 1.05Aab	22.05 ± 0.85ABab
高钾	2.54 ± 0.10ab	3.03 ± 0.08ab	3.79 ± 0.10Bbc	5.04 ± 0.17BCDede	11.22 ± 0.36ABabc	24.06 ± 1.05ABa	15.60 ± 0.61ABa	20.28 ± 0.72Aab	21.28 ± 0.83ABab
加微	2.63 ± 0.08ab	2.86 ± 0.11b	3.55 ± 0.13BCDc	6.20 ± 0.20Aa	10.51 ± 0.49ABCcd	21.77 ± 1.16BCb	15.85 ± 0.50Aa	20.00 ± 0.70Aab	21.16 ± 1.01ABab
CK	2.39 ± 0.10b	2.79 ± 0.11b	3.00 ± 0.10Dd	4.35 ± 0.15De	8.64 ± 0.30Cd	17.02 ± 0.84Dc	11.47 ± 0.39Cc	14.56 ± 0.32Bc	16.72 ± 0.64Bc

2.3 施肥对番红花产量的影响

从施肥处理对番红花仔球产量的影响可知,各处理对番红花仔球产量和仔球总数的影响均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。与 CK 相比,羊粪处理和猪粪处理对番红花仔球增产效果最佳,仔球产量分别增加了 73.30% 和 57.03%,仔球总数分别增加了 20.99% 和 24.43%。另外,在仔球等级方面,高钾和加微处理的 I 和 II 级仔球比例较高,而羊粪和猪粪处理的 I 和 II 级仔球比例最低,说明羊粪和猪粪等有机肥处理虽然能有效提高产量和仔球总数,但也产生大量低等级仔球。

表 3 不同施肥处理对仔球产量的影响

处理	仔球产量 (kg)	仔球总数 (个)	I 级仔球比例 (%)	II 级仔球比例 (%)	III 级仔球比例 (%)
羊粪	71.02 ± 0.42Aa	3873 ± 41Bb	23.33	22.30	54.37
猪粪	64.35 ± 0.68Bb	3983 ± 35Aa	20.17	24.67	55.16
高氮	54.16 ± 0.72Dd	3291 ± 29Ee	30.26	25.62	44.12
高磷	49.78 ± 0.52Ff	3359 ± 37DEde	32.08	20.38	47.54
高钾	56.91 ± 0.38Cc	3417 ± 35CDcd	32.44	33.02	34.54
加微	52.05 ± 0.39Ee	3476 ± 31Cc	35.29	26.09	38.62
CK	40.98 ± 0.47Gg	3201 ± 14Ff	20.45	26.88	52.67

3 讨论与结论

番红花生产主要采用“室内-大田”二步法栽培技术^[10]:室内母球开花,花后大田栽培繁育仔球。在母球根系生成之前,母球作为“营养源”提供开花和返青初期的营养,根系生成后母球和根系共同为仔球输送营养,但母球的“营养源”功能逐渐被根系取代。仔球中不断积累蛋白质、糖类和淀粉等营养物质,逐渐完成“营养库”的积累,为下一次开花储备充足的能量。母球干重与仔球干重

呈极显著负相关也充分证实了这一点,这与郭友红等^[11]研究百合施肥效应的结果相似。

无机肥易定量、见效快、好操作,有机肥供肥持久、肥效容量大。所以,在番红花返青期,高氮、高磷、加微处理表现出优良的供肥效果,高氮处理有效提高番红花的光合能力,进而促进蛋白质等物质的合成。磷和铁、锌等微量元素参与植物多种代谢,尤其是糖类代谢,能改善光合性能,增强光合产物的积累,提高作物品质^[12-13]。在番红花快速生长期和成熟期,营养需求量大,羊粪和猪粪等有机肥的持续供肥能力开始展现出优势,其中羊粪的供肥效果优于猪粪,这可能与羊粪磷、钾元素含量较高,而猪粪氮元素含量较高有关,也从侧面说明了番红花在返青期氮元素需求量较大,快速生长期和成熟期对磷、钾元素需求量较大。羊粪和猪粪处理产生 I 和 II 级仔球的比例最低,这可能是因为羊粪和猪粪持续的供肥能力,促进了番红花母球上侧芽的萌发,进而产生大量 III 级仔球。

综上所述,在番红花生产过程中,建议以羊粪作为基肥,并在番红花生长过程中,根据番红花的营养需求规律,在不同生长期追施相应营养元素:返青期追施氮肥,快速生长期和成熟期追施磷肥、钾肥和微量元素。同时,为确保番红花种球开花质量(10 g 以下种球不开花)^[14],尽可能生产 I 级和 II 级种球,在栽培养护中定期清除侧芽,以保证营养集中供应预留顶芽的生长。有关有机肥和无机肥最佳配施方案及对番红花的生长、品质和产量的影响还需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 中国植物志编委会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 122-123.
- [2] 李琳琳. 藏红花的研究概述 [J]. 中山大学研究生学刊(自

- 然科学·医学版), 2008, 29 (2): 46–52.
- [3] Hill T. The contemporary encyclopedia of herbs and spices: seasonings for the global kitchen [M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2004.
- [4] 刘辉辉, 毛碧增. 藏红花药理作用及组织培养研究进展 [J]. 药物生物技术, 2014, 21 (6): 593–596.
- [5] 陈书安, 王晓东, 赵兵, 等. 藏红花的研究进展 [J]. 中草药, 2001, 32 (12): 1137–1139.
- [6] 张衡锋, 韦庆翠, 魏欣, 等. 氮磷钾配施对番红花品质和产量的影响 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (24): 126–129.
- [7] 张衡锋, 张焕朝, 韦庆翠, 等. 4 种微肥对番红花生长、品质及产量的影响 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2016, 40 (1): 169–173.
- [8] 张志良, 翟伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2009. 128.
- [9] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006. 174–176.
- [10] 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.
- [11] 郭友红, 马文奇. 切花百合生物量动态及其与施肥关系研究 [J]. 华北农学报, 2007, 22 (S2): 180–183.
- [12] 张岁岐, 李秧秧. 施肥促进作物水分利用机理及对产量的影响的研究 [J]. 水土保持研究, 1996, 3 (1): 185–191.
- [13] 路喆, 黄鹏, 王玉忠. 喷施锌、硼、锰肥对兰州百合干物质积累分配、产量和氮磷吸收的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2011 (1): 39–43.
- [14] 杨敬奎, 王根法. 藏红花栽培技术 [J]. 现代农业技术, 2009 (4): 36–37.

The effects of different fertilization treatments on the growth, quality and yield of *Crocus sativus* L.

WEI Qing-cui¹, YU Liang-wei¹, HUANG Xin-cheng¹, ZHANG Heng-feng¹, ZHANG Huan-chao^{2*} (1. Department of Horticulture and Landscape, Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou Jiangsu 225300; 2. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu 210037)

Abstract: In order to obtain the best fertilization scheme for the large-scale production of *Crocus sativus* L. bulbs, *Crocus sativus* L. bulbs were used as materials and 7 fertilization treatments were conducted to investigate the effects of fertilization on the growth dynamics, quality and yield of new-born bulbs. The result showed that the cue ball was the “nutrient source” of the new-born bulbs, and gradually replaced by root system to transport nutrients. At returning green stage, nitrogen significantly promoted the weight, enhanced photosynthesis and protein synthesis of new-born bulbs, phosphorus and microelement fertilizers improved soluble sugar and starch accumulation. Sheep manure showed the best ability for nutrient supply in the periods of rapid growth and maturity, and the demand of phosphorus and potassium were also higher. It is recommended that sheep manure can be used as base fertilizer, nitrogen should be applied by top-dressing during returning green stage, and phosphorus and potassium can be applied in the period of rapid growth and maturity, and micro-fertilizer can be appropriately added in the top-dressing process.

Key words: *Crocus sativus* L.; fertilization; growth dynamic; quality; yield