

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.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.033

# 氮磷钾配施对番红花品质和产量的影响

张衡锋<sup>1,2</sup>, 韦庆翠<sup>1</sup>, 魏欣<sup>1</sup>, 张焕朝<sup>2</sup>

(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:** 研究氮、磷、钾配施对番红花仔球品质和产量的影响, 探明番红花高效、优质的测土配方施肥方案, 对提高番红花的生产效率具有重要意义。以开花后番红花球茎为试材, 采用氮、磷、钾 3 因素“3414”二次回归肥料设计进行小区试验, 以氮、磷、钾施肥量为变量因子, 番红花的品质和产量为目标函数, 进行二次回归拟合, 建立回归数据模型。通过对模型解析表明, 氮肥、磷肥、钾肥施用量对番红花仔球的品质和产量均具有显著影响, 且均表现为: 钾肥施用量影响最大, 氮肥和磷肥施用量次之。获得最佳品质的施肥量为: 氮肥 246.64 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥 152.30 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥 92.31 kg/hm<sup>2</sup>; 获得最高产量的施肥量为: 氮肥 249.85 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥 138.97 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥 127.77 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 番红花; 氮磷钾配施; 生产效率; 品质; 产量

**中图分类号:** S682.2\*90.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0126-04

番红花(*Crocus sativus* L.) 属鸢尾科(Iridaceae) 番红花属鳞茎类球根花卉, 原产于伊朗、小亚细亚半岛和希腊, 后引种到印度、地中海盆地、东欧和中国<sup>[1]</sup>, 已有近 3 000 年的栽培历史, 由于其独特的药用价值、芳香、色彩、着色和观赏特性, 作为药材、香料、天然色素、染料和观赏植物在国际上广泛应用。番红花以花柱入药, 称西红花(*Croci stigma*), 在我国被列为名贵中药材<sup>[2]</sup>。番红花因其苛刻的生境要求、特殊的采收方式(须在开花当日纯手工采收, 最大限度保存柱头内挥发性有效成分)、极低的产量(6~8 kg/hm<sup>2</sup>), 致使它的售价高达 10 美元/g, 素有“植物黄金”之称<sup>[3]</sup>。番红花为三倍体植物, 我国引种后逐渐探索出“二段法”栽培模式, 即当年 11 月至翌年 7 月, 开花后母球大田种植, 越冬生长并发育生成仔球, 采收后室内干燥储藏; 翌年 8—10 月仔球在暗光阴湿条件下上架催芽, 开花, 采收花朵<sup>[4]</sup>。

“3414”二次回归肥料设计是农业部推荐的测土配方施肥设计方案, 在国内外研究植物配方施肥中广泛应用<sup>[5]</sup>。众所周知, 优秀的遗传基础是作物实现优质高产的前提条件之一, 但栽培管理条件和生态环境对作物的品质和产量亦至关重要。番红花属于喜肥植物, 尤其在仔球培养过程中需肥量

较高, 但长期以来, 番红花的生产多根据种植户的经验进行, 在生产上盲目施肥现象严重。另外, 虽然中国番红花产业迅速发展, 但中国仍然是番红花主要进口国之一, 平均单产较发达国家仍有较大差距, 在番红花肥效研究方面起步较晚, 且缺乏系统性和科学性的研究, 国外研究成果难以直接指导国内番红花生产。为此本试验采用“3414”测土配方施肥方案, 系统研究氮、磷、钾营养对番红花仔球的生长、品质和产量的影响, 为番红花的规范化生产提供参考依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验地概况

试验地设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), 地处江苏中部, 年均气温 14.4~15.1℃; 年均降水量 1 037.7 mm, 降雨日 113 d, 土壤类型属典型潮土, 0~30 cm 耕层土壤有机质含量为 13.17 g/kg, 碱解氮含量为 92.63 mg/kg, 有效磷含量为 40.37 mg/kg, 速效钾含量为 132.34 mg/kg, pH 值为 7.06。

### 1.2 试验材料

番红花种球由江苏省泰州市本草农业科技有限公司提供, 种球平均鲜质量(15±2.5) g, 于 2015 年 11 月 28 日栽植, 每个种球留 2 个主芽, 定植株行距为 10 cm×12 cm, 小区面积 10 m×1.5 m。供试肥料中氮肥采用尿素(含 N 46%), 磷肥采用过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 14%), 钾肥采用硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 54%)。

收稿日期: 2018-01-30

基金项目: 江苏省泰州市科技支撑计划(农业)项目(编号: TN201515); 江苏省林业科技与创新项目(编号: LYKJ[2017]29)。

作者简介: 张衡锋(1980—), 男, 江苏宜兴人, 博士, 讲师, 从事药用植物栽培和生理特性研究。E-mail: 584189434@qq.com。

[7] 杨军, 邵玉翠, 仁顺荣, 等. 不同基质配方对番茄冬季育苗的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(4): 223-226.

[8] 杨延杰, 赵康, 陈宁, 等. 不同基质理化性状对春季番茄幼苗生长及根系形态的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(7): 125-131.

[9] 苗兵兵, 罗健, 林东教, 等. 漂浮栽培系统收获植物残体作为番茄育苗基质应用研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊1): 133-136.

[10] 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 基质 EC 值与作物生长关系及其测定方法比较[J]. 中国蔬菜, 2004(1): 70-71.

[11] 申明哲. 不同复合基质与营养液对番茄, 辣椒穴盘幼苗生长发育的影响[D]. 延吉: 延边大学, 2006: 25.

[12] 赵瑞, 葛晓光, 马健, 等. 番茄穴盘育苗株型化学调控的研究[J]. 中国蔬菜, 2000(3): 17-20.

[13] 葛婷婷, 李萍萍. 不同基质配比对温室黄瓜生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(1): 184-185.

[14] 王洛彩. 穴盘规格、基质供水状况和生长调节剂对番茄穴盘苗生育的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.

### 1.3 试验设计

本试验采用“3414”二次回归肥料设计,选取 N、P、K 3 种肥料,每种肥料设置 4 个水平,未施肥处理为 CK(对照),共设置 14 个处理,3 次重复,具体试验方案设计见表 1。磷肥和钾肥作为基肥一次性施入,氮肥 50% 作基肥施入,50% 为追肥于 3 月分 2 次施入。2016 年 5 月 6 日收获仔球,统计产量并随机选取各处理仔球用于各项指标的测定。

表 1 N、P、K“3414”配方施肥试验设计方案

处理号	施肥量(kg/hm <sup>2</sup> )			处理
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1(CK)	0.0	0.0	0	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
2	0.0	105.0	90	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
3	112.5	105.0	90	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
4	225.0	0.0	90	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>
5	225.0	52.5	90	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>
6	225.0	105.0	90	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
7	225.0	157.5	90	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>
8	225.0	105.0	0	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>
9	225.0	105.0	45	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>
10	225.0	105.0	135	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>
11	337.5	105.0	90	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
12	112.5	52.5	90	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>
13	112.5	105.0	45	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>
14	225.0	52.5	45	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>

### 1.4 测定项目及方法

可溶性蛋白含量的测定参照李合生的方法<sup>[6]</sup>,采用考马斯亮蓝比色法进行测定;可溶性糖含量和淀粉含量的测定采用蒽酮比色法<sup>[7]</sup>进行测定;番红花仔球产量的统计以小区为单位统计收获仔球的鲜质量和数量。

### 1.5 数据分析

番红花仔球品质综合评分标准:根据番红花规范化生产标准及产品质量评价标准,参照赵锴等对洋葱和宋春风等对芋头品质的评分标准<sup>[8-9]</sup>,设置各品质指标的最佳处理值为 100 分,各处理的指标测定值占最佳处理值的比例即为该处理的实际分值。另外,设置各处理品质权重,所有权重得分之

和即为该处理品质的综合评分,其中可溶性蛋白含量和可溶性糖含量权重均为 0.3,淀粉含量权重为 0.4。番红花仔球产量综合评分方法与仔球品质综合评分方法相同,收获仔球总鲜质量权重为 0.7,仔球总数量权重为 0.3。

采用 Excel 2013 进行数据处理和制表,并用 DPS 9.50 软件进行方差分析和显著性检验(Duncan 新复极差法),并对番红花最终收获仔球的品质和产量进行二次多元方程模型拟合。

## 2 结果与分析

### 2.1 配方施肥对品质的影响

不同处理对番红花仔球品质影响的测定结果见表 2。由表 2 可知,番红花在施用氮肥、磷肥、钾肥之后,仔球品质均有不同程度的提高,且均达到极显著差异,其中以处理 7(N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>)处理效果最佳,综合评价分值与对照相比提高了 41.65%。

2.1.1 回归模型的建立 以表 1 中氮(X<sub>1</sub>)、磷(X<sub>2</sub>)、钾(X<sub>3</sub>)肥料的施用量为自变量,表 2 中番红花品质综合评分为因变量,进行三元二次肥料效应拟合,用以得出番红花品质评分与氮、磷、钾肥料施用量之间的回归方程:

$$Y_{\text{NPK}} = 69.4261 - 0.0473X_1 + 0.1892X_2 + 0.2123X_3 - 0.0004X_1^2 - 0.0003X_2^2 - 0.0007X_3^2 + 0.001X_1X_2 + 0.001X_1X_3 - 0.0025X_2X_3 \quad (1)$$

对此肥料效应进行显著性 F 检验,  $F = 9.6472 > F_{0.05} = 0.0216$ ,说明回归关系显著,该方程能够反映施肥量与番红花品质评分之间的关系,对番红花品质评分具有良好的预测作用。对各偏回归系数进行 F 检验分析,均达到显著水平,所以不用剔除不显著项。

### 2.1.2 模型解析

2.1.2.1 因子主效应分析 通过比较各偏回归系数的绝对值就能反映各施肥因子的重要程度。从式(1)的一次项可以看出,氮肥、磷肥、钾肥施用量的偏回归系数绝对值分别为 0.0473、0.1892、0.2123,说明氮肥、磷肥和钾肥施用量对番红花仔球品质的影响以钾肥施用量最大,磷肥施用量次之,氮肥施用量最小。

表 2 氮磷钾配施对番红花品质的影响

编号	处理	可溶性蛋白含量(mg/g)	可溶性糖含量(%)	淀粉含量(%)	综合评分
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	14.062 ± 0.194Gg	12.072 ± 0.307Ii	21.40 ± 0.234Ij	69.645 ± 0.317Ll
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	14.907 ± 0.218Fe	14.607 ± 0.524FGfg	23.38 ± 0.403Ch	77.786 ± 0.099Ii
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	17.005 ± 0.308Cc	15.112 ± 0.110EFGef	26.63 ± 0.411De	86.146 ± 0.674FF
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	14.531 ± 0.186FGef	13.824 ± 0.487GHgh	2.231 ± 0.450Hi	74.492 ± 0.422Jj
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	16.216 ± 0.229DEd	15.800 ± 0.313DEFde	25.77 ± 0.330Ef	84.926 ± 0.108FGg
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	18.862 ± 0.293Aa	17.907 ± 0.422ABab	29.40 ± 0.192Bb	97.266 ± 0.370Bb
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	18.013 ± 0.210Bb	18.514 ± 0.614Aa	30.76 ± 0.478Aa	98.651 ± 0.064Aa
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	16.971 ± 0.216Cc	14.206 ± 0.378GHfg	23.87 ± 0.524FGgh	81.047 ± 0.534Hh
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	17.975 ± 0.300Bb	16.841 ± 0.602BCDed	24.52 ± 0.522Fg	87.720 ± 0.024Ee
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	18.042 ± 0.251Bb	17.305 ± 0.203ABCbe	27.71 ± 0.311Cd	92.787 ± 0.181Cc
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	16.783 ± 0.118CDc	15.811 ± 0.122DEFde	24.39 ± 0.383Fg	84.037 ± 0.258Gg
12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	16.771 ± 0.317CDc	15.003 ± 0.573EFGef	26.91 ± 0.245CDe	85.994 ± 0.099FF
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	16.052 ± 0.211Ed	16.302 ± 0.436CDEd	28.74 ± 0.313Be	89.333 ± 0.100Dd
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	14.427 ± 0.261FGfg	13.121 ± 0.708HIh	22.16 ± 0.309Hhi	72.994 ± 0.489Kk

注:表中数据为同一处理 3 次重复的“平均值 ± 标准差”。不同大写、小写字母表示组间差异极显著(P < 0.01)、显著(P < 0.05)。下同。

对三元二次方程进行典型性辨别分析,表明回归模型为典型式,采用边际分析求解,得到番红花最佳品质综合得分( $Y_{NPK} = 94.100$ )的施用量为:氮肥 246.64 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥 152.30 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 92.31 kg/hm<sup>2</sup>。

2.1.2.2 单因子效应分析 将番红花品质综合评分回归模型中3个自变量中任意2个固定为中等水平,这样就可以得到剩余那个自变量与目标函数之间的关系,以及氮、磷、钾施用量与番红花仔球品质综合评分之间关系的单因子效应方程,通过回归拟合得到方程:

$$Y_N = 76.3530 + 0.1550X_1 - 0.0004X_1^2 \quad (F = 1.8672 > F_{0.05} = 0.4596);$$

$$Y_P = 73.8490 + 0.2908X_2 - 0.0008X_2^2 \quad (F = 22.9840 > F_{0.05} = 0.1459);$$

$$Y_K = 80.2021 + 0.2853X_3 - 0.0014X_3^2 \quad (F = 4.5980 > F_{0.05} = 0.3132)。$$

通过方程可知,番红花仔球品质随着氮、磷、钾施用量的增加而提高,当达到最大值后又随着施用量的增加而降低。在试验范围内,氮肥和钾肥施用量存在最大值,而磷肥施用量最大值超出了试验定量范围,分别为:氮肥 193.75 kg/hm<sup>2</sup>,  $Y_N = 91.649$ ;磷肥 181.75 kg/hm<sup>2</sup>,  $Y_P = 100.275$  (无效);钾肥 101.89 kg/hm<sup>2</sup>,  $Y_K = 94.739$ 。

2.1.2.3 因子交互效应分析 将番红花品质综合评分回归模型中存在氮、磷、钾施用量交互项,而且偏回归系数达到了显著水平,这就说明氮、磷、钾施用量的交互作用对番红花仔球品质产生了显著的影响,换言之就是番红花仔球品质的变化不是某种单因子作用的结果,而是各因子之间交互作用产生的配合效应。对番红花仔球品质进行二元二次肥料效应模型拟合,得到方程:

$$Y_{NP} = 70.6791 + 0.0872X_1 + 0.0577X_2 - 0.0004X_1^2 + 0.0001X_2^2 + 0.0004X_1X_2 \quad (F = 4.5999 > F_{0.05} = 0.0283);$$

$$Y_{NK} = 71.2163 + 0.1033X_1 + 0.0749X_3 - 0.0003X_1^2 + 0.0001X_1X_3 \quad (F = 1.1439 > F_{0.05} = 0.4112);$$

$$Y_{PK} = 68.4691 + 0.0947X_2 + 0.0778X_3 + 0.0004X_2^2 + 0.0002X_3^2 - 0.0003X_2X_3 \quad (F = 3.5760 > F_{0.05} = 0.0539)。$$

通过典型性辨别分析可知回归模型为非典型式,无法采用边际分析求得有效值。

2.1.3 利用模型进行决策 将上述3类方程进行比较,结果表明各类型函数预测的最佳产量为一元函数 > 三元函数,但是这些函数模型推荐的施肥量之间存在一定的差异,除钾肥推荐浓度相对接近外,氮肥和磷肥推荐量差距较大。三元函数方程最全面地考虑了氮磷钾推荐量综合交互作用效果,并与本研究中番红花对氮磷钾的栽培营养需求基本吻合,所以最终确定了番红花仔球品质最佳施肥决策:氮肥 246.64 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥 152.30 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 92.31 kg/hm<sup>2</sup>。

## 2.2 氮磷钾配方施肥的产量效应

2.2.1 氮磷钾配施的产量效应 不同处理对番红花仔球产量影响的测定结果见表3。由表3可知,番红花在施用氮肥、

磷肥、钾肥之后,仔球产量均有不同程度的提高,除处理2、处理12、处理13之间和处理4、处理14之间无极显著差异外,其余处理之间均达到极显著差异,其中以处理6(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)效果最佳,综合评价分值与对照相比提高了36.36%。

表3 氮磷钾配施对番红花产量的影响

编号	处理	仔球鲜质量 (kg)	仔球总数 (个)	综合评价
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	42.813 ± 0.421Hl	3 078 ± 21Hj	73.145 ± 0.640Ii
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	44.016 ± 0.337Hk	3 437 ± 34BCDcd	77.525 ± 0.659Hh
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	48.428 ± 0.502Fg	3 378 ± 18DEe	81.854 ± 0.704Ff
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	46.275 ± 0.439Gi	3 407 ± 22CDde	79.743 ± 0.669Gg
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	51.006 ± 0.621Ef	3 389 ± 16De	84.771 ± 0.817Ee
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	63.914 ± 0.551Aa	3 487 ± 27ABab	99.744 ± 0.834Aa
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	56.395 ± 0.537Cc	3 416 ± 40CDede	90.903 ± 0.930Cc
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	48.317 ± 0.425Fg	3 156 ± 31Gi	79.838 ± 0.730Gg
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	52.074 ± 0.390DEe	3 209 ± 20Gh	84.405 ± 0.598Ee
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	60.191 ± 0.476Bb	3 517 ± 17Aa	95.922 ± 0.667Bb
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	53.002 ± 0.441Dd	3 457 ± 22BCbc	87.537 ± 0.671Dd
12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	45.072 ± 0.529Hj	3 329 ± 15Eff	77.760 ± 0.708Hh
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	44.386 ± 0.617Hjk	3 305 ± 31Ffg	76.804 ± 0.940Hh
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	47.119 ± 0.537Gh	3 278 ± 27Fg	79.567 ± 0.819Gg

2.2.2 回归模型的建立 由“2.1.2”节,可得出番红花产量与氮、磷、钾肥料施用量之间的回归方程:

$$Y_{NPK} = 72.5205 + 0.0779X_1 - 0.0109X_2 - 0.1102X_3 - 0.0002X_1^2 - 0.0003X_2^2 + 0.0005X_3^2 + 0.0002X_1X_3 + 0.0014X_2X_3。(2)$$

对此肥料效应进行显著性  $F$  检验,  $F = 1.7834 > F_{0.05} = 0.3027$ ,说明回归关系显著,该方程能够反映施肥量与番红花产量之间的关系,因此该方程对番红花产量具有良好的预测作用。同理,可知番红花最佳产量综合得分( $Y_{NPK} = 96.065$ )的施肥量:氮肥 249.85 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥 138.97 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 110.20 kg/hm<sup>2</sup>。

2.2.2.1 因子主效应分析 由“2.1.2.1”节,从式(2)的一次项可以看出,氮肥、磷肥、钾肥施用量的偏回归系数绝对值分别为0.0779、0.0109、0.1102,说明氮肥、磷肥、钾肥施用量对番红花仔球产量的影响以钾肥施用量最大,氮肥施用量次之,磷肥施用量最小。

2.2.2.2 单因子效应分析 由“2.1.2.2”节,可得氮、磷、钾与番红花仔球产量综合评分之间关系的单因子效应方程:

$$Y_N = 75.3421 + 0.1528X_1 - 0.0003X_1^2 \quad (F = 0.9612 > F_{0.05} = 0.5850);$$

$$Y_P = 78.0551 + 0.2904X_2 - 0.0012X_2^2 \quad (F = 1.4519 > F_{0.05} = 0.5061);$$

$$Y_K = 78.3413 + 0.2811X_3 - 0.0011X_3^2 \quad (F = 2.4530 > F_{0.05} = 0.4115)。$$

通过方程同理可求得番红花最佳施肥量和最高产量综合评价分值,为:氮肥 254.67 kg/hm<sup>2</sup>,  $Y_N = 94.798$ ;磷肥 121.00 kg/hm<sup>2</sup>,  $Y_P = 95.624$ ;钾肥 127.77 kg/hm<sup>2</sup>,  $Y_K = 96.299$ 。

2.2.2.3 因子交互效应分析 同理可得交互效应方程:

$$Y_{NP} = 72.6999 + 0.0474X_1 + 0.0188X_2 + 0.0002X_1X_2$$

$$(F = 1.812 > F_{0.05} = 0.2167)$$

$$Y_{NK} = 72.8107 + 0.0503X_1 - 0.0484X_3 + 0.0009X_3^2 + 0.0002X_1X_3$$

$$(F = 2.7671 > F_{0.05} = 0.0969)$$

$$Y_{PK} = 73.6621 + 0.0456X_2 - 0.0247X_3 + 0.0001X_2^2 + 0.0009X_3^2 + 0.0001X_2X_3$$

$$(F = 1.9596 > F_{0.05} = 0.1897)$$

典型性判别分析可知,回归模型为非典型式,无法采用边际分析求得有效值。

2.2.3 利用模型进行决策 各类型函数预测的最佳产量中,除钾肥施用量一元函数高于三元函数外,其余皆为三元函数高,这在一定程度上也说明钾肥施用量对番红花产量指数影响最明显。另外,函数模型推荐的施肥量之间存在一定差异,除氮肥推荐施用量相对接近外,钾肥和磷肥推荐量差距较大。在综合考虑不同氮磷钾配方对番红花产量的具体影响效果和各类函数推荐施肥量后,最终确定番红花仔球产量最佳施肥决策:氮肥 249.85 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥 138.97 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 127.77 kg/hm<sup>2</sup>。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 氮磷钾配方施肥对碳水化合物含量(品质)的影响

在氮、磷、钾配方施肥研究中,作物最终收获产品的品质是研究的重要参数之一,而且高品质的番红花种球带来高产量柱头已经得到证实<sup>[10]</sup>。本研究结果表明,钾肥和磷肥对番红花仔球品质的影响较大,说明钾元素和磷元素对番红花仔球品质至关重要,尤其是磷肥,磷是植物生命中多种功能得以实现的关键因素,主要帮助储存和转运能量,同时也是磷酸、磷蛋白、磷脂和磷酸糖等生物物质的主要参与者之一<sup>[11]</sup>。本研究中有关氮、磷、钾配方施肥对番红花仔球品质的研究结果与刘芸等研究钾对番红花球茎膨大的生理生态效应<sup>[12]</sup>和胡笃敬等研究钾对荸荠品质的结果<sup>[13]</sup>基本一致,但赵锴等研究氮磷钾配施洋葱产量和品质影响时发现,磷肥施用量对洋葱品质的影响最大,氮肥施用量次之,钾肥施用量最小<sup>[8]</sup>,这可能与植物种类以及试验地土壤所含有的有效成分有关。另外,从研究结果来看,高浓度的钾肥对番红花仔球品质具有一定的抑制作用,而高浓度磷肥对其却仍具有促进作用,这也可能与试验地土壤本身速效钾浓度较高(里下河平原水网地区土壤钾含量普遍较高)有关。

#### 3.2 氮磷钾配方施肥对产量的影响

在氮、磷、钾配方施肥研究中,对作物产量研究是目前研究最为集中的领域,通过配方施肥,寻求最佳的施肥方案和最佳产量<sup>[14-15]</sup>。早期的平衡施肥方案主要是为了维持土壤原始肥力水平,对作物消耗掉的营养元素给予补充,而现代的平衡施肥方案已向纵深和多样性发展,其目的就是为了在不影响营养平衡的前提下获得更大的产量(生物量)。本研究结果表明,氮肥施用量对番红花仔球产量的影响较大,磷肥施用量次之,钾肥施用量最小,而且氮肥、磷肥、钾肥施用量的中等水平最有利于番红花仔球产量的获得,而高水平的氮肥、磷肥、钾肥施用量对其产量具有抑制作用,本研究结果与黄巧义

等的研究结果<sup>[16-17]</sup>类似。而宋春风等在研究氮磷钾配施对芋头和马铃薯产量影响中发现,钾肥施用量影响最大,氮肥施用量和磷肥施用量次之<sup>[9,18]</sup>,这可能是因为植物种类不同以及试验地土壤环境不同所致。

本研究通过对二次多元函数的综合比较并结合试验数据,最终使得推荐施用量更加真实、可靠。为获得番红花最佳品质的建议施肥量:氮肥 246.64 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥 152.30 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 92.31 kg/hm<sup>2</sup>;为获得番红花最高产量的建议施肥量应为:氮肥 249.85 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥 138.97 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 127.77 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Deo B. Growing saffron: the world's most expensive spice[J]. Crop & Food Research, 2003, 20: 1-4.
- [2] 南京中医药大学. 中药大辞典(下册)[M]. 2版. 上海: 上海科技出版社, 2006.
- [3] Hill T. The contemporary encyclopedia of herbs and spices: seasonings for the global kitchen[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2004.
- [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] 王圣瑞, 陈新平, 高祥照, 等. “3414”肥料试验模型拟合的探讨[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 409-413.
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999, 195-196.
- [7] 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.
- [8] 赵锴, 李瑾, 徐宁, 等. 氮磷钾配施对洋葱产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(3): 558-563.
- [9] 宋春风, 徐坤. 氮钾配施对芋头产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2): 167-170, 181.
- [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] 王沙生, 高荣孚, 吴贯明. 植物生理学[M]. 2版. 北京: 北京林业出版社, 1991.
- [12] 刘芸, 龙云, 朱利泉, 等. 钾对番红花球茎膨大的生理生态效应[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 663-666.
- [13] 胡笃敬, 董伍之, 葛旦之. 植物钾营养的理论实践[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1993.
- [14] 白志强, 何文寿, 梁熠, 等. 宁夏雨养区施钾对马铃薯氮磷钾养分积累及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(14): 74-78, 99.
- [15] 诸海焘, 李国梁, 施圣高, 等. 沿海滩涂土壤大麦氮、磷、钾最佳施用量研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(20): 80-82.
- [16] 黄巧义, 唐拴虎, 陈建生, 等. 氮磷钾配比对木薯养分吸收动态及产量影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 947-956.
- [17] 李姣红, 张崇玉, 罗光琼. 氮磷钾对白芨产量和多糖的影响[J]. 中草药, 2009, 40(11): 1803-1805.
- [18] 戴树荣. 应用“3414”试验设计建立二次肥料效应函数寻求马铃薯氮磷钾适宜施肥量的研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 154-159.