

# 氮磷钾配合施用对野菊花内在品质的影响

张建海<sup>1</sup>, 冯彬彬<sup>1\*</sup>, 徐晓玉<sup>2</sup>

(1. 重庆三峡医药高等专科学校, 重庆 404120; 2. 西南大学, 重庆 400716)

**摘要:** 为了探讨适宜野菊花优质种植的氮、磷、钾最佳配施方案, 采用“3414”不完全正交设计的氮、磷、钾三因子施肥试验, 对野菊花氮、磷、钾施用量进行二次回归模拟, 对野菊花的品质进行方差分析并利用 DPS 数据处理系统进行回归分析。结果表明, 初步建立了氮、磷、钾肥配施效应与野菊花内在品质的关系, 在不同施肥处理中  $N_2P_2K_2$  (N 为 150 kg/hm<sup>2</sup>、P 为 120 kg/hm<sup>2</sup>、K 为 180 kg/hm<sup>2</sup>) 处理的野菊花品质最佳, 不施或者少施肥均不同程度导致野菊花的品质下降; 单因子效应分析表明, 随着氮、磷和钾施肥量的提高, 有效成分总黄酮和绿原酸含量呈先升后降的趋势; 双因素交互效应分析表明, 以野菊花中总黄酮和绿原酸为考察对象, 氮、磷、钾肥间相互作用都存在一个值域, 低于这个值域时都表现为协同促进作用, 高于这个值域时则都表现为拮抗作用。模型优化结果表明, 野菊栽培适宜的氮、磷、钾肥施用量分别为 138.480~176.175 kg/hm<sup>2</sup>、109.905~155.415 kg/hm<sup>2</sup> 和 149.190~201.330 kg/hm<sup>2</sup>, 对大田栽培具有一定的指导作用。

**关键词:** 野菊花; 氮; 磷; 钾; “3414”设计方案; 品质

**中图分类号:** S682.1<sup>+</sup>1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)08-0092-06

## Effect of Combined Fertilization of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Intrinsic Quality of *Chrysanthemi indicis* Flos

ZHANG Jian-hai<sup>1</sup>, FENG Bin-bin<sup>1\*</sup>, XU Xiao-yu<sup>2</sup>

(1. Chongqing Three Gorges Medical College, Chongqing 404120, China;

2. Southwest University, Chongqing 400716, China)

**Abstract:** The “3414” mis-classification orthogonal design was used in the test of fertilizer (N, P, and K) effect to set up the optimum fertilizer application models for high quality in *Chrysanthemi indicis* Flos. After statistical analysis, the relation was established between the optimized empirical model of nitrogen, phosphorus, and potassium, and the intrinsic quality of *Chrysanthemi indicis* Flos. An empirical model of the relations of total flavonoids and chlorogenic acid content to nitrogen, phosphorus and potassium was established and optimized to analyze the interaction among the tested factors. Intrinsic quality of *Chrysanthemi indicis* Flos was lower significantly without one of nitrogen, phosphorus, and potassium; the optimization treatment was  $N_2P_2K_2$  (N 150 kg/ha, P 120 kg/ha, K 180 kg/ha). Single-factor analysis showed that total flavonoids and chlorogenic acid content increased and then decreased steadily with the increase of the content of nitrogen, phosphorus, and potassium. The two factor interaction analysis indicated that there existed an interaction range between nitrogen and phosphorus, nitrogen and potassium, phosphorus and potassium. The synergistic and antagonistic effects between fertilization and total flavonoids and chlorogenic acid content of *Chrysanthemi indicis* Flos were shown in the lower and higher range, respectively. The optimal amount in the field from the optimized model was 138.480—176.175

收稿日期: 2013-01-21

基金项目: 重庆市“十一五”规划项目(2006BAC01A16)

作者简介: 张建海(1968-), 男, 山东齐河人, 副教授, 硕士, 主要从事药用植物栽培及有效成分分析研究。

E-mail: zhjh200596@126.com

\* 通讯作者: 冯彬彬(1970-), 女, 河南安阳人, 副教授, 博士, 主要从事中药资源开发利用研究。E-mail: fengbin1024@sina.com

kg/ha for N, 109.905—155.415 kg/ha for P, and 149.190—201.330 kg/ha for K, respectively. The optimum application formulation of nitrogen, phosphorus and potassium can play a guided role in the field cultivation.

**Key words:** *Chrysanthemi indicis* Flos; nitrogen; phosphorus; potassium; “3414” experimental design; quality

野菊花为药用植物野菊(*Chrysanthemum indicum* L.)的干燥头状花序,是常用中药。味苦辛,性微寒,具有清热解毒、疏风明目之功效。野菊花中含有类黄酮、有机酸、挥发油和萜类等多种化学成分。野菊花总黄酮和绿原酸具有较强的抗炎和清热解毒作用,也是治疗高血压和冠心病的主要有效成分<sup>[1-2]</sup>。近年来,对野菊的研究主要集中于野菊花化学成分、提取及药理作用等方面<sup>[3-6]</sup>。随着野菊花产品的开发,野生野菊的自然繁殖已经远远不能满足人们的需要。为了提高野菊的产量和品质,目前野菊的栽培成为研究重点,而就施肥对野菊品质影响方面的研究尚未见报道。本研究以重庆秀山中药材种植基地为试验场所,采用“3414”试验设计方案研究氮磷钾配施效应模型,同时研究施肥效应对野菊花内在品质的影响,以期为其规模化生产提供试验依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

重庆秀山中药材种植基地海拔 650 m,土地排水方便。试验地土壤为红壤土,基本理化性状为有机质 58.325 g/kg、全氮 3.059 g/kg、硝态氮 33.638 mg/kg、全磷 0.358 g/kg、有效磷 10.549 mg/kg、全钾 28.167 g/kg、有效钾 101.647 mg/kg。

### 1.2 仪器和试剂

智能柱温箱和 MWV 紫外检测器(美国 Agilent1200)、EL-204 电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]、KQ5200E 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)、SHB-III S 循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司)、HH.SYZ1-NI 型电热恒温水浴锅(北京市长风仪器仪表公司)、Millipore 纯水系统。

乙腈、甲醇为色谱纯;试验用水为去离子水;芦丁、绿原酸标准品购自中国药品生物制品鉴定院,批号分别为:110753-200413、100080-200707;其他试剂均为分析纯。

### 1.3 试验设计

试验采用“3414”不完全实施方案(表 1),即 3 个因素(N、P、K)、4 个水平(0 水平指不施肥,2 水平

指最佳施肥量,1 水平等于 2 水平 $\times 0.5$ ,3 水平等于 2 水平 $\times 1.5$ )、14 个处理,重复 3 次。

表 1 野菊“3414”肥效试验 N、P、K 因素水平 kg/hm<sup>2</sup>

因素	水平			
	0	1	2	3
N	0	75	150	225
P	0	60	120	180
K	0	90	180	270

供试野菊为当地的野菊,经繁殖后,生长 10 cm 左右,于 2010 年 4 月 10 日分株移栽于大田。移栽时除去病弱苗。株行距为 25 cm $\times$ 25 cm。每小区面积为 2 m $\times$ 2 m。当年 10—11 月花未完全开放时采收。

肥料施用:肥料用量按照试验设计方案进行,不施有机肥,尿素 50%作基肥,50%于 6 月和 8 月各追肥一次;钙镁磷肥全部作基肥一次性施入;氯化钾 40%作基肥,60%于 6 月和 8 月各追肥一次,基肥在移栽前 7 d 施入。

### 1.4 测定指标及方法

1.4.1 野菊花有效成分的提取 精密称取野菊花粉末 5.00 g,置于具塞三角瓶中,加入 50 mL 80%乙醇,于 80℃下用超声波处理浸提 30 min,并补充乙醇至原质量,过滤后放入冰箱,冷藏保存待测。

1.4.2 野菊花总黄酮含量测定 精密称取芦丁对照品 20 mg,置于 50 mL 容量瓶中,加 50%甲醇稀释至刻度,摇匀,精密量取 25 mL,置于 100 mL 容量瓶中,加 50%甲醇稀释至刻度摇匀,制成 0.10 mg/mL 的对照品溶液。

分别精密吸取芦丁对照液 0.325、0.650、1.300、2.600、3.467、5.200 mL 于 10.00 mL 容量瓶中,加入 5%亚硝酸钠溶液 0.30 mL,摇匀,静置 6 min;再加 10%硝酸铝溶液 0.30 mL,摇匀,静置 6 min,摇匀,再加 4%氢氧化钠溶液 4.00 mL,用水稀释至刻度,摇匀,静置 15 min,制成质量浓度分别为 3.25、6.50、13.00、26.00、34.67、52.00  $\mu\text{g/mL}$  的芦丁溶液,以 50%甲醇按照上述步骤操作所得溶液做空白参比液,在 512 nm 处测定吸光度,以芦丁标准品质量浓度( $C, \mu\text{g/mL}$ )为横坐标,吸光度( $A$ )为纵坐标,求得回归方程为  $Y=0.0114x+0.0004$ ,相关系数为  $r=0.9992$ ,表明总黄酮含量在 3.25~

52.00  $\mu\text{g/mL}$  范围内呈良好线性关系。按照此方法于 512 nm 波长处测定野菊花总黄酮的含量。

1.4.3 野菊花绿原酸含量测定 绿原酸是野菊花中主要的有效成分,根据绿原酸的理化性质,采用已研究确定的提取工艺条件进行提取,以绿原酸含量作为质控标准,检测野菊花中有效成分<sup>[6]</sup>。

### 1.5 数据处理

采用方差分析及 DPS 数据处理系统进行三元二次、一元二次、二元二次回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同肥料处理野菊花的总黄酮和绿原酸含量

从表 2 可以看出,不同施肥处理野菊花总黄酮和绿原酸含量均不同程度地高于不施肥处理。不同施肥处理间总黄酮和绿原酸含量差异明显,其中,氮磷钾配合  $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$  处理总黄酮和绿原酸含量最高,分别为 6.598% 和 0.678%,较不施肥处理总黄酮和绿原酸含量提高了 88.08% 和 77.02%。

表 2 不同处理对野菊花总黄酮和绿原酸含量的影响

试验编号	处理	施肥量/(kg/hm <sup>2</sup> )			总黄酮含量/%	绿原酸含量/%
		N	P	K		
1	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	0	0	0	3.508±0.165	0.383±0.157
2	$\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$	0	120	180	4.477±0.431	0.422±0.045
3	$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$	75	120	180	5.639±0.321	0.564±0.182
4	$\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$	150	0	180	5.252±0.261	0.545±0.054
5	$\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_2$	150	60	180	6.396±0.345	0.636±0.112
6	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	150	120	180	6.598±0.281	0.678±0.058
7	$\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_2$	150	180	180	6.261±1.571	0.654±0.069
8	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$	150	120	0	5.068±0.241	0.488±0.082
9	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$	150	120	90	6.355±0.863	0.645±0.182
10	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$	150	120	270	6.089±1.531	0.583±0.074
11	$\text{N}_3\text{P}_2\text{K}_2$	225	120	180	5.986±1.790	0.634±0.106
12	$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_2$	75	60	180	5.543±0.615	0.614±0.125
13	$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_1$	75	120	90	5.967±0.013	0.589±0.083
14	$\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_1$	150	60	90	6.421±0.262	0.601±0.121

野菊花在  $\text{N}_1$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{N}_3$  水平的总黄酮和绿原酸平均含量分别为 5.716%、6.055%、5.986%、0.589%、0.604%、0.634%,较不施氮肥处理依次增加 27.675%、35.247%、33.706%,39.573%、43.128%、50.237%; $\text{P}_1$ 、 $\text{P}_2$ 、 $\text{P}_3$  水平的总黄酮和绿原酸平均含量分别为 6.120%、5.772%、6.261%、0.617%、0.575%、0.654%,较不施磷肥处理依次增加 16.527%、9.901%、19.212%,13.211%、5.505%、20.000%; $\text{K}_1$ 、 $\text{K}_2$ 、 $\text{K}_3$  水平的总黄酮和绿原酸平均含量分别为 6.248%、5.769%、6.089%,0.612%、0.593%、0.583%,较不施钾肥处理依次增加 23.283%、13.832%、20.146%,25.410%、21.516%、19.467%。表明氮、磷、钾对野菊花中总黄酮和绿原酸含量均产生影响。

### 2.2 施肥模型的建立与分析

#### 2.2.1 三因素效应分析 以二次多项式回归进行

分析,建立大田条件下氮磷钾三因素与野菊花品质的经验模型,见表 3。从表 3 可以看出,野菊花中总黄酮和绿原酸含量与施肥量之间有显著的回归关系,说明模型拟合效果好,可以用来指导野菊花氮磷钾肥合理配比的确定及质量预测。方程中总黄酮和绿原酸含量的常数项值与处理 1 的含量非常接近,说明数学模型与实际非常吻合。方程中一次项系数为正值,二次项系数为负值,说明肥料效应函数为递减型,野菊花有效成分的含量随施肥量的增加渐减。以总黄酮为研究对象时,氮钾、磷钾的交互效应系数为正值,说明它们之间存在正交互效应,氮磷的交互效应系数为负值,说明它们之间存在负交互效应;以绿原酸为研究对象时,氮磷、氮钾的交互效应系数为正值,说明它们之间存在正交互效应,钾磷为负值,即它们之间存在负交互作用。

表 3 三因素肥料效应函数的配置及检验结果

项目	三元二次肥料效应函数模型	F 值	R 值
总黄酮含量	$Y=3.792\ 5+0.367\ 8N+0.155\ 8P+0.086\ 9K-0.020\ 0N^2-0.0\ 9\ 1P^2-0.014\ 5K^2-0.005\ 2NP+0.007\ 3NK+0.016\ 7PK$	9.357*	0.982\ 7
绿原酸含量	$Y=0.390\ 4+0.012\ 0N+0.000\ 2P+0.038\ 7K-0.001\ 9N^2-0.001\ 4P^2-0.002\ 1K^2+0.003\ 1NP+0.000\ 5NK-0.000\ 6PK$	20.713**	0.992\ 0

注:\*\*表示  $P<0.01$ ,\*表示  $P<0.05$ ,下同。

2.2.2 单因素效应分析 对各因素进行单因子效应分析(其他因子为 2 水平),得到野菊花施肥量与总黄酮和绿原酸含量的一元二次肥料效应函数模型和曲线图,结果见表 4 和图 1。

表 4 单因素肥料效应函数的配置及检验结果

项目	一元二次肥料效应函数模型	F 值
总黄酮含量	$Y=3.109\ 2+0.663\ 1N-0.031\ 4N^2$	0.401
	$Y=5.655\ 1+0.252\ 6P-0.016\ 8P^2$	31.043*
	$Y=5.362\ 4+0.228\ 5K-0.010\ 4K^2$	14.598*
绿原酸含量	$Y=0.292\ 9+0.069\ 9N-0.003\ 1N^2$	6.162
	$Y=0.528\ 2+0.035\ 1P-0.002\ 0P^2$	16.174*
	$Y=0.486\ 5+0.037\ 0K-0.001\ 8K^2$	28.433**

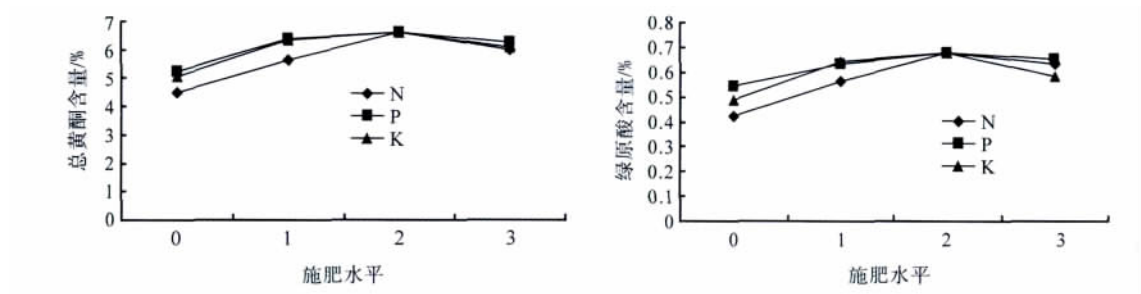


图 1 总黄酮和绿原酸大田试验的单因子效应曲线

从单因素肥料效应曲线可见,在设计水平范围内,3 种养分曲线都呈抛物线型,说明任一养分都存在最大施肥量,超过这个临界点将导致野菊花中总黄酮和绿原酸含量下降。从回归方程可以看出,二次项系数均小于 0,抛物线向下符合生物学规律。从一次项系数看,对总黄酮含量影响从大到小的顺序为 N、P、K,从二次项系数看,对绿原酸含量影响从大到小的顺序为 N、P、K。从最优品质系数来看,通过一元二次单因素效应方程的计算,施氮、磷、钾肥野菊花总

黄酮含量分别为 6.6075%、6.6024%和 6.6102%,氮、磷、钾最大施肥量分别为 158.280、112.350、164.151 kg/hm<sup>2</sup>。施氮、磷、钾肥野菊花的绿原酸含量分别为 0.682%、0.679%和 0.681%,氮、磷、钾最大施肥量分别为 166.935、128.865、157.845 kg/hm<sup>2</sup>。

2.2.3 二因素效应分析 对各因素进行二因子效应分析(其他因子为 2 水平),得到野菊花施肥量与品质的二元二次肥料效应函数模型和曲线图,结果见表 5 和图 2。

表 5 二因素肥料效应函数的配置及检验结果

项目	二元二次肥料效应函数模型	F 值	R 值
总黄酮含量	$Y=2.4490+0.2069N+0.09805P-0.0038N^2-0.0037P^2+0.0015NP$	35.914**	0.997\ 2
	$Y=4.052\ 8+0.144\ 9N+0.018\ 0K-0.003\ 7N^2-0.001\ 1K^2+0.002\ 2NK$	69.189**	0.998\ 6
	$Y=5.386\ 8+0.047\ 5P+0.048\ 3K-0.003\ 1P^2-0.001\ 1K^2+0.001\ 8PK$	73.019**	0.998\ 6
绿原酸含量	$Y=0.518\ 4+0.011\ 0N-0.005\ 2P-0.000\ 3N^2-0.000\ 3P^2-0.000\ 6NP$	194.719**	0.999\ 5
	$Y=0.332\ 8+0.015\ 6N+0.005\ 3K-0.000\ 4N^2-0.000\ 2K^2+0.000\ 2NK$	28\ 890.112**	0.999\ 9
	$Y=0.329\ 1+0.014\ 4P+0.011\ 3K-0.000\ 3P^2-0.000\ 2K^2-0.13E-05PK$	29\ 646.371**	0.999\ 9

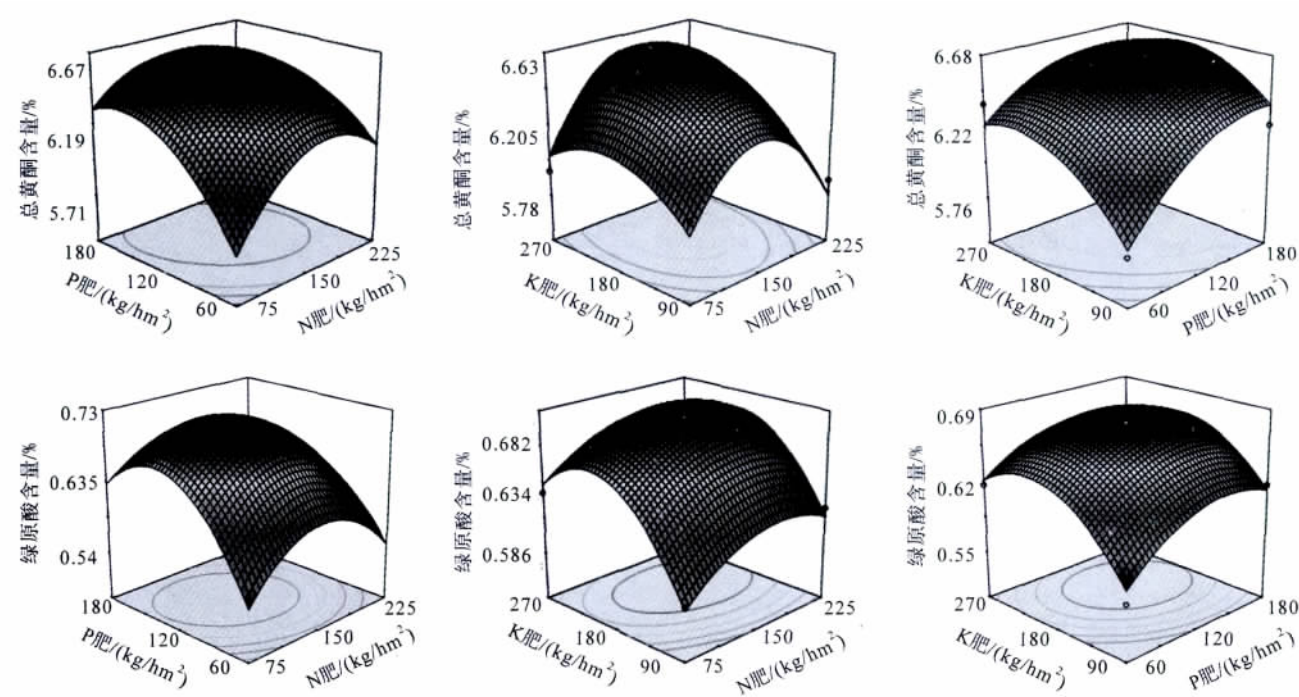


图 2 氮磷、氮钾、磷钾肥配合对野菊花中总黄酮和绿原酸含量的影响

由表 5 与图 2 可以看出,与单一的肥料处理相比,多因素处理并非仅仅表现出简单的加和作用,同时还存在协同促进和拮抗作用。由图 2 可以看出,以总黄酮含量为考察对象,当磷肥因素处于 2 水平时,随着另外 2 个施肥因素施用量的增加,总黄酮含量表现为先增加后减少的趋势,说明在任意 2 个因素考察范围内存在着协同促进作用,当二者过量时又表现出拮抗作用;当氮肥和钾肥处于 2 水平时,随着另外 2 个施肥因素施用量的增加,总黄酮含量均表现为增加,减少的趋势不明显。以绿原酸含量为考察对象,氮磷钾肥任一因素处于 2 水平时,随着另外 2 个因素施肥量的增加,绿原酸含量表现出先增加后减少的趋势,说明在考察范围内存在着协同促进作用,当二者过量时又表现出拮抗作用。

2.2.4 模型的优化方案 在试验条件约束之下,野菊花产量越高、有效成分的含量越高,品质越好,数学上常用求最大值的方法来优化模型,然而由于模型的最大值仅仅是理论值,在生产实际中出现的概率非常低,因此不采用求最大值的方法来优化模型,而用频次分析方法进行模型的优化。根据“3414”试验,共有  $4^3=64$  个方案。根据肥料效应模型,采用数学求导方法计算出野菊花品质最佳的施肥量。对野菊花总黄酮和绿原酸的含量进行频次分析,试验中野菊花总黄酮含量在 5.983% 以上的方案有 48 个,绿原酸含量在 0.558% 以上的有 42 个,综合二者,对野菊花中总黄酮和绿原酸含量进行模拟优化寻优,选择有效方案 36 个,在这 36 个方案中,肥料试验编码取值分布情况见表 6。

表 6 野菊花肥料试验频率分布及优化方案

因素水平	氮肥		磷肥		钾肥	
	次数	频率/%	次数	频率/%	次数	频率/%
0	4	11.111	0	0.000	5	13.889
1	6	16.667	12	33.333	14	38.889
2	18	50.000	16	44.445	7	19.444
3	8	22.222	8	22.222	10	27.778
总和	36	100.00	36	100.00	36	100.00
标准误	2.164		2.032		1.857	
加权均数/(kg/hm <sup>2</sup> )	152.280		124.695		174.315	
95%置信区间/(kg/hm <sup>2</sup> )	138.480~176.175		109.905~155.415		149.190~201.330	

从表 6 可以看出,大田试验适宜的氮、磷、钾肥施用量分别为 138.480 ~ 176.175 kg/hm<sup>2</sup>、109.905~155.415 kg/hm<sup>2</sup> 和 149.190 ~ 201.330

kg/hm<sup>2</sup>。可见,氮磷钾肥的施用比例并非固定不变,而应根据土壤的肥力进行适当调整,才能使野菊花品质达到最佳。

### 3 结论与讨论

野菊对氮、磷、钾的利用能力是影响其生长发育的重要因素。如果施用的氮、磷、钾不合理,会导致野菊花的有效成分总黄酮和绿原酸含量降低。研究表明,将氮、磷、钾合理配置能显著提高野菊花的品质。农民在种植药材时习惯多施氮肥和磷肥,而忽视钾肥的施用,这极大地限制了药材的品质。

施肥模型是精确施肥的核心内容之一。从目前的施肥模型可见,回归函数模型是目前在农作物和蔬菜上应用较为广泛的一种模型,如小白菜施肥模型、水稻施肥模型等<sup>[7-9]</sup>,而药材种植方面较少涉及,特别是野菊的种植方面更是少之又少。本研究通过回归函数法建立了氮、磷和钾肥三因子对野菊品质影响的经验模型,并对模型进行了优化,在此基础上建立良好的施肥模型是下一步要研究的重点。

肥料间的相互作用与肥料利用率密切相关。掌握最佳的肥料配比是实现野菊栽培的关键。刘大会等<sup>[10]</sup>研究表明,氮、磷、钾三要素配合施肥能增加盆栽白菊的经济学产量,提高其品质;陈荣等<sup>[11]</sup>研究表明,施氮对紫锥菊产量提高和品质的改善起主导效应,磷效应不明显,而氯化钾导致其减产。本试验研究表明,氮、磷、钾肥在一定的范围内会极大提高野菊花的品质。单因子效应分析表明,任一养分都存在最大施肥量,超过这个临界点将导致野菊花中总黄酮和绿原酸含量下降。以野菊花中总黄酮含量为考察对象,当磷肥因素处于2水平时,随着另外2个施肥因素施用量的增加,总黄酮含量均表现出先增加后减少的趋势,说明在任意2个因素考察范围内存在协同促进作用,当二者过量时又表现出拮抗作用;当氮肥和钾肥处于2水平时,随着另外2个施肥因素施用量的增加,总黄酮含量均增加。以野菊花中绿原酸含量为考察对象,氮磷钾肥任一因素处于2水平时,随着另外2个因素施肥量的增加,野菊

花的绿原酸含量表现出先增后减的趋势,说明在考察范围内存在着协同促进作用,当二者过量时又表现出拮抗作用。由此认为,氮、磷、钾的配施方案分别为138.480~176.175 kg/hm<sup>2</sup>、109.905~155.415 kg/hm<sup>2</sup>和149.190~201.330 kg/hm<sup>2</sup>,对野菊花大田栽培具有一定的指导价值。

参考文献:

- [1] 郁建生,郁建平.大孔吸附树脂分离纯化野菊花总黄酮[J].中国中药杂志,2007,32(20):2123-2127.
- [2] 周欣,莫彬彬,赵超,等.野菊花二氧化碳超临界萃取物的化学成分研究[J].中国药理学杂志,2002,37(3):170-172.
- [3] 邓雪华,朱海涛.野菊花的鉴定及应用[J].时珍国医国药,2006,17(2):241-242.
- [4] 吴钉红,杨立伟,苏薇薇.野菊花化学成分及药理研究进展[J].中药材,2004,27(2):142-144.
- [5] 崔兰冲,李小琴,韩莹,等.HPLC测定野菊花中蒙花苷与木犀草苷的含量[J].中国中药杂志,2007,32(1):33-35.
- [6] 张建海.灰毡毛忍冬与野菊间作套种及有效成分研究[D].重庆:西南大学,2009.
- [7] 柯庆明,林文雄,黄珍发,等.小白菜平衡施肥数学模型模拟研究[J].中国生态农业学报,2005,13(1):119-121.
- [8] 施建平,鲁如坤,时正元,等.Logic回归模型在红壤地区早稻推荐施肥中的应用[J].土壤学报,2002,39(6):853-862.
- [9] 高志红,陈晓远,林昌华,等.不同施肥水平对木薯氮磷钾养分积累、分配及其产量的影响[J].中国农业科学,2011,44(8):1637-1645.
- [10] 刘大会,杨特武,朱端卫,等.不同钾肥用量对福田河白菊产量和质量的影响[J].中草药,2007,38(1):120-124.
- [11] 陈荣,年海,吴鸿.氮磷钾配施对紫锥菊产量和质量的影响[J].中草药,2007,38(6):917-921.