

# 盆栽矮牵牛氮、磷、钾肥效应及推荐用量研究

张文君, 鲁剑巍\*, 蒋志平, 王先挺

(华中农业大学资源与环境学院, 湖北武汉 430070)

**摘要:** 采用“3414”不完全正交回归设计, 在盆栽试验条件下研究氮、磷、钾肥不同配比对矮牵牛生长和观赏品质的影响, 并筛选适宜的肥料用量。通过对矮牵牛不同生长时期生长指标(株高、冠径)、观赏指标(存花数、总花朵数)和收获后植株干样质量的统计分析, 表明氮肥和磷肥对矮牵牛的营养生长和生殖生长均有较大影响, 而钾肥的效果主要表现在生殖生长期, 三因素影响作用顺序为  $N > P > K$ ; 氮、磷、钾肥间存在明显的交互作用, 配合施用能提高肥效和促进矮牵牛的生长。对矮牵牛总花朵数进行肥效模型拟合, 得出在该试验条件下盆栽矮牵牛(每盆装基质 1.5 kg)氮(N)、磷( $P_2O_5$ )、钾( $K_2O$ )的最佳施用量为 0.61、0.26、0.34 g/pot, 适宜的氮、磷、钾施用比例为 1:0.43:0.56。

**关键词:** 矮牵牛; 氮、磷、钾肥; 肥料效应; 施肥推荐

中图分类号: S147.2; S681.6

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2009)05-1147-07

## Effects of N, P, K fertilizer application and recommendation for *Petunia hybrida* Vilm. in pot experiments

ZHANG Wen-jun, LU Jian-wei\*, JIANG Zhi-ping, WANG Xian-ting

(College of Resources & Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Suitable fertilization which can build up favorable plant morphology and increase the quantity of blooming is one of the most important factors on growth of flower. *Petunia hybrida* Vilm. is one of the most important potted flowers, and a parterre decorative plant in the world. Based on the “3414” fertilizer experiment design, a pot experiment in greenhouse was conducted to study the effects of N, P, K fertilizers on growth, ornamental quality and optimum fertilizer rates of petunia. Data of plant height, crown diameter, present flowers, number of total flowers and dry weigh were measured. The results show that both the nitrogen fertilization and the phosphorus fertilization play important roles on petunia growth and development, while the potassium fertilization has obvious effects at the flowering stage. Coordinated applications of nitrogen, phosphorous and potassium promote petunia growth significantly, and their effects on the growth of petunia are in order of  $N > P > K$ . Through establishing the fertilizer efficiency model based on number of total flowers, it is showed that the recommended fertilizer amounts of N,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  for the pot application are 0.61 g/pot, 0.26 g/pot and 0.34 g/pot (each pot filled with 1.5 kg substrate). The suitable ratio of  $N:P_2O_5:K_2O$  is 1:0.43:0.56.

**Key words:** *Petunia hybrida* Vilm.; N, P, K fertilizers; fertilizer effects; fertilization recommendation

近 20 年来,花卉产业迅速发展,已成为世界上最具活力的产业之一,特别是 20 世纪 90 年代以后,世界花卉贸易额以平均每年 10% 的速度递增<sup>[1]</sup>。根据国家花卉生产统计数据,2006 年我国花卉生产总面积达 72 万公顷,年销售额 556 亿元,其中鲜切花面积 4 万公顷,产值 60 亿元;各类盆栽花卉 7 亿

盆,产值 158 亿元,与 2003 年相比,三年期间销售额增加了 203 亿元,增长率为 57.5%<sup>[2-3]</sup>。武汉市地处长江中下游秀丽富饶的江汉平原,是华中地区最大的中心城市,在良好的政策环境及经济高速发展的背景下,花卉产业发展极为迅速。湖北省目前花卉发展主要集中在武汉地区,种植面积达 4000 公顷,

收稿日期: 2008-08-25

接受日期: 2008-11-24

基金项目: 国际植物营养研究所(International Plant Nutrition Institute)国际合作项目(Hubei-30)资助。

作者简介: 张文君(1984—),女,湖北十堰人,博士研究生,主要研究方向为花卉营养。E-mail: wenjunzhang@webmail.hzau.edu.cn

\* 通讯作者 E-mail: lujianwei@mail.hzau.edu.cn

行业产值近 1.5 亿元<sup>[4]</sup>。

矮牵牛是国际上重要的盆花和花坛装饰植物,对于城市绿化和家庭美化具有重要作用<sup>[5]</sup>。矮牵牛还是研究植物开花和花色素合成的重要模式植物之一<sup>[6-7]</sup>。近年来,在矮牵牛新品种的培育、组织培养、转基因改良和花期调控等领域取得一系列成果<sup>[8-11]</sup>,但有关矿质营养以及养分管理方面的研究报道较少。由于肥料是影响花卉生长的重要因子之一,合理施肥不仅能提高花卉品质,而且对改善环境也起着至关重要的作用<sup>[12]</sup>。因此,开展矮牵牛现代施肥技术研究是满足花卉产业现代化发展的一项重要措施。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

盆栽试验在武汉市华中农业大学资源与环境学院实验基地进行。供试土壤采自武汉市汉口武汉天地绿地小区,土壤类型为长江冲积物发育的潮土,与粗沙按 4:1 混合后进行试验。混合后基质基本理化性状为:pH 值 6.90,有机质 10.43 g/kg,全氮 2.20 g/kg,全磷 0.75 g/kg,全钾 19.46 g/kg,速效磷 8.50 mg/kg,速效钾 66.47 mg/kg。供试花卉为矮牵牛

(*Petunia hybrida* Vilm.),种子由华中农业大学园艺林学院提供。

试验设计采用二次回归 D-最优设计中的“3414”方案<sup>[13]</sup>,设氮、磷、钾 3 因素,各因素设 4 个用量水平,共 14 个处理(表 1) 4 次重复。

试验用肥料为尿素(含 N 46%)、磷酸二氢钠(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 45.5%)及硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 54%)均为分析纯。阿农微量元素混合液的组成为:MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 1.81 g/L, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.22 g/L, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.08 g/L, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2.86 g/L, H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.09 g/L, EDTA-Fe 0.05 g/L。矮牵牛全生育期中磷肥一次性作基肥施用,氮肥和钾肥分 3 次施用,基肥占 50%,2 次追肥各占 25%。微量元素肥料按阿农微量元素混合液基施,每盆施 1.5 mL。

试验于 2007 年 9 月 10 日播种,采用塑料穴盘育苗。2007 年 10 月 10 日移栽。花盆口径 16 cm,高 13 cm,底径 11 cm,并用双层不透水聚乙烯袋垫于盆内。每盆装混合基质 1.5 kg,与基肥混匀后装入花盆内,浇透水后每盆移栽具有 4 片真叶的幼苗 1 株,并浇足定根水。于 2007 年 11 月 15 日第 1 次追肥,2008 年 3 月 1 日第 2 次追肥。

表 1 试验设计与肥料用量(g/pot)

Table 1 Experiment design and fertilization amounts

编号 No.	处理 Treatment	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	编号 No.	处理 Treatment	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0	0	0	8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	0.45	0.24	0
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	0.24	0.38	9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	0.45	0.24	0.19
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0.23	0.24	0.38	10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	0.45	0.24	0.57
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	0.45	0	0.38	11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0.68	0.24	0.38
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	0.45	0.12	0.38	12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	0.23	0.12	0.38
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0.45	0.24	0.38	13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	0.23	0.24	0.19
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	0.45	0.36	0.38	14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0.45	0.12	0.19

### 1.2 测定项目与方法

植株调查分别于矮牵牛移栽后开始,每隔 15 d 测定株高(从基质表面到植株最高点的距离)、冠径(从两个方向,十字形调查植株宽度,取平均值)。并从植株初花期开始,每隔 5 d 调查记载植株当日存花数(当天可供观赏的花朵数目)。2008 年 5 月 27 日收获地上部,并统计总花朵数和测定植株干样质量。土壤养分采用常规方法测定<sup>[14]</sup>。

### 1.3 相关指标计算及肥料推荐用量筛选

生长指数:株高、冠径一般用来衡量植物的生

长情况,从花卉的观赏角度讲,将两者结合利用生长指数(株高 + 1/2 冠径)进行综合评价,更能精确地体现空间长势<sup>[15]</sup>。

肥料推荐用量筛选方法:将某一目标性状设为 Y,肥料投入量设为变量 X,利用三元二次、二元二次和一元二次回归分析,建立肥效模型;计算氮、磷、钾最大施肥量,再根据肥效模型极差判别<sup>[16]</sup>、F 值检验、r 值检验和最大施肥量的合理性 4 项指标进行筛选,确定试验的适宜施肥量。

矮牵牛作为观花植物,在相应总花朵数较多的

时候经济效益(或观赏效益)达到最大。因此,本研究中将最大施肥量视为最佳施肥量,且最佳施肥量的标准是通过总花朵数与施肥量进行方程拟合确定。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮、磷、钾肥用量对矮牵牛生长的影响

#### 2.1.1 氮、磷、钾肥用量对矮牵牛生长指数的影响

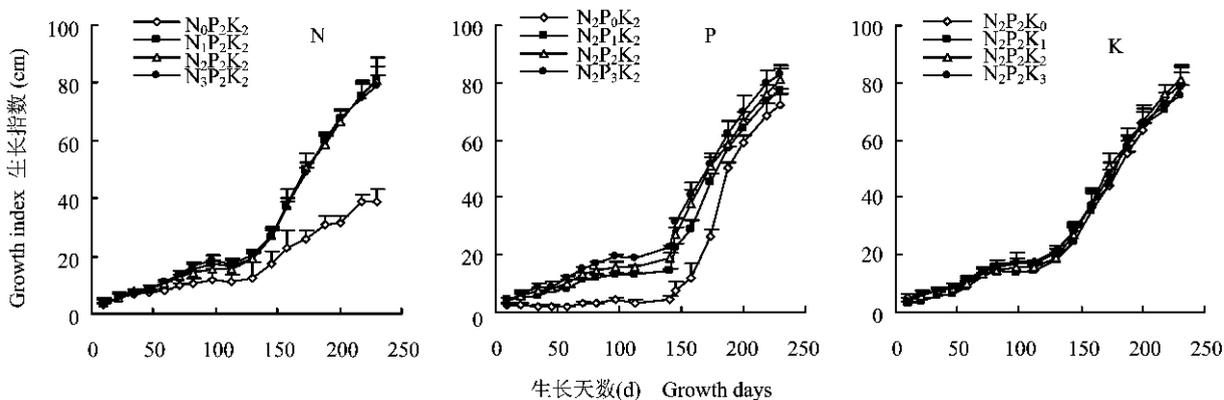


图 1 不同施肥处理对矮牵牛生长指数的影响

Fig.1 Effects of the different fertilization treatments on growth index of petunia

#### 2.1.2 氮、磷、钾肥用量对矮牵牛存花数的影响

当日存花数是对植物开花的一个动态记录,它反应植株当天可供观赏花朵数,因此存花数的多少是决定花卉观赏品质的重要的指标之一<sup>[17]</sup>。图 2 看出,在 P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 基础上,开花前 40 d,低中用量的氮肥处理存花数高于其他处理,在开花 40 d 后,存花数随着氮肥用量的增加逐渐递增,说明高量氮肥的施用,在生长前期抑制植物的生殖生长,而适量的氮肥施用可增加后期花朵开放的数目。在 N<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 基础上,磷肥

由图 1 可知,在 P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 基础上,不同的氮肥用量水平对生长指数的影响表现为:施氮处理的生长指数均高于缺氮处理,而各施氮处理间差异不大。在 N<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 基础上,磷肥处理对生长指数的影响较早,随着磷肥用量的增加,生长指数也逐渐增加,呈正相关。在 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub> 基础上,各施钾水平间对生长指数的影响差异不大。说明施用氮、磷肥可以促进矮牵牛生长,而钾肥作用不显著。

施用量与当日存花数呈正相关,中高用量可显著提高花朵开放数目。在 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub> 基础上,施钾处理在初花期各处理间存花数差别不明显,在 20~55 d 时, K<sub>2</sub> 处理存花数逐渐高于其他处理,在 40~55 d 时差距更加明显。说明合理施用氮、磷、钾肥可以增加花朵开放数目,从而提高花卉观赏品质。

2.1.3 氮、磷、钾肥用量对矮牵牛总花朵数和植株干样质量的影响 总花数和植株干样质量为花卉生长的重要性状。统计分析(表 2)表明,总花朵数和植

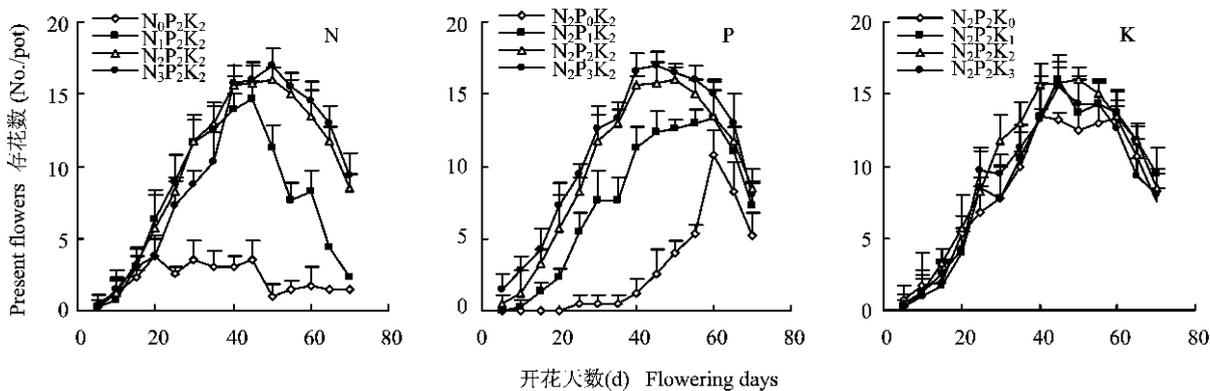


图 2 不同施肥处理对矮牵牛存花数的影响

Fig.2 Effects of the different fertilization treatments on present flowers of petunia

株干重均与氮肥的施用量呈显著的正相关；高氮水平与其他氮水平间差异显著。中低磷肥用量时，总花朵数和植株干重呈正相关；而在高用量时，性状数值随着施用量的增加趋势趋于平缓，且中等磷用量水平在总花朵数上于其他水平间存在显著差异。不施钾与施钾处理间在总花朵数上也存在显著差异，而各施钾水平间在总花朵数和干重上差异不明显。将矮牵牛缺氮、缺磷和缺钾处理的总花朵数和干重进行比较可以看出，缺氮植株每盆总花朵数和干重为 23 朵、3.7 g，为缺磷处理的 40.4%、27.0%，缺钾处理的 15.8%、16.8%，可见缺氮严重阻碍了矮牵牛的生长，缺磷次之。说明在该盆栽条件下，施用氮、磷、钾肥对矮牵牛生长的影响效应为氮 > 磷 > 钾。

表 2 不同施肥处理对矮牵牛总花朵数和干重的影响  
Table 2 Effects of the different fertilization treatments on total number of flowers and dry weight of petunia

养分 Nutrient	处理 Treatment	总花朵数 Total flowers (No./pot)	干重 Dry weight (g/pot)
N	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	23 ± 3 d	3.65 ± 0.55 d
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	124 ± 5 c	16.67 ± 2.38 c
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	169 ± 8 b	23.23 ± 2.03 b
	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	183 ± 9 a	26.76 ± 2.00 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	57 ± 7 d	13.54 ± 3.10 b
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	138 ± 6 c	23.85 ± 1.23 a
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	169 ± 8 a	23.23 ± 2.03 a
	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	153 ± 8 b	24.05 ± 2.32 a
K <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	146 ± 8 b	21.71 ± 1.66 a
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	173 ± 9 a	24.57 ± 2.33 a
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	169 ± 8 a	23.23 ± 2.03 a
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	163 ± 4 a	23.33 ± 3.23 a

注 (Note): 同列数据后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in the same column indicate significant at 0.05 level.

### 2.2 氮、磷、钾肥间交互作用分析

根据“3414”试验设计，对 NP、NK、PK 两因素间的交互作用进行了分析。图 3 表明，氮肥的施用效果受磷、钾肥用量及其组合的影响。当钾肥用量一定时 (K<sub>2</sub>O 0.38 g/pot)，提高磷肥用量有利于氮肥效果的发挥；氮肥用量从 0.23 上升到 0.45 g/pot，中、低等磷用量条件下，总花朵数增加量分别为 45、33 朵，增产率为 36.2%、31.1%。当磷肥用量相同时，氮肥用量从 0.23 上升到 0.45 g/pot，中、低钾用量水平，总花朵数分别增加 45、51 朵，相差不大，说明只有在较高的磷肥水平下，氮肥的效果才会得以发挥。磷肥与氮、钾肥间的关系可以看出，每盆钾肥用量一定时 (K<sub>2</sub>O 0.38 g/pot)，磷肥用量从 0.12 上升到 0.24 g/pot，中、低氮水平下，总花朵数增加量分别为 31、19 朵，增长率为 22.5%、18.1%。说明较高的氮肥水平对磷肥的施用效果起促进作用。当氮肥用量相同时，钾肥用量从 0.15 上升到 0.3 g/pot，中等磷用量水平下，总花朵数仅相差 4 朵，说明钾肥对磷肥效果的发挥影响不大。同样，不同氮、磷肥水平对钾肥效果也产生明显影响，在较高的氮、磷肥配施条件下，总花朵数增加明显；中、低等钾用量时，每盆总花朵数最大值分别达到 169、173 朵，说明较高的氮磷肥用量有利于钾肥肥效的发挥。

### 2.3 肥料推荐用量筛选

总花朵数作为综合评价指标，在一定程度上综合反应了植株的生长情况。将总花朵数设为目标 Y，肥料投入量设为变量 X，分别拟合三元二次、二元二次和一元二次肥料效应模型，计算最佳施肥量，并通过检验和筛选得出适宜的肥料用量。

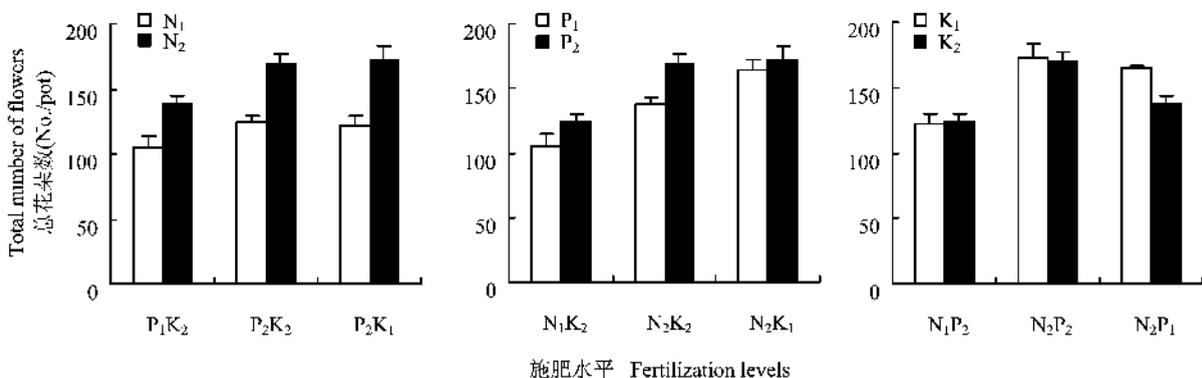


图 3 氮、磷、钾肥交互作用分析

Fig.3 Analysis of the interactions among the nitrogen, phosphorus and potassium fertilization

对肥料效应方程做回归分析结果(表3)表明,三元模型和二元氮磷、磷钾模型为非典型肥效模型,推荐施肥量会出现远大于或远小于试验施肥量范围的外推结果<sup>[16]</sup>;二元氮钾模型的  $R$  检验和  $F$  检验均达极显著水平,但是最佳施肥量与实际生产不相

符;一元模型  $R$  检验氮、磷达到极显著水平,钾达到显著水平,且最佳施肥量均在合理范围内。因此,本试验条件下,最佳施肥量采用一元拟合结果,即矮牵牛氮(N)、磷( $P_2O_5$ )、钾( $K_2O$ )的最佳施肥量分别为 0.61、0.26、0.34 g/pot,  $N:P_2O_5:K_2O = 1:0.43:0.56$ 。

表3 矮牵牛总花朵数肥效模型

Table 3 The fertilizer efficiency model of the number of total flowers of petunia

模型 Model	养分 Nutrients	肥料效应方程 Fertilizer response equation	$F$ 值 Frequency distribution	$R^2$ 值 Determination coefficient	最佳施肥量(g/pot) Optimum fertilizer amount
三元 Three-factors	N	$Y = 23.827 + 423.979N - 459.901N^2 + 359.195P -$	168.43**	0.997**	0.61
	$P_2O_5$	$1904.002P^2 - 82.507K - 268.364K^2 + 454.279NP +$			0.28
	$K_2O$	$25.858NK + 1029.549PK$			0.41
二元 Two-factors	N	$y = -19.759 + 359.272N - 424.470N^2 + 610.673P -$	219.33**	0.998**	0.65
	$P_2O_5$	$1779.463P^2 + 666.849NP$			48204.09
	N	$y = 16.267 + 490.970N - 447.766N^2 + 114.804K -$			144.25**
$K_2O$	$251.346K^2 + 121.492NK$	14084.22			
$P_2O_5$	$y = 147.155 + 428.758P - 1786.030P^2 - 156.049K -$	87.01*	0.995**	0.20	
$K_2O$	$221.296K^2 + 1275.463PK$			6649812.80	
一元 Single-factor	N			$y = 24.062 + 525.453N - 432.494N^2$	—
	$P_2O_5$	$y = 56.659 + 877.696P - 1698.438P^2$	—	0.999**	0.26
	$K_2O$	$y = 146.913 + 158.092K - 233.726K^2$	—	0.909*	0.34

注( Note ): \* 表示 5% 显著水平 Significant at 5% level; \*\* 表示 1% 显著水平 Significant at 1% level.

### 3 讨论与结论

试验看出,氮、磷肥对矮牵牛全生育期生长具有较大影响,钾肥的影响主要在生长后期才表现出来。因此,氮、磷肥应分次合理地施用于整个生育期,钾肥则应偏重施用于生殖生长期。矮牵牛开花前期,中低量的氮肥施入有利于存花数的增加,而高氮水平对花朵提前开放具有抑制作用(图2)。说明在满足矮牵牛即能正常开花又达到一定的花朵数量的情况下,氮肥用量需要在一定的范围内。这与 Cabrera<sup>[18]</sup>在月季氮肥施用效果时的研究结果相同。磷肥与氮肥类似,中等的磷肥用量为较为经济合理的用量。钾肥施用效果表明,较低用量的钾肥即可满足矮牵牛生长和开花的需要,在高钾条件下,促进效果不显著,可见矮牵牛为需钾不敏感性植物。综合氮、磷、钾三因素对矮牵牛生长的影响作用表明,氮、磷、钾三因素影响作用顺序为  $N > P > K$ 。所以在相同条件下,施肥应优先考虑施用氮肥,磷肥次之。同时,氮、磷、钾肥间存在不同程度的交互作用,合理配施可促进矮牵牛的正常生长发育,提高矮牵牛的外

观品质。

“3414”试验方案是二次回归 D-最优设计的一种,为目前测土配方施肥推荐的试验设计方案之一<sup>[19]</sup>。在实施时,通常应用于大田作物油菜<sup>[20]</sup>、水稻<sup>[21]</sup>等。花卉产业作为一种新型农业,目前在施肥技术上的研究还没有较为合理的试验方案。在本试验中,将“3414”试验设计应用于花卉施肥方面的研究,结果也表明是一种可行的试验方案。同时,矮牵牛作为观花植物,观赏品质是衡量花卉生长的重要指标。因此本研究主要以矮牵牛的花作为主要研究对象,对存花数、总花朵数进行分析,并最终建立总花朵数建立肥效模型。但对于观叶观果花卉,选择分析指标时应有所不同。

本试验为穴盘播种,后进行移栽装盆并进行肥效试验,为保证施肥效果主要是由供试土壤产生,在穴盘育苗时没有施用肥料,而在实际生产中,为了增加植株的成活率和上盆时间,需要在苗期进行施肥。对此,赵宇等<sup>[22]</sup>已有相应的研究,生产中可借鉴使用。有研究表明,不同的育苗基质,对矮牵牛的种子的发芽和植株的生长发育都会产生不同的影

响<sup>[23-24]</sup>,所以在实际生产中要根据植物生长基质及基础养分含量的不同,对配肥比例进行调整,以适合矮牵牛的正常生长。

本试验只对矮牵牛的部分性状进行了研究,对矮牵牛全生育期养分吸收规律、中微量元素需求特性及营养元素对花色花期影响作用的研究并不深入。因此,为了满足矮牵牛正常生长和大批量生产的需要,结合其全生育期需肥特性,制定合理的肥料施用时期及施用比例,仍是当前矮牵牛施肥工作研究的重点。

### 参考文献:

- [1] 林建忠, 赖瑞云, 李金雨, 赖钟雄. 世界花卉产业发展概况[J]. 江西农业学报, 2008, 20(3): 36-39.  
Lin J Z, Lai R Y, Li J Y, Lai Z X. Developmental situation of global flower industry[J]. Acta Agric. Jiangxi, 2008, 20(3): 36-39.
- [2] 白燕枫, 陆继亮. 产业结构调整效果初显产品质量生产水平提升—2006年全国花卉统计数据数据分析[J]. 中国花卉园艺, 2007, (17): 36-38.  
Bai Y F, Lu J L. Industry structure adjustment and quality of product promotion—Analysis of china national flower industry data in 2006[J]. China Flower Hort., 2007, (17): 36-38.
- [3] 曾瑞香, 张东方, 王蓬英. 中国花卉生产现状与发展趋势[J]. 北方园艺, 2007, (4): 190-193.  
Zeng R X, Zhang D F, Wang L Y. The Present situation and development of china flower industry[J]. Northern Hort., 2007, (4): 190-193.
- [4] 丁党生. 武汉花卉苗木产业大有可为[J]. 中国林业, 2002, (2): 6-7.  
Ding D S. Bright future in Wuhan plants and flowers[J]. China Forest., 2002, (2): 6-7.
- [5] 包满珠. 花卉学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003. 175-176.  
Bao M Z. Floriculture[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003. 175-176.
- [6] Gerats T, Vandenbussche M. A model system for comparative research: petunia[J]. Trends Plant Sci., 2005, 5(10): 251-256.
- [7] Ryoko S, Naoko F, Akemi O *et al.* Regulation of anthocyanin biosynthesis involved in the formation of marginal picotee petals in petunia[J]. Plant Sci., 2006, 170(4): 828-834.
- [8] 贾兰虹, 孟丽芬, 鹿英杰, 张毓. 龙园系列矮牵牛新品种“元首”、“白蝶”、“乐娃”[J]. 园艺学报, 2006, 33(3): 695.  
Jia L H, Meng L F, Lu Y J, Zhang Y. A new petunia variety “longyuan petunia”[J]. Acta Hort. Sin., 2006, 33(3): 695.
- [9] 梁冰, 杨爱霞, 樊锐锋, 胡宝忠. 矮牵牛(*Petunia hybrida* Vilm.)组织培养技术研究[J]. 东北农业大学, 2006, 37(4): 478-483.  
Liang B, Yang A F, Fan R F, Hu B Z. Study on the technique system of tissue culture in *petunia hybrida* vilm[J]. J. North. Agric. Univ., 2006, 37(4): 478-483.
- [10] 郑亚东, 郭余龙, 陈旭, 等. GhMADS3 基因组成型表达对矮牵牛花形和花色的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(4): 985-990.  
Zheng Y D, Guo Y L, Chen X *et al.* Effects of GhMADS3 gene constitutive expression on flower shape and color of petunia[J]. Acta Hort. Sin., 2007, 34(4): 985-990.
- [11] 胡惠蓉, 刘亚红, 胡晓龙, 包满珠. 两种光周期下矮牵牛“幻想粉红”生长发育特性的研究[J]. 园艺学报, 2005, 32(4): 719-721.  
Hu H R, Liu Y H, Hu X L, Bao M Z. Studies on the characteristics of the growth and development of *petunia hybrida* “fantasy pink” under two kinds of photoperiod[J]. Acta Hort. Sin., 2005, 32(4): 719-721.
- [12] 王静, 邹国元, 王益权. 影响花卉生长和花期的环境因子研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(4): 225-229.  
Wang J, Zou G Y, Wang Y Q. Study on factors affecting growth and flowering time of ornamental flowers[J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2004, 20(4): 225-229.
- [13] 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.  
Wang S R, Chen X P, Gao X Z *et al.* Study on simulation of “3414” fertilizer experiments[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2002, 8(4): 409-413.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.  
Bao S D. Soil and agriculture chemistry analysis (3rd Ed.) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000.
- [15] Rauch F D, Murakami P K. Comparison between two controlled-release fertilizer on selected foliage plants in an artificial mix[J]. Fert. Res., 1994, 39: 89-95.
- [16] 章明清, 林仁埏, 林代炎, 姜永. 极值判别分析在三元肥效模型推荐施肥中的作用[J]. 福建农业学报, 1995, 10(2): 54-59.  
Zhang M Q, Lin R X, Lin D Y, Jiang Y. Function of distinguish analysis on extreme value in recommendatory fertilization for three-fertilizer efficiency model[J]. J. Fujian Agric. Sci., 1995, 10(2): 54-59.
- [17] 龙秀文, 林杉, 游捷, 等. 施氮量和 CAU31 系列控释肥对矮牵牛生长和观赏品质的影响[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(5): 22-27.  
Long X W, Lin S, You J *et al.* The growth and ornamental quality of petunia affected by the nitrogen fertilizer amount and the different kinds of controlled release of fertilizers[J]. J. Agric. Univ. Hebei, 2004, 27(5): 22-27.
- [18] Cabrera R I. Evaluation yield and quality of roses with respect to nitrogen fertilization and leaf nitrogen status[J]. Acta Hort., 2000, 511: 133-142.
- [19] 黄德明. 十年来我国测土施肥的进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 495-499.  
Huang D M. Soil testing and fertilizer recommendations in china during the past decade[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2003, 9(4): 495-499.
- [20] 邹娟, 鲁剑巍, 李银水, 等. 直播油菜施肥效应及适宜肥料用量研究[J]. 中国油料作物学报, 2008, 30(1): 90-94.  
Zou J, Lu J W, Li Y S *et al.* Study on the effects of NPK fertilizers

- and optimum fertilizer rate on direct-seeding rapeseed [ J ]. Chin. J. Oil Crop Sci. , 2008 , 30( 1 ): 90-94.
- [ 21 ] 方克明 , 钟国民 , 占木水 , 等 . 水稻氮、磷、钾配施效应研究 [ J ]. 江西农业学报 , 2007 , 19( 10 ): 50-53.
- Fang K M , Zhong G M , Zhan M S *et al.* Study on effect of different ration of nitrogen , phosphorus and potassium on yield of rice [ J ]. Acta Agric. Jiangxi , 2007 , 19( 10 ): 50-53.
- [ 22 ] 赵宇 , 董爱香 , 李亚灵 , 赵梁军 . 矮牵牛穴盘苗栽培模式研究 [ J ]. 北方园艺 , 2007 ( 9 ): 157-159.
- Zhao Y , Dong A X , Li Y L , Zhao L J. Study on the petunia plug seedlings with different cultivation models [ J ]. Northern Hort. , 2007 , ( 9 ): 157-159.
- [ 23 ] 籍越 , 孔德政 , 高水平 , 高雪梅 . 矮牵牛育苗基质的研究 [ J ]. 河南农业大学学报 , 1999 , 33( 3 ): 261-262.
- Ji Y , Kong D Z , Gao S P , Gao X M. Study on culture medium for *Petunia corollas* seedling [ J ]. Acta Agric. Univ. Henanensis , 1999 , 33( 3 ): 261-262.
- [ 24 ] 王广东 , 李谦盛 , 吴震 , 李慧 . 不同基质对矮牵牛插穗离体生根的影响 [ J ]. 植物资源与环境学报 , 2005 , 14( 2 ): 35-37.
- Wang G D , Li Q S , Wu Z , Li H. Effects of different substrates on in vitro rooting of *petunia hybrida* [ J ]. J. Plant Res. Environ. , 2005 , 14( 2 ): 35-37.