

盆栽金盏菊氮磷钾肥料配方的研究

蒋志平, 鲁剑巍*, 李文西, 邹娟

(华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070)

摘要: 采用“3414”不完全正交回归设计, 利用盆栽试验研究金盏菊氮磷钾肥施用效果, 并筛选适宜的肥料配方。结果表明, 氮肥和磷肥对金盏菊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长后期, 氮、磷间有明显的正交互作用。以金盏菊总花数、功能叶片数、株高、植株干样质量为指标进行统计分析, 得出盆栽 (每盆装基质 2 kg) 金盏菊氮 (N)、磷 (P_2O_5)、钾 (K_2O) 的最佳施用量为 0.4、0.2 和 0.3 $g \cdot kg^{-1}$ 。

关键词: 金盏菊; 氮; 磷; 钾; 肥效; 肥料配比

中图分类号: S 681.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 02-0269-08

Studies on Fertilization Effect and Fertilizer Formula Screen for *Calendula officinalis* L.

JIANG Zhiping, LU Jianwei*, LI Wen-xi, and ZOU Juan

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

Abstract: Effect of N, P and K fertilization on *Calendula officinalis* L. growth and suitable fertilizer formula of N, P, K nutrients ratio for the flower were carried out through pot experiment with “3414” incomplete regression-orthogonal design. Our results showed that the N and P played an important role in vegetative and reproductive growth. The effect of K was mainly reflected in late growth stage. There is a obvious of N and P. Regarding total flowers, functional leaves, plant height and dry mass as the target, it was showed that the recommended fertilizer amount of N, P_2O_5 and K_2O for pot application were 0.4, 0.2 and 0.3 $g \cdot kg^{-1}$ (each pot filled with 2 kg substrate).

Key words: *Calendula officinalis* L.; nitrogen; phosphorus; potassium; fertilizer efficiency; fertilizer ratio

近年来, 金盏菊作为盆栽花卉在各地均有种植, 已成为我国重要的草本花卉 (金波等, 1995; 包满珠, 2003)。然而, 由于缺乏对该花卉的施肥研究, 市场上没有相应的专用肥, 目前金盏菊种植中施肥比较随意。

本试验中采用“3414”不完全正交回归设计方案 (王圣瑞等, 2002), 研究了氮、磷、钾肥对金盏菊生长的影响, 筛选出了肥料配方, 以期对金盏菊的科学施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

金盏菊 (*Calendula officinalis* L.) 种籽由北京芳萱苑种子有限公司提供。

供试基质为黄棕壤与粗沙混合物。黄棕壤采自武汉市洪山区华中农业大学狮子山, 与粗沙按 9:1

收稿日期: 2007-09-29; 修回日期: 2007-11-27

基金项目: 国际植物营养研究所国际合作项目 (Hubei-26)

*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: lujianwei@hzu.edu.cn)

混合, 混合后基质基本农化性状见表 1。

表 1 供试基质的基本农化性状

Table 1 Chemical properties of the tested substrate

pH	有机质 / % OM	速效养分含量 / (mg · kg ⁻¹) Available nutrient contents										
		NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
7.10	0.50	15.30	7.85	62.55	2 826	774	77.00	26.70	12.10	1.75	3.90	1.00

供试肥料为尿素 (含 N 46.6%)、磷酸二氢钠 (含 P₂O₅ 45.5%) 及氯化钾 (含 K₂O 63%), 均为分析纯。阿农微量元素混合液的组成为 MnCl₂ · 4H₂O、ZnSO₄ · 7H₂O、CuSO₄ · 5H₂O、H₃BO₃、H₂MoO₄ · 4H₂O、EDTA-Fe, 浓度分别为 1.81、0.22、0.08、2.86、0.09、0.05 g · L⁻¹。

1.2 试验方案

采用“3414”不完全正交回归设计方案 (王圣瑞等, 2002; 陈新平等, 2006), 设置氮 (N)、磷 (P)、钾 (K) 3个养分因素, 各因素设 4个用量水平, 共 14个处理 (表 2), 各处理设 4次重复。

表 2 各处理施肥量

Table 2 Fertilizer treatments

编号 Code	处理 Treatment	N / (g · kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ / (g · kg ⁻¹)	K ₂ O / (g · kg ⁻¹)
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	0.150	0.30
3	N ₁ P ₂ K ₂	0.15	0.150	0.30
4	N ₂ P ₀ K ₂	0.30	0	0.30
5	N ₂ P ₁ K ₂	0.30	0.075	0.30
6	N ₂ P ₂ K ₂	0.30	0.150	0.30
7	N ₂ P ₃ K ₂	0.30	0.225	0.30
8	N ₂ P ₂ K ₀	0.30	0.150	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	0.30	0.150	0.15
10	N ₂ P ₂ K ₃	0.30	0.150	0.45
11	N ₃ P ₂ K ₂	0.45	0.150	0.30
12	N ₁ P ₁ K ₂	0.15	0.075	0.30
13	N ₁ P ₂ K ₁	0.15	0.150	0.15
14	N ₂ P ₁ K ₁	0.30	0.075	0.15

氮肥和钾肥分 3次施用, 基肥占 50%, 两次追肥各占 25%, 磷肥一次性基施。微量元素肥料按阿农微量元素混合液基施 (陶勤南, 1994), 每盆施 2 mL。

试验于 2005年 10月 10日开始。采用直径 20 cm、高 8 cm的瓷钵, 用不透水聚乙烯袋垫于钵内, 每钵装基质 2 kg, 与基肥混匀后装入钵内, 当天浇透水后播种。每钵播种 4粒, 于 2005年 11月 10日定植, 每钵 1株。2006年 1月 11日第 1次追肥, 2006年 3月 15日第 2次追肥。

1.3 土壤养分测定方法与调查项目

土壤养分测定采用土壤养分系统研究法 (金继运等, 1996)。

分别于出苗后 15、25、35、45、55、65、95、105、115、125、135和 145 d测定金盏菊的株高、功能叶片数和花数。2006年 5月 2日收获地上部并测定干样质量。叶片数指叶片黄化面积未超过叶片总面积一半的完全真叶数, 也称绿叶数。

1.4 肥料配方筛选方法

肥料配方为氮磷钾肥最佳施肥量的组合，其确定综合考虑了总花数、功能叶片数、株高、干样质量这4个主要的性状，主要分为两步。

第一步以单个性状为目标，分别计算氮磷钾最大施肥量。设定某一性状数据为目标 Y ，肥料投入量为变量 X ，利用一元二次、二元二次、三元二次回归分析，建立肥效模型，计算最大施肥量，再根据肥效模型极差判别（章明清等，1995）、 F 值检测、 R 值检测、最大施肥量的合理性4项指标进行筛选，得到某一性状对应的最大施肥量。

第二步按各性状的重要性，分别赋予功能叶片数、株高、总花数、植株干样质量的权重为0.2、0.2、0.3和0.3，将不同性状得出的最大施肥量加权后得出最大施肥量。

在各项性状的数据综合指数最好时，金盏菊的经济价值达到最大，因此，在本研究中将最大施肥量视为最佳施肥量。肥料配方也就是氮磷钾肥最大施肥量的组合。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾肥用量对金盏菊生长的影响

2.1.1 对株高的影响

根据“3414”试验设计的特点，固定氮磷钾3个因素中的2个，均为2水平，可对另一个因素的用量效果进行单因素分析。

由图1可知，低氮肥用量处理的株高增长弱于其它处理，中高水平间差距不大；而磷肥表现为株高与磷肥的用量成正比，其中不施磷的处理株高无增长，表现为植株僵苗；钾肥表现为生长前期缺钾处理的株高明显低于各施钾处理，生长后期由于顶花蕾抽出，差距不大。

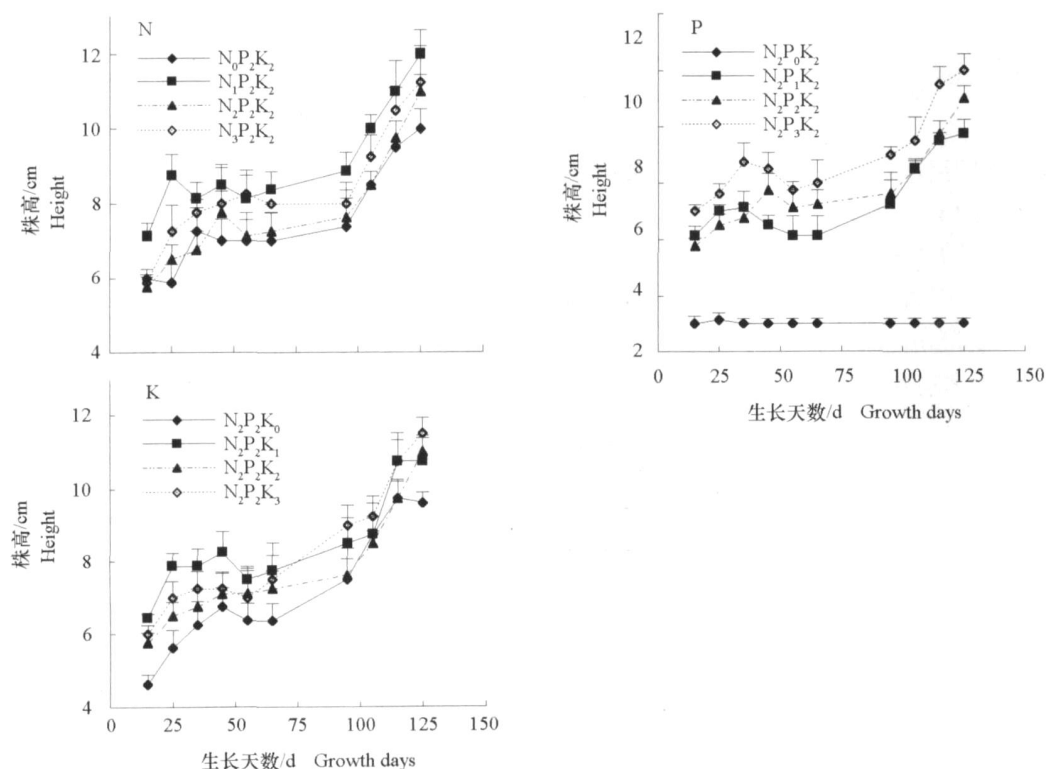


图1 单因素分析各施肥处理对株高的影响

Fig. 1 The effect of fertilizer treatments on height with single-factor model

2.1.2 对功能叶片数的影响

功能叶片数与氮磷肥施用量均呈正相关, 其中不施磷肥处理叶片数于出苗 20 d 后基本不发生变化, 表现为僵苗, 而钾肥各处理对功能叶片数的影响早期差距并不明显, 后期高钾处理的叶片数则明显多于低钾处理 (图 2)。

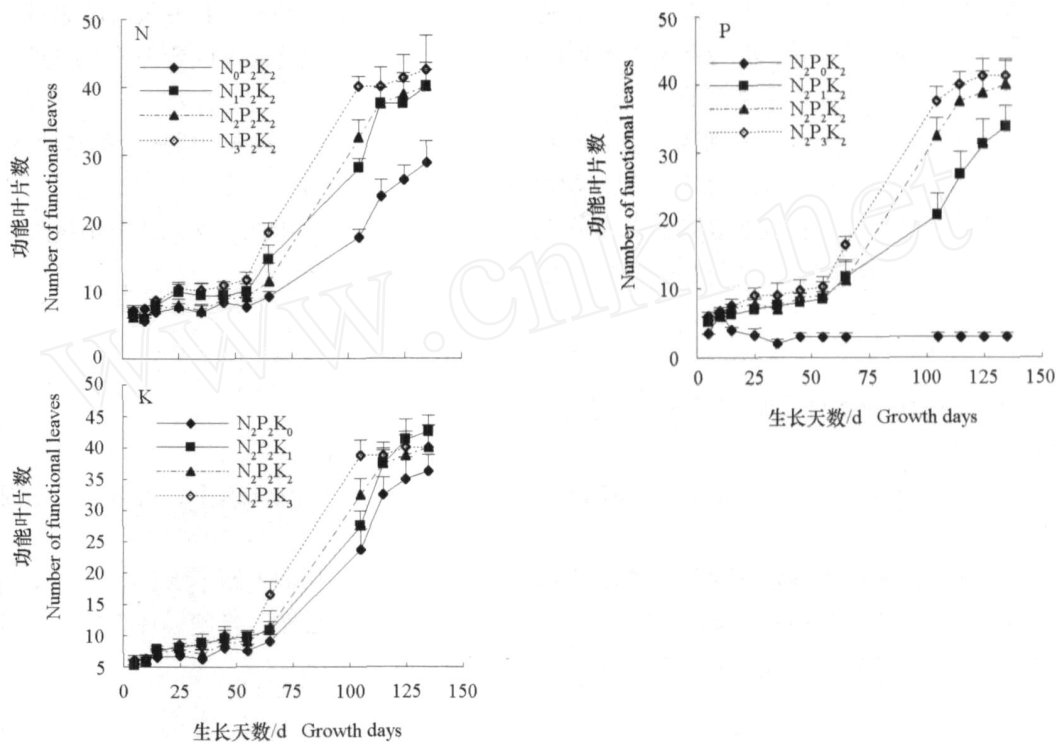


图 2 单因素分析各施肥处理对功能叶片数的影响

Fig. 2 The effect of fertilizer treatments on functional leaves with single-factor model

2.2 氮磷钾肥用量对金盏菊总花数和植株干样质量的影响

2.2.1 氮磷钾单因素分析

总花数和植株干样质量为生育后期和终期的重要性状。通过单因素回归分析可见 (表 3), 氮磷施用量的增加对这两个性状数值产生的升高趋势非常一致。氮磷肥单因素分析中, 中低用量时总花数与植株干样质量均同氮磷施用量呈显著的正相关, 而在高用量时性状数值随施用量增加趋势趋于平缓。钾肥单因素分析表现为两性状数值在 K_3 水平时即达到最高值, 此后变化不显著。

表 3 金盏菊总花数和植株干样质量的单因素回归分析

Table 3 Single-factor regression analysis on total number of flowers and dry mass of *Calendula officinalis* L.

N			P			K		
处理 Treatment	总花朵数 Total number of flowers	植株干样 质量 /g Dry mass	处理 Treatment	总花朵数 Total number of flowers	植株干样 质量 /g Dry mass	处理 Treatment	总花朵数 Total number of flowers	植株干样 质量 /g Dry mass
$N_0P_2K_2$	$5.8 \pm 1.0c$	$6.9 \pm 1.2c$	$N_2P_0K_2$	$0.0 \pm 0.0c$	$0.0 \pm 0.0c$	$N_2P_2K_0$	$12.4 \pm 0.8b$	$11.3 \pm 1.1b$
$N_1P_2K_2$	$14.4 \pm 2.9b$	$12.6 \pm 1.9b$	$N_2P_1K_2$	$9.8 \pm 1.1b$	$10.2 \pm 0.7b$	$N_2P_2K_1$	$17.5 \pm 4.0a$	$15.9 \pm 4.0a$
$N_2P_2K_2$	$15.3 \pm 4.6ab$	$14.4 \pm 0.9ab$	$N_2P_2K_2$	$15.3 \pm 4.6a$	$14.4 \pm 0.9a$	$N_2P_2K_2$	$15.3 \pm 4.6ab$	$14.4 \pm 0.8a$
$N_3P_2K_2$	$20.1 \pm 3.5a$	$15.8 \pm 2.3a$	$N_2P_3K_2$	$16.5 \pm 3.1a$	$15.0 \pm 2.7a$	$N_2P_2K_3$	$14.3 \pm 0.3ab$	$14.3 \pm 1.3a$

注: 同列数据后不同字母代表 0.05 水平差异显著。

Note: Different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level (LSD).

2.2.2 氮磷钾相互作用

根据“3414”试验设计的特点，把氮磷钾3个因素中的一个因素固定为2水平，可对另两个因素用量效果进行交互因素分析。

用spss软件作交互散点图，并作逻辑平滑图（LLR Smoother），得到图3。氮磷相互作用时，随氮磷用量共同增加，总花数和植株干样质量增加明显。而当另一因子水平较低时，单纯增加氮或磷，反而会导致植株干样质量和总花朵数的下降，表明氮和磷有显著的正交互作用。氮钾和磷钾的相互作用均表现为总花数和植株干样重量在钾达到一定水平后，仅随氮或磷的增加而增加。说明钾用量达到一定水平后，氮或磷与钾的交互作用不明显。而钾用量过高时，功能叶片数会有小幅的下降。

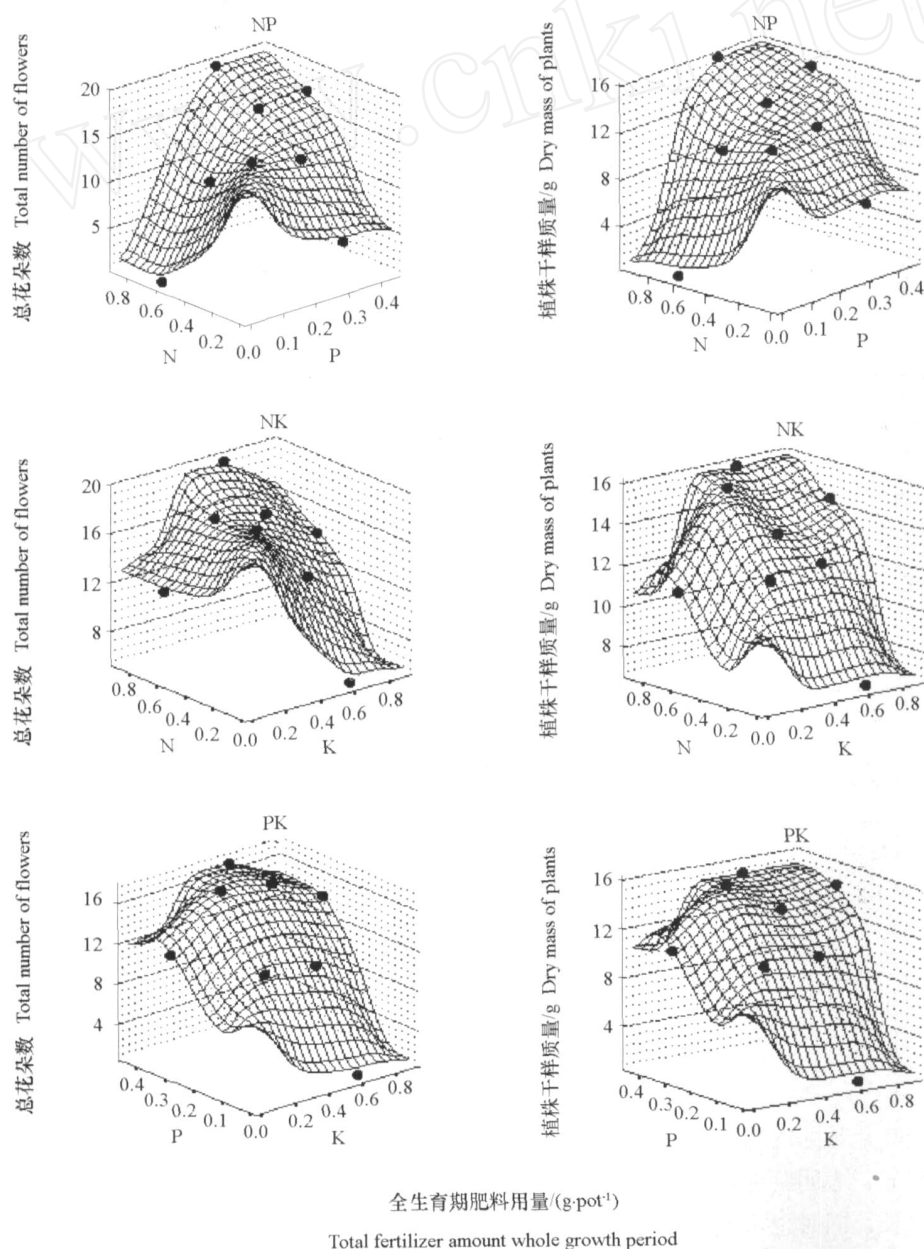


图3 N、P、K交互作用对植株干样质量和功能叶片数的影响

Fig. 3 The effect of fertilizer treatments on dry mass and functional leaves by N, P, K interaction

2.3 肥料配比筛选

以金盏菊 125 d时的功能叶片数（此时期处于开花前期，叶片数已基本固定，为后期生理和外观的重要性状）为标准进行筛选。首先将叶片数设为目标 Y ，各养分设为变量，得出 Y 与各养分的关系模型及最大施肥量（表 4）。利用 1.4 中介绍的 4 个标准筛选后发现，以功能叶片数为目标时，采用一元模型的数据较为合理，回归计算得出氮磷钾的最大施肥量分别为 0.4、0.2、0.5 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

表 4 功能叶片数回归分析

Table 4 Regression analysis of functional leaves

模型 Model	养分 Nutrition	肥料效应方程 Fertilizers equation	R 值 Regression coefficient	F 值 Frequency distribution	最大施肥量 / ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Largest fertilizer amount
一元 Single-factor	N	$Y = 29.550 + 24.667N - 15.556N^2$	0.764	-	0.4
	P_2O_5	$Y = 6.91 + 145.4P - 148.889P^2$	0.989	-	0.2
	K_2O	$Y = 33.76 + 11.033K - 6.111K^2$	0.566	-	0.5
二元 Two-factor	N, P_2O_5	$Y = 42.7 - 49.173N - 19.242N^2 + 14.412P - 196.363P^2 + 258.667NP$	0.979	13.581 *	0.2, 68.1
	N, K_2O	$Y = 35.838 + 11.04N - 26.199N^2 + 0.343K - 19.634K^2 + 40.806NK$	0.828	1.311	0.6, 10.3
	P_2O_5 , K_2O	$Y = 11.5 + 131.309P - 193.939P^2 - 1.421K - 12.071K^2 + 61.778PK$	0.982	16.339 *	0.3, - 403.0
三元 Three-factor	N, P_2O_5 , K_2O	$Y = 12.25 - 13.57N - 32.03N^2 + 110.22P - 247.51P^2 + 35.31K - 25.46K^2 + 167.03NP + 4.73NK - 31.55PK$	0.950	9.272 *	1.4, 0.06, 0.1

注：*表示显著水平为 0.05 时 F 测验显著。

Note: * indicate significant difference at 0.05 level by F -test

以总花数、植株干样质量和株高（55 d时的株高，该高度在整个生育期内维持时间最长）为标准，用同样方法筛选，得出各性状对应的最大施肥量。进行加权处理后得出肥料配方（表 5），即氮（N）、磷（ P_2O_5 ）和钾（ K_2O ）的最佳施肥量分别为 0.4、0.2 和 0.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

表 5 加权求出最佳施肥量

Table 5 Maximum largest amount of fertilizer after weighted

肥料 Fertilizer	备选最大施肥量 / ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Stand by largest fertilizer amount				加权后结果 / ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Result after weighted
	功能叶片数 Number of functional leaves	株高 Height	总花数 Total number of flower	总干样质量 Total dry mass	
N	0.4	0.3	0.5	0.5	0.4
P_2O_5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
K_2O	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3
权重 Proportion	0.2	0.2	0.3	0.3	-

3 讨论

金盏菊功能叶片数的增加在越冬前有一个停滞阶段，而株高增加的停滞阶段则在越冬期，冬前和冬后株高增加明显，表明营养生长期的不同阶段株高和叶片的生长有各有侧重，这种特性有利于金盏菊整体的协调生长，同时也可能与金盏菊对越冬的适应性有关，二者的关系，以及该阶段肥料向各部分输送的特点，养分的需求状况，有待进一步的研究。

氮磷对金盏菊的营养生长和生殖生长都有较大的影响，钾对金盏菊的影响在生殖生长期才表现出来。因此，可以推断，氮磷宜均衡施于营养生长期与生殖生长期，而钾在生殖生长期的施用比例应

适当加重。同时,由图1可知,单纯增加氮肥施入量超过一定量后对株高增长不明显,这可能与基肥中氮肥施入比例过大有关。曾长立等(2004)也发现只在叶面喷施尿素情况下,随着尿素浓度增大,金盏菊株高增加幅度较小,而尿素与过磷酸钙配施时,尿素高浓度处理效果显著。可见,磷肥用量的增加可以促进金盏菊对氮需求。同时,由肥料的分析结果可知,氮磷间有明显的正交互作用。基于以上结果,建议减少基肥中氮肥的用量,增加氮肥追肥次数。氮磷肥要配施,在追施尿素时适当在叶面喷施少量磷肥。从总花朵数和总干样质量这两项重要的性状来看,金盏菊对高用量的氮磷钾肥均有较大的耐肥性,稍有不同的是氮磷肥在范围较大的高用量区间对目标性状的影响不大。而钾肥在较低用量时即可使目标性状达到最高值,当钾用量达到一定水平后,钾和氮磷间无明显的相互作用,可见金盏菊对钾肥的低用量范围内对钾较为敏感,这与常丽新(2000)的试验结果一致。

“3414”试验方案是二次回归D—最优设计的一种,是指3个肥料因素、4个肥料用量水平、14个处理。该方案吸收了回归最优设计处理少、效率高的优点。4个水平:0水平为不施肥,2水平为当地最佳施肥量的近似值,1水平=2水平 $\times 0.5$,3水平=2水平 $\times 1.5$ 。该方案可应用14个处理,进行三元、二元和一元肥料效应函数的拟合(陈新平等,2006)。但是,长期试验表明多元二次拟合的成功率不高(王圣瑞等,2002)。为了提高试验数据的利用效率,减少信息失真,本试验对试验数据同时进行了一元二次、二元二次和三元二次的分析。如表4,功能叶片回归分析后二元二次和三元二次分析出的最大施肥量都远远超出正常范围,因此选择更为合理的一元二次分析的数据,从而确保试验结果的可靠性。相比大田作物,花卉的目标性状较多。为保证推荐配方的全面性,本试验对多个目标性状进行了回归分析,并且通过对性状的重要性赋予权重,对各数据进行加权,最终得到各目标性状综合回归分析的肥料配方。

花卉栽培基质中,多会加入各种类型的有机质,因为混合后的基质供肥特性会有不同,对植物的生长发育也会产生不同的影响(郁书君等,2004;李艳等,2007),所以化肥用量和肥料配比应作相应的调整,以减少肥料投入量,降低成本。另外,本试验中肥料配比的筛选的目标主要是金盏菊的外观性状,并未将种子和其它一些药用性状列入。因此,以生产种子和入药为目的栽培时,肥料配比可能会有所不同。

由于对金盏菊养分吸收规律、生长特性的研究并不深入,故针对其养分吸收规律的施肥方法有待进一步试验,合理的施用时期、不同肥料在各时期合理的施用量,均是当前金盏菊科学施肥必要的研究内容。

References

- Bao Man-zhu 2003. Floriculture. Beijing: China Agricultural University Press: 191 - 193. (in Chinese)
- 包满珠. 2003. 花卉学. 北京: 中国农业大学出版社: 191 - 193.
- Chang Li-xin 2000. The effect of different potassium concentration on *Calendula officinalis* L. plants growth and development. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 15 (1): 75 - 78. (in Chinese)
- 常丽新. 2000. 不同浓度钾对金盏菊生长发育的影响. 河北林果研究, 15 (1): 75 - 78.
- Chen Xin-ping, Zhang fu-suo 2006. Development of evaluation system for soil testing and compound fertilizers technology. China Agricultural Technology Extension, (4): 36 - 39. (in Chinese)
- 陈新平, 张福锁. 2006. 中国农技推广, (4): 36 - 39.
- Jin Bo, Dong Hui-nu, Liu Chun, Wang Yue-xin 1995. Effect of seed size on the growth of *Calendula officinalis* seedlings. Acta Horticulturae Sinica, 22 (4): 405 - 407. (in Chinese)
- 金波, 东惠茹, 刘春, 王月新. 1995. 金盏菊种子大、小粒差异及其对幼苗生长发育的影响. 园艺学报, 22 (4): 405 - 407.
- Jin Ji-ryun, Zhang Ning, Liang Ming-zao, Wu Rong-gui, Sam Portch 1996. Systematic approach for soil nutrient status evaluation and its use in fertilizer recommendation. Plant Nutrition and Fertilizing Science, 2 (1): 8 - 15. (in Chinese)

- 金继运, 张宁, 梁鸣早, 吴荣贵, San Portch 1996. 土壤养分状况系统研究法在土壤肥力研究及测土施肥中的应用. 植物营养与肥料学报, 2 (1): 8 - 15.
- Li Yan, Zhang xian, Zou Feng-ying, Li Lian-mei 2007. The effects of different soilless media on the growth and development of *Primula acaulis* species. Acta Horticulturae Sinica, 34 (1): 237 - 238. (in Chinese)
- 李艳, 张显, 邹凤英, 李莲梅. 2007. 栽培基质对欧洲报春生长发育的影响. 园艺学报, 34 (1): 237 - 238.
- Tao Qin-nan. 1994. Fertilizer experiment and statistical analysis. Beijing: China Agricultural Press: 79 - 80. (in Chinese)
- 陶勤南. 1994. 肥料试验与统计分析. 北京: 农业出版社: 79 - 80.
- Wang Sheng-rui, Chen Xin-ping, Gao Xiang-zhao, Mao Da-nu, Zhang Fu-suo 2002. Study on simulation of "3414" fertilizer experiment's Plant Nutrition and Fertilizing Science, 8 (4): 409 - 413. (in Chinese)
- 王圣瑞, 陈新平, 高祥照, 毛达如, 张福锁. 2002. "3414" 肥料试验模型拟合的探讨. 植物营养与肥料学报, 8 (4): 409 - 413.
- Yu Shu-jun, Jeong-sik Lee, Bong-sik Yu 2004. Studies on media formula for pot *Azalea* subirrigated by ebb and flow bench system with hydroponics. Acta Horticulturae Sinica, 31 (2): 210 - 214. (in Chinese)
- 郁书君, 李贞植, 俞奉植. 2004. 杜鹃无土栽培基质配方的研究. 园艺学报, 31 (2): 210 - 214.
- Zeng Chang-li, Cheng Hui, Zhang Ping 2004. The effects of leaf-spraying urea and calcium superphosphate on the growth and development of *Calendula officinalis* L. Seed, 23 (1): 21 - 24. (in Chinese)
- 曾长立, 程辉, 张萍. 2004. 叶面喷施尿素和过磷酸钙对金盏菊生长发育的影响. 种子, 23 (1): 21 - 24.
- Zhang Ming-qing, Lin Ren-xun, Lin Dai-yan, Jiang Yong 1995. Function of distinguish analysis on extreme value in recommendatory fertilization for three-fertilizer efficiency model. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 10 (2): 54 - 59. (in Chinese)
- 章明清, 林仁埏, 林代炎, 姜永. 1995. 极值判别分析在三元肥效模型推荐施肥中的作用. 福建农业学报, 10 (2): 54 - 59.

《园艺学报》网站开通

<http://www.ahs.ac.cn>

