

## 不同钾肥用量对福田河白菊产量和质量的影响

刘大会, 杨特武, 朱端卫\*, 周文兵, 耿明建, 刘 伟

(华中农业大学资源与环境学院 植物营养与生态环境研究室, 湖北 武汉 430070)

**摘 要:**目的 研究钾肥施用量对福田河白菊产量和质量的影响, 为其 GAP 栽培合理施肥提供指导。方法 在中等氮、磷和其他矿质养分为肥底的基础上, 设置不同钾肥施用量进行土壤培养试验, 分别测定菊花产量和花中的黄酮、绿原酸、可溶性总氨基酸和粗蛋白的量以及苯丙氨酸解氨酶活性。结果 盆栽试验结果表明, 适量施钾能显著提高菊花产量与质量。在施钾( $K_2O$ )量为 0~4.0 g/株时, 菊花产量和花中总黄酮的量与累积量同施钾量及花中钾的量成正比, 而与花中 N/K 成反比; 但施钾过高(6.0~8.0 g/株)会抑制白菊生长, 使菊花产量和花中总黄酮的量与累积量均有不同程度的降低。菊花中绿原酸的量同施钾量及花中钾的量成正比, 而与花中 N/K 成反比。白菊不同花期花中总黄酮和绿原酸的量同花中可溶性总氨基酸和粗蛋白的量之间呈显著负相关。结论 在中等氮、磷和其他矿质营养条件下, 综合考虑菊花产量和花中总黄酮与绿原酸的量及累积量等因素, 福田河白菊钾肥施用量以 4.0 g/株比较适宜。

**关键词:** 菊花; 钾肥; 施用量; 产量; 质量

**中图分类号:** R282.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-2670(2007)01-0120-05

### Effect of potassium application at various rates on yield and quality of flower in *Chrysanthemum morifolium* from Futianhe region

LIU Da-hui, YANG Te-wu, ZHU Duan-wei, ZHOU Wen-bing, GENG Ming-jian, LIU Wei

(Laboratory of Plant Nutrition and Biological Environment Research, College of Resources and Environment,

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Key words:** *Chrysanthemum morifolium* Ramat.; potassium (K); application rate; yield; quality

菊花为菊科植物菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 的头状花序, 具有散风清热、平肝明目的功效, 为我国传统中药材和保健茶饮。菊花的主要成分为挥发油、黄酮类、绿原酸以及糖、氨基酸等<sup>[1]</sup>, 其中绿原酸的量被《中国药典》2005 年版作为其质量标准的指标成分。现代药理研究也证实, 黄酮类化合物也是菊花的重要药用成分之一<sup>[2]</sup>。杭(白)菊是我国 4 大药用菊花之一, 且为药菊中栽培面积和产量最大的品种。湖北麻城福田河镇为杭菊产地之一, 该地产菊花在药材市场上已被广泛称为“福田河白菊”<sup>[3]</sup>。长期以来, 栽培技术的落后限制了菊花产业的发展, 科学施肥是实现药菊规范化栽培(GAP)的重要措施之一。本研究室在前期研究中发现, 缺施钾肥明显影响福田河白菊的生长、产量和品质, 但生产上如何合理施用钾肥有待进一步研究<sup>[4]</sup>。为此, 本实验开展了不同钾肥用量对福田河白菊产量和质量的影响研究, 为白菊的规范化施肥提供科学指导。

#### 1 材料与方法

1.1 试验材料: 供试菊花种苗引自湖北麻城福田河镇菊花种植基地。供试土壤为黄棕壤, 基本理化性状: pH 5.92, 有机质 2.6 g/kg, 碱解氮 21.4 mg/kg, 速效磷 2.6 mg/kg, 速效钾 60.7 mg/kg。

1.2 试验设计: 盆栽试验采用塑料桶, 每盆装土 9.0 kg, 并混入 1.0 kg 石英砂(改善土壤通气性), 共 10.0 kg。试验处理设置 6 个钾肥水平, 分别为氧化钾( $K_2O$ ) 0、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0 g/盆, 并分别用代号  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ 、 $K_5$ 、 $K_6$  表示, 钾肥品种为硫酸钾, 各处理其他养分用量均相同。具体如下: 氮(N)为 3.0 g/盆(品种为硫酸铵)、磷( $P_2O_5$ )为 2.0 g/盆(品种为磷酸二氢钙), 两者均为中等水平; 另每盆基施 10 g 白云石来调节土壤 pH 值和补充钙、镁营养, 每盆基施 10 mL 阿农微量元素混合液以补充土壤微量营养元素。每处理 4 个重复, 每盆定植 1 株菊花扦插苗, 扦插育苗时间为 2004 年 5 月 10 日, 定植时间为 6 月 25 日。各处理 N 肥分 3 次施入, P 肥作为底肥一次施入;  $K_1$  处理不施钾肥,  $K_2 \sim K_4$  处理的钾肥做底肥一

收稿日期: 2006-03-28

基金项目: 湖北省科技攻关计划重大项目(2001AA304A)

作者简介: 刘大会(1976—), 男(汉), 湖北武汉人, 在读博士研究生, 主要从事药用植物营养生理与规范化施肥研究。

\* 通讯作者 朱端卫 Tel: (027)87287184 E-mail: zhudw@mail.hzau.edu.cn

次性施入,  $K_5$ 、 $K_6$  处理的钾肥底施  $K_2O$  4.0 g, 剩下的于花芽分化期分两次平均追施。菊花定植前统一进行打顶, 留基部 6~7 叶。

### 1.3 方法

1.3.1 菊花产量测定和样品制备: 采收期根据采收的时间段不同将菊花分为头水花(11 月 10 日以前采收)、二水花(11 月 10~20 日采收)、三水花(11 月 20 日以后采收); 测定各处理不同花期的鲜花产量。将鲜花及时采用微波-气流式干燥技术进行杀青<sup>[5]</sup>, 并在鼓风干燥箱中于 55 ℃ 以下烘至全干后称取干花质量。同时将各干花样品磨细, 并装袋密封, 在 -18 ℃ 下进行低温保存备用。

1.3.2 菊花样品化学成分的提取: 准确称取 0.250 g 菊花粉末于具塞三角瓶中, 加入 25 mL 80% 乙醇, 称质量并浸泡 12 h 后, 在 30 ℃ 下用超声波处理浸提 30 min, 并补充乙醇至原质量, 将其滤过后放入冰箱, 冷藏保存待测<sup>[4]</sup>。

1.3.3 菊花中总黄酮测定: 分别吸取上述菊花样品提取物 1 mL 于 25 mL 量瓶中, 参照《中国药典》2005 年版铝盐比色法测定总黄酮。对照品芦丁由 Sigma 试剂公司提供。将总黄酮的量乘以菊花干花质量就为菊花总黄酮的累积量。

1.3.4 菊花中绿原酸测定: 参照《中国药典》2005 年版高效液相色谱法测定菊花中绿原酸的量。

色谱条件: Varian 高效液相色谱仪系统(Prostar 230 泵, 325 紫外检测器, Star 6.30 工作站); 色谱柱 Star 6.30 Microsorb-MV  $C_{18}$  柱(250 mm × 4.6 mm, 5  $\mu$ m); 流动相为 0.1 mol/L 磷酸盐缓冲溶液(pH 2.7)-甲醇(70:30); 体积流量为 1.0 mL/min;

检测波长为 328 nm; 柱温为室温; 进样量 20  $\mu$ L。

样品测定: 吸取上述菊花样品提取物 10 mL 于蒸发皿中, 在水浴上挥干乙醇, 加氯仿 5 mL, 浸渍 3 min, 弃去氯仿, 并挥干残余氯仿, 剩下残渣用纯水转移至 25 mL 量瓶中定容, 过 0.45  $\mu$ m 滤膜超滤, 并依上法测定。同时用绿原酸对照品(Sigma 试剂公司提供)做标准曲线, 外标法计算。将测定绿原酸的量乘以菊花干花质量就为菊花绿原酸的累积量。

1.3.5 菊花中可溶性总糖、可溶性总氨基酸和粗蛋白测定: 用蒽酮比色法测定菊花可溶性总糖<sup>[6]</sup>; 用茚三酮比色法测定可溶性总氨基酸<sup>[6]</sup>; 用开氏法测定菊花中总氮的量后将测定值乘以 6.25, 即得到菊花粗蛋白含量<sup>[6]</sup>。

1.3.6 菊花中 N、P、K 的测定: 菊花中 N、P 和 K 的量采用常规分析方法分析<sup>[6]</sup>。

1.3.7 菊花中苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的测定: 在二水花期, 分别从各处理的每株白菊上采取 8 朵花瓣微开的鲜菊花, 用比色法测定 PAL 酶活性<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

2.1 钾肥施用量对菊花产量的影响: 表 1 表明, 不施钾时菊花鲜花产量低, 提高钾肥施用量后,  $K_2 \sim K_4$  处理鲜花产量显著上升, 总产量较  $K_1$  处理提高了 22.7%~33.6%。但当施钾超过 4.0 g/株时,  $K_5$  和  $K_6$  处理的鲜花产量不再上升, 反而显著下降。当初花期外界温度较低时, 缺钾植株易早衰, 从而一定程度上促进了植株提早开花, 因而  $K_1$  和  $K_2$  处理的头水花产量比其他施钾处理相对较高。鲜花产量结果表明, 福田河白菊全生育期钾肥施用量以 2.0~4.0 g/株为宜。

表 1 钾肥施用量对菊花鲜花产量的影响( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=4$ )

Table 1 Effect of K application rates on fresh flower yield of *C. morifolium* ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=4$ )

| 处 理   | 头水花/(g·株 <sup>-1</sup> ) | 二水花/(g·株 <sup>-1</sup> ) | 三水花/(g·株 <sup>-1</sup> ) | 总花/(g·株 <sup>-1</sup> ) |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| $K_1$ | 93.7±7.2 A               | 119.7±3.4 C              | 98.4±1.4 C               | 318.0±5.2 C             |
| $K_2$ | 82.3±8.4 AB              | 178.0±7.7 B              | 139.8±10.4 AB            | 390.2±14.9 B            |
| $K_3$ | 67.7±3.1 B               | 214.4±9.2 A              | 137.4±3.8 AB             | 419.5±9.6 AB            |
| $K_4$ | 61.4±2.4 C               | 209.5±1.5 A              | 155.4±8.1 A              | 424.9±8.8 A             |
| $K_5$ | 55.3±2.5 C               | 170.6±6.0 B              | 124.5±14.4 BC            | 340.8±2.0 C             |
| $K_6$ | 52.1±2.1 C               | 167.0±5.7 B              | 92.8±3.0 D               | 312.0±2.4 C             |

差异显著性检验为 LSD 法, 大写字母(A、B、C、D)表示 1% 差异水平(下同)

Using LSD method to test significance level, capital letters (A, B, C, and D) to represent significance level at 1%, followings are same

2.2 钾肥施用量对菊花总黄酮的影响: 由图 1 可知, 菊花中头水花总黄酮的量最高, 二水花其次, 三水花最低。施钾量显著影响菊花总黄酮的量。在施钾量为 1.0~4.0 g/株时, 菊花头水花和二水花总黄酮的量

随施钾量增加而大幅上升; 但当施钾量超过 4.0 g/株时, 高钾处理( $K_5$  和  $K_6$ )这两水花中总黄酮的量不再增加反而有不同程度下降; 菊花三水花中总黄酮的量同施钾量一直成正比。施钾量也显著影响了菊花总黄

酮的累积量。随着施钾量提高,菊花头水花总黄酮累积量变化不大,二水花、三水花和总花中总黄酮累积量均随施钾量增加而显著上升,当施钾量超过4.0 g/株后,菊花总黄酮累积量也不再继续增加,反而有小幅下降。菊花中总黄酮的量和累积量表明,福田河白菊全生育期钾肥施用量以4.0 g/株为宜。

2.3 钾肥施用量对菊花绿原酸的影响:菊花中绿原酸的量在头水花中最高,在二水花和三水花中相差不大(图2)。菊花中绿原酸一般随钾肥施用量增加

而逐步增加,只是当施钾量超过4.0 g/株时,两高钾处理( $K_5$ 和 $K_6$ )头水花和二水花中绿原酸上升幅度与低钾水平相比明显减小。在施钾量为0~4.0 g/株时,菊花中绿原酸累积量随钾肥施用量增加而显著上升;但施钾量超过4.0 g/株后,由于高钾导致菊花产量降低,所以 $K_5$ 和 $K_6$ 处理花中绿原酸累积量也有一定程度的降低。综合菊花中绿原酸的量和累积量看,福田河白菊全生育期钾肥施用量以4.0~6.0 g/株为宜。

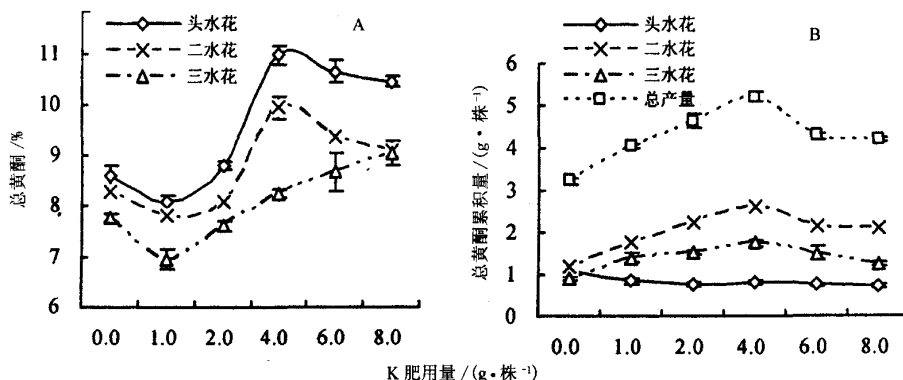


图1 钾肥施用量对菊花总黄酮量(A)和累积量(B)的影响

Fig. 1 Effect of K application rates on content (A) and accumulation (B) of total flavonoids in *C. morifolium*

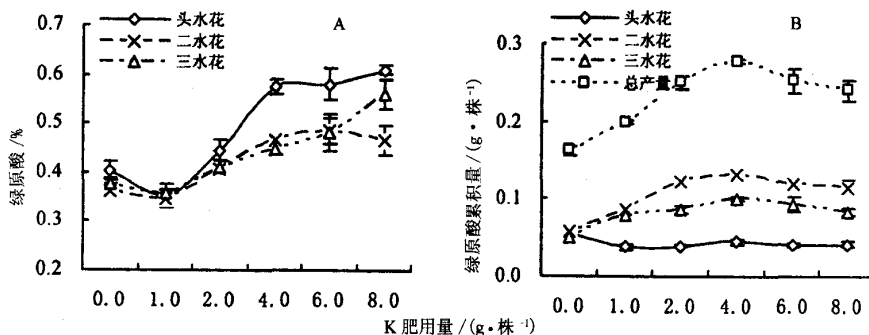


图2 钾肥施用量对菊花绿原酸的量(A)和累积量(B)的影响

Fig. 2 Effect of K application rates on content (A) and accumulation (B) of chlorogenic acid in *C. morifolium*

2.4 钾肥施用量对菊花可溶性糖、氨基酸和粗蛋白的影响:从表2可知,菊花可溶性糖的量随采收期延续从头水花、二水花到三水花一般逐步增加,特别是末花期,其量的上升幅度更明显。不同采收期菊花可溶性糖的量随施钾量的变化规律不尽相同,头水花和二水花中可溶性糖随着施钾量增加先上升后有所下降,而三水花中可溶性糖随着施钾量的增加而逐步增加。

菊花中粗蛋白的量随采收期推进明显下降(图3),而可溶性总氨基酸的量一般有逐步升高的趋势(表2)。由于钾肥施用量对菊花氮的量影响较大(见

2.5 项下结果),这也显著影响其可溶性总氨基酸和粗蛋白的量。随着施钾量逐步升高,菊花可溶性总氨基酸和粗蛋白的量逐渐降低。

将不同花期菊花总黄酮和绿原酸的量同花中可溶性总氨基酸和粗蛋白的量进行相关分析,发现菊花总黄酮和绿原酸的量同花中可溶性总氨基酸和粗蛋白的量之间呈显著负相关(表3)。不同花期菊花可溶性糖的量同总黄酮和绿原酸的量有正相关趋势,只是经统计未达显著水平。

2.5 钾肥施用量对菊花钾和氮的影响:表4表明,随着钾肥施用量逐步增加,菊花中钾(K)的量显著

表 2 钾肥施用量对菊花可溶性糖和氨基酸量的影响( $\bar{x}\pm s, n=4$ )

Table 2 Effect of K application rates on soluble sugar and amino acid content in *C. morifolium* ( $\bar{x}\pm s, n=4$ )

| 处理             | 可溶性糖/%       |               |              | 可溶性总氨基酸/(g·kg <sup>-1</sup> ) |              |              |
|----------------|--------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|
|                | 头水花          | 二水花           | 三水花          | 头水花                           | 二水花          | 三水花          |
| K <sub>1</sub> | 24.73±3.05 A | 24.57±0.95 BC | 24.49±2.29 B | 2.02±0.30 A                   | 2.44±0.05 A  | 2.38±0.12 A  |
| K <sub>2</sub> | 24.55±0.50 A | 25.12±0.67 BC | 29.28±1.10 A | 1.60±0.19 B                   | 1.65±0.17 B  | 1.69±0.15 B  |
| K <sub>3</sub> | 25.50±0.84 A | 28.97±0.68 A  | 31.67±0.06 A | 0.96±0.11 CD                  | 1.43±0.17 BC | 1.17±0.09 CD |
| K <sub>4</sub> | 24.67±0.71 A | 26.41±0.32 AB | 29.64±1.51 A | 1.10±0.13 C                   | 1.29±0.05 C  | 1.41±0.09 C  |
| K <sub>5</sub> | 24.48±0.30 A | 25.44±0.51 BC | 30.23±1.07 A | 0.73±0.07 D                   | 0.64±0.08 D  | 1.10±0.14 D  |
| K <sub>6</sub> | 25.77±1.72 A | 23.79±2.56 C  | 31.21±1.71 A | 0.71±0.09 D                   | 0.56±0.16 D  | 1.05±0.16 D  |

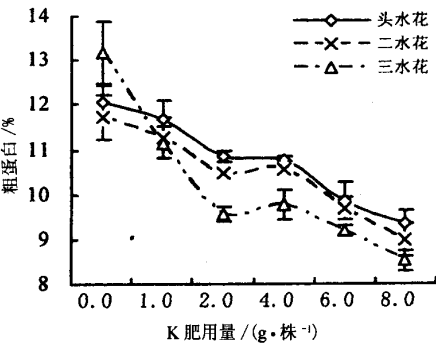


图 3 钾肥施用量对菊花粗蛋白量的影响

Fig. 3 Effect of K application rates on crude protein in *C. morifolium*

表 3 各花期菊花中总黄酮和绿原酸的量对对应的氨基酸和粗蛋白之间的相关分析 ( $n=24$ )

Table 3 Correlation analysis between flavonoids or chlorogenic acid and soluble amino acid or crude protein in *C. morifolium* at corresponding harvest time ( $n=24$ )

| 处 理 | 可溶性总氨基酸     |             |            | 粗蛋白         |             |            |
|-----|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
|     | 头水花         | 二水花         | 三水花        | 头水花         | 二水花         | 三水花        |
| 总黄酮 | -0.698 8*** | -0.479 7*   | -0.416 7*  | -0.669 4*** | -0.430 1*   | -0.533 5** |
| 绿原酸 | -0.675 5*** | -0.633 8*** | -0.524 9** | -0.779 8*** | -0.735 7*** | -0.584 3** |

表 4 钾肥施用量对福田河白菊 N、K 元素含量及其比值的影响( $\bar{x}\pm s, n=4$ )

Table 4 Effect of K application rates on N, K concentrations and N/K ratio in *C. morifolium* ( $\bar{x}\pm s, n=4$ )

| 处理             | 头水花       |           |      | 二水花       |           |      | 三水花       |           |      |
|----------------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|------|
|                | N/%       | K/%       | N/K  | N/%       | K/%       | N/K  | N/%       | K/%       | N/K  |
| K <sub>1</sub> | 1.93±0.07 | 1.73±0.03 | 1.12 | 1.92±0.08 | 1.77±0.01 | 1.09 | 2.11±0.10 | 1.78±0.01 | 1.18 |
| K <sub>2</sub> | 1.87±0.06 | 1.87±0.02 | 1.00 | 1.86±0.07 | 1.87±0.03 | 0.99 | 1.78±0.07 | 1.77±0.08 | 1.01 |
| K <sub>3</sub> | 1.74±0.02 | 2.20±0.02 | 0.79 | 1.68±0.02 | 2.16±0.06 | 0.78 | 1.53±0.03 | 2.00±0.10 | 0.77 |
| K <sub>4</sub> | 1.73±0.01 | 2.74±0.06 | 0.63 | 1.70±0.03 | 2.74±0.03 | 0.62 | 1.56±0.04 | 2.64±0.01 | 0.59 |
| K <sub>5</sub> | 1.58±0.02 | 3.21±0.02 | 0.49 | 1.58±0.04 | 3.21±0.01 | 0.49 | 1.47±0.02 | 3.01±0.03 | 0.49 |
| K <sub>6</sub> | 1.46±0.02 | 3.28±0.02 | 0.44 | 1.49±0.06 | 3.32±0.08 | 0.45 | 1.40±0.01 | 3.07±0.02 | 0.46 |

2.6 钾肥施用量对菊花 PAL 活性的影响: 黄酮类和包括绿原酸等化合物是植物通过莽草酸代谢途径合成的产物, 其中 PAL 为该代谢途径的第一步反应酶和关键酶。从图 4 中可知, 随着钾肥施用量的增加, 菊花中 PAL 活性逐步增强。将菊花 PAL 活性同白菊施钾量和二水花中钾元素的量及 N/K 比进行相关分析(剔除 K<sub>1</sub> 处理,  $n=20$ ), 发现 PAL 活性同施钾量和花中钾的量呈显著正相关(相关系数  $r$  分别为 0.793 9\*\*\* 和 0.795 8\*\*\*), 而同花中 N/K 比

上升, 但当施钾量超过 6.0 g/株时, 继续提高钾肥施用量, 花中 K 的量不再显著增加。当施钾量较低(0~2.0 g/株)和较高(4.0~8.0 g/株)时, 菊花 N、K 两元素间存在着明显的拮抗作用, 即随着施钾量和花中 K 量的逐步增加, 花中 N 量显著降低; 但当施钾量在 2.0~4.0 g/株时, 施钾量对花中 N 量影响不大。各处理菊花中 K 和 N 两元素在头水花和二水花中量较高, 且两水花之间量相差不大; 而各处理三水花 K 和 N 量较头两水花均有不同程度的下降。花中 N/K 比值同钾肥施用量之间显著负相关( $r=-0.950 4^{***}, n=18$ ), 且同一处理在不同采收期花中 N/K 比基本接近。

呈显著负相关( $r=-0.850 8^{***}$ )。

3 讨论

白菊是一种喜钾植物, 其植物体内各矿质元素中钾的量最高。适当施用钾肥能显著改善白菊营养状况, 促进植株生长, 增强植株生理抗性, 并可促进植株花芽分化, 提高花朵花径、花朵数和百朵鲜花重, 从而提高了菊花的产量<sup>[4]</sup>。本研究中, 施钾过高后(超过 4.0 g/株), 白菊植株的 N/K 大幅降低。另外, 由于高钾条件下, 钾和钙、镁等阳离子之间存在

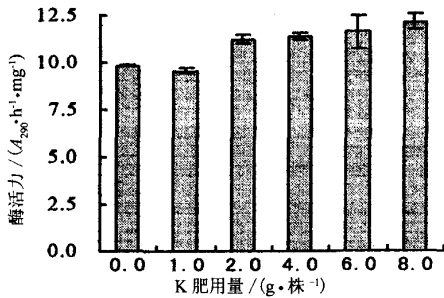


图4 钾肥施用量对菊花 PAL 活性的影响

Fig. 4 Effect of K application rates on PAL activity in fresh flowers of *C. morifolium*

着拮抗作用,施钾过高也会降低植株的 Ca/K、Mg/K 比<sup>[8]</sup>。所以,施钾量过高会导致植株养分不平衡,产生 N、Ca 和 Mg 等元素的缺乏,影响了植株生长和花芽分化,从而也降低了菊花产量。

PAL 在植物体的主要功能是催化苯丙氨酸解氨生成反式肉桂酸,其进一步合成黄酮类和绿原酸等次生代谢物质。苯丙氨酸同时也是植物体蛋白质合成的前体物质,因而蛋白质同黄酮和绿原酸等次生物质的合成之间存在着竞争关系。已有研究证明,高氮促进荞麦中苯丙氨酸合成蛋白质,抑制其解氨转化为黄酮和绿原酸等物质<sup>[9]</sup>。白菊花中 N、K 存在着明显的拮抗作用,即随着施钾量的逐步增加,花中 N 量显著降低。因此,施用钾肥可能是通过影响白菊植株的氮代谢进而影响其 PAL 活性。

菊花总黄酮的量随着成熟期的延伸逐渐降低,这可能同气温和菊花的采摘部位变化有关。图 1 中 K<sub>1</sub> 处理菊花总黄酮的量反而要比 K<sub>2</sub> 处理略高。这既可能是 K<sub>1</sub> 处理花中 PAL 活性比 K<sub>2</sub> 处理高(图 4),促使更多苯丙氨酸转化为黄酮类化合物。也可能是 K<sub>1</sub> 处理菊花产量较低, K<sub>2</sub> 处理菊花产量大幅上升,而其花中 N、K 的量较 K<sub>1</sub> 处理下降或上升幅度都不大,所以不施钾(K<sub>1</sub>)处理菊花中总黄酮的量存在“浓缩效应”。绿原酸与黄酮类化合物,同为莽草酸次生代谢过程合成的,所以菊花中绿原酸的量和累积量随施钾量变化趋势与总黄酮基本一致。

已有研究结果证明,在一定的施氮范围内,总黄酮和绿原酸的量同植物体 N 量和 N/Ca 比成反比<sup>[9,10]</sup>,而与植物体 Ca 的量成正比<sup>[10]</sup>。增加钾肥施用量会显著提高菊花 PAL 活性,降低菊花中 N 量和 N/K 比,因而提高施钾量可大幅提高菊花中总黄酮和绿原酸的量。高钾条件下,继续提高施钾量会导致植物体 Ca 量和 Ca/K 比大幅降低<sup>[8]</sup>;而此时高钾处理间 N 量下降幅度放慢,导致 N/Ca 比反而较中

钾时相对上升。所以当钾肥施用量超过 4.0 g/株时,可能由于 Ca/K 比降低和 N/Ca 比的相对上升,而造成两高钾处理菊花中总黄酮和绿原酸量增长速度放慢,总黄酮的量甚至会出现一定程度的降低。

目前,关于钾对植物体黄酮和绿原酸合成代谢的影响,不同研究者在不同的作物以及其不同利用部位上的研究结果还不一致。Awad 等<sup>[10]</sup>采用田间试验的方法研究指出,施钾量与苹果皮中绿原酸量成反比,而对黄酮类化合物量影响不大。而胡尚钦等<sup>[11]</sup>也采用田间试验的方法研究认为,施钾量对金银花绿原酸的量没有影响。本研究结果表明,在中等氮、磷和其他矿质营养的基础上,菊花中绿原酸的量同施钾量及花中钾量成正比,而同花中 N/K 比成反比;在施钾水平较低时(0~4.0 g/株),菊花总黄酮的量同施钾量及花中钾量成正比,同花中 N/K 比成反比;而当施钾过高时(4.0~8.0 g/株),过量施钾会抑制菊花中总黄酮的合成代谢,使其总黄酮的量有不同程度的降低。

#### References:

- [1] Gu Y H, Qin M J. The advance on the research of chemical constituents and pharmacological activities of *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), 2004, 23(6): 7-9.
- [2] Jiang H Z. The cardiovascular effect of *Dendranthema morifolium* Ramat. and its active compositions [A]. *Dissertation of Doctor's Degree of Zhejiang University* (浙江大学博士学位论文) [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003.
- [3] Chen K L, Li P, Ye C J, et al. HPLC fingerprints of *Flos Chrysanthemi* from Futianhe region and other cultivation breeds [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2004, 35(9): 1050-1053.
- [4] Liu D H, Zhu D W, Zhou W B, et al. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium on yield and quality of Futian's medicinal *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2006, 37(1): 125-129.
- [5] Xiao H R, Wang L F, Cao S M, et al. Experimental study of microwave and pneumatic drying techniques on medicinal *chrysanthemum morifolium* drying [J]. *Grain Oilseed Process Mach Food Indus* (粮油加工与食品机械), 2000, 2: 11-13.
- [6] Bao S T. *Soil and Agricultural Chemistry Analysis* (土壤化学分析) [M]. Beijing: Chinese Agriculture Publishing House, 2000.
- [7] Liang Y, Li J N. Relationship of the color formation and related enzymes and protein content of the spermodermis in *Brassica napus* [J]. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2004, 37(4): 522-527.
- [8] E S Z, Yuan J C, Ding Z Y, et al. Effect of N, P, K fertilizers on Fe, Zn, Cu, Mn, Ca, and Mg contents and yields in rice [J]. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 2005, 19(5): 434-440.
- [9] Margna U, Margna E, Vainjarv T. Influence of nitrogen on the utilization of L-phenylalanine for building flavonoids in buckwheat seedling tissues [J]. *J Plant Physiol*, 1989, 134: 697-702.
- [10] Awad M A, de Jager A. Relationship between fruit nutrients and concentrations of flavonoids and chlorogenic acid in 'Elstar' apple skin [J]. *Scientia Horti*, 2002, 92: 265-276.
- [11] Hu S Q, Huang L L, Zhang C, et al. Chlorogenic acid content in honeysuckle flower influenced by fertilization and processing after picking [J]. *Res Practice Chin Med* (现代中药研究与实践), 2003, 17(6): 26-28.