N、P、K 调控对野菊药用部位性状及活性成分含量的影响

邹庆军，汪 涛，郭巧生*，罗海燕，王宇晖
南京农业大学 中药材研究所，江苏 南京 210095

摘 要：目的 探索 N、P、K 肥用量及配比对野菊药用部位生长及活性成分积累的影响。**方法** 利用 N 肥（尿素，H_2NCONH_2）、P 肥（过磷酸钙，$CaP_2H_4O_8$）、K（氯化钾，KCl）不同水平及其配比设计正交试验，在采收期观察测量野菊花部位性状，同时使用 HPLC 测量干燥后野菊花活性成分含量。**结果** 14 个组合间野菊头状花序数、头状花序直径、管状花直径、单株产量、总黄酮含量及蒙花苷含量存在显著性差异，且不同矿质元素的肥效不同。适当的增大 N 肥浓度、K 肥浓度与降低 P 肥浓度有利于野菊花的生长发育、提高干花产量；低浓度的 N、P、K 配施对野菊花总黄酮与蒙花苷含量的提高有促进作用；各处理下的野菊花蒙花苷含量均符合《中国药典》标准。**结论** 综合比较发现营养液浓度在 N-P-K 15∶0.1∶3 时为野菊花序生长最优 N、P、K 配比，总黄酮含量与蒙花苷含量在未施肥处理下最高。

关键词：野菊；N；P；K；蒙花苷；总黄酮
中图分类号：R282.21 **文献标志码：**A **文章编号：**0253 - 2670(2019)02 - 0535 - 06
DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.02.036

Effects of application of N, P, and K on traits and active ingredients of *Chrysanthemum indicum*

ZOU Qing-jun, WANG Tao, GUO Qiao-sheng, LUO Hai-yan, WANG Yu-hui
Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: Objective To explore the effect of N, P, and K fertilizers on the growth of *Chrysanthemum indicum* and accumulation of active components. **Methods** This research used different levels and ratios of nitrogen, phosphorus and potassium through orthogonal experiment; The flower of *C. indicum* traits were observed in the harvest period; The content of the dried flower active ingredient was measured using HPLC. **Results** The result showed the noticeable differences among the 14 groups in the number of capitulum, the diameter of capitulum and tubiform floret, yield per plant, total flavonoid content and linarin content as well as fertilizer efficiency of different mineral elements. Appropriate increase of N, K concentration and low P concentration was beneficial to the growth and development of *C. indicum* and the output of dried flowers. Low concentration of N, P, K promoted the cotent of linarin and total flavonoids; The content of linarin treated with different combination all accorded with the standard of Chinese Phamaeopoeia. **Conclusion** Compared comprehensively, it was concluded that the optimal proportion of nitrogen, phosphorus and potassium in the growth of chrysanthemum inflorescence15:0.1:3. Flavonoid and linarin content reached the highest point without fertilization.

Key words: *Chrysanthemum indicum* L.; N; P; K; linarin; total flavonoids

野菊花为菊科菊属植物野菊 *Chrysanthemum indicum* L. 的干燥头状花序，《中国药典》2015 年版所述其具有清热解毒、泻火平肝的功效，可用于疔疮痈肿、目赤肿痛、头痛眩晕等症[1]。野菊花为大宗药材，现为多种中成药的主要成分。野菊花为广布种，资源虽然较丰富，但随着中药材产业规模化、规范化的发展，对野菊花的优质资源需求也越来越大。矿质元素对植物的生长有着广泛的影响[2]，N、P、K 肥是植物良好生长的重要物质基础，施用 N、P、K 肥也是保证土壤养分可持续供给的主要途径[3]，适当的 N、P、K 配比施用是植物产量和品质的重要保证。近年来与野菊花相关的研究主要集中在化学成分、药理药效、居群特征等方面[4-8]，加之在不同地区野菊的化学成分与药理药效等方面也存在较大差异[9]，对野菊人工栽培措施及营养生理的报道较少。本研究通过盆栽实验，研究 N、P、K 调控对野菊花头

收稿日期：2018-04-25
基金项目：国家自然科学基金青年科学基金项目（81503180）；中央高校基本科研业务费专项资金资助项目（KJQN201643，KYZ201608）
作者简介：邹庆军，硕士研究生。E-mail: 2015104128@njau.edu.cn
***通信作者** 郭巧生 Tel: (025)84395980 E-mail: gqs@njau.edu.cn

状花序性状、总黄酮含量及蒙花苷含量的影响来评价其品质，以确定适合野菊花生长的 N、P、K 施肥配比，为其规范化生产提供依据。

1 材料与仪器

1.1 材料

所用野菊材料经南京农业大学中药材研究所郭巧生教授鉴定为菊科菊属植物野菊 *Chrysanthemum indicum* L.。本实验所用野菊幼苗为种子育种的实生苗，选择株高 30～40 cm 的幼苗进行移栽。

1.2 仪器与试剂

Alpha-1506 紫外-可见分光光度计（上海谱光仪器有限公司）； LC-20 AT 高效液相色谱仪（岛津公司，日本）、水浴锅、电子游标卡尺、直尺、卷尺等。芦丁（质量分数≥97%，批号 B25342）、蒙花苷（质量分数≥98%，批号 B20860）购自上海源叶有限公司，尿素、过磷酸钙、氯化钾、甲醇、冰醋酸、5%亚硝酸钠、10%硝酸铝、4%氢氧化钠等（常规生化试剂均为分析纯）。

2 方法

2.1 实验设计

野菊实生苗于 2016 年 6 月 6 日开始进行入盆栽培，花盆最大直径 21 cm、深 17 cm，以有机营养土-蛭石-珍珠岩石 3∶3∶1 的混匀作为盆栽基质，并喷予生根剂助以缓苗，7 月 7 日开始施肥，每月施肥 1 次，共 4 次。参考菊花等菊科植物需肥特性[10]，运用 3 因素 4 水平正交设计方法配制了不同浓度营养液，每次每盆灌根施肥量为 100 mL，N 肥由尿素（H_2NCONH_2）提供，P 肥由过磷酸钙（$CaP_2H_4O_8$）提供，K 肥由氯化钾（KCl）提供；共 14 个处理，每个处理 9 个重复，随机区组排列，见表 1。

2.2 野菊花头状花序性状的测定

于 11 月野菊花舌状花完全开放时测量其相关性状，具体测定以下 4 个指标：头状花序数指单株野菊花的总花序数；头状花序直径指整个头状花序最宽处的长度；管状花序直径指中间管状花群所在处最宽的长度；单株产量指单株野菊花的干花序质量。

2.3 野菊花总黄酮含量的测定

2.3.1 对照品溶液的制备 精密称取芦丁对照品 10.4 mg，用 70% 甲醇使其溶解，定容至 50 mL，配制成 0.208 mg/mL 的对照品溶液，备用。

2.3.2 供试品溶液的制备 当舌状花开放程度达到 70%时分批采收野菊花，烘干保存。取野菊花粉末 0.25 g，精密加入 100 mL 的甲醇，60 ℃下水浴加热提取 1 h，冷至室温后，再用布氏漏斗抽滤，所得滤液作为供试品溶液备用。

表 1 各处理 N、P、K 肥用量

Table 1 Amount of fertilizer applied to each treatment

编号	处理	施肥量/(mmol·L^{-1})		
		H_2NCONH_2	$CaP_2H_4O_8$	KCl
1	$N_0P_0K_0$	0	0	0
2	$N_0P_2K_2$	0	0.6	3.0
3	$N_1P_2K_2$	3	0.6	3.0
4	$N_2P_0K_2$	15	0	3.0
5	$N_2P_1K_2$	15	0.1	3.0
6	$N_2P_2K_2$	15	0.6	3.0
7	$N_2P_3K_2$	15	8.0	3.0
8	$N_2P_2K_0$	15	0.6	0
9	$N_2P_2K_1$	15	0.6	0.8
10	$N_2P_2K_3$	15	0.6	42.0
11	$N_3P_2K_2$	45	0.6	3.0
12	$N_1P_1K_2$	3	0.1	3.0
13	$N_1P_2K_1$	3	0.6	0.8
14	$N_2P_1K_1$	15	0.1	0.8

2.3.3 检测方法 取 2 mL 供试液加入 25 mL 容量瓶中，加入 5% $NaNO_2$ 溶液 0.3 mL，振荡摇匀，放置 6 min，加入 10% $Al(NO_3)_3$ 溶液 0.3 mL，振荡摇匀，放置 6 min，再加入 4% NaOH 溶液 4 mL，再加甲醇定容、振荡摇匀，放置 30 min。以空白组（不加显色剂）为参比溶液，在最大吸收波长 510 nm 处测定吸光度（A）值[11]。

2.3.4 标准曲线的绘制 以对照品质量浓度为横坐标（X），A 值为纵坐标（Y），绘制标准曲线，计算得到线性方程 Y=1.035 1 X+0.020 9，r^2=0.998 7。方法学考察结果中精密度、重复性、稳定性均符合实验要求。

2.4 野菊花蒙花苷含量的测定

2.4.1 对照品溶液的制备 取适量蒙花苷对照品，加入甲醇溶解制成 25 μg/mL 的溶液，备用。

2.4.2 供试品溶液的制备 参照《中国药典》2015 年版方法[1]进行制备。

2.4.3 色谱条件 色谱柱为安捷伦 SB-C_{18} 柱（150 mm×4.6 mm，3.5 μm），以甲醇-水-冰醋酸（26∶23∶1）为流动相，检测波长 334 nm，柱温 25 ℃，进样体积 20 μL，理论板数按蒙花苷峰计算应不低于 3 000。

2.4.4 标准曲线的绘制 分别以对照品溶液的进样量为横坐标（X），峰面积为纵坐标（Y）进行线性回归，计算得到线性回归方程为 Y=539 533 X−14 013，r^2=0.999 5。方法学考察结果中精密度、重复性、稳定性、加样回收率均符合实验要求。对照品和野菊花供试品色谱图见图 1。

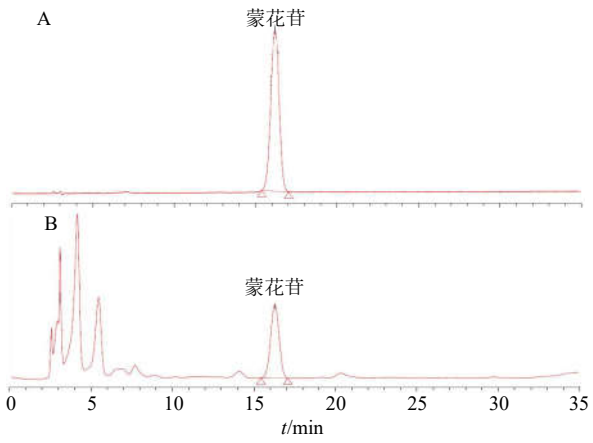

图 1 对照品 (A) 和野菊花样品 (B) HPLC 图

Fig. 1 HPLC of reference substance (A) and samples (B)

2.5 数据处理

采用 WPS Office 2016 和 SAS 9.4 分析实验数据。

3 结果与分析

3.1 N、P、K 调控对野菊花头状花序性状的影响

测量结果显示 N、P、K 调控对野菊花头状花序性状存在不同程度影响，结果见表 2。

3.1.1 头状花序数 施肥处理与未施肥处理（$N_0P_0K_0$）相比差异显著，其中 $N_2P_1K_2$ 处理头状花序数最多，$N_2P_0K_2$ 处理与 $N_2P_2K_2$ 处理的头状花序数次之，未施肥处理的头状花序数最少，同时缺 N 肥与 K 肥处理的头状花序数明显低于缺 P 肥处理的头状花序数，说明在促进野菊花头状花序数上 N 肥与 K 肥的肥效大于 P 肥的肥效，N、P、K 调控对野菊花头状花序数影响显著。

表 2 N、P、K 调控对野菊花头状花序性状的影响 ($\bar{x} \pm s$, $n = 6$)

Table 2 Influence of N, P, K fertilizer regulation on *C. indicum* capitulum traits ($\bar{x} \pm s$, $n = 6$)

编号	处理	头状花序数	头状花序直径/cm	管状花序直径/cm	单株产量/g
1	$N_0P_0K_0$	41.00±18.11^{f}	1.43±0.22^{cd}	0.58±0.07^{bc}	0.29±0.13^{e}
2	$N_0P_2K_2$	51.00±12.29^{def}	1.41±0.15^{cd}	0.57±0.09^{c}	0.40±0.13^{e}
3	$N_1P_2K_2$	61.00±10.81^{cde}	1.50±0.19^{bcd}	0.59±0.03^{bc}	0.59±0.18^{d}
4	$N_2P_0K_2$	103.00±15.13^{ab}	1.52±0.23^{bcd}	0.68±0.07^{ab}	0.89±0.15^{abc}
5	$N_2P_1K_2$	118.00±10.84^{a}	1.74±0.18^{ab}	0.72±0.11^{a}	1.03±0.14^{a}
6	$N_2P_2K_2$	101.00±11.53^{ab}	1.61±0.19^{abcd}	0.63±0.07^{abc}	0.91±0.19^{ab}
7	$N_2P_3K_2$	67.00±12.27^{cd}	1.37±0.13^{d}	0.62±0.08^{abc}	0.62±0.16^{d}
8	$N_2P_2K_0$	45.00±13.29^{ef}	1.49±0.11^{bcd}	0.64±0.14^{abc}	0.33±0.13^{e}
9	$N_2P_2K_1$	74.00±16.95^{c}	1.50±0.18^{bcd}	0.65±0.07^{abc}	0.72±0.11^{cd}
10	$N_2P_2K_3$	65.00±15.36^{cd}	1.64±0.20^{abc}	0.61±0.10^{abc}	0.60±0.14^{d}
11	$N_3P_2K_2$	99.00±13.59^{ab}	1.66±0.25^{abc}	0.65±0.06^{abc}	0.86±0.14^{bc}
12	$N_1P_1K_2$	68.00±18.09^{cd}	1.59±0.29^{abcd}	0.61±0.09^{abc}	0.63±0.18^{d}
13	$N_1P_2K_1$	50.00±24.35^{def}	1.55±0.14^{abcd}	0.60±0.07^{bc}	0.40±0.16^{e}
14	$N_2P_1K_1$	96.00±22.21^{b}	1.63±0.28^{abc}	0.66±0.11^{abc}	0.84±0.12^{bc}

同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平上差异显著，下同

Different normal letters mean significant differences among treatments at 0.05 level, same as below

3.1.2 头状花序直径 $N_2P_1K_2$ 处理、$N_2P_3K_2$ 处理与未施肥处理相比差异显著，其他处理与未施肥处理相比差异不显著，N、P、K 配施处理下的头状花序直径基本高于未施肥处理的头状花序直径，除了 $N_2P_3K_2$ 处理的头状花序直径最小，$N_0P_2K_2$ 处理的头状花序直径略低于未施肥处理的头状花序直径，说明 N、P、K 调控对增加头状花序直径有促进作用，且 $N_2P_1K_2$ 处理效果最佳。

3.1.3 管状花序直径 $N_2P_1K_2$ 处理与未施肥处理相比差异显著，其他处理与之相比则差异不显著，N、P、K 调控处理下的管状花序直径基本上高于未施肥处理的管状花序直径，说明 N、P、K 调控对增加管状花序直径有一定促进作用，且 $N_2P_1K_2$ 处理效果最佳，$N_2P_0K_2$ 处理次之。综合头状花序直径与管状花序直径的差异性可知，$N_2P_1K_2$ 处理也能显著提高野菊舌状花长度。

3.1.4 单株产量 施肥处理与未施肥处理相比差异显著，其中在 $N_2P_1K_2$ 下处理单株产量最高，在 $N_2P_2K_2$ 处理下的单株产量次之，未施肥处理的单株产量最低，同时缺 N 肥与 K 肥处理的单株产量明显低于缺 P 肥处理的单株产量，说明在促进野菊花单株产量上 N 肥与 K 肥的肥效大于 P 肥的肥效，N、P、K 调控对野菊花单株产量影响显著。

3.2 N、P、K 调控对野菊花活性成分的影响

3.2.1 N、P、K 调控对野菊花总黄酮含量的影响 如图 2 所示，不同 N 肥处理对野菊花总黄酮含量产生不同影响。施 N 肥处理与未施 N 肥处理相比差异显著。随着 N 肥浓度的增大，野菊花总黄酮含量

先升高后降低，至 $N_1P_2K_2$ 处理时达最大值，在 $N_3P_2K_2$ 处理下达最小值。

不同 P 肥处理对野菊花总黄酮含量产生不同影响，见图 3。$N_2P_1K_2$ 处理与 $N_2P_0K_2$ 处理相比差异显著，其他处理与 $N_2P_0N_2$ 处理相比差异不显著。随着 P 肥浓度的增大，野菊花总黄酮含量先升高后降低，至 $N_2P_1K_2$ 处理时达最大值，在 $N_2P_3K_2$ 处理下为最小值。

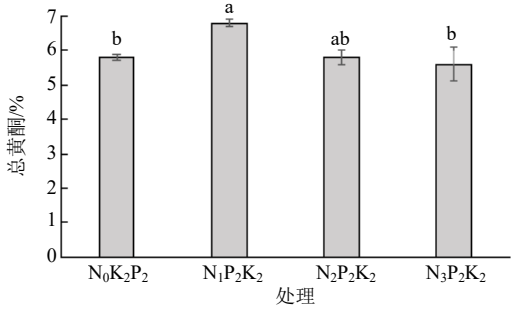

图 2 不同 N 水平对野菊花总黄酮含量的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen levels on total flavonoid content of *C. indicum*

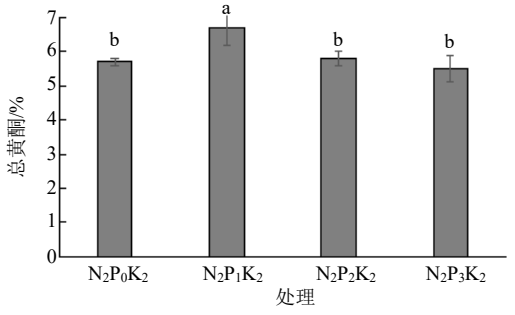

图 3 不同 P 水平对野菊花总黄酮含量的影响

Fig. 3 Effect of different phosphorus levels on total flavonoid content of *C. indicum*

如图 4 所示，不同 K 肥处理对野菊花总黄酮含量产生不同影响。$N_2P_2K_1$ 处理与 $N_2P_2K_0$ 处理相比差异显著，其他处理与 $N_2P_2K_0$ 相比差异不显著。随着 K 肥浓度的增大，野菊花总黄酮含量先升高后降低，至 $N_2P_2K_1$ 时达最大值，在 $N_2P_2K_0$ 处理与 $N_2P_2K_3$ 处理下达最小值。

3.2.2 N、P、K 调控对野菊花蒙花苷含量的影响 如图 5 所示，不同 N 处理对野菊花蒙花苷含量产生不同影响。各施 N 肥处理与 $N_0P_2K_2$ 处理差异显著，施 N 肥处理间差异不显著。随着 N 肥浓度的增大，野菊花蒙花苷含量呈逐渐降低再逐渐升高的趋势，在 $N_0P_2K_2$ 处理下蒙花苷含量最高，在 $N_2P_2K_2$ 处理下蒙花苷含量最低。

如图 6 所示，不同 P 肥处理对野菊花蒙花苷含

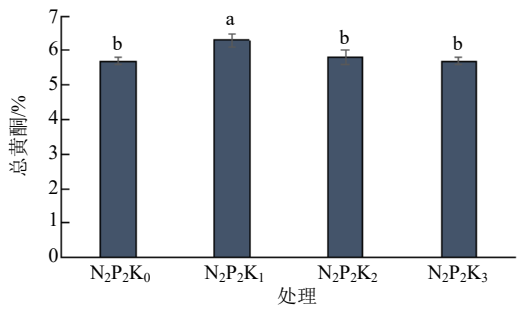

图 4 不同 K 水平对野菊花总黄酮的影响

Fig. 4 Effect of different potassium levels on total flavonoid content of *C. indicum*

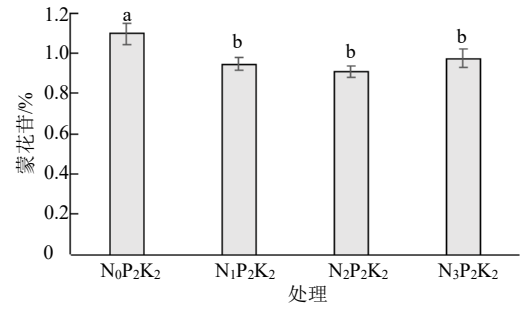

图 5 不同 N 水平对野菊花蒙花苷含量的影响

Fig. 5 Effect of different nitrogen levels on linarin content of *C. indicum*

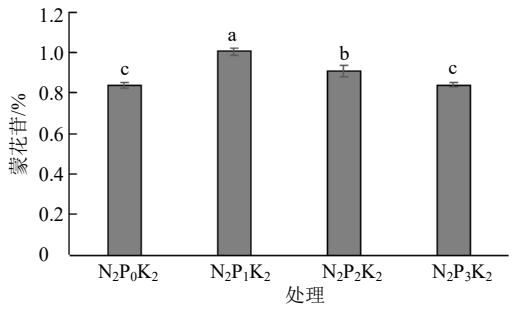

图 6 不同 P 水平对野菊花蒙花苷含量的影响

Fig. 6 Effect of different phosphorus levels on linarin content of *C. indicum*

量产生不同影响。$N_2P_1K_2$、$N_2P_2K_2$ 处理与 $N_2P_0K_2$ 处理相比差异显著，$N_2P_3K_2$ 处理与 $N_2P_0K_2$ 处理相比差异不显著。随着 P 肥浓度的增大，野菊花蒙花苷含量呈先升高后降低的趋势，在 $N_2P_1K_2$ 处理下蒙花苷含量最高，在 $N_2P_0K_2$ 处理下蒙花苷含量最低。

如图 7 所示，不同 K 肥处理对野菊花蒙花苷的含量产生不同影响。$N_2P_2K_2$、$N_2P_2K_3$ 处理与 $N_2P_2K_0$ 处理相比差异显著，$N_2P_2K_1$ 处理与 $N_2P_2K_0$ 处理相比差异不显著。随着 K 肥浓度的增大，野菊花蒙花苷的含量呈逐渐升高再下降又升高的趋

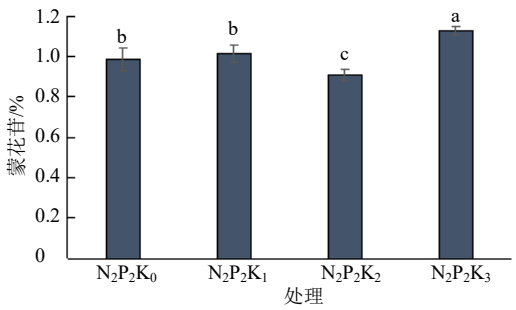

图 7 不同 K 水平对野菊花蒙花苷含量的影响

Fig. 7 Effect of different potassium levels on linarin content of *C. indicum*

势，在 $N_2P_2K_3$ 处理下蒙花苷含量最高，在 $N_2P_2K_2$ 处理下蒙花苷含量最低。

3.3 各处理组合比较与优选

$N_2P_1K_2$ 处理下野菊花头状花序数量、头状花序直径、管状花直径及单株药用部位产量均最高。总黄酮含量与蒙花苷含量在各处理均符合药典要求，其中未施肥处理下含量最高，分别为 6.94%和 1.20%，略高于 $N_2P_1K_2$ 处理与 $N_2P_2K_3$ 处理。但综合经济效益及野菊花品质来分析，$N_2P_1K_2$ 处理为调控野菊生长及品质的 N、P、K 最佳配比。

4 讨论

4.1 N、P、K 调控对野菊花生长性状的影响

矿质元素是影响植物生长发育的重要因素之一，在植物不同生长过程中发挥着不同的影响。Chen 等[12]研究发现，施 N 肥可以明显提高广金钱草叶绿素含量与可溶性蛋白的含量，促进其光合作用；还可以明显提高广金钱草叶片硝酸还原酶和谷丙转氨酶的活性，促进其 N 代谢。本实验观察发现，在同一时期内，随着适当 N、P、K 配比浓度的增加，野菊花株高呈增高趋势，在 N、P、K 配比高浓度下，则出现了一定程度的抑制作用。在各 N、P、K 配施组中，$N_2P_1K_2$ 处理下的野菊花较其他处理生长状况相对较好。这与成春彦等[13]研究发现一致，其认为，在 N、P、K 供应不足，植株生长相对迟缓，在植株各部位表现发育不良；N、P、K 供应过多，植株会出现烧苗现象，除了影响菊花前期的生长发育，还会使生育期延缓。陆宁等[14]发现，适当的 N、P、K 配比下有利于厚朴树高、胸径的增大，也有利于厚朴 N、P、K 含量的提高。可见，适宜的 N、P、K 配比有利于野菊花的生长发育。

刁锐琦等[15]研究发现，适当的 N 肥浓度对高粱苗期的生长具有一定的促进作用，高浓度 N 肥处理则具有一定的抑制作用。植物在不同的生长阶段对 N、P、K 的需肥量有所不同，因此掌握植物每个阶段的需肥规律，定制适当的施肥量对保障植物产量及品质尤为重要。本实验发现，在不同时期，随着不同肥料因素不同肥料水平的变化，在适当的 N、P、K 配比下，野菊花株高的生长均呈增大趋势，株高的增长主要体现在 8～10 月；在 N、P、K 配比高浓度下，野菊花生长前期抑制作用明显，后期由于对肥料需求增大反而起促进作用。周佳民等[16]也发现，适宜的 N、P、K 配施能提高薏苡叶片的叶绿素含量，促进薏苡生长发育。综合不同时期与不同 N、P、K 肥水平下野菊花的各项生长性状发现，野菊花在 N_2 水平与 P_1 水平及 K_2 水平下的生长状况较良好。

4.2 N、P、K 调控对野菊花头状花序性状的影响

贾宏涛等[17]研究指出，适当的 N、P、K 配施对红花的株高与产量等方面都有较好的促进作用；路伟[18]研究发现，在一定范围内相同的 N 肥水平下随着 K 肥浓度的增大，亳菊花序数也随之增多。本实验也发现，不同 N、P、K 配比水平与不同单因素对野菊花各项头状花序性状的影响不同；野菊花的头状花序数、头状花序直径、管状花序直径、单株产量均在 N_2、P_1、K_2 水平下增长最大，然而在 $N_2P_1K_2$ 处理下野菊花单株产量最高，因此综合 N、P、K 配施效果发现，在 $N_2P_1K_2$ 处理下对野菊花的各项头状花序性状增长促进效果最好。可见，适当的增大 N 与 K 的浓度，有利于提高野菊花的产量。

4.3 N、P、K 调控对野菊花活性成分含量的影响

毛莹等[19]研究发现，当大量元素缺乏时丹参所含的丹参酮类成分积累加强；Amtmann 等[20]研究发现，当缺 K 时，会影响次生代谢产物的含量；覃容贵等[21]指出，通过调控土壤 pH 值，配以低 P 量与适当提高 N、K 肥用量，能够增加宽叶缬草总黄酮含量的积累；苏文华等[22]研究发现，有效 N 供应丰富的土壤不利于短葶飞蓬黄酮含量的积累，同时有效 N 对次生代谢产物的影响还受到植物内在与外在因素的影响。本实验发现，在 N、P、K 配比调控下，当其他 2 个施肥因子的水平相同时，野菊花总黄酮含量随着另外一个施肥因子浓度的增大而呈先升高后降低的趋势，均在 N_1 水平、P_1 水平、K_1 水平下的总黄酮含量最高，并且在同一水平下时 N 肥与 K 肥的浓度明显高于 P 肥的浓度，与上述研究基本一致。郭巧生等[23]研究发现，怀菊花在花期各项次生代谢指标，呈现先升高后下降趋势，其中绿原酸与总黄酮含量在花开 70%时最高。

在施肥 $N_2P_1K_2$ 处理下的总黄酮含量最大，但略低于未施肥处理，这也可能是由于野菊花自身特性所致，同一时期各处理所采收的野菊花花开程度不一。有研究发现，植物在面对复杂多变的环境胁迫时，植物体内会产生一系列次生生代谢产物以构成防御机制应对外界环境[24]。野菊花本就生长在野外，这也在一定程度上说明了对于野菊花在人工驯化方面逆境环境模拟必不可少。

研究发现，丹参在 N-P1∶2 时有利于活性成分丹参酮类的积累。本实验发现，野菊花蒙花苷含量在 P 肥与 K 肥浓度相同时，随着 N 肥浓度的增大呈逐渐下降再升高的趋势；在 N 肥与 K 肥浓度相同时，随着 P 肥浓度的增大呈先升高后下降的趋势；在 N 肥与 P 肥浓度相同时，随着 K 肥浓度的增大呈先升高后下降又升高的趋势；野菊花蒙花苷含量分别在 N_0 水平、P_1 水平、K_3 水平时是最高，在施肥处理中，在 $N_2P_2K_3$ 处理下的蒙花苷含量最大（N-P-K 15∶0.6∶42），但略低于未施肥处理。次生代谢产物一般在是在环境胁迫诱导下积累产生，特定的诱导因子会刺激植物产生特定的次生代谢产物，同时也与道地药材的逆境效应有关[25]。

参考文献

[1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.

[2] 张福锁, 崔振岭, 王激清, 等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略 [J]. 植物学通报, 2007, 24(6): 687-694.

[3] 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.

[4] Fang H L, Guo Q S, Shen H J, *et al*. Genetic diversity evaluation of *Chrysanthemum indicum* L. by medicinal compounds and molecular biology tools [J]. *Biochem Syst Ecology*, 2012, 41(1): 26-34.

[5] 樊高洁, 李淑敏, 张 珊, 等. 野菊花的质量标准研究 [J]. 中草药, 2017, 48(19): 4073-4076.

[6] Fang H L, Guo Q S, Shen H J, *et al*. Phylogeography of *Chrysanthemum indicum* L. (Compositae) in China based on trnL-F sequences [J]. *Biochem System Ecol*, 2010, 38(6): 1204-1211.

[7] Shen H J, Guo Q S, Fang H L. Impact of different colored shade polyethylene and maturation on development of flavonoids and phenolic acids in flowers of *Chrysanthemum indicum* L [J]. *J Med Plant Res*, 2011, 5(29): 6555-6563.

[8] Shen H J, Guo Q S, Fang H L. Toxicological evaluation of carotenoid-type extracts from *Flos Chrysanthemi Indici* [J]. *J Med Plants Res*, 2011, 5(23): 5507-5512.

[9] 吕 琳, 秦民坚, 吴 刚, 等. 不同种源野菊及菊花脑花的挥发油成分分析 [J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(1): 53-57.

[10] 蒋志平, 鲁剑巍, 张文君, 等. 菊花氮钾肥效及配方筛选研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(10): 182-186.

[11] 兰昌云, 周崇松, 范必威, 等. 超声波法提取槐花中黄酮的最佳工艺研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(1): 55-58.

[12] Chen C J, Huang M, Yin X H, *et al*. Effects of different nitrogen concentrations on physiological characteristics of *Desmodium styracifolium* at seedlings stage [J]. *Guangxi Agricult Sci*, 2008, 39(4): 461-465.

[13] 成春彦, 熊顺贵. 氮磷钾不同施肥水平对菊花生长发育的影响 [J]. 中国农业大学学报, 1997(增刊): 93-96.

[14] 陆 宁, 陈剑成, 郑郁善. 不同氮磷钾施肥水平对厚朴生长的影响 [J]. 安徽农业科学, 2016, 44(16): 98-100.

[15] 刁锐琦, 胡 云. 不同氮浓度对高粱苗期生长特性及土壤性质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 108-113.

[16] 周佳民, 彭福元, 赵德全, 等. 不同配比施肥对药用薏苡生长特性及生物产量的影响 [J]. 农学学报, 2012, 2(7): 5-7.

[17] 贾宏涛, 孙 霞, 谭 勇, 等. 施肥对红花生长和产量的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(5): 394-397.

[18] 路 伟. 氮磷钾及微量元素配施对毫菊产量与品质的影响 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2007.

[19] 毛 莹, 袁 媛, 何希荣, 等. 不同元素对丹参毛状根生长及丹参酮类成分积累的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2009, 15(11): 6-8.

[20] Amtmann A, Blatt M R. Regulation of macronutrient transport [J]. *New Phytologist*, 2009, 181(1): 35-52.

[21] 覃容贵, 钱志瑶, 周 镁, 等. 宽叶缬草土壤理化性质对其总黄酮含量的影响 [J]. 中药材, 2016, 39(8): 1696-1698.

[22] 苏文华, 张光飞, 周 鸿, 等. 短葶飞蓬黄酮及咖啡酸酯的含量与土壤氮供应量的关系 [J]. 植物生态学报, 2009, 33(5): 885-892.

[23] 郭巧生, 汪 涛, 梁迎暖, 等. 怀菊花期次生代谢物含量及同功酶活性成分动态变化研究 [J]. 中国中药杂志, 2007, 32(3): 199-202.

[24] Harborne J B. Role of secondary metabolites in chemical defense-mechanisms in plants [J]. *Ciba Foundation Symposium*, 1990, 154(154): 126-134.

[25] 谢 腾, 莫 歌, 张山山, 等. 不同诱导子对植物次生代谢的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(7): 210-215.