

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.03.026

卢挺, 杨全, 唐晓敏, 等. 氮磷钾配比施肥对广金钱草产量及质量的影响[J]. 广西植物, 2014, 34(3):426-430

Lu T, Yang Q, Tang XM, et al. Effects of combined application of nitrogen, phosphorous and potassium on the yield and quality of *Desmodium styracifolium* [J]. *Guihaia*, 2014,

34(3):426-430

氮磷钾配比施肥对广金钱草产量及质量的影响

卢挺, 杨全*, 唐晓敏, 程轩轩, 张春荣, 潘海运

(广东药学院 中药学院, 广东 广州 510000)

摘要: 测定了不同氮磷钾配施条件下广金钱草的株高、地径、种子产量、药材干重及夏佛塔苷含量。结果表明: 施肥组生长状况及产量与不施肥组具有极显著差异, 其中单施钾肥 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 的广金钱草株高及药材干重最高, 分别为 174.04 cm 、 94.50 g ; 单施氮肥 $40 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 地径最粗, 达到 16.79 mm ; 施氮、磷肥各 $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 钾肥 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 种子产量最高, 增产率达到 179.30% ; 施氮肥 $40 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 磷肥 $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 钾肥 $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 夏佛塔苷含量最高, 达到 0.175% 。由此可知氮磷钾的合理配施能够促进广金钱草的生长并提高产量, 同时影响夏佛塔苷的积累。以株高、地径、种子产量、药材干重、夏佛塔苷含量为评价标准。根据氮磷钾肥料多元二次曲线回归方程数学模型计算结果, 得出氮最佳施肥量: $42.4 \sim 64.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 磷: $49.5 \sim 59.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 钾: $30.0 \sim 41.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。氮磷钾最佳施肥组合为 $\text{N} : \text{P} : \text{K} = 5.4 : 5.5 : 3.7$ 。

关键词: 广金钱草; 氮、磷、钾; 产量; 夏佛塔苷

中图分类号: Q945.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2014)03-0426-05

Effects of combined application of nitrogen, phosphorous and potassium on the yield and quality of *Desmodium styracifolium*

LU Ting, YANG Quan*, TANG Xiao-Min, CHENG Xuan-Xuan, ZHANG Chun-Rong, PAN Hai-Yun

(School of Chinese herb Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510000, China)

Abstract: The height, ground diameter, seed yield, medicinal material yield and schaftoside content of *Desmodium styracifolium* in different fertilization treatment were calculated and compared. The results indicated that fertilization group and no fertilizer group showed significant differences in the terms of growth. The height and medicinal material field of fertilize K $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ was 174.04 cm and 94.5 g , which was the highest among all the fertilize treatment group; The ground diameter of fertilization N $40 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ was 16.79 mm which was the most coarsest. The combined application of N, P, K significant effected the yield of seed, when N, P, K reached $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ and $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, the seed yield was highest and the production rate reached to 179.30% ; the highest schaftoside content could be reached 0.175% with being N at $40 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, P at $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ and K at $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. It could conclude that the reasonably fertilizing in complex treatment of N, P, K could promote the growth of *D. styracifolium* and increase the yield, also affected the accumulation of schaftoside. Take height, ground diameter, seed yield, medicinal yield and schaftoside

收稿日期: 2013-09-16 修回日期: 2014-01-08

基金项目: 国家科技基础性工作专项重点项目(2007FY110600); 中山市科技局华南现代中医药城项目(20101H020)。

作者简介: 卢挺(1990-), 男, 江西樟树人, 硕士研究生, 主要从事中药资源学的研究, (E-mail) 2007107017luting@163.com。

*通讯作者: 杨全, 博士, 硕士生导师, 主要从事中药材规范化生产研究, (E-mail) yangquan7208@vip.163.com。

content as evaluation standard. According to the fertilization mathematic model, the optimum fertilizer dosages of N was 42.4–64.5 g · m⁻², P: 49.5–59.0 g · m⁻², K: 30.0–41.0 g · m⁻². The optimum fertilization dosage ratio of N-P-K was 5.4 : 5.5 : 3.7.

Key words: *Desmodium styracifolium*; N,P,K; yield; shaftoside

广金钱草(*Desmodium styracifolium*)别名金钱草、落地金钱、铜钱草,为豆科(Leguminosae)山蚂蝗属干燥全草,主要用于黄疸尿赤,热淋,石淋,小便涩痛,水肿尿少等病症的治疗(国家药典委员会,2010)。由于疗效显著,因而受到药材消费市场的极大欢迎(范文昌等,2010)。近年来广金钱草的需求量大幅增加,野生资源已不能满足市场需求,需要发展人工栽培资源以平衡其市场供求。但现阶段市场上流通的广金钱草药材质量参差不齐,市场价格波动,药材种植尚缺乏一套成熟的科学栽培体系,因而严重的制约了广金钱草的生产与发展。

目前国内已开展了栽培技术方面的研究,陈丰连等(2010)通过比较不同采收期的总黄酮及产量的变化趋势,确定广金钱草的最佳采收期。岑丽华等(2005)对广金钱草种植地环境、肥料使用、病虫害防治、采收加工等进行研究,以规范广金钱草的栽培技术。而施肥技术作为药用植物栽培的核心内容少见有报道,合理的施肥能改善中药材原植物的土壤肥力,直接影响到药材的质量和产量(王康才等,2007;申浩等,2011;杨水平等,2009)。因此,本文采用三因素五水平二次饱和 D-最优设计方案,分析不同氮磷钾配施条件下广金钱草株高、地径、药材干重、种子产量及夏佛塔苷含量的差异,借助多元二次曲线回归方程数学模型确定氮磷钾的最佳施肥量及配比,为完善广金钱草的规范化栽培技术体系及专用肥生产提供科学理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

本试验于广州市广东药学院药用植物园实验基地进行,地理位置 113°42' E, 22°52' N, 海拔 43.4 m。土壤基本状况:pH 值 7.22,有机质 2.00%,其中含氮态氮 7.4 mg · kg⁻¹,有效钾 60 mg · kg⁻¹,速效磷 60 mg · kg⁻¹,肥力中等。属边南亚热带季风气候,年均气温 22 °C,年降水量 1 736 mm,年蒸发量 1 700~1 800 mm,年日照时数 1 800~2 100 h。

供试用广金钱草种子购自广西省玉林市药材市场,于 45 °C 清水中浸泡 24 h 种子发芽率为 72%,将

种子混合细沙于 2012 年 3 月 14 日撒播并进行正常田间管理。5 月 11 日移栽,10 个施肥处理,每处理 3 次重复,共 30 个样方,样方面积为 1 m × 1 m,每样方 5 株。

1.2 方法设计

试验设计 3 个处理组即不施肥组(N₀P₀K₀,即对照组),只施一种肥料的单肥组(N₂P₀K₀、N₀P₂K₀、N₀P₀K₂),氮磷钾混施的复合肥组(N₃P₃K₁、N₃P₁K₃、N₂P₄K₄、N₁P₃K₃、N₄P₂K₄、N₄P₄K₂)(表 1)。

以尿素作为氮肥,过磷酸钙作为磷肥,氯化钾作为钾肥,均为市售化肥。氮磷钾肥料按表 1 的比例混合后进行穴施,其中氮肥和磷肥于广金钱草旺长期 8 月 26 日和 9 月 17 日分 2 次施入,每次施肥量占总量的 50%,钾肥于 8 月 26 日一次性全部施入。

1.3 生长指标及产量测定

2012 年 10 月 30 日测量广金钱草的株高、地径(根茎处直径),每处理 6 次重复。11 月 7 日采收种子,自然风干,去除广金钱草种子果皮,称重,每处理 3 次重复。11 月 12 日收获地上部分,105 °C,杀青 0.5 h,60 °C 烘至恒重,计算药材干重。

1.4 夏佛塔苷含量测定

参考《中国药典》2010 版广金钱草项下测定方法,测定用色谱柱:phenomenex-Luna C18(2)柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm);流动相:甲醇-水(32 : 68);流速 0.8 mL · min⁻¹;柱温:35 °C;检测波长:272 nm;进样量:10 μL。本方法夏佛塔苷线性范围为 40.5 ~ 648 ng,线性回归方程:Y = 2425.3X - 82538, R² = 0.9999 (n = 8),样品精密度 RSD = 0.15% (n = 6),夏佛塔苷的加样平均回收率为 97.19%, RSD = 1.72% (n = 6),结果重现性好,准确度高。夏佛塔苷含量测定每处理 6 次重复。

1.5 数据处理

试验数据采用 Spss16.0 统计软件进行 One-way ANOVA 方差分析及 LSD 多重比较。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾配施对广金钱草药材生长及产量的影响

2.1.1 氮磷钾配施对株高的影响 施肥组中除 N₂P₀K₀

表 1 试验各处理的肥料用量表

Table 1 The amount of fertilizer under different trials

因素 Factors	氮磷钾配比及用量 Ratio and dosage of N,P,K ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)									
	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	$\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_0$	$\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_0$	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_2$	$\text{N}_1\text{P}_3\text{K}_3$	$\text{N}_3\text{P}_1\text{K}_3$	$\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_1$	$\text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4$	$\text{N}_4\text{P}_2\text{K}_4$	$\text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2$
N	0	40	0	0	20	60	60	40	80	80
P	0	0	40	0	60	20	60	80	40	80
K	0	0	0	30	45	45	15	60	60	30

株高显著高于对照组 ($P < 0.05$), 其余各组极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_2$ 处理株高最大, 达到 174.04 cm, 增长率达到 191.1%, 显著高于 $\text{N}_1\text{P}_3\text{K}_3$ 、 $\text{N}_3\text{P}_1\text{K}_3$ 、 $\text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4$ 等复合施肥处理 ($P < 0.01$), 由此可知, 氮磷钾的配施会影响钾单施对株高生长的促进作用 (表 2)。各元素对株高的影响顺序为 钾 > 磷 > 氮。

表 2 氮磷钾配施对广金钱草生长及产量影响

Table 2 Effects of mixed application of N,P,K on the growth and yield of *D. styracifolium*

实验组 Group	株高 Plant height (cm)	地径 Ground diameter (mm)	种子产量 Seed yield ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	药材干重 Medicinal yield (g)
$\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_0$	109.30 ± 15.47 DE	16.78 ± 1.47 A	27.11 ± 6.65 AB	18.12 ± 6.49 G
$\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_0$	141.05 ± 8.16 BC	12.44 ± 1.74 B	22.19 ± 6.02 ABC	37.80 ± 4.80 F
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_2$	174.04 ± 19.17 A	9.08 ± 1.09 C	14.36 ± 4.84 BC	94.50 ± 8.20 A
$\text{N}_1\text{P}_3\text{K}_3$	148.82 ± 14.44 B	8.59 ± 0.25 C	20.04 ± 2.16 BC	63.06 ± 5.76 BC
$\text{N}_3\text{P}_1\text{K}_3$	143.78 ± 7.45 BC	8.67 ± 0.62 C	13.71 ± 1.68 BC	70.45 ± 3.49 B
$\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_1$	133.23 ± 11.38 BC	9.95 ± 0.49 C	7.05 ± 2.44 C	46.58 ± 3.48 DEF
$\text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4$	127.90 ± 15.51 BCD	9.23 ± 0.30 C	20.01 ± 3.09 BC	51.70 ± 5.45 CDEF
$\text{N}_4\text{P}_2\text{K}_4$	120.92 ± 10.86 CD	9.66 ± 0.60 C	20.65 ± 5.06 BC	54.30 ± 8.38 CDE
$\text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2$	141.35 ± 4.82 BC	8.57 ± 0.55 C	33.60 ± 18.54 A	59.90 ± 5.57 BCD
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	90.67 ± 1.83 E	6.11 ± 1.00 D	18.74 ± 0.51 BC	42.25 ± 5.74 EF

注: 不同大写字母表示数据差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: Different capital letters indicated significant differences among the data ($P < 0.01$).

2.1.2 氮磷钾配施对地径的影响 施肥组的地径极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 由低到高顺序为 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0 < \text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2 < \text{N}_1\text{P}_3\text{K}_3 < \text{N}_3\text{P}_1\text{K}_3 < \text{N}_0\text{P}_0\text{K}_2 < \text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4 < \text{N}_4\text{P}_2\text{K}_4 < \text{N}_3\text{P}_3\text{K}_1 < \text{N}_0\text{P}_2\text{K}_0 < \text{N}_2\text{P}_0\text{K}_0$ 。其中 $\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_0$ 的地径最大, 为 16.785 mm; $\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_0$ 其次, 明显高于其他氮磷钾肥配施组 ($P < 0.01$), 说明单施氮肥或磷肥能够有效的增粗地径。对比单独施用氮肥、钾肥和磷肥组数据, 排除肥料之间的交互影响效应可知各元素对地径的影响顺序为 氮 > 磷 > 钾。

2.1.3 氮磷钾配施对种子产量的影响 不同施肥处理种子产量由低到高依次为 $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_1 < \text{N}_3\text{P}_1\text{K}_3 < \text{N}_0\text{P}_0\text{K}_2 < \text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0 < \text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4 < \text{N}_1\text{P}_3\text{K}_3 < \text{N}_4\text{P}_2\text{K}_4 < \text{N}_0\text{P}_2\text{K}_0 < \text{N}_2\text{P}_0\text{K}_0 < \text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2$ 。 $\text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2$ 种子产量最高, 为 $33.60 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 增产效果明显。说明高氮高磷配合施用能够促进广金钱草结实 (表 2)。单施氮肥或单施磷肥在提升种子产量方面都体现出一定的优势。各元素对种子产量的影响顺序: 氮 > 磷 > 钾。

2.1.4 氮磷钾配施对药材干重的影响 药材干重由低到高的顺序为 $\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_0 < \text{N}_0\text{P}_2\text{K}_0 < \text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0 < \text{N}_3\text{P}_3\text{K}_1 < \text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4 < \text{N}_4\text{P}_2\text{K}_4 < \text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2 < \text{N}_1\text{P}_3\text{K}_3 < \text{N}_3\text{P}_1\text{K}_3 < \text{N}_0\text{P}_0\text{K}_2$ 。其中单施钾肥能够有效提高药材干重, 与对照组相比, 增长 223.7%。总体上以 $\text{N}_1\text{P}_3\text{K}_3$ 、 $\text{N}_3\text{P}_1\text{K}_3$ 平衡施肥增产效果优于 $\text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4$ 、 $\text{N}_4\text{P}_2\text{K}_4$ 等高配比施肥。说明氮磷钾的平衡施肥较高比例配合施肥更利于药材干物质积累。各元素对药材产量的影响顺序为 钾 > 磷 > 氮。

2.2 氮磷钾配施对广金钱草质量的影响

在施肥组中以 $\text{N}_2\text{P}_4\text{K}_4$ 夏佛塔苷含量最高, 达 0.1748%, 单施氮肥和单施磷肥组其次, 复合施肥 $\text{N}_4\text{P}_4\text{K}_2$ 、 $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_1$ 的夏佛塔苷含量在十个施肥组中排名最后两位 (表 3)。说明高磷高钾配合施肥可促进夏佛塔苷的合成积累, 而高氮高磷的配合施肥则产生抑制作用, 各元素对夏佛塔苷合成积累作用的影响顺序为 氮 > 磷 > 钾。

2.3 氮、磷、钾肥效数学模型建立及分析

以氮肥、磷肥、钾肥施肥量为自变量 X_1 、 X_2 、 X_3 , 各生长指标及夏佛塔苷含量为因变量 Y 。应用 Spss 统计软件, 建立广金钱草肥效多项式模型及回归方程, 结果见表 4。其方程模型如下所示 (α_0 、 α_1 、 $\alpha_2 \dots$ 表示具体参数):

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_1^2 + \alpha_5 X_2^2 + \alpha_6 X_3^2 + \alpha_7 X_1 X_2 + \alpha_8 X_1 X_3 + \alpha_9 X_2 X_3$$

据统计软件检验, 本方程的拟合程度很高, 其相

表 3 氮磷钾配施对夏佛塔苷含量的影响

Table 3 Effect of mixed application of N, P, K on the schaftoside content of *D. styracifolium*

实验组 Group	夏佛塔苷含量 Schaftoside content (%)	与对照组比较 Compare with control group (%)
N ₂ P ₀ K ₀	0.168±0.026 AB	112.0
N ₀ P ₂ K ₀	0.150±0.012 ABC	100.0
N ₀ P ₀ K ₂	0.116±0.018 CDEF	77.3
N ₁ P ₃ K ₃	0.102±0.034 DEF	68.0
N ₃ P ₁ K ₃	0.124±0.013 BCDE	82.7
N ₃ P ₃ K ₁	0.075±0.005 F	50.0
N ₂ P ₁ K ₄	0.175±0.024 A	116.7
N ₄ P ₂ K ₄	0.136±0.015 ABCD	90.7
N ₄ P ₁ K ₂	0.085±0.010 EF	56.7
N ₀ P ₀ K ₀	0.150±0.005 ABC	100.0

关指数近似为 1。对本施肥模型进行数学验证分析结果表明该多项式的理论值与实测值基本一致,证

表 4 广金钱草氮磷钾肥效模型及分析结果

Table 4 The mathematic models and analyses results of N, P and K on *D. styracifolium*

项目 Project	α_0	α_1 N	α_2 P	α_3 K	α_4 N ²	α_5 P ²	α_6 K ²	α_7 NP	α_8 NK	α_9 PK	适宜施肥量 Optimum fertilizer dosage (g·m ⁻²)		
											N	P	K
											株高 Plant height	90.7	-29.7
地径 Groud diameter	6.1	-0.1	-2.3	-12.8	16.9	12.7	29.6	-15.7	-21.6	-12.0	55.5	59.0	39.0
药材产量 Medicinal yield	42.3	-19.4	-20.7	113.2	-13.5	18.9	-43.6	18.1	17.2	-49.2	29.5	68.5	46.5
种子产量 Seed yield	18.7	-44.6	-30.6	19.8	68.8	43.7	-45.1	-65.7	-6.6	31.9	42.5	37.0	25.0
夏佛塔苷 Schaftoside	0.15	0.01	-0.13	-0.16	0.01	0.16	0.17	-0.09	0.05	-0.09	85.0	49.5	30.0

能是因为钾具有促进植物光合作用及光合产物运输的生理功能,钾能促进糖分转化和运输,当植株体内钾供应充足时,糖分合成增强,植株体内纤维素和木质素含量提高,茎秆变得坚韧,株高生长呈现优良态势(Pan, 2004),单施氮肥和磷肥的地径明显大于单施钾肥和氮磷钾配合施肥,其中氮肥的效果又要明显高于磷肥,可能是因为氮是磷脂、蛋白质、核酸的组成成分,而这些物质又是细胞膜、细胞核的重要组成部分;氮也是植物激素和叶绿素的成分,氮的多少将直接影响到植物的生长和发育(张继澍, 2006)。

3.1.2 合理的氮磷钾配施能提高种子产量 在本研究中, N₄P₄K₂ 种子产量最高,而单施氮肥和单施磷肥的种子产量分别位列第二位和第三位,这说明氮和磷是影响种子产量的主要营养元素,氮对种子产量的增产效应最大。而 N₀P₀K₂、N₃P₁K₃、N₃P₃K₁ 的种子产量低于对照组,产生了减产的效应,其原因推测为钾肥的不合理使用导致土壤产生了养分间的拮抗作用,使土壤中的有效微量元素下降,从而影响花粉的发育及种子的形成,降低了结实率,最终导致

明了本施肥模型的实际适用性。

用此模型进行方程决策,对氮、磷、钾最佳施肥量范围的确定均为去掉一个最大值和一个最小值,其他数值平均,求出最佳施肥量:氮为 42.4~64.5 g·m⁻²,磷为 49.5~59.0 g·m⁻²,钾为 30.0~41.0 g·m⁻²;平均氮为 54.2 g·m⁻²,磷为 55.3 g·m⁻²,钾为 36.7 g·m⁻²。氮磷钾的最佳施肥组合为 5.4N:5.5P:3.7K。

3 讨论与结论

3.1 合理的氮磷钾配施能促进生长并提高产量

3.1.1 合理的氮磷钾配施可促进生长 本研究结果表明,氮磷钾单独施肥比复合施肥对生长影响的效果更显著,其中钾肥用量直接影响广金钱草株高的生长,这种促生长效应明显高于氮肥和磷肥。这可

种子产量减少(刘东碧等, 2001)。但高剂量钾肥 N₄P₂K₄ 的种子产量仅低于 N₄P₄K₂、N₂P₀K₀、N₀P₂K₀,位列第四,与对照组相比,并未产生减产效应。可能因为氮肥与钾肥配合施用,铵态氮与钾离子的互补吸收效应能够降低钾肥对土壤的盐毒危害(Hu, 1993)。当钾肥用量较高时应该同时加大氮肥的施用量,以消除钾肥本身对种子结实产生的负效应(陈荣等, 2012)。

3.1.3 氮磷钾配合施肥可提高药材产量 单施钾肥能促进药材干物质积,增产率达到 223.7%,增产效果极显著(P<0.01)。对比药材产量、种子产量及夏佛塔苷含量三部分数据可知这三个指标不可兼得,当药材的干物质积累增加时用于种子发育成熟的营养成分自然减少,在植物的营养生长及生殖生长这两个阶段,如果二者中某一方表现出生长优势,则整体无法保持平衡关系。

3.2 氮磷钾配合施肥对广金钱草药材质量产生影响

施肥能够促使药用植物有效成分积累,从而使有效成分在药材中的含量得到提高(魏波等, 2011)。

在不同的施肥条件下,夏佛塔苷含量表现出差异,单施氮肥和单施磷肥组的夏佛塔苷含量与其他施肥组有极显著差异,夏佛塔苷属于黄酮类化合物,其代谢起源为植株光合作用所产生的有效物质,氮肥与磷肥能够促进植物生长,相应的提高植物的碳代谢活力,从而进一步促进黄酮类化合物的积累(杨全,2013)。夏佛塔苷含量最高组为 $N_2P_4K_4$,说明磷和钾的合理配施可有效提高广金钱草中的夏佛塔苷含量,但是处理 $N_1P_3K_3$ 、 $N_3P_3K_1$ 、 $N_4P_4K_2$ 的夏佛塔苷含量都要低于氮、磷、钾单独施肥组,这与曹鲜艳等(2012)的研究结果类似,在药材有效成分的积累过程中,并非所有氮磷钾配施都能够促进药材有效成分含量上升,只有在一个适宜的施肥量和施肥配比的范围内才能对药材的有效成分积累起到促进作用。

综上所述,在广金钱草的栽培过程中,合理施肥能显著影响植株的生长状况,提高种子及药材产量,并影响夏佛塔苷的积累。在本试验条件下得出广金钱草的最佳氮肥用量为 $42.4 \sim 64.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,磷为 $49.5 \sim 59.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,钾为 $30.0 \sim 41.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;平均氮为 $54.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,磷为 $55.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,钾为 $36.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,氮磷钾最佳施肥组合为 $5.4N : 5.5P : 3.7K$ 。本研究结果对广金钱草的栽培施肥技术具有科学指导意义。

参考文献:

- Cao XY(曹鲜艳), Wang Q(王静), Xu FL(徐福利), et al. 2012. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and active principle accumulation of *Scutellaria baicalensis* Georgi(氮磷钾对黄芩生长与有效成分累积的影响)[J]. *Soil & Fert Sci Chin*(中国土壤与肥料), **11**(2):56-61
- Cen LH(岑丽华), Xu L(徐良), Zheng XH(郑雪花). 2005. Study on standardized cultivation of *Desmodium Styracifolium* (Osborn) Merr. (广金钱草规范化栽培技术)[J]. *J TCM Univ Human* (湖南中医药大学学报), **25**(5):29-31
- Chen FL(陈丰连), Zhang WJ(张文进), Xu HH(徐鸿华). 2010. The study on optimum picking time of *Desmodium styracifolium* (广金钱草适宜采收期研究)[J]. *J Chin Med Mat* (中药材), **33**(2):178-180
- Hu SN. 1993. The Function of Sulphur, magnesium and microelement in farm crop nourishment equilibriumly of essays [C]. Chengdu: Chengdu Scientific and Technical University Press
- Fan WC(范文昌), Mei QX(梅全喜), Lai HB(赖海标). 2010. The research progress about the pharmacologic effects and clinical application of *Desmodium styracifolium* (广金钱草的药理作用和临床应用研究进展)[J]. *Chin Pharm* (中国药房), **21**(31):2961-2963
- Liu DB(刘东碧), Chen F(陈防). 2001. Effect of K application on dry matter accumulation and absorption of K, Ca and Mg of Oil Rape(施钾对油菜干物质积累和钾钙镁吸收的影响)[J]. *Soil & Fert Sci* (土壤与肥料), (4):24-27
- Pang JW(彭建伟), Tian C(田昌), Song HX(宋海星), et al. 2012. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium application ratio and rate on yield and economic benefit of winter rape cultivar Xiangzayou 763(氮磷钾配比与用量对湘杂油763产量和经济效益的影响)[J]. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **31**(4):856-861
- Pan RZ. 2004. *Plant Physiology* [M]. Beijing: Higher Education Publishing House:123-126
- Shen H(申浩), Wu W(吴卫), Hou K(侯凯), et al. 2011. Effect of different fertilizing levels on yields and efficiency components of *Pinellia ternata* from Sichuan(不同施肥水平对川半夏产量和有效成分的影响研究)[J]. *Chin J Chin Mat Med* (中国中药杂志), **36**(8):963-967
- The State Pharmacopoeia Commission. 2010. *Pharmacopoeia of People's Republic of China* [M]. Beijing(北京): Chemical Industry Press:41-42
- Wei B(魏波), Zhang D(张丹), Zhang XC(张兴翠). 2010. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on alkaloid from the tubers of *Pinellia ternate*(氮磷钾对半夏块茎生物碱含量的影响研究)[J]. *J Chin Med Mat* (中药材), **12**(34):1824-1827
- Wang KC(王康才), Tang XQ(唐晓清), Wu J(吴健), et al. 2007. Effects of formula fertilization to yield and content on polysaccharide of *Isatis indigotica* (配方施肥对板蓝根产量和多糖含量的影响)[J]. *Chin J Chin Mat Med* (中国中药杂志), **32**(24):2588-2591
- Yang Q(杨全), Tang XM(唐晓敏), Chen XX(程轩轩), et al. 2013. Effects of nitrogen, phosphorous and potassium fertilizers on the growth and shaftoside content of *Desmodium styracifolium* (氮磷钾配施对广金钱草生长和夏佛塔苷含量影响的研究)[J]. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), **29**(4):206-209
- Yang SP(杨水平), Yang X(杨宪), Huang JG(黄建国), et al. 2009. Effects of application of N, P and K and plant density on growth of *Artemisia annua* and yield of artemisinin(氮磷钾肥和密度对青蒿生长和青蒿素产量的影响)[J]. *Chin J Chin Mat Med* (中国中药杂志), **34**(18):2290-2295
- Zhou JM(周佳明), Yin XH(尹小红), Chen CJ(陈超君), et al. 2010. Effect of nitrogen application levels on yield and active composition content of *Desmodium styracifolium* (施氮水平对广金钱草产量和活性成分含量的影响)[J]. *Chin J Chin Mat Med* (中国中药杂志), **35**(12):1533-1535
- Zhang JS(张继澍). 2006. *Plant Physiology* (植物生理学) [M]. Beijing(北京): Higher Education Press(高等教育出版社):327