

施肥对河北荆芥生长生理及产量和药用品质的影响*

刘红彬^{1,2} 李慧玲¹ 李雁鸣^{1**}

(1. 河北农业大学农学院 河北省作物生长调控重点实验室 保定 071000; 2. 河北北方学院 张家口 075000)

摘要 为明确药用植物荆芥人工栽培的适宜施肥模式,提高人工栽培荆芥的产量和质量,采用单因素随机区组设计的田间试验,研究了不同施肥处理荆芥的生长、生理、产量和有效成分总黄酮含量的变化。试验设置高、中、低量有机肥(腐熟鸡粪)和与有机肥氮磷钾含量相等的高、中、低量化肥及不施肥对照共7个处理。测定了不同施肥处理不同生育时期荆芥叶片光合色素、可溶性蛋白质和不同部位的总黄酮含量,并在收获期测定了不同处理荆芥的干物质产量。结果表明,在该试验条件下,施用有机肥和化肥的荆芥产量和光合色素含量均显著高于对照,有机肥或化肥的3个水平间差异显著,均为高水平>中水平>低水平,有机肥和化肥两种肥料的同一水平间差异不明显;施用有机肥促进荆芥茎、叶、穗中总黄酮的积累,其含量以低水平>中水平>高水平,施用无机肥降低荆芥茎、叶、穗中的总黄酮含量;有机肥高水平处理整株产量和总黄酮量都高于对照及其他处理,差异达显著水平。根据研究结果认为,氮磷钾无机肥料可显著提高荆芥的产量,但降低其总黄酮含量和药用品质,而有机肥料(腐熟的鸡粪)可显著提高荆芥产量,且荆芥中总黄酮含量也较高。因此建议在进行河北省荆芥的人工栽培时,重施有机肥料,最佳有机肥(腐熟的鸡粪)的施用量为 15 750 kg·hm⁻²。

关键词 荆芥 有机肥 无机肥 生长生理 产量 药用品质

中图分类号: S567; TB321 **文献标识码**: A **文章编号**: 1671-3990(2013)02-0157-07

Effects of fertilization on growth physiology, yield and medicinal quality of *Schizonepeta tenuifolia* Briq.

LIU Hong-Bin^{1,2}, LI Hui-Ling¹, LI Yan-Ming¹

(1. Key Laboratory of Crop Growth Regulation of Hebei Province; College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China; 2. Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract To clarify a suitable fertilization mode for optimized yield and medicinal quality of *Schizonepeta tenuifolia* Briq., a single-factor random block design field experiment with three replications was conducted. The seven treatments in the experiment included three levels of organic manure (chicken compost manure 5 250 kg·hm⁻², 10 500 kg·hm⁻² and 15 750 kg·hm⁻², respectively), three levels of chemical fertilizers (with the same ratios and quantities of nitrogen, phosphorus and potassium as the three manure treatments, respectively), and the control treatment without any fertilization. Leaf photosynthetic pigments and soluble protein, total flavonoid contents in different above-ground parts during different periods, and total dry-matter yield of *S. tenuifolia* after harvest were determined. The results showed that under the experimental conditions, both total dry-matter yield and photosynthetic pigment contents of *S. tenuifolia* under manure and chemical fertilizer treatments were significantly higher than those of the control ($P < 0.05$). Significant differences in dry-matter yield and photosynthetic pigment contents existed among different levels of manure and chemical fertilizer—high level > medium level > low level. The differences between manure and chemical fertilizer with the same quantities of available nutrients were insignificant. Organic manure enhanced the accumulation of total flavonoids in stems, leaves and spikes of *S. tenuifolia*. The contents of total flavonoids varied in the order of low level > medium level > high level of manure treatments. Chemical fertilizer decreased the accumulation of total flavonoids in stems, leaves and spikes. Total dry-matter yield, total flavonoid contents of plants under high organic manure treatment were significantly higher than those of the other treatments and CK. Based on the results, it was concluded that chemical fertilizers with nitrogen, phosphorus and potassium increased yields and

* 张家口市科学技术和地震局课题(1112013C-3)和河北省中医药管理局课题(2011100)资助

** 通讯作者: 李雁鸣(1955—), 男, 博士, 教授, 主要从事作物和药用植物高产优质理论与技术研究。E-mail: nxzwst@hebau.edu.cn, liym315@126.com
刘红彬(1978—), 女, 硕士, 讲师, 主要从事药用植物栽培生理研究。E-mail: snowwhite_lhb@163.com

收稿日期: 2012-07-10 接受日期: 2012-09-19

decreased both the total flavonoid content and medicinal quality of *S. tenuifolia*. Suitable quantities of organic manure increased both the dry-matter yield and total flavonoid contents in stems, leaves and spikes of *S. tenuifolia*. Hence organic manure was a better alternative to chemical fertilizers in the production of *S. tenuifolia*. The recommended amount of chicken compost manure for *S. tenuifolia* production in Hebei Province was 15 750 kg·hm⁻².

Key words *Schizonepeta tenuifolia* Briq., Organic manure, Chemical fertilizer, Growth physiology, Yield, Medicinal quality (Received Jul. 10, 2012; accepted Sep. 19, 2012)

荆芥(*Schizonepeta tenuifolia* Briq.)为唇形科荆芥属一年生草本植物,全草和穗加工后用于祛风解表、清头目、利咽喉、透疹、消疮止痒、止血和通鼻窍等^[1-2],为我国传统的中药材。早在 20 世纪 50 年代,河北荆芥就被誉为“八大祁药”之一。河北省是我国荆芥主产地,但由于荆芥栽培缺乏系统整理技术,导致荆芥产量和质量不稳定,严重制约了当地荆芥产业的发展和药农经济收入的提高。在栽培措施中,施肥技术是影响药材产量和品质的重要因素之一^[3-5]。张志梅等^[6]研究发现,磷肥及微肥 MnSO₄ 均能显著提高荆芥产量。张文军等^[7]揭示了荆芥营养需求规律,发现氮、磷、钾肥合理施用能明显提高荆芥全草产量和挥发油含量。有机肥对药用植物生长起着其他肥料不可替代的作用^[8-9],生产上药农比较重视农家肥作为基肥的施用,但盲目施肥的现象严重,施用数量上差异很大,未能根据药用植物本身的需肥规律来确定肥料的施用时间、数量和比例,也未能从提高药材有效成分角度施用有机肥。因此,需要对有机肥在中药材生产中的实用技术给予足够的重视。目前关于有机肥对荆芥生长发育影响的研究尚少见报道。因此,本研究在试验地土壤供肥特性条件下,结合荆芥的需肥特点,研究了有机肥和无机肥施用对荆芥生长、生理、产量和品质的影响,以期当地荆芥规范化种植提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验基本情况

从河北省安国市长安中药材有限公司购买荆芥种子。田间试验在河北农业大学农场药用植物园进行。前茬为菊花。试验地土壤为砂质壤土,试验前多点采样测定 0~20 cm 土壤养分含量为有机质 16.7 g·kg⁻¹、全氮 0.96 g·kg⁻¹、碱解氮 68.97 mg·kg⁻¹、速效磷(P₂O₅) 33.02 mg·kg⁻¹、速效钾(K₂O) 66.93 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验设有机肥施用量和无机肥施用量各 3 个水平(低、中、高),其中有效成分氮、磷、钾的施用量分别对应相同,以不施肥为对照,共 7 个处理。试验用有机肥含 N 13.739 g·kg⁻¹、P₂O₅ 6.653 g·kg⁻¹、K₂O 9.500 g·kg⁻¹,比例为 N P₂O₅ K₂O=14.46 7.00 10.00。无机肥为氮、磷、钾肥按一定的比例组成,其中氮肥为尿素(含 N 46%),磷肥为过磷酸钙(含 P₂O₅ 18%),钾肥为氯化钾(含 K₂O 60%)。各处理的施肥量及氮、磷、钾含量见表 1。试验采用单因素随机区组设计,3 次重复,共 21 个小区。施肥试验区总面积为 600 m²,周围设 1.2 m 的保护行,每小区 21 m²(7 m×3 m),小区间隔 1 m 宽水沟。

1.3 栽培管理

播种前旋耕,深度 18 cm,耙细,整平,作畦。播种前将种子置 38 °C 温水中浸泡过夜,保证出苗整

表 1 各施肥处理施肥量
Table 1 Fertilizer rates of different treatments

施肥处理 Treatment	代号 Code	肥料种类和数量 Type and quantity of fertilizer (kg·hm ⁻²)	折合有效养分 Contents of available nutrients (kg·hm ⁻²)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
低量有机肥 Low manure	A1	鸡粪 5 250 Chicken manure 5 250	72.13	34.93	49.86
中量有机肥 Middle manure	A2	鸡粪 10 500 Chicken manure 10 500	144.26	69.86	99.72
高量有机肥 High manure	A3	鸡粪 15 750 Chicken manure 15 750	216.39	104.48	149.58
低量无机肥 Low chemical fertilizer	B1	尿素 156.8+过磷酸钙 194.05+氯化钾 83.1 Urea 156.8 + calcium superphosphate 194.05 + potassium chloride 83.1	72.13	34.93	49.86
中量无机肥 Middle chemical fertilizer	B2	尿素 313.6+过磷酸钙 388.1+氯化钾 166.2 Urea 313.6 + calcium superphosphate 388.1 + potassium chloride 166.2	144.26	69.86	99.72
高量无机肥 High chemical fertilizer	B3	尿素 470.4+过磷酸钙 582.15+氯化钾 249.3 Urea 470.4 + calcium superphosphate 582.15 + potassium chloride 249.3	216.39	104.48	149.58
对照 Control	CK	不施肥 No manure or chemical fertilizer	0	0	0

齐。5月9日播种,采用条播,在畦内按行距30 cm开浅沟,沟深1 cm。将种子均匀撒播入沟内,播种量 $7.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。覆土厚0.6~0.8 cm,稍镇压后即浇蒙头水。幼苗出土前及苗期保持畦面湿润。播种后10 d出苗,株高8~10 cm时按株距10 cm定苗。幼苗期浇小水。7月份进入孕蕾期时控制浇水,雨季注意排水。适时松土除草,封行后不再中耕。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 生育阶段的划分

参考农作物的生育阶段划分方法^[10],把荆芥全生育期分为苗期、蕾期、花穗期和种子成熟期4个阶段。根据观察,6月15日—7月25日为苗期,7月25日—8月27日为蕾期,8月27日—9月30日为花穗期,9月30日—10月9日为种子成熟期。

1.4.2 荆芥叶片光合色素含量测定

从苗期的6月30日至花穗中期,共分9次取荆芥叶片,每次在各小区随机取叶片20片。洗净擦干,剪碎,称取1 g,参照赵世杰^[11]方法测定。

1.4.3 荆芥叶片可溶性蛋白质含量测定

从苗期的6月30日开始至花穗中期共8次取荆芥叶片,每次在各小区随机取同一叶层的成熟叶片20片。洗净擦干,剪碎,混匀,称取1 g研钵匀浆,离心,取上清液,采用Read等^[12]考马斯亮蓝法测定[单位: $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}(\text{FW})$]。

1.4.4 荆芥植株不同部位有效成分总黄酮含量测定

从7月16日开始至成熟期,共8次取样,每个小区取样10株。在实验室将植株洗去灰尘,分别摘取茎、叶、穗3个部位,各自混匀,105℃烘箱中杀青30 min,60℃恒温干燥8 h,粉碎,过20目筛待用。过筛荆芥各部位的粉末中的总黄酮采用MAS—I型常压微波辅助合成/萃取反应仪(上海新仪微波化学科技有限公司)提取,比色测定采用U-2001自动扫描可见紫外分光光度计(日本日立)。对照品芦丁购自中国药品生物制品检定所,95%乙醇、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠均为分析纯。根据中华人民共和国药典(2000)^[1]的方法测定总黄酮含量。

1.4.5 整株产量测定

盛花期(9月20日)整株产量测定:在每个小区量取生长态势均匀一致的荆芥植株 2 m^2 收获,自然阴干,称重。

1.4.6 植株总黄酮产量测定

植株总黄酮产量的计算公式:

荆芥地上部总黄酮产量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)=茎总黄酮含量×茎产量+叶总黄酮含量×叶产量+穗总黄酮含量×穗产量 (1)

荆芥穗总黄酮产量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)=穗总黄酮含量×穗产量 (2)

1.5 数据统计分析方法

使用Microsoft Excel和SPSS 12.0软件对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 施肥对荆芥叶片光合色素含量的影响

由图1可知,叶绿素a与叶绿素b变化规律基本相似,在整个生育期,叶绿素a和叶绿素b平均含量为苗期>蕾期>花穗期。随着叶片的衰老,在生育末期含量最低。生育初期类胡萝卜素含量较高,在苗期中期迅速下降后相对稳定,表现为蕾期>苗期>花穗期。可能原因是荆芥本身的遗传发育规律决定的,也可能是不同时期所处的季节光质变化引起的。不同施肥处理与对照不同时期荆芥叶片的叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素含量变化规律相似,经方差分析,叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素在有机肥水平间、无机肥水平间,均以高水平>中水平>低水平,但差异不显著。有机肥处理组与无机肥处理组显著高于对照,有机肥高、中、低水平与无机肥高、中、低水平分别对应的差异不明显。

2.2 施肥对荆芥叶片可溶性蛋白质含量的影响

由图2可见,7月份和8月上旬各施肥处理荆芥叶片可溶性蛋白质含量的变化无明显规律,多数处理的变化趋势相同,从7月上旬到8月中旬有3个峰、2个谷的变化,但B2和B3的变化趋势有别于其他处理。7月份A3处理叶片可溶性蛋白质含量比对照高,其余处理均比对照低。而8月中旬以后各施肥处理荆芥叶片可溶性蛋白质含量均比对照高,表现为有机肥>无机肥>对照。在各时期A3处理叶片可溶性蛋白质含量都比较高。各时期有机肥处理组均高于无机肥处理组。有机肥各水平的叶片可溶性蛋白质含量表现为高水平>中水平>低水平,但不同水平间差异不显著。无机肥各水平间规律不明显,但低水平略高于其他2个水平。

2.3 施肥对荆芥不同部位总黄酮含量的影响

2.3.1 施肥对茎中总黄酮含量的影响

由表2可知,A1处理各时期荆芥茎中总黄酮含量变化规律与对照一致,但各时期均高于对照及其他处理,且差异显著。B2处理各时期总黄酮含量的变化规律与对照相似,初花期前显著低于对照,初花期后与对照差异不显著。其余各处理总黄酮含量总体趋势低于对照,且差异显著。由此可见,适量有机肥可促进荆芥茎总黄酮含量积累,施用量过高降低荆芥茎的总黄酮积累。无机肥没有促进荆芥茎总

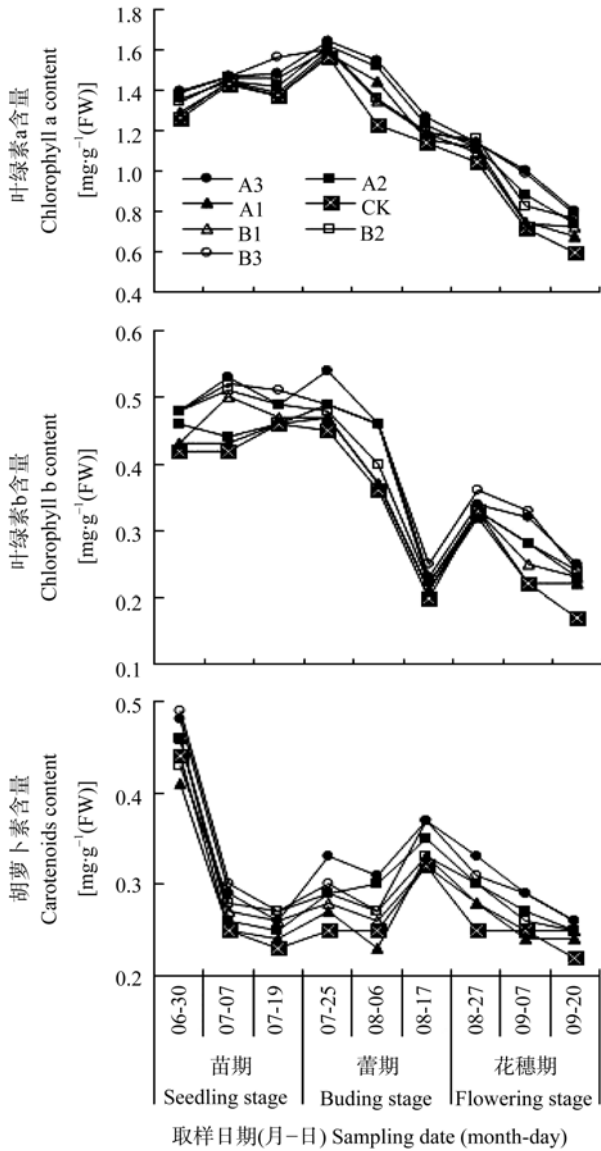


图 1 不同施肥处理荆芥叶片的叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素含量

Fig. 1 Chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid contents in leaf of *S. tenuifolia* under different treatments at various growth stages

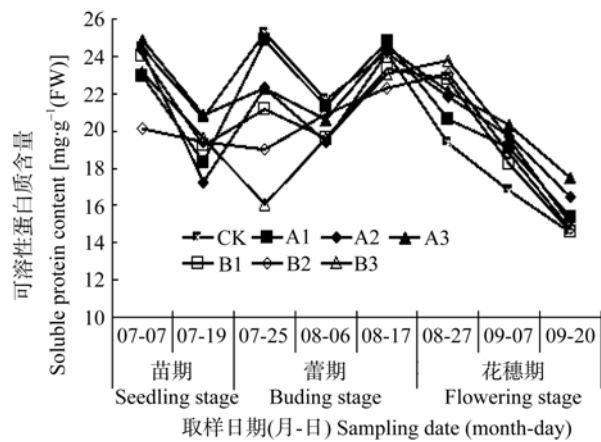


图 2 不同施肥处理荆芥叶片可溶性蛋白质含量

Fig. 2 Soluble protein content in leaf of *S. tenuifolia* under different treatments at various growth stages

黄酮含量积累,且可能对其产生抑制。由此看来,施用适量有机肥是提高荆芥茎总黄酮含量的有效途径。此结论支持 GAP(中药材生产质量管理规范)提出的“以有机肥作基肥”的正确性和可靠性。

2.3.2 施肥对叶中总黄酮含量的影响

由表 3 可知, A1、A2、A3 处理各时期荆芥叶中总黄酮含量变化规律与对照一致,其中 A1 处理各时期基本高于对照及其他处理,且差异显著。A2 处理初花期前含量显著高于对照,初花期后含量低于对照; A3 处理总黄酮含量总体趋势低于对照。可见适量有机肥可促进荆芥叶中总黄酮含量积累,但施用量过高同样降低荆芥叶的总黄酮积累。

施无机肥的 B1、B2、B3 处理各时期荆芥叶中总黄酮含量变化规律总体趋势相似,其中 B1、B3 处理各时期荆芥叶总黄酮含量低于对照,差异显著或不显著; B2 处理 8 月略低于对照,其余时期高于对照。这表明,适量无机肥在蕾期以后可以促进荆芥叶总黄酮的积累;无机肥过量或过低不仅不能促进荆芥叶总黄酮积累,且可能抑制叶中总黄酮的积累。

2.3.3 施肥对穗中总黄酮含量的影响

由表 4 可见,各处理各时期荆芥穗中总黄酮含量变化规律与对照一致。A1、A2、A3 处理盛花期(9 月 26 日)前低于对照,盛花期后高于对照及无机肥处理,且差异显著;其中 A1 处理荆芥穗中总黄酮含量最高,其次是 A2 处理,最后是 A3; B1、B2、B3 处理在整个生育期低于对照,且差异显著。这表明,适量有机肥促进荆芥穗总黄酮积累,施用量过高降低荆芥穗的总黄酮含量。无机肥不能促进荆芥穗总黄酮含量积累,且可能抑制穗中总黄酮的积累。

2.4 施肥对荆芥整株产量形成的影响

由表 5 可见,各施肥处理在荆芥采收期(盛花期, 9 月 26 日)整株产量与对照差异均达到极显著水平。其中, A3 处理整株产量最高,比对照增加 98.08%; A3>A2>A1, 差异达极显著水平; B3>B2>B1, 差异显著或不显著。A3 高于 B3, 且差异显著; A2 和 A1 分别对应高于 B2 和 B1, 但差异均不显著。由表 5 可知,盛花期采收的有机肥组和无机肥组与对照的差异均达到极显著水平;有机肥组产量高于无机肥组,但差异不显著。

2.5 最佳施肥量的确定

由于 9 月 26 日所收获荆芥在最佳收获期范围内,因此根据该时期所收获荆芥的各部位产量和总黄酮含量计算有效成分总黄酮的产量,从而确定荆芥的最佳施肥方案。

由表 6 可知,施用有机肥和化肥均能使荆芥干物质产量明显提高,有机肥或化肥水平间差异显著,

表 2 不同施肥处理荆芥茎中总黄酮含量

Table 2 Content of total flavonoids in stems of *S. tenuifolia* under different fertilization treatments mg·g⁻¹

处理 Treatment	取样日期(月-日) Sampling date (month-day)							
	07-16	08-05	08-17	08-27	09-10	09-20	09-26	10-09
A3	9.62±0.24d	10.98±0.16c	7.57±0.04b	6.19±0.08ab	8.20±0.15d	9.85±0.20b	9.65±0.34c	9.11±0.06cd
A2	10.90±0.20c	7.61±0.12e	6.29±0.36de	5.81±0.36cd	9.09±0.12c	9.98±0.18b	9.76±0.16c	9.32±0.24c
A1	12.58±0.40a	12.54±0.04a	8.81±0.08a	6.29±0.12a	12.94±0.28a	12.49±0.26a	12.18±0.22a	11.76±0.14a
CK	10.74±0.02c	11.84±0.17b	6.85±0.04c	5.41±0.04e	12.30±0.04b	11.96±0.03a	11.76±0.16b	11.16±0.09b
B1	11.90±0.36b	7.65±0.18e	6.45±0.16cd	6.01±0.02abc	8.05±0.08d	9.76±0.28b	9.53±0.18c	8.92±0.08d
B2	9.82±0.36d	9.01±0.12d	5.93±0.32f	5.53±0.08de	12.42±0.16b	12.26±0.42a	12.08±0.28a	11.63±0.18a
B3	9.86±0.40d	6.97±0.08f	6.93±0.10c	5.97±0.20bc	9.30±0.24c	9.34±0.08c	9.01±0.32d	8.56±0.22e

不同小写字母表示处理间 0.05 水平上差异显著, 下同。Different small letters indicate significant difference among treatments at 0.05 level. The same below.

表 3 不同施肥处理荆芥叶中总黄酮含量

Table 3 Content of total flavonoids in leaves of *S. tenuifolia* under different fertilization treatments mg·g⁻¹

处理 Treatment	取样日期(月-日) Sampling date (month-day)							
	07-16	08-05	08-17	08-27	09-10	09-20	09-26	10-09
A3	15.61±0.20b	16.19±0.23c	13.30±0.13d	11.94±0.06b	20.43±0.12d	21.70±0.04b	19.69±0.08cd	19.44±0.18cd
A2	15.71±0.12b	20.71±0.21a	15.83±0.20a	12.78±0.08b	20.03±0.16d	20.08±0.13c	19.89±0.06c	19.31±0.16cd
A1	16.31±0.16a	19.87±0.06b	15.18±0.08ab	14.38±0.15a	22.98±0.06a	23.03±0.21a	22.47±0.11a	21.81±0.21a
CK	14.90±0.12de	18.15±0.32c	13.18±0.16d	12.14±0.05b	21.76±0.02c	22.00±0.04b	21.38±0.07b	19.95±0.28c
B1	15.35±0.31c	13.22±0.22f	14.26±0.04c	10.46±0.25c	20.11±0.06d	19.38±0.18c	19.08±0.23d	18.86±0.12d
B2	15.10±0.04d	17.23±0.28d	14.34±0.06c	14.26±0.11a	22.36±0.04b	21.80±0.08b	21.14±0.09b	20.80±0.07b
B3	14.70±0.14e	12.50±0.36g	14.66±0.02bc	12.38±0.13b	18.39±0.23c	17.42±0.23d	17.31±0.26e	17.08±0.24e

表 4 不同施肥处理荆芥穗中总黄酮含量

Table 4 Content of total flavonoids in spikes of *S. tenuifolia* under different fertilization treatments mg·g⁻¹

处理 Treatment	测定日期(月-日) Determination date (month-day)				
	09-10	09-20	09-26	10-02	10-09
A3	7.17±0.10c	5.59±0.02d	18.16±0.12b	14.56±0.18b	9.61±0.06b
A2	7.10±0.04c	7.23±0.12b	18.41±0.09b	15.02±0.10a	10.82±0.18a
A1	8.45±0.13b	7.10±0.08b	19.19±0.19a	15.04±0.12a	11.17±0.23a
CK	9.82±0.10a	7.72±0.19a	18.14±0.12b	12.92±0.11c	8.38±0.04c
B1	6.92±0.06c	6.65±0.06c	16.95±0.07c	12.01±0.13d	8.46±0.05c
B2	6.98±0.09c	5.20±0.03e	16.56±0.12c	12.25±0.09d	8.73±0.08c
B3	6.42±0.05d	4.99±0.04f	14.26±0.21d	11.42±0.14e	7.50±0.15d

表 5 不同施肥处理盛花期采收的荆芥整株产量

Table 5 Total plant yield of *S. tenuifolia* harvested at full flower stage under different fertilization treatments kg·hm⁻²

处理 Treatment	CK	A1	A2	A3	B1	B2	B3
产量 Yield (kg·hm ⁻²)	7 189±312E	8 661±456DE	11 007±1 187BC	14 237±1 411A	8 513±422DE	10 457±200CD	12 368±363AB
增产率 Yield increasing rate (%)	0	20.48	53.10	98.03	18.42	45.46	72.03

不同大写字母表示处理间 0.01 水平上差异显著 Different capital letters indicate significant difference among treatments at 0.01 level.

均为高水平>中水平>低水平, 相同水平的有机肥和化肥处理间差异不显著; 荆芥地上部总黄酮产量表现为 A3>B2>A2>B3>A1>CK>B1; 与对照相比, 有机肥提高了荆芥地上部总黄酮和荆芥穗产量, 且与对照之间差异显著, 有机肥水平间差异显著或不显著; 与对照相比, 无机肥组高、中水平处理提高了

荆芥地上部总黄酮产量和荆芥穗产量, 且差异显著, 低水平处理略提高了荆芥穗产量, 略降低了荆芥总黄酮地上部产量, 差异不显著。综合考虑, A3 处理荆芥地上部产量和总黄酮产量、荆芥穗产量和总黄酮产量均高于对照及其他处理。所以确定 A3 处理为最佳施肥方案。

表 6 不同施肥处理荆芥各部位干物质产量及总黄酮产量
Table 6 Dry matter yield and total flavonoids yield of *S. tenuifolia* under different fertilization treatments $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$

处理 Treatment	干物质产量 Dry matter yield				总黄酮产量 Total flavonoids yield			
	茎 Stem	叶 Leaf	穗 Spike	地上部 Above ground part	茎 Stem	叶 Leaf	穗 Spike	地上部 Above ground part
A3	7 969.36±518.70a	2 468.32±412.23a	2 696.59±382.97a	13 134.27±1 299.78a	76.90±5.01b	48.60±8.11a	48.97±6.95a	174.47±19.81a
A2	6 106.69±221.93c	1 763.59±264.40b	2 120.11±339.05bc	9 990.39±821.84c	59.60±2.17d	35.08±5.25b	40.26±6.24b	134.94±13.36bc
A1	4 882.68±105.79d	1 176.11±136.10d	1 772.31±26.81cd	7 831.10±165.96d	59.47±1.29d	26.43±3.06cd	34.65±0.51bc	120.54±3.26c
CK	3 756.27±120.53e	1 594.96±179.48bc	1 186.31±260.19e	6 537.54±270.77e	44.17±1.42e	34.10±3.84bc	21.52±4.71d	99.79±5.51d
B1	4 926.58±210.83d	1 265.98±170.25cd	1 672.26±64.48d	7 864.82±406.54d	46.95±2.01e	24.15±3.25d	28.34±1.09cd	99.45±5.72d
B2	5 973.45±42.60c	1 602.61±96.58bc	2 043.88±147.35cd	9 619.94±188.12c	71.95±0.51b	33.88±2.04bc	33.85±2.44bc	139.68±3.70bc
B3	7 159.20±168.76b	1 779.73±175.43b	2 467.90±25.99ab	11 406.83±335.11b	64.50±1.52c	30.81±3.04bc	35.19±0.37bc	130.50±4.52bc

3 讨论和结论

荆芥的生理生化特性影响荆芥的产量。叶绿素是植物体内的主要光合色素,是作物在光合作用过程中将光能转化为化学能并用于物质合成的关键物质。在一定范围内,叶绿素含量与光合能力呈正相关,叶绿素含量增加有利于植物捕获更多的光能^[13]。在本研究施肥量范围内,施肥促进了荆芥叶片叶绿素含量的提高,而且随着有机肥或无机肥施用量的增加,叶绿素含量增加,植株生长旺盛,叶面积扩展快,叶片衰老慢,从而增大了光合面积,延长了光合时间,高光效持续期长,所以有利于较多的干物质积累,形成相应较高的产量。本研究还证明,苗期高水平的无机肥处理叶绿素含量最高,蕾期和花穗期高水平的有机肥处理叶绿素含量最高。但合理的施肥量有一定范围,超过这一范围叶片叶绿素含量反而降低。张燕^[14]在盆栽条件下研究发现,黄芩叶绿素含量在施氮量达 $1.2 \text{ g(N)}\cdot\text{盆}^{-1}$ 之前有良好反应,高于此施用量叶绿素含量降低。本研究中均以高水平施肥叶绿素含量最高,可能与施肥水平设计范围较小有关。可溶性蛋白质含量是作物氮素代谢的一个重要生理指标,与作物的生长密切相关。本研究结果表明,施肥对荆芥叶片可溶性蛋白质含量影响作用不明显。以上结果表明,作为可调控的施肥措施,可能通过对这些生理特性的不同影响而影响荆芥的产量。

本研究中低水平有机肥处理($5\ 750 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)的荆芥茎、叶、穗总黄酮含量在各时期都显著高于对照及其他处理,这可能与有机肥的养分平衡、协调供肥性能对促进作物代谢和内源激素的平衡^[15-16]等作用有关。本研究中高水平的有机肥和无机肥处理各时期茎、叶、穗总黄酮含量都低于对照及其他处理;中水平的有机肥和无机肥处理,在部分生育阶段个别器官的总黄酮含量有所提高,而在其他生育阶段的总黄酮含量却有所降低。可见,有机肥或无机肥施用量过高降低荆芥茎、叶、穗的总黄酮积累。

原因可能是过高施肥量导致荆芥体内矿质元素比例失调,进而导致代谢紊乱而影响荆芥生长发育。说明从有效成分含量的角度看,荆芥仍具有野生特性,不耐高肥力,过好的营养环境反而会降低其药用品质。氮、磷、钾是植物体内含量较大的元素,其含量和配比合理可以促进植物生长发育,但含量过高或比例不当也可能破坏植物体内代谢平衡而影响生长和有效成分积累。从本试验结果看,在有机质丰富,氮、磷、钾养分都较充足的土壤上栽植荆芥,大量施用无机肥或有机肥会导致荆芥的药用价值下降。因此,必须注意其合理施用范围,否则将会导致肥料的严重浪费,并显著降低经济效益。

根据本研究结果,高水平有机肥的荆芥地上部生物产量和总黄酮产量最高,综合考虑,可认为该处理为最佳施肥处理,推荐有机肥腐熟鸡粪的施用量为 $15\ 750 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,但有效成分总黄酮的含量却以低水平有机肥处理的最高。考虑到荆芥的药用价值,低水平有机肥施用量也可作为较好的可供选择的施肥方案。值得指出的是,有关施用肥料的最佳施用量及配比和最佳施肥时间,还有待于进一步研究。

本试验只研究了施肥对荆芥有效成分总黄酮含量的影响,关于施肥对挥发油、酚酸等荆芥的有效成分含量的影响,仍需要做大量研究工作。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2000[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999: 249
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of People's Republic of China 2000[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1999: 249
- [2] 郭巧生. 药用植物栽培学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 5-11
Guo Q S. Medicinal plants cultivation[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004: 5-11
- [3] 陈铁柱, 张连学, 周先建, 等. 施肥方法对平贝母产量和质量的影响[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(5): 544-546

- Chen T Z, Zhang L X, Zhou X J, et al. Preliminary study of fertilizer effect on yield and quality of *Fritillaria ussuriensis*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009, 34(5): 544-546
- [4] 王丹, 侯俊玲, 万春阳, 等. 中药材施肥研究进展[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 225-228
Wang D, Hou J L, Wan C Y, et al. Progress of fertilization on Chinese medicinal materials[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2011, 42(1): 225-228
- [5] 刘大会, 郭兰萍, 朱端卫, 等. 施肥和覆盖地膜对福田河菊花产量与品质的影响[J]. 中草药, 2009, 40(5): 788-792
Liu D H, Guo L P, Zhu D W, et al. Effect of fertilization and plastic film mulching on yield and quality of *Chrysanthemum morifolium* flower[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2009, 40(5): 788-792
- [6] 张志梅, 赵永华, 郭玉海, 等. 荆芥三项栽培措施对产量的影响[J]. 中药材, 2007, 30(1): 8-9
Zhang Z M, Zhao Y H, Guo Y H, et al. Effect of three cultivation measures on yield of the *Schizonepeta tenuifolia* Briq[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2007, 30(1): 8-9
- [7] 张文军, 骆翔, 郭玉海, 等. 氮、磷、钾对荆芥产量及挥发油含量的影响[J]. 北方园艺, 2010(16): 194-196
Zhang W J, Luo X, Guo Y H, et al. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on yield and essential oil content of *Schizonepeta tenuifolia*[J]. Northern Horticulture, 2010(16): 194-196
- [8] 封万里, 孙跃春, 孙丙富. 生物有机肥对药材连作病害的防治作用[J]. 中国林副特产, 2011(4): 88-90
Feng W L, Sun Y C, Sun B F. Research progress on bio-organic fertilizer control of replant disease in Chinese medicinal materials[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2011(4): 88-90
- [9] 王长林, 厉彦森, 郭巧生, 等. 种苗与施肥对明党参产量和质量的影响[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(4): 293-296
Wang C L, Li Y S, Guo Q S, et al. Effect of seedling and fertilizing on yield and quality of cultivated *Changium smyrnioides*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2007, 32(4): 293-296
- [10] 曹卫星. 作物栽培学总论[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 34-43
Cao W X. General Crop Cultivation[M]. Beijing: Science Press, 2006: 34-43
- [11] 赵世杰. 叶绿体色素的含量测定[M]//邹琦. 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业出版社, 2000: 72-75
Zhao S J. Quantitative determination of chlorophyll pigments[M]//Zou Q. Experimental Instruction of Plant physiology. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 72-75
- [12] Read S M, Northcote D H. Minimization of variation in the response to different protein of the Coomassie Blue G dye-binding: assay to protein[J]. Analytical Biochemistry, 1981, 116(1): 53-64
- [13] 郑广华. 植物栽培生理[M]. 济南: 山东科技出版社, 1980: 24-26
Zheng G H. Physiology of plant cultivation[M]. Jinan, Shandong Science Technology Press, 1980: 24-26
- [14] 张燕. 黄芩营养特性及施肥效应的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2004
Zhang Y. Studies on the Nutritional Characteristics and Fertilization Effects in *Scutellaria baicalensis* Georgi[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2004
- [15] 孙羲. 中国土壤科学新近研究进展[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1986: 197-206
Sun X. Recent advances of soil science in China[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1986: 197-206
- [16] 杨玉爱, 叶正钱, 陈峰, 等. 有机肥料延缓日本黄瓜早衰作用的研究[J]. 土壤学报, 1992, 29(4): 447-450
Yang Y A, Ye Z Q, Chen F, et al. Function of organic manure delaying senescence of Japanese cucumber[J]. Acta Pedologica Sinica, 1992, 29(4): 447-450