

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.10.024

有机肥与化肥配施对广藿香生长、品质及土壤养分的影响*

卢丽兰¹ 杨新全² 赵世翔¹ 王旭东¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国医学科学院药用植物研究所海南分所, 海口 570100)

摘要: 设置有机肥与化肥不同配比的8个处理:100%有机肥、75%有机肥+25%化肥、60%有机肥+40%化肥、50%有机肥+50%化肥、40%有机肥+60%化肥、25%有机肥+75%化肥与100%化肥,并以不施肥为对照(CK),研究不同施肥处理对广藿香生长、产量、油量、品质及广藿香基地土壤养分含量的影响。结果表明不同施肥处理都促进广藿香产量、油量、品质及土壤养分含量的提高,但处理之间差异明显。产量及油量以75%有机肥+25%化肥处理最高,分别比对照平均增产31.58%和168.10%,60%有机肥+40%化肥处理次之,50%有机肥+50%化肥处理居中;广藿香株高、茎粗、分蘖数、叶面积指数等生长指标以及12种主要化学成分(β -广藿香烯、 α -愈创木烯、刺蕊草烯、 α -广藿香烯、 δ -愈创木烯、苦橙油醇、 β -榄香烯、异石竹烯、 β -愈创木烯、反式-丁香烯、广藿香酮、广藿香醇)、水溶性和醇溶性浸出物等品质指标都以75%有机肥+25%化肥处理最高。广藿香基地土壤中有有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量以100%有机肥、75%有机肥+25%化肥、60%有机肥+40%化肥、50%有机肥+50%化肥处理含量较高,其中100%有机肥处理最高,4个处理间差异不显著。结论得出,75%有机肥+25%化肥配施是适合广藿香施肥的方案。

关键词: 广藿香 有机肥与化肥配施 产量 品质 土壤养分

中图分类号: S143.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2015)10-0184-08

Effects of Compound Application of Organic and Chemical Fertilizers on Growth, Quality of *Pogostemon cablin* and Soil Nutrient

Lu Lilan¹ Yang Xinquan² Zhao Shixiang¹ Wang Xudong¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. Hainan Branch of Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Haikou 570100, China)

Abstract: *Pogostemon cablin* belongs to Labiatae, with reputation in the domestic and foreign markets. The Hainan Patchouli, in addition to medicine, due to high oil content, is also used to extract volatile oil for export. To test the effects of compound application of organic and chemical fertilizers on Patchouli plants, eight treatments of compound fertilizer mixed with organic fertilizer and chemical fertilizer were set to study their influences on Patchouli growth, yield, oil, quality and soil nutrient contents. The treatments were set as organic fertilizer of 100% (100% OF), chemical fertilizer of 100% (100% CF), 75% OF + 25% CF, 60% OF + 40% CF, 50% OF + 50% CF, 40% OF + 60% CF, 25% OF + 75% CF and no fertilizer as control (CK). The results showed that different fertilization treatments promoted the improvement of Patchouli yield, oil, quality and soil nutrient contents, but an significant difference was presented between different treatments. The yield and oil were the highest in 75% OF + 25% CF treatment, which was 31.58% and 168.10% higher than those of CK, respectively, followed by 60% OF + 30% CF and 50% OF + 50% CF treatments. The growth indexes of Patchouli, such as plant

收稿日期: 2015-07-05 修回日期: 2015-07-30

* 国家科技重大专项资助项目(2012ZX09304006)

作者简介: 卢丽兰, 副研究员, 博士生, 主要从事土壤化学与肥料学研究, E-mail: lulilan1234@163.com

通讯作者: 王旭东, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤与环境化学研究, E-mail: wangxudong01@126.com

height, stem diameter, number of tillers and leaf area index, and the qualities of the 12 kinds of main chemical components (β -Patchouliene, α -guaiene, exogenous squalene, α -patchoulene, δ -guaiene, nerolidol, β -elemene, caryophyllene, β -guaiene, trans-caryophyllene, pogostone, patchouli alcohol), water soluble and alcohol soluble extracts in 75% OF + 25% CF treatment were the highest. Organic matter, alkali solution nitrogen, available phosphorus and potassium contents in soil were higher in 100% OF, 75% OF + 25% CF, 60% OF + 40% CF, and 50% OF + 50% CF treatments, and 100% OF treatment got the highest values, the difference between the four treatments was not significant. Therefore, the treatment of 75% OF + 25% CF could be suitable for Patchouli fertilization scheme.

Key words: *Pogostemon cablin* Compound application of organic and chemical fertilizer Yield Quality Soil nutrients

引言

广藿香 *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. 为唇形科刺蕊草属植物,以干燥地上部分入药,常用于治疗湿浊中阻、脘痞呕吐、暑湿倦怠、胸闷不舒、寒湿闭暑、腹痛吐泻、鼻渊头痛等疾病^[1-2]。万宁市是海南广藿香药材的主产区,目前市场上广藿香药材多来源于该产区^[1]。由于不同产地广藿香的生态环境和栽培条件以及生产加工的方法不尽相同,所得药材商品的性状特征和品质有区别,药材的形态、气味及化学成分含量也有一定的差异。药材市场传统上将广藿香药材商品分为牌香(广州产)、肇香或枝香(肇庆产)、湛香(湛江产)和南香(海南产)。按药工经验认为石牌广藿香质优^[3-4]。

在栽培中,施肥技术是影响药材产量和品质的重要因素之一^[5-22]。合理施肥能促进作物生长发育,提高药材的产量,又能改善药材品质。但以往关于广藿香施肥技术的研究较少,潘超美等研究发现施肥水平对广藿香生长、挥发油含量、鲜质量以及干物质积累有很大的影响^[9]。Bhaskar 等^[5]、Singh 等^[6]和 Puttanna 等^[7]研究发现氮肥对广藿香油产量有很大影响。Singh 等研究了有机肥和氮肥分别施用对广藿香油产量、质量的影响^[8]。Singh 等研究了氮和钾肥施用对广藿香油产量和植株营养吸收的影响^[13]。卢丽兰等研究了不同氮水平对广藿香生长、挥发油含量、品质的影响^[22]。有机无机肥配施可培肥地力,进一步提高作物生产力。有机无机肥配施在一些作物如玉米、黄瓜、茶叶和烤烟等上研究较多^[23-26]。同样,有机肥对药用植物生长起着化学肥料不可替代的作用,然而,在广藿香栽培中,有机肥和化肥配施未见报道,生产上药农以有机肥为主,凭经验施肥,在施肥决策上未能根据药用植物的需肥规律和提高药材有效成分的角度合理施用有机肥。因此,本试验中不同有机肥和化肥配比量是在前期研究及参考一些配施决策基础上^[8,27-29],根据

广藿香低、中、高需肥量梯度进行设计。以 1 年生海南藿香为材料,在相同生长环境中,研究不同有机肥和无机肥配施处理对广藿香生长、油产量、品质及土壤肥力的影响,旨在得出合理的施肥模式,为指导广藿香合理施肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2012 年 6 月—2014 年 8 月在海南省药用植物研究所栽培基地进行。连续 3 年种植,所有试验数据取 3 年平均值。广藿香品种为海南藿香,1 年生,行距 50 cm。土壤性状为:土壤 pH 值 6.04,有机质质量比为 12.06 g/kg,碱解氮质量比为 120.46 mg/kg,速效磷质量比为 28.01 mg/kg,速效钾质量比为 230.74 mg/kg。

试验用有机肥为海南省符氏绿农有限公司提供的生物有机肥,pH 值为 6,电导率为 1.97 mS/cm,全 N、全 P (P_2O_5)、全 K (K_2O) 质量分数分别为 0.85%、0.38%、0.26%。化肥使用尿素(含 N 质量分数为 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 质量分数为 12%)和硫酸钾(含 K_2O 质量分数为 50%)。

施肥方式:全部有机肥、磷肥、钾肥及 2/3 氮肥在广藿香苗分枝时期实施,离苗根 10 cm 处,并结合灌溉方式施用。在苗长到 70 cm 高时,追加 1/3 氮肥。每个施肥处理的其他栽培管理措施一致。

1.2 试验设计

试验共设置 8 个处理,分别为:100% 有机肥、75% 有机肥 + 25% 化肥、60% 有机肥 + 40% 化肥、50% 有机肥 + 50% 化肥、40% 有机肥 + 60% 化肥、25% 有机肥 + 75% 化肥、100% 化肥与不施肥。每个小区面积 30 m²,各处理 3 次重复。100% 有机肥为 5 000 kg/hm²,100% 化肥为 774.78 kg/hm²(即尿素、过磷酸钙、硫酸钾分别为 434.78、250、90 kg/hm²)。每个处理的氮、磷、钾施用量相当,即除对照外,每个处理氮、磷和钾施用量分别为 200、

30、5 kg/hm²。各处理具体情况如表 1 所示。

表 1 试验处理及施肥量

Tab.1 Treatments and fertilizer application rate

处理	施肥处理	有机肥/ (kg·hm ⁻²)	化肥/ (kg·hm ⁻²)
H1	100% 有机肥	5 000	0
H2	75% 有机肥 + 25% 化肥	3 750	193.69
H3	60% 有机肥 + 40% 化肥	3 000	309.91
H4	50% 有机肥 + 50% 化肥	2 500	387.39
H5	40% 有机肥 + 60% 化肥	2 000	464.86
H6	25% 有机肥 + 75% 化肥	1 250	581.02
H7	100% 化肥	0	774.78
CK	不施肥	0	0

1.3 测定项目

1.3.1 广藿香生长指标测定

(1) 株高、茎粗、分蘖数

每个处理选取 30 棵为测定对象,分别测量株高、茎粗及分蘖数。

(2) 叶面积指数

每个处理随意选取 30 棵为测定对象。使用 LI-3000 型便携式叶面积仪测定每片叶子面积,然后统计叶面积指数,其计算式为

$$LAI = 0.75p \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n A_{ij}}{m}$$

式中 n ——第 j 株的总叶片数

m ——测定株数 p ——种植密度

A_{ij} ——第 j 株第 i 叶片的面积

(3) 产量、含油量、含油率

各个处理采收后,进行茎叶分离,阴干称量。然后,每份样品选取一定质量提取广藿香油,计算其含油率和含油量。

1.3.2 广藿香品质指标测定

(1) 浸出物:水溶性和醇溶性冷热浸出物按照中国药典 2000 版附录 XA 方法测定^[30]。

(2) 广藿香化学成分的测定:GC-MS 色谱条件:Agilent HP-5 石英毛细管柱(30 m×0.32 mm×0.25 μm)。升温程序:初始温度为 60℃,以每分钟 10℃的速率升温至 130℃,然后以每分钟 1℃的速率升温至 140℃,保持 5 min,以每分钟 2℃的速率升温至 155℃,以每分钟 40℃的速率升温至 280℃,保持 5 min。进样口温度 230℃,检测器温度 300℃;分流体积比 5:1。恒流模式,流速为 1.0 mL/min,氢气流速为 40.0 mL/min,空气为 450 mL/min,尾吹气为 30 mL/min,取 1 L 样品进样。供试品的制备:将水蒸气蒸馏提取出的广藿香油称取 0.05 g,置于 5 mL 的容量瓶中,加入正己烷至刻度,摇匀,即得供试品

溶液。

1.3.3 土壤理化指标测定

采收结束,采用五点取样法在各处理小区采集 0~20 cm 深的土样,通过四分法取样,风干后过筛保存。

土壤理化指标测定参照文献[31]方法。土壤有机质:重铬酸钾容量法测定;碱解氮:碱解扩散法测定;速效磷:比色法测定;速效钾:火焰光度法测定。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对广藿香生长指标的影响

如表 2 所示,不同施肥处理的广藿香株高以 H2 处理最高,与 CK 相比,增幅达到 47.06%。其他施肥处理也增加了广藿香植株的高度,其增加幅度为 6.71%~40.00%。所有施肥处理的株高均显著高于 CK,且 H2 处理显著高于 H1、H4、H5、H6、H7。广藿香茎粗变化趋势与株高相同,施肥处理茎粗均比 CK 提高,增幅为 12.73%~123.64%。H1、H2、H3、H4 处理茎粗较大,其中以 H2 最大,且它们显著高于 CK、H7。广藿香分蘖数也同样表现为不同施肥处理均比 CK 多,增幅为 33.33%~133.33%,其中 H2 分蘖数最多,所有施肥处理均显著多于 CK。广藿香叶面积指数以 H2 最大,H2、H3 显著大于 H5、H6、H7、CK。H1、H4、H5、H6 显著大于 CK。所有施肥处理的叶面积指数均比 CK 高,增幅为 21.94%~94.64%。

表 2 不同施肥处理对广藿香生长指标的影响

Tab.2 Effect of different fertilizer treatments on growth of *Pogostemon cablin*

处理	株高/cm	茎粗/cm	分蘖数	叶面积指数
H1	84.50 ± 1.88 ^b	2.06 ± 0.40 ^a	10 ± 1 ^a	1.26 ± 0.01 ^{ab}
H2	100.00 ± 5.66 ^a	2.46 ± 0.56 ^a	14 ± 1 ^a	1.53 ± 0.02 ^a
H3	95.20 ± 2.31 ^{ab}	2.20 ± 0.45 ^a	12 ± 1 ^a	1.41 ± 0.05 ^a
H4	90.40 ± 2.14 ^b	2.14 ± 0.40 ^a	11 ± 1 ^a	1.34 ± 0.04 ^{ab}
H5	80.45 ± 1.98 ^b	1.76 ± 0.36 ^{ab}	8 ± 1 ^a	1.15 ± 0.01 ^{ab}
H6	76.21 ± 1.45 ^b	1.54 ± 0.41 ^{ab}	9 ± 1 ^a	1.11 ± 0.02 ^{ab}
H7	72.56 ± 1.23 ^b	1.24 ± 0.31 ^b	8 ± 1 ^a	0.96 ± 0.01 ^{bc}
CK	68.00 ± 1.33 ^b	1.10 ± 0.20 ^b	6 ± 1 ^b	0.78 ± 0.02 ^c

注:同列数值方差分析比较,不同处理间不同字母表示差异显著, $p < 0.05$ 。下同。

2.2 不同施肥处理对广藿香产量、含油量和含油率的影响

不同施肥处理对广藿香产量、含油量和含油率有明显影响,如图 1 所示(不同处理间的产量和含油量用不同字母表示差异显著, $p < 0.05$)。与 CK 相比,所有施肥处理均增加了广藿香产量,增幅在

5.79% ~ 31.58% 之间。各处理广藿香产量由大到小顺序为: H2、H3、H4、H1、H5、H6、H7、CK。H2 显著高于 H7 与 CK。与不施肥处理相比,所有施肥处理均增加了广藿香含油量,增幅在 17.74% ~ 103.76% 之间。H2 含油量最高,其次为 H3、H4、H1、H5、H6、H7。H2、H3、H4、H1 的含油量显著高于 CK、H6、H7。与不施肥处理相比,各施肥处理均不同程度提高了广藿香含油率,增幅为 24.56% ~ 168.10%。其中以 H2 (75% 有机肥 + 25% 化肥) 的含油率最高。而且 H2、H3、H4、H1 显著高于 CK、H6、H7。由此可见,含油量直接与产量、含油率有关,而产量及含油率受施肥处理的影响。

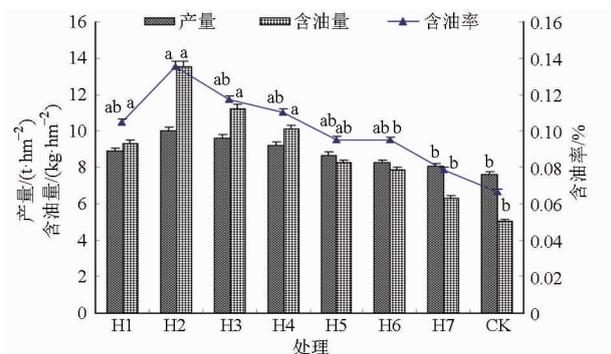


图 1 不同施肥处理对广藿香产量、含油量、含油率的影响

Fig. 1 Effect of different fertilizer treatments on yield, oil contents and oil rate of *Pogostemon cablin*

2.3 不同施肥处理对广藿香品质的影响

研究表明广藿香油中的广藿香酮、广藿香醇、浸出物等对广藿香品质起着很重要的作用。表 3 和表 4 为 8 个不同施肥处理对广藿香品质主要药效化学成分的影响。与不施肥处理相比,其他施肥处理均在一定程度上提高广藿香茎和叶油中 12 种化学成分含量 (β -广藿香烯、 α -愈创木烯、刺蕊草烯、 α -广藿香烯、 δ -愈创木烯、苦橙油醇、 β -榄香烯、异石竹烯、 β -愈创木烯、反式-丁香烯、广藿香酮、广藿香

醇)。茎油中这 12 种化学成分增加幅度在 2.35% ~ 90.00% 之间。叶油中这 12 种化学成分增加幅度在 1.26% ~ 98.67% 之间。其中以 H2 的化学成分含量最高。其次为 H3、H4、H1、H5、H6、H7。H2、H3、H4 显著高于 H6、H7、CK。有机肥和化学配施处理中,有机肥配比量大的,有利于提高广藿香油中有效化学成分。与不施肥处理相比,各施肥处理均不同程度提高了水溶性和醇溶性冷热浸出物含量,增幅为 7.00% ~ 55.00%、4.00% ~ 29.34%、8.85% ~ 58.48%、5.93% ~ 39.21%。其中以 H2 (75% 有机肥 + 25% 化肥) 的含量最高,显著高于 H6、H7、CK,如图 2 所示。

从表 5 可以看出,各处理土壤有机质随着有机肥所占比例的增加而增加,即 H1 (单施有机肥) 处理最高,有机肥和化肥配施处理 H2、H3、H4、H5、H6 次之,且 H1 和 H2 (75% 有机肥 + 25% 化肥) 显著高于 H7 (单施化肥) 和 CK (对照) 处理。与不施肥处理相比,各施肥处理均不同程度提高了土壤有机质含量,增幅为 12.85% ~ 52.36%。

土壤碱解氮是植物能够直接或间接吸收与利用的有效氮,因此它能反映土壤供应氮素养分的状况。与不施肥处理相比,各施肥处理均不同程度提高了土壤碱解氮含量,增幅为 7.75% ~ 24.55%,其中以 H1 碱解氮含量最高,其次为 H2。在有机肥和化肥配施处理中,有机肥所占比例增加,土壤碱解氮含量逐渐增加,表现为: H1 > H2 > H3 > H4 > H5 > H6 > H7,而且显著高于单施化肥处理。

与不施肥处理相比,施肥处理均显著提高了土壤速效磷含量和速效钾含量,增幅分别为 38.49% ~ 59.78% 和 3.70% ~ 14.32%。二者均以 H1 的含量最高,其次为 H2,然后为 H3、H5、H6、H7,可见,在有机肥和化肥配施处理中,有机肥所占比例增加,土壤

表 3 不同施肥处理对广藿香茎油主要化学成分的影响 (质量分数)

Tab. 3 Effect of different fertilizer treatments on main chemical components in shoot oil of *Pogostemon cablin* %

化学成分	处理							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	CK
β -广藿香烯	1.18 ± 0.06 ^{ab}	1.63 ± 0.09 ^a	1.55 ± 0.07 ^a	1.45 ± 0.06 ^a	1.24 ± 0.05 ^{ab}	1.02 ± 0.03 ^b	0.98 ± 0.07 ^b	0.89 ± 0.02 ^b
α -愈创木烯	2.01 ± 0.05 ^{ab}	2.33 ± 0.08 ^a	2.26 ± 0.10 ^a	2.14 ± 0.09 ^a	1.96 ± 0.09 ^{ab}	1.56 ± 0.07 ^b	1.45 ± 0.10 ^b	1.23 ± 0.08 ^b
刺蕊草烯	1.32 ± 0.04 ^{ab}	1.95 ± 0.07 ^a	1.76 ± 0.06 ^a	1.45 ± 0.05 ^a	1.20 ± 0.07 ^{ab}	1.23 ± 0.09 ^b	1.20 ± 0.08 ^b	1.12 ± 0.06 ^b
α -广藿香烯	1.04 ± 0.03 ^{ab}	1.33 ± 0.05 ^a	1.24 ± 0.08 ^a	1.11 ± 0.02 ^a	0.97 ± 0.04 ^{ab}	0.89 ± 0.07 ^b	0.78 ± 0.04 ^b	0.70 ± 0.01 ^b
δ -愈创木烯	3.84 ± 0.16 ^{ab}	4.56 ± 0.24 ^a	4.24 ± 0.36 ^a	4.02 ± 0.42 ^a	3.51 ± 0.23 ^{ab}	2.87 ± 0.16 ^b	2.61 ± 0.09 ^b	2.43 ± 0.04 ^b
苦橙油醇	2.87 ± 0.12 ^{ab}	3.85 ± 0.19 ^a	3.54 ± 0.14 ^a	3.05 ± 0.34 ^a	2.58 ± 0.14 ^{ab}	2.24 ± 0.24 ^b	2.15 ± 0.14 ^b	2.07 ± 0.06 ^b
β -榄香烯	2.66 ± 0.10 ^{ab}	3.12 ± 0.27 ^a	3.01 ± 0.13 ^a	2.86 ± 0.26 ^a	2.57 ± 0.12 ^{ab}	2.46 ± 0.13 ^b	2.30 ± 0.10 ^b	2.16 ± 0.08 ^b
异石竹烯	0.88 ± 0.01 ^{ab}	1.12 ± 0.07 ^a	1.08 ± 0.05 ^a	0.98 ± 0.06 ^a	0.89 ± 0.08 ^{ab}	0.75 ± 0.05 ^b	0.69 ± 0.03 ^b	0.65 ± 0.02 ^b
β -愈创木烯	3.32 ± 0.14 ^{ab}	3.98 ± 0.16 ^a	3.65 ± 0.27 ^a	3.56 ± 0.19 ^a	3.12 ± 0.42 ^{ab}	3.02 ± 0.34 ^b	2.95 ± 0.16 ^b	2.75 ± 0.07 ^b
反式-丁香烯	5.89 ± 0.23 ^{ab}	7.05 ± 0.56 ^a	6.63 ± 1.23 ^a	6.12 ± 1.03 ^a	5.76 ± 1.24 ^{ab}	5.26 ± 1.03 ^b	5.06 ± 1.05 ^b	4.73 ± 0.15 ^b
广藿香醇	11.08 ± 2.13 ^{ab}	12.34 ± 2.56 ^a	11.98 ± 2.56 ^a	11.25 ± 2.35 ^a	10.86 ± 1.12 ^{ab}	10.12 ± 1.98 ^b	9.63 ± 1.88 ^b	9.04 ± 0.21 ^b
广藿香酮	48.61 ± 6.25 ^{ab}	51.55 ± 8.15 ^a	50.45 ± 7.42 ^a	49.05 ± 4.56 ^a	46.56 ± 5.26 ^{ab}	45.25 ± 6.02 ^b	41.37 ± 6.14 ^b	40.42 ± 2.56 ^b

表4 不同施肥处理对广藿香油主要化学成分的影响(质量分数)

Tab.4 Effect of different fertilizer treatments on main chemical components in leaf oil of *Pogostemon cablin* %

化学成分	处理							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	CK
β -广藿香烯	2.01 ± 0.06 ^{ab}	3.00 ± 0.23 ^a	2.55 ± 0.45 ^a	2.35 ± 0.32 ^a	1.85 ± 0.12 ^{ab}	1.70 ± 0.08 ^b	1.63 ± 0.13 ^b	1.54 ± 0.06 ^b
α -愈创木烯	7.54 ± 0.56 ^{ab}	9.52 ± 0.75 ^a	8.18 ± 1.02 ^a	7.98 ± 0.56 ^a	6.68 ± 0.45 ^{ab}	6.13 ± 0.74 ^b	5.55 ± 0.98 ^b	5.07 ± 0.12 ^b
刺蕊草烯	4.65 ± 0.36 ^{ab}	5.54 ± 0.20 ^a	5.04 ± 0.51 ^a	4.89 ± 0.72 ^a	4.35 ± 0.51 ^{ab}	4.02 ± 0.62 ^b	3.89 ± 0.54 ^b	3.52 ± 0.23 ^b
α -广藿香烯	4.02 ± 0.24 ^{ab}	5.25 ± 0.32 ^a	4.96 ± 0.48 ^a	4.56 ± 0.34 ^a	3.71 ± 0.35 ^{ab}	3.23 ± 0.76 ^b	2.97 ± 0.38 ^b	2.78 ± 0.10 ^b
δ -愈创木烯	6.96 ± 0.63 ^{ab}	7.62 ± 0.96 ^a	7.41 ± 0.61 ^a	7.21 ± 1.01 ^a	6.15 ± 0.62 ^{ab}	5.86 ± 0.74 ^b	5.63 ± 0.53 ^b	5.56 ± 0.27 ^b
β -毕澄茄烯	5.05 ± 0.51 ^{ab}	6.56 ± 0.43 ^a	6.29 ± 0.42 ^a	6.09 ± 0.86 ^a	5.46 ± 0.23 ^{ab}	4.56 ± 0.89 ^b	4.01 ± 0.47 ^b	3.87 ± 0.10 ^b
β -榄香烯	2.58 ± 0.27 ^{ab}	3.28 ± 0.34 ^a	3.07 ± 0.31 ^a	2.78 ± 0.12 ^a	2.36 ± 0.10 ^{ab}	2.01 ± 0.14 ^b	1.84 ± 0.09 ^b	1.70 ± 0.09 ^b
异石竹烯	1.06 ± 0.09 ^{ab}	1.33 ± 0.08 ^a	1.21 ± 0.10 ^a	1.19 ± 0.10 ^a	1.12 ± 0.08 ^{ab}	0.97 ± 0.04 ^b	0.88 ± 0.05 ^b	0.71 ± 0.07 ^b
β -愈创木烯	1.23 ± 0.06 ^{ab}	1.49 ± 0.06 ^a	1.38 ± 0.20 ^a	1.27 ± 0.08 ^a	1.17 ± 0.07 ^{ab}	0.98 ± 0.05 ^b	0.87 ± 0.04 ^b	0.75 ± 0.04 ^b
反式-丁香烯	5.83 ± 0.98 ^{ab}	7.52 ± 0.63 ^a	6.76 ± 0.89 ^a	6.12 ± 0.56 ^a	5.55 ± 0.65 ^{ab}	5.18 ± 0.58 ^b	4.86 ± 0.86 ^b	4.55 ± 0.53 ^b
广藿香醇	30.45 ± 3.15 ^{ab}	34.62 ± 4.12 ^a	32.01 ± 5.01 ^a	31.04 ± 4.12 ^a	28.76 ± 3.25 ^{ab}	27.86 ± 3.13 ^b	26.04 ± 2.45 ^b	25.56 ± 2.10 ^b
广藿香酮	12.05 ± 1.63 ^{ab}	16.62 ± 2.03 ^a	14.83 ± 1.85 ^a	13.63 ± 2.01 ^a	11.42 ± 1.98 ^{ab}	10.78 ± 1.86 ^b	9.78 ± 1.65 ^b	9.56 ± 1.98 ^b

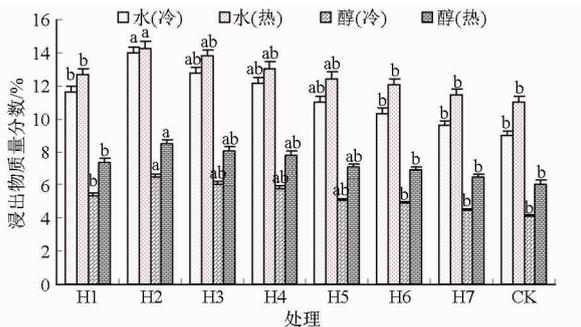


图2 不同施肥处理对浸出物的影响

Fig.2 Effect of different fertilizer treatments on extract of *Pogostemon cablin*

速效磷和速效钾含量逐渐增加,所有处理均显著高于对照。由此可见,增施有机肥和化肥配施处理可以明显增加土壤养分,其中100%有机肥和75%有机肥+25%化肥处理提高幅度较大。

3 讨论

中药对疾病的治疗依赖于其中的药效化学成分。药效化学成分的含量受控于基因,但环境条件的影响也不容忽视。各种土壤的理化和生物性质构成其特有的土壤生物作用,影响药用植物对营养元素的吸收,从而造成不同栽培条下中药材质量的差

表5 不同施肥处理对土壤养分含量(质量比)的影响

Tab.5 Effect of different fertilizer treatments on soil nutrient contents of *Pogostemon cablin*

处理	有机质/(g·kg ⁻¹)	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)
H1	14.23 ± 0.43 ^a	125.45 ± 2.76 ^a	30.55 ± 0.85 ^a	240.34 ± 6.21 ^a
H2	13.67 ± 0.41 ^a	123.12 ± 2.69 ^a	29.23 ± 0.85 ^a	239.78 ± 6.19 ^a
H3	13.12 ± 0.39 ^{ab}	121.21 ± 2.64 ^a	29.01 ± 0.67 ^a	239.01 ± 6.17 ^a
H4	12.53 ± 0.30 ^{ab}	120.01 ± 2.60 ^a	28.56 ± 0.56 ^a	230.67 ± 5.92 ^a
H5	12.02 ± 0.25 ^{ab}	118.29 ± 2.55 ^a	27.89 ± 0.46 ^a	227.09 ± 5.81 ^a
H6	11.34 ± 0.24 ^{ab}	116.54 ± 2.50 ^a	27.01 ± 0.35 ^a	225.54 ± 5.77 ^a
H7	10.54 ± 0.28 ^{ab}	108.53 ± 2.26 ^a	26.48 ± 0.46 ^a	218.01 ± 5.54 ^a
CK	9.34 ± 0.28 ^b	100.72 ± 2.92 ^b	19.12 ± 0.57 ^b	210.23 ± 5.31 ^b

异。所以科学施肥,补充营养元素,是提高中药材质量的重要措施。不同的药材其药效成分化学组成的不同和药用部位的差别,使施肥对药材的影响也不一致。合理施肥能促进营养成分、有效成分的合成和积累。但若滥施肥料反而会破坏植物体内代谢平衡,影响产品质量^[16-18]。

其他生境及气候环境对广藿香品质也有一定影响,如水、气温和日照等条件对广藿香挥发油主要成分广藿香醇和广藿香酮的合成和积累有一定影响。广藿香基因序列分化与其产地、所含挥发油化学变

异类型有良好的相关性。广藿香存在产地与挥发油成分不同的变化类型,是长期适应特定环境的结果。在环境因子的长期作用下,石牌藿香产生了遗传变异,并因此而造成挥发油成分的显著差异。因此,基因变异是广藿香药材道地性形成的主要原因。除气温和日照外,两类广藿香品种内部因素即遗传学因素可能是造成上述挥发油成分差异显著的主要原因。不同产地广藿香所含挥发油成分有着显著的不同^[4,32]。

本研究栽培试验控制同一生长环境下进行,

选择同一品种海南藿香作为研究对象。结果发现,与单施化肥和单施有机肥相比,有机肥与化肥配施会促进广藿香生长和获得更高产量和油量,其中 75% 有机肥 + 25% 化肥的处理各项生长指标都表现为最好,广藿香产量和含油量最高。广藿香药效成分 H2 最高,其次为 H3、H4、H1。从土壤营养成分看,H1 中的氮、磷、钾有效成分最高,其次是 H2、H3。由此可见,与 H2、H3、H4 相比,H1 降低了广藿香产量、含油量及油中主要药效化学成分含量。在有机肥与化肥配施中,75% 有机肥 + 25% 化肥处理的化学成分积累较高,而随着化肥比例的增加而降低,这与卢丽兰等关于高施氮量不利于化学成分积累的研究较为一致^[22]。同时,也可能因为有机肥和化肥配施在广藿香生长前期能保证土壤供应适量的养分,而在后期土壤又能缓慢持续稳定地提供有效的矿质养分,使广藿香生长中一直远离养分过高或缺乏的土壤环境,而处于良好的缓慢养分供应状态,有效促进了广藿香生长发育,从而提高了广藿香产量、含油量,促进了药效成分积累。另外,有机肥可提高土壤中的转化酶、蛋白酶、淀粉酶、蔗糖酶、磷酸酶、ATP 酶等多种酶的活性,因此对土壤中养分的转化、有效性的提高和能量代谢均有密切的关系。活性有机质在养分周转中起非常重要的作用,是植物的养分库,可以提供植物所需要的养分如氮、磷、钾等。活性有机质在土壤中的有效性较高,易被土壤微生物分解矿化,对植物养分供应有最直接的作用,是微生物的能量和碳源,另外还能稳定土壤结构,对维持团粒结构稳定性有重要作用。有机肥施入土壤可以调节土壤中 C/N 比,从而减少氨态氮肥的挥发。土壤有机氮是土壤有机质的重要组分,施入有机肥料是保持和提高土壤有机氮和氮贮量的有效措施^[1,33]。向春阳等研究表明长期施用有机肥可以增加土壤无机磷(铁、铝结合态磷、钙的磷酸盐)和有机磷各组分的含量。这可能是由于有机肥料在分解过程中产生了有机酸以及腐殖质化过程中生成的酚基和羧基对 Fe(OH)₃ 沉淀的络合作用,使磷的闭蓄过程受到抑制^[34]。倪仲吾等指出有机肥料能减少土壤对磷的固定,使土壤有效磷保持较高的水平。另外,研究表明施用有机肥增加了铝结合态 P、中等活性有机磷比例,有利于磷的供应^[35]。农田作物所需要的钾,主要依靠有机肥料中钾的循环和再利用,施用有机肥料能增加土壤有效钾含量,因而对土壤钾的耗竭起到抑制作用。刘义新等研究表明有机肥料能促进土壤中贮存态钾向速效钾转化,增加土壤钾的有效性^[36]。本研究结果同样认为 100% 有机肥和 75% 有机肥 + 25% 化肥处理可有效提高有机

质、碱解氮、速效磷、速效钾含量。然而,除了对照处理,其他各个处理的有效养分含量差异不是很明显,但是引起不同处理之间的广藿香生长、品质产生很大差异,这很可能是由不同施肥处理释放和供给养分方式不同引起的。

矿质营养(氮、磷、钾等元素)不仅是合成药用植物次生代谢产物的基础元素,而且能够调控植物碳、氮、内源激素代谢的过程及植物关键酶的活性,因此,矿质营养元素的丰缺与平衡影响着药用植物的生长发育,并对植物的生理生化反应强度、途径起着调节作用,进而影响其初生代谢和次生代谢途径,最终影响植物次生代谢产物的药效成分组成和含量,致使药材的品质发生变化^[37]。因此,适合的矿质营养丰度和平衡的营养环境能促进药用植物生长和药材品质提高。而过度或欠缺的养分不利于药效成分的组成和积累,从而降低了药材品质。本研究结果显示,75% 有机肥 + 25% 化肥处理能使广藿香长期处在营养元素含量平衡和良好的土壤环境中,从而促进其生长、含油量和品质提高。这不仅与施肥配比提供养分量有关,而且可能与合适有机肥和化肥配比肥料施入土壤后的生物化学作用有关。

在药用植物施肥中,以提高药材质量为首,增加产量其次,也就是说,假如某种施肥措施能大幅度提高药材质量,即使没有增产效果,也要采用这种措施;反之则不采用。本研究的有机肥和化肥合理配施在有效促进广藿香生长,提高产量的同时,也能提高其含量油和油品质,是广藿香种植中较适宜的有机肥和化肥配施组合,值得进一步推广应用。

4 结论

(1) 与不施肥处理相比,有机肥与化肥配施的广藿香生长状况更好,产量、含油量更高,其中 75% 有机肥 + 25% 化肥处理产量最高。

(2) 在广藿香品质方面,与单施化肥处理相比,有机肥与化肥配施提高了广藿香水浸出物及广藿香茎和叶中 β -广藿香烯、 α -愈创木烯、刺蕊草烯、 α -广藿香烯、 δ -愈创木烯、苦橙油醇、 β -榄香烯、异石竹烯、 β -愈创木烯、反式-丁香烯、广藿香酮、广藿香醇含量,从而改善了广藿香品质,其中 75% 有机肥 + 25% 化肥处理广藿香水、醇浸出物和药效化学成分累积量最高。

(3) 与单施化肥处理相比,有机肥和化肥配施可以有效提高土壤养分含量,其中 75% 有机肥 + 25% 化肥处理效果较明显。

(4) 综上所述,75% 有机肥 + 25% 化肥配施不仅可有效促进广藿香良好生长,增加广藿香产量、含

油量及改善广藿香品质,而且还能增加土壤养分含量,因此,这种施肥组合应该进一步示范和推广。

参 考 文 献

- 1 龙膺西. 不同产地广藿香品质评价研究 [D]. 广州:广州中医药大学,2005.
Long Yingxi. Studies on quality evaluation of *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. from different habitats [D]. Guangzhou: Guangzhou University of Chinese Medicine,2005. (in Chinese)
- 2 罗集鹏,冯毅凡,郭晓玲. 石牌藿香的挥发油成分分析 [J]. 中草药,2001,32(4):299-302.
Luo Jipeng,Feng Yifan,Guo Xiaoling. Analysis of volatile oil of *Pogostemon cablin* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2001, 32(4): 299-302. (in Chinese)
- 3 冯耀南. 中药材商品规格质量鉴别 [M]. 广州:暨南大学出版社,1995:226.
- 4 徐颂军,王晓峰,徐祥浩,等. 药用植物广藿香的品种分类探讨 [J]. 华南师范大学学报:自然科学版,2003(1):82-87.
Xu Songjun, Wang Xiaofeng, Xu Xianghao, et al. The classification of cultivars *Pogostemon cablin* cultivated in Guangdong Province of China [J]. Journal of South China Normal University: Natural Science Edition, 2003(1):82-87. (in Chinese)
- 5 Bhaskar S. Growth, herbage and oil yields of patchouli (*Pogostemon patchouli*) as influenced by cultivars and nitrogen fertilization [J]. Indian Perfumer, 1995, 39(1): 35-38.
- 6 Singh M. Effect of irrigation and nitrogen levels on herbage and oil yield of patchouli (*Pogostemon patchouli*) on alfisols [J]. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 1999, 21(3): 689-691.
- 7 Puttanna K, Prakasa Rao E V S, Ganesha Rao R S, et al. Effect of shade and nitrogen on herb yield and longevity of patchouli (*Pogostemon cablin*) [J]. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 2005, 25: 297-300.
- 8 Singh M, Sharma S, Ramesh S. Herbage, oil yield and oil quality of patchouli [*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.] influenced by irrigation, organic mulch and nitrogen application in semi-arid tropical climate [J]. Industrial Crops and Products, 2002, 16(2): 101-107.
- 9 潘超美,李薇,徐鸿华,等. 施肥水平对广藿香生长及挥发油积累的影响 [J]. 中药材,2003,26(8):542-544.
- 10 徐建中,王志安,俞旭平,等. 益母草有机肥与无机肥配比试验 [J]. 中国中药杂志,2006,31(4):340-342.
- 11 曾波,何忠俊,毛昆明,等. 药用植物施肥研究进展 [J]. 云南农业大学学报,2007,22(4):587-592.
Zeng Bo, He Zhongjun, Mao Kunming, et al. Current progress of fertilization in Chinese herbs [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2007, 22(4): 587-592. (in Chinese)
- 12 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 Tiezhu, Zhang Lianxue, Zhou Xianjian, 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. (in Chinese)
- 13 Singh M, Rao R S. Influence of sources and doses of N and K on herbage, oil yield and nutrient uptake of patchouli [*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.] in semi-arid tropics [J]. Industrial Crops and Products, 2009, 29(1): 229-234.
- 14 Zhu Zaibiao, Liang Zongsuo, Han Ruilian, et al. Growth and saikosaponin production of the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC. under different levels of nitrogen and phosphorus [J]. Industrial Crops and Products, 2009, 29(1): 96-101.
- 15 Chung Ren-Shih, Chen Chin-Chun, Ng Lean-Teik. Nitrogen fertilization affects the growth performance, betaine and polysaccharide concentrations of *Lycium barbarum* [J]. Industrial Crops and Products, 2010, 32(3): 650-655.
- 16 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 Dan, Hou Junling, Wan Chunyang, et al. Progress of fertilization on Chinese medicinal materials [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2011, 42(1): 225-228. (in Chinese)
- 17 Chen Yuhang, Guo Qiaosheng, Liu Li. Influence of fertilization and drought stress on the growth and production of secondary metabolites in *Prunella vulgaris* L. [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2011, 5(9): 1749-1755.
- 18 刘红彬,李慧玲,李雁鸣. 有机肥和无机肥施用量对荆芥生育特性的影响 [J]. 河北农业大学学报,2012,35(6):39-45.
Liu Hongbin, Li Huiling, Li Yanming. Effects of manure and fertilizers on growth and development characters of *Schizonepeta tenuifolia* Briq. [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2012, 35(6): 39-45. (in Chinese)
- 19 He C E, Lu L L, Jin Y, et al. Effects of nitrogen on root development and contents of bioactive compounds in *Salvia miltiorrhiza* Bunge [J]. Crop Science, 2013, 53(5): 2028-2039.
- 20 Lu L L, He C E, Jin Y, et al. Effects of the applications of phosphorus and potassium fertilizers at different growth stages on the root growth and bioactive compounds of *Salvia miltiorrhiza* Bunge [J]. Australia Journal of Crop Science, 2013, 7(10): 1533-1543.
- 21 刘红彬,李慧玲,李雁鸣. 施肥对河北荆芥生长生理及产量和药用品质的影响 [J]. 中国生态农业学报,2013,21(2):157-163.
Liu Hongbin, Li Huiling, Li Yanming. Effects of fertilization on growth physiology, yield and medicinal quality of *Schizonepeta tenuifolia* Briq. [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(2): 157-163. (in Chinese)
- 22 卢丽兰,杨新全,杨勇,等. 不同供氮水平对广藿香产量与品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(3):702-

708.
Lu Lilan, Yang Xinquan, Yang Yong, et al. Effect of different nitrogen levels on yield and quality of *Pogostemon cablin* [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2014, 20(3): 702 – 708. (in Chinese)
- 23 张红梅, 金海军, 丁小涛, 等. 有机肥无机肥配施对温室黄瓜生长、产量和品质的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 20(1): 247 – 253.
Zhang Hongmei, Jin Haijun, Ding Xiaotao, et al. Effects of application of organic and inorganic fertilizers on the growth, yield and quality of cucumber in greenhouse [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2010, 20(1): 247 – 253. (in Chinese)
- 24 李萍萍, 林永锋, 胡永光. 有机肥与化肥配施对茶叶生长和土壤养分的影响 [J]. *农业机械学报*, 2015, 46(2): 64 – 69.
Li Pingping, Lin Yongfeng, Hu Yongguang. Effects of compound application of organic and chemical fertilizers on growth, quality of tea plants and soil nutrient [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2015, 46(2): 64 – 69. (in Chinese)
- 25 杨绍俊, 刘剑金, 申宴斌, 等. 有机肥与无机肥配施对烤烟品种 NC71 生长及产质量的影响 [J]. *作物研究*, 2014, 28(4): 367 – 383.
- 26 Meena B P, Kumar A, Lal B, et al. Soil microbial, chemical properties and crop productivity as affected by organic manure application in popcorn (*Zea mays* L. var. *everta*) [J]. *African Journal of Microbiology Research*, 2015, 9(21): 1402 – 1408.
- 27 刘成良, 苑进, 刘建政, 等. 基于 ARM 和 DSP 的双变量施肥控制系统设计与试验 [J]. *农业机械学报*, 2010, 41(增刊): 233 – 238.
Liu Chengliang, Yuan Jin, Liu Jianzheng, et al. ARM and DSP-based bivariable fertilizing control system design and implementation [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2010, 41(Supp.): 233 – 238. (in Chinese)
- 28 马晓蕾, 范广博, 李永玉, 等. 精准施肥决策模型与数据库系统 [J]. *农业机械学报*, 2011, 42(5): 193 – 197.
Ma Xiaolei, Fan Guangbo, Li Yongyu, et al. Establishment of precision fertilization decision-making model and database system [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(5): 193 – 197. (in Chinese)
- 29 苑严伟, 李树君, 方宪法, 等. 氮磷钾配比施肥决策支持系统 [J]. *农业机械学报*, 2013, 44(8): 240 – 244.
Yuan Yanwei, Li Shujun, Fang Xianfa, et al. Decision support system of N, P, K ratio fertilization [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2013, 44(8): 240 – 244. (in Chinese)
- 30 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2000 年版, 一部 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 632 – 633.
- 31 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- 32 罗集鹏, 冯毅凡, 何冰. 广藿香的道地性研究 [J]. *中药材*, 2005, 28(12): 1121 – 1125.
- 33 罗安程, Subedi T B, 章永松, 等. 有机肥对水稻根际土壤中微生物核酶活性的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 1999, 5(4): 321 – 327.
Luo Ancheng, Subedi T B, Zhang Yongsong, et al. Effect of organic manure on the numbers of microbes and enzyme activity in rice rhizosphere [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1999, 5(4): 321 – 327. (in Chinese)
- 34 徐阳春, 沈其荣. 长期施用不同有机肥对土壤各粒级复合体中碳、氮、磷含量与分配的影响 [J]. *中国农业科学*, 2000, 33(5): 65 – 71.
Xu Yangchun, Shen Qirong. Influence of long-term application of manure on the contents and distribution of organic C, total N and P in soil particle-sizes [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2000, 33(5): 65 – 71. (in Chinese)
- 35 倪仲吾, 孙羲, 杨肖娥, 等. 有机无机肥配施对土壤中磷的有效性和水稻生长及产量的影响 [J]. *土壤通报*, 1990, 21(4): 167 – 169.
- 36 刘义新, 韩移旺, 唐绅, 等. 结晶有机肥对土壤供钾能力及钾在烟株的分布特点 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(1): 107 – 109.
Liu Yixin, Han Yiwang, Tang Shen, et al. Effects of crystal organic fertilizer on the availability of potassium in soils and distribution of potassium in tobacco leaves [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(1): 107 – 109. (in Chinese)
- 37 刘大会, 郭兰萍, 黄璐琦, 等. 矿质营养对药用植物黄酮类成分合成的影响 [J]. *中国中药杂志*, 2010, 36(18): 2367 – 2371.
Liu Dahui, Guo Lanping, Huang Luqi, et al. Effects of mineral nutrition on metabolism of flavonoids in medicinal plants [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2010, 36(18): 2367 – 2371. (in Chinese)