

不同施肥处理对芳樟叶精油及其 主成分芳樟醇含量的影响

于静波, 张国防^①, 李左荣, 冯娟

(福建农林大学林学院, 福建 福州 350002)

摘要: 为探讨不同施肥处理对芳樟(*Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.) 叶精油及其主成分芳樟醇含量的影响, 运用三元二次回归正交旋转组合设计检测了不同 N、P 和 K 施肥条件下芳樟 1 年生扦插苗叶精油的含量和芳樟醇的相对含量并建立数学模型; 通过对数学模型拟合的回归方程进行最优求解, 确定最优施肥配比。结果表明: 不同施肥处理对芳樟叶精油及芳樟醇相对含量的影响极显著, 精油质量分数为 1.53% ~ 2.30%、芳樟醇相对含量为 88.36% ~ 94.87%。显著性分析结果显示: N 和 K 施用量对精油含量分别有极显著和显著影响, N 施用量对芳樟醇相对含量有显著影响而 K 施用量无显著影响, P 施用量对精油含量和芳樟醇相对含量均无显著影响。N、P 和 K 施用量与精油含量和芳樟醇相对含量数学模型的回归方程分别为 $Y = 1.054 + 0.392X_1 - 0.037X_2 + 0.280X_3 + 0.014X_1X_2 - 0.022X_1X_3 + 0.018X_2X_3 - 0.057X_1^2 + 0.001X_2^2 - 0.053X_3^2$ 和 $Y = 87.206 + 2.802X_1 - 0.279X_2 + 1.115X_3 + 0.180X_1X_2 - 0.147X_1X_3 + 0.396X_2X_3 - 0.525X_1^2 - 0.137X_2^2 - 0.275X_3^2$; 据此计算出最优精油含量为 2.22%, 对应的 N、P 和 K 的每盆施用量分别为 3.52、5.00 和 2.76 g; 最优芳樟醇相对含量为 95.18%, 对应的 N、P 和 K 的每盆施用量分别为 2.84、5.00 和 4.87 g。研究结果显示: N 施用量对芳樟叶精油含量和芳樟醇相对含量的影响最大, 最优精油含量和最优芳樟醇相对含量对应的施肥配比不完全相同, 在生产中应根据生产目的并综合考虑各种环境因素确定合适的 N、P 和 K 施肥配比。

关键词: 芳樟; 施肥处理; 叶精油; 芳樟醇; 三元二次回归正交旋转组合设计

中图分类号: Q946.8; S792.23 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)01-0076-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.01.12

Effect of different fertilizer treatments on contents of essential oil and its main composition linalool in leaves of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* YU Jingbo, ZHANG Guofang^①, LI Zuorong, FENG Juan (Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(1): 76-81

Abstract: In order to discuss influence of different fertilizer treatments on contents of essential oil and its main composition linalool in leaves of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita., essential oil content and linalool relative content in leaves of one-year-old cutting seedlings of *C. camphora* var. *linaloolifera* under different fertilizer conditions of N, P and K were tested by quadratic regression orthogonal rotational combination design with three factors and the mathematical models were established. And the optimal solution was obtained by mean of the established regression equation to determine the optimal fertilizer ratio. The results show that effect of different fertilizer treatments on essential oil content and linalool relative content are extremely significant, the mass ratio of essential oil is 1.53% - 2.30%, while linalool relative content is 88.36% - 94.87%. The significance analysis result shows that fertilizer amount of N and K have extremely significant and significant effects on essential oil content, respectively, while fertilizer amount of N has significant effect on linalool relative content but fertilizer amount of K

收稿日期: 2012-02-27

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2010j01064)

作者简介: 于静波(1985—), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 主要从事森林培育方面的研究。

^①通信作者 E-mail: fjzgfzgf@126.com

has no significant effect on it, and fertilizer amount of P has no significant effect on both essential oil content and linalool relative content. The regression equations of the established mathematical models of essential oil content and linalool relative content with fertilizer amounts of N, P and K are $Y = 1.054 + 0.392X_1 - 0.037X_2 + 0.280X_3 + 0.014X_1X_2 - 0.022X_1X_3 + 0.018X_2X_3 - 0.057X_1^2 + 0.001X_2^2 - 0.053X_3^2$ and $Y = 87.206 + 2.802X_1 - 0.279X_2 + 1.115X_3 + 0.180X_1X_2 - 0.147X_1X_3 + 0.396X_2X_3 - 0.525X_1^2 - 0.137X_2^2 - 0.275X_3^2$, respectively. According to the regression equations, the calculated optimal content of essential oil is 2.22%, and the corresponding fertilizer amount per pot for N, P and K is 3.52, 5.00 and 2.76 g, respectively; the optimal linalool relative content is 95.18%, and the corresponding fertilizer amount per pot of N, P and K is 2.84, 5.00 and 4.87 g, respectively. It is suggested that the influence ability of N fertilizer amount on essential oil content and linalool relative content of *C. camphora* var. *linaloolifera* is the biggest. The corresponding fertilizer ratio to the optimal essential oil content and the optimal linalool relative content are not exactly same, in the production practice, it should be based on production purpose and considered all environmental factors to determine the suitable fertilizer ratio of N, P and K.

Key words: *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.; fertilizer treatment; essential oil in leaf; linalool; quadratic regression orthogonal rotational combination design with three factors

芳樟 (*Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.), 为樟科 (Lauraceae) 常绿乔木, 是亚热带地区常绿阔叶林树种的代表, 为中国重要的经济林、用材林和绿化林树种之一^[1-3]。樟树用途广泛, 经济价值高, 从根茎到枝叶均可提取樟脑及樟油^[4], 樟油中含有桉叶素、黄樟油、芳樟醇、樟脑、松油醇和柠檬醛等成分^[5], 均为香料、农药、矿业、国防和化工等的重要原料。在樟油的组成成分中, 芳樟醇的应用范围最广, 不但可用于各种化妆品、皂用香精、水果型食品香精和辛香料中, 也常供药用, 具有抗菌、抗病毒和止痛的功效^[6]。随着国民经济的快速发展以及人民生活水平的不断提高, 人们对天然芳香植物产品的需求量不断增大。以芳樟醇为主成分的芳樟型芳樟在江西和福建两省的种植面积较大, 但每年生产的芳樟醇仍然供不应求^[7-8]。随着国际市场对樟树精油需求量的日益增大, 科学、有效地开展樟树林的大规模培育与生产是当前亟需解决的重要问题。N、P 和 K 是植物生长发育必需的三大营养元素, 也是林业生产中最常用的肥料, 但在现阶段的生产实践中, 樟树林的施肥大多凭经验, 不能充分发挥施肥的效益, 因而, 实施科学合理的施肥方案对于提高樟树林经济价值具有重要意义。

在众多的试验设计方法中, 三元二次回归正交旋转组合设计具有旋转性, 能使与试验中心距离相等的点上预测值的方差相等, 而且试验次数较少、计算简便, 消除了回归系数间的相关性, 因而, 采用这一方法作为施肥模型可确定最佳的肥料种类和用量^[9]。

为此, 作者采用三元二次回归正交旋转组合设计设置了 N、P 和 K 施用量不同的 20 个处理组, 对樟树叶精油含量及其主成分芳樟醇的相对含量进行比较分析, 以确定樟树生长适宜的 N、P 和 K 施用量, 以期对樟树林培育和和生产提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试芳樟为福建厦门牡丹香化公司提供的品种‘牡丹 1 号’的 1 年生扦插苗, 其叶精油的质量分数为 1.55%, 精油中芳樟醇的相对含量为 94.67%。实验在福建农林大学温室内进行; 采用盆栽实验方法, 选取生长均匀、高度一致的扦插苗种植于栽培盆中, 每盆 1 株; 盆栽基质为黄土, 每盆装土约 3.5 kg; 盆栽土中有机质、全氮、全磷和全钾含量分别为 3.233、0.214、0.013 和 0.527 g · kg⁻¹, 水解氮、有效磷和速效钾含量分别为 19.3、11.5 和 228.3 mg · kg⁻¹。

供试用商品化肥为尿素 (N 质量分数为 46%)、过磷酸钙 (P₂O₅ 质量分数为 12%) 和氯化钾 (K₂O 质量分数为 60%)。使用的仪器有: GC112 型气相色谱仪、交联 SE-230 弹性石英毛细管柱 (30 m × 0.25 mm)、N2000 色谱数据工作站。

1.2 方法

1.2.1 实验设计 采用三元二次回归正交旋转组合设计, N、P 和 K 的施用量分别设置 5 个水平: 0.00、1.01、2.50、3.99 和 5.00 g, 共设置 20 个处理; 每个处

理 3 株,各重复 3 次,即每个处理 9 株。将每一处理 N、P 和 K 的施用量换算成相应的化肥用量后分 6 次施肥,施肥时间为 2009 年 3 月份至 8 月份每个月的 30 日,前 4 次施肥量均为总施用量的 15%,后 2 次施肥量均为总施用量的 20%。根据栽培盆中土壤水分状况,每隔 3~5 d 等量浇 200 mL 清水,以保证植株正常生长。

1.2.2 精油提取及精油含量和芳樟醇相对含量的测定 于 9 月 30 日结束处理,并于 9 月底采集每一样株中下部各方向的较成熟叶片,混合后洗净晾干并剪成碎片;称取 100 g,采用水蒸汽蒸馏法^[10]提取精油并计算精油含量(以质量分数计)。

采用气相色谱法检测精油中的芳樟醇含量,具体分析条件参照文献[11]。采用峰面积归一化法计算精油中芳樟醇的相对含量。

1.3 数据统计和分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 11.5 统计分析软件对实验数据进行方差分析和回归分析。

2 结果和分析

2.1 不同施肥处理对芳樟叶精油含量的影响及其数学模型

2.1.1 不同施肥处理组叶精油含量的比较 采用三元二次回归正交旋转组合设计设置 N、P 和 K 的不同施用量,各处理组芳樟叶精油含量见表 1。

由表 1 可以看出:20 个处理组叶精油的质量分数均在 1.53% 以上,但不同处理组间有一定差异。其中,处理 1、4、11、15、16、18 和 19 的叶精油含量相对较高,质量分数均超过 2%。在 20 个处理组中,处理 11(N、P 和 K 施用量分别为 2.50、5.00 和 2.50 g)的叶精油含量最高,质量分数达到 2.30%;处理 8(N、P 和 K 施用量均为 1.01 g)的精油含量最低,质量分数仅为 1.53%。方差分析结果表明:各处理组间芳樟叶精油含量的差异均达到极显著水平($F=10.0187, P<0.01$)。

表 1 N、P 和 K 不同施用量对芳樟叶精油含量的影响($\bar{X}\pm SD$)

Table 1 Effect of different fertilizer amounts of N, P and K on essential oil content in leaves of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita. ($\bar{X}\pm SD$)

编号 No.	每盆施用量/g Fertilizer amount per pot			精油质量分数/% Mass ratio of essential oil	编号 No.	每盆施用量/g Fertilizer amount per pot			精油质量分数/% Mass ratio of essential oil
	N	P	K			N	P	K	
1	3.99	3.99	3.99	2.13±0.07	11	2.50	5.00	2.50	2.30±0.15
2	3.99	3.99	1.01	1.83±0.14	12	2.50	0.00	2.50	1.92±0.11
3	3.99	1.01	3.99	1.74±0.14	13	2.50	2.50	5.00	1.72±0.06
4	3.99	1.01	1.01	2.03±0.12	14	2.50	2.50	0.00	1.79±0.18
5	1.01	3.99	3.99	1.63±0.02	15	2.50	2.50	2.50	2.01±0.15
6	1.01	3.99	1.01	1.60±0.04	16	2.50	2.50	2.50	2.24±0.07
7	1.01	1.01	3.99	1.70±0.08	17	2.50	2.50	2.50	1.90±0.11
8	1.01	1.01	1.01	1.53±0.10	18	2.50	2.50	2.50	2.01±0.09
9	5.00	2.50	2.50	1.92±0.05	19	2.50	2.50	2.50	2.10±0.14
10	0.00	2.50	2.50	1.72±0.11	20	2.50	2.50	2.50	1.90±0.06

2.1.2 回归显著性分析 对不同处理组芳樟叶精油含量进行回归显著性分析,结果见表 2。

分析结果表明:经 T 检验,芳樟叶精油含量总体回归显著性分析的 P 值为 0.015,小于 0.05,说明各施肥处理对芳樟叶精油含量的影响达到显著水平。其中,N 和 K 施用量的 P 值分别为 0.007 和 0.036,分别达到极显著和显著水平,说明 N 和 K 的不同施用量对芳樟叶精油含量有显著影响;而 P 施用量的 P 值为 0.756,未达到显著水平,说明 P 的不同施用量对芳

樟叶精油含量没有明显影响。此外, $N\times P$ 、 $N\times K$ 、 $P\times K$ 的 P 值均高于 0.05,表明 N 与 P、N 与 K 以及 P 和 K 施用量之间的相互作用对芳樟叶精油含量无显著影响。而 N^2 和 K^2 的 P 值分别为 0.006 与 0.009,均小于 0.01,表明 N 和 K 施用量的平方对芳樟叶精油含量有极显著的影响;而 P^2 的 P 值(0.952)明显高于 0.05,说明 P 施用量的平方对芳樟叶精油含量无显著影响。

2.1.3 数学模型建立 对 N、P 和 K 的施用量与芳樟叶精油含量进行回归方程拟合,建立数学模型。所

得回归方程为 $Y = 1.054 + 0.392X_1 - 0.037X_2 + 0.280X_3 + 0.014X_1X_2 - 0.022X_1X_3 + 0.018X_2X_3 - 0.057X_1^2 + 0.001X_2^2 - 0.053X_3^2$ 。式中, Y 代表叶精油的质量分数(%) ; X_1 代表 N 施用量(g) ; X_2 代表 P 施用量(g) ; X_3 代表 K 施用量(g)。根据回归方程求得芳樟叶精油的最优质量分数可达 2.22% , 与之相对应的 N、P 和 K 的每盆施用量分别为 3.52、5.00 和 2.76 g。

表 2 N、P 和 K 不同施用量对芳樟叶精油含量影响的显著性分析结果

Table 2 Significance analysis result for effect of different fertilizer amounts of N, P and K on essential oil content in leaves of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.

变异来源 Source of variation	df	MS	T	P
N	1	2.225	3.393	0.007
P	1	-0.210	-0.320	0.756
K	1	1.588	2.422	0.036
N×P	1	0.300	0.648	0.532
N×K	1	-0.469	-1.016	0.334
P×K	1	0.389	0.842	0.420
N ²	1	-1.681	-3.454	0.006
P ²	1	0.030	0.062	0.952
K ²	1	-1.572	-3.230	0.009
回归 Regression	9			0.015
剩余 Surplus	10			
总和 Total	19			

由表 1 数据可看出: 处理 11 的 N、P 和 K 施用量 (N、P 和 K 施用量分别为 2.50、5.00 和 2.50 g) 与上述所得的 N、P 和 K 最优施用量最接近, 而该处理组芳樟叶精油含量也比其他处理组高; 此外, 处理 1 和处理 15、16、17、18、19 和 20 的 N、P 和 K 施用量也比

较接近 N、P 和 K 的最优施用量, 而这些处理组的芳樟叶精油含量在全部的 20 个处理组中均处于较高水平。处理 10 的 N、P 和 K 施用量分别为 0.00、2.50 和 2.50 g, 其叶精油含量仅为 1.72%, 该处理组没施用 N 肥且 P 和 K 的施用量均低于最优施用量, 说明芳樟叶精油的合成需肥量较高。处理 5、6、7 和 8 的 N 施用量均为 1.01 g, 明显低于 N 的最优施用量, 其叶精油含量都处于较低的水平, 说明 N 施用量不足对芳樟叶精油合成有一定的抑制作用。总体上看, 芳樟叶精油合成对 N、P 和 K 需求量均较大, 且对 N 肥需求较为明显。

2.2 不同施肥处理对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量的影响及其数学模型

2.2.1 不同施肥处理组芳樟醇相对含量的比较

采用三元二次回归正交旋转组合设计设置 N、P 和 K 的不同施用量, 各处理组芳樟叶精油中芳樟醇的相对含量见表 3。

由表 3 可知: 20 个处理组的芳樟醇相对含量均在 88.36% 以上, 其中, 处理 16 的芳樟醇相对含量最高, 达 94.87%; 处理 10 的芳樟醇相对含量最低, 仅为 88.36%; 大多数处理组的芳樟醇相对含量在 90% 以上。方差分析结果表明: 各处理组间芳樟醇相对含量的差异均达到极显著水平 ($F = 4.6415, P < 0.01$)。

2.2.2 回归显著性分析

对不同处理组芳樟醇相对含量进行回归显著性分析, 结果见表 4。

分析结果表明: 经 T 检验, 芳樟叶精油中芳樟醇相对含量总体回归显著性分析的 P 值为 0.020, 小于 0.05, 说明不同施肥处理对芳樟叶精油中芳樟醇相对

表 3 N、P 和 K 不同施用量对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量的影响 ($\bar{X} \pm SD$)

Table 3 Effect of different fertilizer amounts of N, P and K on linalool relative content in essential oil from leaves of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita. ($\bar{X} \pm SD$)

编号 No.	每盆施用量/g Fertilizer amount per pot			芳樟醇相对含量/% Relative content of linalool	编号 No.	每盆施用量/g Fertilizer amount per pot			芳樟醇相对含量/% Relative content of linalool
	N	P	K			N	P	K	
1	3.99	3.99	3.99	93.36±0.29	11	2.50	5.00	2.50	93.55±0.39
2	3.99	3.99	1.01	91.46±0.32	12	2.50	0.00	2.50	90.30±0.41
3	3.99	1.01	3.99	89.82±0.66	13	2.50	2.50	5.00	92.23±0.35
4	3.99	1.01	1.01	91.29±0.10	14	2.50	2.50	0.00	89.89±0.51
5	1.01	3.99	3.99	92.92±0.24	15	2.50	2.50	2.50	93.63±0.73
6	1.01	3.99	1.01	89.57±0.70	16	2.50	2.50	2.50	94.87±0.41
7	1.01	1.01	3.99	90.83±0.40	17	2.50	2.50	2.50	93.83±0.74
8	1.01	1.01	1.01	91.14±0.28	18	2.50	2.50	2.50	93.41±0.58
9	5.00	2.50	2.50	90.65±0.18	19	2.50	2.50	2.50	92.16±0.36
10	0.00	2.50	2.50	88.36±0.25	20	2.50	2.50	2.50	91.02±0.65

含量有显著影响。其中, N 施用量的 P 值为 0.013, 达到显著水平, 说明不同的 N 施用量对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量有显著影响; 而 P 和 K 施用量的 P 值分别为 0.769 和 0.256, 均未达到显著水平, 表明 P 和 K 的不同施用量对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量的影响不显著。两两元素间的分析结果表明: $N \times P$ 与 $N \times K$ 的 P 值分别为 0.329 和 0.422, 均未达到显著水平, 说明 N 与 P、N 与 K 施用量之间的相互作用对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量的影响不显著; 而 $P \times K$ 的 P 值为 0.048, 达到显著水平, 表明 P 和 K 施用量之间的相互作用对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量的影响显著。而 N^2 、 P^2 和 K^2 对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量的影响分析结果表明: 只有 N^2 (即 N 施用量的平方) 对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量的影响达到极显著水平。

表 4 N、P 和 K 不同施用量对芳樟叶精油中芳樟醇相对含量影响的显著性分析结果

Table 4 Significance analysis result for effect of different fertilizer amounts of N, P and K on linalool relative content in essential oil from leaves of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.

变异来源 Source of variation	df	MS	T	P
N	1	2.047	3.029	0.013
P	1	-0.204	-0.302	0.769
K	1	0.815	1.206	0.256
$N \times P$	1	0.489	1.026	0.329
$N \times K$	1	-0.399	-0.837	0.422
$P \times K$	1	1.075	2.256	0.048
N^2	1	-2.005	-3.997	0.003
P^2	1	-0.524	-1.044	0.321
K^2	1	-1.051	-2.095	0.063
回归 Regression	9			0.020
剩余 Surplus	10			
总和 Total	19			

2.2.3 数学模型建立 对 N、P 和 K 的施用量与芳樟叶精油中芳樟醇相对含量进行回归方程拟合, 建立数学模型。所得回归方程为 $Y = 87.206 + 2.802X_1 - 0.279X_2 + 1.115X_3 + 0.180X_1X_2 - 0.147X_1X_3 + 0.396X_2X_3 - 0.525X_1^2 - 0.137X_2^2 - 0.275X_3^2$ 。式中, Y 代表芳樟叶精油中芳樟醇的相对含量 (%); X_1 代表 N 施用量 (g); X_2 代表 P 施用量 (g); X_3 代表 K 施用量 (g)。根据上述回归方程求得的最优芳樟醇相对含量可达 95.18%, 与之相对应的 N、P 和 K 的每盆施用量分别为 2.84、5.00 和 4.87 g。

由表 3 数据可看出: 处理 1、5、11、15、16、17、18、

19 和 20 的芳樟叶精油中的芳樟醇相对含量均较高, N、P 和 K 的施用量也比较接近根据上述数学模型求得的最优 N、P 和 K 施用量, 且除处理 5 外, 其他几个处理组的叶精油含量均处于 20 个处理组的上游水平。而处理 10、12 以及 14 的芳樟叶精油中的芳樟醇相对含量均较低, 分别为 88.36%、90.30% 和 89.89%, 这 3 个处理组分别缺施了 N、P 和 K, 且这 3 个处理中施用的另外 2 种元素的每盆施用量均为 2.50 g, 说明缺失某种营养元素将对芳樟叶精油中芳樟醇的合成产生不良影响, 其中 N 肥的影响最大。

3 讨论和结论

叶精油是樟树在生理代谢过程中分泌出的次生代谢产物之一, 这些次生代谢产物对植物的生长发育和抵御外界逆境环境具有重要作用, 叶精油的合成、积累和转化受其遗传和生长环境条件的制约^[12-14], 其含量还有一定的时间变化规律^[15]。

本研究结果表明: 不同施肥处理组的芳樟叶精油质量分数均在 1.53% 以上, 叶精油中芳樟醇的相对含量均在 88.36% 以上, 表明本实验选用的芳樟品种‘牡丹 1 号’1 年生扦插苗已经成功保持了其家系优良的遗传特性, 具有较高的精油含量和芳樟醇相对含量。不同施肥处理对芳樟叶精油及其中的芳樟醇相对含量均具有显著影响, 根据获得的芳樟叶精油含量和芳樟醇相对含量数学模型的回归方程进行最优求解, 结果表明当 N、P 和 K 的每盆施用量分别为 3.52、5.00 和 2.76 g 时, 最优精油含量为 2.22%, N 肥不足将直接影响芳樟叶精油含量, 表明 N 肥对于芳樟叶精油含量的影响较 P 肥和 K 肥更明显。当 N、P 和 K 的每盆施用量分别为 2.84、5.00 和 4.87 g 时, 最优芳樟醇相对含量可达 95.18%, 3 种营养元素中对芳樟醇相对含量影响最大的是 N。上述研究结果说明芳樟的叶精油含量及其主成分芳樟醇相对含量受环境条件 (即不同的施肥处理) 的制约明显。

在实际生产中, 叶精油及其芳樟醇含量决定生产收益, 由于本研究得到的最优叶精油含量对应的 N、P 和 K 施肥配比与最优芳樟醇相对含量所对应的 N、P 和 K 施肥配比并不完全相同, 即 N 和 K 施用量存在一定差异, 因此在实际生产中应根据生产目的及需求确定适宜的施肥配比。由于樟树无性系能保持母株叶精油的化学类型和优良特性^[14], 因此在芳樟优良

无性系栽培过程中可以采用与最优精油含量相对应的 N、P 和 K 施肥配比进行施肥,既能使芳樟醇含量保持其母株特性,又能使叶精油含量达到最高。

本实验结果是在采用三元二次回归正交旋转组合设计及理想实验条件的基础上得出的;由于在大棚盆栽实验条件下的光照、水分、施肥量等环境因素和时间因素均由人为控制,实验条件比较稳定,所获得的实验结果仅仅是理论值。而在野外进行樟树的实际培育或生产时,其环境因素变化大且极其复杂,因此在实际生产中若要获得最高的叶精油和芳樟醇含量,其施肥配比应根据土壤情况以及林地坡位等环境因素进行综合考虑,并结合本研究获得的最优施肥对比对芳樟林地进行科学合理的施肥。

参考文献:

[1] 周新菊. 樟树良种繁育及栽培利用研究进展[J]. 广东林业科技, 2009, 25(1): 68-72.

[2] 何凤苗, 蔡 骅, 涂韵娜. 樟树在景观规划工程中的应用[J]. 硅谷, 2009(23): 132-133.

[3] 李振华, 温 强, 戴小英, 等. 樟树资源利用现状与展望[J]. 江西林业科技, 2007(6): 30-33, 36.

[4] 石皖阳, 何 伟, 文光裕, 等. 樟精油成分和类型划分[J]. 植物学报, 1989, 31(3): 209-214.

[5] 王怀青. 樟树叶精油成分的初步研究[J]. 江苏林业科技, 2006, 33(1): 8-11.

[6] 张国防, 陈存及, 邢建宏, 等. 芳樟工业原料林营建中的若干问题[J]. 林业科技开发, 2004, 18(3): 7-10.

[7] 刘 虹, 沈美英, 何正洪. 广西樟树叶油的五种生化类型[J]. 广西林业科技, 1992, 21(4): 181-186.

[8] 刘 咏, 张宗贤. 香樟叶出油最佳提取条件的实验研究[J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(2): 203-205.

[9] 洪 伟, 吴承祯. 试验设计与分析: 原理·操作·案例[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 184-191.

[10] 张国防, 陈存及. 福建樟树叶油的化学成分及其含量分析[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(4): 69-70.

[11] 张国防, 陈存及, 赵 刚. 樟树叶油地理变异的研究[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(1): 22-25.

[12] 张国防, 于静波, 冯 娟. 芳樟无性系叶精油及芳樟醇含量变异分析[J]. 植物资源与环境学报, 2012, 21(2): 117-118.

[13] GOOSSENS A, HÄKKINEN S T, LAAKSO I, et al. A functional genomics approach toward the understanding of secondary metabolism in plant cells[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2003, 100(14): 8595-8600.

[14] 张国防. 樟树精油主成分变异与选择的研究[D]. 福州: 福建农林大学林学院, 2006: 19-26.

[15] 张国防, 冯 娟, 于静波, 等. 不同化学型芳樟叶精油及主成分含量的时间变化规律[J]. 植物资源与环境学报, 2012, 21(4): 82-86.

(责任编辑: 佟金凤, 张明霞)

《植物资源与环境学报》启事

为了扩大科技期刊的信息交流,充分实现信息资源共享,《植物资源与环境学报》已先后加入“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”等数据库,因此,凡在本刊发表的论文将编入数据库供上网交流、查阅及检索,作者的著作权使用费与本刊稿酬一次性给付,不再另付。如作者不同意将文章编入数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

《植物资源与环境学报》编辑部

2013-02