

不同化学型芳樟叶精油及主成分含量的时间变化规律

张国防, 冯娟, 于静波, 凡辉, 张春, 黄诗晓

(福建农林大学林学院, 福建福州 350002)

摘要: 对不同化学型(包括芳樟型、桉樟型和脑樟型)芳樟(*Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.)叶片精油含量及精油中主成分的相对含量在一年中不同月份的变异状况进行了分析,并分析了优良芳樟型无性系叶片精油含量及其主成分芳樟醇的相对含量在6月份至12月份以及全天不同时段内的变化规律。结果表明:全年各月份不同化学型芳樟叶片精油含量和精油中主成分相对含量均有差异。其中,叶片精油含量的变化规律相似,即在生长季节均较高、非生长季节均较低,且在5月份和7月份至9月份都处于较高水平。精油中主成分含量的变化规律较复杂;芳樟型芳樟精油的主成分芳樟醇的相对含量在6月份最高,随后略有下降但直到12月份变化幅度均不大;脑樟型芳樟精油的主成分樟脑的相对含量在7月份最高,其他月份降低但差异不大;桉樟型芳樟精油的主成分1,8-桉叶油素的相对含量在4月份最高,随后下降,6月份后趋于平稳。在6月份至12月份间,优良芳樟型无性系叶片精油含量在9月份最高,12月份降至最低;而精油中芳樟醇相对含量则在9月份最低,12月份升至最高。全天不同时段优良芳樟型无性系叶片精油含量和芳樟醇相对含量有明显差异;叶片精油含量在早晨最低,日出后逐渐升高,在16:00至17:00时段达到最高;而芳樟醇相对含量则在早晨最高,其他时段略有降低但变化幅度不大。综合分析结果表明:芳樟叶片的适宜采收月份为8月份至9月份,每天8:00至17:00均可采收。

关键词: 芳樟; 化学型; 叶精油; 主成分; 变化规律

中图分类号: Q946.85; S792.23 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)04-0082-05

Time change rule of contents of essential oil and its main compositions in leaves of different chemical types of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* ZHANG Guo-fang, FENG Juan, YU Jing-bo, FAN Hui, ZHANG Chun, HUANG Shi-xiao (Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, 21(4): 82-86

Abstract: The variation status of essential oil content and relative content of main compositions in essential oil from leaves of different chemical types (including linalool-, cineol- and camphora-type) of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita. at different months in a whole year was analyzed, and the change rule of essential oil content and relative content of its main composition linalool in leaves of the excellent linalool-type clones in June to December and at different times in a whole day was also analyzed. The results show that essential oil content and relative content of main compositions in essential oil from leaves of different chemical types have differences among different months in a whole year. In which, there is a similar change regulation in essential oil content, that is, higher in growing season and lower in non-growing season with a higher level in May and from July to September. Change regulation of relative content of main composition in essential oil is complex. Relative content of linalool, which is the main composition in essential oil from leaves of linalool-type, reaches the highest in June, then descends slightly with a little change until December. That of camphora, which is the main composition in essential oil from leaves of camphora-type, reaches the highest in July, then decreases in other months but only with a little difference. That of 1,8-cineol, which is the main composition in essential oil from leaves of cineol-type, reaches the highest in April, then decreases and keeps steadily after June. From June to December, essential oil content in leaves of the excellent linalool-type clones reaches the highest in September, then decreases to the lowest in December, but relative content of linalool in essential oil is

收稿日期: 2011-10-08

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2010J01064)

作者简介: 张国防(1966—),男,福建莆田人,博士,教授,主要从事森林培育和经济林栽培方面的研究。

the lowest in September and increases to the highest in December. Essential oil content and relative content of linalool in leaves of the excellent linalool-type clones have obvious difference at different times in a whole day. The essential oil content is the lowest in the morning, increases gradually after sunrise, and reaches the highest in 16:00 to 17:00. While relative content of linalool in essential oil is the highest in the morning and decreases slightly but with a little change range in other times. The result of comprehensive analysis indicates that suitable collection month of leaves of *C. camphora* var. *linaloolifera* is from August to September, and suitable collection time in a day is from 8:00 to 17:00.

Key words: *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.; chemical type; essential oil in leaf; main composition; change rule

芳樟叶精油为芳樟(*Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita.)叶片的次生代谢产物,其形成、积累和转化与植物的遗传、生理活动和环境条件等因素密切相关^[1-3],它可以在植物体内长期储存,但随着植株的生长、发育和成熟,其含量和组分也将逐渐发生变化。精油中各种成分的产生、变化及积累是植物体内氧化、聚合、失水、环化及酯化等多种生理生化过程的综合结果,精油的积累是一个动态的变化过程,受植物生长地气候条件和土壤理化性质及自身生长条件等多种因素的影响^[4]。气候因子决定了植物的生长发育过程,一年中不同季节气候呈现节律性的变化,各种植物的生长发育也表现出一定的生长节律,其体内次生代谢产物的含量及组成成分也必然出现波动^[5]。同样,日气温、湿度等天气条件的周期性变化也必然会影响植物的生理活动,精油的含量及其化学成分也会出现波动^[6]。因而,芳樟叶精油及其主成分含量存在动态变化,但其变化规律尚不明确。

作者在前期研究^[7]的基础上对一年中不同月份芳樟型、桉樟型和脑樟型芳樟叶片中的精油及其主成分含量的变化进行了比较,并对不同月份和一天中不同时间段优良芳樟型无性系叶精油及芳樟醇含量的变化特点进行了分析,以期了解芳樟叶精油及其主成分含量的时间变化规律,为芳樟香料林产业化发展提供科学经营和采收的理论指导依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的芳樟样株分别位于福建厦门牡丹香化公司的坂头采穗圃基地和福建农林大学南平校区。芳樟型芳樟叶片采自坂头基地内‘牡丹1号’组培无性系采穗圃的1号、2号和3号芳樟型樟树和南平校区苗圃内6年生的1号、2号和3号芳樟型樟树;脑樟型

芳樟叶片采自南平校区苗圃内6年生的1号和2号脑樟型樟树及后山芳樟与杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]混交林中18年生的3号脑樟型樟树;桉樟型芳樟叶片采自南平校区苗圃内6年生的1号桉樟型樟树、图书馆前45年生的2号桉樟型樟树和门口河边6年生的3号桉樟型樟树。

1.2 方法

1.2.1 样品采集方法 从2010年1月份至12月份,于每月10日左右晴天上午10:00采集芳樟型、脑樟型和桉樟型样株叶片。在每一样株的上、中、下部和东、西、南、北向均匀采集叶片,各采集20g,充分混合后取100g叶片用于不同化学型芳樟叶精油及其主成分含量月变化分析,每一样株重复采集3个样本。

在坂头基地‘牡丹1号’优良芳樟无性系采穗圃内,选择2块相邻的A和B样地,各选择20株固定样株。从2010年6月份至12月份,每月的上、中、下旬定期(即每月5日、15日和25日)于上午10:00采集各样株叶片;在每一样株的上、中、下部和东、西、南、北向各取鲜叶10g,将A和B样地的20株样株叶片分别进行充分混合,各取2份以上100g样叶用于叶精油含量和精油中芳樟醇含量月变化分析,样品采集设3个重复。

在坂头基地‘牡丹1号’优良芳樟无性系采穗圃内,选取A块样地的20株芳樟型樟树作为样株,于2010年6月份至9月份的上、中、下旬分别在7:00以前、7:00至9:00、13:00至14:30、16:00至17:00和17:00以后5个时间段连续进行采样,每株分别从上、中、下部和东、西、南、北向各取鲜叶10g,将20株样株的叶片充分混合后,各称取1份以上100g样品用于叶精油和精油中芳樟醇含量日变化分析,样品采集设3个重复。

由于曝晒1d的干叶和鲜叶中精油含量无显著差异,因此以鲜叶为样品;由于芳樟不同部位和叶龄的

叶片精油含量及化学主成分存在差异^[8],因此取样时注意采样部位和叶龄的一致性,尽量减少人为误差。

1.2.2 精油提取及主成分含量的测定方法 为了防止精油挥发,采用密闭循环式水蒸汽蒸馏冷凝法提取精油,并计算精油含量(以质量分数计);采用气相色谱-质谱联用技术测定精油的化学组成,并采用峰面积归一化法计算各主成分的含量^[9],并计算平均值。

1.3 数据处理

应用多因变量线性模型方差分析和 Excel 2000 软件对实验数据进行统计和分析^[10]。

2 结果和分析

2.1 不同化学型芳樟叶精油及其主成分含量的年变化分析

全年 12 个月不同化学型芳樟叶精油含量及其主成分的相对含量见表 1。

表 1 不同月份 3 种化学型芳樟叶片中精油含量及精油中主成分相对含量的比较¹⁾

Table 1 Comparison of essential oil content and relative content of main composition in essential oil from leaves of three chemical types of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita. at different months¹⁾

月份 Month	芳樟型 Linalool-type		桉樟型 Cineol-type		脑樟型 Camphora-type	
	C/%	RC ₁ /%	C/%	RC ₂ /%	C/%	RC ₃ /%
1 月 January	1.09	64.94	1.20	54.88	1.50	51.23
2 月 February	1.30	67.34	1.38	49.95	1.70	45.39
3 月 March	1.38	71.90	1.63	48.89	2.00	50.26
4 月 April	1.46	78.75	1.66	58.80	2.10	49.99
5 月 May	1.49	78.73	1.81	50.26	2.25	50.89
6 月 June	1.43	81.87	1.72	46.44	2.10	51.82
7 月 July	1.49	81.73	1.85	43.78	2.33	59.47
8 月 August	1.52	80.14	1.81	45.13	2.25	51.16
9 月 September	1.53	79.42	1.71	47.56	2.21	52.93
10 月 October	1.52	79.78	1.55	43.84	2.03	52.10
11 月 November	1.38	78.43	1.29	43.54	1.62	51.65
12 月 December	1.35	79.68	1.23	43.06	1.53	50.91

¹⁾C: 叶片中精油含量(质量分数) Content (mass ratio) of essential oil in leaf; RC₁: 精油中芳樟醇相对含量 Relative content of linalool in essential oil; RC₂: 精油中 1,8-桉叶油素相对含量 Relative content of 1,8-cineol in essential oil; RC₃: 精油中樟脑相对含量 Relative content of camphora in essential oil.

2.1.1 不同化学型芳樟叶精油及其主成分含量的比较 由表 1 可见:芳樟型芳樟叶片中精油含量最高和最低的月份分别为 9 月份(质量分数 1.53%) 和 1 月份(质量分数 1.09%),其精油主成分芳樟醇相对含

量最高和最低的月份分别为 6 月份(81.87%) 和 1 月份(64.94%);桉樟型芳樟叶片中精油含量最高和最低的月份分别为 7 月份(质量分数 1.85%) 和 1 月份(质量分数 1.20%),其精油主成分 1,8-桉叶油素相对含量最高和最低的月份分别为 4 月份(58.80%) 和 12 月份(43.06%);脑樟型芳樟叶片中精油含量最高和最低的月份分别为 7 月份(质量分数 2.33%) 和 1 月份(质量分数 1.50%),其精油主成分樟脑相对含量最高和最低的月份分别为 7 月份(59.47%) 和 2 月份(45.39%)。可见,虽然 3 种化学型芳樟叶片中精油含量及其主成分相对含量的最高和最低值出现的月份不同,但都有共同的规律,即最高值均出现在生长季节,最低值均出现在非生长季节(冬季或休眠期)。3 种化学型芳樟叶片中精油含量的最低值均出现在 1 月份;桉樟型和脑樟型芳樟叶片中精油含量的最高值出现在 7 月份,而芳樟型芳樟叶片中精油含量的最高值则出现在 9 月份;3 种化学型芳樟叶片精油中的主成分相对含量的最高值则集中出现在 4 月份至 7 月份。

2.1.2 叶精油含量的月变化分析 从表 1 还可以明显看出:由于 2 月份芳樟开始抽梢并长叶,因此 3 种化学型芳樟叶片中精油含量呈上升趋势;3 月份开始进入花期(3 月份至 4 月份或 5 月份为花期),叶片中精油含量明显增加;至 5 月份花期结束,精油含量达到一个高峰;进入 6 月份叶片精油含量均略下降;随后进入果期,叶片精油含量又明显增加,其中,桉樟型和脑樟型芳樟的叶片精油含量在 7 月份达到最高值,芳樟型芳樟的叶片精油含量则在 9 月份达到最高值;随后,3 种化学型芳樟的叶片精油含量又呈现逐渐降低的趋势,在 12 月份至 1 月份(停止生长期)达最低值。3 种化学型芳樟叶片精油含量的第 1 个峰值均出现在 5 月下旬;桉樟型和脑樟型芳樟叶片精油含量的第 2 个峰值出现在 7 月份,芳樟型芳樟叶片精油含量的第 2 个峰值则出现在 9 月份,并且第 2 个峰值均高于第 1 个峰值。

2.1.3 精油中主成分相对含量的月变化分析 由表 1 还可见:3 种化学型芳樟叶片精油中各主成分相对含量的月变化趋势相对复杂。芳樟型叶精油的主成分为芳樟醇,从 2 月份开始芳樟醇相对含量呈上升趋势;4 月份至 5 月份花期结束时芳樟醇相对含量明显升高;6 月份结果初期芳樟醇相对含量达到最高值;之后略有下降,但相对含量趋于平稳,并一直维持至 12

月份。桉樟型叶精油的主成分为1,8-桉叶油素,1月份1,8-桉叶油素相对含量相对较高;2月份至3月份有所下降;至4月份盛花期其相对含量突然达到最高峰;随后又开始呈降低趋势,但在8月略有回升,并于9月份达到1个小高峰;随后又呈下降趋势,至12月份降到最低值。脑樟型叶精油的主成分为脑樟,一年中仅7月份樟脑的相对含量明显高于其他月份,而其他11个月脑樟相对含量变化幅度较小。

2.1.4 方差分析结果 多因变量线性模型方差分析结果表明:3种化学型芳樟叶片精油含量和精油中主成分相对含量在一年内的变化周期均不同,有各自的变化规律。不同月份芳樟型叶片精油含量和精油中芳樟醇相对含量的 F 值分别为 0.82 和 0.63, $Sig.$ 值分别为 0.62 和 0.79,说明芳樟型叶片精油含量和精油中芳樟醇相对含量在不同月份间的差异未达显著水平。不同月份桉樟型叶片精油含量和精油中1,8-桉叶油素相对含量的 F 值分别为 1.59 和 7.15, $Sig.$ 值分别为 0.17 和 0.00,说明桉樟型叶片精油含量在不同月份间无显著差异,而精油中1,8-桉叶油素相对含量不同月份间有极显著差异;其中,4月份1,8-桉叶油素相对含量明显高于其他月份。不同月份脑樟型叶片精油含量和精油中樟脑相对含量的 F 值分别为 11.28 和 6.11, $Sig.$ 值均为 0.00,说明脑樟型叶片精油含量和精油中樟脑相对含量在不同月份间均有极显著差异;其中,3月份至10月份间脑樟型叶片精油含量相对较稳定;2月份精油中樟脑相对含量最低,7月份樟脑相对含量明显高于其他月份。

2.2 优良芳樟型无性系叶精油及其主成分芳樟醇含量的月变化分析

在6月份至12月份优良芳樟型无性系叶片精油含量及其主成分芳樟醇相对含量的变化见表2。由表2可见:叶片精油含量和精油中芳樟醇相对含量的月变化规律有较大差异。6月份叶片精油含量较低,从7月份开始上升,至9月份达最高,之后又开始下降,在11月份至12月份明显降低;6月份精油中芳樟醇相对含量较高,然后逐渐下降至11月份,但降幅均较小,在12月份则达到最高值,推测这一变化可能与其经营施肥有关。

多因变量线性模型方差分析结果表明:6月份至12月份间优良芳樟型无性系叶片中精油含量及精油中芳樟醇相对含量的 F 值分别为 3.04 和 8.30, $Sig.$ 值分别为 0.01 和 0.00,说明6月份至12月份间精油

含量以及精油中芳樟醇的相对含量分别有显著和极显著差异。

表2 6月份至12月份优良芳樟型无性系叶片精油含量及精油中芳樟醇相对含量的比较

Table 2 Comparison of essential oil content and relative content of linalool in essential oil from leaves of excellent linalool-type clone of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita. in June to December

月份 Month	精油质量分数/% Mass ratio of essential oil	芳樟醇相对含量/% Relative content of linalool
6月 June	1.28	93.69
7月 July	1.32	92.56
8月 August	1.35	92.68
9月 September	1.37	91.40
10月 October	1.35	92.47
11月 November	1.22	91.43
12月 December	1.21	94.58

2.3 优良芳樟型无性系叶精油及其主成分芳樟醇含量的日变化分析

优良芳樟型无性系叶精油含量及其主成分芳樟醇相对含量的日变化见表3。由表3可见:叶片精油含量及精油中芳樟醇相对含量的日变化规律有一定差异。全天叶精油含量变化规律为:早晨最低,日出后开始升高并积累,到16:00至17:00时段达到最高,17:00后又开始下降;其中,7:00前和17:00后叶精油含量显著低于7:00至9:00时段、13:00至14:30时段和16:00至17:00时段,而13:00至14:30时段叶精油含量与7:00至9:00和16:00至17:00时段差异不显著。精油中芳樟醇相对含量则是早晨最高,日出后开始降低,在13:00至14:30时段降至最低,然后又缓慢上升且变化比较平稳,全天中芳樟醇相对含量下降幅度总体上均较小;其中,仅7:00前芳樟醇相对含量显著高于其他时段,其他时段芳樟醇相对含量均无显著差异。

表3 全天不同时段优良芳樟型无性系叶片中精油含量及精油中芳樟醇相对含量的比较

Table 3 Comparison of essential oil content and relative content of linalool in essential oil from leaves of excellent linalool-type clone of *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita. at different times in a whole day

时间段 Time segment	精油质量分数/% Mass ratio of essential oil	芳樟醇相对含量/% Relative content of linalool
7:00前 Before 7:00	1.07	94.20
7:00-9:00	1.30	93.00
13:00-14:30	1.34	92.57
16:00-17:00	1.37	92.66
17:00后 After 17:00	1.14	92.97

多变量线性模型方差分析结果显示:全天不同时段优良芳樟型无性系叶片精油含量及精油中芳樟醇相对含量的 F 值分别为 15.67 和 2.53, $Sig.$ 值分别为 0.00 和 0.05, 说明在同样的立地条件下, 全天不同时段芳樟叶片精油含量有极显著差异, 而芳樟醇相对含量差异不显著。

3 讨论和结论

研究表明: 全年 12 个月 3 种化学型芳樟叶片中精油含量和精油中化学主成分的相对含量均有一定差异, 在不同月份间处于动态变化中, 但都有相似的变化规律, 即生长季节含量较高、非生长季节含量较低。不同季节不同生育期 3 种化学型芳樟叶精油含量有明显的规律性变化, 在开花前持续增加, 叶片也由嫩至老不断生长, 至开花时精油含量最高, 之后开始下降, 在结实初期或中期精油含量达到另一个高峰, 即在 5 月份和 7 月份至 9 月份叶精油含量都处于较高水平。相对而言, 精油中主成分相对含量的变化趋势则比较复杂, 但变化幅度相对较低, 主要表现为精油主成分的相对含量随叶片生长而不断提高, 成熟叶片其主成分相对含量最高; 若叶片生长停止, 则合成代谢速率下降, 导致主成分合成及积累降低。芳樟型芳樟叶精油中芳樟醇相对含量在 6 月份最高, 随后略有下降; 脑樟型芳樟叶精油中樟脑相对含量在 7 月份最高, 其他月份变化不大; 而桉樟型芳樟叶精油中 1,8-桉叶油素相对含量则在 4 月份最高, 随后开始下降, 6 月份后趋于平稳。综合考虑不同化学型芳樟叶精油含量和精油中化学主成分相对含量的月变化规律及生长特性(主要是生物量因素), 可以认为芳樟叶片的适宜采收时间应为 8 月份至 9 月份。

优良芳樟型无性系与普通芳樟型芳樟叶片中精油含量和精油中芳樟醇相对含量的月变化有一定差异。其原因可能有二: 一是虽然样株均为芳樟型芳樟, 但二者的芳樟醇含量差异较大且分属不同的基因型; 二是样株生长的地理位置不同, 长期的生殖隔离和对环境的适应造成其体内次生代谢产物的地理变异, 表现为遗传和变异的多样性^[11]。此外, 芳樟型芳樟叶片中精油和精油中的芳樟醇在体内的合成、转化和积累过程还受多因素控制, 虽然取样时尽量选择每

月和每天的同时段, 而且尽量在同样的气候条件下采样, 但气候因子(包括太阳辐射、温度和湿度等)的变化仍然很大, 加之其他复杂环境因素的综合作用, 对实验结果均有可能产生影响。

研究表明: 优良芳樟型无性系叶片精油含量及其主成分芳樟醇相对含量的日变化趋势不同, 精油含量的日变化显著, 早晨最低, 日出后逐渐升高, 在 16:00 至 17:00 时段达到最高; 而芳樟醇相对含量的日变化幅度相对较小, 早晨最高, 全天其他时段则较平稳。

综合考虑芳樟叶精油含量、精油中化学主成分相对含量及生物量等因素, 认为芳樟叶片采收季节以 8 月份至 9 月份为宜, 每天 8:00 至 17:00 均可采收。

参考文献:

- [1] DAVIET L, SCHALK M. Biotechnology in plant essential oil production: progress and perspective in metabolic engineering of the terpene pathway[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2010, 25(3): 123-127.
- [2] RIOS-ESTEPA R, LANGE I, LEE J M, et al. Mathematical modeling-guided evaluation of biochemical, developmental, environmental, and genotypic determinants of essential oil composition and yield in peppermint leaves[J]. *Plant Physiology*, 2010, 152(4): 2105-2119.
- [3] GANJEWALA D, LUTHRA R. Essential oil biosynthesis and regulation in the genus *Cymbopogon* [J]. *Natural Product Communications*, 2010, 5(1): 163-172.
- [4] 李 飞. 中国芳樟精油资源与开发利用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 36-56.
- [5] 左辞秋. 细毛芳樟精油含量与叶龄的关系[M]//热带植物研究论文报告集: 第三集. 昆明: 云南大学出版社, 1994: 116-118.
- [6] 宋启建, 盖钧镒, 马育华. 大豆蛋白质和油分含量生态特点研究[J]. *大豆科学*, 1990, 9(2): 121-129.
- [7] 张国防, 陈存及, 陈志平, 等. 福建省樟树叶精油的主成分分析及其化学型[J]. *植物资源与环境学报*, 2008, 17(1): 24-27.
- [8] 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: 138-147.
- [9] 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.
- [10] 宇传华, 颜 杰. *Excel 与数据分析*[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 164-169.
- [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.

(责任编辑: 佟金凤)