主持人：朱国鹏　　Open Access

# 泉州地区引种的丁香罗勒挥发油得率和成分分析

陈品品[1#*]，庄卫东[1]，马晓娟[1]，刘　靓[1]，蔡锦玲[1]，陈日忠[2]，江雅玲[1]

（1. 泉州市农业科学研究所，福建 泉州 362212 中国；2. 福建泉州东润园生物科技发展有限公司，福建 泉州 362018 中国）

**摘　要：**为探究泉州地区大面积种植丁香罗勒（*Ocimum gratissimum*）的潜力，开展引种试验以综合评价其生态适应性。系统比较了丁香罗勒农艺性状、产量及挥发油出油率和组成成分。结果表明，洛江试验点在株高、株幅、单株质量及产量方面均表现最优，具有较强的环境适应性与生长稳定性；挥发油得率与物候期密切相关，采收期（开花初期）挥发油得率（6.53 ~ 6.87 mL·kg$^{-1}$）及丁香酚含量（69.49 %）最高，且符合《中国药典》标准。GC-MS 分析共鉴定出 27 种成分，主要成分有丁香酚、大根香叶烯、*β*−石竹烯等；酚类化合物的相对含量最高，萜烯类和醇类化合物种类最丰富。综合表明，泉州洛江为适宜种植区，结合合理密植（39 000 ~ 45 000 株·hm$^{-2}$）与适时采收，可为实现高产高质挥发油提供栽培与利用依据。

**关键词：**丁香罗勒；丁香酚；挥发油；成分；产量

**中图分类号：**S573.9　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1674 − 7054(2026)06 − 1034 − 08

陈品品, 庄卫东, 马晓娟, 等. 泉州地区引种的丁香罗勒挥发油得率和成分分析[J]. 热带生物学报(中英文), 2026, 17(6): 1034−1041.　DOI: 10.15886/j.cnki.rdswxb.20250096　CSTR: 32425.14.j.cnki.rdswxb.20250096

丁香罗勒（*Ocimum gratissimum*）系唇形科罗勒属多年生草本植物，原产于非洲中部热带地区[1]，在中国广东、广西、云南等省均有栽培[2]。丁香罗勒是重要的药食两用植物，全草可用于提取精油，芳香成分及生物活性成分常被用于食品、日用品、化妆品及医疗领域[3−5]。丁香罗勒具有抑菌、抗真菌、抗氧化、镇痛、驱虫杀虫等广泛的药理活性[6−7]，在医疗领域具有很大的应用价值和广阔的市场前景。丁香罗勒精油含量和成分差异与气候条件、生长环境和种植管理因素有关，即使同产地的丁香罗勒挥发油也受植株年龄、生长期、采收时间等因素影响[8]。目前，泉州地区尚未规模化种植丁香罗勒，本地药企所需的原料仍需从广东等地采购，而泉州地区种植丁香罗勒的适应性和经济价值尚不明确，为此，针对丁香罗勒精油需求的日益增长，泉州市农业科学研究所开展了丁香罗勒的引种栽培研究，系统分析其农艺性状、产量、挥发油得率和成分，旨在评估该品种在泉州地区的生态适应性和产业化潜力，以期为丁香罗勒的高附加值应用提供一定的理论依据。

## 1　材料和方法

**1.1　试验材料**　供试丁香罗勒种子由福建泉州东润园生物科技发展有限公司提供，于 2024 年 3 月上旬开始播种育苗（出芽率 95%），4 月上旬移栽定植。

**1.2　试验点概况**　试验地点为泉州市的洛江区、南安市和安溪县 3 个丁香罗勒栽培点。试验点 1（洛江），泉州市洛江区阳江公园丁香罗勒繁育示范基地（24°9'82"—24°9'88" N, 118°6'51"—118°6'58" E），地势平坦，土壤为砂壤土，土层厚度大于 40 cm，土壤肥力上等。试验点 2（南安），泉州南安市官桥镇塘下村（24°50'21"—24°55'37" N, 118°26'24"—118°26'36" E），地势平坦，土壤为砂壤土，土层厚度大于 40 cm，土壤肥力中等。试验点 3（安溪），泉州市安溪县西坪镇珠洋村（24°59'09"—24°59'13" N, 117°51'36"—117°51'47" E），地势坡度约 30°，壤土

CC BY 4.0
**收稿日期：**2025−07−07　　**修回日期：**2025−09−10

**基金项目：**福建省科技计划项目（2025N0038）；泉州市科技计划项目 (2025QZNK007)

#**第一作者/*通信作者：**陈品品（1983—），女，助理研究员。研究方向：芳香植物精油成分分析与利用。E-mail: chenpinpin2004@163.com

质地为黏土, 土层厚度约 30 cm, 土壤肥力中等。区域内属亚热带海洋性季风气候, 年均气温 19.5 ~ 22.0 ℃, 年均降水量 1 250 mm, 日照充足。

**1.3　主要仪器**　气相色谱−质谱联用仪(7890B−5977, 美国安捷伦公司); HP−5 MS 色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm, 美国安捷伦公司); 电子天平(CP2202C, 上海奥豪斯仪器有限公司); 多功能植物萃取物(精油)生产机组(SJ−HX001, 福建世纪海峡农业发展投资有限公司)。

**1.4　产量**　采用随机区组设计, 每个试验点随机选取 3 个试验小区(12 $m^2$), 每个小区栽培 35 ~ 38 株。统计小区产量, 根据小区产量折算公顷产量, 结果取平均值。收割时间为开花初期(6 月 26 日、9 月 18 日和 12 月 10 日), 每次间隔约 80 d, 产量取 3 次之和。采收期, 每个小区随机取 10 株调查单株质量、株高和株幅等农艺性状。

**1.5　挥发油提取**　采用水蒸气蒸馏法提取丁香罗勒挥发油。准确称取新鲜丁香罗勒样品 3 000 g, 平均分成 3 等份(每份 1 000 g), 洗净剪碎后放入精油提取器中, 每份样品加入 5 000 mL 蒸馏水, 隔水提取 2.5 h。蒸馏结束后, 静置分层后, 分液漏斗收集上层油状液体(即挥发油)。将 3 份挥发油混合均匀, 称质量, 并按下式计算挥发油得率:

$$\text{挥发油得率} = (\text{挥发油总质量}/3\,000)\times 100\%, \quad (1)$$

式中, 挥发油得率的单位为 %, 挥发油总质量的单位为 g。

所得挥发油呈淡黄色, 具有类似丁香的甜辛味。将挥发油转移至棕色玻璃瓶中, 于 4 ℃ 冰箱避光保存, 备用。

**1.6　GC-MS 参数**　GC 条件: 进样口温度 230 ℃; 载气为高纯氦气(99.999%), 恒定流量 0.8 $mL\cdot min^{-1}$; 分流比 50∶1; 溶剂延迟时间 0.5 min。升温程序: 从初始温度 45 ℃, 保持 2 min, 以 20 $℃\cdot min^{-1}$ 升至 280℃, 保持 3 min, 总时长 16.75 min。MS 条件: 四级杆温度 150 ℃, 离子源为 EI, 离子源温度 250 ℃, 电子能量 70 eV, 扫描范围 50 ~ 600 $m\cdot z^{-1}$; 采集方式 SCAN 扫描。丁香罗勒挥发油各成分经过 GC-MS 分离, 质谱数据系统检索及 NIST 2014 标准质谱图数据库比对, 参阅文献 [9], 采用峰面积归一化法进行定量分析, 计算各成分的相对含量。

**1.7　数据处理**　数据采用 Microsoft Excel 2010、SPSS v27.0 软件进行分析。

## 2　结果与分析

### 2.1　不同试验点丁香罗勒的植株农艺性状比较

从表 1 可以看出, 3 个试验点的丁香罗勒引种试验中, 植株的生长表现存在一定差异。洛江的单株质量 [(0.87±0.07)kg]、株高 [(132.91±2.64)cm] 和株幅 [(60.40±1.85)cm] 均值高于其他两地。其各项指标呈现稳定增长趋势(单株质量增加 17.5 %, 株高增加 2.2 %, 株幅增加 5.9 %), 变异系数(*CV*)均低于 8 %(单株质量 *CV*=8.0 %, 株高 *CV*=2.0 %, 株幅 *CV*=3.1 %), 表现出很好的环境适应性与生长

**表 1　不同试验点和采收时间的丁香罗勒农艺性状**

Tab. 1　Agronomic traits of *Ocimum gratissimum* at different experimental sites and harvest time

| 指标 Indicator | 试验点 Experiment site | 平均值±标准差 M± *SD* | 极差(最小值 ~ 最大值) Range (Mini ~ Max) | 增长率/% Growth rate | 变异系数/% *CV* |
|---|---|---|---|---|---|
| 单株质量/kg | 洛江 | 0.87±0.07 | 0.80 ~ 0.94 | 17.50 | 8.00 |
| | 南安 | 0.77±0.20 | 0.61 ~ 0.99 | 62.30 | 26.00 |
| | 安溪 | 0.73±0.10 | 0.63 ~ 0.83 | 31.70 | 13.70 |
| 株高/cm | 洛江 | 132.91±2.64 | 130.19 ~ 135.46 | 2.20 | 2.00 |
| | 南安 | 130.08±4.35 | 125.50 ~ 134.15 | 4.10 | 3.30 |
| | 安溪 | 123.04±2.61 | 120.15 ~ 125.21 | −2.90 | 2.10 |
| 株幅/cm | 洛江 | 60.40±1.85 | 59.03 ~ 62.51 | 5.90 | 3.10 |
| | 南安 | 59.58±2.65 | 57.33 ~ 62.50 | 9.00 | 4.40 |
| | 安溪 | 58.55±1.12 | 57.60 ~ 59.79 | 3.80 | 1.90 |

稳定性。南安的单株质量增长率高达 62.30 %, 株幅增长率为 9.00%, 当数据的离散度大, 表明管理因素对产量影响显著。相比之下, 安溪的丁香罗勒生长季后期出现低温冻害导致株高出现负增长(−2.90%), 单株质量(0.73±0.10)kg 与株幅(58.55±1.12)cm 均低于其他区域。综合来看, 洛江种植的表现最优, 其次是南安。

**2.2 不同试验点丁香罗勒产量、挥发油得率比较** 从表 2 可知, 3 个时期的丁香罗勒挥发油得率分别为采收期 6.53 ~ 6.87 mL·kg$^{-1}$, 盛花期 4.91 ~ 5.55 mL·kg$^{-1}$, 生长期 0.11 ~ 0.15 mL·kg$^{-1}$, 前两者远高于后者, 表现出强烈的物候期依赖; 采收期和盛花期有利于挥发油提取; 3 个试验点盛花期挥发油得率差异显著, 且全部低于采收期, 表明采收期(开花初期)更有利于挥发油提取。采收期南安点的丁香罗勒挥发油得率最高 [(6.87±0.01) mL·kg$^{-1}$], 显著高于洛江 [(6.79±0.03) mL·kg$^{-1}$] 和安溪 [(6.53±0.01) mL·kg$^{-1}$]。

**表 2 不同试验点丁香罗勒的产量和挥发油得率**

Tab. 2 Yield and volatile oil yield of *Ocimum gratissimum* at different experimental sites

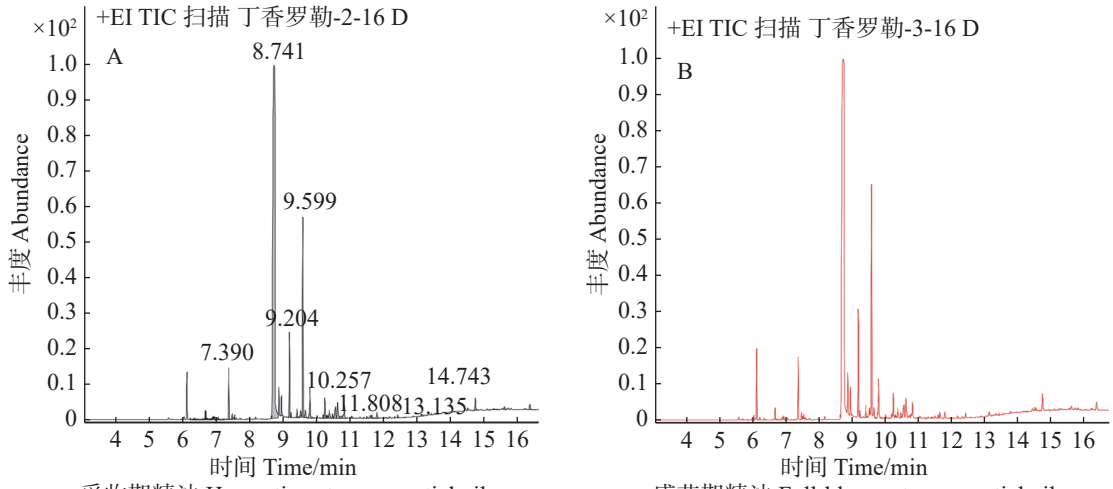
| 试验点 Experiment site | 挥发油得率 Volatile oil yield/(mL·kg$^{-1}$) | | | 产量 Yield/(kg·hm$^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|
| | 采收期 Harvesting stage | 盛花期 Full-bloom stage | 生长期 Growth stage | |
| 洛江 | 6.79±0.03$^{a}$ | 5.31±0.02$^{b}$ | 0.15±0.05$^{a}$ | 80 554.35$^{a}$ |
| 南安 | 6.87±0.01$^{a}$ | 4.91±0.00$^{c}$ | 0.11±0.01$^{a}$ | 75 894.45$^{a}$ |
| 安溪 | 6.53±0.01$^{b}$ | 5.55±0.01$^{a}$ | 0.12±0.02$^{a}$ | 70 211.10$^{b}$ |

注: 同列不同字母表示不同试验点间存在显著差异($P$<0.05)。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences between different experimental sites ($P$ < 0.05).

在产量方面, 洛江和南安产量差异不显著($P$≥0.05), 安溪和洛江、南安之间存在显著差异($P$<0.05); 洛江产量最高, 达 80 554.35 kg·hm$^{-2}$, 且呈稳定增长趋势; 南安总产量 75 894.45 kg·hm$^{-2}$, 第 3 次采收产量高达 33 116.55 kg·hm$^{-2}$; 安溪的产量最低(70 211.10 kg·hm$^{-2}$), 且增长较为平缓。

**2.3 丁香罗勒挥发油成分分析** 运用 GC-MS 分析技术对丁香罗勒采收期和盛花期的挥发油成分进行分析(总离子流图 TIC, 图 1), 共分离出 46 个峰, 扣除相对含量＜0.15%、无法确定化学结构、色谱柱流失产生的化合物, 得到 27 个化合物, 占比 99.65% 和 98.96%; 化学组成及相对含量见表 3, 主要含有丁香酚(69.49%、62.90%)、大根香叶烯(10.81%、10.79%)、$\beta$–石竹烯(3.99%、4.40%)、




A 为采收期, B 为盛花期。

A is the Harvesting stage; B is the full-bloom stage.

**图 1 丁香罗勒挥发油总离子流图**

**Fig. 1 Total ion chromatogram (TIC) of the essential oil of *Ocimum gratissimum***

4−萜烯醇(2.43%、2.52%)、杜松醇(1.38%、1.28%)和 3−蒈烯(0.85%、2.54%)等。主要成分在采收期和盛花期整体分布相似,部分化合物含量存在差异,采收期丁香酚高出盛花期 6.59%,盛花期 3 −蒈烯含量高于采收期 1.69%;由表 4 可知,酚类化合物仅有丁香酚 1 个成分,在两时期均占绝对优势;萜烯类化合物有 14 个,在盛花期略有增加(22.59%、27.15%),其中 3−蒈烯、环氧马兜铃烯、$\beta$−石竹烯含量提升较明显;醇类化合物有 10 个,含量小幅上升(7.51%、8.42%);其他类化合物成分变化不显著。

**2.4　不同产地丁香罗勒挥发油成分比较**　结合文献 [10−13] 可知,不同产地丁香罗勒挥发油成分差异明显(表 5),主要成分丁香酚含量差异显著,在泉州(62.90% ~ 69.49%)、浙江金华(69.08%)、印度样品(63.36%)中含量较高,而哥伦比亚(43.20%)和江西吉安的(51.85%)则较低。此外,大根香叶烯(10.79% ~ 10.81%)在泉州样品中含量较高,但在其他产地较低(如浙江金华 4.61%)。江西吉安样品中荜烯(17.13%)和紫苏醇(7.92%)含量突出,哥伦比亚样品中桉叶油醇(12.80%)含量较高,印度样品中罗勒烯(9.11%)和金合欢烯(2.78%)含量较高。

## 3　讨　论

本研究通过对泉州地区 3 个试验点(洛江、南安、安溪)丁香罗勒的农艺性状、产量及挥发油得率的比较,结果发现,洛江试验点在株高、株幅及单株质量方面均表现最优,且变异系数较低,说明其具有较强的环境适应性与生长稳定性。南安试验点虽在单株质量增长率方面表现突出,但数据离散度较大,提示管理措施对产量影响显著。安溪试验点因生长季后期遭遇低温冻害,导致各项指标均低于其他试验点,进一步说明气候条件是

**表 3　丁香罗勒挥发油化学成分及其相对含量**

Tab. 3　Chemical composition and relative content of volatile oil from *Ocimum gratissimum*

| 编号 Code | 保留时间/min Retention time | 化合物 Compound | 化学文摘服务号 CAS. No. | 相对含量 Relative Content/% | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 采收期 Harvesting stage | 盛花期 Full-bloom stage |
| 1 | 6.057 | *o*-Cymene 邻伞花烃 | 527-84-4 | − | 0.16 |
| 2 | 6.143 | 3-Carene 3−蒈烯 | 13466-78-9 | 0.85 | 2.54 |
| 3 | 6.698 | Linalool 芳樟醇 | 78-70-6 | − | 0.44 |
| 4 | 6.932 | sabinene hydrate 水合桧烯 | 15537-55-0 | − | 0.17 |
| 5 | 7.390 | Terpinen-4-ol 4−萜烯醇 | 562-74-3 | 2.43 | 2.52 |
| 6 | 7.493 | α-Terpineol $\alpha$−松油醇 | 98-55-5 | 0.28 | 0.29 |
| 7 | 7.568 | cis-Chrysanthenol 顺式菊烯醇 | 55722-60-6 | 0.21 | 0.23 |
| 8 | 8.660 | $\alpha$-Cubebene(-)-A−荜澄茄油烯 | 17699-14-8 | − | 0.16 |
| 9 | 8.746 | Eugenol 丁香酚 | 97-53-0 | 69.49 | 62.90 |
| 10 | 8.884 | $\alpha$-Copaene $\alpha$−胡椒烯 | 1000360-33-0 | 1.29 | 2.06 |
| 11 | 8.964 | (-)-Germacrene-D 异大根香叶烯 | 317819-80-0 | 1.01 | 1.49 |
| 12 | 9.204 | (-)-$\beta$-Caryophyllene $\beta$−石竹烯 | 87-44-5 | 3.99 | 4.40 |
| 13 | 9.250 | $\beta$-Copaene $\beta$−胡椒烯 | 18252-44-3 | 0.19 | 0.27 |
| 14 | 9.427 | Humulene 葎草烯 | 6753-98-6 | 0.43 | 0.51 |
| 15 | 9.536 | $\gamma$-Muurolene $\gamma$−依兰油烯 | 30021-74-0 | 0.43 | 0.56 |
| 16 | 9.599 | Germacrene 大根香叶烯 | 28387-44-2 | 10.81 | 10.79 |
| 17 | 9.673 | Cubebol 荜澄茄醇 | 23445-02-5 | 0.66 | 0.71 |
| 18 | 9.811 | $\delta$-Cadinene 杜松烯 | 483-76-1 | 1.78 | 1.99 |

**续表 3 Tab. 3 Continued**

| 编号 Code | 保留时间/min Retention time | 化合物 Compound | 化学文摘服务号 CAS. No. | 相对含量 Relative Content/% | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 采收期 Harvesting stage | 盛花期 Full-bloom stage |
| 19 | 10.257 | Caryophyllene oxide 氧化石竹烯 | 1139-30-6 | 1.23 | 1.12 |
| 20 | 10.314 | Aristolene epoxide 环氧马兜铃烯 | 1000151-48-9 | 0.24 | 0.93 |
| 21 | 10.388 | Germacratrien-1-ol 大根香叶三烯−1−醇 | 81968-62-9 | 0.58 | 0.83 |
| 22 | 10.480 | Epicubenol 荜澄茄烯醇 | 19912-67-5 | 0.27 | 0.23 |
| 23 | 10.577 | Muurolol 依兰油醇 | 19912-62-0 | 1.10 | 1.02 |
| 24 | 10.635 | Cadinol 杜松醇 | 5937-11-1 | 1.38 | 1.28 |
| 25 | 10.789 | cis-Thujopsene 顺式−罗汉柏烯 | 470-40-6 | − | 0.16 |
| 26 | 10.835 | Ylangenol 依兰醇 | 41610-69-9 | 0.60 | 0.87 |
| 27 | 11.808 | Longifolenaldehyde 长叶醛 | 19890-84-7 | 0.40 | 0.33 |
| | | 总计Total | | 99.65 | 98.96 |

注：“−”表示未检出或相对含量＜0.15%。

Note: "−" indicates not detected or relative content < 0.15%.

**表 4 丁香罗勒采收期和盛花期挥发油的主要成分**

Tab. 4 The main components of the volatile oils from *Ocimum gratissimum* during harvest stage and full-bloom stage

| 时期 Stage | 酚类 Phenols/ % | 萜烯类 Terpenes/ % | 醇类 Alcohols/ % | 其他 Others/ % |
|---|---|---|---|---|
| 采收期 Harvesting stage | 69.49 | 22.25 | 7.51 | 0.40 |
| 盛花期 Full-bloom stage | 62.90 | 27.15 | 8.42 | 0.49 |

**表 5 不同产地丁香罗勒挥发油主要成分及相对含量**

Tab. 5 Major constituents and relative content of *Ocimum gratissimum* essential oil from different places of origin

| 编号 Code | 化合物 Compound | 产地 Growing region | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 泉州 Quanzhou | 江西吉安 Ji'an, Jiangxi | 浙江金华 Jinhua, Zhejiang | 印度 India | 哥伦比亚 Colombia |
| 1 | 丁香酚 | 62.90 ~ 69.49 | 51.85 | 69.08 | 63.36 | 43.20 |
| 2 | 大根香叶烯 | 10.79 ~ 10.81 | | 4.61 | 8.84 | 3.90 |
| 3 | *β*−石竹烯 | 3.99 ~ 4.40 | | 3.48 | 3.89 | |
| 4 | 4−萜烯醇 | 2.43 ~ 2.52 | | | | |
| 5 | 杜松烯 | 1.78 ~ 1.99 | | | 1.06 | |
| 6 | *α*−胡椒烯 | 1.29 ~ 2.06 | | 1.61 | 1.39 | |
| 7 | 杜松醇 | 1.28 ~ 1.38 | | | | |
| 8 | 氧化石竹烯 | 1.12 ~ 1.23 | 8.52 | 1.86 | | |
| 9 | 依兰油醇 | 1.02 ~ 1.10 | | | | |
| 10 | 异大根香叶烯 | 1.01 ~ 1.49 | | | | |
| 11 | 3−蒈烯 | 0.85 ~ 2.54 | | | | |
| 12 | 依兰油烯 | 0.60 ~ 0.87 | | | | |
| 13 | 葎草烯 | 0.43 ~ 0.51 | | | | 1.70 |
| 14 | 荻烯 | | 17.13 | | | |

**续表 5　Tab. 5 Continued**

| 编号 Code | 化合物 Compound | 产地 Growing region | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 泉州 Quanzhou | 江西吉安 Ji'an, Jiangxi | 浙江金华 Jinhua, Zhejiang | 印度 India | 哥伦比亚 Colombia |
| 15 | 罗勒烯 | | 3.52 | 6.79 | 9.11 | |
| 16 | 特戊酸柠檬酯 | | 5.85 | | | |
| 17 | 柠檬烯 | | 1.14 | | | |
| 18 | 紫苏醇 | | 7.92 | | | |
| 19 | 金合欢烯 | | | | 2.78 | |
| 20 | 蒎烯 | | | | | 2.40 |
| 21 | 桉叶油醇 | | | | | 12.80 |
| 22 | 樟脑 | | | | | 1.20 |

注: 表格仅列出相对含量≥1.00%的成分。

Note: Only components ≥1.00% are listed.

限制丁香罗勒生长的重要因素[14]。在挥发油得率方面, 采收期与盛花期的挥发油提取效率显著高于生长期, 表明物候期是影响挥发油积累的关键因素。南安试验点在采收期的挥发油得率最高, 可能与当地气候条件更利于挥发性物质的合成与积累有关。产量方面, 洛江试验点总产量最高且增长稳定, 南安在第 3 次采收时产量显著提升, 可能与采收时间及栽培管理有关, 而安溪因环境胁迫导致产量最低。因此, 可以认为, 在适宜气候与科学管理下, 丁香罗勒可实现较高产量与挥发油得率; 洛江为较适宜丁香罗勒种植的区域, 第 1 年生植株, 年收割 3 茬, 产量达 80 554.35 kg·hm$^{-2}$, 第 2 年可收割 4 茬, 预计产量可超 97 500 kg·hm$^{-2}$, 此外, 合理密植很重要[15], 控制 39 000 ~ 45 000 株·hm$^{-2}$ 的种植密度, 并且适时打顶[16], 增加分枝, 可增加产量。

采用 GC-MS 联用技术对丁香罗勒挥发油成分进行分析, 初步鉴定出 27 个成分, 主要成分有丁香酚、大根香叶烯、*β*–石竹烯、杜松醇、4–萜烯醇等。丁香酚为丁香罗勒挥发油的主要成分, 其在采收期含量高于盛花期, 提示采收期更利于丁香酚的积累; 采收期挥发油中丁香酚含量分别为 69.49 %, 高于《中华人民共和国药典(2020 年版)》规定的 65.0 %[17]。不同产地挥发油成分差异显著, 泉州产丁香罗勒的丁香酚与大根香叶烯含量较高, 而中国江西吉安, 以及哥伦比亚和印度等国的样品中则分别以莰烯、桉叶油醇和罗勒烯等成分为主, 说明地理来源与生态环境对挥发油化学组成具有重要影响[18]。这为丁香罗勒的区域化种植与挥发油定向利用提供了科学依据。

丁香罗勒采收期的挥发油得率和丁香酚含量明显高于盛花期, 其他成分差异不大, 因此, 采收时间的把握很重要[19], 推荐采收时间在移栽定植 70 ~ 80 d 或开花初期。采收时地上茎叶预留 20 cm 左右, 可有效避免动摇根系, 减少植株死亡率。提取挥发油的设备是小型试验性仪器, 换算出丁香罗勒挥发油得率为 6.53 ~ 6.87 mL·kg$^{-1}$, 实际工业生产中损失率约为 15 %[20], 预计每公顷可产出挥发油约 450 kg。

丁香罗勒挥发油主导成分丁香酚有茴香样香气, 具有抗氧化、抗癌、抗炎、抗病毒、杀虫和抗菌等作用[6,21], 能够诱导癌相关成纤维细胞的凋亡[22−23]。大根香叶烯又名吉马烯、大牦牛儿烯, 具有强烈的甜香、木香和天竺葵香[24], 是一种重要的倍半萜化合物, 主要用于合成 *β*–榄香烯; *β*–榄香烯是中国拥有自主知识产权的抗肿瘤药物之一, 因抗肿瘤活性强、作用范围广、毒副作用小等特点, 被广泛应用于各类恶性肿瘤的临床治疗中[25−26]。*β*–石竹烯又名丁香烯, 甜木质香、丁香味, 具有镇痛、神经保护、抗肿瘤、防治肝损伤等广泛的生物活性[27]。3–蒈烯具有香甜的花果香气, 嗅感阈值低, 具有杀菌、抗炎和抗焦虑等作用[28]。此外, 杜松烯通过诱导细胞收缩、染色质凝缩和核膜破裂等机制导致人体卵巢癌细胞凋亡[29]。

综上所述，泉州洛江试验点因其稳定的农艺性状和较高的产量表现，被视为丁香罗勒的适宜种植区，建议采用合理密植（39 000 ~ 45 000 株·hm$^{-2}$）与适时打顶等措施以提高产量；挥发油提取宜于移栽后 70 ~ 80 d 或开花初期进行，此时挥发油得率与丁香酚含量均较高，符合药典标准；GC-MS 分析表明，挥发油以丁香酚为主，兼具多种生物活性成分，其组成显著受产地影响。本研究为丁香罗勒的高效栽培与挥发油的定向利用提供了理论与实践依据。

## 参考文献：


[1] Chaieb K, Hajlaoui H, Zmantar T, et al. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzigium aromaticum* L. Myrtaceae): a short review[J]. Phytotherapy Research, 2007, 21(6): 501−506. https://doi.org/10.1002/ptr.2124

[2] 张丽萍, 胡永亮, 王应清, 等. 丁香罗勒栽培及其研究进展[J]. 热带农业科技, 2017, 40(2): 22−25. https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-450X.2017.02.008

[3] 莫小路, 朱庆玲, 郑宗超, 等. 丁香罗勒抗菌作用研究[J]. 现代医药卫生, 2009, 25(16): 2462−2463.

[4] 孙宝国, 何坚. 香料化学与工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 205-207.

[5] 刘腾浩, 姜子涛, 李荣. 天然调味香料丁香罗勒精油的研究进展[J]. 中国调味品, 2013, 38(7): 113−116. https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-9973.2013.07.029

[6] 刘光发, 宋海燕, 罗婉如, 等. 百里香-丁香罗勒精油抗菌纸对草莓的防腐保鲜效果[J]. 包装工程, 2018, 39(19): 91−97. https://doi.org/10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.19.017

[7] 毛鑫, 古淑尹, 叶艺璐, 等. 罗浮山百草油抗炎作用机制及活性组分筛选研究[J]. 中国医院药学杂志, 2021, 41(16): 1606−1611. https://doi.org/10.13286/j.1001-5213.2021.16.03

[8] Kpadonou kpoviessi B G H, Ladekan E Y, Kpoviessi D S S, et al. Chemical variation of essential oil constituents of *Ocimum gratissimum* L. from Benin, and impact on antimicrobial properties and toxicity against *Artemia salina* L.[J]. Chemistry & Biodiversity, 2012, 9(1): 139−150. https://doi.org/10.1002/cbdv.201100194

[9] 刘娜娜, 程晓, 潘珍珍, 等. 伏牛山区六妹羊肚菌挥发性呈香物质分析[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(15): 161−167. https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521.2023.15.024

[10] 杜丽霞, 占豪, 姜子涛. 调味香料丁香罗勒精油成分、抗氧化及抑菌活性[J]. 中国调味品, 2021, 46(4): 174−178. https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-9973.2021.04.035

[11] 郭向阳. 6 种食用芳香植物挥发性成分的 GC-MS/GC-O 分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(18): 299−307. https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2019.18.036

[12] Jirovetz L, Buchbauer G, Shafi M P, et al. Chemotaxonomical analysis of the essential oil aroma compounds of four different *Ocimum* species from southern India[J]. European Food Research and Technology, 2003, 217(2): 120−124. https://doi.org/10.1007/s00217-003-0708-1

[13] Benitez N P, Meléndez león E M, Stashenko E E. Eugenol and methyl eugenol chemotypes of essential oil of species *Ocimum gratissimum* L. and *Ocimum campechianum* Mill. from Colombia[J]. Journal of Chromatographic Science, 2009, 47(9): 800−803. https://doi.org/10.1093/chromsci/47.9.800

[14] 李运丽. 光强对罗勒叶中花青素含量及光合特性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.

[15] 孙燕玲, 张玉方, 卢进, 等. 不同种植密度紫苏产量研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2010, 35(3): 168−170. https://doi.org/10.13718/j.cnki.xsxb.2010.03.026

[16] 程必强, 喻学俭. 毛叶丁香罗勒的引种栽培[J]. 中草药, 1984, 15(9): 33−36.

[17] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 (2020 年版)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 407.

[18] 张帅, 徐云辉, 张建斌, 等. 不同来源罗勒挥发油成分的 GC-MS 法分析及体外抗菌活性[J]. 中国医药工业杂志, 2011, 42(6): 419−422. https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-8255.2011.06.007

[19] 蒋新明, 郭丹丽, 路喆, 等. 不同品种·不同花期·不同采收时段薰衣草精油成分变化研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(27): 22−24. https://doi.org/10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.27.007

[20] 王金翠, 杨森艳, 李树发, 等. 拉萨曲水地区引种大马士革玫瑰的精油得率及成分研究[J]. 香料香精化妆品, 2015(5): 11−16. https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-4475.2015.05.004

[21] 王小果, 张汝国. 丁香酚及其类似物的农用生物活性和结构修饰研究进展[J]. 山东化工, 2023, 52(7): 83−87.https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-021X.2023.07.023

[22] 徐江昊, 何建霄, 文渚媛. 丁香酚诱导癌相关成纤维细胞的凋亡及其机制的研究[J]. 中小学信息技术教育, 2019(1): 27−29.

[23] 朱丽云, 张春苗, 高永生, 等. 抗癌活性植物精油的主要功效成分及作用机制研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(6): 1229−1239. https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2017.06.030

[24] 聂枞宁. 基于风味组学的茶叶香味与成分的映射关联评价研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2020. https://doi.org/10.27345/d.cnki.gsnyu.2020.000053

[25] 刘雨恒, 谌容, 谢恬. 抗癌药物榄香烯的生物合成及关键酶吉马烯 A 合酶的优化[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2022, 38(10): 1322−1334. https://doi.org/10.13865/j.cnki.cjbmb.2022.03.1493

[26] 朱立德, 姜晓天. *β*-榄香烯治疗癌症的研究进展[J]. 长春中医药大学学报, 2024, 40(8): 923−927. https://doi.org/10.13463/j.cnki.cczyy.2024.08.023

[27] 张季林, 魏惠珍, 张洁. β-石竹烯生物学功能的研究进展[J]. 山东医药, 2018, 58(38): 110−112. https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-266X.2018.38.034
[28] 陈品品, 陈日忠, 马晓娟, 等. 2 种芳香万寿菊精油的 GC-MS 分析与抑菌活性研究[J]. 天津农业科学, 2022, 28(10): 66−72. https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-6500.2022.10.013
[29] Hui L M, Zhao G D, Zhao J J. δ-Cadinene inhibits the growth of ovarian cancer cells via caspase-dependent apoptosis and cell cycle arrest[J]. International Journal of Clinical & Experimental Pathology, 2015, 8(6): 6046−6056.

# Analysis of volatile oil yield and composition of introduced *Ocimum gratissimum* in Quanzhou Region

Chen Pinpin[1#*], Zhuang Weidong[1], Ma Xiaojuan[1], Liu Liang[1], Cai Jinling[1], Chen Rizhong[2], Jiang Yaling[1]

(1. Quanzhou Institute of Agricultural Sciences, Quanzhou, Fujian 362212, China; 2. Fujian Quanzhou Dongrunyuan Agricultural Technology Development Company Limited, Quanzhou, Fujian 362018, China)

**Abstract:** To investigate the potential for large-scale cultivation of *Ocimum gratissimum* L. in Quanzhou, *O. gratissimum* L. was introduced for trial planting to comprehensively evaluate its ecological adaptability. The agronomic traits, yield, and essential oil yield and composition were systematically compared. The results indicated that *O. gratissimum* L. at the Luojiang experiment site had the best performance in plant height, plant spread, individual plant weight, and yield, showing strong environmental adaptability and growth stability. The essential oil yield was closely related to the phenological period, with the highest yield (6.53 ~ 6.87 mL·kg$^{-1}$) and eugenol content (69.49%) being observed during the harvest period (early flowering stage), meeting the standards of the Pharmacopoeia of the People's Republic of China. GC-MS analysis identified 27 compounds, with eugenol, germacrene D, and β-caryophyllene as the main components. Phenolic compounds exhibited the highest relative abundance, while terpenes and alcohols were the most diverse categories. Overall, Luojiang in Quanzhou is identified as a suitable cultivation area. This trial planting with reasonable planting density (39 000 ~ 45 000 plants per hm$^2$) in Luojiang, Quanchou, combined with timely harvesting, provides a practical basis for achieving high yield and high-quality essential oil production.

**Keywords:** *Ocimum gratissimum*; eugenol; volatile oil; components; yield

(责任编辑:潘学峰)