

信息与资料 Information and Data

光照强度对茴香植株生长以及精油的含量和成分的影响

肖艳辉, 何金明, 王羽梅*

韶关学院英东生物工程学院, 广东韶关 512005

Effect of Light Intensity on Plant Growth, Contents and Components of Essential Oil in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

XIAO Yan-Hui, HE Jin-Ming, WANG Yu-Mei*

College of Yingdong Bioengineering, Shaoguan College, Shaoguan, Guangdong 512005, China

提要: 测定100%、60%和30%自然光下, 茴香生长及其精油含量和组分的结果表明, 随着光照强度的提高, 茴香株高、最大叶长、最大叶宽、最大叶面积和最大叶鲜重均呈下降趋势; 比叶重、真叶数、茴香单株的鲜重和干重、地上部鲜重、地下部鲜重、干物率均呈上升趋势。茴香植株的可溶性糖和全碳含量也均呈上升趋势, 全氮含量以60%自然光下的为最高, 不同光照强度下的蛋白氮含量差异不显著。茴香的叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素含量随光照强度的升高均呈下降趋势, 而叶绿素a/b比呈上升趋势。茴香精油含量和单株精油产量均随之升高; 精油共鉴定出23种成分, 不同光照强度下精油成分种类没有差别, 但部分种类的相对含量则有一定的差异。随着光照强度的提高, 茴香精油的主要成分反式-茴香脑和柠檬烯的含量变化不大, 在不同光照强度下二者的差异不显著。

关键词: 茴香; 精油; 光照强度

茴香在我国有悠久的栽培历史, 其鲜嫩枝叶可作香辛蔬菜, 果实小的茴香是传统中药和食品工业中用途广泛的食用香料。茴香的香辛味和药用价值与其精油含量和质量密切相关(何金明等2005)。近几年来, 生态条件对茴香生长及精油影响的研究不断增多(王羽梅等2002; Ahmed等1988), 但光照强度对茴香植株生长以及精油含量和成分组成比例的影响至今未见报道。为此, 我们以内蒙古小茴香为试验材料, 采用遮光的方法探讨不同光照强度对茴香植株生长以及精油含量和成分组成比例的影响, 以期能为提高茴香精油含量和质量提供参考。

材料与方 法

以内蒙古小茴香(*Foeniculum vulgare* Mill.)为试材, 2005年8月7日, 在我院生态科技园播种出苗后, 于8月18日选整齐一致的幼苗(2片子叶展开, 第一心叶微露)移植至21 cm×24 cm的陶制花盆中, 每盆4株。8月30日恢复生长后, 选相对整齐一致的幼苗(1片真叶展开)用黑色遮阴网进行遮光处理, 用照度计测定光照强度, 光照强度有自然光照(100%)、60%自然光和30%自然

光。每个处理40盆。处理80 d, 于2005年11月7日取样分析。每处理随机取样15株, 测定株高、最大叶长、最大叶宽、最大叶鲜重、地上部和地下部鲜重、单株鲜重和干重、真叶数、节数, 并计算最大叶面积(叶长×叶宽)、比叶重(最大叶鲜重/最大叶面积)、地上部鲜重/地下部鲜重、干物率。

可溶性糖含量取全草用蒽酮比色法测定(李合生2000); 全氮与蛋白氮含量取全草用微量凯氏定氮法测定(中国科学院上海植物生理研究所和上海市植物生理学会1999); 全碳取全草用 $K_2Cr_2O_7$ 容量法测定(中国土壤学会农业专业委员会1983); 叶中叶绿素含量用比色法测定(郝再彬等2004)。

精油提取按文献(中国药典委员会2000)方法, 并进行适当改进。采用同时蒸馏萃取法提取精油。具体方法为: 取全草用水洗净, 吹干表面水迹, 切成0.5 cm左右的小段, 准确称重150 g, 置于1000 mL硬质烧瓶中, 加入700 mL水,

收稿 2006-12-06 修定 2007-04-13

资助 国家自然科学基金(30370151)。

* 通讯作者(E-mail: wym990@sina.com; Tel: 0751-8120069)。

微沸蒸馏 3 h。蒸馏时用装有 10 mL 正己烷(色谱纯)的接受管(最小刻度为 0.02 mL)萃取,用正己烷溶液体积增加的量计算精油的提取量。蒸馏结束后,回收有机正己烷溶液,用无水硫酸钠干燥,过滤,定容至 11 mL。每一处理蒸馏 3 次,取平均值。精油的正己烷溶液用棕色精油瓶封装,于 -20 ℃ 下保存。

样品烘干至恒重,计算样品的干物率,精油含量用 $\text{mL}\cdot(100\text{ g})^{-1}$ (DW)表示。将烘干样品收集密封保存在干燥器中,用于上述生理指标(除叶绿素外)的分析。

按吴玫涵等(2001)的方法,并适当改进。取 50 μL 茴香精油的正己烷溶液稀释至 3 mL,进行气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)分析[Trace GC-2000/DSQ,美国热电公司(Thermo Finnigan)]。GC 条件:色谱柱为 DB5 石英毛细管柱,30 $\text{m}\times 0.25\text{ mm}\times 0.25\text{ }\mu\text{m}$;载气为高纯氮(99.999%);柱流量为 1 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$,不分流;柱前压为 100 kPa;进样口温度 220 ℃,进样量 1 μL ;程序升温为柱温 40 ℃ 保持 1 min,以 10 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升高到 200 ℃,保持 3 min。MS 条件:电离方式为 EI;电子能量为 70 eV;接口温度 210 ℃,离子源温度 200 ℃;流量扫描范围为 50~350 m/z ;溶剂延迟 5.0 min;发射电流为 100 μA 。

精油成分定性是在参考前人工作(赵淑平等 1989, 1991; Mimica-Dukic 等 2003)的基础上,计算成分的保留系数(Mimica-Dukic 等 2003),同时结合(美国)国家标准技术研究所(National Institute of Standard Technology, NIST) (2002)标准谱库

进行鉴定。精油成分的相对含量用面积归一法计算。每一处理重复 3 次。

实验结果

1 不同光照强度对茴香生长的影响

从表 1 可见:(1)遮光的茴香株高增加,最大叶的长、宽和面积增大,最大叶鲜重增加,除最大叶鲜重外,其差异均达到显著水平;但比叶重和真叶数呈下降趋势,其中真叶数差异不显著,比叶重差异显著。60% 自然光下植株的各种指标均略高于 30% 自然光下的,但二者之间差异不显著。(2)随着光照强度的下降,茴香单株的鲜重和干重、地上部鲜重、地下部鲜重、干物率均下降,除地上部鲜重差异不显著以及地下部鲜重 100% 和 60% 显著高于 30% 外,其余均为差异显著。

2 不同光照强度对茴香碳、氮和色素含量的影响

表 2 显示:(1)茴香植株的可溶性糖和全碳含量均随着光照强度的降低而下降,可溶性糖含量在 3 种光照强度之间差异显著,而全碳含量差异不显著。全氮含量以 60% 自然光下的为最高,显著高于自然光和 30% 自然光下的;蛋白氮含量在不同光照强度之间差异不显著。(2)光照强度对茴香色素含量也有影响,光照强度下降时,茴香叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量均增加。但 60% 和 30% 自然光之间的色素含量差异不显著。叶绿素 a/b 比随着光照强度的减弱而下降,不同光照强度之间差异达到显著水平。

表 1 不同光照强度下茴香生长指标的变化

光照强度/ 为自然光的 %	株高/cm	真叶数/ 片·株 ⁻¹	最大叶长/cm	最大叶宽/cm	最大叶面积/ cm ² ·片 ⁻¹	最大叶鲜重/ g·片 ⁻¹	比叶重/ mg·cm ⁻²
100	52.62±3.75 ^b	7.00±2.92 ^a	21.51±4.97 ^b	7.82±3.67 ^b	173.20±16.18 ^b	1.63±0.95 ^a	9.61±2.02 ^a
60	61.22±3.42 ^a	6.60±0.89 ^a	26.77±4.75 ^a	12.00±4.38 ^a	339.92±35.09 ^a	1.82±0.64 ^a	6.20±2.56 ^b
30	59.88±4.24 ^a	6.40±1.67 ^a	25.85±9.03 ^a	11.65±5.71 ^a	334.19±48.87 ^a	1.72±0.95 ^a	5.51±1.00 ^b

光照强度/ 为自然光的 %	地上部鲜重/ g·株 ⁻¹	地下部鲜重/ g·株 ⁻¹	地上部鲜重/ 地下部鲜重	单株鲜重/g	单株干重/g	干物率/%
100	18.70±10.52 ^a	4.81±1.71 ^a	3.56±1.44 ^b	23.51±4.11 ^a	4.54±0.83 ^a	0.19±0.0 ^a
60	18.99±5.07 ^a	4.04±1.28 ^a	4.57±2.53 ^b	21.03±5.16 ^b	3.49±0.91 ^b	0.17±0.0 ^b
30	16.47±8.18 ^a	2.37±1.32 ^b	7.12±0.48 ^a	18.84±3.50 ^c	2.83±0.63 ^c	0.15±0.0 ^c

同栏数字后不同小写字母表示 Duncan's 检测中差异达 0.05 显著水平。

表2 不同光照强度下茴香的碳氮化合物和色素含量的变化

光照强度 / 为自然光的 %	全碳含量 / %	可溶性糖含量 / %	全氮含量 / %	蛋白氮含量 / %
100	17.47±1.79 ^a	4.11±0.08 ^a	0.22±0.0 ^b	0.14±0.0 ^a
60	17.30±1.39 ^a	3.35±0.08 ^b	0.26±0.0 ^a	0.14±0.0 ^a
30	15.87±1.10 ^a	3.09±0.15 ^c	0.23±0.0 ^b	0.15±0.0 ^a

光照强度 / 为自然光的 %	叶绿素 a 含量 / mg·g ⁻¹ (FW)	叶绿素 b 含量 / mg·g ⁻¹ (FW)	叶绿素 a+b 含量 / mg·g ⁻¹ (FW)	叶绿素 a/b	类胡萝卜素含量 / mg·g ⁻¹ (FW)
100	0.75±0.10 ^b	0.28±0.05 ^b	1.03±0.15 ^b	2.75±0.19 ^a	0.17±0.02 ^b
60	1.17±0.13 ^a	0.46±0.08 ^a	1.63±0.11 ^a	2.57±0.05 ^b	0.23±0.07 ^a
30	1.26±0.17 ^a	0.52±0.08 ^a	1.78±0.15 ^a	2.43±0.10 ^c	0.24±0.03 ^a

同栏数字后不同小写字母表示 Duncan's 检测中差异达 0.05 显著水平。

3 不同光照强度对茴香精油含量和成分的影响

由表 3 可见,随着光照强度的降低,茴香精油含量和单株精油产量都呈递减趋势,除自然光和 60% 自然光下的精油含量之间差异不显著外,60% 和 30% 自然光之间的茴香精油含量和单株精油产量均达显著水平(表 3)。表明较高的光照强度有利于精油的形成与积累。

GC-MS 分析结果表明,不同光照强度下生长

表3 不同光照强度下茴香精油含量和单株精油产量的变化

光照强度 / 为自然光的 %	精油含量 / mL·(100 g) ⁻¹ (DW)	精油产量 / mL·株 ⁻¹
100	1.81±0.05 ^a	0.082±0.005 ^a
60	1.73±0.12 ^a	0.060±0.002 ^b
30	1.46±0.11 ^b	0.041±0.007 ^c

同栏数字后不同小写字母表示 Duncan's 检测中差异达 0.05 显著水平。

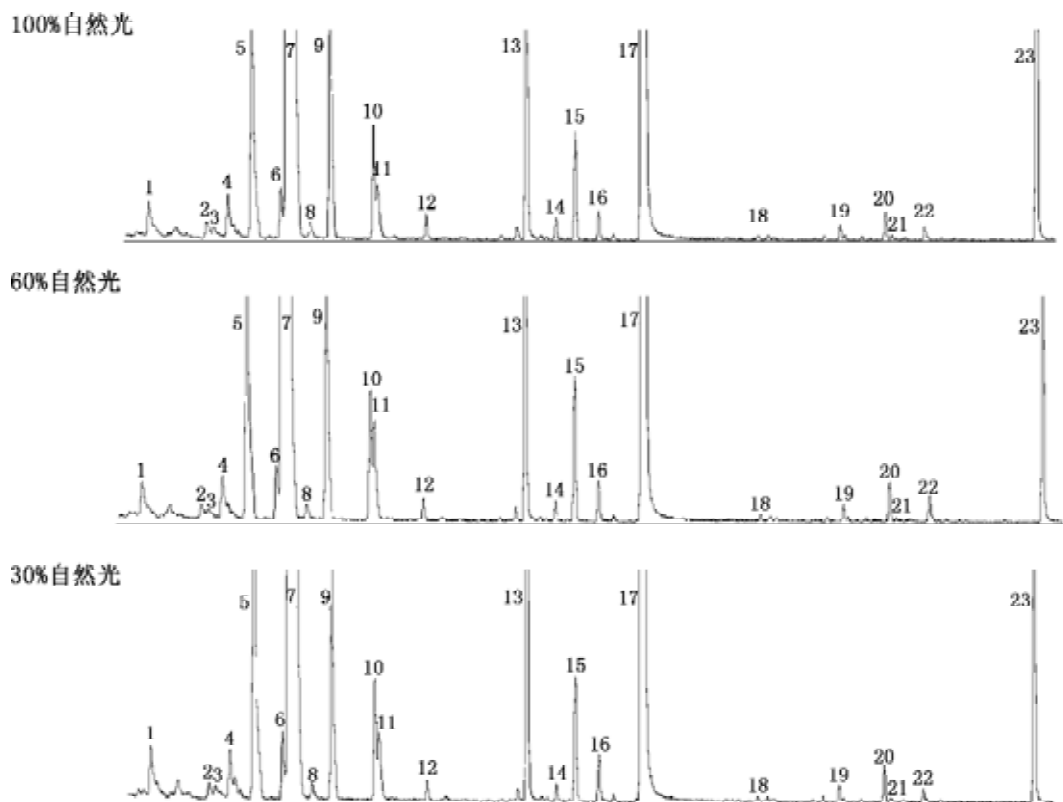


图1 不同光照强度下茴香精油成分色谱图

的茴香精油成分种类没有差异,各光照强度下均鉴定出23种成分,可鉴定成分的峰面积总和占总峰面积的99%左右,其中1%以上的主要成分依次为反式-茴香脑、柠檬烯、蒎蒾芹菜脑、爱草脑、水芹烯、 γ -蒎蒾品烯。在不同光照强度下,茴香精油的个别成分含量表现出一定的差异。含

量差异达到显著水平的成分有:水芹烯、 γ -蒎蒾品烯、3,4-二甲基-2,4,6-三烯、反式-蒎蒾醇乙酸酯和顺式-茴香脑。然而作为第一主成分和第二主成分的反式-茴香脑和柠檬烯(两者占总量的89%左右)的相对含量差异不显著(图1、表4)。

按照分子结构,茴香精油成分可分为三大

表4 不同光照强度下茴香精油成分的相对含量变化

序号	化合物名称	光照强度 / 为自然光的 %		
		100	60	30
1	α -蒎蒾烯	0.20±0.01 ^{Aa}	0.24±0.06 ^{Aa}	0.24±0.06 ^{Aa}
2	香桉烯	0.10±0.01 ^{Aa}	0.09±0.01 ^{Aa}	0.10±0.01 ^{Aa}
3	β -蒎蒾烯	0.07±0.01 ^{Aa}	0.08±0.02 ^{Aa}	0.09±0.02 ^{Aa}
4	月桂烯	0.23±0.01 ^{Aa}	0.25±0.02 ^{Aa}	0.25±0.02 ^{Aa}
5	水芹烯	1.20±0.12 ^{Ab}	1.47±0.21 ^{Ab}	1.76±0.16 ^{Aa}
6	对-聚伞花素	0.09±0.00 ^{Aa}	0.10±0.01 ^{Aa}	0.14±0.02 ^{Aa}
7	柠檬烯	21.02±1.85 ^{Aa}	22.36±0.05 ^{Aa}	20.82±0.92 ^{Aa}
8	罗勒烯	0.07±0.01 ^{Aa}	0.08±0.00 ^{Aa}	0.08±0.01 ^{Aa}
9	γ -蒎蒾品烯	1.67±0.10 ^{Aa}	1.43±0.03 ^{Ab}	1.31±0.03 ^{Ab}
10	蒎蒾品油烯	0.60±0.02 ^{Ab}	0.76±0.06 ^{Aa}	0.61±0.04 ^{Ab}
11	小茴香酮	—	—	—
12	3,4-二甲基-2,4,6-三烯	0.11±0 ^{Aa}	0.10±0.01 ^{Ab}	0.09±0 ^{Ab}
13	爱草脑	1.78±0.01 ^{Aa}	1.83±0.01 ^{Aa}	1.92±0.10 ^{Aa}
14	蒎蒾醇乙酸酯	0.08±0 ^{Aa}	0.09±0.01 ^{Aa}	0.08±0.01 ^{Bc}
15	反式-蒎蒾醇乙酸酯	0.41±0.01 ^{Bb}	0.57±0.04 ^{Aa}	0.49±0.01 ^{ABab}
16	顺式-茴香脑	0.12±0.01 ^{Ab}	0.18±0.02 ^{Aa}	0.20±0.01 ^{Aa}
17	反式-茴香脑	68.42±0.78 ^{Aa}	66.23±1.09 ^{Aa}	68.24±0.23 ^{Aa}
18	古巴烯	0.06±0 ^{Aa}	0.06±0 ^{Aa}	0.07±0.01 ^{Aa}
19	合金欢烯	0.12±0.02 ^{Aa}	0.14±0.01 ^{Aa}	0.13±0.01 ^{Aa}
20	吉玛烯-D	0.14±0.01 ^{Aa}	0.13±0.01 ^{Aa}	0.13±0.02 ^{Aa}
21	未知	0.02±0 ^{Aa}	0.02±0.01 ^{Aa}	0.02±0 ^{Aa}
22	肉豆蔻醚	0.06±0.01 ^{Aa}	0.15±0.05 ^{Aa}	0.06±0 ^{Aa}
23	蒎蒾芹菜脑	2.81±0.01 ^{Aa}	2.75±0.71 ^{Aa}	2.52±0.57 ^{Aa}
	单蒎蒾类	25.34±0.88 ^{Aa}	26.93±0.05 ^{Aa}	25.45±1.03 ^{Aa}
	含氧化合物	73.69±0.81 ^{Aa}	71.80±0.23 ^{Ab}	72.83±0.96 ^{Ab}
	倍半蒎蒾类	0.19±0.01 ^{Aa}	0.22±0.01 ^{Aa}	0.22±0.02 ^{Aa}
合计		99.21±0.06 ^{Aa}	98.95±0.19 ^{Aa}	99.67±0.58 ^{Aa}

同行数字后不同小写和大写字母分别表示 Duncan's 检测中差异达 0.05 和 0.01 显著水平。

类,即单蒎蒾类化合物、含氧化合物和倍半蒎蒾类化合物,其中单蒎蒾类化合物包括 α -蒎蒾烯、香桉烯、 β -蒎蒾烯、月桂烯、水芹烯、对-聚伞花素、柠檬烯、罗勒烯、 γ -蒎蒾品烯、蒎蒾品油烯和3,4-二甲基-2,4,6-三烯,含氧化合物包括爱草脑、蒎蒾醇乙酸酯、反式-蒎蒾醇乙酸酯、顺式-茴香脑、反

式-茴香脑、肉豆蔻醚、蒎蒾芹菜脑,倍半蒎蒾类化合物包括古巴烯、合金欢烯和吉玛烯D。不同光照强度下,茴香精油单蒎蒾类化合物相对含量在25.34%~26.93%之间,含氧化合物相对含量在71.80%~73.69%之间,倍半蒎蒾类相对含量在0.19%~0.22%之间,差异均不显著(表4)。

讨 论

从本文结果来看,降低光照强度引起茴香的冠根比增大,比叶重减小,植株的干物率降低(表1),表明弱光下茴香的叶面积虽然有增加,但由于光合作用受到影响,以致合成的光合产物减少,运转到根系的光合产物可能更少,而引起根系生长量的下降。茴香叶绿素 a/b 随着光照强度的减弱呈下降趋势,显示弱光下作为光系统中吸收光能的主要天线色素的叶绿素 b 功能增强。

作为次生代谢产物的精油,是茴香适应环境的产物。次生代谢产物与光照强度相关,对此已报道的有生物碱、黄酮、萜类内酯、挥发性成分等(冷平生等 2002; 阎秀峰等 2003; 吴能表等 2005)。光照强度对植物次生代谢产物的影响是通过影响初生代谢产物的合成和积累进行的。已有的研究表明,光合速率的增加可以提供较多的次生代谢产物的合成前体,抑制次生代谢产物的分解(Croteau 等 1972),因此是有利于包括次生代谢产物在内的光合产物合成和积累的。本文中,随着光照强度的减弱,茴香的生长量(单株干重)、全碳含量、可溶性糖含量以及精油含量和单株精油产量均下降的结果也佐证了这一看法。

在较强光照下生长的茴香,无论是生物产量,还是精油含量和单株精油产量均为最高。据此认为,在茴香生产中应尽可能满足其对较大光照强度的需要。

参考文献

- 国家药典委员会(2000). 中华人民共和国药典(第1卷). 北京: 化学工业出版社, 35
- 郝再彬, 苍晶, 徐仲(2004). 植物生理实验. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 46~49
- 何金明, 王羽梅, 卓丽环, 郭园(2005). 茴香精油含量和质量影响因素的研究进展. 园艺学报, 32 (2): 348~351
- 冷平生, 苏淑钗, 王天华, 蒋湘宁, 王沙生(2002). 光强与光质对银杏光合作用及黄酮苷与萜类内酯含量的影响. 植物资源与环境学报, 11: 1~4
- 李合生(2000). 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 172~174
- 王羽梅, 任安祥, 潘春香, 高野吉泰(2002). 阴离子对球茎茴香生长和精油含量的影响. 植物生理学通讯, 38 (3): 270~272
- 吴玫涵, 聂凌云, 刘云, 张雷, 魏立平(2001). 气相色谱-质谱法分析不同产地小茴香药材挥发油成分. 药物分析杂志, 21 (6): 415~418
- 吴能表, 谈峰, 肖文娟, 王小佳(2005). 光强因子对少花桂幼苗形态和生理指标及精油含量的影响. 生态学报, 5: 1159~1164
- 阎秀峰, 王洋, 尚辛亥(2003). 温室栽培光强和光质对高山红景天生物量和红景天甙含量的影响. 生态学报, 23 (5): 841~849
- 赵淑平, 丛浦珠, 权丽辉(1989). 小茴香挥发油的质量研究. 中药材, 12 (9): 31~32
- 赵淑平, 丛浦珠, 权丽辉(1991). 小茴香挥发油的成分. 植物学报, 33 (1): 82~84
- 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会编(1999). 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 133~134
- 中国土壤学会农业专业委员会编(1983). 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 272~273
- Ahmed A, Farooqi A, Bojappa KM (1988). Effect of nutrients and spacing on growth, yield and essential oil content in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Indian Perfumer, 32: 301~305
- Croteau R, Burbott AJ, Loomis WD (1972). Apparent energy deficiency in mono- and sesqui-terpene biosynthesis in peppermint. Phytochemistry, 11: 2937~2948
- Li HB, Chen F (2001). Preparative isolation and purification of salidroside from the Chinesemedicinal plant *Rhodiola sachalinensis* by high-speed counter-current chromatography. J Chromatogr A, 32: 91~95
- Mimica-Dukic N, Kujundzic S, Sokovic M, Couladis M (2003). Essential oil composition and antifungal activity of *Foeniculum vulgare* Mill. obtained by different distillation conditions. Phytother Res, 17: 368~371