

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

吴能表¹, 谈 锋¹, 肖文娟¹, 王小佳²

(1. 西南师范大学生命科学学院, 重庆 400715; 2. 西南农业大学园艺系, 重庆 400716)

摘要:光是影响植物生长的重要因子之一。它不仅能够影响植物的光合作用,同时,光还以环境信号的形式作用于植物,通过光敏色素等作用途径调节植物生长、发育和形态建成,使植物更好地适应外界环境。除此之外,光还可以影响植物的初生代谢过程和次生代谢。因此提高植物体内重要次生代谢产物,光的因素不可忽视。少花桂(*Cinnamomum pauciflorum*)是樟科樟属多年生常绿小乔木,其体内含有精油,鲜叶含油量可达 3.5%,比黄樟树根含油量高出 1 倍左右,精油中黄樟油素纯度高达 95%以上。以少花桂为材料,采用人工模拟不同生境的光照条件,探讨光强因子对少花桂生长及精油含量的影响,以求对其生产提供理论指导。通过窗纱遮荫实现对其生境光的控制,研究了光强因子对少花桂幼苗形态结构、水分状况、光合指标、生物量、香桂油含量和纯度的影响。结果表明:随生境相对光照强度的减弱,叶片厚度、叶片上表皮厚度、下表皮厚度、栅栏组织、海绵组织厚度、根冠比等都呈现降低的趋势;而平均单叶面积却呈现出增加的趋势;株叶面积在 61.5%的全光照下有所增加,而在 33.8%和 15.4%全光照条件下大幅度减小;遮荫条件下生长的少花桂幼苗根系相对不发达,根冠比小;生境的光照强度会影响植株的水分蒸腾,从而影响含水量。在同样光照下,全光照条件下生长的少花桂幼苗保水能力最强,其次是 61.5%全光照,最差的是 15.4%全光照。少花桂幼苗的光饱和点、光补偿点随生境中的光强减弱而降低。过度遮荫条件下生长的少花桂幼苗 CO₂ 补偿点明显高于自然条件下生长的少花桂幼苗;随生境中的光强度的减弱其光呼吸速率升高,单位叶面积的叶绿素含量增加,Chla/Chlb 值减小。遮荫处理后,不同光照条件下生长的少花桂幼苗的质量增加存在显著差异。遮荫过程中 61.5%、33.8%和 15.4%全光照条件下生长的少花桂幼苗叶片鲜质量的增长速率分别为全光照的 1.6 倍、1.2 倍和 0.77 倍。香桂油含量以 61.5%和 33.8%全光照为多,均比全光照高出 5%左右,而 15.4%全光照叶片含油量又较全光照少 5%左右。香桂油中黄樟油素纯度,以 33.8%、15.4%全光照生境下的少花桂幼苗叶片为高。少花桂幼苗轻微遮荫(61.5%全光照)栽培,能获得较高的枝叶产量和香桂油产率,重度遮荫(33.8%、15.4%全光照)能获得纯度较高的黄樟油素。

关键词:少花桂;光强因子;光合指标;黄樟油素

文章编号:1000-0933(2005)05-1159-06 **中图分类号:**Q143,Q948,S718 **文献标识码:**A

Effects of light intensity on morphologic and physiological indexes and safrol content of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings

WU Neng-Biao¹, TAN Feng¹, XIAO Wen-Juan¹, WANG Xiao-Jia² (1. School of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China; 2. Horticultural Department, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1159~1164.

Abstract: Light can regulate plants' growth and morphogenesis, and adapt plants to environments via photosynthesis and phytochrome effects. In addition, light may affect primary and secondary metabolism of plants, and light is important in the production of secondary metabolites in plants. *Cinnamomum pauciflorum* is a perennial evergreen plant species, its leaves have

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39330050)

收稿日期:2004-08-02; **修订日期:**2005-02-21

* 通讯作者 Author for correspondence.

作者简介:吴能表(1969~),男,四川平昌人,博士,副教授,主要从事植物生理生态和植物信号传导研究. E-mail: wunb@swnu.edu.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(No. 39330050)

Received date: 2004-08-02; **Accepted date:** 2005-02-21

Biography: WU Neng-Biao, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in plant ecophysiology and plant signal transduction. E-mail: wunb@swnu.edu.cn

Cinnamomum pauciflorum oil, in which safrol takes the proportion of more than 95%. The paper analyzed the effects of light intensity on morphology, water status, photosynthesis, biomass, oil content and purity of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings. It was shown that leaf thickness, upper epidermis and lower epidermis thickness of leaf, palisade tissue and spongy tissue thickness, and root shoot ratio were decreased with light intensity, while the average area per leaf was increased. Total leaf area of plants under were increased under 61.5% full sunlight, but were decreased greatly under 33.8% and 15.4% full sunlight; Root systems of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings under low light conditions were not developed well, shading decreased *Cinnamomum pauciflorum* seedlings' root shoot ratio. Light intensity affected water transpiration rate and plants' water content therefore. Under the same conditions, water retentivity of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings under full sunlight was the highest, and that of seedlings under 15.4% full sunlight was the lowest. Light saturation point and light compensation point of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings decreased with decreasing light intensity. CO₂ compensation point of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings under overshadowing was higher than that of plants under full sunlight. Photorespiration rate and Chlorophyll content of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings were increased with decreasing light intensity, while Chla/Chlb was decreased. Light intensity had significant effects on the growth of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings. Compared with full sunlight, the growth rate in leaf fresh weight of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings under 61.5%、33.8% and 15.4% full sunlight were 1.6、1.2 and 0.77 times, respectively. Oil Contents of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings under 61.5% and 33.8% full sunlight were higher than that of plants under full sunlight by 5%, but oil content of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings under 15.4% full sunlight was lower than that of plants under full sunlight by 5%. With respect to the proportion of safrol in *Cinnamomum pauciflorum* oil, *Cinnamomum pauciflorum* seedlings under 33.8% and 15.4% full sunlight had larger quantity than others. Therefore, it seems that slight shading (under 61.5% full sunlight) could increase leaf biomass and consequently *Cinnamomum pauciflorum* oil content, heavy shading (under 33.8% and 15.4% full sunlight) could increase purity of safrol.

Key words: *Cinnamomum pauciflorum*; light intensity; photosynthesis indexes; safrol

光是影响植物生长的重要因子之一。它不仅能够通过影响植物的光合作用,把光能转变为化学能贮存起来,为植物的生长提供能量。同时,光还以环境信号的形式作用于植物,通过光敏色素等作用途径调节植物生长、发育和形态建成,使植物更好地适应外界环境。除此之外,光还可以影响植物的初生代谢过程^[1]和次生代谢^[2]。因此提高植物体内重要次生代谢产物,光的因素不可忽视。

少花桂(*Cinnamomum pauciflorum*)是樟科樟属多年生常绿小乔木,其体内含有精油,主要成分黄樟油素是多种香料生产的前体,主要用于制药、食品、香烟、化妆品及电镀工业。同时少花桂树皮和根还可入药作官桂皮使用,具有开胃健脾、通气散热之功能,用于肠胃病和腹痛治疗。黄樟油素过去是从黄樟树根中提取,黄樟树生长采伐期为50~100 a,而伐根就意味着毁林,因此,黄樟油素的生产对森林资源具有极大的破坏性。同时,黄樟树根含油量只占鲜重的1%~2%,油中黄樟油素纯度只有75%~85%;而少花桂枝叶含有香桂油,鲜叶含油量可达3.5%^[3],比黄樟树根含油量高出1倍左右,精油中黄樟油素纯度高达95%以上^[4],极具开发价值。三峡库区已栽培1.2万hm²,每0.667hm²香桂年收入近千元,1.2万hm²香桂基地可给农户每年带来1.5亿元收入。洋茉莉醛加工,可以使每吨5万元的香桂油增值到每吨15万元,而新洋茉莉醛每吨售价更是高达45~50万元。本文以少花桂为材料,采用人工模拟不同生境的光照条件,探讨光强因子对少花桂生长及精油含量的影响,以求对其生产提供理论指导。

1 研究方法

1.1 试验材料

1998年4月购进2年生少花桂幼苗,栽于盛有充分混匀的紫色壤土的钵盆(20cm×15cm)中,恢复生长势后用绿色窗纱遮荫处理,设全光照及1、2、3层遮荫4种处理模拟不同树荫下的光照情况。用LI-1600气孔计测得1、2、3层遮荫光量子通量密度分别为全光照的61.5%、33.8%、15.4%,处理5个月后取样测定,样本容量为5,试验在重庆北碚进行。

1.2 测定方法

叶片厚度、海绵组织、栅栏组织及叶表角质层厚度在光学显微镜下借助显微测微尺测定;净光合速率、光饱和点、光补偿点、光呼吸和CO₂补偿点等生理指标用红外CO₂分析仪(FQW-CO₂,广东佛山分析仪器厂生产)进行整株测定^[5];叶绿素含量按沈伟其法^[6]浸提,Arnon法^[7]测定;叶面积用79Se-2型叶面积测定仪测定;相对含水量用称重法测定;自由水、束缚水含量照沈宗英法^[5]测定;水势用小液流法^[8]测定;蒸腾测定参照王万里等^[9]的方法;生物量的测定,分别称根、茎、叶的质量,测定叶面积,在

105℃下杀青 10~30min,80℃烘干至恒重,测其干质量;香桂油用微量挥发油测定器(重庆北碚玻璃器皿厂生产)水蒸气蒸馏提取并测定含量^[10];香桂油各成分相对含量测定用 SP-3400 气相色谱仪(北京分析仪器厂)测定(FID 检测器,V-17 毛细管柱(苯基 50%甲烷聚硅氧烷)长 30m,内径 0.22mm)。实验条件:N₂ 流速 30mm/min,H₂ 流速 30mm/min,空气流速 300mm/min,数据采用 SPSS 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 光强因子对少花桂幼苗形态结构的影响

在不同光强条件下生长的少花桂幼苗的形态存在差异(表 1)。随生境相对光照强度的减弱,叶片厚度、叶片上表皮厚度、下表皮厚度、栅栏组织、海绵组织厚度、根冠比等都呈现降低的趋势;而平均单叶面积却呈现出增加的趋势;株叶面积在轻微遮荫(61.5%)条件下叶面积增加(株叶面积由对照的 221.34 cm² 增加到 61.5%的 237.46 cm²),当遮荫程度进一步加深,株叶面积迅速降低(株叶面积由全光照的 221.34 cm² 降为 33.8%的 182.28 cm²)。

表 1 光强因子对少花桂幼苗形态指标的影响

Table 1 Effects of light intensity on morphologic indexes of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings

相对光强 (%) % of full sunlight	叶片厚度 Leaf thickness (mm)	上表皮厚度 Upper epidermis thickness (μm)	下表皮厚度 Lower epidermis thickness (μm)	栅栏组织 厚度 Paring tissue thickness (μm)	海绵组织厚 度 Sponge tissue thickness (μm)	栅栏组织/ 海绵组织 Paring/ sponge thickness	单叶面积 A leaf area (cm ² /leaf)	株叶面积 Total a plant leaf area (cm ² /plant)	根冠比 Root/ shoot ratio
100	271.5±10.5a	30.0±5.1a	13.5±3.2a	121.5±4.5a	136.5±4.5a	0.89a	14.27±2.47a	221.34±20.46a	0.35a
61.5	228.9±14.1b	21.9±2.2b	12.0±2.1b	81.9±3.3b	113.1±12.3b	0.72b	17.99±2.33b	237.46±32.86b	0.33a
33.8	200.1±3.9c	21.0±2.5b	11.1±2.1c	63.0±3.5c	105.0±9.0c	0.60c	22.32±3.44c	182.28±20.46c	0.32a
15.4	189.9±9.9d	18.9±2.7c	10.1±1.8c	42.0±4.2d	107.9±7.4c	0.39d	30.37±5.83d	156.86±6.20d	0.28b

同一列数据中字母不同者表示差异性显著($p<0.05$) Data with different letters are significantly different ($p<0.05$) in the same column

2.2 光强因子对少花桂幼苗水分指标的影响

植物叶片水分散失主要通过以下两个途径,即:角质蒸腾和气孔蒸腾。通常情况下,成年植株角质蒸腾量极小,约占总蒸腾的 1%~5%左右,而气孔蒸腾占到 95%以上,对幼叶的附属物相对较少,角质层较薄,其角质蒸腾稍大,可达总蒸腾的 10%以上,强光促进角质层蜡质的形成,使角质蒸腾减弱^[11]。在同样光照下,随生境(原来生活环境)光照的减弱少花桂幼苗叶片角质蒸腾速率和气孔蒸腾速率都呈增加趋势(表 2)。说明全光照条件下生长的少花桂幼苗保水能力最强,其次是 61.5%全光照,最差的是 15.4%全光照。

表 2 光强因子对少花桂幼苗水分指标的影响

Table 2 Effects of light intensity on index of water of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings

相对光强 (%) % of full sunlight	角质蒸腾 Cuticular transpiration rate (×10 ⁻³ H ₂ Og/ (dm ² /h))	气孔蒸腾 Stomatal transpiration rate (×10 ⁻³ H ₂ Og/ (dm ² /h))	相对含水量 Relative water content (%)	自由水含量 Free water content (%)	束缚水含量 Bound water content (%)	水 势 Water potential (Mpa)
100	35.04±1.55a	193.63±12.54a	77.67±1.32a	69.16±3.35a	30.84±2.54a	-1.102±0.041a
61.5	37.06±2.01b	246.5±14.69b	79.42±2.35b	74.35±2.85b	25.65±3.91b	-0.901±0.095b
33.8	37.34±2.11b	259.3±11.24c	81.28±4.65c	77.58±3.87c	22.42±2.96c	-0.712±0.028c
15.4	41.16±2.91c	271.4±15.36d	83.01±3.31d	78.87±2.17c	21.13±4.10c	-0.478±0.052d

同一列数据中字母不同者表示差异性显著($p<0.05$) Data with different letters are significantly different ($p<0.05$) in the same column

王万里^[9]在研究不同光照条件对拟石莲花角质蒸腾速率影响时也发现,生长在光照较充足的环境中的植株叶片的角质蒸腾速率明显小于生长在弱光环境中的植株叶片的角质蒸腾,前者表面蜡质含量高于后者,从而阻碍水分通过,减小角质蒸腾^[12];从生理来看,全光照条件下生长的少花桂幼苗,水势较低,叶片的蒸腾会因叶片水势的降低而减小^[13];同时遮荫环境中,相对湿度大于全光照,水分散失阻力大。因而,形成的叶片较为柔嫩,其保水能力较差^[14]。因而,全光照条件下生长的少花桂幼苗抵御干旱能力为最强,遮荫程度越深越不耐旱。

全光照条件下生长的少花桂幼苗叶片相对含水量低于遮荫下植株叶片的含水量,且随着生境光照的减弱,相对含水量呈上升趋势(表 2)。说明生境的光照强度会影响植株的水分蒸腾,从而影响含水量;这也从一个侧面证明,阳生植物在一些方面与旱生植物相似,阴生植物类似于湿生植物。

2.3 光强因子对少花桂幼苗光合指标影响

少花桂幼苗的光饱和点及光补偿点随生境中的光强减弱而降低,这种现象是少花桂幼苗对其弱光生境的一种适应。在温度为 23℃ 光强为 600 $\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 条件下,测定 4 种光强条件下生长的少花桂幼苗 CO_2 补偿点,结果发现:过度遮荫条件下生长的少花桂幼苗 CO_2 补偿点明显高于自然条件下生长的少花桂幼苗,固定和还原 CO_2 的能力迅速降低。在 28℃ 光强为 500 $\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 条件下,测定少花桂幼苗的光呼吸强度和净光合速率,结果发现:随生境中的光强度的减弱其光呼吸速率升高光合速率降低(表 3)。其原因可能在于:由于测定光照强度为自然光照的饱和照度,超过了遮荫的饱和光强,可能对植株光合造成不利影响,因此遮荫下生长的少花桂幼苗光合速率相对较低。同时,弱光下生长的少花桂幼苗卡尔文循环效率较低,光反应产生的同化力过剩,通过较高的光呼吸消耗掉过剩的同化力 ATP 和 $\text{NADPH}+\text{H}^+$,从而保护了光合机构。

不同光照条件下生长的少花桂幼苗叶绿素含量不同(表 3)。随着生境中光强的减弱,单位叶面积的叶绿素含量增加,Chla/Chlb 值减小,即叶绿素含量增加主要是 Chlb 增加所致,这是对弱光生境中漫射光较多的一种适应。Nobel 等人在研究对生长期间小花香茶菜叶绿素含量的影响时,也得到了类似结果。生长在弱光环境下的植物,叶绿素含量增多使植物能充分吸收光合有效辐射。

表 3 光强因子对少花桂幼苗光合指标的影响
Table 3 Effects of light intensity on photosynthesis indexes of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings

相对光强 (%) % of full sunlight	光饱和点 Light saturation point($\mu\text{mol}/$ $(\text{s}\cdot\text{m}^2)$)	光补偿点 Light compensation point($\mu\text{mol}/$ $\text{s}\cdot\text{m}^2)$)	CO_2 补偿点 CO_2 Compensation point(mg/L)	光呼吸速率 Photorespiration rate ($\text{mg}/(\text{dm}^2\cdot\text{h})$)	净光合速率 Net photosynthesis rate ($\text{mg}/(\text{dm}^2\cdot\text{h})$)	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content ($\times 10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2$)	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content ($\times 10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2$)	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
100	500 $\pm$ 13a	80 $\pm$ 7a	0.146 $\pm$ 0.01a	0.23 $\pm$ 0.02a	1.70 $\pm$ 0.15a	11.21 $\pm$ 0.21a	11.86 $\pm$ 0.03a	0.94a
61.5	470 $\pm$ 16b	40 $\pm$ 4b	0.153 $\pm$ 0.03b	1.06 $\pm$ 0.12b	1.52 $\pm$ 0.07b	14.61 $\pm$ 0.18b	18.09 $\pm$ 0.12b	0.81ab
33.8	420 $\pm$ 9c	30 $\pm$ 8b	0.156 $\pm$ 0.04b	1.16 $\pm$ 0.15b	1.11 $\pm$ 0.05c	14.35 $\pm$ 0.24b	18.85 $\pm$ 0.20b	0.77b
15.4	330 $\pm$ 6d	25 $\pm$ 2c	0.162 $\pm$ 0.02c	1.22 $\pm$ 0.07b	0.82 $\pm$ 0.09d	13.69 $\pm$ 0.10c	19.00 $\pm$ 0.18b	0.72b

同一列数据中字母不同者表示差异性显著($p<0.05$) Data with different letters are significantly different ($p<0.05$) in the same column

2.4 光强因子对少花桂幼苗生物量的影响

在 4 种光照条件下,61.5%全光照下生长的少花桂幼苗在株叶面积(表 1)和生物量增加量(表 4)最高,其余由高到低依次是:全光照、33.8%全光照、15.4%全光照;与全光照相比较,在遮荫过程中 61.5%、33.8%和 15.4%全光照条件下生长的少花桂幼苗叶片鲜质量的增长速率分别为全光照的 1.6 倍、1.2 倍和 0.77 倍,15.4%全光照处理的少花桂幼苗叶片鲜质量的增长速率不到 61.5%全光照的一半。这说明在全光照条件下,植株的净光合速率不如在适当遮荫条件下高,这可能与高光强条件下叶片温度升高,蒸腾加快,水分供应相对不足有关。从生物量等指标来看,少花桂幼苗适宜生长在略为遮荫的环境中,在重庆地区的阴坡下生长比较适宜。说明生境光照太强和太弱都不利于少花桂幼苗鲜质量的增加。全光照生境光照太强,植株可能因水分供应不足,光合产物来不及运走,植株呼吸消耗加快,甚至被分解破坏,从而使净光合速率降低,叶鲜质量减少;15.4%全光照由于光强太弱,供光合利用的能量不足,净光合速率下降,植株物质积累减小,说明少花桂幼苗适宜生长在略为遮荫环境中。

表 4 光强因子对少花桂幼苗生物量及含油情况的影响
Table 4 Effects of light intensity on biomass and safrole content of *Cinnamomum pauciflorum* seedlings

相对光强(%) % of full sunlight	精油含量 Oil content FM%(V/W)	黄樟油素纯度 Percentage of safrol(%)	叶鲜质量增加 Addition of fresh leaf weight (g/plant)	株含油量 Oil content a plant (ml/plant)	株黄樟油素含量 Content of safrol a plant (ml/plant)
100	2.21 $\pm$ 0.04a	88.73 $\pm$ 0.48a	5.10 $\pm$ 0.21a	0.135a	0.119
61.5	2.33 $\pm$ 0.05b	83.13 $\pm$ 0.39a	8.25 $\pm$ 0.15b	0.215b	0.179
33.8	2.30 $\pm$ 0.06b	96.37 $\pm$ 0.74b	6.10 $\pm$ 0.17c	0.163c	0.157
15.4	2.12 $\pm$ 0.03c	95.95 $\pm$ 0.96b	3.91 $\pm$ 0.24d	0.104d	0.100

同一列数据中字母不同者表示差异性显著($p<0.05$) Data with different letters are significantly different ($p<0.05$) in the same column

2.5 光强因子对少花桂幼苗香桂油含量及纯度情况

少花桂水蒸气蒸馏提取物为香桂油,香桂油中主要成分是黄樟油素(又叫黄樟醚,safrole)。在不同光照条件下生长的少花桂幼苗其叶片香桂油含量及其所含的黄樟油素纯度均存在着明显的差异。叶片香桂油含量以 61.5%和 33.8%全光照为多,均比全光照高出 5%左右,而 15.4%全光照叶片含油量又较全光照少 5%左右。香桂油中黄樟油素纯度,以 33.8%、15.4%全光照生境下的少花桂幼苗叶片为高(表 4)。与全光照条件下生长的少花桂幼苗相比较,33.8%、15.4%全光照条件下的少花桂幼苗

提取的香桂油中黄樟油素百分含量有较大幅度的提高,而 61.5% 全光照的香桂油中黄樟油素纯度降低。

3 讨论与结论

光照强度对植物的生长发育有显著影响。生境的光照条件通过影响光合速率、水分供需而影响植株的叶面积、叶绿素含量、生物量以及次生代谢产物的量。对于阳生植物而言,一般情况下是随着光强的增强,植物的生长速率升高,表现为生物量增加^[1,2]。当然,对植物的幼苗而言,由于部分机制的不健全,植株对阳光的耐受力较差,在高光强下生长会受到抑制^[15]。本研究证明过强光照会抑制少花桂幼苗的生长,通过 5 个月遮荫处理后,61.5% 全光照条件下生长的少花桂幼苗鲜叶质量增加最多,达到全光照的 161.8%,33.8% 的全光照下生长的少花桂幼苗鲜叶质量增加也达到全光照的 119.6%,过度遮荫(15.4% 全光照)也不利于物质的生产和积累。

随生境光照的减弱,少花桂幼苗单叶面积增加,叶表皮厚度、栅栏组织/海绵组织减小,根系相对不发达,是植株对弱光生境的一种适应。因为光照往往与温度有着相关性,在增强光照的同时,阳光也在提高大气温度,从而提高植株温度。大气温度的提高增加水分蒸发速率,叶温的上升,使叶内外大气压差增大,因而,蒸腾速率加快,植株耗水量增加,叶面积的减小,减小了蒸腾面积,叶表皮厚度的增加、栅栏组织的相对发达都能有效地减小蒸腾量,同时发达的根系,增强了植株的吸收水分能力。

本实验的结果也反映了少花桂的生长对强光的依赖性,随着生长环境光强的降低,一般而言,随着光强的减弱,植物为更好地利用环境光能以对生长进行补偿,通常叶绿素含量会增加,而且在弱光环境下叶绿素 a 和叶绿素 b 的比例也会发生改变^[16]。本实验中,不同光强下生长的少花桂幼苗的总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b,虽有随光强减弱而含量增加的趋势,叶绿素 a/b 在降低,但在多个水平显著不甚显著。植物对光的耐受性也与生境的光照有关。生境光照越强,植株的光饱和点、光补偿点以及 Chla/Chlb 越大,CO₂ 补偿点和光呼吸速率越小。光饱和点的较高,意味着对强光的耐受力较强;较高的光补偿点,表明植物对弱光适应性较差,Chla 的相对含量升高,表明植物对长波光的有效利用,提高光能利用能力;CO₂ 补偿点和光呼吸速率的降低,有利于植物充分利用地浓度的,同时通过光呼吸途径丧失的能量减小,有利于植物对光能的固定、贮藏。

植物次生代谢,作为许多重要经济植物的有效成分,越来越受到人们的广泛关注,在医药、化工、日用等行业中广泛应用。光照强度对植物次生代谢物的生物合成和积累过程起重要作用,这已被不同试材的试验结果证实,有研究表明,光合作用的增加能提供较多的次生代谢物前体,同时又抑制了次生代谢物的分解^[17],植物的次生代谢产物是植物适应环境的产物,同时对于人类也具有重要的经济价值。在与光强相关的研究中已报道的有生物碱、黄酮、萜类内酯、挥发性成分等^[18]。少花桂枝叶能生产香桂油,且含量、纯度都是其他植物(如黄樟树)不能比拟的,其主要成分黄樟油素具有重要经济价值,它的含量和纯度都与生境光照强度有密切关系。轻微遮荫(文中 61.5% 全光照)栽培,能获得较高的枝叶产量和香桂油产率,重度遮荫(33.8%、15.4% 全光照)能获得纯度较高的黄樟油素。在实际生产中,既要获得较高产油率,又要获得较高纯度,33.8% 全光照是可取的,15.4% 全光照虽可获得较高纯度的香桂油,但鲜叶产量和产油率低,不可取。光照强度对少花桂含油量影响的原因有待于进一步研究。

References:

- [1] Li B, Shibuya T, Yogo Y, *et al.* Effects of light quantity and quality on growth and reproduction of a clonal sedge, *Cyperus esculentus*. *Plant Species Biology*, 2001, **16**: 69~81.
- [2] Leng P S, Su S C, Wang T H, *et al.* Effect of light intensity and light quality on photosynthesis, flavonol glycoside and terpenoid lactone contents of *Ginkgo biloba* L. seedlings. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2002, **11**: 1~4.
- [3] Flora Reipublicae Popularis Sinicae Editorial Board, Chinese Academy of Sciences. *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*, Beijing: Science Press, 1980. **31**, 191~194.
- [4] Rui H K, Wang Z K. *China fragrant oil plant and its utilization*. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1987. 153.
- [5] Zhang Z L. *Experiment Guide for Plant Phytophysiology* (the second edition) Beijing: Higher Education Press, 1990.
- [6] Shen W Q. Extraction of mixed solution for determination of chlorophyll content in rice leaf blade. *Plant Phytophysiology Communications*, 1988, (3): 62~64.
- [7] Ye J Y. About Arnon formula in determination of chlorophyll content. *Plant Phytophysiology Communications*, 1985, (6): 69.
- [8] Liu Q S, Wu S R, Chen W F. *Experimental guide for plant phytophysiology*, China Central Broadcast and Television Press, 1988. 13~14.
- [9] Wang W L, Lin Z P, Zhang X Y. Some aspects of plant cuticular transpiration. *Acta Phytophysiologic Sinica*, 1988, **14**(2): 123~129.
- [10] Chinese Academy Medical Sciences. Research for Chinese herbal medicine active principle (the first fascicle). *People's Medical Publishing House*, 1972: 40~41.
- [11] Skoss J D. Structure and composition of plant cuticle in relation to environmental factor and permeability. *Bot. Gaz. (Chicago)*, 1955, **117**: 55~72.

- [12] Hall DM, Jones R L. Physiological Significance of surface wax on leaves. *Nature*, 1961, **191**:95~96.
- [13] Dube P A, Stevenson K R, Thurtell G W, *et al.* Effect of water stress on leaf resistance, transpiration rates in the dark and cuticular resistance to water vapour diffusion of two corn inbreds. *Can. J. Plant Sci.*, 1975, **55**:565~572.
- [14] Boyer J S, Mcpherson H G. Physiology of water deficits in cereal crops. *Adv. Agron.*, 1975, **27**:1~23.
- [15] He S Q, Wang F Q. Relationship between the seedling growth of *Quercus liaotungensis* and light. *Forest Research*, 2001, **14**:697~700.
- [16] Li H B, Chen F. Preparative isolation and purification of salidroside from the Chinese medicinal plant *Rhodiola sachalinensis* by high-speed counter-current chromatography. *Journal of Chromatography*, 2001, **32**: 91~95.
- [17] Croteau R, Burbott A J, Loomis W D. Apparent energy deficiency in mono-and sequi-terpene biosynthesis in peppermint. *Phytochemistry*, 1972, **11**: 2937~2948.
- [18] Yan X F, Wang Y, Shang X H. Effects of greenhouse light intensity and quality on biomass and salidroside content in roots of *Rhodiola sachalinensis*. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(5): 841~849.

参考文献:

- [2] 冷平生, 苏淑钗, 王天华, 等. 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*, 2002, **11**:1~4.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志, 第 31 卷. 北京: 科学出版社, 1980. 191~194.
- [4] 芮和恺, 王正坤. 中国精油植物及其利用. 昆明: 云南科技出版社, 1987. 153.
- [5] 张志良. 植物生理学实验指导(第二版). 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [6] 沈伟其. 测定水稻叶片叶绿素的混合液提取法. *植物生理学通讯*, 1988, (3):62~64.
- [7] 叶济宇. 关于叶绿素含量测定中的 Arnon 计算公式. *植物生理学通讯*, 1985, (6):69.
- [8] 柳青松, 吴颂如, 陈婉芬. 植物生理学实验指导书. 中央广播电视大学出版社, 1988. 13~14.
- [9] 王万里, 林芝萍, 章秀英. 植物角质蒸腾的几个方面. *植物生理学报*, 1988, **14**(2):123~129.
- [10] 中国医学科学院. 中草药有效成分的研究(第一分册). 人民卫生出版社, 1972. 40~41.
- [15] 贺顺钦, 王发其. 辽东栎苗木早期生长与光的关系. *林业科学研究*, 2001, **14**:697~700.
- [18] 阎秀峰, 王洋, 尚辛亥. 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*, 2003, **23**(5):841~849.