

文章编号: 1001-1498(2006)05-0647-06

喜树幼苗的叶悬挂角和叶柄角对不同光环境的响应和适应

郭志华¹, 胡启鹏², 王 荣¹, 肖文发¹, 马履一²

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 2 北京林业大学, 北京 100083)

摘要:对比研究了旷地、林窗及林下 3 种光环境下喜树幼苗叶悬挂角和叶柄角的光响应与适应性, 结果表明: (1) 在旷地、林窗和林下, 光、热等生态因子的差异显著; (2) 对于不同的光环境, 喜树幼苗的叶悬挂角和叶柄角在旷地的变化幅度最大, 林窗下次之, 林下最小; (3) 夏季晴天, 在旷地、林窗和林下, 喜树幼苗的叶悬挂角与叶柄角分别在 16: 00、14: 00 和 12: 00 左右达到“峰值”, 叶悬挂角分别约为 140°、128° 和 112°, 叶柄角分别约为 67°、59° 和 55°; 同时, 在 3 种光环境下, 夏季晴天喜树幼苗的叶悬挂角与叶柄角的日变化还表现出一定的协同互作关系, 以叶悬挂角和叶柄角同时增大或减小来避开或捕获光辐射, 这样即保证了喜树叶片有效避开强光, 也确保喜树叶片对适度光辐射的最大利用。以上都是喜树叶片对光的捕获或避开所产生的一种适应效应。

关键词:叶悬挂角; 叶柄角; 光环境; 适应性; 喜树

中图分类号: Q948. 11

文献标识码: A

Acclimatization of Midrib Angle and Petiole Angle of *Camptotheca acuminata* to Different Light Regimes in Evergreen Broadleaves Forests

GUO Zhi-hua¹, HU Qi-peng², WANG Rong¹, XIAO Wen-fa¹, MA L ü-yi²

(1. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: As a special deciduous broadleaf tree in evergreen broadleaves forests, *Camptotheca acuminata* is a class protected plant in China. In this paper, the light response and acclimation of leaf inclination in three different light regimes (open, gap and understory) was compared. The results indicated that significant difference among different regimes existed in ecological factors such as PAR, temperature, Vpd and etc. In different light regimes, the extents of diurnal change of midrib angle and petiole angle of *Camptotheca acuminata* were different, and the highest extent existed in open, the second was in forest gap, and the least was in understory. The midrib angle and the petiole angle appeared at “peak” at 16: 00, 14: 00 and 12: 00 respectively in these three light regimes in the sunny day in summer, correspondingly, the values of midrib angle were about 140°, 128° and 112°, and the values of petiole angle were about 67°, 59° and 55° respectively. In the sunny day, diurnal courses of midrib angle and petiole angle of *Camptotheca acuminata* showed a certain cooperative relationship to some extents in strong light regimes. In order to effectively avoid strong light or assimilate moderate PAR, seedlings of *Camptotheca acuminata* increased or cut

收稿日期: 2006-05-15

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(30371141); 三峡委与国家林业局项目: “三峡库区陆生动植物监测”(SX2001-012); 国家自然科学基金重大项目(3059083); 国家林业局重点实验室基金

作者简介: 郭志华(1965—), 男, 四川仁寿人, 博士, 副研究员, 主要从事植物生理生态以及 3S 技术在森林生态学方面的应用研究. E-mail: guozh@forestry.ac.cn

down its midrib angle and petiole angle at the same time. These leaves movement was a kind of adaptive responses of *Camptotheca acuminata* to different light regimes

Key words: midrib angle; petiole angle; light regimes; acclimatization; *Camptotheca acuminata* Decne

喜树 (*Camptotheca acuminata* Decne) 属兰果树科、喜树属植物^[1], 为国家二级重点保护野生植物, 同时也是我国亚热带常绿阔叶林中固有的一种高大落叶乔木, 树高可达 30 m。喜树喜光, 喜温暖、湿润环境, 对土壤酸碱度适应性较强, 气温低于 10 ℃ 时停止生长, 在 15 ℃ 左右开始展叶。喜树是我国阔叶树中的珍品之一, 具有很高观赏价值, 是良好的四旁绿化树种, 广泛分布于我国长江以南各省及长江以北部分地区, 引种栽培区域已扩大到北亚热带和热带湿润地区及干热河谷地带。Monroe E. Wall 从喜树树皮中分离出喜树碱 (Camptothecin, CPT), 试验证明这种色氨酸吡咯类生物碱具有抗癌活性, 从而引起更广泛关注^[2,3]。

光照是植物生命活动中最重要的生态因子之一, 光辐射不仅为植物的光合作用提供能量, 还诱导植物的其它生理活动, 如向光性运动, 但强光可以伤害植物的光合器官^[4~7]。通常, 植物通过叶角 (方位角、方向角、叶悬挂角、叶柄角) 运动来截获适度光照或避免强光引起的胁迫^[8~11], 但过去的研究大都仅考虑某个单一的叶角指标。本研究通过叶悬挂角与叶柄角的协同变化来探讨喜树幼苗的叶片运动, 探讨先锋树种适应强光照环境的叶片运动。与喜树不同, 四川大头茶 (*Gordonia acuminata* Chang) 是中度耐荫的常绿阔叶树种, 常见于中亚热带常绿阔叶林。通过比较喜树和四川大头茶这两个不同功能组植物的叶片运动对不同光环境的响应与适应差异, 有助于揭示常绿阔叶林更新与群落演替的理论规律, 也为喜树的保护、利用提供生态对策。

1 材料与方 法

1.1 样地设置

研究样地设在西南大学生态园内, 距缙云山自然保护区约 2 km, 其年气候状况与缙云山气候状况相近^[12]。在生态园内, 选择旷地、林窗、林下 3 个光环境, 不同光环境相距 100 ~ 200 m。旷地内无乔、灌木, 林窗由高约 15 m 的喜树、香樟 (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl) 等乔木及一些高大灌木构成, 面积约 100 m²; 林下样地设置在由高大乔木和浓密灌木构成的荫庇环境中, 树高约 15 m。各样地在研究

期间均定期维护, 保持不同光环境的基本稳定。

1.2 材料

2004 年 3 月从缙云山苗圃选取大小和生长状况一致的 1 年生喜树、四川大头茶幼苗各 200 株, 移植在深 30 cm、直径为 25 cm 的花钵中。栽培土取自缙云山幼苗生长地, 加入一定量有机肥混匀。幼苗成活后, 放置于设置好的旷地、林窗、林下 3 个样地, 每个样地设置 50 株左右, 实验期间对每个光环境下的幼苗进行等量浇水。

1.3 方法

1.3.1 环境因子的观测 在 2005 年 6 月 23 日至 8 月 29 日的晴天, 用地温计、气温表及干湿球温度计测定地表温度 (T_s)、大气温度 (T_a) 及干湿球温度 (T_d 和 T_w), 相对湿度 (RH) 通过查湿度表得出。利用 Li-1400 照度计 (美国 Li-Cor 公司) 测定叶角, 同时测定光合有效辐射 (PAR)。上述生态因子及叶角的测定均在 8:00 - 18:00 进行, 每 2 h 观测 1 次, 前后共 5 天。饱和水汽压差 (V_{pd}) 由便携式光合测定系统 Li-6400 (美国 Li-Cor 公司) 测定, 在晴天的 8:00—18:00 进行, 每 2 h 观测 1 次, 每个光环境重复 3 ~ 5 次。

1.3.2 叶角的测定 叶角的观测方法见参考文献 [8]。在待测株上选择从顶部开始第 3 ~ 5 片完全展开叶, 其叶着生于树干正南方向 (向阳面)。在每个测定日, 用量角器测定叶悬挂角和叶柄角, 每片叶每次观测 1 次。叶悬挂角为叶中脉垂直运动与铅垂线的夹角, 叶柄角为叶柄与着生位置铅垂线间的夹角。叶悬挂角的值域为 0° ~ 180°; 若叶悬挂角为 0° 则叶片垂直向上; 若叶悬挂角为 90° 则叶片呈水平状态; 若叶悬挂角为 180° 则叶片垂直向下。叶柄角的值域为 0° ~ 180°; 若叶柄角为 0° 则叶柄垂直向上; 若叶柄角为 90° 则叶柄呈水平状; 若叶柄角为 180° 则叶柄垂直向下。

数据处理和统计分析在 Matlab 6.5 下完成。

2 结果与分析

2.1 不同光环境下光、热等生态因子的日变化

2.1.1 PAR 的日变化 旷地、林窗和林下的 PAR 日变化趋势相同, 均在 12:00 左右达到最高峰 (图 1)。

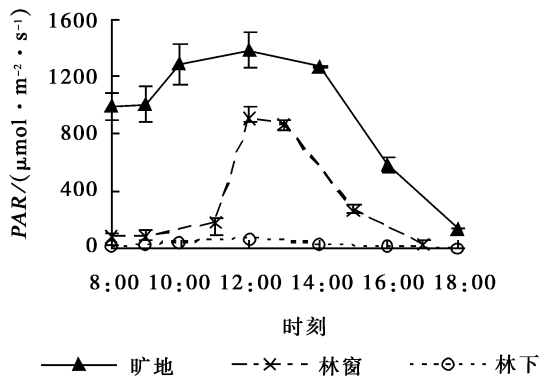


图 1 不同光环境下光合有效辐射 (PAR) 的日变化

夏季晴天,与林窗、林下相比,旷地的 PAR 值最高,且高 PAR 的持续时间最长。在 10:00 左右,旷地的 PAR 迅速升至 $1\ 200\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,在 12:00 左右达到峰值约 $1\ 400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;从 14:00 开始,旷地的 PAR 迅速降低,至 16:00 降至 $500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右;PAR 大于 $1\ 200\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的持续时间在 5 h 以上 (图 1)。

林窗内的 PAR 峰值相对较低,高 PAR 的持续时间较短。在 10:00 以前 PAR 均低于 $200\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,在 12:00 左右达到峰值约 $900\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,高 PAR 的持续时间约 2 h;在 15:00 左右,林窗的 PAR 降至 $300\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右 (图 1)。

林下 1 天内的 PAR 值均较低,日变化起伏较小。8:00—18:00 PAR 值均在 $20\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以内,12:00 达到峰值,为 $60\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右 (图 1)。

旷地 PAR 的日平均值达 $760\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,相当于林下 PAR 的 26 倍以上;林窗 PAR 的日平均值为 $192\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,约为林下 PAR 的 7 倍;不同光环境的 PAR 差异巨大。

2.1.2 T_a , T_s , V_{pd} , RH 的日变化 夏季晴天,3 个不同光环境下, T_a , T_s , V_{pd} 的日变化均呈单峰型,在 14:00 左右达到最高。 T_a 的高峰值分别约为 32.6 (旷地)、32.0 (林窗)、29.5 (林下),14:00 后, T_a 缓慢下降 (图 2A);与气温相对应, RH 在 14:00 左右最低,分别约为 58% (旷地)、68% (林窗)、76% (林下),所有测定时刻的 RH 值均表现为:林下 > 林窗 > 旷地 (图 2B)。旷地和林窗下, T_s 的变化幅度大于相同生境下的 T_a 的变化幅度,而林下 T_s 和 T_a 的变化幅度相似 (图 2AC)。 V_{pd} 在 8:00—14:00 逐渐上升,14:00 后 V_{pd} 迅速降低;旷地 V_{pd} 的最大值 (约 3.7 mb) 比林下 (约 2.8 mb) 高 32% (图 2D)。在各测定时刻, T_s , T_a 和 V_{pd} 的日变化均表现为:旷地 > 林窗 > 林下 (图 2ACD)。

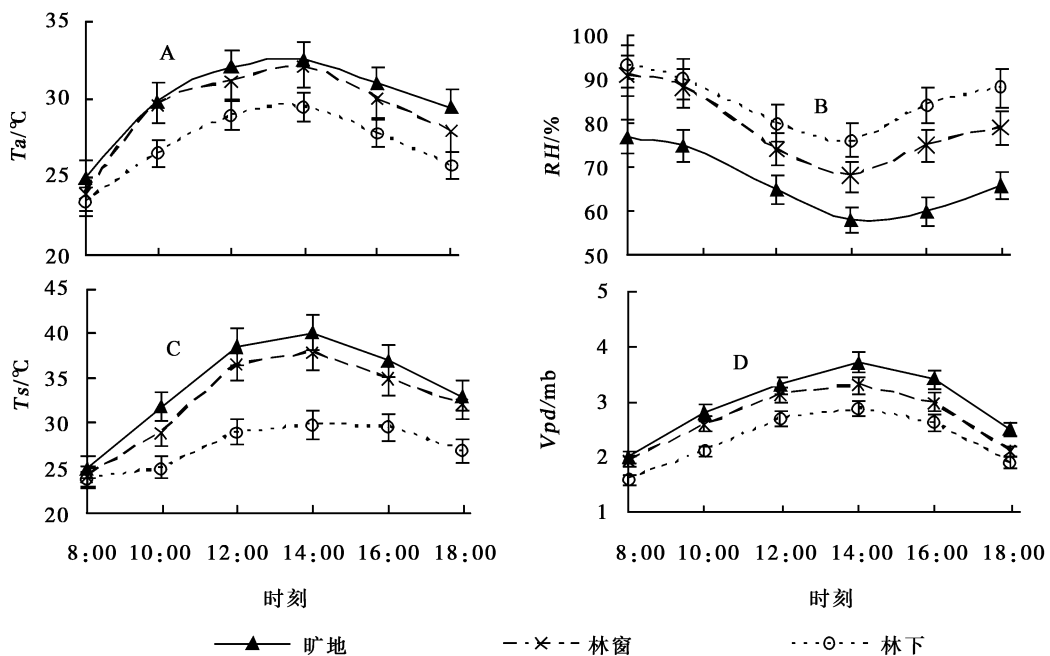


图 2 不同光环境下气温 (T_a)、地温 (T_s)、相对湿度 (RH)、饱和水汽压差 (V_{pd}) 的日变化

不同光环境对 PAR 、 T_a 、 T_s 、 V_{pd} 及 RH 的影响程度不同,其中影响最大的是 PAR ,其次是 T_s 、 T_a 、 V_{pd} 和 RH 。由表 1 可知:3 个光环境下的日平均 T_a (8:00—18:00)的差异相对较小,林下仅比林窗平均降低 2.1;旷地 RH 的日平均值相当于林窗的 85%、林下的 79%,差异显著。与林窗和林下相比,旷地的 T_s 日平均值比林窗高 1.8,比林下高 6.6,14:00时分别相差 2.2、10.2,差异极显著;林下 V_{pd} 日平均值仅是旷地的 75%,林窗生境的 83%,差异显著。

表 1 不同光环境下日平均气温 (T_a)、地温 (T_s)、相对湿度 (RH)、饱和水汽压差 (V_{pd})及方差分析 (8:00 - 18:00)

光环境	环境因子			
	$T_a/$	$T_s/$	$RH/\%$	V_{pd}/mb
旷地	30.2a	34.2a	67a	3.2a
林窗	29.1b	32.4b	79b	2.9b
林下	27.0c	27.6c	85c	2.4c

不同光环境的光、热、水等的巨大时空变化,决定了喜树对光环境的生态适应策略不同。

2.2 不同光环境下喜树幼苗的叶片运动

2.2.1 叶悬挂角的日变化

夏季晴天,不同光环境下喜树叶悬挂角的日变化差异巨大。旷地喜树的叶悬挂角变化幅度远比林窗与林下的大;林下喜树幼苗的叶悬挂角最小,且日变化幅度也

最小(图 3A)。

在 8:00 时,旷地、林窗及林下生境处喜树幼苗叶片的叶悬挂角差异均不大,随着 PAR 增强,叶悬挂角随之增大,叶截获光能的能力随之增强。3 种光环境下,喜树叶悬挂角的差异极显著,且达到峰值的时间不同(图 3A)。在林下,喜树叶悬挂角均在 90 以上,最大植出现在 12:00,约为 112°;即略呈斜向下状,叶悬挂角增大的幅度较小,之后叶悬挂角逐渐平缓下降,但仍在 90 以上(图 3A)。在林窗,叶悬挂角在 9:00 左右呈水平状,在 14:00 左右达“峰值”,为 128 左右,增大约 40°;之后,叶悬挂角迅速减小。叶悬挂角在 12:00 以后继续增大:一方面可能是由于温度增加导致叶片蒸腾失水而萎蔫;另一方面可能是喜树叶片避开光胁迫的一种有效途径,使截获的光能相对较少,减少了光能过剩和产生光抑制的可能性^[4]。在旷地,叶悬挂角在 16:00 左右达到一个更高的峰值,约在 140 的位置,叶片多呈下垂状,之后,随着光强的减弱和气温的降低,叶悬挂角逐渐减小,这样有利于喜树对光能的吸收(图 3A)。旷地叶悬挂角峰值比林窗出现的更晚是喜树对旷地强光照的一种适应,但当强光达到某一值时,幼苗发生光抑制的可能性增大;如果光抑制不严重,光抑制也可以得到修复^[4]。

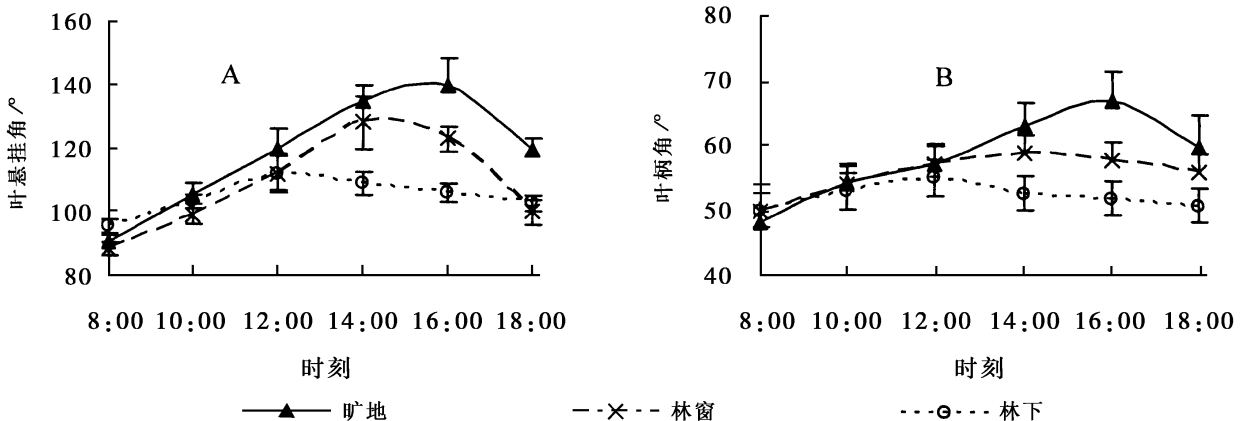


图 3 不同光环境下喜树叶悬挂角和叶柄角的日变化

2.2.2 叶柄角的日变化

叶柄角的日变化与叶悬挂角的相似,不同光环境下差异显著。在 8:00 左右,不同光环境下的叶柄角较接近,约为 48°~50°(图 3B)。在林下,叶柄角日变化很小,在 12:00 左右出现一“峰值”,约为 55°;随后,叶柄角逐渐变小,这与叶片悬挂角的变化相似(图 3B)。林窗处,叶柄

角在 14:00 出现峰值,约为 59°;比 8:00 时增加 9°;随后平缓下降(图 3B)。旷地处,8:00 后叶柄角迅速增大,在 16:00 左右出现约为 65 的“峰”,比 8:00 增加了约 12°;之后,叶柄角与叶悬挂角同步,迅速减小(图 3B)。

3 讨论与结论

3.1 生态因子的综合影响

在旷地、林窗及林下, PAR 的差异最大, 其次为地温、日温和相对湿度及饱和水汽压差。与林窗和林下相比, 旷地的光、热、水等生态因子的日变化最大。旷地的 PAR 日平均值 (8:00—18:00) 为 $760 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 约为林下的 26 倍多, 林窗的 PAR 是林下的 7 倍; 而长白山落叶阔叶林外旷地的日平均 PAR 是林下的 20 倍左右^[13], 这表明本研究中的常绿阔叶林更荫蔽。与长白山、庐山^[14] 等相比, 重庆夏季晴天的 PAR 较低 (在旷地, PAR 最大值不及 $1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 本试验期间), 这主要是因为重庆夏季降水多、云雾大的缘故。本研究中林下的日平均 RH 比林窗内的高 6.0% 左右, 比旷地处高约 18.0%, 而林窗的 RH 比旷地的高约 12.0%, 差异巨大。旷地的日平均 T_s 比林窗的升高约 1.8, 比林下的升高 6.6, 而最大值分别相差 2.2 和 10.2, 差异甚大; 旷地的日平均 T_a 比林窗处的高 1.1, 比林下的高 3.2, 林下比林窗平均降低 2.1。旷地的日平均 V_{pd} 最高值比林窗的高 0.3 mb, 比林下的高 0.8 mb; 林下的日平均 V_{pd} 仅是旷地的 75%, 林窗的 83%。正是这些生态因子的综合作用, 才导致了喜树对 3 种不同光环境的响应存在巨大差异, 同时这些差异也是喜树对不同光环境的适应性表现。

3.2 喜树叶角对不同光环境的生态适应

3 种光环境下, 叶悬挂角与叶柄角的日变化均呈单峰型, 但叶悬挂角的变化幅度比叶柄角的大, 叶柄角的变化很小 (图 3)。叶柄角的日变化与枝基部水分供给关系密切, 水分胁迫下的大豆叶取向运动表现为: 木质部水势较高时, 小叶呈直立状态; 而木质部水势较低时, 小叶发生了倒立现象^[15]。由于植物叶片直接与光接触, 叶悬挂角的变化与光照强弱及由太阳辐射引起的其它因子 (如叶温) 的变化关系密切, 在光照较强时, 叶悬挂角斜向下运动, 这样既可以减少热辐射的承载^[8], 也可避免由强辐射导致的叶温过高、幼叶灼伤^[16]; 在光照适度时, 叶悬挂角运动与太阳辐射保持一定的角度, 这样可以获取最大光能。通过叶柄角和叶悬挂角的运动, 喜树在幼苗时期逐渐形成一种光适应。

从喜树幼苗在夏季晴天的叶片运动可知, 叶柄角的变化与叶悬挂角的变化存在一种协同互作关

系。在光照较弱时, 叶悬挂角保持在上仰或水平状, 同时叶柄角变化微小, 这样以达到一个最佳位置, 有利于截获更多光能, 最大限度地进行碳同化; 在光辐射较强时, 叶悬挂角和叶柄角同时增加, 来有效地避免强光胁迫, 减少对光能的截获, 减少由光能过剩和强光导致叶受损的可能性。叶悬挂角与叶柄角同时增大意味着叶片斜向下运动, 两者同时减小意味着叶片上仰, 这一方面可保证喜树叶片有效避开强光, 另一方面又能最大利用适度光照, 是喜树叶片捕光或避光的一种适应; 同时, 在强光高温下, 旷地与林窗的喜树叶片几乎呈下垂状态, 这样使上层的强光较多地被下层叶利用, 增加对光能的利用效率, 特别是在午后, 这种响应更明显。

总之, 在不同光环境下, 植物的叶角随着入射光强的变化而变化来适应不同的光环境^[17]。在旷地, 由于环境因子变化剧烈, 光照充足, 喜树的叶悬挂角与叶柄角日变化比在林窗与林下的大, 幼苗植株生长快。林窗处, 生态因子影响比较适度, 喜树幼苗的生长同样旺盛。林下环境由于被上层林木遮荫, 光照很弱, 即使喜树叶片通过叶悬挂角与叶柄角协同变化来捕获更多的光能, 也不能满足喜树生长所需, 因此, 喜树在郁闭度高的林下不能正常生长, 最终必将死亡, 表现出对林下弱光照的不适应。

3.3 与中度耐阴性树种的比较

在常绿阔叶林内, 不同功能组的植物对不同光环境的适应能力也不相同。四川大头茶是缙云山常绿阔叶林中的优势树种之一, 也是较喜光的中度耐荫常绿阔叶树种, 其叶柄很短, 仅约 2~5 mm, 几乎与枝条相连, 因此, 它的叶柄角多保持在 $60^\circ \sim 70^\circ$ 的位置, 日变化很小。在试验期内, 无论是旷地、林窗还是林下, 都难以准确观测四川大头茶叶柄角的日变化。在夏季晴天, 旷地、林窗和林下, 四川大头茶幼苗的叶悬挂角多为 $110^\circ \sim 120^\circ$; 日变化在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 内; 即使在中午强光下, 其叶片也依然遭受太阳直射, 不能通过叶片运动来避免强光损害, 这与四川大头茶叶片蜡质层较厚、单叶面积较小有关。

在同一试验地内, 不同光环境下, 耐荫常绿阔叶树种——缙云猴欢喜 (*Sloanea tsinyunensis* Chien) 幼苗的叶悬挂角和叶柄角的日变化同样很小, 难以准确观测。

由此可见, 在夏季强光下, 由于四川大头茶和缙云猴欢喜幼苗的叶片均不能通过明显的运动来躲避强光引起的损害, 因此, 这些常绿阔叶树种不能在全

光照下正常生长;而喜树则通过明显的叶片运动来适应强光环境,可以在旷地及林窗正常、快速生长。由于林窗是森林的固有特征,因此,高大落叶乔木也是常绿阔叶林的固有成分。

参考文献:

- [1] 《四川植物志》编辑委员会. 四川植物志(第一卷)[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1981: 312~315
- [2] 张显强, 唐金刚, 乙引. 中国喜树资源及可持续开发对策[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2004, 22(1): 36~39
- [3] 付玉杰. 浅谈我国喜树的保护与利用[J]. 中国林业, 2003(11B): 33
- [4] 许大全, 张玉中, 张荣铨. 植物光合作用的光抑制[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(4): 237~243
- [5] 张亚杰, 冯玉龙, 冯志立, 等. 绒毛番龙眼对生长光强的形态和生理适应[J]. 植物生理与分子生物学报, 2003, 29(3): 206~214
- [6] Muller P, Lix P, Niyogik K. Non-photochemical quenching: A response to excess light energy[J]. Plant Physiol, 2001, 125: 1558~1566
- [7] Ehleringer J, Foreseth IN. Solar tracking by plants[J]. Plant Cell Enciro, 1980, 210: 1094~1098
- [8] 张守仁, 高荣孚. 光诱导下杂种无性系叶角和叶绿体运动[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 68~74
- [9] 姜闯道, 高辉远, 邹琦, 等. 叶角、光呼吸和热耗散协同作用减轻大豆幼叶光抑制[J]. 生态学报, 2005, 25(2): 319~324
- [10] Feng Y L, Cao K F, Feng Z L. Thermal dissipation, leaf rolling and inactivation of PSII reaction centers in *Amorpha villosa* [J]. J Trop Ecol, 2001, 18: 865~876
- [11] Kao W Y, Forseth IN. Diurnal leaf movement, chlorophyll fluorescence and carbon assimilation in soybean grown under different nitrogen and water availabilities[J]. Plant Cell Enciro, 1992, 15: 7037~7043
- [12] 钟章成. 常绿阔叶林生态学研究[M]. 重庆:西南师范大学出版社, 1988: 345~370
- [13] 郭志华, 张旭东, 黄玲玲, 等. 落叶阔叶树种蒙古栎对林缘不同光环境光和水的利用[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1047~1056
- [14] 郭志华, 张宏达, 李志安, 等. 鹅掌楸苗期光合特性的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 164~169
- [15] 杨玲, 王韶唐. 水分胁迫下的大豆叶取向[J]. 西北植物学报, 1992, 12(1): 46~51
- [16] Gamon J A, Pcarcy R W. Leaf movements, stress avoidance and photosynthesis in *Vitis californica*[J]. Oecologia, 1989, 79: 475~481
- [17] Forseth IN, Ehleringer J. Solar tracking response to drought in a desert annual[J]. Oecologia, 1980, 44: 159~163

《现代园艺》征订启事

《现代园艺》杂志是《中国核心期刊数据库》和《中国期刊》全文收录期刊。荟萃了当代果树、蔬菜、瓜类、种子、种苗、花卉、园林苗木、肥料、农药、农机等当前先进科技信息,预测市场发展,生产、管理、营销并重;突出新科技、新成果、新产品、新情况、新观点、新经验,交流致富信息,传播成功范例,引导广大农民发家致富。本刊为月刊,大16开本,每期定价4.00元,共48元。国内统一刊号:CN36—1287/S,邮发代号:44—114。全国各地邮政局(所)及本刊发行部均可随时破季、破月订阅。凡订阅本刊一年者,邮购产品可享受九折优惠,并刊登地脚广告一次或送三得利液肥4包。