

小径竹对亚高山暗针叶林优势 树种林窗更新的影响

王 微¹, 陶建平², 胡 凯¹, 李宗峰², 宋利霞²

(1. 重庆文理学院 生命科学系 重庆高校园林花卉工程中心, 重庆 永川 402168; 2. 西南大学
生命科学学院 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715)

摘要: 在亚高山岷江冷杉林中选择面积 $\leq 50\text{ m}^2$, $50\sim 150\text{ m}^2$, $>150\text{ m}^2$ 的林窗, 每种类型内均包含3种小径竹盖度($\leq 20\%$ 、 $20\%\sim 50\%$ 、 $>50\%$), 共调查林窗9个, 并调查包含这3种小径竹盖度的三块林下对照样地, 研究了该类森林林窗更新与小径竹生长的关系。结果表明:(1)无论林窗大小, 林窗内的更新幼苗数量都比林下的多, 林窗更新是岷江冷杉群落更新的主要途径;(2)所选林窗均为发育早期, 林窗对更新树种的种类组成和数量的影响主要表现在幼苗上。糙皮桦幼树及幼苗数量随林窗面积的增加而急速增加, 它的更新更需要较大的林窗;(3)不同小径竹盖度下幼苗的密度呈现显著性变化, 小径竹的生长明显抑制了森林幼苗的更新及填充的进程;(4)华西箭竹的分散程度随林窗面积的增大而降低, 而平均高度和基径则有增加的趋势。

关键词: 小径竹; 林窗; 更新; 岷江冷杉; 幼苗

中图分类号: Q145.1, Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2008)01-0052-05

Effects of dwarf bamboo on the regeneration of dominant tree species in gaps of subalpine dark coniferous forest

WANG Wei¹, TAO Jian-Ping², HU Kai¹, LI Zong-Feng², SONG Li-Xia²

(1. Garden and Flower Engineering Research Center of Chongqing Colleges, Department of Life Science, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402168, China; 2. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment (Ministry of Education), Faculty of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: The effects of gap size and dwarf bamboo coverage on the regeneration of subalpine dark coniferous forest were examined in Wolong Giant Panda Nature Reserve, Sichuan Province. The gaps ($\leq 50\text{ m}^2$, $50\sim 150\text{ m}^2$ and $>150\text{ m}^2$) were selected, there are 3 dwarf bamboo coverage (20% , $20\%\sim 50\%$ and $>50\%$) in each gap area type, and three contrasting understory bamboo cover conditions ($\leq 20\%$, $20\%\sim 50\%$ and $>50\%$) were contained in the same sized gaps, as well. The results showed that: (1) no matter what gap area, the number of tree seedlings in gaps was more than that in understory, gap regeneration is the primary approach of the community regeneration of *Abies faxoniana*; (2) the gaps which we selected were all at early phase, so the specific composition and quantity of seedlings among every gap are obviously different. The seedlings and saplings abundance of *Betula utilis* increased with gap enlarged, and this demonstrated that it needed larger gaps to regenerate than *Abies faxoniana*; (3) there were significant differences in number of seedlings among the gaps with different bamboo coverage, and dense bamboo evidently impeded the forest regeneration process; (4) with the increasing of gap size, the degree of dispersion of *Farge-*

收稿日期: 2006-09-14 修回日期: 2007-01-15

基金项目: 国家自然科学基金(30300047); 国家重点基础研究发展规划(2002CB111505); 中国科学院成都生物研究所恢复生态实验室开放基金(R02-03); 重庆文理学院科研启动经费[Supported by the National Natural Science Foundation of China(30300047); State Key Basic Research and Development Plan of China (2002CB111505); Open Foundation for Restoration Ecology of Chengdu Institute of Biology(R02-03)]

作者简介: 王 微(1981-), 女, 湖北黄冈人, 讲师, 硕士, 研究方向为植物生态学, (E-mail) cqwuwangwei@163.com.

sia nitida decreased, and average height and basal diameter tended to increase.

Key words: dwarf bamboo; gap; regeneration; *Abies faxoniana*; seedling

林窗干扰是森林动态的重要特征之一。当林窗形成后,林窗内的环境条件发生不同程度的变化,从而导致森林生态系统表现出一种循环性的交替变化,维持森林的更新(臧润国,1998;吴宁,1999)。林窗大小是林窗的重要特性之一,林窗的大小不同,直接影响着林窗内的光照和其他环境条件,进而对树种的生长与更新产生不同的作用,是决定林窗期更新成功与否的关键因素(Poulson 等,1989;Canham 等,1990;段仁燕等,2005)。亚高山针叶林是我国西南林区森林的主体,我国许多学者一直都十分重视其更新的研究,在林窗与更新方面开展了林窗动态、森林更新模式和营林更新技术的研究工作(李承彪,1990;王金锡等,1995;夏冰等,1996;吴宁,1999),而关于林窗大小与更新的研究不多(刘庆,2002,2004a,2004b)。

川西亚高山上的许多针叶林类型如长苞冷杉林、川滇冷杉林、岷江冷杉林等的自然更新以林窗更新为主,更新状况的好坏主要受林下灌木层的影响,其中以箭竹层对更新的影响最大。从某种程度上说,小径竹的存在成为影响林窗内乔木树种幼苗更新的关键因素(秦自生等,1993;齐泽民等,2004)。小径竹对川西森林更新的影响已被许多学者观察到,但竹类克隆生长和林窗特性的相互关系对森林恢复和更新的影响并未引起足够的重视,仅少数学者在此方面进行相关工作(秦自生等,1993;申国珍等,2004;宋利霞等,2006;Taylor 等,2006),研究小径竹类对卧龙自然保护区暗针叶林林窗更新的影响对于揭示小径竹克隆生长对森林更新的阻碍机制、了解川西高山亚高山针叶林的更新过程和生物多样性维持机制以及对提出该地区的森林更新措施和受损生态系统的恢复手段都有重要意义。本研究主要探讨如下问题:(1)林窗大小对主要树种更新的影响;(2)小径竹盖度对林窗内树种幼苗的密度和组成的影响;(3)小径竹对不同林窗环境的响应。

1 研究区自然概况

本研究在卧龙自然保护区境内四川省林业科学研究院邓生亚高山暗针叶林定位站($102^{\circ}58'21''E$, $30^{\circ}51'41''N$;海拔 2 700 m)附近的岷江冷杉暗针叶林内进行。研究地自然概况及调查样地的群落组成

详见文献(王微等,2004;宋利霞等,2006)。

2 研究方法

野外调查于 2004 年 8~9 月进行,以 2003 年对同一研究地内林窗面积分布的调查数据作为确定林窗等级的基础(王微等,2004),选取林冠林窗 $\leq 50\text{ m}^2$ 、 $50\sim 150\text{ m}^2$ 、 $>150\text{ m}^2$ 的三类发育早期的林窗各 3 个,其它条件应尽可能一致(地形、海拔高度、坡度、坡向、林窗年龄以及林窗的边界木特征),每种类型林窗包含的小径竹盖度为:小盖度 $\leq 20\%$,中盖度 $20\%\sim 50\%$ 和大盖度 $>50\%$ 。调查林窗的基本特征和林窗内的微环境(如光照强度、地形特征、地被层厚度、树倒丘、坑上及倒木上有无幼苗等),另外,对林窗外旷地、林窗内以及林窗内竹丛下三处的光照在同一时间及高度处多次测量取平均值,得出三者的相对光照强度值。在林窗内依林窗面积大小设置 $5\text{ m}\times 5\text{ m}$ 的小样方 2~8 个,记录样方里大树($\text{DBH}\geq 4\text{ cm}$)的胸径和树高,幼树($\text{DBH}<4\text{ cm}$, $H\geq 1.4\text{ m}$)和幼苗($0.2\text{ m}\leq H<1.4\text{ m}$)的数量(Taylor 等,1989),并记录样方中小径竹的高度、基径、数量和盖度。将分株高度划分为 4 个等级:I级($H<2\text{ m}$)、II级($2\leq H<3\text{ m}$)和III级($3\leq H<4\text{ m}$);根据基径的分布状况,将小径竹基径划分为 5 个等级:I级($\text{BD}<0.5\text{ cm}$)、II级($0.5\leq \text{BD}<1\text{ cm}$)、III级($1\leq \text{BD}<1.2\text{ cm}$)、IV级($1.2\leq \text{BD}<1.4\text{ cm}$)和V级($\text{BD}\geq 1.4\text{ cm}$)。

在林下选取 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的三块样地,样地包含小径竹小盖度($\leq 20\%$),中等盖度($20\%\sim 50\%$)和高盖度($>50\%$)三种情况。样地内对光照的调查主要是旷地、林下无小径竹的地段与有小径竹的地段三者的相对光照强度值,对样地内的树木更新情况及小径竹的调查与林窗内的相同。

本研究中不同大小林窗和不同小径竹盖度对各级树种密度的影响采用单因素方差分析(one-way ANOVA),由 SPSS11.0 统计软件来完成。

3 结果与分析

3.1 样地特征

所调查的 9 个林窗和 3 个林下样地的基本特征

见表1。所选样地海拔差度在150 m之内,方位大致相同。林窗的形成阶段均为早期,林窗边界木全为岷江冷杉,且林窗内的填充木以及林窗附近几乎没有较大的阔叶树种。由林窗内外及林窗中竹丛下测得的光照强度的比值可看出,随着林窗大小级的递增,林窗内的光强有所增加;并且在相同大小级的林窗环境下,随着小径竹盖度的增加,林窗内的光强与林窗内竹丛下的光强比也明显增加,这反映在较大的林窗环境条件下,其光的分布很不均匀,它与小径竹的盖度多少密切相关。

表1 调查样地概况

Table 1 General situation of research sites

样地 ¹⁾ Samples	冠林窗 面积 Gap area(m ²)	竹盖度 Bamboo cover (%)	海拔 Elevation (m)	方位 Ori- en- ta- tion	光照比 ²⁾ Light intensity ratio
F1	/	18	2775	东	1:0.35:0.3
F2	/	47	2753	东	1:0.46:0.28
F3	/	80	2778	东	1:0.25:0.1
G1	21.2	20	2779	东	1:0.67:0.37
G2	19.0	45	2841	东	1:0.41:0.3
G3	37.8	85	2817	东北	1:0.25:0.15
G4	148.7	8	2739	东北	1:0.7:0.34
G5	74.5	45	2828	北	1:0.6:0.2
G6	146.8	85	2775	东北	1:0.35:0.1
G7	241.0	20	2740	东北	1:0.6:0.53
G8	376.6	40	2704	东北	1:0.5:0.1
G9	200.3	80	2783	东	1:0.84:0.12

注: ¹⁾F: Forest understory, G: Gap; ²⁾Light intensity ratio: the ratio of light intensity of forest edge wilder and within gap (or understory) and under bamboo cluster

3.2 不同大小林窗中树种更新

调查样地中,岷江冷杉在林窗内外的重要值均最大,分别为39.29和48.87,糙皮桦在林窗中的重要值位居第二(为22.09)。林窗内与林下各级树种数量均有一定差异,但差异不显著($P > 0.05$) (表2)。在林窗环境中,总幼树及总幼苗的平均密度均大于林下环境中的平均密度,对于主要树种岷江冷杉和糙皮桦,其幼树和幼苗在林下几乎无分布,幼苗主要存在于林窗中。不同大小林窗的生态环境不同,其中更新植物的种类和数量也发生相应的变化。对9个林窗内个体数量特征的分析表明:大树、幼树及幼苗的种密度和个体密度在不同大小林窗中均无显著差异($P > 0.05$),林窗中的岷江冷杉和糙皮桦的个体密度在不同大小林窗中也无显著差异($P > 0.05$),但林窗面积中等时,幼树及幼苗的种密度和个体密度都达最大(图1、2)。整个林窗内树木的个

体密度和种密度的变化主要决定于幼苗数量和种类的变化。随林窗面积的增加,大林窗树种的种密度虽然呈下降的趋势,但这只是一种相对数量的减少。不同树种对林窗大小的响应也不相同,其中糙皮桦幼树及幼苗数量随林窗面积的增加而急速增加,大林窗中,糙皮桦幼苗平均密度达1887株·hm⁻²,而岷江冷杉对林窗的大小没有明显规律性变化。

表2 林窗和林下主要树种平均密度(株·100 m⁻²)

Table 2 The average density of major trees in gaps and understory (±SE)

项目 Items	林窗 Gap	林下 Understory
树种总和 Sum		
大树 Big trees	2.89±0.99	5.67±1.45
幼树 Saplings	23.37±5.95	12.00±5.86
幼苗 Seedlings	119.66±40.36	44.00±30.51
岷江冷杉 <i>Abies faxoniana</i>		
大树 Big trees	0.92±0.29	2.67±1.33
幼树 Saplings	1.79±0.73	/
幼苗 Seedlings	14.17±5.62	/
糙皮桦 <i>Betula utilis</i>		
大树 Big trees	0.90±0.18	0.33±0.33
幼树 Saplings	4.93±2.00	/
幼苗 Seedlings	12.08±7.17	1.00±0.58

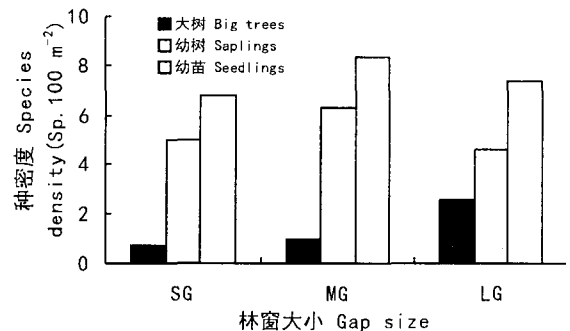


图1 不同大小林窗中树种的种密度

Fig. 1 The species density in different size gaps

SG: 小林窗 (Small gap); MG: 中林窗 (Middle gap); LG: 大林窗 (Large gap)。下同 (The same below)。

3.3 不同小径竹盖度的林窗中树种更新

林窗内小径竹的盖度变化在8%~85%之间,在竹盖度大的林窗内,小径竹的分布和丰富度影响林窗内树种幼苗的更新情况,不同竹盖度下幼苗的密度呈现显著性变化($F = 5.733, P < 0.05$),幼苗密度随竹盖度的增加而减少,其中小径竹盖度大于50%的林窗内的幼苗密度(44.3株·100 m⁻²)明显小于竹盖度小于50%的林窗下更新的幼苗密度,而大树和幼树的密度在不同竹盖度林窗中的差异不显

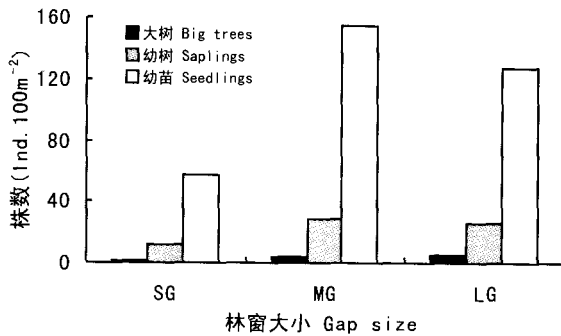


图 2 不同大小林窗中树种的个体密度
Fig. 2 The individual density of species in different size gaps

著($P > 0.05$) (图 3)。在竹盖度较大的林窗中,岷江冷杉幼苗密度和糙皮桦的幼苗密度相差不大,而在竹盖度较小的林窗中,岷江冷杉的幼苗密度则是糙皮桦的幼苗密度的 5~7 倍。

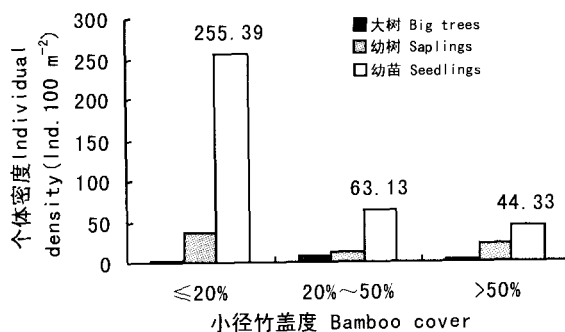


图 3 不同小径竹盖度的林窗中树种的个体密度
Fig. 3 The individual density of species in gaps with different bamboo coverage

3.4 小径竹对不同林窗环境的形态响应

不同大小林窗中,以华西箭竹 (*Fargesia nitida*) 为代表的小径竹,其分株的数量、平均高度和平均基径均有差异。对于分株种群的高度级结构,小林窗以 I、II 高度级的分株居多,占总数的 92.8%;中林窗和大林窗都以 II、III 级为主,分别占 71.7% 和 87.5%。由小林窗→中林窗→大林窗, I、II 级的分株逐渐减少, III 级逐渐增加。不同种群平均高度:小林窗 (2.20 m) < 中林窗 (2.80 m) < 大林窗 (3.52 m)。径级结构的分布与高度结构相似,小林窗中华西箭竹 II、III 径级分株约占 78.5%;中林窗 II、III 径级占 42.2%,而 IV、V 径级占 52.1%;大林窗 IV、V 径级占 56.7%。从小林窗→中林窗→大林窗, II 级分株逐渐减少, IV、V 级逐渐增加。三种林

冠环境中,种群平均基径为:小林窗 (0.882 cm) < 中林窗 (1.093 cm) < 大林窗 (1.153 cm)。对三种林窗中华西箭竹总株数和基株数的统计表明,随着林窗面积的增大,平均每丛竹子包含的株数也逐渐增加。

4 讨论

4.1 林窗大小与森林更新

幼苗的发生和成活状况将对森林群落的种类组成和演替方向产生重要的影响,甚至直接决定树木种群未来的命运(班勇等,1995),因而,林窗幼苗动态是森林群落动态和森林更新的一个重要环节。本研究表明,无论林窗大小,林窗内的更新幼苗都比林内的多,与其他亚高山针叶林一样,林窗更新是岷江冷杉群落更新的主要途径。所选林窗均为发育早期,林窗内的光照条件较林下强,气温也较高,具较好的水热、光条件,这种生境条件有利于更新苗木的生长发育,而林下天然更新的主要树种仍为冷杉,其它树种极少,这与岷江冷杉耐荫有关(刘庆,2002)。

林窗面积直接影响林窗内光照状况(Canham 等,1990),不同大小的林窗具有不同的林窗小生境,从而影响其中树木幼苗的发生和生长。亚高山暗针叶林林窗更新树种的种类组成和数量的影响主要表现在幼苗上。本研究中,林窗面积在 50~150 m² 时,幼树及幼苗的种密度和个体密度都最大,这是由于幼苗个体的数量主要取决于单位林窗面积内繁殖体(种子或其它繁殖体)的数量和幼苗发生率的大小,树木种子成熟后主要散布于母树周围较近的地面上(胡玉佳等,1992),并且当林窗面积中等时,其中适中的光环境和相对小林窗有较小的竞争等因素都有利于幼苗发生。林窗大小与林窗植被和更新密切相关,许多树种都需要特定大小的林窗来完成更新(Brokaw 等,1989; Whitmore, 1989)。糙皮桦幼树及幼苗数量随林隙面积的增加而急速增加,相比岷江冷杉,糙皮桦的更新更需要较大的林窗(秦自生等,1993),这是因为糙皮桦具不耐荫、寿命短、种子产量大、种子轻而易于传播、生长速度快的特点,这使糙皮桦更容易占据大林窗,同时阻碍其它长寿命物种的替换。不同物种,其寿命和死亡率不同,这种特性补偿了一些物种因更新能力差而被其它物种替代的可能性,从而维持了亚高山暗针叶林不同物种的共生。而岷江冷杉对林窗的大小没有明显规律性变化,这说明林窗中岷江冷杉新的定居不是经常性

的,林窗的形成释放了岷江冷杉林中灌木层现存优势种华西箭竹获得再生和发展(秦自生等,1993)。

对于本研究中大树、幼树及幼苗的种密度和个体密度在不同大小林窗中均无显著差异($P > 0.05$),这和刘庆(2004a)研究的结果不尽相同,这可能与所选林窗中的竹子盖度的差异有关,这从某一度表明小径竹影响了亚高山树种在林窗中的更新。

4.2 小径竹与森林更新

在亚高山森林中,其他条件一致的林窗中的光照随林窗面积的增大而增强,而华西箭竹分株种群的长势随林冠郁闭度的降低而逐渐粗壮的茎秆、繁茂的枝叶使灌木亚层夺取了乔木生长需要的光照和营养(Denslow等,1998; van der Meer等,1998),此外,小径竹随林窗增大而更粗壮的地下根茎盘根错节于距土壤表面40 cm深的范围里,与幼苗的定居有尖锐的矛盾,幼苗的根系必须穿过根茎层才能生长发育定居(秦自生等,1993)。小径竹大量生长的大林窗环境条件与小林窗和林下非常类似(Tabarelli等,2000)。本研究中,小径竹盖度大的大林窗和盖度小的小林窗更新苗木相差不大甚至更少,郁闭度低的林窗不利于更新苗的生长。研究表明,幼苗密度随竹盖度的增加而减少,不同竹盖度下幼苗的密度呈显著性变化($F = 5.733, P < 0.05$),小径竹的生长明显限制了树木幼苗的更新和补充的进程。小径竹和先锋树种及灌木对林窗的竞争,不仅减少了高光先锋本地种的丰富度,而且大大影响耐荫树种的生长和存活。在竹盖度 $> 50\%$ 的林窗中,岷江冷杉和糙皮桦等幼苗和幼树的数量明显低于相同条件下竹盖度小的林窗,另外,同等条件下小径竹对岷江冷杉更新的影响比对糙皮桦更新的影响显著。小径竹的密集生长减慢了树木填充林窗的进程,而树木幼苗、幼树在竹子周期性大面积死亡后会迅速更新而填充林窗(申国珍等,2004)。

箭竹种群盖度影响着森林树种的更新,反过来森林树种郁闭度反过来又影响箭竹种群的林冠郁闭度(光照水平),从而影响着竹类生长和更新(王金锡等,1993;李振新等,2004),本研究中从小林窗到大林窗,华西箭竹的分散程度降低,单丛数量和单株直径均有增加的趋势。森林更新过程是一个不断创造异质生境的过程,所以也是一个不断影响箭竹克隆生长方式及更新的过程。亚高山暗针叶林的组成和动态过程,是干扰特性和物种生活史相互作用的驱动,同时也是树种幼苗、幼树同竹子竞争以及竹子蘖生周期性生长规律共同驱动的结果(申国珍等,2004)。本研究只涉

及林窗发育初期,箭竹的盖度对不同大小林窗更新的影响,而在林窗的发育过程中箭竹克隆种群的更新是一个根据不同的异质生境不断调整其生理整合方式、克隆生长格局以及空间拓展对策的过程,也是一个不断与森林树种更新幼苗争夺包括空间与养分等资源从而影响森林更新(包括林窗更新与次生演替)的过程。因此,只有从生态系统过程角度出发,研究箭竹克隆生长习性变化,才能真正阐明箭竹克隆种群更新与森林更新演替的互动机制。

向王永健、席一、张炜银、丁易以及四川省林业科学研究院邓生生态站的老师们致谢!

参考文献:

- 王金锡,马志贵. 1993. 大熊猫主食竹生态学研究[M]. 成都:四川科学技术出版社:62-87
- 王金锡,许金铎,侯广维,等. 1995. 长江上游高山高原林区迹地生态与营林更新技术[M]. 北京:中国林业出版社:11-20
- 刘庆. 2002. 亚高山针叶林生态学研究[M]. 成都:四川大学出版社:33-98,217-233
- 李承彪. 1990. 四川森林生态研究[M]. 成都:四川科学技术出版社:513-537
- 胡玉佳,李玉杏. 1992. 海南岛热带雨林[M]. 广州:广东高等教育出版社:72-81
- 秦自生, Taylor AH, 蔡绪慎. 1993. 卧龙大熊猫生态环境的竹子与森林动态演替[M]. 北京:中国林业出版社:1-23,211-319
- Ban Y(班勇), Xu HC(徐化成). 1995. Demography of *Larix gmelinii* seedling population in natural old-growth forests of north Daxinganling Mts(大兴安岭北部原始老龄林内兴安落叶松幼苗种群的生命统计研究)[J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 6(2):113-118
- Brokaw N V L, Scheiner S M. 1989. Species composition in gaps and structure of a tropical forest[J]. *Ecol*, 70:538-541
- Canham C D, Denslow J S, Platt W J, et al. 1990. Light regime beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forest[J]. *Can J For Res*, 20:620-631
- Denslow J S, Ellison A M, Sanford R E. 1998. Treefall gap size effects on above-and below-ground process in a tropical wet forest[J]. *J Ecol*, 86(4):597-609
- Duan RY(段仁燕), Wang XA(王孝安), Wu GL(吴甘霖). 2005. Gap disturbance and forest community succession(林窗干扰与森林群落演替)[J]. *Guihaia(广西植物)*, 25(5):419-423
- Li ZX(李振新), Zheng H(郑华), Ouyang ZY(欧阳志云), et al. 2004. The spatial distribution characteristics of throughfall under *Abies faxoniana* forest in the Wolong Nature Reserve(岷江冷杉针叶林下穿透雨空间分布特征)[J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 24(5):1 015-1 021
- Liu Q(刘庆). 2004 a. The effects of gap size and within gap position on the survival and growth of naturally regenerated *Abies georgei* seedlings[J]. *Acta Phytocol Ecol Sin(植物生态学报)*, 28(2):204-209
- Liu Q(刘庆). 2004 b. Effects of gap size and with-in gap position on the survival and growth of naturally regenerated *Picea liki* (下转第 85 页 Continue on page 85)

- 科学出版社
- (美)巴尼特 H L, 亨特 B B, 沈崇尧(译). 1979. 半知菌属图解(第 3 版)[M]. 北京: 科学出版社
- 安徽农学院. 1993. 制茶学(第 2 版)[M]. 北京: 农业出版社
- 邵力平, 沈瑞祥, 张素轩, 等. 1984. 真菌分类学[M]. 北京: 中国林业出版社
- 曾松荣, 徐成东, 王海坤, 等. 2000. 药用植物内生真菌及其宿主相同活性成分的机制探讨[J]. 中草药, 31(4): 306—308
- 魏景超. 1982. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社
- Anorld A E, Maynard Z, Gilbert G S, et al. 2000. Are tropical Fungal endophytes hyperdiverse? [J]. *Ecol Letters*, (3): 267—274
- Gamboa M A, Bayman P. 2001. Communities of endophytic fungi in leaves of a tropical timber tree(*Guarea guidonia*)[J]. *Biotropica*, 33: 352—360
- Guo LD. 2001. Advances of researches on endophytic fungi[J]. *Mycosystema*, 20(1): 148—152
- Li HY(李海燕), Wang ZJ(王志军), Zhang LQ(张玲琪), et al. 1999a. Isolation of an endophytic fungus associated with *Sinopodophyllum emodi*(一种桃儿七内生真菌的分离初报)[J]. *J Yunnan Univ*(云南大学学报), 21(3): 243
- Li HY(李海燕), Zeng SR(曾松荣), Zhang LQ(张玲琪). 1999b. The diversity of the endophytic fungi isolated from the underground stems of *Podophyllum hexandrum* and the selection of a valuable isolate(云南桃儿七地下茎内生真菌多样性及有价值菌株的筛选)[J]. *Southwest China J Agric Sci*(西南农业学报), 12(4): 123—125
- Song ZH(宋子红), Ding LX(丁立孝), Ma BJ(马伯军), et al. 1999. Studies on the population and dynamic analysis of peanut endophytes(花生内生菌的种群及动态分析)[J]. *Acta Phyto-phyl Sin*(植物保护学报), 26(4): 309—314
- Strobel G A. 2003. Endophytes as sources of bioactive products [J]. *Microbes Infect*, 5(6): 535—544
- Wang W(王伟), He XL(贺雄雷), Zhong YC(钟英长). 1999. Isolation of endophytic fungi from *Taxus chinensis* var. *maireri* and Preliminary identification of taxane products(南方红豆杉内生真菌及紫杉烷产物的初步鉴定)[J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni*(中山大学学报·自然科学版), 38(3): 116—118
- Wang WN(王万能), Quan XJ(全学军), Xie YY(谢应宇). 2005. Biological control of plant diseases and micro-ecology(植物病害生物防治与微生物生态学)[J]. *China Plant Protection*(中国植保导刊), 25(3): 7—9
- Wilson D. 1995. Endophyte the evolution of a term, a clarification of its use and definition[J]. *Oikos*, 73: 274—276
- Yang CP(杨春平), Chen HB(陈华保), Wu WJ(吴文军), et al. 2005. Diversity of plant endophytic fungi secondary metabolites and their potential applications(植物内生真菌次生代谢产物的多样性及潜在应用价值)[J]. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*(西北农业学报), 14(2): 126—132
- Zhou JH(周俊辉), Yang MX(杨妙贤), Li CX(李春霞), et al. 2005. Studies on contamination control by adding antibiotics into medium in stem culture of *Diefenbuchia amoena* cv. Camill(在培养基中加入抗生素防止万年青茎段培养污染的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 25(3): 233—235
- Zou WX(邹文欣), Tan RX(谭仁祥). 2001. Recent advances on endophyte research(植物内生菌研究新进展)[J]. *J Integrative Plant Biol*(植物学报), 43(9): 881—892
- angensis seedlings[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学学报), 10(3): 281—285.
- Poulson TL, Platt WJ. 1989. Gap light regimes influence canopy tree diversity[J]. *Ecol*, 70: 553—555
- Qi ZM(齐泽民), Wang KY(王开运), Yang WQ(杨万勤), et al. 2004. Ecological studies on bamboo(*Fargesia*)communitie(川西箭竹群落生态学研究)[J]. *World Sci-Tech R & D*(世界科技研究与发展), (2): 73—78
- Shen GZ(申国珍), Li JQ(李俊清), Jiang SW(蒋仕伟). 2004. Structure and dynamics of subalpine forests in giant panda habitat(大熊猫栖息地亚高山针叶林结构和动态特征)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 24(6): 1 294—1 299
- Song LX(宋利霞), Tao JP(陶建平), Wang W(王微), et al. 2006. The ramet population structures of the clonal bamboo *Fargesia nitida* in different canopy conditions of subalpine dark coniferous forest in Wolong Nature Reserve, China(卧龙亚高山暗针叶林不同林冠环境下华西箭竹分株种群结构特征)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 26(3): 730—736
- Tabarelli M, Mantovani W. 2000. Gap-phase regeneration in a tropical montane forest; the effects of gap structure and bamboo species[J]. *Plant Ecol*, 148(2): 149—155
- Taylor A H, Qin ZS. 1989. Structure and composition of selectively cut and uncut *Abies-Tsuga* forest in Wolong Natural Reserve and implications for panda conservation in China[J]. *Biol Conservation*, 47: 83—108
- Taylor A H, Jiang SW, Zhao LJ, et al. 2006. Regeneration patterns and tree species coexistence in old-growth *Abies-Picea* forests in southwestern China[J]. *For Ecol Man*, 223: 303—317
- van der Meer P J, Sterck F J, Bongers F. 1998. Tree seedling performance in canopy gaps in a tropical rain forest at Nouragues, French Guiana[J]. *J Trop Ecol*, 14(2): 119—137
- Wang W(王微), Tao JP(陶建平), Li ZF(李宗峰), et al. 2004. Gap features of subalpine dark coniferous forest in Wolong Nature Reserve(卧龙自然保护区亚高山暗针叶林林隙特征研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 15(11): 1 989—1 993
- Whitmore T C. 1989. Changes over twenty-one years in the Kolombangara rain forest[J]. *J Ecol*, 77: 469—483
- Wu N(吴宁). 1999. Dynamics of forests gap in subalpine coniferous forest on the eastern of Gongga Mountain(贡嘎山东坡亚高山针叶林的林窗动态研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 23(3): 228—237
- Xia B(夏冰), Lan T(兰涛), He SA(贺善安), et al. 1996. Canopy gaps in subalpine spruce-fir forests of the hills around Bitahai Lake, Yunnan Province(云南亚高山云冷杉林林窗的研究)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境), 5(4): 1—8
- Zang RG(臧润国), Xu HC(徐化成). 1998. Disturbance of gap regeneration dynamics(林隙干扰研究进展)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), 34(1): 90—97

(上接第 56 页 Continue from page 56)