doi:10.11707/j.1001-7488.20130422

闽江口琅岐岛风景区朴树种群天然更新特征

闫淑君[1] 洪 伟[2] 林勇明[2] 毕晓丽[3] 秦一芳[1] 雷少飞[1]

(1. 福建农林大学园林学院 福州 350002; 2. 福建农林大学林学院 福州 350002;
3. 中国科学院烟台海岸带研究所 烟台 264003)

关键词: 天然更新; 实生苗; 萌生苗; 朴树; 闽江口

中图分类号: S718.54 **文献标识码**: A **文章编号**: 1001-7488(2013)04-0147-05

Natural Regeneration Characteristics of *Celtis sinensis* Population in Langqi Island Scenic Spot of Minjiang Estuary, Fujian Province

Yan Shujun[1] Hong Wei[2] Lin Yongming[2] Bi Xiaoli[2] Qin Yifang[1] Lei Shaofei[1]

(1. *College of Landscape Architecture, Fujian Agricultural and Forestry University Fuzhou* 350002;
2. *College of Forestry, Fujian Agricultural and Forestry University Fuzhou* 350002;
3. *Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences Yantai* 264003)

Abstract: In order to identify the natural regeneration characteristics of *C. sinensis* populations in Langqi Island of Minjiang Estuary, young trees (with DBH less than 2.5 cm) were investigated by a line sampling method. The annual growth of both seedlings in forest gaps and root sprouts under the canopy was measured. The results showed seed propagation, root sprouting and stump sprouting were the main regeneration ways, accounting for 45%, 36.3%, 18.7% of the whole young population, respectively. The root sprouts were more than seed-derived individuals in young populations with the height less than 40 cm. Conversely, the number of seed-derived plants was larger than that of root sprouted ones in the population with the height higher than 40 cm. More young seedlings were observed in forest gaps than under the canopy. Seedlings were dominated in gaps, while other two types were dominated under the canopy. In addition, differences in both the annual height growth ($P < 0.01$) and annual ground diameter growth ($P < 0.05$) between seedlings in gaps and root suckers under the canopy were significant.

Key words: natural regeneration; seedling; sprouting; *Celtis sinensis*; Minjiang Estuary

植物的天然更新影响着群落的物种组成、结构和动态变化,是种群得以增殖、扩散、延续和维持群落稳定的一个重要生态过程; 植物天然更新受环境条件、干扰(自然和人为),以及更新树种的遗传学、生理学、生态学特性及其与周围树种之间的关系等影响。植物在不同干扰条件下的繁殖对策可以反映植物对干扰的适应能力和生殖潜能,有助于理解植物对各种自然和人为干扰因素及其资源环境、生态过程和生态格局的适应意义(Bond *et al.*, 2003); 科学地认识一种植物的天然更新特性及其影响因素,是制定合理的人工促进天然更新措施,进行自然资源保护和发展的生态学基础。

朴树(*Celtis sinensis*)为榆科朴属植物。落叶乔木,高达 20 m,树冠广圆形或扁圆形。花期 4 月,果熟期 10 月,果近球形,直径 5~7 mm。产于陕西、河南以南至华南,东至台湾,西至四川、云南; 分布于海拔1 000 m 以下。木材质轻而硬,可作家具、砧板、建筑材料; 朴树的茎皮是造纸和人造棉的原材料; 果实榨油可用作润滑油; 根皮可入药,有治疗腰痛和痔疮的功效; 朴树对 SO_2, Cl_2 等有毒气体有较强的抗性; 林冠郁闭,抗风能力较强。位于琅岐岛(闽江入海口海岛)的云龙村村旁风成沙丘上的天然朴树林,距今已有 400 多年历史,古朴树木参天蔽日,纵横交错,林中乔木高大,朴树幼苗多并长势良好,可以自然更新,且林下植被较木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)林下丰富,群落比较稳定。目前,学者已对朴树防护林的群落结构、朴树种群动态、种群空间分布及残桩萌枝更新等进行了研究(林承超等, 1995; 蔡小英等, 2006; 闫淑君等, 2010; 2011),朴树种群结构与空间格局研究表明:

收稿日期: 2012-05-17; 修回日期: 2012-07-31。
基金项目: 国家自然科学基金项目(31100303);教育部博士点学科专项基金资助项目(20090315120008)。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

朴树种群径级小于 2.5 cm 的幼苗储备丰富，个体数占总体的 48.6%，且幼苗的更新方式有实生苗、根萌苗和桩萌苗，幼苗在空间上呈聚集分布（闫淑君等，2010）。

迄今为止，国内外有关实生苗及萌生苗在种群更新、森林演替和恢复过程中的作用及动态变化已有很多报道（Dodick *et al.*, 2010; Vesk *et al.*, 2004; Bond *et al.*, 2003; 许建伟等，2010），对海岛防护林这一区域的物种在同一群落中不同微环境（林隙与林下）下更新研究具有重要意义，但其相关报道较少。朴树防护林由于经常受到海风的干扰，从而形成大大小小的林隙，而林隙干扰对植物更新具有重要作用（臧润国等，1999; 闫淑君等，2006）；那么，林隙的形成对朴树更新产生何种影响，朴树 3 种更新苗在空间上是如何分布，萌生苗与实生苗生长过程有何特点，至今未见相关报道。

本研究在前期研究的基础上，仅对朴树幼苗（DBH < 2.5 cm）进行调查分析，将朴树幼苗更新方式与环境因素（林隙与林下）相结合，并对实生苗和根萌苗的生长量进行观测，试图揭示朴树在海风干扰下的更新策略，探明不同更新方式的生长动态，为朴树人工近自然栽培技术提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况 研究区位于闽江入海处的琅岐岛（119° 32′ 22″—119° 39′ 15″ E，26° 03′ 30″—26°07′15″ N），琅岐岛自然条件得天独厚，全岛总面积 92 km^2，森林覆盖率 27.6%，滩涂面积 37 km^2，海岸线长 30 km。本区属于亚热带海洋性季风气候，四季温和，年均气温 19.5 ℃，无霜期达 360 天；雨量充沛，年平均降水量为 1 600 mm，且多集中在 3—7 月；地带性植被为亚热带常绿阔叶林。

天然朴树防护林总面积有 10 hm^2，乔木层植被为以朴树为主的单优种群群落，其群落东部外围分布着少量木麻黄；灌木层植物有蔓胡颓子（*Elaeagnus glabra*）、黑面神（*Breynia fruticosa*）、檵木（*Loropetalum chinense*）、光叶海桐（*Pittosporum glabratum*）和东南紫金牛（*Ardisia sieboldii*）等；草本层植物主要有麦冬（*Ophiopogon japonicus*）、肖梵天花（*Urena lobata*）、白花丹（*Plumbago zeylanica*）、刺蒴麻（*Triumfetta rhomboidea*）、丁香蓼（*Ludwigia prostrata*）和天门冬（*Asparagus cochinchinensis*）等；藤本植物有鸡矢藤（*Paederia scandens*）、圆叶菝葜（*Smilax bauhinioides*）和雀梅藤（*Sageretia thea*）等，附生植物有槲蕨（*Drynaria roosii*）。土壤属滨海风沙土，是在风成沙性母质上发育的，成土过程十分微弱，发育阶段相对年幼；土壤十分贫瘠，渗漏性强，保水保肥能力较差，养分含量低。

1.2 研究方法 本研究采用样线调查法（许建伟等，2010）。2010 年 10 月在朴树防护林设置 2 条长 400 m、宽 10 m（左右各 5 m）的样线，调查样线内所有朴树幼苗，将胸径小于 2.5 cm 归为幼苗（曲仲湘等，1952）。调查内容包括：幼苗更新方式（实生苗、萌生苗）、苗高、地径、坡度、坡向、郁闭度等。幼苗的类型依据其建成方式的特点，即根萌或桩萌的幼苗为萌生苗；由于调查对象没有人工造林的记载，因此，除萌生苗外，在不破坏朴树的情况下，小心挖取幼苗的根，主根明显且稍长，同时没有萌生建成方式特点的，确定为实生苗。

据野外调查，将幼苗按高度（H）每隔 40 cm 划分 1 个等级，共划分成 8 个等级：Ⅰ：$H < 40$ cm；Ⅱ：40 cm $\leq H < 80$ cm；Ⅲ：80 cm $\leq H < 120$ cm；Ⅳ：120 cm $\leq H < 160$ cm；Ⅴ：160 cm $\leq H < 200$ cm；Ⅵ：200 cm $\leq H < 240$ cm；Ⅶ：240 cm $\leq H < 280$ cm；Ⅷ：280 cm $\leq H < 320$ cm。

1.3 实生苗和萌生苗生长量测量 为了分析朴树实生苗和萌生苗的年生长量，2010 年 10 月，调查时在林隙内和林下分别随机选取高度大于 80 cm 的实生苗和根萌苗（由于残桩萌生苗个体间存在较强竞争关系，幼苗的存活率较低，所以没有选取桩萌苗进行生长量研究），测其高度、地径，并挂牌标记，各随机选 20 株；2011 年 10 月，由于 1 株挂牌丢失，对剩余的 19 株挂牌的幼苗再次测其高度、地径，求出朴树不同更新苗高度和地径的年均生长量，从而判定朴树不同更新方式的生长优势。

1.4 数据分析 采用 Excel 软件完成数据处理，采用单因素方差分析（one-way ANOVA）最小显著差异法（LSD）比较根萌苗与实生苗生长量组间的差异。

2 结果与分析

2.1 朴树幼苗的建成方式及特征 前期研究发现，朴树的更新方式存在实生和萌生 2 种，其中萌生有根萌生和桩萌生 2 种萌生方式。根萌生主要发生在裸露或土壤表层根上，桩萌多生长在枯立木树桩上（闫淑君等，2010; 2011）。本次仅对朴树幼苗（DBH < 2.5 cm）设置了 2 条样线调查，共调查2 022 株朴树幼苗，其更新密度为 0.25 株·m^{-2}；朴树 3 种更新方式的幼苗比例为：实生苗（45%）> 根萌苗（36.3%）> 桩萌苗（18.7%）。桩萌苗比例占 18.7%，由于其死亡率较高，较难为朴树种群提供较

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大的保存率；实生苗和根萌苗累积所占比例高达81.3%，其存活率较高，因此，实生苗和根萌苗将对朴树种群的自然更新提供充足幼苗，这也是朴树种群得以延续和稳定的基础。

从图 1 可以看出，朴树幼苗主要集中在Ⅰ，Ⅱ和Ⅲ高度级，占总幼苗的 82.80%，其中Ⅱ高度级占36.55%；随着幼苗的生长，幼苗数量逐渐减少，即朴树幼苗生长过程中存在着较高的死亡率，从而造成朴树防护林群落中朴树幼树个体数量较少，这与朴树种群结构研究相一致（闫淑君等，2011）。

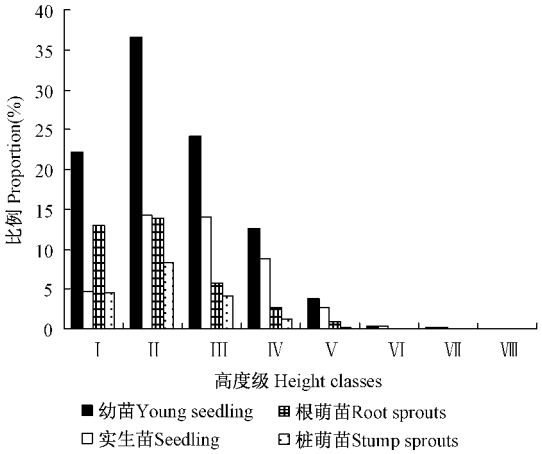

图 1　胸径小于 2.5 cm 的 3 种朴树幼苗构成比例

Fig. 1　Establishment proportion of 3 type young seedlings with diameter less than 2.5 cm in shelter forest of *C. sinensis*

实生苗Ⅰ高度级的个体比较少，而Ⅱ～Ⅷ高度级所占的比例均高于根萌苗和桩萌苗，表明实生苗前期生长较慢，40 cm 以下的数量较少，但其存活率高于萌生苗。根萌苗主要集中在Ⅰ和Ⅱ高度级，其他高度级则比较少，说明根萌苗Ⅲ高度级存活率较低；桩萌苗除了Ⅵ级之外，其他各级的个体数均少于实生苗和根萌苗，桩萌苗的高度小于 240 cm。

2.2　林隙与林下幼苗特征　样线调查时，分别统计林隙内和林下朴树幼苗的数量。林隙内朴树幼苗密度为 0.27 株·m^2，林下为 0.24 株·m^2，林隙内朴树幼苗的密度稍高于林下；林隙内实生苗占林隙内总幼苗的 71.7%（表 1），林下萌生苗（根萌和桩萌苗）占林下总幼苗的 74.8%，由此得出，朴树在林隙内偏向实生更新策略以实生苗更新为主，而在林下则偏向萌生更新策略以根萌苗为主。

表 1　林隙和林下生境朴树幼苗组成比例

Tab. 1　The establishment proportion of young seedlings of *C. sinensis* in gap and under canopy　%

	实生苗 Seedling	根萌苗 Root sprouts	桩萌苗 Stump sprouts
林隙 Gap	71.7	11.9	16.4
林下 Under canopy	25.2	54.5	20.3

为了分析林隙和林下朴树幼苗的生长情况，同样将林隙内和林下的朴树幼苗按高度级进行统计（图 2）。结果发现，林隙的Ⅲ～Ⅵ高度级朴树的个体比例高于林下，Ⅰ～Ⅱ高度级的个体比例林下高于林隙，尤其是Ⅰ高度级的个体数，即林下分布的幼苗个体高度较小而且数量较多，而林隙内的幼苗个体高度较高。

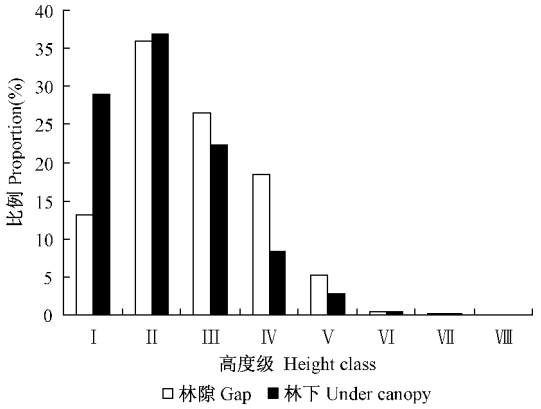

图 2　林隙和林下朴树幼苗高度级结构分布

Fig. 2　Distribution patterns of high class of *C. sinensis* in gap and under canopy

2.3　实生苗与根萌苗年生长量　对标记幼苗（林隙下实生苗和林下根萌苗各 19 株）2 次测量数据进行整理分析，计算出实生苗和根萌苗高度和地径的年生长量。结果发现（表 2），林隙下实生苗高年生长量在 10.1～66.4 cm，平均年增长量为36.82 cm，个体间差异较大；地径年生长量在 0.1 ～ 0.8 cm，平均年生长量为 0.56 cm；林下根萌苗高年生长量在 3.1 ～ 46.7 cm，平均值为 17.88 cm，个体间差异相对较小；地径年生长量在 0.1～0.8 cm，平均年生长量为 0.31 cm。林隙内实生苗的平均高度和平均地径生长量均大于林下根萌苗。经过最小显著差法比较，林隙内实生苗高平均生长量与林下根萌苗之间的差异达到极显著水平，而二者之间的地径年生长量差异达到显著水平。

3　讨论

植物种群自然更新方式有实生和萌生更新 2 种。当环境条件在空间上发生变化时，遇到不同环境条件的生物个体可能采取不同更新方式以提高其适应性（Dodick *et al.*, 2010）。依靠种子难以更新的树种主要通过萌生更新来维持其种群的稳定性（Bond *et al.*, 2003）；有的物种在生长湿润、土壤条件较好的立地条件下依靠种子更新，而在干旱、贫瘠的立地条件下以萌生更新为主（Kruger *et al.*, 1997）。对朴树自然更新的研究结果表明：在同一

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 实生苗和根萌苗年生长量

Tab. 2 The annual growth comparison of seedlings and root sprouts of *C. sinensis* population cm

样株序号 Sample No.	林隙内实生苗 The seedlings in gap		林下根萌苗 The root sproutings under canopy	
	年高度生长量 The annual height growth	年地径生长量 The annual ground diameter growth	年高度生长量 The annual height growth	年地径生长量 The annual ground diameter growth
1	45.0	0.7	3.1	0.2
2	43.8	0.6	3.1	0.5
3	32.1	0.5	27	0.7
4	13.9	0.3	41.7	0.1
5	10.1	0.1	46.7	0.1
6	48.4	0.8	12.4	0.7
7	45.7	0.4	21.2	0.3
8	66.4	0.6	9.2	0.2
9	39.5	0.7	23.5	0.5
10	36.6	0.8	10.3	0.2
11	62.8	0.8	7.6	0.3
12	49.0	0.7	7.7	0.2
13	47.7	0.6	26	0.3
14	12.2	0.7	33.6	0.1
15	39.7	0.5	3.5	0.2
16	60.9	0.4	13.5	0.4
17	10.6	0.3	12.2	0.1
18	10.3	0.4	17.7	0.4
19	24.8	0.8	19.8	0.4
平均值 Mean	36.82 ± 18.47	0.56 ± 0.20	17.88 ± 12.71	0.31 ± 0.19

群落内朴树在林隙内多采用实生更新，而在林下多采用萌生更新。正因为更新方式的多样性，朴树种群有充足的幼苗储备，为维护种群的稳定性提供了保障，这也是朴树林长期维持单优种群的原因。

引起朴树采用不同更新方式的原因存在 2 方面的因素，一是种子源，林隙形成后，种子雨传播阻力减少，因此会有更多的种子落入土壤中（宋新章等，2006），学者对林隙内种子雨、种子库的研究更多关注林隙种子雨的数量组成（龙翠玲等，2007；张智婷等，2009）；长白山杨桦次生林林隙种子库的研究表明：林隙内种子库的数量低于林下，但多样性高于林下（张智婷等，2009）；但对同一植物种群，林隙内和林下种子雨、种子库是否存在明显差异还未见报道。在朴树林中的林隙内，由于海风的作用，朴树种子是否会比林下多？是不是由于种子源的因素导致朴树在林隙内采用实生更新，林下为萌生更新？关于朴树种子雨和种子库空间分布特征的研究正在进行中，试图从种子源上揭示朴树采用不同更新方式的机制。二是微环境因素，幼苗个体小，其对微生境的变化特别敏感，在天然更新过程中，微生境有利与否对更新幼苗的发生与存活具有决定性的作用。当林隙形成后，林隙内的环境条件发生不同程度的变化，如光照强度大于林下，温度比林下高，湿度较林下低，土壤养分状况与资源有效性有所改变，从而为某些物种提供了更新场所（Ediriweera，2008；Eva *et al.*，2005；Couwenberghe *et al.*，2010）；由于微环境的不同，从而使物种更新的环境有所差异，有些物种适合于林隙下更新，而有些物种适合林下更新（闫淑君等，2004；陈志刚等，2005；宋新章等，2008），反映出微环境的差异，可以导致物种采取不同的更新方式。

朴树幼苗高度级结构表明：朴树高度小于 40 cm 根萌苗多于实生苗，而高度大于 40 cm 的幼苗，实生苗多于根萌苗；生长量（高度大于 80 cm 的幼苗）研究结果表明：林隙内实生苗的高度和地径年生长量均高于林下根萌苗。引起实生苗和根萌苗生长差异的因素是两方面的，其一，由于更新方式不同引起的。基株树桩和根系是树木萌生过程中营养元素循环的重要组成部分，其营养储存供应起初的萌苗生长（Teixeria *et al.*，2002；Vesk *et al.*，2004；Luostarinen *et al.*，2005；Olano *et al.*，2006）；学者认为萌生苗能通过基株原有的根系，更有效地利于基株和土壤中的养分资源，通常比实生苗生长快，具有更强的环境适应能力，在种群竞争中处于有利地位（Bond *et al.*，2003；Luostarinen *et al.*，2005）。川滇高山栎（*Quercus aquifoliodes*）灌丛萌生过程的营养元素供应研究结果证实（朱万泽等，2010）：土壤、树桩、粗根和根蔸是川滇高山栎灌丛砍伐后 0 ~ 120 天萌苗生长的主要营养来源，在砍伐后 120 ~ 180 天，根系除 K 元素对萌苗生长还保持较大的贡献外，对其余营养元素的贡献均较小，即随着萌生苗的生长，从母株获得的营养元素逐渐减少，那么萌生苗对实生苗的优势也逐渐降低；朴树高度小于 40 cm 的幼苗中，根萌苗的数量多于实生苗，40 cm 以上的幼苗实生的多于根萌的，从侧面反映出朴树实生苗生长初期由于受种子本身和生态因子的诸多影响，萌发前期生长较慢。已有的研究表明：由于朴树成熟果实内果皮细胞化，坚硬且不透水气，致使朴树种子不易萌发（任群等，1992）。而萌生苗由于母株根系营养元素的供给比实生苗生长的快，但后期生长与实生苗相比没有优势。其二，外部生长环境的差异引起的，林隙内的光照大量增加，资源有效性增大，更新环境明显改善，大大促进了幼苗的萌生与

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

繁殖（宋新章等，2008），说明林隙内的微生境可以使朴树幼苗生长的更快。但同样在林隙内，高度小于 40 cm 的实生苗个体数远少于林下的根萌苗，表明造成实生苗与根萌苗个体数与生长差异的主导因素应为更新方式。

本研究结果表明：朴树根萌苗生长过程中，由于母树根系营养供给的作用，在萌苗生长初期（高度小于 40 cm）比实生苗生长快，但高度达到 40 cm 以后，这种优势逐渐降低，高度达到 80 cm 以后，生长优势已经不存在，其生长低于实生苗，即朴树根萌苗生长优势随着萌苗的生长而逐渐减弱。目前，对萌生苗与实生苗的比较研究开展的还比较少，其他植物萌生苗与实生苗是否也表现出来同样的现象呢，还需学者开展相关研究，从而揭示不同更新苗的生长规律。

本文仅对朴树林隙内的实生苗与林下根萌苗的数据量特征和 1 年生长量进行了研究，今后应对于 2 种更新的连年生长情况进行连续观测，从而更全面揭示 2 种更新苗的生长动态特征；同时，还应对 2 种更新苗的生长环境、构型、生物量、营养元素的分配等方面进行研究，从而揭示 2 种更新苗的生态适应对策。

参　考　文　献

蔡小英，范海兰，洪　滔，等. 2006. 福州琅岐风景区景观林朴树种群生命表分析. 北华大学学报：自然科学版，7(6):545 – 548.

陈志刚，樊大勇，张旺锋，等. 2005. 林隙与林下环境对锐齿槲栎和米心水青冈种群更新的影响. 植物生态学报，29(3):354 – 360.

林承超，魏守珍，肖海燕. 1995. 从琅岐岛滨海沙丘朴树群落特征探讨福建沿海防护林更新与改造问题. 生态学报，15 (1) : 54 – 60.

龙翠玲，余世孝. 2007. 茂兰喀期特森林林隙种子雨、种子库空间变异. 云南植物研究，29(3):327 – 332.

曲仲湘，文振旺，朱克贵. 1952. 南京灵谷寺森林现况的分析. 植物学报，1(1):18 – 45.

任　群，张昭洁，郑亦津. 1992. 朴树种子和果实的生长发育. 植物学通报，9(4):48 – 50.

宋新章，肖文发. 2006. 林隙微生境及更新研究进展. 林业科学，42(5):114 – 119.

宋新章，张智婷，肖文发，等. 2008. 长白山杨桦次生林采伐林隙幼苗更新动态. 林业科学，44(3):13 – 20.

许建伟，沈海龙，张秀亮，等. 2010. 我国东北东部林区花楸树的天然更新特征. 应用生态学报，21(1):9 – 15.

闫淑君，洪　伟，吴承祯. 2004. 福建万木林中亚热带常绿阔叶林林隙更新研究. 林业科学，40(6):25 – 31.

闫淑君，洪　伟，吴承祯. 2010. 海风干扰形成朴树残桩萌枝更新的初步研究. 热带作物学报，31(11) : 1921 – 1927.

闫淑君，洪　伟，吴承祯. 2011. 闽江口琅岐岛朴树种群结构与空间分布格局. 生态学杂志，30(2):221 – 226.

臧润国，徐化成，高文韬. 1999. 红松阔叶林主要树种对林隙大小及其发育阶段更新反应规律的研究. 林业科学，35(3):2 – 9.

张智婷，宋新章，肖文发，等. 2009. 长白山杨桦次生林采伐林隙种子库特征. 林业科学，45(1):21 – 26.

朱万泽，王三根，郝云庆. 2010. 川滇高山栎灌丛萌生过程中的营养元素供应动态. 植物生态学报，34(10):1185 – 1195.

Bond W J, Midgley J J. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. Trends in Ecology and Evolution, 16 (1) : 45 – 51.

Bond W J, Midgley J J. 2003. The evolutionary ecology of sprouting in woody plants. International Journal of Plant Sciences, 164(3):103 – 114.

Couwenberghe R V, Collet C, Lacombe E, *et al.* 2010. Gap partitioning among temperate tree species across aregional soil gradient in windstorm-disturbed forests. Forest Ecology and Management, 260 (1):146 – 154.

Dodick G, Christian M, Marilou B, *et al.* 2010. Sugar maple and yellow birch regeneration in response to canopy opening, liming and vegetation control in a temperate deciduous forest of Quebec. Forest Ecology and Management, 259(10):2006 – 2014.

Ediriweera S, Singhakumara B M P, Ashton M S. 2008. Variation in canopy structure, light and soil nutrition across elevation of a Sri Lankan tropical rain forest. Forest Ecology and Management , 256 (6) : 1339 – 1349.

Eva R, Lise D, Katrina S E. 2005. Light, temperature and soil moisture regimes following gap formation in a semi-natural beech-dominated forest in Denmark. Forest Ecology and Management, 206(19) : 15 – 33.

Kruger L M, Midgley J J, Cowling R M. 1997. Resprouters vs reseeders in South African forest trees: a model based on forest canopy height. Functional Ecology, 11(1) : 101 – 105.

Luostarinen K, Kauppi A. 2005. Effects of coppicing on the root and stump carbohydrate dynamics in birches. New Forests, 29(3) : 289 – 303.

Olano J M, Menges E S, Martinez E. 2006. Carbohydrate storage in five resprouting Florida scrub plants across a fire chronosequence. New Phytologist, 170(1) : 99 – 106.

Teixeria P C, Novais R F, Barros N F, *et al.* 2002. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. Forest Ecology and Management, 160 (1) : 263 – 271.

Vesk P A, Westoby M. 2004. Sprouting ability across diverse disturbances and vegetation types worldwide. Journal of Ecology, 92 (2) : 310 – 320.

（责任编辑　郭广荣）

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net