

哀牢山栲木次生林根瘤固氮能力研究

韩斌^{1,2}, 巩合德^{1,2}, 孔继君³, 余珍⁴, 杨文争¹ (1. 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 云南昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 云南省林业科学院, 云南昆明 650204; 4. 中国科学院昆明植物所分析测试中心, 云南昆明 650204)

摘要 以哀牢山栲木次生林为研究对象, 分析了其根瘤固氮特征和生态特性, 提出了云南开发利用栲木固氮资源的 4 种途径。
关键词 栲木; 干扰; 根瘤固氮; 云南
中图分类号 S 754 **文献标识码** A **文章编号** 0517- 6611(2009)17- 08272- 02

Study on the Nodule Nitrogen Fixation Ability of *Alnus nepalensis* Secondary Forest in Ailao Mountain
HAN Bin et al (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Science, Kunming, Yunnan 650223)
Abstract Taking *Alnus nepalensis* as the research object, the nitrogen fixation ability and ecological characters of its nodules were analyzed. And four ways for developing and utilizing the nitrogen fixation resources *A. nepalensis* in Yunnan Province were put forward.
Key words *Alnus nepalensis*; Disturbance; Nitrogen fixation by nodules; Yunnan

栲木(*Alnus nepalensis*) 是桦木科栲木属的落叶乔木, 在中国主要分布于云南、四川西南部、西藏东南部、贵州和广西西部。在云南分布很广, 除南部低海拔地区外, 几乎遍及全省各地^[1-3]。

栲木生长迅速, 木材用途广泛, 根部根瘤与 *Frankia* 菌共生, 形成较强的固氮能力, 可改善土壤肥力, 促进生态恢复, 其中栲木的固氮能力是其对生态系统做出的最重要的贡献^[4-8], 同时栲木等固氮树种在夏威夷火山和阿拉斯加冰退等受干扰森林生态系统演化中, 正是由于提供了充足的氮以持续改变氮供给、生产量和植被的组成, 并因此改变了演替的轨迹^[9-11]。

刀耕火种下的轮歇农业是东南亚许多山地民族的主要耕作方式, 也是其对当地森林生态系统的一种主要干扰方式。在东南亚国家, 栲木长期以来都作为休耕树种植于休闲地上^[12-14]。云南众多的少数民族也普遍种植栲木, 并与农作物轮作, 是当地休闲地轮歇的一种重要经营方式, 据云南省林业调查发现, 栲木林一般是在常绿阔叶林遭砍烧破坏后形成的一种次生类型, 多分布在山坡中部、下部及背沟湿润地段, 特别常见于常绿阔叶林林缘的撂荒地上^[15-18]。

国内有学者从栲木生物量、基因多样性以及苗圃内种植幼苗根瘤固氮能力等角度进行了研究, 但有关受干扰下栲木次生林对生态系统最重要的贡献——固氮能力的研究, 目前还没有相关报道^[19-22]。为此, 笔者选择云南哀牢山自然保护区中受到刀耕火种等破坏后形成的栲木次生林, 研究其固氮能力, 为休闲地或次生林推广种植栲木提供依据。

1 研究地基本情况

1.1 哀牢山自然保护区 哀牢山自然保护区位于滇中哀牢山北、中段山脊, 为大面积原始常绿阔叶林, 构成了和谐、完整而稳定的森林生态系统。面积 506.6 km², 为中国西南部三大自然区域的交汇处。特殊的地理位置、复杂的地貌类型、多样的山地气候, 给哀牢山的生物种类提供了良好的生存繁衍环境。该区的植被具明显的垂直带谱, 山顶部的森林是目

前我国保存面积最大的中山常绿阔叶林。区内生活的各少数民族具有悠久的刀耕火种历史, 栲木次生林是哀牢山 3 个主要次生演替类型之一^[23]。

1.2 样地植被 样地乔木基本以栲木(*Alnus nepalensis*) 和马缨花(*Rhododendron delavayi*) 为主, 灌木种类均杂于草本层中, 主要种类为玉山竹(*Yushania niitakayansensis*)、黄蘗(*Rubus obcordatus*) 和芒种花(*Hypericum patulum*)。草本层种类有毛蕨菜(*Peridium alenophorum*)、白果草莓(*Fragaria nilgeerensis*) 和西南委陵菜(*Potentilla fulgens*)。

2 样品采集及测定

在 1 hm² 样地中选取栲木 15 棵, 将每棵栲木长有根瘤的侧根全部挖出, 取下上面生长的全部根瘤, 按照根瘤发育程度的不同, 分老瘤、壮瘤和幼瘤称取根瘤样品。测定方法参照 Deluca 的乙炔还原法^[24]。测定仪器采用 Aligent 5890 气相色谱仪。



图1 栲木根瘤

Fig 1 The root nodule of *Alnus nepalensis*

3 结果与分析

3.1 根瘤特征 栲木根瘤由直径约 2 mm 的颗粒形瘤瓣聚生成珊瑚状。根瘤簇为多年生, 根据根瘤的颜色、表皮和分枝特征, 可以粗略地分成 3 种瘤龄, 即: ①幼瘤。色稍浅, 表皮嫩而光滑, 分枝长 1 cm 左右, 常位于紧密型或松散型瘤簇的梢部, 或为年幼的小瘤簇; ②老瘤。色深暗, 带褐色, 皮粗糙并有较多节状斑痕突起, 分枝长 2 cm 左右, 常处于松散型瘤簇分枝的中、下部位; ③壮瘤则居幼、老瘤之间。

根瘤的分布, 从调查的 10 余株栲木可以看出, 其范围基本上都集中在基茎附近不太粗的侧根上, 其深度主要在地表

基金项目 云南省省基金项目(200100C063M, 2005C0056M); 中国科学院西双版纳热带植物园百人计划和中国科学院知识创新工程重要方向项目资助(KSCX2-SW, 123-S13)。
作者简介 韩斌(1979-), 男, 山东济南人, 博士研究生, 研究方向: 混农林和生态学。
收稿日期 2009-03-20

附近 10 cm 左右土层,这部分根瘤大约占总量的 70%。同一株柃木根系上,常有不同瘤龄的根瘤并存(图 1)。

3.2 不同瘤龄根瘤所占比重 成年根瘤(包括壮瘤和老瘤)所占比例在 70% 以上。壮瘤所占比例最高,达到 54.1%,老瘤其次,占到 33.5%,而幼瘤所占比例较少,仅有 12.4%。成年根瘤(包括壮瘤和老瘤)所占比例合计 87.6%(图 2)。

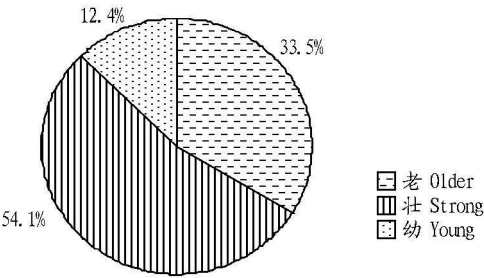


图 2 不同瘤龄根瘤所占比例

Fig 2 The proportion of different ages of root nodule

3.3 不同瘤龄根瘤固氮活力比较 柃木根瘤的固氮活力随瘤龄的增长而下降。不同年龄根瘤在直径上分为老瘤 0.6~0.8 cm,成年瘤 0.3~0.6 cm,幼瘤<0.3 cm 这 3 个区间。其中,幼瘤固氮活力最高,成年瘤次之,老瘤则明显下降数倍,但由于成年根瘤和老瘤所占比例超过 70%,所以它们是根瘤固氮的主体(表 1)。

表 1 不同瘤龄根瘤的固氮活性

Table 1 The nitrogen fixation activity of different ages of root nodule			
瘤龄	直径// cm	色泽	固氮活力// $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4/(\text{g}\cdot\text{h})$
Nodule age	Diameter	Color	Nitrogen fixation activity
老 Older	0.6~0.8	黑褐	0.094 028 562
壮 Strong	0.3~0.6	黄褐	0.449 668 382
幼 Young	<0.3	淡黄	0.618 295 915

3.4 柃木生长能力比较 在相同的立地情况下,柃木生长更为迅速。在相似立地情况下,柃木林每 hm^2 株数达 2 083 株,林分平均树高 17.9 m,最高达 26.0 m,平均胸径 13.9 cm,最大 30.0 cm,每 hm^2 蓄积量 275.1 m^3 。其林分生产力比相似立地条件下的人工杉木林的生产力高,平均每 hm^2 蓄积多出 120.3 m^3 ,差值达到 43.7%(表 2)。

表 2 同龄柃木与杉木生长比较

Table 2 The comparison between *Alnus nepalensis* and *Cunninghamia lanceolata* at the same age

树种	单位株数	平均树	平均胸	蓄积量
Tree	株/ hm^2	高//m	径//cm	m^3/hm^2
species	Unit plant number	Average tree height	Average diameter at breast height	Accumulation amount
柃木	2083	17.9	13.9	275.1
<i>Alnus nepalensis</i>				
杉木	2850	9.7	11.9	154.8
<i>Cunninghamia lanceolata</i>				

注:树龄均为 10 年。
Note: The tree age is ten years.

3.5 柃木固氮能力分析 根据不同瘤龄根瘤的固氮活性和其各自所占总瘤重比例(图 2 和表 1),柃木根瘤的平均固氮活力为 0.351 $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4/(\text{g}\cdot\text{h})$,与其他桦木科固氮植物相比,略高于浙北柃木(0.009~0.240 $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4/(\text{g}\cdot\text{h})$),低于四川柃

木(0.640~3.910 $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4/(\text{g}\cdot\text{h})$)^[20-21]。

4 柃木在云南的利用方式

4.1 柃木防护林的开发利用 结合我国其他地区的成功经验,可以采用以下几种模式。

4.1.1 江河防护林。云南境内河流、湖泊密布,径流面积在 100 km^2 以上的河流 908 条,分属长江(金沙江)、珠江、红河、澜沧江、怒江和依洛瓦底江 6 大水系。但旱涝灾害频繁,水土流失严重。而固氮树种在江河防护中有着特殊作用,柃柏混交林现已成为长江防护林体系的主要人工林类型就是证明。有利于在贫瘠的沙地和盐碱地茁壮生长,同时还具有提供燃料、木料等多种用途。

4.1.2 牧区防护林。有助于减少干旱、改良土壤和提供饲料等,可以发挥多重效益。由于柃木在云南境内特别是滇西、滇中广泛分布,而滇西、滇中正是云南河流和牧区集中的地区,因此可以大力推广应用。

4.1.3 柃木防火林(林带)。1995 年云南省安宁发生重大森林火灾,火灾扑灭后在火灾迹地的火场调查中一项重要的发现就是柃木天然林的阻火功能。调查发现柃木天然林在火灾等级极高的条件下,成功地阻止了高强度的林火蔓延。人工的防火林带从下种育苗、定植、管护到发挥功能要经 10 多年甚至 20 年时间,在刚开始推广防火林带的地方,难免有远水不解近渴之虑。

柃木在云南针叶林中多有分布,适应性比较广泛,这就使生物防火工程体系在滇中的建立成为可能。柃木生长迅速,适应性强,可以在人工防火林中培育种植,具有很大的现实意义和经济价值。

4.2 粮林间作 在田间栽种柃木既能固氮保肥又能不断砍伐枝条以作薪柴。联合国援助云南 YUEP 项目在云南开展了柃木农林间歇轮作种植,收到了很好的效果。发展多用途固氮树种,对解决农村四料(木料、肥料、燃料、饲料)、改善生态环境,促进农业生产都起着十分重要的作用。

4.3 退耕还林中作为不良立地的先锋树种 依靠根瘤和固氮菌共生体的固氮作用,抗逆性和萌蘖力强,能在贫氮土壤、瘠薄荒坡、严重侵蚀地、采矿搅动地等作为先锋树种繁茂生长。这一特性早就引起人们的重视。如在剧烈面蚀、沟蚀以致崩塌,地表为薄层半风化覆盖,植被稀少的中山地带,就可以采取云南松与柃木混交等典型造林模式。

4.4 用材林中的伴生树种 柃木作为固氮树种的引入,必然增进氮素的生物富集,促进主林木生长和区域土壤肥力的改善。而且柃木可以迅速成材,也可以作为经济用材或薪炭林。

参考文献

[1] 西南林学院,云南省林业厅.云南树木图志[M].昆明:云南科学技术出版社,1990.
[2] 薛纪如,姜汉桥.云南森林[M].昆明:云南科技出版社,1988.
[3] 云南省林业科学研究所.云南主要树种造林技术[M].昆明:云南人民出版社,1985.
[4] AKKERMANS A D L, VAN D C. Non-leguminous root nodule symbioses with actinomyces and Rhizobium[M]// BROUGHTON W J. Nitrogen fixation[M]. London: Oxford University Press, 1981: 57- 103.
[5] ALEGRE J C, CASSEL D K. Dynamics of soil physical properties under alternative systems to slash-and-burn[J]. Agriculture, Ecosystem and Environment, 1996, 58: 39- 48.

(下转第 8283 页)

拟增加到 3~ 4 个实验,并根据专业使学生的可选性更强,调动实验积极性。

模块 2、3 的实验组成可以根据各专业调整,反映各专业的特点,并向所有专业开放。实行改革后,可以根据学生的专业特点,集中主要的资源进行实验教学。

在实践中,逐步增加了综合实验“单子叶植物根茎叶的结构”、“营养器官的变态”,设计实验“被子植物花图式、花程式及检索表的使用”、“植物的类群与野外观察”等内容,并合并了一些验证性实验。从教学实践上看,这些变化取得了较好的教学效果。

3 实习的教学改革

在教学计划的调整中,实习的时间不断缩短,一般只给予一周左右的时间。如何适应这种变化、解决植物学实习中跨度时间大的问题很重要。

在改革中,将研究的重点放在针对不同专业设计不同的模块上。主要将实习分为 3 大模块:校内植物的识别和基本功的培养;野外实习;室内作业。第一模块为必选,可充分利用校园环境,将校园建成植物学的教学实习基地,利用校园植物进行教学,有研究表明这种做法效果显著^[2]。野外实习根据专业选择不同的地点,如森林专业应该选择大的森林公园;园艺、茶学、农学专业选择生产单位。应对这个模块的设置进行深入探索,一方面,使学生在野外实习中全面掌握被子植物生态建成和植物界系统演化的基本规律,掌握被子植物分类的基础知识和常见植物的形态特征,明确植物在自然界中的作用和与人类的关系;另一方面,提高学生观察、动手和学习的能力,帮助学生形成环境、生态和可持续发展等观念,全面提升学生素质。第 3 个模块为室内作业,可以根据专业进行选择。

4 辅助手段的研究

现代化教学手段在植物学教学中的应用、实验课教学改革探索与实践是植物学改革的重点^[3- 4]。模块化教学后,部

分专业原有的教学、实验和实践内容发生了变化,删简的内容需要借助网络实现自学。

多媒体教学课件具有操作简便、教学信息丰富、课堂生动等优点^[5]。根据教学内容的模块化设计,制作各个模块的多媒体课件。如在理论模块 2 中,所有的小模块都单独制作多媒体课件,附加一些辅助的资料,使各专业的学生在课堂讲授的内容外,可以通过网络学习其他的小模块。多媒体课件在模块式教学方式下的内容组织方式是研究的要点。综合性和设计性实验的操作通过实验室的开放,给学生充分自主的空间。做法是:学生在学习和掌握植物学基本理论和技能的前提下,自由组合成小组进行选题和实验方案的设计,包括实验目的与要求、材料与用具、内容与方法、实验结果预测等。学生通过网络学习和文献资料的查阅,经小组充分讨论后拟定实验计划,在此期间教师给予必要的指导,提出建议,并提供所需的场地、材料、设备等。这种综合、设计性实验项目激发了学生的创造性和探索性,提高了他们学习的主动性和思维分析能力,锻炼了他们的实验动手能力和团队协作精神。

植物学网络的建设,可以增加学生学习的时间,在课程压缩的情况下,便于学生自主学习,研究、探索适应各个模块的网络共享资源的建设。研究和优化现有的教学内容、改革教学模式、改进教学方法、丰富教学辅助手段对于提高植物学的教学质量具有重要意义。

参考文献

[1] 袁颖. 高等学校农林专业《植物学》课程教学改革探索与实践[J]. 西昌学院学报:自然科学版, 2006, 20(4): 149- 151.
[2] 李建忠. 把校园建成植物学教学实习基地[J]. 中国职业技术教育, 2006, 244(24): 52- 53.
[3] 姜恩来, 倪福太, 程瑞平. 现代化教学手段在植物学教学中的应用[J]. 吉林师范大学学报:自然科学版, 2006(4): 86- 87.
[4] 刘金莲, 陈雪娥, 廖建良, 等. 植物学实验课教学改革探索与实践[J]. 实验教学仪器, 2006(7): 41- 42.
[5] 张美萍, 韩文革. 《植物学》类教学课件的编制原则及应用技巧[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(4): 167- 168.

(上接第 8273 页)

[6] ATTA-KRAH A N. Alley farming with *Leucaena*: effect of short grazed fallows on soil fertility and crop yields[J]. Experimental Agriculture, 1996, 261: 1- 10.
[7] BAKER R. Protecting the environment against the poor[J]. Ecologist, 1984, 14: 53- 60.
[8] BINKLEY D. Interaction of site fertility and red alder on ecosystem production in Douglas fir plantation[J]. Forest Ecology and Management, 1983, 5: 215 - 227.
[9] BORMANN F H. Pattern and process in a forested ecosystem[M]. New York: Springer-Verlag, 1979.
[10] EASTIE C L. Causes and ecosystem consequences of multiple pathways of primary succession at Glacier Bay, Alaska[J]. Ecology, 1995, 76: 1899- 1916.
[11] VITOUSEK P M, WALKER L R, WHITEAKER L D, et al. Biological invasion by *Myrica faya* alters ecosystem development in Hawaii[J]. Science, 1987, 238: 802- 804.
[12] BARTLETT A G. A review of community forestry advances in Nepal[J]. Commonwealth Forestry Review, 1992, 71: 95- 100.
[13] CHAUDHRY S, SINGH S P, SINGH J S. Performance of seedlings of various life forms on landslide-damaged forest sites in Central Himalaya[J]. Journal of

Applied Ecology, 1996, 33: 109- 117.
[14] DHYANI SK, TRIPATHI R S. Tree growth and crop yield under agrosilvicultural practices in north-east India[J]. Agroforestry Systems, 1999, 44: 1- 12.
[15] GUO H J, XIA Y M, PADOCH C. *Alnus nepalensis*-based agroforestry systems in Yunnan, Southwest China[C]. International Centre for Research in Agroforestry, Chiang Mai, Thailand, 1997.
[16] GUO H J, PADOCH C. Patterns and management of agroforestry systems in Yunnan, an approach to upland rural development[J]. Global Environmental Change, 1995, 5(4): 273- 279.
[17] 郭辉军. 云南省保山地区混农林系统调查研究[M]. 昆明: 云南大学出版社, 1993, 59- 69.
[18] 赵磊. 速生优良树种——旱冬瓜[J]. 云南林业调查规划, 1991(2): 57 - 60.
[19] 代玉梅, 曹军, 唐晓萌, 等. 高黎贡山柃木 *Frankia* 的 IGS PCR-RFLP 分析[J]. 应用生态学报, 2004, 15(2): 186- 190.
[20] 吴晓丽. 浙北夏季干旱对不同土壤上柃木生长和结瘤固氮的影响[J]. 林业科学研究, 1992, 5(2): 225- 230.
[21] 吴祖洪, 周国璋. 四川柃木根瘤主要氮素同化酶活力及其超微结构研究[J]. 林业科学研究, 1994, 7(6): 629- 633.