

## 毛竹林下固氮植物资源及其经济价值分析

高平珍, 陈双林, 郭子武, 杨清平

(中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400)

**摘要:** 为了解毛竹 *Phyllostachys edulis* 林下固氮植物资源, 在浙江、福建等毛竹主要分布区采用踏查法调查了毛竹林下固氮植物, 并参考了毛竹林下植物资源的相关研究结果。结果表明: 毛竹林下固氮植物共有 4 科 23 属 41 种, 其中豆科 Leguminosae 植物占绝大多数, 占比达 85.37%, 而且以蝶形花亚科 Papilionoideae 种类为主, 占比为 75.61%, 胡颓子科 Elaeagnaceae, 大戟科 Euphorbiaceae 和杨梅科 Myricaceae 等非豆科植物分布较少; 毛竹林下固氮植物有乔木、灌木、草本和藤本类型, 其中灌木 20 种, 乔木 7 种, 草本 5 种, 藤本 9 种, 并且有旱生、中生、湿生 3 种生态类型, 以中生为主; 毛竹林下所调查的 41 种固氮植物均有药用价值, 23 种还有食用价值, 10 种可用作饲料, 7 种可用作肥料。毛竹林下固氮植物按入药部位分, 其种类数量总体上为根 > 茎 > 全株 > 叶 > 花 > 果实 > 种子。研究结果从毛竹林下固氮植物的生活型、生态型、经济价值、药用部位等方面进行分析, 为今后毛竹与林下固氮植物的生态高效复合经营模式构建提供理论基础。表 5 参 16

**关键词:** 森林生态学; 毛竹; 林下植被; 固氮植物; 经济价值

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2018)01-0161-06

## Nitrogen-fixing plants and their economic value as an understory in *Phyllostachys edulis* stands

GAO Pingzhen, CHEN Shuanglin, GUO Ziwu, YANG Qingping

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** To acknowledge the influence of nitrogen (N)-fixing plants as life forms as well as value of their ecotypic, economic, and medicinal parts in *Phyllostachys edulis* (moso bamboo) stands, N-fixing plants were surveyed in their main distribution areas of Zhejiang and Fujian Provinces using the method of field surveys. Relating research results of N-fixing plants not surveyed in *Ph. edulis* stands were also referred. Results showed that altogether there were 41 species in 23 genera of four families. Among them, Leguminosae accounted for 85.37% with Papilionaceae having 75.61% and non-Leguminosae, such as Elaeagnaceae, Euphorbiaceae, and Myricaceae accounted less. Plants were comprised of 20 shrub species, seven tree species, five herbaceous species, and nine vine species along with three ecotypic types of xerophyte, mesophyte, and hygrophyte, mainly mesophyte. The investigated 41 species all had medicinal value. In addition, 23 species had edible value, 10 species could be used as feed, and seven species could be used for fertilizer. According to their value as a medicine, the part of the plant in these N-fixing plants species under *Ph. edulis* stands was in general ranked as root > stem > whole plant > leaf > flower > fruit > seed. This research could provide a theoretical basis for the establishment of an eco-efficient compound management model in *Ph. edulis* stands. [Ch, 5 tab. 16 ref.]

**Key words:** forest ecology; *Phyllostachys edulis*; understory vegetation; nitrogen-fixing plants; economic value

收稿日期: 2016-12-23; 修回日期: 2017-06-12

基金项目: 浙江省科技计划项目(2015C32013); 浙江省中国林业科学研究院省院合作项目(2016SY03); 国家林业局林业科学技术推广项目([2016]4号)

作者简介: 高平珍, 从事竹林生态研究。E-mail: 2293324580@qq.com。通信作者: 陈双林, 研究员, 博士, 从事竹林生态与培育研究。E-mail: cslbamboo@126.com

生物固氮是自然界植物利用氮素的重要途径,固氮植物通过与根瘤形成的共生固氮体系<sup>[1]</sup>,不仅为固氮植物提供氮素,而且在土壤改良及农业可持续发展中有着不可低估的作用<sup>[2-3]</sup>。大量研究表明,生物固氮是生态系统中有效氮的主要来源,据统计,地球上由豆科 Leguminosae 根瘤菌固定的氮素达  $8 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ , 约占全球生物固氮总量的 40%, 相当于全世界工业合成氮肥量的 2 倍<sup>[4]</sup>。自 20 世纪 90 年代以来,国内外陆续开展了固氮植物资源的调查研究,表明豆科植物是主要的固氮植物,1.8 万种豆科植物中(含羞草亚科 Mimosoideae 逾 0.28 万种,苏木亚科 Caesalpinioideae 逾 0.28 万种,蝶形花亚科 Papilionoideae 逾 1.20 万种),98% 的含羞草亚科、63% 的蝶形花亚科及 30% 的苏木亚科植物能结瘤固氮,非豆科共生固氮植物相对较少<sup>[5-8]</sup>。调查发现毛竹 *Phyllostachys edulis* 林下植物资源较为丰富<sup>[9]</sup>,但对毛竹林下固氮植物资源的调查少有涉及。毛竹是中国重要的经济竹种,分布区域广,栽培面积大,应用范围广,经济价值高,是中国南方毛竹主产区竹农的重要经济来源,也是区域社会发展的重要资源和生态屏障。氮是毛竹生长所需要的重要营养元素,林地氮素补充对毛竹林出笋率、立竹胸径和产量均有促进作用<sup>[10-12]</sup>,季节性施肥是毛竹林丰产栽培的重要措施,尤其是施加氮肥。然而,长期过量施肥会导致毛竹林土壤养分失衡、酸化、板结、有害物质积累及生物多样性降低、竹材和竹笋产量与质量下降等负面影响。简单地依靠施氮肥为主的方式来提高竹林产品产量和品质,已经不能保障毛竹林立地生产力的稳定和生态系统完整性的维护,尤其是在当前毛竹林产品市场疲软,竹林经营效益大幅度下降,竹农经营毛竹林的积极性受到严重影响的背景下,如何系统地调查毛竹林下固氮植物资源,筛选生态适应性强、投入少、见效快、经济价值高、市场前景大的固氮植物种类,构建毛竹林下固氮植物高效复合经营模式,提高毛竹林自肥能力,对毛竹林可持续经营以及提高竹农经济收入等有着重要作用。基于此,笔者采取踏查法对浙江、福建毛竹主产区的毛竹林下固氮植物进行了调查,并对其经济价值进行了分析。

## 1 材料与方法

2015 年 8-9 月、2016 年 7-8 月在浙江省龙游县、景宁县、桐庐县、富阳区、江山市和福建省沙县等毛竹主要分布区采用踏查法对人为干扰相对较小、林下植被较为丰富的毛竹林下固氮植物进行调查记录,并通过万方数据资源检索补充毛竹林下固氮植物种类。毛竹林下固氮植物生活型、经济价值、药用部位皆参考于《中国植物志》。调查数据用 Word 2003 统计软件进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 毛竹林下固氮植物种类

毛竹林下固氮植物种类较为丰富,共有 4 科 23 属 41 种(表 1)。其中,豆科(含羞草亚科、苏木亚科、蝶形花亚科 3 个亚科)20 属 35 种,占毛竹林下固氮植物种类的 85.37%。豆科中含羞草亚科和苏木亚科种类较少,蝶形花亚科种类较多,达 17 属 31 种,占毛竹林下固氮植物种类的 75.61%。毛竹林下非豆科固氮植物有胡颓子科 Elaeagnaceae,大戟科 Euphorbiaceae 和杨梅科 Myricaceae 等 3 个科,胡颓子属 *Elaeagnus* 有 4 种,占 9.76%,算盘子属 *Glochidion* 和杨梅属 *Myrica* 各有 1 属,各占 2.44%。

表 1 毛竹林下固氮植物种类

Table 1 Species of nitrogen-fixing plants under *Phyllostachys edulis* stands

科	属	种	生活型	经济价值	药用部位
豆科 Leguminosae	合欢属 <i>Albizia</i>	合欢 <i>A. julibrissin</i>	乔木	药用、食用、材用	根、茎、花
		山合欢 <i>A. kalkora</i>	乔木	药用、食用、材用	根、茎、花
	肥皂荚属 <i>Gymnocladus</i>	肥皂荚 <i>G. chinensis</i>	乔木	药用、材用、化工	果实
	决明属 <i>Cassia</i>	决明 <i>C. tora</i>	草本	药用、食用	种子
	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	美丽胡枝子 <i>L. formosa</i>	灌木	药用、食用、饲料	根、茎、花
		中华胡枝子 <i>L. chinensis</i>	小灌木	药用	全株
		细梗胡枝子 <i>L. virgata</i>	灌木	药用	全株
		大叶胡枝子 <i>L. davidii</i>	灌木	药用、食用	全株
		胡枝子 <i>L. bicolor</i>	灌木	药用、食用、饲料、肥料、燃料	全株

表 1 (续)

Table 1 Continued

科	属	种	生活型	经济价值	药用部位
		铁马鞭 <i>Lespedeza pilosa</i>	亚灌木	药用	全株
	木蓝属 <i>Indigofera</i>	马棘 <i>I. pseudotinctoria</i>	小灌木	药用、食用	全株
		浙江木蓝 <i>I. parkesii</i>	小灌木	药用、食用	根、根状茎
	山蚂蝗属 <i>Desmodium</i>	山蚂蝗 <i>D. racemosum</i>	灌木	药用	全株
		圆菱叶山蚂蝗 <i>D. podocarpum</i> <sup>[13]</sup>	小灌木	药用	根、叶
		小槐花 <i>D. caudatum</i>	灌木	药用、饲料	全株
	长柄山蚂蝗属 <i>Podocarpium</i>	尖叶长柄山蚂蝗 <i>P. podocarpum</i> var. <i>oxyphyllum</i>	小灌木	药用	全株
	紫藤属 <i>Wisteria</i>	紫藤 <i>W. sinensis</i>	藤本	药用、食用	根、茎、花、种子
	锦鸡儿属 <i>Caragana</i>	锦鸡儿 <i>C. sinica</i>	灌木	药用、食用	根、花
	黄檀属 <i>Dalbergia</i>	黄檀 <i>D. hupeana</i>	乔木	药用、食用、材用	根、叶
		藤黄檀 <i>D. hancei</i>	藤本	药用、香料	根、茎
		香港黄檀 <i>D. millettii</i>	藤本	药用、材用	叶
		南岭黄檀 <i>D. balansae</i>	乔木	药用、材用	叶
	鸡眼草属 <i>Kummerowia</i>	鸡眼草 <i>K. striata</i>	草本	药用、饲料、肥料	全株
	杭子梢属 <i>Campulotropis</i>	杭子梢 <i>C. macrocarpa</i>	灌木	药用、食用、饲料、肥料	全株
	黄芪属 <i>Astragalus</i>	黄芪 <i>A. membranaceus</i>	草本	药用、食用	根、茎
	葛属 <i>Pueraria</i>	葛藤 <i>P. lobata</i>	藤本	药用、食用、饲料	根、花
	草木犀属 <i>Melilotus</i>	草木犀 <i>M. officinalis</i>	草本	药用、肥料、饲料	全株
	崖豆藤属 <i>Millettia</i>	香花崖豆藤 <i>M. dielsiana</i>	藤本	药用	根、茎
		网络崖豆藤 <i>M. reticulata</i> <sup>[14]</sup>	藤本	药用	根、茎
		鸡血藤 <i>M. reticulata</i>	藤本	药用、化工	根、茎
		厚果鸡血藤 <i>M. pachycarpa</i>		药用、食用	根
	槐属 <i>Sophora</i>	苦参 <i>S. flavescens</i> var. <i>flavescens</i>	亚灌木	药用、食用、肥料、化工	根
	刺槐属 <i>Robinia</i>	刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	乔木	药用、食用、饲料、肥料、材用	叶
	黧豆属 <i>Mucuna</i>	常春油麻藤 <i>M. sempervirens</i>	藤本	药用、食用	茎、花、种子
	百脉根属 <i>Lotus</i>	百脉根 <i>L. corniculatus</i>	草本	药用、饲料、肥料	根
胡颓子科 Elaeagnaceae	胡颓子属 <i>Elaeagnus</i>	胡颓子 <i>E. pungens</i>	灌木	药用、食用	根、叶、果实
		牛奶子 <i>E. umbellata</i>	灌木	药用、食用、饲料、化工	根、茎、叶、果实
		蔓胡颓子 <i>E. glabra</i>	灌木	药用、食用	根、茎、果实
		木半夏 <i>E. multiflora</i>	灌木	药用、食用	果实
大戟科 Euphorbiaceae	算盘子属 <i>Glochidion</i>	算盘子 <i>G. puberum</i>	灌木	药用	根、茎、叶、果实
杨梅科 Myricaceae	杨梅属 <i>Myrica</i>	杨梅 <i>M. rubra</i> <sup>[15]</sup>	乔木	药用、食用	根、茎

## 2.2 毛竹林下固氮植物生活型及生态型

生活型是植物适应外界环境的形态表现。由表 2 可知：毛竹林下固氮植物类型有乔木、灌木、草本和藤本。其中，乔木有 2 科 5 属 7 种，占毛竹林下固氮植物种类的 17.07%，灌木、草本、藤本分别有 3 科 9 属 20 种、1 科 7 属 5 种、1 科 5 属 9 种，分别占毛竹林下固氮植物种类的 53.66%，14.63% 和 21.95%。可见，毛竹林下固氮植物主要为灌木类型，乔木、草本和藤本分布相对较少。

生态型是植物物种对其生境的基因方面的反应。由表 3 可知：毛竹林下固氮植物有旱生、中生、湿

表2 毛竹林下固氮植物的生活型

Table 2 Life form of nitrogen-fixing plants under *Phyllostachys edulis* stands

生活型	科		属		种	
	科数/科	占总科数的比例/%	属数/属	占总属数的比例/%	种数/种	占总种数的比例/%
乔木	2	50.00	5	21.74	7	17.07
灌木	3	75.00	9	39.13	20	48.78
草本	1	25.00	7	30.43	5	12.20
藤本	1	25.00	5	21.74	9	21.95

生等3种生态型,其中,中生植物3科16属28种,占毛竹林下固氮植物种类的68.29%,旱生和湿生植物分别有1科3属6种、2科7属7种,分别占毛竹林下固氮植物种类的14.63%和17.07%。可见毛竹林下固氮植物主要为中生型,湿生和旱生分布较少。

表3 毛竹林下固氮植物生态型

Table 3 Ecotype of nitrogen-fixing plants under *Phyllostachys edulis* stands

生态型	科		属		种	
	科数/科	占总科数的比例/%	属数/属	占总属数的比例/%	种数/种	占总种数的比例/%
旱生	1	25	3	13.04	6	14.63
中生	3	75	16	69.57	28	68.29
湿生	2	50	7	30.43	7	17.07

### 2.3 毛竹林下固氮植物经济价值分析

毛竹林下固氮植物具有诸多方面的经济价值,如药用、食用、饲料、肥料等(表4)。其中,调查到的毛竹林下固氮植物都具有药用价值,具有食用价值的种类有3科16属23种,占毛竹林下固氮植物种类的56.10%,可以用于饲料、肥料的分别有2科9属10种、1科7属7种,分别占毛竹林下固氮植物种类的24.39%和17.07%,此外,具有香料、化工等其他经济价值的有1科8属12种,占毛竹林下固氮植物种类的29.27%。具有2种以上多重经济价值的种类有3科21属31种,占毛竹林下固氮植物种类的75.61%。说明毛竹林下固氮植物具有很好的开发利用潜力。

表4 毛竹林下固氮植物经济价值

Table 4 Economic value of nitrogen-fixing plants under *Phyllostachys edulis* stands

经济价值	科		属		种	
	科数/科	占总科数的比例/%	属数/属	占总属数的比例/%	种数/种	占总种数的比例/%
药用	4	100.00	23	100.00	41	100.00
食用	3	75.00	16	69.57	23	50.10
饲料	2	50.00	9	39.13	10	24.39
肥料	1	25.00	7	30.43	7	17.07
其他	1	25.00	8	34.78	12	29.27
多重价值	3	75.00	21	91.30	31	75.61

### 2.4 毛竹林下固氮植物药用部位多样性

从表5可知:毛竹林下固氮植物的药用部位有根、茎、叶、花、果实、种子、全株。其中,根药用的最多,茎次之,种子最少。根、茎、叶营养器官药用的分别有4科15属19种、4科11属15种和3科5属8种,分别占毛竹林下固氮植物种类的46.34%,36.59%和19.51%。花、果实、种子生殖器官药用的分别有1科6属7种、3科3属6种和2科3属3种,分别占毛竹林下固氮植物种类的17.07%,14.63%和7.32%。整株可药用的有1科7属12种,占毛竹林下固氮植物种类的29.27%。总体而言,毛竹林下固氮植物按入药部位分,其种类多少排序为根>茎>全株>叶>花>果实>种子。

## 3 结论

调查结果表明:毛竹林下固氮植物共有4科23属41种,主要为豆科植物,而且以蝶形花亚科种类



表 5 毛竹林下固氮植物药用部位

Table 5 Medicinal parts of nitrogen-fixing plants under *Phyllostachys edulis* stands

药用部位	科		属		种	
	科数/科	占总科数的比例/%	属数/属	占总属数的比例/%	种数/种	占总种数的比例/%
根	4	100.00	15	65.22	19	46.34
茎	4	100.00	11	47.83	15	36.59
叶	3	75.00	5	21.74	8	19.51
花	1	25.00	6	26.09	7	17.07
果实	3	75.00	3	13.04	6	14.63
种子	2	50.00	3	13.04	3	7.32
全株	1	25.00	7	30.43	12	29.27

为主。毛竹林下固氮植物有旱生、中生、湿生 3 种生态型, 并且以中生为主, 存在乔木、灌木、草本和藤本 4 种生活型, 其中以灌木类型种类居多, 说明灌木类固氮植物比其他类型的固氮植物更能适应毛竹林下环境, 这与毛竹林劈山除草等人为经营干扰会导致一些林下植物生命过程破坏, 难以完成完整的生殖过程有关<sup>[15]</sup>, 也与区域毛竹林经营中施用化学除草剂, 清除了大量的林下植被, 使乔木、草本、藤本类植物失去更新生长的竞争能力, 有利于灌木生长等有关<sup>[16]</sup>。

毛竹林下固氮植物具有药用、食用、饲料、肥料等经济价值, 所调查的全部固氮植物皆具有药用价值, 1/2 以上的种类具有食用价值, 1/5 左右的种类可用于饲料、肥料, 而且兼具药用、食用、饲料、肥料等 2 种以上经济价值的种类约占 4/5。毛竹林下固氮植物药用器官有根、茎、叶、花、果实、种子, 有的可全株入药, 其中, 根部药用最多, 种子药用最少。可见, 结合毛竹及其林下固氮植物的生物学和生态学特性以及与环境之间的关系, 科学合理的提出毛竹林下种植固氮植物的种类配比、空间配比、时间配比, 选中最佳坡向坡位坡度, 并结合不同的人为干扰, 研究构建毛竹林下固氮植物复合经营模式, 对于提高林地使用率和产出率, 充分发挥毛竹林的经济、生态功能具有重要作用。

#### 4 参考文献

- [1] 李先源, 张磊, 曹伟. 贵州省豆科结瘤固氮植物资源调查[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2004, **29**(3): 445 - 450.  
LI Xianyuan, ZHANG Lei, CAO Wei. Investigation of the nodulation and nitrogen-fixing resource of legume in Guizhou Province [J]. *J Southwest China Norm Univ Nat Sci*, 2004, **29**(3): 445 - 450.
- [2] HAMDI Y A, NAWAWY A S, TEWFIK M S, *et al.* Effect of herbicides on growth and nitrogen-fixation of alga, *Tolypothrix tenuis* [J]. *Acta Micobiol Pol B*, 1970, **2**(1): 53 - 55.
- [3] SUN Shengpeng, PELLICER N C, MERKEY B, *et al.* Effective biological nitrogen removal treatment processes for domestic wastewaters with low C/N ratios: a review [J]. *Environ Eng Sci*, 2010, **27**(2): 111 - 126.
- [4] Bangkok Regional Office for Asia and the Pacific FAO. Nitrogen fixing trees: a training guide [J]. *Mid East J Anesth*, 1987, **8**(2): 559 - 560.
- [5] BREWBAKER J L. Utilization of nitrogen fixing trees [J]. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 1984, **19**(spec issue): 193 - 249.
- [6] BOND G. Taxonomy and distribution of non-legume nitrogen-fixing systems [G]//GORDON J C, WHEELER C T. *Biological Nitrogen Fixation in Forest Ecosystems: Foundations and Applications*. The Hague: Martinus Nijhoff/Dr W Junk Publishers, 1983: 55 - 87.
- [7] 丁明懋, 何道泉, 蚁伟民, 等. 鼎湖山自然林豆科固氮植物资源的调查研究[J]. 生物多样性, 1993, **1**(1): 2 - 8.  
DING Mingmao, HE Daoquan, YI Weimin, *et al.* A survey on the nitrogen-fixing legume resources in the Dinghushan natural forests [J]. *Chin Biodivers*, 1993, **1**(1): 2 - 8.
- [8] 贺江舟, 龚明福, 韦革宏. 塔里木盆地豆科植物资源及其结瘤特性[J]. 塔里木大学学报, 2006, **18**(3): 1 - 4.  
HE Jiangzhou, GONG Mingfu, WEI Gehong. Investigation and nodulation characteristic of nitrogen fixation legumes resource in Tarim Basin [J]. *J Tarim Univ*, 2006, **18**(3): 1 - 4.

- [9] 洪伟, 陈辉, 吴承祯. 毛竹专用复合肥研究[J]. 林业科学, 2003, **39**(1): 81 – 85.  
HONG Wei, CHEN Hui, WU Chengzhen. A study on the compound fertilizer for *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* [J]. *Sci Silv Sin*, 2003, **39**(1): 81 – 85.
- [10] 顾小平, 萧江华, 梁文焰, 等. 毛竹纸浆竹林施用氮磷钾肥料效应的研究[J]. 林业科学, 1998, **34**(1): 25 – 32.  
GU Xiaoping, XIAO Jianghua, LIANG Wenyan, *et al.* The effects of N, P and K fertilizer applied in pulp bamboo stand [J]. *Sci Silv Sin*, 1998, **34**(1): 25 – 32.
- [11] 黄当亮. 毛竹施肥试验研究[J]. 福建林业科技, 1998, **25**(4): 52 – 55.  
HUANG Dangliang. Study on the fertilization experiment of *Phyllostachys pubescens* [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 1998, **25**(4): 52 – 55.
- [12] 何冬华, 陈俊辉, 徐秋芳, 等. 集约经营对毛竹林土壤固氮细菌群落结构和丰度的影响[J]. 应用生态学报, 2015, **26**(10): 2961 – 2968.  
HE Donghua, CHEN Junhui, XU Qiufang, *et al.* Effects of intensive management on abundance and composition of soil N<sub>2</sub>-fixing bacteria in *Phyllostachys heterocycla* stands [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2015, **26**(10): 2961 – 2968.
- [13] 陈阳, 王新杰. 闽西北丘陵地毛竹林下植物多样性的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, **34**(1): 84 – 88.  
CHEN Yang, WANG Xinjie. Plant diversity under *Phyllostachys pubescens* forests in hilly area of northwest Fujian Province [J]. *J Cent South Univ For Technol*, 2014, **34**(1): 84 – 88.
- [14] 许有德. 毛竹林内药用植物资源研究[J]. 竹类研究, 1990(2): 11 – 20.  
XU Youde. A study on the resources of medicinal plants in *Phyllostachys pubescens* forest in Wuyi Mountains [J]. *Bamboo Res*, 1990(2): 11 – 20.
- [15] 张刚华, 萧江华, 陈双林, 等. 不同类型毛竹林植物物种多样性研究[J]. 林业科学研究, 2007, **20**(5): 615 – 621.  
ZHANG Ganghua, XIAO Jianghua, CHEN Shuanglin, *et al.* Study on the species diversity at moso bamboo stands of different type [J]. *For Res*, 2007, **20**(5): 615 – 621.
- [16] 何艺玲. 不同类型毛竹林林下植被的发育状况及其与土壤养分关系的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2000.  
HE Yiling. *Understory in Different Stands of Phyllostachys pubescens and Its Relationship with Soil Nutrients* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2000.