

# 不同经营措施桉树林下 灌木物种多样性研究

周桂香<sup>1</sup> 陈芳<sup>2</sup> 周俊杰<sup>2</sup> 邝先松<sup>2</sup> 牛德奎<sup>1,3</sup> 叶长娣<sup>4</sup> 郭晓敏<sup>1,3\*</sup>

(1. 江西农业大学 园林与艺术学院 江西 南昌 330045; 2. 江西省赣州市林业科学研究所, 江西 赣州 341000; 3. 江西省鄱阳湖流域农业生态工程技术研究中心 江西 南昌 330045; 4. 赣县林业局 江西 赣州 341100)

**摘要:** 对不同经营措施桉树林下灌木物种多样性进行研究, 结果表明: 不同经营措施对桉树林下灌木多样性影响显著。粗放经营桉树林下灌木层物种丰富度、Simpson 生物多样性指数和生产力分别是对照黑荆林(CK)的 59.1%、79.76%、70.3%; 一般经营为 CK 的 90.9%、98.81%、89.2%; 中等集约经营为 CK 的 77.3%、85.71%、81.1%; 高度集约经营的措施可以有效缓解物种丰富度、Simpson 多样性指数和生产力下降, 其值分别为 CK 的 90.9%、97.62% 和 94.6%。采用抚育和施肥结合的高度集约经营措施可以有效提高桉树人工林林下灌木物种多样性。

**关键词:** 桉树; 经营措施; 物种多样性

中图分类号: S718.54<sup>+2</sup> 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)01-0059-07

## A Study on Species Diversity of Shrubs in *Eucalyptus* spp Plantation under Different Management Practices

ZHOU Gui-xiang<sup>1</sup>, CHEN Fang<sup>2</sup>, ZHOU Jun-jie<sup>2</sup>,  
KUANG Xian-song<sup>2</sup>, NIU De-kui<sup>1,3</sup>, YE Chang-di<sup>4</sup>, GUO Xiao-min<sup>1,3\*</sup>

(1. College of Landscape Architecture and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Ganzhou City Forestry Science Institute, Ganzhou 341000, China; 3. Jiangxi Province Poyang Lake Valley Agricultural Ecological Engineering Technology Research Center, Nanchang 330045, China; 4. Ganxian Forestry Bureau, Ganzhou 341100, China)

**Abstract:** The species diversity of shrubs in *Eucalyptus* spp. plantation under different management practices was studied. The results showed that different management practices had great influence on species diversity of shrubs in *Eucalyptus* spp. The species richness, Simpson biodiversity index and productivity under extensive management practice was 59.1%, 79.76%, 70.3% of those of *Acacia mearnsii* (CK). Those under ordinary management practice were 90.9%, 98.81%, 89.2% of those of CK. Those under intensive management were 77.3%, 85.71%, 81.1% of those of CK. And highly intensive management could alleviate the descent of the species richness, Simpson biodiversity indexes and productivity, which were 90.9%, 97.62% and 94.6% of those of CK. It means that extensive management practices can improve the species diversity of shrubs.

**Key words:** *Eucalyptus* spp; management practice; species diversity

收稿日期: 2011-10-02 修回日期: 2011-11-18

基金项目: 国际植物营养研究所 IPNI 资助项目( Jiangxi-28)

作者简介: 周桂香(1987—), 女, 硕士生, 主要从事水土保持和植被恢复; \* 通讯作者: 郭晓敏 教授, E-mail: gxmjxau@163.com。

桉树(*Eucalyptus* spp)是桃金娘科(Myrtaceae)桉树属(*Eucalyptus*)植物的总称,天然分布主要在澳大利亚。我国自1950年以来大量引种桉树,目前人工林面积已超过 $2.0 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>。桉树作为优良的速生树种,随着其用途越来越广泛,栽植面积也日益扩大。桉树速生丰产林经济效益高,是我国南方地区发展的理想树种。因此南方各省纷纷营造桉树人工林,桉树人工林地力衰退问题日益受到社会的广泛关注<sup>[1-3]</sup>。有人认为桉树对地下水、土壤以及林下植被物种多样性等不利,桉树人工纯林可能造成严重的地力衰退问题<sup>[4]</sup>。大面积连片种植的桉树人工林可能会导致生物多样性减少<sup>[5-7]</sup>。目前耕作方式不合理和经营措施不当是导致桉树人工林地力下降、生物多样性和生态稳定性问题的主要原因<sup>[8]</sup>。

林木的抚育管理不仅能够促进林木生长和提高林木质量,而且对林地养分循环有着重要的影响<sup>[9]</sup>。清杂可有效促进林木生长量,增加林地土壤肥力,协调林分水肥气热,是一种简单有效的增产措施。松土使土壤疏松,有利于根系从土壤中吸收营养和氧气,是提高林木生产力的一项重要措施<sup>[10]</sup>。速生丰产人工林的生长对养分需求大,施肥与否对林木产量影响明显<sup>[11]</sup>。施肥作为一种干扰手段,通过改变土壤中的有效资源影响植物地下及地上部分的生长,从而引起植物种群的变化<sup>[12]</sup>。施肥后能迅速提升土壤肥力,促进林木生长。林下灌木是人工林生态系统的一个重要组成部分,它们在维护森林的生物多样性、生态功能稳定性和持续立地生产力方面具有独特的功能和作用。林下植被的研究主要在于其对立地的指示作用<sup>[13]</sup>。

针对当前桉树人工林短轮伐期经营中潜在的地力衰退、物种多样性减少等问题,合理的造林措施是提高人工林生长量、促进水土保持和丰富生物多样性的关键<sup>[14-17]</sup>。对桉树林下灌木物种多样性研究可以更好认识桉树的生态效益。但是,目前的研究主要集中在单种经营措施方面,对于抚育和施肥结合的高度集约经营措施对桉树人工林的影响方面的研究较少。因此本文主要从桉树人工林的抚育(除草除杂、松土等)及施肥等方面开展桉树林下灌木物种多样性及生产力研究,探讨不同营林措施对桉树人工林可持续经营的影响。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

试验地设在江西省赣州市林科所山场,位于东经 $113^{\circ} 54' \sim 116^{\circ} 38'$ ,北纬 $24^{\circ}29' \sim 27^{\circ}09'$ ,属亚热带地区,具有典型的丘陵山区湿润季风气候,热量丰富,雨量充沛,年平均温度 $18.9^{\circ}\text{C}$ ,年均积温 $6\ 898^{\circ}\text{C}$ ,年均降雨量 $1\ 587\ \text{mm}$ ,年蒸发量 $794 \sim 1\ 487\ \text{mm}$ ,年均日照时数 $1\ 823\ \text{h}$ ,无霜期 $287\ \text{d}$ 。地形地貌以丘陵、山地为主,土壤以红壤为主,土层深厚,腐殖质层中厚,肥力较高。据“十五”森林资源二类调查结果,赣州市有林地面积 $271.39\ \text{万}\ \text{hm}^2$ ,森林覆盖率为 $74.2\%$ 。现有林以马尾松(*Pinus massoniana*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、桉树(*Eucalyptus* spp)为主。2006年后桉树全部造林品种实现组培无性系优良种源,林木年生长量最好的年均生长量为 $22.5\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ,一般均达到 $(12 \sim 18)\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。截至2007年,赣州桉树人工林种植面积达到 $27\ 243.3\ \text{hm}^2$ 。

### 1.2 研究方法

试验按4种不同经营措施设置样地,每个样地面积 $20\ \text{m} \times 30\ \text{m}$ ,3次重复。试验地在种植桉树前均为黑荆树林地,因此在附近选取与桉树造林前条件相似的黑荆树(*Acacia mearnsii*)林地作为对照。样地林下灌木调查时间2008年11月。将每个样地( $20\ \text{m} \times 30\ \text{m}$ )分成6个( $10\ \text{m} \times 10\ \text{m}$ )的小样方,对样地内灌木层所有植物进行全面调查,记录样方内各种环境因子。小样方内的灌木层调查记录种名、株数、高度和盖度等。

试验中4种不同经营措施为:高度集约经营(施肥抚育)、中等集约经营(施肥但不抚育)、一般经营(抚育)、粗放经营(不施肥不抚育)。具体措施是:高度集约经营于2004年3月造林时施用基肥 $0.25\ \text{kg}$ ,同年6月、9月按试验设计追肥 $0.15\ \text{kg}$ ;2005年4月每株施追肥 $0.25\ \text{kg}$ ,2006年4月每株施追肥 $0.5\ \text{kg}$ ,2007年4月每株施追肥 $0.5\ \text{kg}$ ;施肥同时对其进行抚育。中等集约经营的施肥用量、时间与高度集约经营一致,但施肥时不对林地进行抚育。一般经营于2004年3月造林时施用基肥 $0.25\ \text{kg}$ ,并在同年的6月、9月进行了抚育;2005年、2006年和2007年各进行抚育1次。粗放经营仅在造林时施用基肥 $0.25\ \text{kg}$ ,之后未进行施肥及抚育。试验采用的基肥肥料配比 $m_{\text{氮}}:m_{\text{磷}}:m_{\text{钾}}=6:16:8$ ,加锌和硼元素;追肥肥料配

比  $m_{\text{氮}}:m_{\text{磷}}:m_{\text{钾}}=16:12:12$  ,加锌硼铜等元素。抚育采用全面砍草 ,局部松土除草的方法。

### 1.3 物种多样性指标计算

本研究主要对灌木层主要物种的重要值、群落物种多样性和群落生产力作了计算:

(1) 物种丰富度:  $S$  = 出现在样地内的物种数;

(2) 重要值(  $IV$  ):

$$IV = RDE + RCO + RFE \quad (1)$$

式中  $RDE$  为相对密度;  $RCO$  为相对盖度;  $RFE$  为相对频度; 重要值  $IV$  是评价某一植物种群在群落中作用的综合性数量指标 ,能充分地显示出不同物种在群落中的地位和作用。

(3)  $\alpha$  多样性指数

Shannon-Wiener 指数(  $H'$  ):

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, s) \quad (2)$$

Simpson 指数(  $D$  ):

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, s) \quad (3)$$

式中:  $P_i$  种  $i$  的个体数与样方个体总数的比值;  $n_i$  种  $i$  的个体数;

Pielou 的均匀度指数(  $J_{sw}$  和  $J_{si}$  ):

$$J_{sw} = H' / \ln S \quad (4)$$

$$J_{si} = D / (1 - 1/S) \quad (5)$$

式中:  $S$  为样方中的物种数<sup>[18]</sup>。

(4) 林下植物群落生产力

$$NPP = W/a \quad (6)$$

式中:  $NPP$  为年平均净生产量,  $W$  为灌木层生物量,  $a$  为灌木层植物的年龄。林下灌木层生物量  $W$  测定: 采用收获法实测小样方内灌木地上部分鲜重, 并分别取样 200 g, 带回实验室恒温( 85 °C) 烘干至恒重, 测定含水率并换算为干重。

### 1.4 数据分析方法

本试验数据采用 Excel 2000、SPSS 数据分析软件进行分析。

## 2 结果分析

### 2.1 不同经营措施对桉树生长影响

2008 年 11 月对样地内桉树生长量进行了调查, 结果表明: 按高度集约经营、中等集约经营、一般经营、粗放经营的顺序, 样地内桉树的平均树高分别为: 15.9, 14.4, 14.8 和 12.5 m, 平均胸径分别为: 15.2, 13.7, 13.5 和 11.8 cm。

### 2.2 桉树林下灌木物种组成分析

根据野外调查及标本鉴定, 整个调查区域, 总共 18 个科、20 属 23 个种。林下灌木层植物主要组成见表 1。

不同处理样地林下灌木层植物科、属、种及个体组成见表 2。

表 2 中种的数量即代表林下植被的物种丰富度。丰富度指数的大小与取样面积有关, 因此在研究中把它作为衡量群落物种多样性的一个补充指数。从表 2 可以看出 4 种不同经营措施桉树林下物种丰富度分别为对照的 90.9%、77.3%、90.9%、59.1%。高度集约经营和一般经营都采用了砍除杂草的措施, 为灌木生长提供了更多空间及养分, 同时, 松土使土壤空隙增大, 有利于土壤内外的物质交换, 林木更好地吸收营养, 种的数量与对照林接近。粗放经营措施既不施肥也不抚育导致桉树林下灌木物种丰富度低。

### 2.3 桉树林下灌木层物种组成及重要值分析

优势种在一定程度上可以表征群结构多样性。对于桉树人工林而言, 从灌木层的主要物种可以看出该人工林群落林下植被的生长和发育状况。不同经营措施桉树人工林群落优势种和重要值见表 3。

表1 不同经营措施林下植被主要名录

Tab.1 List of sample plant with different management practices

序号 Number	科名 Branch	种名 Species	拉丁名 Latin name	序号 Number	科名 Branch	种名 Species	拉丁名 Latin name
1	榆科	紫弹朴	<i>Celtis biondii</i>	13	楝科	苦楝	<i>Melia azedaeach</i>
2	桑科	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	14	山矾科	华山矾	<i>Symplocos chinensis</i>
3	漆树科	野漆树	<i>Toxicodendron succedaneum</i>	15	马鞭草科	黄荆	<i>Vitex negundo</i>
4	松科	马尾松	<i>Pinus massoniana</i>	16	金缕梅科	白欆木	<i>Loropetalum chinense</i>
5	蔷薇科	金樱子	<i>Rosa laevigata</i>	17	冬青科	秤星树	<i>Ilex asprella</i>
6	蔷薇科	山莓	<i>Rubus corchorifolius</i>	18	桃金娘科	小桉树	<i>Eucalyptus</i>
7	蔷薇科	小果蔷薇	<i>Rosa cymosa</i>	19	木犀科	小叶女贞	<i>Ligustrum quihoui</i>
8	蔷薇科	悬钩子	<i>Rubus corchorifolius</i>	20	山茶科	山茶	<i>Camellia japonica</i>
9	蔷薇科	豆梨	<i>Pyrus calleryana</i>	21	山茶科	油茶	<i>Camellia oleifera</i>
10	茜草科	黄栀子	<i>Gardenia jasminoides</i>	22	大戟科	山乌桕	<i>Sapium discolor</i>
11	豆科	山合欢	<i>Albizia kalkora</i>	23	大戟科	算盘子	<i>Glochidion puberum</i>
12	豆科	紫荆	<i>Cercis chinensis</i>				

表2 不同经营措施桉树林下灌木科、属、种组成

Tab.2 Understory shrub families , genera , species composition with different management practices

处理 Treatments	科数 Branch number	属数量 Genera number	种数量 Species number	个体数量 Individual number
高度集约经营 Extensive management	16	18	20	48
中等集约经营 Ordinary management	14	15	17	68
一般经营 Intensive management	16	18	20	59
粗放经营 Highly intensive management	8	10	13	73
对照 CK	18	20	22	85

表3 不同经营措施桉树林下灌木优势种及重要值

Tab.3 Dominance species and important value with different management practices

处理 Treatments	优势种 Dominance species	重要值 Important value
高度集约经营 Extensive management	黄荆、悬钩子	72.33、48.00
中等集约经营 Ordinary management	金樱子、悬钩子	55.34、33.46
一般经营 Intensive management	黄荆、山莓	96.00、31.00
粗放经营 Highly intensive management	构树、小桉树	71.00、47.00
对照 CK	悬钩子、金樱子	28.29、27.79

在所有林地中,黄荆的重要值最高,说明黄荆在该地区的适应性很强。悬钩子在多个样地均有分布,也反应了悬钩子在研究区适应性较强。从各物种重要值可以看出,高度集约经营桉树人工林群落林下植被灌木层相对较为发达,这可能是与林分密度、土壤肥力等有关。对照处理林下灌木重要值之间差异较小,相对均衡,说明对照处理生态系统较桉树林生态系统更稳定。这可能是由于桉树林种植前对林地进行了垦复,桉树林种植期间环境造成了一定的影响,造成其生态稳定性较对照差。

#### 2.4 桉树林林下灌木生物多样性指数

本研究分析林下物种多样性所用  $\alpha$  多样性指数有 Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ )、Simpson 指数 ( $D'$ )、Pielou 均匀度。Shannon-Wiener 指数在表达群落中的物种多样性方面主要反应物种信息存在的不确定性,Simpson 指数对集中性的表达,均匀度指数反映的是各物种个体数目分配的均匀程度。林下灌木层

物种多样性分析,对高度集约经营措施处理、中等集约经营措施处理、一般经营措施处理、粗放经营措施处理及对照共 5 个处理 15 个样方的物种及多样性分析调查结果如下。

表 4 桉树林林下灌木生物多样性指数

Tab. 4 Bush biodiversity targets on *Eucalyptus* spp. with different management practices

处理 Treatments	样方号 Plots	物种 Species number	个体 Individual	Simpson ( <i>D</i> )	Shannon-Wiener ( <i>H</i> )	Pielou ( <i>J</i> )
高度集约经营	1	10	25	0.81	2.92	1.29
Extensive management	2	11	22	0.82	3.1	1.10
	3	12	31	0.83	3.02	1.29
	均值 Mean	11	26	0.82	3.01	1.23
中等集约经营	4	11	25	0.72	3.01	1.23
Ordinary management	5	10	19	0.73	2.83	1.23
	6	9	19	0.71	2.78	1.21
	均值 Mean	10	21	0.72	2.87	1.23
一般经营	7	6	24	0.82	2.81	1.21
Intensive management	8	15	26	0.83	3.15	1.16
	9	12	25	0.84	3.09	1.24
	均值 Mean	11	25	0.83	3.02	1.20
粗放经营	10	11	24	0.58	3.03	1.23
Highly intensive management	11	5	16	0.7	1.77	0.99
	12	5	17	0.72	1.99	1.24
	均值 Mean	7	19	0.67	2.26	1.15
对照 CK	13	8	21	0.82	2.41	1.18
	14	12	30	0.87	3.16	0.83
	15	13	35	0.83	3.1	0.90
	均值 Mean	11	29	0.84	2.89	0.97

由表 2 和表 4 可以看出 4 种不同经营措施桉树林下灌木层的物种丰富度、多样性指数和均匀度之间存在较大差异,其中 Simpson 指数分别为 CK 的 97.62%、85.71%、98.81% 和 79.76%。高度集约经营、一般经营桉树林地灌木 Simpson 指数与对照林地接近。Simpson 指数最小值出现在粗放经营桉树林的 10 号样方,说明粗放经营措施由于肥力低、灌草竞争大,对林下灌木生长不利,物种分布稀疏。

表 5 不同经营措施处理 Simpson 指数方差分析

Tab. 5 Simpson index analysis of variance with different management practices

差异来源 Variation sources	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean squares	<i>F</i> 值 <i>F</i> - value	<i>P</i> 值 <i>P</i> - value
区组间 Block	0.001	2	0.001	3.201	0.095
处理间 Fertilizations	0.041	4	0.010	54.450**	0.000
误差 Errors	0.002	8	0.000		
总计 Total variation	0.043	14			

对 5 个处理的 Simpson 指数作方差分析结果显示(表 5),各处理的 Simpson 多样性指数的差异极显著,说明不同经营措施对林下灌木层生物多样性的影响较大。从 5 个处理林下灌木层 Simpson 多样性指数分析结果来看,中等集约经营、粗放经营林下灌木层物种 Simpson 多样性指数低,高度集约经营和一般经营可以提高林下生物多样性。说明抚育和施肥是提高桉树林林下生物多样性的有效措施。

### 2.5 桉树林下灌木层生产力研究

生产力是指生物有机体在单位面积和单位时间内所生产的有机物质或固定能量的速率。试验地生产力测定结果表明(表6),不同处理林下灌木层生产力由大到小依次为:CK、高度集约经营(施肥抚育)、一般经营(抚育)、中等集约经营(施肥)、粗放经营(不施肥不抚育)。粗放经营措施桉树林下植被生产力为对照(CK)的70.3%,一般经营为89.2%,中等集约经营为81.1%,高度集约经营最高,为94.6%。

表6 不同经营措施处理林下灌木层生产力

Tab.6 Productivity understory shrub layer with different management practices

处理 Treatments	生产力/(t·hm <sup>-2</sup> ) Productivity			均值/(t·hm <sup>-2</sup> ) Average
高度集约经营 Extensive management	0.37	0.34	0.33	0.35
中等集约经营 Ordinary management	0.33	0.30	0.28	0.30
一般经营 Intensive management	0.34	0.30	0.36	0.33
粗放经营 Highly intensive management	0.26	0.28	0.24	0.26
对照 CK	0.39	0.37	0.35	0.37

方差分析结果(表7)显示,不同处理间灌木生物量差异极显著。

表7 不同经营措施处理林下灌木生产力方差分析

Tab.7 Variance procedure analysis of biomass with different management practices

差异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
Variation sources	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F-value	P-value
区组间 Block	0.069	2	0.034	2.051	0.191
处理间 Fertilizations	0.759	4	0.190	11.345**	0.002
误差 Errors	0.134	8	0.017		
总计 Total variation	0.962	14			

高度集约经营和一般经营施肥提高林木生长所需要的营养,除草为灌木生长提供空间,松土可以为土壤微生物提供更多氧气,使林木更好地吸收土壤养分。样地内物种多样性丰富,收获的灌木层生物量大,因此其生产力大。中等集约经营只进行施肥,林下灌木和草本均能有效地吸收营养元素,林地内草本生长在一定程度上抑制了灌木的生长,因此与高度集约经营相比,其生产力较小。粗放经营则只是在刚种植桉树时施加肥料,林地内桉树、灌木和草本经过几年生长消耗了大部分肥料,养分得不到补充,因此表现出肥力不足,抑制灌木生长,其生产力低。

### 3 结论与讨论

4种不同经营措施与对照黑荆林林下灌木层物种丰富度、Simpson多样性指数和生产力对比结果如下:不同经营措施物种丰富度表现为:CK > 高度集约经营(施肥抚育) = 一般经营(抚育) > 中等集约经营(施肥) > 粗放经营(不施肥不抚育);Simpson多样性指数表现为:CK > 一般经营(抚育) > 高度集约经营(施肥抚育) > 中等集约经营(施肥) > 粗放经营(不施肥不抚育);生产力表现为:CK > 高度集约经营(施肥抚育) > 一般经营(抚育) > 中等集约经营(施肥) > 粗放经营(不施肥不抚育)。林下灌木层各物种重要值的调查发现各处理优势种重要值差值大,而对照差值较小。说明桉树林生态稳定性比对照低,这也是目前人工林存在的普遍问题。

通过本研究得出,施肥与抚育相结合的经营措施可提高桉树人工林林下灌木的物种多样性。加强人工林的后期管理如适当增施肥料与中耕除草,可改善林地种群的基质条件,缓解种群竞争压力,这样可在一定程度上提高人工林的物种多样性<sup>[19]</sup>。抚育能够改善林分质量,增加林地物种多样性和稳定性,提高物种丰富度<sup>[20-21]</sup>。从目前一些研究结果来看,采用部分透光抚育的措施有利于保持林地物种多样性<sup>[22]</sup>。这与本研究中采用劈除杂草等增加一定透光度的抚育措施取得的效果是一致的。和多数研究结果一样,施肥可以使植物生产力增加<sup>[23]</sup>。施肥作为一种干扰手段,通过改变土壤中的有效资源

影响植物地下及地上部分的生长,从而引起植物种群的变化。施肥时,建议 NPK 肥料与微量元素肥料相结合,能较大程度增加桉树林分生物量,提高生产力<sup>[24]</sup>。研究中的中等集约经营只施肥,不进行除草松土,肥料不能最大限度被桉树和灌木利用,其生产力不如一般经营。而高度集约经营和一般经营通过除草和松土措施使林地内土壤养分可以被桉树和灌木充分吸收,林地内桉树和灌木群落结构较合理,生产力较高。粗放经营的肥料利用率低、后期肥料供给不足,因此在物种丰富度、多样性和生产力上也低。在桉树人工林种植的前期,抚育可能成为影响桉树生长及林木灌木多样性的限制因子。建议在桉树林推广过程中,采用施肥和抚育相结合的经营方式,实现养分利用效率的最大化,从而实现桉树人工林可持续发展。

#### 参考文献:

- [1]温远光,刘世荣,陈放,等. 桉树工业人工林植物物种多样性及动态研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(4): 17-22.
- [2]陈秋波. 桉树人工林生物多样性研究进展[J]. 热带作物学报, 2001, 22(4): 82-90.
- [3]Reed F N. Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators[J]. *Forest Ecology and Management*, 1999, 115: 135-146.
- [4]潘辉. 不同林地清理方式对巨尾桉林地生产力的影响[J]. 福建林学院学报, 2003, 23(4): 312-316.
- [5]温远光,刘世荣,陈放. 桉树工业人工林的生态问题与可持续经营[J]. 广西科学院学报, 2005, 21(1): 13-18.
- [6]曾觉民. 西双版纳热带人工林群落结构及生态功能恢复的研究[J]. 云南林业科技, 2002(3): 23-45.
- [7]王震洪,段昌群,起联春,等. 我国桉树人工林发展中的生态问题探讨[J]. 生态学杂志, 1998, 17(6): 64-68.
- [8]张樟德. 桉树人工林的发展与可持续经营[J]. 林业科学, 2008, 44(7): 97-102.
- [9]林挺秀. 不同经营措施马尾松林生物量和土壤性质研究[J]. 江西林业科技, 2010, 5: 11-13.
- [10]林福星. 糙花少穗竹不同垦复经营措施效果分析[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(15): 113-115.
- [11]吴建平,吴立潮,吴天乐,等. 不同经营措施条件下泡桐幼林抗冰灾能力分析[J]. 林业科学研究, 2010, 23(1): 143-146.
- [12]何丹,李向林,何峰,等. 施氮对退化天然草地主要物种地上生物量和重要值的影响[J]. 中国草地学报, 2009, 31(5): 42-46.
- [13]刘晓红,胡小康,王真. 吉安县松人工林林下灌木生物多样性探讨[J]. 中国林副特产, 2011, 112: 28-31.
- [14]Edgard Cam Pinhos. Sustainable plantations of highyield eucalyptus trees for production of fiber: the aracruzense[J]. *New Forests*, 1999, 17: 129-143.
- [15]臧国长. 我国桉树人工林施肥研究进展[J]. 福建林业科技, 2007(4): 254-269.
- [16]孟庆繁. 人工林生物多样性研究的现状及展望[J]. 世界林业研究, 1998(2): 26-31.
- [17]张文臣,张俊佩. 人工林存在的问题与对策[J]. 防护林科技, 2004(3): 45-46.
- [18]鲁绍伟,王雄宾,余新晓,等. 封育对人工针叶林林下植物多样性恢复的影响[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(2): 121-126.
- [19]蔡志风,郝明德,吴振海,等. 长期施肥对黄土区苜蓿草地群落特征及其多样性的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(10): 86-90.
- [20]邓磊,张文辉,何景峰. 不同经营措施对黄龙山辽东栎林的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(1): 159-166.
- [21]王雷,周永斌,宋雪丽,等. 不同经营措施对冰砬山森林公园落叶松生长量和生物量的影响[J]. 农业科技与装备, 2007, 174: 20-22.
- [22]屈红军,牟长城,吴云霞. 透光抚育对辽东林区人天混红松林群落植物多样性的影响[J]. 东北林业大学学报, 2009, 137(3): 26-28.
- [23]张云,鞠瑞芳,巩晓兰,等. 施肥刈割对高寒草甸生产力的影响[J]. 草业与畜牧, 2008, 3: 6-9.
- [24]何木林. 不同营林措施对桉树人工林可持续经营的影响[J]. 防护林科技, 2009, 89: 14-16.