

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20180427.004

卢婵江,周晓果,温远光,等.不同轮伐期巨尾桉人工林的经济效益分析[J].广西科学,2018,25(2):158-162.

LU C J,ZHOU X G,WEN Y G,et al.Economic benefit analysis of *Eucalyptus grandis* × *E. wrophylla* plantations in difference rotations[J].Guangxi Sciences,2018,25(2):158-162.

# 不同轮伐期巨尾桉人工林的经济效益分析\* Economic Benefit Analysis of *Eucalyptus grandis* × *E. wrophylla* Plantations in Difference Rotations

卢婵江<sup>1</sup>,周晓果<sup>1</sup>,黄冰川<sup>2</sup>,温远光<sup>1\*\*</sup>,朱宏光<sup>1</sup>,莫继有<sup>3</sup>,左花<sup>1</sup>,严理<sup>1</sup>,  
兰俊<sup>3</sup>

LU Chanjiang<sup>1</sup>,ZHOU Xiaoguo<sup>1</sup>,HUANG Bingchuan<sup>2</sup>,WEN Yuanguang<sup>1</sup>,  
ZHU Hongguang<sup>1</sup>,MO Jiyou<sup>3</sup>,ZUO Hua<sup>1</sup>,YAN Li<sup>1</sup>,LAN Jun<sup>3</sup>

(1. 广西大学林学院,广西森林生态与保育重点实验室培育基地,广西南宁 530004;2. 广西德保县科技情报研究所,广西百色 533700;3. 广西国有东门林场,广西扶绥 532100)

(1. Guangxi Key Laboratory of Forest Ecology and Conservation, Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Institute of Scientific and Technical Information of Debao County, Baise, Guangxi, 533700, China; 3. Dongmen State Forest Farm of Guangxi, Fusui, Guangxi, 532100, China)

**摘要:**【目的】探讨不同轮伐期对人工林经济效益的影响,为从经济视角科学确定人工林的合理轮伐期提供理论依据。【方法】以短(7 a)、中(13 a)、长(21 a)轮伐期的南亚热带巨尾桉人工林为研究对象,对不同轮伐期巨尾桉人工林的蓄积量(Stand volume, SV)、营林成本、净现值(Net present value, NPV)和内部收益率(Internal rate of return, IRR)进行分析,揭示不同轮伐期对经济效益的影响。【结果】随着轮伐期的延长,巨尾桉人工林的蓄积量持续增长,7 a、13 a、21 a轮伐期的蓄积量分别为 144.95 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、346.97 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、553.69 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。随着轮伐期的延长,巨尾桉人工林净现值不断增加,在 12 a 时达到最高值(30 297.61 元/hm<sup>2</sup>),之后逐渐降低,7 a、21 a 轮伐期的净现值分别为 17 239.86 元/hm<sup>2</sup>、22 008.59 元/hm<sup>2</sup>。内部收益率在 13 a 开始趋近峰值(53.32%),明显高于 7 a 时的 39.29%。【结论】在南亚热带,巨尾桉人工林的轮伐期确定在 13 a 左右较为适宜,既可实现经济效益最大化,又可大幅提升蓄积量。

**关键词:**轮伐期 巨尾桉人工林 蓄积量 营林成本 净现值 内部收益率

**中图分类号:**S718.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2018)02-0158-05

**Abstract:**【Objective】The effects of different rational rotations on the economic benefits of plan-

tation forests were discussed to provide a theoretical foundation for scientifically determining the reasonable rotation period of plantations from an economic perspective.

【Methods】The short-term (7 a), medium (13 a), and long (21 a) rotations of the South Asian subtropical *Eucalyptus grandis* × *E. wrophylla* plantations were studied. The stand volume (SV), establishment and management cost, net present value (NPV) and internal rate of return

收稿日期:2018-01-29

作者简介:卢婵江(1976—),女,硕士,副研究员,主要从事森林生态学研究。

\* 国家自然科学基金项目(31460121),广西高等学校重大科研项目(201201ZD001),广西森林生态与保育重点实验室培育基地开放课题(QZKFKT2017-01),广西林业厅科研项目(桂林科字[2009]第八号)和广西研究生教育创新计划项目(YCBZ2015016)资助。

\*\* 通信作者:温远光(1957—),男,博士生导师,教授,主要从事森林生态和森林培育学研究,E-mail:wenyg@263.net。

(IRR) of the *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* plantations at different rotations were analyzed to reveal the impact of different rotation periods on economic efficiency. **【Results】**With the extension of the rotation period, the stand volume of *E. urophylla* plantations sustainably increased, and the stand volume at the turn of 7 a, 13 a, and 21 a were 144.95 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 346.97 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, and 553.69 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, respectively. With the extension of the rotation period, the net present value also increased continuously, reached the highest value 30 297.61 Yuan/hm<sup>2</sup> at 12 a, and then gradually decreased. The net present value of the rotation period of 7 a and 21 a were 17 239.86 Yuan/hm<sup>2</sup> and 22 008.59 Yuan/hm<sup>2</sup> respectively. On the other hand, internal rate of return approached peak at 13 a (53.32%) which was significantly higher than that in 7 a (39.29%). **【Conclusion】**In the South Asian subtropics, the rotation period of the *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* plantations was determined to be appropriate around 13 years, which could maximize the economic benefits and greatly increased the stand quality.

**Key words:** rotation, *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* plantations, stand volume, management cost, net present value, internal rate of return

## 0 引言

**【研究意义】**轮伐期是森林培育过程中培育符合目的林木的生产周期,影响森林培育的全过程,确定合理轮伐期是森林经营的首要任务<sup>[1]</sup>。由于国情、林情和经营目标不同,世界各国桉树人工林的轮伐期有所不同。巴西桉树人工林的轮伐期,薪炭林为 4 a,纸浆材林为 7~14 a,而大径材林则延长至 20~27 a<sup>[2]</sup>。在中国,桉树人工林的轮伐期一般为 5~7 a,有的缩短到 3~4 a<sup>[3]</sup>。印度桉树人工林的轮伐期,薪炭林为 4 a,用材林为 6~10 a<sup>[4-5]</sup>。在澳大利亚,桉树纸浆材林的轮伐期为 8~14 a,大径材林为 20~25 a<sup>[2]</sup>。轮伐期是森林经营的重要依据,经济效益是衡量和评价一切经济活动的有效尺度和客观标准,了解不同轮伐期对巨尾桉人工林经济效益的影响,对于科学合理地确定桉树人工林的轮伐期(经营周期)具有重要的意义。**【前人研究进展】**骆建莉<sup>[6]</sup>对杉木人工林的研究表明,15 a 轮伐期林分的蓄积量明显比 25 a 和 35 a 轮伐期的低,而 25 a 和 35 a 轮伐期林分的蓄积量没有显著差异。王伟峰等<sup>[7]</sup>研究了不同轮伐期对杉木人工林生物量碳的影响,表明在差立地条件下(立地指数 SI=17),采用短轮伐期(15 a)收获方式的总生物量碳分别是正常轮伐期(25 a)的 1.03 倍和长轮伐期(50 a)的 1.32 倍。而不同轮伐期对桉树人工林蓄积量的影响研究目前尚未见有报道。此外,Whitlock 等<sup>[8]</sup>通过构建贴现现金流模型(Discounted cash flow model),采用净现值法比较萌芽及植苗更新的 2 代蓝桉(*Eucalyptus globulus*)纸浆材林的经济效益,发现萌芽更新因投资成本更低而具有较高利润,但萌芽林分易遭受病虫害而导致经济损失。Guedes 等<sup>[9]</sup>

采用净现值法对巴西植苗及萌芽更新桉树人工林的经济效益分析,也发现即使 2 代萌芽林的产量仅为 1 代林的 70%,其经济效益仍然是最高的,但在考虑病虫害风险时,植苗更新的经济效益最优。Zhou 等<sup>[10]</sup>对巨尾桉植苗及萌芽更新 2 代林的经济效益分析发现,2 代植苗林因林分蓄积量显著高于萌芽林而具有最高的净现值,但萌芽林的经营成本较低,因而具有最高的内部收益率。陈少雄等<sup>[11]</sup>对广西东门林场不同造林密度桉树人工林的经济效益进行分析,发现造林密度为 883 株/hm<sup>2</sup>,轮伐期为 7 a 时,桉树人工林具有最高的净现值和内部收益率。**【本研究切入点】**过去,桉树人工林的经济效益分析多集中在短轮伐期林分<sup>[8-11]</sup>,随着应对气候变化和生态建设的需要,适当延长人工林的经营周期被认为是应对气候变化和加强生态治理的有效措施<sup>[12-13]</sup>。但是,对于延长经营周期后人工林的生长变化,特别是对于中、长轮伐期桉树人工林的经济效益缺乏研究,不能很好地指导新时期的林业发展。因此,有必要研究不同轮伐期对桉树人工林经济效益的影响,从而为科学合理地制定桉树人工林轮伐期提供科学依据。**【拟解决的关键问题】**以轮伐期为短(7 a)、中(13 a)和长周期(21 a)的巨尾桉人工林为研究对象,分析不同轮伐期的巨尾桉人工林经济效益的差异,从经济视角明确我国南亚热带地区桉树人工林的最佳轮伐期。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域的自然环境概况

研究区域位于广西国有东门林场,居北纬 22°17'22.30"、东经 107°14'108.00"。该区域地处南亚热带,夏季高温多雨,冬季低温干燥,季风气候明

显。区域内太阳辐射强烈,是广西太阳辐射高值区之一,年平均日照时数为 1 634~1 719 h,太阳辐射量为 439.64~452.20 kJ/cm<sup>2</sup>·a;最冷月(1月)平均气温 12.5~13.8℃,最热月(7月)平均气温 27.2~28.6℃,年均气温为 21.2~22.3℃,极端最高温 38~41℃,极端最低温 -4~1.9℃;年降雨量 1 100~1 300 mm,季节分配不均,6~8月的降雨量可占全年降雨量的 51%;年蒸发量为 1 600 mm;相对湿度 75%<sup>[14]</sup>。研究区域的土壤以赤红壤为主,兼有少量石灰土和红壤土。土层深厚,但质地粘重,肥力较差,有机质含量在 12.08~24.51 g/kg,土壤呈酸性,pH 值为 5.0~5.5<sup>[14]</sup>。

## 1.2 样地设置和林分调查

采用空间代替时间的研究方法,在东门林场选择

表 1 不同轮伐期巨尾桉人工林样地概况

Table 1 Basic situation of sample plots of *E. grandis* × *E. urophylla* plantations in different rotations

林龄 Years (a)	林分密度 Stand density (n/hm <sup>2</sup> )	海拔 Altitude (m)	坡向 Slope aspect	坡度 Slope gradient(°)	母岩 Source rocks	土壤类型 Soil type
7	1 105	92	北 North	8	砂页岩 Sandy shale	赤红壤 Lateritic red soil
13	1 111	90	东北 Northeast	8	砂页岩 Sandy shale	赤红壤 Lateritic red soil
21	818	89	北 North	7	砂页岩 Sandy shale	赤红壤 Lateritic red soil

## 1.3 林分蓄积量的计算

根据本实验对 7 a、13 a、21 a 林分桉树胸径、树高的实测数据,计算 1~7 a、8~13 a、14~21 a 胸径、树高平均年增长量,从而估算得 1~6 a、8~12 a、14~20 a 各年桉树的胸径、树高,进而计算 1~21 a 每年的林分蓄积量,作为净现值及内部收益率的基础计算数据。

林分蓄积量(Stand volume, SV)采用平均实验形数法测定<sup>[15]</sup>:

$$SV = f_e \times (H + 3) \times \pi \times (1/4) \times DBH^2, \quad (1)$$

其中,SV 为蓄积量(m<sup>3</sup>); $f_e$  为实验形数,取值为 0.4; $H$  为树高(m), $\pi$  为圆周率,DBH 为胸径(cm)。

## 1.4 营林成本

巨尾桉人工林营林成本主要包括:造林时的机耕整地费 800 元/hm<sup>2</sup>、基肥 600 元/hm<sup>2</sup>;造林第 1 年的种苗费 870 元/hm<sup>2</sup>、植苗费 1 000 元/hm<sup>2</sup>;植苗后第 1~3 年的追肥 650 元/(hm<sup>2</sup>·a)、除草抚育费 720 元/(hm<sup>2</sup>·a);各年度的地租 300 元/(hm<sup>2</sup>·a)。7 a、13 a、21 a 的营林成本分别为 9 780 元/hm<sup>2</sup>、11 580 元/hm<sup>2</sup>和 13 980 元/hm<sup>2</sup>。

## 1.5 经济效益分析

依据巨尾桉人工林多年平均采伐费用,将采伐费用计为 120 元/m<sup>3</sup>,其中包括人工费 50 元/m<sup>3</sup>、运输

成土母质、环境因子(海拔、坡度、坡向等)、造林和营林措施、林下植被一致,林龄分别为 7 a、13 a、21 a 的巨尾桉人工林作为研究对象(表 1)。各林分均通过炼山、机耕全垦,穴植造林,株行距为 2 m×3 m。各林分抚育管理措施一致,造林时施基肥,植苗后 1~3 a 追肥并喷施除草剂进行除草抚育,造林后第 4 年起停止施肥、喷施除草剂等人作为干扰,均未遭受自然灾害及间伐。在各林龄的林分中随机设置面积为 600 m<sup>2</sup>(30 m×20 m)的样方,每种林分设 3 次重复,将每个样方划分成 6 个 10 m×10 m 的小样方(共 54 个小样方),对小样方内的所有林木进行每木调查,测定胸径、树高等。

费 20 元/m<sup>3</sup>、税费 50 元/m<sup>3</sup>。木材单价为 600 元/m<sup>3</sup>,平均出材率为 75%。贴现率采用林业行业的通用值 12%。采用以下公式计算净现金流<sup>[10]</sup>:

$$C_t = 600 \times (SV_t \times 75\%) - EMC_t - CC \times SV_t, \quad (2)$$

式中, $C_t$  为第  $t$  年的净现金流, $SV_t$  为第  $t$  年的蓄积量, $EMC_t$  为第  $t$  年的营林成本,CC 为采伐成本。

采用净现值(Net present value, NPV)<sup>[10]</sup>计算经营利润:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}, \quad (3)$$

式中, $n$  为轮伐期(经营周期), $C_t$  为第  $t$  年的净现金流, $i$  为贴现率。

内部收益率(Internal rate of return, IRR)<sup>[10]</sup>采用以下公式计算:

$$\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t} = 0, \quad (4)$$

式中, $n$  为轮伐期(经营周期), $C_t$  为第  $t$  年的净现金流。

## 1.6 数据处理与统计分析

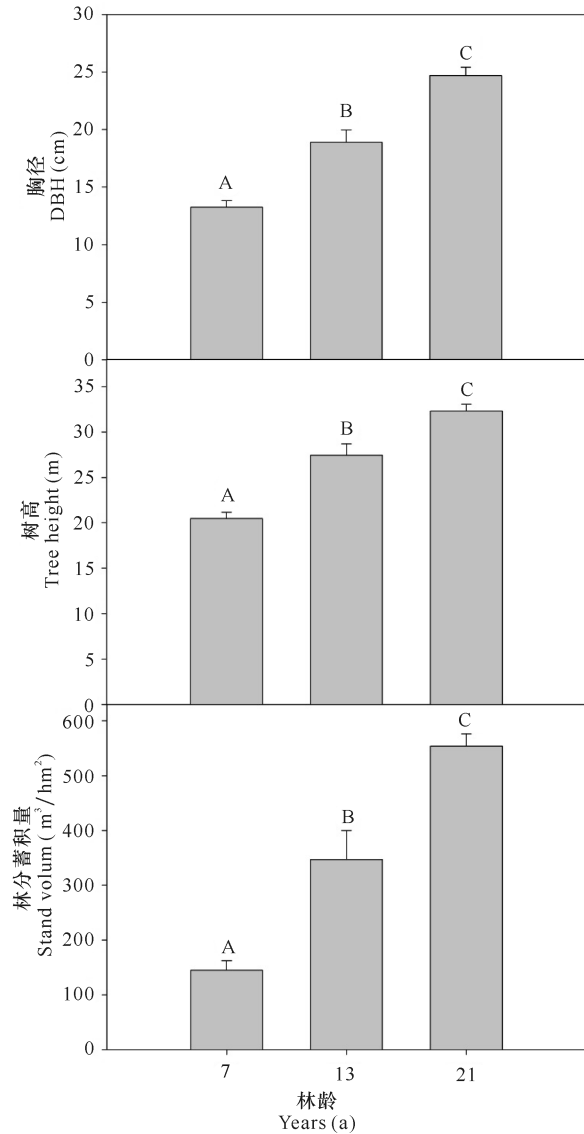
采用单因素方差分析法(one way ANOVA)检验不同轮伐期巨尾桉人工林的蓄积量和经济效益等的差异。所有统计分析均在 Excel 2007 和 SPSS 21.0

上完成,采用最小显著性差异法(Least significant difference,LSD)法比较 0.05 水平下,各项指标的差异显著性。数据绘图由 Sigmaplot 11.0 软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同轮伐期林分的蓄积量

研究表明,不同轮伐期巨尾桉人工林的林木胸径、树高和蓄积量均随轮伐期的延长而显著增加( $P < 0.05$ ) (图 1)。7 a 林分的蓄积量为  $144.95 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,13 a 林分的蓄积量为  $346.97 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,增长了 1.4 倍,而到 21 a 林分达到  $553.69 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,比 13 a 增长了 60%。



不同大写字母表示差异显著

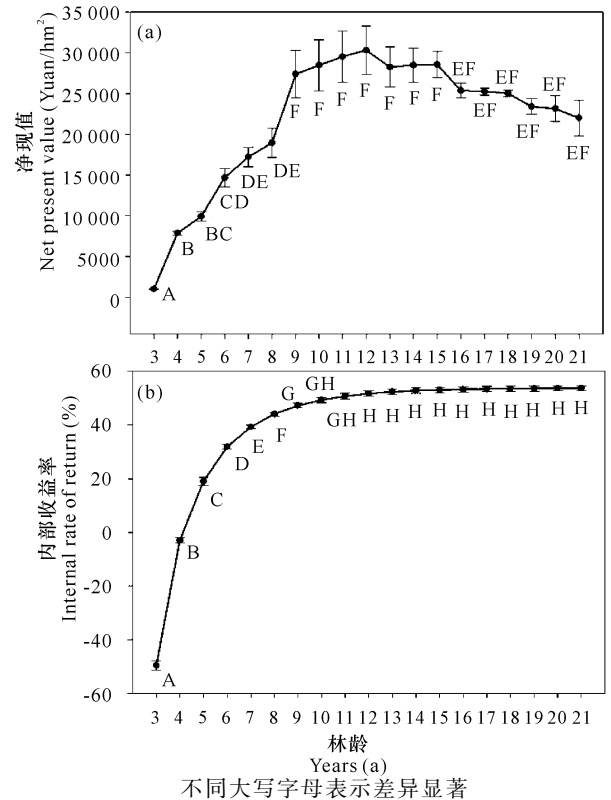
Different capital letters indicate significant difference

图 1 不同轮伐期巨尾桉人工林的林木胸径、树高和蓄积量

Fig. 1 DBH, tree height and stand volume of *Eucalyptus grandis* × *E. wophylla* plantations in different rotations

### 2.2 净现值和内部收益率

巨尾桉人工林在 3 a 生采伐时即开始有利润,此时净现值为  $1\,016.99 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ,此后,随着林龄的增加净现值不断增加,7 a 时净现值达  $17\,239.86 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ,12 a 时净现值达最高值 ( $30\,297.61 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ),之后净现值逐渐降低,在 21 a 时降为  $22\,008.59 \text{ 元}/\text{hm}^2$  (图 2a)。内部收益率在 7 a 时为 39.29%,13 a 时为 53.32%,之后趋于平稳,各林龄间无显著差异 (图 2b)。



Different capital letters indicate significant difference

图 2 不同轮伐期巨尾桉人工林的净现值和内部收益率

Fig. 2 Net present value and internal rate of return of *Eucalyptus grandis* × *E. wophylla* in different rotations

## 3 结论

对不同轮伐期巨尾桉人工林的经济效益进行分析,结果表明,随着轮伐期的延长,巨尾桉的林分蓄积量持续增长,而且 21 a 林分的蓄积量显著高于 7 a 和 13 a。因此,采用短轮伐期收获方式将显著降低林分蓄积量。同时,随着轮伐期的延长,巨尾桉人工林净现值不断增加,7 a 时为  $17\,239.86 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ,到 12 a 时达到最高值 ( $30\,297.61 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ),之后逐渐降低,21 a 时为  $22\,008.59 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ,而内部收益率也在 13 a 开始趋近峰值 (53.32%),收益明显高于 7 a 时的 39.29%。

以上研究结果说明,从经济效益的角度来看,如

今普遍采用的短轮伐期经营并非获得最佳经济效益。在南亚热带,巨尾桉人工林的轮伐期在 13 a 左右较为适宜,既可实现经济效益的利益最大化,又可大幅提升巨尾桉人工林的蓄积量。轮伐期是衡量林木最佳收获期的重要指标,通常,以经济效益为主导时,期望缩短轮伐期;而以生态效益为主导时,则期望延长轮伐期。因此,需要科学平衡两者之间的关系。

参考文献:

[1] PENG C H,JIANG H,APPS M J,et al. Effects of harvesting regimes on carbon and nitrogen dynamics of boreal forests in central Canada:A process model simulation[J]. Ecological Modelling,2002,155(2/3):177-189.

[2] 张国武,罗建中,尹国平. 澳大利亚·巴西桉树人工林经营特点及其启示[J]. 安徽农业科学,2009,37(7):2965-2967.  
ZHANG G W,LUO J Z,YIN G P. Management feature of *Eucalypt* plantation in Australia and Brazil and its revaluation[J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2009, 37(7): 2965-2967.

[3] 温远光. 桉树生态、社会问题与科学发展[M]. 北京:中国林业出版社,2008.  
WEN Y G. *Eucalyptus* ecological, social issues and scientific development [M]. Beijing: China Forestry Publishing House,2008.

[4] DAGAR J C,LAL K, RAM J,et al. *Eucalyptus* geometry in agroforestry on waterlogged saline soils influences plant and soil traits in North-West India[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2016, 233: 33-42.

[5] KAUR N,SINGH B,GILL R I S. Productivity and profitability of intercrops under four tree species throughout their rotation in North-Western India[J]. Indian Journal of Agronomy,2017,62(2):160-169.

[6] 骆建莉. 不同恢复阶段杉木人工林蓄积量的动态变化[J]. 河南林业科技,2014,34(4):16-18.  
LUO J L. Dynamic changes of stand volume of Chinese fir plantations in different recovery phase[J]. Journal of Henan Forestry Science and Technology, 2014, 34(4): 16-18.

[7] 王伟峰,段玉玺,张立欣,等. 不同轮伐期对杉木人工林碳固存的影响[J]. 植物生态学报,2016,40(7):669-678.  
WANG W F,DUAN Y X,ZHANG L X,et al. Effects of different rotations on carbon sequestration in Chinese fir plantations[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2016, 40(7): 669-678.

[8] WHITTOCK S P,GREAVES B L,APIOLAZA L A. A cash flow model to compare coppice and genetically im-

proved seedling options for *Eucalyptus globulus* pulpwood plantations[J]. Forest Ecology and Management, 2004,191:267-274.

[9] GUEDES I C L,JUNIOR L M C,OLIVEIRA A D,et al. Economic analysis of replacement regeneration and coppice regeneration in *Eucalyptus* stands under risk conditions[J]. Cerne,2011,17(3):393-401.

[10] ZHOU X G, YE D, ZHU H G, et al. Effects of second rotation seedlings and coppice on understorey vegetation and timber production of *Eucalyptus* plantations [J]. Journal of Tropical Forest Science, 2017, 29(1): 54-68.

[11] 陈少雄,李志辉,李天会,等. 不同初植密度的桉树人工林经济效益分析[J]. 林业科学研究,2008,21(1):1-6.  
CHEN S X,LI Z H,LI T H,et al. Economic analysis of *Eucalypt* plantation with different initial spacing[J]. Forest Research,2008,21(1):1-6.

[12] 刘世荣,杨予静,王晖. 中国人工林经营发展战略与对策:从追求木材产量的单一目标经营转向提升生态系统服务质量和效益的多目标经营[J]. 生态学报,2018,38(1):1-10.  
LIU S R, YANG Y J, WANG H. Development strategy and management countermeasures of planted forests in China: Transforming from timber-centered single objective management towards multi-purpose management for enhancing quality and benefits of ecosystem services[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(1): 1-10.

[13] 刘世荣,温远光,蔡道雄,等. 气候变化对森林的影响与多尺度适应性管理研究进展[J]. 广西科学,2014,21(5):419-435.  
LIU S R, WEN Y G, CAI D X, et al. Impacts of climate change on forests and adaptive multi-scales management: A review [J]. Guangxi Sciences, 2014, 21(5): 419-435.

[14] 温远光,左花,朱宏光,等. 连栽对桉树人工林植被盖度、物种多样性及功能群的影响[J]. 广西科学,2014,21(5):463-468,483.  
WEN Y G,ZUO H,ZHU H G,et al. Effect of successive rotations on vegetation cover, species diversity and functional groups in *Eucalyptus* plantations of South China[J]. Guangxi Sciences, 2014, 21(5): 463-468, 483.

[15] 孟宪宇. 测树学[M]. 中国林业出版社,1999.  
MENG X Y. Forest mensuration [M]. Beijing: China Forestry Publishing House,1999.

(责任编辑:陆 雁)