

网络优先数字出版时间: 2015-11-26

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20151126.1016.008.html>

# 广西南丹山口林场引种秃杉的栽培技术初探\*

## Preliminary Study on Cultivation Technique of *Taiwania flousiana* in Shankou Forest Farm of Guangxi Nandan County

何诗雄<sup>1</sup>, 曹明<sup>2</sup>, 罗励<sup>1</sup>, 黄恒川<sup>2</sup>, 刘凡胜<sup>2</sup>, 蒙跃环<sup>2</sup>

HE Shi-xiong<sup>1</sup>, CAO Ming<sup>2</sup>, LUO Li<sup>1</sup>, HUANG Heng-chuan<sup>2</sup>, LIU Fan-sheng<sup>2</sup>, MENG Yue-huan<sup>2</sup>

(1. 广西大学, 广西南宁 530004; 2. 广西南丹县山口林场, 广西河池 547003)

(1. Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Shankou Forest Farm of Nandan County in Guangxi, Hechi, Guangxi, 547003, China)

**摘要:**【目的】为解决杉木长期连栽产量递减的问题, 总结杉木轮换树种秃杉(*Taiwania flousiana*)的引种栽培技术。【方法】从秃杉种源选择、种子采集、壮苗培育技术、造林技术设计与实施等方面对南丹山口林场引种秃杉栽培资料进行分析。【结果】样地测定显示, 8年生、11年生、14年生、17年生的秃杉林分平均胸径依次为10.7 cm, 12.7 cm, 14.1 cm, 20.8 cm; 平均树高分别为8.6 m, 11.9 m, 13.3 m, 17.3 m; 林分平均蓄积量依次为93.428 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 153.418 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 203.824 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 223.400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。秃杉林分各项生长量指标分别超过同等立地条件的杉木二代林的8.8%~112.0%。【结论】山口林场秃杉的引种栽培技术有一定的推广价值。

**关键词:** 秃杉 人工林 连栽 轮换 栽培技术

**中图分类号:** S791.270.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2015)04-0296-06

**Abstract:** 【Objective】The cultivation technique of rotate species(*Taiwania flousiana*) were summarized in order to solve the declining productivity in continuously planted Chinese fir plantation. 【Methods】Based on provenance selection, seed collection, vigorous seedling cultivation, afforestation and forest tending methods, etc, the introduction and cultivation data of *Taiwania flousiana* were investigated in Shankou Forest Farm of Nandan County. 【Results】Plots determination showed that the average DBH of 8 years old, 11 years old, 14 years old, 17 years old *Taiwania flousiana* were 10.7 cm, 12.7 cm, 14.1 cm and 20.8 cm, respectively; the average height were 8.6 m, 11.9 m, 13.3 m, 17.3 m, respectively; the average stand volume were 93.428 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 153.418 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 203.824 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 223.400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, respectively. The various growth index of *Taiwania flousiana* forest was higher 8.8%~112.0% than those of *Chinese Fir* second rotation growth in the similar site. 【Conclusion】The introduction and cultivation technology for *Taiwania flousiana* in Shankou Forest Farm was prospective.

**Key words:** *Taiwania flousiana*, plantation, continuous plantation, rotation, cultivation

收稿日期: 2015-05-10

修回日期: 2015-08-20

作者简介: 何诗雄(1938-), 男, 研究员, 主要从事高等教育和农林科技研究。

\* 广西科技成果转化与推广计划项目(桂科转 1298009-23)资助。

## 0 引言

【研究意义】秃杉<sup>[1~5]</sup>(*Taiwania flousiana*)

Gaussen)为杉科(Taxodiaceae)台湾杉属,世界稀有珍贵树种,常绿乔木,是第三纪古热带植物区系中古老子遗植物,被列入国家一级保护树种。秃杉分布于中国南方与北方之间的过渡地带,主要分布在云南、贵州、四川、湖北(98°10′~108°40′E, 26°20′~30°10′N)等区域,垂直分布于800~2500 m地段的中、低山地貌上。秃杉属于亚热带速生树种,喜生于年平均气温12.5~14.3℃,≥10℃活动积温3429.9~3877.6℃,年降水量1439~1675 mm,而且季节分配较均衡,年蒸发量968~1095 mm,年平均空气相对湿度82%~90%的区域,即宜在冬无严寒,夏无酷暑,雨量充沛、湿度大的气候地带生长,在酸性或微酸性的山地红壤、黄壤、黄棕壤上生长良好。南丹县是广西杉木产区之一,杉木是该林场历史以来主要经济来源的栽培树种,但20世纪中期已发觉杉木连栽后生长量大幅度下降。该林场1986年春杉木连栽面积132.8 hm<sup>2</sup>,1989年春季按连栽面积10%抽样调查,结果,3年生林分树高年均0.29 m;1993年春季杉木连栽面积60.0 hm<sup>2</sup>,1995年12月测定,3年生林分树高年均0.47 m<sup>[6]</sup>。这一现象已引起林场高度重视。【前人研究进展】林业方面的学者和管理者早已发现杉木连栽会导致其生产力下降:湖南会同县对20年生杉木一、二、三代的林分生长量指标进行比较,发现二、三代林平均胸径比一代林分别下降13.29%和21.68%,平均树高分别下降10.97%和29.68%,林分蓄积量分别下降31.46%和54.67%<sup>[7]</sup>。福建省林业科学研究院对该省杉木连栽的研究结果显示,二代杉木林树高和胸径分别为一代林的87.8%和90.6%,三代林树高和胸径分别为一代林的64.10%和69.79%,二、三代林林分蓄积量分别比一代林下降27.9%和68.8%<sup>[8,9]</sup>。安徽、浙江、江西等省也有类似报道。

表1 秃杉原产地区与引种地区主要生态环境因子比较

Table 1 The comparison of eco-environmental factors between the introduction lands and the provenances of *Taiwania flousiana*

地点 Location	年均温度 Annual average temperature(℃)	年均降雨量 Average annual rainfall(mm)	地貌类型 Geomorphological types	海拔高度 Altitude(m)	主要土壤 Main soil types	地理坐标 Geographic coordinate
南丹县 Nandan county	16.9	1498	中山、低山 Middle mountain, low mountain	750~2500	棕壤、黄壤、黄棕壤 Brown soil, yellow soil, yellow-brown soil	24°59′N, 107°32′E
剑河县 Jian he, county	14.3	1400	中山、低山 Middle mountain, low mountain	830~1200	棕壤、黄壤、黄棕壤 Brown soil, yellow soil, yellow-brown soil	26°01′N, 108°35′E
腾冲县 Tengchong county	14.7	1439	中山、低山 Middle mountain, low mountain	1700~2000	棕壤、黄壤、黄棕壤 Brown soil, yellow soil, yellow-brown soil	25°59′N, 107°32′E

【本研究切入点】广西南丹山口林场引种秃杉栽培已有30余年,已经积累了部分经验。【拟解决的关键问题】从种源选择、种子采集、壮苗培育技术、造林技术设计与实施等方面介绍了秃杉栽培技术。

## 1 种源选择

在林业生产中,种源的优劣对林产数量和质量影响很大,一般来说,种源选择失误(劣质),森林产量和质量在起点上就已损失30%。引种造林树种的优良种源,最重要的是贯彻适地适树原则,既要考虑增产,又要保护林地质量,以达可持续发展。从自然条件的比较(表1)可以看出,贵州省剑河县、云南省腾冲县与广西南丹县在年平均气温、年平均降雨量、地貌类型、山地土壤类型等方面都接近;再从林业种子调拨的地理坐标原则来看,一般选择纬度不超过3°,经度不超过16°的地域,而秃杉的原产地和引种区的地理坐标都在允许范围内,所以山口林场选择从秃杉的原产地贵州剑河县和云南省腾冲县引种。

## 2 种子采集

由于秃杉开花结实年龄较晚,一般40年生以上才能采种,所以为了保证采集到纯正优良的种子,山口林场每年10月份,在秃杉球果成熟时,派专人去贵州省剑河县和云南省腾冲县的秃杉母树林采集种子。种子采集后先将球果摊于室内阴干,待果鳞自然张开,种子落下,过筛去杂物,再对种子和杂物分别称重,以计算出种率。用布袋包装、贮藏和运输。在采种和种子运输过程中,避免雨淋。回到试验地后及时对种子的净度、千粒重、实验室发芽率等指标进行测定,只有这3项指标分别≥90%,≥1.3 g和≥30%,才能进入播种程序。

### 3 壮苗培育

#### 3.1 苗圃地选择

根据秃杉的生态习性,其幼苗时期需要荫湿、凉爽的环境,因此,秃杉育苗试验地选择在中山地貌,日晒时间较短的阴坡、半阴坡或者林中空地,选择土壤疏松,近水源的杉、松采伐迹地或新垦荒地。这类迹地不仅具备秃杉苗期生长的环境条件,且病虫害较少,而农作物耕地病虫害较多,如蔬菜和瓜果地,不宜作为秃杉苗圃地。

#### 3.2 整地

苗圃地选定后,在播种前2~3个月进行整地,做到三挖三碎,深挖翻土25~28 cm,并结合整地施放基肥和土壤消毒。在第3次碎土时均匀撒放含量45%复合肥750 kg/hm<sup>2</sup>或麸肥1500 kg/hm<sup>2</sup>,钙镁磷肥750 kg/hm<sup>2</sup>,石灰375 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 3.3 作床

一般在每年的2月下旬至3月下旬前播种,最迟不能超过4月中旬。在第3次碎土施肥后5~7 d即可播种,应随作床随播种。作床方法:沿等高线横向作苗床,平地东西走向作苗床,床宽1.0~1.2 m,床高20~25 cm,步道宽40 cm,苗床长度≤10 m,床面要平整,土块要细,中间略高,坡面要求8°以上,苗床下坡应采取护坡措施,且苗圃四周开排水沟。

#### 3.4 播种

苗床起好后,应及时撒播种子,当年的种子可以直接均匀撒播,播种量为22.5~30.0 kg/hm<sup>2</sup>;冷贮藏1年的种子必须进行消毒,用清水浸泡12~14 h后,捞出,再用0.05%高锰酸钾溶液浸泡10~12 min,以杀灭种子表面病菌,且播种量为当年种子的2~3倍。贮藏2年以上的种子,育苗效果差,不能再用。

播种前,首先在苗床表面撒盖一层过筛的黄土,再喷一次浓度为500~800倍液的硫酸亚铁,或0.05%的高锰酸钾液。播种后再盖一层过筛的火烧土,所覆盖的火烧土厚度以刚好没过种子为宜。盖土后可用果尔或惠尔药液8~10 mL兑水15 kg喷雾喷床面,以床面所盖火烧土见湿为宜,而不能淋透,最后用草覆盖,覆盖厚度以不见苗床泥土为准。

#### 3.5 一年生播种苗的管理

##### 3.5.1 遮荫

播种30 d左右,当幼苗出土量约80%时,在早晚或在阴天除去苗床的盖草,如遇上连续晴天且床

面干燥,揭草后立即用喷壶洒水湿透土壤。秃杉幼苗期不抗日灼,需要遮荫才能确保苗木正常生长。因此,应提前搭好遮荫网或遮荫棚,遮荫度一般为60%~70%,至当年9月才能拆除,拆除遮荫网后,不施肥,进行炼苗,以加速其木质化和提高成苗率。

##### 3.5.2 病虫害防治

新垦荒或采伐迹地的苗圃一般病虫害较少,但也需预防。一般桂西北地区5月份才进入雨季,此时期湿度大、温度高,幼苗容易感染病菌而发生根腐病和猝倒病。这时可喷雾0.05%高锰酸钾液或1:1:100倍波尔多液或多菌灵一次,隔10 d再喷雾1次,以后每隔15~20 d轮换喷雾,连续喷2~3次。防治虫害一般用2个瓶盖量的甲铵磷农药兑水15 kg喷雾即可。

##### 3.5.3 追肥

追肥必须坚持薄肥勤施,当幼苗刚出土时,喷1~2次磷酸二氢钾或生根粉(浓度按药品使用说明书),以促进幼苗生根、壮苗、抗病。当苗高达2 cm左右,第1轮侧枝未出现前用浓度为0.05%复合肥水溶液追第一次肥,以后每隔20 d追一次(芬兰产的复合肥撒施效果较好),也可以用45%的史丹利复合肥撒施,用量为37.5 kg/hm<sup>2</sup>,10月起停止追肥。

##### 3.5.4 除草

采用化学除草和人工除草相结合的办法进行,当幼苗长出5片叶子或长出侧根后,可用苗圃专用除草剂果尔或惠尔8~10 mL兑水15 kg喷雾,对不能杀死的少量杂草,再进行人工补助拔除。

##### 3.5.5 苗木选择

为了提高造林成活率,造林用苗为1年生播种苗,苗高为15~25 cm,密度可控制在75~90万株/hm<sup>2</sup>,从壮苗角度来讲,苗高及地径分别达到15 cm和0.3 cm以上,侧枝不少于3轮,定为合格苗。

### 4 造林技术设计与实施

#### 4.1 造林地选择

秃杉是浅根性树种,主根不明显,侧根发达,土壤疏松,通气性良好的环境比较合适其生长。因此,造林地应选择土层深厚、土壤肥沃湿润、腐殖质含量高的棕壤、黄壤或红黄壤,以山脚、山谷、山冲或阴坡、半阴坡的下部地带为佳,对于杉木采伐迹地,应选择原杉木立地指数16以上的地块。

## 4.2 造林密度的确定

根据造林目的、立地条件等设计造林密度。若培育中小径材,初植可适当密植,一般造林密度为 3333 株/hm<sup>2</sup>(株行距 1.5 m×2.0 m);若培育大径材,可适当稀植,造林密度为 1111~1666 株/hm<sup>2</sup>(株行距 3.0 m×3.0 m~2.0 m×3.0 m)。对培育大径材的林分,初始密度也可以使用 3333 株/hm<sup>2</sup>,以便使幼林尽快郁闭,抑制杂草蔓生,以减少抚育次数和成本,同时也有利于培育良好的干形;各林龄段的林分密度可以通过多次抚育间伐来调节。

## 4.3 林地清理与整地

秃杉在杉木采伐迹地上造林时,砍除采伐迹地上的杂草灌丛,炼山清理林地后,沿等高线按造林设计的株行距直接挖暗坎。坎的规格为 0.4 m×0.4 m×0.3 m 或 0.5 m×0.5 m×0.3 m。挖坑时要注意尽可能山脊到山脚成线(成行)并垂直于等高线。每年 11 月以前完成整地任务。

## 4.4 造林时间和方法

(1)选用壮苗:用一年生秃杉苗造林,优先选用贵州剑河种源的苗木。造林(起苗)前对苗木进行一次全面调查,选用苗高 25 cm,地径 0.3 cm 以上无病虫害的健壮苗木造林。如果此等级的苗木不足,再选用苗高 15~24 cm,地径 0.3 cm 的苗木造林,忌用病苗、弱苗造林。

(2)苗木处理:起苗时需看天起苗,一般雨后 7 d 再起苗。如遇干旱,应提前 7 d 淋透一次土壤,起苗时再淋透一次即起苗。这样可以保证造林成活率达 95%以上,且返青快,长势好。起苗时先挖松苗木四周土壤,然后再起苗,严禁直接扯苗起苗。按照壮苗或合格苗的要求选好苗,并按 100 株苗木为一捆进行包扎。苗木起好后,按 2000 株苗木用 1~2 kg 钙镁磷肥拌匀于黄泥浆中及时进行苗木浆根。要当天起苗当天定植。如因故尚有当天未能种完的苗木,需进行假植,第 2 天重新浆根后再定植。

(3)定植:要求在每年的 1~2 月的阴雨天进行定植,由于山口林场此时常有霜冻出现,为防止冻拔现象发生,要进行深栽,一般深栽至苗高的 1/3~1/2。定植时苗木应尽量靠近种植坎的上坡壁,并做到苗直、根舒、压实,苗尖向下不“反山”。

## 4.5 补植

在正常情况下,用一年生播种苗造林,造林成活率要达到 95%以上,保存率达到 90%以上。如果在特殊情况下达不到造林成活率的要求,可在当年或次年选取超级苗或两年生苗补植,以提高林分保

存率。

## 4.6 幼林抚育管理

幼林抚育管理及时与否是造林成败的关键因素之一。对杉类、松类和大多数阔叶树类,刚种植的幼树,因为根系尚未恢复,抵抗不良环境的能力弱,而杂草极易覆盖幼树,并争夺其营养、水分和光照,如果抚育不及时,幼树很可能死亡而导致造林失败。

### 4.6.1 幼林抚育时间和次数

秃杉抚育时间大体与杉木相同,一般在造林后头 3 年每年全面铲草抚育 2 次,第 1 次于 5~6 月完成,第 2 次于 8~9 月完成,要求把林地内的杂草、灌木铲净。铲下的杂灌要在行间或株间放好,不能压伤苗木或被风吹踢压而伤害苗木。第 4 年全面砍灌草 1 次,如果幼林已长出草面,可停止抚育;如果幼林未长出草面,第 5 年再全面砍灌草 1 次。

### 4.6.2 林农间作

秃杉幼龄阶段需要有一定遮荫条件才能正常生长。因此,造林后的第 1~2 年,在行距之间,套种中、高秆农作物可以达到目的,也是最经济和方便的遮荫方法。对农作物进行施肥、中耕除草,通过管理以耕代抚而创造遮荫条件。农作物收获后的秸秆还地,以维护土壤肥力。这样不仅提高了造林成活率和促进幼树生长,同时也减少幼林抚育成本。

农作物可以以玉米为主,旱谷为辅,采取“以短养长,长短结合”的间作措施,充分利用光能资源和土地资源,以提高单位面积的生产力。林农间作做法:每年 1~2 月造林后,在幼树距 30 cm 外点种玉米,3~4 月第 1 次施肥,点施碳胺 750 kg/hm<sup>2</sup>或复合肥 750 kg/hm<sup>2</sup>,当玉米长出 5 片叶子时,第 2 次追肥,点施尿素或复合肥 750 kg/hm<sup>2</sup>。此时除对玉米进行培土外,还要对整个幼林地进行全面中耕除草 1 次,收获农作物秸秆还地。造林后的第 2 年按上述办法继续套种玉米,其后不再间种。每年的玉米产量平均 3750 kg/hm<sup>2</sup>。套种旱谷(撒播)只在造林后的第 1 年,管护与套种玉米基本相同,但不施肥,产量达 2250 kg/hm<sup>2</sup>。

### 4.6.3 施肥

秃杉幼龄施放复合肥以促进幼树生长。造林后的第 1 年在第 1 次铲草抚育时每株施放复合肥 30 g,第 2~3 年,每年第 1 次抚育时,每株施放复合肥 50 g。施肥方法为沟施,即在树冠投影正下方左右两边开两条施肥沟,沟长 50 cm,宽 15 cm,深 15~20 cm。将肥料均匀撒在沟内并覆盖土壤即可。

#### 4.6.4 病虫害防治

由于林地处在群山聚集和针阔混交林之中,加之海拔较高,空气相对湿度大,而秃杉自身抗病虫能力强,所以山口林场自引种以来一直未发生森林病虫害。

#### 4.7 森林保护措施

森林保护设施务必完备,森林消防队伍须组织健全,须消防车、指挥车、灭火器、割灌机等设备,全天24 h值班。要建设好防火林带,防火林带网不少于60 km,宽度15~17 m,防火树种以火力楠、荷木为主。每年秋天需对林带铲草、除去枯枝落叶1次,以保证防火林带网常年有效。

#### 4.8 人工秃杉林抚育间伐

秃杉定植后,前8年生长较缓慢,其后生长逐渐加快,速生阶段一直延续25~30年,称为用材林干材的速生阶段,是人工林抚育间伐最关键时期。在这一森林速生阶段,最重要的营林措施是森林抚育间伐,例如,马尾松人工林采用30%或40%的间伐强度是最佳选择<sup>[10]</sup>。

山口林场大部分秃杉林的保存密度约3000株/hm<sup>2</sup>。对培育大径材的林分,实施3次以上间伐。森林抚育间伐方法很多,根据秃杉生长特点,选择林分郁闭度控制方法较方便。在进行抚育间伐的林地内,找一处具有代表性的林地,用10 m对角线测定林分郁闭度,取其平均值。采用表2中的技术指标进行抚育间伐。经过第3次间伐后,如果林分已进入近熟林,或进入主伐林龄(工艺成熟或数量成熟),就无需进行第4次间伐。间伐木选择原则:砍小留大,砍劣留优,砍密留疏,均匀分布。

## 5 结束语

广西南丹山口林场在杉木连栽迹地上引种秃杉

表2 山口林场秃杉速生丰产林泡木山基地抚育间伐技术指标

Table 2 Thinning Indexes of *Taiwania flousiana* from Fast-growing Plantation in Paomushan of Shankou Forest Farm

间伐次数 Thinning number	间伐时林 分郁闭度 Canopy density before thinning	间伐后林 分郁闭度 Canopy density after thinning	间伐时林龄 Stand age of thinning(a)	按株数计算 间伐强度 Thinning intensity(%)	间伐株数 Thinning numbers (trees/hm <sup>2</sup> )	间伐后保 留株数 Residual trees after thinning (trees/hm <sup>2</sup> )	间伐间隔期 Thinning interval(a)
第1次 First	≥0.9	0.6	10~11	50	1500	1500	4~5
第2次 Second	≥0.9	0.6	14~15	30	450	1050	4~5
第3次 Third	≥0.9	0.6	19~20	30	315	735	4~5

30多年,从种源选择、良种采集、壮苗培育、科学造林、精心管护、适时适量抚育间伐等方面积累了一定的经验,摸索出一套完整的育林技术。目前该林场栽培秃杉面积达3733.3 hm<sup>2</sup>,成为全国最大的人工秃杉林基地。对不同林龄秃杉样地的测定发现,8年生、11年生、14年生、17年生的秃杉林分平均胸径依次为10.7 cm、12.7 cm、14.1 cm、20.8 cm;平均树高分别为8.6 m、11.9 m、13.3 m、17.3 m,林分平均蓄积量依次为93.428 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、153.418 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、203.824 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、223.400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。总的来看,秃杉林分各项生长量指标分别超过同等立地条件的杉木二代林8.8%~112.0%。

在整个秃杉育林技术系统中,大径材培育技术,效果明显。当林分进入速生阶段,采用最适用的方法间伐3次,每次都精确地测定林分郁闭度,间伐时严格控制郁闭度、间伐时间、间伐强度、间伐林龄和间伐间隔期等技术指标。例如,对该林场泡木山基地人工秃杉林,17年生的37.33 hm<sup>2</sup>林分进行抚育间伐,间伐3次,间伐材总量就达到2038.22 m<sup>3</sup>,平均54.6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,为秃杉人工林间伐材的最高水平,间伐材销售总值达1426754元,平均38220元/hm<sup>2</sup>。该人工林还未到成熟(主伐)阶段,仅中间利用(除收回全部投资外),已有30%的利润,经济效益明显。

山口林场引种秃杉的成功,为杉木采伐迹地更新找到了一种比较理想的轮换树种,也摸索出一套完整的育林技术,尤其对培育大径材的多次间伐技术,在全国还很少采用。但在苗木培育、营林措施等方面山口林场多采用传统技术,现代林业技术应用还较少。杉木迹地连栽的树种选择,除秃杉以外,选择优良种源的马尾松,或速生、优良的乡土树种,是否可能获得高产和优质的林产品,还需进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 李风华,于曙明.秃杉在我国的自然分布与生长[J].亚热带林业科技,1987,15(3):215-220.  
Li F H, Yu S M. The natural distribution and growth of *Taiwania flousiana* in China[J]. Subtropical Forestry Science and Technology, 1987, 15(3): 215-220.
- [2] 李晓储,黄利斌,周玉山,等.秃杉引种潜力与生态适应性研究[J].林业科学研究,1993,6(3):256-264.  
Li X C, Huang L B, Zhou Y S, et al. A study on *Taiwania flousiana*'s eoadaptation and introduction potentiality[J]. Forest Research, 1993, 6(3): 256-264.
- [3] 周政贤,姚茂森.雷公山自然保护区科学考察集[M].贵阳:贵州人民出版社,1989.  
Zhou Z X, Yao M S. Scientific Investigation of Leigong Mountain Nature Reserve[M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 1989.
- [4] 王挺良.秃杉[M].北京:中国林业出版社,1995.  
Wang T L. *Taiwania flousiana* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995.
- [5] 梁胜耀.优良濒危珍稀树种——秃杉[J].广东林业科技,2003,19(1):31-33.  
Liang S Y. Superior rare and endangered species—*Taiwania flousiana* Gaussen [J]. Guangdong Forestry Science Technology, 2003, 19(1): 31-33.
- [6] 黄承标,曹继钊,吴庆标,等.秃杉林与杉木连栽林的土壤理化性质及林木生长量比较[J].林业科学,2010,46(4):1-7.  
Huang C B, Cao J Z, Wu Q B, et al. Comparative analysis on soil physico-chemical properties and the tree growth in *Taiwania flousiana* plantations and successive rotation plantations of *Cunninghamia lanceolata* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(4): 1-7.
- [7] 陈楚莹,张家武,周崇莲,等.改善杉木人工林的林地质量和提高生产力的研究[J].应用生态学报,1990,1(2):97-108.  
Chen C Y, Zhang J W, Zhou C L, et al. Researches on improving the quality of forest land the productivity of artificial *Cunninghamia lanceolata* stands[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1990, 1(2): 97-108.
- [8] 俞新妥,张其水.杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力的研究[J].福建林学院学报,1989,9(3):263-271.  
Yu X T, Zhang Q S. Studies on the enzyme activities and fertility of soils in Chinese-fir repeated plantation woodland[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 1989, 9(3): 263-271.
- [9] 张其水,俞新妥.杉木连栽林生长状况的调查研究[J].福建林学院学报,1992,12(3):334-338.  
Zhang Q S, Yu X T. An investigation of artificial Chinese fir stands on the repeated plantation woodland in Sanming, Fujian[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 1992, 12(3): 334-338.
- [10] 朱宏光,陆晓明,温远光,等.马尾松人工林近自然化改造对林分生长的影响[J].广西科学,2014,21(5):477-483.  
Zhu H G, Lu X M, Wen Y G, et al. Effects of close-to-Nature management on the stand growth in a masson pine (*Pinus massoniana*) plantation in Southern China [J]. Guangxi Sciences, 2014, 21(5): 477-483.

(责任编辑:尹 闯)