

文章编号:1001-1498(2005)03-0345-06

# 我国木麻黄种质资源引种与保存

仲崇禄, 白嘉雨, 张 勇

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

**摘要:**木麻黄科有4个属96个种,天然分布于澳大利亚、东南亚和太平洋群岛,垂直分布于海平面潮线开始至海拔3 000 m以上的高山。目前,我国引种木麻黄已有107 a的历史,但20世纪80年代中期,我国才开始系统地从事木麻黄种质资源引种工作,开展了木麻黄种质资源收集、保存,优良种源、家系筛选,无性繁殖、共生菌等研究。到目前为止,在我国海南、广东、福建、浙江和广西等省区,引进了2个属(*Casuarina*, *Allocasuarina*)、23个木麻黄种、200多个种源和260多个家系,通过试验筛选出了一些适合不同立地的优良树种、种源或家系,其中短枝木麻黄和山地木麻黄为全分布区种源。20世纪90年代以来,对异木麻黄属树种,进行了重点引进,共引进了10余种异木麻黄属植物,增加了我国木麻黄遗传资源,并对主要木麻黄种质资源进行了保存和利用。引进的木麻黄树种包括田野木麻黄、迪尔斯木麻黄、双针木麻黄、费雷泽木麻黄、休格尔木麻黄、矮木麻黄、滨海木麻黄、利曼氏木麻黄、纳纳木麻黄、沼泽木麻黄、小松木麻黄、多纹木麻黄、森林木麻黄、轮生木麻黄、山神木麻黄、鸡冠木麻黄、细枝木麻黄、短枝木麻黄、粗枝木麻黄、大木麻黄、山地木麻黄、肥木木麻黄、小齿木麻黄。论文着重介绍了我国木麻黄种质资源的引种驯化历史、研究、保存现状等。

**关键词:**木麻黄;种质资源;引种;保存

**中图分类号:**S722.7 **文献标识码:**A

## Introduction and Conservation of *Casuarina* Trees in China

ZHONG Chong-lu, BAI Jia-yu, ZHANG Yong

(Research Institute of Tropical Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

**Abstract:** There are four genera and 96 species belonging to Casuarinaceae. The four genera are *Casuarina*, *Allocasuarina*, *Ceuthostoma* and *Gymnostoma*. *Casuarina* plants are naturally distributed in Australia, Southeast Asia and archipelagos in Pacific Ocean, with altitude from sea level to over 3 000 meters. Although casuarina trees were introduced into China in 1897, it was in mid 1980s that casuarina trees began to be introduced into China systematically. Then casuarinas genetic resources were collected, reserved and selected in provenance/family/clone levels. And some relative research had been developed on clonal propagation, symbiotic microbe, and so on. Up to now, 2 genera, 23 tree species, more than 200 provenances, 260 families and a lot of clones were introduced into China. By a series of field experiments, some better species, provenances and families for different sites in southern China were screened out, of which genetic resources of *Casuarina equisetifolia* and *C. junghuhniana* was in whole naturally distributed regions of provenances and secondary provenances. Since 1990, introduction of *Allocasuarina* tree species have been paid more attentions to, more than 10 tree species have been introduced into China and have been tested in southern China and southwestern China, which enriched Chinese casuarinas genetic resources. Now the casuarinas tree species introduced are as follows: *Allocasuarina campestris*, *A. dielsiana*, *A. distyla*, *A. fraseriana*, *A. huegeliana*, *A. humilis*, *A. littoralis*, *A. luehmannii*, *A. nana*, *A. paludosa*, *A. pinaster*, *A. striata*, *A. torulosa*, *A. verticillata*, *Casuarina*

收稿日期:2004-09-17

基金项目:中澳合作“华南地区国际木麻黄种源试验”(1994-2002)、863项目“生态环境建设抗逆林灌木柠条、沙棘等新品种选育”的子专题:“木麻黄抗逆新品种选育”(2002-2005)及广东科技计划项目“木麻黄种质资源与选育”(2004-2007)

作者简介:仲崇禄(1961—),男,研究员,博士,山东郓城人。

*collina*, *C. cristata*, *C. cunninghamiana*, *C. equisetifolia*, *C. glauca*, *C. grandis*, *C. junghuhniana*, *C. obesa* and *C. oligodon*. In this paper, casuarinas introduction history, current research, conservation and utilization were reported.

**Key word:** casuarina; genetic resources; introduction; conservation

木麻黄是重要的防护林、用材林和多用途林树种。木麻黄对防台风和海啸危害,防海浪侵蚀、固沙,对海岸带生态系统的恢复,对贫瘠的沿海沙地和严重退化的南方山区丘陵地区的土壤改良等均有重要作用,特别在沿海前缘沙质地带仍无其它树种可替代。目前,世界热带、亚热带地区有广泛的引种和栽培。木麻黄科有4个属96个种,4个属分别为木麻黄属(*Casuarina* L. Johnson)、异木麻黄属(*Allocasuarina* L. Johnson)、隐孔木麻黄属(*Ceuthostoma* L. Johnson)和裸孔木麻黄属(*Gymnostoma* L. Johnson)<sup>[1~3]</sup>。木麻黄植物天然分布于澳大利亚、东南亚和太平洋群岛,垂直分布于海平面潮线开始至海拔3 000 m以上的高山。木麻黄木材除用作薪炭材、造船、船浆、网箱养鱼用材,加工成建筑的模板、顶木、木桩、农具柄、农舍栅栏及木质工艺品等传统用途外,也可以用于纸浆和旋切薄板生产等;另外,其树皮可生产单宁,也可生产染料;绿色小枝叶在非洲或我国干热河谷地区的极干旱季节,作为牲畜饲料;生态建设方面主要用于防护林,农林业体系,困难地造林先锋树种、风景树和行道树等。目前,仅海南省每年出口木麻黄木片10~12万t,海南、福建、广东等都有木麻黄旋切材生产,为木麻黄人工林生产和利用创造有利条件。

## 1 我国木麻黄植物引种驯化历史、种质资源现状概述

### 1.1 我国木麻黄植物引种驯化历史

我国引种木麻黄有100多年的历史,杨政川等<sup>[4]</sup>报道1897年台湾首先引进木麻黄。1919—1950年间,福建、广东、海南岛均有木麻黄引种,但当时的引种主要作为行道树和庭院观赏树,很少用于造林。1954年,广东省雷州半岛、吴川和电白等地营造的木麻黄沿海防护林获得成功;其后,广东、广西、福建和浙江等省区沿海各地亦先后营造木麻黄人工林<sup>[5]</sup>,近年也尝试在干热河谷种植木麻黄人工林。目前,中国木麻黄人工林种植面积已达30多万hm<sup>2</sup>,在华南沿海构成了一个“绿色长城”,引起了世人注目,使木麻黄成为我国华南地区主要造林树种之一。

### 1.2 我国木麻黄植物种质资源引种现状

目前为止,我国海南、广东、福建、浙江、广西和云南等省区,先后引进了2个属(*Casuarina*, *Allocasuarina*)、23个木麻黄种、200多个种源和260多个家系<sup>[6~29]</sup>。

我国已引种木麻黄树种、种源和家系数量及其主要种植地区见表1,几个主要木麻黄树种在华南地区大量引种和种植测试获得的适生种源状况见表2,这些测试试验建立于海南、广东和福建,同时少量试验建立在云南干热河谷地区,大多数试验采用了8~12个性状综合筛选。

## 2 国内外木麻黄遗传改良研究概述

由于可持续发展的需要,许多国际林业组织开始重视木麻黄类植物的研究。1992年始,澳大利亚科工组织(CSIRO)林业与林产品研究所开展了庞大的木麻黄种质资源收集计划,并先后实施了国际性的短枝木麻黄种源试验和山地木麻黄种源试验,木麻黄遗传改良研究开始有组织地步入正轨。除此之外,国内外木麻黄的研究范围都在不断扩大,涉及木麻黄生物学特性、共生微生物、种源差异和分子水平的基础研究等<sup>[29~36]</sup>。木麻黄天然分布国对其生物学特性研究较多,而其他研究机构主要从事木麻黄引种和应用等研究,如木麻黄引种、无性系基因库建立、固氮基因分离和克隆<sup>[29]</sup>、基因转移<sup>[30]</sup>和木麻黄材性变异等<sup>[27,28]</sup>。木麻黄林木遗传变异研究于20世纪70年代末开始种源试验<sup>[2,3,27]</sup>,90年代发展为国际性种源试验、穗圃建立、遗传变异特点、育种策略等研究<sup>[2,3,16,27,37]</sup>,有关文献还报道了短枝木麻黄苗木在无性系间和种源间、细枝木麻黄苗木种源间固氮能力及其生长表现等有显著差异,即开展了木麻黄共生遗传改良和营养遗传改良研究<sup>[16,31,33,34]</sup>。

## 3 木麻黄种质资源保存与选育

### 3.1 木麻黄种质资源收集与保存

木麻黄引种国家一直重视其种质资源的收集与保存工作,特别是20世纪90年代以来,许多国家建立木麻黄基因库,如印度、泰国、中国和越南等29个国家和地区参加了国际木麻黄种源试验。中国、印

度等都建立了较系统的木麻黄种质资源收集计划和制定木麻黄育种计划,但由于很多木麻黄人工林种植国家不是木麻黄天然分布国,种质资源收集与保存也受到多种因素的限制。自 1985 年,中国林业科学研究院与澳大利亚林木种子中心(ATSC)和澳大利亚科工组织(CSIRO)就开展了合作研究,至今木麻黄种质资源引种渠道比较通畅,但木麻黄种质资源的引进仍受项目经费的制约。

木麻黄种质资源保存方面,我国基本按国家标准“林木引种”(GB/T14175-93)和“林木种质资源保存原则与方法”(GB/T14072-93)执行,但由于没有固定的保存场所,以前引进的木麻黄种质资源开始出现严重损失,只剩下试验林中的部分。现在唯一有效的方法是通过大面积应用来保存在某些地区生长表现比较好的木麻黄种质资源,因此,木麻黄种质资源系统保存工作仍有待加强。

表 1 我国已引种木麻黄树种、种源和家系及主要种植地区

树种	拉丁学名	种源数	家系数	主要种植地区
田野木麻黄	<i>Allocasuarina campestris</i> (Diels) L. Johnson	2		粤、闽
迪尔斯木麻黄	<i>A. dielsiana</i> (C. Gardner) L. Johnson	1		粤、闽
纳纳木麻黄	<i>A. nana</i> (Sieber ex Spreng) L. Johnson	1		粤、滇、浙
费雷泽木麻黄	<i>A. fraseriana</i> (Miq.) L. Johnson	1		粤、闽
休格尔木麻黄	<i>A. huegeliana</i> (Miq.) L. Johnson	3		粤、闽
矮木麻黄	<i>A. humilis</i> (Otta & A. Dieter) L. Johnson	2		粤、闽
滨海木麻黄	<i>A. littoralis</i> (Salisb.) L. Johnson	5		粤、闽、琼、滇、台
利曼氏木麻黄	<i>A. luehmannii</i> (R. T. Baker) L. Johnson	2		粤、闽
双针木麻黄	<i>A. distyla</i> (Vent.) L. Johnson	1		粤、滇、浙
沼泽木麻黄	<i>A. paludosa</i> (Sieber ex Spreng) L. Johnson	2		粤、闽
小松木麻黄	<i>A. pinaster</i> (C. A. Gardner) L. Johnson	1		粤、闽
多纹木麻黄	<i>A. striata</i> (Macklin) L. Johnson	1		粤、闽、琼、台
森林木麻黄	<i>A. torulosa</i> (Ait.) L. Johnson	5		粤、闽、琼
轮生木麻黄	<i>A. verticillata</i> (Lam.) L. Johnson	5		粤、闽、滇
丘陵木麻黄 (山神林麻黄)	<i>Casuarina collina</i> P. Biss ex Parch. & Seb.	2		粤、闽
鸡冠木麻黄	<i>C. cristata</i> Miq.	5		粤、闽、琼、滇、台
细枝木麻黄	<i>C. cunninghamiana</i> Miq.	11		粤、闽、琼、浙、滇、台
短枝木麻黄	<i>C. equisetifolia</i> L. Johnson	77	230	粤、闽、琼、浙、滇、蜀、台
粗枝木麻黄	<i>C. glauca</i> Sieber ex Spreng	26		粤、闽、琼、浙、滇、台
大木麻黄	<i>C. grandis</i> L. Johnson	1		粤、闽、琼
山地木麻黄	<i>C. junghuhniana</i> Miq. (同名: <i>C. montana</i> Miq.)	38	31	粤、闽、琼、桂、滇、台
肥木麻黄	<i>C. obesa</i> Miq.	9		粤、闽、琼
小齿木麻黄	<i>C. oligodon</i> L. Johnson	3		粤、闽、琼、台
合计		204	261	

### 3.2 繁殖技术

繁殖利用是种质资源保存手段之一。木麻黄繁殖技术有种子繁殖、插条繁殖、微(器官)繁殖、嫁接繁殖和高空压条繁殖等,但无性繁殖受树种遗传特性等因素限制。

3.2.1 种子繁殖 种子繁殖是多数木麻黄植物的主要繁殖方式,利用种子生产苗木的关键取决于种子的遗传品质和生命力,而这些受母树种子成熟程度、母树质量及种子储存条件等因素的影响。大多数木麻黄植物是雌雄异株,也有些种雌雄同株。木麻黄一般在幼年就开花结实,并且以后多年生产优质种子,脱种较容易,球果或带枝球果在阳光下晒 2

~3 d 或在荫凉处放 5~7 d,具翅种子即落下。大多数原产澳大利亚的木麻黄种子,晒干后放入密闭容器中,室温下可安全储存,新鲜种子生命力较低的细枝木麻黄种子也能保存 1~2 a,短枝木麻黄种子最好储存在低温条件下。产于天然分布区东南部和太平洋群岛的木麻黄种子较难储藏,有的树种种子活力仅几个月至 1 a。种子发芽与温度、湿度和光照等因素有关,其中温度是主要因素。正常条件多数木麻黄种可在 2~7 d 内发芽,每个种都有自己的最佳发芽温度,多数种集中在 20~30。种子繁殖是木麻黄植物主要繁殖方式之一,其优点是繁殖材料易获得,缺点是由于木麻黄植物变异性大,种子

质量难保证。因而,建立木麻黄种子园或种子生产基地是一项重要的工作。

3.2.2 扦插繁殖 扦插繁殖是我国繁育木麻黄的主要手段之一。方法是利用1~3个月生幼嫩枝条作为穗条,进行水培或土壤培养,使其生根成苗,该方法在短枝木麻黄和细枝木麻黄上应用最成功,但有些树种不太容易,如山地木麻黄、滨海木麻黄和森林木麻黄。扦插繁殖必须始终保持所用枝条的幼化状态,因此,木麻黄枝条幼化是扦插生根不可缺少的技术环节,主要方式有人工林中优树基部截干、环割或半环割、采穗圃的逐年或隔年更新等。水培法:从植株或萌芽条上采取幼嫩枝条,长约7~10 cm小段,经50~100 mg·kg<sup>-1</sup> NAA或IBA处理24 h,放入装有20 mL清水的50 mL或100 mL烧杯或其它容器内,在直射光照下培养,每天换1次水,常温下6~10 d后,插条开始生根,待插条根长到1~4 cm时即可移苗于营养袋中;土培法:插条用与水培法同样的激素进行处理后,放置在土壤介质中培养,目前生产上主要采用海沙或河沙为介质。为利于生根,要求及时严格地调控培养介质的水分,插条在可调控水分的特制沙池中培养,生根后即可移苗于营养袋中,此法也称沙培。

3.2.3 微繁殖技术 木麻黄植物微繁殖技术是20世纪80年代发展起来的新方法<sup>[35,36]</sup>,主要是利用组织培养技术或纯培养技术来繁殖木麻黄。繁殖材料通常是木麻黄的幼组织,如:枝条、枝芽、根芽、花芽、未成熟雌花和种子等。该方法要求技术较高,一切培养都是无菌状态,培养介质是成功与否的关键。主要过程是:材料用2%~5%次氯酸钙或1%升汞消毒2~30 min,放到MS培养基上,在控制温度和光照条件下继代培养4~5周,生根后移植,其中,愈伤组织诱导和生根培养过程中所使用的激素(如NAA、BAP或IBA)以及活性炭、麦芽糖或蔗糖等物质的量因植物材料而定。

3.2.4 嫁接技术 木麻黄嫁接技术主要在优良种质资源收集、保存、种子园或采穗圃建立中使用。木麻黄嫁接技术在树种之间差异较大,粗枝木麻黄嫁接成活率较高,而短枝木麻黄、细枝木麻黄和山地木麻黄嫁接成活率较低,这主要受木麻黄树种本身形态特征影响,前者枝条较粗,而后者枝条较细软。当然,嫁接工的技术水平也是一个主要因素。

表2 我国引种后表现优良木麻黄树种及种源

树种	种源号	产地	纬度	经度	海拔/m	
短枝木麻黄	14233	泰国 1	12°33' N	101°24' E	2	
	14234	泰国 2	07°10' N	100°36' E	2	
	18008	澳大利亚	12°25' S	130°50' E	20	
	18013	印度 1	20°20' N	86°06' E	7	
	18015	印度 2	21°30' N	86°54' E	2	
	18086	瓦努阿图	17°45' N	168°18' E	30	
	18118	印度 3	11°42' N	79°24' E	40	
	18119	印度 4	09°15' N	79°20' E	5	
	18127	越南 1	18°44' N	105°45' E	1	
	18128	越南 2	16°06' N	106°20' E	2	
	18134	肯尼亚 1	04°00' S	39°00' E	10	
	18143	肯尼亚 2	03°20' S	40°01' E	15	
	18153	巴布亚新几内亚	09°05' S	148°17' E	10	
18154	菲律宾	11°31' N	122°30' E	30		
18244	马来西亚 1	01°44' N	111°29' E	40		
18288	斯里兰卡	08°06' N	80°15' E	80		
18348	马来西亚 2	06°30' N	99°45' E	0		
18355	贝宁	06°23' N	02°13' E	8		
细枝木麻黄	13515	澳洲昆士兰	17°04' S	145°28' E	400	
	13516	澳洲昆士兰	15°46' S	144°59' E	110	
	13514	澳洲昆士兰	17°25' S	144°29' E	560	
	13518	澳洲昆士兰	16°44' S	145°21' E	380	
	13520	澳洲昆士兰	22°21' S	149°06' E	140	
15574	澳洲昆士兰	22°04' S	149°30' E	10		
粗枝木麻黄	14146	澳洲 NSW	36°02' S	150°05' E	20	
	13141	澳洲 NSW	30°26' S	153°01' E	20	
	15217	澳洲昆士兰	26°48' S	153°09' E	3	
	15218	澳洲昆士兰	26°48' S	153°09' E	5	
	15579	澳洲昆士兰	24°14' S	131°52' E	10	
山地木麻黄	19238	肯尼亚 1	1°23' S	36°39' E	2 080	
	18847	印尼巴厘岛 1	8°40' S	115°05' E	1 500	
	18853	坦桑尼亚	4°19' S	38°14' E	1 600	
	17877	印尼帝纹岛 1	9°54' S	124°14' E	550	
	18950	印尼东爪哇 1	7°55' S	112°55' E	1 600	
	18852	印尼东爪哇 2	7°50' S	111°47' E	1 500	
	18949	印尼东爪哇 3	8°00' S	113°35' E	1 500	
	18844	印尼巴厘岛 2	8°45' S	115°15' E	1 500	
	19489	印尼帝纹岛 2	10°13' S	123°38' E	600	
	19240	肯尼亚 2	1°05' S	36°39' E	1 460	
滨海木麻黄	13876	澳洲昆士兰	12°42' S	142°20' E	80	
	13986	澳洲 NSW	29°53' S	153°13' E	30	
	森林木麻黄	13992	澳洲昆士兰	27°30' S	153°29' E	0
		15240	澳洲昆士兰	28°29' S	150°27' E	220
		鸡冠木麻黄				

3.2.5 高枝压条技术 高枝压条技术是木麻黄种质资源收集和保存的重要手段之一,如果选择季节和生根介质适当,一般能取得较好效果,但树木较高时操作较难,在华南地区其成活率受台风因素影响大,一旦遇到强台风往往会造成毁灭性损失。

### 3.3 木麻黄选育技术

在引种、保存、种源试验、家系试验和无性系试验基础上,为了更好地利用木麻黄种质资源,木麻黄新品种选育工作一直是人们关注的热点问题。

3.3.1 杂交育种 木麻黄为风媒授粉,多数是雌雄异株的种,是可远缘杂交的植物。我国木麻黄杂交育种及无性系选育工作始于20世纪50—60年代,70年代获得第1批杂交种,开展的杂交组合主要有 *C. equisetifolia* × *glauc*, *C. glauca* × *equisetifolia*, *C. cunninghamiana* × *equisetifolia* 和 *C. cunninghamiana* × *glauc*。短枝木麻黄具有良好种间亲合性,种间无论正交或反交均有一定亲合力。华南还有一些天然杂种的无性系人工林,这些杂种无性系已经过了长期选育,目前在我国木麻黄人工林更新改造中起着重要作用。国外,El-Lakany<sup>[3]</sup>发表了杂交种 *C. cunninghamiana* × *glauc* 的表现及泰国和印度杂交种 *C. equisetifolia* × *junghuhniana* 无性系林的表现。杂交育种优良亲本植株选择是重要的。

3.3.2 抗病育种 育种工作中不可忽视的是抗病育种,我国木麻黄青枯病是由青枯菌(*Pseudomonas solanacearum* Smith)引起的一种严重木麻黄病害。我国木麻黄抗青枯病育种工作从20世纪80年代开始,目前已选出许多优良抗病无性系,并营造了大面积人工林,但仍满足不了生产需求。

3.3.3 无性系选育 通过优良无性系的推广,改善了防护林材料的遗传品质和沿海生态环境,并直接为基层林业单位创造经济收入,优良木麻黄无性系在华南大受欢迎。目前,我国木麻黄人工林使用的无性系数在15个左右,其中海南主要有2~3个无性系,但95%以上木麻黄林使用单一无性系宝9,广东主要有3~5个无性系,福建主要有5~7个无性系。尽管广东、福建和海南的研究单位仍在不断地选育和测试木麻黄无性系,但仍满足不了生产需要。利用木麻黄无性系造林时,必须保证足够的无性系数,同一个经营单位一般要用大于10个无性系,但生产中往往做不到,这为木麻黄人工林经营带来极大风险。大量实践证明,无性系单一会导致人工林病虫害发生加剧,林地生产力下降。

3.3.4 木麻黄新品种选育 针对木麻黄造林立地条件,如沿海盐碱化土地、青枯病发生地、干热河谷地等恶劣生态环境,自2000年起,热林所研究人员开始对木麻黄进行共生遗传改良和营养遗传改良研究,初选出的材料正在野外测试中,有望获得一些优良的抗病遗传型、共生遗传型和营养遗传型材料供生产单位使用

## 4 结语

与其他木麻黄引种国家比较,我国收集的木麻黄种质资源的数量是最多的。尽管如此,但我国对木麻黄树种/种源/家系的遗传变异规律、抗病能力及主要性状遗传机理、人工改良潜力、杂交育种、种子园或优良无性系圃的建立技术及遗传评价指标等研究较少。在掌握木麻黄种质资源的基础上,有必要对木麻黄的林木遗传改良进行系统研究。

近年试验表明:木麻黄不仅在沿海地区,而且在森林退化的山区、困难地带(石山地区和干热河谷地区)有广泛的应用前景,是值得进一步研究和应用的树种。

木麻黄种质资源收集保存对扩大木麻黄的应用范围有重要意义,工作仍需加强。

### 参考文献:

- [1] Wilson J L, Johnson L A S. Casuarinaceae [J]. Flora of Australia Hamamelidales to Casuarinales, 1989, 3: 100 ~ 203
- [2] Midgley S J, Turnbull J W, Johnson R D. Casuarina Ecology, Management and Utilization [C]. CSIRO, Melbourne, 1983
- [3] El-Lakany M H, Turnbull J W, Brewbaker J L. Advances in Casuarina Research and Utilization [C]. Cairo, Egypt, 1990
- [4] 杨政川, 张添荣, 陈财辉, 等. 木贼叶木麻黄在台湾之种源试验 I. 种子重与苗木生长 [J]. 林业试验研究报告季刊, 1995, 10(2): 2 ~ 7
- [5] 徐燕千, 劳家骥. 木麻黄栽培 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1984
- [6] Pinyopusarek K. Report on a technical advisory visit to the People's Republic of China [R]. CSIRO Forestry and Forest Products, Client Report No. 673. ACIAR, Canberra, 1999
- [7] 仲崇禄, 张勇. 我国木麻黄的引种培育和经营 [J]. 林业科技开发, 2003, 17(2): 3 ~ 5
- [8] Zhong Chonglu. Casuarina species and provenance trial on Hainan, China [A]. In: El-Lakany M H, Turnbull J W, Brewbaker J L. Advances in Casuarina Research and Utilization [C]. DDC & AUC, Cairo, 1990: 32 ~ 39
- [9] Zhong Chonglu, Bai Jiayu. Introduction trials of casuarina trees in southern China [A]. In: Pinyopusarek K, Turnbull J W, Midgley S J. Recent Casuarina Research and Development [C]. CSIRO, Canberra, 1996: 191 ~ 195
- [10] Zhong Chonglu, Bai Jiayu. Variation in *Casuarina junghuhniana* prove-

- nances in southern China[J]. Improvement and Culture of Nitrogen Fixing Trees, 2003, 6(1): 5~6
- [11] 仲崇禄, 周文龙, 梁坤南, 等. 海南岛东部地区木麻黄树种和种源选择试验初报[J]. 广东林业科技, 1989 (3): 11~18
- [12] 魏素梅, 谭天泳. 木麻黄地理种源的苗期试验[J]. 林业科学研究, 1990, 3(2): 119~126
- [13] 陈任, 朱配演, 黄家彬, 等. 木麻黄地理种源研究[J]. 福建林业科技, 1991(4): 52~69
- [14] 王豁然, 郑勇奇, 王维辉. 7种木麻黄的引种生长表现及其在我国应用潜力的研究[J]. 林业科学, 1992, 28(4): 343~348
- [15] 仲崇禄. 世界木麻黄科植物的引种和育种[J]. 世界林业研究, 1994, 7(1): 82~84
- [16] 仲崇禄. 木麻黄遗传变异规律的研究[D]. 广州: 中国林业科学研究院热带林业研究所, 2000
- [17] 仲崇禄, 周文龙. 滨海木麻黄引种试验[J]. 林业科技通讯, 1995(3): 27~28
- [18] 仲崇禄, 陈祖沛. 华南地区山地木麻黄引种试验[J]. 广东林业科技, 1995, 11(3): 39~43
- [19] 叶功富, 冯泽幸, 潘惠忠, 等. 木麻黄国际种源苗期生长及抗盐性试验[J]. 福建林学院学报, 1995, 15(4): 301~306
- [20] 潘一峰, 李炎香, 谭天泳. 木麻黄种源试验[J]. 林业科学研究, 1996, 9(2): 138~145
- [21] 仲崇禄, 白嘉雨. 山地木麻黄家系遗传变异参数估算与优良家系评选[J]. 林业科学研究, 1998, 11(4): 361~369
- [22] 仲崇禄, 施纯淦, 王维辉, 等. 华南地区短枝木麻黄种源试验[J]. 林业科学研究, 2001, 14(4): 408~415
- [23] 何益坤, 陈财辉, 杨政川, 等. 木贼叶木麻黄原生种源之形态系统归类[J]. 台湾林业科学, 2001, 16(4): 285~294
- [24] 仲崇禄, 施纯淦, 王维辉, 等. 华南地区山地木麻黄种源试验与筛选[J]. 林业科学, 2002, 38(6): 58~65
- [25] 王明怀, 陈建新, 殷祚云, 等. 五种木麻黄的种源引种初报[J]. 林业科学研究, 2002, 15(6): 751~755
- [26] 叶功富, 罗美娟, 林金木. 短枝木麻黄在福建东山试点的种源试验结果分析与选择[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(4): 6~11
- [27] Pinyopusarek K, Huse A P N. Casuarina: an Annotated Bibliography [M]. CSIRO, Nairobi, 1993
- [28] Pinyopusarek K, Turnbull J W, Midgley S J. Recent Casuarina Research and Development [C]. CSIRO, Canberra, 1996
- [29] 陈丽梅, 柏学亮, 彭源东. *Frankia* 共生固氮基因的分离与克隆[J]. 广西农业大学学报, 1996, 15(1): 46~49
- [30] Franche C, Laplace L, Duhoux E, et al. Actinorhizal symbioses: Recent advances in plant molecular and genetic transformation studies[J]. Critical Reviews in Plant Science, 1998, 17(1): 1~28.
- [31] Sanginga N, Bowen G D, Danso S K. Genetic variability in symbiotic nitrogen fixation with and between provenances of two casuarina species using  $^{15}\text{N}$ -labelled methods[J]. Soil Biol Biochem, 1990, 22(4): 539~547
- [32] Sougoufara B, Duhoux E, Corbasson M, et al. Improvement of nitrogen fixation by *Casuarina equisetifolia* through clonal selection: a research note[J]. Arid Soil Research and Rehabilitation, 1987, 1: 129~132
- [33] 仲崇禄. 木麻黄苗期最佳固氮种质型组合体研究[J]. 林业科学研究, 1993, 6(6): 654~660
- [34] 仲崇禄, 弓明钦, 白嘉雨, 等. 接种外生菌根菌的木麻黄种源/家系的遗传变异研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(5): 588~594
- [35] Duhoux E, Leroux C, Pheleph M, et al. Improving Casuarinaceae using *in vitro* methods[A]. In: EFLakany M H, Turnbull J W, Brewbaker J L. Advances in Casuarina Research and Utilization [C]. Cairo, Egypt, 1990: 174~187
- [36] Duhoux E, Sougoufara B, Dommergues Y. Propagation of *Casuarina equisetifolia* through axillary buds of immature female inflorescences culture *in vitro* [J]. Plant Cell Reports, 1986, 3: 161~164
- [37] Pinyopusarek K. Casuarina equisetifolia: a breeding program for India [R]. CSIRO, Canberra, 1996