

白皮松分布特点与研究进展

李斌, 顾万春

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 综述了白皮松在我国的天然分布概况, 以及近年来国内外关于白皮松在分类学、抗逆性、种子及球果形态变异、种子休眠与萌发、育苗技术、利用价值、形成层超微结构等多方面研究的结果, 提出了白皮松研究领域亟待解决的一些问题和建议。

关键词: 白皮松; 天然分布; 形态变异; 育苗技术

中图分类号: S791.243 文献标识码: A

白皮松(*Pinus bungeana* Zucc. ex Endl.) 为松科(Pinaceae Lindl.) 松亚科(Pinoideae) 松属(*Pinus* L.) 单维管束松亚属(Subgenus *Strobos* (Sweet) Rehd.) 白皮松组(Sect. *Parrya* Mayr)^[1~4]。白皮松组原有2种, 白皮松和喜马拉雅白皮松(*P. gerardiana* Wall.), 后者主要分布于我国西藏与印度边境^[1~3]。据报道, 最近又在云南发现1个新种, 称五针白皮松(*P. squamata* X. W. Li), 分布于云南省昭通地区巧家县新华镇, 仅20余株, 严重濒危^[5~12]。白皮松叶3针1束, 花期4月, 种子翌年10月成熟。木材纹理直, 有光泽, 比重0.46^[4]。耐干旱瘠薄及干冷气候, 在深厚的钙质土及黄土上生长良好。白皮松染色体组型和数目为 $2n=24^{[13]}$ 。白皮松是我国特有的乡土树种, 也是我国北方和西部地区园林绿化与生态工程造林的优良树种^[4]。

1 白皮松天然群体的分布与引种栽培

白皮松的天然分布特点明显, 呈块状或零星分布, 形成原因尚不十分清楚, 可能是白皮松的自身生物学特性、适生环境的结构以及人为破坏3个方面的因素共同作用的结果。当前保护好仅存的有限的白皮松天然林资源, 使之不再遭受更加严重的破坏无疑是正确的选择。

1.1 水平分布

白皮松在我国的分布区域较广, 其天然林的分布范围在我国松属中略小于油松(*P. tabulaformis* Carr.)^[3], 为 $30^{\circ}02' \sim 38^{\circ}15' N$, $104^{\circ}01' \sim 113^{\circ}50' E$ ^[14~18]。其水平分布区跨暖温带、北亚热带和中亚热带, 覆盖7省, 包括甘、陕、晋、豫、川、鄂、湘, 其中甘、陕、晋3省分布较为集中, 数量较多, 其他省仅少量或零散分布, 数量甚少。有报道认为山东属于白皮松天然分布区^[19], 但还需进一步考证山东现有的白皮松林是人工引种还是天然起源^[15]。

白皮松的水平分布区域呈东北—西南走向^[14]。其东界以伏牛山东段经太行山分水岭为界,西界以甘肃天水麦积山至四川广元为界,南部从四川的江油至湖南的壶瓶山为界^[16],北界很长,东起山西省和顺县经太岳山北端至关帝山,然后绕吕梁山西端南下,经蒲县的黑城至陕西的韩城、黄龙山、关山一线,再向南至天水小陇山。

王小平等^[17]曾对白皮松进行气候区划,共分为6个气候区:(1)北部区,山西中北部;(2)中部区,陕、晋、豫交界区;(3)中南区,伏牛山南坡至陕西南部一线;(4)南部区,湖北巴东至湖南石门壶瓶山;(5)西部区,甘肃东南与陕西西部;(6)西南区,四川东北部与陕西南部。

1.2 垂直分布

白皮松天然林的垂直分布下限为600 m,上限可达1 850 m,分布幅度为300~1 200 m。相关分析表明上限与纬度呈显著的正相关($r = 0.66$)^[14],例如,在 $33^{\circ} \sim 34^{\circ} 32' N$ 的伏牛山,垂直分布范围为海拔680~1 200 m,而在 $35^{\circ} \sim 38^{\circ} N$ 的太岳山,垂直分布范围为海拔680~1 800 m。白皮松垂直分布的下限则与经度呈显著的负相关($r = -0.59$)。

1.3 白皮松天然林分布特点

白皮松天然分布区域较广,区内自然条件变化很大,但林分面积不大,它不象油松、马尾松(*P. massoniana* Lamb.)等呈大面积的带状分布,而是呈小面积的片状、块状或零散分布,所以分布区表现出明显的不连续性特点(表1)。甘肃两当县白皮松天然林最集中,据当地调查,其中最大的一片约有55万株,600 hm²,已被划为白皮松天然保护林。陕西、山西分布也较多,是白皮松的两大主产省份。在陕西汉中地区西乡县的午子山保存有目前面积较大的一片天然林(约105 a)。据作者现场调查,平均树高20.8 m,最高达30.5 m。甘肃成县红川乡有一片白皮松过熟林(>300 a),平均胸径1~1.5 m,平均树高23~32 m^[17]。

表1 白皮松在天然分布区的面积与数量

资源分布	四川	甘肃	陕西	山西	河南	湖北	湖南
呈片状分布 (>10万株)		两当县,面积约2 000 hm ² ,其中1片集中分布林分面积600 hm ² ,数量约55万株	蓝田县,面积约1 000 hm ² ,数量约50万株,汉中地区的西乡县有目前平均年龄最大的一片白皮松,面积约200 hm ² ,数量约10万株	吕梁山林区,如克城林场、台头林场,榆次乌金山等			
呈块状分布 (1~10万株)		陇南地区的徽县、成县和天水等	莒县、洛南县等	太岳林区,如三叉河、七里岭林场等	焦作地区 沁阳县的白松岭,面积约60 hm ²		
呈小块或零星分布 (<1万株)	主要分布于绵阳和广元地区,如江油雁门镇、窦团山和广元朝天区等	武都、康县、文县、礼县、天水百花崖等	陕南的留坝、与甘肃相邻的凤县等	太行山、中条山、关山及黄龙林区,如固关、八度林场等	伏牛山南北坡,如北坡的卢氏、栾川、灵宝等,南坡的西峡、南召、鲁山等	鄂西的巴东地区,郧县等	石门县壶瓶山

注:表中只作重点列举,数据来自赵焱等^[14]、王小平等^[17]和白皮松种质资源收集组1997、2000年现场采样勘察的结果。

总的来看, 白皮松为“J”形分布格局, 分布区内呈“岛状分布”。造成白皮松上述分布特点的原因, 尚未有较全面的解释。赵焱等^[14]认为, 可能与土壤质地、基岩性质等有关, 其分布区的土壤多为石灰质土壤, 土壤母质均有碳酸盐反应, pH 值为 6.9~7.2。光、热、水等气候因子也是影响白皮松天然分布格局的重要因子^[17]。同时历代战乱毁烧及人为掠夺式的砍伐, 也是造成白皮松资源严重破坏, 呈现不连续分布的原因之一。白皮松的生境地一般都是干旱瘠薄的石质山地, 条件比较恶劣, 一旦遭到破坏, 天然更新和人工恢复都比较困难, 因此, 应该对白皮松天然资源加强保护, 同时结合适当而又有目的的开发利用, 才真正有利于当地的生态和经济建设。

1.4 国内外引种栽培

白皮松是我国的乡土树种, 其内树皮白, 外树皮易剥落, 因此形成斑驳的树皮特色, 同时树姿挺拔冠形优美, 因此作为园林和庭院绿化, 被我国大部分适栽地区引种, 其中北京引种较多。在中国林科院内有集树龄与面积最大的一片人工林, 1928 年春造林, 面积 0.57 hm²。十三陵林场的白皮松人工母树林, 已开始结实。据报道^[20]北京戒台寺的白皮松树高达 38.5 m(作者未能查证), 堪称白皮松王, 比陕西西乡最高的天然白皮松高 8 m, 也高于成县与河南沁阳的“千岁白皮松”(高 26 m, 径 1.8 m)。向北引种可到达沈阳, 不过在沈阳等北部地区引种, 幼苗必须采取防寒防冻措施^[21, 22]。西部地区引种目前最远的为青海西宁^[23], 但在西部高寒地区引种, 除了要防寒以外, 还要注意干旱、强风等不利因素。

国外引种白皮松, 主要用于城乡绿化, 如韩国、美国等都有引种报道^[24-26]。在韩国, 白皮松的绿化价值十分看好, 已被推荐为“十大”风景地貌与行道树种之一^[25]。

2 有关白皮松的研究进展

2.1 系统发育与分类

1993 年王晓茹等^[27]在瑞典进行基于叶绿体 DNA 的亚洲松树种系统发育学研究时发现, 白皮松组的两个种(*P. bungeana*, *P. gerardiana*) 同单维管束世系有较大的差异, 构成 1 个单调独立世系, 介于单维管束与双维管束之间。同年, 李湘萍等^[28]在研究白皮松种子油脂脂肪酸成分时, 经与另 7 种松树种子的脂肪酸成分进行比较, 并结合白皮松的外部形态、化学分类资料、染色体组型、木材解剖特征等, 运用数量分类学方法将白皮松派从单维管束松亚属中分离出来。宋湛谦等^[29]研究比较了白皮松松脂和其他 16 种松树松脂的化学特征, 结果显示白皮松松脂的异海松酸、长叶松酸、糖松酸、枞酸等树脂酸含量与单维管束松树不同而与双维管束松树相似。上述 3 种不同的分析都为建立白皮松亚属提供了重要的分类学依据, 但白皮松亚属到底是介于单维管束松亚属与双维管束松亚属之间的中间型, 还是 1 个原始类型? 根据陆素娟等^[30]报道, 白皮松亚属是一个原始类型。

2.2 性状变异

2.2.1 种实形态性状的地理变异 据王小平等^[31-32]研究, 种实形态的地理变异, 可分为如下 4 种情形: (1) 球果高度、单个球果质量表现为同地理经度上的南北变异, 即表现为受热量因子的控制, 与年均温及 1 月平均温度相关明显; (2) 种子厚度、球果高径比、每球果种子数表现为同地理纬度的东西变异, 即受水分因子的控制, 表现为与年降水量相关密切; (3) 球果宽度及种皮所占比例表现为西南—东北向变异, 同时受热量及水分因子的制约, 变异主要与年均温、

无霜期及海拔高度关系密切,是多因子综合作用的结果,交互作用明显;(4)种子及球果的颜色、单果种鳞数、种子千粒质量无明显的地理变异规律,主要受分布地点、太阳辐射及寒冷状况的综合影响。

2.2.2 苗期性状的种源变异 白皮松苗期高生长、地径生长、主根长、侧根数以及生物量干、鲜质量等均差异明显,其中生物量干质量、侧根数和地径为3个主要变异指标^[33]。据苗期种源变异研究报道^[33],在北京地区,以甘肃两当和陕西蓝田的种源生长最快,苗期生长量最大,且冬季无需采取特殊措施就能越冬,而山西北部的临汾、孝义种源生长较慢,但抗寒性强。

2.3 抗逆性研究

2.3.1 抗旱性 据国内外研究报道^[1, 21, 24, 34],白皮松具有很强的抗旱、耐寒和抗污染能力。张建国等^[34]在我国北方主要造林树种抗旱特性研究中,进行了气孔阻力、蒸腾速率等多项抗旱指标的测定分析,结果认为,白皮松、樟子松(*P. sylvestris* Linn. var. *mongolica* Litvin.)等抗旱性最强,属于“高水势延迟脱水耐旱树种”,侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)、文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)、栌树(*Koelreuteria paniculata* Laxm.)、杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliv.)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)等属于“亚低水势延迟脱水耐旱树种”。

2.3.2 抗寒性 许绍惠等^[21, 22]在沈阳引种白皮松的研究中,认为白皮松具有较强的抗寒性,大树无需处理可抵抗沈阳-33℃的极低温,1年生幼苗在无任何处理和防护措施时,可忍耐-10℃左右的极低温,若采取覆盖稻草的简单防护措施则可忍耐-15℃的极低温,若在播种前对种子进行BR(油菜素内脂)处理,再加上覆盖稻草则可忍耐-20℃的低温,若在播种前对种子进行BR处理,再加上覆盖地膜保护则可忍耐-25℃的低温,因此,只要采取一定处理和防护措施,白皮松幼苗完全可在沈阳及相同纬度地区安全过冬。

2.3.3 抗污染 白皮松的抗污染能力比较强^[1~3],不仅抗SO₂、烟尘,而且还对臭氧有很强的抗性。美国Genys等^[24]对20个针叶树种进行了抗臭氧和抗SO₂的试验,结果白皮松是其中对两者都高抗的6树种之一。另外白皮松病虫害较少,但白皮松怕积水,不适于低洼地栽种。

2.4 白皮松资源的开发利用研究

2.4.1 园林绿化利用 白皮松树皮颜色发白,在松树中独具特色,树干挺拔、树姿优美,树冠具有塔型、圆顶型和散开型3种类型,给园林设计者提供了设计选择^[35]。白皮松针叶粗短色浓,远远望去绿意浓浓,加上白皮松抗臭氧、抗SO₂、抗烟尘等,白皮松的确是有很大潜力的城市绿化树种。据国外报道,白皮松在韩国、日本、美国等都被选作城市绿化树种。Lee和Ahn^[24]在给韩国推荐优良风景地貌林树种和行道树种时,将白皮松排在第2位,第1位是韩国本土的朝鲜冷杉(*Abies koreana* Wils.)。

2.4.2 花粉利用 白皮松的花粉具有保健作用。据张文春等^[36]研究报道,白皮松花粉含有多种参与人体代谢的生理活性物质,其中人体不能合成的8种氨基酸含量较高,对人体有益的不饱和脂肪酸含量很高,而脂肪酸含量低。

2.4.3 松针与松脂利用 日本Ueda N等^[26]用花香提取法,从白皮松针叶里提取出了多种芳香化学成分,其中含量最高的为 α -蒎烯(45.1%)、其次是 α -萜烯(13.2%)。宋湛谦等^[12]分析了白皮松松脂的25种成分,其中 β -蒎烯含量高达24.8%,说明白皮松单萜类化合物含量高,尤其是蒎烯含量显著高,具有重要的化工价值。

2.5 白皮松育苗技术研究

2.5.1 种子休眠与打破 白皮松种子有生理休眠特性, 未打破休眠的种子发芽困难, 发芽率低而且时间长。Dong LF^[37,38]和王小平^[32]等研究了白皮松种子休眠的原因, 认为种子各部分存在萌发抑制剂是引起白皮松种子休眠的主要原因, Dong LF^[37]还介绍了用微生物(*Trichalermma*-4030) 处理打破白皮松种子休眠的方法。尚杰等^[39]则报道了白皮松种子萌发过程中有机质代谢的研究。然而, 生产实践表明, 白皮松种子经过冬季低温过程或低温处理, 一般可打破休眠, 播前再用温水浸种, 发芽率可达 60% 以上。汪明润等^[40]认为稀土有利于打破种子休眠并促进苗木生长。

2.5.2 高寒地区育苗技术 白皮松育苗地应选择排水良好的沙壤土或壤土, 适当早播可减少松苗的立枯病, 以土壤解冻后 10 d 内播种最为适宜。冷肖荀等^[23]认为在青海等高寒地区容器育苗比大田育苗好, 不同的育苗基质对出苗率、苗木高度、主根长、侧根数等会产生影响, 经过选择, 以 5 号基质(55% 森林土+ 30% 生黄土+ 5% 蛭石+ 10% 沙土) 的配方为最好, 用 5 号基质培育的苗木生长健壮、根系发达而且成本较低, 其次为 100% 森林土。

2.5.3 育苗防寒防冻技术 将南方种源引种到北方, 如何避免幼苗受到引种地寒冷冬季的伤害是引种成功的重要一环。许绍惠等^[21,22]通过实验, 不但将山西种源白皮松成功地引种到了沈阳, 而且还摸索出了一套抗寒育苗技术关键: (1) 播种前进行种子处理, 一般可用温水(45℃) 浸种, 0~3℃ 沙藏 25 d 左右; (2) 掌握好移植苗龄和移植时期, 当苗龄 4 a 时移植为宜, 移植时间为 4 月下旬; (3) 在幼苗阶段选用适宜的防寒措施以提高越冬保存率, 在北方高寒地区应采用罩地膜防寒。

2.5.4 无性育苗繁殖技术 白皮松也可采用嫁接繁殖。据李锡纯等^[40]报道, 采用常规嫁接方法, 将白皮松 1 a 嫩枝接穗嫁接在 3~4 a 生的油松新梢上, 利用油松砧木根基大、生长快、水分养分足、适应性强的优势, 成活率达 95% 以上, 第 2 年新梢平均抽生 20 cm 左右。试验证明嫁接繁殖比种子繁殖可提前 5 a 出圃, 同时减少多次移植、防寒、抚育管理等环节。无性繁殖方法用于扩繁喜马拉雅白皮松与五针白皮松的研究也有成功报道^[42~44]。

2.5.5 促进苗木生长技术 白皮松苗期生长慢, 生长势弱, 城市绿化常用的 2 m 以上的大苗通常要培养 15 a 以上, 因此促进苗木生长、缩短育苗年限是发展白皮松、降低育苗成本的关键。中国林科院王木林等^[45], 通过实验对照研究发现, 用复硝钠类植物生长调节剂稀释液, 在生长季节浇苗圃地(具体做法, 用 4 000 倍保多收稀释液浇苗根, 每月 3 次, 连续 4 个月), 结果促进生长效果明显, 平均地径生长量提高 43%, 树高提高 15%。

2.6 白皮松形成层超微结构及其它研究

高信曾等^[46]、刘成刚等^[47]应用电子显微技术和细胞免疫技术研究了白皮松形成层细胞超微结构的变化特征等, 认为白皮松形成层细胞的排列方式符合 Sanió's 学派的单列形成层原始细胞理论, 在活动期形成层细胞很明显的 4 个 1 组, 在休眠期多数为 2 个细胞 1 组, 少数 4 个 1 组。崔克明等^[48,49]分析了白皮松形成层活动周期及其多糖储量、淀粉酶、过氧化物酶及脂酶同工酶的变化, 为研究白皮松形成层的活动规律提供了信息, 同时研究报道, 在白皮松休眠期形成层区域过氧化物酶的同工酶酶带最多, 休眠期在周皮和韧皮部脂酶同工酶谱在正极端也出现一些酶带, 这些同工酶可能与抗寒性有关。杨雄等^[50,51]报道了白皮松蛋白细胞中的 ATP 酶和酸性磷酸脂酶活性定位及其季节变化的关系, 为研究白皮松蛋白细胞的化学特征及

其在韧皮部物质转运过程中的作用提供了一些依据。关于白皮松的衰老机理、腐烂病防治、雌配子体组织的诱导与分化、弱电波信号震荡等均有研究报道^[52~57]。另外,李江平^[58]采用药剂浸根等措施提高了小苗上山和大苗移植的成活率,在生产中具有一定的实践意义。

3 存在的问题和建议

(1) 随着人们对白皮松利用价值认识的逐渐提高,对白皮松优异种质和良种的要求也越来越迫切。白皮松古时候曾经遍生于西北诸省^[31],但现今大多呈零星或小块状分布,原生种质资源大大缩减,多样性相对贫乏,因此对白皮松天然种质资源的多样性进行研究并加以保护,成为当前的迫切需要。与此相关的问题还有白皮松遗传多样性、群体遗传结构、种质鉴定评价、种源试验等,然而这方面的报道甚少,今后应加强研究,促进白皮松种质资源的保护利用和良种选育工作。

(2) 白皮松在城市绿化中的地位已得到承认,但白皮松在我国生态环境林建设中也应发挥一定的作用。白皮松具有一定的抗寒(大树耐-30℃极低温)、抗盐碱($\leq 0.3\%$)、较强的抗旱性(与樟子松、二白杨(*Populus gansuensis* C. Wang et H. L. Yang)同属高水势耐旱树种)、抗污染(抗SO₂、O₃、烟尘等)能力,因此,白皮松是我国西部地区及北方干旱地区,特别是石灰质等恶劣环境下的优良造林树种之一。在西部生态建设中应该把白皮松作为一个可选的重要树种,同时加强其营造生态环境林的技术研究,特别是白皮松小苗上山造林与管护技术。

(3) 从有关古代白皮松分布记载到现今天然分布特点以及引种栽培成功现状,认为白皮松的适生范围远远大于其目前的天然分布区。白皮松的适生区域较广,但由于白皮松早期生长缓慢,幼苗造林成活率低,在一定程度上限制了其在绿化或用材林中的应用,因此在上述关于良种选育和造林与管护技术研究的同时,应加强促进早期生长的研究,将更有利于面上生产利用和推广。

(4) 关于白皮松亚属的系统发育与分类、交配系统问题,五针白皮松、喜马拉雅白皮松与白皮松3个种的系统关系及杂交育种潜力以及松脂、松针、花粉等综合利用等都是引人关注的焦点问题,所以需要一个完整的研究计划,才能就上述存在的不足或遗留的问题进行系统的研究解决,为此,建议对包括白皮松、五针白皮松、西藏白皮松在内的3个树种开展一项以“种质资源保护与利用”为切入点的综合性研究,以便对白皮松的资源保护、种质评价、良种选育、开发利用及其它基础性内容展开细致深入的研究,来满足目前社会和生产单位的需求。

参考文献:

- [1] 中国树木志编委会. 树木志(上)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1980
- [2] 华北树木志编写组. 华北树木志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984
- [3] 吴中伦. 中国松树的分类与分布[J]. 植物分类学报, 1956, 5(3): 131~278
- [4] 树木志编委会. 中国主要树种造林技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1983
- [5] 陆素娟, 邓莉兰. 五针白皮松的生态条件及其潜在分布区的分析[J]. 西南林学院学报, 1994, 14(3): 144~148
- [6] 邓莉兰, 陆素娟, 樊国盛. 五针白皮松的一些群落学特征[J]. 热带亚热带植物学报, 1995, 3(4): 76~78
- [7] 陆素娟, 王泾, 朱惠萍. 五针白皮松生物学特性的研究[J]. 西南林学院学报, 1999, 19(2): 86~89
- [8] 王昌命, 李乡旺, 木乔英, 等. 五针白皮松的木材构造及其归类研究[J]. 四川农业大学学报, 1998, 32(1): 114~118
- [9] 普晓兰, 林萍, 李乡旺. 五针白皮松离体胚培养初步研究[J]. 西南林学院学报, 1997, 17(1): 17~20

- [10] 李桐森, 李乡旺, 和毓伟. 五针白皮松异砧嫁接试验初报[J]. 西南林学院学报, 1997, 17(3): 11~ 16
- [11] 樊国盛, 李乡旺, 邓莉兰. 五针白皮松林区系特点研究[J]. 中南林学院学报, 1996, 16(2): 23~ 27
- [12] 陆素娟, 邓莉兰, 李乡旺. 五针白皮松濒危原因初步研究[J]. 西北林学院学报, 1999, 14(1): 42~ 44
- [13] 顾淑荣, 陈正华, 朱至清. 白皮松和油松雌配子体愈伤组织的诱导和分化[J]. 植物学报, 1995, 37(3): 217~ 221
- [14] 赵焱, 张学忠, 王孝安. 白皮松天然地理分布规律研究[J]. 西北植物学报, 1995, 15(2): 161~ 166
- [15] 潘玉兴. 饱经沧桑的于林白皮松[J]. 中国林业, 1998(6): 44
- [16] 鑫森. 最南界的野生白皮松[J]. 湖南林业, 1998(10): 28
- [17] 王小平, 王九龄, 刘晶兰, 等. 白皮松分布区的气候区划[J]. 林业科学, 1999, 35(4): 101~ 106
- [18] 任际清, 赵炳华. 陕西省白皮松调查报告[J]. 陕西林业科技, 1983(1): 49~ 55
- [19] Fu Ligu. Pinaceae in Flora of China[R]. In Wu Zhengyi, Raven P.H. Flora of China 4, Flora of China Newsletter. Harvard University Herbaria, Cambridge, MA USA, 1999
- [20] 张宝贵. 世界白皮松之最——戒台寺的“九龙松”[J]. 绿化与生活, 1997(6): 8
- [21] 许绍惠, 边立琪, 郭泳, 等. 白皮松幼苗在沈阳地区不能正常越冬原因及防寒措施的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1994, 25(4): 432~ 437
- [22] 许绍惠, 边立琪, 郭泳, 等. 白皮松抗寒性及抗寒育苗技术的研究[J]. 林业科学, 1994, 30(6): 497~ 505
- [23] 冷肖荀, 杨振国. 白皮松容器育苗基质选择试验[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(3): 102~ 104
- [24] Genys J B, Heggstad H E. Susceptibility of different species, clones and strains of pines to acute injury caused by ozone and sulfur dioxide[J]. Plant disease reporter, 1978, 62(8): 687~ 691
- [25] Lee K C, Ahn K Y A. Study on the diversifying of plant species for the landscape construction in Korea[J]. Seoul national university journal of agricultural sciences, 1991, 16(1): 67~ 80
- [26] Ueda N, Dewa N, Tsuneya T, et al. The leaf oil components of lacepark pine, *Pinus bungeana* Zucc[J]. Chemistry Express, 1989, 4(12): 813~ 816
- [27] Wang X R, Szmiedt A E. Chloroplast DNA-based phylogeny of Asian *Pinus* species[J]. Plant systematics and evolution, 1993, 188(3~ 4): 197~ 211
- [28] 李湘萍, 朱政德. 白皮松种子油中脂肪酸成分分析及其分类学问题. 南京林业大学学报, 1993, 17(1): 27~ 34
- [29] 宋湛谦, 梁志勤, 刘星. 白皮松松脂的化学特征及其分类学意义[J]. 植物分类学报, 1998, 36(6): 511~ 514
- [30] 陆素娟, 李乡旺. 松属的起源、演化及扩散[J]. 西北林学院学报, 1999, 14(3): 1~ 5
- [31] 王小平, 刘晶岚, 王九龄, 等. 白皮松种子及球果形态特征的地理变异[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(3): 25~ 31
- [32] 王小平, 刘晶岚, 王九龄. 白皮松种子休眠特性的种源变异[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 9~ 12
- [33] 何燕, 李斌, 姜英淑, 等. 白皮松种源苗期变异与选择[J]. 林业科技通讯, 2001(6): 5~ 8
- [34] 张建国, 李吉跃. 我国北方主要造林树种抗旱特性的研究[A]. 见: 张守攻. 中国青年绿色论坛论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 38~ 41
- [35] 刘安宏. 白皮松绿化工程质量监理研究[J]. 林业科技, 2001, 26(1): 17~ 18
- [36] 张文春, 杨宏藩, 白凡. 三种松树花粉的营养成分[J]. 陕西林业科技, 1997(3): 7~ 9
- [37] Dong L F, Zhang X Y, Zhang H G. Breaking seed dormancy of *Pinus bungeana* with *Trichoderma* 4030 inoculations[J]. New forests, 1987, 1(3): 245~ 249
- [38] Dong L F, Shao C B, Liu G Z, et al. Determination of the major cause of seed dormancy of *Pinus bungeana*[R]. Proceeding of an international symposium of IUFRO Project Group P2, Canada, 1993. 31~ 36
- [39] 尚杰, 王文章, 赵恩田. 白皮松种子萌发过程中有机质代谢的研究[J]. 东北林业大学学报, 1992, 20(2): 24~ 29
- [40] 汪明润, 刘祖伦. 稀土对白皮松育苗的效应研究. 种子, 2000(3): 22~ 24
- [41] 李锡纯. 培养白皮松大苗法[J]. 河北林业, 1993(4): 10
- [42] 贾志宏, 王炳文. 喜马拉雅白皮松育苗情况简报[J]. 河北林业科技, 1994(2): 18~ 19
- [43] 李锡纯, 李英霞, 王会强, 等. 喜马拉雅白皮松软枝嫁接繁殖试验[J]. 河北林业科技, 1997(3): 7~ 8
- [44] 王福宗, 贾志宏. 喜马拉雅白皮松种子育苗技术[J]. 河北林业科技, 1997(1): 35~ 37
- [45] 王木林, 孙福生. 复硝钠能促进白皮松生长[J]. 林业科技通讯, 1996(5): 34

- [46] 高信曾, 陈耀棠. 白皮松次生韧皮部蛋白细胞的细胞学研究[J]. 植物学报, 1988, 30(6): 585~ 589
- [47] 刘成刚. 白皮松形成层超微结构及微管活动的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2000. 1~ 43
- [48] 张仲鸣, 崔克明, 李举怀. 白皮松形成层活动周期中过氧化物酶和脂酶同工酶的变化[J]. 北京大学学报, 1997, 33(2): 189~ 196
- [49] 张仲鸣, 崔克明, 李举怀. 白皮松形成层活动周期及其多糖储量和淀粉酶同工酶的变化[J]. 植物学报, 1997, 39: 156~ 162
- [50] 杨雄, 高信曾, 李武陵. 白皮松蛋白细胞中的 ATP 酶和酸性磷酸脂酶活性定位及其与季节变化的关系[J]. 西北植物学报, 1993, 13(1): 9~ 14
- [51] 杨雄, 高信曾. 白皮松蛋白细胞中酸性磷酸酯酶定位的超微结构研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1994, 30(2): 233~ 236
- [52] 何英姿, 刘忠敏. 古白皮松衰老机理的研究[J]. 广西工学院学报, 1997, 8(4): 78~ 81
- [53] 何英姿, 刘忠敏. 古白皮松衰老机理初探——超氧化物歧化酶脂质过氧化酶与衰老关系[J]. 广西工学院学报, 1994, 5(2): 28~ 32
- [54] 潘建芝, 刘克洲, 王娜. 白皮松腐烂病症状及防治[J]. 河北林业科技, 1998(3): 29
- [55] 顾淑荣, 朱至清, 赵敬芳, 等. 白皮松雌配子体愈伤组织的诱导和分化[J]. 植物学通报, 1994, 11: 77
- [56] 陈祖镭, 玉伏雄, 周馥. 白皮松成熟胚细胞的微体分布与超微结构特点[J]. 植物学报, 1986, 28(2): 132~ 136
- [57] 李海山, 曹文侠, 王兰州, 等. 油松与白皮松微弱电信号振荡的研究[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2000, 36(4): 77~ 81
- [58] 李江平. 白皮松药剂浸根栽植试验[J]. 陕西林业科技, 1995(1): 72

Distribution of Natural Resources and Research Review on *Pinus bungeana*

LI Bin, GU Warr-chun

(Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: The distribution of natural stands and the present status of natural resources of *Pinus bungeana* is summarized, and the research progress is reviewed, including taxation, resistances, morphologic variation, seed dormancy and break, seedling technology, utilization research and cambial ultrastructure, etc. Some problems, needed to be solved at present and in future about *Pinus bungeana* research are discussed and the suggestions are given.

Key words: *Pinus bungeana*; natural resources distribution; research progress; problem and suggestion