

美国黄松引种区气候分析及生长评价

张明霞, 唐德瑞*

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要:对我国 35 个美国黄松引种地的年平均气温、极端温度、无霜期、年日照时数、平均风速、年平均相对湿度和年降雨量等 10 个气候因子及美国黄松生长状况进行了主成分分析、聚类分析和相关性分析。结果表明:湿度因子(包括年平均相对湿度、无霜期、最低温度、年均温度、极端最低温度、年均风速)比温度因子(包括 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温、最高温度)重要。在植物引种驯化过程中,温度因子则比湿度因子重要。温度因子中最高温度常常对美国黄松的生长影响大;极端最低温度对美国黄松的生长亦有重要影响。依据各引种区美国黄松生长状况,将 35 个引种区的划分为 5 类。

关键词:美国黄松;气候因子;引种

中图分类号:S722.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2010)01-0066-05

Growth Evaluation & Climate Analysis of Introduced *Pinus ponderosa* in China

ZHANG Ming-xia, TANG De-rui*

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To analyze the 10 climate factors (annual average temperature, extreme temperatures, frost-free period, annual sunshine hours, average wind speed, annual average relative humidity and rainfall, etc) in 35 *Pinus ponderosa* introduction areas of China by using principal component analysis, cluster analysis and correlation analysis. The results showed that the humidity factors (such as the annual average relative humidity, frost-free period, the minimum temperature, average temperature, extreme minimum temperature, annual average wind speed) were more important than temperature factors (such as the accumulated temperature $\geq 10^{\circ}\text{C}$, the maximum temperature). In the plant introduction and acclimatization process, the temperature factor was more important than the humidity factor. The maximum temperature exhibited significant effects on the introduction and growth of *P. ponderosa*. The minimum temperature was not the climate weighting factor. The minimum temperature had a major impact on the growth of *P. ponderosa*. 35 introduction areas were divided into five levels based on growth situations.

Key words: *Pinus ponderosa*; climatic elements; introduction

美国黄松(*Pinus ponderosa*)是优良的抗火树种,其树形优美、材质优良、生长快、适应性及抗逆性均很强^[1-4]。由于分布区的不同,美国黄松形成了 3 个变种^[5-7]:西黄松(*Pinus ponderosa* Laws. var. *ponderosa*)、亚利桑那黄松[*Pinus ponderosa* var. *arizonica* (Engelm.) shaw.]和落基山黄松(*Pinus ponderosa* var. *scopulorum* Engelm.)。我国的美国黄松引种涉及生长状况、种源试验、生长特性、抗

寒性鉴定、不同营养土的配备、立枯病防治、组织培养技术和适生区气候区划等^[8-11]。本研究旨在分析导致林木引种生长状况差异的原因,以综合评价我国美国黄松引种质量。

1 研究方法

1.1 资料收集

美国黄松在我国南方北方均有引种^[12-13],包括

收稿日期:2009-09-27 修回日期:2009-10-21

基金项目:国家林业局“948”项目“美国黄松优良种源家系及快繁技术引进”(98-4-05)

作者简介:张明霞,女,硕士研究生,主要从事森林培育学研究。

* 通讯作者:唐德瑞,男,教授,博士生导师,主要从事森林培育及生态学的教学和研究。

甘肃的河西走廊、陇南两当县陈梁林场、兰州徐家山;陕西的榆林黑龙潭、长安南五台试验站、汉中县苗圃、榆林林业科学研究所、延安树木园、渭北永寿槐平林场、延安志丹县城关苗圃、周至县厚畛子林场、麟游县秦家沟、宝鸡陇县县苗圃、陇县龙门洞林场;辽宁的盖州熊岳树木园、清原县大边沟、普兰店市泡子乡、大连市金州、沈阳应用生态研究所树木园、吉林长春森林植物园;北京的八达岭附近的石质山地、植物研究所植物园;江苏南京中山植物园、江西庐山植物园、浙江富阳林科所、内蒙古呼和浩特树木园和上海、武昌、湖南长沙等地,共 35 个引种区。

林木的生长是环境因素与自身生物学特性综合作用的结果,环境因素中气候因素尤为重要^[14]。通过查阅文献和官方公布的气候资料,选出我国 35 个黄松引种区的 10 个气候因子(表 1)。选择气候因子的依据:一是要选入对林木生长影响显著的气候因子;二是所选气候因子便于测定;三是对初选的气候因子进行分析时剔除那些没有可比性的因子。最终确定年均温度、最高温度、最低温度、无霜期、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温、全年日照时数、年平均风速、极端最高温度、极端最低温度和年平均相对湿度共 10 个气候因子。

表 1 美国黄松 35 个引种区的气候因子汇总
Table 1 Ten climatic factors of 35 introduced areas of China

引种地	年均温度/℃	最高温度/℃	最低温度/℃	无霜期/d	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温/℃	年日照数/h	年平均风速/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	极端最高温度/℃	极端最低温度/℃	年平均相对湿度/%
河西走廊	7.2	20.5	-9.9	145	2 905.5	2 958.0	2.2	35.0	-30.0	
榆林黑龙潭	8.1	29.8	-11.2	61	3 350.0	2 925.5	3.0	40.8	-37.0	
兰州徐家山	9.1	22.2	-6.9	186	3 354.6	2 607.6	4.4	39.8	-23.1	
陇南两当县陈梁林场	11.4	23.4	-1.2	193	3 649.4	1 969.2	0.8	36.8	-15.0	70
辽宁盖州熊岳树木园	9.0	24.4	-9.2	169	3 516.0	2 829.0	2.7	36.6	-30.4	66
辽宁清原县大边沟	5.2	22.9	-19.5	133	2 821.0	2 419.0	3.1	37.5	-37.6	70
辽宁普兰店市泡子乡	9.4	23.7	-7.3	178	3 509.1	2 482.0	3.2	35.8	-23.5	67
辽宁省大连市金州	10.3	23.7	-5.0	183	3 674.3	2 500.0	10.7	38.1	-19.0	66
辽宁海城上英	8.4	24.7	-11.1	156	3 495.1	2 663.0	5.4	36.5	-33.7	66
八达岭附近石质山地	8.7	28.5	-3.7	156	4 120.0	2 380.0	3.1	37.5	-18.2	
北京植物研究所植物园	11.6	32.0	-2.5	189	4 000.0	2 400.0		38.0	-13.8	18
南京中山植物园	15.4	30.6	-1.6	237	4 845.0	2 213.0	5.7	43.0	-13	
庐山植物园	11.5	22.6	-0.1	253	3 295.5	1 330.0	5.4	32.0	-16.8	79.7
长春森林植物园	4.8	28.3	-22.4	151	2 950.0	2 641.0		38.0	-33.5	69
沈阳生态研究所树木园	7.4	24.6	-12.7	129	2 720.0	2 503.0	3.0	36.1	-28.5	
呼和浩特树木园	5.6	21.8	-13.5	140	2 840.0	2 594.0	1.8	37.3	-32.8	56
浙江富阳林科所	16.1	28.6	3.8	232	5 950.0	1 995.0	7.6	39.1	-4.4	76
上海	15.7	27.8	3.5	230	4 992.0	1 817.0	3.7	39.6	-8.9	
武昌	16.3	28.8	3.7	260	5 152.6	1 955.0	8.7	41.3	-18.1	
长沙	17.5	28.75	5.05	275	5 457.0	1 677.1		40.2	-7.5	
陕西林科所南五台试验站	13.2	26.1	-0.65	210	2 900.0	2 019.0		43.4	-17.1	73
汉中县苗圃	13.5	23.0	-3.7	246	4 650.0	1 770.0		42.6	-21.6	
渭南蒲城县高阳乡张家山	11.3	23.5	-6.0	208	3 935.6	1 490.0	3.4	39.4	-16.7	
榆林林业科学研究所	3.2	21.1	-5.95	165	3 135.0	2 857.0		35.6	-32.0	58
陕西延安树木园	9.4	22.9	-6.7	180	3 268.4	2 445.0	1.9	39.9	-28.5	62
宝鸡陇县县苗圃	10.9	22.5	-3.75	214	3 400.0	2 264.0	2.1	40.3	-19.9	
陇县龙门洞林场	8	19.2	-6.05	210	3 209.0	1 920.0	2.2	37.0	-20.5	
陇县八渡苗圃	8.6	22.5	-4.7	178	3 018.0	1 812.0	2.6	37.5	-22.1	
渭北永寿槐平林场	10.7	23.4	-4.1	190	2 994.0	2 226.5	1.7	38.0	-17.6	
渭北永寿县苗圃	10.8	24.0	-3.2	210	3 421.0	2 166.0	2.0	38.9	-17.4	
千阳县唐家山林场	11.8	24.5	-1.6	197	3 462.0	2 120.4	2.1	40.5	-19.9	69
扶风新店	12.4	22.5	-2.75	209	4 053.7	2 136.5	2.3	42.7	-19.5	60
延安志丹县城关苗圃	7.8	21.5	-7.9	142	2 971.1	2 387.4	1.4	37.4	-25.4	67
周至县厚畛子林场	6.4	29.7	-17.6	225	4 490.0	1 783.0	2.2	35.8	-20.6	70
麟游县秦家沟	9.2	22.1	-4.0	178	3 018.0	2 190.3	2.8	37.5	-22.1	

1.2 分析方法

运用 SPSS13.0 统计分析软件,通过主成分分析将气候因子和美国黄松生长指标中的大部分信息可以通过少数几个综合指标反映出来。根据不同引种区黄松生长表现,分析其生长规律与气候因子的相关性,以期实现对美国黄松引种区气候分析及生长评价^[15-16]。

2 结果与分析

2.1 主要引种区气候条件分析

影响美国黄松生长表现的气候因子很多,但作用大小却各不相同。针对众多因子,运用主成分分析法将多个相互关联的气候因子,重新组合为几个新的综合指标。对我国 35 个引种区的 10 个气候因子进行主成分分析,以累积贡献率大于 85% 的原则选择主成分,提取出对解释原有变量贡献最大的两个主成分。

表 2 列出了气候因子 10 个原性状指标转化的前 2 个主成分。第一个主成分的特征值是 7.195,方差贡献率为 65.411%。第二个主成分的特征值是 2.270,贡献率 20.633%,累计贡献率达到 86.043%(>85%)。故选取前 2 个主成分作为分析影响黄松生长状况的主要指标。

表 2 气候因子主成分的特征值、贡献率和累积贡献
Table 2 Eigenvalues of principal components,the contribution rate and the cumulative contribution of climatic elements

主成分	特征值	贡献率/%	累计百分数/%
1	7.195	65.411	65.411
2	2.270	20.633	86.043

由主成分(表 3)各因子载荷可知,第一主成分中的年平均相对湿度的因子载荷系数为 0.997;无霜期的因子荷载系数为 0.966;最低温度的因子荷载系数为 0.927;年均温度的因子荷载系数为 0.897;极端最低温度的因子荷载系数为 0.869;年均风速的因子荷载系数为 0.642。且以年平均相对湿度指标最大,所以将第一主成分命名为湿度因子。第二主成分中 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温的因子荷载系数为 0.827;最高温度的因子荷载系数为 0.814。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温系数最大,将第二主成分命名为温度因子。

2.2 美国黄松生长质量指标

美国黄松生长状况可用树高年均生长量和胸径年均生长量表示。美国黄松树龄、树高年平均生长量及胸径年平均生长量的载荷因子所占权重系数为 0.778、0.832 和 0.880,其中胸径年均生长量指标最大。

美国黄松生长质量状况的特征值中(表 4),第

一个主成分的特征值是 2.073,方差贡献率为 69.088%,是最主要的主成分。第二个主成分的特征值是 0.577,方差贡献率为 19.245%,累计贡献率达到 88.333%(>85%),已经代表了全部因子 88.333%的综合信息。

表 3 气候因子因子载荷矩阵
Table 3 Component matrix of climatic elements

变量值	因子提取 1	因子提取 2
年均温度/ $^{\circ}\text{C}$	0.897	0.389
最高温度/ $^{\circ}\text{C}$	0.214	0.814
最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	0.927	0.199
极端最高温度/ $^{\circ}\text{C}$	-0.783	0.459
极端最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	0.869	0.164
无霜期/d	0.966	-0.162
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温/ $^{\circ}\text{C}$	0.552	0.827
年日照数/h	-0.871	0.327
年均风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	0.642	-0.585
年平均相对湿度/%	0.997	-0.012

表 4 美国黄松生长状况特征值
Table 4 Eigenvalues of principal components and the contribution rate of *P. ponderosa*

主成分	特征值	贡献率/%	累计百分数/%
1	2.073	69.088	69.088
2	0.577	19.245	88.333
3	0.350	11.667	100.000

依据原理: $F=F(A,\overline{H},\overline{D})=\alpha_1A+\alpha_2\overline{H}+\alpha_3\overline{D}$ 其中: F 为美国黄松树木生长质量指标; $\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3$ 为载荷系数; A 为美国黄松树木年龄; \overline{H} 为美国黄松树高年均生长量; \overline{D} 为美国黄松胸径年均生长量)。

采用引种区美国黄松的平均年龄 10 年,以权重系数分别乘以原始数据,计算美国黄松生长质量综合指标 F (表 5)。

2.3 美国黄松生长状况分类

依据美国黄松生长质量综合指标 F 的范围,可将 35 个引种区划分为 5 个级别:生长最好地区($25.26\sim 7.32$)>生长优良地区($6.8\sim 5.45$)>生长良好地区($4.61\sim 1.5$)>可生长地区($1.1\sim 1$)>生长不良地区($0.34\sim 0$)。

生长最好引种地(生长迅速,抗寒、抗旱,无病虫害危害):陕西延安树木园、陕西榆林黑龙潭、辽宁盖州熊岳树木园、渭北永寿县苗圃、内蒙古呼和浩特树木园、麟游县秦家沟、千阳县唐家山林场、辽宁省大连市金州、榆林地区林业科学研究所、辽宁普兰店市泡子乡、辽宁清原县大边沟、陇县八渡苗圃、周至县厚畛子林场、渭北永寿槐平林场。

生长优良引种地(长速较快,有较强适应性):辽宁海城上英、渭南蒲城县高阳乡张家山、扶风新店、陇县龙门洞林场、延安志丹县城关苗圃、北京植物研

究所植物园。

生长良好引种地(生长良好稳定,有强适应性):
陕西长安陕西林科所南五台试验站、甘肃陇南两当
县陈梁林场、兰州徐家山、河西走廊、宝鸡陇县县苗
圃、陕西汉中县苗圃、北京八达岭附近的石质山地。

可生长引种地:吉林长春森林植物园、辽宁沈阳
应用生态研究所树木园。

生长不良引种地:浙江富阳林科所、上海、武昌、
湖南长沙、江西庐山植物园、江苏南京中山植物园。

表 5 美国黄松生长质量综合指标

Table 5 Comprehensive quality index of *P. ponderosa*

引种地	树高年平均 生长量/m	胸径年平均 生长量/cm	<i>F</i>	引种地	树高年平均 生长量/m	胸径年平均 生长量/cm	<i>F</i>
河西走廊	0.12	0.39	3.89	武昌	0.05	0.13	0.10
陕西榆林黑龙潭	0.22	0.53	14.66	长沙	0.06	0.14	0.20
兰州徐家山	0.11	0.38	4.32	陕西林科所	0.23	0.60	4.61
陇南两当县陈梁林场	0.12	0.39	4.34	陕西汉中县苗圃	0.09	0.28	1.56
辽宁盖州熊岳树木园	0.15	0.37	24.58	蒲城县高阳乡张家山	0.16	0.34	6.66
辽宁清原县大边沟	0.22	0.31	8.24	榆林林业科学研究所	0.21	0.36	8.28
辽宁普兰店市泡子乡	0.23	0.31	8.25	陕西延安树木园	0.10	0.31	25.26
辽宁省大连市金州	0.23	0.34	8.28	宝鸡陇县县苗圃	0.18	0.38	3.26
辽宁海城上英	0.23	0.37	6.80	陇县龙门洞林场	0.45	0.52	5.82
八达岭附近的石质山地	0.09	0.27	1.50	陇县八渡苗圃	0.22	0.36	7.51
北京植物研究所植物园	0.34	0.45	5.45	渭北永寿槐平林场	0.19	0.36	7.32
江苏南京中山植物园	0.07	0.18	0.34	渭北永寿县苗圃	0.22	0.53	14.66
江西庐山植物园	0.07	0.12	0.30	千阳县唐家人林场	0.21	0.36	8.28
吉林长春森林植物园	0.08	0.22	1.10	扶风新店	0.20	0.53	6.08
沈阳生态研究所树木园	0.08	0.21	1.00	延安志丹县城关苗圃	0.13	0.28	5.81
呼和浩特树木园	0.16	0.46	10.9	周至县厚畛子林场	0.24	0.30	7.47
浙江富阳林科所	0.02	0.11	0.01	麟游县秦家沟	0.24	0.45	9.16
上海	0.03	0.12	0.05				

2.4 美国黄松生长质量指标与气候因子的关系

美国黄松生长质量指标与主要气候因子间相关性分析表明(表 6),美国黄松生长质量指标与最低温度、年均风速和年平均相对湿度呈弱线性负相关关系;与年均温度、最高温度、极端最低温度、无霜期、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温呈强线性负相关关系,其中与极端最低温度达到极显著,相关系数为 -0.437 。美国黄松生长质量指标与第一气候主成分因子呈弱线性负

相关关系;与第二主成分气候因子和气候因子综合指标呈现强线性负相关关系。

可见美国黄松生长质量指标与年均温度、最高温度、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温、无霜期、极端最低温度存在显著或极显著相关关系,而与最低温度、年均风速和年平均相对湿度相关性较弱。说明湿度因子对美国黄松生长质量指标的影响不显著,而温度因子对美国黄松生长质量指标的影响显著。

表 6 美国黄松生长质量指标与主要气候因子相关性分析

Table 6 Comprehensive quality index of <i>P. ponderosa</i> with each growth index correlation analysis								
	年均温度	最高温度	最低温度	极端最低温度	无霜期	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温	年均风速	年平均 相对湿度
相关系数	-0.363^{*}	-0.361^{*}	-0.282	-0.437^{**}	-0.344^{*}	-0.399^{*}	-0.319	-0.096
<i>F</i> <i>p</i> 值	0.032	0.033	0.101	0.009	0.043	0.018	0.092	0.678
<i>n</i>	35	35	35	35	35	35	35	35

3 结论

3.1 主要引种区气候条件分析

量化分析众多影响美国黄松生长表现的气候因子,得到用两个主成分就能很好地反映原气候因子所包含的几乎所有信息。第一主成分湿度因子中包括年平均相对湿度、无霜期、最低温度、年均温度、极端最低温度、年均风速。且年平均相对湿度指标最大。第二主成分温度因子包括 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温、最高

温度。

3.2 美国黄松生长质量指标与气候因子的关系

依据美国黄松的生长质量指标,将 35 个引种区划分为 5 个级别。在我国北方的陕西榆林黑龙潭、辽宁盖州熊岳树木园和呼和浩特树木园等地生长迅速、抗寒、抗旱,无病虫害危害,适应性强。而在我国南方的浙江富阳林科所、上海和长沙等地多生长不良。初步认为我国北方地区适宜引种美国黄松,今后可扩大引种。

气候因子的第一主成分湿度因子对美国黄松的生长影响并不显著,其第一主成分中的权重因子年平均相对湿度,与美国黄松的生长相关系数仅为 0.478。

气候第二主成分温度因子对美国黄松的生长影响极显著,其中 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温与美国黄松的生长的相关系数达 0.987。

在植物引种驯化过程中,温度因子比湿度因子重要,是气候因子中影响植物引种驯化成功的主成分因子。温度因子中最高温度常对引种美国黄松的生长影响很大;最低温度并不是权重因子;极端最低温度也对美国黄松的生长有重要影响。这些在今后的植物引种驯化工作中应引起注意。

参考文献：

[1] 潘静,唐德瑞,车少辉,等.我国引种太平洋黄松的气候适生区划[J].西北林学院学报,2008,23(3):80-84.

[2] 侯琳,唐德瑞,李骁.不同种源美国黄松苗期生长差异分析[J].内蒙古农业大学学报,2003,24(1):98-102.

[3] 张成高,唐德瑞.美国黄松异砧嫁接繁殖研究[J].西北林学院学报,2005,20(2):100-103.

[4] 李科友,唐德瑞,朱海兰.美国黄松组织培养不定根诱导的研究[J].西北植物学报,2003,23(3):464-467.

(上接第 60 页)

3 结 论

参试家系在种子发芽率和发芽势性状上变异较大,其变异系数分别达到 49.70%和 68.53%,在苗期性状上家系间变异幅度更大,除地径和叶长宽比性状外,其他性状均存在极显著差异,具有较大的家系选择潜力。由于各性状家系内变异程度较大,变异系数在 5.88%~36.79%之间,说明有必要开展家系内优良单株选择。苗期的生长量与叶的主要成分关系密切,表明通过选择育种可获得生长量和叶主要成分含量两者兼优的杜仲优良品种。

选出优良家系 2 个和优良单株 6 株,在苗高和地径性状上,中选的优良家系和优良单株的均值分别较群体均值提高了 17.65%、10.56%(家系选择)及 53.67%、45.41%(单株选择)。由于本研究仅基于 1a 生结果,所以有关选择结果有待进一步观察研究。

[5] 李书靖,党宏忠,王芳,等.黄松、班克松引种试验研究[J].甘肃林业科技,2001,26(1):1-4.

[6] 张立功,王喜武,张仁慈,等.黄松引种研究[J].东北林业大学学报,1997,25(2):9-12.

[7] 罗伟祥,宋西德,侯琳,等.黄土高原美国黄松引种生长调查研究[J].陕西林业科技,1998(1):1-8,12.

[8] 周永学,樊军锋,龚月桦.美国黄松的生长特性和抗寒性研究[J].林业科学研究,2007,20(4):500-505.

[9] 侯琳,唐德瑞,王谊,等.美国黄松个体高生长过程研究[J].西南林学院学报,2003,23(1):10-12,20.

[10] 周永学,樊军锋,高建社,等.美国黄松在陕西黄土丘陵山地引种效果分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(4):83-86.

[11] 周永学,樊军锋,杨培华,等.陕西陇县引种美国黄松生长调查[J].西北林学院学报,2005,20(3):74-77.

[12] 陈斌,葛宏元.河西走廊引种栽培美国黄松试验[J].林业实用技术,2006(1):42.

[13] 白红霞,陈延,曹锋.黑龙潭树木园引种美国黄松生长调查[J].陕西林业科技,2008(1):80-81,91.

[14] 吴中伦.国外树种引种概论[M].北京:科学出版社,1983:135-136.

[15] 薛薇.基于 SPSS 的数据分析[M].北京:中国人民大学出版社,2006.

[16] 乔德奎,唐德瑞,何佳林,等.陕西主要叶用银杏生长特性指标与内酯相关性分析[J].西北林学院学报,2009,24(3):49-53.

参考文献：

[1] 杜红岩.杜仲优质高产栽培[M].北京:中国林业出版社,1996,1-4,58-73.

[2] 张康健.杜仲[M].北京:中国林业出版社,1990,1-16.

[3] 张康健,苏印泉,张 檀.中国杜仲优良品种选育[M].陕西杨陵:西北农林科技大学出版,2002:1-11,43-52.

[4] 张康健,张 檀.中国神树——杜仲[M].北京:经济管理出版社,1997:1-6.

[5] 李时珍.本草纲目[M].清朝初期本礼堂刊本,木本第三十五卷上:1590-1596.

[6] 张康健,王蓝,张风云,等.杜仲叶与皮有效成分含量的比较研究[J].西北林学院学报,1996,11(2):42-46.

[7] 张博勇,张康健,张 檀,等.秦仲 1-4 号优良品种选育研究[J].西北林学院学报,2004,19(3):18-20.

[8] 杜红岩,张再元,刘本端,等.华仲 1 号等 5 个杜仲优良无性系的选育[J].西北林学院学报,1994,9(4):27-31.

[9] 尉 芹,王冬梅,马希汉,等.杜仲叶总黄酮含量测定方法研究[J].西北农林科技大学学报,2001,29(5):119-123.

[10] 李火根.杜仲优树选择方法与标准的初步研究[J].经济林研究,1994,12(1):22-26.