林业科学研究 2009, 22(1): 75～79
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2009)01-0075-05

Pilodyn在日本落叶松活立木材性指标预测中的应用

朱景乐[1,2], 王军辉[1], 张守攻[1*], 张建国[1], 孙晓梅[1], 梁保松[3], 赵 鲲[4]

(1. 中国林业科学研究院林业研究所,国家林业局林木培育重点实验室,北京 100091; 2. 中国林业科学研究院经济林研究开发中心,河南 郑州 450003; 3. 河南农业大学林学园艺学院,河南 郑州 450002; 4. 河南洛阳林业科学研究所,河南 洛阳 471002)

摘要:在野外利用 Pilodyn对日本落叶松活立木南北向木材进行了探测,在室内测定了木芯的基本密度及早晚材的管胞长度和管胞宽度,用 Pilodyn探测数据和实际密度建立了回归方程,并用该方程和其他的 Pilodyn探测值预测了对应活立木的木材密度。结果表明:日本落叶松 Pilodyn南向探测值 *Ps*为 15.50 mm,比北向平均值 *Pn*高 5.5%。*Pn*、*Ps*和 *Pa*与外侧木材的平均基本密度(*Dao*)呈极显著负相关,相关系数比 *Pn*、*Ps*和 *Pa*与整株木材的平均基本密度(*Da*)的大。*Pn*、*Ps*和 *Pa*与胸径呈极显著负相关,胸径与北向探测值(*Pn*)的相关系数较胸径与南向探测值(*Ps*)的高。木材基本密度对 Pilodyn探测值的贡献率最大(40.4%)。*Pa*与 *Da*和 *Dao*均存在极显著的负相关关系,显著性概率 $P=0.0001$。日本落叶松 Pilodyn探测值(*Pa*)与晚材管胞长、宽存在极显著负相关关系。采用 Pilodyn探测值(*Pa*)能够很好的预测日本落叶松活立木外侧木材基本密度(*Dao*)和晚材的纤维长度和纤维宽度,也能够预测整株木材的基本密度(*Da*)。

关键词:日本落叶松; Pilodyn;木材基本密度;管胞长度;管胞宽度;相关关系

中图分类号: S791.22 **文献标识码**: A

Using the Pilodyn to Assess Wood Traits of Standing Trees *Larix kaempfri*

ZHU Jing-le[1,2], *WANG Jun-hui*[1], *ZHANG Shou-gong*[1], *ZHANG Jian-guo*[1], *SUN Xiao-mei*[1], *LIANG Bao-song*[3], *ZHAO Kun*[4]

(1. Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Non-timber Forestry Research and Development Center, CAF, Zhengzhou 450003, He'nan, China; 3. Forestry and Horticulture College of He'nan Agriculture University, Zhengzhou 450002, He'nan, China; 4. Forestry Research Institute of Luoyang, Luoyang 471002, He'nan, China)

Abstract: The standing tree of *Larix kaempfri* was penetrated with Pilodyn in both south and north directions in the field, and the wood basic density, fiber length and width of increment core were menstruated in laboratory. Through the analysis of Pilodyn penetration, the basic density of increment core, fiber length and fiber width, the result showed that the average of the Pilodyn penetration of *Larix kaempfri* in south direction was 15.50 mm, which was 5.5% higher than that in north direction. Pilodyn penetration *Pn*, *Ps*, and *Pa* had a significant negative correlation with the outerwood density (*Dao*). The correlation coefficient was higher than that between the *Pn*, *Ps*, *Pa* and the basic density. *Pn*, *Ps* and *Pa* had a significant negative correlation with breast diameter (*DBH*). The correlation coefficient

收稿日期: 2007-06-20 修回日期: 2008-10-19

基金项目: 948项目"纸浆材性状测定与应用技术引进(2005-4-56)"和国家科技支撑计划"高产优质多抗落叶松、云杉新品种选育"(2006BAD01A1401)课题资助

作者简介: 朱景乐(1982—),男,河南洛阳人,研究实习员,从事木材材性的遗传改良.

*通信作者: E-mail: shougong zhang@caf.ac.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

between breast diameter(*DBH*) and Pilodyn penetration in north direction was bigger than that in south direction. The biggest contribution rate to the Pilodyn penetration was basic density(40.4%), and *Pa* had significant negative correlation with both *Da* and *Dao*, the significant probability was $P = 0.0001$. The Pilodyn penetration(*Pa*) of *Larix kaempfri* had a significant negative correlation with wood fiber character(later wood fiber length and later wood fiber width). The Pilodyn penetration could estimate the average of outerwood density(*Dao*) and fiber length and fiber width of laterwood in an entire radial direction in standing tree of *Larix kaempfri*, and it could also estimate the basic wood density (*Da*) in an entire radial direction.

Key words: *Larix kaempfri*; Pilodyn; basic density; fiber length; fiber width; correlation coefficient

日本落叶松 (*Larix kaempferi*(Lamb.) Carr.) 是我国北方及南方亚高山地区的重要造林针叶树种,它早期速生、成林快、易于栽培、适应性广[1];而且木材密度较其它针叶树种高,单位种植面积产木材量大,工业利用率高,是较好的造纸原料[2-3]。木材密度是木材重要的物理性质指标。活立木密度测定的常规方法是在木材的胸高处用生长锥取木芯,然后利用排水法测定木材的基本密度。这种方法程序繁杂,耗时较长,而且在一定程度上损坏树木。Pilodyn是一种无损检测的仪器,用于间接的测定木材基本密度等材性指标。国外对 Pilodyn在多个树种上进行了研究,认为 Pilodyn是迅速而非破坏性测试活立木木材密度的好方法,可替代传统取木芯测定木材密度的方法,利用 Pilodyn可以进行木材密度的早期选择,加速林木育种进程[4-7],而我国在此方面却报道的极少,本文利用 Pilodyn测定日本落叶松幼龄材,并与生长锥取样求得的木材密度进行比较和统计分析,旨在为日本落叶松的木材利用、材性评价以及进一步改良等工作提供间接的评价指标,同时探寻一种快速无损测量木材密度及与木材密度相关的材性指标的方法。

1 试验地概况

试验林位于河南省西部伏牛山北坡的嵩县五马寺林场杨树岭林区 (33°34′～35°54′N, 111°47′～112°15′E),海拔 1 400 m,年均气温 8.4 ℃,7月平均气温为 24.7 ℃,1月平均气温为 -5.5 ℃。无霜期 178 d,年降水量 800～1 200 mm,空气相对湿度 80%;土壤为棕壤,pH值 6.0左右。种源试验林定植于 1993年,坡向是北坡,坡度 20°;造林前试验地是以栎类为主的落叶阔叶林采伐迹地。造林采用带状整地,株行距 2 m ×2 m。日本落叶松种源试验林林木胸径 6～15 cm。

2 研究方法

2.1 Pliodyn的工作原理

Pilodyn的工作原理是以预先设定好的能量,将一个固定规格的探针射入到木材中,探针射入的深度就是检测的结果,这与木材密度及木材的纤维特征有密切负相关关系。木材密度大,射入深度浅,反之,则射入深度深[8-12]。用所得到的 Pilodyn探测数据和实际密度建立回归方程,并用该方程和其他的 Pilodyn探测值预测对应活立木的木材密度。

本次试验选用的是 6J能量,直径 2.5 mm探针型号的 Pilodyn和内径 5 mm的生长锥。

2.2 材性指标的测定和取样方法

(1)在种源试验林内,按照随机原则共选取日本落叶松 95棵。在胸高处正南方向剥去活立木少量外部树皮,用 Pilodyn探测 2次,如果 2次探测读数的误差在 2 mm以内,则取 2次读数的平均值作为南向 Pilodyn的探测值 *Ps*;如果 2次探测读数的误差大于 2 mm,则需要进行第 3次南向 Pilodyn探测,然后在 3个读数中选择 2个误差在 2 mm以内,且最接近的 2个读数的平均数作为 *Ps*;同样的方法获得北向 Pilodyn的测定值 *Pn*,求得 *Ps*和 *Pn*的平均值 *Pa* 作为整株树木的 Pilodyn探测值。

(2)测定后在胸高处相同位置用内径 5 mm的生长锥进行木芯取样,从树皮取到髓心,南北方向各取 1个木芯进行室内材性指标的测定。

(3)室内材性指标的测定包括木材基本密度、早材管胞长度、早材管胞宽度、晚材管胞长度和晚材管胞宽度。木材密度的测定采用饱和含水量法,分为南向外侧 25 mm木材基本密度 (*Dso*)、北向外侧 25 mm木材基本密度 (*Dno*)及其外侧 25 mm木材基本密度平均值 (*Dao*);南向整株木材基本密度 (*Ds*)、北向整株木材基本密度 (*Dn*)及其整株木材基本密度平均值 (*Da*)。管胞性状的测定采用硝酸离析法。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3 数据统计分析

将测试样本中不符合 Pilodyn探测精度的数据剔除后,使用 spss13.0软件对数据进行分析。

(1)分析木材基本密度 (*Da*)、外侧木材基本密度 (*Dao*)、及 Pilodyn探测值间的相关关系。

(2)由各变量标准化偏回归系数占标准化偏回归系数总和的百分比计算各自贡献率,研究木材密度、管胞长度和管胞宽度对 Pilodyn探测值贡献的大小。模型为:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3$$

(3)采用回归分析方法建立 Pilodyn探测值预测木材密度的回归方程。模型为:

$$y = b + ax$$

3 结果与分析

3.1 日本落叶松不同方向 Pilodyn探测值的遗传变异

由表 1可知:日本落叶松北向 Pilodyn探测值 (*Pn*)最低为 10.0 mm,最高为 22.6 mm,南向 Pilodyn探测值 (*Ps*)最低为 10.7 mm,最高为 24.2 mm。所有南向 Pilodyn探测值的平均值为 15.50 mm,比北向高 5.5% (14.69 mm),配对样本 *T*检验的结果为南北方向 Pilodyn探测值的差异显著 ($P = 0.0340$)。

利用饱和含水量法测定的北向外侧木材基本密度 (*Dno*)最低为 0.3049 g·cm^{-3},最高为 0.4482 g·cm^{-3},南向外侧的木材基本密度 (*Dso*)最低为 0.2902 g·cm^{-3},最高为 0.4846 g·cm^{-3}。所有南向外侧的木材基本密度的平均数为 0.3818 g·cm^{-3},比北向外侧的木材基本密度平均值 (*Dno*)高 3.8% (0.3677 g·cm^{-3})。配对样本 *T*检验的结果为南北方向外侧的木材基本密度差异显著 ($P = 0.0128$)。

北向整株木材基本密度 (*Dn*)最低为 0.2900 g·cm^{-3},最高为 0.4099 g·cm^{-3},南向整株木材基本密度 (*Ds*)最低为 0.3035,最高为 0.4251 g·cm^{-3},所有北向整株木材基本密度的平均数为 0.3517 g·cm^{-3},与南向整株木材基本密度 *Ds* (0.3515 g·cm^{-3})相差不大,配对样本 *T*检验的结果为南北方向整株木材基本密度的差异不显著 ($P = 0.9577$)。

表 1　日本落叶松南北方向 Pilodyn探测值和生长锥木芯基本密度值

项目		平均值	标准差	最小值	最大值	变异系数 /%
Pilodyn探测值 (1) /mm	*Pn*	14.69	2.44	10.0	22.6	16.6
	Ps	15.50	2.76	10.7	24.2	17.8
	Pa	15.10	2.47	10.4	23.4	16.4
木材基本密度 (2) /(g·cm^{-3})	*Dn*	0.3517	0.0231	0.2900	0.4099	6.6
	Ds	0.3515	0.0242	0.3035	0.4251	6.9
	Da	0.3523	0.0216	0.3031	0.4172	6.1
	Dno	0.3677	0.0323	0.3049	0.4482	8.8
	Dso	0.3818	0.0440	0.2902	0.4846	11.5
	Dao	0.3747	0.0315	0.3083	0.4422	8.4

注: (1)为 Pilodyn探测值: *Pn*为北向木材 Pilodyn探测值, *Ps*为南向木材 Pilodyn探测值, *Pa*为 *Ps*和 *Pn*的平均值。(2)为生长锥木芯基本密度值: *Dso*为南向外侧 25 mm木材基本密度; *Dno*为北向外侧 25 mm木材基本密度; *Dao*为外侧 25 mm木材基本密度平均值; *Ds*为南向整株木材基本密度; *Dn*为北向整株木材基本密度; *Da*为整株木材基本密度平均值。

3.2 日本落叶松 Pilodyn探测值和木材基本密度的相关关系

由表 2可知: Pilodyn探测值 *Pn*、*Ps*和 *Pa*与外侧木材的平均基本密度 *Dao*呈极显著负相关,相关系数为 -0.5275、-0.5779、-0.5827,大于 *Pn*、*Ps*和 *Pa*与整株木材的平均基本密度 (*Da*)的相关系数。

表 2　Pilodyn测定结果与木材基本密度的相关关系

项目	外侧木材基本密度			木材基本密度		
	Dno	*Dso*	*Dao*	*Dn*	*Ds*	*Da*
Pn	-0.5225 (0.0001)	-0.3722 (0.0002)	-0.5275 (0.0001)	-0.4313 (0.0001)	-0.4640 (0.0001)	-0.5029 (0.0001)
Ps	-0.5113 (0.0001)	-0.4526 (0.0001)	-0.5779 (0.0001)	-0.3781 (0.0002)	-0.4711 (0.0001)	-0.4756 (0.0001)
Pa	-0.5430 (0.0001)	-0.4362 (0.0001)	-0.5827 (0.0001)	-0.4237 (0.0001)	-0.4917 (0.0001)	-0.5134 (0.0001)

注: $df = 95$,括号内为显著性概率

3.3 日本落叶松 Pilodyn探测值与木材纤维特性和生长的相关关系

由表 3可知: Pilodyn探测值 *Pn*、*Ps*和 *Pa*与早材管胞长、早材管胞宽的相关关系均不显著 ($P > 0.05$),而 *Pn*、*Ps*和 *Pa*与晚材管胞长和晚材管胞宽呈极显著的负相关关系 ($P < 0.001$),相关系数分别

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

为 -0.314 8、-0.444 0、-0.403 1和 -0.308 3、-0.311 6、-0.325 9。南向探测值 (*Ps*)与晚材管胞长、晚材管胞宽的相关系数大于北向探测值 (*Pn*)与晚材管胞长、晚材管胞宽的相关系数。*Pn*、*Ps*和 *Pa*与胸径 (*DBH*)呈极显著的负相关,相关系数分别为 -0.410 0、-0.352 3、-0.398 7。

表 3 Pilodyn探测值与木材纤维特性、生长的相关关系

项目	木材纤维特性				胸径
	早材管胞长	早材管胞宽	晚材管胞长	晚材管胞宽	
Pn	-0.000 8(0.993 8)	-0.056 4(0.586 9)	-0.314 8(0.001 9)	-0.308 3(0.002 4)	-0.410 0(0.000 1)
Ps	-0.081 6(0.431 7)	-0.056 0(0.589 7)	-0.444 0(0.000 1)	-0.311 6(0.002 1)	-0.352 3(0.000 5)
Pa	-0.046 0(0.658 0)	-0.059 1(0.596 4)	-0.403 1(0.000 1)	-0.325 9(0.001 3)	-0.398 7(0.000 1)

注: $df = 95$,括号内为显著性概率

3.4 日本落叶松 Pilodyn探测值贡献率的剖分

Pilodyn探测值与其它性状之间的关系可用多元回归模型表示:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4$$

由表 4可知:各回归方程呈极显著相关。对日本落叶松北向 Pilodyn探测值贡献率最大的是北向木材基本密度 *Dn* (38.5%),依次是晚材管胞长 (30.6%),而胸径 (17.3%)和晚材管胞宽 (13.5%)的贡献率相差不大。南向 Pilodyn探测值贡献率的排序与北向稍有不同,胸径贡献率超过晚材管胞长的贡献率,但贡献率最大的是南向木材基本密度 (37.2%)。几个方程均是木材密度对 Pilodyn探测值的贡献率最大,所以 Pilodyn的变化和木材密度的变化联系最紧密。

表 4 Pilodyn探测值与其它性状的多元回归分析

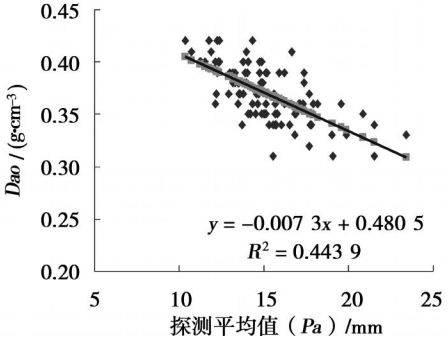
项目	估计参数的偏回归系数			估计参数的显著性概率			各因子的贡献率 /%		
	Pn	*Ps*	*Pa*	*Pn*	*Ps*	*Pa*	*Pn*	*Ps*	*Pa*
常数 (B_0)	46.498 8	58.559 4	55.150 8	0.000 1	0.000 1	0.000 1			
木材密度 *Dn*/*Ds*/*Da* (X_1)	-38.326 3	-45.687 4	-50.145 4	0.000 1	0.000 1	0.000 1	38.5	37.2	40.4
胸径 (X_2)	-0.230 6	-0.183 6	-0.197 2	0.005 1	0.034 4	0.009 7	17.3	26.1	19.9
晚材管胞长 (X_3)	-0.002 9	-0.006 6	-0.004 7	0.082 1	0.000 3	0.002 8	30.6	16.1	23.4
晚材管胞宽 (X_4)	-0.263 5	-0.208 1	-0.233 8	0.025 0	0.098 2	0.032 9	13.5	20.6	16.3

3.5 日本落叶松 Pilodyn探测值和木材密度回归模型的建立

日本落叶松各个方向的 Pilodyn探测值和对应方向上木材密度的关系可用线性方程 $y = b + ax$表示,各个方向上 Pilodyn和对应的木材密度均存在极显著的回归关系 ($P < 0.000\ 1$),各参数值和方程的决定系数如表 5所示。使用整株树木的 Pilodyn探测值 (*Pa*)预测的木材基本密度 (*Da*)和木材外侧基本密度 (*Dao*)的线性方程如图 1所示。由图 1可知, *Pa*与 *Dao*间方程的决定系数为 0.443 9,大于 *Pa*与 *Da*间方程的决定系数 (0.263 6), Pilodyn既可以预测木材的基本密度,也可以预测木材的外侧基本密度,而且预测效果比前者好。

表 5 Pilodyn测定值与木材基本密度的回归分析

y	*x*	*a*	*b*	决定系数 (R^2)	显著性概率 (*P*)
Dn	*Pn*	-0.004 093	0.411 8	0.186 0	0.000 1
Ds	*Ps*	-0.004 121	0.415 4	0.221 9	0.000 1
Da	*Pa*	-0.004 439	0.419 9	0.263 6	0.000 1
Dno	*Pn*	-0.006 917	0.469 3	0.273 0	0.000 1
Dso	*Ps*	-0.007 200	0.493 4	0.204 9	0.000 1
Dao	*Pa*	-0.007 300	0.480 5	0.339 5	0.000 1



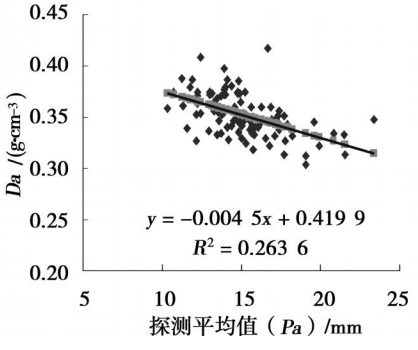


图 1 日本落叶松 Pilodyn探测值 (*Pa*)与木材外侧基本密度 (*Dao*)和整株木材基本密度 (*Da*)的关系

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4 结论和讨论

(1)日本落叶松南向木材的 Pilodyn平均值为 15.50 mm,比北向木材的 Pilodyn平均值高 5.5%。利用饱和含水量法测定的日本落叶松树干南向外侧的木材基本密度平均值为 0.381 8 g·cm^{-3},比北向外侧木材基本密度 (*Dno*)高 3.8%;北向整株木材基本密度 *Dn*平均值为 0.351 7 g·cm^{-3},与南向整株木材基本密度 *Ds*相差不大。配对样本 *T*检验得到木材的外部密度和 Pilodyn探测值南北两向均存在显著差异的结果,说明了 Pilodyn探测值能得到和木材外部密度一致的检验结果。

(2) Pilodyn探测值 *Pn*、*Ps*和 *Pa*与外侧木材的平均基本密度 (*Dao*)呈极显著负相关,大于 *Pn*、*Ps*和 *Pa*与整株木材的平均基本密度 (*Da*)的相关系数。Cown[5]研究表明,辐射松 (*pinus radiata* D. Don)的 Pilodyn探测值与其木材密度呈显著负相关,相关系数高达 0.96。加拿大 Hall在 18个不同林龄的白云杉中大批量试用,并与传统排水法所测的结果进行比较以检验其可用性和范围, Pilodyn的读数与直测木材密度的相关系数因树种的变动范围是 -0.451～-0.564[13-15]。本文的研究结果表明,采用 Pilodyn探测值 *Pa*能够很好的预测日本落叶松活立木径向方向外侧部分的木材基本密度 (*Dao*),也能够预测整个径向方向上木材的基本密度 (*Da*),但预测效果稍差。因采样方法和不同树种间材性的差异,并未得到 Pilodyn和木材密度间非常高的相关关系,但是也足以证明 Pilodyn在我国日本落叶松幼林木材密度预测中应用的可行性。在进行过严格试验设计的华山松 (*Pinus armandii* Franch.)、毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr.)及日本落叶松试验林中进行测试,试验的精度有较大的提高[16-18]。

(3) *Pn*、*Ps*和 *Pa*与胸径 (*DBH*)呈极显著的负相关;北向探测值 (*Pn*)与胸径 (*DBH*)的相关系数较南向探测值 (*Ps*)与胸径 (*DBH*)的相关系数大。木材基本密度 (*Da*)对 Pilodyn探测值 (*Pa*)的贡献率最大 (40.4%)。*Pa*与 *Da*和 *Dao*均存在极显著的回归关系,显著性概率小于 0.000 1。

(4) *Pn*、*Ps*和 *Pa*与晚材管胞长、晚材管胞宽呈极显著的负相关关系 ($P<0.001$),南方探测值 (*Ps*)与晚材管胞长和晚材管胞宽的相关系数大于北向探测值 (*Pn*)与晚材管胞长和晚材管胞宽的相关系数。日本落叶松 Pilodyn探测值 (*Pa*)与木材纤维特性 (晚材管胞长、晚材管胞宽)存在极显著负相关关系,因此采用 Pilodyn探测值快速预测日本落叶松活立木的木材纤维特性也存在一定可行性。

参考文献:

[1] 马常耕. 落叶松种和种源选择 [M]. 北京:农业大学出版社, 1992

[2] 周　鉴. 中国落叶松属木材 [M]. 林业出版社, 2001: 166 - 173

[3] 王军辉,陆熙娴,张守攻. 落叶松制浆造纸适应性及开发利用的前景 [J]. 中国造纸, 2004, 23(6): 47 - 52

[4] Watt M S, Garnett B T, Walker J C F. The use of the Pilodyn for assessing outerwood density in New Zealand radiata pine[J]. For Prod J, 1996, 46: 101 - 106

[5] Cown D J. Comparison of the Pilodyn and torsiometer methods for the rapid assessment of wood density in living trees[J]. N Z J For Sci, 1978, 8: 384 - 391

[6] Wang T L, Aitken S N. Selection for improved growth and wood density in lodgepole pine: effects on radial patterns of wood variation [J]. Wood Fiber Sci, 2000, 32(4): 391 - 403

[7] Gough G, Barnes R D. A comparison of three methods of wood density assessment in a *Pinus elliottii* progeny test[J]. South African Forestry, 1984, 128: 22 - 25

[8] Greaves B L, Borralho N M G, Raymond C A, *et al*. Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens* [J]. Canadian Journal of Forest Research, 1996, 26: 1643 - 1650

[9] King J N, Yeh F C, Heaman J C. Selection of wood density and diamter in controlled crosses of coastal Douglas-fir[J]. Silvae Genetica, 1988, 37: 152 - 157

[10] Micko M M, Wang E I C, Taylor F W, *et al*. Determination of wood density in standing white spruce using Pilodyn tester[J]. The Forestry Chronicle, 1982, 58 (4): 178 - 180

[11] Moura V P G, Barnes R D, Birks J S. A comparison of three methods of assessing wood density inprovenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and other *Eucalyptus* spp. in Brazil[J]. Australian Forest Research, 1987, 17: 83 - 90

[12] Taylor F W. Rapid determination of southern pine specific gravity with a Pilodyn tester[J]. Forest Science, 1981, 27: 59 - 61

[13] 王莉娟. 无损检测方法评估人工林杨树木材性质的研究 [M]. 北京:北京林业大学, 2005

[14] 马常耕. 国外制浆材性状的测定技术 [J]. 世界林业研究, 1998, 5: 38 - 43

[15] 朱景乐,王军辉,张守攻,等. Pilodyn在林木遗传改良应用中的研究进展 [J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(5): 661 - 665

[16] 梁保松,朱景乐,王军辉,等. Pilodyn在华山松活立木木材材性预测中的应用 [J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2008, 32(6): 1 - 6

[17] 朱景乐,王军辉,张守攻,等. 毛白杨材性指标预测及选择 [J]林业科学, 2008, 44(7): 23 - 38

[18] 王军辉,张守攻,张建国,等. Pilodyn在日本落叶松材性育种中应用的初步研究 [J]. 林业科学研究, 2008, 21(6): 806 - 812

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net