

文章编号: 1001-1498(2000) 02-0134-07

# 海南岛热带天然山地雨林立地质量评价研究\*

陈永富<sup>1</sup>, 杨彦臣<sup>1</sup>, 张怀清<sup>1</sup>, 杨秀森<sup>2</sup>, 李大江<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091;

2. 海南省霸王岭林业局, 海南昌江 572700)

**摘要:** 以森林群系(以下简称群系)为海南岛热带天然山地雨林立地质量评价基本单元(对象), 以群系优势树种组平均优势高为因变量, 平均优势木胸径为自变量, 用定量方法求出基准胸径为 40 cm。以鸡毛松、海南油杉、岭南稠林、陆均松、线枝蒲桃、黄枝木林、白椎、鹅掌柴、黄桐林 3 个群系为例, 建立了立地指数导向曲线模型, 经模型适合性检验, 理论值与实测值之间差异不显著。编制了立地指数表。

**关键词:** 热带天然山地雨林; 立地指数; 群系; 基准胸径

中图分类号: S758

文献标识码: A

热带天然林具有高度混交、复层、异龄、垂直郁闭和优势树种不明显等特点, 这是世界上最复杂的森林<sup>[1]</sup>。关于立地质量评价的方法很多, 归纳为年龄-材积表达法、年龄-林分平均树高表达法、年龄-林分优势高表达法、直径-树高表达法、环境因子-优势高表达法<sup>[2]</sup>、生态法(指示植物法)、环境因子-植被表达法 7 大类。对热带森林的研究已有约 500 年的历史, 但关于热带天然林立地质量评价研究方面的系统报道尚未见到。本文试图为热带天然山地雨林的立地质量评价探讨一种可行的方法。

## 1 研究地区概况与材料

### 1.1 实验区基本情况

实验区位于海南省霸王岭林业局腹部, 18 52 45 ~ 19 14 03 N, 108 58 ~ 109 16 58 E, 面积 2 000 hm<sup>2</sup>, 海拔高度为 500 ~ 1 300 m, 它是海南岛保存最好最典型的山地雨林之一。实验区由西北向东南逐步升高, 地形破碎, 地势陡险, 一般坡度在 25 ~ 40 左右。实验区内坡度大于 25 的林地面积占该区林地总面积的 78%。

林区内年平均温度 23.6 , 年降雨量 1 500 ~ 2 000 mm。相对湿度 65% ~ 90%。雨量不均匀, 干湿季分明, 雨量主要集中在 5 ~ 10 月, 其中以 8、9 月为多, 7 月份为一个小旱季, 11 月至翌年的 4 月几乎不下雨。随着海拔的升高, 雨量增大, 相对湿度加大, 实验区终年多雾, 林地较为潮湿。

实验区内主要是由花岗岩风化而成的山地黄壤, 平缓坡地土层较厚, 达 80 ~ 100 cm。水土流失地段和陡坡地段岩石裸露, 土层较薄。土壤表层松软、湿润。各层均含有较多的石英粗沙, 粒状结构、易碎。石砾含量 30% 左右。腐殖质层较薄, 一般为 5 ~ 10 cm。枯枝落叶层厚 5 cm 左

收稿日期: 1999-07-29

基金项目: 国际项目“海南岛热带天然林永续经营示范区”的部分内容

作者简介: 陈永富(1963-), 男, 四川泸县人, 副研究员。

右。

## 1.2 材料

参与分析的数据由 3 部分组成, 第 1 部分是解析木资料, 共有解析木 105 株; 第 2 部分是伐倒木标准地资料, 有伐倒标准地 31 块, 每块  $0.25 \text{ hm}^2$ ; 第 3 部分是上述实验区二类资源清查的临时样地 45 块, 每块  $0.06 \text{ hm}^2$  和角规样地 108 块。

## 2 结果与分析

### 2.1 立地评价基本单位——群系

立地质量评价是对立地分类基本单元(立地类型)在采取某一种利用方式时的立地生产潜力进行评价, 它是科学经营的一项极为重要的基础工作<sup>[3]</sup>。海南岛的热带天然山地雨林因其高度混交和优势树种不明显的特点, 难以采用常规的以单一树种评价的方法对其进行评价, 本文试图采用优势树种组代表的森林类型的生长状况来反映立地条件的优劣。关于热带雨林类型的划分有不同的学派, 划分的标准不尽相同, 本文从可操作性和实用性原则出发, 初选按优势树种组划分的群系作为立地质量评价的基本单元。胡玉佳<sup>[1]</sup>将海南岛热带天然山地雨林分为 16 个群系。通过对实验区调查资料分析, 结果表明, 本地区主要有 3 个群系, 即鸡毛松(*Podocarpus imbricatus* Blume)、海南油杉(*Keteleeria hainanensis* Chun et Tsiang)、岭南栎(*Quercus championi* Benh.) 林, 陆均松(*Dacrydium pierrei* Hickel)、线枝蒲桃(*Syzygium areiocladium* Merr & Perry)、黄叶树(*Xanthophyllum hainanense* Hu) 林, 白椎(*Castanopsis fabri* Hance)、鹅掌柴(鸭脚木)(*Schefflera octophylla* (Lour.) Harms)、黄桐(*Endospermum chinense* Benth.) 林。

### 2.2 群系间优势平均高方差分析

只有群系间优势树种组平均优势高具有显著差异, 以群系为对象进行立地评价才有意义。为了验证群系间的优势木高在相同立地条件下是否存在显著差异, 本文采用单因素方差分析, 结果见表 1。从表 1 中的统计量  $F$  可知, 群系间的差异是显著的, 因此, 按群系进行立地质量评价是合理的。

表 1 相同立地条件下群系间优势木高方差分析结果

立地类型	1		2		3		4	
群 系	1	3	1	2	1	3	2	3
优势高/m	17.21	21.99	21.91	19.42	17.49	19.81	19.41	21.35
方 差	1.718 6	0.500 0	0.224 5	0.211 7	0.110 5	0.011 2	0.201 1	1.960 1
标准差	1.310 9	0.707 1	0.473 8	0.460 1	0.332 5	0.105 7	0.448 5	1.400 1
标准误	0.756 9	0.500 0	0.335 0	0.265 6	0.235 1	0.074 3	0.224 2	0.808 4
变动系数	0.076	0.032	0.022	0.024	0.019	0.005	0.023	0.066
$F$ 值	20.86		34.40		87.60		7.10	
$F_{0.05}$	10.13		10.13		18.51		6.61	
差异显著性	显著		显著		显著		显著	

### 2.3 立地指数导向曲线模型的建立

2.3.1 模型因变量 以往在建立立地质量评价模型时, 多选用林分优势高作为模型的因变量, 这是因为, 除林分优势高外的其它林分因子受经营活动(主要指择伐或抚育间伐)的影响较

大。海南岛热带天然山地雨林的经营活也主要是择伐。因此,林分优势高仍然是本次建立立地评价模型因变量的首选因子。但具体在热带天然山地雨林立地质量评价模型中用的是优势树种组的优势平均高,这是因为在该类森林中优势树种不明显,而优势树种组存在之故。

2.3.2 模型自变量 由于热带天然林中林分年龄难以获得,也就是说,常规立地质量评价模型中的自变量年龄将不能利用。有的专家学者提出了林分直径作为天然异龄混交林立地质量评价模型的自变量<sup>[4-6]</sup>,本文对利用林分直径作为立地质量评价模型自变量进行了可行性分析。通过树高-年龄,树高-直径的散点图分析,属非线性关系,采用非线性函数模拟结果,树高-年龄的相关系数为0.358 20,树高-直径的相关系数为0.903 919 7。树高与直径的相关性明显高于树高与年龄的相关性。所以,选择直径作为海南岛热带天然山地雨林立地质量评价模型的自变量是可行的。

2.3.3 导向曲线模型优选 能反映树高-胸径关系的数学函数很多,但大多数以非线性函数为最佳,如应用严格苏玛克函数<sup>[7]</sup>、理查德函数<sup>[3]</sup>等。从众多的数学函数中筛选一种最优的函数是十分必要的,根据树高-胸径的成对数据散点图分析,两者呈非线性关系,本次研究分别用理查德函数等5种函数对3种群系的树高-胸径关系进行模拟,用于分析的样地资料群系1有73块,群系2有33块,群系3有78块。利用中国林业科学研究院资源信息研究所研制的统计软件包<sup>[8]</sup>计算,结果见表2。

表2 树高-胸径各函数模拟结果

函数名称	参数名称	群系1	群系2	群系3
理查德函数 $y = a(1 - \exp(-kx))^b$	<i>a</i>	36.435 84	34.418 14	87.290 34
	<i>b</i>	0.535 413	0.519 533 5	0.306 574 3
	<i>k</i>	0.009 960 263	0.009 983 762	0.000 198 91
	协方差	0.664 177	0.298 868 2	1.139 343
	相关系数 <i>R</i>	0.955 177	0.930 273 5	0.909 525 4
严格苏玛克曲线 $y = a \exp(-b/x)$	<i>a</i>	32.981 91	32.203 87	26.829 38
	<i>b</i>	18.904 55	20.284 41	10.254 51
	协方差	-0.001 345 85	0.000 887 605	-0.002 080 178
	相关系数 <i>R</i>	-0.955 982	-0.950 314 3	-0.870 508 6
逻辑斯蒂曲线 $y = k / (1 + m \exp(-rx))$	<i>k</i>	120.949 4	70.974 77	65.866 53
	<i>m</i>	7.744 517	4.007 879	3.655 742
	<i>r</i>	0.009 997 72	0.009 997 226	0.009 997 226
	协方差	0.011 904 39	0.005 725 056	0.015 448 84
	相关系数 <i>R</i>	0.922 281 7	0.877 459 7	0.880 598 3
单分子曲线 $y = a(1 - \exp(-cx))$	<i>a</i>	28.512 56	27.182 13	24.856 24
	<i>c</i>	0.031 364 83	0.031 690 5	0.044 196 17
	剩余方差	1.198 652	1.014 25	3.383 568
	相关系数 <i>R</i>	0.951 979 9	0.941 126 9	0.844 674
修正指数曲线 $y = k - ab^x$	<i>k</i>	30.028 77	26.300 45	31.523 58
	<i>a</i>	25.600 69	34.952 87	20.181 52
	<i>b</i>	0.976 227 7	-0.227 962	0.986 679 8
	协方差	-6.362 503	-2.045 284	-7.165 756
	相关系数 <i>R</i>	-0.953 846 2	-0.946 041 4	-0.903 552 9

从 5 种非线性函数对 3 个群系类型的拟合参数分析, 理查德函数、严格苏玛克函数和修正指数函数的拟合效果接近, 且明显优于其它两类函数。在拟合效果好的 3 类函数中, 理查德函数对群系类型 3 的拟合效果又明显好于另外两类。严格苏玛克函数对群系 1、群系 2 的拟合效果又是最理想的。最终选取理查德函数和严格苏玛克函数作为 3 种热带天然山地雨林群系类型的立地指数导向曲线模型。拟合曲线见图 1、2、3。

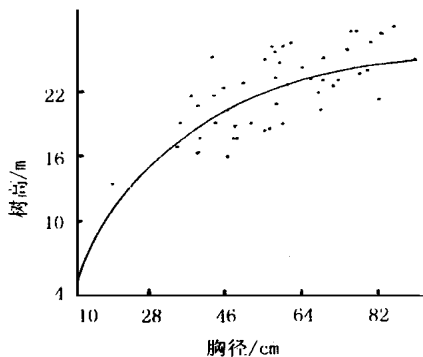


图 1 群系 1 立地指数导向曲线

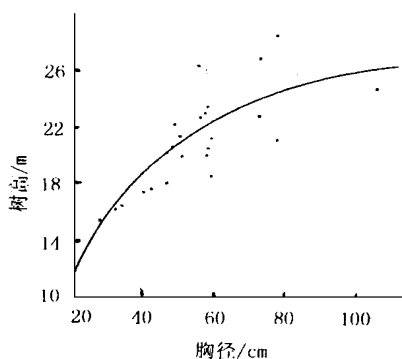


图 2 群系 2 立地指数导向曲线

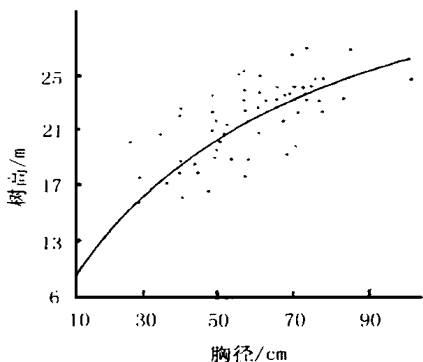


图 3 群系 3 立地指数导向曲线

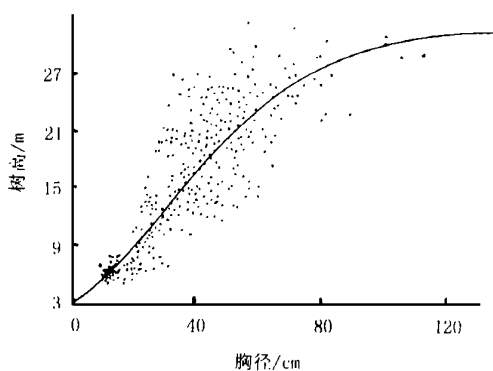


图 4 树木高生长随胸径变化关系

2.3.4 精度检验 模型精度的高低直接影响其使用价值和林业科研与林业生产的指导作用, 为了证明上述模型的可靠程度, 是否存在系统偏差, 随机抽取 30 个样地资料, 用样本实测值与理论值再进行一次线性回归分析, 即适合性检验。对线性回归模型参数进行  $F$  检验, 统计公式略, 当  $F > F_{0.05}$  时, 模型在可靠度 95% 时存在系统偏差, 实际值与理论值间差异显著, 模型不适合精度要求被推翻。当  $F < F_{0.05}$  时, 模型在可靠度 95% 时无系统偏差, 实际值与理论值间差异不显著, 模型适合实际需要, 满足精度要求而被接受。回归模型适合性检验结果如表 3。表 3 表明, 3 个群系的回归模型用理论值与实际值进行适合性检验, 结果差异均不显著。

2.3.5 基准胸径 基准胸径的概念与基准年龄的概念相似, 即指林分优势木高生长达到高峰后趋于平缓时的优势木胸径。本文通过 105 株伐倒木资料进行分析, 从散点图可知, 树高与直径之间呈非线性关系, 本次分析根据散点图的分布形状, 选取理查德函数、严格苏玛克函数和

逻辑斯蒂函数进行拟合,结果如表 4、上页图 4。

表 3 3 种群系类型立地指数导向曲线模型精度检验结果

群系类型 1				群系类型 2				群系类型 3			
理论高/m	实际高/m	理论高/m	实际高/m	理论高/m	实际高/m	理论高/m	实际高/m	理论高/m	实际高/m	理论高/m	实际高/m
21.8	16.3	21.0	21.7	21.2	22.2	20.4	21.6	22.1	18.5	19.8	15.8
18.9	17.2	20.1	21.1	21.5	20.0	24.2	29.7	21.1	19.2	21.4	21.1
26.5	25.8	18.8	17.6	20.2	20.1	22.6	20.5	24.1	22.8	21.0	18.6
22.8	19.2	20.2	16.7	22.7	21.1	22.1	26.4	21.0	21.4	19.6	21.8
22.1	19.1	20.0	18.9	21.4	21.0	24.3	26.8	19.7	22.4	17.4	20.0
22.4	22.8	18.8	17.9	22.7	18.5	24.7	28.6	22.0	17.2	21.3	20.6
23.7	24.5	22.0	17.9	19.8	17.6	21.2	22.2	18.8	20.3	20.4	17.6
23.6	21.1	21.0	25.2	19.4	17.4	21.5	20.0	23.7	26.6	21.5	18.5
24.9	20.4	23.9	23.2	20.7	18.0	20.2	20.1	21.8	21.0	22.1	18.5
23.4	18.8	23.7	27.5	20.8	20.7	22.7	21.1	21.9	24.9	22.6	22.8
20.3	18.1	23.5	26.0	23.0	23.2	21.4	21.0	23.4	26.0	23.2	19.1
22.2	17.9	24.5	29.2	22.3	22.6	22.6	21.0	22.3	22.3	17.8	17.3
21.6	22.6	25.4	30.0	21.7	21.8	22.4	23.0	22.0	22.0	19.1	16.8
19.0	19.4	23.6	25.8	26.5	24.8	24.7	21.0	21.7	24.7	21.3	19.7
21.2	19.4	23.2	24.9	21.4	21.0	22.5	20.0	20.7	16.3	24.3	27.6
<i>X</i> 平均数	22.2			<i>X</i> 平均数	22.2			<i>X</i> 平均数	21.3		
<i>X</i> 方差	4.094 108			<i>X</i> 方差	2.463 249			<i>X</i> 方差	2.798 145		
<i>Y</i> 平均数	21.7			<i>Y</i> 平均数	21.7			<i>Y</i> 平均数	20.7		
<i>Y</i> 方差	14.446 78			<i>Y</i> 方差	8.436 296			<i>Y</i> 方差	9.315 267		
协方差	5.386 618			协方差	3.149 078			协方差	2.908 43		
<i>F</i> 统计量	1.250 25			<i>F</i> 统计量	0.915 381 2			<i>F</i> 统计量	0.872 796 9		
<i>F</i> <sub>0.05</sub>	3.340 397			<i>F</i> <sub>0.05</sub>	3.340 397			<i>F</i> <sub>0.05</sub>	3.340 397		
差异显著性	不显著			差异显著性	不显著			差异显著性	不显著		

表 4 树木高生长随胸径变化拟合结果

逻辑斯蒂函数		理查德函数		严格苏玛克函数	
$y = \frac{a}{1 + b \exp(-cx)}$		$y = \frac{a}{1 - \exp(-kx)}^b$		$y = a \exp(-b/x)$	
<i>a</i>	30.852 48	<i>a</i>	55.943 41	<i>a</i>	32.146 14
<i>b</i>	9.203 202	<i>b</i>	1.100 019	<i>b</i>	24.890 82
<i>c</i>	0.057 342 29	<i>k</i>	0.009 970 954		
协方差	2.382 143	协方差	80.711 91	协方差	0.008 106 852
相关系数	0.903 430 6	相关系数	0.886 084 9	相关系数	-0.863 655 1

从表 4 可知逻辑斯蒂函数是最理想的拟合函数,即:

$$y = \frac{a}{1 + b \exp(-cx)} = \frac{30.852 48}{1 + 9.203 202 \exp(-0.057 342 29x)} \quad (2)$$

从拟合图 4 可见,拟合曲线呈明显的 S 形状,有明显的拐点,根据非线性函数拐点计算方法即求函数二阶导数,即:

$$y = \left( \frac{abce^{-cx}}{1 + be^{-cx}} \right)^2 = be^{-cx} - 1 \quad (2)$$

令二阶导数等于零,求出  $x = 38.7$ 。考虑到一定的误差范围和方便使用,确定 40 cm 胸径为立地指数基本胸径。

## 2.4 立地指数表

在基准胸径确定之后, 只要知道任一立地条件正常林分的优势高和对应的胸径, 便可以求出该立地条件的立地指数。计算公式如下:

$$SI = y_i \frac{(1 - \exp(-kx_0))^b}{(1 - \exp(-kx_i))^b} \quad (3)$$

$$SI = y_i \frac{\exp(-\frac{b}{x_0})}{\exp(-\frac{b}{x_i})} \quad (4)$$

由理查德函数拟合的模型用(3)式计算立地指数( $SI$ 表示),  $y_i$ 为现实林分优势高,  $x_0$ 为基准胸径,  $x_i$ 为 $y_i$ 对应的林分优势木平均胸径,  $k$ 、 $b$ 为模型参数。由严格苏玛克函数拟合的模型, 用(4)式计算立地指数, 由胸径、立地指数级和对应的优势高构成一个表即立地指数表, 见表5。

表5 立地指数表

胸径/ cm	群系 1						群系 2						群系 3					
	16	18	20	22	24	26	16	18	20	22	24	16	18	20	22	24	26	
20	10.0	11.2	12.5	13.7	15.0	16.2	9.6	10.8	12.0	13.2	14.5	12.9	14.6	16.2	17.8	19.4	21.0	
30	13.7	15.3	17.1	18.8	20.5	22.2	13.5	15.2	16.9	18.6	20.3	14.7	16.5	18.3	20.1	22.0	23.8	
40	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	
50	17.6	19.8	22.0	24.2	26.4	28.6	17.7	19.9	22.1	24.3	26.6	17.1	19.3	21.4	23.6	25.7	27.8	
60	18.7	21.0	23.4	25.8	28.1	30.4	18.9	21.3	23.7	26.1	28.4	18.1	20.4	22.6	24.9	27.2	29.4	
70	19.6	22.0	24.5	26.9	29.4	31.8	19.9	22.4	24.9	27.3	29.8	19.0	21.3	23.7	26.1	28.5	30.8	
80	20.3	22.8	25.3	27.9	30.4	32.9	20.6	23.2	25.8	28.3	30.9	19.8	22.2	24.7	27.2	29.6	32.1	
90	20.8	23.4	26.0	28.6	31.2	33.8	21.2	23.9	26.5	29.2	31.8	20.5	23.0	25.6	28.2	30.7	33.3	
100	21.2	23.9	26.6	29.2	31.9	34.5	21.7	24.4	27.1	29.8	32.5	21.2	23.8	26.4	29.1	31.7	34.4	

## 3 小 结

本研究选用群系作为立地质量评价的对象, 群系优势树种组平均优势高为因变量, 平均优势木直径为自变量, 建立立地质量评价导向曲线模型, 取得了较满意的结果。还对群系作为评价对象的可行性、直径作为模型自变量的先进性、基准胸径的定量分析方法等进行了论证。但是, 热带天然林是一种十分复杂的森林, 林分优势高的测定比较困难, 对模型的精度可能会产生一定的影响, 建议各位同行专家进行更加深入的研究。本研究只研究了3个群系的立地质量评价问题, 还有13个群系有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 胡玉佳, 李玉杏. 海南岛热带雨林[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1992.
- [2] 杨继稿, 王国祥, 华网坤, 等. 太行山区适地适树与评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994.
- [3] 骆期邦, 吴志德, 肖永林. 立地质量的树种代换评价研究[J]. 林业科学, 1989, 25(5): 410~419.
- [4] 马建路, 宣立峰, 刘德君. 用优势木全高和胸径的关系评价红松林的立地质量[J]. 东北林业大学学报, 1995, 23(2): 20~26.
- [5] Stout B B, Shumway D L. Site quality estimation using height and diameter[J]. For Sci, 1982, 25: 639~645.
- [6] Lamson N I. Estimating northern oak site-index class from total height and diameter of dominant and codominant tree central appalachian hardwood stands[R]. USDA For Ser NE For Esp Sta Res Paper, 1987.

- [7] 李希菲,唐守正,王松令.大岗山实验局杉木人工林可变密度收获表的编制[J].林业科学研究,1988,1(4):382~389.
- [8] 唐守正,郎奎健.IBMPC 系列程序集[M].北京:中国林业出版社,1989.

## A Study on Site Quality Evaluation of Natural Tropical Mountainous Rain Forest in Hainan Island

CHEN Yong-fu<sup>1</sup>, YANG Yan-chen<sup>1</sup>, ZHANG Huai-qing<sup>1</sup>,  
YANG Xiu-sen<sup>2</sup>, LI Da-jiang<sup>2</sup>

(1. The Research Institute of Resource and Information Technique, CAF, Beijing 100091, China;

2. Bawanling Forest Bureau, Hainan Province, Changjiang 572700, Hainan, China)

**Abstract:** Forest formation was selected to be basic unit of site quality evaluation of natural tropical mountainous rain forest in Hainan Island. The average dominant tree height and DBH of dominant tree species group in forest formation were selected to be dependent variable and independent variable of site quality evaluation model. Standard DBH is 40 cm by quantitative analysis. Site quality evaluation model of three formation type, which are *Podocarpus imbricatus* Blume, *Keteleeria hainanensis* Chun et Tsiang, *Quercus championi* Benh. forest; *Dacrydium pierrei* Hickel, *Syzygium areioladum* Merr & Perry, *Xanthophyllum hainanense* Hu forest; and *Castanopsis fabri* Hance, *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms, *Endospermum chinense* Benth forest, were established. The adaptability of the model was tested and the result showed that the difference between theoretical value and investigating value was not obvious. So the site index table was established.

**Key words:** natural tropical mountainous rain forest; site index; formation; standard DBH