

浙南五种丛生竹测树因子的相关回归分析*

潘孝政

关键词 丛生竹、测树因子、回归分析

浙南地区气候温和,雨量充沛,很适合丛生竹的生长,其中经济价值较高、分布面积较大的有绿竹(*Bambusa atrovirens* Wen)、青皮竹(*Bambusa textilis* McClure)、温州水竹(*Bambusa pachinensis* var. *hirsutissima* W. C. Lin)、大木竹(*Lingnania wenchouensis* Wen)和麻竹(*Sinocalamus latiflorus* McClure)。这些竹种的生物学特性、经济产量和营林技术等方面的研究已有所报道^[1~4],但对其测树因子的研究仍属空白,给竹林资源调查,特别是秆材产量调查带来不便。鉴此,自1985年开始,笔者结合生产对这五种主要丛生竹种的测树因子进行了调查研究,现将结果报道于下。

1 材料与方方法

调查在浙南的平阳、苍南两县境内进行,位于120°04'~12°08' E, 27°00'~27°46' N。年均温17.9℃,绝对高温37.7℃,绝对低温-5℃,无霜期277 d,年降雨量1632 mm。

调查竹林为人工栽培,经营管理水平一般,立地条件较好,土壤为冲积沙壤土,肥力中上。在调查竹林中,随机抽取2~4年生的样竹齐地伐倒,测定样竹的胸径、地径、秆高、秆重、枝叶重等10个项目,整理后的主要测树因子列表1、表2。将整理后的数据用电子计算机进行各种项目的相关回归分析。

表1 青皮竹、温州水竹主要测树因子统计

胸 径	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	合 计
	{	{	{	{	{	{	{	{	{	
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
青 皮 竹										
株 数	2	5	17	14	12	5	13	5	3	76
平均胸径(cm)	2.5	3.0	3.2	3.8	4.2	4.7	5.3	5.7	6.2	4.2
平均秆高(m)	5.4	6.9	7.1	8.0	9.8	10.1	10.9	11.7	11.8	8.9
平均秆重(kg)	0.9	1.6	2.0	2.6	3.8	5.0	6.4	7.6	9.6	4.0
温 州 水 竹										
株 数	5	14	24	40	31	12	2			128
平均胸径(cm)	2.4	2.9	3.3	3.7	4.3	4.8	5.1			3.8
平均秆高(m)	5.1	6.5	7.0	7.7	8.0	8.4	8.8			7.5
平均秆重(kg)	1.0	1.5	2.2	2.9	3.7	4.5	4.9			2.9

1992-01-22收稿。

潘孝政工程师(浙江省平阳县林业局 浙江平阳 325400)。

*浙江林学院林学系副主任周国模讲师帮助电算,薛师文、曾呈权、林言礼、郑增木、袁思阔等同志参加外业测定工作,一并致谢!

表 2 绿竹、大木竹、麻竹主要测树因子统计

胸 径	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6	10.6	11.6	12.6	合计	
	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5		
绿 竹	株 数	1	15	37	48	13	2					116	
	平均胸径(cm)	3.5	4.1	5.2	6.0	6.9	8.1					5.6	
	平均秆高(m)	4.0	5.5	7.0	7.5	8.5	9.8					7.2	
	平均秆重(kg)	2.4	3.5	5.1	8.5	11.5	15.1					7.2	
大 木 竹	株 数	7	12	28	42	19	7	1	1	2		119	
	平均胸径(cm)	3.3	4.0	5.1	6.0	7.0	8.1	9.2	9.6	11.3		5.9	
	平均秆高(m)	3.6	4.9	7.3	7.9	9.7	12.0	12.6	12.8	13.4		7.9	
	平均秆重(kg)	2.0	4.0	7.1	10.1	15.3	22.3	27.0	29.5	37.8		10.6	
麻 竹	株 数		4	3	6	8	9	7	12	8	10	5	72
	平均胸径(cm)		4.1	5.1	6.0	7.2	8.2	9.1	10.0	11.1	12.1	13.0	9.1
	平均秆高(m)		6.4	6.9	7.9	9.2	9.4	9.8	10.5	11.1	11.3	11.9	9.8
	平均秆重(kg)		5.1	7.2	11.4	16.1	18.9	22.3	26.3	30.0	42.8	47.5	24.8

2 结果与分析

2.1 秆重与胸径、地径、秆高的关系

2.1.1 秆重与胸径的关系 秆重与胸径之间具有幂函数 ($W = C_0 D_{1.3}^{C_1}$) 关系。现将五竹种的相关关系、标准差及相关系数列表 3。表中看出, 五竹种秆重与胸径关系中, 相关系数 R 在 0.892 1~0.986 0 之间, 均大于各自的 $R'_{0.001}$ 临界值, 达到了较紧密水平。因此, 五方程均可应用。

表 3 五竹种秆重与胸径关系

竹 种	相关关系方程	剩余标准差	相关系数	$R'_{0.001}$ 临界值
		S	R	
绿 竹	$W = 0.1885 D_{1.3}^{2.9849}$	1.241 1	0.892 1	0.321 1
温州水竹	$W = 0.1998 D_{1.3}^{2.9910}$	0.472 7	0.897 1	0.321 1
大 木 竹	$W = 0.2026 D_{1.3}^{2.9029}$	1.844 4	0.963 4	0.321 1
青 皮 竹	$W = 0.1044 D_{1.3}^{2.4796}$	0.389 7	0.985 7	0.366 0
麻 竹	$W = 0.2780 D_{1.3}^{2.9957}$	2.054 0	0.986 0	0.3753

注: 方程式中单位, W : kg, $D_{1.3}$: cm, 下同。

2.1.2 秆重与地径的关系 秆重与地径的关系也具有幂函数 ($W = C_0 D_{地}^{C_1}$) 关系 (表 4), 表中五竹种的相关系数 R 在 0.792 0~0.975 1 之间, 均大于各自 $R'_{0.001}$ 临界值, 达到极紧密水平, 方程均可加于应用。

2.1.3 秆重与秆高的关系 秆重与秆高相关关系列表 5。表中五个竹种秆重与秆高的关系, 虽然各竹种的相关系数均大于各自的 $R'_{0.001}$ 临界值, 达到极紧密水平, 但麻竹和大木竹的 S 值均较大 (达 3.7 以上), 而且在实际操作时, 量测秆高较困难, 故此多不单用秆高来计算秆重。

表4 五竹种秆重与地径关系

竹 种	相 关 关 系 方 程	剩余标准差	相关系数	$Rf_{0.001}$ 临界值
		S	R	
绿 竹	$W = 0.2374 D_{地}^{1.8489}$	1.6769	0.7920	0.3211
温州水竹	$W = 0.1739 D_{地}^{2.0609}$	0.4438	0.9098	0.3211
大木竹	$W = 0.0960 D_{地}^{2.4843}$	2.5518	0.9288	0.3211
青皮竹	$W = 0.1238 D_{地}^{2.3635}$	0.6268	0.9625	0.3660
麻 竹	$W = 0.1547 D_{地}^{2.0859}$	2.7286	0.9751	0.3753

表5 五竹种秆重与秆高关系

竹 种	相 关 关 系 方 程	剩余标准差	相关系数	$Rf_{0.001}$ 临界值
		S	R	
绿 竹	$W = 0.7656 H^{1.1241}$	2.2850	0.5630	0.3211
温州水竹	$W = 1.5573 H^{0.3130}$	1.0064	0.3388	0.3211
大木竹	$W = 0.1769 H^{1.9367}$	3.7461	0.8390	0.3211
青皮竹	$W = 0.0062 H^{2.8992}$	0.6779	0.9560	0.3660
麻 竹	$W = 0.5709 H^{1.6356}$	8.9395	0.6870	0.3753

注：方程式中单位，H，m，下同。

2.1.4 秆重与胸径、秆高的关系 在一些要求较高的调查中，为精确地得到某竹种的秆重，单用胸径或秆高往往达不到精度要求，因而需用胸径和秆高双重因子来计算。现将五竹种秆重与胸径、秆高的关系用模型方程 $W = C_0 D_{1.3}^{C_1} H^{C_2}$ 和 $W = D^2(C_0 + C_1 H)$ 拟合后列表6。表中可知，五竹种秆重与胸径、秆高关系的两类模拟方程中，相关系数分别在0.8387~0.9884和0.8407~0.9879之间，均大于各自的 $Rf_{0.001}$ 临界值，全部达到极紧密水平。它们的S值也较小(在0.3645~1.9074之间)。因此，该二模拟方程均可应用，但考虑到计算简便，以采用 $W = D_{1.3}^2(C_0 + C_1 H)$ 方程为宜。

表6 五竹种秆重与胸径、秆高关系

竹 种	相 关 关 系 方 程	剩余标准差	相关系数	$Rf_{0.001}$ 临界值
		S	R	
绿 竹	$W = 0.2471 D_{1.3}^{2.1720} H^{-0.2189}$	1.5056	0.8387	0.3211
	$W = D_{1.3}^2(0.2529 - 0.0047H)$	1.4970	0.8407	
温州水竹	$W = 0.1598 D_{1.3}^{1.9377} H^{0.1446}$	0.4582	0.9036	0.3211
	$W = D_{1.3}^2(0.1923 + 0.0006H)$	0.4700	0.8983	
大木竹	$W = 0.1591 D_{1.3}^{1.8755} H^{0.3897}$	1.7081	0.9687	0.3211
	$W = D_{1.3}^2(0.2125 + 0.0091H)$	1.7264	0.9680	
青皮竹	$W = 0.0549 D_{1.3}^{1.9714} H^{0.6204}$	0.3645	0.9875	0.3568
	$W = D_{1.3}^2(0.0854 + 0.0133H)$	0.3653	0.9874	
麻 竹	$W = 0.3736 D_{1.3}^{2.1257} H^{-0.2534}$	1.8652	0.9884	0.3799
	$W = D_{1.3}^2(0.3274 - 0.0047H)$	1.9074	0.9879	

2.2 枝叶重与胸径、秆高的关系

2.2.1 枝叶重与胸径的关系 枝叶重与胸径的关系用幂函数方程 ($W = C_0 D_{1.3}^{C_1}$) 拟合后列表7。从拟合结果看,五竹种的 R 值均大于 $R'_{0.001}$ 临界值,达到极紧密水平,而且 S 值也都小于1,因此,五方程都可应用。

表7 五竹种枝叶重与胸径关系

竹种	相关关系方程	剩余标准差	相关系数	$R'_{0.001}$ 临界值
		S	R	
绿竹	$W = 0.0779 D_{1.3}^{2.331}$	0.5147	0.9326	0.3491
温州水竹	$W = 0.1247 D_{1.3}^{2.649}$	0.1715	0.8585	0.3394
大木竹	$W = 0.6304 D_{1.3}^{2.603}$	0.9633	0.9214	0.3784
青皮竹	$W = 0.1037 D_{1.3}^{2.932}$	0.2748	0.9453	0.3711
麻竹	$W = 0.1465 D_{1.3}^{2.910}$	0.9032	0.9910	0.3770

2.2.2 枝叶重与秆高的关系 将枝叶重与秆高的关系也用幂函数方程 ($W = C_0 H^{C_1}$) 进行模拟,得五竹种方程式如表8。表中绿竹、大木竹、青皮竹、麻竹的相关系数值大于 $R'_{0.001}$ 值,达到极紧密水平。温州水竹的 R 值(0.2490)既小于 $R^{\circ}_{0.001}$ 值(0.3394),也小于 $R^{\circ}_{0.01}$ 值(0.2688),但大于 $R^{\circ}_{0.05}$ 值(0.2062),故达到较紧密水平。同时,麻竹的 S 值也较大,达4.7645。因此,一般不用量测秆高的办法来求算枝叶重。

表8 五竹种枝叶重与秆高关系

竹种	相关关系方程	剩余标准差	相关系数	$R'_{0.001}$ 临界值
		S	R	
绿竹	$W = 0.4581 H^{1.1013}$	1.1684	0.5734	0.3491
温州水竹	$W = 0.6728 H^{0.2140}$	0.3239	0.2490	0.3394
大木竹	$W = 0.8052 H^{0.9824}$	1.5279	0.7877	0.3784
青皮竹	$W = 0.0115 H^{2.2409}$	0.3458	0.9119	0.3711
麻竹	$W = 0.2601 H^{1.7122}$	4.7645	0.7076	0.3770

2.2.3 枝叶重与胸径、秆高的关系 枝叶重与胸径、秆高的关系用方程 $W = C_0 D_{1.3}^{C_1} H^{C_2}$ 和 $W = D_{1.3}^2 (C_0 + C_1 H)$ 拟合后列表9。表9五个竹种枝叶重与胸径、秆高的10个方程式中的 R 值均大于各自的 $R'_{0.001}$ 临界值,达极紧密水平。同时,其 S 值大都在1以下。因此,该10个模拟方程均可应用,但由于方程 $W = C_0 D_{1.3}^{C_1} H^{C_2}$ 需经两次指数计算,比较繁琐,故以采用方程 $W = D_{1.3}^2 (C_0 + C_1 H)$ 为宜。

2.3 地上部分总重与胸径、秆高的关系

2.3.1 地上部分总重与胸径的关系 地上部分总重与胸径的关系用幂函数方程 $W = C_0 D_{1.3}^{C_1}$ 拟合后如表10。表10中五竹种的相关系数(R)均大于各自的 $R'_{0.001}$ 值,达到极紧密水平。 S 值也不很大(< 3.0),因而,该五方程均可应用。

2.3.2 地上部分总重与秆高的关系 地上部分总重与秆高关系用幂函数方程 $W = C_0 H^{C_1}$ 模拟后列表11。拟合结果表明,除温州水竹 R 值(0.2906)小于 $R^{\circ}_{0.001}$ (0.3394),大于 $R^{\circ}_{0.01}$ (0.2688),达到紧密水平外,其余4个竹种均达极紧密水平。但由于麻竹、大木竹、绿竹的 S 值都比较

大，因此，一般不用秆高来求算地上部分总重量。

表9 枝叶重与胸径、秆高关系

竹种	相关关系方程	剩余标准差S	相关系数R	$R_{0.001}^f$ 临界值
绿竹	$W = 0.0853 D_{1.3}^{2.3697} H^{-0.1647}$	0.5121	0.9333	0.3491
	$W = D_{1.3}^2(0.1120 + 0.0011H)$	0.5315	0.9280	
温州水竹	$W = 0.1197 D_{1.3}^{1.5542} H^{0.0275}$	0.1723	0.8570	0.3394
	$W = D_{1.3}^2(0.0882 - 0.0008H)$	0.2261	0.9220	
大木竹	$W = 0.6243 D_{1.3}^{1.2298} H^{0.0323}$	0.9697	0.9203	0.3784
	$W = D_{1.3}^2(0.2585 - 0.0116H)$	1.0308	0.9095	
青皮竹	$W = 0.0688 D_{1.3}^{1.6125} H^{0.3055}$	0.2734	0.9459	0.3711
	$W = D_{1.3}^2(0.0981 - 0.0005H)$	0.2755	0.9450	
麻竹	$W = 0.1724 D_{1.3}^{2.0796} H^{-0.1368}$	0.8711	0.9916	0.3770
	$W = D_{1.3}^2(0.1636 - 0.0012H)$	0.8827	0.9914	

表10 五竹种地上部分总重与胸径关系

竹种	相关关系方程	剩余标准差S	相关系数R	$R_{0.001}^f$ 临界值
绿竹	$W = 0.1705 D_{1.3}^{2.3923}$	1.0457	0.9690	0.3491
温州水竹	$W = 0.2614 D_{1.3}^{1.9708}$	0.3582	0.9656	0.3394
大木竹	$W = 0.5614 D_{1.3}^{1.8731}$	2.0457	0.9765	0.3784
青皮竹	$W = 0.1941 D_{1.3}^{2.3051}$	0.5195	0.9860	0.3711
麻竹	$W = 0.4244 D_{1.3}^{2.0010}$	2.7142	0.9898	0.3770

表11 五竹种地上部分总重与秆高关系

竹种	相关关系方程	剩余标准差S	相关系数R	$R_{0.001}^f$ 临界值
绿竹	$W = 1.0985 H^{1.1840}$	3.4023	0.5955	0.3491
温州水竹	$W = 2.2689 H^{0.2563}$	1.3172	0.2906	0.3394
大木竹	$W = 0.6489 H^{1.5693}$	5.2060	0.8369	0.3784
青皮竹	$W = 0.0139 H^{2.7050}$	0.9175	0.9557	0.3711
麻竹	$W = 0.8287 H^{1.6623}$	13.6540	0.6957	0.3770

2.3.3 地上部分总重与胸径、秆高的关系 与秆重和枝叶重一样，将地上部分总重量和胸径、秆高的关系分别用方程 $W = C_0 D_{1.3}^{C_1} H^{C_2}$ 和 $W = D_{1.3}^2(C_0 + C_1 H)$ 拟合后列表12。从表12可知，五竹种地上部分总重量与胸径、秆高关系用 $W = C_0 D_{1.3}^{C_1} H^{C_2}$ 方程拟合后，R值在0.9664~0.9915之间，均大于各自的 $R_{0.001}^f$ 值，达到极紧密水平。用 $W = D_{1.3}^2(C_0 + C_1 H)$

方程拟合后, R 值在 0.958 3~0.991 0 之间, 也均大于各自的 $R_{0.001}^f$ 值, 达到极紧密水平。同时, 它们的 S 值也不大。因此, 该五竹种地上部分总重与胸径、秆高关系的两大模拟方程均可应用, 但 $W = D_{1.3}^2(C_0 + C_1 H)$ 比 $W = C_0 D_{1.3}^2 H^{C_2}$ 计算简便, 故以选用前者为宜。

表12 五竹种地上部分总重与胸径、秆高关系

竹种	相关关系方程	剩余标准差	相关系数	$R_{0.001}^f$ 临界值
		S	R	
绿竹	$W = 0.1920 D_{1.3}^{2.5630} H^{-0.2233}$	1.0110	0.9711	0.3491
	$W = D_{1.3}^2(0.2980 + 0.0058 H)$	1.2102	0.9583	
温州水竹	$W = 0.2373 D_{1.3}^{1.2439} H^{0.0625}$	0.3540	0.9664	0.3394
	$W = D_{1.3}^2(0.2465 + 0.0005 H)$	0.3551	0.9662	
大木竹	$W = 0.5402 D_{1.3}^{1.7093} H^{0.1686}$	1.6696	0.9845	0.3784
	$W = D_{1.3}^2(0.4821 - 0.0044 H)$	1.8151	0.9816	
青皮竹	$W = 0.1075 D_{1.3}^{1.8430} H^{0.5710}$	0.4859	0.9878	0.3711
	$W = D_{1.3}^2(0.1830 + 0.0213 H)$	0.4921	0.9876	
麻竹	$W = 0.5448 D_{1.3}^{1.1093} H^{-0.2125}$	2.4764	0.9915	0.3770
	$W = D_{1.3}^2(0.4910 - 0.0059 H)$	2.5403	0.9910	

2.4 地径、秆高与胸径的关系

2.4.1 地径与胸径的关系 地径与胸径的关系用直线方程 $D_{地} = C_0 + C_1 D_{1.3}$ 进行数学模拟后列表13。由表13得知, 五竹种地径与胸径的直线相关关系均达到极紧密程度 (R 均大于 $R_{0.001}^f$), S 值均小于 0.5。因此, 用胸径来求算地径是可行的。同理, 在处理破坏竹林案件时, 也可用量得的地径值来求算胸径值, 进而得到秆材重量。

表13 五竹种地径与胸径关系

竹种	相关关系方程	剩余标准差	相关系数	$R_{0.001}^f$ 临界值
		S	R	
绿竹	$D_{地} = 0.5775 + 1.0026 D_{1.3}$	0.4470	0.9009	0.3211
温州水竹	$D_{地} = 0.3366 + 0.9339 D_{1.3}$	0.1909	0.9526	0.3211
大木竹	$D_{地} = 1.3172 + 0.8815 D_{1.3}$	0.4146	0.9542	0.3211
青皮竹	$D_{地} = 0.2057 + 0.9533 D_{1.3}$	0.2198	0.9735	0.3660
麻竹	$D_{地} = 0.8269 + 1.1143 D_{1.3}$	0.4332	0.9885	0.3753

2.4.2 秆高与胸径的关系 将五竹种秆高与胸径的关系用幂函数方程 ($H = C_0 D_{1.3}^{C_1}$) 模拟后列表14。从模拟结果看到, 五竹种秆高与胸径的相关关系中, R 值均大于 $R_{0.001}^f$ 值, 达到极紧密水平。因而, 秆高与胸径的幂函数关系也是成立的。但由于温州水竹的 S 值较大 (达 5.509 4), 应用时要加以注意。

最后还必须指出, 本研究是在假定样竹竹壁厚度基本一致的情况下得出各竹种的回归结果, 由于生物个体间存在差异, 竹壁厚度实际上不可能完全一样, 在应用时要加以注意。

表14 五竹种秆高与胸径关系

竹 种	相 关 关 系 方 程	剩余标准差	相关系数	$Rf_{0.001}$ 临界值
		S	R	
绿 竹	$H = 1.7842 D_{1.3}^{0.8072}$	0.9244	0.7205	0.3211
温州水竹	$H = 3.7444 D_{1.3}^{0.5651}$	5.5094	0.7154	0.3211
大木竹	$H = 1.3910 D_{1.3}^{0.9848}$	1.3181	0.8421	0.3211
青皮竹	$H = 2.6274 D_{1.3}^{0.8540}$	0.6650	0.9383	0.3660
麻 竹	$H = 3.0010 D_{1.3}^{0.5460}$	1.2754	0.7794	0.3753

参 考 文 献

- 1 林景献. 大木竹的生长与营林技术调查. 竹子研究汇刊, 1984, 3(2): 92~101.
- 2 潘孝政. 麻竹笋期生物学特性和经济产量的研究. 竹子研究汇刊, 1986, 5(2): 87~97.
- 3 金川. 浙江省绿竹资源利用现状及开发设想. 浙江林业科技, 1987, 7(3): 8~11.
- 4 潘孝政, 金芳义. 绿竹笋期生物学特性观察研究. 竹子研究汇刊, 1990, 9(3): 51~60.

*The Regressive Analysis on the Tree-measuring
Factor of 5 Species of Clustering Bamboo from
the South of Zhejiang Province*

Pan Xiaozheng

Abstract On the basis of 500 sample bamboo culms and 5500 original data obtained from the south of Zhejiang Province, the author analysed the single and double factor relationship between the weight of culm, the weight of branches and leaves, the total weight of ground part with the height of culm and diameter of breast height measuring tree factor of *Bambusa atrovirens* Wen, *B. textilis* McClure, *B. pachinensis* var. *hirsutissima* W. C. Lin, *Lingnania wenchouensis* Wen and *Sinocalamus latiflorus* McClure, the relationship and close level between the breast diameter with the ground diameter, breast diameter with the height of culm etc. and selected out 78 regressive equations.

Key words clustering bamboo, tree-measuring factor, regressive analysis

Pan Xiaozheng, Engineer (The Forest Bureau of Pingyang County, Zhejiang Province Pingyang Zhejiang 325400).