

杨树二元立木材积表的编制

陈章水

(中国林业科学研究院林业研究所)

关键词 杨树; 二元立木材积表; 材积表回归式

据不完全统计, 杨树人工林全国共有 114.8 万 ha, 为能进一步提高杨树经营管理水平, 编制杨树二元立木材积表已成为当务之急。作者利用从 1981 年起经过 5 a 时间测定与收集 16 个树种共 6 383 株实测样木资料, 编制了 12 个杨树二元立木材积表, 供生产、科研工作应用。

一、原始样木的实测与收集

(一) 杨树样木实测方法

利用当地采伐时的伐倒木进行 1 m 区分实测; 在不能伐倒的地方, 采用 磴树实测, 即爬到树上实量树高后再作 1 m 区分实测。

(二) 杨树样木资料的收集

历年为生产和科研需要而伐倒实测的样木, 严格鉴别实测方法的准确性及可靠性; 采用林分中央木树干解析资料。

(三) 实测与收集样木的数量和地区

1. 毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr) 602 株; 北京市, 山东省的聊城市、莘县、德州市、泰安市、成武县、荷泽县、临沂县, 河北省的沧州市、北戴河、保定市、易县、衡水市, 河南省的安阳市、洛阳市、开封市、民权县、周口地区、许昌地区, 新疆自治区的乌鲁木齐市, 陕西省的渭南县、咸阳县。

2. 加杨 (*P. × canadensis* Moech) 408 株; 北京杨 (*P. beijingensis* W. Y. Hsu) 494 株; 群众杨 (*P. simonii × (P. pyramidalis + Salix matsudana)* cv. 'Popularis'), 合作杨 (*P. simonii × P. pyramidalis* cv. 'Opera'), 小美杨 (*P. nigra* L.) 425 株; 北京市, 内蒙古哲盟、赤峰市、伊盟、东胜县, 山西省晋中地区、吕梁地区、运城县、大同市、忻州县, 河北省北戴河、保定市、承德市、兴隆县、望都县、兴城县、易县、张家口市, 新疆玛纳斯县, 辽宁省建平县。

3. 圣马丁杨 (*P. × euramericana* (Doda) Guinier CL. 'San. Martino' = 'I-72/58'), 鲁克思杨 (*P. deltoides* Bartr. CL. 'Lux' = 'I-69/55'), 哈沃德杨 (*P. deltoides* Bartr. CL. 'Harvard' = 'I-63/51') 593 株; 湖南省的汉寿县、沅江县, 湖北省的潜江县,

河南省的信阳市、南阳县,山东省的临沂市、莒县、郯城县、日照县、济宁市、兖州市、成武县。

4. 沙兰杨(*P. × euramericana* (Doda) Guinier cv. 'Sacrau'), 214 杨(*P. × euramericana* cv. 'I-214') 423 株; 健杨(*P. × euramericana* (Doda) Guinier cv. 'Robusta') 549 株; 山东省的临沂市、莒县、郯城县、日照县、济宁市、德州市、兖州市、成武县、鄄城县、荷泽县、惠民县、泰安市, 河北省北戴河、望都县、永年县、沧州市, 北京市, 河南省的许昌市、民权县、周口市、禹县, 辽宁省大连市、营口市, 新疆叶城县、莎车县。

5. 太青杨(*P. taiging* C.) 398 株; 山东省的泰安市、济宁市、济南市、惠民县。

6. 大官杨(*P. × xiaozhuania* W. Y. Hsu et Liang) 497 株; 山东省的兖州市、济宁市、成武县, 河南省的周口市、禹县、商水县、许昌市、安阳市, 河北省的望都县、保定市, 新疆的玛纳斯县。

7. 卜氏杨(*P. purdomii* L.) 489 株; 陕西省的秦岭林区。

8. 银白杨(*P. alba* L.) 577 株; 新疆的阿勒泰地区、莎车县、喀什市、叶城县、玛纳斯县。

9. 新疆杨(*P. alba* L. var. *pyramidalis* Bge) 928 株; 新疆的莎车县、叶城县、喀什市、岳普湖县、麦盖提县、疏勒县、疏附县、泽普县、玛纳斯县、乌鲁木齐市、伊犁地区, 青海省的西宁市, 甘肃省的临夏县、酒泉市, 宁夏回族自治区的银南县、海原县。

上述各杨树样木实测与收集地点, 多为杨树各品种适生地区, 基本上覆盖了我国的杨树人工栽培分布范围。

二、关于树种组的划分

我国栽培的杨树种类很多, 据不完全统计, 包括种、品种、变种、无性系、家系, 约有 40 种。其中栽培范围较广、生长良好的有毛白杨、北京杨、群众杨、合作杨、加杨、沙兰杨、I-214 杨、健杨、新疆杨、圣马丁杨、鲁克思杨、哈沃德杨以及大官杨, 在局部地区生长良好的有银白杨、太青杨、卜氏杨等。

为使编制的立木材积表使用方便, 要在保证测算精度的前提下, 尽可能减少立木材积表的数量, 这就涉及树种归类或划分树种组的问题。在本次研究中, 划分树种组的原则为:

1. 要突出我国特有种和杂交品种。如毛白杨是我国特有的优良树种, 在河北、河南、山东、山西诸省及辽宁南部、陕西省等地广为栽培; 新疆杨、银白杨则为我国西北地区乡土主栽树种; 北京杨、群众杨、合作杨则为我国培育的优良杂交品种, 适生于山东、河北、内蒙、山西、辽宁、吉林、陕西、宁夏等省(区), 对这些树种应尽可能单独编表。

2. 对适生区域有明显差异者, 不必勉强合并, 相反, 对生长习性相似, 分布区域相同, 在习惯上常混栽在一起的品种, 可考虑合并在一个树种组内。如圣马丁杨、鲁克思杨、哈沃德杨主要分布于长江流域, 可考虑并为一个树种组; 卜氏杨主要分布在秦岭林区, 太青杨主要栽培于山东省某些县市, 分布区域比较局限, 单独编表有利于提高测算精度。

3. 对适生区域相同或相近的树种, 要通过干形分析确定树种组。通过统计学计算分析, 一些树种的胸高形数回归公式列于下, 从中分析其干形差异程度。

$$\text{毛白杨: } f = 0.309\ 999 + 1.583\ 204/H \quad r = 0.943\ 0$$

$$f = 0.334\ 260 + 1.763\ 690/D \quad r = 0.876\ 6$$

北京杨:	$f = 0.330\ 600 + 1.028\ 830/H$	$r = 0.947\ 0$
	$f = 0.379\ 200 + 0.575\ 270/D$	$r = 0.899\ 2$
群众杨:	$f = 0.323\ 301 + 1.426\ 470/H$	$r = 0.783\ 2$
	$f = 0.360\ 500 + 1.407\ 801/D$	$r = 0.821\ 4$
合作杨:	$f = 0.322\ 380 + 1.430\ 410/H$	$r = 0.803\ 1$
	$f = 0.360\ 411 + 1.410\ 900/D$	$r = 0.796\ 4$
沙兰杨:	$f = 0.324\ 171 + 0.997\ 552/H$	$r = 0.836\ 4$
	$f = 0.324\ 502 + 1.197\ 261/D$	$r = 0.841\ 6$
I-214杨:	$f = 0.325\ 170 + 0.997\ 505/H$	$r = 0.826\ 3$
	$f = 0.321\ 979 + 1.266\ 590/D$	$r = 0.893\ 5$
健 杨:	$f = 0.355\ 210 + 1.011\ 251/H$	$r = 0.811\ 6$
	$f = 0.351\ 241 + 1.299\ 510/D$	$r = 0.877\ 9$
加 杨:	$f = 0.333\ 128 + 1.079\ 607/H$	$r = 0.798\ 1$
	$f = 0.333\ 092 + 1.436\ 461/D$	$r = 0.834\ 1$
大官杨:	$f = 0.238\ 966 + 2.528\ 320/H$	$r = 0.903\ 1$
	$f = 0.327\ 087 + 1.899\ 156/D$	$r = 0.871\ 2$
新疆杨:	$f = 0.367\ 673 + 0.928\ 572/H$	$r = 0.871\ 4$
	$f = 0.399\ 159 + 0.364\ 290/D$	$r = 0.912\ 0$
银白杨:	$f = 0.323\ 593 + 1.244\ 983/H$	$r = 0.877\ 3$
	$f = 0.340\ 498 + 1.113\ 549/D$	$r = 0.896\ 7$
圣马丁杨、鲁克思杨、哈沃德杨:		
	$f = 0.217\ 190 + 2.091\ 727/H$	$r = 0.892\ 0$
	$f = 0.275\ 001 + 1.969\ 540/D$	$r = 0.873\ 2$

对上述回归式中的 a、b 参数值, 通过回归参数值差异性检验, 除群众杨与合作杨、沙兰杨与 I-214 杨差异不显著外, 其余树种间差异都极显著, 说明了各树种形数值差异较大, 其随胸径或树高的变化规律也各异。

根据上述三原则, 为编制二元立木材积表, 可划分下列树种组: ①毛白杨, ②北京杨, ③小钻杨组(包括群众杨、合作杨), ④沙兰杨、I-214 杨组, ⑤健杨, ⑥加杨, ⑦新疆杨, ⑧银白杨, ⑨太青杨, ⑩大官杨, ⑪卜氏杨, ⑫圣马丁杨、鲁克思杨、哈沃德杨组。

三、样木量的分析

编制二元立木材积表所需样本数量可用下列公式¹⁾算得:

$$n = \frac{t^2 C^2}{E^2}$$

式中 n 为样本数量, t 为可靠性指标, 在可靠程度为 95% 时, $t=2$; C 为变动系数, E 为允许误差。

在材积标准差为 0.114 5, 变动系数为 24%, 允许误差为 1—5% 的条件下, 所需样本

1) 详见作者著“立木材积表编制理论”一文, 该论文于 1983 年通过部级鉴定。

数如下：

允许误差	5 %	4 %	3 %	2.5 %	2 %	1 %
所需样本数	92	144	256	369	576	2 304

由此可知，要求过高的精度(例如允许误差为 1 %)时，所需样本数将成数倍增长，从经济观点考虑这是很不合算的。相反，如果要求较低的精度(例如允许误差在 3 % 以上)，虽然样本数可以大大减少，但编表精度未免过低。因此，允许误差在 2—2.5 % 是比较理想的。它既保证了较高的精度，又比较经济合理。

同时，从上列公式又可看出，在要求一定精度和可靠性的条件下，参加编表所需样本数量决定于变动系数。根据计算，本次编表的杨树样本材积的变动系数如附表，按该变动系数在可靠性指标 $t = 2$ 、允许误差 $E = 2$ 的情况下，所需样本数及实际占有样本数见附表。

附表 各种杨树变动系数及所需样本数

树 种	变 动 系 数	所 需 样 本 数	实 际 样 本 数	树 种	变 动 系 数	所 需 样 本 数	实 际 样 本 数
毛白杨	18.3	335	602	太青杨	17.6	310	398
加 杨	17.4	303	408	大官杨	21.5	462	497
北京杨	19.2	369	494	卜氏杨	20.1	404	489
小钻杨	20.2	408	425	银白杨	23.2	538	577
沙兰杨、214杨	20.4	416	423	新疆杨	25.5	650	928
健 杨	18.9	357	549	圣马丁杨、鲁克思杨、哈沃德杨	20.3	412	593

从上表可知，实际占有的样本数比通过计算出来的理论所需样本数多。从而可以认为用现有样本编制的二元立木材积表是可以达到理想精度的。

四、回归公式的选择及计算

选择以下公式进行试编：

$$V = b_0 D^{b_1} H^{b_2} \quad (1)$$

$$V = b_0 D^2 H + b_1 D H + b_2 D^2 \quad (2)$$

$$V = b_0 D^2 H + b_1 D^2 \quad (3)$$

$$V = b_0 + b_1 D^2 H + b_2 D^3 H + b_3 D^2 + b_4 D^2 H \quad (4)$$

$$V = b_0 (D^2 H)^{b_1} \quad (5)$$

上列公式中(5)式为一元方程，(1)、(3)式采用二元线性方程解，(2)、(4)式采用多元线性方程解，计算出参数值之后，按相关系数和剩余标准差、系统误差选择上述公式的最优者作为编表的经验式。

$$\text{剩余标准差: } S = \sqrt{\frac{L_{yy} - \sum_{i=1}^K b_i L_{iy}}{N - K}}$$

$$\text{相关系数: } R = \sqrt{1 - \frac{L_{yy} - \sum_{i=1}^K b_i L_{iy}}{L_{yy}}}$$

$$\text{系统误差: } P\% = \frac{\sum_{i=1}^K (\hat{y}_i - y_i)}{\sum_{i=1}^N Y_i} \cdot 100$$

五、二元立木材积表的编制及适用范围

按照上述计算分析, 确定的经验公式如下:

1. 毛白杨: $V = 0.51340 H^{0.828866} D^{1.996376}$
 $R = 0.9872 \quad S = 0.00102 \quad P = 0.21\%$
2. 加杨: $V = 0.261626 D^2 H + 0.005641 DH + 0.312610 D^2$
 $R = 0.9520 \quad S = 0.00032 \quad P = 0.32\%$
3. 北京杨: $V = 0.278731 D^2 H + 0.002259 DH + 0.381692 D^2$
 $R = 0.8999 \quad S = 0.00014 \quad P = -0.61\%$
4. 小钻杨类(群众杨、合作杨、小美杨):
 $V = 0.268538 D^2 H + 0.005528 DH + 0.560172 D^2$
 $R = 0.8999 \quad S = 0.00018 \quad P = 0.87\%$
5. 圣马丁杨、鲁克思杨、哈沃德杨:
 $V = 0.193283 D^2 H + 0.007734 DH + 0.821419 D^2$
 $R = 0.8983 \quad S = 0.00107 \quad P = -0.33\%$
6. 沙兰杨、I-214杨:
 $V = 0.254575 D^2 H + 0.784643 D^2$
 $R = 0.9673 \quad S = 0.00101 \quad P = 0.52\%$
7. 健杨: $V = 0.275683 D^2 H + 0.834105 D^2$
 $R = 0.9734 \quad S = 0.00087 \quad P = 0.67\%$
8. 太青杨: $V = 0.287063 D^2 H + 0.920037 D^2$
 $R = 0.9981 \quad S = 0.00012 \quad P = -0.11\%$
9. 大官杨: $V = 0.290048 D^2 H + 0.841938 D^2$
 $R = 0.9741 \quad S = 0.00108 \quad P = 0.36\%$
10. 卜氏杨: $V = 0.313917 D^2 H + 0.948834 D^2$
 $R = 0.9689 \quad S = 0.00032 \quad P = 0.81\%$
11. 银白杨: $V = 0.285296 D^2 H + 0.855888 D^2$
 $R = 0.9871 \quad S = 0.0821 \quad P = -0.145\%$
12. 新疆杨: $V = 0.420834 D^{1.960893} H^{0.891108}$
 $R = 0.8994 \quad S = 0.01087 \quad P = 0.18\%$

该文编制的杨树二元立木材积表, 适用于我国杨树分布区, 而且, 多年来已在杨树适生区得到普遍应用, 效果良好。

参 考 文 献

- [1] 徐伟英, 1988, 杨树, 黑龙江人民出版社。
[2] 中国科学院数学研究所, 1974, 回归分析方法, 科学出版社。
[3] 陈章水等, 1977, 部颁标准 Ly 208-77 立木材积表, 国家标准出版社。

THE ESTABLISHMENT OF BINOMIAL STOCK VOLUME TABLES OF POPLAR

Chen Zangshui

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract Practical measurement of 6 383 collected poplar cores from all of the poplar cultural areas in China has been conducted. After analysis of breast-height form-factor of various poplar stocks, the author divided them into 12 tree species groups. After the calculation of volume variation coefficient of each poplar tree species group, according to the equation $n = t^2 C^2 / E^2$ the author analysed the required number of cores necessary for the establishment of volume tables and tried to establish them with 5 regression equations, then applying the residual standard deviation, coefficient of correlation and systemic deviation to test them and select the most suitable equation to establish the binomial stock volume table of *Populus tomentosa*, *P. × canadensis*, *P. beijingensis*, *P. nigra*, I-72/58, I-69/55, I-63/51, *P. × euramericana* Guinier cv. "Sacrau", *P. × euramericana* Guinier cv. "Robusta", *P. taiging*, *P. × xiaozhuanica*, *P. purdomii*, *P. alba* and *P. alba* var. *pyramidalis*. These tables have widely been used with good results.

Key words *Populus* sp.; stock volume table; regression equation of volume table