

# 油松人工林球果生物量的初步研究

盛瑞发 任朝珊

(山东省泰安农业学校)

梁立兴

(山东农学院科技情报研究室)

## 摘 要

本文是用实测油松人工林平均木球果生物量的方法,来研究不同立地条件、测树学因子与油松人工林球果生物量的关系。结果表明,油松球果生物量以山脊、阳坡最多,阴坡次之,山洼最少;油松球果生物量与林木生长级之间呈正相关;在单株林木的树冠部位上是以上、中部的球果生物量最多,下部最少,向阳面显著多于背阴面。胸径、树高与球果生物量之间呈直线正相关,并推导出预测油松球果生物量的回归方程。

油松 (*Pinus tabulaeformis*) 是我国暖温带山区造林的一个重要树种,油松人工林的分布面积较广。为了了解油松人工林树木各组成部分之间的相互关系及其物质的积累、分配和运转的特点,使其充分发挥自然资源的潜力,不断提高森林生产力,有必要研究油松人工林的生物量。油松球果生物量是组成油松人工林生物量的一部分,要准确的测定油松人工林生物量,就必须在油松球果成熟期进行。但油松自花芽形成到球果成熟,需要近两年时间,这样就给油松人工林生物量的测定,带来了时间上的限制。为了避免这种限制,我们在泰山林场对不同立地条件和测树学因子与油松人工林球果生物量之间的相互关系进行了初步研究。

## 一、研究方法和材料

我们在泰山林场20—24年生、林分密度每亩为70—80株的油松人工林内,以不同坡位、坡向和海拔高度,设置了标准地25块,每块标准地面积为600平方米。经每木调查后,每块标准地内选平均木3—5株,再按径级选取每径级平均木1—2株,测量它们的胸径、树高、枝下高和冠幅等因子,并全部采下球果,称其鲜重。然后按抽样法,每组抽出10%的球果,置于100—105℃烘箱内烘至恒重,求得球果生物量样品,再推算整株球果生物量(张家武\*, 1980; 陈楚莹等\*, 1980)。

根据胸径、树高与球果生物量的关系,求得预测油松人工林球果生物量的回归方程。

## 二、研究结果

### 1. 油松球果生物量与测定时间的关系

油松自开花至球果成熟需经18个月。了解油松开花至球果成熟的物候期,有助于球果生物量的研究(陈楚莹等\*, 1980)。根据在泰山海拔300—500米处的定位观察,油松开花至球果成熟的物候期如下:

\* 据中国科学院林业土壤研究所(1980): 杉木人工林生态学研究论文集(下同)。

树液流动期: 一般在 3 月上旬。

冬芽萌动期: 3 月中旬, 冬芽缓慢伸长。

嫩枝抽梢期: 4 月上旬至 5 月中旬, 嫩枝显著伸长。

雄花芽出现期: 4 月上、中旬, 随新枝伸长, 于新枝中下部的鳞片叶叶腋出现雄花芽。

雄花芽膨大期: 4 月中旬至 5 月中旬。

雄花开放期: 5 月中旬。

雄花撒粉期: 5 月中、下旬。

雌花芽出现期: 4 月上旬, 于伸长的新枝顶端出现雌花芽。

雌花芽膨大期: 4 月下旬至 5 月中旬。

雌花开放期: 5 月中、下旬。

雌花授粉期: 5 月中、下旬。

幼果形成期: 6 月上旬, 幼果形成后当年基本上不再生长。

幼果膨大期: 翌年 4 月上旬至 6 月中、下旬。

幼果定型期: 翌年 6 月下旬, 此后基本上不再增大。

球果始熟期: 翌年 9 月下旬, 多数球果开始由绿变为黄褐色。

球果成熟期: 翌年 10 月上旬, 大多数球果呈黄褐色。

果鳞开裂期: 翌年 10 月中、下旬。

种子飞散期: 翌年 10 月中旬至 11 月上、中旬。

休眠期: 11 月上、中旬。

从以上物候期可以看出, 要准确测定油松球果生物量, 必须掌握适宜的测定时间。表 1 是在不同海拔的两块标准地内, 各选取测树学因子相似的平均木, 分别不同时间测定球果生物量的结果 (陈楚莹等\*, 1980)。

表 1 油松球果生物量与测定时间的关系

海拔高 (米)	测定日期	测定 株数	树 高 (米)	胸 径 (厘米)	球果数 (个/株)	球果生物量 (克/株)	对 比 (%)	种 子 重 (克/株)
400	9月26日	1	4.8	8.7	74	487	86.5	20
	10月6日	1	4.5	8.2	73	563	100.0	110
	10月22日	1	4.7	8.5	76	420	74.6	31
900	10月6日	1	7.3	10.4	67	352	70.8	11
	10月16日	1	7.2	11.1	69	497	100.0	102

由表 1 可以看出, 在泰山低海拔条件下, 10 月 6 日 (寒露前后) 测定的球果生物量, 均高于 9 月 26 日与 10 月 22 日; 高海拔条件下, 10 月 16 日测定的球果生物量, 多于 10 月 6 日。由此可知, 测定时间过早, 球果尚未成熟, 测定时间过晚, 种子已经飞散, 均影响球果生物量的多少。就泰山高、低两种海拔而言, 分别以 10 月中旬、10 月上旬为宜。这个时间与油松球果的成熟期, 即采种期相一致。

## 2. 油松球果生物量与坡位、坡向的关系

油松球果生物量除受测定时间的影响外, 还受坡位、坡向等因子的影响 (陈楚莹等,

1980)。为了探讨油松球果生物量与坡位、坡向等因子的关系,我们在低海拔选择了山脊、山坡、山洼三种坡位和阴坡、阳坡两种坡向,设标准地(林龄、林分密度和抚育管理措施基本相同)分别测定了球果生物量,其结果见表2。

表2 坡位、坡向与球果生物量的关系

坡位、坡向	测定株数	平均单株球果数(个)	平均单株球果生物量		每亩株数	每亩球果生物量	
			总重量(公斤)	平均单个重量(克)		总重量(公斤)	对比(%)
山脊	5	76	0.614	8.0	74	45.436	100.0
山坡	阳坡	5	0.688	9.2	71	48.848	107.5
	阴坡	5	0.563	7.7	79	44.477	97.9
山洼	5	80	0.526	6.6	78	38.628	85.0

从表2可知,球果生物量与坡位、坡向有密切关系。无论单株或单位面积球果生物量,均以山脊、阳坡最多,阴坡次之,山洼最少。其原因,主要是由于地形部位不同,光照条件有着显著差别而造成(陈楚莹等\*,1980; Monsl, 1974)。根据我们的观察记载,在整个生长季节内,山脊与阳坡的受光时间,平均每天长达10—11小时;阴坡为8—9小时;山洼只有6—7小时。山脊与阳坡的受光时间长,光照又强,光合产物的积累也多。另外,山脊、阳坡的空气较干燥,通风较好,这为油松的授粉创造了较好的条件,授粉率较高,饱满种子较多。因此,山脊、阳坡的球果生物量也必然较多。阴坡与山洼,虽然土壤、水分等条件较好,但由于光照时间较短,光合产物较少,故其球果生物量也较少。

### 3. 油松球果生物量与测树学因子的关系

1) 球果生物量与林木生长级的关系 在同一林分内,林木个体之间有着显著差异。我们将同一标准地内的林木划分成三级: I级木——生长快,发育良好,树高超过林分平均高的15%; II级木——生长良好,发育正常,树高接近林分平均高; III级木——生长弱,处于林冠下被压状态,树高低于林分平均高的15%。分别测定他们的球果生物量,其结果见表3。

表3 油松球果生物量与林木生长级的关系

林木生长级	测定株数	球果总数(个)	平均单株球果数(个)	球果生物量		单株球果生物量对比	
				平均单株(公斤)	平均单个(克)	总百分比(%)	相对百分比(%)
I	8	618	77.2	0.607	7.9	63.7	100.0
II	10	332	33.2	0.276	8.3	28.9	45.6
III	9	86	9.6	0.071	7.4	7.4	11.7

由表3可知,由于林木生长级的不同,球果生物量也有显著差别(陈楚莹等,1980)。I级木最多,II级木次之,III级木最少。以平均单株生物量计,II级木仅为I级木的45.6%,III级木仅为I级木的11.7%。由此表明,同一林分内,球果生物量的分配规律与林木生长级呈正相关。

2) 球果生物量与树冠部位的关系 同一株林木的树冠部位不同,光照强弱也不同,因而光合产物的积累与分配也有明显不同,反应在球果生物量上也有显著差别(陈楚莹等,1980; Madgwick, 1974; Токмурзин,1975)。我们在同一块标准地内,选择生长良好,发

育正常，均具有六轮枝条的平均木3株，按上、中、下各为两轮枝条划分，分别测定各部位的球果生物量，其结果见表4。

表4 球果生物量与树冠部位的关系

树冠部位	球果总数 (个)	平均单株球果数 (个)	球果生物量		单株球果生物量对比	
			平均单株 (公斤)	平均单个 (克)	总百分比 (%)	相对百分比 (%)
上	46	15.3	0.120	7.8	42.7	100.0
中	52	21.3	0.124	7.1	44.1	103.0
下	21	7.0	0.037	5.3	13.1	30.8

由表4可知，树冠上部与中部的球果生物量基本相同，占全树冠球果生物量的86.8%；树冠下部仅为全树冠的13.1%。树冠下部的枝条较短，枝量也少，如果将枝长与枝量的比例考虑在内，实际上以上部的球果生物量为最多。另外从平均单个球果生物量来看，以上部的最多，中部次之，下部最少。产生这种差别的原因，主要取决于雌雄花的分布和光照条件。根据观察，达正常结实年龄的油松，在一般情况下雄花芽多数分布于树冠下部，逐渐往上雄花递减；雌花分布与其相反，以树冠上部与外围最多。同时林内光照条件又随着树冠的上升而逐渐增强。故树冠上部与中部的结实条件优于下部，其球果生物量也必然较多。

同一树冠上的向阳面与背阴面，球果生物量也有很大差别（陈楚莹等，1980；Токмурзин，1975）。表5是上述3株平均木向阳面与背阴面测定的球果生物量的结果。

表5 球果生物量与树冠向阳面、背阴面的关系

树冠部位	球果总数 (个)	平均单株球果数 (个)	球果生物量		单株球果生物量对比	
			平均单株 (公斤)	平均单个 (克)	总百分比 (%)	相对百分比 (%)
向阳面	88	29	0.232	8.0	75.8	100.0
背阴面	29	10	0.074	7.4	24.2	31.9

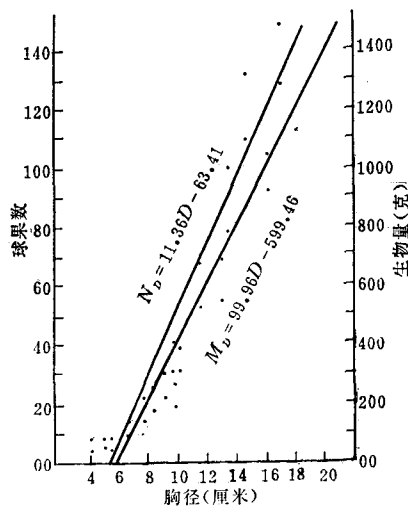


图1 球果个数、生物量与胸径的关系

结果表明，向阳面的球果生物量显著多于背阴面，约占全树冠的3/4；背阴面只占1/4。其主要原因是光照条件不同所致。

3) 球果生物量与林木胸径的关系 为了探讨球果生物量与林木胸径、树高的关系，我们在代表性最广的山坡林分内，选择了不同径级平均木37株，分别测定它们的胸径、树高和球果数、球果生物量（陈楚莹等\*，1980；Satoo，1974）。

图1是根据37株不同径级林木的实测资料，绘制的球果个数、生物量与胸径的关系图。从图上可以看出，球果的个数、生物量与林木胸径之间为直线正相关。

根据资料,用最小二乘法配成直线回归方程为:

$$N_D = 11.36D - 63.41 \quad (1)$$

$$M_D = 99.96D - 599.46 \quad (2)$$

式中:  $N_D$ ——球果个数;

$M_D$ ——球果生物量;

$D$ ——胸径。

以上两式的相关系数分别为: (1)  $\gamma = 0.9341$ , (2)  $\gamma = 0.9274$ 。

对  $\gamma$  的显著性进行了检验,当自由度为15时,  $\gamma_{0.01} = 0.606$ 。

回归方程 (1) 的相关系数  $\gamma = 0.9341 > \gamma_{0.01}$ , (2) 的相关系数  $\gamma = 0.9274 > \gamma_{0.01}$ 。

证明该两直线回归方程极显著。

对回归关系显著性  $F$  检验的结果; 当自由度为 1 和 14, 从  $F$  表中查得:  $F_{0.01} = 8.9$ 。实得回归方程 (1)  $F_D = 98.48 > F_{0.01}$ , (2)  $F_D = 86.98 > F_{0.01}$ 。证明回归关系极显著。

根据相关系数显著性和回归关系显著性的检验结果,证明两者的结论均为极显著,所配合的直线回归方程 (1) 与 (2) 是合理的。但该两方程的适用范围,只限于林龄在 22 年左右,胸径在 6.2—17.6 厘米之间的山坡油松人工林内,才能用来预测球果个数与球果生物量。这两个经验公式,为我们研究油松人工林生物量提供了方便。只要测得林木胸径,就能预测油松单株球果数和球果生物量,并可从表 6 直接查得。用林分平均胸径的预测值,乘以该林分单位面积的林木株数,即可求得单位面积的球果数和球果生物量。

表 6 油松球果个数、生物量与胸径的相关表

胸 径 (厘米)	单株球果数 (个)	单株生物量 (克)	胸 径 (厘米)	单株球果数 (个)	单株生物量 (克)	胸 径 (厘米)	单株球果数 (个)	单株生物量 (克)
6.2	7	20.29	10.2	52	420.13	14.2	98	819.97
6.4	9	40.28	10.4	55	440.12	14.4	100	839.96
6.6	12	60.27	10.6	57	460.11	14.6	102	859.95
6.8	14	80.27	10.8	59	480.11	14.8	105	879.95
7.0	16	100.26	11.0	62	500.10	15.0	107	899.94
7.2	18	120.25	11.2	64	520.09	15.2	109	919.93
7.4	21	140.24	11.4	66	540.08	15.4	112	939.92
7.6	23	160.23	11.6	68	560.07	15.6	114	959.92
7.8	25	180.23	11.8	71	580.06	15.8	116	979.91
8.0	27	200.22	12.0	73	600.06	16.0	118	999.90
8.2	30	220.21	12.2	75	620.05	16.2	121	1019.89
8.4	32	240.20	12.4	77	640.04	16.4	123	1039.88
8.6	34	260.19	12.6	80	660.03	16.6	125	1059.88
8.8	37	280.19	12.8	82	680.03	16.8	127	1079.87
9.0	39	300.18	13.0	84	700.02	17.0	130	1099.86
9.2	41	320.17	13.2	87	720.01	17.2	132	1119.85
9.4	43	340.16	13.4	89	740.00	17.4	134	1139.84
9.6	46	360.15	13.6	91	759.99	17.6	137	1159.84
9.8	48	380.15	13.8	93	779.99			
10.0	50	400.14	14.0	96	799.98			

4) 球果生物量与林木高度的关系 图 2 是 37 株林木按树高级绘制的油松球果个数、生

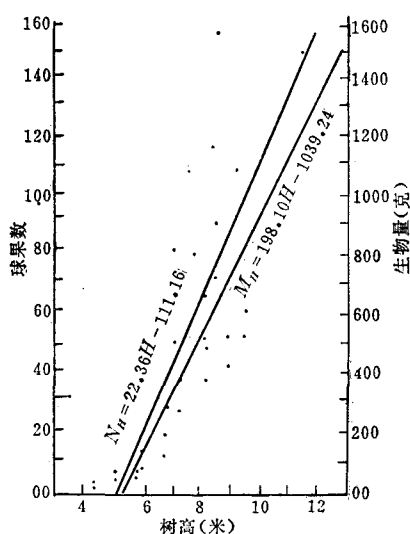


图 2 球果个数、生物量与树高的关系

相关极显著。

对回归关系显著性 $F$ 检验的结果；当自由度为 1 和 14，查 $F$ 表得： $F_{0.01} = 8.9$ 。实得回归方程 (3)  $F_H = 36.42 > F_{0.01}$ ，(4)  $F_H = 42.39 > F_{0.01}$ 。证明回归关系极显著。

由上述检验结果表明，相关系数显著性和回归关系显著性均为极显著。故直线回归方程 (3)、(4) 的配合也是合理的。它们的适用范围与 (1)、(2) 式完全相同，预测也较简便。只要测得林木高度，就可求得油松单株球果数和球果生物量。用林分平均高的预测值，乘以该林分单位面积的林木株数，也可求得单位面积的球果数和球果生物量。但由于 (3)、(4) 两式的相关系数比 (1)、(2) 两式小，相对误差值较大。而且在实地测量树高又较困难、精度较低。所以 (3)、(4) 两式在实际应用上不如 (1)、(2) 两式的价值大。

### 三、结 论

1. 要准确测定油松人工林球果生物量，必须掌握适宜的测定时间。适宜的测定时间一般与油松球果的收获成熟期，即采种期相一致。泰山高、低两种海拔，分别以 10 月中旬和 10 月上旬为宜。

2. 油松球果生物量与坡位、坡向的关系极为密切，无论单株或单位面积的球果生物量均以山脊与阳坡最多，阴坡次之，山洼最少。

3. 油松球果生物量与林木生长级之间呈正相关，林木生长级愈高，球果生物量愈多。I 级木最多；II 级木次之，平均单株球果生物量约为 I 级木的 45.6%；III 级木最少，仅为 I 级木的 11.7%。

4. 以单株林木而言，树冠上、中部的球果生物量显著多于下部，下部的球果生物量仅为上部或中部的 30% 左右。向阳面的球果生物量显著多于背阴面，背阴面仅为向阳面的 30% 左右。

5. 油松球果的个数与生物量同林木的胸径大小呈直线正相关，其回归方程为：

量与树高的关系图。从图上可以看出，球果的个数、生物量与林木高度也呈直线正相关。

用上述资料，按最小二乘法配成直线回归方程为：

$$N_H = 22.36H - 111.16 \quad (3)$$

$$M_H = 198.10H - 1039.24 \quad (4)$$

式中： $N_H$  = 球果个数；

$M_H$  = 球果生物量；

$H$  = 树高。

(3) 与 (4) 式的相关系数分别为： $\gamma = 0.8513$ ， $\gamma = 0.8670$ 。通过  $\gamma$  的显著性检验，当自由度为 15 时， $\gamma_{0.01} = 0.606$ 。

(3) 式的相关系数  $\gamma = 0.8513 > \gamma_{0.01}$ ，

(4) 式的相关系数  $\gamma = 0.8670 > \gamma_{0.01}$ 。表明

$$N_D = 11.36D - 63.41,$$

$$M_D = 99.96D - 599.46.$$

该两公式在实际应用上较简便, 预测结果精度较高。

6. 油松球果的个数与生物量同树高也呈直线正相关, 其回归方程为:

$$N_H = 22.36H - 111.6,$$

$$M_H = 198.10H - 1039.24.$$

由于在实际工作中测量树高比测量胸径困难, 而且精度较低, 又因该两公式本身的预测精度也较低, 故在实际应用上意义不大。

### 参 考 文 献

- Madgwick, H.A.I. 1974 林冠的生物量和生产力模型。植物生态学译丛(第一集): 19—25。科学出版社。  
 Monsi, M. 1974 植物群落的数学模型。植物生态学译丛(第一集): 123—144。科学出版社。  
 Satoo, T. 1974 产量法研究综述。植物生态学译丛(第一集): 26—39。科学出版社。  
 Токмурзин, Т.К. 1975 Способ таксации биомассы кроны сосны. Лесной хозяйство (4): 41—43。

## A PRELIMINARY STUDY ON CONES' BIOMASS OF *PINUS TABULAEFORMIS* PLANTATION

Sheng Ruifa Ren Chaoshan

(Agricultural School of Taian Region, Shandong Province)

Liang Lixing

(Science-Technology Information Division of Shandong Agricultural College)

The relation of the cones' biomass of *Pinus tabulaeformis* to site conditions and factors of mensuration was studied by measuring the cones' biomass of average tree of *Pinus tabulaeformis* plantation under the different site conditions. The results of our study have showed that the cones' biomass of *Pinus tabulaeformis* is most on the ridge and the southern slope of a mountain, moderate on its northern slope and least in its valley. There is a positive correlation between the cones' biomass of *Pinus tabulaeformis* and the growth class of forest tree. For individual tree, the cones' biomass is most in the upper and middle parts of the crown, least in the lower part of the crown, and significantly more in the southern part of the crown than in its northern part. The relation of diameter breast high and height to cones' biomass appears as a linear positive correlation, and thereby regression equations for predicting the biomass can be derived. The regression equations can be used as a simple and direct method for studying biomass of *Pinus tabulaeformis* plantation,