

沿海平原南方型杨树生长特性*

徐维坤 杨雄鹰 胡勤奋

(浙江省宁波市林科所, 宁波 315010) (浙江省余姚市林特局)

史迎寅 黄胜利

(浙江省慈溪市农林局)

摘要 连续3 a的试验研究表明: 南方型杨树在宁波沿海平原地区的年生长可分为4个时期, 即生长前期、速生期Ⅰ、速生期Ⅱ和生长后期。生长过程能较好地用Richards生长曲线拟合。树高、胸径和材积的速生期分别在2~6 a, 3~7 a和4~9 a。土壤含盐量对杨树生长有抑制作用, 但与其他平原树种相比仍表现出显著的速生特性。与我国南方型杨树引种区生长比较, 宁波市沿海平原属适宜引种区。

关键词 黑杨派; 沿岸平原; 引种; 生长特性; 宁波

中图分类号 S792.110.1

黑杨派南方型杨树是优良的平原绿化树种, 70年代初, 从意大利杨树研究所引种后, 在我国广大平原地区推广造林取得空前成功。为了掌握南方型杨树在沿海平原地区的生物学特性, 从1990年开始, 针对沿海平原地区台风影响大、土壤含盐高和地下水位高等的不利因素, 开展造林试验, 对该树的生长特性进行了系统的观测研究。

1 试验地概况

宁波市沿海平原位于杭州湾南岸, 三门湾以北。地理位置在 $28^{\circ}43'38''\sim30^{\circ}27'18''N$, $120^{\circ}52'25''\sim122^{\circ}26'50''E$ 。属亚热带季风湿润气候区。年均气温 $16.5^{\circ}C$, 大于 $10^{\circ}C$ 的积温 $5080^{\circ}C$, 年均降水量 1370 mm , 蒸发量 1490 mm , 极端低温 $-9.3^{\circ}C$, 极端高温 $39.5^{\circ}C$, 无霜期 235 d , 年均风速 5.6 m/s , 最大风速可达 40.0 m/s 。台风影响每年平均1.8次, 最多每年可达6次。台风主要集中在8~9月。

沿海平原土壤为在近代浅海沉积物上发育起来的土壤。其主要特点是含盐量高(以氯化钠为主), 地下水位高, 结构差, 肥力低。表土层含盐量 $0.05\%\sim0.50\%$, pH值 $7.5\sim8.5$ 。地下水位 $30\sim80\text{ cm}$, 有机质含量 0.8% 左右。

收稿日期: 1995-02-09; 修改稿收到日期: 1995-04-12

*浙江省宁波市科委资助项目

2 材料和方法

供试材料是黑杨派无性系 *Populus deltoides* Bartr. cv. 'Lux' (I-69/55, 简称 I-69杨) 和 *P. × euramerican* (Dode) Guinier cv. 'San Martino' (I-72/58, 简称 I-72杨)。I-69和I-72杨在宁波市沿海平原地区生长差异不显著, 故试验中不单独加以分析研究, 通称为南方型杨树。

年生长节律观察在宁波市林科所圃地进行。1990年3月, 选用高3 m以上的苗木9株, 采用高标准造林, 株行距4 m × 6 m。林地常年地下水位40 cm左右, 间种蔬菜。造林后从发芽开始每月末和月中旬1次, 测定树高(H)和胸径($D_{1.5}$), 直至树木年生长结束, 连续3 a。把3 a间的定月定旬期观测值作平均处理, 适当消除旬生长的差异, 以增强代表性。

在慈溪市七塘塘堤取1984年造林的南方型杨树平均木1株, 进行树干解析, 1 a一个龄级, 1 m区分段。土壤含盐量0.09%。

在全市沿海平原不同含盐量的立地上进行多点造林试验, 测定生长量, 建立含盐量与生长的关系式。关系式为: $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ 。其中: y 为杨树造林当年的树高(m)和胸径(cm)生长量, x 为土壤含盐量(%)。同时测定同立地其他平原种树的生长量。

台风(或热带风暴)过后, 在各造林试点调查受害情况。调查内容有: 折断率、枝叶损伤率及风倒情况。

3 结果和分析

3.1 年生长节律

树木年生长周期是由树种的生物学特性决定的。年生长发育能否正常进行, 也常作为判断引种成功与否的标志之一^[1]。本文采用有序样本的聚类分析方法^[2], 以连续3 a定旬月的树高和胸径生长量均值为原始资料(表1), 通过以下计算正确划分生长阶段: ①把定旬月有生长量的树高和胸径值连续编号, 分别 x_1, x_2, \dots, x_{15} , 然后对这15个有序样本进行聚类; ②依公式 $D(i, j) = \sum_{i=1}^j (x_i - \bar{x}_{ij})^2$ 求出类直径表; ③最后对15个有序样本划分为4类。

划分结果见表2。生长前期, 每年的3月中旬至4月底, 历时1.5月。主要生长特征为: 树液流动, 顶芽萌发, 开始抽梢生长, 树高和胸径生长量仅占年生长总量的5.86%和5.04%。速生期I, 从5月初至8月中旬, 历时3.5月。树高和胸径生长加快, 形成第1个生长高峰, 旬生长量超过全年生长季节平均旬生长水平, 阶段树高和胸径生长量分别占全年生长总量的67.35%和71.00%。速生期II, 从8月中旬至9月中旬, 历时1.0月。它是一年中形成的第2个生长高峰, 旬均生长量超过(树高)和接近(胸径)速生期I的旬均生长水平, 阶段树高和胸径生长量分别占全年生长总量的20.37%和18.12%。生长后期, 从9月中旬至10月底, 历时1.5月。树高和胸径生长量迅速下降, 旬生长量低于年均旬生长水平, 直至生长停止。阶段树高和胸径生长量分别占全年生长总量的6.42%和5.84%。11月下旬落叶, 然后进入休眠期, 全年生长期240 d左右。这与原产地及我国引种成功地区的物候相基本相仿^[3]。

表1 南方型杨树树高、胸径生长进程

Table 1 The yearly growth process of height and diameter

日期	1990年		1991年		1992年		均值		
	$\Delta H/m$	$\Delta D_{1.3}/cm$							
03-30	0.02	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02	0.017	0.027	
04-15	0.07	0.02	0.04	0.19	0.03	0.04	0.047	0.083	
04-30	0.06	0.03	0.07	0.10	0.09	0.11	0.073	0.080	
树高	05-15	0.07	0.10	0.09	0.30	0.17	0.38	0.110	0.260
和	05-30	0.08	0.24	0.24	0.57	0.27	0.61	0.197	0.473
胸径	06-15	0.12	0.22	0.32	0.49	0.26	0.45	0.233	0.387
生	06-30	0.14	0.29	0.42	0.39	0.30	0.50	0.287	0.393
长	07-15	0.15	0.34	0.24	0.51	0.32	0.54	0.237	0.463
进	07-30	0.20	0.27	0.23	0.34	0.33	0.41	0.253	0.340
程	08-15	0.22	0.36	0.28	0.45	0.27	0.27	0.257	0.360
09-30	0.44	0.47	0.25	0.69	0.25	0.20	0.313	0.450	
10-15	0.12	0.21	0.22	0.31	0.10	0.10	0.163	0.233	
10-30	0	0.01	0	0.01	0	0	0	0.007	

表2 南方型杨树生长阶段划分

Table 2 Division of growth stages

生长阶段	日期	树 高			胸 径		
		净生长量 /m	占总生长量 /%	旬均生长量 /m	净生长量 /cm	占总生长量 /%	旬均生长量 /cm
生长前期	03-15~04-30	0.137	5.86	0.046	0.19	5.04	0.063
速生期 I	04-30~08-15	1.574	67.35	0.225	2.676	71.00	0.382
速生期 II	08-15~09-15	0.476	20.37	0.238	0.683	18.12	0.342
生长后期	09-15~10-30	0.150	6.42	0.05	0.22	5.84	0.073

3.2 生长与气温、日照和降水的关系

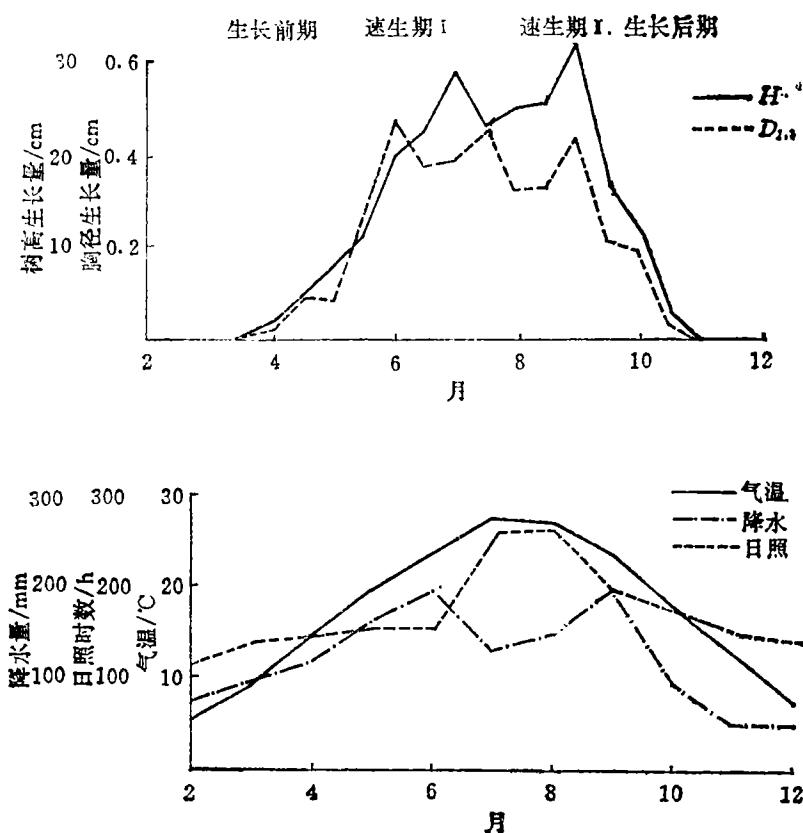
附图表明, 南方型杨树在旬平均气温达到12.1℃时, 树高和胸径生长才开始起动, 随着气温的增高和降水、日照的协调增加生长加快。5~6月气温较高, 光照充沛, 雨量达到一年中最大的两个月, 分别占全年的11.7%和14.1%, 树高生长和胸径生长出现第1个生长高峰。7月上旬至8月下旬, 由于受副热带高压控制, 晴热少雨, 蒸发量大, 生长受到明显影响, 出现低值。9月份降水适中, 气温和日照适宜, 生长形成第2个高峰。此后, 随着降水、气温和日照的下降, 生长剧烈下降。树高和胸径停长期的气温为18.4℃。

经多元线型回归分析, 南方型杨树的旬生长量与相应期间的气温、降水和日照因子密切相关。回归方程式如下:

$$y_H = -0.3315 + 0.0008x_1 + 0.0018x_2 + 0.0011x_3 (R = 0.8168^*)$$

$$y_D = -0.4394 + 0.0021x_1 + 0.0030x_2 + 0.0011x_3 (R = 0.7337^*)$$

其中: y_H , y_D 分别表示旬树高、直径生长量; x_1 表示相应旬均气温, x_2 表示相应旬均降水



附图 幼林期平均生长量与同期气温、降水和日照时数的关系

Fig. Relationships between the average increment of young growth and air temperature, precipitation and sunshine

量; x_3 表示相应旬均日照时数。

3.3 台风的影响

宁波市沿海平原台风的年影响机率为1.8次, 主要集中在8~9月。台风过程往往有大于50 mm的降水和大于17.0 m/s的瞬间风速。因此, 台风给南方型杨树生长带来一定影响。8~9月份是干旱季节, 台风的降水过程能缓解或解除旱情, 促进树木生长; 同时, 大风又给树木造成损伤。风害的调查发现: 2年生南方型杨树的折断率为3.0%左右, 枝叶损伤率为52.5% (枝叶损伤率 = $\frac{\sum \text{受害级株数} \times \text{代表数值}}{\text{总株数} \times \text{风害最高级代表数值}}$); 新植树发生风倒的倾斜角度在60°以内, 但发生风倒的程度与种植的质量有关。树木的折断率与树龄成反比。如在慈溪、余姚七塘公路种植的10年生树高16 m左右的杨树均未发现风折。

3.4 树木生长过程

3.4.1 生长曲线的拟合 本研究选择 Richards 生长函数方程对树木的胸径、树高和材积生长进行拟合。

$$y = A(1 - e^{-c_1})^B$$

其中: y 为各年龄所对应的 H , D , V ; t 为树龄; A , B , C 为待定常数。

根据10年生标准木的树干解析材料, 上机得拟合结果见表3。

表3 Richards方程拟合参数值

Table 3. Fitting parameters by Richards function

胸 径			树 高			材 积					
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>R</i>
47.0293	1.6685	0.1583	0.9985	24.6788	1.0497	0.1218	0.9956	2.5361	3.8275	0.1191	0.9989

经 F 检验, 南方型杨树生长的各相关系数均达到极显著相关, 说明用 Richards 生长函数方程拟合南方型杨树生长规律较好。

3.4.2 胸径、树高和材积生长规律 由表4可见, 南方型杨树在10年生时胸径31.2 cm, 树高16.8 m, 单株材积0.5617 m³。胸径生长高峰在3~7 a, 树高生长高峰在2~6 a, 材积生长高峰在4~9 a。胸径连年生长量最大4.9 cm, 树高2.8 m, 材积0.09372 m³。根据生长预测方程, 11 a 时材积的连年生长量和平均生长量曲线相交, 达到生理成熟期。

表4 南方型杨树连年生长量

Table 4 Current annual increment of southern type poplar

项 目	树龄/a									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
H/m	1.60	2.80	2.50	1.65	1.50	1.10	1.00	1.00	0.90	
D/cm	2.70	4.90	4.10	3.80	3.50	3.40	2.90	2.10	1.80	
V/m^3	0.00483	0.01863	0.04462	0.04852	0.08646	0.09372	0.06683	0.06801	0.06011	

3.5 土壤含盐量对生长的影响

经调查计算, 南方型杨树生长与土壤含盐量的关系为:

$$y_H = 1.8040 - 6.8822x + 4.8815x^2 \quad (R = -0.9758^{**})$$

$$y_D = 4.3386 - 21.6235x + 28.8328x^2 \quad (R = -0.9818^{**})$$

这说明土壤含盐量限制南方型杨树的生长。在土壤含盐量为0.34%时, 南方型杨树不能存活。

尽管土壤含盐量对南方型杨树生长影响较大, 但在一定范围内南方型杨树仍能够成林、成材和起绿化作用。表5结果可知, 在土壤含盐量在0.2%和0.3%的情况下, 南方型杨树生长仍比同龄的白蜡(*Fraxinus chinensis*)、女贞(*Ligustrum lucidum*)快, 能较好地起到绿化作

表5 南方型杨树与其他树种生长比较

Table 5 Comparison of growth between southern type poplar and other trees in the same site

项 目	慈溪西二九塘村含盐量0.3%(3年生)			慈溪郑家浦九塘含盐量0.2%(4年生)		
	杨 树	白 蜡	杨 树	女 贞	白 蜡	
H/m	3.6	1.8	4.5	2.6	2.0	
$D_{1.3}/cm$	4.5	1.6	5.5	4.2	2.6	

用。因此，在沿海平原地区的盐渍地上，应根据目的不同选择营造南方型杨树。

3.6 生长评价

南方型杨树起源于 $33\sim35^{\circ}\text{N}$ 的美国东南部，集中分布在气候温暖湿润的密西西比河流域的冲积平原，生境与我国最适宜引种区的湖南洞庭湖平原、湖北汉江平原相近似^[4]。宁波市沿海平原尽管水、热和光条件与原产区相仿，但台风的影响使树木高生长受到抑制。与我国引种区的生长比较(表6)，宁波市沿海平原可划为南方型杨树适宜引种区。

表6 南方型杨树引种区生长比较

Table 6 Comparison of growth in different introduction regions

引种区	最大连年生长量		速生期年均生长量		10年生时生长量	
	H/m	D _{1.3} /cm	H/m	L _{1.1} /cm	H/m	D _{1.3} /cm
最适宜引种区	3.85	5.60	3.10	4.05	29.30	36.65
适宜引种区	3.50	4.70	2.85	3.30	27.08	23.35
宁波沿海平原	2.80	4.90	2.01	3.94	16.75	31.20

4 结论

4.1 用有序样本聚类分析法可把南方型杨树年生长划分为4个生长阶段，即生长初期、速生期Ⅰ、速生期Ⅱ和生长后期。速生期时间长。速生期的树高和胸径生长量占全年总生长量的90%左右。

4.2 水、光和热条件对南方型杨树生长影响较大，宁波市沿海平原能满足它生长所需的水、光和热的要求，但是台风的影响使其生长受到限制，特别是高生长。台风的降水能缓解旱情，但大风又给树木造成损伤。

4.3 南方型杨树的生长过程可用Richards生长方程拟合，显著表现早期速生的特征。10年生时，胸径可达31.2 cm，树高16.75 m，单株材积0.5617 m³。

4.4 土壤含盐量是南方型杨树生长的一个限制因子，但在一定含盐量范围内，仍比同立地其他平原树种生长快，能起较好的绿化作用。

4.5 南方型杨树完全适合在宁波市沿海平原推广，只要立地选择正确，就能够培养大径材。与我国引种成功区生长比较，宁波市可划为南方型杨树适宜引种区。

鸣谢 承蒙吕士行教授和郑勇平副教授审阅指正，致谢。本文由杨雄鹰执笔。

参 考 文 献

- 1 Wilkins M B. *Advanced plant physiology*. London: Pitman Press in Great Britain, 1984. 1~50
- 2 唐守正. 多元统计分析方法. 北京: 中国林业出版社, 1986
- 3 南京林业大学杨树课题组. 黑杨派南方型无性系速生丰产技术论文集. 北京: 学术书刊出版社, 1989
- 4 徐锡增, 吕士行. 南方型无性系引种区划的研究. 南京林学院学报, 1984, (4): 18~28

Xu Weikun (Forestry Research Institute of Ningbo, Ningbo 315010, Zhejiang, PRC), Yang Xiongying, Hu Qinfen, Shi Yingyin, and Huang Shenli.
Growth Characteristics of Southern Type Poplars in Coastal Plain of Ningbo.
J Zhejiang For Coll, 1995, 12(4): 367~373

Abstract: Three years continuous study indicated that annual growth process of southern type poplars in coastal plain, Ningbo, Zhejiang, could be divided into four stages: early growing stage, fast growing stage I, fast growing stage II and late growing stage, and could be fit by Rechards function. The fast growing periods of height, DBH and volume appeared at 2~6, 3~7 and 4~9 years old respectively. The growth of the tree was restrained by the salt content of soil, but it still grew faster than other species in the same site. The coastal plain in Ningbo is a favourable area for its introduction.

Key words: Aigeiros sections; coastal plain; growth characteristic; Ningbo

欢迎订阅《南京林业大学学报》

《南京林业大学学报》创刊于1958年，是以林学、森林工业为主的综合性学术刊物。季刊。季末月出版。

主要刊登林学、森保、园林、林业经济、人造板、木材加工、林产化工、制浆造纸、林业机械、森林采运等专业学术论文、科研报告，以及有关林学、森工各主要学科科研进展的综合述评和专题讨论文章。附有英文目录和英文摘要。重要文章收录于国内外林业、森工等文摘刊物。欢迎国内外林业科技工作者踊跃投稿。

本刊公开发行。国内总发行：南京邮局，全国各地邮局(所)均可订阅；国外总发行：中国教育图书进出口公司(北京市学院路15号)。欢迎国内读者到当地邮局订阅，也可向本刊编辑部订阅。

刊号：CN32-1161/S。代号：28-16。定价：每期3.50元。邮政编码：210037。