

柳树苗期年生长模型的研究

杨 斌

(甘肃省林业科学技术推广总站, 甘肃 兰州 730046)

摘 要:利用 Logistic 方程对柳树 1a 生扦插苗的苗高、地径年生长节律进行拟合。结果表明, 拟合效果显著, 相关系数在 0.90 以上。并以此将柳树扦插苗的生长过程分为成活期、生长前期、速生期和生长后期 4 个时期。柳树幼苗的年生长量表现出明显的“慢-快-慢”节律, 速生期内的苗高生长量占总生长量的 60.5%, 地径生长量占总生长量的 64.0%。

关键词:柳树; 苗期; Logistic 方程; 生长模型

中图分类号:S792.120.1

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2006)06-0097-03

Studies on Annual Growth Model of Willow at Seeding Stage

YANG Bin

(Forestry Scientific Technology Extension Station of Gansu, Lanzhou, Gansu 730046, China)

Abstract: Logistic equation is applied to model growth rate of willow at nursery stage. The results showed that the fitting effect was significant and the correlation coefficients were more than 0.90. Based on the equation, annual growth of the willow cuttage seedlings could be divided into four periods, namely survival period, pre-growth period, fast-growth period and post-growth period. Average height and ground diameter in fast-growth period is 60.5% and 64.0% respectively of the total annual growth output. Analyzed annual growth rate of seedlings would provided the theoretical basis for strengthening productive management of willow seedling and enhancing seeding quality and land productivity.

Key words: willow; seedling stage; Logistic equation; growth model

甘肃省白银市于 2001 年从本省临夏州引进了 J172 柳、J369 柳、J194 柳 3 个柳树无性系和青刚柳, 在当地生长表现良好, 受到群众的普遍欢迎, 并参与到当地农田防护林及道路防护林等生态工程建设中^[1]。多年来, 柳树采用常规的扦插育苗, 对柳树苗期准确的生长规律尚未完全掌握^[2]。本文利用 Logistic 曲线方程对 1a 生苗木的生长进行拟合, 以探究柳树苗木在甘肃中部干旱半干旱地区的生长规律, 确定柳树在苗木生产中最佳的经营措施, 为扩大繁殖、培育柳树壮苗提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地设在甘肃省白银市大坪苗圃(104°16'E, 36°23'N), 土壤为轻壤土, 肥力中等。海拔 1 521 m, 年平均降水量 260 mm, 年平均蒸发量 1 372.5 mm,

年日照时数 2 559.8 h, 年平均气温 9.0℃, 无霜期 191 d。

1.2 材 料

参试的 3 个柳树无性系分别是 J172 柳(*Salix. jiangsuensis* CL. '172'), J369 柳(*S. jiangsuensis* CL. '369')和 J194 柳(*S. jiangsuensis* CL. '194'), 为江苏省林科院通过人工杂交培育出, 其亲本组合为(垂柳×白柳)×旱柳[*(S. babylonica* × *S. alba*) × *S. matsudana*], 临夏州林科所于 1985 年引进。青刚柳(*S. viminalis* L.)原产新疆, 临夏州林科所于 1987 年引进。

1.3 方 法

1.3.1 试验布设 利用各无性系的 1a 生扦插苗截成粗细一致、长约 15 cm 的插穗。采用随机区组设计, 3 次重复, 以 30 株为小区, 扦插株行距为 20 cm × 30 cm, 于 2003 年 4 月扦插。

收稿日期: 2006-03-24 修回日期: 2006-05-21

基金项目: 甘肃省林业厅科研项目“柳树新品种丰产栽培技术研究示范”(2002001)

作者简介: 杨斌(1963-), 男, 贵州都匀人, 高级工程师, 主要从事林业科研与推广工作。

1.3.2 观测方法 扦插 40 d 后开始进行生长节律调查,每小区固定 10 株苗木,每隔 10 d 测量苗高和地径,直到 9 月 25 日苗木接近停止生长为止,共观测了 14 次。

1.3.3 建立数学模型 采用 SAS 统计模块进行数据处理与分析^[3]。虽然不同树种的生长规律不同,同一树种在不同经营水平以及不同生态条件下生长规律亦不尽一致,但生长曲线的总趋势是相似的^[4],杨柳科树木的苗期年生长节律符合“S”型曲线,表现为“慢-快-慢”的生长规律^[5~7]。根据这一生长特点,用 Logistic 曲线方程模拟柳树苗高、地径的年生长动态。

$$y = \frac{k}{1 + e^{a-bt}} \tag{1}$$

式中: y 为苗木累积生长量, k 表示苗木年生长极限值,用苗高或地径的等差三点法求得, a 、 b 是参数,用最小二乘法求得, t 为生长天数。

$$k = \frac{y_2^2(y_1 + y_3) - 2y_1y_2y_3}{y_2^2 - y_1y_3} \tag{2}$$

对(1)式求二阶导数得:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{k}{1 + e^{a-bt}}^3 (e^{a-bt} - 1 + e^{a-bt})(1 + e^{a-bt})^{-3} \tag{3}$$

令 $\frac{d^2y}{dt^2} = 0$, 则 $t = ab^{-1}$

此时, t 为苗高、地径日生长速度最大值的日期,称之为速生点。

苗期苗高、地径年生长阶段的划分可通过对(1)式求三阶导数:

$$\frac{d^3y}{dt^3} = b^3ke^{a-bt}(e^{2lna-2bt} - 4e^{a-bt} + 1)(1 + e^{a-bt})^{-4}$$

令 $\frac{d^3y}{dt^3} = 0$,

则 $e^{2lna-2bt} - 4e^{a-bt} + 1 = 0$

得 $t = [a - \ln(2 \pm \sqrt{3})]b^{-1}$, 即:

$$t_1 = (a - 1.317)b^{-1} \tag{4}$$

$$t_2 = (a + 1.317)b^{-1} \tag{5}$$

由(4)、(5)式可求出苗高、地径日生长速度变化最大点,即当 $t < (a - 1.317)b^{-1}$ 时,为初期生长阶段,此阶段苗木缓慢生长;当 $(a - 1.317)b^{-1} < t < (a + 1.317)b^{-1}$ 时,为苗木中期生长阶段,此阶段生长迅速,称为速生期;当 $t > (a + 1.317)b^{-1}$ 时,为苗木后期生长阶段,此阶段苗木缓慢生长。

苗高、地径年生长规律拟合结果采用显著性检验,以确定其相关指数。

2 结果与分析

2.1 生长模型的建立

根据表 1 可知,柳树苗期生长节律符合“S”型曲线,1 a 生扦插苗的生长进程均表现出明显的“慢-快-慢”的“S”型曲线。

利用(2)式求出 k 值,采用最小二乘法求出系数 a 和 b ,建立各无性系的生长模型,相关系数都达到 0.90 以上。用 F 值进行显著性检验,都达极显著水平(表 2),说明利用 Logistic 方程拟合 1 a 生柳树扦插苗木的生长节律是可行的。

表 1 各树种苗高、地径生长节律
Table 1 Growth rate of height and ground diameter of different tree species

		cm							
		J172 柳		J194 柳		J369 柳		青刚柳	
月	旬	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径
5	中	12	0.48	11	0.47	11	0.47	10	0.46
	下	21	0.52	19	0.50	19	0.51	17	0.49
6	上	64	0.65	56	0.64	53	0.63	50	0.60
	中	92	0.80	81	0.77	80	0.77	78	0.75
	下	120	0.92	110	0.91	109	0.90	105	0.87
7	上	152	1.05	145	1.01	144	1.00	136	0.95
	中	181	1.71	173	1.13	171	1.13	162	1.06
	下	201	1.30	200	1.25	198	1.23	187	1.17
8	上	220	1.37	216	1.32	214	1.30	209	1.25
	中	231	1.43	229	1.40	228	1.37	211	1.31
	下	251	1.46	247	1.44	243	1.43	229	1.37
9	上	282	1.57	274	1.55	273	1.54	254	1.46
	中	291	1.70	282	1.67	281	1.66	259	1.52
	下	296	1.74	290	1.73	287	1.73	262	1.59

表 2 各树种苗高、地径的 Logistic 模型
Table 2 Logistic model of height and ground diameter of different tree species

树种	苗 高					地 径				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>k</i>	相关系数	<i>F</i> 值	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>k</i>	相关系数	<i>F</i> 值
J172 柳	4.924 7	0.056 2	321.3	0.986 9	724.36	3.561 3	0.053 7	2.2	0.975 7	752.63
J194 柳	5.363 6	0.059 2	311.6	0.995 3	3 249.14	3.348 1	0.042 5	2.6	0.934 3	298.22
J369 柳	5.813 9	0.067 6	305.6	0.992 5	1 643.31	3.210 3	0.049 2	2.3	0.984 7	1 270.15
青刚柳	6.014 2	0.072 8	301.2	0.993 9	2 638.65	3.135 2	0.048 6	2.4	0.905 2	472.56

2.2 苗木各生长时期的划分及生长特点

利用(3)、(4)、(5)式求得 t 、 t_1 、 t_2 、 t 值是苗木连日生长量最大的时期,可据此求出各树种的速生点;依据 t_1 和 t_2 将扦插苗的年生长进程划分为 3 个时期:生长前期、速生期和生长后期,再加上苗木的成活期(从扦插到生根发芽的时期),共 4 个时期。

表 3 表明,柳树 1 a 生苗高的生长峰值出现于萌芽后的 92.8 d(7 月 17 日),与地径的平均速生点($t=88.9$ d)差异不大。地径的速生期始期平均在 6 月 13 日($t_1=59.2$ d),比苗高 6 月 24 日($t_1=70.4$ d)早 11.2 d。地径的速生期结束期为 8 月 14 日($t_2=121.2$ d),比苗高 8 月 8 日($t_2=115.4$ d)晚 5.8 d。地径的速生期持续时间(平均为 60.7 d)比苗高的速生期持续时间(平均为 45.0 d)长 15.7 d。

不同柳树无性系及树种苗高的速生点和速生期始期差异不大,速生期结束期以青刚柳最早,J172 柳最晚。速生期持续时间以 J172 柳最长(52.6 d),青刚柳(38.7 d)最短,相差 13.9 d。

不同树种地径的速生点差异较大,最早的青刚柳($t=85.1$ d)与最晚的 J172 柳($t=94.6$ d)相差 9.5 d。速生期始期和结束期差异也较大,皆以青刚

柳最早,J172 柳最晚。速生期持续时间以 J172 柳最长(70.3 d),青刚柳最短(54.2 d),相差 16.1 d。

虽然速生期占整个生长期的比率较小(苗高平均为 30.2%,地径平均为 40.7%),但速生期内生长量占总生长量的比率却较大(苗高平均为 60.5%,地径平均为 64.0%),说明速生期内的生长量决定着整个生长期的生长量。由于速生期时间较短,生长量却较大,因此在苗木生产中,应重点抓好速生期内的合理追肥、除草、病虫害防治等育苗措施,以促进苗木的生长。在生长后期,应停止施肥,以促进苗木木质化,提高苗木质量,使苗木安全越冬,提高育苗、造林成活率。

速生持续期的长短与生物量形成有密切关系。一般说来,速生期越长,生长量越大。在一个生长期,内,各树种速生点出现的时间,以及速生期的持续时间,是衡量各树种能否充分适应环境的主要指标。由表 3 可知,苗高速生期内的生长量占总生长量比率最高的是 J369 柳,达到 61.7%,其次是 J172 柳,为 61.3%,最低的是青刚柳;地径速生期内的生长量占总生长量比率最高的是 J172 柳,达到 67.6%,其次是 J369 柳,最低的是青刚柳。

表 3 由回归方程求出的速生期及速生期内生长量
Table 3 Speed growth by regress equation educing and net growth quantity in fast-growth period

树种	苗 高						地 径					
	速生点 t /d	速生期始期 t_1 /d	速生期末期 t_2 /d	速生期天数/d	总生长期比率/%	速生期生长量比率/%	速生点 t /d	速生期始期 t_1 /d	速生期末期 t_2 /d	速生期天数/d	总生长期比率/%	速生期生长量比率/%
J172 柳	98.3	72.0	124.6	52.6	35.3	61.3	94.6	59.5	129.8	70.3	47.2	67.6
J194 柳	93.2	70.4	116.2	45.8	30.7	60.3	88.3	58.2	118.5	60.3	40.5	63.9
J369 柳	91.4	70.0	112.9	42.9	28.8	61.7	87.6	61.8	119.6	57.8	38.8	64.5
青刚柳	88.3	69.0	107.7	38.7	26.0	58.8	85.1	58.0	112.2	54.2	36.4	60.1
平均	92.8	70.4	115.4	45.0	30.2	60.5	88.9	59.2	121.2	60.7	40.7	64.0

3 结论与讨论

利用 Logistic 方程拟合各柳树无性系及树种苗高、地径的年生长节律,相关指数均在 0.90 以上,拟合效果显著。对 Logistic 曲线进行一次、二次求导所

确定的速生点及速生期,在无性系选择及管理上具有重要意义^[8]。各树种的苗高、地径生长在生长前期、速生期和生长后期呈现出“慢-快-慢”的节律,具有明显的阶段性。虽然速生期持续时间占整个生长

(下转第 129 页)

- [M]. 北京: 科学出版社, 1963.
- [40] 朱弘复, 杨集昆, 陆近仁, 等. 中国经济昆虫志·夜蛾科(二)(第六册)[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [41] 朱弘复, 方承莱, 王林瑞, 等. 中国经济昆虫志·夜蛾科(三)(第七册)[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [42] 陈一心. 中国经济昆虫志·夜蛾科(四)(第三十二册)[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [43] 赵仲苓. 中国经济昆虫志·毒蛾科(一)(第十二册)[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [44] 赵仲苓. 中国经济昆虫志·毒蛾科(二)(第四十二册)[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [45] 中国经济动物志. 夜蛾科[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [46] 中国经济动物志. 花布尺蛾亚科[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [47] 中国经济动物志. 天蛾科[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [48] 邓国藩, 刘友樵, 隋敬之. 中国农业昆虫(下册)[M]. 北京: 农业出版社, 1987.
- [49] 于思勤. 中国夜蛾科昆虫区系初步研究[J]. 昆虫分类学报, 1998, 20(1): 44-50.
- [50] 章士美. 六盘山夜蛾科昆虫区系结构分析[J]. 宁夏农林科技, 1987, (6): 39-41, 54.
- [51] 李青森, 王瑞, 卞昭琪. 山西天蛾昆虫及区系分析[J]. 山西大学学报(自然科学版), 1997, 20(2): 215-220.
- [52] 周尧主编. 中国蝶类志(上)[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994.
- [53] 周尧主编. 中国蝶类志(下)[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994.
- [54] 曹天文, 王瑞, 董晋民, 等. 山西蝶类多样性与地带分布[J]. 昆虫学报, 2004, 47(6): 793-802.
- [55] 陕西林业科学研究所, 湖南林业科学研究所. 林虫寄生蜂[M]. 陕西杨陵: 天则出版社.
- [56] 何俊华. 中国经济昆虫志·姬蜂科(第五十一册)[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [57] 中国科学院中国动物志编辑委员会主编. 中国经济昆虫志·金小蜂科(第四十一册)[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [58] 李铁生. 中国经济昆虫志·胡蜂科(第三十册)[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [59] 中国科学院中国动物志编辑委员会主编. 中国经济昆虫志·小蜂总科(第三十六册)[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [60] 陈家骅, 石金秀. 中国蚜茧蜂[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2004.
- [61] 章士美. 中国农林昆虫地理区划[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [62] 张仰渠主编. 陕西森林[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1986.
- [63] 萧刚柔主编. 拉汉英(昆虫·蜘蛛·线虫)名称[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.

参考文献

期的比率较小,但速生期内生长量占总生长量的比率却较大,因此根据苗木的速生期、速生点来制定合理的水肥管理措施、促进苗木生长、提高苗木质量,从而降低生产成本,提高经济效益。

苗高和地径的速生点差异不大,但地径的速生期始期较苗高早且持续时间较苗高长。不同树种间苗高的速生点和速生期始期差异不大,而速生期结束期和速生期持续时间差异较大。地径的速生点、速生期始期、速生期结束期和速生期持续时间也差异较大,苏柳系的苗木生长占一定的优势。

根据各柳树树种苗木的年生长模型,在4~5月要重点做好抗旱工作,确保苗木成活;7~8月份苗木高生长高峰期和8~9月地径生长高峰期,是管理的关键时期,应及时降渍排水,追施肥料,创造苗木快速生长的适宜条件,确保齐苗壮苗,提高优质苗出

圃率。

参考文献

- [1] 杨斌, 石培贤, 王涛, 等. J172 柳等柳树良种在甘肃的生长表现和推广前景浅析[J]. 甘肃林业科技, 2003, 28(4): 58-60.
- [2] 张自铨, 王莹玲, 王涛. J172 等 5 个柳树良种育苗试验[J]. 甘肃林业科技, 2004, 29(4): 12-19.
- [3] 黄少伟, 谢维辉. 实用 SAS 编程与林业试验数据分析[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.
- [4] 罗世家, 艾训儒, 彭诚. 黄山松人工林材积生长规律的研究[J]. 林业科技, 2002, 27(6): 4-6.
- [5] 秦光华, 江岳忠, 马玲, 等. 欧美杨新无性系苗期年生长模型的研究[J]. 内蒙古林业科技, 2003, 19(2): 40-43.
- [6] 向志民, 何敏. 几种杨树生长进程动态分析[J]. 西北林学院学报, 1994, 9(2): 82-86.
- [7] 秦光华, 乔玉玲, 孟昭. 美洲黑杨新无性系 T26 和 T66 林期年生长节律的研究[J]. 江苏林业科技, 2002, 29(4): 6-8.
- [8] 涂忠虞, 黄敏仁. 阔叶树遗传改良[M]. 北京: 科技文献出版社, 1991.