

白刺苗木年生长发育规律的研究

于 军¹, 周正立^{1,2}, 陈加利¹, 张 鹏¹

(1. 塔里木大学 植物科技学院, 新疆 阿拉尔 843300;

2. 新疆生产建设兵团 塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要:采用 Logistic 曲线、幂函数、指数函数、负指数函数、Compertz 模型、三次多项式等数学模型对白刺苗高与地径生长进行拟合, 确定出 Logistic 曲线为最优模型("S"形曲线), 并估测了速生期的 2 个拐点及其长度。结果表明:①高、径生长均符合"S"型曲线, 年生长可划分为生长初期、速生期、硬化期三个时期;②白刺径生长速生期起始时间、结束时间分别比高生长晚 5 d, 20 d。③白刺苗高、地径生长均呈双峰型。

关键词:白刺; 生长发育; 苗高; 地径

中图分类号:S723.1

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2009)04-0085-04

Annual Growth and Development Laws of Seedlings of *Nitraria sibirica*

YU Jun¹, ZHOU Zheng-li^{1,2}, CHEN Jia-li¹, ZHANG Peng¹

(1. College of Plants Science and Technology, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China; 2. Key Laboratory of Protection and Utilization of Biological Resources in Tarim Basin, Xinjiang Production & Construction Corps, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: The growth of seedling height and ground diameter of *Nitraria sibirica* were fitted by adopting mathematical models, such as Logistic curve, power function, exponential function, negative exponential function, compertz model and cubic polynomial equation. Then we determined the Logistic equation for the most superior equation, and estimated respectively two inflection points and length of fast growing time of *N. sibirica* by adopting Logistic curve of fitting growth of seedling height and ground diameter. The results showed that: ① height growth and diameter growth of *N. sibirica* accorded with "S" curve, and its annual growth included three decades, which were initial stage of growth, fast-growing time and lignification time; ② the beginning and the end of fast-growing time of diameter growth were 5 d and 20 d respectively later than those of height growth; ③ both height growth and diameter growth had two growth peaks.

Key words: *Nitraria sibirica*; growth and development; seedling height; ground diameter

我国是世界上受荒漠化危害最为严重的国家之一^[1], 荒漠化土地已达 171.42 万 km², 占陆地国土面积的 17.8%。在新疆, 87 个县市中有 80 个县市和 88 个农垦团场有沙漠分布和受风沙危害, 沙质荒漠化总面积 52.05 万 km², 约占全国的 30.36%^[2], 生态环境出现了“两扩大一缩小”的基本变化趋势, 即灌溉绿洲扩大了, 沙漠化也扩大了, 而处在灌溉绿洲之间的荒漠植被带缩小了^[3], 这对绿洲和沙区矿产资源的开发、交通等构成了巨大威胁, 成为新疆国

民经济建设和发展的一个重要制约因素^[4]。因此, 开展沙漠化防治工作仍是今后新疆生态环境建设的重中之重。

白刺(*Nitraria sibirica*)为蒺藜科(Zygophyllaceae)白刺属(*Nitraria*)的旱生或超旱生典型灌木, 属白垩纪、老第三纪孑遗的特有植物^[5], 广布在干燥、盐碱、多风、植被稀少的严酷生境中, 具有高度耐盐碱、抗干旱、耐风蚀沙埋、适应性强等固沙改土特性, 是干旱半干旱荒漠地区常见的建群种和沙区

收稿日期: 2008-10-06 修回日期: 2008-12-11

基金项目: 新疆维吾尔自治区高等学校科研计划项目(XJEDU2005142); 塔里木大学校长基金硕士项目(TDZKSS05001)

作者简介: 于军, 男, 副教授, 主要从事森林培育研究。

植被恢复与重建的优良灌木^[6-8]。目前,对白刺的研究主要集中于解剖学特征^[5,9]、生理生态学特性^[10-13]、群落结构^[14-16]、植物化学成分^[17-19]及其开发利用价值^[20-22]等方面,对其苗木培育虽进行了一些研究,但主要集中于种子催芽、播种方法及田间管理措施等方面,而关于苗木年生长发育规律的研究尚处于空白。本文旨在探讨白刺的年生长动态,以为白刺种质资源保护利用和推广提供技术保障与科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试的白刺种子于 2006 年 4 月从甘肃酒泉引入,种子净度 89%,千粒重 43.26 g。

1.2 方 法

1.2.1 种子处理 供试种子于 2007 年 4 月 24 日置于 60℃热水中浸泡,使其充分吸水,然后捞出种子置于室外催芽。待 1/3 种子露白时,于 2007 年 4 月 30 日在植物科技学院园艺试验站采用条播法进行播种。3 次重复,每个重复播种 6 行,行距 30~40 cm,覆土厚度 1.5~2.0 cm。5 月 12 日苗木显行。

1.2.2 调查项目 苗木显行后于 2007 年 5 月 27 日起测,每个小区随机抽取苗木 20 株,测定苗高和地径,并挂牌标记,之后每隔 15 d 测定一次苗高和地径,直至 11 月 27 日,共 13 次调查,历时 195 d。

1.2.3 模型建立 整理白刺苗高、地径生长量资料,分别用 Logistic 曲线^[23-24]、幂函数、指数函数、负

指数函数、Compertz 模型^[25]、三次多项式拟合,建立苗高、地径生长量与时间的相关方程,并从中选择最优方程。具体模型如下:

$$\text{Logistic 方程: } y = \frac{k}{1 + e^{a-bx}} \quad (1)$$

$$\text{幂函数: } y = ax^b \quad (2)$$

$$\text{指数函数: } y = ae^{bx} \quad (3)$$

$$\text{负指数函数: } y = ae^{b/x} \quad (4)$$

$$\text{Compertz 模型: } y = ae^{-bx^{-a}} \quad (5)$$

$$\text{多项式模型: } y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (6)$$

其中,y:苗高或地径累段生长量;x:生长时间;k,a,b,c,d 为待定参数。

2 结果与分 析

2.1 白刺苗期生长模型选择

由表 1 可看出,各生长模型拟合苗高、地径生长量均达到极显著水平。其中,除指数函数拟合苗高、地径生长量的相关系数较低,为 0.885 5 和 0.916 9 外,其余各生长模型对苗高、地径生长量拟合的相关系数均达 0.97 以上。各生长模型中,以 Logistic 方程对苗高、地径生长量的拟合效果最好,相关系数分别为 0.997 2 和 0.994 6;其次为三次多项式和 Compertz 模型,对苗高、地径生长量拟合的相关系数分别为 0.997 1、0.993 1 和 0.996 8 和 0.992 0。因此,Logistic 方程可作为白刺苗高、地径生长量拟合的最优方程。

表 1 白刺苗期生长模型拟合苗高(H)、地径(D)生长量参数

Table 1 Increment parameters of seedling height and ground diameter of *N. sibirica* in seedling stage by different model fittings

| 数据模型 | 项目 | 参 数 | | | | | 相关系数 | F 值 |
|-------------|----|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------------|
| | | k | a | b | c | d | | |
| Logistic 曲线 | H | 66.956 7 | 2.226 8 | 0.035 748 | | | 0.997 2 | 896.712 45** |
| | D | 14.254 2 | 2.220 6 | 0.029 722 | | | 0.994 6 | 462.544 00** |
| 幂函数 | H | | 2.381 4 | 0.650 602 | | | 0.970 6 | 178.962 47** |
| | D | | 0.293 3 | 0.745 918 | | | 0.978 6 | 248.284 64** |
| 指数函数 | H | | 23.476 7 | 0.006 128 | | | 0.885 5 | 39.945 43** |
| | D | | 4.132 0 | 0.006 911 | | | 0.916 9 | 58.060 50** |
| 负指数函数 | H | | 91.040 9 | -55.808 7 | | | 0.988 8 | 484.889 34** |
| | D | | 19.949 7 | -69.762 5 | | | 0.977 4 | 234.710 61** |
| Compertz 模型 | H | | 69.245 4 | 3.058 3 | 0.024 043 | | 0.996 8 | 767.942 51** |
| | D | | 15.235 9 | 2.876 0 | 0.018 429 | | 0.992 0 | 309.488 53** |
| 多项式拟合 | H | | 1.014 0 | 0.590 215 | 0.000 136 | 0.000 007 | 0.997 1 | 1030.657 90** |
| | D | | 1.388 811 | 0.032 963 | 0.000 851 | 0.000 004 | 0.993 1 | 433.136 50** |

2.2 白刺苗期生长动态分析

2.2.1 白刺苗期生长曲线及生长阶段划分 Logistic 曲线是常用于林业描述生物生长的数学模型,一般认为用 Logistic 曲线能较好地拟合植物的生长过程^[23],其表达式如下:

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

将上式两边对 x 求一阶导数,可得连日生长量随时间变化的方程;求二阶导数,可得连日生长量的变化速率曲线方程;令其等于 0,可求得连日生长量

最大时的值,即速生点,其表达式为:

$$x = a/b$$

求三阶导数,并令其等于 0,可求得连日生长量变化速率最快的两个点: x_1 和 x_2 , 其中: $x_1 = \frac{1}{b} \cdot (a - \ln(2 + \sqrt{3}))$ 和 $x_2 = \frac{1}{b} \cdot (a - \ln(2 - \sqrt{3}))$ 即由萌动到速生和由速生转入缓慢生长的分界点, $x_1 \sim x_2$ 为速生期。

白刺全年苗高、地径生长动态变化、Logistic 曲线拟合及速生点见图 1, 2 及表 2。由图 1, 2 可以看出, 白刺的株高生长与地径生长符合“S”型曲线, 其全年生长期均为 165 d, 可划分为生长初期、速生期

与硬化期 3 个时期。从速生期起始时间来看(表 2), 高生长于出苗后第 25 d(6 月 6 日)开始进入速生期, 第 99 d(8 月 19 日)进入硬化期, 速生期持续时间约为 74 d; 而径生长速生期起始时间、结束时间分别滞后于高生长 5 d 和 20 d, 速生期持续时间约为 89 d。将白刺苗高、地径速生期起始时间及结束时间分别带入 Logistic 拟合方程, 可计算得出苗高、地径速生期定期生长量约为 38.8 cm 和 8.3 mm, 分别约占苗高、地径总生长量(分别为 65.3 cm 和 13.4 mm)的 59.4% 和 61.9%。由此可见, 速生期是苗木生长的关键时期, 其生长量占全年总生长量的一半以上。

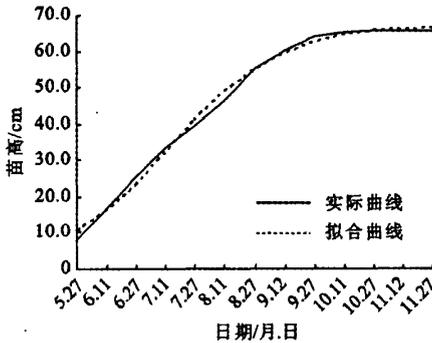


图1 白刺苗高年生长曲线

Fig.1 Growth curve of seedling height of *N. sibirica*

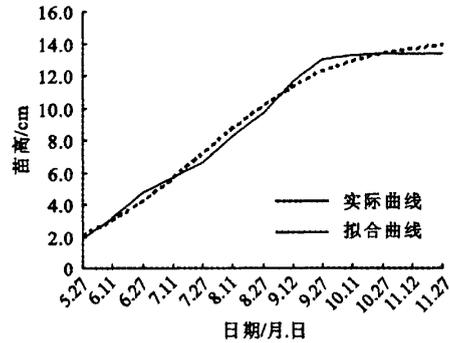


图2 白刺地径年生长曲线

Fig.2 Growth curve of ground diameter of *N. sibirica*

表 2 白刺苗木速生点与速生期

Table 2 Fast-growing and fast-growing time of *Nitraria sibirica* seedling

| 名称 | 项目 | 速生点 | | | 速生期 | | 持续天数/d | |
|----|----|-----|---------|-------|-------|---------|--------|---------|
| | | X | 日期(月-日) | X_1 | X_2 | 起点(月-日) | | 终点(月-日) |
| 白刺 | H | 62 | 07-12 | 25 | 99 | 06-06 | 08-19 | 74 |
| | D | 74 | 07-25 | 30 | 119 | 06-11 | 09-03 | 89 |

2.1.2 白刺苗期连日平均生长量 由图 3、4 可看出, 白刺苗高、地径连日生长量曲线均为双峰型。其中, 苗高生长高峰分别出现在 6 月上旬(6 月 11 日)和 8 月下旬(8 月 27 日), 而地径生长高峰滞后于苗

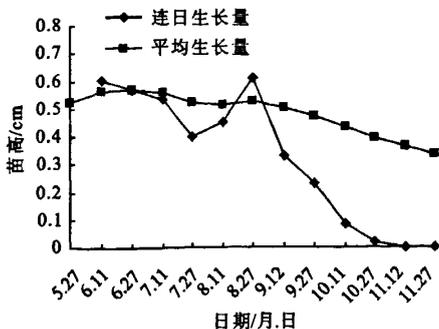


图 3 白刺苗高连日平均生长曲线

Fig.3 Growth curve of seedling height of *N. sibirica*

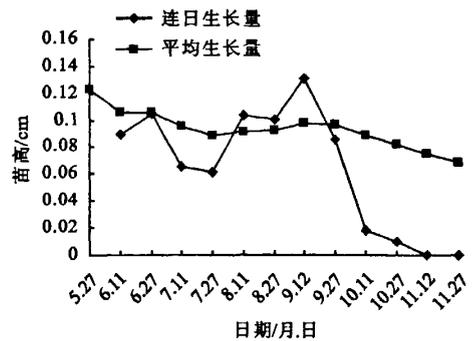


图 4 白刺地径连日平均生长曲线

Fig.4 Growth curve of ground diameter of *N. sibirica*

高生长高峰 15d, 分别出现在 6 月下旬(6 月 27 日)和 9 月上旬(9 月 12 日)。从苗高、地径停止生长时间来看, 高、径生长均在 11 月中旬(11 月 12 日)停止生长。在一年的生长变化过程中, 苗高、地径日平

均生长量曲线稍有不同,苗高平均生长量曲线在 6 月 11 日前有一个小的上升,其后呈递减趋势;而地径平均生长量曲线一直呈递减趋势,这也符合幼期苗木高生长迅速的特点。此外,从平均生长量曲线与连日生长量曲线变化趋势来看,连日生长量在每次高峰值后的下降速度均快于日平均生长量。

3 结论

对白刺苗高、地径生长过程进行拟合,发现其高、径生长均符合“S”型曲线,据此白刺苗高、地径生长时期可划分为 3 个阶段:生长初期、速生期、硬化期。

白刺径生长速生期起始时间、结束时间分别比高生长晚 5 d、20 d,持续时间比高生长长 15 d。

白刺苗高、地径生长均为双峰型。其中,苗高生长高峰分别出现在 6 月上旬和 8 月下旬,而地径生长高峰分别出现在 6 月下旬和 9 月上旬,滞后于高生长 15 d。

参考文献:

- [1] 尚廉斌,李景瑜. 防治荒漠化是西部生态环境建设的关键[J]. 林业科技管理, 2004(2), 9-12.
- [2] 田长彦,宋郁东,胡明芳. 新疆荒漠化现状成因及对策[J]. 中国沙漠, 1999, 19(3), 214-218.
- [3] 周兴佳. 新疆绿洲的沙漠化危害及减灾措施[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(4), 77-85.
- [4] 夏训诚. 新疆沙漠化与风沙灾害治理[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [5] 潘晓玲,沈观冕,陈鹏. 白刺属植物的分类学及系统学研究[J]. 云南植物研究, 1999, 21(3), 287-295.
- [6] 甘肃省民勤治沙综合实验站. 甘肃沙漠与治理[C]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1975, 66-94.
- [7] 李清河,张景波,李慧卿,等. 不同种源白刺幼苗生理生长对水分梯度的响应差异[J]. 林业科学, 2008, 44(1), 52-56.
- [8] 赵克昌,屈金声. 治沙保土灌木白刺开发利用现状及开发前景[J]. 中国水土保持, 1995(1), 38-41.
- [9] 杨淑敏,江泽慧,任海青. 8 种木本旱生植物的木质部解剖学特性研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(8), 1507-1516.
- [10] 何炎红,郭连生,田有亮. 白刺叶不同水分状况下光合速率及其叶绿素荧光特性的研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(11), 2226-2233.
- [11] 徐先英,孙保平,丁国栋,等. 干旱荒漠区典型固沙灌木液流动态变化及其对环境因子的响应[J]. 生态学报, 2008, 28(3), 895-905.
- [12] 李清河,赵英铭,刘建锋,等. 乌兰布和沙漠东北部不同起源的 5 种沙生灌木的光合及生长特性[J]. 林业科学研究, 2008, 21(3), 357-361.
- [13] 钱鞠,龙训建,马金珠,等. 根系吸水条件下固定沙丘水分动态数值模拟研究[J]. 南水北调与水利科技, 2007(5), 64-67.
- [14] 冶民生,关文彬,吴斌,等. 岷江干旱河谷主要灌木种群生态位研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(1), 7-13.
- [15] 于春堂,慈龙骏,杨晓晖,等. 基于样带的唐古特白刺灌丛沙包空间格局尺度研究[J]. 生态科学, 2007, 26(5), 394-400.
- [16] 杜建会,严平,俄有浩. 甘肃民勤不同演化阶段白刺灌丛沙堆分布格局及特征[J]. 生态学杂志, 2007, 26(8), 1165-1170.
- [17] 王洪伦,丁晨旭,李玉林,等. 白刺与枸杞中微量元素含量的对比研究[J]. 广东微量元素科学, 2007, 14(4), 36-38.
- [18] 王洪伦,李玉林,王小艳,等. 柴达木盆地唐古特白刺种子的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(4), 614-616.
- [19] 张勇,李鹏,李彩霞,等. 甘肃白刺属 3 种植物叶片营养成分含量的测定与分析[J]. 草业科学, 2007, 24(7), 37-39.
- [20] 王凌云,丁晨旭,王洪伦,等. 唐古特白刺果实多糖的提取工艺研究[J]. 食品科学, 2008, 29(3), 233-236.
- [21] 和彦苓,许秀举,吴刚,等. 内蒙古地产白刺果中氨基酸和维生素含量分析[J]. 包头医学院学报, 2006, 22(4), 378-379.
- [22] 和彦苓,张丽萍,刘永华,等. 内蒙古地产白刺果中微量元素含量分析[J]. 微量元素与健康研究, 2007, 24(2), 28, 36.
- [23] 卢纹岱,朱一力,沙捷,等. SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [24] 陈亚明. 退化嵩草型高山草甸补播豆科牧草的研究[J]. 草业学报, 1999, 8(2), 71-75.
- [25] 杨运清,缪尧源. 动物生长曲线拟合方法探讨[J]. 畜牧兽医学报, 1992, 22(3), 219-224.