

# 刺槐生长量的灰色预测

李文华 陈一鸷

(陕西省西北植物研究所·陕西杨陵·712100)  
中国科学院

**摘要** 通过对刺槐树高、胸径连年生长量的灰色预测GM(1,1)模型的建立,提出长武王东试区刺槐人工林应采取早期利用,以培育小径材为目标的经理原则,以提高刺槐林的经济效益。一般最经济的采伐树龄为14~18年。

**关键词** 灰色系统 刺槐生长量 预测模型

## The Gray System Prediction of Locust Yield

Li Wenhua Chen Yi'e

(Northwestern Institute of Botany, Shaanxi Province and Chinese Academy  
of Sciences, 712100, Yangling, Shaanxi)

**Abstract** Based on the building of gray system prediction model for locust current annual increment of high and breast diameter, we advanced a managerial principle for the artificial locust forest in Changwu agri-ecology experimental station, that we should use the forest as its early stage and take fostering small pole as the objective, so as to raise the economic benefit of locust forest. In the general terms, the most economic cutting age is 14~18 years.

**Key words** locust yield; gray system; prediction model

刺槐 (*Robinia pseudoacacia*), 因其根系发达, 生长迅速, 耐干旱、瘠薄, 成活率高等特点, 成为我国北方的主要造林树种之一。在渭北黄土高原地区的沟、坡、谷地的人工刺槐林面积达2.42万  $\text{hm}^2$  [1]。长武王东试区内有刺槐林195.7  $\text{hm}^2$ , 占林地总面积的79%。这些刺槐林在改善小流域的生态环境, 防止水土流失等方面, 起到了十分重要的作用。但是, 传统的经营模式只注重其生态效益和社会效益, 对经济效益考虑较少, 因而使人工刺槐林经济效益低下, 与当前市场经济的要求不相适应, 而且在一定程度上影响了广大农民造林、营林的积极性。为此, 通过建立刺槐生长量的灰色预测模型, 研究其生长特点, 为更好地经营刺槐林提供科学依据。

灰色系统理论是基于关联度、生成数、灰导数等方法和观点, 建立的微分方程模型。其系数描述了系统的内部本质。而一般系统理论只能建立差分模型, 不能建立微分模型, 了解的仅是系统显露的变化。灰色系统不受样本数量限制, 对原始数据要求不高, 方法简单。而一般系统理论对原始数据要求较严格, 计算工作量大。灰色系统所研究的是一种现实规律, 不是先验规律。并且应用模型值与原始值之差来建立模型, 以此作为提高精度的主要途径。基于上述优点, 灰

色系统理论在许多领域应用十分广泛。本文也拟采用此法来预测刺槐生长量。

# 1 灰色动态模型建立

## 1.1 数据调查

由于刺槐在阴、阳坡的生长量差别较大,在王东沟小流域内,分别在阴、阳坡选取具有代表性的刺槐人工林,设10m×10m的标准样地,在样地内每木检尺,选出标准木,伐倒后,按1m一个区分段截取圆盘,做树干解析。按2年一个龄级在各个圆盘上分别测出各龄级的直径,然后通过制图,计算汇总后得到表1、表2。

表1 阳坡刺槐人工林的生长状况

| 树龄<br>(年) | 树高(m) |       |       | 胸径(cm) |       |       | 材积×10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> |        |        |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------------------------------------|--------|--------|
|           | 总生长量  | 平均生长量 | 连年生长量 | 总生长量   | 平均生长量 | 连年生长量 | 总生长量                               | 平均生长量  | 连年生长量  |
| 2         | 2.37  | 1.18  | 1.18  | 0.71   | 0.36  | 0.36  | 0.1447                             | 0.7235 | 0.7235 |
| 4         | 4.02  | 1.00  | 0.82  | 2.24   | 0.56  | 0.76  | 1.3370                             | 0.3342 | 0.5962 |
| 6         | 5.00  | 0.83  | 0.49  | 3.26   | 0.54  | 0.51  | 2.7860                             | 0.4593 | 0.7245 |
| 8         | 5.99  | 0.75  | 0.50  | 4.03   | 0.50  | 0.38  | 4.4730                             | 0.5591 | 0.8435 |
| 10        | 6.83  | 0.68  | 0.42  | 4.68   | 0.47  | 0.32  | 6.1570                             | 0.6157 | 1.7840 |
| 12        | 7.69  | 0.64  | 0.43  | 5.30   | 0.44  | 0.31  | 8.5210                             | 0.7101 | 1.182  |
| 14        | 8.53  | 0.61  | 0.42  | 5.83   | 0.42  | 0.26  | 10.3400                            | 0.7386 | 0.9095 |
| 16        | 9.04  | 0.56  | 0.25  | 6.50   | 0.41  | 0.34  | 16.8600                            | 1.0540 | 3.2600 |

表2 阴坡刺槐人工林的生长状况

| 树龄<br>(年) | 树高(m) |       |       | 胸径(cm) |       |       | 材积×10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> |        |        |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------------------------------------|--------|--------|
|           | 总生长量  | 平均生长量 | 连年生长量 | 总生长量   | 平均生长量 | 连年生长量 | 总生长量                               | 平均生长量  | 连年生长量  |
| 2         | 2.35  | 1.18  | 1.18  | 0.90   | 0.45  | 0.45  | 0.2230                             | 0.1150 | 0.1150 |
| 4         | 4.26  | 1.06  | 0.96  | 1.87   | 0.47  | 0.48  | 1.002                              | 0.2505 | 0.3895 |
| 6         | 5.84  | 0.97  | 0.79  | 3.24   | 0.54  | 0.68  | 2.8700                             | 0.4783 | 0.9340 |
| 8         | 7.25  | 0.91  | 0.70  | 4.23   | 0.53  | 0.50  | 5.5020                             | 0.6878 | 1.3160 |
| 10        | 8.25  | 0.82  | 0.50  | 5.39   | 0.54  | 0.58  | 10.4000                            | 1.0400 | 2.4490 |
| 12        | 9.24  | 0.77  | 0.50  | 6.50   | 0.54  | 0.55  | 16.5200                            | 1.2670 | 3.0600 |
| 14        | 10.34 | 0.74  | 0.55  | 7.28   | 0.52  | 0.39  | 21.860                             | 1.5610 | 2.6700 |
| 16        | 10.93 | 0.68  | 0.30  | 8.02   | 0.50  | 0.37  | 27.3400                            | 1.7090 | 2.7400 |

## 1.2 生长量模型建立

以刺槐连年生长量为原始数列,进行一次累加得到一阶累加生成模块,按最小二乘法,设待定参数  $\hat{B}[\begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}]$ ,解得 GM(1,1)模型如下:

### 1.2.1 阳坡刺槐树高、胸径的连年生长量模型

树高:  $\hat{x}(t+1) = -5.052552065e^{-0.1528023082t} + 6.232552065$

$p = 1.00, \quad c = 0.14314, \quad s = 0.73762$

胸径:  $\hat{x}(t+1) = -3.879644797e^{-0.888832548t} + 4.239644797$

$$p = 1.00, \quad c = 0.22293, \quad s = 0.64593$$

### 1.2.2 阴坡刺槐的树高、胸径连年生长量模型

$$\text{树高: } \hat{x}(t+1) = -6.401522565e^{-0.1586677343t} + 7.581522565$$

$$p = 1.00, \quad c = 0.15640, \quad s = 0.73626$$

$$\text{胸径: } \hat{x}(t+1) = -11.04465112e^{-0.05544487586t} + 11.49465112$$

$$p = 1.00, \quad c = 0.38000, \quad s = 0.77027$$

式中:  $t$ ——时间;  $p$ ——误差概率;  $c$ ——方差比;  $s$ ——关联度。

## 2 结果与分析

### 2.1 对建立的预测模型进行后验差检验

由表3,表4得出4个模型的平均相对误差分别为1.4626%、0.0846%、-1.6197%和-2.6506%。根据  $c$ 、 $p$  和  $q$  的值以及预测精度等级划分标准<sup>[2]</sup>,上述4个模型的精度均达到了一级精度。因此,我们用灰色 GM(1,1)模型预测刺槐的连年生长量是可靠的。

表3 阳坡模型后差检验

| 树龄<br>(年) | 树高 (m) |        |          | 胸径 (cm) |        |          |
|-----------|--------|--------|----------|---------|--------|----------|
|           | 实测值    | 模型值    | q%       | 实测值     | 模型值    | q%       |
| 2         | 1.18   |        |          | 0.36    |        |          |
| 4         | 0.82   | 0.7159 | 12.6890  | 0.76    | 0.6678 | 12.1379  |
| 6         | 0.49   | 0.6145 | -25.4080 | 0.51    | 0.5528 | -8.3962  |
| 8         | 0.50   | 0.5224 | -5.4849  | 0.38    | 0.4577 | -20.4397 |
| 10        | 0.42   | 0.4527 | -7.7828  | 0.32    | 0.3789 | -18.4051 |
| 12        | 0.43   | 0.3885 | 9.6414   | 0.31    | 0.3137 | -1.1882  |
| 14        | 0.42   | 0.3335 | 20.5988  | 0.26    | 0.2597 | 0.1180   |
| 16        | 0.25   | 0.2862 | -14.4920 | 0.34    | 0.2150 | 36.7660  |

表4 阴坡模型后差检验

| 树龄<br>(年) | 树高 (m) |        |          | 胸径 (cm) |        |          |
|-----------|--------|--------|----------|---------|--------|----------|
|           | 实测值    | 模型值    | q%       | 实测值     | 模型值    | q%       |
| 2         | 1.18   |        |          | 0.45    |        |          |
| 4         | 0.96   | 0.9392 | 2.1633   | 0.48    | 0.5957 | -24.1047 |
| 6         | 0.79   | 0.8014 | -1.4466  | 0.63    | 0.5636 | 17.1216  |
| 8         | 0.70   | 0.6838 | 2.3082   | 0.60    | 0.5332 | -6.6352  |
| 10        | 0.50   | 0.5835 | -16.7016 | 0.58    | 0.5044 | 13.0313  |
| 12        | 0.50   | 0.4979 | 0.4807   | 0.55    | 0.4772 | 12.2341  |
| 14        | 0.55   | 0.4248 | 22.7554  | 0.39    | 0.4515 | -15.7624 |
| 16        | 0.30   | 0.3625 | -10.8372 | 0.37    | 0.4271 | -15.4386 |

### 2.2 通过上述模型,对刺槐连年生长量进行灰色预测

用预测值分别绘制刺槐树高连年生长量图(图1)和刺槐胸径连年生长量图(图2)。由图1和图2看出,阴坡生长的刺槐树高和胸径的连年生长量都较阳坡多。这是由于刺槐尽管是喜光树种,但水分条件对它的影响更大。阴坡的蒸发量小,水分条件较阳坡好。因此,阴坡相对阳坡来

说更有利于刺槐的生长。

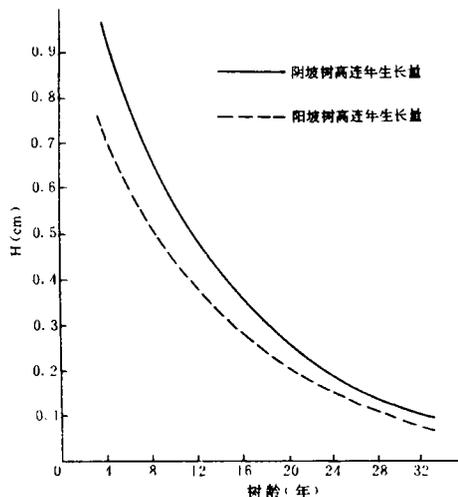


图1 刺槐树高连年生长量

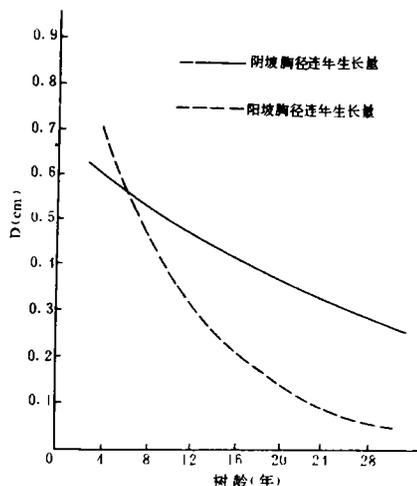


图2 刺槐胸径连年生长量

由图1、图2我们可以看出,不论在阳坡还是在阴坡,随着树龄的增加,刺槐的树高和胸径连年生长量都迅速降低。但在早期树高和胸径的连年生长量都较大,树高最高达到0.8~1.0m,胸径最大可达到0.6~0.8cm。生长在阴坡的刺槐一般14~16年时树高即可达到9m左右,胸径可达到8cm左右,可以作为椽材来采伐利用。阳坡可以根据立地条件适当延长几年,但不要超过18年,因为18年以后刺槐的树高连年生长量在0.25m以下,胸径连年生长量在0.2cm以下,生长较缓慢。而且随着年龄的增大,干形易弯曲,生长势低,易受病虫害的危害。我们可以利用刺槐前期生长快这一特点,对刺槐采取早期利用,建立以培育小径材为目标的经营管理模式,以缩短生产周期,提高经济效益。

采伐时一般采用皆伐,刺槐的萌蘖能力很强,通常在皆伐当年幼林即可郁闭。同时,由于采伐迹地上萌蘖苗数远远大于原有株数,故总体防护效益并没有降低。且萌生苗前期生长特别快,只要及时除萌定株,就可以大大缩短成材年限,在8~10年时即可作为椽材来采伐利用。还可节省育苗造林和抚育费用。这样一来,使得人工刺槐林的生态效益和经济收益二者兼顾,从而提高了刺槐林的经济效益和农民承包治理荒山的热情。

由图2可以看出,阴坡刺槐的胸径连年生长量随树龄增加下降速度没有阳坡的快。这是由于阴坡的生态环境更有利于刺槐生长,延长了刺槐胸径的生长盛期。我们可以利用这个特点,在阴坡中下部及缓坡地上培育以大径材为目标的刺槐用材林。这样可以建立长效与短效相结合的经营模式。更有效地保护森林资源,为实现森林资源的永续利用创造条件。

### 3 结论与建议

- (1)用灰色系统预测刺槐的连年生长量是可靠的,预测结果符合实际规律。
- (2)对渭北刺槐林应以培育小径材为目的,在阴坡适当培育一部分大径材的经营模式。

最经济合理的采伐树龄为14~18年。皆伐后萌蘖苗采伐树龄可提前至8~10年。

(下转第68页)

量预测模型与阴坡略有差异,主要是萌蘖植株的高生长量低于移栽造林植株,平均差额为20%,然而其径生长量,萌蘖林仍远大于实生林,平均差额达38%,16龄时萌蘖林的胸径(14.86cm)为实生林6.77cm的2.2倍。

#### 4 推广效益预测和结论

综上所述,皆伐萌蘖更新技术确实为改造低产值刺槐防护林的有效途径,通过对皆伐后萌蘖植株有目的的选苗,使林分始终保持合理的密度,而利用原有林木庞大的根系,为萌蘖林提供了远较实生林为优的物质基础,从而大大提高了萌蘖林的生长速率,缩短了成材年限,另外,幼林期的多次抚育间伐,淘汰了不少长势弱或生长不良的病弱木,使成材率也相应提高。

据我们估算,萌蘖林若按小径材利用,平均10年成材,约较实生林提前6年。出材率按1 650株/hm<sup>2</sup>计算,总产值达7 425元/hm<sup>2</sup>(当前的椽价平均每根4.5元),年均产值为742.5元/hm<sup>2</sup>。而实生刺槐林的出材率1 000株/hm<sup>2</sup>,总产值4 500元/hm<sup>2</sup>,年均产值仅280元,前者为后者的2.65倍。黄土高原刺槐人工林的面积很大,仅渭北旱塬就有7万 hm<sup>2</sup>,如果将其中35%(2.5万 hm<sup>2</sup>)的刺槐林地用皆伐萌蘖更新的技术措施进行改造,则将创造出年均1 856万元的产值,使林业成为不但有生态效益,而且有可观经济收入的产业,它在国民经济中的地位必将被人们越来越重视。

#### 参 考 文 献

- 1 林广亭. 刺槐根蘖更新的调查与分析. 山东林业科技, 1985(3)
- 2 陈一鹏等. 长武刺槐低产林分的更新改造及提高综合效益的措施与途径. 长武王东沟高效生态经济系统综合研究, 北京: 科学技术文献出版社, 1991, 149~155
- 3 袁其站. 刺槐生长的灰色动态模型. 河南林业科技, 1991(1)
- 4 王进鑫等. 刺槐人工林无性更新萌芽与根蘖发生规律的初步研究. 陕西林业科技, 1994(2), 27~31

(上接第63页)

(3)为了更好地提高刺槐林的经济效益,我们建议在成林的刺槐林地内,种植一些有经济价值的耐荫灌木和药材,这样既可以增加经济收入,又可以以种代抚,节省一部分抚育费用。另外还可以通过皆伐,引进一部分经济价值高、适生的用材树种,改变渭北林种单一的缺陷。

#### 参 考 文 献

- 1 陈一鹏等. 长武源区立地特征及其对刺槐林生长影响的研究. 水土保持通报, 1993, (5)
- 2 王学萌等. 灰色系统预测决策建模程序集. 北京: 科学普及出版社
- 3 王晓辉等. 灰色系统理论在林木生长量预测中的应用. 南京林业大学学报, 1993, 1~17
- 4 袁其站. 刺槐生长的灰色动态模型. 河南林业科技, 1991, (1)
- 5 田年军等. 利用灰色系统理论建立树高生长预测模型的方法. 吉林林业科技, 1992, (6)