

# 黄土高原3~6月土壤含水率与刺槐造林成活率预测模型的建立<sup>\*</sup>

韩刚<sup>1</sup>, 韩恩贤<sup>1</sup>, 张晓鹏<sup>1</sup>, 邹芳<sup>2</sup>

(1 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2 杨凌职业技术学院 经管系, 陕西 杨凌 712100)

**[摘要]** 选择1年生刺槐为造林树种, 通过对造林地3~6月土壤平均含水率与当年刺槐造林成活率的回归分析, 建立了二者间的线性回归方程, 该方程相关系数 $R = 0.988$ 。同时应用该方程建立了刺槐造林成活率平均值( $\hat{Y}$ )的预测模型, 模型验证结果表明, 该模型具有较强的预测能力, 预测准确性较高, 可应用于林业生产实践, 为春季刺槐造林提供参考依据。

**[关键词]** 黄土高原; 土壤含水率; 刺槐; 造林成活率; 预测模型

**[中图分类号]** S711

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2005)07-0031-04

春季是黄土高原干旱半干旱区的主要造林季节, 在3月中下旬土壤半解冻时, 土壤含水率为春季最高时期, 此时造林有利于幼苗生根发芽, 提高造林成活率, 因此3月份的土壤水分含量对当年造林成活率具有重要意义。随后的4~6月份土壤含水率开始下降, 这对栽植不久、生长还较弱的苗木的成活率影响较大。但经过这一时期后, 苗木生长状况渐趋稳定, 7~9月又进入黄土高原的多雨季节, 土壤水分相对较为充足, 造林成活率基本稳定<sup>[1-3]</sup>。本试验建立了3~6月份土壤含水率与刺槐当年造林成活率的回归方程, 据此可以对当年造林成活率进行初步预测, 从而对当年的造林计划进行适当调整, 包括树种选择、造林面积及配套抗旱造林技术的应用等, 以避免出现大面积造林失败的结果。

## 1 试验区概况

试验区位于黄土高原丘陵沟壑区南部的麟游县崔木乡杨家沟村, 海拔高度1350~1520 m, 为暖温带湿润、半湿润气候。该地全年平均日照时数为2190.3 h, 年平均气温为9.2℃, 极端最高温度37.5℃, 极端最低温度-22.10℃, 10℃积温平均为3018℃, 年平均降水量640.4 mm, 年蒸发量平均为806 mm, 比降水量多165.6 mm。土壤主要为黄绵土, 土层厚度50 m以上, 该土种性绵易蚀。地下水位深一般在50~100 m, 土壤干燥度

1.1~1.3。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验树种

选择1年生刺槐无性系苗。刺槐是黄土高原干旱半干旱区主要造林树种, 每年都有较大的造林面积, 颇具有典型性和代表性。

### 2.2 试验方法

1995~1997年, 选择适宜于刺槐生长的土地类型作为试验地, 各试验地面积均为0.3 hm<sup>2</sup>, 采用常规造林技术营造试验林, 造林密度1500株/hm<sup>2</sup>。

(1) 土壤水分测定。于3~6月份每月上、中、下旬在各试验地测定3次, 取其平均值作为当月土壤平均含水率。每次用对角线法随机选5个点采集土样, 深度为60 cm, 分3个层次, 每层20 cm, 重复3次, 烘干法测定, 最后取其平均值。

(2) 造林成活率调查。在当年苗木生长停止后逐株调查, 其中除去人为及兽害导致的死亡株数。

(3) 应用数学统计软件SPSS进行回归分析<sup>[4]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 3~6月土壤含水率与刺槐当年造林成活率的关系

1995~1997年3~6月土壤含水率测定结果与

\* [收稿日期] 2004-10-09

[基金项目] 中德合作陕西西部造林项目

[作者简介] 韩刚(1972-), 男, 陕西三原人, 助理研究员, 在读博士, 主要从事旱区森林培育研究。

[通讯作者] 韩恩贤(1952-), 男, 陕西扶风人, 副研究员, 主要从事旱区森林培育研究。

造林成活率调查结果见表 1。

表 1 1995~ 1997 年 3~ 6 月土壤含水率与刺槐造林成活率

Table 1 Soil moisture from March to June of 1995- 1997 and afforesting survival rate of *Robinia pseudoacacia*

试验地编号 Number of experimental field	土壤平均含水率/% Mean Soil moisture				造林成活率/% Afforesting survival rate
	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June	
9501	11.00	10.70	11.97	10.83	35.00
9502	10.70	10.07	12.30	12.47	38.00
9503	11.80	10.93	11.47	12.57	39.00
9604	7.13	7.47	10.20	7.57	19.50
9605	9.43	9.80	9.27	10.83	24.50
9706	16.27	16.23	17.30	14.27	62.00
9707	16.47	15.63	15.43	18.47	67.00

注: 试验地编号前 2 位数字表示年份, 后 2 位数字表示试验地。

Note: The first two digits of number of experimental field means year and the last two digits means experimental field

据表 1 数据, 以各月土壤含水率为自变量  $X$ , 以当年造林成活率为因变量  $Y$  作散点图(图 1), 观察各月  $X$  与  $Y$  之间的数据分布特点。

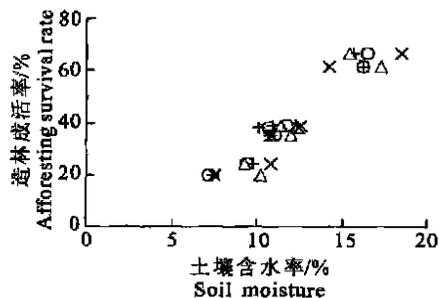


图 1 3~ 6 月份土壤含水率与刺槐造林成活率散点图

. 3 月; +. 4 月; . 5 月; ×. 6 月

Fig 1 Scatter plots between soil moisture from March to June and afforesting survival rate of *Robinia pseudoacacia*

. March; +. April; . May; ×. June

从图 1 可以看出, 各月土壤含水率与当年刺槐造林成活率均存在着较为显著的线性关系, 由此判定建立线性回归方程是适合的。

### 3.2 3 月份土壤含水率与刺槐当年造林成活率间回归模型的建立

由于 3 月份正是黄土高原的造林盛期, 土壤水分对造林苗木迅速度过前期缓苗阶段及生根发芽极为重要, 并直接影响着苗木以后的正常生长。因此, 首先对 3 月份土壤含水率( $X$ )与当年造林成活率( $Y$ )建立一元线性回归方程如下:

$$Y = 5.112X - 19.748 \quad (R = 0.988^{**}, R^2 = 0.976)$$

从相关系数  $R$  达到 0.988 可知,  $X$  与  $Y$  是高度线性相关的, 而判定系数  $R^2$  的值则说明建立的回归方程拟合得很好, 回归模型较好地解释了因变量的变异<sup>[4]</sup>。进一步对回归方程进行检验, 结果见表 2 和表 3。

表 2 3 月份土壤含水率与刺槐造林成活率回归方程的方差分析

Table 2 ANOVA for regression equation of March soil moisture and survival rate of *Robinia pseudoacacia*

变异来源 Variation source	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F value
回归 Regression	1 853.819	1	1 853.819	201.024 <sup>**</sup>
残差 Residual	46.109	5	9.222	
总变异 Total variation	1 899.929	6		

注: \*\* 表示达 1% 显著水平。下表同。

Note: \*\* Means remarkable levels of 1%. Same for other tables

表 3 回归方程的回归系数分析

Table 3 Analysis of coefficient of regression equation

项目 Item	回归系数 Regression coefficient	t 值 t value
常数 Constant	- 19.748	- 4.472 <sup>**</sup>
3 月份土壤含水量 Soil moisture of March	5.112	14.178 <sup>**</sup>

表 2 中  $F$  值显示所拟和的回归方程极显著存在。表 3 中分别对回归方程常数项和自变量的回归系数进行显著性检验的  $t$  值, 则说明回归方程的常数和自变量系数均具有极为显著的统计意义。

因此, 便可应用此回归方程对当年的刺槐造林成活率进行预测, 将所测 3 月土壤含水率  $X = X_0$  代

入方程, 其值应在 7. 13~ 16. 47, 则造林成活率预测的平均值  $\bar{Y}_0 = Y_0 \pm t_{\alpha}(n-2)S_{Y_0}$  [15]。式中,  $Y_0$  为对应于  $X_0$  的回归方程值;  $t_{\alpha}(n-2)$  是置信度为  $1-\alpha$  时, 自由度为  $n-2$  的临界  $t$  值, 取  $1-\alpha$  的适中水平 0. 95,  $n=7$ ,  $t_{\alpha}(n-2)=2. 571$ ;  $S_{Y_0}$  为  $Y_0$  的标准差, 其

值等于  $\sqrt{\left[\frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{l_{xx}}\right] \frac{Q}{n-2}}$  ( $X_0$  为所测 3 月土壤含水率;  $\bar{X}$  为进行方程回归时计算所得的 3 月土壤含水率平均值, 等于 11. 83;  $l_{xx}$  为自变量  $X$  的偏差平方和, 等于 70. 95;  $Q$  为各观察点残差平方和, 等于 46. 109)。现举一例, 假设某一刺槐造林地 3 月份的土壤平均含水量等于 10. 50, 则:

当年造林成活率平均值  $33. 93 \pm 3. 20$ , 即 95% 的预测区间为 [30. 73, 37. 13]。

### 3. 3 3~ 6 月份土壤含水率与刺槐当年造林成活率间回归模型的建立

4~ 6 月份土壤水分总体上持续下降, 也会显著影响苗木的生长甚至成活, 将这几个月的土壤含水率考虑进去, 能更准确地预测当年的刺槐造林成活

率。因此以 3~ 6 月土壤含水率为多个自变量  $X_1, X_2, X_3$  和  $X_4$ , 以成活率为因变量, 进行多元线性回归分析, 选择逐步回归分析方法 [14], 建立了如下回归方程:

$$Y = 5. 112X_1 - 19. 748(R = 0. 988, R^2 = 0. 976)$$

式中,  $X_1$  为 3 月土壤平均含水率。这一方程与单以 3 月土壤含水率为自变量建立的回归方程是相同的, 逐步回归法依据变量引入模型和剔除出模型的判据, 将符合进入回归方程的自变量——3 月份土壤含水率引入, 而将 4~ 6 月份土壤含水率剔除出回归方程。表 4 中被剔除的 3 个变量从其存在于回归方程时的偏回归系数检验  $t$  值来看, 不具显著性, 为提高回归的精确度, 应该予以剔除。从各偏相关系数均不是很大, 也说明其与因变量成活率之间的密切程度不是很高, 对成活率影响不大。根据前面的分析已经知道, 此回归方程极为显著且拟和很好, 因此对其的各项检验就不再重复。其预测问题也同前所述, 不再赘述。

表 4 3~ 6 月份土壤含水率与刺槐造林成活率多元线性逐步回归方程剔除的变量分析

Table 4 Analysis of variables removed from multiple linear stepwise regression equation of soil moisture from March to June and survival rate of *Robinia pseudoacacia*

变量 Variables	偏相关系数 Partial correlation coefficient	偏回归系数 Partial regression coefficient	$t$ 值 $t$ value
4 月土壤含水率 Soil moisture of Apr	- 0. 369	- 0. 411	- 0. 794
5 月土壤含水率 Soil moisture of May	0. 490	0. 195	1. 123
6 月土壤含水率 Soil moisture of Jun	0. 362	0. 143	0. 778

## 4 预测模型的验证

表 5 为 1994 和 1998 年麟游县春季造林时, 刺槐林地 3 月份土壤平均含水率和当年造林成活率的实测值及预测模型计算的成活率平均值区间。由表

5 可以看出, 刺槐成活率实测值除地点 1 略微低于预测区间下限外, 其他 4 个地点实测值均处于预测区间之中, 反映了模型计算值与实测值的一致性。表明该模型具有较强的预测能力, 在 95% 的可信度下, 预测的准确性较高。

表 5 1994 和 1998 年麟游县刺槐造林成活率实测值与预测区间比较

Table 5 Comparison between the measured values and predictive intervals of afforesting survival rate of *Robinia pseudoacacia* of Linyou county in 1994 and 1998

年份 Year	造林地编号 Number of afforesting field	3 月土壤含水率/% Soil moisture of Mar	造林成活率/% Afforesting survival rate	
			实测值 Measured value	预测区间 Predictive interval
1994	1	9. 10	20. 50	22. 88~ 30. 66
1994	2	10. 9	37. 5	32. 89~ 39. 05
1998	3	13. 8	52. 00	47. 33~ 54. 27
1998	4	11. 00	39. 00	33. 43~ 39. 53
1998	5	9. 80	30. 00	26. 85~ 33. 85

## 5 小 结

1) 通过回归分析, 建立了黄土高原刺槐造林地 3 月份土壤含水率与当年造林成活率的线性回归方

程:  $Y = 5. 112X - 19. 748 (R = 0. 988, R^2 = 0. 976)$ ,  $X \in [7. 13, 16. 47]$ ; 并应用该方程建立了刺槐造林成活率平均值 ( $\bar{Y}$ ) 的预测模型:  $\bar{Y} = Y \pm t_{\alpha}(n-2)S_Y$ , 应用该模型可对造林成活率进行预测。

2) 通过回归分析,建立了黄土高原 3~6 月份土壤含水率与当年刺槐造林成活率的线性回归方程: $Y = 5.112X_1 - 19.748$  ( $R = 0.988, R^2 = 0.976$ ),  $X_1$  为 3 月份土壤平均含水率,  $X_1 \in [7.13, 16.47]$ 。分析可知,3 月份土壤含水率与成活率关系极为密切,而 4~6 月份土壤含水率相对于 3 月份来说,与成活率关系不很密切,对成活率影响不大,被剔除出回归方程。

3) 通过验证表明,利用造林地 3 月份土壤平均含水率所建立的当年刺槐造林成活率预测模型的准确性较高,可用于林业生产实践。

4) 仅选择黄土高原普遍栽植的刺槐作为试验树种,尽管有较大的局限性,但由于刺槐与其他树种的抗旱性具有一定的可比性<sup>[6,7]</sup>,因此这一预测回归方程对于其他树种造林有一定参考价值。

#### [参考文献]

- [1] 韩恩贤,薄颖生,刘和平,等. 对陕西西部造林成活率的探讨[J]. 陕西林业科技, 1996, (1): 17-19.
- [2] 邹年根,罗伟祥,李嘉钰,等. 黄土高原造林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [3] 孙时轩. 造林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [4] 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, 2002.
- [5] 袁志发,周静芋. 实验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [6] 张国盛. 干旱、半干旱地区乔灌木树种耐旱性及林地水分动态研究进展[J]. 中国沙漠, 2000, (4): 363-368.
- [7] 赵忠,李鹏,王乃江,等. 渭北主要造林树种根系抗旱性研究[J]. 水土保持研究, 2000, (1): 92-95.

## Establishment of predictive model on soil moisture from March to June and afforesting survival rate of *Robinia pseudoacacia* on Loess Plateau

HAN Gang<sup>1</sup>, HAN En-xian<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-peng<sup>1</sup>, ZOU Fang<sup>2</sup>

(1 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Department of Economy Management, Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In this experiment one-year *Robinia pseudoacacia* was selected as afforesting tree. Through regression analysis among mean soil moistures from March to June and one-year *Robinia pseudoacacia* afforesting survival rate, linear regression equation was established and the related coefficient was up to 0.988. The equation was used for establishment of predictive model on mean afforesting survival rate of *Robinia pseudoacacia* ( $\bar{Y}$ ). After being verified the model was considered to have strong predictive ability and very accurate in prediction. It could be applied to forestry production so as to provide some reference for afforesting with *Robinia pseudoacacia* in spring.

**Key words:** Loess plateau; soil moisture; *Robinia pseudoacacia*; afforesting survival rate; predictive model