

文章编号: 100F 1498(2001) 0F 0110 05

水土保持林土壤改良效益评估模型的研究

沈 慧¹, 姜凤岐², 杜晓军²

(1. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所, 北京 100091;

2. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110015)

关键词: 水土保持林; 土壤改良效益; 评估模型

中图分类号: S714.7

文献标识码: A

在水土保持林的多种效益中, 土壤改良效益是一个非常重要的方面, 也是水土保持林最直接、最基本的一项效益。但有关土壤改良效益的评价研究并不多见, 且缺乏一定的系统性^[1]。为便于更直接、更有效地评价水土保持林的土壤改良效益, 本文对效益评估模型的确立进行了研究。

1 建模的基本思路

在水土保持林对土壤改良的诸多影响因子中, 林分生物量当属最重要的一个, 因此可考虑选择林分生物量作为数学关系中的自变量。但在现实情况下, 水土保持林的类型多样, 生物量的测定比较困难, 不利于模型在实际生产中的应用。如果以影响生物量的主要因子——胸径、树高以及胸径平方和树高乘积作为自变量, 则可以大大增强模型的可操作性。基于此, 选定以林分平均胸径、树高以及胸径平方与树高乘积(D^2H), 还有易测得的林地枯落物生物量作为数学关系中的自变量。

能够反映水土保持林土壤改良效益的因子可选择效益评价综合指数, 综合指数可由计算获得。在数学关系中, 以效益评价综合指数作为因变量。

2 研究地概况

我国辽宁省西部朝阳地区属于半干旱低山丘陵区, 这里地形起伏, 雨量集中, 土质粘重; 又由于植被稀疏, 森林覆盖率小, 所以水土流失非常严重^[2]。

为改善当地生态环境, 恢复生态平衡, 建国以来朝阳地区营造了大面积的水土保持林, 以油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.) 纯林为主, 面积达 53.3 万 hm^2 ^[3]。此外还有油松-阔叶树混交林以及樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litvin.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa* Lim.)、蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch.)、元宝

收稿日期: 2000 0F 03

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96 007-0F 06)

作者简介: 沈慧(1971), 女, 内蒙古包头人, 博士后; 姜凤岐为本文通信作者。

槭(*Acer truncatum* Bunge)、黄栌(*Cotinus coggygia* Scop.)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla* Lam.)、山杏(*Prunus sibirica* L.)、大扁杏(*Prunus* sp.)等的纯林及混交林。这些水土保持林在防止土壤侵蚀,提高土壤肥力方面各自发挥着不同的作用,但效果还不十分理想。为此,选定朝阳地区的水土保持林为研究对象。

3 效益评价综合指数的计算

综合指数可根据下列公式计算^[4]:

$$Y_i = \sum_{j=1}^9 W_j \cdot C_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, 20)$$

式中: Y_i ——第 i 样地的土壤改良效益评价综合指数;

W_j ——第 j 指标的层次总排序权值;

C_{ij} ——第 i 样地、第 j 项指标实测值归一化处理后的相对数值。

为消除立地因子的影响,需要对综合指数进行校正。由于朝阳地区属于低山丘陵区,在立地因子中,坡向、坡度和坡位成为影响水土保持林土壤改良效益评价综合指数的主导因素^[5,6]。根据坡向、坡位和坡度 3 项主要立地因子对综合指数影响作用的大小,确定它们的权值分别为 0.5、0.33 和 0.17。对于坡向而言,阳坡、半阳坡和阴坡所占的权重分别为 0.17、0.33 和 0.5;对于坡度而言,1~ 10°、11~ 20°和 > 20°所占的权重分别为 0.5、0.33 和 0.17;对于坡位而言,坡面上部、中部和下部所占的权重分别为 0.17、0.33 和 0.5^[7]。由此,可以计算出各种类型水土保持林立地条件的权系数。以权系数来校正综合指数,校正后的数值基本上可以认为是消除了立地因子影响之后的综合指数,可用于模拟运算,如表 1。

表 1 不同水土保持林土壤改良效益评价综合指数

样 地	效益评价综合指数	权系数	校正后的效益评价综合指数
沙棘-油松	0.5543	0.2222	2.4944
刺槐-油松	0.6570	0.3056	2.1502
元宝槭-油松	0.6494	0.2778	2.3378
蒙古栎-油松	0.6592	0.3611	1.8255
黄栌-油松	0.5741	0.2778	2.0668
锦鸡儿-油松	0.6256	0.2778	2.2522
山杏-油松(北)	0.6587	0.3611	1.8241
山杏-油松(南)	0.5269	0.2778	1.8968
大扁杏-油松	0.5965	0.2778	2.1474
15年生油松	0.3410	0.3333	1.0230
28年生油松	0.4929	0.2778	1.7744
48年生油松	0.7508	0.3333	2.2524
樟子松纯林	0.4962	0.2778	1.7863
沙棘纯林	0.5909	0.2778	2.1272
樟子松-沙棘	0.6342	0.2778	2.2831
刺槐纯林	0.7591	0.3611	2.1021
紫穗槐纯林	0.6584	0.3333	1.9752
刺槐-紫穗槐	0.6781	0.3333	2.0343
空旷地(北)	0.3143	0.4167	0.7543
空旷地(南)	0.3206	0.4444	0.7214

4 评估模型的建立

分别以林地枯落物生物量($t \cdot hm^{-2}$)、林分平均胸径(cm)、树高(m)以及胸径平方与树高乘积(m^3)为自变量,效益评价综合指数为因变量进行回归,可得到如下评估模型。

4.1 综合指数与枯落物生物量模型

从表2可以看出,林地枯落物与综合指数的关系可用多种模拟方程表达,其中多项式的模拟结果最好。因此可以认为,多项式方程

$$y = 0.7 + 0.2208x - 0.0053x^2 \quad (R^2 = 0.5396)$$

是反映效益评价综合指数与枯落物生物量关系的最佳模型。

表2 综合指数与林地枯落物生物量模型

项目	关系式	复决定系数	F值
直线式	$y = 0.036x + 2.085$	$R^2 = 0.2603$	5.63
指数式	$y = 1.9773 e^{0.0167x}$	$R^2 = 0.3013$	6.90
对数式	$y = 0.6608 \ln x + 0.8719$	$R^2 = 0.4235$	11.75
乘幂式	$y = 1.1126 x^{0.3113}$	$R^2 = 0.502$	16.13
多项式	$y = 0.7 + 0.2208x - 0.0053x^2$	$R^2 = 0.5396$	18.75

注: $n = 18, F_{0.05}(1, 16) = 4.49$ 。

4.2 综合指数与乔木林平均胸径、树高以及胸径平方与树高乘积模型

从表3可以看出,林分平均胸径与综合指数的关系也可用多种模拟方程表达,其中乘幂式的模拟结果最好。因此可以认为,乘幂式方程

$$y = 0.5815x^{0.4885} \quad (R^2 = 0.4827)$$

是反映效益评价综合指数与林分平均胸径关系的最佳模型。

表3 综合指数与林分平均胸径模型

项目	关系式	复决定系数	F值
直线式	$y = 0.0479x + 1.603$	$R^2 = 0.4172$	10.02
指数式	$y = 1.639 e^{0.0008x}$	$R^2 = 0.4192$	10.10
对数式	$y = 1.1057 \ln x - 0.7198$	$R^2 = 0.4624$	12.04
多项式	$y = 0.2805 + 0.1698x - 0.0026x^2$	$R^2 = 0.4683$	12.33
乘幂式	$y = 0.5815x^{0.4885}$	$R^2 = 0.4827$	13.06

注: $n = 16, F_{0.05}(1, 14) = 4.60$ 。

从表4可以看出,林分平均树高与综合指数的关系也可用多种模拟方程表达,其中多项式的模拟结果最好。因此可以认为,多项式方程

$$y = 0.8529 + 0.1869x - 0.004x^2 \quad (R^2 = 0.3391)$$

是反映效益评价综合指数与林分平均树高关系的最佳模型。

表 4 综合指数与林分平均树高模型

项 目	关 系 式	复 决 定 系 数	F 值
直线式	$y = 0.0483x + 1.9619$	$R^2 = 0.2836$	5.54
指数式	$y = 1.9168e^{0.0209x}$	$R^2 = 0.2835$	5.54
对数式	$y = 0.8222 \ln x + 0.4914$	$R^2 = 0.3154$	6.45
乘幂式	$y = 0.9988x^{0.2612}$	$R^2 = 0.3256$	6.76
多项式	$y = 0.8529 + 0.1869x - 0.004x^2$	$R^2 = 0.3391$	7.18

注: $n = 16, F_{0.05}(1, 14) = 4.60$ 。

从表 5 可以看出, 林分胸径平方和树高乘积 (D^2H) 与综合指数的关系可用多种模拟方程表达, 其中乘幂式的模拟结果最好。因此可以认为, 乘幂式方程

$$y = 2.7695x^{0.1533} \quad (R^2 = 0.4410)$$

是反映效益评价综合指数与林分胸径平方与树高乘积 (D^2H) 关系的最佳模型。

表 5 综合指数与林分平均胸径平方与树高乘积 (D^2H) 模型

项 目	关 系 式	复 决 定 系 数	F 值
指数式	$y = 2.3355e^{0.129x}$	$R^2 = 0.2781$	5.39
直线式	$y = 0.3068x + 2.4071$	$R^2 = 0.2960$	5.89
多项式	$y = 2.1591 + 0.78x - 0.1552x^2$	$R^2 = 0.3805$	8.60
对数式	$y = 0.3475 \ln x + 2.8127$	$R^2 = 0.4240$	10.31
乘幂式	$y = 2.7695x^{0.1533}$	$R^2 = 0.4410$	11.04

注: $n = 16, F_{0.05}(1, 14) = 4.60$ 。

比较表 3、表 4 和表 5 中各关系式的复决定系数 (R^2) 可以发现, 综合指数与平均胸径以及胸径平方与树高乘积 (D^2H) 模型中各关系式的复决定系数 (R^2) 值较大, 而与平均树高模型中各关系式的复决定系数 (R^2) 值较小, 说明综合指数与平均胸径或胸径平方与树高乘积 (D^2H) 的关系更密切。因此, 用综合指数与平均胸径模型、或与胸径平方与树高乘积 (D^2H) 模型作为水土保持林(乔木林)土壤改良效益的评估模型效果较好。

4.3 综合指数与灌木林平均地径、树高模型

分析结果表明, 灌木林平均树高与综合指数之间没有明显的数量关系, 而平均地径与综合指数呈多项式关系, 即

$$y = 4.266 - 0.1505x + 0.0037x^2 \quad (R^2 = 0.3905)$$

式中: y ——水土保持林土壤改良效益评价综合指数;

x ——灌木林平均地径/cm;

R^2 ——复决定系数。

经检验, F 值为 4.48, 大于 $F_{0.10}(1, 7) = 3.59$, 方程显著。

灌木林地径平方与树高乘积 (D^2H) 与效益评价综合指数也呈多项式关系, 即

$$y = 3.3068 - 4.0828x + 6.6485x^2 \quad (R^2 = 0.4107)$$

式中: y ——水土保持林土壤改良效益评价综合指数;

x ——灌木林平均地径平方和树高乘积(D^2H)/ m^3 ;
 R^2 ——复决定系数。

经检验, F 值为 4.88, 大于 $F_{0.10}(1, 7) = 3.59$, 方程显著。

以上提出的各种模型, 都可以作为朝阳地区水土保持林土壤改良效益的评估模型, 这些模型在使用时各有利弊。因此在效益评价过程中, 只要条件满足某模型的基本假设, 就可以选择该模型进行效益评估; 如果条件允许, 最好同时选用多种模型进行评估, 以便从不同角度来检验效益的评价结果。

5 小 结

(1) 以林分枯落物生物量、林分平均胸径(地径)、林分平均树高以及胸径(地径)平方与树高乘积为自变量, 效益评价综合指数为因变量进行模拟运算, 可得到水土保持林土壤改良效益的评估模型。

(2) 自变量不同, 得到的评估模型也是不同的。在生产实践中, 可根据实际情况选择适当的模型加以应用。

参考文献:

- [1] 沈慧, 姜凤歧. 水土保持林效益评价研究综述[J]. 应用生态学报, 1999, 10(4): 492~496.
- [2] 沈慧, 姜凤歧. 辽西水土保持林土壤改良效应的研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(1): 1~6.
- [3] 何富广, 赵荣慧, 胡承海. 辽西地区油松混交林抗蚀改土效益的研究[J]. 土壤学报, 1994, 31(2): 170~179.
- [4] 李智广, 李锐. 小流域治理综合效益评价方法刍议[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 19~23.
- [5] 罗云裳. 广东西江地区杉木人工林生物量与立地因子相关的研究[J]. 林业科学, 1989, 25(2): 147~150.
- [6] 沈国舫, 关玉秀. 影响北京市西山地区油松人工林生长的立地因子[J]. 北京林学院学报, 1979, (1): 96~104.
- [7] 沈佐, 曹雅宁, 李任敏. 晋东南石灰岩山地油松人工林立地类型划分及评价[J]. 林业科学, 1996, 32(1): 16~23.

Studies of Evaluation Models on Soil Improvement Benefit of Water and Soil Conservation Forest

SHEN Hui¹, JIANG Feng-qi², DUXiao-jun²

(1. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2. Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015, Liaoning, China)

Abstract: Based on amount of field investigation and laboratory analysis, this paper emphasized on the establishment of soil improvement benefit evaluation models. It is pointed out that the benefit evaluation models can be simulated by taking litter biomass, mean diameter of breast high (D), mean height (H) and (D^2H) as independent variables and taking comprehensive benefit evaluation index as dependent variable. The models vary with different independent variables and can be chosen to use according to actual situation.

Key words: soil and water conservation forest; soil improvement benefit; evaluation model