

青海大通县退耕还林不同配置模式 生态服务功能的评价*

高国雄^{1,2}, 李文忠³, 周心澄², 贾俊姝², 史常青², 李世荣³

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 3 北京市水务局, 北京 100038)

[摘要] 对青海大通县浅山区和脑山区退耕还林不同配置模式生态服务功能进行了综合评价。结果表明, 在浅山区, 模式 C(青杨+ 枸杞)为最优配置模式, 综合评价得分 231.12, 各种配置模式综合评价得分排序为: 模式 C(青杨+ 枸杞) > 模式 A(川赤芍) > 模式 D(中国沙棘) > 模式 B(紫花苜蓿) > 模式 E(柠条); 在脑山区, 模式 F(青海云杉)为最优配置模式, 其综合评价得分 250.54, 各种配置模式综合评价得分排序为: 模式 F(青海云杉) > 模式 G(华北落叶松) > 模式 J(青杨+ 中国沙棘) > 模式 H(白桦+ 青海云杉) > 模式 K(青海云杉+ 中国沙棘)。综合考虑生态服务功能及环境特点, 在浅山区阴坡推广应用模式 C, 阳坡推广应用模式 A; 在脑山区阴坡推广模式 F, 阳坡推广模式 J。

[关键词] 退耕还林配置模式; 生态服务功能; 青海大通县

[中图分类号] S181

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)03-0129-06

Synthetic assessment on ecology service function of conversion cropland to forest in Datong county of Qinghai province

GAO Guo-xiong^{1,2}, LI Wen-zhong³, ZHOU Xin-cheng², JIA Jun-shu², SHI Chang-qing², LI Shi-rong³

(1 College of Resource and Environment of Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Soil and Water Conservation of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

3 Beijing Water Authority, Beijing 100038, China)

Abstract: The paper focused on the synthetic evaluation on each ecology service function of conversion cropland to forest in Datong county, Qinghai. The results showed that in the shallow mountainous areas, pattern C was the best disposition pattern, the synthetic evaluation of which scored 231.12, and the arrangement order of each disposition pattern according to their synthetic evaluation scores was pattern C (*Populus cathayana*+*Lycium barbarum*) > pattern A (*Paeonia veitchii*) > pattern D (*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*) > pattern B (*Medicago sativa*) > pattern E (*Caragana korshinskii*); while in the brain mountainous areas, disposition pattern F is the best one, the integrated evaluation of which scored 250.54, and the arrangement order according to their synthetic evaluation scores was pattern F (*Picea crassifolia*) > pattern G (*Larix principis-rupprechtii*) > pattern J (*Populus cathayana*+*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*) > pattern H (*Betula latyphylla*+*Picea crassifolia*) > pattern K (*Picea crassifolia*+*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*). Therefore, in terms of the ecology service function and environmental characteristics, the conclusion can be drawn that in the low-hill areas, pattern C should be applied in the northern slope and pattern A in the southern slope; while in the remote-hill areas, pattern F should be applied in the northern slope and pattern J in the southern slope.

* [收稿日期] 2006-02-17

[基金项目] 国家“十五”科技攻关计划项目“退耕还林还草工程区水土保持型植被建设技术研究与示范”(200BA510B01)

[作者简介] 高国雄(1969-), 男, 陕西清涧人, 在读博士, 副教授, 主要从事荒漠化防治与生态环境建设研究。

E-mail: ggx2000@126.com

Key words: species arrangement model of conversion cropland to forest; ecology service function; Datong county of Qinghai province

退耕还林是一项长期的、复杂的生态工程,其目的是为了恢复植被,减少水土流失,防沙治沙,改善日益恶化的生态环境,调整农村产业结构,增加农民收入。合理评价退耕还林工程的效益,筛选适宜树种及优化配置模式,是当今学术界研究的重点内容,这对加速退耕还林工程建设及实现我国林业生态可持续发展,具有十分重要的理论和实践意义。目前对防护林生态效益的研究,如防护林对降雨的再分配、对水土的保持、对小气候环境的改善以及对土壤理化性质的改变等已有不少报道^[1-6],对于防护林生态效益评价指标体系也有一些探讨^[7-12]。但对退耕还林还草中,不同树种、草种配置模式和生态服务功能的综合评价还缺乏系统性的研究。为此,本试验对青海省大通县北川河流域退耕还林不同配置模式的生态服务功能进行了调查研究和综合评价,以期对西部地区退耕还林工程建设、退耕还林生态效益提高及西部生态环境改善提供理论依据和科学方法。

1 研究区概况

研究区位于青海省大通县北川河流域,地处祁连山地与黄土高原的过渡带,地理坐标 100°51′~101°56′E, 36°43′~37°23′N, 海拔 2 280~4 662 m。该区属大陆性气候^[13], 年日照时数 2 605 h, 年均气温 2.8℃, 极端最高气温 30.9℃, 极端最低气温为 -33.1℃, 年内无霜期 70~120 d, 年均降水量 508 mm, 年平均蒸发量为 1 290 mm, 年湿润指数 0.56~1.32。植被主要有青海云杉(*Picea crassifolia*)、祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、青杨(*Populus cathayana*)、中国沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、柠条(*Caragana*)、枸杞(*Lycium chinense*)、千里香杜鹃(*Rhododendron thymifolium*)、高山绣线菊(*Spiraea alpina*)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、银露梅(*Potentilla glabra*)、川赤芍(*Paeonia veitchii*)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、草苜蓿(*Melilotus suaveolens* Ledeb.)、节节草(*Hippochaete ramossissima* Boerner)等^[14]。土壤主要类型为山地栗钙土、山地黑钙土、山地棕褐土等。全县共有 9 镇 13 乡, 290 村, 1 083 自然村, 97 485 户, 426 417 人, 人口密度为 135 人/km², 人口自然

增长率为 8.26%。其中农业人口 339 616 人, 人均社会生产总值 4 741 元。

2 材料与方法

2.1 标准地选择

根据树种和混交类型的不同, 分别在浅山区和脑山区选择 5 种退耕还林(草)配置模式, 布设固定标准样地。其中浅山区退耕地为 1998 年以后退耕的坡地, 主要分布在大通县中部和南部, 海拔 2 400~2 750 m, 气候干旱, 沟壑纵横, 山高坡陡, 植被稀少, 土壤贫瘠, 水土流失较为严重, 土壤主要为山地栗钙土; 脑山区退耕地为 80 年代当地村民为了净化水源自愿退耕的坡地, 主要分布大通县东、西、北三面地势较高的地区, 海拔 2 750~3 200 m, 阴湿多雨, 气候冷凉, 无霜期短, 土壤主要为山地黑钙土及部分山地棕褐土, 是陡坡耕地的主要分布区。每种模式设 3 个标准地, 共设置 30 个标准地, 每个标准地面积为 20 m × 20 m, 标准地的基本情况见表 1。每种模式各项指标值均为 3 个标准地相应指标的平均值。

2.2 生态服务功能指标的测定方法

植物调查采用标准样地调查法, 其中乔木生物量采用平均木法测定, 灌木和草本生物量采用全部收获法测定, 地下生物量和枯落物采用小样方全部收集法测定, 生产力利用生物量推算^[15]; 冠层截留量和枯落物蓄水量采用“浸水法”测定^[11, 16]; 土壤持水量采用自制双环渗透仪测定; 土壤稳态渗透率、土壤孔隙度采用环刀分层取样, 常规方法测定; 土壤机械组成和微团聚体采用吸管法测定, 土壤团聚度用机械筛分法测定^[6, 17]; 土壤抗冲性指数测定采用原状土冲刷测定法^[2-4]。水解氮含量测定采用扩散吸收法, 速效磷含量测定采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法, 速效钾含量测定采用 1 mol/L 醋酸铵浸提-火焰光度法, 有机质含量测定采用重铬酸钾氧化法, 阳离子代换量测定采用盐酸-醋酸钙-容量法^[5, 6, 18]。

物种多样性指数(D)、丰富度(R)和均匀度(E)分别选用 Shannon-Wiener 指数、群落物种数及基于 Shannon-Wiener 指数的 Pielou 均匀度指数作为指标, 其计算公式分别为:

$$D = 3.3219 (\lg N - \sum n_i \lg n_i)^{-1/N};$$

$$R = S, E = D / \ln S.$$

式中: n_i 为样方内物种 i 的个体数, N 为样方物种的个体总数, S 为群落中的物种数。

2.3 评价指标体系的选取原则

依据综合评价的目的, 选取的各项指标应能较好地反映退耕还林不同配置模式的生态服务功能,

符合可持续发展理论和系统分析原理。同时, 为保证评价结果的客观性和有效性, 指标变量的选择应遵循可测性、代表性、相对独立性、可行性、可比性和整体性原则。

表 1 青海大通县退耕还林不同配置模式的基本情况

Table 1 Condition of different species arrangement model of different stands in Datong county of Qinghai province

分区 Subarea	模式类型 Model	主要植物 Primary plants	退耕 年限/a Times	乔木密度/ (株· hm ⁻²) Tree density	灌草密度/ (丛· hm ⁻²) Shrub or grass density	树种比例 Species ratio
浅山区 Low-hill areas	A	川赤芍 <i>Paeonia veitchii</i>	5		13 500	
	B	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	5		196 000	
	C	青杨+ 枸杞 <i>Populus cathayana</i> + <i>Lycium chinense</i>	5	2 700	5 400	1 2
	D	中国沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	5		6 500	
	E	柠条 <i>Caragana</i>	5		7 400	
脑山区 Remote- hill areas	F	青海云杉 <i>Picea crassifolia</i>	20	1 695		
	G	华北落叶松 <i>Larix principis-rupprechtii</i>	20	1 900		
	H	白桦+ 青海云杉 <i>Betula platyphylla</i> + <i>Picea crassifolia</i>	20	1 900	1 900	1 1
	K	青海云杉+ 中国沙棘 <i>Picea crassifolia</i> + <i>Hippophae rhamnoides</i>	20	3 800	12 000	1 3
	J	青杨+ 中国沙棘 <i>Populus cathayana</i> + <i>Hippophae rhamnoides</i>	20	1 867	12 900	1 7

分区 Subarea	模式类型 Model	林分类型 Forest types	混交方式 Mixed patterns	坡度/(°) Slope	坡位 Position of slope	坡向 Aspect of slope	土层 厚度/cm Thickness of soil layers
浅山区 Low-hill areas	A			16	下 Lower	半阳坡 Southern slope	110
	B			20	下 Lower	阳坡 Southern slope	95
	C	混交林 Mixed forest	行间混交 Mixed interline	15	下 Lower	阴坡 Northern slope	120
	D	纯林 Pure forest		15	中 Middle	阴坡 Northern slope	65
	E	纯林 Pure forest		25	上 Upper	阳坡 Southern slope	75
脑山区 Remote- hill areas	F	纯林 Pure forest		18	中 Middle	阴坡 Northern slope	80
	G	纯林 Pure forest		20	中 Middle	阴坡 Northern slope	60
	H	混交林 Mixed forest	行间混交 Mixed interline	15	中 Middle	阴坡 Northern slope	75
	K	混交林 Mixed forest	株间混交 Mixed inter-tree	20	中 Middle	阳坡 Southern slope	85
	J	混交林 Mixed forest	行间混交 Mixed interline	17	下 Lower	阳坡 Southern slope	165

依据上述评价指标选取的原则和已有的研究成果^[7-12], 将大通县退耕还林不同配置模式生态服务功能综合评价的指标体系划分为 3 个层次, 即目标层、项目指标层和指标变量层, 共选定包括水文效应、土壤理化性状、物种多样性和生产力 4 方面的 18 个指标(图 1)。

2.4 指标权重的确定

指标权重反映评价指标对总体目标的相对重要程度。权重不是主观臆断的东西, 而是在人类社会生态经济和谐发展的大背景下, 从整体效益的角度, 对单项效益指标进行衡量的客观产物。本研究采用因子分析法^[19], 利用观测数据本身包含的信息确定各项指标的权重系数, 使评价程序简化, 评价结果客观真实。具体过程如下:

应用 SPSS 分析软件, 对原始实验数据进行无量纲处理, 设原始实验数据值为 X_{ij} ($i = 1, 2, 3, 4, 5$; $j = 1, 2, \dots, 18$), 构成实验数据矩阵 $X_{5 \times 18}$, 计算相关矩阵 $R_{18 \times 18}$ ($R = X^T X$); 计算对应的单位特征向量¹⁸ (即权重系数) $c = (c_1, c_2, \dots, c_{18})$, 并且满足 $\sum_{j=1}^{18} c_j^2 = 1$ 。式中: X_{ij} 为不同配置模式的各种评判指标值; i 为不同配置模式类型; c 为权重系数; j 为评判指标。

2.5 评价方法

本研究采用最优综合评价模型, 计算不同配置模式的综合评价得分。其计算公式如下:

$$Y_i = \sum_{j=1}^{18} c_j x_{ij} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5)$$

式中: Y_i 为综合评判向量。

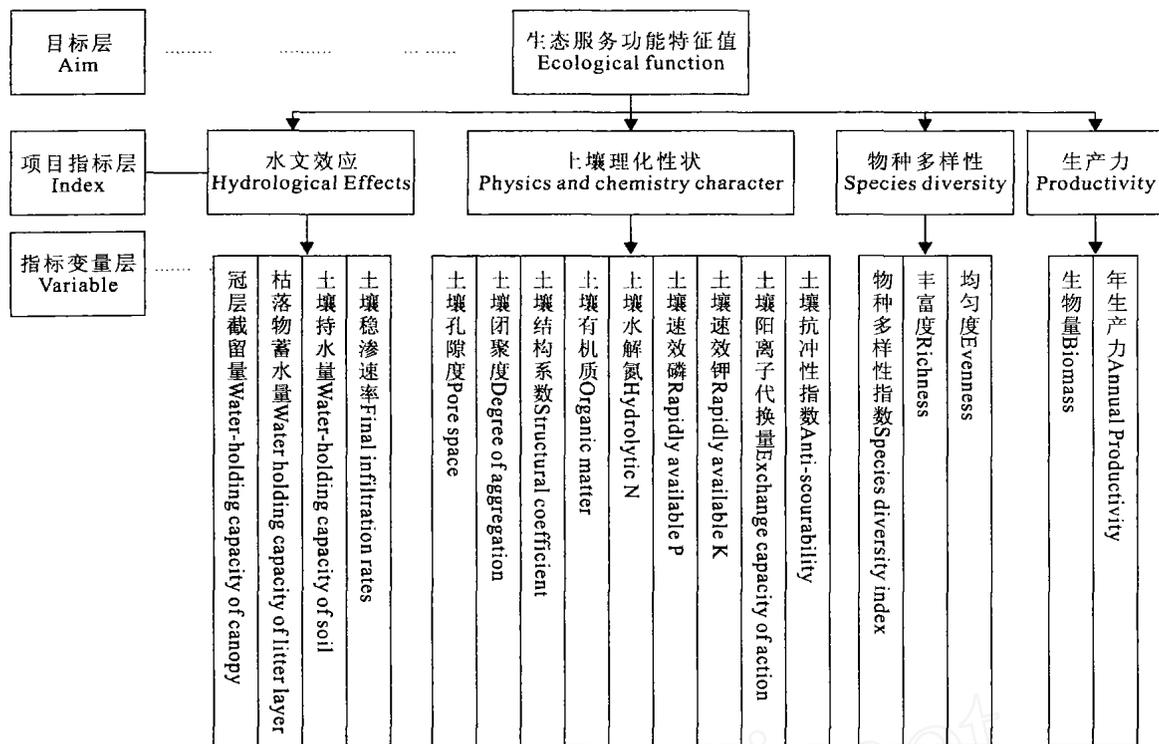


图 1 退耕还林不同配置模式生态服务功能评价指标体系

Fig 1 Index system of the evaluating on different species arrangement models

3 结果与分析

3.1 大通县退耕还林不同配置模式各项生态服务功能指标的观测值

从表 2 可以看出,在浅山区,与其他配置模式相

比,模式 C 的土壤持水量、土壤团聚度、有机质含量、水解氮含量、速效磷含量、速效钾含量、物种多样性指数和均匀度均最高,其他项指标也表现出较好的优势。

表 2 大通县浅山区退耕还林不同配置模式生态服务功能指标的观测值

Table 2 Indexes of ecological function in different species arrangement models in the low-hill areas of Datong county

模式类型 Model	冠层截留量/ mm Water-holding capacity of canopy	枯落物蓄水量/ mm Water holding capacity of litter layer	土壤持水量/ mm Water-holding capacity of soil	土壤稳渗速率/ (mm · min ⁻¹) Final infiltration rates	土壤孔隙度/% Pore space	土壤团聚度/% Degree of aggregation	土壤结构系数/% Structural coefficient	有机质/ (g · kg ⁻¹) Organic matter	水解氮/ (mg · kg ⁻¹) Hydrolytic N
A	0.23	0.23	299.10	4.8	56.78	60.91	97.61	41.9	124.90
B	0.43	0.28	281.80	1.0	47.03	31.61	92.13	9.7	37.93
C	0.17	1.02	327.88	3.5	53.74	71.38	96.42	43.1	178.73
D	1.43	1.87	321.34	2.8	54.54	37.34	91.68	20.2	68.20
E	0.10	0.57	257.00	0.8	43.50	15.50	75.54	13.4	58.00

模式类型 Model	速效磷/ (mg · kg ⁻¹) Rapidly available P	速效钾/ (mg · kg ⁻¹) Rapidly available K	阳离子代换量/ (mol · kg ⁻¹) Exchange capacity of action	土壤抗冲性指数/ (s · g ⁻¹) Anti-scourability	物种多样性指数 Shannon-Weiner index	丰富度 Richness	均匀度 Evenness	生物量/ (t · hm ⁻²) Biomass	年生产力/ (t · hm ⁻²) Annual productivity
A	2.60	76.67	28.00	0.703	4.0816	19	1.3862	3.39	2.57
B	1.47	113.00	9.00	0.525	4.6573	28	1.3977	4.46	3.55
C	4.70	149.00	27.33	0.776	5.3091	30	1.5609	15.98	4.43
D	4.07	93.33	23.67	1.136	5.0894	31	1.4821	29.50	9.36
E	2.30	114.33	7.00	0.385	3.4105	15	1.2594	8.16	2.79

从表 2 还可以看出, 模式 E 除了枯落物蓄水量、速效磷含量、速效钾含量、生物量和生产力 5 个指标外, 其他指标的值均最低。

由表 3 可见, 在脑山区, 与其他配置模式相比, 模式 F 的冠层截留量、枯落物蓄水量、土壤持水量、

土壤稳渗速率、土壤孔隙度、速效钾含量、土壤抗冲性指数、生物量和生产力均最高, 其他指标也均表现出较好的优势。坡向对林木生长有一定影响, 针叶树青海云杉在阴坡的表现比阳坡好, 各项指标值均较高, 这与实际情况相符。

表 3 大通县脑山区退耕还林不同配置模式生态服务功能指标的观测值

Table 3 The indexes of ecological function in different species arrangement model in the remote-hill areas of Datong county

模式类型 Model	冠层截留量/ mm Water-holding capacity of canopy	枯落物蓄水量/ mm Water holding capacity of litter layer	土壤持水量/ mm Water-holding capacity of soil	土壤稳渗速率/ (mm · min ⁻¹) Final infiltration rates	土壤孔隙度/% Pore space	土壤团聚度/% Degree of aggregation	土壤结构系数/% Structural coefficient	有机质/(g · kg ⁻¹) Organic matter	水解氮/(mg · kg ⁻¹) Hydrolytic N
F	2.37	6.24	323.30	6.8	53.62	60.79	70.34	21.7	82.93
G	2.02	2.42	313.62	5.2	53.09	63.92	82.17	24.4	67.47
H	0.99	1.90	296.16	3.6	51.55	56.76	94.75	22.2	84.20
K	1.70	4.34	299.92	4.0	51.92	50.03	90.84	21.5	74.27
J	0.26	4.02	314.50	2.6	49.70	58.16	58.16	29.6	75.27

模式类型 Model	速效磷/(mg · kg ⁻¹) Rapidly available P	速效钾/(mg · kg ⁻¹) Rapidly available K	阳离子代换量/(mol · kg ⁻¹) Exchange capacity of action	土壤抗冲性指数/(s · g ⁻¹) Anti-scour ability	物种多样性指数 Shannon-Weiner index	丰富度 Richness	均匀度 Evenness	生物量/(t · hm ⁻²) Biomass	年生产力/(t · hm ⁻²) Annual productivity
F	2.37	99.00	19.00	1.652	2.7809	10	1.2077	304.95	15.32
G	6.10	80.33	26.50	1.566	4.6692	26	1.4331	251.04	14.09
H	3.47	77.67	18.50	1.017	5.2289	31	1.5227	70.19	6.88
K	2.23	84.67	23.33	0.522	2.6462	12	1.0649	99.45	7.68
J	0.53	78.67	25.83	0.341	5.0717	28	1.5220	109.77	7.71

3.2 大通县退耕还林不同配置模式各因子的权重系数

用 SPSS 软件对观测数据本身包含的信息进行处理和分析, 确定 3.1 中各项指标(冠层截留量、枯落物蓄水量、土壤持水量、土壤稳渗速率、土壤孔隙度、土壤团聚度、土壤结构系数、有机质含量、水解氮含量、速效磷含量、速效钾含量、阳离子代换量、土壤抗冲性指数、物种多样性指数、丰富度、均匀度、生物量、生产力)的权重系数, 浅山区为:

$$C = \{0.14876, 0.20004, 0.31332, 0.22560, 0.27200, 0.24349, 0.23931, 0.20723, 0.20553, 0.26713, 0.03137, 0.28024, 0.27504, 0.26570, 0.22791, 0.29112, 0.20496, 0.19298\};$$

脑山区为:

$$C = \{0.32238, 0.21725, 0.19853, 0.33767, 0.31371, 0.10928, -0.00282, -0.20509, 0.03185, 0.09837, 0.30933, -0.10796, 0.26704, -0.24973, -0.26396, -0.21011, 0.29931, 0.29646\}.$$

3.3 大通县退耕还林不同配置模式生态服务功能的综合评价

由表 4 可知, 在浅山区, 模式 C 各项指标的综合评价得分最高, 为各种配置模式中的最优配置模式; 模式 A 次之; 模式 E 的综合评价得分最低。各种配置模式综合评价得分排序为: 模式 C > 模式 A > 模式 D > 模式 B > 模式 E。由此可知, 在浅山区, 配置乔灌草混交模式更有利于土壤改良和可持续利用。

表 4 大通县浅山区退耕还林不同配置模式生态服务功能综合评价得分

Table 4 Synthetic evaluation scores of ecological function in different models in low-hill areas of Datong county

模式类型 Model	主要植物 Primary plants	综合评价得分(Y_i) Comprehensive score	优化排序 Optimized sequence
A	川赤芍 <i>Paeonia veitchii</i>	201.01	2
B	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	157.21	4
C	青杨+ 枸杞 <i>Populus cathayana</i> + <i>Lycium chinense</i>	231.12	1
D	中国沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	193.64	3
E	柠条 <i>Caragana</i>	142.38	5

由表 5 可见,在脑山区,模式 F 各项指标的综合评价得分最高,为各种配置模式中的最优配置模式;模式 K 的综合评价得分最低。这是因为中国沙棘在脑山区生长到一定年限呈现明显的退化趋势。各种配置模式综合评价得分排序为:模式 F> 模式

G> 模式 J> 模式 H> 模式 K。由此可知,在脑山区,由于其独特的自然条件,适当配置抗性较强的乡土树种纯林模式,在发挥生态效益的同时,可获得更高的经济效益。

表 5 大通县脑山区退耕还林不同配置模式生态服务功能综合评价得分

Table 5 Synthetic evaluation scores of ecological function in different models in remote-hill areas of Datong county

模式类型 Model	主要植物 Primary plants	综合评价得分(Y_i) Comprehensive score	优化排序 Optimized sequence
F	青海云杉 <i>Picea crassifolia</i>	250.54	1
G	华北落叶松 <i>Larix principis-rupprechtii</i>	242.57	2
H	白桦+ 青海云杉 <i>Betula platyphylla</i> + <i>Picea crassifolia</i>	199.99	4
K	青海云杉+ 中国沙棘 <i>Picea crassifolia</i> + <i>Hippophae rhamnoides</i>	199.30	5
J	青杨+ 中国沙棘 <i>Populus cathayana</i> + <i>Hippophae rhamnoides</i>	205.27	3

4 结 论

对青海省大通县北川河流域退耕还林不同配置模式生态服务功能综合评价的结果表明,模式 C(青杨+ 枸杞)的综合评价得分为 231.12,为浅山区最优配置模式;模式 F(青海云杉)的综合评价得分 250.54,为脑山区最优配置模式。综合考虑生态服务功能及环境特点,建议在浅山区阴坡推广应用模式 C(青杨+ 枸杞,行间混交,混交比例为 1:2)、阳坡推广应用模式 A(川赤芍,密度 13 500 株/hm²);而在脑山区,阴坡应推广模式 F(青海云杉,密度 1 695 株/hm²),阳坡推广模式 J(青杨+ 中国沙棘,行间混交,混交比例为 1:7)。

[参考文献]

- [1] 刘向东,吴钦孝,赵鸿雁. 森林植被垂直截留作用与水土保持[J]. 水土保持研究, 1994, 3(1): 8-13
- [2] 胡建忠,周心澄,李文忠. 退耕地青海云杉人工林土壤抗冲性的试验研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 6-10
- [3] 胡建忠,张伟华,李文忠. 北川河流域退耕地植物群落土壤抗蚀性研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(6): 854-863
- [4] 刘国彬,张光辉. 原状土冲刷法与人工模拟降雨法研究土壤抗冲性对比分析[J]. 水土保持通报, 1996, 16(2): 32-37
- [5] 高培军,郑郁善,王妍,等. 杉木拟赤杨混交林土壤肥力性状

- 研究[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(4): 599-603
- [6] 吴祥云,刘广,韩辉,等. 不同类型樟子松人工林土壤质量的研究[J]. 防护林科技, 2001, 49(4): 15-17
- [7] 李智广,李锐,杨勤科,等. 小流域治理综合效益评价指标体系研究[J]. 水土保持通报, 1998, 18(7): 71-75
- [8] 王继军,郑科,郑世清,等. 中尺度生态农业建设效益评价指标体系研究[J]. 水土保持研究, 2000, 17(3): 244-247
- [9] 李朝洪,许俊杰,于波涛,等. 中国森林资源可持续发展综合评价方法[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(2): 73-76
- [10] 范志平,余新晓. 中国水源保护林生态系统功能评价与营建技术体系[J]. 世界林业研究, 2000, 13(1): 51-58
- [11] 洪涛,刘发明. 防护林区域生态效益评价指标体系[J]. 甘肃林业科技, 1997(2): 59-61
- [12] 孙立达,朱金兆. 水土保持林体系综合效益研究与评价[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995
- [13] 大通县编纂委员会. 大通县志[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1993
- [14] 周立华. 西宁植物志[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1999
- [15] 冯宗炜,王效科,吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [16] 中野秀章. 森林水文学[M]. 李云森,译. 北京: 中国林业出版社, 1983
- [17] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定方法[M]. 北京: 科学出版社, 1978
- [18] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- [19] 余建英,何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003