

坝上生态农业工程生态效益监测与评价研究

徐东瑞¹, 马 礼²

(1. 河北师范大学 资环学院, 河北 石家庄 050016; 2. 首都师范大学 地理系, 北京 100037)

摘要: 利用遥感技术、地理信息系统和全球定位系统对河北坝上实施生态农业工程建设后的生态效益进行了监测与评价。定量描述了坝上生态环境的动态变化趋势, 并对坝上生态农业工程的气候效益、土壤改良效益、农业水文生态效益进行了分析与评价。研究结果表明, 通过工程治理, 使农业生态系统的功能增强, 结构合理, 取得了显著的生态效益。

关键词: 生态效益; 监测; GIS; 遥感; 信息系统

中图分类号: S159 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)02-0114-04

Research on Ecological Effect of Bashang Eco-agriculture Project in Evaluation and the Monitoring

XU Dong-rui¹, MA Li²

(1. College of Resources and Environment Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China;
2. Geography Department, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

Abstract: With the help of remote sensing, geography information system, globe position system, the ecological impacts of Bashang Eco-agriculture Project were monitored and evaluated. A qualitative description of the dynamics of the eco-environment was presented and the effects of Bashang Eco-agriculture Project on the climate, soil water, and other ecological factors were analyzed and evaluated. The results showed that the Bashang, after harnessed by Eco-agriculture Project, its system function had been strengthened up, and its structure tends to reach rationalization, acquire the obvious ecology beneficial result.

Key words: Ecological beneficial; Monitoring; GIS; Remote sensing; Information system

沙漠化和土地退化是中国干旱和半干旱地区面临的严重环境问题之一^[1]。坝上作为农牧交错带, 其自然环境表现出过渡性和脆弱性的特点^[2]。为了改善京津地区周围的生态环境, 实现农业的可持续发展, 从1990年开始实施了坝上生态农业工程建设。通过一系列的种草、植树、农田改造工程, 使经济发展与环境保护走上了良性发展的轨道, 对坝上生态环境产生了重要的影响。因此, 监测区域的生态环境动态及变化趋势, 揭示其生态效应, 就成为坝上生态农业工程建设中的一项重要的研究工作。

作为对地观测高新技术发展起来的 RS、GIS、

GPS, 在农业土地资源监测等方面获得了广泛的应用^[3]。20世纪90年代后, 在“3S”支持下的农、林生态监测信息系统相继建成, 实现了对生态环境的长期动态监测^[4]。本文利用遥感^[5]和地理信息系统, 对坝上生态农业工程的气候效益、土壤改良效益、水文生态效益^[6-8]进行了综合分析评价, 以便为今后生态农业的发展模式和方向提供理论依据。

1 研究方法

本研究是通过生态效益监测与评价信息系统, 在遥感图像处理软件 GRASS 和地理信息系统

基础软件 ARC/INFO 的支持下, 提取有关的生态因子, 对坝上生态农业工程的生态效益进行监测和评价。以探讨时间与空间效应下坝上区域生态环境的演变规律及变化趋势。生态效益监测信息系统是由农业资源环境数据库和环境模拟模型组成。

1.1 数据源

生态效益监测信息系统数据库, 主要用于空间和属性数据的分析和处理。其内容主要包括: 遥感数据为多时相 Landsat TM 影像, 通过遥感图像处理, 以获取工程建设现状图及土地利用现状图; 统计数据主要包括农业经济、气象数据; 专题地图资料包括土壤图、土壤养分图、农业生态工程竣工分布和实施图等; 还有定位监测数据等。

1.2 数据库的设计

数据库的建设是整个信息系统的基础, 数据库包括空间数据库和属性数据库。空间数据库的所有数据类型可归结为点状、线状、面状和栅格图 4 类。为了便于数据处理分析和应用, 本系统采用空间数据和属性数据分别管理的方法, 即空间数据利用拓扑数据模型管理, 属性数据利用关系数据模型管理, 两者之间通过用户标识码或接口文件相互联接, 以实现从属性到空间和空间到属性的查询与分析。

1.3 生态环境模拟模型

通过构建专业分析模型, 可以为生态环境的监测提供管理和评价工具, 以模拟生态环境的演变过程。本项研究所应用的模拟模型主要包括: 土地利用方式与生态环境演化关系模型, 土地退化分析模型。可利用 GIS 的逻辑和空间分析及数学统计软件实现。

2 结果与分析

2.1 农业生态工程土地利用方式变化的环境效应

在 GIS 的支持下, 通过遥感影像处理, 将 1990 年和 2000 年两个不同时期土地利用方式的图件进行叠加复合, 即可得到该地区土地方式变化图。在此基础上用主成份分析将综合复杂的多因素简化, 建立起由土地利用方式变化所引起的环境效应方程。

在研究区域内, 计算某一要素 Y 与系统其他因子的空间关联时, 当时间序列数据不足, 可把区域划分为若干小区域作为取数单元, 得到 N 组区域序列数据, 然后再进行关联分析。表 1 中 $\Delta X_i = S_{i(1999)} - S_{i(2000)}$ 表示从 1990 年到 2000 年不同地类面积变

表 1 坝上高原土地沙漠化与土地利用方式变量数据表 hm^2

地点	Δx_1	Δx_2	Δx_3	Δy
张北	- 108 356. 20	91 147. 19	1 206. 25	- 10 328. 76
沽源	- 1 115. 27	6 459. 61	9 183. 17	- 10 857. 33
丰宁	13. 60	- 6 128. 32	2 637. 35	- 4 367. 51
康保	- 42 121. 21	18 966. 23	6 297. 53	- 42 826. 71
围场	- 2 839. 71	- 1 312. 81	793. 62	- 2 372. 65
尚义	- 18 216. 11	10 378. 62	3 106. 82	- 3 897. 72

化量。 X_1 为耕地, X_2 为草地, X_3 为林地。设 ΔY 为系统行为因子的因变量, ΔX_i 为自变量。则 GM (1, N) 模型灰微分方程可表示为: $\Delta Y^{(0)}(k) + aZ_i^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^3 b_i x_i^{(1)}(k)$, 则 GM (1, N) 的白化方程的形式为:

$dy^{(1)}/dt + ax_1^{(1)} = \sum_{i=1}^3 b_i x_i^{(1)}$, 在最小二乘准则下其辨析算式为: $a = (B^T B)^{-1} B^T y_N$, 而 y_N 和 B 可表示为: $y_N = [x_1^{(0)}(1), x_1^{(0)}(2), x_1^{(0)}(3)]$

$$B = \begin{bmatrix} -z_1^{(1)}(1) & x_1^{(1)}(1) & x_2^{(1)}(1) & x_3^{(1)}(1) \\ -z_1^{(1)}(2) & x_1^{(1)}(2) & x_2^{(1)}(2) & x_3^{(1)}(2) \\ -z_1^{(1)}(3) & x_1^{(1)}(3) & x_2^{(1)}(3) & x_3^{(1)}(3) \end{bmatrix}$$

其中 $-z_1^{(1)}(k) = 0.5x_1^{(1)}(k) + 0.5x_1^{(1)}(k-1)$

经计算可得: $\hat{a} = [a, b_1, b_2, b_3]^T = (-2.73, 9.19, -6.91, -1.1)$, 构造 GM(1, N, x) 有:

$$\Delta y_1^{(0)}(k) - 2.73z_1^{(1)}(k) = 9.19\Delta x_1^{(1)}(k) - 6.91\Delta x_2^{(1)}(k) - \Delta x_3^{(1)}(k)$$

经验证, 相对误差在允许范围内。从上式可以看出, 坝上生态农业工程实施区, 耕地, 林地, 草地 3 种不同土地利用方式的面积变化是影响土地沙漠化的 3 个重要因素。耕地面积增加可使土地沙漠化面积显著增大, 而林地、草地面积的扩大则土地沙漠化面积随之减小。经空间分析和计算, 坝上地区土地沙漠化面积 1995 年与 2000 年相比, 项目区土地退化面积减小了近 5.12%。

2.2 气候生态效益评价

在坝上生态农业项目区内, 经生态监测信息系统的测算, 到 2000 年森林覆盖率比 1990 年提高了 1.67%。草场植被覆盖度也比 1990 年提高了 39%, 其覆盖度已达 82.6%。从 1990 年到 1998 年, 无霜期增长了 7 d。

气候生态效益的定量评价主要考虑项目区由于造林面积的增加而相应的增氧量, 据研究 1 hm^2 针

阔叶林的光合作用日产氧量: $0.73 \text{ t}/(\text{d} \cdot \text{hm}^2)$ 。其评价公式: 坝上地区 2000 年与 1990 年对比, 增氧量 = 林地面积增加量 $\times 0.73 \times 365 = 2696.3$ 万 t。通过上述的计算, 可以看出增加的林地蕴藏着巨大的气候生态效益(图 1)。

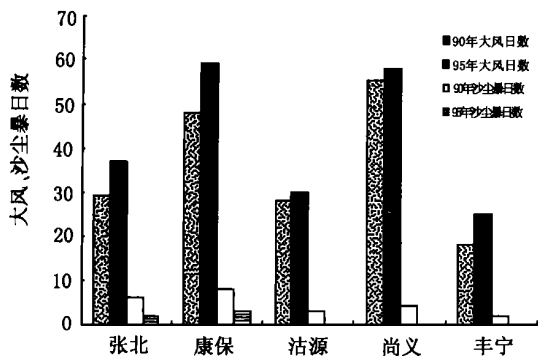


图 1 坝上大风和沙尘暴日数对照图

2.3 土壤生态效益评价

坝上生态农业工程的实施, 改变了原来粗放经营的土地利用方式, 从多方面改善了土壤质量, 提高了土壤生态肥力。

枸杞是一种耐盐碱、抗沙荒的多年生灌木, 对改造、利用坝上大面积的盐碱地, 具有特殊的生态意义, 经遥感解译的结果, 枸杞目前已种植了 3381 hm^2 。图 2, 3 表示中度盐渍化草滩地在栽种枸杞前后不同层次土壤盐分含量及 pH 值的变化情况, 样点取自尚义大营盘村, 其对照值则来源于生态环境监测信息系统全国第二次土壤普查数据。从图 2, 3 可以看出, 种植枸杞, 对盐碱滩地的改良具有明显的生态效应, 整个土壤剖面盐分含量和 pH 值均有降低。

在 1995 年生态农业工程现状的基础上结合遥感监测结果, 2000 年坝上改良草场面积为 8061 hm^2 。表 2 样地取自张北小二台二阴滩地草场。改良前草场的土壤理化数据来源于信息系统数据库。

表 2 草场改良工程对土壤理化性质的影响

处理	有机质 (mg/g)	全氮 (mg/g)	全磷 (mg/g)	全钾 (mg/g)	田间持水量 (%)	容重 (g/cm ³)	毛管孔隙度 (%)
改良前草场	21.2	1.39	0.87	22.3	15.21	1.61	31.62
改良后草场	28.3	2.09	1.29	23.0	19.76	1.39	39.63

表 3 土壤生态效益的定量评价表

灌木保土量	森林保土量	草地保土量	总保土量	N 保持量	P 保持量	K 保持量
3813	683565	31383	718761.9	1358	356	1696

从分析结果可以看出, 生态工程改良后的草场, 其土壤表层全氮、全磷、全钾、有机质含量等理化指标, 较改良前有明显的提高, 土壤的物理状况也得到进一步的改善。

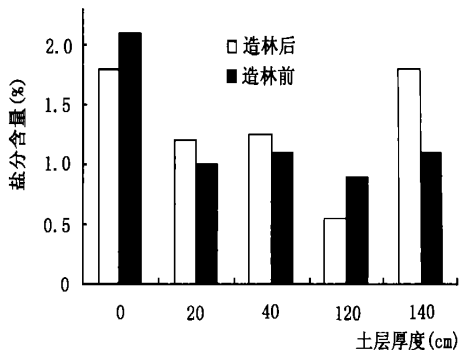


图 2 栽种枸杞前后土壤盐分变化图

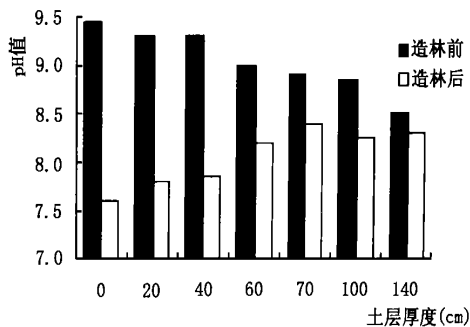


图 3 栽种枸杞前后土壤 pH 值变化图

土壤生态效益的定量评价依据下式进行: 总保土量 = 灌木保土量 + 森林保土量 + 草地保土量; 保土量 = 植被面积增加量 \times 植被保土系数 \times 平均侵蚀模数(保土系数、侵蚀模数均为经验值); NPK 保持量 = 总保土量 \times 土壤 NPK 含量。以下计算均以 1990 年作为对照年, 2000 年作为计算年, 计算区域为项目区, 并通过 GIS 对土地利用类型进行加权平均计算。

2.4 农业水文生态效益评价

水文生态效益指林草等植被调节地表径流、防止水土流失的作用。图 4 表示不同植被类型不同时期, 其地表多年平均径流量的情况。在降水、坡度、土壤、植被条件一致时, 不同植被覆盖其地表径流量大小也不相同, 其中以林地的保水蓄水能力最大, 灌林地次之。农业水文生态效益定量评价采用下式计算: 保水量 = 林地面积增加量 \times 单位面积蓄水量。当对照年代为 1990 年, 计算年为 2000 年时, 项目区保水量为 $213614062 \text{ m}^3/\text{年}$ 。

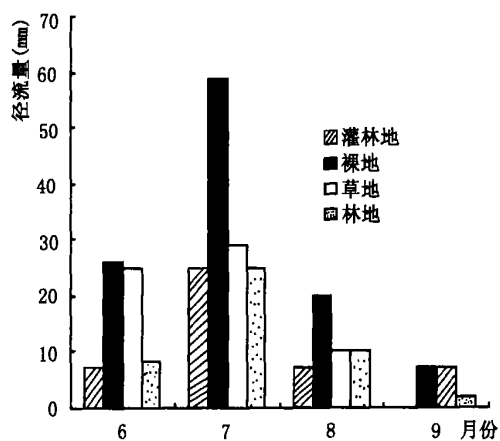


图 4 不同植被类型地表径流量

利用坝上生态农业工程生态效益监测信息系统, 对区域水土流失进行了定量计算。水土流失模型采用美国土壤保持局水土流失通用公式:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot C \cdot P。$$

其中 A 为土壤侵蚀量; R 为降雨因子; K 为土壤可蚀性因子; L 为坡长因子; S 为坡度因子; C 为生物学因子; P 为农业生态工程措施因子。利用 GIS 编制 R 等值线图、K 值和 LS 分布图、C 值及 P 值分布图, 结合 DTM 模型, 应用该方程对隆化县的水土流失量进行了计算。1990 年其土壤年均侵蚀

量为 $762.8 \text{ t}/\text{km}^2$, 而 1999 年则降低到 $632.7 \text{ t}/\text{km}^2$ 。

3 讨论

在 GIS、RS 的支持下, 对生态农业工程项目区近十年来生态环境的变化情况进行了动态监测研究。其结果为: 进入 20 世纪 90 年代以来, 工程区的耕地面积在逐年下降, 而林地、草地面积在不断增加。土地退化、水土流失面积增大的趋势得以控制, 生态环境进一步的改善, 人为干预下的新的生态平衡模式正在形成。取得了显著的气候、土壤、水文生态效益。

参考文献:

- [1] Zhou Q. Use of GIS technology for land resource inventories and modeling for sustainable regional development [J]. AMBIO, 1998, 27(6): 445–450.
- [2] 张立峰, 徐长金. 北方高寒半干旱农牧交错带资源环境障碍与农牧生产力开发[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 62–65.
- [3] 赵其国. “三 S” 技术在持续农业与山区土地利用中的应用[J]. 土壤, 2000, (1): 1–10.
- [4] 曹月华, 赵士洞. 世界环境与生态系统监测和研究网络[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] 戴前石, 谭宽祥, 郑红. 卫星遥感技术在林地变化监测中的应用[J]. 林业资源管理, 2000, (2): 53–55.
- [6] 王礼先, 张志强. 森林植被变化的水文生态效应研究进展[J]. 世界林业研究, 1998, (6): 23–26.
- [7] Rasmussen P E, Goulding K W T. Long-term agro ecosystem experiments: assessing agricultural sustainability and global change [J]. Science, 1998, 282: 893–895.
- [8] VAN Beurden A U C J, Douven W J A M. Aggregation issues of spatial information in environmental research [J]. Geographical Information Science, 1999, (5): 513–520.