

# 基于 TM 影像的镶黄旗草原沙化 治理工程生态效益研究

——以 2004 年封沙育林工程为例\*

杨婷婷<sup>1</sup>, 吴新宏<sup>1</sup>, 姚国征<sup>2</sup>, 王秋菊<sup>1</sup>, 李 鹏<sup>1</sup>, 拾 涛<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院 草原研究所, 呼和浩特 010010; 2. 内蒙古国土资源信息院, 呼和浩特 010020)

**摘 要:** 以内蒙古镶黄旗的封沙育林工程为研究区域, 以 2000 年 7 月和 2007 年 8 月的 TM 影像为数据源, 结合地面调查数据, 从植被、土壤和风沙活动 3 个方面 12 项指标对镶黄旗北部沙化草原封禁治理效果进行了分析。结果表明: 工程区的植被盖度、地上生物量和草层高度分别比自由放牧地提高了 253.4%、112.4%、37.2%, 植物种数增加, 一年生植物比例降低。与工程实施前相比, 固定沙地比例增加了 124.1%, 流动沙地比例减少了 80.9%; 土壤理化性质也得到了改良, 如土壤有机质含量增加了 36.2%、细沙比重增加了 34.4%, 并出现土壤结皮。

**关键词:** TM 数据; 封沙育林; 生态效益; 植被恢复

中图分类号: S812

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0204-04

## The Study on Ecological Benefit of Desertification Control Project Based on TM Image

—Take Enclosure Project in 2004 as an Example

YANG Ting-ting<sup>1</sup>, WU Xin-hong<sup>1</sup>, YAO Guo-zheng<sup>2</sup>, WANG Qiu-ju<sup>1</sup>, LI Peng<sup>1</sup>, SHI Tao<sup>1</sup>

(1. Grassland Research Institute of Chinese Academy Agricultural Sciences, Hohhot 010010, China; 2. Inner Mongolia Institute of Land Resources Information, Hohhot 010020, China)

**Abstract:** Selecting the enclosure project in Xianghuang banner as study area, taking the TM remote sensing image in July, 2000 and August, 2007 as the data resource, combining with the ground survey data, it is analyzed the control effect of enclosing desertified grassland from 3 aspects (12 index). The results are as follows: vegetation coverage, biomass and height inside the project respectively increased by 253.4%, 112.4%, 37.2%; The amount of plant increased, the proportion of annual plant reduced. Compared with 2000, the proportion of fixed sand is increased by 124.1%, while the proportion of flowing sand reduced by 80.9%; In addition, the physical and chemical characters of soil were improved, for example: the soil organic matter content and silver sand proportion increased by 36.2% and 34.4% respectively and soil crust appeared.

**Key words:** TM image; enclosure; ecological benefit; vegetation coverage

近年来, 沙尘暴频繁发生, 其原因是我国北方地区大面积的土地沙漠化, 尤其是生态脆弱的草原带。镶黄旗北部由于浑善达克沙地的侵入, 草原沙化现象严重, 为了从根本上治理沙地, 加快天然植被恢复, 增加植物盖度, 提高草场的产草量。在镶黄旗采取了一系列的风沙源治理工程, 其中封沙育林是一项普遍应用的技术措施。本文采用遥感影像与地面调查相结合, 对 2004 年封沙育林工程区生态效益进行研究。

## 1 研究区概况

### 1.1 自然概况

镶黄旗位于内蒙古中部, 锡林郭勒盟西南端 (113°22′ - 114°45′ E, 41°56′ - 42°4′ N), 总面积 512 555 hm<sup>2</sup>, 其中草原面积占总面积的 97.84%。旗北部为波状起伏的高原, 常出现地表基岩裸露; 南部为起伏较大的丘陵和盆地, 丘陵的局部有低山。

\* 收稿日期: 2008-07-15

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国农业科学院草原研究所)资助项目: “基于 3S 的草原沙漠化治理工程生态效益快速评价体系建立”(项目编号: 2006-01-08)

作者简介: 杨婷婷(1981-), 女, 内蒙古临河人, 助研, 主要从事草业与荒漠化研究工作。E-mail: ytt198@126.com

平均海拔 1 400~ 1 500 m, 年日照时数 3 031. 6 h, 年均温 3. 1℃; 年降水量 267. 9 mm, 主要集中在夏季的 6— 8 月, 约占全年降水量的 65. 2%。镶黄旗土壤分为栗钙土、石质土、草甸土、风沙土 4 个土壤类型。旗北部由于浑善达克沙地的入侵, 形成了砂质土壤, 大多为固定和半固定沙丘。

1.2 社会经济状况

镶黄旗是以蒙古族为主体, 畜牧业经济为主的多民族杂居的地区。总人口 514 万人, 人口密度 222. 0 人/km<sup>2</sup>。国土总面积 15. 4 万 km<sup>2</sup>, 沙漠化土地面积 485 万 hm<sup>2</sup>。耕地 131 万 hm<sup>2</sup>, 仅占 8. 5%, 草场 879 万 hm<sup>2</sup>, 占 57. 0%。农牧民人均收入 1 340 ~ 4 500 元, 呈明显的北部牧民收入高, 南部收入低的趋势。

1.3 工程概况

2004 年风沙源治理——封沙育林工程位于镶黄旗北部沙地。封育区地貌特征是坑丘相间, 由 3 种沙地类型镶嵌组成。原生植被主要有小叶锦鸡儿、沙米、沙鞭、沙蒿、沙葱、糙隐子草、羊草、紫茜草及禾草等, 封育前植被盖度为 25% 以下, 封育方法采取围栏封禁, 辅以人工管护, 封育年限为 5 a。封育以天然更新, 天然恢复自然植被为主, 对难以天然更新的地段辅以人工或机械补播的促进措施。

2 研究方法

研究区域选择在内蒙古锡林郭勒盟的镶黄旗, 调查 2004 年封沙育林工程区内外植被、土壤、风沙活动状况等数据, 利用 GPS 作为辅助工具进行地面调查点的定位以及测量, 结合遥感(RS) 解译, 对工程实施后、工程区内外植被资源等进行分析比较, 研究工程的生态效益, 为工程项目的进一步实施和管理提供科学的依据。

2.1 地面调查

根据研究区域遥感影像的波谱特征选择样地, 记录样地草原类型、经纬度、海拔、土壤类型、地形地貌、地表特征, 记录样方内主要植物的名称、盖度、高度、地上生物量、灌木和高大草本植物要测定其丛幅、并测定其地上生物量。灌木样方测定面积为 10 m×10 m, 草本样方 1 m×1 m。按照工程区主要景观类型选择样地, 样地主要选择在能够反映某种景观类型的典型地段, 每个样地做 3 个样方。统计植物种数, 一年生植物比例, 并记录样地结皮状况。

2.2 影像处理与分析

以 2000 年 7 月 7 日和 2007 年 8 月 14 日的 LandSat 5TM 影像为基础, 首先对 TM 影像进行几

何校正, 误差小于 0. 5 个像元。根据该旗的行政边界和工程边界进行影像裁剪。结合各波段方差以及影像所反映的草原沙化治理工程显示效果, 选用 TM4/TM3/TM2 波段组合进行解译与分类。

根据样地和路线调查地面样点的经纬度, 将其转换成和遥感影像相同的投影, 准确定位到经过几何纠正后的遥感影像上, 描绘出工程区域的准确图斑, 获取不同地面调查样点的各波段波谱特征值<sup>[1]</sup>。

计算各地面调查点的 NDVI 值, 生成植被指数 NDVI 灰度图, 计算整个像元集合的植被盖度, 得到植被盖度分布图。根据草原沙漠化分级指标将植被盖度分级得到沙漠化等级分布图, 并计算各沙漠化景观类型的面积与斑块数, 计算出各景观破碎度。

表 1 草原沙漠化分级指标

一级地类	二级地类	植被盖度	草原沙漠化分级
沙 地	流动沙地	< 10%	重度沙漠化
	半固定沙地	10% ~ 30%	中度沙漠化
	固定沙地	30% ~ 60%	轻度沙漠化
草 地		≥60%	未沙漠化

分析地面样点的地上生物量值和 NDVI 的相关关系, 建立 NDVI 和地上生物量间的回归模型, 将获取的模型代入利用 ERDAS 软件中的 Model 模块建立的模型中, 获取影像上不同草原类型的每个像元地上生物量, 得到地上生物量空间分布图, 最终获取工程区内外草原的地上生物量<sup>[2]</sup>。

3 结果与分析

从植被、土壤和风沙活动 3 个方面对 2004 年封沙育林工程生态效益进行评价。

3.1 植被指标

以地面调查和遥感影像处理得到的植被数据(表 2, 3) 为基本依据, 以同期相邻区域(工程区外封育区域和工程区外自由放牧地) 作为横向对比基准, 以 2004 年封沙育林工程实施前(2000 年) 的状况为纵向对比基准期, 对各植被因子的评价价值进行综合分析, 看各个指标因子是否向有利方向发展, 从而得出总体评价结论。

3.1.1 植被盖度变化分析 对工程区内外的植被盖度数据进行比较分析发现, 2004 年封沙育林工程区内植被盖度为 44. 1%, 工程区外未放牧地和工程区外自由放牧地植被盖度分别为 34. 67% 和 12. 48%。工程区内的植被盖度是工程区外自由放牧地的 3. 5 倍多。工程区内植被盖度比工程区外未放牧地的植被盖度提高 27. 2%。

表 2 2004 年封沙育林工程区内、外植被数据对比

项 目	植被盖度/ %	地上生物量/ ( g • m <sup>-2</sup> )	草层高度/ cm	植物种数/ ( 种 • m <sup>-2</sup> )	一年生植物比例/ %
2004 年封沙育林工程内	44.10	214.67	25.1	9	23.13
工程外未放牧地	34.67	193.49	24.5	8	22.81
工程外自由放牧地	12.48	101.05	18.3	6	51.61

表 3 2004 年封沙育林工程实施前后植被数据对比

项目	年份	植被盖度/ %	地上生物量/ ( g • m <sup>-2</sup> )	草层高度/ cm	植物种数/ ( 种 • m <sup>-2</sup> )	一年生植物比例/ %
2004 年封沙育林工程内	2000	25.74	123.08	18.0	7	42.5
	2007	44.10	214.67	25.1	9	23.13
工程外自由放牧地	2000	28.17	167.36	20.0	8	32.60
	2007	12.48	101.05	18.3	6	51.61

对比工程实施前后的植被盖度数据表明, 2004 年封沙育林工程实施前工程区内的植被盖度为 25.74%, 属于中度沙漠化区域, 工程实施后区内的植被盖度提高到 71.33%, 属于轻度沙漠化区域。工程外自由放牧地在 2000 年的植被盖度为 28.17%, 2007 年植被盖度降低到 12.48%, 说明工程外自由放牧地沙漠化程度加剧。

3.1.2 植物种类组成及变化 区内植物种类比区外丰富, 而且一年生草本植物如: 沙米、碱蓬、砂蓝刺头、蒺藜、猪毛菜、雾冰藜、虫实、沙鞭、菟丝子、灰绿藜等分布也明显比区外少。说明工程区内生境有所改善, 工程对于改善及维持草地生态系统状态有着明显的效果。

3.1.3 地上生物量变化分析 图 1 为工程区内地上生物量分布情况, 2004 年封沙育林工程区内每平方米鲜草产量为 214.67 g, 工程区外未放牧地和自由放牧地每平方米鲜草产量分别为 183.49 g 和 101.05 g。工程区内和工程外未放牧地的地上生物量, 多年生植物产草量占绝大多数。而自由放牧地地上生物量则相反, 一年生植物地上生物量占绝对多数。

对比工程实施前后的植被地上生物量数据表明, 2004 年封沙育林工程实施前工程区内每平方米鲜草产量为 123.08 g, 实施后为 214.67 g, 为实施前的 1.74 倍。工程外自由放牧地 2000 年地上生物量高于工程区内, 但 2007 年却低于工程区内。

3.1.4 草层高度变化 工程区内的草层高度较区外有大幅度增长, 区内草层平均高度为 25.1 cm, 区外草层平均高度为 18.3 cm, 增幅为 37.1%。工程实施前, 区内草层高度为 18 cm, 工程实施后提高到 25.1 cm。说明围栏封育对退化草地草群平均高度具有显著影响。

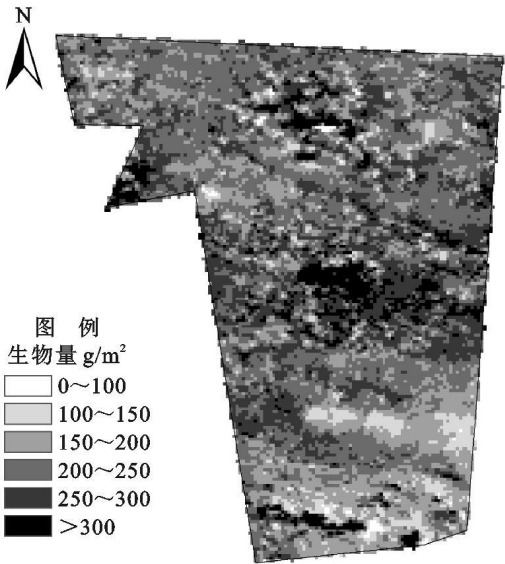


图 1 工程区内地上生物量空间分布图

3.1.5 一年生植物比例 一年生植物比例的多少能够反映植物群落的稳定性。2004 年封沙育林工程区内的一年生植物比例为 23.13%, 区外自由放牧地为 55.61%, 是区内的 2.4 倍。工程实施前一年生植物比例为 42.5%, 工程实施后为 23.13%。表明工程区内的群落稳定性比区外自由放牧地好, 工程实施后比工程实施前好。

3.2 土壤指标

土壤是草地生态系统的基础环境, 是支撑草地生产稳定和恢复的重要因素<sup>[3]</sup>。土壤有机质含量、土壤机械组成和土壤结皮等理化特性对植物类型分布也有影响。通过调查分析 2004 年封沙育林工程区域内、外的这 3 个土壤指标, 得到的数据如表 4。

3.2.1 土壤有机质含量变化 土壤有机质是土壤固相的一个重要组成部分, 是植物和土壤微生物生命活动营养的重要来源, 土壤有机质含量的高低, 直

接影响到土壤一系列物理的、化学的、生物的性质,因此,土壤有机质含量是土壤肥力及环境质量状况的重要标征,是制约土壤理化性质的关键因素<sup>[4]</sup>。对于严重退化的草地来讲,保持和丰富土壤有机质含量,是稳定和恢复退化草地的先决条件。

表 4 2004 年封沙育林工程区内、外土壤数据统计表

项目	有机质含量/ (g · kg <sup>-1</sup> )	细沙比例/ %	土壤结皮/ mm
2004 年封沙 育林工程	6.29	53.75	2.0
工程外	4.62	39.98	无

从表 4 可见,在工程区外的自由放牧地土壤在地表 15 cm 范围内平均含有机质为 4.62 g/kg,2004 年封沙育林工程区内为 6.29 g/kg。说明工程内的土壤有机质得到了明显的增加。土壤有机质主要来自枯枝落叶的分解腐殖化和留存在土壤中的根系残留和土壤微生物残体等。而工程内的土壤有机质已得到了明显的增加,这是植被恢复的另一种体现,只有地上生物量有明显增加的情况下,根系才能充分发育,从而使土壤有机质含量得以提高。

3.2.2 土壤细沙比重的变化 2004 年封沙育林工程区内的土壤在地表 0~5 cm 范围内细沙(<0.25 mm)比重分别为 53.75%,比工程区外自由放牧地的 39.98% 提高 34.44%。细沙比重增大,表明沙地的地

表风蚀减小,固定程度增加,沙漠化程度下降。而且细沙有利于保持水分,促进植物的良好生长和发育<sup>[5]</sup>。

3.2.3 土壤结皮 土壤结皮增加了土壤抵抗风蚀的物理稳定性,有利于草原沙漠化地区的生态环境改善。2004 年封沙育林工程区内的土壤有不同程度的结皮,大约为 2 mm,但是工程区外自由放牧地没有结皮。

3.3 风沙活动指标

以工程实施前的状况为对比基准,分析 2004 年封沙育林工程实施前后固定沙地比例、固定沙地景观破碎度、流动沙地比例、流动沙地景观破碎度等的变化,以此来反映风沙活动的变化情况。

通过对两个时期的数据分析表明,工程实施后,固定沙地比例由 4.626 9 km<sup>2</sup> 增加到 10.368 9 km<sup>2</sup>,固定沙地比例由 31.89% 增加到 71.46%;同时流动沙地比例由 16.31% 减少到 3.11% (表 5)。固定沙地景观破碎度由 10.59 个/km<sup>2</sup> 降低到 3.857 7 个/km<sup>2</sup>。流动沙地景观破碎度由 11.83 个/km<sup>2</sup> 升高到 39.92 个/km<sup>2</sup>。说明流动沙地景观类型的大型斑块逐渐被其它景观要素类型(主要是半固定沙地景观和固定沙地景观)分割、蚕食,斑块数量增加而面积迅速减少。固定沙地斑块的数量在减少,逐渐由许多小斑块合成大斑块,而且面积也在迅速增加,总体上表现为沙漠化逆转趋势。

表 5 2004 年封育工程风沙活动指标变化情况

年 份	固定沙地				流动沙地			
	面积/km <sup>2</sup>	斑块数/个	比例/%	破碎度/(个 · km <sup>-2</sup> )	面积/km <sup>2</sup>	斑块数/个	比例/%	破碎度/(个 · km <sup>-2</sup> )
2007 年	10.3689	40	71.46	3.8577	0.4509	18	3.11	39.92
2000 年	4.6269	49	31.89	10.5902	2.3661	28	16.31	11.83

4 生态效益分析

封沙育林工程实施后,工程区内的植被盖度、生物量、草层高度和植物种数都比工程区外有了明显提高,一年生植物比例减少,退化草地植被得到了休养生息,退化指示植物逐渐减少,多年生禾草开始在群落中出现。封育后,由于没有了外界干扰,再加上土壤条件有所好转,有机质含量增加,虫实、猪毛菜等沙生植物明显减少,冷蒿等一般退化指示植物大量增加,克氏针茅、冰草等优良牧草逐渐增加,羊草出现,且调节土壤含氮量的豆科牧草也开始出现,这标志着草地质量有了明显的改善。流动、半流动沙地得到了有效治理,基本趋于固定,沙化蔓延现象得到较有效遏制。镶黄旗北部沙地封育工程在短期内

就取得了较好的效果,表明围栏封育在退化草地植被恢复中有着重要的作用,是保护和恢复草地植被的有效方法。

参考文献:

[1] 刘同海,吴新宏,董永平,等. 基于 TM 影像的退牧还草工程植被恢复检测研究:以内蒙古自治区镶黄旗为例[J]. 天津农学院学报, 2006, 13(1): 1-6.

[2] 刘朋涛. 应用不同空间分辨率遥感图像对退化草地诊断的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2006.

[3] 李绍良,陈有君,关世英,等. 土壤退化与草地退化关系的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(1): 92-95.

[4] 北京林业大学. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.

[5] (苏)加也里, А Г, 赵兴梁, 译论沙地造林与水分关系[M]. 北京: 科学出版社, 1958.