

21 世纪初科尔沁沙地沙漠化土地变化趋势

李爱敏, 韩致文, 许 健, 马绍休, 黄翠华

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 沙漠与沙漠化重点实验室, 兰州 730000)

摘要: 以 2000 年和 2005 年 TM 影像为信息源, 在建立目视解译标志的基础上, 利用 GIS 的图像、数据处理功能, 对科尔沁沙地近 5 年来土地沙漠化动态进行监测。结果表明, 科尔沁沙地沙漠化面积由 2000 年的 22423.1 km² 变为 2005 年的 22422.4 km², 仅以 0.14 km²·a⁻¹ 的速度减少, 表明该区沙漠化面积不断加剧的态势得以控制并趋于相对稳定状态; 不同类型土地的沙漠化动态变化程度不一, 原沙漠化土地沙漠化程度明显减轻, 沙漠化逆转与恶化面积的差值为 958.9 km², 但监测期间有 113.3 km² 非沙漠化土地变为沙漠化土地, 发展速度为 22.7 km²·a⁻¹, 这一态势值得引起足够重视。

关键词: 科尔沁沙地; 土地沙漠化; 遥感监测

1 引言

有关科尔沁沙地沙漠化现状与态势的研究, 早期主要在野外调查的基础上, 利用航空相片人工解译并作图量算^[1], 通过对不同时期沙漠化面积的对比, 分析沙漠化的发展态势。20 世纪 80 年代以前, 有关本区沙漠化发展态势的数据和研究结果较少。随着各种卫星影像和 3S 技术在沙漠化研究中的广泛应用, 沙漠化时空变化的监测研究得到发展, 有关科尔沁地区沙漠化发展态势的研究也随之增多^[2, 3]。

研究表明^[4, 5], 中国北方近 50 年沙漠化土地面积持续扩大和加速发展的总体态势中, 科尔沁地区 20 世纪 50 年代末至 70 年代中期, 土地沙漠化呈现快速发展态势, 总面积增加了 9084 km²^[3, 4]; 从 70 年代中期到 80 年代后期, 沙漠化继续呈现快速发展的态势, 面积增加了 9624 km²^[3, 4]; 进入 90 年代, 沙漠化发展却呈现出逆转态势, 到 20 世纪末, 沙漠化面积减少了 10866 km²^[3, 4]。在 20 世纪的后 50 年里, 科尔沁地区的沙漠化经历了发展—再发展—逆转的过程^[5-9]。

21 世纪以来, 有关科尔沁地区沙漠化发展动态的研究不多, 沙漠化发展态势尚不明确。本文利用 RS、GIS 技术, 对科尔沁地区 2000~2005 年间的沙漠化动态进行监测, 旨在明确该区沙漠化发展态势的基础上, 为该区沙漠化监测与防治提供科学依据。

2 区域概况

研究区域位于我国东北地区的西部, 处于内蒙古高原向东北平原的过渡地带。西起燕山山系的七老图山, 东至松辽平原西部, 南以努鲁尔虎山为界, 北接大兴安岭山地南缘。地理位置大约为 E113°30'~E123°30', N42°20'~N44°28'。

该区地势起伏开阔, 南北高中间低。土地沙漠化过程导致地表呈现流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘与丘间地镶嵌分布的地貌景观。该区处于温带半干旱大陆性季风气候

收稿日期: 2006-01-21; 修订日期: 2006-06-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(40571015) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.40571015]

作者简介: 李爱敏 (1980-), 女, 山东鄄城人, 硕士研究生, 主要从事风沙物理与沙漠化过程研究。

E-mail: aiminliok@lzb.ac.cn

区, 年际间的干湿交替和较多的风沙天气是该区域的主要特征^[10]。地带性土壤主要为栗钙土、黑钙土和栗褐土, 沙漠化过程使得部分土壤已退化为风沙土。科尔沁沙地地处半干旱与半湿润气候带交界带, 分布着我国北方独特的沙地疏林草原, 原生草地植被植物群落组成丰富, 结构稳定, 层片发育明显, 覆盖度大^[11, 12]。然而, 近 100 多年以来, 这里的原生植被受到破坏, 沙漠化日益严重, 昔日林丰草茂的疏林草原景观已变成坨甸交错、流沙遍野的景观。处于不同发展阶段的隐域型沙地植被取代了原生植被, 沙地植被的乔木层已基本消失, 草本层退化, 灌木层发育强烈^[13-17]。由于生态恶化, 植物种类组成减少, 结构趋于简化。

科尔沁沙地土壤下伏物质为第四纪河湖相沙质沉积, 地表物质组成以质地松散、内聚力差的沙砾为主, 构成该地区比较脆弱生态系统的物质基础^[18]。由于自然环境特别是气候演变, 该区地表稳定性下降, 造成沙漠化扩展, 加之全新世以来自然环境和人类活动双重干预作用的耦合, 导致景观生态系统超越临界域值而严重失衡的共振效应, 加速科尔沁地区沙漠化过程的发展和沙漠化土地扩张^[19]。长期以来, 该地区被作为研究沙漠化过程和监测沙漠化动态的典型地区。

3 数据来源与处理方法

3.1 数据来源

原国家林业部《全国荒漠化监测主要技术规定》指出: “全国和各省(市区)荒漠化土地与沙漠化土地监测以 5 年为一个周期, 重点地区的监测周期根据具体情况确定”。此次科尔沁沙地沙漠化监测, 以我国地面站 2000 年和 2005 年接收的 TM 影像 4、3、2 波段合成的标准假彩色数据为主要数据源, 同时以科尔沁地区的有关统计资料和 1:25 万地形图为辅资料。

3.2 影像的分析处理

利用遥感影像进行沙漠化监测与信息获取主要的步骤为: 遥感影像分析处理→影像解译标志建立→影像解译。在此基础上, 进一步分析处理解译结果, 形成沙漠化监测的评价图及相关数据库。

3.2.1 遥感影像分析处理 卫星遥感影像在成像过程中, 由于传感器功能的衰减, 大气影响, 卫星飞行姿态等原因, 会产生各种辐射误差和几何形变, 因此需对影像进行校正。本项研究通过图像空间配准来完成图像校正, 使同一区域不同图像数据地理坐标统一。主要根据 1:25 万地形图校正 MSS, 选择特征突出的地物作为地面控制点, 与 MSS 影像上的同名控制点建立位置关系, 选择 ERDAS 公司的 Erdas Imagine 软件, 利用 Date Preparation 模块中的 Image Geometric Correction 功能进行几何校正, 然后利用 Reproject 功能进行投影变换, 经过坐标换算和重采样, 图像被校正到与地形图相同的地理坐标, 实现与 GIS 底图的精确空间配准。空间配准工作为遥感信息与 GIS 辅助资料中有关信息的复合分析奠定了基础。

为使图像信息量大, 相关性小, 冗余度小, 并能够提供更多类别和更高分类精度, 在数据融合前还进行了最佳波段组合, 选择 TM 影像 4、3、2 波段合成假彩色图像。TM 影像有 7 个波段, 其中对植被、土壤和水分反映敏感的分别为 TM2、TM3、TM4 和 TM5 (绿波段、红波段、近红外波段和中红外波段), 其光谱范围分别为 0.52~0.60 μm 、0.63~0.69 μm 、0.76~0.90 μm 、1.55~1.75 μm 。TM 4、3、2 波段 (TM4、3、2 波段分别赋予红、绿、蓝三种颜色) 组合对植被生长状况反映最好, TM4 反映不同沙漠化程度土地的植被特点, TM3 波段反映沙质土壤的较高亮度和盐渍化土地的白化现象, TM2 对植被反射敏感, 能区分林型、树种。

表 1 土地利用和各类沙漠化土地的解译标志

Tab. 1 Interpretation remarks for landuse and all kinds of desertified land

土地类型	影像特征	其他特征
耕地	形态规则, 呈网格状, 色鲜红、浅红等	路、渠等线状地物清晰可见
草地	大斑块, 形状不规则, 为粉红、红、灰白色等色	地表平坦
林地	无固定形状、有红、红褐、褐等色	山脊呈红里带青, 沿河呈条带状
果园	形状规则的斑块、红褐色	边界清晰、色泽均匀
居民点	规则的几何图形, 蓝灰、青灰等色	斑块边界迷糊
湖泊 水库	不规则的块状, 呈蓝黑色	边界清晰
沙丘 (地)	呈新月形、格状、波状等, 色浅灰黄、淡灰色	边界较清晰, 色调较均匀
盐碱地	不规则斑块, 白、灰白等色	花斑状图案, 边界清晰
滩地	条带状, 偏白色, 均一, 有植被时呈浅红色	一般沿河川分布
裸岩	呈菱格状、长条状, 灰绿、蓝灰色	带青色的线状影纹, 边界清晰
积雪	不规则絮绒状, 色调均一的白色	有蓝色条纹
轻度沙漠化	块状且不规则, 浅红色	有浅红色基调上有红色斑点
中度沙漠化	不规则的块状, 淡红色	地面不平, 有沙丘分布
重度沙漠化	不规则斑块, 棕黄色	沙丘清晰, 有灌从分布的斑点
严重沙漠化	大面积分布, 棕黄色	沙丘、沙垄等地貌形态明显

表 2 科尔沁地区沙漠化遥感监测分类体系

Tab. 2 The classification system of remote sensing monitoring of sandy desertification in Horqin region

沙漠化类型	沙丘活化或 流沙入侵	灌丛沙漠化	砾质沙漠化	风蚀劣地化	旱地农田耕作 沙漠化
轻度 沙漠化	代码 101 特征 沙丘迎风坡出现 风蚀坑, 流沙斑点 状分布, 流沙面积 5%~25%	102 灌丛生长茂盛, 灌丛 下出现流沙堆积, 形 成各种形态的沙嘴	103 砾石在地表明 显开始富集	104 地表出现风蚀浅 坑, 但尚未有明 显陡坎	105 春季垄沟有少量积 沙, 耕垄有明显风 蚀痕迹
中度 沙漠化	代码 201 特征 沙丘出现明显的 风蚀坡和落沙坡 分布, 流沙面积 25%~50%	202 灌丛有叶期仍不能 覆盖整个沙堆, 灌丛 沙堆迎风侧显现流 沙, 沙堆间平地有浮 沙或出现砾质沙化	203 地面布满粗沙 砾石, 但仍有稀 疏植被, 草群盖 度大于 25%, 景 观为砾质草场	204 风蚀坑大部分裸 露, 地面出现明 显小型陡坎	205 黄土状耕地出现明 显小片流沙, 土壤 腐殖质层风蚀厚度 超过 50%
重度 沙漠化	代码 301 特征 沙地成为斑点流 动状态, 流沙面积 超过 50%	302 灌丛开始大片死亡, 盖度小于 25%, 流沙 面积小于 50%	303 地面完全为砾 石覆盖, 砾石间 少有沙砾, 植被 盖度 10%~25%	304 地面出现风蚀残 墩与风蚀残丘, 之间有零星草 被, 砾质化耕地 弃耕	305 耕地腐殖质层几乎 蚀净, 出露钙积层 或土壤母质, 流沙 面积超过 25%, 大 部分弃耕
严重 沙漠化	代码 401 特征 流动沙丘, 植被盖 度小于 10%	402 流动起伏沙地, 植被 盖度小于 10%	403 戈壁, 植被盖度 小于 10%	404 雅丹	405 平沙地或砾石地, 植被盖度小于 10%

3.2.2 影像解译标志的建立 沙漠化类型及发展程度是沙漠化研究的重要和基础内容之一。为了对科尔沁沙地沙漠化变化进行与实际相符的科学监测和判定, 本研究建立了遥感影像沙漠化类型及发展程度的解译标志。

任何地面物体由于其化学成分和物质结构不同, 对太阳光谱产生选择性的吸收和反射, 形成物体本身所具有的光谱特征。试验数据表明^[20-22], 沙质地物在波长 0.5~2.4 μm 波段上可产生 30%~50% 的高反射率, 航空相片和卫星图像上表现出非常明亮的或是浅一级的浅色调信息, 与其他地物如植被、水体、基岩山地、农作物等形成明显对比, 构成沙漠化地物独特的光谱特性和图像解译标志。在沙漠化土地这一特殊光谱区间范围内, 遥

感图像上出现具有不同灰度 (或亮度) 的地物信息, 代表着不同沙漠化类型及其沙漠化程度。因此图像上不同灰度作为划分沙漠化亚类的主要依据^[23]。

本次监测中, 建立了完整的解译标志 (表 1), 在此基础上建立了科尔沁沙地沙漠化分类体系 (表 2)。

3.2.3 遥感影像的解译 本次监测基于混合像元分类法和知识法, 主要采用目视解译法实现遥感影像的解译。在建立解译标志的基础上, 利用地理信息系统软件 ARC/INFO 中嵌套的图像处理软件 Arcview, 以人机对话方式解译 2000 年和 2005 年时相为 8 月的两期 TM 影像。影像判读建立在地物性质、电磁波谱和影像特性三者关系基础之上, 借助于影像色彩的差别和变化及其组合规律, 确定沙漠化土地类别和范围。目视方法难以判定的类型, 利用基于混合像元分类法和基于知识法进行解译。最小图斑为 10×10 个像元, 解译过程中图斑轮廓线误差不超过一个像元 (实地 15 m×15 m)。

4 结果分析与讨论

4.1 动态变化分布

2000 年至 2005 年监测期内, 整个科尔沁沙地沙漠化均有一定程度的变化, 但变化分

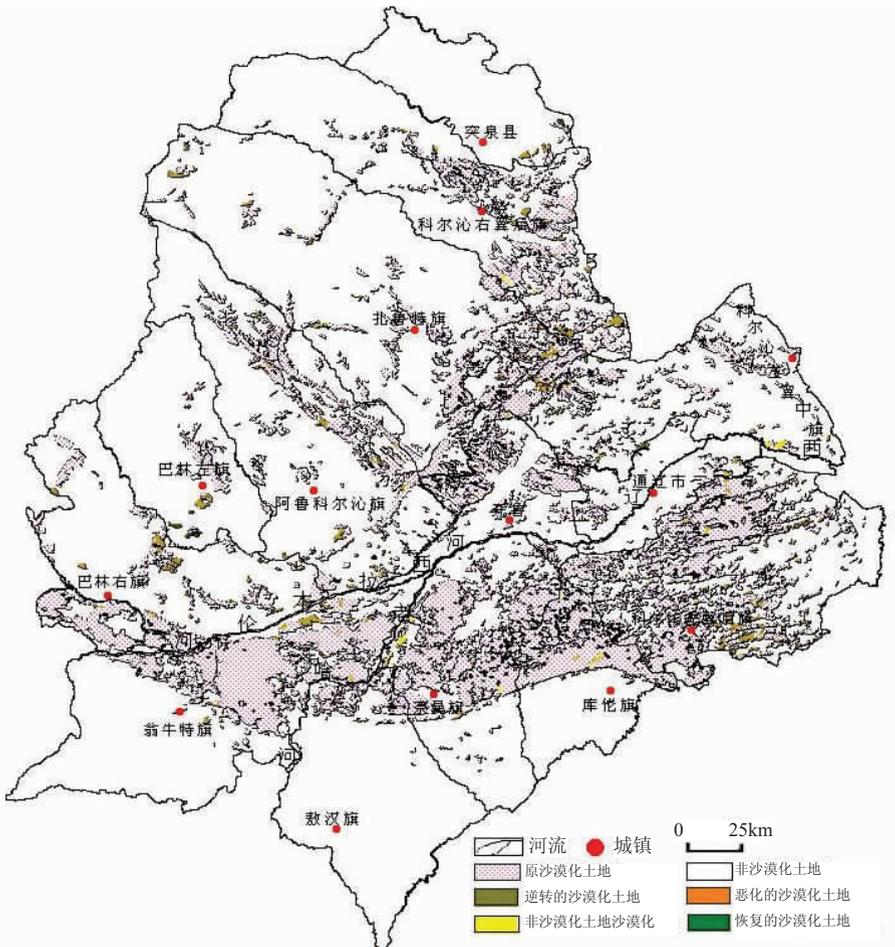


图 1 科尔沁沙地 2000~2005 年沙漠化土地动态变化

Fig. 1 The distribution of dynamic change of desertified land in Horqin Sandy Land during 2000 to 2005

表 3 2000 年和 2005 年各类沙漠化面积及其变化 (km²)Tab. 3 Area and diversification of all kinds of desertification in 2000 and 2005 (km²)

年份	沙丘活化或流沙入侵沙漠化	灌丛沙漠化	旱作农田耕作沙漠化	合计
2000 年	632.3	18555.1	3235.7	22423.1
2005 年	618.8	18600.8	3202.8	22422.4
变化	-13.5	45.7	-32.9	-0.7

布相对较集中(图 1)。

在科尔沁右翼中旗、扎鲁特旗和科尔沁左翼中旗三者的交界处及科尔沁左翼后旗的南部地区,沙漠化发生了很大程度的变化;在科尔沁左翼后旗的北部、库伦旗的中北部地区、阿鲁科尔沁旗的东北部地区及巴林右旗、翁牛特旗和阿鲁科尔沁旗三者的交界处沙漠化也发生了较大程度的变化;除此以外沙漠化在其他各区都有零散分布。

科尔沁沙地的下伏物质为第四纪河湖相沉积物,松散沉积物的厚度较大,而且地表组成物质均系质地松散、内聚力差且的沙砾为主,这是沙漠化在全区均有一定程度分布的主要原因。该区沙漠化土地的空间分布特征:

西部是重度和严重沙漠化土地的片状集中分布区,流动沙丘和半流动沙丘分布广泛,沙化程度重;中、东部区流沙呈斑点状断续分布在固定沙丘群间,以中度沙漠化为主,多类型复杂交错,沿东西向延伸呈相间分布,沙化程度相对较轻;北部是轻度和中度沙漠化类型的分布区,沙化程度最轻^[6]。该区在自然因素和人为因素的共同作用下,沙漠化的动态变化分布又相对较为集中。

4.2 动态变化趋势分析

在 2000~2005 年监测期内,沙漠化面积由 2000 年的 22423.1 km² 变为 2005 年的 22422.4 km² (表 3),沙漠化总体面积减少 0.7 km², 仅以 0.14 km²·a⁻¹ 的速度减少。因此从整体来说,科尔沁沙地在监测期间土地沙漠化发展趋势得到初步遏制,沙漠化发展与逆转处于相持状态。

对于不同类型沙漠化的动态变化而言,监测结果显示,由沙丘活化或流沙入侵、旱作农田耕作引起的沙漠化面积呈现减少态势,其减少速度分别为 2.7 km²·a⁻¹、6.6 km²·a⁻¹;而由灌丛沙漠化过程引起的沙漠化面积继续增加,增加速度为每年 9.1 km²。各类沙漠化所占的比例变化动态不明显(图 2),在监测始末,沙丘活化或流沙入侵沙漠化土地所占百分数均为 2.8%,灌丛沙漠化所占百分数增加 0.1%,旱地农田耕作沙漠化土地的百分数减少 0.1%。因此,对于各类沙漠化而言,监测期间由沙丘活化或流沙入侵和旱作农田耕作引起的沙漠化面积减少,而灌丛沙漠化面积增加,但各类沙漠化所占的比例动态变化不明显。

监测期内,科尔沁沙地沙漠化面积不断加剧的态势已经得以控制并趋于相对稳定状态,不同类型的沙漠化土地动态变化程度不一,这是自然因素和人文因素共同作用的结果^[12]。

对科尔沁沙地典型区域奈曼旗近 40 年气候特征的分析表明,在全球气候变化的大背景下,气温在经历了 20 世纪 60 年代后半期和 70 年代初的低值

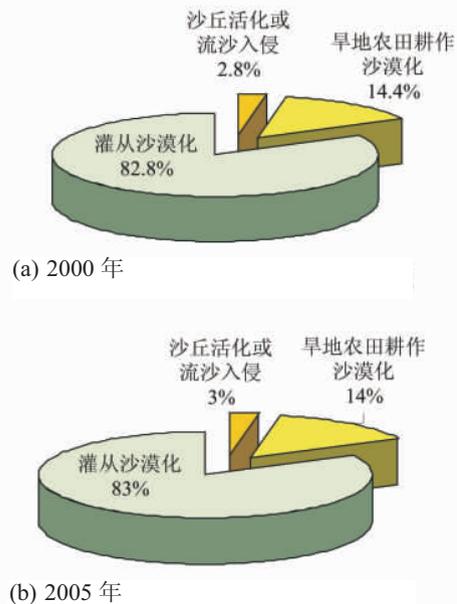


图 2 2000 年(a)和 2005 年(b)各类沙漠化土地所占沙漠化土地的百分比

Fig. 2 Percentage of all kinds of desertification land in all desertified lands in 2000 and 2005

期后开始逐渐升高, 90年代升高加快(图3); 而降水则呈S形趋势, 20世纪60年代初急剧下降, 至70年代初达到最低, 之后又缓慢升高, 至90年代初达到最高, 接着又呈下降趋势(图4)。从水热组合看, 1959~1963年为暖干气候, 1964~1974年为冷干气候, 1975~1979年基本为暖干, 1980年以后气候变化剧烈, 大致呈暖干、冷湿交替出现。特别是从80年代后期开始, 本区的温度有明显上升趋势, 而降水尚未出现明显增加或减少趋势。但从更大的研究范围来看, 我国东部沙地气温升高, 降水减少, 湿润度下降幅度较大, 自然驱动因子有利于土地沙漠化正向发展, 这是非沙漠化土地沙漠化现象仍较严重的主要影响因素。

但是, 上世纪末期科尔沁沙地沙漠化土地却处于逆转状态, 本世纪初沙漠化土地趋于稳定的发展趋势。这是人类合理的经济活动和防治沙漠化的措施所取得的显著成效, 人为驱动因素在大的自然环境背景下, 从对沙漠化过程的消极作用转变成积极作用^[4, 11]。因此, 人为驱动因素对科尔沁沙地21世纪初的沙漠化动态变化起到主导作用。

4.3 动态变化性质分析

监测期间, 各类沙漠化土地面积动态变化程度表明(表4), 原沙漠化土地发展程度明显减轻, 而非沙漠化土地沙漠化现象较为严重。原沙漠化土地总逆转面积为1186.5 km², 原沙漠化和非沙漠化土地恶化面积为227.6 km², 逆转和恶化速度分别为237.3 km²·a⁻¹、45.5 km²·a⁻¹; 监测期有113.3 km²非沙漠化土地变为沙漠化土地, 沙漠化仍较严重。

表4显示, 灌丛沙漠化逆转面积远超过恶化面积, 其沙漠化程度明显减轻。灌丛沙漠化面积虽还在以9.1 km²·a⁻¹的速度增长, 但每年逆转的沙漠化面积为204.6

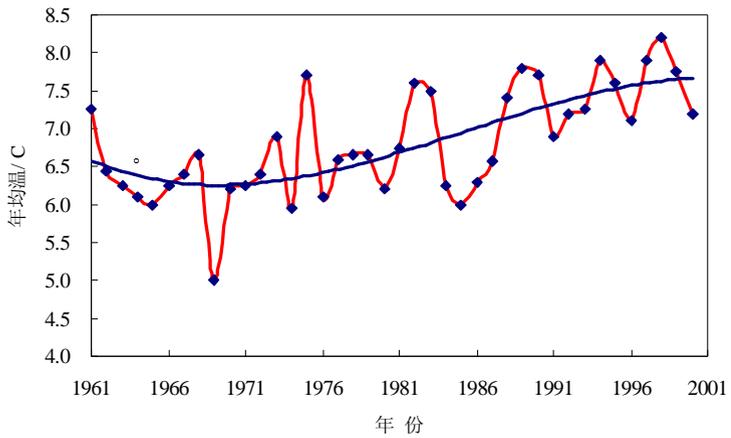


图3 奈曼旗40年来温度变化

Fig. 3 Annual mean temperature in the past four decades in Naiman County

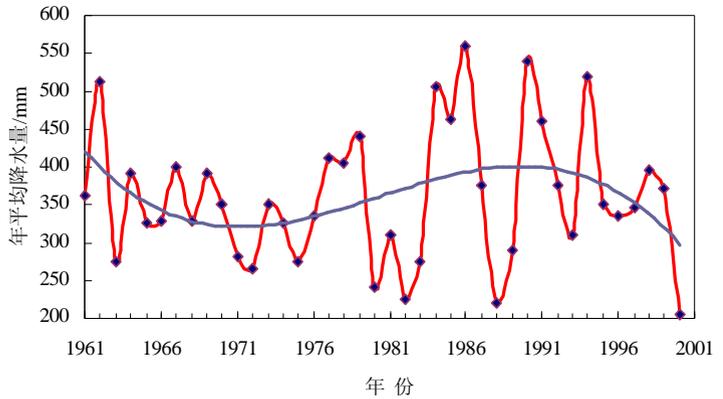


图4 奈曼旗40年来降水变化

Fig. 4 Annual mean precipitation in the past four decades in Naiman County

表4 2000年到2005年各类沙漠化变化程度 (km²)
Tab. 4 The extent of the change of all kinds of desertification during 2000–2005 (km²)

沙漠化类型	逆转面积	恶化面积	动态及程度
沙丘活化或流沙入侵	35.2	-5.8	29.4
旱作农田耕作沙漠化	128.3	-9.7	118.6
灌丛沙漠化	1023.0	-98.8	924.2
非沙漠化土地沙漠化	-	-113.3	-113.3
合计	1186.5	-227.6	958.9

km², 其沙漠化程度逐渐由重度和严重沙漠化向中度和轻度沙漠化转变, 沙漠化程度减轻。旱作农田耕作沙漠化的程度也在明显减轻, 每年逆转的沙漠化面积为 25.7 km²; 沙丘活化或流沙入侵沙漠化以 5.9 km²·a⁻¹ 的速度逆转, 也呈现出一定的逆转趋势, 但变化幅度不很明显。在各类原沙漠化程度呈现一定的逆转趋势的同时, 非沙漠化土地沙漠化问题却呈现严重的发展态势, 在监测期间, 非沙漠化土地沙漠化的面积为 113.3 km², 每年新增沙漠化土地 22.7 km²。

造成原沙漠化土地沙漠化程度减轻, 而非沙漠化土地沙漠化加剧这一态势的主要原因是, 在上个世纪科尔沁沙区的有些地区如: 敖汉旗、奈曼旗北部, 开鲁县东部和通辽市的西部, 沙漠化现象已比较严重, 引起人们足够的重视, 成为我国沙漠化土地治理的重点, 对沙漠化土地采取了一系列有效防治措施并取得显著成效。非沙漠化土地沙漠化现象, 主要分布在库伦旗的北部、科尔沁左翼后旗的中北部、翁牛特旗的北部和区域东部辽河以东。这些地区的沙漠化现象到目前为止还没有引起足够重视, 加上人们缺乏沙漠化应“防”为先、“治”为后的意识, 仍沿用比较粗放的农牧业耕作方式造成的。

5 结论

(1) 2000 年以来, 整个科尔沁沙地沙漠化均有一定程度的变化, 但变化幅度不大, 分布相对较集中。在科尔沁右翼中旗、扎鲁特旗和科尔沁左翼中旗交界处和科尔沁左翼后旗南部地区, 沙漠化动态发生了较大程度的变化; 科尔沁左翼后旗北部地区、库伦旗中北部地区、阿鲁科尔沁旗东北部及巴林右旗、翁牛特旗和阿鲁科尔沁旗交界处, 沙漠化也发生了明显变化。沙漠化土地在其他各区零散分布。

(2) 监测期间, 沙漠化面积所反映的科尔沁沙地沙漠化动态变化趋于稳定态势。沙漠化面积从 22423.1 km² (2000 年) 减少到 22422.4 km² (2005 年), 仅以 0.14 km²·a⁻¹ 的速度减少。对于不同类型沙漠化而言, 沙丘活化或流沙入侵、旱作农田耕作沙漠化和灌丛沙漠化呈现一定发展或逆转动态, 但各类沙漠化土地所占比例较为稳定。

(3) 各类沙漠化土地面积变化程度, 原沙漠化土地发展程度明显减轻, 而非沙漠化土地出现较为严重的沙漠化过程。原沙漠化土地逆转面积为 1186.5 km², 沙漠化恶化面积为 227.6 km², 逆转和恶化速度分别为 237.3 km²·a⁻¹ 和 45.5 km²·a⁻¹。监测期间有 113.3 km² 非沙漠化土地变为沙漠化土地, 沙漠化速度为 22.7 km²·a⁻¹, 这一态势值得引起足够重视。

致谢: 本项监测工作在“国家重点基础研究发展规划项目”首席科学家王涛研究员全力支持与指导下完成, TM 影像处理与解译过程得到颜长珍博士、封建民博士的悉心帮助, 作者谨致谢忱。

参考文献 (References)

- [1] Ren Hongchang, Lv Yonglong, Yang Ping et al. History and present status of desertification in Horqin sandy land region. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(5): 544-547. [任鸿昌, 吕永龙, 杨萍等. 科尔沁沙地土地沙漠化的历史与现状. *中国沙漠*, 2004, 24(5): 544-547.]
- [2] Gerile, Wulantuya. Study on dynamic change of land use in the reversing area of land desertification in Inner Mongolia based on RS and GIS: a case study of Aohan Banner. *Journal of Inner Mongolia Normal University (Natural Science Edition)*, 2004, 33(2): 199-202. [格日乐, 乌兰图雅. 基于遥感、GIS 的内蒙古沙漠化逆转区土地利用变化研究: 以敖汉旗为例. *内蒙古师范大学学报 (自然科学汉文版)*, 2004, 33(2): 199-202.]
- [3] Wu Wei. Dynamic monitor to evolvement of sandy desertification land in Horqin region for the last 5 decades, China. *Journal of Desert Research*, 2003, 20(6): 646-651. [吴薇. 近 50a 来科尔沁地区沙漠化土地的动态监测结果与分析. *中国沙漠*, 2003, 20(6): 646-651.]
- [4] Wang Tao, Wu Wei, Zhao Halin et al. Analyses on driving factors to sandy desertification process in Horqin region,

- China. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(5): 519-528. [王涛, 吴薇, 赵哈林等. 科尔沁地区现代沙漠化过程的驱动因素分析. *中国沙漠*, 2004, 24(5): 519-528.]
- [5] Wang Lei, Ha Si. Advance in desertification research of Horqin sandy land. *Journal of Natural Disasters*, 2004, 13(4): 8-14. [王蕾, 哈斯. 科尔沁沙地沙漠化研究进展. *自然灾害学报*, 2004, 13(4): 8-14.]
- [6] Wang Tao, Wu Wei, Xue Xian et al. Spatial-temporal changes of sandy desertified land during last 5 decades in northern China. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(2): 203-212. [王涛, 吴薇, 薛娴等. 近 50 年来中国北方沙漠化土地的时空变化. *地理学报*, 2004, 59(2): 203-212.]
- [7] Xu Liqiang. Study on the rule of temporal and spatial variation of desertification in Horqin sandlot in recent 30 years. Master Dissertation from Shandong Normal University, 2003. 9-13. [徐礼强. 近 30 年来科尔沁地区沙漠化时空变化规律研究. 山东师范大学硕士论文, 2003. 9-13.]
- [8] Wang Tao, Zhu Zhenda, Wu Wei. Sandy desertification in the north China. *Science in China (Series D)*, 2002, 45 (suppl.): 23-34.
- [9] Wang Tao, Zhu Zhenda. Some problems of desertification in northern China. *Quaternary Sciences*, 2001, 21(1): 56-65. [王涛, 朱震达. 中国北方沙漠化的若干问题. *第四纪研究*, 2001, 21(1): 56-65.]
- [10] Wang Tao (ed.). *Desert and Desertification in China*. Shijiazhuang: Hebei Science and Technology Publishing House, 2003. 535-549. [王涛 主编. 中国沙漠与沙漠化. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2003. 535-549.]
- [11] Chang Xueli, Cui Buli, Chen Yalin et al. Analysis on the ecological environment characteristics in a farming-pasture ecotone in the Horqin Sandy Land. *Arid Land Geography*, 2005, 28(3): 336-341. [常学礼, 崔步礼, 陈雅琳等. 科尔沁沙地生态环境特征分析. *干旱区地理*, 2005, 28(3): 336-341.]
- [12] Chang Xueli, Zhao Xueyong, Han Zhenxi et al. Cumulative impacts of human activities and natural elements on desertification in Horqin Sand Land. *Journal of Desert Research*, 2005, 25(4): 466-471. [常学礼, 赵学勇, 韩珍喜等. 科尔沁沙地自然与人为因素对沙漠化影响的累加效应分析. *中国沙漠*, 2005, 25(4): 466-471.]
- [13] Dong Guangrong, Jin Jiong, Li Baosheng et al. Several problems on the desertification of Horqin Sandy Land, Northeast China. *Journal of Desert Research*, 1994, 14(1): 1-9. [董光荣, 金炯, 李保生等. 科尔沁沙地沙漠化的几个问题. *中国沙漠*, 1994, 14(1): 1-9.]
- [14] Zhao Yunlong, Tang Haiping, Li Xinyu. Analysis of climatic background in desertification processes in Horqin Sand Land for the past 40 years. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2004, 18(5): 8-14. [赵云龙, 唐海萍, 李新宇. 近 40 年来科尔沁沙地沙漠化过程的气候背景分析. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(5): 8-14.]
- [15] Zhao Halin, Zhang Tonghui, Cui Jianheng et al. Effect of climatic changes on environment and agriculture in the past 40 years in interlaced agro-pasturing areas of North China. *Journal of Desert Research*, 2000, 20(suppl.): 1-6. [赵哈林, 张铜会, 崔建恒等. 近 40a 我国北方农牧交错区气候变化及其与土地沙漠化的关系. *中国沙漠*, 2000, 20(增刊): 1-6.]
- [16] Cao Jun, Wu Shaohong, Yang Qinye. Land use and desertification in Horqin Sandy Land. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(5): 548-542. [曹军, 吴绍洪, 杨勤业. 科尔沁沙地的土地利用与沙漠化. *中国沙漠*, 2004, 24(5): 548-542.]
- [17] Zhang Yongmin, Zhao Shidong. Analysis of land use change in Horqin sandy land and its surrounding area during the past 15 years. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 174-181. [张永民, 赵士洞. 近 15 年科尔沁沙地及其周围地区土地利用变化分析. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 174-181.]
- [18] Wulan Tuya, Lei Jun, Yu Shan. An advance on studies of formation and environmental evolution of Horqin Desert. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2002, 16(1): 28-31. [乌兰图雅, 雷军, 玉山. 科尔沁沙地风沙环境形成与演变研究进展. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(1): 28-31.]
- [19] Zou Shouyi, Zhang Jinglong, Feng Zhengfu et al. Desertified land analysis in Horqin Sandy Land. *Journal of Desert Research*, 2001, 21(1): 76-78. [邹受益, 张景龙, 冯政夫等. 科尔沁沙地荒漠化土地初析. *中国沙漠*, 2001, 21(1): 76-78.]
- [20] Wu Wei. Using the TM image for monitoring land desertification. *Remote Sensing Technology and Application*, 2001, 16(2): 86-90. [吴薇. 土地沙漠化监测中 TM 影像的利用. *遥感技术与应用*, 2001, 16(2): 86-90.]
- [21] Bayaer, Wang Jianhua, Qi Yuan. Research on acquiring information of landuse/landcover by remote sensing image based on GIS. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2004, 18(2): 106-109. [巴雅尔, 王建华, 祁元. 基于 GIS 的遥感影像土地利用与覆盖信息提取研究. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(2): 106-109.]
- [22] Bao Huijuan, Bao Guoquan, Tian Liang et al. A study on desertification dynamics of Horqin Sandy Land. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, 2004, 35(2): 172-176. [包慧娟, 包国权, 天亮等. 科尔沁沙地沙漠化动态研究. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 2004, 35(2): 172-176.]
- [23] Hu Mengchun. A primary research about the quantitative classification indexes of desertification-prone land, Horqin Sandy Land. *Journal of Desert Research*, 1991, 11(3): 57-60. [胡孟春. 科尔沁土地沙漠化分类定量指标初步研究. *中国沙漠*, 1991, 11(3): 57-60.]

Transformation Dynamics of Desertification in Horqin Sandy Land at the Beginning of the 21st Century

LI Aimin, HAN Zhiwen, XU Jian, MA Shaoxiu, HUANG Cuihua

(Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Visual interpretation remarks were established by taking TM images in 2000 and 2005 as information source. Then desertification dynamic in Horqin Sandy Land in recent five years is monitored with the help of images and data processing function of GIS. The results showed that desertified land changed from 22423.1 km² in 2000 to 22422.4 km² in 2005, only at a reducing rate of 0.14 km²·a⁻¹. This indicated that the constant aggravation of the desertification trend in the study area has been basically controlled and tends to be in a relatively stable state. The degree of transformation dynamics of desertification is different for different types of land, desertification degree has been mitigated evidently for the primary desertified land, and the difference is 958.9 km² between reversal area and deteriorative area. At the same time, there are 113.3 km² of non-desertified land changing to desertified land at a rate of 22.7 km²·a⁻¹. Therefore, great attention should be paid to this phenomenon.

Key words: Horqin Sandy Land; land desertification; remote sensing monitoring