

# 华北农牧交错带土地沙漠化成因与土地利用调整对策

康相武<sup>1,2</sup>, 吴绍洪<sup>1</sup>, 尹云鹤<sup>1,2</sup>, 杨勤业<sup>1</sup>, 戴尔阜<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 从气候变化、土地利用等角度对华北农牧交错带典型区——内蒙古多伦县的土地沙漠化形成机制进行分析。对于干湿指数、最大可能蒸散量等指标的分析表明该区域近30a来气候变化在一定程度上有利于沙化土地的恢复。1985年和2000年两期土地沙漠化、土地利用监测数据空间叠加和地统计分析表明, 该区域15a来不存在明显的开荒和毁林等土地利用方式转型现象, 利用方式未变化的土地占总土地的95.98%。严重沙化土地的91.39%发生在利用方式未变化的草地、耕地和未利用土地, 三者沙化程度加重分别占该区所有沙化程度加重土地的55.16%、25.92%和10.31%。实地调查和遥感统计等相关数据分析表明, 耕地沙化主要是秋耕和农业大机械的应用为风蚀创造了条件, 连年耕作和经济作物的种植促进了耕地退化; 草地和未利用土地沙漠化主要因为载畜量过重和草原交通对草场的破坏。针对以上土地利用强度过大等造成土地沙漠化的原因提出华北农牧交错带土地利用调整策略。

**关键词:** 土地沙漠化; 土地利用强度; 华北农牧交错带; 土地利用调整

**中图分类号:** F301; S156.5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2005)08-0045-07

康相武, 吴绍洪, 尹云鹤, 等. 华北农牧交错带土地沙漠化成因与土地利用调整对策[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 45-51.  
Kang Xiangwu, Wu Shaohong, Yin Yunhe, et al. Formation mechanism of land desertification and adjustment of land use in ecotone between agriculture and animal husbandry in North China[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(8): 45-51. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

土地沙漠化作为土地的一种退化形式, 已成为中国北方地区一个重大的生态环境和社会经济问题, 严重地影响和困扰着该区及周边区域的生存与社会可持续发展。

气候变化是导致土地沙漠化的主要自然因素<sup>[1-4]</sup>, 土地利用是人类作用于土地的主要社会经济活动方式, 不合理的土地利用方式和土地利用强度是导致土地沙漠化的主要人为因素, 在一定的气候变化背景下不合理的土地利用方式或土地利用强度会加剧土地沙漠化的进程<sup>[5-13]</sup>。因此针对土地沙漠化的发展态势, 研究气候变化背景下的土地利用在沙漠化过程中的作用, 阐明土地利用方式和土地利用强度对土地沙漠化的作用机制, 制定适应于气候变化且有利于沙化土地恢复的土地利用调整策略, 对土地沙漠化的防治具有重要意义。以往关于这方面的研究主要注重于以上三者某一方面对土地沙漠化的作用, 而对三者的综合作用研究不足。

本文的目标是针对华北农牧交错带的典型区内蒙古多伦县, 采用不同时期土地利用遥感监测数据、土地沙漠化遥感监测数据、连续时段的社会经济数据以及气象数据, 对在气候变化背景下的土地利用方式、土地利用强度对土地沙漠化的作用机制进行分析, 并针对分析结果探讨该区域适应于气候变化背景的有利于沙化土

地恢复的土地利用调整。

## 1 研究区自然环境概况

华北农牧交错带位于冀、蒙、晋长城沿线地区, 土地面积约  $1 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 具有农牧兼营生产的生态-经济结构, 垦殖率30%~40%, 区域人口近800万人。该区地处东南季风北进的尾间区以及东亚冷空气南下的通道之上, 南侧地势向北陡起内部相对平缓, 气候干旱多风, 土壤粗骨贫瘠以及湖相沉积和冲洪积物分布, 这些给沙漠化发生提供了条件和潜在物质基础。华北农牧交错带生境资源相对贫乏, 土地沙化、碱化与贫瘠化交替出现, 半干旱地带的农牧交错地区占北方沙漠化土地总面积的40.15%<sup>[13]</sup>。该区域资源环境的退化, 直接对京津及华北农区的生态与经济安全构成威胁<sup>[14]</sup>。

内蒙古多伦县地处阴山北麓东端与大兴安岭西南余脉交汇处, 位于华北农牧交错带的中部地区, 总人口10.2万人, 经济以农牧业为主, 农业与牧业比重大致相当; 土地面积3891.7 km<sup>2</sup>, 大小河流47条, 湖泊62个, 是“引滦入津”工程的重要水源涵养地和水源保护区。本区属于中温带、半湿润向半干旱过渡地区, 年均气温1.6℃, 多年平均降水量386 mm, 但季节分配不均; 年均风速3.6 m/s, 年均大风(17 m/s以上)时间为67.3 d。区内主要有低山丘陵、河沟谷洼地、山前倾斜平原及高平台区、堆积类型沙丘5种地貌类型, 地带性土壤和植被类型为栗钙土—干草原和黑钙土—草甸草原。除此之外还有风沙土、草甸土、沼泽土、盐土、碱土等非地带性土壤及其相应的植被。土地沙漠化是多伦县主要的环境问题。该县自然状况、土地利用结构、社会经济特点和存在的土地沙漠化问题在华北农牧交错区具有十分典型的代表性<sup>[15, 16]</sup>。

收稿日期: 2004-12-08 修订日期: 2005-04-20

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40131010)及中科院地理科学与资源研究所知识创新工程领域前沿项目(CXDG-A 02-03)资助  
作者简介: 康相武(1975-), 男, 博士生, 主要从事土地利用、沙漠化防治等环境整治方面问题的研究。北京 中国科学院地理科学与资源研究所, 100101。Email: kangxw@igsnrr.ac.cn

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

气候变化分析源于国家气象局资料中心提供的多伦县气象观测数据,包括观测站点的经纬度、海拔高度、逐日最低、最高气温、降水量、风速、相对湿度和日照时数。参考 IPCC 的观点,在气候变化的研究中现状分析一般采用 30a 为基准年,而 1971~2000 年这 30a 能很好的反映气候现状<sup>[17]</sup>,因此,以 1971~2000 近 30 年为研究时段对气象数据进行整理分析。

土地利用数据来源于中国科学院资源环境数据库中的 1985 年和 2000 年的全国 1:10 万土地利用遥感监测数据库。该数据为土地资源的二级分类,应用时将其合并为 6 个一级类型,即耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地。

土地沙漠化数据根据 TM 影像解译。影像来源于中国科学院资源环境数据信息中心和中国测绘科学院,成像时间与土地利用数据时间相同。将原始影像进行配准、图像增强等预处理,统一为 Albers 投影数据。确定轻度、中度、重度和极重度 4 级沙漠化土地分类分级系统,运用室内判读与野外考察相结合方法建立影像解译标志,运用人机交互式目视解译法进行图像信息的提取,在影像判读过程中,参考相关的地形图、植被图、土壤类型图等图件。解译结果为 1985 年和 2000 年两时段的土地沙漠化矢量数据。

本文分析影响沙漠化的土地利用强度因素采用的是 1980 年到 2000 年的内蒙古自治区统计年鉴和多伦县统计年鉴中的社会经济统计数据,以及野外实地调查数据。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 影响土地沙漠化的气候变化趋势分析方法

影响土地沙漠化的主要气候因素有气候的干湿变化和大风天气。本文采用年降水量、最大可能蒸发和干湿指数 3 个指标来分析气候的变化趋势,采用冬春季的干湿指数和 5 m/s 大风日数变化趋势分析气候变化对沙漠化的影响。气候要素在近 30a 的变化趋势使用线性趋势法分析,气候要素用时间  $t$  的线性函数  $y = at + b$  表示,由最小二乘法计算  $a$  和  $b$ ,其中  $a$  表示线性函数的斜率,也就是气候要素的线性趋势, $a$  为正(负)表示增加(减小)趋势,零表示无变化。

区域的干湿状况用最大可能蒸散( $ET_0$ )和降水( $P$ )的比值,即干湿指数  $Ia$  表示,如公式(1)所示

$$Ia = \frac{ET_0}{P} \quad (1)$$

式中  $ET_0$ ——年最大可能蒸散量,mm;  $P$ ——年降水量,mm;  $ET_0$  计算采用国内外应用较为广泛的模型即 1998 年 FAO 修订的 Penman-Monteith 模型<sup>[18]</sup>,即

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (2)$$

式中  $R_n$ ——净辐射,  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ;  $G$ ——土壤热通

量,  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ;  $\gamma$ ——干湿常数,  $\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $T$ ——日平均温度,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta$ ——饱和水汽压曲线斜率,  $\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $U_2$ ——2 m 高处的风速,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $e_a$ ——实际水汽压,  $\text{kPa}$ ;  $e_s$ ——平均饱和水汽压,  $\text{kPa}$ ,各参数均采用国际标准单位。FAO-PM 模型计算时所需数据最多,结果更为准确。在应用时,除了净辐射  $R_n$  采用左大康提出的经验系数进行地区校正外<sup>[19]</sup>,其余变量均采用原模型的方法计算。

风蚀动力采用 5 m/s 大风日数表示是由于该值是中国北方农牧交错带的临界起沙风速<sup>[16]</sup>。风力强度是影响土壤颗粒搬运的重要因素,砂质壤土、壤质砂土和固定风砂土的起动风速分别为 6.10、6.16 和 5.11  $\text{m/s}$ <sup>[21,22]</sup>。风速只有在超过某一临界值的情况下才有可能搬运土壤中的颗粒物质至空中,在地表土壤性质一定的情况下,超过临界值风速的大风日数越长,对土壤表面的侵蚀程度就越深。

#### 2.2.2 土地利用方式和利用强度对土地沙漠化的影响分析方法

土地利用方式是人类直接作用于土地的干扰形式。本文把研究区域的两期土地利用数据和两期土地沙漠化数据进行空间叠加,建立土地利用方式与土地沙漠化之间的对应关系,以分析土地利用方式不变和变化的情况下土地沙漠化发展趋势,从而判断土地利用方式对土地沙漠化的作用机制(图 1)。

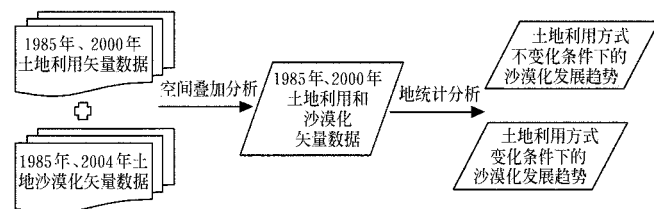


图 1 土地沙漠化与土地利用数据空间叠加及地统计分析图

Fig 1 Analysis of spatial overlay and terra statistics on land desertification and land use

在以上分析土地利用方式对土地沙漠化作用机制的基础上,应用对应的 1985~2000 年社会经济统计数据 and 实地调查数据分析研究区域土地利用强度对沙漠化的作用机制。

## 3 结果与分析

### 3.1 1985 年到 2000 年多伦县土地沙漠化发展态势

多伦地区 1985~2000 年的土地沙漠化情况表现为总沙化土地面积增加,除重度沙化土地减少外,各类型沙化土地面积都明显增多,沙化土地总面积增多的比例为 24.59%,如图 2。

按沙化程度减轻一级为轻微逆转,减轻两级及以上为明显逆转,沙化程度加重一级为轻度加重,加重两级为强烈加重计,1985 年与 2000 年两期数据叠加分析结果表明,1985~2000 年多伦地区的沙化土地程度加重,在该时间段内土地沙化程度逆转的仅占总土地面积的

11. 65%, 而土地沙化程度加重的却占总土地面积的 45. 89%, 如表 1 所示。

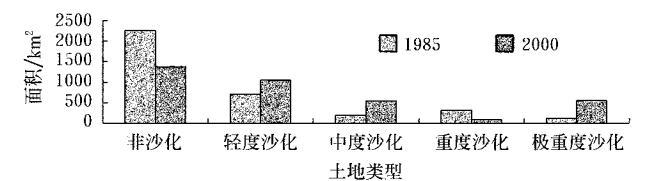


图 2 1985~ 2000 年多伦沙漠化土地类型、面积变化  
Fig 2 Changes of desertified land area and type at Duolun County

表 1 1985~ 2000 年沙漠化土地变化表  
Table 1 Change of land desertification at Duolun County in 1985~ 2000

类型	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
逆转	421. 47	11. 65
轻微逆转	292. 72	8. 09
明显逆转	128. 75	3. 56
稳定	1535. 92	42. 46
加重	1660. 36	45. 89
轻度加重	1035. 36	28. 62
强烈加重	625. 00	17. 28
总计	3617. 75	100. 00

3 2 15 年来多伦地区的土地利用变化

多伦地区从 1985~ 2000 年利用方式未发生变化的土地占区域总面积的 95. 99%, 如表 2 所示。土地利用方式变化主要表现为以下 3 个特点: 有 3. 98 km<sup>2</sup> 耕地退耕为草地, 但也有草地和未利用地(沼泽地)被开垦为耕地, 开垦的面积是退耕面积的将近 3 倍; 草地退化为未利用地的沙地(指土地利用类型分类中地表为沙覆盖, 植被覆盖度在 5% 以下的土地), 该部分土地面积比例比较大, 占区域总面积的 3. 28%; 水域面积将近翻一番, 主要表现为湖泊面积增加, 如表 3 所示。这种变化与土地沙化和降水增多的气候变化趋势一致。

表 2 1985~ 2000 年多伦地区利用方式保持不变的  
土地面积及比例

Table 2 A rea and percentage of land use pattern w ithout change at Duolun County in 1985~ 2000							
类型	耕地	林地	草地	水域	城建 居民地	未利 用地	总计
面积/km <sup>2</sup>	1049. 58	93. 61	1867. 01	11. 34	45. 61	405. 35	3472. 50
占研究区的 比例/%	29. 01	2. 59	51. 61	0. 31	1. 26	11. 20	95. 99

表 3 1985~ 2000 年多伦地区利用方式转型的土地类型与面积  
Table 3 A rea and type w ith change of land use pattern at Duolun County in 1985~ 2000 km<sup>2</sup>

1985 年	2000 年				
	耕地	草地	水域	未利用地	总计
耕地	—	3. 98	—	—	3. 98
草地	1. 40	—	9. 83	118. 76	129. 99
未利用地	8. 36	2. 43	0. 49	—	11. 29
总计	9. 76	6. 41	10. 32	118. 76	145. 25

3 3 气候变化及其对土地沙漠化的作用和影响

1) 降水的变化 气象数据分析结果表明研究区的降水从 1970 年至今表现为波动中略有增长的态势, 如图 3 所示。

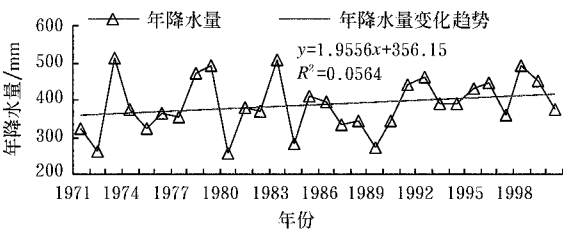


图 3 1970~ 2000 年多伦年降水量变化  
Fig 3 Changes of annual precipitation at Duolun County in 1970~ 2000

2) 蒸发与干湿指数变化 年最大可能蒸散量表现为降低趋势, 且近 30a 来波动变化很小, 如图 4。

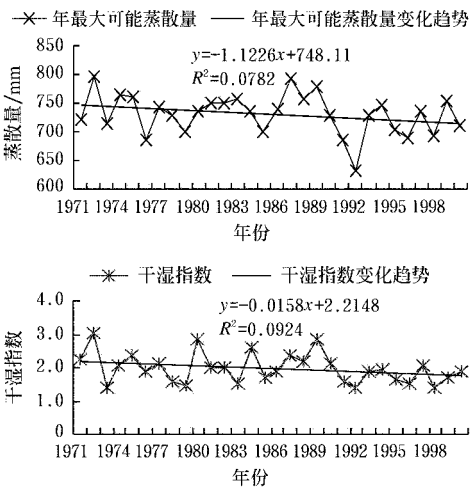


图 4 1970~ 2000 年多伦年最大可能蒸散和年干湿指数变化  
Fig 4 Changes of potential evaporation and humidity index at Duolun County in 1970~ 2000

干湿指数的变化是趋于减小, 而且减小趋势明显, 特别是自 1991 年以来该区域的干湿指数都低于平均指数, 表明该区域并非是趋于干旱而是趋于湿润, 如图 3。

3) 气候变化对土地沙漠化的影响 在中国北方 11 月份至次年 4 月份的冬春季节干旱少雨, 在该时段内干湿状况和大风是影响土地沙漠化的决定性气候因素。

多伦县 1971~ 2000 年 11 月份至次年 4 月份干湿指数有微乎其微的增长, 干湿指数线性函数的斜率仅为 0. 0011, 总体趋于平稳, 如图 5。

多伦县从 1970 年以来冬春季节 5 m/s 大风日数变化是趋于减少的, 如图 5。因此作用于土地的风蚀动力是趋于减小的。

以上分析表明, 研究区域冬春季节干湿指数变化趋于平稳, 没有明显的变干变湿; 冬春季节 5 m/s 大风日数明显减少, 加之在这个时段内全年的干湿指数和

5 m/s 大风日数是趋于减少的, 而且 1980 年以后无论是冬春季节的干湿指数还是 5 m/s 大风日数波动幅

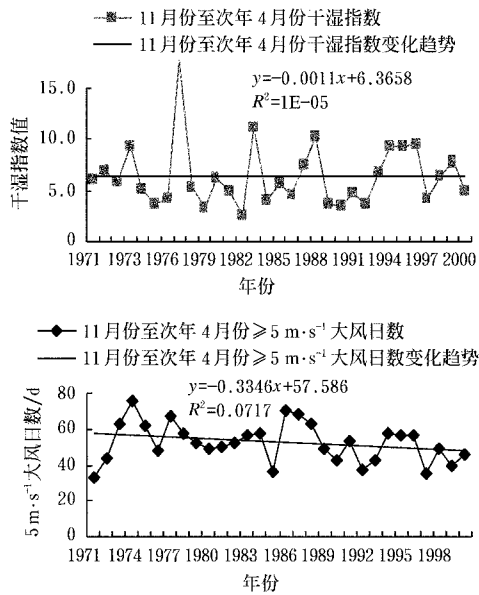


图5 多伦 1970~2000 年冬春季干湿指数和 5 m/s 大风日数变化

Fig 5 Changes of humidity index and days with wind speed over 5 m/s in winter and spring at Duolun County in 1970~2000

度都较小, 因此气候因素是有利于土地沙漠化向负反馈方向发展, 即气候条件有利于沙漠化土地的恢复, 而非

扩张, 因此该区域的土地沙漠化并非由于气候所引起。

### 3.4 土地利用方式与土地沙漠化作用机制分析

根据 1985 年和 2000 年的土地利用数据和土地沙漠化监测数据空间叠加建立对应关系后, 转入 SPSS 软件后统计分析的结果如下。

#### 1) 利用方式未变化的土地沙漠化程度变化情况

1985~2000 年利用方式未变化的土地占总土地面积的 95.98%。在该部分土地中沙漠化程度加重主要发生在耕地、草地和未利用地 3 种土地利用类型上, 如图 6, 这 3 种 15a 来利用方式未变化的土地利用类型沙化程度加重的土地面积占研究区域总土地面积的 11.90%、25.32%、4.73%, 占研究区域所有沙化程度加重土地的 25.92%、55.16%、10.31% 三者之和已经占研究区域所有沙化程度加重土地的 91.39%, 其空间分布如图 8。

#### 2) 利用方式转型的土地沙漠化程度变化情况

利用方式发生变化的土地其沙漠化程度变化如图 7, 主要以加重为主, 而且主要发生在草地—未利用地的转变类型上。在该部分土地中草地—未利用地所对应的沙化程度加重占利用方式发生变化的土地总面积的 67.26%, 占利用方式发生变化的土地中沙化程度加重的土地面积的 92.36%, 占研究区域所有沙化程度加重土地的 5.88%, 其空间分布如图 8。

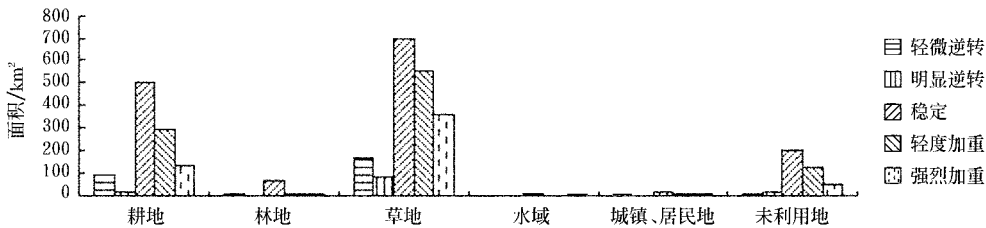


图6 1985~2000 年多伦利用方式未发生变化的土地沙漠化程度变化情况

Fig 6 Changes of desertification degree of land use pattern without change at Duolun County in 1985~2000

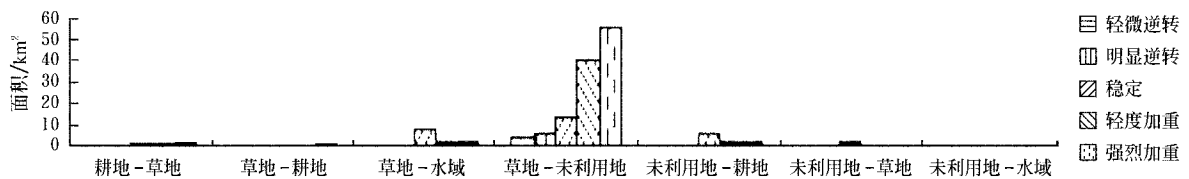


图7 1985~2000 年多伦利用方式发生变化的土地沙漠化程度变化情况

Fig 7 Changes of desertification degree of land use pattern with change at Duolun County in 1985~2000

综合以上分析可以发现多伦地区近 15a 的土地沙漠化主要发生在草地、耕地和未利用土地上, 草地(包括转变为未利用土地部分)、耕地和未利用土地沙化程度加重的面积占研究区域所有沙化程度加重土地面积的比例分别是 61.04%、25.92%、10.31%, 三者的总合占 97.27% (图 8)。

### 3.5 土地利用强度与土地沙漠化的作用机制

针对草地、耕地和未利用土地沙漠化程度加重的问

题通过实地调查, 结合遥感影像和社会经济统计数据等进行了分析。

#### 3.5.1 草地沙化程度加重发生机制

1) 草地载畜量增加是重要原因 如果按牛、马、骡等大牲畜为 5, 绵羊、山羊为 1 的折合比例<sup>[23]</sup>, 把各种牲畜换算成羊单位, 则多伦县 1999 年 18.73 万  $\text{hm}^2$  草场上的最大实际载畜量为 3.63 个羊单位/ $\text{hm}^2$ , 是该区理论载畜量(约 1 个羊单位/ $\text{hm}^2$ )<sup>[24]</sup>的 3.63 倍, 处于严重

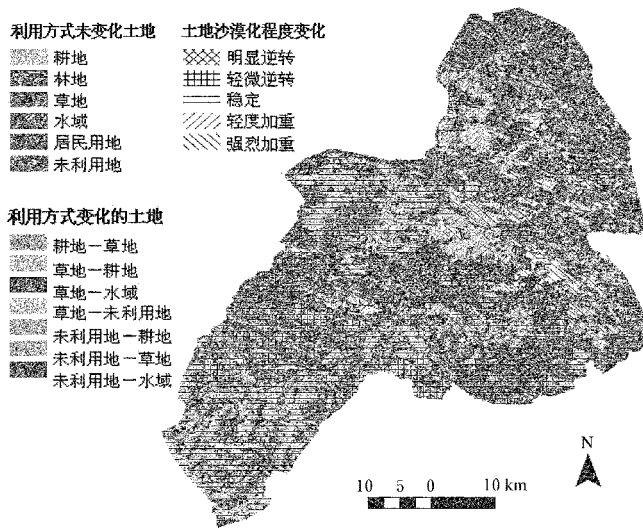


图 8 多伦县土地沙漠化程度变化与土地利用方式的空间对应分布

Fig 8 Spatial distribution of land desertification and land use pattern at Duolun County

超载状态。而且随着草地沙化倍增, 牧畜又集中在逐渐减少的草场, 更加大了放牧的负载。1985~1999 年多伦年牲畜数量情况如图 9。

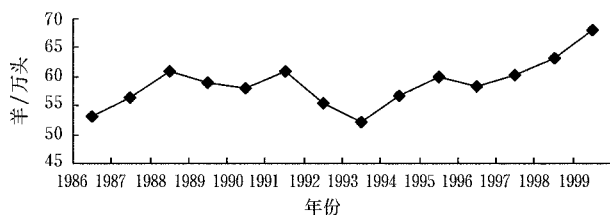


图 9 1985~1999 年多伦年牲畜数量变化情况

Fig 9 Change of annual livestock quantity at Duolun County 1985~1999

据统计, 20 世纪 50 年代多伦天然草场生产能力平均为  $3750 \sim 4500 \text{ kg/hm}^2$ , 而目前仅为  $375 \sim 1500 \text{ kg/hm}^2$ , 并且优良牧草数量明显减少。

2) 交通破坏砂质草原 在砂质草原上, 沿道路的沙漠化也十分显著。在草原上几乎所有的地形起伏较小的平坦草场和缓坡草地, 都能使车辆通行。草原上除主干道外小路, 便道四通八达, 且多二三道并行, 很少有一条行车道, 有的地方不止二三道。随意形成的道路和并行道毁坏了许多可利用的草场。车辆破坏地表, 引起风蚀和水蚀, 当车道超过一定深度时, 车辆通行不便, 道路便废弃。由于近年来机动车辆的增多, 行车道的废弃相当普遍, 几乎 5a 左右就会有一条新道废弃, 这极大地破坏了草场资源。见图 10 遥感影像的对比。

未利用土地的沙漠化发生机制实际上是与草地的退化机制是一样的, 在该地区未利用土地实际也是该区放牧的对象。

### 3.5.2 耕作强度对耕地沙漠化的发生机制

#### 1) 秋耕和连年耕作促进了土地沙化 华北农牧交

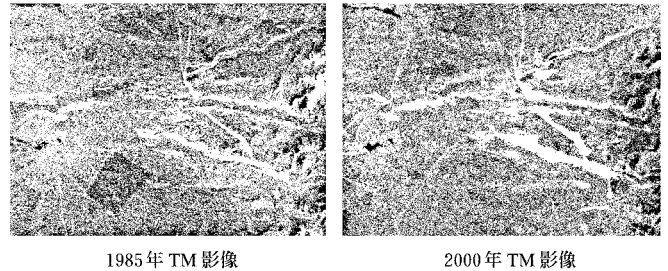


图 10 1985 与 2000 年多伦交通破坏草场的 TM 影像对比

Fig 10 Comparison of TM images on grassland destroyed by traffic at Duolun in 1985 and 2000

错带农业基本上保持了华北传统的精耕细作的旱作农业传统。该地区抗旱耕作的一个重要特色在于以保墒为目的的耕、耙、耨等一系列旱地土壤耕作程序<sup>[25]</sup>。华北农牧交错带春天盛行干燥风, 土壤解冻后水分很快消失。耕作(春耕和秋耕)可以切断毛细管, 阻断水分上升的通道, 起到保墒作用。在华北农牧交错带一般都实行秋耕。原因一是秋天耕作时土壤较春天更为疏松; 二是因为秋耕时劳动力充足, 而春耕时劳动力紧张; 三是秋耕可以更容易地保留水分, 而春季积雪融化使水分下渗。而这种精耕细作的旱作农业耕作方式在一定程度上对土壤环境造成破坏使之容易形成沙漠化。有资料记载该区土壤在民国时期就已经由于农耕而遭到了破坏, 动土量比较多的土壤在降雨量多的年份被冲刷严重。在干旱年份, 农耕后的土壤由于植被稀疏, 易被风蚀容易沙漠化。

该区的耕作制度由往年的几年间隔轮作或休耕减为隔年, 甚至连年耕作, 这种连年耕作很容易促使耕作土地沙化。该区土地的长时间连年耕作, 在土壤养分、土壤颗粒和土壤水分等方面表现为以下变化: 土地的长时间耕作土壤养分变化集中表现在两个方面, 其一是土壤向贫瘠化方向演变, 随耕龄增加土壤有机质、全 N、全 P 和速效养分含量总体呈明显降低, 丘陵高地耕层养分衰减的速率比平地耕种土更快; 其二是养分除 K 外在剖面呈现随土层深度增加而线性衰减的变率, 其值多是随耕龄的增加而减少的规律<sup>[26]</sup>。耕层土壤颗粒组成的变化。区内土壤质地受母质影响, 表现出山地以砂壤和壤质为主, 其黏粒含量在 20% 左右, 由于年复一年的耕种风蚀沙化过程, 耕层明显粗化, 肥力丧失。土壤水分条件的变化。土壤质地、肥力和耕作过程直接影响土壤水分状况。随耕种时间增加, 土层板结, 土壤容重明显增大, 如老耕地容重增加近 10%, 0~50 cm 土层容重加权平均值, 平地耕作土从  $1.47 \text{ g/cm}^3$  增加到  $1.57 \text{ g/cm}^3$ , 山地耕种土  $1.33 \text{ g/cm}^3$  增加到  $1.45 \text{ g/cm}^3$ , 其保水能力下降 50% 左右<sup>[27]</sup>。

2) 甜菜等经济作物消耗地力 华北农牧交错带农业农作制一般是春小麦—莜麦—马铃薯, 但近 10 多年来传统的作物种类减少, 甜菜等经济作物种植面积大幅度增加, 而甜菜等经济作物的种植较传统作物更消耗地力, 使土地退化加剧。

3) 农业机械应用于耕地破坏了土壤结构 多伦县农业机械从 20 世纪 80 年代中期以来得到大规模的推广应用, 并逐渐取代传统的家畜耕作, 从 1989 年有统计数字以来的 3.22 万 kW 到 2000 年增加到 5.42 万 kW, 增加 1.7 倍, 然而农业机械在耕地中的应用极大地破坏了土壤结构, 使之在冬春的大风季节更容易遭受风蚀。

#### 4 土地利用调整方案

以上分析表明研究区形成土地沙漠化的气候条件在好转, 气候条件有利于沙漠化土地的恢复, 因此多伦地区沙化土地面积增加, 程度加重并非由于气候变化。近 15a 来研究区沙化土地面积扩大, 程度加重与土地利用方式转型等关系不大, 不存在导致土地沙化的大规模垦荒和毁林。近 15a 来该区域土地沙化主要发生在草地、耕地和未利用土地, 草地发生沙化的主要原因是超载放牧和交通对草地的破坏, 耕地发生沙化的主要原因是秋耕和农业大机械的应用破坏土壤环境为风蚀创造了条件, 连年耕作和种植经济作物更容易消耗地力造成土壤退化。

华北农牧交错带可持续发展和沙漠化的防治, 根本出路在于对导致华北农牧交错带土地沙漠化的土地利用强度和土地利用方式进行调整。根据华北农牧交错带自然资源环境、社会经济特点, 土地利用中存在的问题和沙漠化发展机制提出以下土地利用方式及强度调整方案。

##### 4.1 土地利用强度调整方案

草地利用强度调整方案: 1) 该区实际载畜量已经远远超出了理论载畜量, 使放牧强度超出了草原的实际承载能力, 因此削减控制该区的牲畜放牧数量, 减轻草地的放牧强度; 2) 已有退化草场应采取休牧、半休牧的放牧制度减轻放牧压力, 同时采取各种改良和补播措施提高产量和质量; 对未退化草地实行以草定畜, 划区轮牧等方法, 保证放牧强度不超过实际承载能力防止其退化; 3) 为减轻或缓解家畜对天然草场的压力, 采取农作物秸秆氨化、微贮等方法, 提高饲草料供应量; 4) 对穿过草原的道路应进行统一规划并固化和硬化, 避免交通对草原的破坏。

耕地利用强度调整方案: 1) 改变秋耕和春耕的传统耕作制度, 严禁利用农业机械深耕, 实行保护性耕作, 以防止土地翻耕为土壤风蚀创造便利条件; 2) 加强建设高标准基本农田, 集约经营水土条件较好的土地; 3) 发展莜麦等具有地方特色的种植作物, 既可以保持地力又可以提高产值。

##### 4.2 土地利用方式调整方案

该区的土地利用方式调整主要是逐步退坡地、低产、劣质田和沙化草地, 坡地、低产、劣质农地退耕还草, 对退耕农地进行人工草地建设, 虽然近 30a 来该区气候有降水增多和湿润指数增高的趋势, 但是考虑到该区以后仍然有干旱波动的可能, 因此该区以尽量减少耕地比重为宜。

## 5 结 论

近 30a 的气候变化分析表明气候因素是有利于土地沙漠化向负反馈方向发展, 即气候条件有利于沙漠化土地的恢复, 而非扩张, 因此该区域的土地沙漠化并非由于气候变化所引起。土地利用分析结果表明该区域近 15a 不存在大规模的土地开垦等土地利用转型, 利用方式未变化的土地占总土地面积的 95.98%, 其土地沙化程度加重的面积占有沙化程度加重土地的 91.39%, 且沙漠化程度加重主要发生在利用方式不曾变化的耕地、草地和未利用地 3 种土地利用类型上, 因此土地利用结构转型也不是该区域沙漠化的主要原因。

针对草地、耕地和未利用土地沙漠化程度加重的问题, 通过遥感数据分析、统计分析和实地调查表明: 草地载畜量增加是草地沙化重要原因, 同时交通对草地沙漠化也有一定影响; 秋耕和连年耕作的耕作制度是耕地沙化的主要原因, 甜菜等经济作物的种植和农业大机械的使用在一定程度上也促进了耕地沙化。

针对该区的土地沙漠化成因提出控制牲畜放牧数量, 改变秋耕和春耕的传统耕作制度, 实行保护性耕作等土地利用强度调整方案; 提出逐步退坡地、低产、劣质田和沙化草地, 坡地、低产、劣质农地退耕还草, 尽量减少耕地的比重, 对退耕农地进行人工草地建设等土地利用强度调整方案。

#### [参 考 文 献]

- [1] 董光荣, 靳鹤龄, 陈惠忠, 等. 中国北方半干旱和半湿润地区的沙漠化成因[J]. 第四纪研究, 1998, (2): 136-144.
- [2] 朱震达, 刘恕, 邱醒民. 中国的沙漠化及其治理[M]. 北京: 科学出版社, 1989, 6.
- [3] 王涛, 朱震达. 中国北方沙漠化的若干问题[J]. 第四纪研究, 2001, 21(1): 56-65.
- [4] 杨泰运, 张伟民, 屈建军. 中国沙漠化形成问题的分析研究[J]. 干旱区地理, 1994, 17(2): 22-29.
- [5] 曹 军, 吴绍洪, 杨勤业. 基于沙化状况和适宜性的土地利用结构调整[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 281-285.
- [6] 雷廷武, 邵明安, 杨培岭. 我国干旱半干旱地区农业可持续发展战略探讨[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4): 1-5.
- [7] 王葆芳, 贾保全, 杨晓晖, 等. 干旱区土地利用方式对沙漠化土地恢复能力的评价[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2030-2035.
- [8] Omar S A S, Madoy T, et al. Land degradation factors in arid irrigated areas: the case of Wafra in Kuwait[J]. Land Degradation and Development, 1998, 9(4): 283-294.
- [9] Fu B J, Gulink H, Masu M Z. Leos erosion in relation to land-use changes in the Ganspoel catchment, central Belgium[J]. Land Degradation & Rehabilitation, 1994, (5): 261-270.
- [10] Islam K R, Weil R R. Land use effectors on soil equality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh[J]. Agriculture Ecosystem & Environment, 2000, 7(9): 9-16.
- [11] 赵 杰, 赵士洞. 农牧交错带典型偏农区土地利用变化及

- 其原因分析——以奈曼旗尧勒甸子村为例[J]. 中国沙漠, 2003, 23(1): 73- 78
- [12] 王涛, 吴薇. 我国北方的土地利用与沙漠化[J]. 自然资源学报, 1999, 4(4): 355- 358
- [13] Zhang L F. The environmental problems and the way of sustainable agriculture in the agro-animal husbandry zone of North China[J]. J Hebei Agric Univ, 1994, 17(4): 64- 68
- [14] 张立峰. 论华北农牧交错带生态与经济建设的策略与途径[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 2054- 2056
- [15] 尤联元, 卢金发, 陈浩, 等. 以防沙治沙为目标的土地利用方式调整[J]. 地理研究, 2003, 22(6): 680- 686
- [16] 宝音陶格涛, 赵利华, 白永飞. 内蒙古多伦县土地利用现状分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2000, 31(5): 517- 520
- [17] T R, Hulme M, Lal M. Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment[R]. IPCC, Task Group on Scenarios for Impact Assessment, 1999: 6- 19
- [18] Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper [EB/OL]. <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm>. 1998 56
- [19] 左大康, 王懿贤, 陈建绥. 中国地区太阳总辐射的空间分布特征. 见: 左大康地理研究论文选[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 168- 185
- [20] 千怀遂, 李明霞. 沙漠化及其与气候变化和人类活动的关系[J]. 河南大学学报(自然科学版), 1994, 24(2): 63- 71
- [21] 刘连友, 王建华, 李小雁, 等. 耕作土壤可蚀性颗粒的风洞模拟测定[J]. 科学通报, 1998, 43(15): 1663- 1666
- [22] 张国平, 张增祥, 刘纪远. 中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析[J]. 地理学报, 2001, 56(2): 146- 158
- [23] 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. 草原生态系统研究[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 184- 226
- [24] 丁国栋, 蔡京艳, 王贤. 浑善达克沙地沙漠化成因、过程及其防治对策研究——以内蒙古正蓝旗为例[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(4): 15- 19
- [25] 王建革. 近代内蒙古农业制度体系的形成及其适应[J]. 中国历史地理论丛, 2001, 16(4): 105- 118
- [26] 肖洪浪. 河北坝缘筒育干润均腐土耕种过程中的退化研究[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 130- 134
- [27] 刘全友, 童依平. 北方农牧交错带土地利用现状对生态环境变化的影响——以内蒙古多伦县为例[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 1025- 1030

## Formation mechanism of land desertification and adjustment of land use in ecotone between agriculture and an imal husbandry in North China

Kang Xiangwu<sup>1,2</sup>, Wu Shaohong<sup>1</sup>, Yin Yunhe<sup>1,2</sup>, Yang Qinye<sup>1</sup>, Dai Erfu<sup>1</sup>

(1. Institute of Geography Science and Resource Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** Duolun county, in central Inner Mongolia Autonomous Region, was selected as a typical region of ecotone between agriculture and animal husbandry in North China, and its' climate data, land desertification and land use data were comprehensively analyzed to find the in-depth formation mechanism of land desertification. Through analyzing the weather data of recent 30 years by linear trend method, results showed that the regional climate change made for the restoration of land desertification, and climate change was not the main reason for land desertification expansion and aggravation. Analyzing land desertification and land use observation data by means of spatial overlay and terrain statistics methods, the result showed that there was not obvious land use pattern change such as overcutting or overcultivating in the research region, and the land area without change of land use pattern accounted for 95.98% of the total land area. The aggravation of land desertification degree mainly occurred in grassland and cultivatable land. The aggravation of desertification degree of these types land accounted for 55.16%, 25.92% and 10.31% of the whole, separately, and their sum accounted for 91.39% of total aggravation area of land desertification. Field survey and analyzing remote sensing, statistics etc. showed that cultivation in fall and use of agricultural machine gave rise to wind erosion of soil, and cultivation in successive years, plantation of economic crop such as sugar beet aggravated land degradation, then the heavy amount of yearly carrying livestock and traffic in grassland led to grassland degradation. Finally, according to these analysis results, land use adjustment plan was put forward.

**Key words:** land desertification; land use intensity; ecotone between agriculture and animal husbandry in North China; land use adjustment