

# 内蒙古中部地区退耕还林还草后植被与土壤性状的变化

杨 树, 温雨金, 刘鸿雁

(北京大学环境学院生态学系, 北京 100871)

**摘 要:** 北方农牧交错带中部的内蒙古乌盟一带退耕还林还草有 10 余年的历史。通过野外调查和实验室分析, 探讨了不同退耕还林还草模式和年限下植物群落和土壤性质的变化。结果表明: (1) 人为控制了苜蓿、沙打旺的种植周期的退耕还草工程使得退耕还草后植物群落完全不同于自然群落的演替过程, 退耕年限达到 6 年后严重退化指示植物才大量消失; (2) 退耕还林与退耕还草均起到了阻沙作用。但退耕还草在降低土壤砂含量方面效果相对明显; (3) 退耕还林还草所带来的植物物种多样性变化与土壤性状变化存在正相关关系, 说明土壤性状的改良与物种多样性的增加可能存在相互促进作用。可为制定合理的退耕还林还草政策提供科学依据。

**关键词:** 退耕还林还草; 生态恢复; 植被; 土壤; 农牧交错带

**中图分类号:** X171.1; S153

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-3409(2006)04-0143-03

## Ecological Effects of Mandatory Conversion of Marginal Farmland to Forestland and Grassland in Central Inner Mongolia

YANG Shu, WEN YU2jin, LIU Hong2yan

(Dept. of Ecology, College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Implementation of the policy / mandatory conversion of marginal farmland to forestland and grassland in central Inner Mongolia in Ulan Qab League of Inner Mongolia, which is situated in the key area of the agriculture-pasture transitional zone in northern China, has lasted for over 10 years. Based on field investigation and laboratory works, changes of soil and vegetation characteristics under different restoration mode and different duration of restoration were discussed. It is demonstrated that: (1) Due to human controlled planting of medick and erect milkvetch, the succession of plant community is quite different from its natural processes. After 6 years of restoration, indicators of serious degradation has declined remarkably; (2) Both conversions to forestland and grassland have contributed to preventing the release of sands from land surface, but this effect is more evident when converted to forestlands; (3) Changes of plant species diversity are positively correlated with changes of soil characteristics, implying that the improvement of soil feature might enhance the coexistence of plant species and high plant species diversity might improve soil conditions. The above results might contribute to a rational policymaking of / mandatory conversion of marginal farmland to forestland and grassland.

**Key words:** mandatory conversion of marginal farmland to forestland and grassland; ecological restoration; vegetation; soil; agriculture-pasture transitional zone

## 1 前 言

我国北方农牧交错带, 生态系统服务主要表现为防风固沙。这一服务的实现取决于植被覆盖、土壤质地等一系列因素。这一地区实施的退耕还林还草主要是通过植被的变化来改变土壤的性状, 达到恢复生态系统服务的目的。为此, 需要研究退耕还林还草过程中植被变化和土壤变化之间的关系及其对防风固沙的可能影响。

荒漠化是植被和土壤退化的综合表现。植被退化表现为覆盖度、种类多样性和生产力的变化, 土壤退化表现为机械组成、有机质含量和盐分含量等方面的变化 (Dregne, 2002)。植被退化和土壤退化是一个相互作用的过程, 如植被覆盖度的降低会影响到土壤物理和生物形状的改变 (Rodriguez, et al., 2005)。同样, 在荒漠化地区生态恢复过程中, 植被和土壤形状的变化也可能出现相互促进作用。目前

较多的研究工作集中在干旱、半干旱区不同地形条件以及不同土地利用方式下植被和土壤性质的差异 (Pando- Moreno et al., 2004), 对植被和土壤的动态关系研究较少。

在地处北方农牧交错带中部的内蒙古乌盟一带, 退耕还林还草有 10 余年的历史。然而, 迄今为止, 对退耕还林还草的生态效应只有零星的研究, 且主要集中在土壤性质变化方面 (苏永中等, 2002; 韩永伟等, 2003; 盛学斌, 2003)。由于基础研究薄弱, 在退耕还林还草的具体实施方面, 目前普遍存在一定的盲目性, 何处还林、何处还草、林草如何配置等, 仍然值得探讨。在北方农牧交错带东段的科尔沁沙地一带, 对退化生态系统的植被恢复机制有一定的研究基础, 特别是在人工固沙植物群落的冗余结构与补偿效应方面取得了进展 (姜凤歧等, 2002), 对探讨生态系统服务功能的改善机制有一定的指导意义。研究表明, 气候变化和土地利用、覆盖的变化是我国北方农牧交错带风沙活动的主要驱动因素 (史培

\* 收稿日期: 2005-08-24

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40471123) 资助

作者简介: 杨树 (1982-), 硕士在读, 现在德国德累斯顿技术大学学习。

军等, 2001)。通过北方农牧交错带关键地段退耕还林还草生态效应研究, 可以为制定正确的退耕还林还草政策以及合理开展生态效益补偿提供理论基础。

## 2 研究概况以及退耕还林还草的历史与措施

本文选择农牧交错带中段的内蒙古四子王旗。隶属典型草原与荒漠草原的过渡带的内蒙古四子王旗是北方农牧交错带中段的农区北界, 生态问题突出。该旗地处乌兰察布盟西北部、阴山北麓风蚀沙化区, 是内蒙古自治区乌兰察布盟最大的以牧为主、农牧结合的旗县。全旗历年平均降水量为 150~ 300 mm, 无霜期不足 110 d, 农区属于典型的旱作农业区, 牧区一大部分为荒漠化草原。80 年代以来, 该旗有 172 万  $\text{hm}^2$  土地不同程度的退化沙化, 退化沙化面积已占到该旗总面积的 67% (四子王旗林业部内部资料)。

1994 年开始, 四子王旗开始大面积退耕种树种草。1996 年以前退耕还草模式中采用 10 m 草带 1 m 柠条带交替种植, 后来经过探索逐步调整为 6 m 草带 1 m 柠条带, 直至 2000 年退耕还草模式基本确定为 4 m 草带 1 m 柠条带。退耕还草以五年为周期种植苜蓿、沙打旺, 截止到 2002 年该旗累计退耕种树种草 13.8 万  $\text{hm}^2$ 。人工林建设始于 20 余年前的 三北防护林<sup>0</sup>, 主要树种有榆和杨。

## 3 研究方法

在内蒙古四子王旗研究区内选取不同退耕还林还草年限的代表性地点 53 个。退耕年限根据柠条带宽度并结合实地咨询确定。其中退耕 1 年、2 年样地各 5 个, 退耕 3 年、8 年样地、人工林地和天然草地样地各 6 个, 退耕 4 年样地 7 个, 退耕 10 年样地 2 个, 另外选择耕地和撂荒地样地作为参照。植被调查采用样方法, 每个样方根据全球定位系统 (GPS) 记录经纬度、海拔以及土地利用状况, 并测量记录各物种的名称高度、德氏多度、盖度。

在每一个取样点, 应用梅花型取样方法采集表土 (0~ 5 cm) 样品充分混合并收集, 采样量约为 200 g。

实验室分析包括土壤粒度分析和土壤有机碳 (TOC) 分析。土壤粒度分析采用激光粒度分析仪, 土壤总有机碳分析采用电热板加热- 重铬酸钾容量法。

在本研究中, 采用二歧指示种分析 (TWINSPAN) 对样方资料进行分类, 使用的软件为康奈尔生态程序 (Cornell Ecological Program) 的相关程序。采用的数据为样方内不同种类的重要值矩阵。重要值的计算根据以下公式:

$$\text{重要值} = \frac{\text{相对多度} + \text{相对盖度} + \text{相对高度}}{3}$$

群落内植物种类多样性的计算采用香农- 维纳指数 (Shannon- Wiener Index) 来表示, 其计算公式为:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

式中:  $H'$ ))) 香农- 威纳指数;  $i$ ))) 样本中的物种数,  $P_i$ ))) 各个物种的重要值。

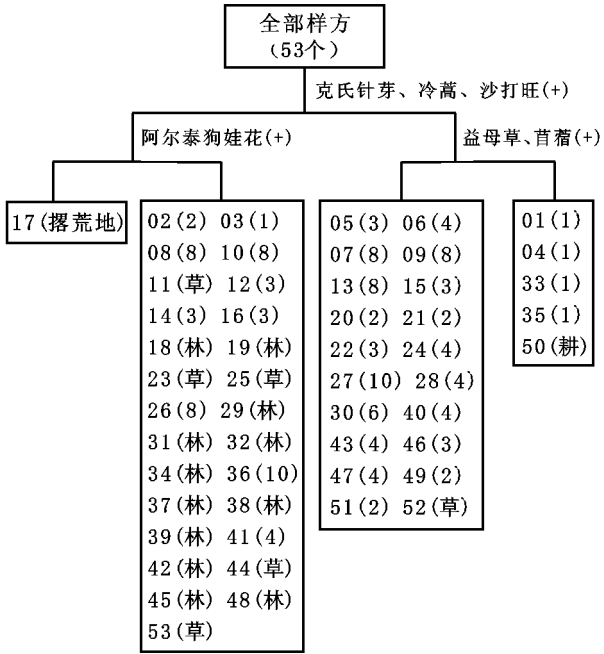
## 4 不同退耕还草年限下的植被变化

### 4.1 群落的 TWINSPAN 分类

对 53 个样方进行分类, 分类结果如图 1 所示:

从 TWINSPAN 的分类结果来看, 可以划分为三个级别。第一级别以克氏针茅 (*Stipa krylovii*)、沙打旺 (*Astragalus adsurgens*) 和中等退化指示植物冷蒿 (*Artemisia frigida*) 为指示种划分出来。第二级别中以中等退化指示植物阿尔泰狗娃花 (*Heteropappus altaicus*) 将撂荒地与林地和退

耕还草地加以区分, 严重退化指示种益母草 (*Leonurus japonicus*) 和人类活动指示种苜蓿 (*Medicago sativa*) 将退耕年限不同的样方区别出来。



(图中括号外数字为样方序号, 括号内数字为退耕年限, 林表示退耕还林地, 草表示天然草地。图中植物名称为二歧分类的指示种, + 号表示出现该种植物)

图 1 样方的 TWINSPAN 分类图

由图 1 可以看出, 在不同的退耕年限下, 群落的种类组成已经发生了分异。综合分析野外样地资料表明, 退耕年限达到 6 年的样方中严重退化指示植物刺楸 (*Chenopodium aristatum*)、鹤虱 (*Lappula myosotis*)、黄蒿 (*Artemisia annua*)、益母草 (*Leonurus japonicus*) 已经消失了, 在一定程度上显示了土地退化的恢复。狗尾草、猪毛蒿、阿尔泰狗娃花 3 个物种在所有退耕年限样方中均有出现, 构成了草本植物的主体, 苜蓿、沙打旺作为优势种出现是人为种植作物的结果。在林地中, 大量的多年生草本植物出现, 如东亚唐古草 (*Thalictrum minus*)、鳞萼棘豆 (*Oxytropis squamulosa*)、米口袋 (*Gueldenstaedtia verna*)、乳浆大戟 (*Euphorbia esula*)、旱麦瓶草 (*Silene jennisensis*)、黄芩 (*Scutellaria baicalensis*)、董色早熟禾 (*Poa annua*) 等。由于退耕还林地中一直没有禁牧, 一年生的严重退化指示植物仍然较多出现。

### 4.2 群落内物种多样性的变化

分别计算林地 (按退耕年限 20 年处理, 下同) 与退耕还草样地的 Shannon- Wiener 指数, 对不同退耕年限样地计算均值和标准差, 结果如图 2 所示:

由图 2 中看出还林还草样方比较起来, 虽然 Shannon- Wiener 指数均值波动不大, 但仍然可以看出林地样方的 Shannon- Wiener 指数最高, 从物种多样性角度考虑, 退耕还林的成效应该优于退耕还草。

## 5 退耕还林与退耕还草模式下土壤性状变化

### 5.1 退耕还林与退耕还草对土壤砂、粉砂和黏土含量的影响

对不同退耕年限样地的土壤计算均值和标准差, 结果如图 3、图 4 和图 5 所示。

砂含量的降低是退耕还林还草生态效应的重要体现。

从图 3, 4, 5 中可以看出不同年限退耕还草对土壤砂(0.063 ~ 1 mm)、粉砂(0.002 ~ 0.063 mm)和黏土(< 0.002 mm)含量的影响是有波动的, 然而林地与退耕还草相比没有能带来土壤砂含量的显著下降, 由于退耕还林的效果至少需要 20 年时间才能得到明显体现, 如果仅从均值以及时间方面考虑的话, 显然退耕还草防沙效用要好于退耕还林。

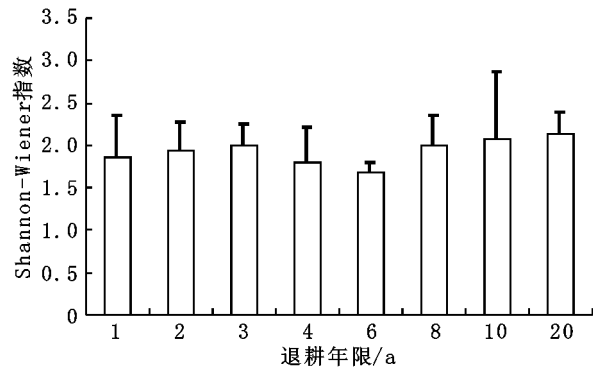


图 2 不同退耕年限下植物群落的物种多样性

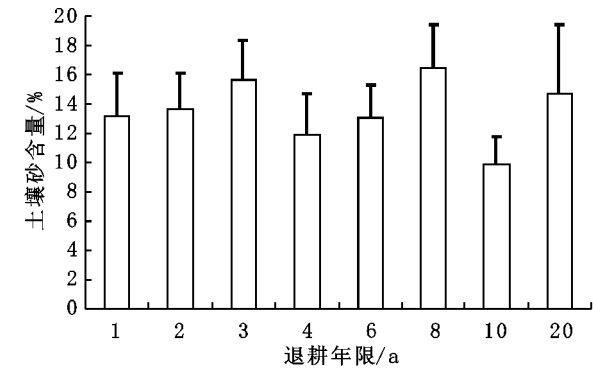


图 3 不同退耕年限下土壤砂含量

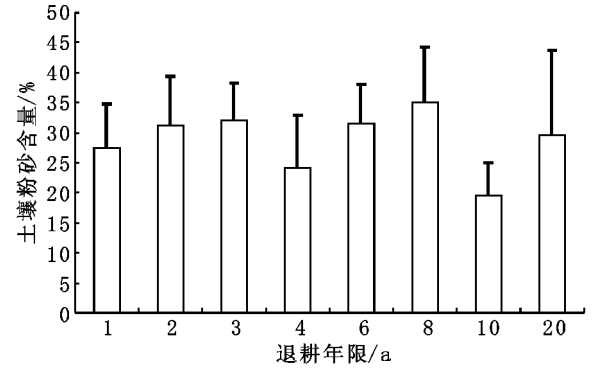


图 4 不同退耕年限下土壤粉砂含量

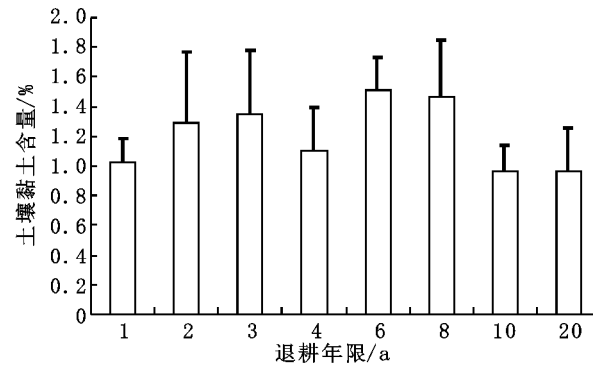


图 5 不同退耕年限土壤黏土含量

此外, 从图 3、4、5 中可以看出由于以 5 年为周期人为种

植苜蓿导致土壤中砂、粉砂和黏土含量以 5 年为周期变化, 每 5 年出现最低值。

5.2 土壤 TOC 与总氮含量分析

对不同退耕年限样地计算均值方差, 结果如图 6 所示。

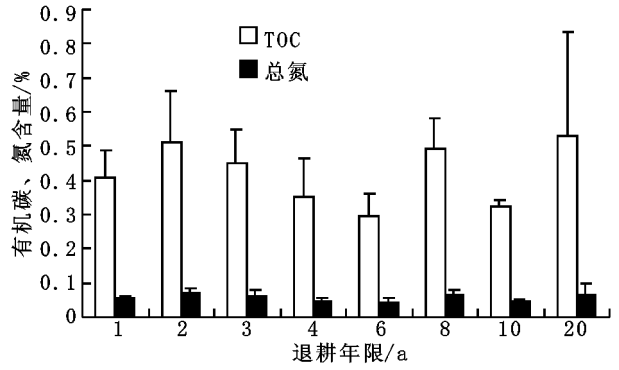


图 6 不同退耕年下土壤总有机碳 (TOC) 与氮含量

土壤 TOC 是土壤性状改良程度的有效指示。从图 6 中可以看出, 由于受到以 5 年为周期人为种植苜蓿的影响, 退耕还草对土壤性状的改良波动很大, 退耕还林对土壤改良效果相对优于还草。虽然豆科植物苜蓿具有固氮作用, 但土壤中氮含量具有与总有机碳类似的变化过程, 进一步说明周期性种植苜蓿对土壤性状的影响也具有周期性。

6 植被恢复与土壤恢复的关系分析

对相同退耕年限样方土壤 TOC 与 Shannon- Wiener 指数作相关分析, 结果如图 7 所示。

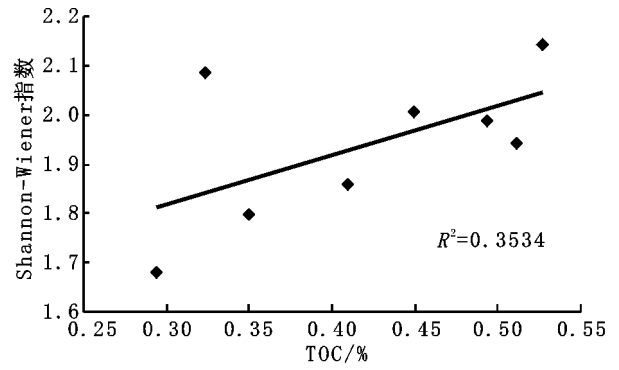


图 7 相同退耕年限样方土壤 TOC 与 Shannon2Wiener 指数

从图 7 中可以看出, 在植被恢复过程中, 土壤 TOC 与 Shannon- Wiener 指数呈正相关趋势,  $R^2$  达到 0.35, 说明土壤性状的改良与物种多样性的增加可能具有相互促进作用。研究表明, 这一地区的土壤退化主要表现为质地粗化, 有机质和营养元素丧失, 土壤恢复过程早期较快, 而后变慢 (Zhao et al., 2005)。种植多样化草本植物可能能够较快地促进土壤性质的改良, 从而更好地恢复其生态系统服务。

7 结 论

通过本研究可以得到以下初步结论:

(1) 人为控制了苜蓿、沙打旺的种植周期的退耕还草工程使得土壤性状也具有周期性变化。虽然对土壤性质改良没有显著效果, 但却使得退耕还草后植物群落完全不同于自然群落的演替过程, 退耕年限达到 6 年后严重退化指示植物消失。

(2) 退耕还林与退耕还草均起到了阻沙作用。物种多样性与土壤有机质含量、土壤氮含量等方面的结果表明, 退耕还林的成效优于退耕还草。但退耕还草在降低土壤砂含量

(下转第 149 页)

为 340 min 和 400 min, 泥石流流量最大时间为 480 min, 说明了泥石流形成过程存在滞后性。

3 结 论

本文从土体抗剪切应力与剪切应力之间的关系提出了坡面泥石流起动模式, 并与分布式水文模型理论相结合, 建

参考文献:

[ 1 ] 吴积善, 康志成, 田连全, 等. 云南蒋家沟泥石流观测研究[ M]. 北京: 科学出版社, 1990.

[ 2 ] 谭万沛. 中国暴雨泥石流预报基本理论与现状[ J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2 ( 1 ): 89- 95.

[ 3 ] 费祥俊, 舒安军. 泥石流运动机理与灾害防治[ M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[ 4 ] 唐邦兴, 周必凡, 吴积善, 等. 中国泥石流[ M]. 北京: 商务印书馆, 2000.

[ 5 ] 余斌, 洪勇, 何淑芬. 降雨泥石流预报的研究[ J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 96- 99.

[ 6 ] 魏永明, 谢又予. 降雨型泥石流( 水石流) 预报模型研究[ J]. 自然灾害学报, 1997, 6(4): 48- 54.

[ 7 ] 崔鹏, 等. 中国泥石流监测预测研究现状与展望[ J]. 自然灾害学报, 2000 , 9 ( 2 ): 10- 15.

[ 8 ] 高速, 周平根, 董颖, 等. 泥石流预测、预报技术方法的研究现状浅析[ J]. 工程地质学报, 2002, 10 ( 3 ): 279- 283.

[ 9 ] 王裕宜, 詹钱登, 严璧玉, 等. 泥石流流体结构和流变特性[ M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2001.

[ 10 ] 胡明鉴, 汪稔, 张平仓. 斜坡稳定性及降雨条件下激发滑坡的试验研究))) 以蒋家沟流域滑坡堆积角砾土坡地为例[ J]. 岩土工程学报, 2001, 23( 4 ): 454- 457.

[ 11 ] 鲁晓兵, 崔鹏. 泥石流启动分析[ J]. 力学与实践, 2001, 23( 6 ): 21- 23.

[ 12 ] 王中根, 刘昌明, 吴险峰. 基于 DEM 的分布式水文模型研究综述[ J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 168- 173.

[ 13 ] 唐莉华, 张思聪. 小流域产汇流及产输沙分布式模型的初步研究[ J]. 水力发电学报, 2002, 第 1 期( 专刊 ): 119- 127.

[ 14 ] 夏军, 王纲盛, 吕爱峰, 等. 分布式时变增益流域水循环模拟[ J]. 地理学报, 2003, 58(5): 789- 796.

[ 15 ] 陈宁生, 张军. 泥石流源区弱固结砾石土的渗透规律[ J]. 山地学报, 2001, 19(1): 169- 171.

[ 16 ] C M 弗莱施曼. 泥石流[ M]. 北京: 科学出版社, 1986.

[ 17 ] Tribe A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method[ J]. Journal of Hydrology, 1992, 139(1/4): 263- 293.

[ 18 ] Turcotte , Fortin J P, Rousseau A N, et al ., Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network[ J]. Journal of Hydrology, 2001, 240(3~ 4): 225- 242.

[ 19 ] 吴积善, 等. 泥石流及其综合治理[ M]. 北京: 科学出版社, 1993.

[ 20 ] 白永峰. 成昆线暴雨泥石流预报量化方法的探讨[ J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, . 4 ( 3 ): 67- 72.

[ 21 ] Thomas C. Pierson. Flow characteristics of large eruption- triggered debris flows at snow- clad volcanoes: constraints for debris- flow models[ J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1995, 66: 283- 294.

[ 22 ] L Franzi , G Bianco. A Statistical Method to Predict Debris Flow Deposited Volumes on a Debris Fan[ J]. Phys. Chem. Earth, 2001, 26( 9 ): 683- 688.

[ 23 ] A H Schumann, R Funke, G A. Schultz Application of a geographic information system for conceptual rainfall-runoff modeling[ J]. Journal of Hydrology, 2000, 240: 45- 61.

[ 24 ] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所. 泥石流研究与防治[ M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1989.

( 上接第 145 页)

方面效果相对明显。性状变化存在正相关关系, 说明土壤性状的改良与物种多样性的增加可能存在相互促进作用。

(3) 退耕还林还草所带来的植物物种多样性变化与土壤

参考文献:

[ 1 ] Zhao WZ, Xiao HL, Liu ZM, et al. Soil degradation and restoration as affected by land use change in the semiarid Bas2 hang area, northern China[ J]. Catena, 2005, 59 ( 2 ): 173- 186.

[ 2 ] Dregne H E. Land degradation in the drylands[ J]. Arid Land Research and Management, 2002, 16 ( 2 ): 99- 132.

[ 3 ] Rodriguez A R, Mora J L, Arbelo C, et al. Plant succession and soil degradation in desertified areas ( Fuerteventura, Canary Islands, Spain) [ J]. Catena, 2005, 59 ( 2 ): 117- 131.

[ 4 ] Pando- Moreno M, Jurado E, Manzano M, et al. The influence of land use on desertification processes[ J]. Journal of Range Management, 2005, 57 ( 3 ): 320- 324.

[ 5 ] 韩永伟, 韩建国, 王堃, 等. 农牧交错带退耕还草对耕作层土壤磷、钾含量的影响[ J]. 草地学报, 2003, 11(3): 228- 233.

[ 6 ] 姜凤岐, 曹成有, 曾德慧. 科尔沁沙地生态系统退化与恢复[ M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.

[ 7 ] 盛学斌, 刘云霞, 孙建中. 农牧交错带土壤及某些表生植被特性变异与荒漠化的相关性- - 以冀北康保县为例[ J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 909- 910.

[ 8 ] 史培军, 严平, 袁艺. 中国北方风沙活动的驱动力分析[ J]. 第四纪研究, 2001, 21(1): 41- 47.