

中国北方农牧交错区研究展望

王石英, 蔡强国, 吴淑安
(中科院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 近年北京和华北地区的沙尘灾害天气引起了广泛关注, 其上风向地区的农牧交错区不但是防护的重要屏障, 也是沙尘的源地之一。为了减轻农牧交错区本身的生态压力和环境恶化, 需要明确其范围、界线、发展历史和治理方式。综述了上述中国北方农牧交错区的研究进展, 并展望了农牧交错区研究中比较紧迫的区域和研究方向。在研究的领域当中, 荒漠化及物质迁移仍然是持续研究的基础, 景观(土地利用)变化及其模拟和水土保持等生态恢复研究是针对性较强的研究内容; 在农牧交错区中, 河北坝上地区和内蒙古乌兰后山、长城沿线、毛乌素和科尔沁等农牧交错地带是重点的研究区域。

关键词: 中国北方农牧交错区; 可持续发展; 研究进展; 生态环境

中图分类号: **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2004) 04-0138-05

Advances in Agro-pastoral Zone of Northern China: an Overview

WANG Shi-ying, CAI Qiang-guo, WU Shu-an
(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Researches, Beijing 100101, China)

Abstract: The disaster of dust storm in Beijing region and northern China has a wide social influence in recent years. The agro-pastoral transitional zone in the windward regions of these regions is the pivotal belt to prevent the natural disaster meanwhile it is one of the sand sources of the dust storm. The location, borderline development processing and management methods of agro-pastoral zone are necessary to the study for alleviating the ecological pressure and environment deterioration. It reviews advances in the mentioned fields and presents an overview of the fragile areas need to be managed urgently and some directions which absorb the concentration of the study. Among these the study of desertification mechanism and the processing of mass movement are the basic for sustained study, it is necessary to rehabilitate and recover ecologically such degraded areas in the field of landscape (and or land use) changes and simulates, soil and water conservation. Some regions should be managed as soon as possible in the agro-pastoral zone, such as Bashang Highland in Heibe Province and Houshan of Wulanchabu League in Inner Mongolia, the areas alone the Great Wall, Maowusu sandy land and Kerqin sandy land.

Key words: agro-pastoral transitional zone in northern China; sustainable development; advance of study; ecological environment

近年京津地区和华北遭受了严重的沙尘暴袭击, 引起社会的广泛关注。经卫星影像和地面气象观测站监测, 近距离的沙尘来自于内蒙古草原、黄土高原和河西走廊一带^[1,2]。这些地区和中国北方农牧交错区分布的范围非常接近甚至重合。因此农牧交错区是华北地区防沙治沙的第一道生态屏障。作为生态脆弱区和经济不发达地区, 农牧交错区的生态稳定性是遏制荒漠化发展的重要区域。本文综述了中国北方农牧交错区的研究进展, 并展望了关于防治和发展中的主要研究内容和防治研究的几个关键区域。

1 中国北方农牧交错区

中国北方农牧交错区的研究发轫于赵松乔^[3], 周立三、吴传钧^[4], 周廷儒^[5]先后展开了研究。1990 年代以后, 随着河北坝上^[6]和内蒙古后山^[7]、陕北长城沿线^[8]、毛乌素地区^[9]、

科尔沁地区^[10]和持续的黄土高原水土保持研究^[11-13]以及中国东北样带^[14]的研究, 农牧交错区的区域研究呈现多元化的局面。

1.1 中国北方农牧交错区的位置和范围

出于不同的研究目的, 农牧交错带有不同的划分方案, 相应的面积和界线就有一定差别(表 1)。

总之, 受气候和地貌双重因子的控制, 呈东西带状展布, 北起大兴安岭西麓, 经河北坝上、内蒙古后山, 晋陕蒙交界地带, 黄土高原北部, 到甘南。年均气温 2~8℃, 年降水在 250~500 mm 之间, 降水变率在 20%~50%。是半湿润区和干旱区、高原和平原或盆地、农区和牧区、森林草原或灌木草原和荒漠草原的过渡地带, 自然灾害的类型在带的两侧也有着显著的差异^[25]。环境敏感性强, 退化明显, 风、旱、冻、雪灾害频繁发生, 生产环境不稳定, 农业制度波动性大, 经济文化落

① 收稿日期: 2004-07-10
基金项目: 科技部“典型区域水土资源优化配置和可持续高效利用研究”(FS2000-007)项目
作者简介: 王石英(1970-), 男, 博士生, 主要研究区域环境与地理信息系统。

表 1 对中国北方农牧交错区范围和特征的主要观点

| 作者、来源 | 农牧交错区范围和界限 | 内部特征 | 时间 |
|-------------------------|---|--|------|
| 罗承平、薛纪瑜 ^[15] | 北起大兴安岭西麓呼伦贝尔,向西南延伸,经内蒙古东南、冀北,直至陕北、鄂尔多斯高原的从半干旱区过渡的广阔地带 | 从空间格局上看,该地带农牧镶嵌分布,从时间序列上看,地带内时农时牧,农业制度波动性大。环境敏感性强,环境退化明显 | 1995 |
| 张兰生、方修琦 ^[16] | 是我国境内对全球变化半敏感的生态系统过渡带,主体部分位于长城沿线的内蒙古东南部、冀、晋、陕北部和鄂尔多斯地区,是从半干旱区向干旱区过渡的地带 | 区内年 400 mm 降水量保证率为 20% ~ 50%,年平均为 2 ~ 8 ;干草原的界线在本地带范围内发生摆动。有农有牧,而且时而农时而牧。在一定的意义上讲,中国北方的农牧交错带相应于非洲的萨赫尔地带 | 1997 |
| 程序 ^[17] | 农牧交错带是我国北方半湿润农区与干旱、半干旱牧区接壤的过渡带 | 同干燥度为 1.5 ~ 3.49 的“半干旱区”基本吻合,大体处于年降水 250 ~ 500 mm 的两条等雨线之间 | 1999 |
| 刘公社 ^[18] | 北起大兴安岭西麓呼伦贝尔,向西南延伸,经内蒙古东南、河北、山西北部、内蒙古鄂尔多斯、陕北,直达甘肃。正好处于我国东北平原、华北平原和黄河流域农区向内蒙古高原及青藏高原牧区过渡的地带,属于半干旱区向干旱区过渡地带,其面积约有 44 万 km ² , 占国土面积的 4.58% | 农牧业并重。由于地处交错地带,当地人民既要种地又要放牧,其农业技术不如纯农区,畜牧业技术也赶不上纯牧区。面临的问题是北方草地所面临的诸多问题的缩影,它对我国农业整体的持续发展是一个严峻的挑战 | 1999 |
| 史德宽 ^[19] | 分布于我国西部牧区和东部农区之间,大致以 400 mm 等雨线为中轴,分别向两侧扩展到 300 mm 和 550 mm 等雨线,即从东北大兴安岭起经白城、通辽、赤峰、张家口、大同、榆林、兰州、西宁、玉树直到拉萨。包括大兴安岭南端、内蒙古高原的南缘、燕山山脉、黄土高原、甘南、川西、青海和西藏东部高原地区,总面积约 1 亿 hm ² | 既是牧区向农区的过渡带,又是干旱区向湿润区的过渡带,也是高原区向平原和盆地地区的过渡带。地处我国东部地区的风、水源头,地下矿藏、水力资源丰富,是农区和牧区的经济纽带 | 1999 |
| 王静爱等 ^[20] | 是分隔我国东北、华北农区与天然草地牧区的生态过渡带,即年平均降水量 250 ~ 500 mm 的半干旱地区,跨越内蒙古、辽宁、河北、山西、陕西、甘肃、宁夏、青海 8 个省(区),包括 177 个县(旗)、4 个县级市、20 个市辖区,总面积约 69 × 10 ⁴ km ² | 气候多变,降水极不稳定,年降水概率一般为 25% ~ 50%;受气候(季风尾间区)和地貌(山地丘陵区)双重因素影响,自然上的森林草原与灌木草原向荒漠草原过渡,人文上为农区向牧区的过渡。几乎全带的土地利用都是牧农(林)交错,但存在着由东南农牧交错区向西北牧农交错的过渡。带内受地貌造成的水热再分配的影响,仍然表现为农牧林交错的土地利用特征 | 1999 |
| 张殿发、李凤全 ^[21] | 北起大兴安岭西麓呼伦贝尔,向西南延伸,经内蒙古东南、冀北、晋北,直至陕北、鄂尔多斯高原,是从半干旱区向干旱区过渡的广阔地带。 | 地带内农牧镶嵌分布,时农时牧,农业制度波动性大。自然环境表现出过渡性和多样性的特点,气候类型由东北部半湿润大陆性季风气候向西南逐渐演变为半干旱典型大陆性季风气候,年均气温 2 ~ 8 ,大部分地区降雨量在 235 ~ 450 mm 之间。原生自然景观为森林草原植被和草原植被,但原生植被保存较少 | 2000 |
| 唐克丽 ^[22] | 我国大面积的风蚀地区中对人类活动影响较大的地区有 30 ~ 40 万 km ² ,这类地区地处我国北部、西北部的沙漠南缘,与水蚀地区连接,形成了水蚀风蚀过渡带,在土地利用上属农牧交错区 | 水蚀和风蚀交错地区的侵蚀包含有风力和水力的两相侵蚀,称之为风蚀交错区 | 2000 |
| 中国科技部 ^[23] | 大兴安岭中南段两侧,经辽西丘陵,接坝地区,晋陕蒙接壤地区,黄河中游干流两侧,黄土高原中北部,向西经河西走廊东南部,接川西高原东部,横断山中轴部,沿金沙江干流两岸,到川滇黔交界地带 | 降水年变率大,生物多样性丰富,是生态过渡带、东部生态的屏障,带内荒漠化加剧,农牧界线摆动,经济文化落后 | 2000 |
| 赵艳霞等 ^[24] | 根据气候条件和长期的农业生产活动,认为当前农牧交错带的位置在东北、河北、山西、陕西与内蒙古之际以及宁夏南部和甘肃中部,其东南界限由呼伦贝尔高原东部沿大兴安岭西,转向大兴安岭南山前平原,经乌兰浩特、泰来、杜尔伯特、通榆、赤峰、围场、张家口坝上、大同、河曲、环线北、固原北、会宁北、兰州南;其西北界线沿海拉尔偏西、锡林郭勒东部、西乌、王盖庙、化德、乌兰察布后山、包头偏东、伊克昭盟东部、盐池东、宁夏中南至兰州北 | 温度和光照都能满足作物生长所需的基本条件,不是限制因子,而水分是决定农业生产的限制因素 | 2001 |

后。中国北方农牧交错区在我国农业生态上具有举足轻重的地位,发挥着中、东部平原农区的生态屏障、阻隔荒漠南侵以及为流向农区的江河涵养水源等作用。但由于人为干预的失控,农牧交错带反而成为生态环境破坏的受害者,以至被称为“生态环境脆弱带”和“生态危急带”。

1.2 中国北方农牧交错带的特征

1.2.1 形成时间

由于农牧交错区处在夏季风区边缘,有人认为形成时间可以追溯到更新世中期现代季风形成时出现^[15]或草原栗钙土的形成时间^[26]。但真正农牧交错带的历史只有 3 000 多年^[27]。自秦汉唐代开始屯田戍边以来,经明、清朝大规模的军垦,以及东汉、晋、五代、宋辽、西夏时期游牧民族的南下,农耕与游牧相替消长,逐渐形成犬牙交错格局。明朝修筑(今)长城,清朝于康熙、咸丰年间分别开“边禁”,及清末民初及建国以来的大量垦荒,造成农牧交错带的北界不断北移,跨度不断加宽,成为一种独特的农业地理景观^[17]。

1.2.2 过渡性

农牧交错带的生态实质是农业和牧业的两个区域生态系统中“突发转换”的空间。例如京津北部农牧交错带内,气候从东南部暖温带半湿润大陆性季风气候向西北北逐渐过渡到中温带半干旱大陆性气候,多年平均降水量由 600 多 mm 逐渐减少到 150 mm,多年平均蒸发能力变化在 1 800 ~ 2 100 mm,多年平均气温由 11.5 降低到 0 ,无霜期由 190 d 减少到 80 d,而日照时数则由年 2 700 h 逐渐增加到年 3 100 h,年总辐射由 544 kJ 增加到 586 kJ,农作物则由一年两熟——两年三熟——长短单季,逐渐由农业区过度到牧业区,土壤类型也由南部的潮土、褐土、棕壤向北逐渐变成栗钙土、沙土。

1.2.3 景观多样性

在植被类型上,森林带与过渡带的界线,以坝缘山地为界,在森林带内,占优势的植被类型是蒙古栎林、棘皮桦林和油松林,草原带与过渡带的界线,北齐锡林郭勒熔岩台地的东缘,向南经曼达西勒丘陵,再折向西南多伦与正蓝旗之间通过,草原带的南半部为浑善达克沙地,植被为榆树疏林草原^[28]。

1.2.4 脆弱性

度量脆弱带人地关系运行状态的脆弱度指标可归纳为具有相互联系但各有侧重的土地荒漠化,自然灾害,人口压力和系统敏感性等方面^[29]。表现在年降水量少,降水年际变异系数可大于 0.3,水分条件呈现不稳定性^[30],春季干旱,7 ~ 8 级大风日数一般在 30 ~ 80 d^[31],导致生态系统恶化,生态平衡失调;疏松沙质沉积物为主的地表组成物质为该地沙漠化发展创造了条件^[32]。坝上安固里淖水域面积是 20 余年前的十几分之一^[33]。

1.2.5 界线的波动性

农牧交错带对扰动响应的时间间隔短,坝上高原 50 年代还有水草丰美的优质牧场,仅仅 40 多年时间,由于人类活动的不合理垦殖,现在牧草高度只有 10 ~ 30 cm,可食草比例减少,草场载畜能力急剧下降^[15]。因此,当环境发生变化或农牧交错带内人地关系紧张时,交错带的响应不仅使北方内部的景观构成发生变化,也会使整个带的地理分布发生改变,在空间上表现为面积的变化或是界线的波动^[29]。

2 中国北方农牧交错区的研究展望

2.1 风蚀机制及物质迁移研究

我国风蚀的研究最初是着重干旱地区风沙的活动规律、农田沙害的治理和交通干线的防护,整治的思路主要是采取生物措施固定沙丘,或营造农田防护林防风固沙,在河滩地上,还注意了水利建设措施^[33]。中国的区域性风蚀强度及其研究方法取得了长足的进展^[34]。研究方法上,从野外调查,例如观察暴露的树根,侵蚀地表厚度,建筑物地基侵蚀厚度估算风蚀量,发展到严格的用沉积盘或陷阱诱捕等规范方法。同时,利用精准仪器测量地形变化以间接地反映风蚀强度,也使用风洞和数值模拟^[35-36]进行试验。也有一些较新的研究思路,例如对比分析风蚀物和未受风蚀的土壤粒径分布的变化来推测风蚀量。区域风蚀估算主要在野外试验基础上用回归模拟。使用¹³⁷Cs 测定,中国干旱半干旱地区风蚀强度为 600 ~ 8 000 t/(km²·a),相当于地表被侵蚀 0.4 ~ 5.3 mm^[37],与欧洲农田风蚀量基本相当。风蚀研究的难度还表现在迄今还没有类似 USLE 的简易风蚀强度方程。

2.2 景观格局(土地利用)变化研究

景观是不同尺度上具有异质性和斑块性的空间单元,其概念适合于宏观的生态分析^[38],在大区域尺度上,景观(土地利用)荒漠化过程使整个景观格局和格局多样性趋向复杂^[39]。反过来,景观和景观中斑块的格局通过影响边界长度和组合状况,进而影响沙漠化过程中各种生物学和生态学过程^[40]。因此,景观格局在荒漠化研究中具有重要作用,可应用于评价荒漠化发生状况、类型及其程度^[41];确定荒漠化地区景观变化的主要驱动力,寻求最优的土地利用方式;确定荒漠化地区的干扰性质和演替方向^[42]。近期 TM 影像和航片分析表明,中国农村斑块的数量和形状都发生了显著变化^[43],北方农牧交错区与西北绿洲农业区由于生产条件、经济利益和气候变化等原因,耕地开垦现象最为突出,侵占了不少土地^[44,45]。

2.3 环境修复和植被重建方面的研究

2.3.1 沙区水土资源高效利用与节水技术

农牧交错区水土资源高效利用和节水是防沙治沙、影响当地经济发展的关键,通过典型地区水土资源态势分析和环境状况评价,提出区域水土资源利用存在的微体及发展潜力;引进节水和雨水利用技术,因地制宜建立和推广各种水源涵养与水源保护模式,研究总结不同生态环境类型区水土资源高效利用模式与配套技术体系。

2.3.2 生态用水测定技术与主要植被类型生态用水量

主要是集成旱生植被生态用水测定的技术与方法,探讨不同生态环境类型区主要植被种类,生长情势,密度,生物量和分布特征,进行主要植物,典型生态群落,典型防护林与水分条件的耦合关系方面的研究,以确定生态环境类型区主要植被的生态用水量。

2.3.3 水土资源优化配置与可持续高效利用研究

以防沙治沙、发展当地经济为目标,根据自然要素的差异,考虑土地利用特点与结构,重点突出敏感地域,进行首都圈生态环境类型区划分,探讨不同生态环境类型区水土资源优化配置与可持续高效利用。包括:首都圈生态环境类型区划分,不同生态环境类型区水土资源利用现状评价及潜力分析,不同生态

环境类型区水土资源的优化配置与可持续高效利用。

2.3.4 不同自然带内生态安全条件下的土地利用结构

分析区域生态安全态势,从土地适宜性和限制性角度完成不同生态环境类型区的生态安全评价。编制首都圈不同生态环境类型区生态安全条件下的土地利用格局图;研究不同生态环境类型区土地利用与土地覆被变化的趋势,提出土地利用结构调整方案,土地合理利用途径和防沙治沙措施,在土地利用现状图和土地利用格局图的基础上,编制首都圈不同生态环境类型区防沙治沙景观格局图。包括:不同自然带内生态安全阈值及生态安全评价,不同自然带内生态安全条件下的土地利用格局,图同生态安全条件下的土地利用与防沙治沙景观格局。

2.3.5 生态修复的理论和技術

主要思路为做好科学的还林还草工作,大范围地恢复自然植被。近期内应突出重点,集中力量减轻和防止强沙尘天气对京津地区的危害。实施西部开发战略应重视生态环境建设,要把生态效益、经济效益、社会效益结合起来考虑。建立和完善沙尘天气的动态监测、预警系统,做好防灾减灾的科学研究工作,相应地展开退耕还林、建设防护林、生态移民^[46-48]。中国的荒漠化防治已有较长的历史,建国后积累了丰富的防治办法和措施,例如建设防护林及农林复合业管理,布设草方障防护篱,干旱区节水灌溉,牧场飞播,太阳能温室利用农业技术,干旱区可持续农耕技术,流动沙丘生物固定方法,交通干线防护,盐碱地治理,风能利用,引水拉沙和推广传统农业中的实用技术等^[49]。

2.4 研究的主要区域

按照文献^[50],北方农牧交错区面积宽广,共 206 县(市、旗), $70.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其中具有研究基础和需要紧急治理的区域即成为研究的重点区域。包括河北坝上和乌蒙后山地区,内蒙古长城沿线,毛乌素沙地,科尔沁沙地。

参考文献:

[1] 高庆先,李令军,张运刚,等.我国春季沙尘暴研究[J].中国环境科学,2000,20(6):495-500.
[2] 邱新法,曾燕,缪起龙.我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径[J].地理学报,2001,56(3):316-322.
[3] 赵松乔.察北、察盟及锡盟一个农牧过渡地区经济地理调查[J].地理学报,1953,19(1):43-60.
[4] 周立三,吴传钧,赵松乔.甘青农牧交错地区农业区划初步研究[M].北京:科学出版社,1958.
[5] 周廷儒,张兰生,等.中国北方农牧交错带全新世环境演变及预测[M].北京:地质出版社,1992.
[6] 朱震达.最近十年来我国北方农牧交错地区土地沙质荒漠化发展趋势的一例[J].中国沙漠,1994,14(4):1-6.
[7] 陈广庭.内蒙古乌蒙后山土地沙漠化地区地貌特征[J].中国沙漠,1989,9(2):25-70.
[8] Yansui Liu, Jay Gao, Yanfeng Yang. A holistic approach towards assessment of severity of land degradation along the Great Wall in northern Shaanxi Province, China[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2003, 82(2): 187-202
[9] 张新时.毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式[J].植物生态学报,1994,18(1):1-16.
[10] 赵哈林,张铜会,崔建垣,等.近 40 a 我国北方农牧交错区气候变化及其与土地沙漠化的关系——以科尔沁沙地为例[J].中国沙漠,2000,(supp):1-6.
[11] 唐克丽.黄土高原人类活动对土壤侵蚀的影响[J].人民黄河,1994,2:13-16.
[12] 蔡强国,王贵平,陈永宗.黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟[M].北京:科学出版社,1998.
[13] 郑粉莉,唐克丽,白红英.黄土高原人类活动与生态环境演变的研究[J].水土保持研究,1994,1(5):36-42.
[14] Zhou Guangsheng, Wang Yuhui, Jiang Yanling, et al. Carbon balance along the northeast China transect(NECCT-IGBP)[J]. Science in China, 2002, 45(supp):19-29.
[15] 罗承平,薛纪瑜.中国北方农牧交错带生态环境脆弱性及其成因分析[J].干旱区资源与环境,1995,9(1):1-7.
[16] 张兰生,方修琦,任国玉,等.我国北方农牧交错带的环境演变[J].地学前缘,1997,4(1-2):127-136.
[17] 程序.农牧交错带研究中的现代生态学前沿问题[J].资源科学,1999,21(5):1-8.
[18] 刘公社.中国北方农牧交错带可持续发展研究[J].科技导报,1999(10):6-9.

河北坝上和乌蒙后山地区近邻京津地区,北京和华北平原北部的上风向沙尘活动中心^[51],是重要的沙尘灾害天气防止研究区域,不仅是它包含了农牧交错区大面积退化草地^[52],也在于这个区域是研究土地利用的人为驱动、气候驱动同全球变化关系的重要剖面,区内气候风蚀力代表了自然地理条件的主分异方向^[29]。并且,从北京往北约 300 km 即进入内蒙古浑善达克沙地的腹地,其间存在非常明显的气候、植被和土地利用梯度。河北坝上和内蒙古浑善达克沙地近年来植被退化非常严重,是我国荒漠化防治的关键区域^[54]。

陕北和内蒙古长城沿线,是长期遭受荒漠化和风水两相侵蚀的地区,生态极为脆弱^[8]。半个世纪以来,毛乌素沙地流动沙地的景观类型增加,景观破碎化明显^[55],生态系统退化使生物多样性受到严重威胁^[56]。科尔沁沙地由于过度开垦,过牧和过度樵采等不合理的土地利用方式盛行,科尔沁沙地周围的土地覆盖发生了显著变化^[57],荒漠化明显^[58],处在东北平原的上风向,是沙尘暴移动的路径之一^[2]。这些地区也成为北方农牧交错区中近期治理和研究的重要区域。

3 结 论

中国北方农牧交错区位于耕地和草地的交接地带,夏季风到达的边缘,区域内景观复杂,北起大兴安岭西麓,经河北坝上、内蒙古后山,晋陕蒙交界地带,黄土高原北部,到甘南。具有生态上脆弱性,侵蚀上风水交错,自然要素上的过渡性,景观的多样性,界线上的波动性。由于近年沙尘天气对京津和华北地区的严重影响,北方农牧交错区成为防沙治沙的重要屏障。这个区域的研究同时需要机理和应用上研究的支持,因此荒漠化研究和物质迁移,景观(土地利用)格局、变化及其模拟,以及环境修复和植被重建是研究的重点。在区域上,河北坝上和内蒙古后山,陕北和内蒙长城沿线,毛乌素和科尔沁沙地都是具有研究基础和需要尽快治理的区域。

- [19] 史德宽. 农牧交错带在持续发展战略中的特殊地位[J]. 草地学报, 1999, 7(1): 17– 21.
- [20] 王静爱, 徐霞, 刘培芳. 中国北方农牧交错带土地利用与人口负荷研究[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 19– 25.
- [21] 张殿发, 李凤全. 我国北方农牧交错的脆弱生态地质环境形成机制探讨[J]. 农村生态环境, 2000, 16(4): 58– 60.
- [22] 唐克丽. 黄土高原水蚀风蚀交错区治理的重要性和紧迫性[J]. 中国水土保持, 2000, (11): 11– 12.
- [23] 中华人民共和国科学技术部. 防沙治沙技术方案[S]. 2000.
- [24] 赵艳霞, 裘国旺. 气候变化对北方农牧交错带的可能影响[J]. 气象, 2001, 27(5): 3– 7.
- [25] 王铮, 张丕远, 刘啸雷, 等. 中国生态环境过渡的一个重要地带[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 319– 326.
- [26] 刘良梧, 周建民, 刘多森, 等. 半干旱农牧交错带栗钙土的发生与演变[J]. 土壤学报, 2000, 37(2): 174– 181.
- [27] 杨志荣, 索秀芬. 我国北方农牧交错带人类活动与环境的关系[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1996, 32(3): 415– 420.
- [28] 黄咏梅, 刘鸿雁, 崔海亭. 内蒙古高原东南院森林草原过渡带景观的若干特征[J]. 植物生态学报, 2001, 25(3): 257– 264.
- [29] 孙武, 侯玉, 张勃. 生态脆弱带波动性、人口压力、脆弱度之间的关系[J]. 生态学报, 2000, 20(3): 369– 373.
- [30] 苏桂武, 张林源. 中国北方季风边缘区自然灾害环境和成灾过程的特征[J]. 中国沙漠, 1998, 18(1): 1– 9.
- [31] 朱震达, 刘恕. 中国北方农牧交错沙漠化地区农业发展战略问题的研究[J]. 中国沙漠, 1982, 2(4): 1– 5.
- [32] 高国力. 半干旱区农牧交错带生态环境的景观生态学探讨[J]. 干旱区资源与环境, 1995, (9): 8– 17.
- [33] 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所沙漠研究室[A]. 农田沙害的治理[M]. 北京: 科学出版社, 1977. 63– 119.
- [34] Dong Zhibao, Wang Xunming, Liu Lianyou. Wind erosion in arid and semiarid China: an overview[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 55(4): 439– 444.
- [35] Xuegong Jiang, Jianguo Shen, Jingtao Liu, et al. Mumerical simulation of synoptic condition on a severe sand dust storm [J]. Water, Air and Soil Pollution, 2003, 3(2): 191– 212.
- [36] Tao Gao, Lijuan Su, Qiangxia Ma, et al. Climatic analysis on increasing dust storm frequency in the spring of 2000 and 2001 in inner Mongolia[J]. International Journal of Climatology, 2003, 23(6): 1743– 1755.
- [37] Dong Zhibao, Wang Xunming, Liu Lianyou. Wind erosion in arid and semiarid China: an overview [J]. J. Desert Research. 2000, 20(2): 134– 139.
- [38] Almo Farina. Principles and methods in landscape ecology[M]. London: Chapman & Hall, 1998.
- [39] 常学礼. 坝上地区沙漠化过程对景观格局影响的研究[J]. 中国沙漠, 1996, 16(3): 222– 227.
- [40] 常学礼, 赵爱芬, 李胜功. 景观格局在沙漠化研究中的作用[J]. 中国沙漠, 1998, 18(3): 210– 214.
- [41] Xin Li, Ling Lu, Guodong Cheng, et al. Quantifying landscape structure of Heihe River Basin, north-west China using FRAGSTATS[J]. J. Arid Environments, 2001, 48(3): 521– 535.
- [42] 宋豫秦, 曹淑艳, 张小力. 试探景观格局在荒漠化研究中的应用[J]. 中国沙漠, 2000, 20(supp): 73– 76.
- [43] Zhou Zaizi. Landscape changes in a rural area in China[J]. Landscape and Urban Planning, 2000, 47(1): 33– 38. .
- [44] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. 中国科学, 2002, 32(12): 1031– 1040.
- [45] Yansui Liu, Jay Gao, Yanfeng Yang. A holistic approach towards assessment of severity of land degradation along the Great Wall in northern Shaanxi Province, China[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2003, 82(2): 187– 202.
- [46] 中国科学院地学部. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地球科学进展, 2000, 15(4): 362– 364.
- [47] 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远. 等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 513– 521.
- [48] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴的研究进展[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 349– 356.
- [49] 中国林科院. T raditional Knowledge And Practical T echniques For Combating Desertification In China[EB/OL] <http://www.din.net.cn/din1/welcome.htm> 2001– 02– 10.
- [50] 史培军. 中国自然灾害地图集[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [51] Dong Zhibao, Wang Xunming, Liu Lianyou. Wind erosion in arid and semiarid China: an overview [J]. J. Desert Research, 2000, 20(2): 134– 139.
- [52] Yong Zha, Jay Gao. Characteristics of desertification and its rehabilitation in China[J]. Journal of Arid Environments, 1997, 37: 419– 432.
- [54] 刘鸿雁, 田育红, 丁登. 内蒙古浑善达克沙地和河北坝上地区不同地表覆盖类型对北京沙尘天气物源的贡献[J]. 科学通报, 2003, 46(11): 1229– 1232.
- [55] 吴波, 慈龙骏. 毛乌素沙地景观格局变化研究[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 191– 196.
- [56] 李新荣. 毛乌素沙地荒漠化与生物多样性的保护[J]. 中国沙漠, 1997, 17(1): 58– 62.
- [57] 王守春. 10 世纪末西辽河流域沙漠化的突进及其原因[J]. 中国沙漠, 2000, 20(3): 2382– 2242.
- [58] 吴薇. 近 50 a 来科尔沁地区沙漠化土地的动态监测结果与分析[J]. 中国沙漠, 2003, 23(6): 646– 651.