

农牧交错带耕地时空动态变化特征及驱动力分析

——以乌兰察布市为例

孔萌¹, 苏根成¹, 迟文峰^{2,3}

(1. 内蒙古师范大学, 呼和浩特 010020; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:采用乌兰察布市 1990—2010 年遥感解译获取的土地利用变化数据, 研究中国北方农牧交错带中乌兰察布市 1990 年以来耕地时空动态变化过程。结合土地利用动态度模型对不同类型的耕地转入转出速度进行计算, 并采用空间转移矩阵等方法分析了乌兰察布市 1990—2010 年耕地演化的时空过程, 探讨了影响耕地变化的驱动因子。结果表明: 1990—2010 年期间, 乌兰察布市耕地变化主要是以耕地和草地交替变化为主; 1990—2000 年期间耕地增加, 耕地增加以草地变耕地为主, 2000—2010 年期间耕地减少, 减少的耕地以耕地变草地、林地为主; 1995—2005 年这 10 a 乌兰察布市耕地变化最为显著, 平均动态度为 0.55%; 人口因素、自然因素、政策因素和生态工程的实施是乌兰察布市耕地变化的主要驱动因子。

关键词:农牧交错带; 耕地变化; 遥感; 驱动力; 乌兰察布市

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)02-0269-04

Spatiotemporal Variation and Driving Forces on Cultivated Land Change in Transitional Area between Pastoral and Agricultural —A Case of Cultivated Land Change of Ulanqab

KONG Meng¹, SU Gen-cheng¹, CHI Wen-feng^{2,3}

(1. Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010020, China; 2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Beijing 100101, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: According to the land use change data by remote sensing images from 1990 to 2010, this paper studied the quantitative dynamic changes of cultivated land in Ulanqab City in the farming-pastoral zone of north China. Some mathematic models were used to study the spatiotemporal change of cultivated land from 1990 to 2010 in Ulanqab City, such as land use dynamic degree model, land use type transferring matrix model, and discussed its driving factors. The results indicate that the change of cultivated land in Ulanqab City from 1990 to 2010, was mainly the cultivated land and grass land changes alternately; the increase of cultivated land from 1990 to 2000, was mainly from grassland, and the cultivated land was decreased in 2000—2010, which was changed into grassland and woodland; during years of 1995—2005, cultivated land change was most significant and the average dynamic degree of land use was 0.55%; population growth, nature conditions, policies and the implementation of ecological engineering were the major driving factors.

Key words: ecotone; cultivated land; remote sensing; driving forces; Ulanqab City

随着地区经济的发展、人类活动的加剧与全球气候变化极端气候的频繁发生, 土地利用格局发生了巨大的变化, 生态服务功能与土地利用模式在很大尺度上发生了重大改变, 1995 年 IGBP 和 IHDP 共同拟定

并发表了《土地利用/土地覆盖变化科学研究计划》, 之后土地利用/覆盖变化受到了国外国内科学家的广泛关注^[1-2]。土地利用被认为是引起区域生态环境问题的主要因素, 越来越成为全球变化研究的焦点^[3],

收稿日期: 2013-09-30

修回日期: 2013-11-05

资助项目: 国家自然科学基金西部地区基金“耕地动态与干暖化对北方农牧交错带生态系统干扰作用以及影响机理——以乌兰察布市为例”(41161015); 中国科学院重点部署项目课题(编号 KSZD-EW-Z-021-02); “全球变化与区域可持续发展耦合模型及调控对策”项目(2014CB954300)之第二课题“区域生态系统服务和人类福祉关系模型”专题

作者简介: 孔萌(1989—), 女(蒙古族), 内蒙古鄂尔多斯人, 硕士研究生, 研究方向: 土地资源开发利用与管理。E-mail: meng15849182177@163.com
通信作者: 苏根成(1957—), 男, 陕西府谷人, 教授, 研究方向: 土地资源开发利用与管理。E-mail: sugc1128@sina.com

而耕地变化是区域土地利用变化的核心^[4]。耕地资源动态变化的空间格局直接反映了城乡居民点扩展、退耕还林、还草、国土资源开发等宏观政策对中国土地利用/土地覆盖变化的影响^[5]。

北方农牧交错带是我国东部农业区和西部牧业区的过渡地带,沙漠化、草地退化使其成为我国生态问题最严重的农牧交错带^[6]。乌兰察布市属阴山北麓农牧交错地带,风蚀水蚀灾害严重,土地利用类型以草地、耕地为主。以乌兰察布市为研究区较具典型性。针对北方农牧交错带,前人主要对北方农牧交错带的土地利用格局进行了研究^[7-9],很少针对某一土地类型进行分析研究。本文结合干暖化气候,分析近20 a 乌兰察布市耕地时空变化特征及驱动因子,以期为区域土地优化利用及农业可持续发展提供一定决策支持。

1 实验材料与方法

1.1 研究区概况

乌兰察布市地处内蒙古自治区中部,辖11个旗、县、市、区和1个经济技术开发区,即:集宁区、察哈尔经济技术开发区、卓资县、化德县、商都县、兴和县、凉城县、四子王旗、察哈尔右翼前旗、察哈尔右翼中旗、察哈尔右翼后旗和丰镇市。面积为5.45万km²,范围为东经109°—114°49′、北纬39°37′—42°28′,总人口289万,地处中温带,属大陆性季风干旱、半干旱气候。年平均降水量150~450 mm。全市从北向南主要土壤为棕钙土、栗钙土、栗褐土3大土类。土地利用类型主要有草地、耕地、林地,以草地、耕地为主。

1.2 数据源

本文土地利用变化数据基于中国科学院 TM 提取制作的全国1:10万土地利用数据库,包括:1990年、1995年、2000年、2005年和2010年研究区土地利用/覆盖变化(LUCC)数据。

1.3 研究方法

本研究采用《土地利用现状分类》国家最新标准,将一级地类属性划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地6大类。基于1990年、1995年、2005年和2010年4期LUCC数据,通过GIS空间分析功能和刘纪远等提出的综合土地利用动态度模型^[10],分析乌兰察布市耕地动态变化。采取定性定量相结合的方法分析其驱动因子。

综合土地利用动态度模型,针对某一种土地利用类型在一个时间段内可能存在的新增和减少两种情况,可以将变化分为转入和转出两部分^[11]:

$$V_{out} = (\Delta S_{i-j} / S_i) \times (1/T) \times 100\% \quad (1)$$

$$V_{in} = (\Delta S_{j-i} / S_i) \times (1/T) \times 100\% \quad (2)$$

式中: V_{out} ——第*i*种土地利用类型在监测期间的转出速率; V_{in} ——第*i*种土地利用类型在监测期间的转入速率; ΔS_{j-i} ——新转入的耕地面积,即为耕地开垦面积; ΔS_{i-j} ——转出的耕地面积,即为耕地退耕面积; S_i ——研究前期耕地面积; T ——研究时段长度。

2 结果与分析

2.1 乌兰察布市耕地的空间分布与面积变化

2010年乌兰察布市耕地面积171.65万hm²,占市面积的31.50%。从各旗县内部土地利用结构来看,除四子王旗和察哈尔右翼后旗外,其余各旗县的耕地比例最大。2010年乌兰察布市耕地空间分布如图1所示,耕地广泛分布于乌兰察布市各旗县,乌兰察布市耕地以旱地为主,主要集中在乌兰察布市的南部地区。

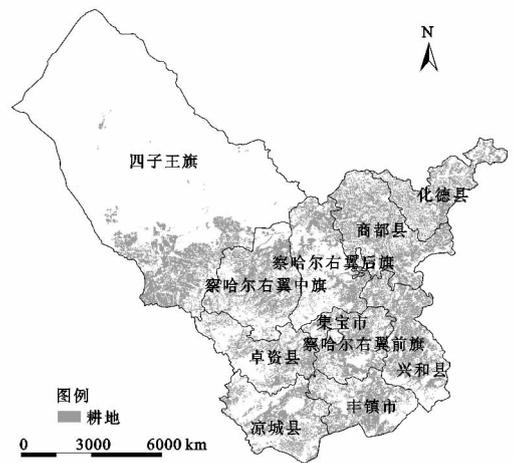


图1 2010年乌兰察布市耕地分布

从图2看出,前10 a间,乌兰察布市耕地先减少后增加,变化总趋势表现为面积的净增加,新增耕地1.20万hm²。2000—2010年10 a间,乌兰察布市耕地变化的总特点为耕地面积持续减少,整个时段内,耕地减少3.71万hm²,其中,2000—2005年间减少3.62万hm²,年均减少0.72万hm²。

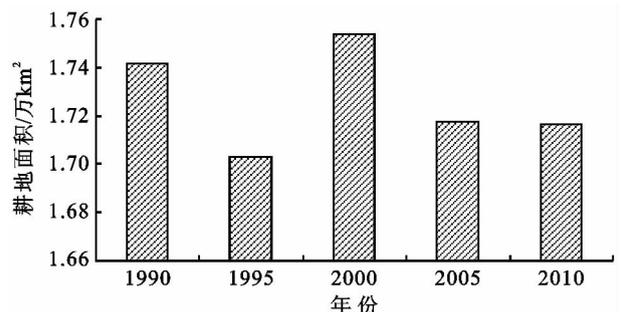


图2 1990—2010年乌兰察布市耕地总面积

2.2 乌兰察布市耕地转换的时空特征

根据 1990—2010 年乌兰察布市耕地与其他土地利用类型交替演变数据(表 1),其耕地收缩与扩张特征表现为:除未利用地之外,20 a 间耕地在与其他土地利用类型转换过程中均处于净转出状态,其中以耕地与草地相互转变为主。耕地转变为草地是耕地减

少的主流方向,20 a 期间耕地因转变为草地减少了 1.67 万 hm^2 ,占耕地转出总面积的 73.88%。其次是耕地转为林地和建设占用耕地。耕地开垦主要以草地开垦为主,20 a 期间草地开垦为耕地面积 4.23 万 hm^2 ,占耕地转入总面积的 77.07%;其次为未利用地的开垦。

表 1 1990—2010 年乌兰察布市耕地转入转出

土地利用类型	转出总和/ km^2	占总转出比例/%	转入总和/ km^2	占总转入比例/%	转出转入之差/ km^2
林地	107.84	13.50	45.40	8.27	62.44
草地	590.27	73.88	423.05	77.07	167.22
水域	20.51	2.57	19.57	3.56	0.94
城市、工矿、居民用地	52.77	6.60	0.91	0.17	51.86
未利用地	27.62	3.46	59.99	10.93	-32.37
合计	799.01	100.00	548.92	100.00	250.09

为了更好地反映耕地总体变化状况和时空差异,利用土地利用动态度模型^[11],以与耕地转换的其他土地利用类型为划分单元,计算 1995—2000 年、2000—2005 年和 2005—2010 年三个时间段耕地动态变化度。结合表 2,1995—2000 年耕地变化最为激烈,动态度 1.45%,2000—2005 年同比 1995—2000 年动态度低 0.7%。2005—2010 年耕地变化动态度趋于 0。1995—2000 年新增耕地 8.72 万 hm^2 ,退耕面积 3.66 万 hm^2 ,耕地净增加 5.06 万 hm^2 ;2000—2005 年新增耕地 1.46 万 hm^2 ,退耕面积 5.09 万 hm^2 ,耕地净减少 3.36 万 hm^2 ;2005—2010 年耕地变化不大,新增耕地总面积 0.08 万 hm^2 ,退耕面积 0.17 万 hm^2 ,耕地净减少 0.09 万 hm^2 。1995—2005 年 10 a 间耕地变化呈倒“V”型变化。

从与其他土地利用类型相互转换的动态度看,耕

地与草地相互转换的动态度最大,1995—2010 年间动态度值达到 0.93%。期间,1995—2000 年最为激烈,草地转向耕地 6.75 万 hm^2 ,动态度为 0.79%,耕地转向草地 3.48 万 hm^2 ,动态度为 0.41%。2000—2005 年退耕还林、还草的面积大于林地、草地开垦为耕地的面积。尤其是林地,1995—2000 年林地开垦为耕地的面积为 0.93 万 hm^2 ,而 2000—2005 年退耕还林面积达到 0.94 万 hm^2 。1995—2005 年期间,耕地用于建设用地的面积为 0.42 万 hm^2 ,主要集中在 2000—2005 年期间,耕地转为建设用地的面积达到 0.37 万 hm^2 。2005—2010 年有 0.001 8 万 hm^2 的建设用地转为耕地。1995—2010 年耕地撂荒面积为 0.20 万 hm^2 ,未利用地开垦为耕地面积为 1.02 万 hm^2 ,未利用地变废为宝变为耕地主要集中在 1995—2000 年,0.96 万 hm^2 未利用地转为耕地。

表 2 不同时期耕地转入转出类型及面积

时段	林地开垦		草地开垦		水域转耕地		建设用地转耕地		未利用地开垦		总计转入	
	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	
转入	1995—2000	92.78	0.109	674.99	0.793	7.53	0.009	0.00	0	96.24	0.113	871.54
	2000—2005	23.55	0.027	116.56	0.133	1.57	0	0.00	0	5.07	0.006	146.75
	2005—2010	0.14	0	3.74	0.004	3.14	0.004	0.18	0	0.90	0	8.10
时段	退耕还林		退耕还草		耕地转水域		耕地转建设用地		撂荒		总计转出	
	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	速率	面积/ km^2	
转出	1995—2000	9.96	0.012	348.44	0.409	0.00	0	4.70	0.006	3.26	0.004	366.35
	2000—2005	94.14	0.107	356.97	0.407	4.30	0.005	36.84	0.042	16.56	0.019	508.81
	2005—2010	0.07	0	5.71	0.007	0.18	0.012	10.17	0.012	0.42	0	16.55

2.3 耕地变化驱动力分析

纵观国内外耕地变化驱动力的研究,主要包括人口变化、社会经济、政策调控和自然因素^[12-17]。通过收集到的乌兰察布市的资料及文献得知,乌兰察布市的耕地变化主要受人口变动^[18]、宏观政策^[19-20]和气候^[21]的影响。

(1) 自然因素影响。乌兰察布市特殊的地理位置和地形条件造成了多旱少涝、多风低温、无霜期短、局部性暴雨、冰雹等气象灾害,而以旱灾最为频繁,是影响当地农牧业生产不稳定的主要原因^[17]。而降水和气温的变化与当地旱作为主的种植有密切的关系,也间接影响了耕地的变化。乌兰察布市 1980—2009

年 30 a 平均降水量为 353.04 mm, 平均气温为 4.33℃。30 a 期间, 年平均降水量处于线性下降的态势, 而气温一直处于线性上升的发展趋势, 乌兰察布市的干暖化现象导致部分土地荒漠化, 使耕地、草地及其他用地的用地面积减少。20 a 间耕地撂荒面积为 0.28 万 hm^2 。以 2000—2005 年耕地撂荒面积最大(表 2), 达到 0.17 万 hm^2 , 占此 5 a 间耕地减少总面积的 3.3%。

(2) 人口因素。人口增长是耕地变化不可忽视的驱动力之一。1990—2009 年乌兰察布市人口由 269.74 万人增加到 289.72 万人, 近 20 年一直处于持续增长的态势。不断增加的人口对土地造成了压力, 加剧了粮食需求, 大面积的毁林开荒、垦草种粮, 使耕地面积不断增加, 1995—2000 年, 5 a 间毁林开荒 0.93 万 hm^2 、垦草种粮 6.75 万 hm^2 。2000 年耕地面积达到峰值 175.37 万 hm^2 。2000 年以后耕地面积持续减少。城市化的发展, 加速农村人口向城市的流动, 导致部分耕地转变为建设用地。2000 年以后耕地转变建设用地的速率明显增加, 至 2010 年建设用地占耕地面积 0.47 万 hm^2 , 占 2000—2010 年耕地减少总面积的 8.9%。2005—2010 年, 耕地转为建设用地是此期间耕地减少的主要原因。

(3) 政策因素。乌兰察布市耕地变化与政策性因素关系很大。国家及乌兰察布市政府出台的一系列政策直接影响了乌兰察布市土地利用的变化。20 世纪六七十年代“以粮为纲”的口号使得人们大面积的毁林垦草种粮, 耕地面积迅速增加, 但由于对大自然的过度索取, 再加上人们对土地的不合理利用使乌兰察布市的生态环境恶化, 使乌兰察布市陷入了“粮化—沙化—贫困化”的恶性循环中。为了摆脱这种恶性循环, 1994 年乌兰察布市政府提出了“进一退二还三”战略, 即每人保证 0.067 hm^2 水浇地、每人退掉 0.133 hm^2 旱地、对不宜农的坡耕地退耕还林、还草、还牧。2000 年国家开始实施西部大开发战略, 退耕还林(草)、京津风沙源治理、天然林保护等一系列国家生态建设工程的相继启动, 耕地面积开始减少, 尤其在 2000—2005 年期间耕地面积迅速减少(图 2), 退耕还林 0.94 万 hm^2 、还草 3.57 万 hm^2 , 分别占此期间耕地减少总面积的 18.5% 和 70.16%, 可见, 退耕还草是耕地减少的主要原因; 2005—2010 年耕地减少速度较为缓慢。

3 结论与讨论

(1) 近 20 a 间, 耕地总面积保持先增加后减少的变化趋势。1990—2000 年期间耕地整体增加, 净增耕

地 1.20 万 hm^2 , 以草地变耕地为主; 2000—2010 年期间耕地整体减少, 净减少耕地 3.71 万 hm^2 , 减少的耕地以耕地变草地、林地为主。1990—2000 年期间耕地增加的速度低于 2000—2010 年期间耕地减少的速度。

(2) 1995—2000 年、2000—2005 年和 2005—2010 年三个时间段中, 1995—2000 年耕地变化最为激烈, 耕地变化动态度为 1.45%, 而 2005—2010 年耕地变化动态度趋于 0。

(3) 近 20 a 期间, 乌兰察布市耕地与其他土地利用类型相互转换过程中, 转换动态度由大到小为草地、林地、未利用地、建设用地、水域。动态度依次为 1.75%, 0.26%, 0.14%, 0.06%, 0.03%。

北方农牧交错带是中国北方生态环境极端脆弱的地区之一^[5]。内蒙古乌兰察布市是我国北方农牧交错带生态治理的重点区域, 同时也是国家启动的风沙源治理、退耕还林还草等各类生态环境治理建设工程的实施地点, 土地利用格局多样突出且干暖化效应突出, 代表性很强。通过研究发现, 土地利用格局的变化是影响生态系统脆弱性的重要因素之一。近年来人类活动的加剧, 特别是耕地开垦引起的土地退化等问题, 并伴随气候变化带来的干旱化气候正使得原本脆弱的农牧交错带生态环境面临巨大压力, 在耕地的变化与大部分区域气温升高的干暖化趋势共同作用下激化了资源、生态环境与社会经济发展之间的矛盾。因此, 针对北方农牧交错带生态系统脆弱性, 应结合气候特征, 因地制宜调整各地土地利用方式, 合理利用土地, 提高土地利用效率, 以保障北方农牧交错带的生态安全。

参考文献:

- [1] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 基于遥感和 GIS 的中国土地利用/土地覆盖的现状研究[J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 134-138.
- [2] Lambin E F, Turner B L, Geist H J, et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths[J]. Global Environmental Change, 2001, 11(4): 261-269.
- [3] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science, 2005, 309(5734): 570-574.
- [4] 朱会义, 何书金, 张明. 环渤海地区土地利用变化的驱动力分析[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 669-678.
- [5] 田光进, 庄大方, 刘明亮. 近 10 年中国耕地资源时空变化特征[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 30-35.
- [6] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会. 北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J]. 地球科学进展 2002, 17(5): 739-747.
- [7] 董金玮, 徐新良. 典型农牧交错区 LUCC 及农牧交替演化过程分析: 以内蒙古赤峰市为例[J]. 地球信息科学学报, 2009(4): 413-420.

少最新的资料和数据,从而在选取参数时就有一定的误差存在,为了简化研究,把含水层概化为非均质各向异性的三维流,通过把研究区域划分为 9 个子区域输入不同的初始参数,而没有详细地表现出其应有的特征,进一步增大了研究误差。

本文通过对泾惠渠地下水进行模拟并利用已有资料分析了当前状况,以此提出不同方案对灌区进行地下水动态预测,并从侧面讨论了灌区地下水的合理开发问题。泾惠渠灌区是一个相对缺乏水资源的灌区,由于水资源的匮乏已成为灌区工农业发展的障碍,但多年来地下水的过量开采,使得当地地下水位急剧下降,出现很多枯井,造成大面积的地下水降落漏斗,亦导致了当地水质的恶化,所以有必要对灌区进行分析评价。为提高水资源利用率,实现灌区水资源的可持续利用,应该对灌区水资源进行优化配置,加强工农业设备,有效提高地下水资源利用率,加强调控及管理制度,提出合理开发利用地下水资源的方案措施,加强灌区管理,完善水利设备,并健全法律及提高社会节水意识等都对灌区水资源合理开发利用有着重要的意义。

参考文献:

- [1] 陕西省地下水监测资料(2008) [M]. 陕西:陕西省地下水管理监测局,2009.
- [2] 陕西省地下水监测资料(2009) [M]. 陕西:陕西省地下水管理监测局,2010.
- [3] 白利平,王金生. GMS 在临汾盆地地下水数值模拟中的应用[J]. 山西建筑,2004,30(16):78-79.
- [4] 丁元芳,迟宝明,易树平,等. Visual MODFLOW 在李官

堡水源地水流模拟中的应[J]. 水土保持研究,2006,13(5):99-102,105.

- [5] 陈南祥,姜新慧. 基于 GIS 与层次分析法的地下水资源分区研究[J]. 人民黄河,2010(11):60-62.
- [6] 宋丰骥,付金霞,常庆瑞. 基于 GIS 陕西省区域经济发展环境的综合评价[J]. 水土保持研究,2011,18(1):37-41.
- [7] Michael H A, Mulligan A E, Harvey C F. Seasonal oscillations in water exchange between aquifers and the coastal ocean[J]. Nature,2005,436(7054):1145-1148.
- [8] 郭晓东,田辉,张梅桂,等. 我国地下水数值模拟软件应用进展[J]. 地下水,2010,32(4):5-7.
- [9] Brodie R S. Integrating GIS and RDBMS technologies during construction of a regional groundwater model[J]. Environmental Modelling & Software,1998,14(2):119-128.
- [10] 伊燕平,卢文喜,张耘,等. 基于径向基函数神经网络的地下水数值模拟模型的替代模型研究[J]. 水土保持研究,2012,19(04):265-269.
- [11] 叶剑锋,刘小勇. 基于 GIS 技术的地下水管理系统研究[J]. 水土保持研究,2011,18(3):247-251.
- [12] El-Kadi A I, Oloufa A A, Eltahan A A, et al. Use of a Geographic Information System in Site-Specific Groundwater Modeling[J]. Groundwater,1994,32(4):617-625.
- [13] 郝治福. 石羊河流域邓马营湖区地下水位动态变化特征及数值模拟与预报[D]. 北京:中国农业大学,2006.
- [14] Kollarits S, Kuschnig G, Veselic M, et al. Decision-support systems for groundwater protection: innovative tools for resource management[J]. Environmental Geology,2006,49(6):840-848.
- [15] 李伟业,付强. 基于 GIS 的三江平原地下水资源评价[J]. 水土保持研究,2007,14(4):92-95.

(上接第 272 页)

- [8] 邹亚荣,张增祥,周全斌,等. 中国农牧交错区土地利用变化空间格局与驱动力分析[J]. 自然资源学报,2003,18(2):222-227.
- [9] 陈云浩,苏伟,武永峰,等. 中国北方农牧交错带土地利用格局演变与模拟[J]. 中国科学:E 辑,2006,36:124-132.
- [10] 刘纪远,布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究:基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究,2000,20(3):229-239.
- [11] 董金玮. 内蒙古中东部地区农田生产力时空变化及其对 LUCC 和气候变化的响应[D]. 北京:中国科学院,2010.
- [12] Xie Y, Mei Y, Guangjin T, et al. Socio-economic driving forces of arable land conversion: A case study of Wuxian City, China [J]. Global Environmental Change,2005,15(3):238-252.
- [13] Bičík I, Jeleček L, Štěpánek V. Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries[J]. Land Use Policy,2001,18(1):65-73.
- [14] 张冰洁,宋戈. 松嫩高平原黑土区典型地域耕地生态安

全评价及驱动力分析:以黑龙江省绥化市为例[J]. 水土保持研究,2012,19(3):215-220.

- [15] 王瑞发,夏非,张永战. 青岛市近 10 年来耕地变化及其驱动力分析[J]. 水土保持研究,2013,20(2):108-114.
- [16] 唐杰. 四川省 50 年来耕地动态变化及其驱动因子研究[J]. 四川师范大学学报:自然科学版,2008,31(3):361-367.
- [17] 金建君. 浙江省温岭市耕地资源动态变化及其驱动力分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(21):10123-10125,10128.
- [18] 张培峰,胡远满,赵明华. 乌兰察布市经济发展与生态环境作用机制研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(3):6-12.
- [19] 包玉海,乌兰图雅,香宝,等. 内蒙古耕地重心移动及其驱动因子分析[J]. 地理科学进展,1998,17(4):47-54.
- [20] 马世明,张志国,贾秀荣,等. 浅谈乌兰察布市生态环境可持续发展战略[J]. 内蒙古林业调查设计,2005,28(3):15-16.
- [21] 白艳萍. 乌兰察布市降水变化对粮食生产的影响[J]. 内蒙古水利,2008(2):10-11.