

# 巴西土地利用/覆盖变化时空格局 及驱动因素

杜国明<sup>1</sup>, 匡文慧<sup>1</sup>, 孟凡浩<sup>2,3</sup>, 迟文峰<sup>1,3</sup>, 陆灯盛<sup>4,5</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011;  
3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 浙江农林大学环境与资源学院, 杭州 311300;  
5. 全球变化与对地观测中心, 密歇根州立大学, 东兰辛 48823)

**摘 要:**土地利用/覆盖变化(LUCC)是全球变化研究的热点问题之一。本文采用人机交互方法基于2005年基准年的Landsat TM/ETM遥感影像修正欧空局GlobalCover 2005年土地利用数据,进而采用逆时相目视解译法从1980年基准年的Landsat MSS/TM遥感影像数据提取1980-2005年土地利用/覆盖变化信息,分析其变化的时空格局及驱动因素。结果表明:1980-2005年的25年间,巴西土地利用/覆盖变化面积达79.43万km<sup>2</sup>,占土地总面积的9.33%。其中,单纯耕地像元面积增加了20.18万km<sup>2</sup>;耕地/自然植被镶嵌混合像元区面积增加了10.70万km<sup>2</sup>;林地面积减少了53.12万km<sup>2</sup>;灌丛与草地净增加21.10万km<sup>2</sup>;水体面积增加0.46万km<sup>2</sup>;城乡建设用地面积增加7573.87 km<sup>2</sup>。由此导致热带和亚热带湿润阔叶林生态地理区、热带和亚热带干旱阔叶林生态地理区、热带及亚热带草原生态地理区、草原和沼泽湿地生态地理区、沙漠和旱生植物生态地理区以及红树林生态地理区内分别呈现不同的土地利用/覆盖变化特征。近25年间,地形地貌、气候、植被等自然地理条件深刻影响着土地利用的宏观格局,而土地利用政策调控、经济及对外贸易发展、人口增加及空间迁移、道路修建等是导致巴西土地利用变化的主要原因。

**关 键 词:**巴西;土地利用/覆盖;时空格局;热带雨林;驱动因素

## 1 引言

土地利用/覆盖变化(Land Use/Cover Change, LUCC)会对生态、气候及环境系统产生重要影响,包括能量平衡、生物地球化学循环(Houghton et al, 1999; Caspersen et al, 2000)、水循环(Sterling et al, 2012)和气候系统(Kalnay et al, 2003)等。“国际地圈与生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)”和“全球变化人文因素计划(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP)”两大国际组织于

1993年共同制订“土地利用/土地覆盖变化(LUCC)科学研究计划”(Lambin et al, 1995; Turner et al, 1995),并认为LUCC是全球变化研究中至关重要的因素,是重要的研究内容之一(Committee on Global Change Research, National Research Council, 1999)。2005年又启动了全球土地计划(Global Land Project, GLP),着重强调陆地生态系统中人类—环境耦合系统的综合集成与模拟研究,因此以人类—环境耦合系统为核心的土地利用/覆盖动态变化过程的监测与模拟逐渐成为研究关注的焦点问题(IGBP, 2005)。

收稿日期:2014-09;修订日期:2014-11。

基金项目:国家“863”计划项目(2013AA122802);国家自然科学基金项目(41371408);中国科学院重点战略部署课题(KSZD-EW-Z-021-02);国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2014CB954302)。

作者简介:杜国明(1978-),男,内蒙古宁城人,博士后,副教授,主要研究方向为土地资源优化配置,E-mail: nmgdgm@126.com。

通讯作者:匡文慧(1978-),男,内蒙古乌兰察布人,博士,副研究员,主要从事土地利用/覆盖变化研究,  
E-mail: kuangwh@igsnrr.ac.cn。

引用格式:杜国明, 匡文慧, 孟凡浩, 等. 2015. 巴西土地利用/覆盖变化时空格局及驱动因素[J]. 地理科学进展, 34(1):73-82. [Du G M, Kuang W H, Meng F H, et al. 2015. Spatiotemporal pattern and driving forces of land use/cover change in Brazil[J]. Progress in Geography, 34(1): 73-82.]. DOI: 10.11820/dlkxjz.2015.01.009

巴西作为南美洲中重要的发展中国家和“金砖”五国之一,80%的国土面积位于热带地区,有“世界之肺”之称的亚马孙热带雨林大部分分布在其境内(Foley et al, 2005)。自20世纪70年代以来,巴西为提高国民经济发展与人民生活水平,提出了有针对性的土地开发计划,加剧了巴西土地利用/覆盖变化。

据FAO统计,1990年巴西森林覆盖面积为520万 $\text{km}^2$ ,到2005年减至约478万 $\text{km}^2$ ,15年间减少了42万 $\text{km}^2$ (Christian et al, 2008)。为了准确掌握巴西近25年间土地利用变化的时空格局,以卫星遥感数据和欧空局GlobalCover产品为主要信息源,采取人机交互类型修正和动态矢量信息提取方法,获取两期巴西国家土地利用/覆盖现状及动态变化信息。通过对巴西土地利用变化的时空格局及驱动机制进行分析,不仅可为巴西土地可持续利用提供参考,而且也可为区域乃至全球环境变化等相关领域研究提供有价值的科学信息。

## 2 研究区概况

巴西位于 $35^{\circ}\sim 74^{\circ}\text{W}$ , $5^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{S}$ 。国土总面积为851.49万 $\text{km}^2$ ,占南美洲的47.3%,位居世界第五位。境内主要地貌形态有平原(亚马孙平原和东南沿海平原)、高原(巴西高原和圭亚那高原)和盆地(巴拉圭盆地)。全国80%位于热带地区,拥有世界上最大的热带雨林区,面积达480万 $\text{km}^2$ 。根据气候特点,巴西可划分为湿润赤道带、湿润热带、半湿润热带、半干旱热带和湿润亚热带5个气候带。在湿润赤道带的亚马孙河地区年降雨量最高为1500~2500 mm,只有8-10月是少雨季节,年平均气温 $27\sim 29^{\circ}\text{C}$ 。半湿润热带气候占据巴西的大部分地区,每年分旱季和湿季,年均降雨量为1500 mm,年平均气温 $18\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。半干旱热带位于巴西东北部,年降雨量一般低于1000 mm,且多集中于夏季特定时期,全年大部分时间缺雨。湿润亚热带气候位于南回归线以南,年降雨量在1500 mm以上,年平均气温 $16\sim 19^{\circ}\text{C}$ 。

巴西人口增长迅速,从1980年的1.2亿增加到了2005年的1.85亿,增长了0.65亿;2010年统计人口为1.9亿,其中东南地区(包括4个州)是巴西人口最多的地区,根据巴西地理统计局(Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE)2004年数据,该地区人口约有7800多万,约占巴西总人口的42%。巴西经济发展迅速,2011年国内生产总值跃居世界第六。巴西是出口大国,主要出口玉米、大豆、蔗糖、咖啡和牛肉等农产品。另外,巴西制造业和采掘业也非常发达,森林采伐量较大。

## 3 数据与方法

### 3.1 数据来源

本文以欧洲空间局(European Space Agency, ESA)的GlobCover数据为基础,以巴西国界数据为控制,从中提取出研究区范围内的数据。ESA-GlobCover数据是在2004年12月-2006年6月的ENVISAT/MERIS数据的基础上,对全球22个生态气候区分区采用不同多维迭代聚类方法经过分类生成的土地利用/覆盖数据,并通过全球3000个样本点进行了验证,数据总体精度为73.14%(Bicheron et al, 2008)。

此外,还从美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS)和巴西国家空间研究院(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE)等网站下载1980年基准年的Landsat MSS/TM遥感影像420景,2005年基准年的Landsat TM/ETM遥感影像378景。

其他辅助数据包括覆盖巴西的河流、湖泊、居民点、道路等基础地理数据,社会经济数据,以及实地考察资料。同时参照了Google Earth上的高分辨率遥感数据。

### 3.2 分类系统

土地利用/覆盖分类系统参照的是国际地圈生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Program, IGBP)分类系统,该分类系统与GlobCover数据分类系统存在一定的差异,因此需要进行分类系统转换(Loveland et al, 1997)。具体步骤为:先将GlobCover数据分类系统与IGBP分类系统之间对应转换,然后将IGBP分类系统中永久湿地进一步划分为森林湿地和沼泽湿地,得到本文的土地利用/覆盖分类系统和编码(Bicheron et al, 2008)。

### 3.3 土地利用数据更新与提取方法

为了提高数据与研究成果的准确度,并解决土



地利用/覆盖分类系统的转换影响,本文对GlobCover数据的巴西部分进行检查与修改。以300 m分辨率全球土地利用/覆被数据巴西部分为基础,以2005年Landsat TM/ETM遥感影像作为参考背景,同时参照其他辅助数据,结合相应地学知识,利用人机交互逐栅格判别方法对其进行修正,在此基础上得到2005年土地利用/土地覆盖数据。通过对比研究期初与期末的遥感影像图,在2005年土地利用/覆盖数据基础上逐图斑判断并勾绘出变化区域,同时标注变化前后的地类信息,最后将该动态图斑数据

与2005年土地利用/覆盖数据叠加,得到1980年的土地利用/土地覆盖数据(图1)。进一步对分类结果进行精度评价,2005年土地利用/覆盖数据总体精度达93.39%,Kappa系数为0.91。

利用上述1980-2005年矢量变化图斑数据,与1 km网格矢量图叠加,可获得每网格内每种土地利用动态变化的面积比例,并将其生成1 km的土地利用动态变化栅格数据。然后将1 km土地利用动态变化栅格数据综合到10 km栅格上,使10 km栅格数据表示主导类型变化,既保持了变化面积的精度,

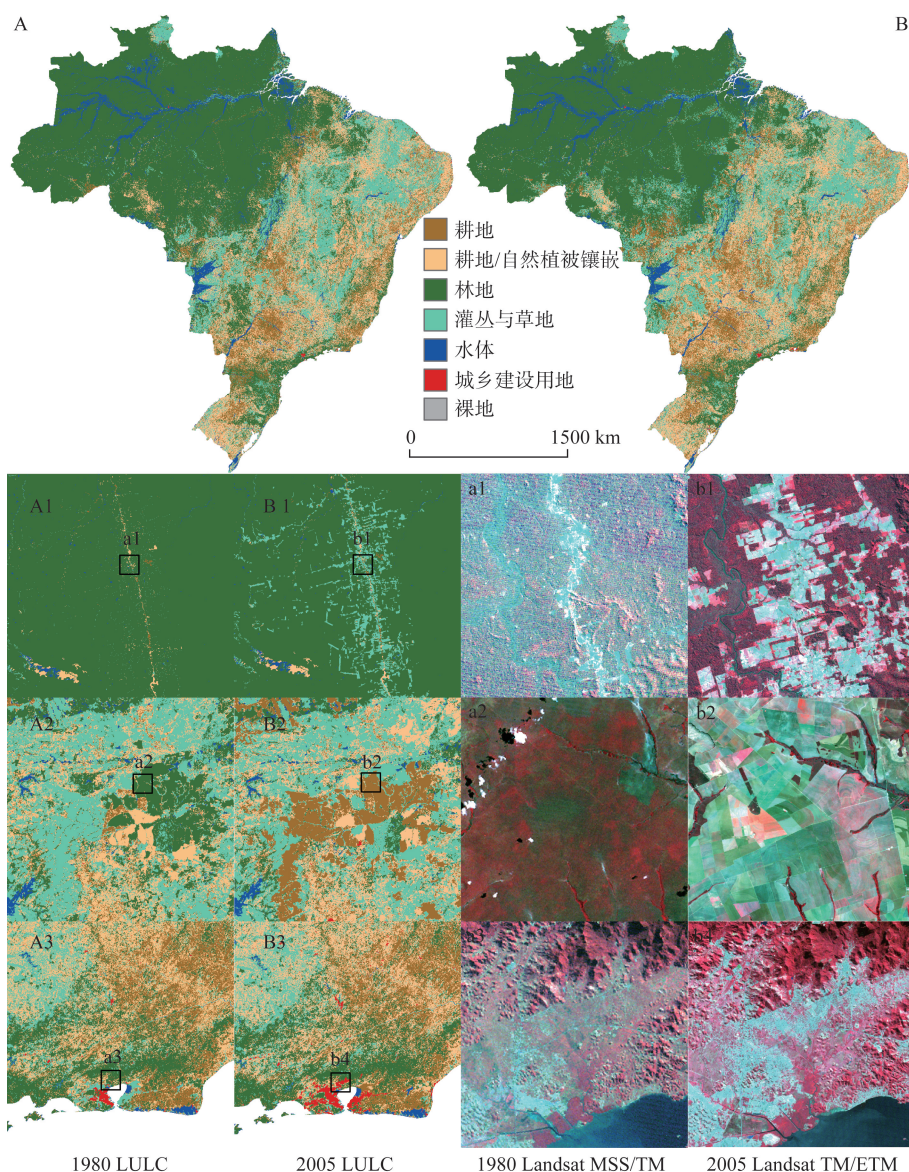


图1 1980-2005年巴西土地利用/覆盖变化热点区分布图

(图A代表的是1980年的土地利用/覆盖现状,图B代表的是2005年的土地利用/覆盖现状)

Fig.1 Hotspots of land use/cover change in Brazil, 1980-2005

(Figure 1A represents the land use/cover in the 1980; Figure 1B represents the land use/cover in 2005)

又增强了图件的可视性(刘纪远等, 2009)。

如图1显示,A是1980年的土地利用/覆盖图,B是2005年的土地利用/覆盖图,A1、A2、A3与B1、B2、B3分别是1980年与2005年土地利用/覆盖图中典型区域变化的热点区对比图,a1、a2、a3与b1、b2、b3分别为1980年与2005年土地利用/覆盖图中典型区域变化热点区的遥感影像放大对比图。从图中可以明显看到,1980-2005年,巴西土地利用/覆盖发生了显著变化。

### 3.4 分析方法

本文主要利用土地利用动态度模型对巴西1980-2005年土地利用变化进行分析。其模型为:

$$S = \left\{ \sum_{ij}^n (\Delta S_{i-j} / S_i) \right\} \times (1/t) \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $S_i$  表示监测开始时第*i*类土地利用类型的总面积,  $\Delta S_{i-j}$  表示从监测开始至结束时段内第*i*类土地利用类型转换为其他类土地利用类型面积总和,  $t$  为时间段,  $S$  为与*t*时间段对应的研究样区土地利用变化速率(刘纪远等, 2002)。

## 4 土地利用/覆盖变化的时空特征

### 4.1 土地利用结构变化

1980-2005年的25年间,巴西土地利用/覆盖变化面积如图2所示:耕地面积由57.67万 $\text{km}^2$ 增加到77.85万 $\text{km}^2$ ,增加了20.18万 $\text{km}^2$ ,主要来源于林地和灌丛与草地的采伐或垦殖,面积为18.94万 $\text{km}^2$ ,占新增耕地面积的93.86%;耕地/自然植被是耕地与自然植被镶嵌的混合地类,从151.77万 $\text{km}^2$ 增加到162.47万 $\text{km}^2$ ,增加了10.70万 $\text{km}^2$ ,主要来源于林地和灌丛与草地;林地面积从446.78万 $\text{km}^2$ 减少到393.66万 $\text{km}^2$ ,减少了53.12万 $\text{km}^2$ ,占所有地类总转

出面积的67.22%;灌丛与草地转出23.60万 $\text{km}^2$ ,转入44.70万 $\text{km}^2$ ,总体净增加面积21.10万 $\text{km}^2$ ;水体面积从34.57万 $\text{km}^2$ 增加到35.03万 $\text{km}^2$ ,增加了0.46万 $\text{km}^2$ ;城乡建设用地面积增加了7573.87 $\text{km}^2$ ;裸地净减少面积为739.16 $\text{km}^2$ 。过去25年研究区土地利用/覆盖变化显著,特别是耕地、林地、灌丛与草地和城乡建设用地变化较为显著。但巴西土地利用的宏观结构整体保持稳定,各地类所占比例虽有变化,但从林地、灌丛与草地、耕地/自然植被镶嵌、耕地、水体、城乡建设用地、裸地的面积次序没有变化。

### 4.2 主要地类变化

研究期内,耕地、林地、灌丛与草地和城乡建设用地等4种主要地类变化情况如图3所示,变化的基本特点如下:

(1) 耕地变化。除了巴西北部热带雨林地区以外,其他地区耕地面积都有增加,特别是中西部地区耕地面积增加更为显著,大部分区域耕地净增加量都在100 $\text{hm}^2$ /100 $\text{km}^2$ 以上。耕地面积增加的主要区域包括马托格罗索州(MT)中部与东部、托坎廷斯州(TO)、戈亚斯州(GO)、巴伊亚州(BA)东部、米纳斯吉拉斯州(MG)东部和南马托格罗索州(MS),这些地区耕地面积净增加量25.94万 $\text{km}^2$ ,占全国总净增加量的83.01%。

(2) 林地变化。全国范围内,特别是在巴西北部亚马孙河流域周边以及中西部地区林地大面积减少,东南沿海地区也有一部分区域林地面积减少。其中,亚马孙河流域边缘地带林地减少最为剧烈,森林采伐严重,仅帕拉州(PA)、马托格罗索州(MT)和朗多尼亚州(RO)3个州在25年间的森林净减少量就有12.88万 $\text{km}^2$ ,占全国森林净减少量的49.85%。亚马孙河流域的热带雨林采伐非常严重,很多采伐区域内都修建了铁路或公路,沿道路两旁大量采伐,采伐后从遥感影像上呈鱼鳞状,森林采伐后主要转换为耕地和灌丛与草地。

(3) 灌丛与草地变化。灌丛和草地变化比较剧烈,且区域差异显著,既有以增加为主的区域,又有以减少为主的区域。灌丛和草地增加区域主要分布在巴西北部亚马孙河流域边缘地带,主要包括罗赖马州(RR)、帕拉州(PA)、马拉尼昂州(MA)、马托格罗索州(MT)北部、朗多尼亚州(RO)和阿克里州(AC)等,这6个州的灌丛和草地净增面积之和为27.27万 $\text{km}^2$ ,占总净增加面积的76.07%,增加的主要原因在

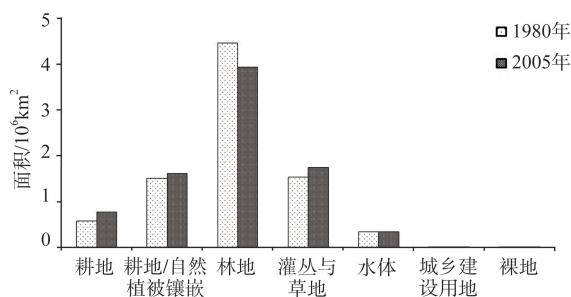


图2 1980-2005年巴西土地利用/覆盖面积统计图

Fig.2 Land use/cover in Brazil, 1980-2005



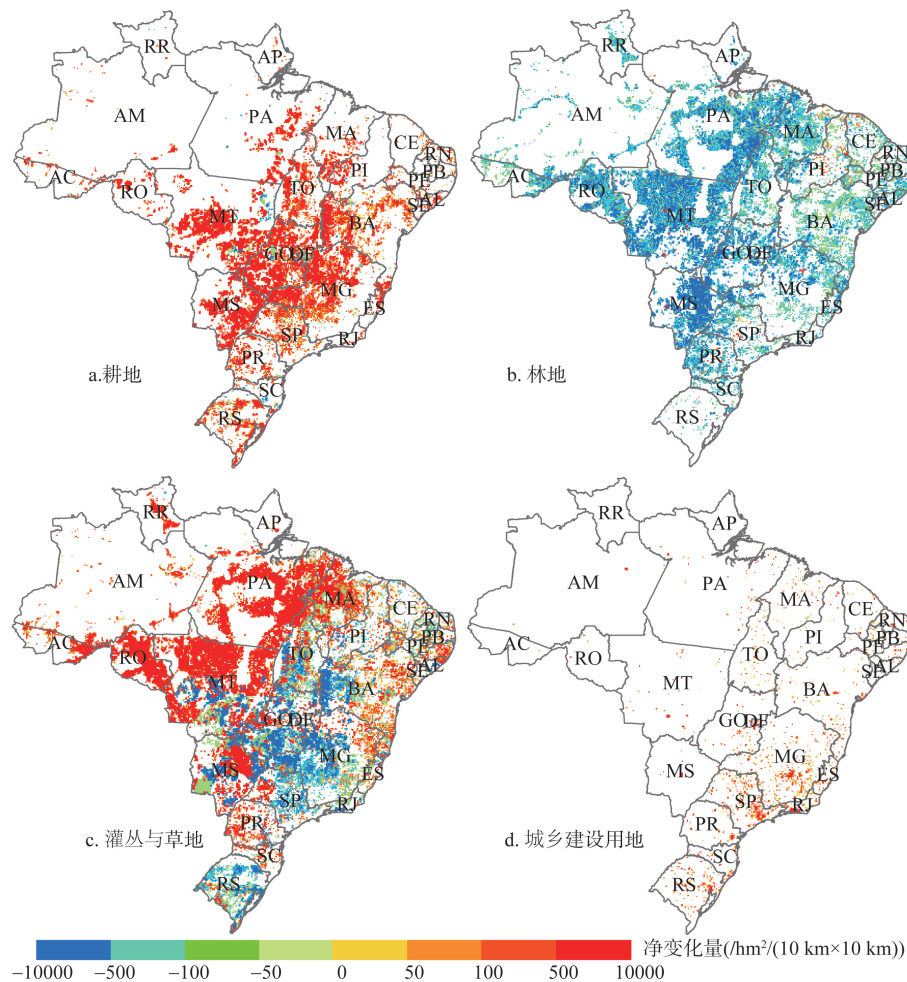


图3 1980-2005年巴西土地利用主要变化类型的净变化量

Fig.3 Net change of main land use types in Brazil, 1980-2005

于亚马孙河流域的森林采伐。减少区域主要分布于巴西中西部及南部,主要包括托坎廷斯州(TO)、戈亚斯州(GO)、米纳斯吉拉斯州(MG)、圣保罗市(SP)、巴伊亚州(BA)东部、马托格罗索州(MT)南部以及南里奥格兰德州(RS)等,这7个州的灌丛和草地净减少面积之和为12.23万km<sup>2</sup>,占总净减少面积的82.92%,减少的主要原因是耕地垦殖。

(4) 城乡建设用地变化。城乡建设用地总体呈现扩张趋势,变化区域主要分布在巴西的东南沿海地带,中西部扩张规模较小。其中以皮奥伊州(RI)、圣保罗市(SP)、米纳斯吉拉斯州(MG)和巴伊亚州(BA)的城乡建设用地扩张最为剧烈,扩张面积分别为995.14、1171.47、1228.85和326.80 km<sup>2</sup>,分别占全国城乡建设用地扩张总面积的13.15%、15.48%、16.24%和4.32%,这4个州合占49.19%。

### 4.3 基于生态地理分区的土地利用变化空间格局

生态地理区域划分的原则和方法不但包含了气候要素特征,同时还涵盖了植被信息,并且区域内的气候和植被具有较好的一致性(高江波等, 2010)。因此,从生态地理分区角度分析土地利用/覆盖变化,可以深入了解研究区各生态地理区内部土地利用/覆盖变化情况及其主要驱动因素(张戈丽等, 2010)。本文应用世界自然基金会于2001年组织的世界各地1000多位科学家划定的全球陆地生态分区方案(黄梅玲等, 2009)。巴西共划分6个生态地理区,分别为:热带和亚热带湿润阔叶林,热带和亚热带干旱阔叶林,热带及亚热带草原,草原和沼泽湿地,沙漠和旱生植物及红树林。巴西各生态地理分区内部土地利用/覆盖变化情况各异,研究发现巴西土地利用/覆盖变化主要形式有11种,其中以耕地的增加,林地的减少,灌丛和草地的增减,城

乡建设用地的扩张为主要变化形式(图4、表1)。巴西有60.86%的土地分布在热带和亚热带湿润阔叶林生态地理区中,并分为南北两块区域。该区域土地利用变化的主要特征为:首先是森林面积减少,特别是亚马孙河流域周边地区,森林采伐严重,林地主要转为灌丛和草地,面积约为248838.44 km<sup>2</sup>(表1),并且每平方公里范围内的土地利用动态度多在10%以上,部分区域达到100%;其次是耕地面积的增加,主要来源于林地、灌丛和草地,为69517.41 km<sup>2</sup>,主要用于种植大豆和玉米;第三是水域面积增加,该生态地理区内有世界第一大河流亚马孙河,

其周边的森林沼泽等大面积增加;第四是城乡建设用地的扩张。与其他5个生态地理区相比,该生态地理区(主要是南部区域)的城乡建设用地扩张最为显著,尤其是巴西东南部的圣保罗州和里约热内卢州。

热带和亚热带干旱阔叶林生态地理区分布在巴西东部,区域总面积为18.05万km<sup>2</sup>,占巴西土地总面积的2.13%。该区域内的土地利用变化特征表现为林地面积减少。其中,主要转换为灌丛和草地,面积约为1.29万km<sup>2</sup>;其次是转换为耕地,面积约为6609.42 km<sup>2</sup>。另外,灌丛和草地内部转换面积

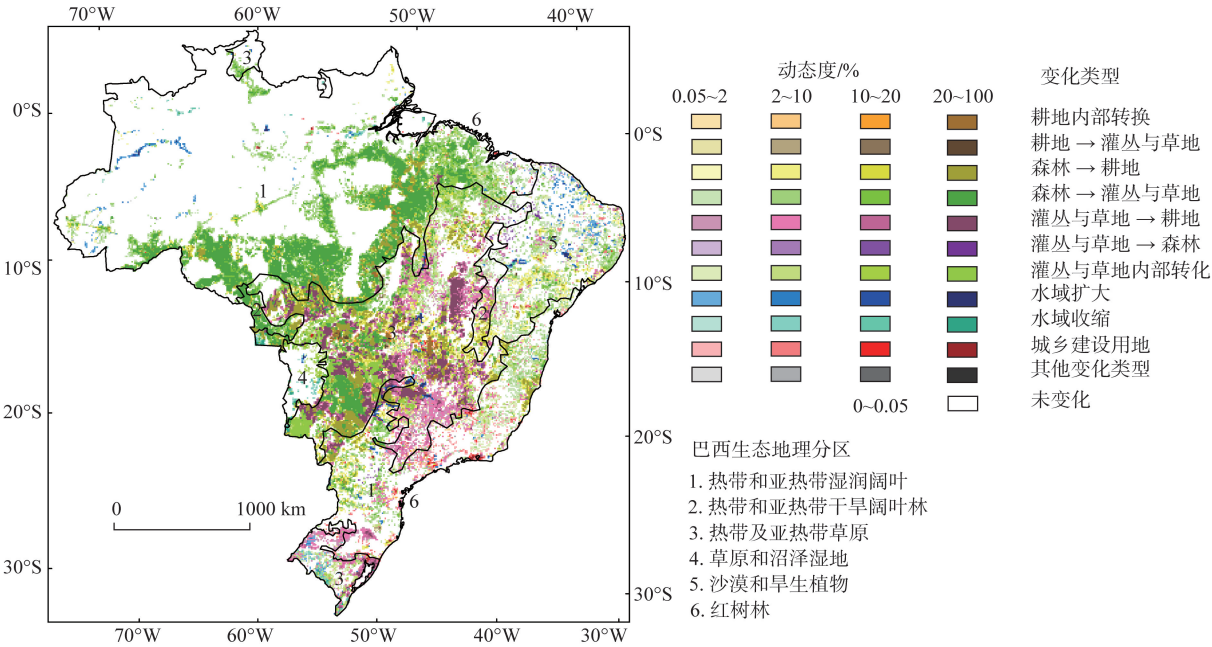


图4 1980-2005年巴西不同生态地理分区内土地利用变化动态度分布图  
(土地利用变化动态度计算的单元为1 km×1 km)

Fig. 4 Spatial distribution of dynamic degree on land use changes from geoeological zones in Brazil, 1980-2005

表 1 1980-2005年巴西各生态地理区内土地利用变化面积统计表/km<sup>2</sup>

Tab.1 Statistics of land use change in Brazil's six ecological zones, 1980-2005/km<sup>2</sup>

生态区	转 换 方 式								水域增加	水域收缩	城乡建设 用地扩张	其他转换 类型
	耕地— 耕地	耕地—灌 丛与草地	林地— 耕地	林地—灌 丛与草地	灌丛与草 地—耕地	灌丛与草 地—林地	灌丛与草地 内部转换					
1	1853.44	696.19	55964.08	248838.44	13553.33	676.28	12781.58	5361.22	1199.56	4619.77	343.31	
2	42.29	71.24	6609.42	12889.24	1839.34	22.41	797.44	8.19	238.62	125.11	22.40	
3	10426.61	2164.35	99335.74	88483.68	126381.82	1117.49	63741.54	2523.67	2747.79	2377.84	339.82	
4	—	—	1572.56	1617.60	374.89	50.00	2366.35	171.21	1910.55	2.70	—	
5	2.76	77.68	4954.83	5946.61	1493.13	626.79	1697.92	1963.71	320.15	286.22	26.17	
6	—	—	121.83	41.41	31.29	1.89	11.56	6.15	13.47	105.43	0.13	

注:1、热带和亚热带湿润阔叶林区;2、热带和亚热带干旱阔叶林区;3、热带及亚热带草原区;4、草原和沼泽湿地区;5、沙漠和旱生植物区;6、红树林区。



相对较大,面积为797.44 km<sup>2</sup>,主要是将灌丛改变为草地。热带及亚热带草原生态地理区主要分布在巴西中部,在北部及南部也有分布,总面积为217.70万 km<sup>2</sup>,占巴西土地总面积的25.69%。该生态地理区域内各地类变化都强度较大,但最为显著变化的是耕地增加,主要源于林地与灌丛和草地的垦殖,面积达22.57万 km<sup>2</sup>;该区域种植业和畜牧业都非常发达,是巴西主要的大豆、玉米和牛肉生产区,因此耕地二级地类间及灌丛与草地二级地类间的转换面积也相对较大;由于当地农民沿河开垦以大面积种植甘蔗,造成湿地萎缩;城乡建设用地面积扩张明显,面积增加2747.79 km<sup>2</sup>。

草原和沼泽湿地生态地理区位于巴西的西南侧,面积为13.76万 km<sup>2</sup>,仅占巴西土地总面积的1.63%。该区域地处内陆,土地利用变化的显著特征是水域萎缩。在研究期内,由于在高原台地上不断开垦农田,用于种植大豆等作物,造成湿地面积萎缩。另外,由于不断对森林进行滥伐,部分林地转变为牧场。

沙漠和旱生植物生态地理区分布于巴西东部,面积为80.19万 km<sup>2</sup>,占巴西土地总面积的9.47%。该区域内土地利用变化强度相对较小,主要特征为林地转为耕地或灌丛与草地,其次是水域面积增加。研究期内,该分区(主要是南部区域)毁林垦殖面积达4954.83 km<sup>2</sup>,森林采伐后转变为灌丛与草地的面积5946.61 km<sup>2</sup>,林地面积合计减少1.09万 km<sup>2</sup>。年均降雨量增加,该分区的北部水域面积增加。

红树林生态地理区是各生态地理区中面积最小的一个,仅为1.89万 km<sup>2</sup>,占巴西土地总面积的0.22%,主要分布在巴西海岸线一带,其中亚马孙河入海口有巴西最大的红树林区。从表1中可以看出,该生态地理区内以森林采伐和水域收缩为主要变化特征。由于长期毁林开荒,或打捞捕鱼、建房筑舍,导致红树林和森林湿地面积缩小。

## 5 土地利用变化的主要驱动因素分析

土地利用/覆盖变化是人类活动与自然环境相互作用最直接的表现形式,土地利用变化的空间格局表征了该时段人—地关系在不同地域空间上的作用强度与作用模式(Liu et al, 2014)。一般而言,土地利用/覆盖变化的发生和发展有两个前提:一是

土地利用类型与利用方式转换的可能性,它受到区域自然地理环境背景的直接控制,主要包括气候、地貌、土壤,以及原生土地覆被类型等;二是人类活动的干扰,主要表现为人为影响的可达性与强度,以及对土地利用方式的选择,包括人口分布及迁移、交通状况、社会需求以及产业结构等。对于区域尺度的土地利用/覆盖变化,国家政策制订与实施会起到非常关键的作用(Liu et al, 2014)。1980-2005年的25年间,巴西无论是在气候变化、人口增长、土地利用政策或者是经济需求等自然和人为因素方面都发生了巨大变化,对巴西局部环境及土地利用/覆盖变化产生了直接或间接的影响。

### 5.1 气候变化

巴西位于南美洲,土地面积广阔,纵跨3个气候带。北部亚马孙平原属赤道(热带)雨林气候,中部高原属热带草原气候,分旱、湿两季,最南端属亚热带气候。巴西整体处于热带和亚热带地区,温度从北向南递减,但平均温度都在10℃以上。在全球气候变暖的趋势下,近50年来巴西整体温度也呈现不断上升趋势,上升约为0.7℃,高于全球平均水平(0.64℃)(Parry et al, 2007)。随着温度的升高,降水量的增加,各区域土地利用的农牧业适应性逐渐提升,为农牧业发展创造了更大的可能性和潜力。

### 5.2 土地利用政策

巴西国家或地方政府的政策对土地利用变化的影响是非常显著和直接的。在1985年以前巴西军政府统治时期,试行过土地改革,将部分国有土地划给私人企业进行开垦,但由于管理不善,导致大量土地集中于少数人手里,同时又出现很多无地农民以及大量土地荒废。1985年新政府成立后,巴西又进行新的土地改革,制定了家庭农业支持计划、信贷政策、价格支持政策、鼓励合作社的发展和农产品出口等农业发展政策,以吸引农民到内陆的中西部开发后备耕地资源,并通过大规模经营促进农业竞争力的提高(黄松甫, 1987; 李飞等, 2007; Christian et al, 2008)。由于大量移民在巴西中西部地区开垦或放牧,致使耕地和草地面积大量增加(25年间分别增加了22.68万 km<sup>2</sup>和44.70万 km<sup>2</sup>)。随着大规模森林采伐,以及农民和农场主为寻找更加廉价的土地而深入亚马孙区域,使得这一区域近1/5的森林被破坏,导致整个巴西的生态环境问题日益突出,迫使巴西政府近年来采取一系列保护措施

施,减少和控制亚马孙的森林采伐(程晶, 2005; Stickler et al, 2012)。

### 5.3 人口增长与外贸发展

人口的增加,必然导致城乡建设用地面积增加。特别是人口密集并快速增长的里约热内卢州、圣保罗州、米纳斯吉州,第三产业发达,旅游业、制造业兴旺,城乡建设用地迅速扩张。巴西人口主要集中在东南部地区,25年来在巴西政府支持下,部分人口向中西部和北部地区迁移。同时,在经济利益和外贸发展的驱动下,农民和农场主大量开垦林地和草地,巴西高原及潘塔纳尔湿地区域的耕地和牧草地面积不断增加,亚马孙河流域周边地区的森林被大量采伐,木材及农产品除了本国消化一部分外,大部分用于出口。巴西农业产值由1980年的194.08亿美元增加到2004年的411.11亿美元;农产品出口值占巴西GDP的份额从1980年的2.29%上升到2004年的4.14%,上升了1.85个百分点。

### 5.4 道路交通建设

交通条件是巴西土地利用变化一个关键的空间变量(Ahmed et al, 2013)。据统计,1960-2006年,巴西道路总里程从3.6万km增加到19万km,增加了4倍多(Werner et al, 2008)。道路建设一方面促进农牧业发展以及农牧产品的对外贸易,同时也诱发了道路两旁的森林采伐(Daniel et al, 2001)。

## 6 结论与讨论

本文基于Landsat MSS、TM、ETM遥感影像以及欧空局GlobCover数据等多源数据,分析了巴西1980-2005年土地利用/覆盖变化的时空格局及影响因素,主要结论如下:

(1) 耕地增加、林地采伐、灌丛与草地转入转出频繁、城乡建设用地面积扩张是巴西土地利用/覆盖变化的主要特征。土地利用/覆盖变化总面积79.43万km<sup>2</sup>,占巴西土地总面积的9.33%,但土地利用的宏观结构并未改变。

(2) 巴西土地利用/覆盖变化的区域差异显著。热带和亚热带湿润阔叶林生态地理区中,森林面积锐减,亚马孙河流域周边地区森林采伐尤为严重,而耕地、水域、城乡建设用地面积增加,区内大部分区域的土地利用动态度在10%以上;热带和亚热带干旱阔叶林生态地理区内,以林地采伐后转变为灌

丛与草地或耕地为主要特征;热带及亚热带草原生态地理区内各类用地均有一定程度的变化,尤以耕地、草地面积增加为主要特征;草原和沼泽湿地生态地理区内,水域明显收缩,耕地有所增加;沙漠和旱生植物生态地理区内土地利用变化强度相对较小,主要为林地转成耕地或灌丛与草地;巴西红树林生态地理区以森林采伐和水域收缩为主要变化特征。

(3) 25年间,地形地貌、气候、植被等自然地理条件深刻影响着土地利用的宏观格局及土地利用变化的可能性。气候变化对耕地垦殖及草地增加具有一定影响,而土地利用政策调控、经济及对外贸易发展、人口增加及空间迁移、道路建设等是导致巴西土地利用变化的直接原因。

巴西与中国同为“金砖”五国成员和发展中国家,有着较为广阔的国土空间和特定类型较为相似的土地利用转换过程。同时,由于自然地理条件和社会经济条件的巨大差异,两国土地利用及变化的格局存在显著的差异性。本文对巴西25年间土地利用/覆盖变化的时空格局及驱动因素进行了分析,揭示了巴西土地利用/覆盖的变化过程及其程度。今后,应进一步加强两国土地利用及其变化的比较研究,以揭示发展中大国土地利用变化的时空规律,并为深化中国与巴西的经贸合作提供科学依据。

## 参考文献(References)

- 程晶. 2005. 巴西亚马逊地区环境保护与可持续发展的限制性因素[J]. 拉丁美洲研究, 27(1): 67-71. [Cheng J. 2005. Environmental protection and sustainable development in Brazil's Amazon Basin[J]. Journal of Latin American Studies, 27(1): 67-71.]
- 高江波, 黄姣, 李双成, 等. 2010. 中国自然地理区划研究的新进展与发展趋势[J]. 地理科学进展, 29(11): 1400-1407. [Gao J B, Huang J, Li S C, et al. 2010. The new progresses and development trends in the research of physio-geographical regionalization in China[J]. Progress in Geography, 29(11): 1400-1407.]
- 黄梅玲, 江洪, 朱求安, 等. 2009. 1961-2000年中国生态区紫外辐射的时空演变特征[J]. 地理科学, 29(3): 391-396. [Huang M L, Jiang H, Zhu Q A, et al. 2009. Spatial and temporal variability characteristics of ultraviolet radiation in eco-regions of China from 1961 to 2000[J]. Scientia Geographica Sinica, 29(3): 391-396.]
- 黄松甫. 1987. 浅谈巴西的土地改革[J]. 世界农业, (4): 12-



13. [Huang S F. 1987. Qian tan ba xi de tu di gai ge[J]. World Agriculture, (4): 12-13.]
- 李飞, 孙东升. 2007. 巴西的农业支持政策及对中国的借鉴[J]. 中国农机化, (5): 20-24. [Li F, Sun D S. 2007. Brazil's agricultural support policy and its reference for China[J]. Chinese Agricultural Mechanization, (5): 20-24.]
- 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 2002. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学: 地球科学, 32(12): 1031-1043. [Liu J Y, Liu M L, Zhuang D F, et al. 2002. Zhong guo jin qi tu di li yong bian hua de kong jian ge ju fen xi[J]. Science in China: Earth Sciences, 32(12): 1031-1043.]
- 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 等. 2009. 21世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 64(12): 1411-1420. [Liu J Y, Zhuang Z X, Xu X L, et al. 2009. Spatial patterns and driving forces of land use change in China in the early 21st century[J]. Acta Geographica Sinica, 64(12): 1411-1420.]
- 张戈丽, 欧阳华, 张宪洲, 等. 2010. 基于生态地理分区的青藏高原植被覆被变化及其对气候变化的响应[J]. 地理研究, 29(11): 2004-2016. [Zhang G L, Ouyang H, Zhang X Z, et al. 2010. Vegetation change and its responses to climatic variation based on eco-geographical regions of Tibetan Plateau[J]. Geographical Research, 29(11): 2004-2016.]
- Ahmed S E, Souza Jr C M, Riberio J, et al. 2013. Temporal patterns of road network development in the Brazilian Amazon[J]. Regional Environmental Change, 13(5): 927-937.
- Baer W. 2008. The Brazilian economy: growth and development[M]. Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers.
- Bicheron P, Defourny P, Brockmann C, et al. 2008. Globcover products description and validation report[R/OL]. [2013-07-20]. <http://due.esrin.esa.int/globcover>.
- Brannstrom C, Jepson W, Filippi A M, et al. 2008. Land change in the Brazilian Savanna(Cerrado), 1986- 2002: comparative analysis and implications for land-use policy[J]. Land Use Policy, 25(4): 579-595.
- Caspersen J P, Pacala S W, Jenkins J C, et al. 2000. Contributions of land-use history to carbon accumulation in US forests[J]. Science, 290: 1148-1151.
- Committee on Global Change Research. 1999. Global environmental change: research pathways for the next decade [M]. Washington, DC: National Academy Press.
- Foley J A, Defries R, Asner G P, et al. 2005. Global consequences of land use[J]. Science, 309: 570-574.
- Houghton R A, Hackler J L, Lawrence K T. 1999. The US carbon budget: contributions from land-use change[J]. Science, 285: 574-578.
- IGBP. 2005. IGBP Report No. 53, IHDP Report No.19: science plan and implementation strategy[R/OL]. [2014-01-19]. [http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680006384/1376383121392/report\\_53-GLP.pdf](http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680006384/1376383121392/report_53-GLP.pdf).
- Kalnay E, Cai M. 2003. Impact of urbanization and land-use change on climate[J]. Nature, 423: 528-531.
- Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. 1995. IGBP report No.48/IHDP report No.10: land-use and land-cover change (LUCC): implementation strategy[R/OL]. [2013-09-13]. [http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680006377/1376383119247/report\\_48-LUCC.pdf](http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680006377/1376383119247/report_48-LUCC.pdf).
- Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, et al. 2014. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s[J]. Journal of Geographical Sciences, 24(2): 195-210.
- Loveland T R, Belward A S. 1997. The IGBP-DIS global 1 km land cover data set, DISCover: first results[J]. International Journal of Remote Sensing, 18(15): 3289-3295.
- Nepstad D, Carvalho G, Barros A C, et al. 2001. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests [J]. Forest Ecology and Management, 154(3): 395-407.
- Parry M L, Canziani O F, Palutikof J P, et al. 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability[R]. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterling S M, Ducharme A, Polcher J. 2012. The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle[J]. Nature Climate Change, 3(4): 385-390.
- Stickler C M, Nepstad D C, Azevedo A A, et al. 2012. Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso[J]. Philosophical Transactions B, 368: 0160.
- Turner B L, Skole D, Sanderson S, et al. 1995. IGBP report No. 35 & HDP Report No. 7: land cover change science/ research plan[R/OL]. [2014-02-15]. [http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680006394/1376383119573/report\\_35-LUCC.pdf](http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680006394/1376383119573/report_35-LUCC.pdf).

## Spatiotemporal pattern and driving forces of land use/cover change in Brazil

DU Guoming<sup>1</sup>, KUANG Wenhui<sup>1</sup>, MENG Fanhao<sup>2,3</sup>, CHI Wenfeng<sup>1,3</sup>, LU Dengsheng<sup>4,5</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4. School of Environmental & Resource Sciences, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China;

5. Center for Global Change and Earth Observations, Michigan State University, East Lansing 48823, USA)

**Abstract:** Land use/cover change (LUCC) is one of the hot topics in the study of global change. In this research, the authors adopted the method of human-computer interaction to amend the 2005 ESA GlobalCover land use data based on the Landsat TM/ETM remotely sensed data around 2005, then used the inverse phase visual interpretation method to extract land use/cover change information between 1980 and 2005 based on the Landsat MSS/TM remotely sensed data in the 1980s, and analyzed the Spatiotemporal pattern and driving forces of the change. The results show that in the 25 years between 1980 and 2005, that area of land use/cover change reached 794300 km<sup>2</sup> in Brazil, accounting for 9.33% of the total land area. Among these, cropland increased by 201800 km<sup>2</sup>, cropland/natural vegetation mosaic increased by 107000 km<sup>2</sup>, forest area decreased by 531200 km<sup>2</sup>, shrub and grassland converted to other land use types by 236000 km<sup>2</sup> and the opposite conversion was 447000 km<sup>2</sup> with a net increase of this land use category by 211000 km<sup>2</sup>, water increased by 4600 km<sup>2</sup>, urban and built-up areas extended by 7573.87 km<sup>2</sup>. But the land use macroscopic structure did not change. Regional differences of the main land use change forms including deforestation, grassland in- and out-conversion, Land reclamation, and urban and built-up area expansion led to different land use/cover change characteristics in tropical and subtropical moist broadleaf forest ecological zone, tropical and subtropical dry broadleaf forest ecological zone, tropical and subtropical steppe ecological zone, grassland and marsh wetland ecological zone, desert and xeric plants ecological zone, and mangrove forest ecological zone. Natural geographical conditions such as landform, climate, and vegetation profoundly affected the macro pattern of land use and the possibility of land use change. Although climate change had a certain impact on cropland reclamation and the increase of grassland, land use policy, economy and foreign trade development, population growth and migration, and road construction were the direct causes of land use change in Brazil.

**Key words:** Brazil; land use/cover; spatiotemporal pattern; rainforest; driving force