

# 中美巴印过去300年耕地时空变化的比较研究

李美娇<sup>1,2,3</sup>, 何凡能<sup>1,2</sup>, 肖冉<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**本文利用长时间序列数据, 对中、美、巴、印四国过去300年耕地时空变化特征及驱动因素进行了比较分析。结果表明: ①四国耕地总量在过去300年均呈持续增长态势。中国和印度土地垦殖历史悠久, 其中, 中国在1700-1980s耕地面积增加了 $68.21 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 印度在1700-2000年增加了 $131.28 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 为中国的1.92倍; 美国 and 巴西虽然农业起步较晚, 但发展迅猛, 其中, 美国在1700-1950年的250年间耕地面积增长了 $190.87 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 分别是中国、印度增量的2.80倍和1.46倍; 巴西在1700-2000年增加了 $64.57 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 其中近百年的增量为 $62.82 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 超过了同期其他三国的增加量。②从空间格局变化特征看, 近300年来, 中国和印度均是在已有耕地分布格局的基础上向高原及山地丘陵地区扩展; 而美国在“西进运动”的影响下, 耕地大规模向中西部拓殖; 巴西随着向北西部开发的推进, 北部、西部地区的耕地急剧增加。③过去300年推动四国土地垦殖发展最直接的驱动因素是国家政策, 但就根本驱动因素而言, 中国和印度是人口, 而美国和巴西则是国家财政; 在农技发展取向方面, 中国和印度选择了精耕细作以提高土地生产率; 而美国和巴西则选择了机械化以提高劳动生产率。

**关键词:**耕地; 驱动力; 区域比较; 过去300年; 中国; 美国; 巴西; 印度

## 1 引言

土地利用/覆被变化(LUCC)是全球变化研究的重要组成部分, 也是国际人文因素计划(IHDP)和国际地圈与生物圈计划(IGBP)的重要研究内容之一。历史时期, 特别是过去300年的土地利用/覆被变化作为开展长时间尺度气候变化与生态效应模拟研究的重要参数, 受到国际学术界的广泛关注(Voldoire et al, 2007; Shi et al, 2007)。

迄今为止, 各国学者及国际相关科学组织已从全球、区域等多种空间尺度, 对历史土地利用/覆被变化的时空过程进行了大量研究。其中, 由荷兰公众健康与环境研究所(Ramankutty et al, 2010)和美国威斯康星大学可持续性全球环境中心(Goldewijk, 2011)分别建立的“全球历史环境数据集”(简

称HYDE数据集)和“全球土地利用数据集”(简称SAGE数据集)是全球尺度的代表之作, 其成果在相关研究中得到广泛应用(Shi et al, 2007; Pechony et al, 2010; Kaplan et al, 2011)。区域尺度也有不少成果问世, 如Waisanen等(2002)采用多源统计数据, 重建了美国1850-1997年的耕地数量; Ge等(2008)通过对清代田亩数据的订正, 探讨了过去300年中国传统农区耕地数量的时空变化特征及驱动因素; Leite等(2012)利用遥感和统计数据分析了20世纪中后期巴西土地利用时空变化特征, 并以此为基础, 计算其在该时期内所导致的碳排放量; Tian等(2014)利用遥感数据和历史文献数据重建了印度1880-2010年典型时间断面的耕地、林地、草地等5大类用地的用地规模, 并分析了各土地利用类型的时空变化特征。

收稿日期: 2014-10; 修订日期: 2015-01。

基金项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2010CB950901); 国家自然科学基金项目(41271227)。

作者简介: 李美娇(1989-), 女, 山西长治人, 硕士研究生, 主要从事历史土地利用/覆被变化等方面研究,

E-mail: limeijiao0707@126.com。

通讯作者: 何凡能(1963-), 男, 福建仙游人, 研究员, 主要从事历史地理与环境变迁研究, E-mail: hef@igsnrr.ac.cn。

引用格式: 李美娇, 何凡能, 肖冉. 2015. 中美巴印过去300年耕地时空变化的比较研究[J]. 地理科学进展, 34(1): 64-72. [Li M J, He F N, Xiao R. 2015. Characteristics of cropland change in China, the United States, Brazil and India over the past 300 years[J]. Progress in Geography, 34(1): 64-72.]. DOI: 10.11820/dlkxjz.2015.01.008

诸如上述全球和区域性的重建研究,为揭示全球和区域的土地利用/覆被变化过程提供了重要的基础数据,但目前有关国别或区域间土地利用变化的比较研究仍不多见。在21世纪初,IGBP和IHDP联合发起的LUCC研究计划(Nunes et al, 1999; Lambin et al, 2000)及国际地理联合会LUCC研究组(2001, 2004)制定的2000-2008年研究计划,均将“不同区域土地利用/覆被变化的比较研究、模式以及驱动力研究”作为其研究计划的重点内容之一,并一致认为:加强不同历史背景、不同地理单元LUCC过程及人文驱动因素区域差异的比较研究,对深化大尺度LUCC历史过程与驱动机制的科学认识,科学调控人类土地利用行为、缓减与适应全球气候变化具有重要意义。

基于此,本文选择当今世界农业大国中国、美国、巴西和印度为研究对象,试图通过对四国耕地时空变化特征及驱动因素的比较分析,揭示不同背景下的不同区域土地垦殖过程及其驱动因素的异同,为深入研究历史LUCC及历史碳排放责任等提供借鉴。从研究对象看,过去300年中、美、巴、印的土地覆被格局均发生了较大变化。从国土面积看,中国、美国和巴西面积大体相当,印度相对较小,约为中、美、巴各国的1/3;从地理位置看,中、印分别地处北半球太平洋西岸、印度洋北岸,美、巴则分别位于北、南太平洋东岸,纬度均处于南北纬60°之间;从气候带看,中国和美国均以温带、亚热带为主,印度和巴西以热带和亚热带为主,虽然四国地理环境各异,但均有利于农业发展。从农业开发史看,中国和印度是典型的传统农业国家,具有悠久的农业发展史,且人口众多;而美国和巴西则是新兴的农业强国,农业开发起步较晚,但发展迅猛。工业革命之后,美国土地开发进程大大加快,成为新兴的农业大国;巴西自20世纪50年代开始,随着工业化和经济的发展,迅速成为后起的农业强国。

由于过去300年四国疆域范围均有变化,为了便于分析,研究区范围以四国现行疆域为界。其中,中国以大陆为主,不包括港澳台地区;美国以本土为主,不包括阿拉斯加州和夏威夷群岛。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

本文引用的数据主要包括耕地和人口。目前可供利用的覆盖中、美、巴、印过去300年的耕地和人口数据,除了来自当事国学者的研究成果外,还有“全球历史环境数据集”(HYDE 3.1)<sup>①</sup>和“全球土地利用数据集”(SAGE 2010)<sup>②</sup>。其中,中国过去300年耕地数据来自Li等(2015)重建的1661-1996年耕地网格化数据集;人口数据引自曹树基等(2001)。这些数据均是中国学者基于丰富史料中反映的史实订正重建的,其部分成果也已被HYDE 3.1数据集采纳,可信度相对较高。

美国、巴西和印度耕地和人口数据均引自“全球历史环境数据集”(HYDE 3.1)(Goldewijk, 2011)。虽然全球数据集SAGE 2010(Ramankutty et al, 2010)中也含盖了上述三国本土的耕地数,但从与联合国粮农组织(FAO)1960年以来的耕地调查统计数据对比结果看,SAGE估算结果明显偏高。从区域性研究结果看,Waisanen等(2002)、Tian等(2014)和Leite等(2012)分别给出了美国本土1850-1990年的耕地与人口数据、印度1880-2010年的耕地数据、巴西1945-1995年的耕地数据,但将其与FAO1960年以来的耕地数据和HYDE近300年的重建数据进行比较发现:印度耕地数据未将“休耕地”包含在内,重建结果比实际数量偏低;美国 and 巴西的数据与FAO、HYDE基本一致,但HYDE时间序列更长。因此,上述三国数据均引用HYDE 3.1数据集。

### 2.2 研究思路

本文主要从垦殖过程、空间格局变化两方面对过去300年中美巴印的耕地动态进行比较分析。文中选取耕地数量、土地垦殖率作为垦殖规模和强度的量化指标,其中,土地垦殖率用来表征一定区域内耕地面积占土地总面积的比重。空间格局变化比较方面,中国选取Li等(2015)重建的空间分辨率为10 km×10 km的中国耕地网格化数据;美国、巴西、印度三国选择HYDE 3.1数据集中的空间分辨率为5'的耕地网格数据。由于两个数据集在重建时点分布上并不完全一致,所以,文中以Li等重建

①HYDE3.1数据下载网站:<http://themasites.pbl.nl/en/themasites/hyde/download/index.html>。

②SAGE2010数据下载网站:[http://daac.ornl.gov/ISLSCP\\_II/guides/historic\\_cropland\\_xdeg.html](http://daac.ornl.gov/ISLSCP_II/guides/historic_cropland_xdeg.html)。

的中国数据集的时点为基础,选取与之邻近的美国、巴西、印度的耕地数据作空间比较分析。

### 3 结果分析

#### 3.1 垦殖过程比较

##### 3.1.1 耕地数量、土地垦殖率变化比较

图1a和图1b分别给出了1700-2000年中、美、巴、印耕地数量与土地垦殖率的变化趋势:过去300年四国的土地垦殖规模和强度变化均较明显,总体均以持续增长为特征,但由于四国农业开发历史与社会发展历程各有特点,因此土地垦殖变化的历史进程也不尽相同。

从图1a中可以看出,过去300年四国耕地数量总体呈持续增长态势。其中,中国耕地面积从1700年的 $66.77 \times 10^4 \text{ km}^2$ 增至20世纪80年代的峰值 $134.98 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,增加了 $68.21 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;土地垦殖率相应地从1700年的6.96%增至1980s的14.09%。同样作为传统的农业国家,印度的耕地面积总量变化幅度明显大于中国,从1700年的 $37.22 \times 10^4 \text{ km}^2$ 增至2000年的峰值 $168.50 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占国土总面积的一半,耕地面积增加量为 $131.28 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,为中国的1.92倍;土地垦殖率相应地从1700年的11.77%增至2000年的53.28%,为中国1980s的3.78倍。

而美国耕地则从1700年的 $0.63 \times 10^4 \text{ km}^2$ 增至1950年的峰值 $191.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,250年间耕地面积增加了 $190.87 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,增幅分别为中国和印度过去300年增加量的2.80倍和1.45倍,耕地总量也超过了1980s的中国和2000年的印度;土地垦殖率从1700年不足0.1%增至1950年的20.64%,超过了1980s的中国。与其他三国相比,巴西耕地数量快

速增长阶段出现在近百年,1700-2000年耕地面积从 $0.14 \times 10^4 \text{ km}^2$ 增至 $64.71 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,增加了 $64.57 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其中近百年的增量达到 $62.82 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,超过了上述三国同期的增加量;土地垦殖率也相应地从1700年的0.02%增至2000年的7.61%。可见,虽然四国过去300年耕地数量变化均以持续增长为基本特征,但从其变化幅度看,美国远远大于中国和印度,可以说,美国仅用了200余年的时间,完成并超越了中国和印度数千年的土地垦殖过程,成为世界第一农业大国;巴西近百年来耕地面积的增加幅度也很大,与中国和印度相比,其土地开发潜力很大,耕地总量还有继续增长的趋势。

##### 3.1.2 耕地数量变化阶段性特征比较

四国耕地数量在历史增长的过程中,各自表现出不同的阶段性特征(表1)。作为传统农业大国,中国的耕地面积在历史累积的基础上,近300年大体经历了3个时期,即:显著增长期、缓慢增长期和波动快速增长期。其中,快速增长期为1700-1724年,年均增长率为0.50%;缓慢增长期为1724-1873年,年均增长率为0.09%;波动快速增长期为1873-2000年,年均增长率为0.32%。与中国类似,印度的耕地变化也大体经历了以下3个发展时期:显著增长期、缓慢增长期和平稳发展期。其中,快速增长期为1700-1850年,年均增长率为0.73%;缓慢增长期为1850-1970年,年均增长率为0.33%;平稳发展期为1970-2000年,年均增长率仅为0.09%,耕地总量基本稳定在 $168 \times 10^4 \text{ km}^2$ 左右。

而美国和巴西作为建国历史不长的年轻国家,耕地数量的增长过程与中国和印度差异较明显。其中,美国大体经历了缓慢增长期、快速增长期和波动平稳期3个时期。1700-1800年,耕地拓殖缓

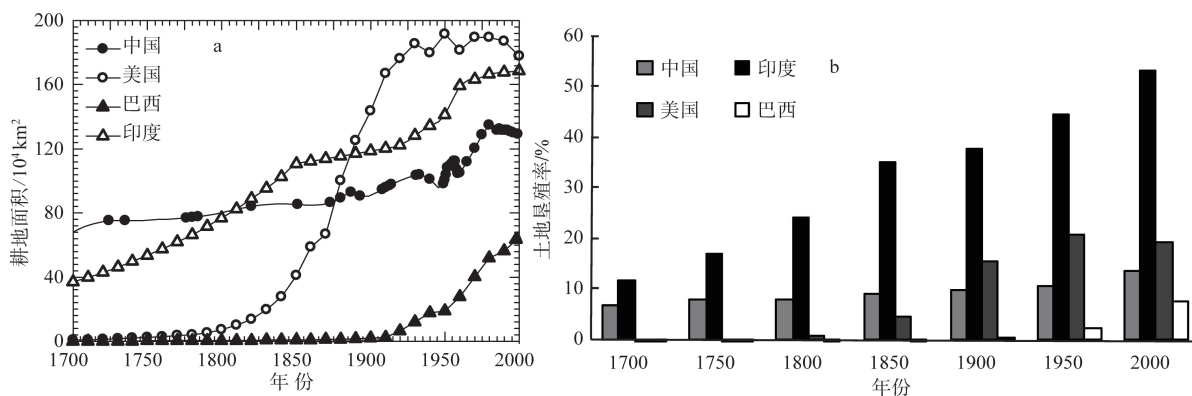


图1 过去300年中、美、巴、印耕地面积(a)及土地垦殖率(b)变化趋势

Fig.1 Cropland area (a) and land reclamation intensity (b) of China, the United States, Brazil, and India over the past 300 years



表1 中、美、巴、印土地垦殖的阶段特征

Tab.1 Characteristics of land reclamation growth in different phases in China, the United States, Brazil and India

中国		印度		美国		巴西	
分期	年均增长率/%	分期	年均增长率/%	分期	年均增长率/%	分期	年均增长率/%
快速增长期 (1700-1724)	0.50	显著增长期 (1700-1850)	0.73	缓慢增长期 (1700-1800)	2.49	缓慢增长期 (1700-1900)	1.31
缓慢增长期 (1724-1873)	0.09	缓慢增长期 (1850-1970)	0.33	快速增长期 (1800-1930)	2.52	快速增长期 (1900-2000)	3.60
波动快速增长期 (1873-2000)	0.32	平稳发展期 (1970-2000)	0.09	波动趋稳期 (1930-2000)	-0.01		

慢,年均增长率为2.49%;其后随着中西部开发政策的实施,耕地数量大幅增长,1800-1930年,年均增长率达2.51%;1930s后,美国土地垦殖进入了波动趋稳期,1930-2000年,耕地数量在(177.72~191.5)×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>之间波动。巴西的土地垦殖主要经历了2个阶段,即缓慢增长期和快速增长期。1700-1900年,巴西耕地面积增长缓慢,年均增长率仅为1.31%;1900-2000年,耕地面积大规模增加,年均增长率达到3.60%,且目前依然处于快速增长阶段。

3.2 空间格局比较

为了进一步揭示过去300年四国耕地的空间格局变化特征,文中分别选取了中国1724、1820、1933、1990年和美国、巴西、印度1720、1820、1930、1990年4个时点的耕地数据,对四国进行比较分析(图2)。从图2中可以看出,过去300年中国和印度的土地垦殖主要以传统农区为基础,向边区和山地丘陵地区拓展,而美国以“西进”为主要特征,巴西则向北部、西部拓展。

18-19世纪,四国主要农垦区均分布于地理条件相对较好的平原地带,但中国和印度的垦殖强度和范围均明显大于美国和巴西。中国传统农区,如黄淮海平原、长江中下游地区、关中盆地等,土地垦殖率均已达到较高水平,局部地区垦殖率高达70%以上(图2a1-2a2);印度的主要农垦区,如恒河平原的垦殖率达到80%以上(图2b1-2b2)。而美国在1776年独立前后到19世纪初,耕地主要分布在东部大西洋沿岸的早期欧洲殖民区,如宾夕法尼亚、新泽西、弗吉尼亚等州区(图2c1-2c2);巴西的耕地则主要分布在葡萄牙殖民地,东部沿岸平原、东南部的圣保罗州等地区(图2d1-2d2),耕地分布范围小、垦殖强度低。

19-20世纪,受人口急剧增长的影响,中国和印度的土地垦殖开始向自然条件相对较差的边区和丘陵山地拓展,其中中国的辽河平原、四川盆地、云

贵高原等地区,不仅垦殖范围明显扩大,而且垦殖强度也日益提高(图2a2-2a3);印度垦殖范围开始从河谷平原向高原、丘陵地区扩展,其中印度北部的恒河平原,垦殖强度已基本趋于饱和(图2b2-2b3)。南北战争前夕,随着移民的涌入,美国的土地垦殖越过阿巴拉契亚山脉,向五大湖平原和南部的海湾平原拓展;到19世纪末,大量移民开始越过密西西比河,向洛基山和远西地区进发,西部平原在数百万拓荒者垦殖下,成为内战后美国的重要农业基地(图2c2-2c3)。该时期巴西东部和东南部的垦殖范围和强度也有所增加(图2d2-2d3)。

20世纪初-20世纪末,在国家环保政策的影响下,中、美土地开发均趋于平缓,且土地垦殖强度均稳中有降,而该时期印度、巴西的垦殖范围和强度增加明显。其中,中国除东北和西南地区耕地持续增加外,西北和内蒙古东部也有明显变化,而东部部分省区则呈现出下降趋势(图2a3-2a4);随着土地改革和“绿色革命”的施行,20世纪,印度农业进入全面发展阶段,土地垦殖大规模推进,垦殖范围进一步增加,到20世纪末,垦殖率已达到53.28%(图2b3-2b4)。1930s,随着“尘暴盆地”的出现,美国政府出台了一系列保护森林和公私土地的法案,土地开发趋于平缓,到20世纪末,土地垦殖强度和规模均有明显减小(图2c3-2c4)。进入20世纪,巴西的耕地开始向南部和东北部沿海地区扩展(图2d3),20世纪中后期,随着巴西北西部开发政策的实施,特别是迁都巴西利亚及公路交通的大力发展,耕地开始向中西部和北部地区扩展,东南部、东北部和中西部地区垦殖范围和强度增加明显(图2d4)。

4 驱动因素分析

自然和人文因素都是历史时期耕地动态变化的重要影响因子。本文重点针对人文因素中的人

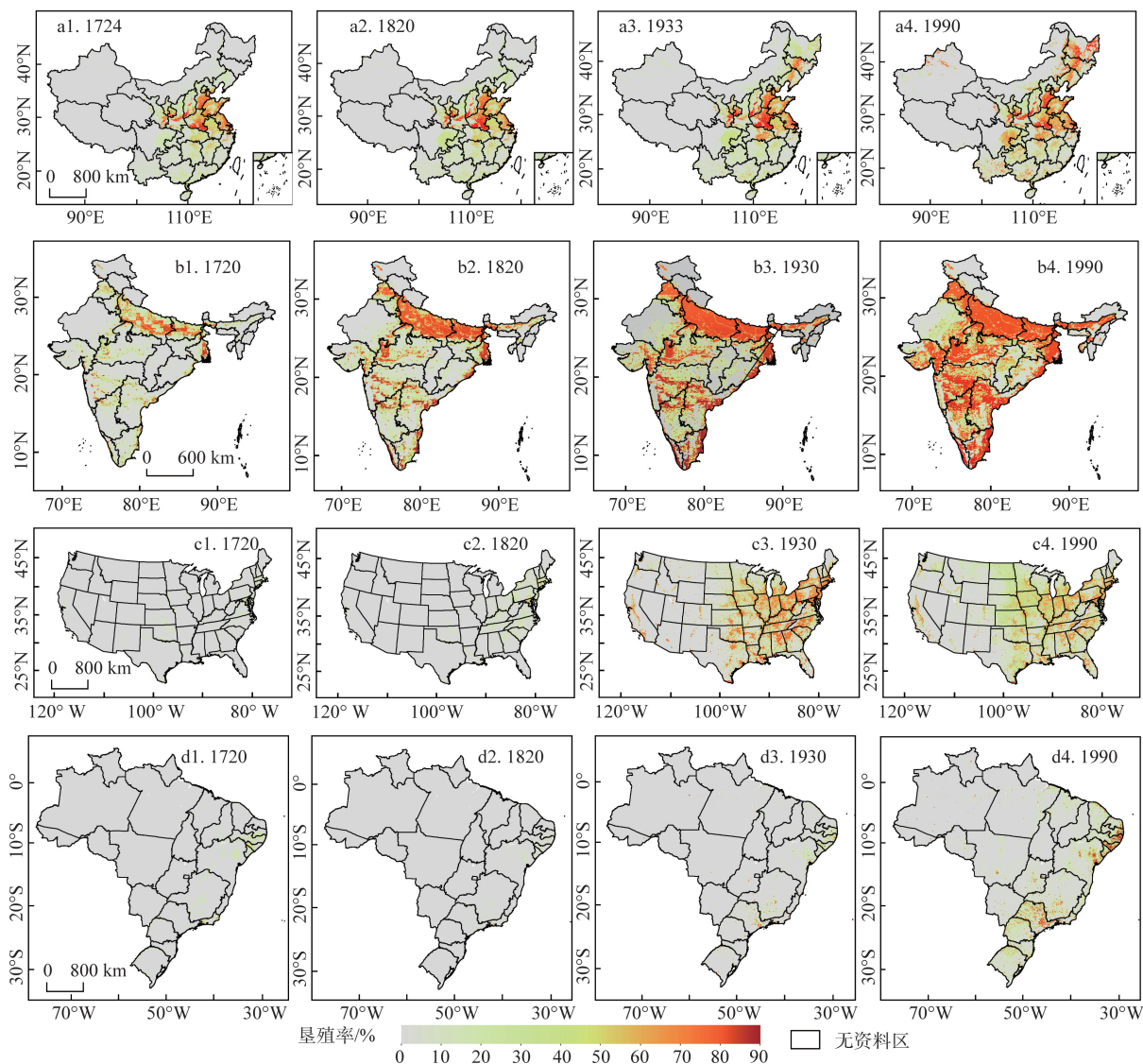


图2 过去300年中(a)、印(b)、美(c)、巴(d)土地垦殖空间动态图

Fig.2 Spatial patterns of change of land reclamation in China (a), India (b), the United States (c), and Brazil (d) over the past 300 years

口、政策和农业技术等因子进行分析比较。

#### 4.1 人口

耕地是人类赖以生存的基本物质基础。在传统农业社会里,人口增长是推动耕地数量变化最直接的因素。从图3a中可以看出,过去300年,中国和印度人口数量增长迅速,分别从1700年的1.9亿和1.3亿增至2000年的13亿和11亿,进入20世纪,人口数量基本呈直线型增长。人口激增导致人多地少的矛盾日益凸显,为了维系日益庞大的人口生计,人们只能不断扩大垦殖规模,以获取更多的耕地。即使如此,过去300年中国人均耕地面积却呈明显下降趋势(图3b),从1700年的 $3.51 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ,下

降至2000年的 $1.0 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ;印度从1700年的 $2.87 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 增加到1850年的 $4.73 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ,又下降至2000年的 $1.53 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 。

与中国和印度不同,美国和巴西均属自然资源丰富、人力资源相对缺乏的国家。过去300年,美国人口由1700年的约0.01亿增至2000年的2.8亿,巴西由约0.01亿增至1.7亿(图3a),但并未造成耕地资源的紧张。从人均耕地面积的变化趋势看(图3b),过去300年美国人均耕地面积均超过 $6.0 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ,一直居四国之首。其中,1700年为 $6.27 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ,之后以较快速度增长,至1890年时竟高达 $20.13 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ,之后呈快速下降趋势,但到2000年时仍达到

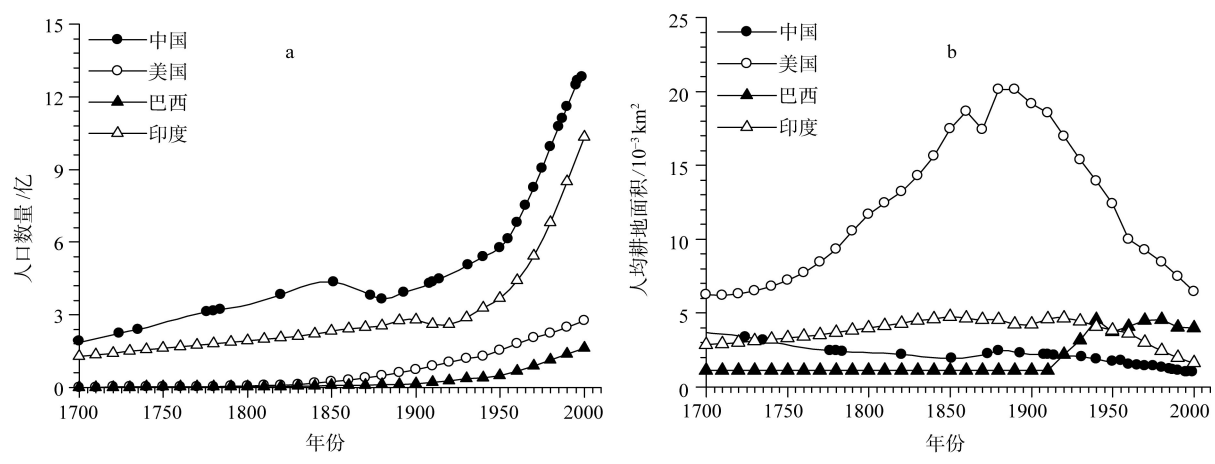


图3 过去300年四国人口数量(a)及人均耕地数量(b)变化

Fig. 3 Population (a) and per capita cropland area (b) in China, the United States, Brazil, and India over the past 300 years

$6.47 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ;巴西人均耕地面积从1900年之前的  $1.13 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ,增至2000年的  $4.0 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ ,已明显高于印度和中国。

4.2 土地政策

土地政策是推动土地垦殖过程的直接因素,是四国土地开发过程呈现不同特点的重要影响因素。中国清时期政府所推行的土地垦殖政策(表2),主要以鼓励垦荒为主基调,尤其是清乾隆以后,随着内地人口的急剧增长,清廷开始推行“借地养民”、“移民实边”、“以边养边”等土地政策,使东北、内蒙古、新疆等边远地区的土地得到大规模垦殖(何凡能等, 2005)。新中国成立后,中国实行“以农为本”、“以粮为纲”的方针,土地垦殖规模继续扩张。20世纪后期,随着生态环境问题的日益突出以

及建设用地数量的快速增加,中国出台了生态退耕、农业结构调整等多项土地保护措施,建立了耕地总量动态平衡制度和建设占用耕地占补平衡等制度,使土地利用日趋科学化与合理化,生态环境恶化与耕地流失等问题也得到有效遏制。

经历了英国殖民统治的印度,与中国的情况有较大不同。在20世纪中期独立之前,英国殖民者采取了税制改革、兴修水利等一系列土地及农业政策(表3),欲将印度变为其农业原料供应地,这些政策极大地促进了印度农业种植面积的增加(靳婷, 2011)。独立之后,印度政府在借鉴美国、日本等发达国家农业发展道路的基础上,提出了“绿色革命”<sup>③</sup>道路(丁泽霖, 1987)。“绿色革命”进一步推动了印度灌溉设施的发展,耕地总灌溉面积由1950-1951年度的2260万  $\text{hm}^2$ 增至1990-1991年度的8300

表2 清代(1644-1911年)土地垦殖政策及特征

Tab.2 Land reclamation policies in the Qing Dynasty (1644-911)	
土地垦殖阶段	主要垦殖政策
明末清初抛荒期	招民垦种,促进生产恢复
康熙—雍正复垦期	制定奖惩条例;暂限升科年限;资助垦荒;暂缓清丈隐匿田亩
乾隆—道光拓垦期	制定免科等政策;实行“借地养民”政策,放垦边远地区;禁止土地清丈
咸丰—同治再荒期	实行“移民实边”、“以边养边”政策,放弃对东北、内蒙的封禁
清末新垦期	招抚流民,迅速复垦;急速推进蒙地和东北等边疆地区的土地开垦

注 资料参考自何凡能等(2005)。

表3 印度独立前后(1930s-1960s)的主要农业政策

Tab.3 Main agricultural policies of India during the 1930s-1960s		
年代	主要农业政策	具体内容
一战后到二战前	兴修水利	英殖民当局投资兴建水坝、运河,扩大灌溉面积
独立初期	开发荒地	政府号召移民扩大对荒地的开垦
1960s	绿色革命 (改进灌溉设施)	灌溉工程投入比例高,一五期 间灌溉总投资占总支出的25%, 此后各五年计划都保持在10% ~12%之间

注 引自林承节(2004)。

③“绿色革命”:首先是由西方发达国家提出的。这里主要指1966-1976年印度政府实行的一场以推广高产品种为核心的农业技术改良。其主要内容是以引进、推广高产品种为核心,辅之以化肥、农药、水利、农业机械和其他现代投入,以提高农作物单位面积产量和提高农产品的商品率。



万hm<sup>2</sup>,其中,大中型灌溉工程创造的灌溉潜力已经由1950-1951年的1000万hm<sup>2</sup>逐步上升到1990-1991年度的3400万hm<sup>2</sup>(鲁达尔·达特,1994)。灌溉设施的改进及灌溉面积的扩大,极大地促进了灾害频发区及干旱区的农业开发。

美国与印度虽然都有殖民地历史,但是美国被殖民开发的程度远比印度低。在国家独立之初,美国政府为了尽快充实国家财政,相继出台了一系列出售或免费赠与的土地法案(表4),其中具有代表性的如,1785年颁布的土地法令、1862年颁布“宅地法案”等(Platt, 2004),以促进土地资源的开发利用。这些政策既满足了美国政府希望尽快开发西部国有土地的需要,也为移民大军“西进”提供了制度保障,其结果带来了耕地面积的迅速增加。然而,20世纪30年代后,随着美国城市化的加快以及西部荒漠化问题的日益严重,政府相继出台了一系列限制过度开垦、放牧与采伐的土地保护法案,如1934年制定的“泰勒放牧法”和1935年通过的“土壤保护法”(Platt, 2004)等,以此来治理土壤侵蚀,恢复水土流失区的生态环境,自此,无节制土地开发有所缓解,耕地面积呈波动性小幅减少。

同样,巴西土地开发也深受政策的驱动。巴西作为拉美的农业大国,传统大地产制的存在导致土地分配极不合理,形成农村“地无人种,人无地种”的矛盾局面(冯秀文, 2002),抑制了农业生产的发展。独立之后,巴西政府推出一系列的土地改革措施(表5),以改善土地分配不合理的局面,促进国内农业发展。土地改革虽然在动摇巴西大地产制上收效甚微,但是却对巴西土地垦殖及“农业边疆”的扩展起到了很大的推动作用。加之“西北部开发政策”的实施,极大地推动了巴西北部、中西部和东北

部地区的开发。具有代表性的举措包括:在中西部,迁都巴西利亚以及建设交通网络;在北部地区设立“亚马孙地区开发计划管理局”、修建公路等;在东北部地区设立“东北开发管理局”,修建贯穿南北及东北州际公路,向东北部内地及亚马孙地区移民等(刘婷, 2006)。至今,巴西仍处于拓展农业边疆阶段。

4.3 农业技术

农业开发的过程离不开农业科技的进步。由于中、美、巴、印四国资源禀赋及社会发展过程各异,因此,选择了不同的农业技术发展之路。

中国和印度人多地少,土地供给紧缺而劳动力充裕,最大限度节约土地是两国农业技术的发展取向,因而历史地选择了能提高单位面积产量的农业技术作为农业科技发展的主要方向。不同之处在于,中国因地制宜选择了“精耕细作”与“轮作复种”(唐启宇, 1985);印度则选择了“绿色革命”,其中具有代表性的举措是兴修水利,提高灌溉面积,实现技术对土地的替代,最大限度地提高土地生产率。两国农业机械化发展起步均较晚,大体始于19世纪末和20世纪初,且由于受自然地理条件的影响,主要是发展一些小型的农产品加工机械(Evenson, 1999; 鲁达尔·达特, 1994)。

与中国和印度不同,美国 and 巴西均为移民国家,有得天独厚的农业资源,但劳动力资源相对缺乏。因此,历史上美国和巴西两国发展农业技术的目标是如何提高劳动生产率。虽然美国和巴西分别在20世纪30年代和70年代即已基本实现农业机械化,劳动生产率远高于中国和印度,但与19世纪相比,在土地生产率方面并没有很大的提高(焦震衡, 1996; 何顺果, 2000)。

表4 美国早期(1785-1912年)国有土地政策的变化  
Tab.4 State-owned land policies of the United States (1785-1912)

年份	法案名称	单价/美元	出售单位/英亩	具体规定
1785	土地法令	1	640	全额现全支付;1787年首付改为土地款1/3
1800	哈里森土地法	2	320	30天内付1/4,余额在3年内付清,年息6%
1820	土地法	1.25	80	全额现金支付,贷款制度终止
1862	宅地法	免费	160	在申请的土地上居住满5年的21岁以上公民,交纳10~25美元手续费即可获得
1877	沙漠土地法	1.25	640	3年内灌溉土地的美国公民
1878	林地和沙石地法	2.5	160	出售内达华、加利福尼亚、俄勒冈和华盛顿州的林地和砂石地
1909	扩大宅地法	免费	320	条件基本与1862年法相同;3年宅地法将居住年限5年减为3年
1912	3年宅地法			

注 资料参考自Platt(2004)。

表5 巴西1960s-1980s的土地改革  
Tab.5 Land reform policies of Brazil after independence

年代	土改特点	土改措施
1960s	征收闲置土地	规定凡是庄园闲置的土地一律征收,分配给农民。
1970s	开发荒地和移民	重新分配土地,鼓励北部、东北部农工业发展。
1980s	政府有偿征地	改革不合理的土地所有制,征收利用率在80%以下的私人土地;扩大种植面积,增加生产。

注 资料参考自冯秀文(2002)。

5 结论

本文利用中外学者重建的长时间序列数据集,分析了过去300年中、美、巴、印耕地资源的时空动态特征及驱动因素。主要结论如下:

(1) 四国的耕地面积均呈增长态势,但增长率差异较大。过去300年,中、美、巴、印耕地面积年均增长率分别为0.22%,1.90%,2.10%和0.50%,中国最缓慢,印度次之,美国和巴西发展迅猛。到2000年,美国和印度的耕地面积均超过了中国,巴西虽低于中国,但近百年间其耕地面积增加量约为同期中国增加量的2倍。从人均耕地面积变化来看,过去300年,中国人均耕地面积总体呈减少势头,至2000年时已低于其他三国;美国呈“先增后减”态势,但始终位于四国之首;印度的变化相对平缓;巴西在1700-1910年间基本稳定,近百年间增长迅速。

(2) 从四国土地垦殖空间格局变化特征看,过去300年间,四国耕地分布范围均不断扩大。中国和印度均是在原有耕地分布格局的基础上向外扩展,其中,中国主要向东北、西南及内地山地丘陵地区发展,印度主要在农耕区垦殖强度持续增加的基础上,向附近的高原和丘陵地区扩展;美国在“西进运动”的影响下,耕地大规模向中西部拓殖;巴西随着北西部开发的推进,北部、西部的垦殖范围大规模增加,东南部和南部的垦殖强度也在不断增强。

(3) 政策、人口、农业技术等因素是影响过去300年中美巴印耕地动态变化的主要因素,就根本驱动因素而言,中国和印度是人口,而美国和巴西则是国家财政;为了缓解人口及财政的压力,各国政府均制定了相应的政策,以促进本国土地垦殖进程,因此,政策是各国土地垦殖的直接驱动因素。在农业技术发展取向上,中国和印度因人口众多、土地资源紧缺,选择了精耕细作以提高土地生产

率;而美国和巴西因人少地多,则选择发展机械化以提高劳动生产率。

参考文献(References)

曹树基. 2001. 中国人口史: 第五卷[M]. 上海: 复旦大学出版社. [Cao S J. 2001. Zhongguo renkoushi: Vol. 5[M]. Shanghai: Fudan University Press.]

丁泽霖. 1987. 国外农业经济[M]. 北京: 中国人民大学出版社. [Ding Z J. 1987. Guowai nongye jingji[M]. Beijing: China Renmin University Press.]

冯秀文. 2002. 拉丁美洲农业的发展[M]. 北京: 社会科学文献出版社.[Feng X W. 2000. Ladingmeizhou nongye de fazhan[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press.]

何凡能, 戴君虎, 葛全胜. 2005. 从康熙乾隆垦殖政策看中国清前期垦荒发展趋势[J]. 地理研究, 24(6): 878-888.[He F N, Dai J H, Ge Q S. 2005. An analysis of reclamation trend in the Early Qing Dynasty from the view point of Kangxi to Qianlong cultivation and reclamation policies [J]. Geographical Research, 24(6): 878-888.]

何顺果. 2000. 美国边疆史: 西部开发模式研究[M]. 北京: 北京大学出版社. [He S G. 2000. Meiguo bianjiangshi: xibu kaifa moshi yanjiu[M]. Peking University Press.]

焦震衡. 1996. 巴西农业的发展和问题[J]. 国际社会与经济, 9. [Jiao Z H. 1996. Baxi nongye de fazhan he wenti[J]. Guoji Shehui yu Jingji, 9.]

靳婷. 2011. 浅谈印度土地制度[J]. 中国人口·资源与环境, 21: 333-335. [Jin T. 2011. Qiantan Yindu tudi zhidu[J]. China Population, Resources and Environment, 21: 333-335.]

林承节. 2004. 殖民统治时期的印度史[M]. 北京: 北京大学出版社. [Lin C J. 2004. Zhimin tongzhi shiqi de Yindushi [M]. Beijing: Peking University Press.]

刘婷. 2006. 巴西的土地问题与经济发展[J]. 拉丁美洲研究, 28(2): 28-31. [Liu T. 2006. Brazil's land problem and economic development[J]. Journal of Latin American Studies, 28(2): 28-31.]

鲁达尔·达特. 1994. 印度经济(下)[M]. 四川: 四川大学出版社. [Dart L E. 1994. Indian economy: Vol. II [M]. Sichuan: Sichuan University Press.]

唐启宇. 1985. 中国农史稿[M]. 北京: 农业出版社. [Tang Q Y. 1985. Zhongguo nongshi gao[M]. Beijing: Agriculture Press.]

Evenson R E. 1999. Agricultural research and productivity growth in India[M]. Washington D C, WA, USA, International Food Policy Research Institute.

Ge Q S, Dai J H, He F N, et al. 2008. Land use changes and their relations with carbon cycles over the past 300a in China[J]. Science China: Earth Sciences, 51(6): 871-884.

Goldewijk K K. 2011. The HYDE 3.1 spatially explicit database of human-induced global land-use change over the past 12000 years[J]. Global Ecology and Biogeography, 20(1): 73-86.

IGU Commission on LUCC. 2004. Progress of IGU-LUCC en-



- tering a new phase[J]. Newselrrer No.7.
- IGU Study Group on LUC. 2001. Objectives for the period 2000-2004[J]. IGU LUCC Newsletter No.5.
- Kaplan J O, Krumhardt K M, Ellis E C, et al. 2011. Holocene carbon emissions as a result of anthropogenic land cover change[J]. *The Holocene*, 21(5): 775-791.
- Lambin E F, Baulies X, Bockstael N E, et al. 2000. Land-use and land cover change implementation strategy[EB/OL]. 200- 12- 01/[2014- 09- 10]. [http://www. geo. ucl.ac.be/ LUCC/lucc.html](http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/lucc.html).
- Leite C C, Costa M H, Soares-Filho B S, et al. 2012. Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 26(2): 1-13.
- Li S C, He F N, Zhang X Z. 2015. A spatially explicit reconstruction of cropland cover in China from 1661 to 1996 [J]. *Regional Environmental Change*, doi:10.1007/s10113-014-0751-4.
- Nunes C, Auge J I. 1999. Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation Strategy[J]. IGBP report.
- Pechony O, Shindell D T. 2010. Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(45): 19167-19170.
- Platt R H. 2004. Land use and society, revised edition: geography law, and public policy[M]. Washington D.C.: Island Press.
- Ramankutty N, Foley J A. 2010. ISLSCP II historical croplands cover, 1700- 1992[DB/OL]. [http://daac.ornl.gov/ISLSCP\\_II/guides/historic\\_cropland\\_xdeg.html](http://daac.ornl.gov/ISLSCP_II/guides/historic_cropland_xdeg.html).
- Shi Z G, Yan X D, Yin C H, et al. 2007. Effects of historical land cover changes on climate[J]. *Chinese Science Bulletin*, 52(18): 2575-2583.
- Tian H Q, Banger K, Bo T, et al. 2014. History of land use in India during 1880-2010: large-scale land transformations reconstructed from satellite data and historical archives [J]. *Global and Planetary Change*, 121:78-88.
- Voldoire A, Eickhout B, Schaeffer M, et al. 2007. Climate simulation of the twenty-first century with interactive land-use changes[J]. *Climate Dynamics*, 29(2-3): 177-193.
- Waisanen P J, Bliss N B. 2002. Changes in population and agricultural land in conterminous United States counties, 1790 to 1997[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, doi: 10.1029/2001GB001843.

## Characteristics of cropland change in China, the United States, Brazil and India over the past 300 years

LI Meijiao<sup>1,2</sup>, HE Fanneng<sup>1</sup>, XIAO Ran<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Comparative studies of large-scale land use and land cover change (LUCC) of different countries can offer some insight into its historical evolution and driving forces, as well as providing relevant information on land-use regulation, adaptation to global climate change, and historical responsibility for carbon emissions. In the present study, we analyzed the temporal and spatial characteristics of LUCC in China, the United States, Brazil, and India over the past 300 years based on time-series population and cropland data. The results show an increasing trend in the cropland area in all four countries. The cropland area has increased by  $68.21 \times 10^4 \text{ km}^2$  during 1700-1980s in China,  $131.28 \times 10^4 \text{ km}^2$  during 1700-2000 in India,  $190.87 \times 10^4 \text{ km}^2$  during 1700-1950 in the United States, and  $62.82 \times 10^4 \text{ km}^2$  during 1900-2000 in Brazil, respectively. Characteristics of spatial expansion varied in the four countries. In China, the cropland mainly expanded to the border and hilly areas, and the same applied to India. In the United States, the cropland expanded widely into the mid-west because of the western exploration movement. In Brazil, the cropland mainly expanded to north and west because of the national development policies, but the cultivation intensity of south and southeastern Brazil also increased. Different driving forces were observed in the four countries. Population growth was the fundamental driving factor for China and India, while financial issues were the root causes of change in the United States and Brazil. With respect to the development of agricultural technology, intensive and meticulous farming was employed in China and India, while in the United States and Brazil, mechanization was the major means to improve productive efficiency in the past century.

**Key words:** cropland; driving force; regional comparison; past 300 years; China; the United States; Brazil; India