

清代西南地区耕地空间格局网格化重建

李士成^{1,2}, 何凡能¹, 陈屹松¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 本文以现代耕地分布格局为基础, 通过量化地形(海拔、坡度)、气候生产潜力(光照、温度、水分)和人口密度等因子与耕地空间分布的关系, 重建了清代西南地区6个时段分辨率为10 km×10 km的耕地数据。结果表明: ①就整体而言, 清代西南地区耕地空间格局的变化表现在两个方面: 一是垦殖范围的扩张, 1661-1911年土地垦殖率在0~10%的网格占比减少了约24%, 主要分布在四川盆地和云贵高原; 二是垦殖强度的提高, 1661-1911年垦殖率大于30%的网格占比提高了10.3%, 最为显著的是四川盆地和云南中东部地区。②就清代西南地区耕地数量增减来看, 整个时段可划分为3个阶段: 前期(1661-1724年)“复原性”垦殖, 60多年间土地垦殖率在0~10%的网格占比减少了11.4%; 中期(1724-1820年)缓慢“拓展性”垦殖, 全区垦殖率在0~10%的网格占比下降约7%, 在30%以上的网格占比提高约7%; 后期(1820-1911年)局部抛荒与再垦, 垦殖率在0~10%的网格占比从75.0%降至72.2%, 在30%以上的网格占比从9.1%提高至10.9%。相关分析表明, 本文网格化重建的清代西南地区的耕地空间格局具有一定的合理性。

关键词: 耕地空间分布; 网格化重建; 西南地区; 清代

1 引言

人类土地利用活动导致的土地覆被变化具有显著的生态和气候效应^[1-3], 因此, 土地利用/覆被变化(LUCC)研究得到国际学术界的广泛关注^[4], 历史时期具有空间属性的土地利用/覆被变化重建作为LUCC研究领域的重要内容之一, 也得到重视^[5-6]。早在1995年, 国际地圈—生物圈计划(IGBP)和全球环境变化人文计划(IHDP)便共同提出“土地利用/覆被变化”重大科学计划, 并将“过去300年人类活动是如何改变土地覆被”列为重点问题之一^[4]。由PAGES与LUCC和GAIM等合作开展的项目“BIOME 300”也强调: 必须利用各种手段恢复过去300年土地利用/覆被变化的详细历史^[7]。2005年, IGBP和IHDP在LUCC研究基础上再次联合启动“全球土地计划”(GLP)^[8], 对长时间尺度土地利用/覆被变化信息也提出了更高要求^[9]。

国际上, 在重建具有空间属性的历史土地利用/覆被变化方面已开展了大量研究工作。在全球尺度上, 最具代表性的有Goldewijk^[10]、Ramankutty

等^[11]和Pongratz等^[12]。其中, Goldewijk和Ramankutty各自设计了一套网格化重建历史耕地分布的方法, 分别建立了过去300年全球土地利用数据集(简称为HYDE数据集和SAGE数据集), 并不断更新, 现已发展至HYDE 3.1和SAGE(2010)版; 而Pongratz等则在SAGE数据集的基础上, 利用全球人口数据, 重建了公元800-1700年全球农田和牧场的空间分布。上述研究成果在全球气候效应模拟研究中已得到广泛应用^[13-14]。

区域尺度历史LUCC重建作为区域性效应模拟研究的重要基础及全球数据集的补充和验证^[15], 同样具有重要的意义。对此国内外也进行了大量研究, 如在国际上, Esser等^[16]利用“森林砍伐可能性”分配每个栅格的土地面积; Hall等^[17]在其土地覆盖变化模型GEOMOD中, 通过作物适宜性分布图对土地分配过程进行控制; Kaplan等^[18]以人口为代用资料, 通过农林互动关系重建了欧洲地区工业化以前1000B.C.-1850A.D.的森林覆盖。在国内, Lin等^[19]等通过量化海拔、坡度和人口密度等要素与耕地分布的关系, 重建1820年中国传统农区垦殖强

收稿日期: 2012-03; 修订日期: 2012-05.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40971061); 全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2010CB950901)。

作者简介: 李士成(1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为历史土地利用与覆被变化。E-mail: lisc.10s@igsrr.ac.cn

通讯作者: 何凡能(1963-), 男, 副研究员, 研究方向为历史地理与环境变迁。E-mail: hefn@igsrr.ac.cn

度数据集(空间分辨率为 $60\text{ km} \times 60\text{ km}$);何凡能等^[20]采用类似的方法网格化重建了北宋中期耕地空间分布格局;李柯等^[21]基于MODIS土地覆被遥感影像和GIS技术,网格化重建1671年和1827年云南省全属性耕地数据集(空间分辨率 $90\text{ m} \times 90\text{ m}$)。

本文拟以我国现代遥感土地利用数据为基础,通过量化地形(海拔、坡度)、气候生产潜力(光照、温度、水分)和人口分布格局等自然和人文因子与耕地空间分布间的关系,网格化重建清代1661-1911年西南地区耕地空间分布格局(空间分辨率 $10\text{ km} \times 10\text{ km}$)。希冀这一研究能为科学评估人类土地利用活动对气候系统的影响有所裨益。

2 数据来源与处理

2.1 研究区概况

本文研究区为我国清代西南地区,包括云、贵、川三省,大致相当于今云、贵、川、渝3省1市(图1);研究时段自清顺治十八年(1661年)至宣统三年(1911年)。西南地区位于我国第二级阶梯上,地形复杂,地貌类型多样,具有丰富的水热资源可用于

农业生产。在清代,特别是雍正以来,实施“改土归流”后,区外客民的大量涌入,导致该地区的农垦和毁林采矿活动迅速开展,并使得该地区的土地覆被发生显著变化。对清代“内地十八省”而言,该地区的土地覆被变化也是一个重要的区域。因此,重建清代西南地区的耕地空间格局具有较好的典型性和代表性。

2.2 数据来源

耕地分布受地形、水热、土壤等自然因子和人口、政策、战争等人文社会因子的影响。西南地区位于我国第二地貌阶梯上,地势西高东低,北高南低,起伏较大,最大高差在7000 m以上;气候类型复杂多样,温度和水分条件优越;土壤类型以热带、亚热带的地带性土壤占绝对优势,普遍熟化,甚至许多低产土壤也开垦为耕地。因此,地形和气候是影响本区耕地分布的主要自然因子。从人文社会因子来看,历史时期中国是一个农业社会,从铁器时代以来,生产力水平始终没有显著的提高,耕地面积的多少主要取决于劳动力的数量,也就是人口的数量。政策、战争等因子难以量化,但仔细分析可以发现,政策和战争都通过影响进行农事生产的劳动者来影响耕地变化和分布。因此,人口数量的变化能够很好的指示耕地的开垦过程。

本文引用数据主要包括清代耕地数据、现代遥感耕地空间分布数据以及耕地分布影响因子数据,如地形(海拔、坡度)、气候(光照、温度、水分)和人口密度等。

(1) 清代耕地数据。清代西南地区耕地数据引自文献[22]。该数据是葛全胜等^[22]依据清代和民国文献中记载的“田亩数据”,在客观把握土地垦殖变化趋势的基础上,利用耕地面积指数法对清代田亩数据进行校正,使之成为具有现代意义上的耕地面积,较好地将清代与民国及现代耕地数据加以衔接。其清代数据是以1820年行政图为准进行的订正,西南三省1661-1911年6个时间断面数据见表1。

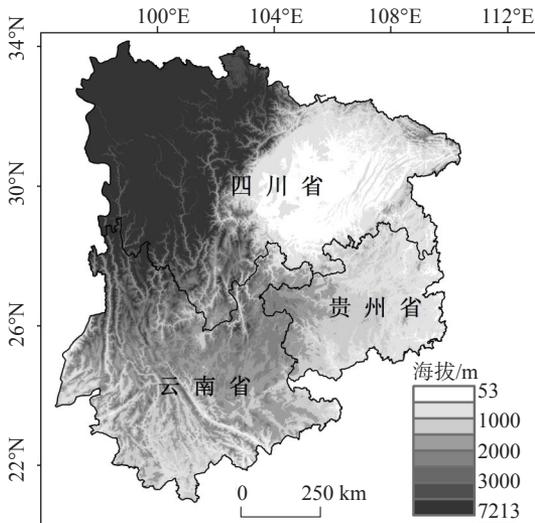


图1 研究区示意图

Fig.1 Map of the study area

表1 清代西南地区特征时段耕地面积订正结果(km^2)

Tab.1 Revised cropland area of six periods in Southwest China in the Qing Dynasty (km^2)

年份	顺治18年 (1661年)	雍正2年 (1724年)	乾隆49年 (1784年)	嘉庆25年 (1820年)	同治12年 (1873年)	宣统3年 (1911年)
四川省	1402.6	25379.7	54518.1	55008.2	54745	56934.8
贵州省	7322.3	9914.2	14347.5	18859.6	18303.4	22147.1
云南省	13578.8	18805.8	21783.1	24692	24491.9	32574.2

(2) 现代耕地空间分布数据。现代耕地空间分布数据选用1995年和2000年全国1 km网格土地利用数据^①,是由1995、2000年1:10万土地利用数据计算所得。研究表明,我国耕地面积自20世纪90年代初到2000年呈缓慢减少态势^[23,24]。因此,本文选择1995年遥感耕地数据作为历史耕地的最大潜在分布范围,以此为基础网格化重建历史耕地的空间分布格局;同时,利用2000年数据对网格化结果的合理性和准确性进行验证。

(3) 地形和气候生产潜力数据。地形主要包括海拔与坡度,为了获得每个网格的海拔高度值,本文采用全球1 km分辨率DEM数据,并通过GIS软件,直接从DEM数据中提取坡度数据;气候生产潜力是由光照、温度、水分等因子综合计算而得,本文采用全国1 km气候生产潜力栅格数据。上述DEM和气候生产潜力数据均来自地球系统科学数据共享网。

(4) 人口密度数据。引自曹树基所著《中国人口史·清时期》^[25]。该书是依据《清实录》、《清史稿》、《清朝文献通考》、《嘉庆重修一统志》等官修史书和清人文集、笔记、地方志及档案等资料,在深入探讨清代户口制度、各省分府人口数量、人口增长率、人口分布与迁移等一系列问题的基础上,较好地再现清代人口分布状况与变化过程。本文主要引用云、贵、川三省的人口数据,包括乾隆四十一年(1776年)、嘉庆二十五年(1820年)、光绪六年(1880年)和宣统二年(1910年)4个时点(以下称曹氏数据集)。

2.3 数据处理

在清一代,西南政区多有变化,清康熙初年(1662年)后,西南地区省级尺度政区基本稳定^[26]。本文以中国历史地图集清时期的政区底图为基准(该图集主要反映嘉庆二十五年,也就是1820年的政区概貌)^[27]处理相关数据,其中清代耕地面积的订正过程见参考文献[22]。

(1) 现代耕地数据的重采样。1995年和2000年全国1 km网格土地利用数据栅格的属性值为某一地类在1 km网格中所占的百分比,其中耕地包括水田和旱地两类。为了得到西南地区10 km×10 km分辨率的现代耕地空间分布数据,本文先从全国1 km网格土地利用数据中提取西南部分,然后

合并水田和旱地,再进行10 km×10 km网格的重采样。

(2) 地形与气候生产潜力数据的标准化。为了量化各因子,从全球DEM数据和全国栅格气候生产潜力数据集中提取西南地区的数据,依据表2对海拔和坡度数据进行分级^[28],并分省区对海拔、坡度、气候生产潜力进行标准化处理。其公式如下:

$$\begin{aligned} NE(i) &= \frac{Max(E(i)) - E(i)}{Max(E(i))} \\ NS(i) &= \frac{Max(S(i)) - S(i)}{Max(S(i))} \\ NC(i) &= \frac{C(i)}{Max(C(i))} \end{aligned} \quad (1)$$

式中: $NE(i)$ 、 $NS(i)$ 、 $NC(i)$ 分别表示 k_n 省区网格 i 标准化的海拔、坡度、气候生产潜力,取值范围为[0, 1]; $E(i)$ 、 $S(i)$ 、 $C(i)$ 分别表示 k_n 省区网格 i 的平均海拔、坡度和气候生产潜力; $Max(E(i))$ 、 $Max(S(i))$ 、 $Max(C(i))$ 分别表示 k_n 省区网格 i 平均海拔、坡度和气候生产潜力的最大值; i 为网格编号。

(3) 人口密度数据的插补与标准化。从已有清代耕地与人口密度数据来看,两者分布的时点并不完全匹配。除1820年外,其他5个时点的人口密度数据均需插补求得,插补方法采用年均增长率进行回溯。设 t_j 年 k_n 省中1府的人口密度为 $P(l, t_j)$, 人口密度数据标准化公式如下:

$$NP(l, t_j) = P(l, t_j) / Max(P(l, t_j)) \quad (2)$$

式中: $NP(l, t_j)$ 表示 t_j 年1府在其所属 k_n 省中的人口相对聚集程度,取值区间为[0, 1]; $Max(P(l, t_j))$ 表示 k_n 省属府中人口密度的最大值。

人口相对聚集程度的网格化数据 $NP(i, t_j)$ 是在

表2 西南地区海拔与坡度分级表

Tab.2 Elevation and slope gradation in Southwest China

海拔分级 /m	计算时的海拔 高度值/m	坡度分级 /°	计算时的 坡度值/°
≤100	100	≤2	2
100~250	250	2~6	6
250~500	500	6~15	15
500~750	750	15~25	25
750~1000	1000	> 25	45
1000~1500	1500		
1500~2000	2000		
2000~3000	3000		

①数据来源:地球系统科学数据共享网, www.geodata.cn。

k_n 省府级人口相对聚集程度 $NP(l, t_i)$ 的基础上,与 $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ 网格图叠加而得。

3 网格化重建方法

为了将清代省级耕地统计数据转换为具有空间属性的数据集,在 Lin 等^[19]针对我国传统农区而构建的耕地空间分配方法的基础上,以我国 1995 年遥感耕地空间分布范围为基准,通过量化地形、气候和人口密度等因子与耕地空间分布的关系,重新构建了土地宜垦性算法模型:

$$\alpha(i, t_j) = R(i) \cdot NE(i) \cdot NS(i) \cdot NC(i) \cdot NP(i, t_j) \cdot \varepsilon(i) \quad (3)$$

式中: $\alpha(i, t_j)$ 、 $R(i)$ 、 $NE(i)$ 、 $NS(i)$ 、 $NC(i)$ 、 $NP(i, t_j)$ 依次为网格 i 在 t_j 年土地的宜垦性、现代垦殖强度、标准化海拔、标准化坡度、标准化气候生产潜力和网格化人口相对聚集程度; $\varepsilon(i)$ 为网格陆地面积比重(位于国界线、海岸线和内陆湖泊等处的网格陆地面积小于 100 km^2)。

对 k_n 省区内网格 i 的耕地面积比重 $\beta(i, t_j)$ 、耕地面积 $CA(i, t_j)$ 以及垦殖率 $FR(i, t_j)$ 的算法分别为:

$$\begin{aligned} \beta(i, t_j) &= \alpha(i, t_j) / \sum_{i=1}^n \alpha(i, t_j) \\ CA(i, t_j) &= \beta(i, t_j) \cdot A(k_n, t_j) \\ FR(i, t_j) &= CA(i, t_j) / \text{area}(i) \end{aligned} \quad (4)$$

式中: n 为 k_n 省区网格的数量; $A(k_n, t_j)$ 为 k_n 省区在 t_j 年的耕地面积总数; $\text{area}(i)$ 为网格的面积,其值为 100 km^2 。

需要指出的是,在人口极为密集的地方,上述算法可能出现 $FR(i, t_j)$ 值过大,甚至大于 1 的情况,而历史时期较粗分辨率网格垦殖率一般不会超过 90%^[22],所以本文控制 $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ 网格的最大垦殖率为 90%。当网格垦殖率大于 90% 时,程序将自动把多出的耕地再按公式(4)分配到垦殖率小于 90% 的网格中,不断循环,直至所有网格的垦殖率均小于等于 90%。

4 结果与分析

把清代耕地数据按照上述方法进行网格分配,得到清代西南地区 6 个时点 $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ 分辨率耕地分布图(图 2)。本文以 10% 为一个垦殖指数变化区间对重建结果进行了分级统计(表 3),并在刘纪远等^[29]的研究基础上,以垦殖率小于 10% 表示开垦

程度较低,大于 30% 表示垦殖程度较高。

人口数量的不断增加,少数民族自治政策的改变,积极垦殖政策的推行,采矿业和商业的兴起,以及清末的回汉冲突等因素使得西南地区土地覆被的空间格局在有清一代发生显著变化。从图 2 整体来看,从顺治十八年(1661 年)至宣统三年(1911 年)西南地区耕地空间分布格局的变化表现在两个方面:一是垦殖范围的扩张(垦殖率在 0~10% 的网格占比下降),二是垦殖强度的提高(垦殖率在 30% 以上的网格占比升高)。就垦殖范围扩张而言,主要集中在四川盆地和云贵高原;从网格统计结果可知(表 3),1661 年土地垦殖率在 0~10% 的网格约占网格总数的 96%,而到 1911 年下降至 72%,250 年间减少了约 24%。就垦殖强度而言,全区均有明显提高,最为显著的是四川盆地和云南中东部地区;全区垦殖率大于 30% 的网格占比自 1661 年的 0.5% 增至 1911 年的 10.8%,250 年间提高了 10.3%。

就清代西南地区耕地数量增减来看,整个时段可分为前期(1661-1724 年)“复原性”垦殖、中期(1724-1820 年)“拓展性”垦殖和后期(1820-1911 年)局部抛荒与再垦 3 个阶段。

4.1 清前期(1661-1724 年)——“复原性”垦殖期

明末清初的战乱造成西南地区大量人口逃亡、土地荒芜。从图 2a 可以看出,1661 年全区垦殖强度均较低,约有 96% 的网格垦殖率在 10% 以下,耕地仅分布在云南中东部和贵州部分地区,间或有小部分网格垦殖率可达 30% 以上;而原本开发程度较高的四川盆地,此时也仅成都府还略有垦殖。

康熙平“三藩”之后,经过数十年的励精图治,社会经济得以稳定发展,原来抛荒的田地随之垦复,并继续推行顺治年间的垦殖政策;还废除了已实行 400 余年的卫所屯田制,将屯田并入民田,让人民开垦,编户入籍者出一定银钱即可占有私田,因此耕地面积大幅增加。至 1724 年(图 2b)，“天府之国”的土地垦殖已从成都府扩至整个四川盆地,云、贵两省也有明显扩张。从全区看,垦殖率为 0~10% 的网格占比在 60 多年间减少了 11.4%,垦殖率在 10%~20% 之间的网格占比提高了 7.1%。就垦殖强度而言,全区垦殖率在 30% 以上的网格占比从 0.5% 增至 1.7%,其中四川成都府提高最为明显,半数以上网格垦殖率从不足 10% 提高到 30% 以上。

4.2 清中期(1724-1820 年)——“拓展性”垦殖期

雍正以来,随着“改土归流”政策的大规模推

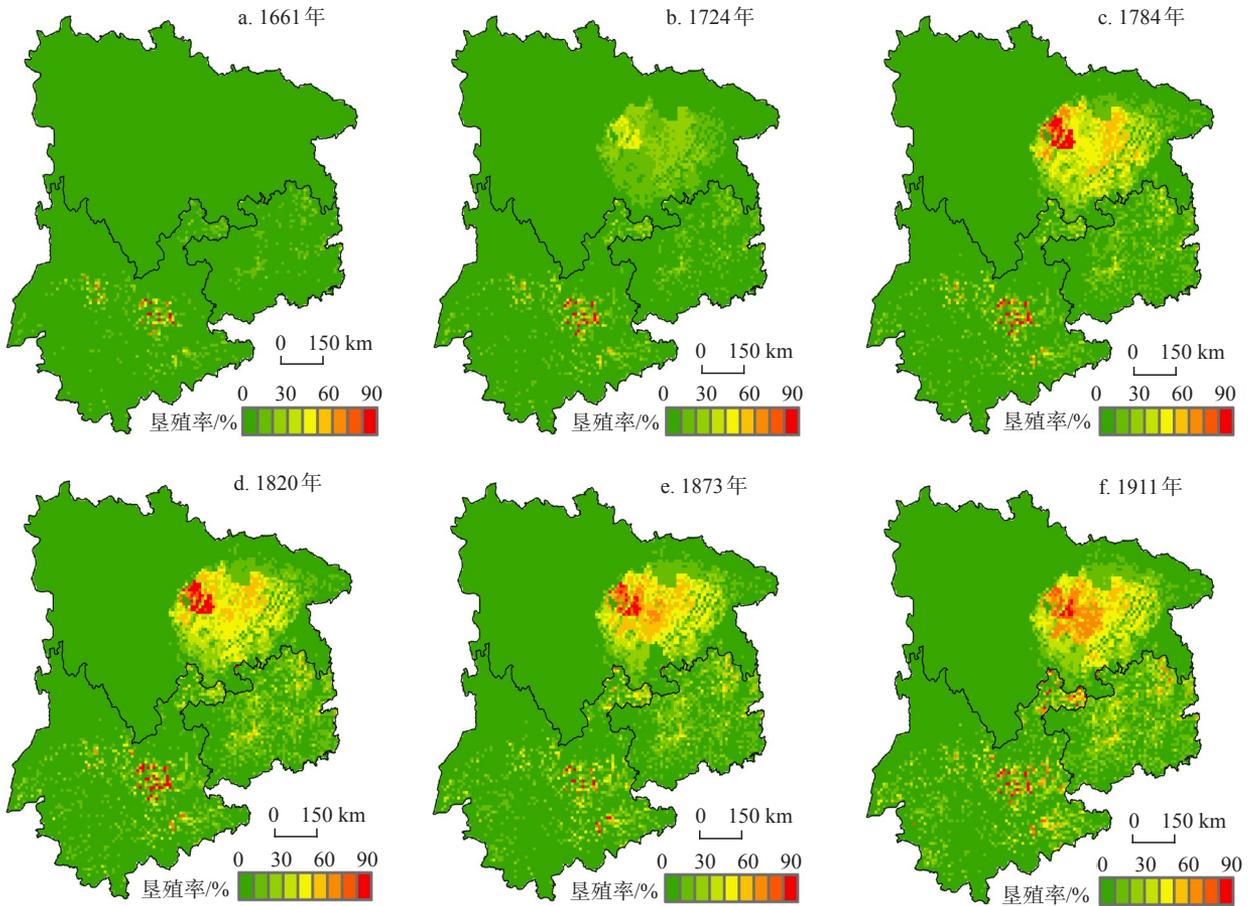


图2 清代西南地区10 km×10 km耕地空间分布

Fig.2 Cropland distribution in Southwest China in the Qing Dynasty (grid cells size: 10 km×10 km)

表3 清代西南地区10km×10km网格垦殖率各区间占比(%)

Tab. 3 The percentage of 10 km×10 km grid cells of different ranges in southwest China in the Qing Dynasty (%)

垦殖率区间/%	1661年	1724年	1784年	1820年	1873年	1911年
0~10	95.8	84.4	77.8	75.0	75.2	72.2
10~20	3.1	10.2	10.0	11.2	11.2	11.3
20~30	0.6	3.7	3.7	4.5	4.5	5.7
30~40	0.2	0.8	3.1	3.1	2.7	3.3
40~50	0.1	0.5	2.9	3.6	3.0	3.3
50~60	0.1	0.1	1.4	1.6	2.1	2.0
60~70	0.1	0.1	0.3	0.2	0.6	1.5
70~80	0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	0.4
80~90	0.1	0.2	0.7	0.7	0.3	0.4

行,西南地区出现了犹如“湖广填四川”的移民浪潮;区外客民大量迁入,从事农业生产和开矿活动,使得“土司”地区的土地利用发生显著变化。例如,滇东北地区,雍正以前,土官驍悍,汉族人口很少进

入,东川府“膏腴四百里无人敢垦”^②。改土归流之后,乾隆七年(1742年),云贵总督张允随奏言:“镇雄一州,原系土府,并无汉人祖业,……。雍正五年(1727年),改流归滇,凡夷目田地俱免其变价,准令

②(清)魏源《圣武记》卷七《雍正西南夷改流记》。

照旧招佃,收租纳粮。昭、东各属,外省流民佃种夷田者甚众”^③。

1724-1784年(图2c),四川盆地和云贵高原的垦殖范围继续向四周快速拓展,全区垦殖率在0~10%间的网格占比从84.4%降为77.8%。从垦殖强度来看,西南地区均有明显提高,垦殖率大于30%的网格占比提高了约7%。其中,四川盆地多数网格的垦殖率已增至30%以上,四川省成都府和云南省云南、澂江二府部分网格的垦殖率甚至超过80%。经过顺、康、雍三朝,西南大部分宜垦土地基本被开垦殆尽,因此拓展垦殖进程相对缓慢。1784-1820年(图2d),全区耕地分布范围基本稳定,垦殖率在0~10%间的网格占比只减少2.8%;土地垦殖强度变化也不大,仅贵州东北部地区垦殖强度有明显提高,四川盆地中部高垦区重心有南移趋势。

4.3 清后期(1820-1911年)——局部抛荒与垦复期

从咸丰六年(1856年)至同治十一年(1872年),云南爆发了以杜文秀为首的回民起义,波及西南地区。同治十二年(1873年),岑毓英上奏说:“自军兴以来,各属久遭兵、饥、瘟疫,百姓死亡过半……现查各属百姓户口,被害稍轻者十存七八,或是十存五六不等,其被害较重者十存二三。约计通省百姓户口,不过当年十分之五。”^④人口的减少和社会秩序的混乱严重影响到当时的农业经济和土地垦殖。

1820-1873年(图2e),西南局部再次出现抛荒现象,垦殖范围有所缩小,云南中部垦殖强度明显降低。“回乱”平息后,新一轮荒地垦复再次展开。1873-1911年(图2f),西南三省的耕地面积又由减转

增。就整个清后期来看,垦殖率在10%以下的网格从75.0%降至72.2%;垦殖率在30%以上的网格占比从约9%提高至11%。

5 结果检验

历史时期耕地空间数据,特别是具有规则空间网格属性的耕地分布数据,由于缺乏可资对比的数据和图件,对于重建结果的合理性和准确性尚无直接检验的方法。然而,为了对本文所重建结果的合理性有个大致的判断,把2000年耕地的统计数据用上述方法进行分配,然后将所得结果与2000年卫星遥感耕地数据做空间型相关分析,以两者的相关系数和标准误来进行间接检验。其中,相关系数 R 和标准误 SE 分别反映网格化耕地数据与遥感耕地数据的空间相关程度和偏离程度,计算公式如下:

$$R = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{D(X)} \sqrt{D(Y)}} \quad SE = \sqrt{\frac{\sum (X - Y)^2}{n - 2}} \quad (5)$$

式中: $\text{Cov}(X, Y)$ 为随机变量 X 和 Y 的协方差; $D(X)$ 、 $\sqrt{D(Y)}$ 为 X 和 Y 的方差; n 为样本自由度。

检验结果表明(图3):重建西南地区2000年耕地分布格局与2000年卫星遥感耕地空间数据的相关系数为0.81,标准误为0.20,说明重建结果与现代遥感数据显著相关,偏离也较小;分省来看,四川、云南、贵州三省的相关系数和标准误分别为0.83、0.68、0.73和0.21、0.21、0.16,也较为接近,说明本文所构建的历史耕地网格化方法具有可行性,

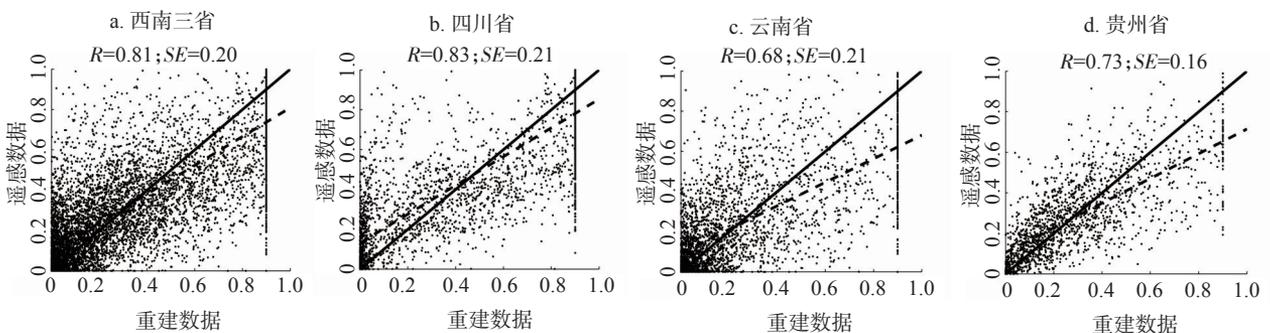


图3 西南地区重建数据与遥感数据土地垦殖率相关分析图

Fig.3 Correlation analysis between reconstruction data and remote sensing data of reclamation rate in Southwest China

③《张允随奏稿》乾隆七年二月十七日。

④《岑襄勋公(毓英)遗集》卷八《截至民兵厘谷请免积欠钱粮片》。

其分配结果具有一定的合理性。

6 结 论

通过上述对清代西南地区耕地空间分布的网格化重建,得到以下结论:

(1) 总体而言,清代(1661-1911年)西南地区耕地空间格局的变化主要体现在两个方面:一是垦殖范围的扩张,250年间土地垦殖率在0~10%的网格占比减少了约24%,主要集中在四川盆地和云贵高原;二是垦殖强度的提高,250年间土地垦殖率大于30%的网格占比提高了10.3%,最为显著的是四川盆地和云南中东部地区。

(2) 清代西南地区土地垦殖大致可分为3个阶段:清前期(1661-1724年)“复原性”垦殖,清中期(1724-1820年)“拓展性”垦殖和清后期(1820-1911年)的局部抛荒与复垦期。其中,清前期垦殖范围明显扩展,全区垦殖率为0~10%的网格占比在60多年间减少了11.4%。清中期在垦殖范围继续拓展的基础上,垦殖强度有明显提高;全区垦殖率在0~10%之间的网格占比下降约7%;垦殖率在30%以上的网格占比提高约7%。清后期由于“回乱”的影响,垦殖范围和垦殖强度均呈现波动性变化;整个清后期垦殖率在10%以下的网格占比从75.0%降至72.2%,垦殖率在30%以上的网格占比从9.1%提高至10.9%。

(3) 相关分析表明,本文所构建的历史耕地网格化方法具有可行性,网格化重建的清代西南地区的耕地空间格局具有一定的合理性。

参 考 文 献

- [1] Foley J A, Ruth D, Gregory P A, et al. Global consequences of land use. *Science*, 2005, 309(5734): 570-574.
- [2] Feddema J J, Oleson K W, Bonan G B, et al. The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates. *Science*, 2005, 310(5754): 1674-1678.
- [3] 陈百明, 刘新卫, 杨红. LUCC研究的最新进展评述. *地理科学进展*, 2003, 22(1): 22-29.
- [4] Voltaire A, Eickhout B, Schaeffer M, et al. Climate simulation of the twenty-first century with interactive land-use changes. *Climate Dynamics*, 2007, 29(2): 177-193.
- [5] 王守春. 中国历史地理学的回顾与展望: 建所70周年历史地理学研究成果与发展前景. *地理科学进展*, 2011, 30(4): 442-451.
- [6] IGBP Report No. 35 and IHDP Report No. 7. LUC (1995). *Science/Research Plan*. Stockholm and Geneva: IGBP Secretariat, 1995: 1-64.
- [7] Thompson R S. BIOME 300: Understanding the impacts of human activities on land cover over the past 300 years. *IGBP Newsletter*, 2000(43): 2-3.
- [8] Ojima D S, McConnell W J, Moran E, et al. The future research challenge: The global land project//Canadell J, Pataki D, Pitelka L. *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. Berlin: Springer-Verlag, 2007.
- [9] Brovkin V, Sitch S, Bloh W V, et al. Role of land cover changes for atmospheric CO₂ increase and climate change during the last 150 years. *Global Change Biology*, 2004, 10(8): 1253-1266.
- [10] Goldewijk K K, The HYDE 3.1 spatially explicit database of human-induced global land-use change over the past 12,000 years. *Global Ecology and Biogeography*, 2011, 20(1): 73-86.
- [11] Ramankutty N, Foley J A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, 13(4): 997-1027.
- [12] Pongratz J, Reick C, Raddatz T, et al. A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium. *Global Biogeochemical Cycles*, 2008, 22(3): 1-16.
- [13] IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2007: 180-185, 512.
- [14] Zhen J Y, Lin S S, He F N. Recent progress in studies on land cover change and its regional climatic effects over China during historical times. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2009, 26(4): 793-802.
- [15] Li B B, Fang X Q, Ye Y, et al. Accuracy assessment of global historical cropland dataset on regional reconstructed historical data: A case study in Northeast China. *Science China: Earth Sciences*, 2010, 53(11): 1689-1699.
- [16] Esser G, Hoffsradt J, Mack F, et al. High resolution Biosphere Model, documentation, Model Version 3.0. Germany: Justus-Liebig University, 1994.
- [17] Hall C A S, Tian H, Qi Y, et al. Modeling spatial and temporal patterns of tropical land use change. *Journal of Biogeography*, 1995(22): 753-757.
- [18] Kaplan J O, Krumhardt K M, Zimmermann N. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews*, 2009, 28(27-28): 3016-3034.
- [19] Lin S S, Zheng J Y, He F N. Gridding cropland data re-

- construction over the agricultural region of China in 1820. *Journal of Geographical Sciences*, 2009, 19(1): 36-48.
- [20] 何凡能, 李士成, 张学珍. 北宋中期耕地面积及其空间分布格局重建. *地理学报*, 2011, 66(11): 1531-1539.
- [21] 李柯, 何凡能, 张学珍. 基于MODIS数据网格化重建历史耕地空间分布的方法: 以清代云南省为例. *地理研究*, 2011, 30(12): 2281-2288.
- [22] 葛全胜, 戴君虎, 何凡能, 等. 过去300年中国部分省区耕地资源数量变化及驱动因素分析. *自然科学进展*, 2003, 13(8): 825-832.
- [23] 封志明, 刘宝勤, 杨艳昭. 中国耕地资源数量变化的趋势分析与数据重建: 1949-2003. *自然资源学报*, 2005, 20(1): 35-43.
- [24] 毕于运, 郑振源. 建国以来中国实有耕地面积增减变化分析. *资源科学*, 2000, 22(2): 8-12.
- [25] 曹树基. *中国人口史(第五卷·清时期)*. 上海: 复旦大学出版社, 2001.
- [26] 刘君德, 靳润成, 周克瑜. *中国政区地理*. 北京: 科学出版社, 1999.
- [27] 谭其骧. *中国历史地图集·清时期*. 北京: 中国地图出版社, 1987.
- [28] 孙颌, 石玉林. *中国农业土地利用*. 南京: 江苏科学技术出版社, 2003.
- [29] 刘纪远. *中国资源环境遥感宏观调查与动态研究*. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.

Gridding Reconstruction of Cropland Spatial Patterns in Southwest China in the Qing Dynasty

LI Shicheng^{1,2}, HE Fanneng¹, CHEN Yisong¹

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

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: On the basis of modern cropland spatial pattern, we designed a method to quantify the relationship among topography (including altitude and slope), production potential of climate (including light, temperature and water), population density and cropland spatial pattern. Then the method was used to reconstruct cropland spatial pattern with a resolution of 10 km by 10 km in Southwest China for 6 periods between 1661 and 1784 in the Qing Dynasty. The results are shown as follows. (1) As a whole, the changes of cropland spatial pattern in Southwest China can be described in two respects. One is the expansion of cultivated area, which are mainly distributed in the Sichuan Basin and the Yunnan-Guizhou Plateau. The grid cells with small cropland fractions (0~10%) decreased by 24.0% during the past 250 years. The other is enhancement of cultivation intensity, which are obvious in the Sichuan Basin and the central-eastern parts of Yunnan Province. The grid cells whose cropland fractions are relatively large (>30%) increased by 10.3% during the past 250 years. (2) The process of cropland change in Southwest China in the Qing Dynasty can be divided into three periods. The cultivation recovery period (1661-1724)--the grid cells whose cropland fractions are small (0~10%) decreased by 11.4%; the slow cultivation expansion period (1724-1820)--the grid cells whose cropland fractions are small (0~10%) decreased by 7% while the grid cells with relatively large cropland fractions (>30%) increased by 7%. The postwar abandonment of cropland in some parts of the study area and recovery period (1820-1911)--the grid cells whose cropland fractions are small (0~10%) decreased from 75.0% to 72.2% while the grid cells whose cropland fractions are relatively large (>30%) increased from 9.1% to 10.9%. The results of correlation analysis indicate that the reconstruction is reasonable to some degree.

Key words: spatial distribution of cropland; gridding reconstruction; Southwest China; historical period

本文引用格式:

李士成, 何凡能, 陈屹松. 清代西南地区耕地空间格局网格化重建. *地理科学进展*, 2012, 31(9): 1196-1203.