

引用格式:张莉,刘建杰. 清末民国时期新疆玛纳斯河流域耕地格局重建[J]. 资源科学, 2020, 42(7): 1428-1437. [Zhang L, Liu J. Reconstruction of cropland spatial patterns of the Manas River Basin of Xinjiang in the late Qing and Republican period[J]. Resources Science, 2020, 42(7): 1428-1437.] DOI: 10.18402/resci.2020.07.18

# 清末民国时期新疆玛纳斯河流域耕地格局重建

张莉,刘建杰

(陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院,西安 710119)

**摘要:**典型地区历史时期高分辨率土地利用变化重建对研究过去全球环境变化具有十分重要的意义。本文选取干旱区典型的玛纳斯河流域,在整理历史耕地记载的基础上,订正了1909年和1944年两个时间断面上的流域耕地面积,并通过选取河流渠道等影响因子建立了土地宜垦性模型、网格化分配模型,重建了1909年和1944年玛纳斯河流域1 km×1 km耕地网格化空间分布格局。结果显示:①1909年和1944年玛纳斯河流域耕地面积分别约为140.5 km<sup>2</sup>和241.7 km<sup>2</sup>,年均增长2.9 km<sup>2</sup>,清末民国时期耕地面积增长迅速;②北部沙漠区和南部山区均受到开发限制,无法开垦,耕地主要分布在中下游平原的河渠两岸,玛纳斯河中游地势平坦、渠道众多,耕地分布比较集中;③从垦殖强度分析,玛纳斯河流域1909年平均垦殖率仅有0.2%,最高垦殖率为6.4%,1944年平均垦殖率为0.4%,最高垦殖率为11.0%,因此,清末民国时期流域内开发程度较低;④通过对HYDE3.2中1910年和1940年耕地数据的比较,HYDE3.2在玛纳斯河流域的数据明显偏高。本文重建的两个时间断面上的玛纳斯河流域耕地网格化数据集,进一步修正了全球变化数据集的区域精度,可为深入研究干旱区乃至全球环境变化提供数据支持。

**关键词:**历史土地利用;耕地分布格局;网格化重建;玛纳斯河流域;清末民国时期

DOI:10.18402/resci.2020.07.18

## 1 引言

土地利用与土地覆被变化对区域乃至全球气候变化有重要影响,是全球变化研究的重要领域之一。国际地圈生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)与全球环境变化人文计划(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP)于1995年共同提出开展“土地利用与土地覆被变化”(Land Use and Cover Change, LUCC)研究计划,该计划指出,历史时期土地利用与土地覆被变化对全球变化研究有着重要意义,土地利用变化数据集也是定量模拟全球气候变化重要参量<sup>[1,2]</sup>。

在多项国际重大科学研究计划的推动下,国内外学者在历史时期的土地利用变化重建方面开展了大量的研究,推动了全球土地利用变化数据集的建设。其中,具有代表性的是“全球历史环境数据

集(History Database of the Global Environment, HYDE)”<sup>[3-6]</sup>、“全球土地利用数据集(Sustainability and the Global Environment, SAGE)”<sup>[7]</sup>、“全球农牧空间数据集(PJ Database)”<sup>[8]</sup>以及“全球土地利用数据集(KK10)”<sup>[9]</sup>。这些数据集在一定程度上揭示了全球或区域土地利用与土地覆被变化的趋势。然而,全球性数据集在用于区域尺度研究中依然存在一定的局限性和矛盾性<sup>[4]</sup>。因此,重建区域尺度的土地利用与土地覆被变化过程,不仅有助于区域环境变化研究,还对全球数据集建设提供区域经验,从而进一步完善、充实全球数据集。

耕地是人类垦殖活动改变土地覆被的最重要的体现,是土地资源利用中最为活跃的方式之一,成为研究历史时期土地资源利用和环境变迁的重要参量。中国农业开发历史悠久,在区域历史时期土地利用与土地覆被变化研究中具有一定的代表

收稿日期:2019-08-23 修订日期:2019-12-06

基金项目:教育部人文社会科学基地重大项目(17JJD770012);中央高校基本科研业务费专项资金项目(陕西师范大学)。

作者简介:张莉,女,新疆吐鲁番人,副研究员,博士,主要研究方向为历史环境变迁。E-mail: zhangli20130000@163.com

2020年7月

性。近年来,国内学者针对中国区域,开展了大量面向全球变化的历史时期土地利用变化数据集建设研究。通过总结已有的研究成果,发现国内研究主要集中在传统农耕区和东北地区<sup>[10-13]</sup>。葛全胜等<sup>[14]</sup>、何凡能等<sup>[15-17]</sup>、李美娇等<sup>[18,19]</sup>、杨绪红等<sup>[20]</sup>对宋、元、明、清时期传统农耕区耕地面积和耕地网格化数据进行了重建;叶瑜等<sup>[21]</sup>、李士成等<sup>[22]</sup>对东北地区的耕地面积和森林网格化数据进行了重建;金晓斌团队<sup>[23-25]</sup>利用CA(元胞自动机)重建了苏皖地区的耕地网格化数据集;Wei等<sup>[26]</sup>、Ye等<sup>[27]</sup>、Ye等<sup>[28]</sup>重建了华北地区的耕地面积和分布,建立了区域网格化数据集。在非传统农耕区,研究者还关注了青藏高原地区<sup>[29-32]</sup>、黑河流域<sup>[33,34]</sup>等区域的历史耕地变化,而新疆地区的研究非常缺少。

中国干旱区面积辽阔,集中分布于西北地区,干旱区干旱缺水,气候的敏感性和人类活动的干扰,使得原本具有脆弱性和易变性特点的干旱区对人类活动更加敏感。绿洲是荒漠背景下以天然径流为依托的,具有较高第一性生产力的中、小尺度非地带性景观,是干旱区人类主要聚居区,其环境变化直接关系到绿洲社会经济的稳定和可持续发展<sup>[35]</sup>。绿洲区土地覆被抗干扰性低,区域生态脆弱,受气候波动、河流变迁、人为垦殖等的影响明显<sup>[36]</sup>,也对干旱区生态环境产生了影响。可以说,绿洲土地利用与土地覆被变化是绿洲环境变化的核心。对于新疆绿洲土地利用的研究,目前主要集中在1949年以后,与历史时期土地利用变化相关的研究,现仅有张莉<sup>[37]</sup>重建了清代以来天山北麓县级耕地面积和垦殖率,杨越<sup>[38]</sup>重建了清代以来奇台—吉木萨尔地区的县级耕地面积。但二者的研究仅限于对耕地面积的重建,未涉及到耕地的空间重建和网格化土地利用数据集的建设。

玛纳斯河流域是中国干旱区绿洲农业开发具有代表性的区域。清代以前,流域内以游牧为主,直到乾隆年间,才逐渐开始大规模的农业开发。清末民国时期,玛纳斯河流域逐渐成为农业开发重点区域,开发程度逐渐扩大。因此,本文选取具有代表性的玛纳斯河流域作为研究区域,受文献资料限制,考虑流域农业开发历史进程,选取能够代表清末新疆建省以来农业恢复发展成果的1909年(宣统元年)与代表“三区革命”前民国新疆农业发展成就

的1944年(民国三十三年)为时间断面,利用已有研究成果,改进网格化模型,建立玛纳斯河流域耕地网格化数据集,重建该时期玛纳斯河流域耕地空间分布格局,通过与全球数据HYDE的对比,尝试对全球数据集的区域精度进行修正。以期进一步分析人类土地开发活动对绿洲环境的影响,并对绿洲耕地资源开发提供一定的历史数据支撑。

## 2 研究区域概况

### 2.1 地理概况

玛纳斯河流域位于新疆天山北麓、准噶尔盆地南缘,流域总面积 $2.43 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是北疆最大的流域(图1)。玛纳斯河流域地势南高北低,分为:①南部山区,其中海拔3600 m以上为终年积雪带,海拔1000~3600 m为低山丘陵地带;②中部平原区,海拔在300~500 m之间;③北部沙漠区,海拔在500 m以下。流域内水资源丰富,有6条内陆河流,自东向西分别为塔西河、玛纳斯河、宁家河、金沟河、大南沟河、巴音沟河,均发源于天山北麓依连哈比尔尕山脉,自南向北流入准噶尔盆地,在河流中下游地区形成了五大块冲积洪积扇区,构成山前河流冲积洪积平原区,区域内灌溉用水丰富、土壤肥沃、地形平坦,是流域内耕地的主要分布区。南部山区受海拔、坡度、土壤等限制,水热条件、土壤条件不适合

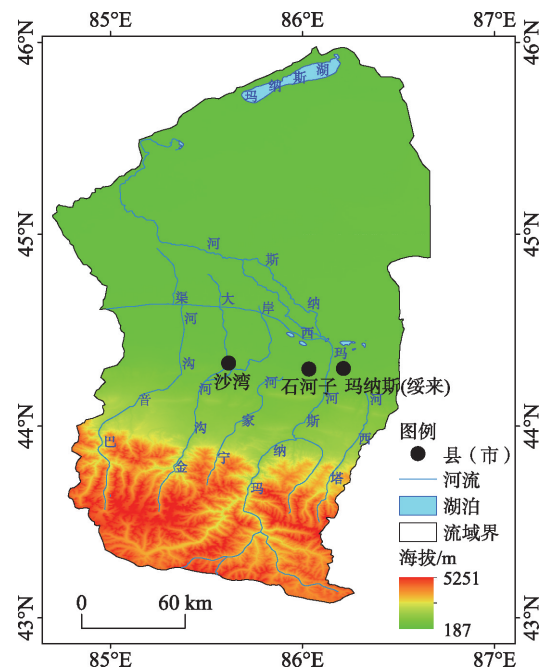


图1 研究区位置图

Figure 1 Location of the study area

农业的发展,但海拔在500~700 m的山间谷地,水热条件相对较好,适合农作物生长。北部沙漠区虽然地势平坦、热量充足,但土壤条件、水资源条件限制了该区域农业的发展。

## 2.2 农业发展概况

玛纳斯河流域大规模农业开发是在清朝统一新疆之后,在此之前,此地主要为游牧区,农业开发较少。1759年(乾隆二十四年)清朝统一新疆之后,明确了“屯垦开发,以边养边”的基本方针,因驻防和统治的需要,选择以兵屯的形式在北疆推进农业开发。北疆兵屯最早在巴里坤、乌鲁木齐、伊犁等地兴起,1761年(乾隆二十六年)增设乌鲁木齐和伊犁两地之间的玛纳斯作为重要的屯田地点,到1772年(乾隆三十七年),北疆兵屯完成了整体的布局。与此同时,清政府不断组织内地移民前来进行农业开垦,户屯逐渐兴起。1778年(乾隆四十三年),由于玛纳斯河流域户屯大量增加,普通民户越来越多,此地正式设县,名为绥来县。绥来县的县域范围与玛纳斯河流域基本重合,是新疆为数不多的以整个流域为划分界线的行政区域(图2)。1884年(光绪十年),清政府核准设新疆省之后,绥来县农业人口不断聚集,大规模兴修水利,使得土地开垦面积迅速扩大,逐渐成为当时新疆重要的八县之

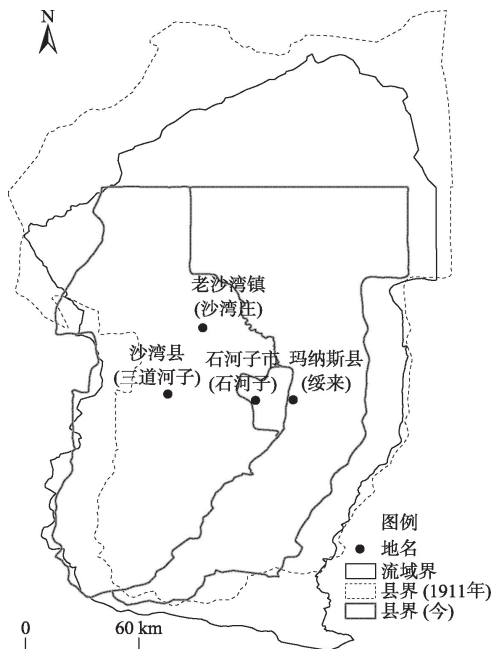


图2 流域界线与清代县界、现代行政区划

Figure 2 Boundary of the basin and the counties, 1911 and 2010

一,有“金绥来”之称。清末至民国时期是玛纳斯河流域土地开发的黄金时期。建国后,解放军农垦兵团在玛纳斯河流域开展大规模的水土资源开发,成为新时期全疆农垦的典范。因此可以说,清末民国时期玛纳斯河流域的农业开发,是建国后该区域农垦发展的基础,代表了干旱区传统时代的土地资源开发模式。

## 3 数据来源与订正

### 3.1 数据来源

本文所引用的数据包括册载田亩数据和户口数据两个方面。地域范围为清代的绥来县,与今玛纳斯河流域范围大致相同,即今沙湾县、石河子市、玛纳斯县。清朝末年,新疆流传下来的历史文献比较少,只有成书于1911年(宣统三年)的《新疆图志》<sup>[39]</sup>较为详尽地记录了当时的田亩数字。因此,清末数据以《新疆图志》为主要参考。1944年数字来自于1947(民国三十六年)《天山月刊》<sup>[40]</sup>刊载的1944年各县耕地面积数。

(1)田亩数据。1909年耕地数据引自《新疆图志·土壤一》和《新疆图志·沟渠二》。《新疆图志·土壤一》中记载了1905年(光绪三十一年)的册载田亩数,以及光绪三十一年之后开垦的亩数,基本代表了清末册载田亩数的基本水平,同时利用《新疆图志·沟渠二》中的灌溉亩数,与册载田亩数进行印证,得出1909年耕地数据。1944年耕地数据引自《天山月刊》刊载的耕地面积统计数据,同时考虑折亩等因素,对耕地数字进行订正。

(2)其他数据。耕地分布影响因子中的海拔数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(www.resdc.cn)的1 km分辨率DEM数据,坡度数据由DEM数据提取;1 km分辨率土壤类型、1 km分辨率 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温数据均来自于中国科学院资源环境科学数据中心(www.resdc.cn);河流渠道数据来源于出版于1909年(宣统元年)的《新疆全省舆地图》与绘制于1935年(民国二十四年)的1:30万地形图;清代行政界线数据来源于CHGIS Version 5 Dataverse (dataverse.harvard.edu/dataverse/chgis),现代行政界线来源于中国科学院资源环境科学数据中心(www.resdc.cn);2010年耕地数据来源于30 m分辨率全球地表覆盖信息服务平台(www.globeland30.com)。

2020年7月

### 3.2 数据订正

清代统一新疆后,在天山北麓逐步推行与内地相同的土地制度和纳税制度,从而保存了“户口”和“田亩”资料,为新疆历史时期土地利用与土地覆被变化研究提供了便利。与内地土地登记制度相同,这些“册载亩数”实际上是一种纳税单位,而不是实际的耕地面积,因此需要一定的订正。

虽然册载数据存在一定问题,但基本能够反映耕地面积变化趋势和区域差别,张莉<sup>[37]</sup>曾对天山北麓的耕地面积进行了重建。其重建的方法是:首先,根据清代档案和方志记载,建立了清至民国时期多个时间断面上天山北麓6个区域的册载亩数;然后,根据当时各地有关土地隐亩、折亩、休耕等具体情况,计算和确定各个时期的耕地面积指数和最大耕地面积,重建了清至民国时期8个时间断面上天山北麓的总耕地面积;最后,按6个区域册载亩数与区域总册载亩数的比例,重建了天山北麓6个区域8个时间断面上的耕地面积。这一重建方法基本可以说是目前为止天山北麓最细致而合理的研究。张莉<sup>[37]</sup>重建的“玛纳斯区”即为本文的玛纳斯河流域。因此本文直接引用其复原玛纳斯河流域的耕地面积。清代亩制与现代耕地面积计量单位存在一定的差异,需要将“清亩”转化为现代耕地面积。清代亩制与今天略有差异,1清亩大约为0.92现代亩<sup>[29]</sup>。

绥来县自1778年(乾隆四十三年)建县,县界与流域界相对一致(图2),这一行政建制一直持续到民国初期。1915年(民国四年),从绥来县析出设立沙湾县,县治小拐(今克拉玛依市境内小拐镇)。除乌兰乌苏以南、宁家河以东仍属绥来县管辖境以外,玛纳斯河西岸的广大地区划属沙湾县。1929年(民国十八年),沙湾县治迁至沙湾庄(今老沙湾镇),1956年迁至三道河子镇。在古今行政界线上,玛纳斯河流域内行政界线较为稳定,政区调整不影响流域内耕地情况的展现,因此,对行政界线不作修正。

河流渠道是影响玛纳斯河流域耕地分布的重要因素,是重建耕地空间分布的重要依据。本文根据出版于1909年(宣统元年)的《新疆全省舆地图》和绘制于1935年(民国二十四年)的1:30万地形图

进行复原。受地图信息详略的影响,无法复原出所有渠道,因此,结合DEM数据和遥感卫星影像,参考地名的相对位置,重建出了玛纳斯河流域1909年与1944年的河流和主干渠道,这两个时期玛纳斯河流域内主要干渠基本一致。

## 4 网格化重建方法

### 4.1 因子选取

影响耕地分布的因子包括限制性因子和非限制性因子两类<sup>[29]</sup>。限制因子对耕地的分布起限制作用,当其达到一定的阈值时,土地将无法耕作,包括海拔、坡度、土壤等;非限制因子影响耕地分布的概率,对耕地分布影响程度较低,包括气候生产潜力、人文因素等。

因此,本文选取海拔、坡度、土壤类型、气候生产潜力、人文因素等为影响耕地分布的主要因子。

### 4.2 因子标准化

#### 4.2.1 限制性因子

利用1 km分辨率的DEM数据计算出海拔和坡度。玛纳斯河流域南高北低,耕地集中分布在山前冲积、洪积扇,以及冲积平原地带。现代耕地分布除博罗通古、东湾等地海拔较高外,多集中在海拔700 m以下。当地面坡度达到25°时,水土流失加剧,影响土地垦殖,所以耕地多分布在坡度25°以下。因此,确定海拔700 m,坡度25°作为耕地分布的上限。对限制性因子进行标准化处理,方式<sup>[29-31]</sup>如下:

$$NE_i = \frac{\text{Max}E_i - E_i}{\text{Max}E_i} \quad (1)$$

$$NS_i = \frac{\text{Max}S_i - S_i}{\text{Max}S_i} \quad (2)$$

式中: $i$ 为网格编号; $E_i$ 、 $S_i$ 分别表示网格 $i$ 中的海拔和坡度值; $\text{Max}E_i$ 、 $\text{Max}S_i$ 分别表示区域内海拔和坡度的最大值; $NE_i$ 、 $NS_i$ 分别表示网格 $i$ 中标准化后的海拔和坡度值,其取值范围为[0, 1]。

土壤包括土壤类型、土壤有机质含量等,玛纳斯河流域耕地多分布在灌淤土、潮土、灰漠土、栗钙土、棕钙土等类型上,对土壤类型作二值化处理,将以上土类设置为1,其余土类设置为0。流域内土壤类型决定了土壤有机质含量、土壤质地等土壤特征,因此,本文在影响因子选取上不考虑土壤的其他特征。

#### 4.2.2 非限制性因子

绿洲农业发展的关键就是水资源的利用,根据玛纳斯河流域的自然条件分析,山地降水和冰雪融水是河流渠道的主要补给,平原区耕地灌溉水源主要来自于河流、灌渠,受平原区降水量影响较小,因此,本文忽略降水对耕地分布的影响,而加入距河流、渠道、聚落的距离等影响因子。渠道是该区域土地开垦的重要前提,本文重建了1911年的干渠分布、支渠分布及其长度,利用ArcGIS软件中的缓冲区工具,以河流渠道为中心,分别创建1 km、3 km、5 km的缓冲区,按照距河流渠道越近耕地分布概率越大的原则,将其分别赋值为3、2、1;为聚落分别创建0.5 km、1 km的缓冲区以及1 km以外的区域,分别赋值为3、2、1。

同时,以 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温表示气候生产潜力,并对其进行标准化,标准化方式<sup>[29-31]</sup>如下:

$$NT_i = \frac{T_i}{\text{Max}T_i} \quad (3)$$

式中:  $T_i$  表示网格  $i$  中的积温值;  $\text{Max}T_i$  表示区域积温的最大值;  $NT_i$  表示网格  $i$  中积温标准化后的值,取值范围为 $[0, 1]$ 。

#### 4.3 网格化模型

首先,根据标准化的影响因子,建立土地宜垦性模型。本文采用几何平均模型来计算土地宜垦性程度,计算公式<sup>[29-31]</sup>为:

$$D_{i,n_x} = \prod_{k=1}^H F_k \quad (4)$$

式中:  $D_{i,n_x}$  表示  $n_x$  年网格  $i$  的土地宜垦性程度;  $H$  为影响因子的数量;  $F_k$  为第  $k$  个影响因子的值。

通过上述土地宜垦性模型,得出网格范围内土地宜垦程度,即耕地分布概率,是建立耕地分配模型的基础。模型如下:

$$P_{i,n_x} = \frac{D_{i,n_x}}{\sum_{i=1}^x D_{i,n_x}} \quad (5)$$

$$S_{i,n_x} = P_{i,n_x} \times A_{n_x} \quad (6)$$

$$R_{i,n_x} = \frac{S_{i,n_x}}{\text{area}_i} \quad (7)$$

式中:  $P_{i,n_x}$ 、 $S_{i,n_x}$ 、 $R_{i,n_x}$  分别表示网格  $i$  的耕地面积比例、耕地面积和垦殖率;  $A_{n_x}$  表示该区域  $n_x$  年的耕地面积;  $\text{area}_i$  表示网格  $i$  的面积。其中垦殖率的取值

范围为 $[0, 1]$ ,当出现垦殖率大于1时,需将大于1的网格赋值为1,并将多出的耕地重新分配到小于1的网格当中,直到所有网格垦殖率均小于1。

## 5 结果与分析

按照上述重建方法,重建了1909年与1944年玛纳斯河流域的耕地面积,并将其分配到网格单元中,得到两个时间断面玛纳斯河流域  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  分辨率的耕地网格化空间分布格局(图3)。

耕地面积方面。本文采用张莉<sup>[37]</sup>校正后的1909年绥来县耕地面积与1944年绥来县、沙湾县耕地面积,作为玛纳斯河流域耕地面积,并转化为现代耕地面积,得到1909年玛纳斯河流域耕地面积约为  $140.5 \text{ km}^2$ ,1944年耕地面积约为  $241.7 \text{ km}^2$ 。

空间分布方面。耕地主要分布在中下游平原的河渠两岸(图4)。玛纳斯河中游由于地势平坦、渠道众多,耕地分布比较集中。区域内有耕地分布的面积占研究区总面积的19.9%。

垦殖强度方面。区域内垦殖强度南北差异明显,北部沙漠区和南部山区均受到自然条件的限制,无法开垦。1909年玛纳斯河流域区域内平均垦殖率仅为0.2%,最高垦殖率为6.4%,集中分布在山前冲积平原边缘地带,该区域开发历史悠久,聚落人口相对集中,因此垦殖强度相对较大。1944年耕地垦殖率图显示,1944年玛纳斯河流域平均垦殖率为0.4%,最高垦殖率为11.0%,1.3%的耕地网格垦殖率在5.0%以上,达到10%的耕地网格仅占0.2%。

HYDE数据集是由以Goldewijk为代表的一批学者重建的全球历史环境数据集,其中耕地数据是其重要的组成部分之一,如今HYDE数据已经逐步更新到3.2版本。已有研究表明,HYDE数据的区域精度存在一定问题,国内学者针对HYDE数据集的比较研究已经有大量成果<sup>[21,22,41,42]</sup>。由于HYDE耕地数据以10年为一个周期,因此,本文选取HYDE3.2数据中1910年和1940年耕地数据与重建的1909年和1944年耕地数据进行对比,来评价其在玛纳斯河流域的精度。通过提取HYDE数据,得到1910年玛纳斯河流域耕地面积为  $453.7 \text{ km}^2$ ,1940年为  $2264.3 \text{ km}^2$ ,远远超过本文重建结果中的耕地面积。

从空间上对比,HYDE3.2中1910年与1940年有耕地分布的网格分别占区域的46.3%和41.4%,重

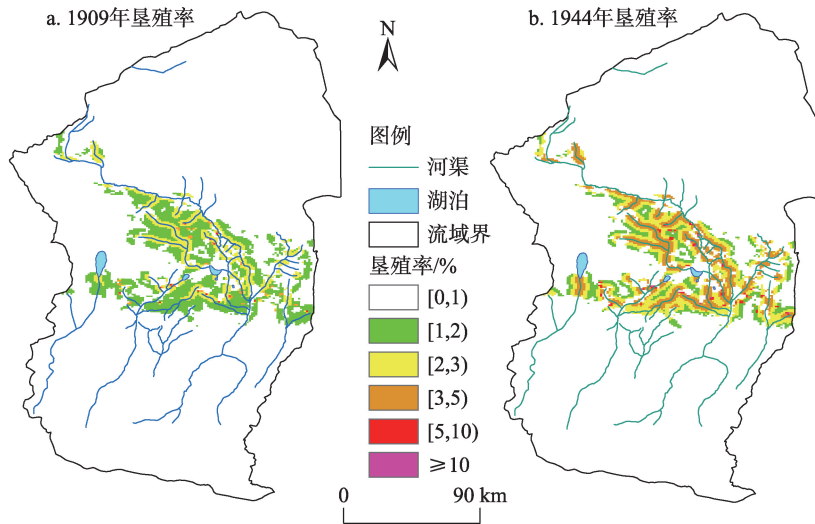


图3 1909与1944年玛纳斯河流域耕地垦殖率

Figure 3 Cropland fraction of the Manas River Basin, 1909 and 1944

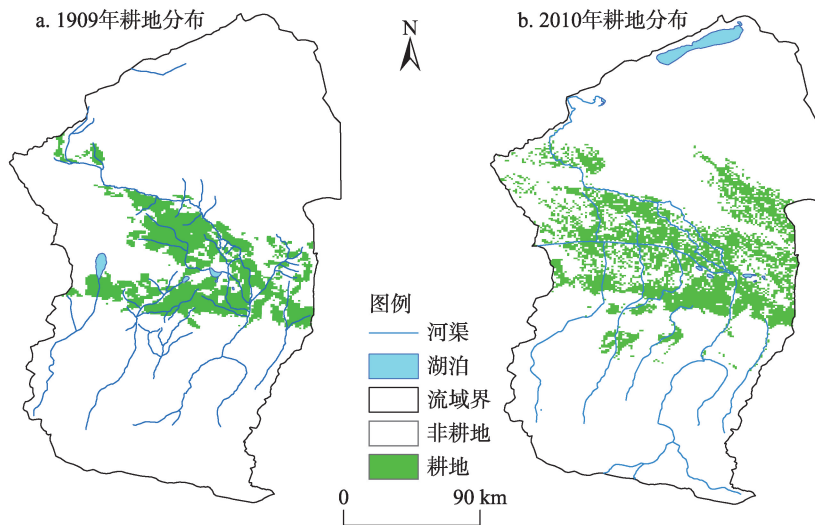


图4 1909年与2010年玛纳斯河流域耕地分布

Figure 4 Cropland distribution of the Manas River Basin, 1909 and 2010

建结果中,耕地分布网格占区域的24.3%。通过比较重建结果与HYDE之间的绝对差异(图5)发现,1910年两者差异比较小,以负差异居多;1940年差异明显,仍以负差异较多。这说明,HYDE3.2中玛纳斯河流域1910年与1940年的耕地数据偏大,不符合实际情况。

## 6 结论

通过提取、校正《新疆图志》中1909年耕地人口数据与《天山月刊》刊载的新疆各县耕地面积,得出现代意义上的耕地面积,在修正已有模型的基础

上,建立适合玛纳斯河流域的网格化分配模型,将耕地分配到空间中,得出玛纳斯河流域1909年与1944年的耕地空间分布格局,并得出以下结论:

(1)从耕地面积的重建结果来看,玛纳斯河流域1909年耕地面积约为140.5 km<sup>2</sup>,1944年为241.7 km<sup>2</sup>,35年间耕地年均增长2.9 km<sup>2</sup>。

(2)从耕地空间分布格局来看,受地形、地貌、土壤和水资源等因素的限制,1909年与1944年玛纳斯河流域耕地主要分布在河流中下游平原的河渠两岸,流域内只有19.9%的区域有耕地分布。

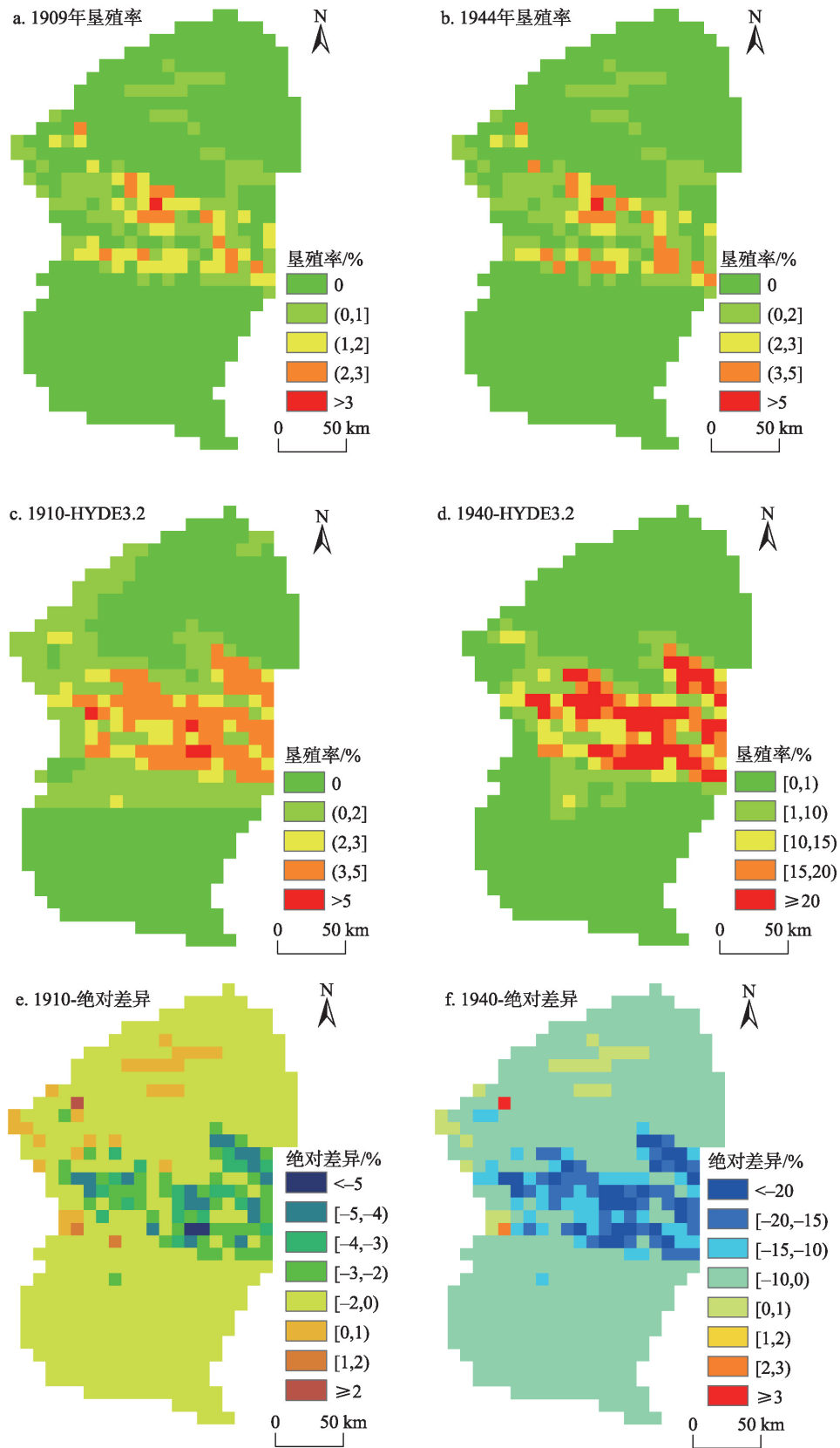


图5 模型重建结果与HYDE3.2数据对比

Figure 5 Comparison of model reconstruction results and HYDE3.2

2020年7月

(3)从垦殖强度来看,玛纳斯河流域1909年垦殖强度较低,平均垦殖率仅有0.2%,最高垦殖率为6.4%,且集中在开发历史悠久的山前冲积平原的边缘地带。1944年玛纳斯河流域平均垦殖率为0.4%,最高垦殖率为11.0%,垦殖率在5.0%以上的耕地网格占1.3%,垦殖率达到10.0%的耕地网格仅占0.2%。

(4)通过在总数上对比HYDE3.2耕地数据,发现HYDE数据中玛纳斯河流域的耕地总面积远远超过本文重建的结果;在空间上,HYDE3.2数据显示的耕地分布也与本文重建的耕地网格化分布格局有很大的差异。因此HYDE数据在玛纳斯河流域的精度还需要进一步修正。

#### 参考文献(References):

- [1] 白淑英,张树文,张养贞. 土地利用/土地覆被时空分布100年数字重建:以大庆市杜尔伯特蒙古族自治县为例[J]. 地理学报, 2007, 62(4): 427-436. [Bai S Y, Zhang S W, Zhang Y Z. Digital rebuilding of LUCC spatial-temporal distribution of the last 100 years: Taking Durbod Mongolian Autonomous County in Daqing City as an example[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(4): 427-436.]
- [2] 葛全胜,戴君虎,何凡能,等. 过去三百年中国土地利用变化与陆地碳收支[M]. 北京: 科学出版社, 2008. [Ge Q S, Dai J H, He F N, et al. Land Use Changes and Terrestrial Carbon Budgets in China During the Last 300 Years[M]. Beijing: Science Press, 2008.]
- [3] Klein Goldewijk K, Battjes J J. A Hundred-Year (1890-1990) Database for Integrated Environmental Assessments (HYDE, Version 1.1)[R]. Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), 1997.
- [4] Klein Goldewijk K. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE database[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2001, 15(2): 417-433.
- [5] Klein Goldewijk K, Beusen A, Doelman J, et al. Anthropogenic land use estimates for the Holocene-HYDE3.2[J]. Earth System Science Data, 2017, 9(2): 927-953.
- [6] Klein Goldewijk K, Beusen A, van Drecht G, et al. The HYDE 3.1 spatially explicit database of human-induced global land-use change over the past 12000 years[J]. Global Ecology and Biogeography, 2011, 20(1): 73-86.
- [7] Ramankutty N, Foley J A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1999, 13(4): 997-1027.
- [8] Pongratz J, Reick C, Raddatz T, et al. A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2008, DOI: 10.1029/2007GB003153.
- [9] Kaplan J O, Krumhardt K M, Zimmermann N. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe[J]. Quaternary Science Reviews, 2009, 28: 3016-3034.
- [10] 朱枫,崔雪锋,缪丽娟. 中国历史时期土地利用数据集的重建方法述评[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1563-1573. [Zhu F, Cui X F, Miao L J. China's spatially-explicit historical land-use data and its reconstruction methodology[J]. Progress in Geography, 2012, 31(12): 1563-1573.]
- [11] 胡宁科,李新. 历史时期土地利用变化研究方法综述[J]. 地球科学进展, 2012, 27(7): 758-768. [Hu N K, Li X. A review of research methods of historical land use change[J]. Advances in Earth Science, 2012, 27(7): 758-768.]
- [12] 魏学琼,叶瑜,崔玉娟,等. 中国历史土地覆被变化重建研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29(9): 1037-1045. [Wei X Q, Ye Y, Cui Y J, et al. Review of China's historical land cover change reconstructions[J]. Advances in Earth Science, 2014, 29(9): 1037-1045.]
- [13] 杨绪红,金晓斌,林忆南,等. 中国历史时期土地覆被数据集地理空间重建进展评述[J]. 地理科学进展, 2016, 35(2): 159-172. [Yang X H, Jin X B, Lin Y N, et al. Review on China's spatially-explicit historical land cover datasets and reconstruction methods [J]. Progress in Geography, 2016, 35(2): 159-172.]
- [14] 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[J]. 自然科学进展, 2003, 13(8): 825-832. [Ge Q S, Dai J H, He F N, et al. Spatiotemporal dynamics of reclamation and cultivation and its driving factors in parts of China during the last three centuries[J]. Progress in Natural Science, 2003, 13(8): 825-832.]
- [15] 何凡能,李士成,张学珍,等. 中国传统农区过去300年耕地重建结果的对比分析[J]. 地理学报, 2012, 67(9): 1190-1200. [He F N, Li S C, Zhang X Z, et al. Comparisons of reconstructed cropland area from multiple datasets for the traditional cultivated region of China in the last 300 years[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(9): 1190-1200.]
- [16] 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[J]. 地理学报, 2011, 66(11): 1531-1539. [He F N, Li S C, Zhang X Z. The reconstruction of cropland area and its spatial distribution pattern in the mid-Northern Song Dynasty[J]. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(11): 1531-1539.]
- [17] 何凡能,李美娇,刘浩龙. 北宋路域耕地面积重建及时空特征分析[J]. 地理学报, 2016, 71(11): 1967-1978. [He F N, Li M J, Liu H L. Reconstruction of cropland area at Lu scale and its spatial-temporal characteristics in the Northern Song Dynasty[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(11): 1967-1978.]
- [18] 李美娇,何凡能,刘浩龙. 北宋中期路域耕地面积的再估算[J]. 地理研究, 2016, 35(12): 2322-2332. [Li M J, He F N, Liu H L. A



- re-estimation of cropland area at Lu scale in the mid-Northern Song Dynasty[J]. *Geographical Research*, 2016, 35(12): 2322-2332.]
- [19] 李美娇, 何凡能, 杨帆, 等. 元代前期省域耕地面积重建[J]. *地理学报*, 2018, 73(5): 832-842. [Li M J, He F N, Yang F, et al. Reconstruction of cropland area at the provincial level in the early Yuan Dynasty[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(5): 832-842.]
- [20] 杨绪红. 近300年来中国传统农区历史耕地空间格局重建研究[D]. 南京: 南京大学, 2014. [Yang X H. Research on Reconstructing Spatial Distribution of Historical Cropland in China's Traditional Cultivated Region[D]. Nanjing: Nanjing University, 2014.]
- [21] 叶瑜, 方修琦, 任玉玉, 等. 东北地区过去300年耕地覆盖变化[J]. *中国科学D辑: 地球科学*, 2009, 39(3): 340-350. [Ye Y, Fang X Q, Ren Y Y, et al. Cropland cover change in Northeast China during the past 300 years[J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2009, 39(3): 340-350.]
- [22] 李士成, 何凡能, 张学珍. 中国历史时期森林空间格局网格化重建方法研究: 以东北地区为例[J]. *地理学报*, 2014, 69(3): 312-322. [Li S C, He F N, Zhang X Z. An approach of spatially-explicit reconstruction of historical forest in China: A case study in Northeast China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(3): 312-322.]
- [23] 曹雪, 金晓斌, 王金朔, 等. 近300年中国耕地数据集重建与耕地变化分析[J]. *地理学报*, 2014, 69(7): 896-906. [Cao X, Jin X B, Wang J S, et al. Reconstruction and change analysis of cropland data of China in recent 300 years[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(7): 896-906.]
- [24] 龙瀛, 金晓斌, 李苗裔, 等. 利用约束性CA重建历史时期耕地空间格局: 以江苏省为例[J]. *地理研究*, 2014, 33(12): 2239-2250. [Long Y, Jin X B, Li M Y, et al. A constrained cellular automata model for reconstructing historical arable land in Jiangsu Province[J]. *Geographical Research*, 2014, 33(12): 2239-2250.]
- [25] 潘倩, 金晓斌, 周寅康. 清代中期江苏省土地利用格局网格化重建[J]. *地理学报*, 2015, 70(19): 1449-1462. [Pan Q, Jin X B, Zhou Y K. Gridding reconstruction of land use pattern in Jiangsu Province in the mid-Qing Dynasty[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(19): 1449-1462.]
- [26] Wei X Q, Ye Y, Zhang Q, et al. Methods for cropland reconstruction based on gazetteers in the Qing Dynasty (1644-1911): A case study in Zhili Province, China[J]. *Applied Geography*, 2015, 65: 82-92.
- [27] Ye Y, Wei X Q, Li F, et al. Reconstruction of cropland cover changes in the Shandong Province over the past 300 years[J]. *Scientific Reports*, 2015, DOI: 10.1038/srep13642.
- [28] Ye Y, Wei X Q, Fang X Q, et al. Social vulnerability assessment by mapping population density and pressure on cropland in Shandong Province in China during the 17th-20th century[J]. *Sustainability*, 2017, 9(7): 1171-1185.
- [29] 罗静, 张懿铨, 刘峰贵, 等. 青藏高原东北部河湟谷地1726年耕地格局重建[J]. *地理研究*, 2014, 33(7): 1285-1296. [Luo J, Zhang Y L, Liu F G, et al. Reconstruction of cropland spatial patterns for 1726 on Yellow River-Huangshui River Valley in north-east Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Geographical Research*, 2014, 33(7): 1285-1296.]
- [30] 李士成, 张懿铨, 何凡能. 过去百年青海和西藏耕地空间格局重建及其时空变化[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(2): 197-206. [Li S C, Zhang Y L, He F N. Reconstruction of cropland distribution in Qinghai and Tibet for the past one hundred years and its spatio-temporal changes[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(2): 197-206.]
- [31] 王宇坤, 陶娟平, 刘峰贵, 等. 西藏雅鲁藏布江中游河谷地区1830年耕地格局重建[J]. *地理研究*, 2015, 34(12): 2355-2367. [Wang Y K, Tao J P, Liu F G, et al. Reconstruction of cropland spatial pattern in 1830 in the middle reaches of Yarlung Zangbo River Valley[J]. *Geographical Research*, 2015, 34(12): 2355-2367.]
- [32] 吴致蕾, 刘峰贵, 陈琼, 等. 公元733年河湟谷地耕地分布格局重建[J]. *资源科学*, 2017, 39(2): 252-262. [Wu Z L, Liu F G, Chen Q, et al. Reconstruction of cropland spatial patterns in 733 AD in the Yellow River-Huangshui River Valley[J]. *Resources Science*, 2017, 39(2): 252-262.]
- [33] 汪桂生, 王学强, 颜耀文, 等. 明代以前黑河流域耕地面积重建[J]. *资源科学*, 2013, 35(2): 362-369. [Wang G S, Wang X Q, Xie Y W, et al. Data reconstruction of Heihe River Basin cultivated land area prior to the Ming Dynasty[J]. *Resources Science*, 2013, 35(2): 362-369.]
- [34] 颜耀文, 姜海兰, 王学强, 等. 1963-2012年黑河下游额济纳绿洲的时空变化[J]. *干旱区地理*, 2014, 37(4): 786-792. [Xie Y W, Jiang H L, Wang X Q, et al. Spatial-temporal changes of oases in Ejin Banner of the Heihe River Basin from 1963 to 2012[J]. *Arid Land Geography*, 2014, 37(4): 786-792.]
- [35] 陈曦. 中国干旱区土地利用与土地覆被变化[M]. 北京: 科学出版社, 2008. [Chen X. Land Use/Cover Change in Arid Areas in China[M]. Beijing: Science Press, 2008.]
- [36] 颜耀文, 陈发虎. 干旱区土地利用/土地覆盖变化与全球环境变化[J]. *地域研究与开发*, 2002, 21(2): 22-26. [Xie Y W, Chen F H. The land use/land cover change in arid region and the global environment change[J]. *Areal Research and Development*, 2002, 21(2): 22-26.]
- [37] 张莉. 清至民国时期天山北麓土地开发与环境变迁研究[D]. 北京: 北京大学, 2005. [Zhang L. The Study on Land Development and Environmental Change in the North Foot of Tianshan Mountain from Qing Dynasty to Republic of China[D]. Beijing: Peking University, 2005.]
- [38] 杨越. 清代奇台-济木萨地区的农业开发及其环境影响[D]. 西安: 陕西师范大学, 2012. [Yang Y. The Agricultural Develop-

- ment and Environmental Change of Qitai-Jimisar Region in Qing Dynasty[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2012.]
- [39] 王树柅. 新疆图志[M]. 上海: 上海古籍出版社, 2015. [Wang S N. The Local Chronicles of Xinjiang[M]. Shanghai: Shanghai Ancient Books Publishing House, 2015.]
- [40] 余凌云. 以经济建设求新疆永久和平[J]. 天山月刊, 1947, (1): 9-21. [Yu L Y. Seek lasting peace in Xinjiang through economic development[J]. Tianshan Monthly, 1947, (1): 9-21.]
- [41] Zhang X Z, He F N, Li S C. Reconstructed cropland in the mid-eleventh century in the traditional agricultural area of China: Implications of comparisons among datasets[J]. *Regional Environmental Change*, 2013, 13: 969-977.
- [42] Li Y K, Ye Y, Zhang C P, et al. A spatially explicit reconstruction of cropland based on expansion of polders in the Dongting Plain in China during 1750-1985[J]. *Regional Environmental Change*, 2019, 19: 2507-2519.

## Reconstruction of cropland spatial patterns of the Manas River Basin of Xinjiang in the late Qing and Republican period

ZHANG Li, LIU Jianjie

(Northwest Institute of Historical Environment and Social-Economic Development, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

**Abstract:** Many studies have shown that land use and land cover change (LUCC) has played a key role in regional and global environmental change. It is important to have a historical LUCC database, especially high-resolution land cover database, to simulate the influence of LUCC on the climate and ecosystem. There exist several important historical databases of the global environment, but the accuracy of regional data should be reexamined. In this study, we extracted the archival data that are related to the cropland area in 1909 and 1944 for the Manas River Basin in Xinjiang. These data were subsequently revised and calibrated to estimate historical cropland areas. We reconstructed cropland change of the basin in the late Qing and Republican period. We divided the study area into  $1\text{ km} \times 1\text{ km}$  grids and allocated cropland area to these grids and built a high resolution dataset (at a  $1\text{ km} \times 1\text{ km}$  resolution). We analyzed the spatiotemporal variation characteristics of cropland, and reached the following conclusions: The cropland area of the Manas River Basin in 1909 was about  $140.5\text{ km}^2$ , and in 1944 it was about  $241.7\text{ km}^2$ . The cropland area average annual increase rate was about  $2.9\text{ km}^2$  from 1909 to 1944. Limited by the natural environment and water resources, the cropland was mainly distributed on the plains in the middle and lower reaches of the river. The cropland covered about 19.9% of the Manas River Basin. The mean cropland fraction of the Manas River Basin in 1909 was about 0.2% and in 1944 it was about 0.4%. The maximum cropland fraction in 1909 was about 6.4% and in 1944 it was about 11.0%. Compared with HYDE3.2 (cropland 1910 AD and cropland 1940 AD), the cropland area from HYDE is higher than the reconstruction results.

**Key words:** historical land use; spatial pattern of cropland; grid-level reconstruction; Manas River Basin; late Qing and Republican period