

网络出版时间:2013-07-18 16:03

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130718.1603.026.html>

2 种常用的全球土地利用/覆被历史数据集 在中国区域的精度评价

赵凌美^{1,2}, 张时煌¹

(1 中国科学院 地理科学与资源研究所 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101;

2 中国科学院大学, 北京 100049)

[摘要] **【目的】**分析全球土地利用/覆被历史数据集在中国区域的精度。**【方法】**分别搜集耕地、草地的统计资料和空间数据以及林地的统计资料,采用升尺度方法对耕地和草地的空间数据进行处理,分析全球土地利用/覆被历史数据集 SAGE 和 HYDE 3.1 与我国统计资料中耕地、林地和草地面积的差异。**【结果】**SAGE 数据集中耕地、草地和林地面积与我国统计数据相差较大, HYDE 3.1 数据集中耕地和草地面积与我国统计数据虽然相近,但其反映的耕地和草地面积变化趋势以及空间分布与我国实际情况存在较大差距。**【结论】**鉴于全球土地利用/覆被历史数据集 SAGE 和 HYDE 3.1 在我国的精度较低,因此有必要依据国内的历史统计资料,重建一套适用于中国的高精度土地利用数据集,以服务于我国气候变化研究。

[关键词] 全球土地利用/覆被历史数据集;耕地;林地;草地;中国

[中图分类号] S159

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)08-0133-08

The accuracy evaluation of two common global historical land use/cover datasets in China

ZHAO Ling-mei^{1,2}, ZHANG Shi-huang¹

(1 Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China;

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

Abstract: **【Objective】** The aim of this research was to analyze the accuracy of global historical land use/cover datasets in China. **【Method】** Based on collected crop, pasture and forest statistical and spatial data during 1900—2000 and spatial up-scaling method, the accuracy of SAGE and HYDE 3.1 global historical land use/cover historical dataset was compared. **【Result】** Crop, pasture and forest areas derived from SAGE dataset were largely different from domestic data. Although crop and pasture areas derived from HYDE 3.1 dataset were more accurate than SAGE dataset, the spatial distribution of crop and pasture land was largely different from 1 km land use map of China. **【Conclusion】** Producing higher resolution historical land use/cover datasets using domestic data is necessary for climate change study in China.

Key words: the global historical land use/cover dataset; crop land; forest land; grassland; China

近年来,由于极端天气频发、物种灭绝速度加 快,引发了人类对气候变化、环境变化、物种多样性

* [收稿日期] 2012-10-25

[基金项目] 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05110202)

[作者简介] 赵凌美(1987—),女,河北石家庄人,在读硕士,主要从事土地利用/覆被变化研究。E-mail: zmlingmei@126.com

[通信作者] 张时煌(1962—),男,江西南昌人,副研究员,主要从事气候变化与生态学研究。E-mail: zhangsh@igsrr.ac.cn

等问题的研究。作为一种长期的积累效应,历史时期的土地利用/覆被变化与全球性气候问题之间有密切联系。地表覆被状况一方面通过改变地表反射率影响大气的热力学循环;另一方面,其通过改变温室气体的排放量来影响大气中温室气体的含量^[1]。土地利用/覆被历史变化作为影响陆面过程与大气边界层相互作用的重要因素,自 20 世纪 70 年代以来,在陆面模式研究中备受重视。由早期简单的“Bucket”模式,逐渐发展到能够全面描述土壤-植被-大气相互作用的综合模式^[2]。目前,美国国家大气研究中心(NCAR)提出的公用陆面模式(Community Land Model, CLM) 3.0, 可以利用动力植被模式和地表径流模式对不同植被以及各类冠层进行定性定量分析,用其可以找到适合中国(尤其是气候敏感带)的生态群落和适宜区域^[3],为我国气候与环境变化研究提供科学依据。

将不同历史时期土地利用数据集作为气候模式的下垫面数据,其精度直接影响气候变化的模拟及预测结果的精度。1911 年之前,我国的土地利用/覆被历史资料主要参考官修政书、地方志以及前人的一些论著^[4-5];1911—1949 年,则主要来自国民政府相关部门与金陵大学经济系的统计数据^[4];1949 年至 20 世纪 80 年代中期,我国土地利用/覆被统计资料主要来自于国家统计局,其中 1965—1980 年的耕地统计数据,专家普遍认为较低,封志明等^[6]利用人口-粮食的回归关系校正了该时期的耕地数据。1978 年,由国家科学技术委员会、中国科学院、农业部和林业部联合召开会议,正式确定了编制我国土地利用图的任务,1989 年出版了我国第 1 幅“中国 1:100 万土地利用图”。进入 20 世纪 80 年代,随着遥感技术的发展,利用遥感影像解译得到土地利用图的方式逐渐兴起^[7-8]。20 世纪 80 年代中期至今,我国的统计资料主要有 2 个来源——国家统计局和国土资源部,其中国家统计局的统计年鉴数据精度较低但年限较长,国土资源部的变更调查数据精度高但年限较短^[9]。另外,针对 20 世纪 80 年代之前没有土地利用空间资料这一问题,许多学者对统计数据的空间变化进行了研究^[6,9-11]。

在全球性研究计划的推动下,国外已建立了许多全球及区域尺度上的土地利用/覆被数据集,其中以威斯康星大学全球环境和可持续发展中心(Center for Sustainability and the Global Environment, SAGE)的“全球土地利用数据集”(Global Land Use Database, 以下简称“SAGE 数据集”)^[12]和荷兰环境

评价局的(Netherlands Environment Assessment Agency)的“全球历史环境数据集”(Historical Database of the Global Environment, 以下简称“HYDE 数据集”)^[13]最具代表性。SAGE 数据集已广泛应用于全球气候模拟、全球碳循环模拟以及区域事务安全分析等领域^[14-15]。政府间气候变化委员会(IPCC)第 5 次评价报告中则采用 HYDE 数据集作为下垫面数据预测了未来气候的变化。

在重建资料评估方面,李蓓蓓等^[16]利用东北地区耕地统计资料的空间重建数据,对比说明了全球土地利用数据集在东北地区的精度较差;冉有华等^[17]对 2000 年 4 种全球 1 km 土地覆被空间数据在中国区域的精度进行了比较,数据精度最高只有 60%;葛全胜等^[18]认为,全球土地利用数据集在制作过程中有较多的假设,主观性较强,并且许多数据都是由人口、消费等社会经济数据间接推导而来,直接证据较少。目前我国在区域尺度的耕地资料对比已有成果可参考,但在全国尺度针对多种土地利用类型的评价资料较少。因此,在总结前人研究的基础上,本研究利用 1900—2000 年耕地、草地和林地的统计数据以及可搜集到的 20 世纪 80 年代末的土地利用图,评估了土地覆被历史数据集 SAGE 和 HYDE 3.1 在中国区域的精度;增加了林地和草地的评估结果,并对统计数值较为接近的年限,结合空间资料进行了进一步的对比,验证了全球数据集与我国土地利用图在空间分布上的差异,旨在分析有无必要利用国内统计资料和空间资料建立一套较高精度的土地利用/覆被历史数据集。

2 数据来源与研究方法

2.1 全球土地利用/覆被历史数据集简介

采用数据融合的方法,利用全球土地覆被统计资料将 SAGE 数据集中的土地利用数据由 1992 年回推到 1700 年(表 1)^[19]。本研究选取 SAGE 数据集中 1900—1992 年耕地、林地、草地 3 种土地利用类型进行分析。

HYDE 2.0 数据集包括 1900—2000 年的历史土地利用数据;与 HYDE 2.0 相比,2006 年发布的 HYDE 3.0 空间分辨率有所提高并将数据集年限进行了扩展。HYDE 3.1 数据集的空间分辨率与 HYDE 3.0 保持一致,但其在涵盖年限方面较 HYDE 3.0 数据集有较大扩展^[5](表 1),因此本研究利用 HYDE 3.1 数据集进行分析。

表 1 全球土地利用/覆被历史数据集的基本特征

Table 1 Global historical land cover datasets

数据集名称 Name	版本号 Version	时间跨度 Time span	空间分辨率 Spatial Resolution	土地利用类型 Land use types	时间分辨率/年 Time Resolution
SAGE	—	1700—1992	0.5°×0.5°	耕地、林地、草地、灌木林地、 其他未利用地 Crop, forest, pasture, shrub, other	10
HYDE	2.0	1900—2000	0.5°×0.5°	耕地、草地 Crop, pasture	10
	3.0	1700—2000	5′×5′	耕地、草地 Crop, pasture	10
	3.1	公元前 10000 年—2000 年 10000 BC—2000	5′×5′	耕地、草地 Crop, pasture	10

2.2 国内主要土地利用类型统计资料的来源

国内主要土地利用类型统计资料的来源见表 1~表 3。

的统计资料和空间资料见表 2。建国前有关耕地面积的统计资料较少,统计资料的来源比较单一,建国之后有关耕地面积的统计资料来源较多。

2.2.1 耕地资料 本研究搜集到的有关耕地面积

表 2 我国主要耕地面积统计资料与空间数据的来源及基本特征

Table 2 Crop area data sources and characters

名称 Name	年份 Year	尺度 Spatial scale
全国耕地调查资料 ^[4] National crop statistics	1913, 1933	全国 Global
中国历代人口变迁之研究 ^[4] Change of ancient Chinese population	1910	全国 Global
中国农田统计 ^[18] Farmland statistics of China	1914	全国 Global
中国农业概况估计 ^[4] Estimated Chinese agricultural overview	1927	全国 Global
《申报年鉴》 ^[4] Reporting yearbook	1934	全国 Global
中国土地利用统计资料 ^[4] Chinese land-use statistics	1935	全国 Global
《中华年鉴》上册 ^[20] China yearbook (I)	1947	全国 Global
《中国畜牧业统计(1949—1989 年)》 ^[21] Chinese animal husbandry statistics (1949—1989)	1949—1989	全国及各省 Global and province
《中国国土资源数据集》 ^[22] Chinese land and resources datasets	20 世纪 80 年代 1980s	全国及各省 Global and province
《中国自然资源手册》 ^[23] Chinese natural resources manual book	1949—1989	全国 Global
文献资料 ^[4,6,18] Reference material	1949—2003	全国 Global
全国 1 km 土地利用图 ^[7] National 1 km land use map	1990, 2000	全国 Global

表 3 我国主要林地统计资料的来源及特征

Table 3 Forest data sources and characters

名称 Name	年份 Year	范围 Spatial Cover
第 3 次申报年鉴 ^[5] Third reported Yearbook	1934	全国 Global
文献 ^[5] Reference material	1947	全国 Global
《中国森林的变迁》 ^[24] The changes of forest distribution in China	1948	全国 Global
《中国森林资源研究》 ^[25] Research on forest resources in China	1957	全国 Global
全国森林资源清查数据 ^[23] National forest inventory data	1950—1962	全国 Global
《中国森林资源研究》 ^[25] Research on forest resources in China	1963, 1971—1976	全国 Global
《中国林业统计年鉴》(1949—1986 年) ^[26] Chinese forestry yearbook (1949—1986)	1973 年开始的 6 次清查数据 Six times forest inventory data	全国及各省 Global and province

1949—1973 年,各资料中有关耕地面积的统计

数据与对应年限基本保持一致;1974—1989 年《中

国畜牧业统计(1949—1989 年)》^[21]中有关耕地面积的

统计数据与封志明等^[6]统计的存在较大误差,这

是由于 1974—1989 年《中国畜牧业统计(1949—1989 年)》来源于国家统计局,国内学者普遍认为该时段的统计数据比我国实际情况偏低^[6],而封志明等^[6]采用人口-粮食的回归关系对该时段耕地的统计数据进行了校正,校正后的耕地面积变化趋势与我国重大历史事件以及政策变化符合较好,因此本研究采用封志明等统计的 1974—1989 年耕地面积数据进行分析。

2.2.2 林地资料 建国前有关林地面积的统计资料较少;建国后的林地面积统计数据,来源于国家林业局 6 次全国森林资源清查数据,分别代表 20 世纪 70 年代中期和末期、80 年代中期、90 年代初期和中期、20 世纪初期我国的森林资源情况。林地面积统计资料的时间范围为 1934—2003 年(表 3)。

2.2.3 草地资料 本研究中草地面积统计数据主要来源于 1979—2000 年统计资料、野外调查资料以及遥感图像资料^[7,27-28](表 4)。

表 4 我国主要草地统计资料和空间数据的来源及特征	
Table 4 Grassland data sources and characters	
年份 Year	来源 Data sources
1979—1989	《中国草地资源数据》 ^[29] Chinese grassland resources datasets
1979—1989	《中国畜牧业统计(1949—1989)》 ^[21] Chinese animal husbandry statistic (1949—1989)
1990,1995,2000	刘纪远等 ^[7] Liu Ji-yuan,et al
1995,1996,2000	邹亚荣等 ^[28] Zou Ya-rong,et al
1990,2000	全国 1 km 土地利用图 ^[7] National 1 km land use map

我国森林资源每 5 年调查 1 次,耕地资源每年监测 1 次,并公布调查结果,而我国草原近 20 年来未做调查^[30],客观条件的限制使得我国草地统计数据十分有限。

2.3 空间数据的升尺度处理

由于数据集 HYDE 3.1、SAGE 和全国 1 km 土地利用栅格图(分辨率为 1 km)的空间分辨率彼此不同(表 1),本研究利用分区统计法对上述 3 套空间数据进行升尺度处理,将空间分辨率统一为 0.5°×0.5°,将面积数据转换为成分数据。分区统计法是指统计目标区域中某种土地利用类型分布的总面积。本研究采用分区统计方法的数学原理如下:

$$S_A = S_0 \times (p_1 + p_2 + \cdots + p_i + \cdots + p_n) =$$
$$\frac{S_0 \times n \times (p_1 + p_2 + \cdots + p_i + \cdots + p_n)}{n} = S \times \bar{p}。$$

(1)

式中: S_A 表示统计网格中某类型的总面积, S_0 表示某种原始网格的面积, S 表示统计网格的面积, n 表示每个统计网格中包含的原始网格总数, p_i 表示第 i 个统计网格($i>1$ 且 $i\in Z$)所占面积的百分比值, $\bar{p}$ 表示目标区域的每个原始格网中某种土地利用类型所占面积百分比的平均值。

3 结果与分析

3.1 不同土地利用/覆被历史数据集中耕地面积的比较

由图 1 可见,在 SAGE 数据集中,在 100 年的时间尺度上,耕地面积前 50 年逐渐增加,后 50 年逐渐减少,与我国统计的耕地面积变化趋势差距较大。此外,在相同年份下,SAGE 数据集中的耕地面积远高于 HYDE 3.1 数据集和我国统计的耕地面积。整体来看,虽然 HYDE 3.1 数据集中的耕地面积与我国统计的耕地面积变化趋势有差异,但部分年限数值较为接近。

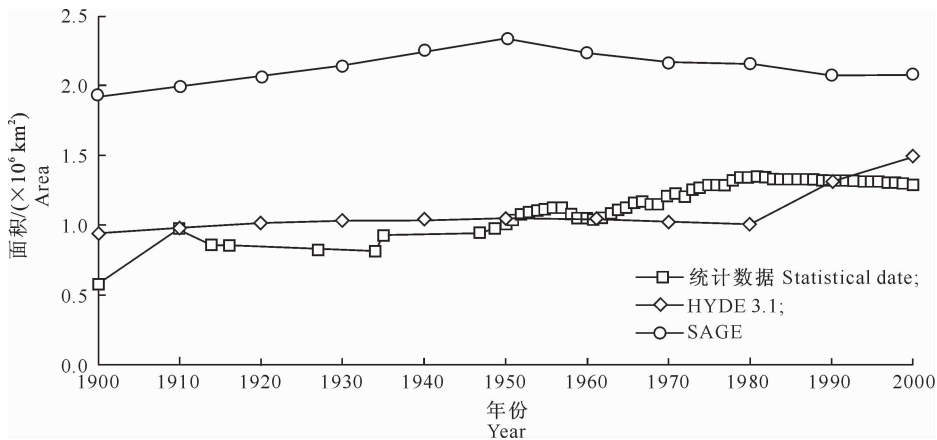


图 1 1900—2000 年我国耕地面积统计数据与全球土地利用/覆被数据集中耕地面积的比较

Fig. 1 Comparison of crop areas based on statistical data and global historical land cover datasets during 1900—2000

为了比较 HYDE 3.1 数据集与我国耕地面积在空间分布上是否存在显著差异,选取 1990 和 2000 年 HYDE 3.1 数据集与全国 1 km 土地利用图耕地数据^[4]进行分析。对比之前,为统一 2 套数据

的格网大小,利用升尺度方法分别对 2 套数据进行了处理,将格网大小升为 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$,经过空间校正和配准之后计算 2 幅图的差值,结果见图 2。

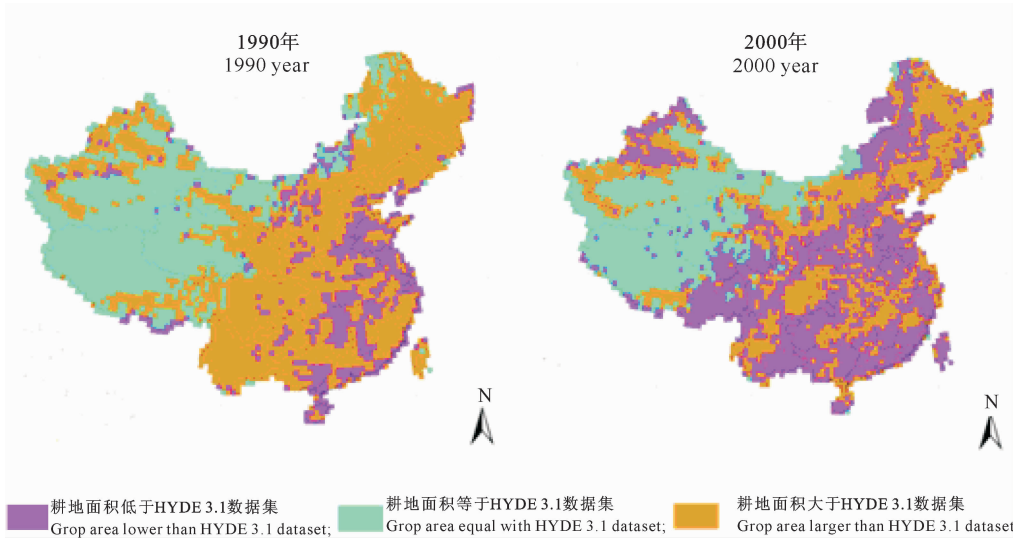


图 2 基于全国 1 km 土地利用图的耕地面积与 HYDE 3.1 数据集中耕地面积的比较

Fig. 2 Comparison of crop areas based on domestic 1 km land use map and HYDE 3.1 dataset

图 2 表明,1990 年,耕地面积低于 HYDE 3.1 数据集的区域(紫色)与耕地面积高于 HYDE 3.1 数据集的区域(黄色)差异不大,说明 HYDE 3.1 数据集中耕地面积与我国统计耕地面积总值相近,与图 1 的结果一致;耕地面积等于 HYDE 3.1 数据集的区域多分布在我国的西北地区。与 1990 年相比,2000 年黄色区域面积减少而紫色区域面积增加,说明我国统计的耕地面积小于 HYDE 3.1 数据集,与

图 1 一致。

3.2 不同土地利用/覆被历史数据集中林地面积的比较

由于 SAGE 数据集未提供林地空间分布数据, HYDE 3.1 数据集中无林地类型(表 1),故仅对 SAGE 数据集与我国林地面积统计数据进行比较,结果见图 3。

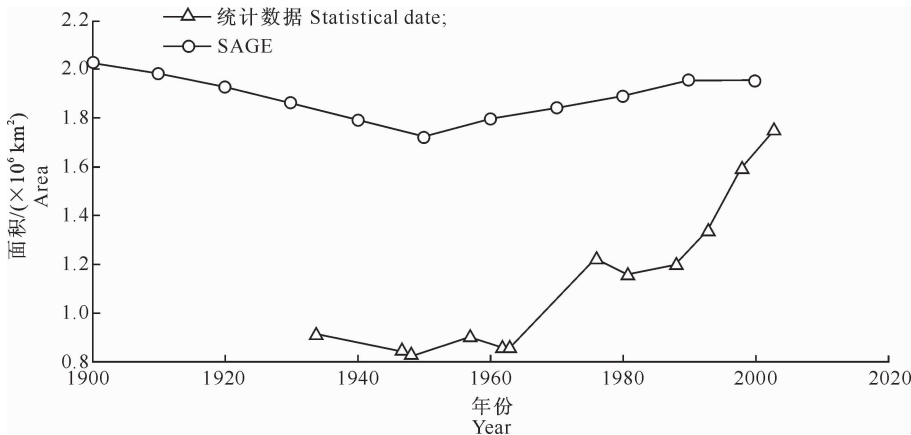


图 3 1900—2000 年我国林地面积统计数据与 SAGE 数据集中林地面积的比较

Fig. 3 Comparison of forest areas based on statistical data and global historical land cover datasets during 1900—2000

SAGE 数据集中,林地面积在 1900—1950 年递减,而在 1950—2000 年递增,且远高于我国实际统计的林地面积(图 3)。1934—1993 年,SAGE 数据集中的林地面积较我国统计资料高 $(61\sim 95)\times 10^6 \text{ hm}^2$ (表 5)。

表 5 SAGE 数据集中林地面积较我国实际统计资料增加的面积

Table 5 Increased forest areas of SAGE dataset compared with statistical data								$\times 10^6 \text{ hm}^2$
年份 Year	1934	1947	1957	1962	1976	1981	1988	1993
增加面积 Increased area	93	90	87	95	65	74	75	61

3.3 不同土地利用/覆被历史数据集中草地面积的比较

1970—2000 年,SAGE 数据集中的草地面积明显较低并呈缓慢下降的趋势,与我国草地面积统计

数据差异较大。HYDE 3.1 数据集中的草地面积在 1970—1990 年呈上升趋势,1990—2000 年基本保持不变。1990 年前后,HYDE 3.1 数据集中的草地面积与我国统计资料基本一致(图 4)。

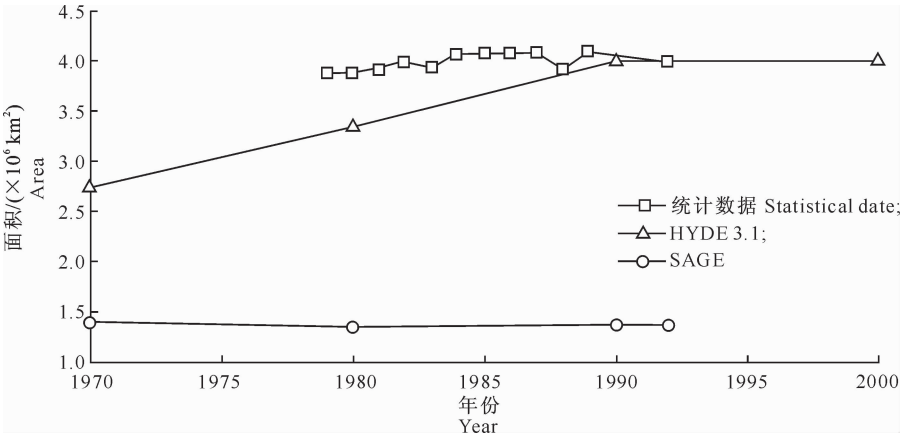


图 4 1970—2000 年我国草地面积统计数据与全球土地利用/覆被历史数据集中草地面积的比较

Fig. 4 Comparison of grass areas based on statistical data and global historical land cover datasets during 1970—2000

针对草地面积统计数据与 HYDE 3.1 数据集中较为接近的 1990 和 2000 年,利用全国 1 km 土地利用图^[7]与 HYDE 3.1 数据集中的草地面积数据进行空间对比。经过升尺度及空间校正处理,计算 2 幅图像的差值,结果见图 5。

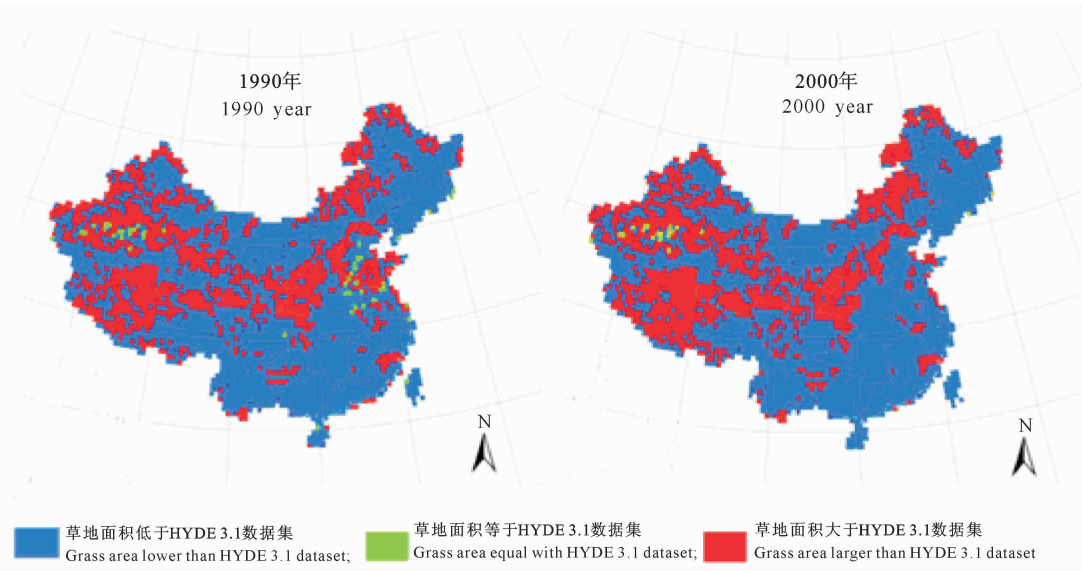


图 5 基于全国 1 km 土地利用图的草地面积与 HYDE 3.1 数据集中草地面积的比较

Fig. 5 Comparison of grass areas based on domestic 1 km land use map and HYDE 3.1 dataset

由图 5 可知,1990 年,全国 1 km 土地利用图与 HYDE 3.1 数据集中的草地面积在全国大部分范围不一致,仅在新疆和京津冀地区有小部分区域保持一致。与 1990 年相比,2000 年草地面积一致的地

区更少,仅在新疆地区有少量分布。表明虽然 1900 和 2000 年 HYDE 3.1 数据集中草地面积与我国统计数据接近,但在空间分布上差异较大。

4 结论与讨论

我国在 1980 年之前,无全国范围的土地利用图、无空间重建资料可供参考,因此本研究仅利用统计数据与数据集 SAGE 和 HYDE 3.1 进行了对比;1980 年之后,本研究采取将统计资料与空间资料相结合的方式,对耕地和草地空间分布进行了分析。结果表明,SAGE 数据集中耕地、林地和草地面积与我国数据相差较大。HYDE 3.1 数据集中耕地和草地面积与我国统计数据虽然较为接近,但其反映的变化趋势以及空间分布与我国实际情况存在较大差异。造成这种差异的主要原因有以下几点:第一,重建全球土地利用/覆被数据集时,考虑的影响因子不够全面。如在 HYDE 3.1 数据集中,在进行农作物资料重建时主要考虑了人口、距水体的距离、土壤适宜性、坡度、农作物的适宜温度等因子的影响,而对区域人均耕地数量、降水、海拔等影响耕地面积总量及其分布的因素考虑较少^[10-11,31]。第二,回溯所依据的基础土地利用图精度较低。SAGE 数据集使用了 IGBP 的 Discover 数据建立了全球耕地图,评估结果表明其精度仅为 66.9%^[16];HYDE 3.1 数据集中的耕地数据是建立在 Discover 和 GLC2000 2 种遥感数据的基础上,GLC2000 数据的精度也仅为 68.6%。第三,我国耕地、林地和草地面积的统计资料和空间数据在某些年限可能存在误差。

此外,关于我国土地利用统计资料重建方法的研究多集中于耕地这一种类型,对于林地、草地统计资料的重建方法研究较少;人们对于历史统计资料的整理也多集中于耕地类型,而对于林地和草地的历史资料整理较少,故其统计数据不够完善。目前,我国没有全国范围的统计资料重建数据,重建研究仅集中在局部区域。气候、环境模型需要的下垫面数据是具有地理属性的面积或者成分数据,仅有统计数据无法满足模型需求,需要在已有基础上,加强林地和草地的历史资料收集工作,建立完备的统计资料库。在完备统计资料的基础上,进一步加强林地和草地 2 种类型的重建方法研究以及全国范围的土地利用统计资料重建研究,制备中国区域的高精度土地利用重建资料,从而服务于我国的气候和环境变化研究。

[参考文献]

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际动向研究 [J]. 地理学报,1996,51(6):554-558.
Li X B. A review of the international researches on land use/land cover changes [J]. Acta Geographica Sinica,1996,51(6):554-558. (in Chinese)
- [2] Henderson-Sellers A, Yang Z-L, Dickinson R E. The project for intercomparison of land-surface parameterization schemes [J]. Bull Amer Meteor Soc,1993,74(7):1335-1349.
- [3] 杜川利,刘晓东. 公用陆面模式 (Community Land Model 3.0) 简介 [J]. 陕西气象,2005(6):13-14.
Du C L, Liu X D. Community land model 3.0 introduction [J]. Journal of Shaanxi Meteorology,2005(6):13-14. (in Chinese)
- [4] 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(8):825-832.
Ge Q S, Dai J H, He F N, et al. Cultivated land changes and driving force analysis over the past 300 in China [J]. Progress in Natural Science,2003(8):825-832. (in Chinese)
- [5] 何凡能,葛全胜,戴君虎,等. 近 300 年来中国森林的变迁 [J]. 地理学报,2007,62(1):31-40.
He F N, Ge Q S, Dai J H, et al. Quantitative analysis on forest dynamics of China in recent 300 years [J]. Acta Geographica Sinica,2007,62(1):31-40. (in Chinese)
- [6] 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 [J]. 自然资源学报,2005,20(1):36-43.
Feng Z M, Liu B Q, Yang Y Z. A study of the changing trend of Chinese cultivated land amount and data reconstructing:1949—2003 [J]. Journal of Natural Resources,2005,20(1):36-43. (in Chinese)
- [7] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. 地理研究,2003,22(1):1-12.
Liu J Y, Zhang Z X, Zhuang D F, et al. A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s [J]. Geographical Research,2003,22(1):1-12. (in Chinese)
- [8] 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):30-36.
Tian G J, Zhuang D F, Liu M L. The spatial-temporal dynamic change of cultivated land in China in 1990s [J]. Advance In Earth Sciences,2003,18(1):30-36. (in Chinese)
- [9] Dai J H, Ge Q S, Zhang X X. Land use/land cover change in east China and its effects on carbon cycle of terrestrial ecosystems in the last 20 years [J]. Proceeding of SPIE,2003,2(1):110-118.
- [10] 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):1532-1539.
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):1532-1539. (in Chinese)
- [11] 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 dorbod mongolian autonomous county in daqing city as an example [J]. *Acta Geographica Sinica*,2007,62(4):427-436. (in Chinese)
- [12] Ramankutty N,Foly J A. Estimating historical changes in global land cover croplands from 1700 to 1992 [J]. *Globe Biogeochem Cycle*,1999,13:997-1027.
- [13] Goldewijk K K,Drecht G V. HYDE 3: Current and historical population and land cover [M]//Bouwman A F,Kram T,Goldewijk K K. Integrated modelling of global environmental change: An overview of IMAGE 2. 4. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP),2006.
- [14] Brovkin V,Ganopolski A,Claussen M,et al. Modeling climate response to historical land cover change [J]. *Global Ecology and Biogeography*,1999,8(6):509-517.
- [15] McGuire A D,Sitch S,Clein J S,et al. Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: Analyses of CO₂, climate and land-use effects with four process-based ecosystem models [J]. *Global Biogeochemical Cycles*,2001,15:183-206.
- [16] 李蓓蓓,方修琦,叶瑜,等. 全球土地利用数据集精度的区域评估:以中国东北地区为例 [J]. *中国科学 D 辑:地球科学*,2010,40(8):1048-1059.
- Li B B,Fang X Q,Ye Y,et al. Assessment of global historical cropland datasets based on regional reconstructed historical data: A case study in Northeast China [J]. *Sci China: Earth Sci*,2010,40(8):1048-1059. (in Chinese)
- [17] 冉有华,李新,卢玲. 四种常用的全球 1 km 土地覆盖数据中国区域的精度评价 [J]. *冰川冻土*,2009,31(3):491-500.
- Ran Y H,Li X,Lu L. Accuracy evaluation of the four remote sensing based land cover products over China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*,2009,31(3):491-500.
- [18] 葛全胜,戴君虎,何凡能,等. 过去 300 年中国土地利用、土地覆被变化与碳循环研究 [J]. *中国科学 D 辑:地球科学*,2008,38(2):197-210.
- Ge Q S,Dai J H,He F N,et al. Study on the relationship between China land use and land cover change and carbon cycle in the past 300 years [J]. *Sci China: Earth Sci*,2008,38(2):197-210. (in Chinese)
- [19] Lee Huey-Lin,Hertel Thomas,Sohgen Brent,et al. Towards an integrated land use data base assessing the potential for greenhouse gas Mitigation. Purdue:Purdue University,2005.
- [20] 中华年鉴:上册 [M]. 南京:中华年鉴社,1948:91-92.
- The China year book: I [M]. Nanjing:China Year Book Publishing House,1948:91-92. (in Chinese)
- [21] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司. 中国畜牧业统计:1949—1989 [M]. 北京:中国经济出版社,1990:1-3,106-127.
- Secretary of Animal Husbandry, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Chinese animal husbandry statistics,1949—1989 [M]. Beijing:China Economic Publish House,1990:1-3,106-127. (in Chinese)
- [22] 中国科学院-国家计划委员会自然资源综合考察委员会. 中国国土资源数据集:第一卷 [M]. 北京:中国科学院国家计划委员会,1989:21-22.
- Commission for Integrated Survey of Natural Resources,Chinese Academy of Sciences and State Planning Commission. Chinese land and resources datasets: The first volume [M]. Beijing:State Planning Commission,Chinese Academy of Sciences,1989:21-22. (in Chinese)
- [23] 中国科学院-国家计划委员会自然资源综合考察委员会. 中国自然资源手册 [M]. 北京:科学出版社,1990:21-34.
- Commission for Integrated Survey of Natural Resources,Chinese Academy of Sciences and State Planning Commission. Chinese natural resources manual book [M]. Beijing:Science Press,1990:21-34. (in Chinese)
- [24] 马忠良,宋朝枢,张清华. 中国森林的变迁 [M]. 北京:中国林业出版社,1997:12-60.
- Ma Z L,Song C S,Zhang Q H. The changes of forest distribution in China [M]. Beijing:China Forestry Publishing House,1997:12-60. (in Chinese)
- [25] 李文华,李飞. 中国森林资源研究 [M]. 北京:中国林业出版社,1996:13-14.
- Li W H,Li F. Research on forest resources in China [M]. Beijing:China Forestry Publish House,1996:13-14. (in Chinese)
- [26] 中国林业年鉴编辑部. 中国林业统计年鉴:1949—1986 [M]. 北京:中国林业出版社,1987:393-471.
- Editorial Board of Chinese Forestry Yearbook. Chinese forestry yearbook:1949—1986 [M]. Beijing:China Forestry Publishing House,1987:393-471. (in Chinese)
- [27] 苏大学,刘建华,钟华平,等. 中国草地资源第二次遥感调查研究 [C]//现代草业科学进展. 中国国际草业发展大会暨中国草原学会第六届代表大会论文集. 北京:《中国学术期刊》电子杂志社,2002:281-284.
- Su D X,Liu J H,Zhong H P,et al. The second survey of Chinese grassland resources using remote sensing technology [C]//. Collected Works for the Modern Pratacultural Science Development. China international pratacultura conference development and the sixth congress of Chinese grassland society. Beijing:China Academic Electronic Journal Publish House,2002:281-284. (in Chinese)
- [28] 邹亚荣,张增祥,周全斌,等. 遥感和 GIS 支持下的中国草地动态变化分析 [J]. *资源科学*,2002,24(6):43-47.
- Zou Y R,Zhang Z X,Zhou Q B,et al. Analysis of grassland dynamic in China based on remote sensing and GIS [J]. *Resources Science*,2002,24(6):43-47. (in Chinese)
- [29] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司. 中国草地资源数据 [M]. 北京:中国农业科学技术出版社,1994:10-25.
- Secretary of Animal Husbandry, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Chinese grassland resources datasets [M]. Beijing:China Agricultural Science and Technology Publishing House,1994:10-25. (in Chinese)