

1990—2018 年河湟谷地耕地的时空演变

万方, 邓清海, 刘莉, 李萍, 杨鑫

(山东科技大学 地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要: [目的] 研究河湟谷地的耕地变化, 为研究河湟谷地土地利用现状、农业发展规划、耕地可持续利用和生态环境保护等提供依据, 也为全球耕地变化研究提供参考。[方法] 采用遥感影像处理、空间统计学并结合 ArcGIS 空间分析等方法多角度地对河湟谷地的耕地格局进行分析, 得到 1990—2018 年河湟谷地耕地时空演变规律, 分析了耕地空间变化与海拔、坡度等特殊因子的关系。[结果] 1990—2018 年河湟谷地耕地格局有明显变化, 耕地面积有所增加, 1990—2000 年耕地增长速度比较平稳; 2000 年以后, 耕地开垦速度加快, 向着高坡度地区发展, 出现了更多的坡耕地; 2010 年后耕地继续向着高海拔地区发展, 坡耕地的增加速度有减缓的趋势。[结论] 1990—2018 年河湟谷地的新增耕地向着高海拔、高坡度地区发展, 耕地重心向西北偏移。

关键词: 河湟谷地; 耕地; 时空演变; 遥感解译

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)03-0275-08

中图分类号: F301.21

文献参数: 万方, 邓清海, 刘莉, 等. 1990—2018 年河湟谷地耕地的时空演变[J]. 水土保持通报, 2021, 41(3): 275-282. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20210527.001; Wan Fang, Deng Qinghai, Liu Li, et al. Spatial and temporal evolution of cultivated land in Hehuang Valley during 1990—2018 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(3): 275-282.

Spatial and Temporal Evolution of Cultivated Land in Hehuang Valley During 1990—2018

Wan Fang, Deng Qinghai, Liu Li, Li Ping, Yang Xin

(College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: [Objective] The cultivated land changes in the Hehuang Valley were studied in order to provide a basis for the study of the current situation of land use, agricultural development planning, sustainable utilization of cultivated land, and ecological environmental protection in the Hehuang Valley, and to provide references for the study of global cultivated land changes. [Methods] Remote sensing image processing, spatial statistics, and ArcGIS spatial analysis were used to analyze the pattern of cultivated land in the Hehuang Valley from multiple angles. The spatial-temporal evolution law of cultivated land in the Hehuang Valley from 1990 to 2018 was obtained. The relationship between the spatial change of cultivated land and special factors such as altitude and slope were analyzed. [Results] There was a significant change in the pattern of cultivated land in the Hehuang Valley from 1990 to 2018, and the cultivated land area increased. The growth rate of cultivated land was relatively stable from 1990 to 2000. After 2000, the rate of cultivated land reclamation accelerated, and more sloping cultivated land was developed towards the high slope area. After 2010, the cultivated land continued to develop towards the high altitude areas, and the increased rate of sloping farmland cultivation had a tendency to slow down. [Conclusion] From 1990 to 2018, the newly added cultivated land in the Hehuang Valley was reclaimed towards the high-altitude and high-slope areas, and the center of cultivated land shifted to the northwest.

Keywords: Hehuang Valley; cropland; spatiotemporal evolution; remote sensing interpretation

收稿日期: 2020-10-26

修回日期: 2021-01-22

资助项目: 国家自然科学基金项目“过去 300 年青藏地区土地覆盖变化重建”(41701128)

第一作者: 万方(1995—), 男(汉族), 山东省济宁市人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用变化监测。Email: wanfangworld@163.com。

通讯作者: 邓清海(1976—), 男(汉族), 山东省青岛市人, 博士, 副教授, 主要从事工程水文地质和 GIS 应用研究。Email: dqh2004@163.com。

青藏高原被称为地球的第三极,其土地利用与土地覆被(land use and land cover, LULC)变化不仅影响高原本身的生态环境状况和区域发展,同时也会对区域和全球产生巨大的环境效应^[1]。因此,青藏高原土地利用/覆被变化一直都是全球变化研究的热点之一^[2-3]。耕地是河湟谷地土地利用的主要形式之一,是保障粮食安全、生态安全以及区域发展的关键。耕地变化受人为活动影响最大,其特征和动态是土地利用/覆被变化的核心内容之一,也已经成为全球变化研究的重要组成部分^[4]。青藏高原受高寒和复杂地理环境的限制,耕地资源相对稀少^[5],不到整个高原土地总面积的 1%^[6],且主要分布在河湟谷地、“一江两河”以及川西、藏东和滇西北地区^[7],但其对当地社会经济的发展却具有举足轻重的作用。

河湟谷地位于青藏高原东北缘青海省的东北部,是青藏高原面积最大的农区,也是青海省最重要的农区,总面积为 $3.30 \times 10^4 \text{ km}^2$,仅占青海省面积的 5.18%,却集中了全省 72% 的人口和 73.15% 的耕地^[8]。可以说河湟谷地是青海省乃至整个青藏高原地区粮食安全的有力保障^[9]。而且作为青藏高原地区人口最为密集、经济最发达的地区和最重要的经济增长带,近年来,随着经济和城镇化的快速发展,河湟谷地土地利用发生了显著的变化。以往对于河湟谷地耕地的研究,都是一些大尺度,基于低精度的影像的研究,并且对此地区近年来的耕地变化规律也尚不清楚。因此,本文基于最新的较高分辨率 Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM⁺, Landsat-8 OLI 系列卫星遥感影像和数字高程模型等相关数据,并结合空间统计学等手段,来分析河湟谷地地区近 30 a 耕地的分布特征和时空变化规律,以期为研究区土地利用、农业

发展规划、耕地可持续利用和生态环境保护等提供依据,也为全球耕地变化研究提供典型区域基础。

1 研究区概况

河湟谷地是黄河与湟水流域肥沃的三角地带,位于青藏高原东北部,青海湖以东,经纬度范围为东经 $100^\circ-103^\circ$,北纬 $35^\circ-38^\circ$,是青海省东部的重要农业区,其行政区划由西往东依次为湟水流域的海晏县、湟源县、湟中县、大通县、西宁市、互助县、平安县、乐都县、民和县和黄河流域的贵德县、尖扎县、化隆县、循化县,其面积约为 $3.30 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

河湟谷地位于达坂山和拉脊山之间,是湟水河和黄河冲击形成的河谷地区,地貌类型主要以高山或极高山、洪积—冲积平原、丘陵和台地为主。相较于青藏高原其他地区,其海拔高度相对较低,平均海拔在 2 000~3 000 m 之间,年平均温度在 $5\sim 9^\circ\text{C}$ 之间,年平均降水量在 252~535 mm 之间,气候温和,雨热同期,对农作物生长发育极为有利,是黄河流域人类活动最早的地区之一。河湟谷地种植的主要作物有小麦、薯类、玉米、蚕豆、青稞等作物,作物熟制为一年一熟^[10]。

2 数据来源与分析方法

2.1 数据来源及处理

遥感数据来自 Landsat 系列陆地卫星影像,共 16 景,其中 1990 年和 2010 年的数据来自 Landsat-5 TM, 2000 年的数据来自 Landsat-7 ETM⁺, 2018 年的数据为 Landsat-8 OLI,详细参数见表 1。为保证 4 个时间的数据空间分辨率一致,以便于比较,我们选取多光谱波段,空间分辨率均为 30 m。DEM 数据为 GDEMDEM 30 m 分辨率数字高程模型。

表 1 数据源参数

时间	数据源	数量/景	分辨率/m	影像成像时间
1990 年	Landsat-5 TM	4	30	19890116; 19890125; 19890125; 19900708
2000 年	Landsat-7 ETM ⁺	4	30	20000420; 20010113; 200103031; 20020214
2010 年	Landsat-5 TM	4	30	20100116; 20100316; 20100814; 20100908
2018 年	Landsat-8 OLI	4	30	20180124; 20180407; 20180407; 20180502

对上述 Landsat 遥感数据进行辐射定标、大气校正、镶嵌裁剪等预处理后,采用监督分类中的最大似然分类法对河湟谷地的土地类型进行分类^[11],分类后提取耕地。研究区耕地在遥感影像中的几何特征较为规则,地块大而且排列整齐很容易被识别,因此可以人工选择训练样本进而进行监督分类。

最后,结合 Google Earth 等高分辨率影像和当地的耕地实际调查信息选取了 200 个随机位置的控制点,对土地利用类型图进行了精度评估。

2.2 分析方法

本次研究主要分析河湟谷地耕地的时空变化以及耕地和地形的关系。其中,耕地的时间变化主要用

耕地扩张动态度^[12]和耕地面积相对变化率^[13]来衡量;耕地的外部空间变化主要是把耕地当作一个整体来分析河湟谷地的耕地相对于整个区域的变化趋势,主要采用的指标有耕地扩张动态度、耕地面积相对变化率^[14]、耕地质心转移指数等^[15];最后,结合地形数据,分析研究区耕地随着时间变化在不同海拔和坡度的分布变化。

3 结果与分析

3.1 精度检验结果

结合 Google Earth 等高分辨率影像和当地的耕地实际调查信息对土地利用类型图进行了精度评估,共选取了 200 个随机位置的控制点,4 期影像的精度评价见表 2。

用户精度是从分类结果中任选一个样本,其与地面实际类型相一致的概率。生产者精度是从地面上

任选一个样本,其与分类结果相同的概率。本次分类的结果生产者精度和用户精度都在 70% 以上,基本符合精度要求。kappa 系数是用来评价图像的分类精度,主要用于精确性评价和图像的一致性判断。如果两幅图像差异很大,则其 kappa 系数小,当它大于 0.8 时,认为分类质量为极好。由表 2 可看出,4 期影像的 kappa 系数均在 0.7~0.81 之间,其中 1990 年最低,2000 年最高,总体来说 kappa 系数比较高,分类质量较好。总体分类精度是正确分类的像元数与总像元的比值,该值越接近 100%,分类结果越精确。总体精度最低的 1990 年的影像,为 81.04,其次是 2018 年和 2010 年的影像,这也说明了 1990 年的 Landsat-5 影像精度最低。4 期影像的总计精度都大于 80% 说明分类结果比较准确。4 期影像的总体精度和 kappa 系数都符合分类的精度要求,表明分类结果具有一定的可信度。

表 2 1990—2018 年河湟谷地影像精度评价结果

土地利用类型	1990 年		2000 年		2010 年		2018 年	
	生产者精度	用户精度	生产者精度	用户精度	生产者精度	用户精度	生产者精度	用户精度
耕地	73.42	84.33	89.18	89.42	88.60	77.49	77.74	90.41
建设用地	94.21	76.76	81.41	89.59	88.85	88.34	75.83	70.95
水域	90.11	73.25	72.07	78.64	94.08	70.11	98.26	90.66
其他类型	83.27	80.84	91.64	84.88	84.67	94.04	89.30	78.77
总体精度	81.04		86.79		86.71		82.75	
kappa 系数	70.75		80.96		78.62		70.89	

3.2 耕地面积序列变化

通过对近 30 a 来的 Landsat 遥感数据采用监督分类的最大似然分类法处理^[16],然后对分类结果进行聚类处理,将土地类型分为耕地、建设用地、水域、

其他类型 4 类,由于本文主要是对耕地进行提取,故没有对草地和裸地进行细分。分别得到 1990,2000,2010,2018 年的河湟谷地土地利用类型图,并从土地利用类型中提取耕地类别得到耕地变化图(图 1)。

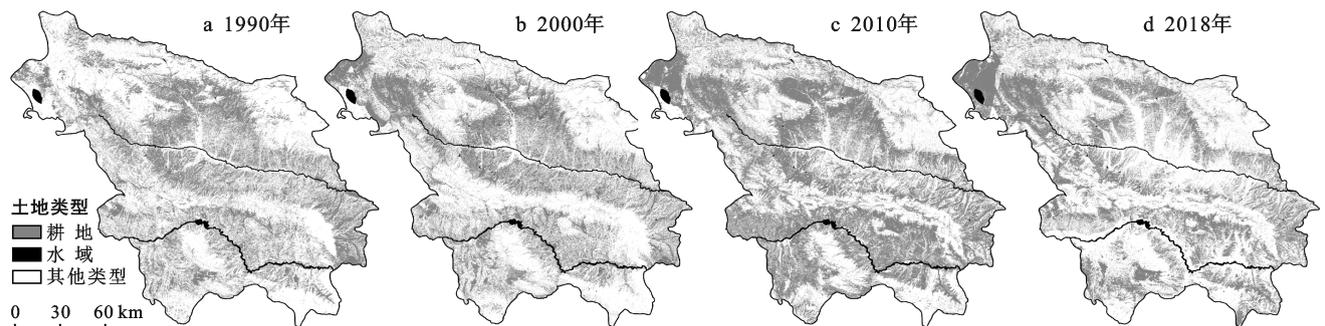


图 1 1990—2018 年河湟谷地耕地变化特征

利用土地利用类型分类后的数据提取耕地,再计算耕地扩张动态度指数,可得到河湟谷地耕地面积时序变化^[17](表 3)。从表 3 可知,在 1990—2010 年,河

湟谷地的耕地面积是处于一直在增长的趋势,而且在 1990—2000 年是低速增长的状态,而 2000 年以后处于一个快速扩张的状态,但是从 2010 年以后,耕地面

积又出现了减少的态势,结合土地类型转移矩阵可知是由于伴随着人口的增加,有 12% 的农业用地转变为了建设用地,此外,青海省政府积极响应退耕还林还草政策,有 17% 的耕地转换为了林草地和裸地。

表 3 1990—2018 年河湟谷地耕地面积时序变化

年份	耕地面积/km ²	扩张面积/km ²	扩张速率/(km ² ·a)	扩张指数/%	评价
1990	8331.23	710.6	71.06	0.24	低速扩张
2000	9 041.83	2 166.69	216.67	0.73	快速扩张
2010	11 208.52	-644.04	-80.505	-0.27	负扩张
2018	10 564.48				

根据耕地相对变化率公式可得出 1990—2018 年河湟谷地各县区耕地面积的相对变化率,进而利用 ArcGIS 10.3 得到 1990—2018 年河湟谷地耕地相对变化率图区位分析图^[18](图 2)。

$$R = \frac{(K_b - K_a) \times C_a}{K_a \times (C_b - C_a)} \quad (1)$$

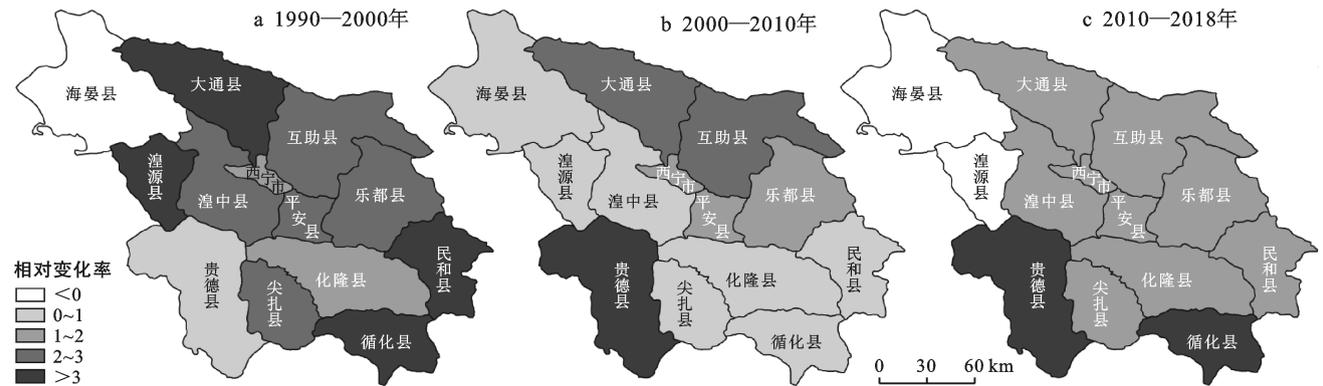


图 2 1990—2018 年河湟谷地耕地相对变化率

3.3 河湟谷地耕地空间格局变化

3.3.1 耕地转换特征 根据解译得到的土地利用数据,可计算出耕地类型转移矩阵(表 4)。

表 4 1990—2018 年河湟谷地耕地转移矩阵 %

年份	类别	耕地	建设用地	水域	其他类型
1990—2000	耕地	60.2	14.53	17.88	25.42
	建设用地	10.42	59.75	3.87	4.48
	水域	9.09	10.08	63.07	15.79
	其他类型	20.28	15.65	15.18	54.31
2000—2010	耕地	68.26	16.72	16.51	20.71
	建设用地	12.06	69.85	11.4	8.25
	水域	2.27	3.62	59.34	10.63
	其他类型	17.41	19.81	12.75	59.41
2010—2018	耕地	63.00	25.20	3.61	17.5
	建设用地	21.94	50.28	6.63	6.80
	水域	0.167	0.36	43.77	3.30
	其他类型	24.89	24.16	45.99	72.40

式中: R 为耕地面积的相对变化率; K_a 、 K_b 代表整个研究区中某指定区域两个时间段的耕地面积; C_a 和 C_b 分别代表整个研究区两个时间段的耕地面积。

从图 2 可看出,1990—2018 年年年来河湟谷地总体上耕地面积的变化幅度比较大,尤其是湟源县、贵德县和循化县 3 县相对变化率最大,而乐都县近 30 a 来变化幅度最小。在 1990—2000 年之间,河湟谷地大部分地区相对变化率都大于 1,说明各个县区的耕地面积变化的幅度都大于整个研究区域的变化幅度,说明在 1990—2000 年之间,耕地变化还是比较大的;在 2000—2010 年之间,除贵德县相对变化率系数较大,耕地面积变化较大以外,其余 11 个县区耕地面积相对变化率较小;而在 2010—2018 年之间,大部分地区耕地面积相对变化系数都大于 1,说明各地区耕地面积变化较大^[19]。在这 30 a 的变化中,部分县的相对变化率出现了负数,这是因为这些县相对于整个区域的变化趋势相比,出现了负增长的态势。

从表 4 中可以看出,2000 年耕地相较于 1990 年转入了 57.83%,转出了 39.79% 有 10.42% 的耕地转为建设用地;2010 年耕地相较于 2000 年转入了 53.94%,转出了 31.74%,其中有 12.06% 的耕地转化为建设用地;2018 年耕地相较于 2010 年转入了 46.31%,转出了 46.9%,有 21.94% 的耕地转化为建设用地,表明在 2000—2018 年之间河湟谷地地区城镇化进度比较快。近几年经济水平的提高造成了建设用地的不断增加,由 1990 年的 3 480 km² 增加至 2018 年的 6 250 km²。

3.3.2 耕地质心变化 由耕地质心转移指数得出河湟谷地质心扩展变化转移指数(表 5),并将其质心转移状况在遥感影像中标出,得到河湟谷地耕地质心转移图(图 3)。

表5 1990—2018年河湟谷地耕地质心扩展变化转移指数

年份	质心经纬度坐标		质心转移情况	
	经度(E)	纬度(N)	距离/m	角度/(°)
1990	101.646 5	36.556 9	16 650	-30.74
2000	101.804 5	36.476 5	8 686	60.66
2010	101.855 0	36.543 0	16 287	168.29
2018	101.677 2	36.576 9		

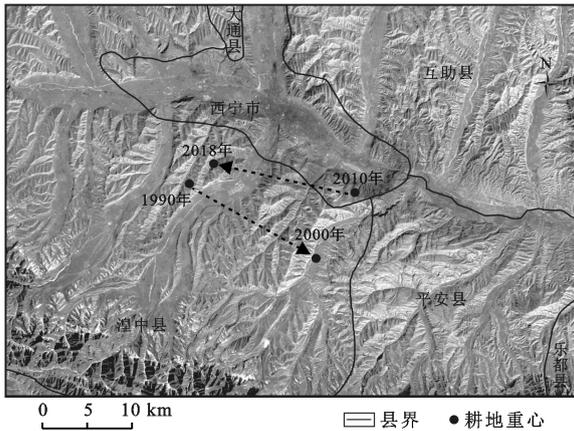


图3 1990—2018年河湟谷地耕地重心转移特征

由表5,图3可知,在1990—2000年,河湟谷地耕地的质心往东南方向移动,移动距离为16 650 m,以

正东方向为0度,逆时针为正方向,则角度为 -30.74° 。2000—2010年,质心移动的距离较小,为8 686 m,说明2000—2010年之间耕地变化不大,方向是向东北方向移动^[20];2010—2018年,耕地质心偏移量较大,为16 287 m,方向接近于向西移动,这与湟水的流经方向基本一致,这也可以看出新增的耕地大多在西部,说明耕地扩张有向西移动的趋势^[21]。

3.3.3 耕地空间分布叠加分析 将解译后的土地利用图利用 ArcGIS 建立色彩映射表,并进行类别提取,从而将耕地类别提取出来再将每10 a的数据进行叠加分析,得到不同时期耕地空间分布叠加分析结果(图4)。

从图4可以看出,2000年相对于1990年,新增耕地主要在研究区西北地区,即海晏县,其他地区耕地分布基本保持不变;2010年相对于2000年新增耕地主要在研究区的北部,并且变化的趋势是向着原有耕地边界周围的扩展,西南地区的耕地也有一定的增加,相较于2010年耕地的分布更加密集,而且此10 a的耕地增加的范围比较多,说明此10 a的耕地增加比较迅速;2018年相较于2010年的耕地主要向西北和东南发展,西北部的耕地范围进一步扩大,东南地区也有了新的耕地地块的出现。

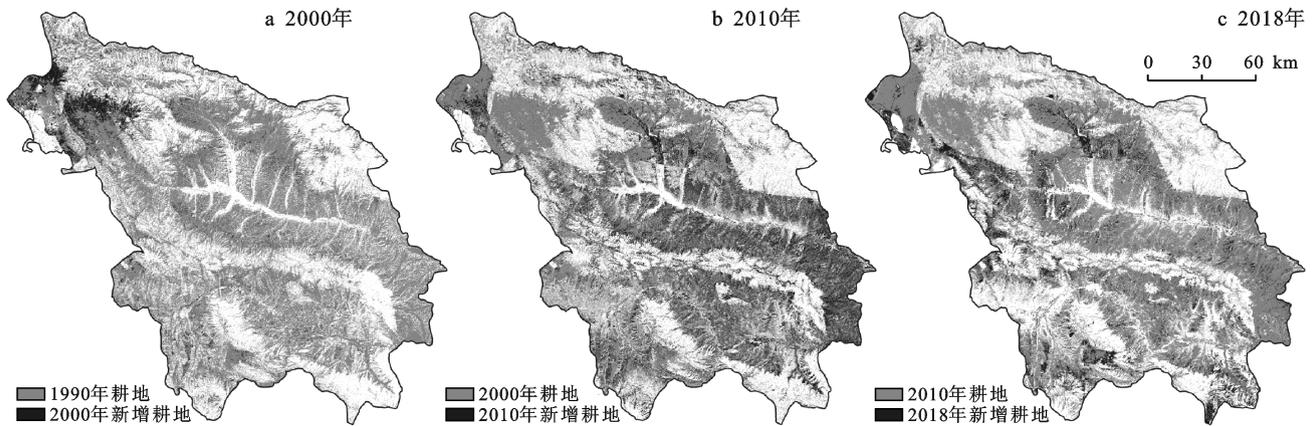


图4 河湟谷地不同时期耕地空间分布叠加分析结果

3.4 耕地变化与地形的关系

(1) 不同海拔的耕地变化。耕地在不同海拔高度下的分布反映了高程对耕地具有很大影响^[22],一般来说耕地分布在海拔较低的平原地区,但河湟谷地地处黄河与湟水流域肥沃的三角地带,所以即使海拔较高处,农业也十分发达,是中国有名的高原农业区。将从影像中提取到的1990—2018年河湟谷地的耕地数据与DEM高程数据做叠加分析,即可统计出不同高程下的耕地分布^[23],结果见图5。

由图5可以看出,耕地随高程变化基本符合高斯正态分布,耕地大多都分布在海拔在2 500~3 000 m的范围内,由1990—2018年3个10 a的耕地高程分布情况可知,在1990—2010年耕地均值都是集中在海拔2 700 m的高度,但到了2018年耕地随高程变化的曲线有所转移,耕地的分布更向着高海拔地区转移,这是由于2010年后青海地区经济发展较为迅速,城镇建设占用了海拔较低的耕地,但耕地是保障人类生存的根本,所以需要开垦新的耕地来保障粮食需

求,再加上全球变暖,近 30 a 来河湟谷地各区域呈现温度上升趋势(图 6),耕地质量提高,作物的种植海拔上限上升,耕地质量提高,在高海拔地区也有了适宜作物种植的温度环境,所以耕地向着高海拔地区开垦。由耕地面积随高程分布变化曲线可知,1990—2000 年耕地随高程变化分布基本不变,曲线基本一致。但在 2000—2010 年的 10 a 里,耕地开垦速度加快,峰值增大,但是曲线形态不变,即只是耕地面积的增加,但耕地开垦的海拔不变,还是集中在海拔 2 700 m 的地区,到了 2010 年后,耕地才向着高海拔地区转移。

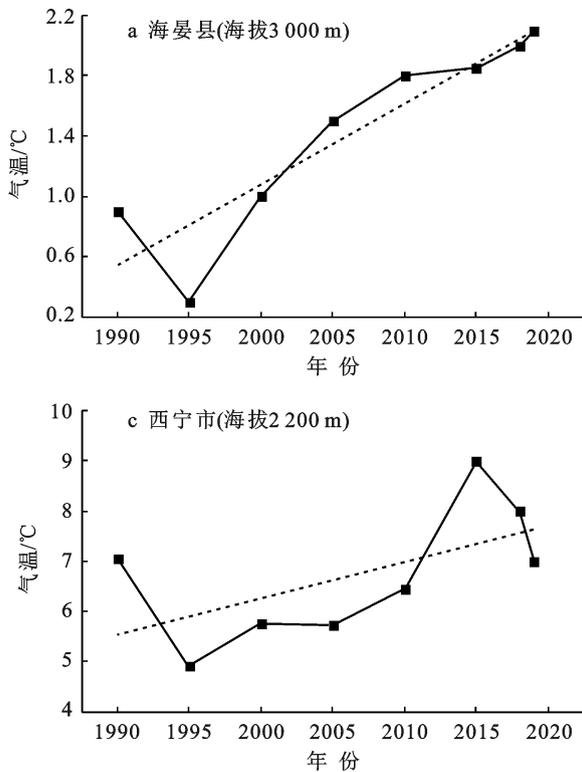


图 6 1990—2018 年河湟谷地不同海拔气温变化趋势

(2) 不同坡度的耕地变化分析。坡度对耕地分布有着重大影响,一般耕地都分布在坡度较缓的区域内^[24],从 DEM 高程数据中提取坡度信息,重分类后与耕地分布图相叠加,得到不同坡度的耕地变化情况(图 7)。

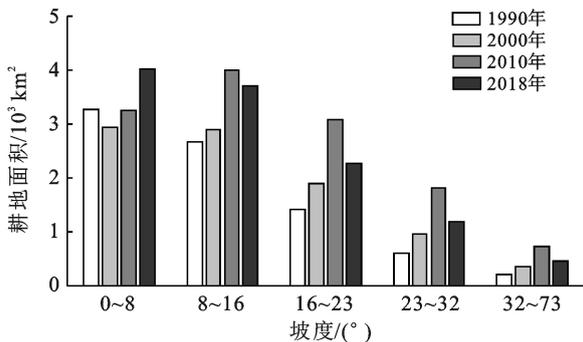


图 7 1990—2018 年不同坡度耕地面积统计

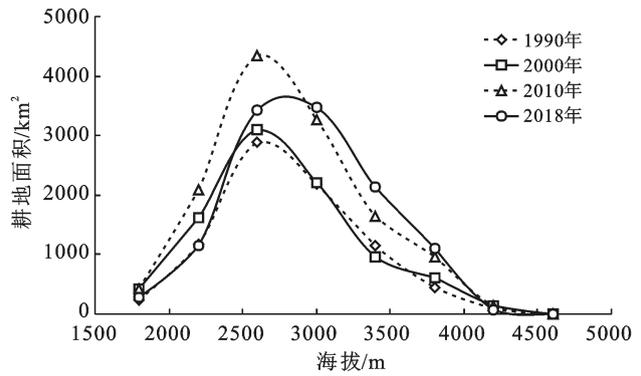
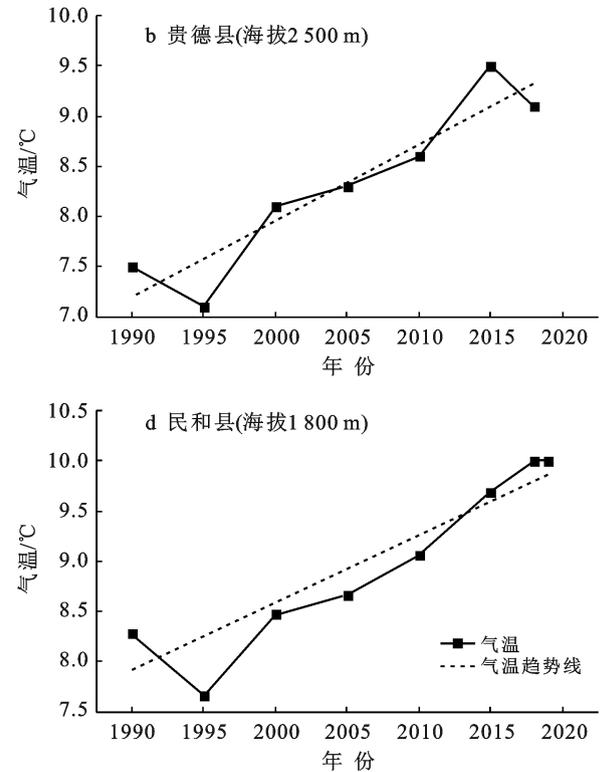


图 5 1990—2018 年河湟谷地耕地面积随高程变化分布



由图 7 中可以看出,绝大部分耕地都分布在坡度在 $0^{\circ}\sim 16^{\circ}$ 的范围内,1990,2000,2010,2018 年在此范围内耕地所占比例为分别为 73%,64%,65%,63%。而且在 $0^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 的坡度下耕地相对更多,而大于 32° 耕地面积很小;从时间上来看,在 1990—2010 年,更多新增耕地在 $8^{\circ}\sim 23^{\circ}$ 的范围内,坡度 $0^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 的耕地基本没有变化或略有减少。一方面随着人口的增加需要开垦更多的耕地,低坡度地区已经不能满足新增耕地的需求,同时随着科技水平的提高,新的种植模式开发,向着坡度更陡的地区去开垦新的耕地。在 2010—2018 年可以看出在低坡度 $0^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 的区域耕地继续增加,高坡度地区耕地很明显有减少的趋势,这是因为高坡度地区不宜大规模耕作,造成水土流失。在国家政策的影响下,当地政府采取退耕还林还草措

施,以更好地保持水土,所以高坡度的耕地有减少的趋势。

4 讨论与结论

4.1 讨论

(1) 本研究得到的结果与研究区前人相关成果较为一致。具体而言,青海省国土资源厅发布的数据表明:由于青海省实施的国家水土保持重点工程——坡耕地水土流失综合治理项目,2010年在同仁县、互助县、大通县等县兴修水平梯田 28.2 km²,这与本文结果 2010年后河湟谷地地区耕地向着高海拔地区扩展是一致的。张懿铨等^[1,6]通过对 1992—2015年已有 LUCC 数据与成果的再分析,得到了河湟谷地地区耕地扩张明显,82%的耕地分布在海拔 2 400~4 400 m 之间的河谷地区,这也与我们的结果基本一致。曾永年等^[25]研究表明青海高原东部的耕地主要分布在坡度 0°~15°之间,占该地区总耕地面积的 77.08%,而坡度大于 25°的耕地面积为仅占总耕地面积的 4.50%。这与本文的结果(2010年坡度在 0°~16°之间的耕地面积占总耕地面积的 65%)基本一致。此外,与上述研究相比,本文时间序列较长,详细分析了 1990—2018年河湟谷地耕地的时空演变特征,应用价值较高。

(2) 耕地变化受到多个因素的影响。就河湟谷地而言,耕地变化主要受到耕地保护政策、生态退耕工程、土地开发整理工程、重大建设工程、人口、城镇化进程等因素的影响。中国和青海省出台了一系列的耕地保护政策,这对河湟谷地耕地保护起到了促进的作用,也是河湟谷地耕地面积总体增加的主要原因。土地开发整理是河湟谷地耕地面积增加的主要来源,尤其是重大的土地开发整理工程,如青海省 2010—2017年实施的“青海东部黄河谷地百万亩土地开发整理重大项目”,不但新增耕地 136 km²,而且有效改善了黄河谷地的农业生产条件^[26]。生态退耕工程、重大建设工程及城镇化进程是河湟谷地地区耕地减少的主要原因:青海省从 1999年开始开展生态退耕工作,在 2000—2005年期间,生态退耕面积 1.47×10⁵ hm²,年均退耕面积 2.45×10⁴ hm²,是青海省耕地减少的主要原因^[25]。研究区内退耕还林/草区域主要分布于湟水及支流谷地周围坡度较大的区域以及拉脊山、达坂山山麓。2005年以后,生态退耕工程逐渐减少。由于“西部大开发”的实施,研究区内有很多重大建设工程项目,这些项目占用了大量耕地。此外,城镇化也是造成耕地减少的一个重要因素,研究区在青藏高原城镇空间格局演变中一直处于

核心地位^[27],每年城镇建设都会占用不少耕地。

(3) 河湟谷地是青藏高原最大的农区,随着经济的不断发展,越来越多的耕地转化为了建设用地,建设用地和耕地之间的竞争更加激烈,很多优质耕地被建设占用,影响了这里的粮食安全。分析此区域耕地的空间分布特征和时空变化规律,可以得出不同时期的耕地开垦状态和耕地发展趋势,对未来利用和保护耕地具有重要的参考价值。但本研究在从遥感影像提取耕地的过程中,没有区分不同的耕地类型,也没有对耕地质量变化进行分析,但这些因素对于耕地资源稀少的青藏高原地区耕地的可持续发展无疑是重要的。而且,由于没有足够的数据库,本文对于耕地变化的驱动因素,也没有做定量的相关性分析。今后应进一步探讨研究区耕地类别、耕地质量及耕地驱动因素对耕地变化的影响。

4.2 结论

(1) 1990—2018年,随着城镇化水平的提高,河湟谷地部分耕地转化为了建设用地,尤其在 2000—2010年这 10 a 里城镇化速率最高。耕地也是处于不断扩张中,也是在 2000—2010年扩张速度最快,在这十年里部分耕地转化为了建设用地,新增耕地向着高海拔、高坡度地区开垦,2010年后耕地出现了减少趋势。

(2) 耕地的区位变化情况为,在 2000年前耕地重心是向东移动的,而 2000年后耕地重心偏移量向西北移动,这说明仅靠东边的耕地已经不能满足粮食需求,需要开垦更多的耕地,只能向气候环境热量条件稍差的西北部开垦。由于全气候变暖,降水增加,使得热量、水分条件变好,耕地质量提高,在高海拔地区也有了适宜作物种植的温度环境,所以近 30 a 来耕地向着高海拔地区开垦,近 10 a 在海拔 3 000 m 高度左右也出现了新增耕地。此外在一些坡度较陡的地区也出现了新增耕地,这也是因为气候变暖和人类扩张耕地的双重因素所造成的。在近 10 a 内坡耕地的增加有减缓的趋势,这也是受国家水土保持和退耕还林政策的影响。

[参 考 文 献]

- [1] 张懿铨,李兰晖,丁明军,等.新世纪以来青藏高原绿度变化及动因[J].自然杂志,2017,39(3):173-178.
- [2] Duan Cheng, Shi Peili, Song Minghua, et al. Land use and land cover change in the kailash sacred landscape of China [J]. Sustainability, 2019,11(6):1788.
- [3] 王敏.青藏高原地区土地利用变化动态监测研究[D].甘肃兰州:兰州大学,2015.
- [4] Song Xiaoqing, Ouyang Zhu, Li Yunsheng, et al. Cultivated land use change in China,1999—2007: Policy de-

- velopment perspectives [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2012, 22(6): 1061-1078.
- [5] 关兴良, 方创琳, 鲁莎莎, 等. 中国耕地变化的空间格局与重心曲线动态分析[J]. *自然资源学报*, 2010, 25(12): 1997-2006.
- [6] 张懿铨, 刘林山, 王兆锋, 等. 青藏高原土地利用与覆被变化的时空特征[J]. *科学通报* 2019, 64(27): 2865-2875.
- [7] 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.
- [8] 卓玛措, 冯起, 李锦秀. 青海河湟地区水资源综合开发与区域经济发展研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(2): 95-99.
- [9] Li Shengmei, Shi Peiji. Coordinated development between agricultural economy and ecological environment in Huangshui River basin in Qinghai Province [C]// *Proceedings of the 2017 6th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2017)*. June 29-30, 2017. Zhuhai, China. Paris, France: Atlantis Press, 2017.
- [10] 王启明. 青海省大通县冬小麦复种蔬菜技术研究[J]. *现代农业科技*, 2013, 15: 91-92.
- [11] Sheeja R V, Joseph S, Jaya D S, et al. Land use and land cover changes over a century (1914—2007) in the Neyyar River Basin, Kerala: A remote sensing and GIS approach [J]. *International Journal of Digital Earth*, 2011, 4(3): 258-270.
- [12] 夏热帕提·阿不来提, 刘高焕, 刘庆生, 等. 近 30 年刘家峡以下黄河上游河道湿地演变规律与驱动力分析[J]. *地球信息科学学报*, 2017, 19(8): 1116-1131.
- [13] Li Zijun, Yu Xiaokang, Gong Canjuan. Intensity change in cultivated land use in Shandong Province from 1980 to 2010 [J]. *IERI Procedia*, 2013, 5: 140-146.
- [14] 肖家瑜. 三亚市耕地利用变化及其驱动力分析[D]. 四川成都: 成都理工大学, 2018.
- [15] 陈江, 马松梅, 刘琳, 等. 博乐垦区土地利用/覆被变化及预测研究[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(3): 44-49.
- [16] 程维明, 高晓雨, 马廷, 等. 基于地貌分区的 1990—2015 年中国耕地时空特征变化分析[J]. *地理学报*, 2018, 73(9): 1613-1629.
- [17] Sewnet A, Abebe G. Land use and land cover change and implication to watershed degradation by using GIS and remote sensing in the Koga watershed, North Western Ethiopia [J]. *Earth Science Informatics*, 2018, 11(1): 99-108.
- [18] 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, 22(3): 1-16.
- [19] Liu Ting, Yang Xiaojun. Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics [J]. *Applied Geography*, 2015, 56: 42-54.
- [20] Xu Kai, Kong Chunfang, Liu Gang, et al. Changes of urban wetlands in Wuhan, China, from 1987 to 2005 [J]. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 2010, 34(2): 207-220.
- [21] Nakalembe C, Dempewolf J, Justice C. Agricultural land use change in Karamoja Region, Uganda [J]. *Land Use Policy*, 2017, 62: 2-12.
- [22] Schneibel A, Stellmes M, Röder A, et al. Assessment of spatio-temporal changes of smallholder cultivation patterns in the Angolan Miombo belt using segmentation of Landsat time series [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 195: 118-129.
- [23] Steve A, Boateng A, Abanyie, et al. Land cover Change Patterns in the Volta Gorge Area, Ghana: Interpretations from Satellite Imagery [J]. *Journal of Natural Sciences Research*, 2015, 5(4): 71-81.
- [24] Mishra N B, Chaudhuri G. Spatio-temporal analysis of trends in seasonal vegetation productivity across Uttarakhand, Indian Himalayas, 2000—2014 [J]. *Applied Geography*, 2015, 56: 29-41.
- [25] 曾永年, 靳文凭, 何丽丽, 等. 青海高原东部农业区土地利用遥感分类制图[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(16): 225-231.
- [26] 胡荣明, 李锐, 郭斌, 等. 坡度对土地利用/覆被变化的影响研究[J]. *水土保持通报*, 2011, 31(6): 204-206.
- [27] 杜新波, 周伟, 司慧娟, 等. 青海省 2000—2008 年间耕地变化及驱动力研究[J]. *水土保持研究*, 2013, 20(5): 180-186.