

# 黄河西岸陕西各县市耕地质量时空变化特征及其分异规律

卫新东<sup>1,2,3</sup>, 宋林韩<sup>1</sup>, 王筛妮<sup>1,2,3</sup>, 喻昭<sup>4</sup>, 王宁<sup>1</sup>

(1.长安大学 土地工程学院, 西安 710054; 2.陕西省土地整治重点实验室, 西安 710054;

3.自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 西安 710075; 4.陕西国源科技工程有限公司, 西安 710082)

**摘要:**为推动黄河流域高质量发展,以黄河流域为地理单元,从县域层面系统分析黄河西岸陕西各县市耕地数量和质量时空变化特征及其分异规律。基于陕西省 2005—2018 年耕地质量等别评价成果,采用动态度模型法、面积加权平均法、耕地质量区位指数法、重心迁移模型法研究黄河西岸陕西各县市耕地质量变化。结果表明:(1) 时间上,2005—2018 年黄河西岸陕西各县市耕地资源数量上表现下降趋势,质量上平均利用等别不高且变化不大。数量方面:年平均下降率为 5.86%,在 2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2018 年为先下降、后上升、再下降的变化态势,平均年变化率分别为 17.46%,3.58%,1.60%,耕地数量变化更加平稳;质量方面:2005 年、2010 年、2015 年、2018 年平均利用等别不高且变化不大,分别为 12.46,12.60,12.50,12.50。相比全国平均耕地利用等 9.96,黄河西岸陕西各县市耕地利用等处于较低水平,相比陕西省平均利用等 11.34,耕地利用等约低于省内一个等。(2) 空间上,2005—2018 年黄河西岸陕西各县市耕地质量大致呈现自南向北逐渐降低的分异格局。区位指数角度:位于关中平原的潼关县和大荔县耕地利用等较高,为高等地的聚集区,但开展城市建设占用优质耕地,补充一般耕地,造成耕地质量有所下降。陕北地区耕地质量较差,中、低等地的区位指数较高,由于积极开展土地整治工程耕地利用等别均有提升。重心迁移角度:高等地重心在 2005—2018 年期间处于大荔县,中等地重心由合阳县向黄龙县迁移,低等地重心由佳县迁向米脂县,再迁回佳县。且中等地重心坐标迁移量>低等地重心坐标迁移量>高等地重心坐标迁移量。黄河西岸陕西各县市耕地数量、质量变化均愈加平稳,耕地质量大致呈现自南向北逐渐降低的格局,应保证潼关县和大荔县耕地质量不降低的同时保持黄河西岸陕北县市耕地质量增长趋势。本研究成果为黄河流域生态保护提供耕地管护支持,为基本农田划定、国土空间规划编制和耕地质量管理提供了基础支撑。

**关键词:**耕地质量; 时空变化; 分异规律; 耕地保护; 黄河西岸; 陕西省

中图分类号:F323.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)02-0326-09

## Spatial and Temporal Changes and Its Variation of Cultivated Land Quality of Counties and Cities in Shaanxi on the West Bank of the Yellow River

WEI Xindong<sup>1,2,3</sup>, SONG Linhan<sup>1</sup>, WANG Shaini<sup>1,2,3</sup>, YU Zhao<sup>4</sup>, WANG Ning<sup>1</sup>

(1.School of Land Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2.Shaanxi Provincial Key Laboratory of Land Rehabilitation, Xi'an 710054, China;

3.Key Laboratory of Degraded and Unutilized Land Improvement Engineering, Ministry of Natural Resources, Xi'an 710075, China; 4.Guoyuan (Shaanxi) Technological Engineering Co., Ltd., Xi'an 710082, China)

**Abstract:** In order to promote the high-quality development of the Yellow River Basin, we took the Yellow River Basin as the geographical unit, and systematically analyzed the spatial and temporal variation characteristics of the quantity and quality of cultivated land in counties and cities of Shaanxi Province on the west bank of the Yellow River and its variation at the county scale. Based on the evaluation results of cultivated land quality from 2005 to 2018 in Shaanxi Province, we studied the change of cultivated land quality in counties and cities of Shaanxi province on the west bank of the Yellow River by using dynamic attitude model method, area-weighted averages method, cultivated land quality location index method and gravity center migration model. The results showed that: in terms of time, from 2005 to 2018, the quantity of cultivated land

收稿日期:2020-05-15

修回日期:2020-06-02

资助项目:自然资源部退化及未利用整治工程重点实验室开放基金课题;耕地生态质量等别评价体系研究(211927180139);国家重点研发计划;传统村落保护利用价值的分级分类体系与评价导则(2019YFD1100901);国家留学基金委资助

第一作者:卫新东(1978—),男,陕西咸阳人,博士,副教授,研究方向为土地资源利用与管理。E-mail: xindongw@chd.edu.cn

通信作者:宋林韩(1995—),女,河南安阳人,硕士研究生,研究方向为土地资源利用与管理。E-mail: 2316400397@qq.com

resources in counties and cities in Shaanxi on the west bank of the Yellow River presented the declining trend, while the average utilization of cultivated land resources in quality was not high and changed little; in terms of quantity, the annual average decline rate was 5.86%, from 2005 to 2010, from 2010 to 2015, and from 2015 to 2018, the average annual change rate was 17.46%, 3.58%, and 1.60%, respectively, the change of cultivated land was more stable; in terms of quality, the average utilization in 2005, 2010, 2015 and 2018 was not high and changed little, which were 12.46, 12.60, 12.50 and 12.50, respectively; compared with the national average utilization grade of cultivated land of 9.96, the utilization grade of cultivated land of all counties and cities in Shaanxi Province on the west bank of the Yellow River was at a lower level; compared with the average utilization grade of cultivated land of Shaanxi Province, which was 11.34, the average utilization grade of cultivated land was about one lower than that of Shaanxi Province; spatially, the cultivated land quality of each county or city in Shaanxi Province on the west bank of the Yellow River showed a pattern of gradual decrease from south to north from 2005 to 2018; from cultivated land location index point of view, Guanzhong plain, Tongguan county and Dali county had high grade cultivated land utilization, which were the gathering areas of higher grade cultivated lands; however, the quality of cultivated land had declined due to the occupation of high grade cultivated land for urban construction and the supplement of general cultivated land; the cultivated land in northern Shaanxi was poor quality, and the location index of middle and low grade cultivated lands was high; the cultivated land utilization had been improved due to the active development of land improvement projects; from the point of view of center of gravity transfer, from 2005 to 2018, the center of gravity of the high grade cultivated land was located in Dali, the center of gravity of the middle grade cultivated land was transferred from Heyang to Huanglong, the center of gravity of the low grade cultivated land was transferred from Jiaxian to Mizhi and then back to Jiaxian, with the characteristic of middle grade cultivated land center of gravity coordinate migration > low grade cultivated land center of gravity coordinate migration > high cultivated grade land center of gravity coordinate migration; on the west bank of the Yellow River, the quantity and quality of cultivated land in all counties and cities of Shaanxi became more and more stable; the cultivated land quality generally presented the pattern of gradual decline from south to north. So the cultivated land quality in Tongguan and Dali should not be reduced while the growing trend of cultivated land quality in north Shaanxi county on the west bank of the Yellow River should be maintained. These results of this study can provide farmland management and protection support for the ecological protection of the Yellow River Basin, and provide basic support for the delineation of basic farmland, the compilation of territorial space planning and the quality management of farmland.

**Keywords:** cultivated land quality; spatial and temporal change; distribution regulation; cultivated land protection; the west bank of the Yellow River; Shaanxi Province

耕地利用系统是由土地的经济、社会及生态子系统构成的复合系统,其承载的经济、社会及生态功能具有共生性及协同性<sup>[1]</sup>。随着社会、经济的发展以及国家对耕地保护内涵的不断深入,我国耕地资源在数量及质量上呈现出不同程度的时空变化。黄河流域作为一个特殊的地理单元以及黄河流域生态保护和高质量发展作为国家重大战略被提出<sup>[2-3]</sup>,其耕地质量高水平发展及其尺度效应的研究亟待开展。耕地资源变化研究是从耕地数量保护着手,分析不同尺度耕地面积动态特征,并逐渐从区域耕地数量变化延伸到空间上的质量变化<sup>[4]</sup>。耕地质量时空变化研究有利于把握在一段时期内耕地质量的变化情况以及空间分布状况,其研究的关键是揭示耕地质量变化特征,进一

步剖析耕地质量时空格局关系及分异规律。研究黄河流域耕地质量时空变化特征及其分异规律,对于黄河流域耕地提质以及促进高质量发展有着重要意义,为新时代中国区域发展重大战略提供决策参考。

目前学者对黄河流域的研究主要集中在水资源变化与治理<sup>[5-7]</sup>、气候变化<sup>[8-9]</sup>、生态环境修复等<sup>[10-12]</sup>方面,黄河流域耕地质量管护方面研究明显不足。现阶段,学者研究主要集中在行政层面的耕地数量、质量时空变化研究。耕地数量变化方面:姚子燕等<sup>[13]</sup>研究 20 世纪 80 年代以来全球耕地变化的基本特征及空间格局。谈明洪等<sup>[14]</sup>利用欧洲航天局(ESA)提供的最新数据研究在全球范围内 1992—2015 年耕地面积时空变化和年度趋势。耕地质量变化方面:鄯文

聚等<sup>[15]</sup>归纳中国不同空间上耕地所面临的问题及不健康类型,用数据说明中国耕地质量随时间的变化程度,通过分析导致耕地不健康的原因,提出维护耕地质量的相关建议。孔祥斌等<sup>[16]</sup>基于要素—过程—功能角度,构建耕地质量理论框架,进一步研究耕地质量的动态变化性,分析了耕地利用系统本底值的影响因素。卫新东等<sup>[17]</sup>基于陕西省耕地质量更新数据,从省域、地理区域、市域 3 个层面对陕西省耕地数量及质量在时间和空间上的动态变化情况进行研究。张志雷<sup>[18]</sup>、钱凤魁<sup>[19]</sup>、魏洪斌<sup>[20]</sup>等分别对京津冀鲁地区、东港市和中国粮食主产区的耕地质量等别空间分布及特征规律进行分析。综上所述,从研究单元看,目前学者对于耕地质量变化的研究单元较多从行政单元以及国家、全球层面,亟待开展以流域为地理单元的耕地质量变化研究。另一方面,当前学者忽视了将重心模型应用到耕地质量类型的迁移特征研究,重心模型的应用可丰富耕地质量时空变化及其分异规律探究。

本文以黄河西岸陕西各县市为研究区,分析该流域耕地质量在时间及空间两个尺度方面的变化、结合耕地数量、质量变化及质量重心迁移特征,总结出黄河西岸陕西各县市耕地质量时空变化特征及其分异规律,一方面一定程度上推动黄河流域高质量发展,另一方面为陕西省耕地的科学管理决策提供依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

黄河处于北半球中纬度地带,其中的上、中游处于我国西北干旱地区。黄河,自府谷县进入陕境,南流经神木、佳县、吴堡、绥德、清涧、延川、延长、宜川、韩城、合阳、大荔县,至潼关折向东出境,共经过 13 个地(市)(图 1)。全长 715.6 km,在陕境内黄河流域面积 13.33 万 km<sup>2</sup>。黄河西岸 13 个地(市)中人口总数为 379.77 万人,生产总值为 2931.92 亿元。陕西全境处于黄河“几”字型的中心区,属黄河中游的一个特殊区。境内自北向南分布属于不同的气候带,陕北北部地区属温带,陕北南部、关中地区属暖温带<sup>[21]</sup>,陕南属于北亚热带。黄河西岸陕西各县市地势大致为西高东低,地貌大致分为三大区:基岩山地区、黄土高原沟壑区与长城沿线及其以北风沙区<sup>[22]</sup>。由于从北到南跨越约 7 个纬度,再加上季风和西高东低地形地势的影响,气温则由东南向西北逐渐降低的趋势,降水由南向北递减。且从耕地分等指标区来看,从南至北依次为关中渭河平原区、渭北黄土旱塬区、陕北黄土丘陵沟壑区、陕北长城沿线风沙区<sup>[23]</sup>。

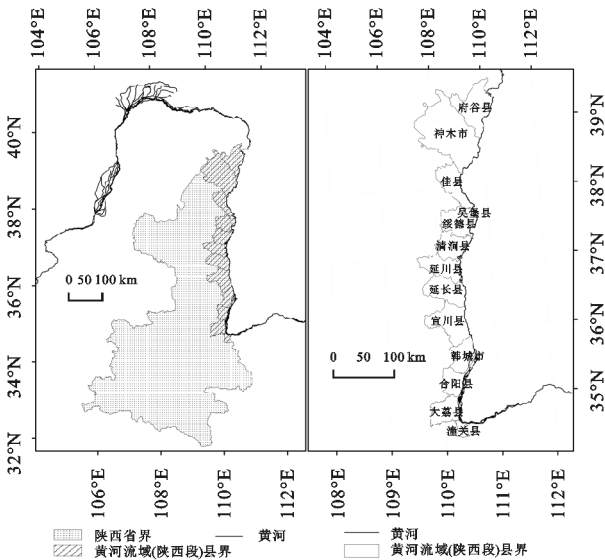


图 1 黄河西岸陕西各县市位置

根据陕西省 2018 年土地利用现状变更调查,黄河西岸陕西各县市经过 13 个地(市)的土地利用现状见图 2。

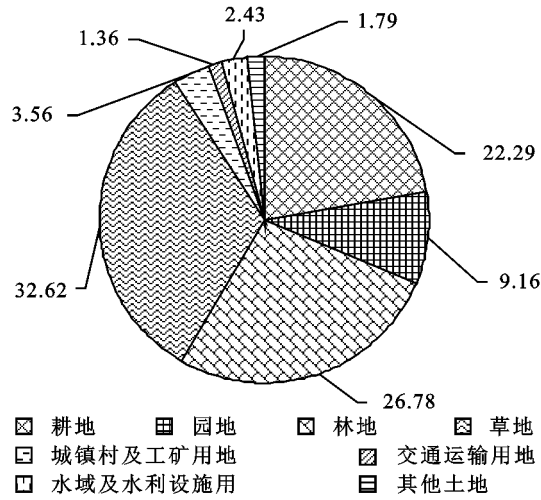


图 2 黄河西岸陕西各县市土地利用类型面积占比

黄河西岸陕西各县市所经过的 13 个地(市)中,水田占耕地总面积的 0.29%,主要分布在合阳县,大荔县、韩城市和潼关县也有少量分布;水浇地占 22.29%,主要分布在大荔县;旱地占 77.41%,主要分布在神木市、府谷县和绥德县(见表 1)。

1.2 数据来源

陕西省 2005—2007 年开展了第一次农用地分等工作,此后进行了耕地质量等别补充完善以及耕地质量等别年度更新评价工作。本文耕地质量基期数据来源于 2005 年、2010 年、2015 年、2018 年 1 : 10 000 陕西省县级耕地质量等别数据库;土地利用现状数据来源于陕西省 2018 年土地利用现状变更调查数据库;社会经济统计数据来源于《陕西统计年鉴 2 019》。

1.3 研究方法

1.3.1 动态度模型法 利用动态度模型法计算耕地

多年平均变化率,能够直观量化研究时段内的变化程度<sup>[24]</sup>,耕地资源多年平均变化率是指研究时间段内耕地资源平均变化的比率,其计算公式为

$$P=\frac{S_b-S_a}{S_a}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

(1)

式中: $P$  为耕地资源的多年平均变化率(%); $S_a$  为研究时间段初期研究区耕地面积( $\text{hm}^2$ ); $S_b$  为研究时间段末期研究区耕地面积( $\text{hm}^2$ ); $T$  为研究时段长(a)。

表 1 黄河西岸陕西各县市地(市)耕地面积汇总  
 $\text{hm}^2$

地区	耕地类型			合计
	水田	水浇地	旱地	
潼关县	20.95	5742.47	7202.62	12966.04
大荔县	185.50	74954.84	26182.64	101322.98
合阳县	1339.86	28384.87	39813.56	69538.29
韩城市	363.42	6926.78	4770.03	12060.23
延长县	0	628.31	29408.27	30036.58
延川县	0	181.03	30610.05	30791.07
宜川县	0	110.81	15135.94	15246.75
神木市	0	22274.12	86292.22	108566.34
府谷县	0	2240.95	78976.75	81217.69
绥德县	0	2429.73	74655.66	77085.39
佳县	0	741.34	53684.31	54425.65
吴堡县	0	58.61	14684.36	14742.97
清涧县	0	154.54	41549.41	41703.95
黄河西岸陕西各县市合计	1909.73	144828.4	502965.8	649703.9

1.3.2 面积加权平均法 在计算平均等别时,采用面积加权平均法,即在统计出各等别总面积前提下,进行各等别面积加权计算区域内耕地质量平均等别<sup>[25]</sup>。其计算公式为

$$Y=\frac{\sum_{i=i_{\min}}^{i_{\max}}i\times F_i}{F_{\text{总}}}$$

(2)

式中: $Y$  为耕地等别平均值; $i$  为耕地等别; $i_{\min}$  为最低耕地等别值; $i_{\max}$  为最高耕地等别值; $F_i$  为第  $i$  等耕地的面积( $\text{hm}^2$ ); $F_{\text{总}}$  为所有等别耕地的总面积( $\text{hm}^2$ )。

1.3.3 耕地质量区位指数分析法 耕地各空间尺度利用等等别的分布状况,可以用耕地利用等等别的区位指数表示。耕地质量的区位指数,指某一地区耕地利用等等别在全省耕地利用等等别的聚集程度<sup>[26]</sup>,其计算公式为

$$Q_{ij}=\frac{D_{ij}}{S_i}\bigg/\frac{\sum_{i=1}^nD_{ij}}{\sum_{i=1}^nS_i}$$

(3)

式中: $Q_{ij}$  为第  $i$  个区域第  $j$  利用等等别的耕地质量的区位指数; $D_{ij}$  为第  $i$  个区域第  $j$  利用等等别的耕地面积( $\text{hm}^2$ ); $n$  为黄河西岸陕西各县市的区域个

数; $S_i$  为第  $i$  个区域的耕地面积( $\text{hm}^2$ )。

1.3.4 重心迁移模型法 重心模型是研究区域发展过程中要素空间变动的重要分析工具。由于区域发展是要素集聚与扩散的过程,各要素的重心位置处于不断变动之中,要素重心的移动客观地反映了区域发展诸要素空间集聚及其位移规律<sup>[27]</sup>。利用重心迁移模型计算不同时期各耕地质量类型(优等地、高等地、中等地、低等地)的重心坐标,直观地表达耕地质量空间格局变迁的过程。 $t$  时期耕地质量类型为  $j$  的重心坐标计算公式为:

$$X_{(j,t)}=\frac{\sum_{i=1}^n[LA_{(i,t)}\cdot X_{(i,t)}]}{\sum_{i=1}^nLA_{(i,t)}}$$

(4)

$$Y_{(j,t)}=\frac{\sum_{i=1}^n[LA_{(i,t)}\cdot Y_{(i,t)}]}{\sum_{i=1}^nLA_{(i,t)}}$$

(5)

式中: $X_{(j,t)}$ 、 $Y_{(j,t)}$  为  $t$  时期耕地质量类型为  $j$  的重心经度和纬度坐标; $n$  为  $t$  时期耕地质量类型为  $j$  的斑块总数; $LA_{(j,t)}$  为  $t$  时期耕地质量类型为  $j$  的第  $i$  个图斑的面积( $\text{hm}^2$ ); $X_{(i,t)}$ 、 $Y_{(i,t)}$  为  $t$  时期耕地质量类型为  $j$  的第  $i$  个图斑的几何中心经度坐标和几何中心纬度坐标。

2 结果与分析

2.1 耕地数量变化特征

2.1.1 数量分布情况 潼关县、韩城市、延长县、延川县、宜川县、吴堡县耕地资源数量本身较少,合阳县、府谷县、绥德县、佳县、清涧县的耕地资源数量相对较丰富,大荔县和神木市是黄河西岸陕西各县市中耕地资源数量最多的地区(图 3)。

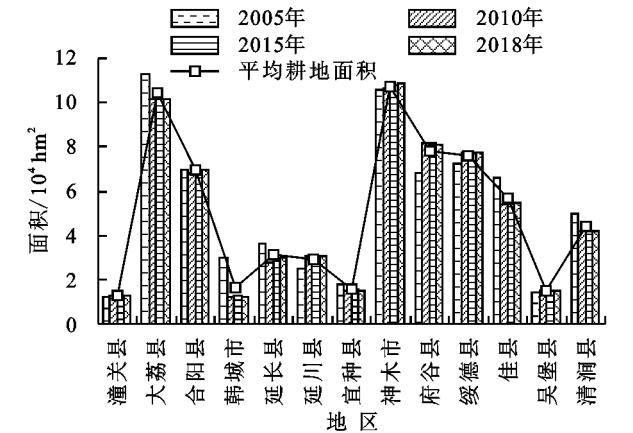


图 3 黄河西岸陕西各县市各地(市)耕地面积变化

2.1.2 数量变化情况 利用动态度模型法分别计算黄河西岸陕西各县市在 2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2018 年以及 2005—2018 年 4 个时间段内的耕地资源平均变化率(表 2)。

在 2005—2010 年黄河西岸陕西各县市耕地资源数量呈显著下降变化,2010—2015 年耕地数量呈增加趋势,2015—2018 年耕地资源数量略有下降。耕

地面积的减少主要发生在 2005—2010 年期间,在此期间,大荔县、合阳县、韩城市、延长县、宜川县、佳县和清涧县的耕地资源均有不同程度的下降,其中,韩城市下降率最高,达到 11.74%,这是因为《陕西省城镇体系规划 2006—2020》明晰了韩城市作为县域中心城市地位和作用,规划到 2020 年将韩城市建设成中等城市(区),在一定程度上加快了韩城市的耕地向建设用地转变速度。潼关县、延川县、神木市、府谷县、绥德县、吴堡县存在不同程度的耕地面积增加;在 2010—2015 年黄河西岸陕西各县市耕地资源数量增加,表明耕地数量的减少趋势已经得到遏制,耕地数量保护政策发挥作用,其他各地(市)变化幅度不大,延长县耕地数量增长相对较大,为 1.82%;2015—2018 年黄河西岸陕西各县市耕地资源数量稍有下降。各地(市)耕地数量比较平稳,韩城市相对有较大的减少,年平均减少率为 1.18%。总的来说,2005—2018 年,黄河西岸陕西各县市耕地资源数量表现下降趋势,且年平均下降率为 5.86%。在 2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2018 年为先下降、后上升、再下降的变化态势。

地区	时间			
	2005—2010	2010—2015	2015—2018	2005—2018
潼关县	1.55	-0.04	-0.18	0.53
大荔县	-1.93	0.02	-0.15	-0.77
合阳县	-0.35	0.43	-0.13	0.00
韩城市	-11.74	0.39	-1.18	-4.57
延长县	-4.92	1.82	0.01	-1.36
延川县	4.40	0.05	0.09	1.74
宜川县	-3.39	0.58	-0.13	-1.14
神木市	0.12	0.35	0.10	0.21
府谷县	4.07	-0.08	-0.03	1.52
绥德县	1.24	0.01	-0.11	0.46
佳县	-3.58	0.10	0.12	-1.32
吴堡县	0.37	-0.04	0.02	0.13
清涧县	-3.30	-0.01	-0.05	-1.28
黄河西岸陕西各县市总和	-17.46	3.58	-1.60	-5.86

## 2.2 耕地质量变化特征

2.2.1 利用等耕地面积变化情况 根据《中国耕地质量等级调查与评定(全国卷)》中对中国耕地质量等级类型的划分,分别把 1—4 等、5—8 等、9—12 等、13—15 等耕地划分为优等、高等、中等和低等 4 个类型<sup>[28]</sup>。利用面积加权平均法对黄河西岸陕西各县市耕地利用等的面积变化情况结合优等、高等、中等、低等 4 个类型进行分析(图 4)。

利用动态度模型法,结合黄河西岸陕西各县市耕

地质量利用等别的优等、高等、中等、低等 4 个类型的耕地面积,分析其在 2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2018 年、2005—2018 年的平均变化率。由于在黄河西岸陕西各县市内不存在优等地,故本研究不对优等地做分析。

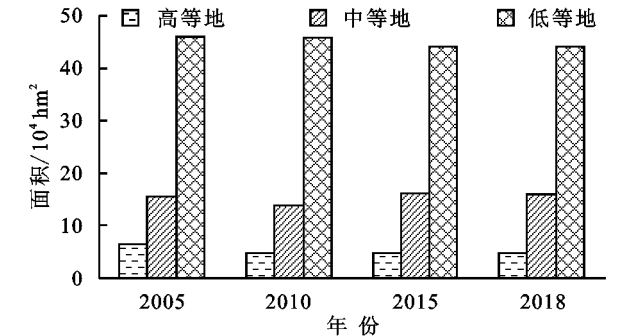


图 4 黄河西岸陕西各县市利用等耕地面积变化

从图 5 可以看出,在 2005—2010 年,黄河西岸陕西各县市的高等、中等、低等均呈下降变化,其中高等地有明显减少,这是由于在 2005—2010 年,为了发展经济、提高城镇化水平,不可避免地将耕地转为建设用地,而耕地利用等别为高等类型的耕地往往存在于区位等条件较好的地块,由此造成在此期间高等地面积大幅度减少;在 2010—2015 年,高等地和中等地面积均增加,在此期间严格的耕地数量、质量占补平衡政策以及土地整治工程的结果;在 2015—2018 年,3 种类型的耕地利用等别面积浮动较平稳,证明近年来黄河西岸陕西各县市耕地资源在数量及质量上基本平稳。总的来说,在 2005—2018 年,高等地和低等地成不同水平减少,减少率分别为 1.96%,0.31%,中等地面积略有增长,增长率为 0.24%。

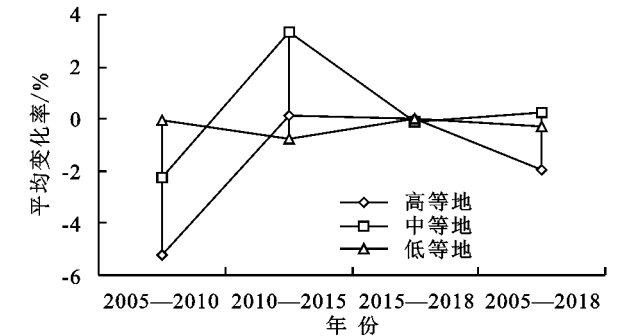


图 5 黄河西岸陕西各县市利用等耕地面积变化率

2.2.2 利用等别变化情况 运用面积加权平均法计算黄河西岸陕西各县市各地(市)2005 年、2010 年、2015 年、2018 年耕地利用等别,并对 4 个时间点求平均值,分析其利用等别及其变化情况,计算结果见表 3。

2005 年、2010 年、2015 年、2018 年,黄河西岸陕西各县市的耕地平均利用等变化较平稳,且呈现自南向北逐渐降低的分异规律。耕地利用等别最高为潼关县和大荔县,潼关县和大荔县处于关中渭河平原

区,自然资源匹配较好,土地平坦,土壤肥沃,光照充足,水热条件与水利化程度均较高;其次较高的为合阳县、韩城市、宜川县,该地区为渭北黄土旱塬区土层深厚、富含钾质,加之光照充足,昼夜温差大,雨热同季,因此耕地利用等别相对陕北地区较高;余下的地(市)耕地平均利用等为 13 等左右,由于分布在陕北黄土丘陵沟壑区和陕北长城沿线风沙区,土壤较贫瘠、热量较差,降水稀少,存在一定的生态脆弱性,耕地质量普遍较低。相比 2005 年耕地利用等别,2018 年延长县、延川县、宜川县、神木市、府谷县、绥德县、佳县、吴堡县、清涧县十个区域上属于陕北地区的地(市)耕地利用等别均有提升,这是由于近些年来陕北地区积极开展土地整治工程,并进行生态建设,提高了部分低等地的耕地质量。韩城市的平均耕地利用等有所提高,因韩城市是承担 2016 年耕地保护与质量提升项目的试点县、市之一,开展了耕地质量提质建设工程,对耕地利用等提升具有积极作用。而潼关县、大荔县、合阳县耕地利用等有不同程度降低。潼关县和大荔县地处关中地区,近年来开展城市建设占用优质耕地,补充一般耕地,造成耕地质量有所下降。总体来看,耕地平均利用等在空间分布上按照分等指标区大致可分为关中渭河平原区>渭北黄土旱塬区>陕北长城沿线风沙区、陕北黄土丘陵沟壑区。

表 3 黄河西岸陕西各县市耕地利用等别变化

地(市)	年份				平均值
	2005	2010	2015	2018	
潼关县	9.34	10.44	10.46	10.46	10.17
大荔县	8.23	8.90	8.89	8.89	8.73
合阳县	11.17	12.17	11.41	11.40	11.54
韩城市	11.83	11.59	10.70	10.71	11.21
延长县	13.70	12.98	12.98	12.98	13.16
延川县	13.88	13.81	13.81	13.81	13.83
宜川县	12.64	11.74	11.76	11.76	11.97
神木市	13.87	13.46	13.44	13.43	13.55
府谷县	13.95	13.85	13.85	13.84	13.87
绥德县	13.85	13.71	13.72	13.72	13.75
佳县	13.91	13.88	13.86	13.86	13.88
吴堡县	13.71	13.32	13.32	13.32	13.42
清涧县	13.94	13.91	13.92	13.92	13.92
黄河西岸陕西各县市	12.46	12.60	12.50	12.50	12.52

2.2.3 区位指数变化情况 利用耕地质量区位指数分析法,分析黄河西岸陕西各县市在 2005 年、2010 年、2015 年、2018 年的耕地质量聚集情况,计算结果见表 4。

结果显示,中、高等地主要分布在黄河西岸陕西南部各县市,而北部县市中、低等地聚集程度较高。从时间推移来看,南部县市耕地质量有所下降,北部

县市耕地质量提高。潼关县和大荔县的高等地和中等地的聚集程度较高,潼关县耕地利用等分布在 8—12 等,大荔县处于 6—11 等。这是由地理环境所致,关中平原的地势平坦、气候适宜,耕地质量较高。潼关县 2005 年 8 等地区位指数较高,2010 年、2015 年、2018 年 9 等地区位指数最高,再次证明了潼关县耕地质量有所下降;大荔县区位指数由 2005 年 7—10 等变为 2010 年、2015 年、2018 年的 6—11 等,高等地聚集程度较高,变化较平稳;合阳县 2005 年利用等分布在 10—12 等,11 等地区位指数最高,2015 年、2018 年 10 等地聚集度较高,但同时存在 13 等地;韩城市通过耕地保护及提质工程,区位指数向高等地聚集,耕地质量提高。延长县、延川县、宜川县、神木市、府谷县、绥德县、佳县、吴堡县、清涧县位于陕北地区,由于自然条件的限制,耕地质量普遍不高,耕地利用等区位指数聚集在中、低等地。

2.3 耕地质量重心迁移特征

将重心迁移模型运用到耕地质量重心迁移中,并结合优、高、中、低的耕地利用等别,计算 2005 年、2010 年、2015 年以及 2018 年不同质量类型的耕地重心坐标,分析黄河西岸陕西各县市耕地质量利用等的重心迁移轨迹,见图 6。

图中显示,2005 年、2010 年、2015 年、2018 年 4 个时期高等地和中等地耕地质量重心均向北迁移,低等地重心先向南,后向北迁移。高等地的重心在 2005 年、2010 年、2015 年、2018 年 4 个时期均在大荔县,大荔县地处关中平原,自然条件有利于农业种植,耕地质量高。其中,2005—2010 年,重心迁移幅度最大,经向向西移动 0.012 4°,纬向向北移动 0.012 6°,向西北方迁移。2010—2015 年,迁移幅度有所减小,经向向东移动 0.001 7°,纬向向北移动 0.003 8°,向东北方移动。2015—2018 年,重心迁移方向继续向东北方移动,经向移动 0.001 3°,纬向移动 0.002 8°。总的来说,2005—2018 年期间,高等地重心向东北方向迁移,经度移动 0.009 4°,纬度迁移 0.019 2°;中等地由 2005 年所在的合阳县经过 2010 年、2015 年、2018 年迁移至黄龙县,主要处于关中平原与陕北黄土高原地过渡地带,在 2005—2010 年迁移距离最大,经向向东移动 0.005 0°,纬向向北移动 0.401 1°。2010—2015 年以及 2015—2018 年迁移幅度均较小。总体来说,2005—2018 年中等地重心向东北方移动,经度迁移 0.010 6°,纬度迁移 0.397 0°;低等地重心在 2005 年处于佳县,2010 年迁移至米脂县,位于陕北地区。2015 年、2018 年再次转移至佳县,迁移主要发生在 2005—2010 年和 2010—2015 年内,2015—2018 年期间重心迁移量微小,2005—2018

年重心向东北方移动,经度迁移0.013 6°,纬度迁移0.001 1°。耕地质量的重心迁移是相对于整个研究区而言,由于近年来耕地占补平衡以及土地整治工程,

耕地重心处于不断迁移中,迁移幅度相对不大,且中等地重心坐标迁移量>低等地重心坐标迁移量>高等地重心坐标迁移量。

表 4 黄河西岸陕西各县市各地(市)耕地利用等别的区位指数

地(市)	年份	耕地利用等别								
		6	7	8	9	10	11	12	13	14
潼关县	2005	—	—	6.279	4.860	4.195	2.188	1.182	—	—
	2010	—	—	1.112	7.517	4.893	3.137	4.310	—	—
	2015	—	—	1.084	5.676	2.322	4.984	3.134	—	—
	2018	—	—	1.070	5.721	2.341	5.009	3.134	—	—
大荔县	2005	—	6.042	5.365	5.518	2.558	—	—	—	—
	2010	6.333	6.333	6.190	5.368	3.841	2.637	—	—	—
	2015	6.393	6.393	6.201	4.132	1.815	4.116	—	—	—
	2018	6.412	6.412	6.182	4.184	1.834	4.100	—	—	—
合阳县	2005	—	—	—	—	2.130	8.135	4.976	—	—
	2010	—	—	—	—	1.875	3.414	1.237	2.419	—
	2015	—	—	—	1.422	5.285	0.909	3.408	1.341	—
	2018	—	—	—	1.434	5.331	0.966	3.371	1.337	—
韩城市	2005	—	—	—	—	6.502	2.736	5.408	3.371	—
	2010	—	—	—	—	4.925	4.235	4.149	0.987	—
	2015	—	—	0.432	4.554	5.314	2.062	2.072	0.771	—
	2018	—	—	0.779	4.303	5.186	2.024	2.136	0.797	—
延长县	2005	—	—	—	—	—	—	0.034	2.734	1.234
	2010	—	—	—	—	—	0.112	0.371	4.024	0.038
	2015	—	—	—	—	—	0.151	0.265	4.558	0.036
	2018	—	—	—	—	—	0.152	0.256	4.561	0.036
延川县	2005	—	—	—	—	—	—	—	1.094	1.555
	2010	—	—	—	—	—	—	—	0.790	1.712
	2015	—	—	—	—	—	—	—	0.897	1.733
	2018	—	—	—	—	—	—	—	0.892	1.732
宜川县	2005	—	—	—	—	—	0.361	8.141	5.062	0.100
	2010	—	—	—	—	0.068	3.129	11.277	0.093	—
	2015	—	—	—	—	0.023	4.752	8.229	0.123	—
	2018	—	—	—	—	0.023	4.780	8.213	0.123	—
神木市	2005	—	—	—	—	—	—	0.032	1.137	1.544
	2010	—	—	—	—	—	—	1.878	1.316	1.205
	2015	—	—	—	—	—	—	1.462	1.483	1.204
	2018	—	—	—	—	—	—	1.500	1.476	1.198
府谷县	2005	—	—	—	—	—	—	—	0.466	1.676
	2010	—	—	—	—	—	—	0.245	0.494	1.827
	2015	—	—	—	—	—	—	0.184	0.585	1.838
	2018	—	—	—	—	—	—	0.193	0.583	1.834
绥德县	2005	—	—	—	—	—	—	0.071	1.315	1.506
	2010	—	—	—	—	—	—	0.525	0.945	1.567
	2015	—	—	—	—	—	—	0.359	1.067	1.592
	2018	—	—	—	—	—	—	0.329	1.068	1.594
佳县	2005	—	—	—	—	—	—	0.053	0.743	1.618
	2010	—	—	—	—	—	—	0.196	0.392	1.884
	2015	—	—	—	—	—	—	0.189	0.503	1.874
	2018	—	—	—	—	—	0.001	0.201	0.508	1.866
吴堡县	2005	—	—	—	—	—	—	—	2.666	1.250
	2010	—	—	—	—	—	0.014	0.080	2.827	0.688
	2015	—	—	—	—	—	0.022	0.055	3.205	0.692
	2018	—	—	—	—	—	0.017	0.061	3.204	0.691
清涧县	2005	—	—	—	—	—	—	—	0.539	1.662
	2010	—	—	—	—	—	—	0.060	0.342	1.927
	2015	—	—	—	—	—	—	0.004	0.388	1.959
	2018	—	—	—	—	—	—	0.004	0.384	1.957

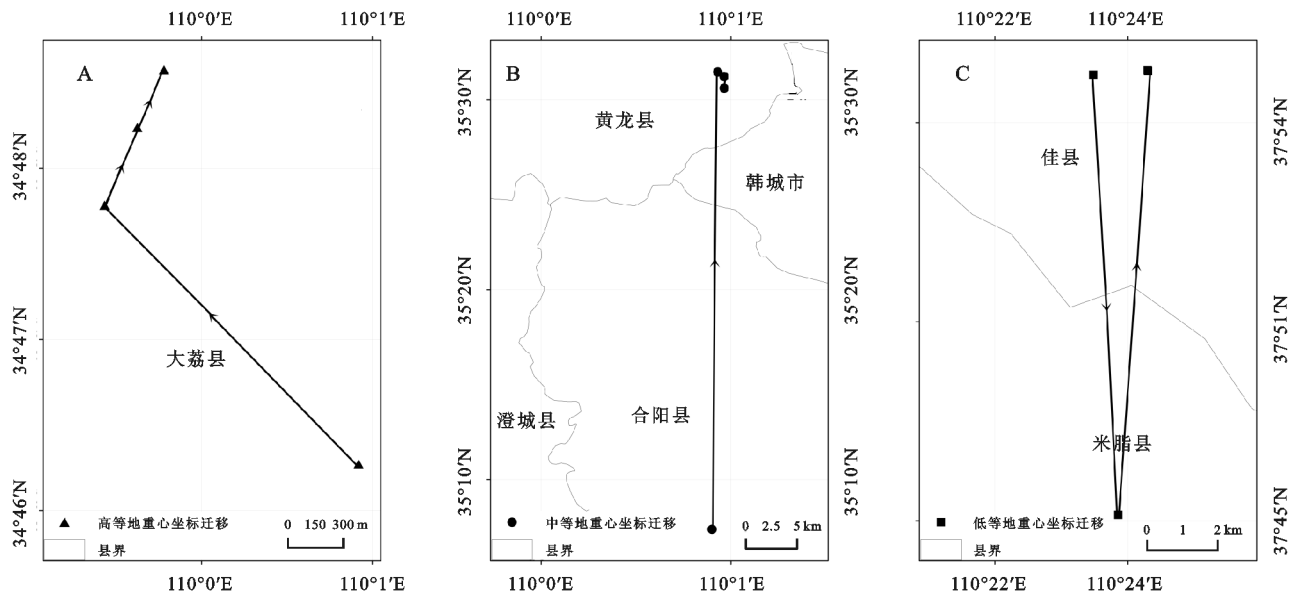


图 6 2005—2018 年黄河西岸陕西各县市耕地质量重心坐标迁移

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

黄河生态系统是一个有机整体,推动黄河流域生态保护与高质量发展,要注重保护和治理的系统性、整体性、协同性,仅从耕地数量及耕地质量两方面进行分析,忽略耕地生态特征,今后在耕地质量评价等研究中应构建生态评价指标模型,实现耕地三位一体保护,响应国家生态文明建设以及生态修复治理;针对耕地质量的时空分布特征进行研究,未来应补充驱动因素及耕地质量预测等方面,充分利用耕地等别空间分布来进一步研究流域范围耕地保护分区,为更加全面认识黄河流域耕地质量提供科学依据。

#### 3.2 结论

(1) 时间上,2005—2018 年黄河西岸陕西各县市耕地资源数量上表现下降趋势,质量上平均利用等别不高且变化不大。数量方面:年平均下降率为 5.86%,在 2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2018 年为先下降、后上升、再下降的变化态势,平均年变化率分别为 17.46%,3.58%,1.60%,耕地数量变化更加平稳;质量方面:2005 年、2010 年、2015 年、2018 年平均利用等别不高且变化不大,分别为 12.46,12.60,12.50,12.50。相比全国平均耕地利用等 9.96,黄河西岸陕西各县市耕地利用等处于较低水平,相比陕西省平均利用等 11.34,耕地利用等约低于省内一个等。

(2) 空间上,2005—2018 年黄河西岸陕西各县市耕地质量大致呈现自南向北逐渐降低的分异格局。区位指数角度:位于关中平原的潼关县和大荔县耕地利用等较高,为高等地的聚集区,但开展城市建设占

用优质耕地,补充一般耕地,造成耕地质量有所下降。陕北地区耕地质量较差,中、低等地的区位指数较高,由于积极开展土地整治工程耕地利用等别均有提升。重心迁移角度:高等地重心在 2005—2018 年期间处于大荔县,中等地重心由合阳县向黄龙县迁移,低等地重心由佳县迁向米脂县,再迁回佳县。且中等地重心坐标迁移量>低等地重心坐标迁移量>高等地重心坐标迁移量。

#### 参考文献:

- [1] Zhou D, Xu J C, Lin Z L. Conflict or coordination? Assessing land use multi-functionalization using production-living-ecology analysis[J]. Science of the Total Environment, 2017,577:136-147.
- [2] 徐辉,师诺,武玲玲,等.黄河流域高质量发展水平测度及其时空演变[J].资源科学,2020,42(1):115-126.
- [3] 毛汉英.“黄河流域高质量发展路径与资源生态保障”专辑序言[J].资源科学,2020,42(1):1-2.
- [4] 陶荣,孔雪松,陈翠芳,等.“二调”以来湖北省耕地变化的时空特征及其驱动因子识别[J].水土保持研究,2019,26(6):290-295.
- [5] 贾绍凤,梁媛.新形势下黄河流域水资源配置战略调整研究[J].资源科学,2020,42(1):29-36.
- [6] 赵阳,胡春宏,张晓明,等.近 70 年黄河流域水沙情势及其成因分析[J].农业工程学报,2018,34(21):112-119.
- [7] Lv M X, Ma Z G, Lv M Z. Effects of climate/land surface changes on streamflow with consideration of precipitation intensity and catchment characteristics in the Yellow River Basin [J]. Journal of Geophysical Research. Atmospheres, 2018,123(4):1942-1958.
- [8] 郑景云,文彦君,方修琦.过去 2000 年黄河中下游气候

- 与土地覆被变化的若干特征[J].资源科学,2020,42(1):3-19.
- [9] 马柱国,符淙斌,周天军,等.黄河流域气候与水文变化的现状及思考[J].中国科学院院刊,2020,35(1):52-60.
- [10] 李永乐,余小光.南水北调西线工程对黄河流域生态环境的影响分析[J].水土保持学报,2005,19(4):160-163,172.
- [11] 金凤君,马丽,许堞.黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断与优化路径识别[J].资源科学,2020,42(1):127-136.
- [12] 陈强,陈云浩,王萌杰,等.2001—2010年黄河流域生态系统植被净第一性生产力变化及气候因素驱动分析[J].应用生态学报,2014,25(10):2811-2818.
- [13] 姚子艳,张丽娟,唐世浩,等.20世纪80年代以来全球耕地变化的基本特征及空间格局(英文)[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017,27(7):771-785.
- [14] 谈明洪,李圆圆.1992-2015全球耕地时空变化(英文)[J]. Journal of Resources and Ecology, 2019,10(3):235-245.
- [15] 鄯文聚,吴克宁,张小丹.中国耕地健康问题及防治对策[J].中国发展,2019,19(4):34-37.
- [16] 孔祥斌,张蚌蚌,温良友,等.基于要素—过程—功能的耕地质量理论认识及其研究趋势[J].中国土地科学,2018,32(9):14-20.
- [17] 卫新东,王筛妮,员学锋,等.陕西省耕地质量时空变化特征及其分异规律[J].农业工程学报,2018,34(3):240-248.
- [18] 张志雷,孔祥斌,张青璞.京津冀鲁地区耕地等别空间分布特征研究[J].农业工程学报,2018,34(S1):230-237.
- [19] 钱凤魁,张靖野,王秋兵.东港市耕地质量空间相关性分析及驱动机制研究[J].土壤通报,2018,49(5):1048-1053.
- [20] 魏洪斌,吴克宁,赵华甫,等.中国中部粮食主产区耕地等别空间分布特征[J].资源科学,2015,37(8):1552-1560.
- [21] 周忠惠.气候变化对黄河流域陕西段的农业影响研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [22] 王玥.黄河流域陕西段古村落文化的保护与发展[D].西安:西安建筑科技大学,2016.
- [23] 刘光华,楼劲.黄河文化丛书·黄河人[M].兰州:甘肃人民出版社,2001:29.
- [24] 郭丽英, Di L P, Tian Q.2000—2015年京津走廊耕地和建设用变化监测研究(英文)[J]. Journal of Geographical Sciences, 2019,29(5):702-718.
- [25] 张青璞,孔祥斌,鄯文聚,等.重庆市国家级农用地分等汇总前后等别分布规律[J].农业工程学报,2010,26(10):297-303.
- [26] 朱传民,郝晋珉,陈丽,等.基于耕地综合质量的高标准基本农田建设[J].农业工程学报,2015,31(8):233-242.
- [27] 刘彦随,王介勇,郭丽英.中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J].中国农业科学,2009,42(12):4269-4274.
- [28] 胡存智.中国耕地质量等级调查与评定(全国卷)[M].北京:中国大地出版社,2010.

(上接第325页)

- [22] 李辉,周启刚,焦欢,等.基于TM影像的重庆市都市区NDVI时空变化特征[J].水土保持研究,2015,22(6):250-255.
- [23] 易丹,赵小敏,郭熙,等.基于生态敏感性评价和CA-Markov模拟的平原型城市开发边界划定:以南昌市为例[J].应用生态学报,2020,31(1):208-218.
- [24] 宋婷,李岱青,张林波,等.秦巴山脉区域生态系统服务重要性评价及生态安全格局构建[J].中国工程科学,2020,22(1):64-72.
- [25] 倪庆琳,侯湖平,丁忠义,等.基于生态安全格局识别的国土空间生态修复分区:以徐州市贾汪区为例[J].自然资源学报,2020,35(1):204-216.
- [26] 柏小玲,王兴友,柏小家.华蓥山(邻水段)生态系统服务功能重要性评价[J].江苏城市规划,2019(9):21-28.
- [27] 宋伟东.基于生态功能重要性和敏感性的安徽省生态安全格局构建[J].阜阳师范学院学报:自然科学版,2019,36(3):103-109.
- [28] 王晓玉,冯喆,吴克宁,等.基于生态安全格局的山水林田湖草生态保护与修复[J].生态学报,2019,39(23):8725-8732.
- [29] 倪庆琳,丁忠义,侯湖平,等.基于电路理论的生态格局识别与保护研究:以宁武县为例[J].干旱区资源与环境,2019,33(5):67-73.
- [30] 彭建,李慧蕾,刘焱序,等.雄安新区生态安全格局识别与优化策略[J].地理学报,2018,73(4):701-710.
- [31] 曾黎,杨庆媛,杨人豪,等.三峡库区生态屏障区景观格局优化:以重庆市江津区为例[J].生态学杂志,2017,36(5):1364-1373.
- [32] 陈利顶,傅伯杰,赵文武.“源”“汇”景观理论及其生态学意义[J].生态学报,2006,26(5):1444-1449.
- [33] 彭建,赵会娟,刘焱序,等.区域生态安全格局构建研究进展与展望[J].地理研究,2017,36(3):407-419.