

李魁明,王晓燕,姚罗兰.黄河流域农业绿色发展水平区域差异及影响因素[J].中国沙漠,2022,42(3):85-94.

黄河流域农业绿色发展水平区域差异及影响因素

李魁明^{1,2}, 王晓燕¹, 姚罗兰³

(1.首都师范大学 资源环境与旅游学院, 北京 100048; 2.防灾科技学院 应急管理学院, 河北 三河 065201;
3.北京农业职业学院 国际教育学院, 北京 100012)

摘要: 推进农业绿色发展,是推进农业高质量发展、农业农村现代化和实施乡村振兴战略的重大举措。从资源节约、环境友好、质量高效、乡村发展等4个方面构建评价体系,采用熵值法客观评价了2011—2019年黄河流域的农业绿色发展水平及各省区之间的差异,并运用地理探测器对影响黄河流域农业绿色发展水平空间分异的因素进行探测。结果表明:(1)2011年以来黄河流域九省区农业绿色发展取得了较好的成效,但仍存较大提升空间。资源节约指标得分远高于环境友好、质量高效和乡村发展指标。(2)从时间上看,2011—2019年黄河流域九省区的农业绿色发展水平都得到了较大提升。其中,青海省、甘肃省、宁夏回族自治区的年均增长率较高。从空间上看,2011—2019年,高值省区由1个增长到7个,低值省区由5个降至0个。(3)从流域整体差异来看,黄河流域农业绿色发展水平差异在不断缩小;从区域内部差异来看,下游和中游的内部差异较小,上游的内部差异较大但呈缩小趋势;(4)影响黄河流域农业绿色发展的主要因素有耕地复种指数、单位农业产值耗水量、节水灌溉面积占比、单位播种面积农业总产值、化肥施用强度、农村卫生厕所普及率、单位农业产值机械能耗、水土流失治理水平。

关键词: 黄河流域; 农业绿色发展; 区域差异; 地理探测器

文章编号: 1000-694X(2022)03-085-10

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2021.00170

中图分类号: F127

文献标志码: A

0 引言

推动黄河流域高质量发展,要坚持生态优先、绿色发展^[1]。绿色发展内含于高质量发展,绿色发展是高质量发展题中应有之义^[2]。黄河流域是中国重要的农业生产基地,推进农业绿色发展,对于巩固生态屏障地位,推进高质量发展具有重大现实意义。进入21世纪以来,黄河流域在农业快速发展的同时,付出了巨大的资源环境代价^[3],因此,加快推进农业绿色发展、不断提高农业绿色发展水平,成为破解黄河流域农业资源环境约束的现实需要。在此背景下,探讨黄河流域农业绿色发展的现状和流域各省区绿色发展水平差异,揭示影响黄河流域绿色发展水平的主要因素,为提升黄河流域高质量发展提供决策支持。

十八届五中全会提出五大发展理念以来,中国学者针对农业绿色发展水平的研究逐渐增多。从研究尺度上看,多在国家^[4-6]、省级^[7-11]等行政单元,

对流域尺度的研究较少;从研究内容来看,侧重于绿色发展水平的测度及时间变化,在空间差异和影响因子探讨方面分析不足;从指标构建上看,研究指标针对性不足,地域特色不够凸显。为此,以黄河流域为研究对象,结合黄河流域实际建立指标体系,动态评价黄河流域的农业绿色生产水平及各省区之间的差异,并运用地理探测器对影响黄河流域农业绿色发展水平空间分异的指标进行探测,以期在宏观上把握黄河流域农业绿色发展特征,为该区域农业绿色发展提供对策建议。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域概况

黄河干流全长5 464 km,流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东九省区,流域总面积79.5 km²(含内流区面积4.2万 km²)^[12]。黄河

收稿日期:2021-10-18; 改回日期:2021-11-02

作者简介:李魁明(1989—),男,湖北洪湖人,博士研究生,讲师,主要从事流域农业非点源研究。E-mail: 809927535@qq.com

通信作者:王晓燕(E-mail: wangxy@cnu.edu.cn)

流域是中国粮食生产的重点区,2019年,黄河流域九省区农作物播种面积占全国粮食播种面积的34.28%,粮食产量占全国粮食总产量的35.37%。因此,立足于主产区粮食生产,加快黄河流域绿色农业建设,可为国家粮食安全提供保障。

1.2 评价指标体系建立

已有研究虽然取得一定成果,但农业绿色发展评价指标体系不统一、指标体系地域适用性不强。综合以上分析,并参考已有研究构建的指标体系^[5-11],根据科学性、权威性、针对性和可操作性原则,选取资源节约、环境友好、质量高效、乡村发展等4个方面构建评价体系(表1)。

1.3 农业绿色发展水平测度

参考农业绿色发展测度的相关文献,本文使用熵权法^[13]确定指标的权重,然后计算出黄河流域九省区农业绿色发展水平。

数据标准化处理。因各指标单位量纲不统一,不具有可比性,因此对原始数据指标因子进行规范化处理。

$$\text{正向指标:} X_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{1}$$

$$\text{负向指标:} X_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{2}$$

式中: X_{ij} 表示省份*i*的第*j*个指标经过标准化处理后的值; x_{ij} 表示省份*i*的第*j*个指标值; x_{\max} 和 x_{\min} 分别表示第*j*个指标的最大值和最小值。

确定指标值在第*j*个指标下的比重 R_i 。

$$R_i = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}} \tag{3}$$

计算第*j*项指标的熵值 E_j 。

$$E_j = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i \ln R_i)}{\ln m} \tag{4}$$

计算第*j*项指标的差异系数 G_j 。

$$G_j = 1 - E_j \tag{5}$$

测算各指标的权重 W_j 。

$$W_j = \frac{G_j}{\sum_{j=1}^m G_j} \tag{6}$$

根据计算出的各指标权重,计算各省份农业绿色发展水平综合指数 P_i 。

$$P_i = \sum_{j=1}^m W_j \times X_{ij} \tag{7}$$

表 1 黄河九省区农业绿色发展水平评价指标体系及权重

Table 1 Evaluation index system and weight of agricultural green development level in nine provinces of Yellow River				
一级指标	二级指标	指标含义	指标类型	权重
资源节约	耕地复种指数	农作物播种面积/耕地面积	正向	0.096
	节水灌溉面积占比(%)	节水灌溉面积/耕地灌溉面积×100%	正向	0.032
	单位农业产值耗水量(t·万元 ⁻¹)	农业总用水量/农林牧副渔业总产值	负向	0.180
	单位农业产值机械能耗(kW·万元 ⁻¹)	农林牧副渔业总产值/农机总动力	负向	0.066
环境友好	化肥施用强度(kg·hm ⁻²)	化肥施用量/农作物播种面积	负向	0.026
	农药施用强度(kg·hm ⁻²)	农药施用量/农作物播种面积	负向	0.069
	农膜施用强度(kg·hm ⁻²)	农膜施用量/农作物播种面积	负向	0.057
	水土流失治理水平(%)	水土流失治理面积/国土面积	正向	0.061
质量高效	农业抗灾能力(%)	(受灾面积-成灾面积)/受灾面积×100%	正向	0.032
	单位播种面积农业总产值(万元·hm ⁻²)	农业总产值/主要农作物播种面积	正向	0.060
	单位面积绿色食品标识数量(个·万hm ⁻²)	绿色产品标识数量/耕地面积	正向	0.134
	农业劳动生产率(万元·人 ⁻¹)	农林牧渔业总产值/第一产业从业人员	正向	0.043
乡村发展	农村人均可支配收入(元)	农村人均可支配收入	正向	0.046
	农村医疗保障水平(人)	每千人乡村医生和卫生员数	正向	0.056
	农村卫生厕所普及率(%)	农村卫生厕所普及率	正向	0.043

1.4 农业绿色发展水平区域差异测度

采用Theil指数(T)计算黄河流域九省区区域间农业绿色发展差异,Theil指数可分解为组间差异与组内差异的不平等指数^[14]。

$$T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i / \bar{y}) \lg(y_i / \bar{y}) \quad (8)$$

式中: y_i 和 \bar{y} 分别为第 i 省的绿色发展水平和所有年份的绿色发展水平均值; N 为省份的数量,本文 N 为9。Theil指数越高,表示绿色发展水平的差异越大。将Theil指数分解为区域内的Theil指数(TWR)和区域间的Theil指数(TBR),以便考察黄河流域上游、中游、下游三大区域的差异,具体公式为:

$$T = TWR + TBR \quad (9)$$

$$TWR = \sum_{k=1}^3 y_k \lg \left(\frac{y_k}{N_k / N} \right) \quad (10)$$

$$TBR = \sum_{k=1}^3 y_k \sum_{i=1}^{N_k} \frac{y_i}{y_k} \lg \left(\frac{y_i / y_k}{1 / N_k} \right) \quad (11)$$

式中: K 为区域的数量,本文将黄河流域分为上游、中游、下游, $K=3$; y_i 与 y_k 为第 i 省与第 k 区域的绿色发展水平。 N_k 为第 k 区域的省份数量。Theil指数越高,表示绿色发展水平的差异越大。

1.5 影响因子分析

地理探测器是用来探测地理要素空间分异性、揭示地理要素背后影响因子的新方法^[15]。本文采用地理探测器对影响黄河流域农业绿色发展水平

空间分异的指标进行探测:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (12)$$

式中: q 为某因子对农业绿色发展水平空间分异的影响力; σ_h^2 和 σ^2 分别为评价单元和全区域农业绿色发展水平的方差; N 为研究区的评价单元数。 q 取值范围为 $[0, 1]$, q 值越大,该因子对农业绿色发展水平空间分异的影响越大。

2 数据来源与处理

考虑到数据的可获得性,本文基于2011—2019年的统计分析黄河流域九省区的农业绿色发展水平,使用的相关数据主要来自《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农业年鉴》《中国卫生健康统计年鉴》《中国绿色食品统计年报》以及黄河流域九省区的统计年鉴,个别缺失数据由平滑插值得出。

3 结果与分析

3.1 黄河流域农业绿色发展水平趋势

黄河流域农业绿色发展综合指数由2011年的0.480上升到2019年的0.609,累计增长0.129,年均增幅为1.61%(表2)。可见,2011年以来黄河流域九省区农业绿色发展取得了较好的成效,但仍存较大提升空间。

表2 2011—2019年黄河流域农业绿色发展指数

Table 2 Agricultural green development index of the Yellow River Basin from 2011 to 2019

指标	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
资源节约	0.250	0.256	0.259	0.264	0.267	0.280	0.281	0.284	0.288
环境友好	0.119	0.108	0.105	0.107	0.108	0.108	0.114	0.118	0.122
质量高效	0.058	0.067	0.082	0.083	0.085	0.094	0.091	0.103	0.117
乡村发展	0.052	0.056	0.063	0.068	0.074	0.077	0.080	0.081	0.082
综合指数	0.480	0.487	0.509	0.521	0.533	0.560	0.566	0.586	0.609

3.1.1 一级指标分析

从资源节约、环境友好、质量高效和乡村发展4个维度的总分来看,资源节约指标得分远高于环境友好、质量高效和乡村发展3个指标,表明黄河流域农业绿色发展需要补齐短板,在保持资源节约的同时加强农业面源污染治理、提高农业供给质量、加强乡村振兴。

从资源节约、环境友好、质量高效和乡村发展4个维度的发展趋势看,总体上得分呈现出上升的态势,但也并不完全一致。资源节约指标一直保持稳定增长态势,从2011年的0.250上升到2019年的0.288,累计增长0.037;环境友好指标先下降后上升,2013年下降至最低点之后逐步提升,2019年较2013年增长了0.017;质量高效指标增长率最高,

2011—2019 年年均增幅为 0.74%;乡村发展指标虽然处于平稳增长态势,但其贡献率最低。

3.1.2 二级指标分析

2011—2019 年,黄河流域农业绿色发展指数的各二级指标得分列于表 3。

资源节约的 4 个指标得分显示,农业资源利用

强度不断提高,其中,耕地复种指数得分在 2011—2016 年上升,之后呈稳定状态;农业节水灌溉面积占比得分自 2013 年以来不断提高;单位农业产值耗水量得分持续增长,单位农业产值机械能耗得分以 2016 年为界,前期得分在 0.04 左右,后期在 0.05 左右波动。

表 3 2011—2019 年黄河流域农业绿色发展二级指标得分

Table 3 Secondary index scores of agricultural green development in the Yellow River Basin from 2011 to 2019									
指标	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
耕地复种指数	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.045	0.044	0.044	0.044
节水灌溉面积占比	0.013	0.014	0.012	0.013	0.015	0.016	0.016	0.018	0.019
单位农业产值耗水量	0.161	0.163	0.165	0.167	0.168	0.169	0.169	0.171	0.172
单位农业产值机械能耗	0.036	0.038	0.040	0.040	0.040	0.051	0.051	0.051	0.053
化肥施用强度	0.013	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.012
农药施用强度	0.045	0.040	0.040	0.040	0.041	0.042	0.044	0.046	0.047
农膜施用强度	0.043	0.039	0.039	0.039	0.039	0.037	0.039	0.040	0.041
水土流失治理水平	0.018	0.019	0.016	0.018	0.018	0.019	0.020	0.021	0.022
农业抗灾能力	0.019	0.016	0.018	0.015	0.016	0.021	0.012	0.008	0.017
单位播种面积农业总产值	0.009	0.017	0.020	0.022	0.023	0.023	0.025	0.028	0.031
单位面积绿色食品标识数量	0.018	0.019	0.026	0.027	0.026	0.029	0.032	0.043	0.040
农业劳动生产率	0.013	0.015	0.018	0.019	0.020	0.021	0.023	0.025	0.029
农村人均可支配收入	0.006	0.009	0.014	0.017	0.019	0.022	0.025	0.028	0.032
农村医疗保障水平	0.031	0.030	0.031	0.031	0.031	0.030	0.030	0.027	0.024
农村卫生厕所普及率	0.015	0.017	0.019	0.020	0.023	0.026	0.026	0.026	0.026

环境友好的 4 个指标得分均呈现 U 型变化趋势,化肥、农药、农膜三大农业面源污染来源的施用量分别在 2014、2012 年和 2016 年达到峰值,表明黄河流域各省区“一控两减三目标”取得积极进展,但也要看到,黄河流域农业面源污染形势依然严峻,化肥、农药、农膜使用强度仍远高于国家平均水平和国际生态标准。2013 年以来水土流失治理水平得分稳步增长,表明流域省区水土保持工作越来越受重视,取得了一定成效。

质量高效 4 个指标中,单位播种面积农业总产值、单位面积绿色食品标识数量、农业劳动生产率 3 个指标的得分均稳定增长,农业抗灾能力得分波动较大,表明农业自然灾害仍然是制约中国农业高效发展的障碍因子。

乡村发展 3 个指标中,农村人均可支配收入得分呈现较高增长,2011—2019 年累计增长 133.59%;农村卫生厕所普及率得分在 2016 年后增长缓慢,黄

河流域农村人居环境整治还有待提升;农村医疗保障水平得分持续缓慢降低,乡村医生和卫生员数量持续减少,在乡村振兴战略背景下,乡村医疗保障水平值得关注。

3.2 黄河流域九省区农业绿色发展水平

3.2.1 时间序列

2011—2019 年黄河流域九省区的农业绿色发展水平都得到了较大提升(表 4)。其中,青海省、甘肃省、宁夏回族自治区的年均增长率较高。从增速来看,农业绿色发展呈现出黄河上游省区较快的特征。其中,青海省的农业绿色发展水平增长最快,从 2011 年的 0.407 提高到了 2019 年的 0.663,累计增长 0.256,年均提高 3.21%。而河南省的农业绿色发展最慢,年均增速为 1.23%。从综合指数上看,2011—2019 年山东省农业绿色发展水平综合指数均为最高,甘肃省均为最低,但综合指数差距在缩小。

表 4 黄河流域九省区 2011—2019 年农业绿色发展水平综合指数
Table 4 Comprehensive score of agricultural green development level
in nine provinces of the Yellow River Basin from 2011 to 2019

省(区)	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
山东省	0.608	0.604	0.654	0.689	0.674	0.707	0.716	0.735	0.749
河南省	0.543	0.561	0.554	0.566	0.586	0.592	0.599	0.610	0.641
山西省	0.418	0.424	0.450	0.460	0.451	0.502	0.519	0.533	0.556
陕西省	0.533	0.547	0.546	0.550	0.559	0.593	0.598	0.595	0.635
内蒙古自治区	0.417	0.428	0.456	0.456	0.484	0.522	0.511	0.539	0.555
宁夏回族自治区	0.315	0.358	0.327	0.367	0.332	0.428	0.477	0.498	0.519
甘肃省	0.253	0.275	0.274	0.284	0.308	0.339	0.396	0.441	0.467
青海省	0.407	0.381	0.449	0.531	0.514	0.556	0.569	0.599	0.663
四川省	0.524	0.552	0.578	0.587	0.607	0.609	0.625	0.650	0.677

2011 年山东省综合指数为 0.608, 甘肃省为 0.253, 相差 0.355; 2019 年山东省综合指数为 0.749, 甘肃省为 0.467, 相差 0.282。

3.2.2 空间格局

由于目前农业绿色发展水平等级没有统一的划分标准, 为了更直观地表达黄河流域九省区农业绿色发展水平, 将九省区 2011—2019 年农业绿色发展水平综合指数采用自然断点法划分为 3 个等级, 0.000—0.425 为低值区域, 0.426—0.547 为中值区域, 0.548—1.000 为高值区域, 选取 2011、2015 年和 2019 年, 绘制黄河流域九省区农业绿色发展水平分布图(图 1)。

2011 年, 黄河流域九省区农业绿色发展水平整体不高, 仅山东省为高值省区, 高值省区比例为 11.11%; 四川省、陕西省、河南省为中值省区, 中值省区比例为 33.33%; 青海省、甘肃省、宁夏回族自治区、内蒙古自治区和山西省为低值省区, 低值省区比例为 55.56%; 2015 年, 四川、陕西、河南省达到高值水平, 高值省区增加至 44.44%, 青海省、山西省和内蒙古自治区升为中值省区; 2019 年, 高值省区达到 7 个, 占比 77.78%, 宁夏回族自治区和甘肃省升为中值省区, 无低值省区。

山东省综合指数一直最高, 由 2011 年的 0.608 上升到 2019 年的 0.749, 得益于山东省在资源节约、质量高效和乡村发展得分高, 排名靠前, 2019 年 3 个指标分别为 0.311、0.203、0.125, 排名分别为第三、第二和第一, 但是环境友好得分较低, 排名第八。2011—2019 年, 山东省在农业面源污染治理取得了积极成效, 化肥施用强度由 439.25 kg·hm⁻² 降至

361.60 kg·hm⁻², 农药使用强度由 15.28 kg·hm⁻² 降至 11 kg·hm⁻², 农膜施用强度由 29.52 kg·hm⁻² 降至 24.23 kg·hm⁻²。

甘肃省综合指数一直最低, 但增加较快, 由 2011 年的 0.253 上升到 2019 年的 0.467, 年均增速 2.7%。甘肃省各项指标排名均较后, 农业基础薄弱, 资源环境约束强、农民增收乏力等问题严重制约甘肃省农业绿色发展, 需要以绿色可持续发展的理念和方式推动传统农业向现代农业转型。

3.2.3 一级指标比较

为了更加全面地分析黄河流域九省区的农业绿色发展状况, 选取 2019 年的一级指标进行分析, 用三维簇状图表示(图 2)。农业绿色发展水平测算是一个综合性评价指标体系, 单一指标的优良不代表其他方面领先, 从黄河流域九省区来看, 资源节约得分最高, 乡村发展得分最低, 环境友好和质量高效得分居中。

资源节约得分最高的是河南省, 最低的是宁夏回族自治区, 分别为 0.327 和 0.179。主要差距体现在耕地复种指数上, 河南省作为中国粮食主产区, 人口众多, 人均耕地较少, 农业集约化程度高, 土地利用强度大, 粮食复种指数高达 1.81; 宁夏回族自治区优势耕地面积所占比例不大, 高等级耕地面积在全区耕地总量的占比约为 29.9%^[16], 多山区且气候干旱, 复种潜力有限。

环境友好得分最高的是宁夏回族自治区, 最低的是甘肃省, 分别为 0.166 和 0.093。宁夏回族自治区农药施用强度最低, 为 1.91 kg·hm⁻², 水土

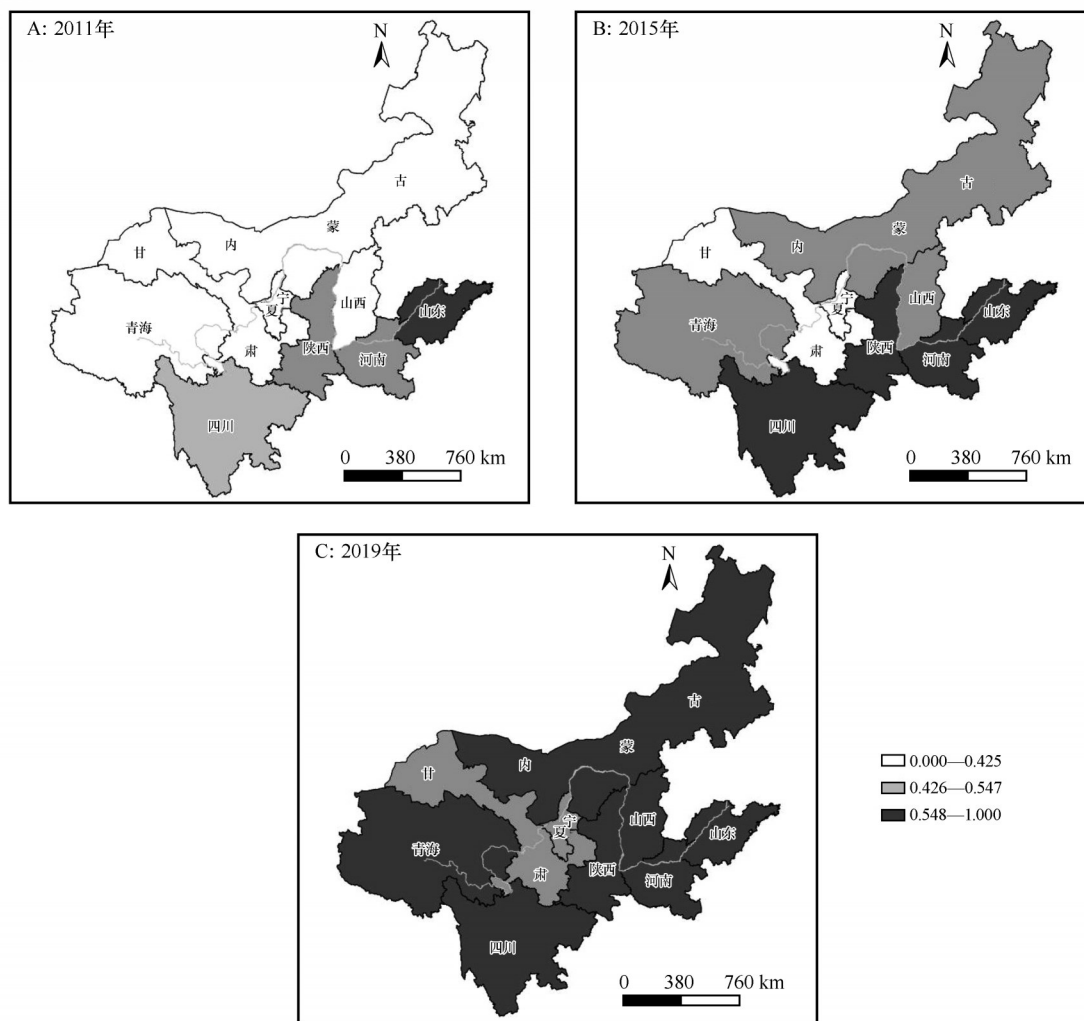
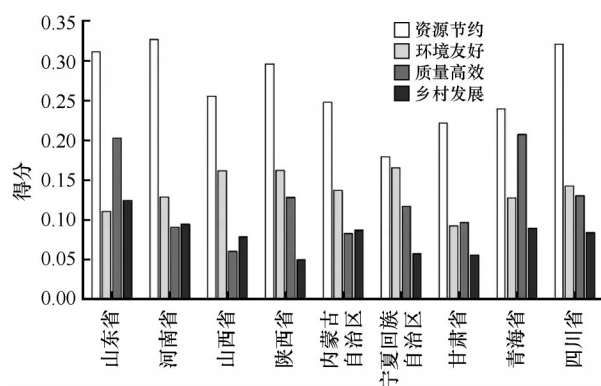


图1 黄河流域九省区农业绿色发展水平分布

Fig.1 Distribution of agricultural green development level in nine provinces of the Yellow River Basin

图2 2019年黄河流域九省区农业绿色发展一级指标得分
Fig.2 Scores of primary indicators of agricultural green development in nine provinces of the Yellow River Basin in 2019

流失治理面积比重大,为35.97%;甘肃省农膜施用强度为 $39.16 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,远高于其他省区。

质量高效得分最高的是青海省和山东省,得分最低的是山西省。青海省的单位耕地面积绿色产

品标识数量最高,为每万公顷3.5个,山东省农业劳动生产率最高,为 $5.85 \text{ 万元} \cdot \text{人}^{-1}$ 。山西省单位耕地面积绿色产品标识数量最低,为每万公顷0.4个,单位播种面积农业总产值和农业劳动生产率也处于较低水平。

乡村发展得分最高的是山东省,最低的是陕西省,分别为0.125和0.050。山东省农村人均可支配收入和农村卫生厕所普及率最高,分别为17 775.5元和92.34%,农村医疗保障水平也处于较高水平;陕西省农村卫生厕所普及率最低,为47.15%,农村人均可支配收入和农村医疗保障水平也处于较低水平,排名也比较靠后。虽然中华大地已全面实现小康社会,但是黄河流域各省之间发展仍然不平衡,部分地区农村基础设施仍需加强,农村人需环境仍需改善,农民福祉仍需增强,为区域农业绿色发展奠定坚实基础。

3.3 黄河流域九省区农业绿色发展水平区域差异

为便于比较黄河流域区域间农业绿色发展水平差异,参照王喜等^[17]的研究,将青海省、四川省、甘肃省、宁夏回族自治区、内蒙古自治区划分为黄河上游地区,将山西省、陕西省划分为黄河中游地区,将河南省、山东省划分为黄河下游地区。采用Theil指数对黄河流域各区域内农业绿色发展水平差异进行分析(图3)。

从流域整体差异来看,黄河流域农业绿色发展水平差异大致可以分为两个阶段:第一阶段(2011—2015年)是缓慢缩小阶段,农业绿色发展水平呈现波动下降的态势,从2011年0.281下降到2012年的

0.246,再上升到2013年的0.273,再下降到2014年的0.250,然后上升到2015年的0.251。第二阶段(2015—2019年)是快速缩小阶段,从2015年的0.251下降到2019年的0.086。整体上看,黄河流域各省区的农业发展水平区域差异在不断缩小,表明近年来黄河流域农业绿色发展取得了显著成效,主要原因是黄河流域各省区2015年以来深入贯彻五大发展理念,立足省区实际,积极落实国家要求,在农业资源保护与节约、农业生产方式绿色化转型、农业产地环境治理、农村人居环境改善等方面取得了明显进展,农业绿色发展能力明显增强,农业绿色发展水平明显提升。

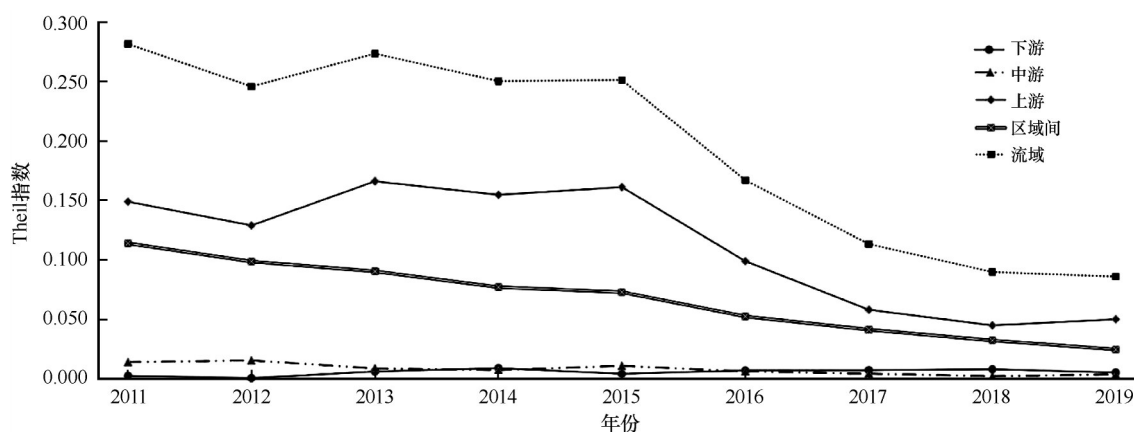


图3 2011—2019年黄河流域农业绿色发展水平 Theil 指数

Fig.3 Theil index of agricultural green development level in the Yellow River Basin from 2011 to 2019

从区域内部差异来看,下游和中游的内部差异较小,上游的内部差异较大,上游的内部差异变化趋势和流域整体差异变化趋势一致。下游的山东省和河南省两省均为中国粮食主产区,大力发展节水农业,两省在农业发展方面条件较相似,故农业绿色发展水平差异较小;中游的陕西省和山西省,分属黄河两岸,同处黄土高原,水土流失严重,农业绿色发展水平差异也较小。上游的五省区涉及到黄河流域水源涵养区、农牧交错区、黄灌区、水土流失区等不同特征的农业区,从农业绿色发展各项指标能看出明显的发展程度差异。

3.4 黄河流域九省区农业绿色发展水平影响因子

根据公式(12),选取2011、2015、2019年的农业绿色发展数据导入ArcGIS,运用自然断点法分为3类,然后导出为类型变量,再运用地理探测器,计算得到各省区农业绿色发展水平的影响因子结果(表5)。

不同维度、不同指标对黄河流域农业绿色发展水平的空间分布差异影响程度不同,资源节约的影响力远强于环境友好、质量高效和乡村发展指标,表明黄河流域农业资源节约与保育工作对流域农业绿色发展水平起到了非常重要的作用。

资源节约方面,4个指标的影响力均值强弱为耕地复种指数>单位农业产值耗水量>节水灌溉面积占比>单位农业产值机械能耗, q 值均大于0.25,解释力超过25%。耕地复种水平的提高对于粮食增产发挥着至关重要的作用,是保障粮食安全的重要举措^[18];黄河流域九省区水资源短缺严重、农业用水比重大,已严重制约高质量发展,需要在发展节水农业、继续提高节水灌溉面积比例、降低单位面积农业产值耗水量方面下功夫。

环境友好方面,4个指标的影响力均值强弱为化肥施用强度>水土流失治理水平>农膜施用强度>农药施用强度,其中前两指标 q 均值大于0.20,解释力超过20%;化肥的过量使用必然加剧农业面源污

表 5 黄河流域九省区农业绿色发展水平影响因子结果
Table 5 Results of influencing factors of agricultural green development
level in nine provinces of the Yellow River Basin

一级指标	二级指标	2011年 <i>q</i> 值	2015年 <i>q</i> 值	2019年 <i>q</i> 值	<i>q</i> 均值	排名
资源节约	耕地复种指数	0.286	0.422	0.370	0.359	1
	节水灌溉面积占比	0.299	0.274	0.315	0.296	3
	单位农业产值耗水量	0.384	0.309	0.334	0.342	2
	单位农业产值机械能耗	0.298	0.367	0.104	0.256	7
环境友好	化肥施用强度	0.393	0.223	0.207	0.274	5
	农药施用强度	0.015	0.021	0.006	0.014	15
	农膜施用强度	0.013	0.091	0.022	0.042	14
	水土流失治理水平	0.156	0.273	0.242	0.224	8
质量高效	农业抗灾能力	0.116	0.062	0.014	0.064	13
	单位播种面积农业总产值	0.362	0.258	0.256	0.292	4
	单位面积绿色食品标识数量	0.098	0.224	0.022	0.115	11
	农业劳动生产率	0.212	0.137	0.129	0.159	9
乡村发展	农村人均可支配收入	0.126	0.119	0.061	0.102	12
	农村医疗保障水平	0.178	0.138	0.124	0.147	10
	农村卫生厕所普及率	0.267	0.352	0.171	0.263	6

染,迫切需要采取有效方法控制河南、山东、陕西省单位面积的化肥施用量。黄土高原水土流失问题依然突出,2019年流域有近一半的水土流失面积尚未得到有效治理,在黄河流域高质量发展背景下,水土流失治理水平亟需提升^[19]。

质量高效方面,4个指标的影响力均值强弱为单位播种面积农业总产值>农业劳动生产率>单位面积绿色食品标识数量>农业抗灾能力,其中仅有单位播种面积农业总产值的*q*均值大于0.20,解释力超过20%。内蒙古自治区、山西省、宁夏回族自治区三省区需要改善农业种植结构,发展现代特色高效生态产业,提升农产品附加值。

乡村发展方面,3个指标的影响力均值强弱为农村卫生厕所普及率>农村医疗保障水平>农村人均可支配收入,其中仅有农村卫生厕所普及率的*q*均值大于0.20,解释力超过20%。改善农村人居环境,扎实推进农村厕所革命,为乡村振兴打下坚实基础。

4 结论

2011年以来黄河流域农业绿色发展取得了较好的成效,但仍存较大提升空间。从时间上看,

2011—2019年黄河流域九省区的农业绿色发展水平都得到了较大提升。其中,青海省、甘肃省、宁夏回族自治区的年均增长率较高。农业绿色发展水平综合指数增长呈现出黄河上游省区最快的特征。从空间上看,2011—2019年,高值省区的比例由1个增长到8个,低值省区由5个降至1个。

从整体差异来看,黄河流域各省区的农业发展水平差异在不断缩小,大致可分为两个阶段:第一阶段(2011—2015年)是缓慢缩小阶段,农业绿色发展水平呈现波动下降的态势。第二阶段(2015—2019年)是快速缩小阶段。从区域内部差异来看,下游和中游的内部差异较小,上游的内部差异较大,上游的内部差异变化趋势和流域整体差异变化趋势一致。

地理探测器结果表明,资源节约的影响力远强于环境友好、质量高效和乡村发展指标,其中耕地复种指数、单位农业产值耗水量、节水灌溉面积占比、单位播种面积农业总产值、化肥施用强度、农村卫生厕所普及率、单位农业产值机械能耗、水土流失治理水平是影响黄河流域农业绿色发展的主要因素。

农业绿色发展评价体系的构建尚处于不断完

善的过程中,部分指标因数据缺失、不可获取等原因未列入评价体系内,因此在今后研究中,该评价指标体系尚需补充完善。

在国家大力推进生态文明建设、推进黄河流域生态保护和高质量发展背景下,不断提升农业绿色生产水平,是现阶段乃至今后较长一段时间内黄河流域九省区农业农村发展的重中之重。根据评价结果,黄河流域农业绿色发展水平仍存较大提升空间,黄河流域农业绿色发展需要补齐短板,在保持资源节约的同时加强农业面源污染治理、提高农业供给质量、加强乡村振兴。针对区域差异,流域九省区应针对发展中的薄弱环节,因地制宜地制定相应的政策,及时进行改进,例如下游的山东省和河南省应降低农业面源污染,中游的陕西省和山西省加大水土流失治理力度,上游的省区在加强生态保护的同时提高发展效率。

参考文献:

- [1] 周成,张旭红,张倩,等.黄河流域“五位一体”综合评价体系建构与空间差异研究[J].中国沙漠,2021,41(4):1-11.
- [2] 苟兴朝,张斌儒.黄河流域乡村绿色发展:水平测度、区域差异及空间相关性[J].宁夏社会科学,2020(4):57-66.
- [3] 李谷成,陈宁陆,闵锐.环境规制条件下中国农业全要素生产率增长与分解[J].中国人口·资源与环境,2011,21(11):153-160.
- [4] 魏琦,张斌,金书秦.中国农业绿色发展指数构建及区域比较研究[J].农业经济问题,2018(11):11-20.
- [5] 金赛美.中国省际农业绿色发展水平及区域差异评价[J].求索,2019(2):89-95.
- [6] 巩前文,李学敏.农业绿色发展指数构建与测度:2005-2018年[J].改革,2020(1):133-145.
- [7] 贾云飞,赵勃霖,何泽军,等.河南省农业绿色发展评价及推进方向研究[J].河南农业大学学报,2019,53(5):823-830.
- [8] 奉梅.四川省绿色农业发展区域特征及评价[J].中国农业资源与区划,2019,40(1):42-47.
- [9] 高健,葛子豪.江苏省农业绿色发展水平区域差异及趋势分析[J].中国农业资源与区划,2020,41(12):14-22.
- [10] 靖培星,赵伟峰,郑谦,等.安徽省农业绿色发展水平动态预测及路径研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(10):51-56.
- [11] 戴鹏.青海省绿色发展水平评价体系研究[J].青海社会科学,2015(3):170-177.
- [12] 杨洁,谢保鹏,张德罡.黄河流域生境质量时空演变及其影响因素[J].中国沙漠,2021,41(4):12-22.
- [13] 赵会杰,于法稳.基于熵值法的粮食主产区农业绿色发展水平评价[J].改革,2019(11):136-146.
- [14] 马颖忆,陆玉麒.基于变异系数和锡尔指数的中国区域经济发展差异分析[J].特区经济,2011(5):273-275.
- [15] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- [16] 李霞.宁夏土地资源保护的现实困境及改进策略[J].资源节约与环保,2020(8):24-25.
- [17] 王喜,秦耀辰,鲁丰先,等.黄河中下游地区主要省份低碳经济发展水平的时空差异研究[J].地理科学进展,2013,32(4):505-513.
- [18] 谢花林,刘桂英.1998-2012年中国耕地复种指数时空差异及动因[J].地理学报,2015,70(4):604-614.
- [19] 牛玉国,王煜,李永强,等.黄河流域生态保护和高质量发展水安全保障布局 and 措施研究[J].人民黄河,2021,43(8):1-6.

Regional differences and driving factors of agricultural green development level in the Yellow River Basin

Li Kuiming^{1,2}, Wang Xiaoyan¹, Yao Luolan³

(1. College of Resources, Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China; 2. College of Emergency Management, Institute of Disaster Prevention, Sanhe 065201, Hebei, China; 3. International Education College, Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 100012, China)

Abstract: Promoting agricultural green development is an important measure to promote high-quality agricultural development, agricultural and rural modernization and to implement the strategy of rural development. This paper constructs an evaluation system from four aspects: resource saving, environment friendly, quality and efficiency, and rural development. The entropy method was used to objectively evaluate the agricultural green production level and the differences between provinces in the Yellow River Basin from 2011 to 2019, and the geodetector was used to detect the factors affecting the spatial differentiation of agricultural green development level in the Yellow River Basin. The results show that: (1) The agricultural green development in the nine provinces of the Yellow River Basin has achieved good results since 2011, but there is still room for improvement. The score of resource conservation index is much higher than that of environment friendly, quality and efficiency and rural development. (2) In terms of time, the level of agricultural green development in the nine provinces of the Yellow River Basin has been greatly improved from 2011 to 2019. Among them, Qinghai, Gansu and Ningxia have the highest annual growth rates. Spatially, from 2011 to 2019, the high-value provinces increased from 1 to 7, and the low-value provinces decreased from 5 to 0. (3) From the overall difference of the basin, the difference of agricultural green development level in the Yellow River Basin is shrinking. From the regional internal difference, the internal difference between the downstream and the upstream is small, and the internal difference between the upstream is large but tends to shrink. (4) The main factors affecting the agricultural green development in the Yellow River Basin are multiple cropping index of cultivated land, water consumption per unit agricultural output value, proportion of water-saving irrigation area, total agricultural output value per unit sowing area, fertilizer application intensity, rural toilet penetration rate, mechanical energy consumption per unit agricultural output value, and soil erosion control level. The results of this study have practical reference significance for the green development of agriculture in the Yellow River Basin.

Key words: Yellow River Basin; agricultural green development; regional differences; geodetector