

引用格式: 杨华, 芮旻, 李炬霖, 等. 陕西省农业现代化水平时空特征及障碍因素[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 172-183. [Yang H, Rui Y, Li J L, et al. Spatiotemporal characteristics of agricultural modernization level and obstacles in Shaanxi Province[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 172-183.] DOI: 10.18402/resci.2020.01.17

陕西省农业现代化水平时空特征及障碍因素

杨 华¹, 芮 旻^{1,2}, 李炬霖¹, 李同昇^{1,2}

(1. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127; 2. 陕西省情研究院, 西安 710127)

摘 要:通过构建县域层面农业现代化水平评价指标体系, 基于Theil指数、Wolfson极化指数及障碍度模型等方法揭示陕西省农业现代化水平时空格局演变特征及障碍因素。结果表明: ①2003—2017年陕西省农业现代化水平整体经历“上升(2003—2009年)—稳定(2010—2014年)—下降(2015—2017年)”演进过程; ②Theil指数和Wolfson极化指数整体呈缓慢上升趋势, 区域内部不均衡性是陕西省农业现代化水平区域差异不断扩大的主要原因, 其平均贡献率达86.81%; ③陕西省农业现代化水平呈现“中部高, 南北低”的时空分布格局, 关中渭北旱原、宝鸡市和榆林市北部区县是农业现代化水平高值区和热点地区, 且高值区沿主要河流分布以及向三大地理区域过渡地带扩展的趋势明显; ④质量效益是陕西省农业现代化水平的最大准则层障碍因素, 年平均障碍度为41.58%, 设施农业发展水平、劳均经济作物产出以及畜产品产出水平是主要障碍因子。最后, 针对陕西省农业现代化发展突出问题, 结合黄河流域农业高质量发展战略需求提出相关对策建议。

关键词: 农业现代化; 时空格局; 区域差异; 障碍度; 陕西省

DOI: 10.18402/resci.2020.01.17

1 引言

农业的根本出路在于实现现代化, 农业现代化是国家现代化的重要基础和关键组成部分, 是践行新发展理念和推动农业高质量发展的必由之路。进入新世纪以来, 中国农业现代化发展取得长足进步, 但与世界农业现代化先进水平国家相比仍存在较大差距, 农业现代化进程长期滞后于工业化和城镇化, 发展的不平衡不充分矛盾突出^[1,2]。自2004年以来中央一号文件连续16年聚焦三农问题, 表明党中央对农业、农村和农民问题的重视程度。经济新常态背景下, 2014年中央经济工作会议进一步明确农业发展质量效益、竞争力、科技创新和可持续发展能力的提升对于转变农业发展方式, 实现农业现代化发展的重要性。2018年中央发布的《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》更是将农业现代化发展作为实现乡村振兴的重要抓手。因此, 科学分析农

业现代化的发展水平与趋势、格局与过程以及内在制约因素, 对于准确把握区域农业现代化发展现状、内在规律以及优势与短板具有重要作用。

农业现代化最早可以追溯到美国农业经济学家舒尔茨于20世纪60年代提出的“传统农业改造论”^[3]。随着环境破坏和资源短缺日益加剧, 农业现代化的研究重点向变革农业生产关系、提高农业产出质量和效益以及农业科技创新等方向转变^[4]。一般来说, 农业现代化是现代农业生产、发展、成熟和转型过程, 是农业生产要素的选择、创新、扩散和退出过程, 包括农业发展模式转变、质量效益提高、农民生活质量改善以及农业可持续发展等^[1,4]。进入新世纪以来, 农业现代化发展水平的定量评价和分析成为农业现代化研究的重要内容^[5]: ①科学合理构建评价指标体系是农业现代化水平评价研究的核心内容, 多数研究选择从农业投入、农业产出、

收稿日期: 2019-12-06 修订日期: 2019-12-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771129); 陕西省社会科学基金项目(2015D055)。

作者简介: 杨华, 男, 四川达州人, 硕士研究生, 从事人文地理学研究。E-mail: yanghua@stumail.nwu.edu.cn

通讯作者: 李同昇, 男, 陕西岐山人, 教授, 博士生导师, 博士, 从事经济地理与区域发展研究。E-mail: leetang@nwu.edu.cn

2020年1月

农村社会发展和农业可持续发展4个维度构建评价指标体系^[6-9]。②研究方法和模型日益多样化,德尔菲法和层次分析法相结合的多指标综合评价法^[4,6-8]和熵权法^[10,11]是最常用的农业现代化水平评价方法之一;此外,因子障碍度^[7,9]、面板回归模型^[12]、探索性空间数据分析法^[11]等方法模型的使用在农业现代化水平时空格局和影响因素研究中日益广泛。③从研究内容看,一是关注不同空间尺度的农业现代化水平测度,如不同学者测度了国家层面^[6]、省域尺度^[8,13]、市域尺度^[11]和县域尺度^[14]的农业现代化水平;二是分析区域农业现代化水平时空格局演化与影响因素,如龙冬平等^[6]分析中国省域尺度农业现代化水平时空格局并将中国农业现代化水平划分为五大类型区,于正松等^[12]分析陕甘宁地区农业现代化水平时空格局演变特征及其影响因素;三是农业现代化水平与工业化、城镇化、信息化和绿色化水平的协调耦合度研究^[2,15]。

综上,现有农业现代化研究多着眼于省域或市域尺度,研究结果具有宏观概括性,而更能体现农业现代化发展个体差异性的县域单元则较少被使用。已有研究多使用时间截面数据分析农业现代化水平时空格局,或从区域整体分析农业现代化时间趋势或发展阶段,时空尺度统一性较弱^[11]。但农业现代化具有长期性、动态性和可逆性等特点^[1],兼顾时空尺度的统一能够挖掘农业现代化水平的长期动态变化特征及空间异质性特征。除此之外,农业是与自然条件结合最紧密的产业部门,自然地理条件直接影响区域农业现代化发展的水平、格局和路径等,但现阶段关注自然本底条件影响区域农业现代化格局与过程的文献则较少。因此,本文以地处黄河中游地区的陕西省为研究区域,基于2003—2017年县域尺度时空面板数据,通过构建农业现代化评价指标体系,测算陕西省县域单元的农业现代化水平,分析“高原—平原—山地”地貌分异影响下的省域及各地貌区农业现代化水平时空格局和区域差异,并对其主要障碍因子进行诊断,以期对陕西省以及整个黄河流域农业现代化的路径选择和政策制定提供科学依据。

2 数据来源与研究方法

2.1 区域概况与数据来源

本文以陕西省107个县(区、县级市)为空间分

析单元,参照《陕西基本地理省情(2011)》的地理区域划分,考虑水文和地貌2个自然要素以及行政区划完整性,将研究区划分为三大地理区域:陕北黄土高原区、关中平原区和陕南秦巴山区(图1)。其中,陕北黄土高原区包含27个县级行政单元,面积约8.21万km²,平均海拔1224m,平均坡度17°,农业产业以杂粮干果和畜禽业为主;关中平原区包含51个县级行政单元,面积约5.03万km²,平均海拔963m,平均坡度14°,农业产业以粮食、果蔬以及奶畜业为主;陕南秦巴山区包含29个县级行政单元,面积约7.32万km²,平均海拔1130m,平均坡度27°,农业产业以粮食和林特产业为主。

统计数据均来源于《陕西统计年鉴》(2004—2018)、《陕西区域统计年鉴》(2012—2018)以及《陕西年鉴》(2004—2018),2015—2017年非农业人口及2003—2004年粮食播种面积数据缺失,采用线性插值法进行插补。采用居民消费价格指数(CPI)对产值与收入指标以2003年为基期做不变价处理以消除价格变动影响,归一化植被指数来源于中国科

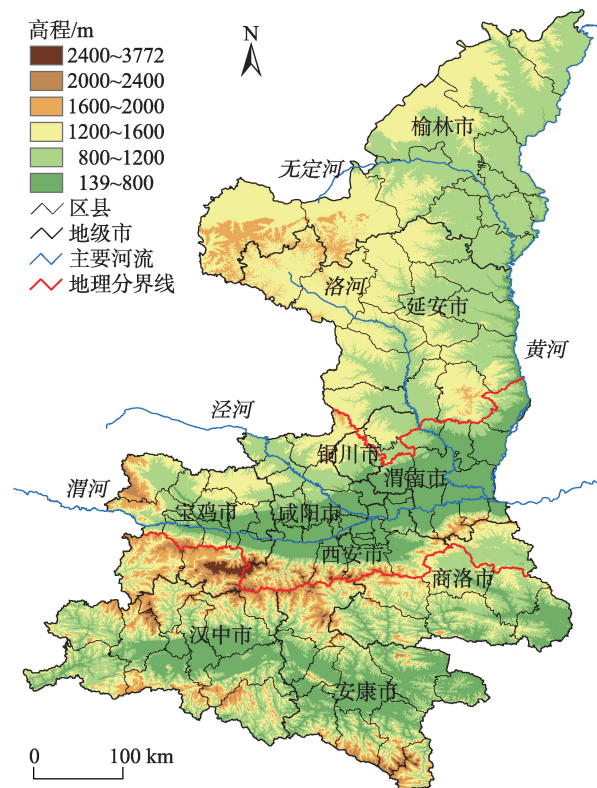


图1 陕西省区域概况

Figure 1 The study area Shaanxi Province

学院资源环境科学数据中心 (<http://www.resdc.cn/>)。县级行政区划矢量数据来源于全国地理信息资源服务目录系统 (<http://www.webmap.cn/>) 1:100万基础地理信息数据,整体现势为2015年,且对县级矢量边界中存在的飞地现象做合并处理以确保空间分析准确性。

2.2 研究方法

2.2.1 农业现代化评价指标体系构建

当前农业现代化水平评价研究较多,但尚未形成较为完善统一的评价指标体系^[4],虽然较多文献基于农业投入、产出、农村社会发展及可持续性4个维度构建指标体系^[6,7],但限于分析尺度、研究重点和数据可得性等因素,其具体指标设置各有异同^[5,12]。农业现代化水平评价指标应反映区域农业发展的前进方向、目标及存在的问题等^[4]。推进果业和畜牧业等特色产业发展是陕西省推动农业现代化、提高农业发展质量效益和解决农产品供需结构性矛盾的前进方向,在遵循农业现代化水平评价基本维度和指标基础上,将产业结构性指标纳入农业现代化水平评价指标体系能够反映陕西省农业产业结构调整诉求。基于此,综合考虑已有农业现代化研究成果和陕西省农业发展区域特点,遵循指

标选取的可获得性、综合性和可比性等原则,采用多指标综合评价法构建产业结构、要素投入、质量效益和可持续发展4个维度,涵盖17项具体指标的陕西省县域农业现代化水平评价指标体系(表1)。

评价指标体系中,产业结构准则层主要反映农业产业发展体量、粮食安全和农业产业结构调整方向等,选用农林牧渔业增加值等4项指标;改善农业生产条件,提高农业要素投入利用率是农业现代化的基本要求,使用农林牧渔中间投入等4项指标反映农业生产过程中资源投入情况;农业现代化的核心导向是农业生产提质增效,使用劳动生产率等6项指标衡量农业产出质量与效益水平和农业发展成果共享性,并考虑支柱产业的质量效益;陕南秦巴山区和关中地区耕地保有量以及陕北黄土高原区生态环境脆弱是陕西省农业现代化可持续发展的重要问题,选用耕地保有量等3项指标衡量农业现代化发展潜力、绿色性和可持续发展程度。

2.2.2 熵值法

熵值法根据指标间观测值的信息熵大小来确定指标权重,其计算简便易得且避免人为因素对权重确定的影响,计算过程详见参考文献^[16]。本文采用熵值法计算农业现代化水平评价指标权重,首先

表1 农业现代化水平评价指标体系

Table 1 Comprehensive evaluation index system of agricultural modernization

准则层	指标层	指标解释	权重	属性
产业结构	农林牧渔业增加值	X_1 农林牧渔业增加值(万元)	0.09	+
	粮食生产能力	X_2 粮食总产量(t)	0.02	+
	经济作物产出比重	X_3 主要经济作物产量(油料、棉花、蔬菜、水果)/农产品总产量(%)	0.09	+
	畜产品产出比重	X_4 主要畜产品产量(肉类、禽蛋、奶类)/农产品总产量(%)	0.02	+
要素投入	农林牧渔业中间投入	X_5 农林牧渔业总产值-农林牧渔业增加值(万元)	0.09	-
	农业机械化水平	X_6 农业机械总动力(kW)	0.10	+
	设施农业发展水平	X_7 农用塑料薄膜使用量/耕地总面积(t/hm^2)	0.02	+
	耕地复种率	X_8 粮食播种面积/耕地总面积(hm^2/hm^2)	0.07	+
质量效益	农业劳动生产率	X_9 农林牧渔总产值/农业人口(万元/每人)	0.04	+
	农业土地产出率	X_{10} 农林牧渔总产值/耕地总面积(万元/ hm^2)	0.05	+
	地均粮食产出	X_{11} 粮食总产量/粮食播种面积(t/hm^2)	0.02	+
	劳均经济作物产出	X_{12} 主要经济作物产量(油料、棉花、蔬菜、水果)/农业人口($t/每人$)	0.13	+
	劳均畜产品产出	X_{13} 主要畜产品产量(肉类、禽蛋、奶类)/农业人口($t/每人$)	0.11	+
	农村居民收入水平	X_{14} 农村居民人均纯收入(元)	0.02	+
可持续发展	耕地保有量	X_{15} 常用耕地面积(hm^2)	0.08	+
	化肥施用量	X_{16} 化肥施用量/耕地总面积(t/hm^2)	0.01	-
	植被覆盖率	X_{17} 归一化植被指数	0.02	+

注:属性“+”表示正向指标;属性“-”表示负向指标。

2020年1月

对原始数据进行极值标准化处理以消除量纲差异的影响,然后利用熵值法对2003—2017年指标均值计算总体指标权重以满足时间序列可比性,最后将标准化指标值进行加权求和计算农业现代化水平值。指标标准化公式为:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad \text{正向指标} \quad (1)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad \text{负向指标} \quad (2)$$

式中: x'_{ij} 和 x_{ij} 分别为区县 i 的第 j 项指标标准化值和原始值; x_{\max} 和 x_{\min} 分别表示第 j 项指标的最大值和最小值。

2.2.3 泰尔指数

泰尔指数能够测算地区间不平等度且具备可分解特性^[17],因此使用泰尔指数测度陕西省及三大地理区域农业现代化水平区域差异,其计算公式为:

$$T_{WR} = \sum_{i=1}^{n_b} T_i \ln \left(n_b \frac{T_i}{T_b} \right) + \sum_{i=1}^{n_z} T_i \ln \left(n_z \frac{T_i}{T_z} \right) + \sum_{i=1}^{n_s} T_i \ln \left(n_s \frac{T_i}{T_s} \right) \quad (3)$$

$$T_{BR} = T_b \ln \left(T_b \frac{n}{n_b} \right) + T_z \ln \left(T_z \frac{n}{n_z} \right) + T_s \ln \left(T_s \frac{n}{n_s} \right) \quad (4)$$

$$Theil = \sum_{i=1}^n T_i \ln(n T_i) = T_{WR} + T_{BR} \quad (5)$$

式中: T_{WR} 为三大区域组内差异, T_{BR} 为三大区域组间差异; n 为区县数; n_b 、 n_z 、 n_s 分别为陕北、关中和陕南的区县数; T_i 为区县 i 的农业现代化水平与陕西省县域平均值的比值; T_b 、 T_z 、 T_s 分别为陕北、关中和陕南的农业现代化水平与陕西省县域平均值之比。

2.2.4 Wolfson 极化指数

与泰尔指数对上层群体差异敏感的特质不同, Wolfson 极化指数能够解释系统内部由于中层群体的变化所引起的上层和下层群体数量比例变化的两极分化现象^[18,19]。本文使用 Wolfson 极化指数测度陕西省及三大地理区域县域农业现代化的空间极化现象,其计算公式为:

$$W = 2 \left\{ 2[0.5 - \text{Lorenz}(p=0.5)] - \text{Gini} \right\} \frac{\mu}{\text{median}} \quad (6)$$

式中: W 为 Wolfson 极化指数,其取值为0到1之间,值越大表示区域农业现代化两级分化程度越高,反之越小; median 为县域农业现代化水平中位数; μ 为

县域农业现代化水平均值; Gini 为基尼系数; $\text{Lorenz}(p=0.5)$ 为占区县总数 50% 的农业现代化低水平区县数值总和。Wolfson 极化指数的大小不是由基尼系数唯一决定,其趋势与泰尔指数不一定完全相同^[18]。

2.2.5 障碍度模型

使用障碍度模型分析子指标对系统整体的负向贡献程度,即子指标对陕西省农业现代化水平的阻碍和制约程度。引入因子贡献度 F_{ij} 、指标偏离度 I_{ij} 和子指标障碍度 y_{ij} 和准则层障碍度 Y_j 计算陕西省农业现代化各子指标和准则层指标的因子障碍度^[20,21],计算公式为:

$$y_{ij} = F_{ij} I_{ij} / \sum_{i,j=1}^m F_{ij} I_{ij} \quad (7)$$

$$Y_j = \sum_{i,j=1}^m y_{ij} \quad (8)$$

式中: F_{ij} 为第 j 准则层第 i 个指标权重; $I_{ij} = 1 - r_{ij}$, r_{ij} 为标准化指标值; y_{ij} 为第 j 准则层第 i 个指标障碍度; Y_j 为第 j 准则层障碍度。

3 结果分析

3.1 农业现代化水平时序变化特征

2003—2017年陕西省县域农业现代化水平整体呈现“两节点、三阶段”的时间格局(图2)。大致以2010年和2015年为时间节点,将陕西省农业现代化水平趋势划分为“提高—稳定—下降”3个阶段。2003—2009年为波动上升阶段,农业现代化水平从0.246提高到0.263,年均增速1.22%,这得益于十一五时期国家宏观经济高速发展大背景下,调整产业结构和增加农业投入等一系列促增长政策对

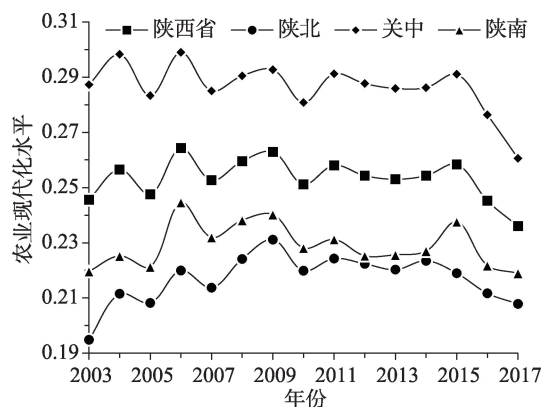


图2 2003—2017年陕西省农业现代化水平时序变化

Figure 2 Temporal change of agricultural modernization level in Shaanxi Province, 2003-2017

陕西省农业现代化的推动作用。2010—2014年陕西省农业现代化水平处于稳定向前态势,增长趋势不明显,农业现代化水平维持在0.254左右,其原因一方面受“十二五”时期宏观经济增速放缓以及农业“稳增长调结构”指导方针对陕西省整体农业现代化进程的影响,另一方面在于农业发展政策的刺激作用减弱,产业结构调整趋于稳定,农业发展的大环境趋于理性。2015—2017年陕西省农业现代化水平处于下降阶段,从2015年的0.258下降到2017年的0.236,同比下降8.66%,这反映了当前经济新常态下中国经济增速放缓对农业现代化相关涉农指标产生的负向影响,如何在新形势和新背景下破解农业现代化发展难题是陕西省推动农业现代化和农业高质量发展面临的紧迫问题。

从地理区域来看,关中平原区农业现代化水平最高,其多年均值为0.286,高出陕西省平均水平13.05%。其时间走势与陕西省平均水平高度类似,其原因在于关中平原地势平坦,适宜机械化操作,土地肥沃,农产品产出高,关中平原区的农业现代化引领陕西省整体农业现代化发展水平。陕南和陕北地区是国家层面的限制开发区和重点生态功能区,区域农业现代化水平均值分别为0.229和0.217,仅达到关中平原地区的80.01%和75.72%,表明自然地理条件对区域农业现代化的深刻影响。2003—2009年陕南和陕北的农业现代化均值波动上升趋势明显,年均增速为1.62%和2.96%,表明这一时期由于农业生产要素的加大投入和产业结构的调整——如陕南地区大力发展茶叶、生猪养殖和

中药材等林下经济,陕北地区重点发展小杂粮、苹果和奶畜等产业,地区农业现代化水平不断提高。

3.2 农业现代化水平区域差异

3.2.1 农业现代化水平的县域差异性分析

使用泰尔指数测度陕西省农业现代化水平区域差异(图3)。2003—2017年陕西省农业现代化的区域差异大致以2006年为界呈现先减小再扩大趋势,2003—2006年泰尔指数从2003年的0.067下降到2006年的0.056,同比下降16.17%,表明随着陕西省农业现代化水平的整体提升,县域发展差异也在缩小;2007—2017年泰尔指数持续缓慢上升,上升幅度为19.34%,年均上升速率1.56%,表明虽然这一期间陕西省农业现代化整体水平没有明显提高,但内部差异却在不断扩大,结合泰尔指数对上层群体变化敏感的特点可知这一时期陕西省农业现代化水平较高的一批县区与其他县区的差异不断拉大,呈现“向上集聚”趋势。从泰尔指数的分解结果看,三大地理区域的组内差异对总差异的份额贡献率最大,年均贡献86.81%,且呈上升趋势,表明三大地理区域内部的农业现代化发展差异是造成陕西省整体差异扩大的主要原因且这一趋势正在加强。分区域来看,2003—2009年陕南和陕北地区泰尔指数不同程度下降,并最终维持在较低水平,表明随着区域农业现代化水平提高,区域差异也在不同程度减小。2003—2017年关中地区泰尔指数整体呈上升趋势,由2003年的0.070上升到2009年的0.098,年均增速2.55%,表明关中地区农业现代化水平内部差异增大。

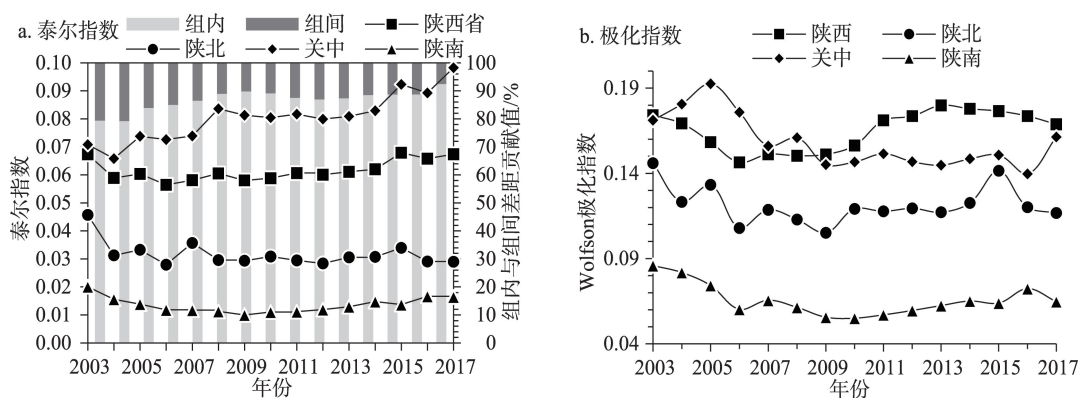


图3 2003—2017年陕西省农业现代化水平区域差异

Figure 3 Regional difference of agricultural modernization level in Shaanxi Province, 2003-2017

2020年1月

3.2.2 农业现代化水平的县域结构变化特征

进一步使用 Wolfson 极化指数测度农业现代化中等水平区县比例如何向高水平 and 低水平区县“两极分化”转移的结构变动趋势(图3)。2003—2009年陕北和陕南地区极化指数均呈不同程度下降趋势,结合农业现代化水平的时间变化情况和极化指数原理,表明这一时期陕北和陕南农业现代化的整体水平提高主要体现在农业现代化中等水平区县数量的增多,高水平 and 低水平区县向中间聚集,两极分化现象逐渐减弱;关中地区泰尔指数不断上升而极化指数不断下降,表明虽然中高水平区县与其他区县的农业现代化差异在不断扩大,但处于农业现代化两极的区县数量在减少,中等水平区县的比例在增加,这一趋势在十二五时期趋于相对低水平稳定。整体来看,2010—2017年陕西省农业现代化极化趋势趋于加强,陕南地区极化指数最低,表明陕南地区农业现代化区域差异较小。

3.3 农业现代化水平时空格局变化

选取2003年、2010年和2017年3个时间节点分析陕西省农业现代化水平空间分布特征。首先对农业现代化水平值进行归一化处理使之取值全部处于[0~1]之间以满足结果可对比性,计算过程见公式(1),最后将陕西省县域农业现代化水平等间隔划分为高水平(0.8~1)、较高水平(0.6~0.8)、中等水平(0.4~0.6)、较低水平(0.2~0.4)和低水平(0~0.2)五类(图4),并使用平行集图刻画不同农业现代化水

平等级的时空转移路径(图5)。

2003—2017年陕西省农业现代化水平的区域分异明显,总体呈现“中部高,南北低”的空间格局。2003年陕西省农业现代化空间格局以较低水平区县为主,占区县总数47.66%,主要分布在陕北和陕南地区。农业现代化中等及以上水平区县主要集中在关中平原地区,其中高水平 and 较高水平区县主要分布在渭河下游的渭北旱原,包括泾阳县、临渭区、临潼区和阎良区等区县,这一地区是关中传统农区,农业发展基础好,农业现代化水平高;陕北无定河下游流域地区包括榆林市南部和延安市北部区县,形成陕西省连片农业现代化低水平地区和冷点地区,其原因在于该地区水土流失严重,农业生产和生态脆弱的人地矛盾突出,农业现代化水平较低。

2003—2010年高水平区县空间格局变化不大,但36.67%的中等水平区县递增转移至较高水平,较高水平区县呈沿渭河分布格局,该地区是关中主要的粮食产区,加之渭河两侧土壤肥沃,灌溉便利,极大推动沿渭河地区旱作农业发展;29.41%的较低水平区县递增转移至中等水平,呈现由关中地区向陕北黄土高原南部和陕南汉中盆地地区扩展的趋势,其原因在于果业和畜牧业的发展推广推动该地区农业现代化发展;78.57%的低水平区县递增转移至较低水平,主要表现为陕北无定河下游流域农业现代化冷点区由2003年7个区县缩减至吴堡县,其原因

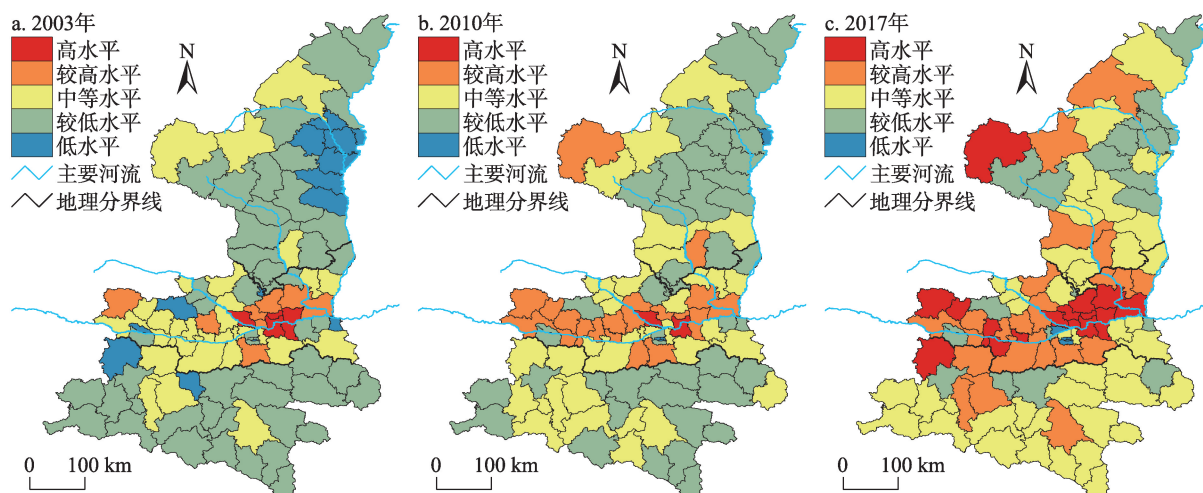


图4 陕西省农业现代化水平空间分布

Figure 4 Spatial distribution of agricultural modernization level in Shaanxi Province

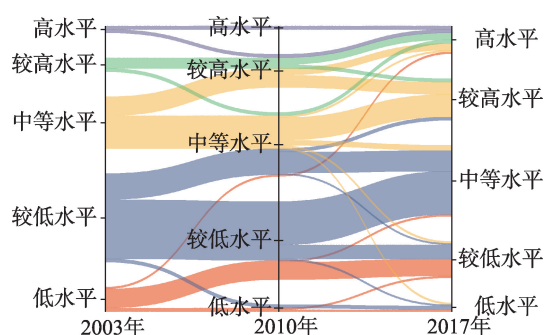


图5 农业现代化水平时空转移路径

Figure 5 Spatiotemporal transfer path of agricultural modernization level

因在于小流域水土治理优化农业生产条件和产业结构调整使无定河下游流域农业现代化取得较大进步。

2010—2017年, 52.63%的较高水平区县和10.81%的中等水平区县分别递增和跨越转移至高水平区县, 农业现代化高水平区县数量由2010年的2个增长至16个, 占区县总数14.95%, 其空间分布也由渭河下游沿岸区县向“关中平原—黄土高原”过渡地带的渭北旱原地区, 以及向“陇南山地—关中平原”过渡地带的宝鸡市扩展, 基本对应当前陕西省奶畜业和果业发展格局。40.54%的中等水平区县递增转移至较高水平, 较高水平区县在2003—2010年中等水平区县扩展趋势基础上进一步向洛川和富县等陕北黄土高原南部区县, 城固县等汉中地区渐进扩展。榆林市北部地区包括定边县、靖边县、横山县、榆阳区和神木县等近年来大力发展大漠蔬菜、小杂粮和绒山羊等特色农业, 成为陕西省北部重要的农业现代化热点地区。57.78%的较低水平区县递增转移至中等水平, 主要分布在陕北和陕南地区; 由于果业和畜牧业的快速发展, 陕北地区农业现代化中等水平区县沿洛河向北扩展并与榆林市北部的长城沿线风沙区农业现代化中高水地区相接; 得益于大力发展林下经济和林特产品等多种经营模式, 中等水平区县由汉中地区向安康市和商洛市扩展, 陕南地区农业现代化水平整体提高。

总的来看, 2003—2017年果业和畜牧业的发展促使陕西省农业现代化水平高值区向“关中平原—黄土高原”和“关中平原—秦巴山地”过渡地带扩

展, 且其空间格局的流域特征明显, 渭河和洛河流域是农业现代化发展的主要热点区, 无定河流域农业现代化水平虽取得较大进步但整体水平相对较低。从等级结构来看, 2003—2017年农业现代化总体结构变化是高水平、较高水平和中等水平区县数量增加, 较低水平和低水平区县数量减少, 与泰尔指数和极化指数的测度结果吻合。

3.4 农业现代化障碍因子分析

3.4.1 准则层障碍度

分析农业现代化水平内在障碍因素对于识别影响农业现代化发展的关键因素并精准施策具有重要意义, 使用障碍度模型计算2003—2017年陕西省农业现代化准则层的障碍度(表2)。尽管三大地理区域各指标障碍度存在地域差异, 但其主要障碍因素较为一致, 因此分析陕西省整体农业现代化水平障碍因素具有代表性。

农业发展的质量效益是陕西省农业现代化的最大障碍因素, 其多年平均障碍度为41.58%, 表明长期以来要素投入量大和资源利用率低的粗放型经营模式仍然在陕西省农业现代化发展进程中占据主导地位, 农业发展的质量和效益不高仍是陕西省农业现代化发展的最大短板, 提高农业产出的质量和效益, 推动农业高质量发展形势严峻; 产业结构是陕西省农业现代化的第二大障碍因素, 其年均

表2 2003—2017年陕西省农业现代化准则层障碍度

Table 2 Sub-index level obstacles of agricultural modernization and their degrees in Shaanxi Province, 2003-2017

年份	障碍度/%			
	产业结构	要素投入	质量效益	可持续发展
2003	19.53	19.99	54.22	6.27
2004	23.39	24.57	43.66	8.38
2005	22.31	20.05	49.80	7.84
2006	28.88	23.30	37.36	10.46
2007	29.94	21.54	38.19	10.33
2008	29.37	21.74	39.23	9.65
2009	29.32	21.36	39.08	10.24
2010	26.32	23.97	40.46	9.24
2011	26.22	24.83	39.30	9.65
2012	25.51	24.05	41.09	9.35
2013	24.93	24.04	41.83	9.20
2014	24.88	24.40	41.51	9.21
2015	24.63	24.96	39.78	10.64
2016	22.73	28.55	38.98	9.73
2017	20.48	30.29	39.19	10.03

2020年1月

障碍度为25.23%,农业产业结构落后仍然制约陕西省农业现代化进程,但随着2009年以后陕西省大力调整农业产业结构,如调整粮食种植结构、优化提高果品种植和畜牧业产业结构等措施,产业结构对农业现代化障碍度逐年下降,年下降速率为0.83%/a;要素投入障碍度与产业结构大致相当,障碍度为23.84%,表明代表陕西省农业未来发展方向的产业,如水果、设施农业和奶畜产业的投入不足对陕西省整体农业现代化水平制约较大,且自2009年后这一趋势不断加强,年上升速率为0.83%/a,农业产业投入与产业结构调整的协调性不强;虽然可持续发展对农业现代化的障碍度最低,仅为9.35%,但生态环境的地区差异以及城镇化影响下耕地保有量的下降仍对陕西省农业现代化产生一定程度的制约作用。

3.4.2 指标层障碍因子

仅依据准则层障碍度识别陕西省农业现代化

的障碍因子难免会掩盖指标的个体差异,计算2003—2017年陕西省农业现代化指标层指标的因子障碍度(图6),并对2003、2010和2017年3个年份障碍度排名前五的障碍因子进行识别(表3)。

2003年陕西省农业现代化前五位障碍因子全部为质量效益和要素投入准则层指标,依次为 X_{11} (地均粮食产出)、 X_{12} (劳均经济作物产出)、 X_{10} (农业土地产出率)、 X_7 (设施农业发展水平)以及 X_6 (农业机械化水平),表明研究时段初期农业发展的质量和效益水平低下是影响陕西省农业现代化水平的主要因素,设施农业发展水平以及农业机械使用水平较低也对农业现代化水平产生较大阻碍。

2010年地均粮食产出(X_{11})不再是陕西省农业现代化的最大障碍因素,反映自2004年中央一号文件提出加大粮食生产投入政策以来,粮食供给保障能力提高对农业现代化约束减弱;2003—2010年劳均经济作物产出障碍度不断提高,由2003年的

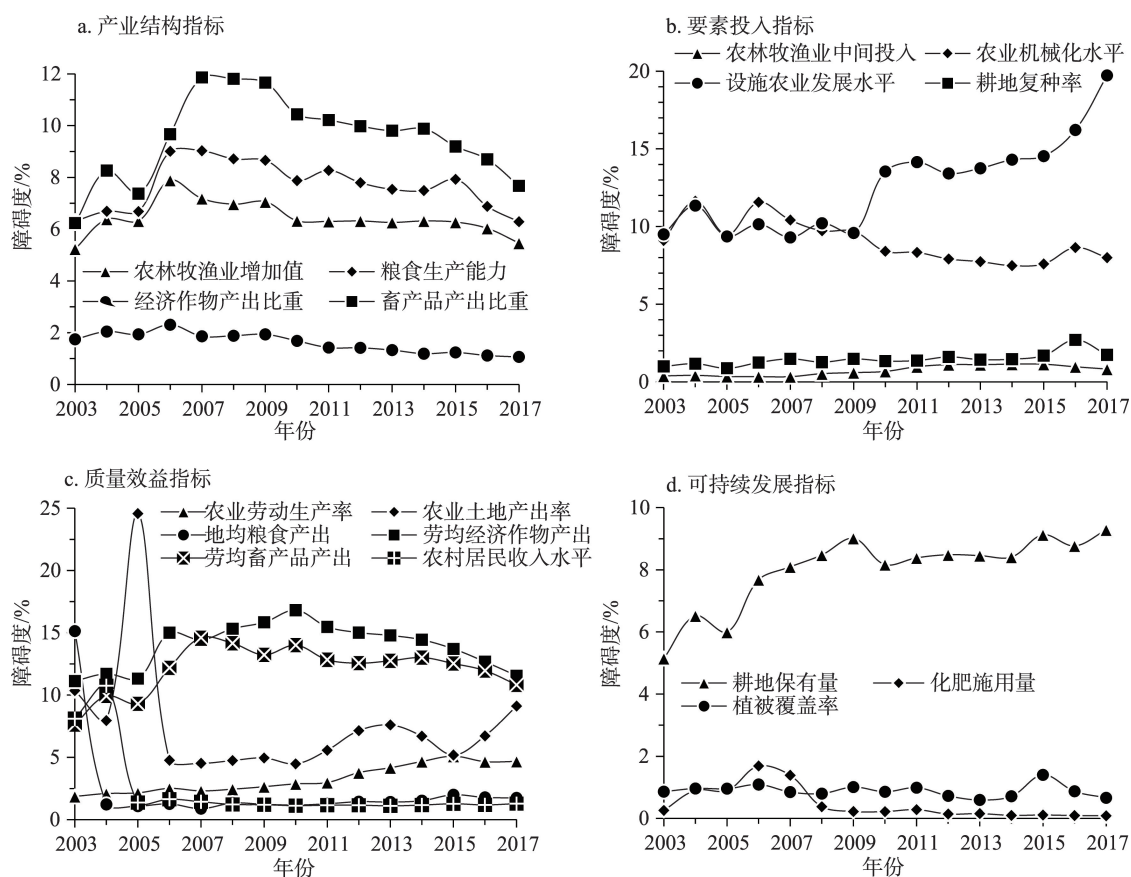


图6 2003—2017年陕西省农业现代化指标层障碍度

Figure 6 Indicator level obstacles of agricultural modernization and their degrees in Shaanxi Province, 2003-2017

表3 陕西省农业现代化主要障碍因子及障碍度

Table 3 Main obstacles of agricultural modernization and their degrees in Shaanxi Province

年份	类别	排序				
		1	2	3	4	5
2003	障碍因子	X_{11}	X_{12}	X_{10}	X_7	X_6
	障碍度/%	15.14	11.13	10.36	9.50	9.11
2010	障碍因子	X_{12}	X_{13}	X_7	X_4	X_6
	障碍度/%	16.82	14.01	13.55	10.44	8.41
2017	障碍因子	X_7	X_{12}	X_{13}	X_{15}	X_{10}
	障碍度/%	19.73	11.55	10.82	9.28	9.12

11.13%上升到2010年16.82%,年均增长0.86%/a,成为2010年农业现代化首要障碍因子,劳均畜产品产出(X_{13})和畜产品产出比重(X_4)在2003—2010年间呈现与劳均经济作物产出类似的上升趋势,成为2010年排名第二和第四的障碍因子,究其原因在于该时段内陕西省过于重视粮食生产能力提高和加大粮食生产投入,导致经济作物和畜产品产出比重和质量效益降低,进而约束陕西省农业现代化整体发展;设施农业发展水平由2003年的第四位上升至2010年的第三位,障碍度提高42.63%,对农业现代化约束作用进一步加强,此外农业机械化水平障碍度有所下降,且2003—2009年间二者障碍度变化较稳定。

2010—2017年设施农业发展水平约束度不断提高,由2010年的13.55%上升至2017年的19.73%,年均上升0.68%/a,成为2017年陕西省农业现代化最大障碍因子,其原因是2010以来产业结构向经济作物和畜牧业偏移,农用塑料薄膜使用量相对减少,但对于关中平原以及陕北黄土高原转变农业生产方式,发展全膜玉米和地膜杂粮等产业来说,其农膜使用缺口仍然较大。劳均经济作物产出和劳均畜产品产出虽然仍是2017年第二、第三大障碍因子,但随着产业结构调整,2010—2017年二者障碍度均呈下降趋势,年均分别下降0.66%/a和0.32%/a。2017年耕地保有量障碍度为9.28%,且2003—2017年不断提高,年均上升0.22%/a,由此导致农业土地产出率(X_{10})成为第五大障碍因子,表明城镇化进程加快,农业人口减少,耕地撂荒面积增多,同时城乡建设用地占用优质耕地,进一步导致土地产出障碍度上升。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文构建陕西省农业现代化评价指标体系,使用区域差异化指数和障碍因子诊断法定量分析陕西省农业现代化水平的时空格局、区域差异与主要障碍因素,得出如下结论:

(1)2003—2017年陕西省县域农业现代化水平经历了“上升—稳定—下降”过程,2003—2009年陕南和陕北地区农业现代化水平波动上升,年均增速分别为1.62%/a和2.96%/a,是该时段陕西省农业现代化整体水平提升的主要动因;2010—2014年陕西省农业现代化整体水平处于稳定向前趋势,农业现代化水平维持在0.254左右;2015—2017年陕西省农业现代化水平同比下降8.66%,农业现代化水平出现下降趋势。分区域来看,关中地区农业现代化水平最高,年均值为0.286,高出陕西省平均水平13.05%,陕南和陕北地区农业现代化相对滞后,年均值分别为0.229和0.217。

(2)泰尔指数和极化指数的测度效果较好,与陕西省农业现代化时空格局变化的一致性较强。泰尔指数地带内差异对总差异贡献率为86.81%且上升趋势明显,地域内部的不均衡性是陕西省农业现代化区域差异的主要方面。2003—2009年陕北和陕南地区泰尔指数和极化指数不同程度下降,区域差异不断减小,呈现较低水平农业现代化的均衡状态;关中地区泰尔指数上升但极化指数下降,农业现代化高水平区县与其他区县差异不断增大的同时,中等水平区县的比例在不断上升而两极的比例在下降,且主要体现在低水平区县比例的下降。

(3)陕西省县域农业现代化呈现“中部高,南北低”的空间分异格局。关中地区东部的渭北旱原是陕西省农业现代化的高值区和热点地区,“陇南山地—关中平原”过渡地带的宝鸡市是新兴热点地区,农业现代化高值区沿主要河流延伸以及向“关中平原—黄土高原”和“关中平原—秦巴山地”过渡地带扩展趋势明显。陕北长城沿线风沙过渡区农业现代化显著提高,成为陕西省北部的农业现代化热点区,无定河下游的榆林市南部六县是陕西省主要的农业现代化冷点区。

(4)陕西省农业现代化的准则层制约因素依次为质量效益、产业结构、要素投入和可持续发展水

2020年1月

平,其障碍度分别为41.58%、25.23%、23.84%和9.35%,农业发展的质量效益是阻碍陕西省农业现代化进程的最大障碍,2009—2017年产业结构障碍度不断下降,要素投入障碍度不断上升。从具体障碍因子出现频次来看,设施农业发展水平、劳均经济作物产出和劳均畜产品产出是陕西省农业现代化水平的关键障碍因子。劳均经济作物产出和劳均畜产品产出指标障碍度正逐年下降,设施农业发展水平、耕地保有量以及农业土地产出率因子障碍度正逐年上升。

4.2 讨论

农业现代化是具有长期性、动态性和可逆性的过程,农业现代化因地区实际情况的不同可以表现为提升或停滞,也会出现中断或倒退^[1]。自然地理条件、人口、资源、发展基础和耕作习惯等个体差异对地区农业现代化发展水平和路径具有重要影响,县域作为农业中长期发展规划、要素投入与分配,产业结构调整等组织和管理的最基本行政单元^[22],与自然地理条件结合最为紧密,更能反映农业现代化的个体差异性,能够精准识别区域农业现代化发展中的规律与问题,并做到精准施策。本文基于区县尺度的农业现代化水平评价研究发现陕西省总体水平呈现上升、停滞和下降并存的趋势,与目前基于省域或市域尺度的反映宏观发展趋势的农业现代化研究结果差异较大^[7,8,23],表明尺度和个体效应对农业现代化评价结果影响较大,微观尺度的地区农业现代化发展趋势与宏观趋势并不完全相同,对于丰富和完善多尺度农业现代化研究具有一定意义,后续研究当进一步关注农业现代化测度的尺度效应。

此外,本文发现2015—2017年陕西省农业现代化水平呈下降趋势,这与“十三五”时期宏观经济增速放缓对农业现代化相关涉农指标产生的负向影响有关,这一现象与全国其他区域如黑龙江垦区和吉林省的农业现代化研究结果相吻合^[5,24],表明农业现代化进程是受国家政策和市场竞争双重驱动的过程^[1],宏观经济状况对农业现代化具有深刻影响,而现有大部分农业现代化研究由于研究时段限制,该现象较少被提及。经济新常态背景下造成农业现代化发展水平下降的内外部影响因素及其驱动机制将是后续研究的重点内容。

针对陕西省农业现代化发展过程中的突出问题,结合黄河流域农业高质量发展战略需求,提出以下对策建议:

(1)尊重地域差异,因地制宜发展壮大适合本地自然地理条件的优势产业,培育提升本地特色农业产业品牌。陕北黄土高原区等生态脆弱地区应充分考虑生态环境条件,扩大马铃薯和饲草种植规模,培育优质苹果等果品产业和肉牛肉羊等畜牧业等;关中平原等城市化地区应大力发展设施农业、观光农业绿色农业等现代农业;陕北秦巴山区等重点生态保育区应结合地形特点和生态保护需求,发展茶叶和特色中药材等林特产品,打造特色农产品品牌。

(2)进一步推动农产品供给提质增效。农业发展的质量和效益不高仍是制约当前陕西省乃至黄河流域地区农业高质量发展的主要因素,应鼓励适度规模经营,稳步推进种养殖大户和农业专业合作社等新型经营主体在提高农产品产出效率上的积极作用;加大农业科技投入,用农业新品种、新技术提升农产品产出质量,同时也应发挥农业科技园区在农业新产品研发和促进农户增收上的示范带动作用。

(3)以流域视角关注区域农业现代化的突出问题。渭河流域是黄河流域的最大子流域,同时也是陕西省农业现代化发展的高水平热点地区,但目前面临着增长后劲不足,新旧动能转换等结构性问题以及农业生态恶化和耕地减少等可持续发展问题,应坚持高质量发展理念,进一步推动农业供给侧结构性改革,提升农业发展绿色化水平;陕北无定河下游及黄河沿岸地区是黄河流域水土流失最严重的地区之一^[25],农业发展基础条件差,是陕西省农业现代化最大的冷点地区,应进一步加强水土保持和小流域治理,为现代农业发展打好基础。

参考文献(References):

- [1] 何传启. 中国现代化报告: 2012农业现代化研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012. [He C Q. China Modernization Report in 2012: Research of Agricultural Modernization[M]. Beijing: Peking University Press, 2012.]
- [2] 王维, 张涛, 陈云. 长江经济带地级及以上城市“五化”协调发展格局研究[J]. 地理科学, 2018, 38(3): 385–393. [Wang W,

- Zhang T, Chen Y. Coordinated development pattern of "Five Modernizations" of prefecture level cities or above in the Yangtze River Economic Zone[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(3): 385-393.]
- [3] 西奥多·W·舒尔茨, 著. 改造传统农业[M]. 梁小民, 译. 北京: 商务印书馆, 1987. [Theodore W S. Transforming Traditional Agriculture[M]. Liang X M, Trans. Beijing: The Commercial Press, 1987.]
- [4] 高芸, 蒋和平. 我国农业现代化发展水平评价研究综述[J]. 农业现代化研究, 2016, 37(3): 409-415. [Gao Y, Jiang H P. Review on the evaluation of the development of China's agricultural modernization[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2016, 37(3): 409-415.]
- [5] 刘世薇, 张平宇, 宋凤斌, 等. 黑龙江垦区农业现代化水平评价[J]. 地理科学, 2018, 38(7): 1051-1060. [Liu S W, Zhang P Y, Song F B, et al. Measuring the agricultural modernization level of Heilongjiang reclamation areas in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(7): 1051-1060.]
- [6] 龙冬平, 李同昇, 苗园园, 等. 中国农业现代化发展水平空间分异及类型[J]. 地理学报, 2014, 69(2): 213-226. [Long D P, Li T S, Miao Y Y, et al. The spatial distribution and types of the development level of Chinese agricultural modernization[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(2): 213-226.]
- [7] 陈强强, 孙小花, 吕剑平, 等. 甘肃省农业现代化水平测度及制约因子研究[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(3): 369-377. [Chen Q Q, Sun X H, Lv J P, et al. Measurement of agricultural modernization level and diagnosis of restrictive factors in Gansu Province[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2018, 39(3): 369-377.]
- [8] 钟丽娜, 李松柏. 陕西省农业现代化发展水平综合评价[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(1): 57-64. [Zhong L N, Li S B. Comprehensive evaluation on the level of agricultural modernization in Shaanxi Province[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2018, 39(1): 57-64.]
- [9] 曾梦玲, 周芳. 湖北农垦农业现代化水平及其制约因素研究[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(1): 72-80. [Zeng M L, Zhou F. The development level and restrictive factors of agricultural modernization of state farms in Hubei Province[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2019, 40(1): 72-80.]
- [10] 李满, 李世峰, 欧阳映鸿. 基于熵权法的涿鹿县现代农业发展水平评价分析[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(5): 236-243. [Li M, Li S F, Ouyang Y H. Evaluation on the development level of modern agriculture of Zhuolu County based on entropy weight[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2014, 19(5): 236-243.]
- [11] 王录仓, 武荣伟, 梁炳伟, 等. 中国农业现代化水平时空格局[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(12): 1-7. [Wang L C, Wu R W, Liang B W, et al. Spatial-temporal characteristics of the development level of Chinese agricultural modernization[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(12): 1-7.]
- [12] 于正松, 李同昇, 龙冬平, 等. 陕、甘、宁三省(区)农业现代化水平格局演变及其动因分析[J]. 地理科学, 2014, 34(4): 411-419. [Yu Z S, Li T S, Long D P, et al. The pattern evolution and its reasons about the agricultural modernization in Shaanxi-Gansu-Ningxia region[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(4): 411-419.]
- [13] 林正雨, 李晓, 何鹏. 四川省农业现代化发展水平综合评价[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(1): 15-19. [Lin Z Y, Li X, He P. Comprehensive evaluation on level of agricultural modernization in Sichuan Province[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, 35(1): 15-19.]
- [14] 辛岭, 王济民. 我国县域农业现代化发展水平评价: 基于全国1980个县的实证分析[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(6): 673-678. [Xin L, Wang J M. Evaluation on agricultural modernization level of China's counties: Based on empirical analysis of nationwide 1980 counties[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, 35(6): 673-678.]
- [15] 江孝君, 杨青山, 刘鉴. 中国地级以上城市“五化”协调发展时空格局及影响因素[J]. 地理科学进展, 2017, 36(7): 806-819. [Jiang X J, Yang Q S, Liu J. Spatiotemporal patterns and influencing factors of the "Five Modernizations" coordinated development of prefecture level and above cities in China[J]. *Progress in Geography*, 2017, 36(7): 806-819.]
- [16] 陈明星, 陆大道, 张华. 中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析[J]. 地理学报, 2009, 64(4): 387-398. [Chen M X, Lu D D, Zhang H. Comprehensive evaluation and the driving factors of China's urbanization [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(4): 387-398.]
- [17] Liao T F. Evaluating distributional differences in income inequality [J]. *Socius: Sociological Research for a Dynamic World*, 2016, 2: 1-4.
- [18] 孙才志, 郭可蒙. 基于DER-Wolfson指数的中国海洋经济极化研究[J]. 地理科学, 2019, 39(6): 920-928. [Sun Z C, Guo K M. Chinese marine economic polarization based on DER-Wolfson index[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(6): 920-928.]
- [19] Foster J E, Wolfson M C. Polarization and the decline of the middle class: Canada and the U.S[J]. *The Journal of Economic Inequality*, 2010, 8(2): 247-273.
- [20] 陈曼, 甘臣林, 梅昀, 等. 农户生计视角下农地流转绩效评价及障碍因子诊断: 基于武汉城市圈典型农户调查[J]. 资源科学, 2019, 41(8): 1551-1562. [Chen M, Gan C L, Mei Y, et al. Farmland transfer performance and obstacles from the perspective of farmers' livelihood: Based on rural household survey of greater Wuhan Metropolitan Area[J]. *Resources Science*, 2019, 41(8): 1551-1562.]
- [21] 王泽宇, 卢函, 孙才志, 等. 中国海洋经济系统稳定性评价与空间分异[J]. 资源科学, 2017, 39(3): 566-576. [Wang Z Y, Lu H, Sun Z C, et al. Assessment and spatial differentiation of China's marine economic system stability[J]. *Resources Science*, 2017, 39(3): 566-576.]

- [22] 毛汉英. 县域经济和社会同人口、资源、环境协调发展研究[J]. 地理学报, 1991, 46(4): 385–395. [Mao H Y. Study on coordinating development of economic, social growth with population, resources and environment at county level[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 46(4): 385–395.]
- [23] 张荣天. 长江三角洲农业现代化评价及空间分异[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(2): 111–117. [Zhan R T. Evaluation and spatial differentiation of agricultural modernization in the Yangtze River Delta[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2015, 36(2): 111–117.]
- [24] 吉林省新农村建设工作办公室.《吉林省率先实现农业现代化总体规划(2016–2025年)》实施情况中期评估报告[EB/OL]. (2019–10–10) [2019–12–06]. http://www.jl.gov.cn/szft/jlssxsxnyxdh/jb/201910/20191010_6108600.html. [New Village Construction Office of Jilin Province. Mid-term Evaluation Report of “Master Planning of Jilin Province Achieving Agricultural Modernization (2016–2025)” [EB/OL]. (2019–10–10) [2019–12–06]. http://www.jl.gov.cn/szft/jlssxsxnyxdh/jb/201910/20191010_6108600.html.]
- [25] 王思梦, 黄昌. 基于遥感和GIS的流域自然生态环境质量监测与评价: 以无定河流域为例[J]. 干旱区地理, 2018, 41(1): 134–141. [Wang S M, Huang C. Ecological environment quality monitoring and evaluation based on remote sensing and GIS techniques: A case of Wuding River Basin[J]. *Arid Land Geography*, 2018, 41(1): 134–141.]

Spatiotemporal characteristics of agricultural modernization level and obstacles in Shaanxi Province

YANG Hua¹, RUI Yang^{1,2}, LI Julin¹, LI Tongsheng^{1,2}

(1. College of Urban and Environment, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Shaanxi Institute of Provincial Resource, Environment and Development, Xi'an 710127, China)

Abstract: This study constructed a comprehensive evaluation index system for county agricultural modernization level. Theil index and Wolfson polarization index, as well as an obstacle degree model were used to analyze the characteristics of the spatial and temporal patterns of agricultural modernization level and obstacles in Shaanxi Province. We found that: (1) The agricultural modernization development pattern in Shaanxi Province can be divided into three stages, including the rising period (2003–2009), the stable period (2010–2014), and the declining period (2015–2017). (2) Theil index and Wolfson polarization index were slowly rising, and intraregional inequality was the main reason that regional differences of agricultural modernization level in Shaanxi Province expanded, which contributed 86.81% of the overall Theil index. (3) Agricultural modernization level in the Guanzhong Plain Region was higher than that of the Loess Plateau Region and the Qinling-Daba Mountains Region, and the arid area of northern Weihe River and Baoji City, as well as northern Yulin City were the high-level regions and hot spots in Shaanxi Province. Counties with high level of agricultural modernization are distributed along some main rivers and expanded from the Guanzhong Plain Region to the geomorphic transition zone. (4) Agriculture development quality was the biggest sub-index level obstacle factor, with an annual average obstacle degree of 41.58%. The key obstacles that affected agricultural modernization level were facility agriculture development, output efficiency of economic crops, as well as the production of animal products. Finally, this article put forward some suggestions for agricultural modernization development in Shaanxi Province and high-quality development of agriculture in the Yellow River Basin.

Key words: agricultural modernization; spatiotemporal pattern; regional differences; obstacle degree; Shaanxi Province