

# 山东省农业多功能的时空演化特征与驱动机制分析

刘建志<sup>1</sup>, 房艳刚<sup>1,2,3</sup>, 王如如<sup>1</sup>

(1. 东北师范大学地理科学学院, 长春 130024; 2. 东北师范大学长白山地理过程与生态安全教育部  
重点实验室, 长春 130024; 3. 东北师范大学中国东北研究院, 长春 130024)

**摘要:** 农业供给侧改革与乡村振兴背景下, 深入挖掘各地区农业多种功能, 统筹不同农业功能特征地域的协调发展, 成为促进农业增收、实现农业可持续发展、保障食品安全的关键。农业多功能的演变受到区域农业资源禀赋与社会经济发展水平和阶段的复杂影响。以山东省为例, 选取2004年、2011年、2017年三个时间截面, 构建农业多功能评价指标体系, 运用空间错位指数、回归分析等方法对县域农业多功能的时空演变规律与驱动机制进行分析。研究发现: (1)2004—2017年, 山东省农业的农产品供给功能和经济发展功能分别呈先升后降和先降后升的增长态势, 社会保障功能和生态服务功能分别呈持续下降和先降后升的下降趋势。(2)研究期内, 农产品供给功能与生态服务功能对农业资源禀赋依赖较强, 分别呈现出沿平原—丘陵—山地递减与递增的空间格局; 经济发展功能与社会保障功能受社会经济发展水平和阶段影响较大, 时空差异明显。(3)各驱动因子对于同一功能中不同要素的作用方向与强度存在差异, 引发农业各功能结构的变化。基于功能视角提出山东省农业转型发展的路径选择与分区优化策略。

**关键词:** 多功能农业; 时空格局; 驱动机制; 空间错位指数; 山东省

随着全球化、市场化、工业化、城镇化对农业农村领域的渗透力不断增强, 人多地少、劳动生产率低下下的中国农业面临的资源约束、环境胁迫、农产品国内外价格倒挂与市场挤压、经济效益低下、经营主体老弱化等诸多压力持续加大<sup>[1,2]</sup>。另一方面, 城市人口的激增和居民收入水平的提升引发农产品消费总量增长与结构升级, 农业的休闲旅游功能、生态保育功能等多元化需求逐渐凸显。不少学者认为, 发展多功能农业或具有较强多功能性质的农业生产模式, 既能够促进我国农业比较优势的发挥, 也有利于满足快速社会经济发展对农业的多样化需求<sup>[3,4]</sup>。在全面深化农业供给侧结构性改革、全力推进乡村振兴的背景下, 如何深入挖掘各地区农业多种功能, 统筹不同农业功能特征地域的协调发展, 成为促进农业增收、实现农业可持续发展、保障食品安全的关键问题<sup>[4,5]</sup>。因此, 基于功能视角探索中国农业转型的路径选择与发展目标取向具有重要意义。

多功能农业理论将农业转型路径定义为以生产主义与非生产主义的范式和实践为边界的由弱多功能性到强多功能性排列的多功能性光谱 (Multifunctionality Spectrum)<sup>[6]</sup>, 并指出位于多功能性光谱上的强多功能性农业区与弱多功能性农业区相互依存, 两者具

收稿日期: 2019-11-01; 修订日期: 2020-03-03

基金项目: 国家社会科学基金项目 (15BJL108)

作者简介: 刘建志 (1994-), 男, 山东枣庄人, 博士研究生, 研究方向为人文地理与乡村发展。

E-mail: liujz027@nenu.edu.cn

通讯作者: 房艳刚 (1979-), 男, 山东曲阜人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为人文地理与乡村发展。

E-mail: fangyg578@nenu.edu.cn

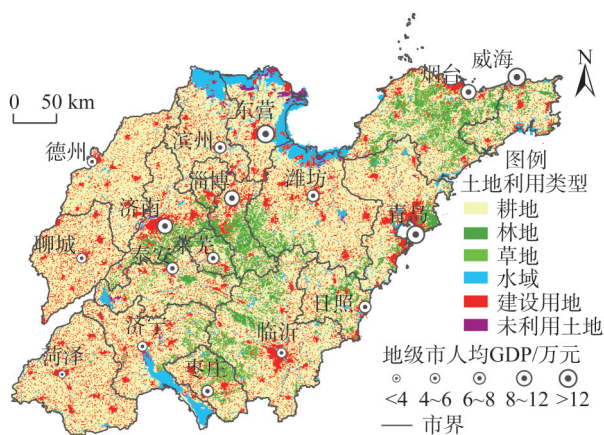
有“零和效应”或“双赢”的特点<sup>[7,8]</sup>；同时，区域农业多功能的发展取决于该地区农业资源禀赋与社会经济发展水平和阶段<sup>[9]</sup>。相对而言，国外学者对于多功能农业区域差异的实证研究关注较少<sup>[10]</sup>。国内地理学者通过构建指标体系对农业多功能进行时序演变<sup>[11,12]</sup>、空间格局<sup>[13,14]</sup>、驱动机制<sup>[15,16]</sup>、类型识别<sup>[5,17]</sup>以及发展策略<sup>[18]</sup>等研究，取得了丰硕成果。但是，已有研究主要关注农业各功能数值的变化，忽视了各功能结构组成（如农产品供给功能中的粮食供给能力与非粮供给能力）的差异，而后者随社会经济发展水平和阶段变化具有重要差异，且对于揭示多指标评价中指标间的相互补偿问题具有重要意义。另外，目前时空格局的研究在研究时段的选取上与农业发展和政策演变的关键节点结合不紧密，并且以选取1个或2个研究截面居多。因此，对农业多功能动态演化的研究尚有继续深入的空间。

山东省作为中等收入的人口、经济、农业大省，在地理区划、农业资源禀赋和社会经济发展上与国家整体的相似度高，被众多学者认为是中国的一个缩影<sup>[19-21]</sup>。一方面，山东省海陆兼备、地形复杂，经济社会发展梯度差异和区域差异明显；另一方面，山东省整体上也面临着经济大而不强、人口多而不富、传统产业比例高、城乡发展差异大、资源趋紧、环境胁迫的发展难题，具有典型的东亚小农经济社会转型特点。稳定食物供给、确保海量小农收入增长、促进可持续发展以实现农业现代化也成为山东省农业转型发展的重要目标。因此，以山东省为例研究农业多功能的时空演化、农业发展路径选择、不同类型区农业协调发展，具有较强的典型性与代表性，对于中国农业发展具有重要启示作用。鉴于此，本文基于县域单元探析跨越第一个刘易斯拐点后山东省农业各功能强度与结构的演化规律，解析农业资源禀赋与社会经济发展水平和阶段对农业多功能时空演变的驱动机制，以期为山东省农业的功能定位和发展路径选择以及中国农业现代化与可持续发展提供科学参考。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究区概况

山东省地处黄河下游，东部沿海，是我国由南向北扩大开放、自东向西梯度发展的典型区（图1），整体自然—人文地理格局可划分为东部经济发达的胶东半岛、中部作为全省政治文化核心区的鲁中南、西部经济发展滞后的鲁西北与鲁西南平原三大地理板块<sup>[22]</sup>。山东省在农业发展上素有“全国农业看山东”的说法。从农业功能视角来看，在农产品供给功能上，2017年山东省粮食产量占全国的比率为8.12%（不包含港澳台数据，下同），居全国第3位，蔬菜、水果、肉蛋以及水产品居全国首



注：图中地理信息为2018年。

图1 研究区概况图

Fig. 1 Basic geographical features of Shandong province

位。在经济发展功能上,山东省第一产业增加值与农产品出口额常年位于全国首位;2016年,山东省休闲农业营业收入达677亿元,居全国第2位。在社会保障功能上,2017年山东省第一产业就业比例为28.3%,略高于全国的27%,乡村人均耕地面积为2.89亩,为全国平均水平的82.27%。在生态服务功能上,2017年山东省人均水资源拥有量226.14 m<sup>3</sup>,为全国平均水平的10.9%,森林覆盖率为16.73%,居全国第23位,化肥施用量和农药使用量分别为全国平均水平的1.51倍和1.33倍。整体而言,山东省农业的农产品供给功能与经济发展功能突出,生态服务功能滞后,社会保障功能非常重要。

## 1.2 数据来源

首先运用有序样本聚类法选取研究截面。有序样本聚类法是通过寻找最优分割点对按一定顺序排列的样本数据划分阶段,保持样本顺序不变的聚类方法<sup>[23]</sup>。本文采用有序样本聚类法对1978—2017年山东省第一产业增加值比例和就业比例两项表征农业发展的代表性指标进行分析,得到1984年、1994年、2004年、2011年等最优分割点(囿于数据可获取性,不考虑1984年、1994年)。2004年,农业税开始宣告取消,农业进入补贴时代;中国全国层面跨过第一个刘易斯拐点<sup>[24]</sup>。2011年,中国与山东省常住人口城镇化率均首次超越50%,城乡关系进入新的发展阶段。本文选择2004年、2011年和2017年三个年份作为研究截面。

行政区划数据获取于天地图·山东(<http://www.sdmap.gov.cn/>)。部分城镇化率极高的核心城区(青岛市南区、市北区、李沧区,济南历下区)、行政区划调整严重的县域(如潍坊奎文区、坊子区)以及存在数据异常的县域(烟台长岛县)予以剔除;囿于数据可获取性,原莱芜市所辖的莱城区与钢城区作合并处理,最终共获取129个县域研究单元。社会经济统计数据主要获取于相应年份的《中国统计年鉴》《山东统计年鉴》,以上年鉴缺失数据来源于各地级市统计年鉴及统计公报。部分缺失数据通过插值或趋势外推法计算得到。经济数据按2004年可比价进行折算。耕地数据来源于空间分辨率为500 m的MODIS传感器的MCD12Q1产品,下载于<https://search.earthdata.nasa.gov/>。DEM数据获取于地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>)。农田生产潜力、NDVI、土地利用数据获取于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 指标体系的构建

结合山东省的实际情况,从农产品供给功能、经济发展功能、社会保障功能、生态服务功能4个维度构建指标体系(表1)。

农产品供给功能是农业的基本功能,在人类社会各个发展阶段都扮演了重要角色。但在不同社会发展阶段,农产品供给功能的能力与结构存在差异。改革开放以来,随着生产要素投入增加与基础设施完善,我国农产品供给能力与稳定性迅速提升;同时,在消费需求的驱动下,经济作物、水畜产品等非粮农产品比例迅速增加。因此,从粮食供给能力、非粮供给能力、供给稳定性三个要素层面构建指标体系,其中非粮农产品指标根据山东省实际进行选取。

经济发展功能是指农业在促进区域与乡村经济发展、产业兴旺、市场繁荣,创造外汇、增加收入等方面做出的贡献。不同的发展阶段,农业经济发展功能发挥的主要作用存在差异。传统农业阶段,农业是国民经济的主体,支撑整个区域的发展;经济起飞阶

表1 农业多功能的评价指标体系

Table 1 The evaluation index system of agricultural multifunctions

准则层	要素层	指标层	指标计算方法	权重	指标来源
农产品供给功能 $F_1$	粮食供给能力 $F_{11}$	粮食自给率/(kg/人)	粮食产量/区域总人口-400 kg/人	0.1355	房艳刚等 <sup>[17]</sup>
		粮食单产/(t/hm <sup>2</sup> )	粮食产量/粮食播种面积	0.0286	鲁莎莎等 <sup>[15]</sup>
	非粮供给能力 $F_{12}$	人均蔬菜产量/(kg/人)	蔬菜产量/区域总人口	0.2020	
		人均水果产量/(kg/人)	水果产量/区域总人口	0.0994	
		人均油料作物产量/(kg/人)	油料作物产量/区域总人口	0.1690	
		人均肉蛋奶产量/(kg/人)	肉蛋奶产量/区域总人口	0.1172	
		人均水产品产量/(kg/人)	水产品产量/区域总人口	0.1147	
供给稳定性 $F_{13}$	有效灌溉面积占比/%	有效灌溉面积/耕地面积	0.1336	谭雪兰等 <sup>[18]</sup>	
经济发展功能 $F_2$	经济比例 $F_{21}$	第一产业增加值占比/%	一产增加值/地区生产总值	0.3726	房艳刚等 <sup>[17]</sup>
	经济效益 $F_{22}$	人均第一产业增加值/(元/人)	一产增加值/区域总人口	0.1408	
	经济带动 $F_{23}$	人均农林牧渔服务业增加值/(元/人)	农林牧渔服务业增加值/区域总人口	0.2300	房艳刚等 <sup>[17]</sup>
		县域农业旅游示范点个数/个	原国家旅游局发布的“全国工农业旅游示范点”名录与山东旅游政务网发布的“山东省工农业旅游示范点”名录, 共计1096个农业旅游示范点	0.2566	
社会保障功能 $F_3$	就业机会 $F_{31}$	乡村农业就业率/%	农林牧渔业从业人口/乡村从业人口	0.4234	张英男等 <sup>[25]</sup>
		地均机械总动力/(kW/hm <sup>2</sup> )	农业机械总动力/耕地面积	0.1685	张英男等 <sup>[25]</sup>
	就业收入 $F_{32}$	劳均第一产业增加值/(元/人)	一产增加值/农林牧渔业从业人口	0.2590	谭雪兰等 <sup>[18]</sup>
生态服务功能 $F_4$	生态基底 $F_{41}$	森林覆盖率/%	森林面积/行政区面积	0.3133	李梦桃等 <sup>[14]</sup>
		NDVI均值	区域全年NDVI均值	0.2328	彭建等 <sup>[27]</sup>
		农田生态系统多样性指数	$-\sum p_i \ln(p_i)$ , $p_i$ 表示各种农作物播种面积比例	0.2269	宋小青等 <sup>[26]</sup>
	环境质量 $F_{42}$	化肥施用负荷/(kg/hm <sup>2</sup> )	化肥施用量/耕地面积	0.0972	彭建等 <sup>[27]</sup>
		农药施用负荷/(kg/hm <sup>2</sup> )	农药施用量/耕地面积	0.1298	彭建等 <sup>[27]</sup>

注: 人均肉蛋奶产量指标为 人均肉产量、人均蛋产量等单项指标极差标准化之后相加得到。

段, 农业经济产出被大量用于支持工业化发展; 经济走向成熟阶段, 农业与非农产业的融合发展成为关键。因此, 从经济比例、经济效益、经济带动三个要素层面构建指标体系。

社会保障功能主要体现在为农民提供就业岗位, 发挥劳动力蓄水池的作用。现阶段, 农业的社会保障功能更加强调农业对从业者收入增加的贡献。因此, 社会保障功能包含就业机会与就业收入两个要素。就业机会选取乡村农业就业率与地均机械总动力两项指标。乡村农业就业率为核心指标; 农业机械作为一种省工性的生产要素, 实际上对农业劳动力具有挤出效应, 因此地均机械总动力作为负向指标被纳入指标体系<sup>[25]</sup>。就业收入选取劳均第一产业增加值与乡村人均耕地面积两项指标。

生态服务功能主要包括生态基底与环境质量两个要素。生态基底主要指农业所发挥的气候调节、水土保持、生物多样性维护等功能, 选取森林覆盖率、NDVI指数、农田生态系统多样性指数进行表征。环境质量主要与农业经营过程中对生态环境的损害程度



有关, 选取化肥施用负荷与农药施用负荷两项负向指标进行表征。对生态环境损害程度越小, 农业环境质量越高。

### 1.3.2 功能评价方法

首先采用极差标准化法对2004年、2011年、2017年三期原始数据进行统一处理, 以消除量纲的影响。其次, 基于三期混合数据, 采用熵值法与复相关系数法相结合的组合赋权法确定各指标权重<sup>[25]</sup>。熵值法与复相关系数法分别代表了客观赋权法的两种基本思想, 即基于指标的差异性与指标间的重复性确定权重<sup>[28]</sup>; 组合赋权法则采取乘法合成方式进行计算, 以上计算过程的公式请参照相关文献<sup>[29]</sup>。最后根据式(1)计算各功能的评价值, 公式如下:

$$F_j = \sum_{i=1}^n w_{ji} \times f_{ji} \quad (j=1, 2, 3, 4) \quad (1)$$

式中:  $F_j$ 为各功能的评价值;  $w_{ji}$ 与 $f_{ji}$ 分别为第 $j$ 个功能中第 $i$ 个指标的权重值与标准化后的值。各功能中各要素值的计算参照式(1)。省域层面农业各功能与要素的评价值为全部县域相加所得。

### 1.3.3 空间格局分析方法

本文对传统的空间错位指数进行扩展, 用以研究要素层与其所在功能层之间空间分布的相似度, 以此揭示各要素对其功能空间分布格局的塑造力。公式如下<sup>[30]</sup>:

$$SMI_{jkm} = \frac{1}{A_j} \left[ \left( \frac{P_{jkm}}{P_{jk}} \right) \times A_j - A_{jm} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$SMI_{jk} = \sum_{m=1}^n |SMI_{jkm}| / n \quad (n=129) \quad (3)$$

式中:  $SMI_{jkm}$ 指 $m$ 县域 $j$ 功能的 $k$ 要素与 $j$ 功能的空间错位指数;  $A_{jm}$ 指 $m$ 县域的 $j$ 功能值;  $A_j$ 为全部县域 $j$ 功能值的总和;  $P_{jkm}$ 指 $m$ 县域 $j$ 功能的 $k$ 要素值;  $P_{jk}$ 为全部县域 $j$ 功能 $k$ 要素值的总和;  $SMI_{jk}$ 指 $j$ 功能的 $k$ 要素与 $j$ 功能的全局空间错位指数, 位于 $[0, 1]$ 之间,  $SMI_{jk}$ 越小, 表明 $j$ 功能的 $k$ 要素与 $j$ 功能空间分布格局的相似度越高,  $k$ 要素对 $j$ 功能的作用越大。

### 1.3.4 驱动因子选取与驱动机制分析方法

农业多功能时空演变是农业资源禀赋与社会经济发展水平和阶段综合作用、交互影响的结果<sup>[9,17]</sup>。(1) 农业资源禀赋是指农业生产所需要的自然条件与自然资源等方面, 主要包括地形、气候、水土资源等<sup>[31]</sup>。山东省气温等地带性因素差异不大, 地势地貌等非地带性因素对区域自然环境影响较为突出<sup>[22]</sup>。因此, 选取高程 ( $Dem$ )、农田生产潜力 ( $Pcy$ )、劳均耕地面积 ( $Pca$ ) 表征自然条件与自然资源。此外, 区位条件影响农业资源的开发与优势的发挥, 故作为控制变量纳入指标体系, 采用距地级市 (市政府) 的距离 ( $Dis$ ) 进行表征。(2) 在社会经济发展水平和阶段方面, 选取人均GDP ( $Pgdp$ ) 表征经济发展水平, 选取第二产业增加值比例 ( $Sip$ )、第三产业增加值比例 ( $Tip$ ) 以及县域城镇化率 ( $Ur$ ) 表征工业化、服务业发展、城镇化等非农化水平, 选取人口密度 ( $Pd$ )、地级市城镇化率 ( $Uur$ ) 表征易腐败的鲜活农产品和农业旅游等的市场需求, 同时, 人口密度还可以表征农业资源人均拥有量等方面。

用于驱动机制分析的数据为2004年、2011年、2017年三期截面数据构成的面板数据，采用的方法为混合估计模型，公式如下<sup>[32]</sup>：

$$Y_{mt} = \mu + \beta_{mt} X_{mt} + \varepsilon_{mt} \quad (4)$$

式中： $Y_{mt}$ 为因变量，包括功能层与要素层； $X_{mt}$ 为自变量矩阵； $\beta_{mt}$ 为回归系数； $\mu$ 与 $\varepsilon_{mt}$ 分别为截距与误差项； $m$ 为县域； $t$ 为时间。

## 2 结果分析

### 2.1 农业多功能的时空演变特征

#### 2.1.1 农产品供给功能

2004—2017年，山东省农业农产品供给功能呈现出先升后降的微增态势，总增长率为5.78%（图2）。2004—2011年，粮食供给能力增幅达40.72%，带动农产品供给功能上升7.01%；非粮供给能力下降5.22%。2011—2017年，粮食与非粮供给能力均呈现略微下降的趋势，带动农产品供给功能下降1.16%；供给稳定性持续上升。从空间错位指数上看（表2），2004—2017年粮食供给能力、非粮供给能力与农产品供给功能的空间错位指数相差不大，且明显小于供给稳定性，反映出粮食供给能力与非粮供给能力共同塑造了农产品供给功能的空间分布格局，且作用力势均力敌。

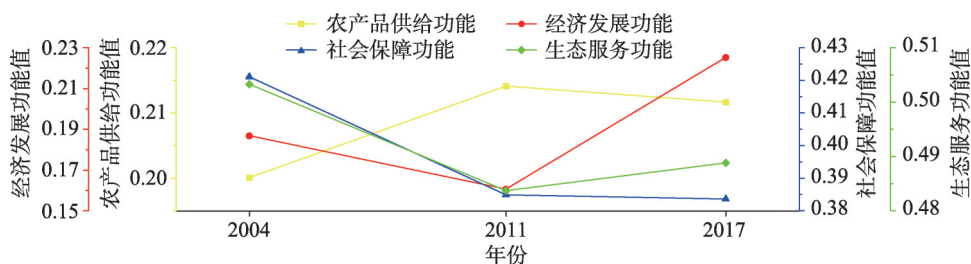


图2 2004—2017年山东省农业多功能时序演变特征

Fig. 2 Evolution of agricultural multifunctions in Shandong province during 2004-2017

表2 2004年、2011年、2017年要素层与其所在功能层空间错位指数

Table 2 Spatial mismatch index between element layer and its functional layer in 2004, 2011 and 2017

要素层	2004年	2011年	2017年	要素层	2004年	2011年	2017年
粮食供给能力	0.1556	0.1966	0.2372	经济比例	0.1255	0.2009	0.3235
非粮供给能力	0.1463	0.1994	0.2367	经济效益	0.2867	0.2294	0.2042
供给稳定性	0.2609	0.2685	0.2818	经济带动	0.5021	0.3570	0.2196
就业机会	0.0157	0.0441	0.0713	生态基底	0.0515	0.0548	0.0546
就业收入	0.2230	0.2505	0.2890	环境质量	0.0978	0.1023	0.0974

如图3所示，2004—2017年山东省农业农产品供给功能空间格局变化不大。2004年农产品供给功能高值区主要分布在鲁西北平原、胶莱平原、鲁中南山地西麓与北麓平原等农产品生产优势区。2004—2011年，除地级市市辖区及周边等地区外，其余69.77%的县域农产品供给功能上升。2011—2017年，增长型县域占比达49.31%，主要集中在鲁西

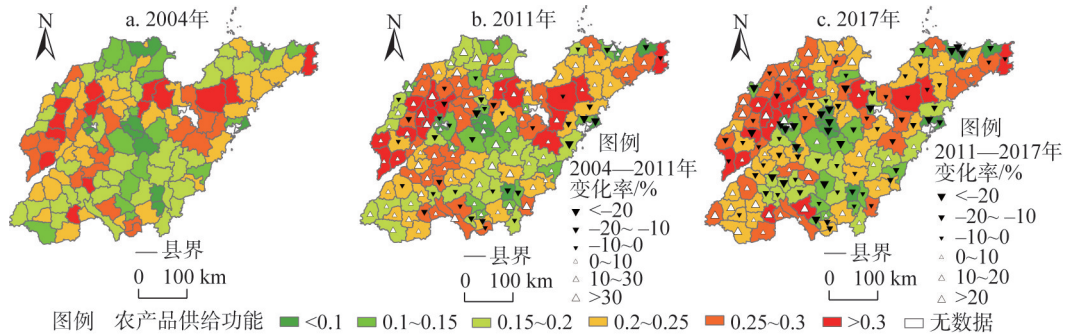


图3 2004年、2011年、2017年山东省农业农产品供给功能时空演变特征

Fig. 3 Spatio-temporal pattern of agricultural products supplying function in Shandong province in 2004, 2011 and 2017

北和鲁西南平原、鲁东丘陵以及黄河三角洲（后备土地资源丰富）等地。2017年，农产品供给功能高值区呈现出以鲁东丘陵—胶莱平原—鲁中南山地北麓平原—鲁西北平原—鲁西南平原为主体的“半环状”空间格局。

### 2.1.2 经济发展功能

2004—2017年，山东省农业经济发展功能呈现出明显的“U”型演化趋势，总增长率为20.54%（图2）。2004—2011年，农业经济比例锐减34.36%，带动经济发展功能下降了14.08%。2011—2017年，经济效益和经济带动分别上升了44.24%和160.44%，带动经济发展功能上升了40.29%，而经济比例下降了17.74%。从空间错位指数上看（表2），2004—2011年，经济比例一直是经济发展功能空间分布格局的主要塑造力（两者的空间错位指数一直最小），但在2011年，这三个要素与经济发展功能空间错位指数的差距明显缩小，表明经济效益和经济带动的塑造力正在上升。2017年，经济效益、经济带动与经济发展功能的空间错位指数明显小于经济比例，反映出此时经济效益和经济带动成为经济发展功能空间分布格局的主要塑造力，经济发展功能的结构发生重组。

如图4所示，2004年山东省农业经济发展功能高值区主要分布在鲁西南和鲁西北平原等对农业依赖较高的经济欠发达地区。2004—2011年，除部分大城市周边与部分拥有特色农业或农业旅游业发展较好的县域（如泗水县）外，其余68.22%的县域经济发展功能下降。2011—2017年，除鲁西南等地区外，全省92.25%的县域经济发展功能上升。

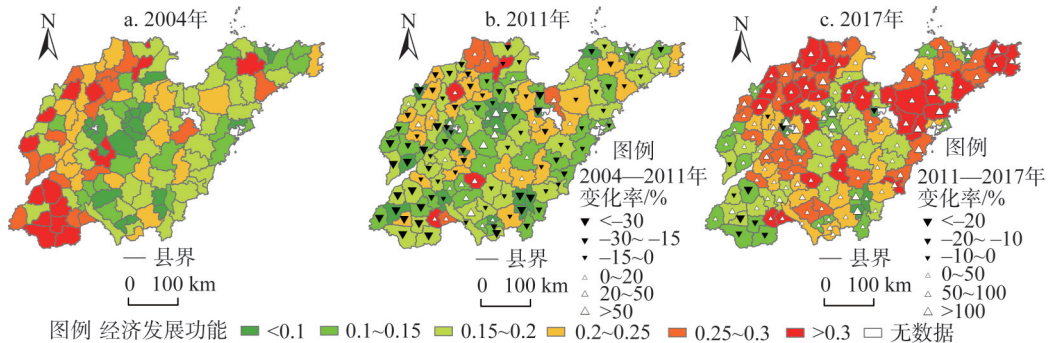


图4 2004年、2011年、2017年山东省农业经济发展功能时空演变特征

Fig. 4 Spatio-temporal pattern of economic development function in Shandong province in 2004, 2011 and 2017

2017年,伴随济南都市圈、胶东半岛、黄河三角洲等地区农业经济效益、经济带动的快速提升,此类地区成为山东省农业经济发展功能高值区;鲁西南等地区由于农业经济效益、经济带动较差,降为经济发展功能低值区。因此,2004—2017年,经济发展功能高值区由对农业依赖高的传统农区向农业产值高的现代农业发展区与具有高价值特色农业或农业旅游等关联产业发达的特色农业发展区转变。

### 2.1.3 社会保障功能

如图2所示,2004—2017年,山东省农业社会保障功能呈现持续下降趋势,降幅达8.89%;其中,就业机会与就业收入两个要素分别呈现持续下降与上升趋势。2004—2017年,就业机会与社会保障功能的空间错位指数均明显小于就业收入,但两者的相对差距不断缩小(表2),表明该时期就业机会始终是社会保障功能空间分布格局的主要塑造力,同时就业收入的塑造力相对加大。

如图5所示,2004年,除部分市辖区以及青岛、淄博等发达地区外,山东省农业社会保障功能普遍较高。2004—2011年,除鲁东丘陵、潍坊等特色农业种植区与黄三角外,全省78.29%的县域社会保障功能下降。2011—2017年,增长型县域在鲁中南山地丘陵、胶莱平原等地蔓延,比例达42.64%。2017年,社会保障功能高值区主要向黄三角、鲁东丘陵、鲁东南丘陵以及潍坊等地集中。这主要归因于黄三角是山东省重要粮棉生产基地和渔业、畜牧业产区,人均耕地面积大,劳均农业产值高;鲁东、鲁东南丘陵等低山丘陵地区农业机械化水平低,种植水果、油料、烟叶、茶叶等经济作物,对农业劳动力需求量大。

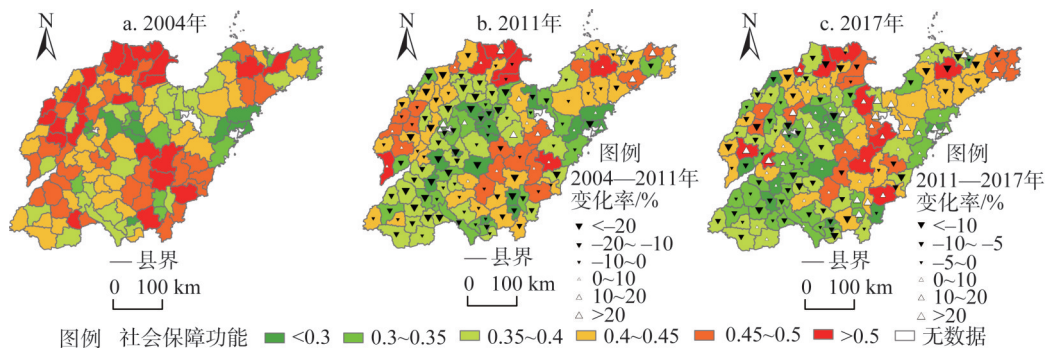


图5 2004年、2011年、2017年山东省农业社会保障功能时空演变特征

Fig. 5 Spatio-temporal pattern of social security function in Shandong province in 2004, 2011 and 2017

### 2.1.4 生态服务功能

2004—2017年,山东省农业生态服务功能呈现先降后升的下降趋势,在前一时段下降了3.89%,后一时段上升了1.06%,总体降幅为2.87%(图2);生态基底与环境质量分别呈现持续下降和先降后升的演化趋势。从空间错位指数来看,2004—2017年生态基底始终是生态服务功能空间分布格局的主要塑造力(表2)。

如图6所示,2004—2011年,除鲁西南、鲁西北等地区由于NDVI值上升外,其余75.97%的县域生态服务功能下降。2011—2017年,除鲁西北、鲁西南、胶莱平原等地区由于粮食播种面积比例的提升,农田生态系统多样性指数降低外,其余64.34%的县域生



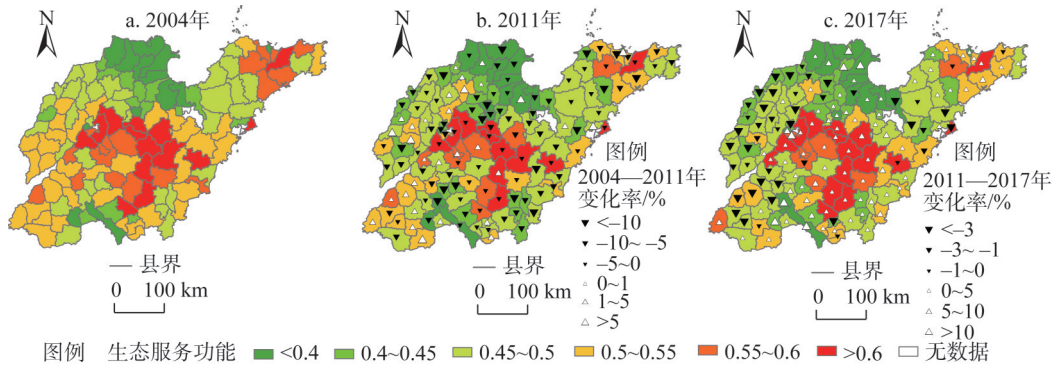


图6 2004年、2011年、2017年山东省农业生态服务功能时空演变特征

Fig. 6 Spatio-temporal pattern of ecological service function in Shandong province in 2004, 2011 and 2017

态服务功能小幅度回升。但是，2004—2017年山东省农业生态服务功能空间格局变化不大，高值区主要聚集在鲁中南、鲁东两大山地丘陵地区，此地是山东省主要的森林覆盖区，特色农产品与林特产品发达，农田生态系统多样性指数为全省最高，化肥农药施用量较少；低值区分布在黄河三角洲、莱州湾南岸滨海平原区、南四湖东西两侧平原区等地，此类地区生态基底较差（黄三角与莱州湾南岸是全省主要的生态环境脆弱区），农业面源污染严重（南四湖沿岸人口密集，化肥、农药、禽畜养殖污染严重）。

## 2.2 农业多功能时空演化的驱动机制

本文对驱动因子中数值大于1的因子进行对数变换，以减少变量的数据波动，并通过稳健标准误解决异方差问题<sup>[32]</sup>。根据方差膨胀因子（*VIF*）检验结果，剔除第三产业增加值比例，使得所有变量的*VIF*均在5以下，不存在多重共线性。回归分析结果如表3所示。

标准化回归系数显示，农产品供给功能与生态服务功能对农业资源禀赋依赖较强，经济发展功能与社会保障功能受社会经济发展水平和阶段影响较大。限于篇幅，下文主要围绕功能层展开分析。

（1）农产品供给功能。0.05显著性水平下，农产品供给功能与高程、县域城镇化率、人口密度呈负相关，与农田生产潜力、距地级市的距离、地级市城镇化率呈正相关。①毋庸置疑，距离核心城区较远且光热水土条件优越的平原地区是农产品主产区，但在农业比较效益下降、劳动力成本上升的背景下，平原地区农户倾向于通过机械化种植粮食作物，而山地丘陵地区机械化难度高，经济作物种植比例大，因此高程对粮食供给能力与非粮供给能力的作用方向相反。②县域城镇化的推进通常大量侵占当地优质农田，对粮食供给能力影响较大。③人口密度越高意味着农产品尤其是非粮农产品的人均占有量越少，农产品自给率与商品率越低。④地级市城镇化的推进会扩大当地非粮农产品的市场需求，倒逼非粮供给能力提升。此外，供给稳定性与劳均耕地面积呈负相关，主要因为山东省劳均耕地面积大的地区主要是部分大城市周边和耕地质量较差的区域，经济或自然因子的作用使得此类区域农产品供给稳定性不强。

（2）经济发展功能。0.05显著性水平下，经济发展功能与高程、二产比例、县域城镇化率、人口密度呈负相关，与农田生产潜力、地级市城镇化率呈正相关。①生产潜力

表3 回归分析结果汇总表  
Table 3 Regression analysis results

影响因子 与统计检验	$F_1$	$F_{11}$	$F_{12}$	$F_{13}$	$F_2$	$F_{21}$	$F_{22}$
$\ln Dem$	-0.1898**	-0.4135**	0.1665**	-0.5242**	-0.1084**	-0.0617**	-0.0984**
$\ln Pcy$	0.5868**	0.3915**	0.4672**	0.3774**	0.2209**	0.1002**	0.2580**
$Pca$	-0.0466	0.0442	0.0170	-0.2258**	0.0964	0.0175	0.1126
$\ln Dis$	0.1497**	0.1092*	0.1366**	0.0484	0.0340	0.0446	0.0906*
$\ln Pgdg$	0.0121	0.1306	-0.1045	0.1323*	-0.0757	-0.5823**	0.4319**
$Sip$	-0.0486	0.0234	-0.0935*	0.0316	-0.4025**	-0.3173**	-0.1871**
$Ur$	-0.1193*	-0.2283**	-0.0770	0.0363	-0.2913**	-0.2448**	-0.2205**
$\ln Pd$	-0.3256**	-0.0435	-0.4707**	0.0762	-0.3715**	-0.2111**	-0.3810**
$Uur$	0.1766**	0.0378	0.2457**	-0.0349	0.1643*	-0.0175	0.1580*
$R^2$	0.6128	0.5334	0.4820	0.5616	0.5153	0.7817	0.6218
调整 $R^2$	0.6035	0.5222	0.4696	0.5511	0.5037	0.7765	0.6128
$F$	76.5800**	45.4800**	46.2100**	77.7600**	54.6500**	96.0000**	42.7400**
影响因子 与统计检验	$F_{23}$	$F_3$	$F_{31}$	$F_{32}$	$F_4$	$F_{41}$	$F_{42}$
$\ln Dem$	-0.0610	0.0318	0.0654	-0.0868*	0.6928**	0.6985**	0.1986**
$\ln Pcy$	0.1357*	0.1965**	0.1196*	0.1863**	-0.0922	0.0210	-0.3417**
$Pca$	0.0902	—	—	—	0.1222	0.0390	0.2678**
$\ln Dis$	-0.0302	0.0491	-0.0189	0.1707**	-0.0446	-0.0448	-0.0131
$\ln Pgdg$	0.4295**	-0.2198**	-0.3849**	0.4304**	-0.2514**	-0.1651*	-0.3165**
$Sip$	-0.1809**	-0.2247**	-0.1512**	-0.1761**	0.0429	0.0344	0.0369
$Ur$	-0.0851	0.2856**	0.1285	0.3861**	-0.2178**	-0.2708**	0.0789
$\ln Pd$	-0.1953*	-0.7444**	-0.5164**	-0.5444**	0.0565	0.0178	0.1246
$Uur$	0.2206**	-0.1476*	-0.1964**	0.1309*	0.1578**	0.1015	0.2046**
$R^2$	0.4290	0.4783	0.4837	0.5933	0.5660	0.5692	0.3173
调整 $R^2$	0.4154	0.4672	0.4727	0.5847	0.5556	0.5589	0.3010
$F$	22.7000**	31.5000**	46.3200**	50.4700**	52.8000**	53.2000**	22.1800**

注：\*、\*\*分别表示在0.05、0.01的显著性水平下显著；为避免因变量与自变量存在重复信息，在社会保障功能及其要素的回归分析中，劳均耕地面积未被纳入方程。

高的平原地区一般农业经济比例较高（如鲁西南与鲁西北地区），经济效益与经济带动较好（如胶莱平原），但是由于部分低山丘陵地区农业旅游的发展，经济带动与高程的负相关性不显著。②人均GDP未通过显著性检验，主要因为其对经济发展功能各要素的作用方向相反。随着经济发展水平的提升，农业经济比例逐渐被压缩，经济效益与经济带动逐渐上升。③二产比例、县域城镇化率等非农化因素会压缩农业的经济比例，减少农业生产要素投入。④人口密度高一方面意味着人均农业资源占有量较少，不利于农业的要素投入和规模经济，另一方面会稀释农业的人均经济产出。⑤地级市城镇化率高的地区对于高价值的经济作物、园艺作物以及农业旅游的市场需求较大，农业的经济效益与经济带动较高。

（3）社会保障功能。0.05显著性水平下，社会保障功能与人均GDP、二产比例、人

口密度、地级市城镇化率呈负相关，与农田生产潜力、县域城镇化率呈正相关。① 农田生产潜力高的地区往往能够吸纳更多的农业劳动力，也有利于农户获得更多的农业收入，农业社会保障功能高。② 随着经济发展水平的提升与工业化的推进，农业劳动力不断向非农产业转移，农业的就业机会与社会保障功能随之下降，但是，经济发展能够促进农业产业化、现代化，对农民增收具有积极作用。③ 地级市城镇化率与经济发展水平的作用机制相似。④ 县域城镇化也有助于提升农业现代化，对农民增收产生正面效应。⑤ 人口密度高的区域往往是经济发达的城市地区，乡村非农就业率较高，农业的就业机会较少，同时人均农业资源拥有量与劳均农业经济产出过小。

(4) 生态服务功能。0.05显著性水平下，生态服务功能与高程、地级市城镇化率呈正相关，与人均GDP、县域城镇化率呈负相关。① 山地丘陵地区是重要的森林覆盖区，农业专业化、集约化水平较低，生态服务功能突出。② 研究时段内，伴随经济发展水平的提升，化肥农药施用量激增，对生态服务功能产生负向影响。③ 县域城镇化率高的地区，城市建成区占比高，对于森林资源、耕地资源的侵占现象严重，生态服务功能较低。④ 地级市城镇化率高的地区对农业的生态服务功能需求更高，环保力度相对较大，生态服务功能与环境质量较高。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

(1) 2004—2017年，山东省农业多功能演化路径差异明显，农产品供给功能和经济发展功能分别呈现先升后降和先降后升的增长态势，社会保障功能与生态服务功能分别遵循持续下降与先降后升的下降趋势。从功能结构来看，经济发展功能实现了结构重组，空间格局由经济比例主导向经济效益和经济带动主导转变；社会保障功能中，就业机会和就业收入两要素对功能层空间格局塑造力的相对差距不断缩小；农产品供给功能中粮食生产能力上升，非粮生产能力有所下降；生态服务功能结构变化相对稳定。

(2) 2004—2017年，山东省农业多功能时空演变特征迥异。农产品供给功能高值区逐渐呈现出环绕鲁中南山地丘陵区“半环状”空间格局；经济发展功能高值区由对农业依赖度高的传统农区向农业产值高的现代农业发展区与具有特色农业或农业旅游等关联产业发达的特色农业发展区转变；社会保障功能高值区向黄三角等劳均耕地面积大、产值高的农业生产基地与鲁东和鲁东南等拥有特色农业的低山丘陵地区收缩；生态服务功能高值区主要聚集在鲁中南山地丘陵、鲁东丘陵等生态基底优势区。

(3) 农业多功能的时空演化是农业资源禀赋与社会经济发展水平和阶段综合作用的结果。各驱动因子尤其是社会经济因子对于同一农业功能中不同要素的作用方向与强度存在差异，由此引发农业各功能结构的变化。自然资源禀赋是农业多功能时空分异的基础；经济发展水平、城镇化、工业化是驱动农业多功能时空演化的主导因素；核心城区的市场需求对发展多功能农业具有积极的促进作用；在人口密度高、资源趋紧的背景下，人口密度是农业多功能性的主要抑制因素。

#### 3.2 讨论

(1) 总体来看，目前山东省农业多功能的发展态势与Moon<sup>[9]</sup>所划分的发展中的农产

品净出口国家相似,即农业在扩大农产品供给、促进经济发展、保障农民生计等方面功能较强,在维护生态多样性、保护环境等方面功能较弱。同时,作为典型的发展中东亚小农经济的人口大省,山东省农业资源禀赋不高,生态基底薄弱,在快速经济发展与非农化转型背景下,农业的保供给与保生态压力不断加大,短期内农产品供给功能增加与生态服务功能改善的空间有限。因此,山东省难以完全走强多功能性农业的发展道路。另外,由于人多地少的基本省情、乡村社会诸多传统特征以及部分制度性因素的限制,山东省农业也难以完全走发达国家的企业化、资本化、规模化经营的道路<sup>[33,34]</sup>。因此,较强多功能性农业的发展之路应该是山东省的主流选择。

(2) 坚持分区优化、区域协调、统筹谋划的农业发展原则。① 济南、青岛等大城市外围地区农业的粮食供给能力与社会保障功能较低,特色经济作物和园艺作物供给、农业休闲旅游、生态服务功能需求大且发展潜力高,随着社会经济的进一步发展,具有发展强多功能性农业的可能。未来应加强对农业的保护和扶持力度,积极引导兴趣农场、都市农业等多功能农业的发展。② 鲁中南、鲁东等中东部山地丘陵及沿海地区大宗农产品供给能力较弱,但农业旅游、社会保障功能、生态服务功能较为突出,具有发展较强多功能性农业的潜力。未来应充分挖掘当地特色,开展林果业与其他特色经济作物种植,发展农业生态旅游,或(沿海地区)利用海洋优势生产优质海产品与发展外向型农业,将绿水青山与碧海蓝天打造成金山银山。③ 鲁西北与鲁西南等西部平原地区是山东省主要的农产品供应基地,但同时面临着农业经济发展功能增长乏力、社会保障功能持续下降、生态服务功能整体不强的问题。未来应在稳定主要农产品供给的基础之上,推动粮经饲、种植业与渔牧业的协同发展,加快培育农产品精深加工业,构建种养加一体化,产供销一条龙的农业生产加工基地;另外,要加大对有机农业、能源农业的支持力度,大力推广生物肥料、生物农药、可降解地膜的使用,促进绿色农业发展,走兼具多功能性质的现代农业发展之路。

(3) 由于数据的可获取性问题,部分指标难以量化,本文对于农业休闲旅游、文化传承等方面的探讨不足,未来应充分利用调研数据、大数据等多源数据开展研究。另一方面,不同的层次尺度(全球、国家、区域、村域、农户等)对于农业多功能的关注视角存在重要差异<sup>[8,35]</sup>,因此,未来研究尺度需下沉到村域、农户层面。探究微观尺度下农业多种功能的相互关系、演化路径与未来发展趋势,揭示地方政府、企业、农户等行为主体对农业多功能演化的影响是今后研究的重点。

### 参考文献(References):

- [1] 黄季焜. 新时期的中国农业发展: 机遇, 挑战和战略选择. 中国科学院院刊, 2013, 28(3): 295-300. [HUANG J K. China's agricultural development in the New Era: Opportunities, challenges, and strategies. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2013, 28(3): 295-300.]
- [2] 陈锡文. 中国农业发展形势及面临的挑战. 农村经济, 2015, (1): 3-7. [CHEN X W. China's agricultural development situation and challenges. Rural Economy, 2015, (1): 3-7.]
- [3] 黄宗智, 彭玉生. 三大历史性变迁的交汇与中国小规模农业的前景. 中国社会科学, 2007, (4): 74-88. [HUANG Z Z, PENG Y S. The confluence of three historical trends and the prospects for small-scale agriculture in China. Social Sciences in China, 2007, (4): 74-88.]
- [4] 黄季焜. 四十年中国农业发展改革和未来政策选择. 农业技术经济, 2018, (3): 4-15. [HUANG J K. Forty years of Chi-



- na's agricultural development and reform and the way forward in the future. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2018, (3): 4-15.]
- [5] 鲁莎莎, 刘彦随, 秦凡. 环渤海地区农业地域功能演进及其影响因素. *地理学报*, 2019, 74(10): 2011-2026. [LU S S, LIU Y S, QIN F. Spatio-temporal differentiation of agricultural regional function and its impact factors in the Bohai Rim region of China. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(10): 2011-2026.]
- [6] WILSON G A. From 'weak' to 'strong' multifunctionality: Conceptualising farm-level multifunctional transitional pathways. *Journal of Rural Studies*, 2008, 24(3): 367-383.
- [7] WILSON G A. Global multifunctional agriculture: Transitional convergence between north and south or zero-sum game?. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 2008, 6(1): 3-21.
- [8] WILSON G A. The spatiality of multifunctional agriculture: A human geography perspective. *Geoforum*, 2009, 40(2): 269-280.
- [9] MOON W. Conceptualising multifunctional agriculture from a global perspective: Implications for governing agricultural trade in the post-Doha Round era. *Land Use Policy*, 2015, 49: 252-263.
- [10] HRABÁK J, KONEČNÝ O. Multifunctional agriculture as an integral part of rural development: Spatial concentration and distribution in Czechia. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 2018, 72(5): 257-272.
- [11] 孙新章. 新中国60年来农业多功能性演变的研究. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(1): 71-75. [SUN X Z. Evolution of agricultural multifunctionality since 1949. *China Population, Resources and Environment*, 2010, 20(1): 71-75.]
- [12] 刘玉, 冯健. 城乡结合部农业地域功能实现程度及变化趋势: 以北京为例. *地理研究*, 2017, 36(4): 673-683. [LIU Y, FENG J. Analysis on execution and change of regional function of agriculture in rural-urban fringe: A case study of Beijing. *Geographical Research*, 2017, 36(4): 673-683.]
- [13] 鲁莎莎, 刘彦随, 关兴良. 农业地域功能的时空格局与演进特征: 以106国道沿线典型样带区为例. *中国土地科学*, 2014, 28(3): 67-75. [LU S S, LIU Y S, GUAN X L. Agricultural region multi-function and its spatio-temporal evolution characteristics: A case study of sampling belt along G106 in China. *China Land Sciences*, 2014, 28(3): 67-75.]
- [14] 李梦桃, 周忠学. 基于多维评价模型的都市农业多功能发展模式探究. *中国生态农业学报*, 2016, 24(9): 1275-1284. [LI M T, ZHOU Z X. Evaluation of urban agriculture multi-functionality development models based on multi-dimension evaluation. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24(9): 1275-1284.]
- [15] YU M, YANG Y J, CHEN F, et al. Response of agricultural multifunctionality to farmland loss under rapidly urbanizing processes in Yangtze River Delta, China. *Science of the Total Environment*, 2019, 666: 1-11.
- [16] PENG J, LIU Z C, LIU Y X, et al. Multifunctionality assessment of urban agriculture in Beijing city, China. *Science of the Total Environment*, 2015, 537: 343-351.
- [17] 房艳刚, 刘本城, 刘建志. 农业多功能的地域类型与优化策略: 以吉林省为例. *地理科学进展*, 2019, 38(9): 1349-1360. [FANG Y G, LIU B C, LIU J Z. Territorial types and optimization strategies of agriculture multifunctions: A case study of Jilin province. *Progress in Geography*, 2019, 38(9): 1349-1360.]
- [18] 谭雪兰, 安悦, 苏洋, 等. 长株潭地区农业功能的时空变化特征及发展策略研究. *地理科学*, 2018, 38(5): 708-716. [TAN X L, AN Y, SU Y, et al. Spatio-temporal dynamics of agricultural function in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomerations. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(5): 708-716.]
- [19] LIU Y S, YANG R, LONG H L, et al. Implications of land-use change in rural China: A case study of Yucheng, Shandong province. *Land Use Policy*, 2014, 40: 111-118.
- [20] QU Y B, JIANG G H, TIAN Y Y, et al. Urban-rural construction land transition (URCLT) in Shandong province of China: Features measurement and mechanism exploration. *Habitat International*, 2019, 86: 101-115.
- [21] 许凤娇, 吕晓, 陈昌玲. 山东省城乡建设用地转型的时空格局. *自然资源学报*, 2017, 32(9): 1554-1567. [XU F J, LYU X, CHEN C L. Spatial-temporal pattern of urban-rural construction land transition in Shandong province. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(9): 1554-1567.]
- [22] 张祖陆, 姜鲁光, 李子君. *山东地理*. 北京: 北京师范大学出版社, 2014: 121-146. [ZHANG Z L, JIANG L G, LI Z J. *Shandong Geography*. Beijing: Beijing Normal University Publication House, 2014: 121-146.]

- [23] 王赛男, 李建鸿, 蒲俊兵, 等. 气候和人类活动对典型岩溶地下河系统径流年际变化的影响. 自然资源学报, 2019, 34(4): 759-770. [WANG S N, LI J H, PU J B, et al. Impacts of climate change and human activities on the interannual flow changes in a typical karst subterranean river, South China. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(4): 759-770.]
- [24] 蔡昉. 农业劳动力转移潜力耗尽了么?. 中国农村经济, 2018, (9): 2-13. [CAI F. Has China's labor mobility exhausted its momentum?. *Chinese Rural Economy*, 2018, (9): 2-13.]
- [25] 张英男, 龙花楼, 戈大专, 等. 黄淮海平原耕地功能演变的时空特征及其驱动机制. 地理学报, 2018, 73(3): 518-534. [ZHANG Y N, LONG H L, GE D Z, et al. Spatio-temporal characteristics and dynamic mechanism of farmland functions evolution in the Huang-Huai-Hai Plain. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(3): 518-534.]
- [26] 宋小青, 吴志峰, 欧阳竹. 1949年以来中国耕地功能变化. 地理学报, 2014, 69(4): 435-447. [SONG X Q, WU Z F, OUYANG Z. Changes of cultivated land function in China since 1949. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(4): 435-447.]
- [27] 彭建, 赵士权, 田璐, 等. 北京都市农业多功能性动态. 中国农业资源与区划, 2016, 37(5): 152-158. [PENG J, ZHAO S Q, TIAN L, et al. The dynamics of multifunctionality of urban agriculture, a case study of Beijing city. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2016, 37(5): 152-158.]
- [28] 胡小宁, 谢晓振, 郭满才, 等. 生态技术评价方法与模型研究: 理论模型设计. 自然资源学报, 2018, 33(7): 1152-1164. [HU X N, XIE X Z, GUO M C, et al. Research on evaluation method and model of ecological technology: The design of theoretical model. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(7): 1152-1164.]
- [29] 罗成, 蔡银莺. 湖北省农产品主产区耕地资源功能的时空演变. 经济地理, 2016, 36(3): 153-161. [LUO C, CAI Y Y. The stage characteristics and spatial heterogeneity of cultivated land resource function evolution in agricultural producing areas of Hubei province. *Economic Geography*, 2016, 36(3): 153-161.]
- [30] 陈乔, 程成, 田苒凡. 东盟旅桂“客流量—景区—酒店”空间错位及演变. 经济地理, 2017, 37(9): 192-199. [CHEN Q, CHENG C, TIAN R F. The spatial mismatch and its evolution of "inbound tourism-tourism attraction-hotel" in Guangxi province from ASEAN. *Economic Geography*, 2017, 37(9): 192-199.]
- [31] 唐华俊, 罗其友. 农业区域发展学导论. 北京: 科学出版社, 2008: 127-157. [TANG H J, LUO Q Y. *Introduction to Agricultural Regional Development*. Beijing: Science Press, 2008: 127-157.]
- [32] WOOLDRIDGE J M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. Toronto: Nelson Education, 2015.
- [33] 温铁军, 董筱丹, 石嫣. 中国农业发展方向的转变和政策导向: 基于国际比较研究的视角. 农业经济问题, 2010, 31(10): 88-94. [WEN T J, DONG X D, SHI Y. The transformation of China's agricultural development direction and policy guidance: Based on the perspective of international comparative study. *Issues in Agricultural Economy*, 2010, 31(10): 88-94.]
- [34] 陆益龙. 后乡土中国. 北京: 商务印书馆, 2017: 149-162. [LU Y L. *Post-Earthbound China*. Beijing: The Commercial Press, 2017: 149-162.]
- [35] 彭建, 刘志聪, 刘焱序. 农业多功能性评价研究进展. 中国农业资源与区划, 2014, 35(6): 1-8. [PENG J, LIU Z C, LIU Y X. Research progress on assessing multi-functionality of agriculture. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2014, 35(6): 1-8.]

## Spatio-temporal evolution characteristics and driving mechanisms of agricultural multifunctions in Shandong province

LIU Jian-zhi<sup>1</sup>, FANG Yan-gang<sup>1,2,3</sup>, WANG Ru-ru<sup>1</sup>

(1. School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 2. Key Laboratory of Geographical Processes and Ecological Security in Changbai Mountains, Ministry of Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 3. Institute for Northeast China Research, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

**Abstract:** Under the background of the agricultural supply-side structural reform and rural revitalization, it is critical to raise farmers' income, realize sustainable agricultural development and guarantee food security by developing multiple agriculture functions in various regions and coordinating the development of regions with different agricultural functional characteristics. The spatio-temporal differentiation of agricultural multifunctions results from the comprehensive effects of the agricultural resource endowments and the socio-economic development level and stages. This paper constructs an evaluation index system of agricultural multifunctions. Taking Shandong province as an example, this paper analyzes the spatio-temporal evolution characteristics and driving mechanisms of agricultural multifunctions at county level from 2004 to 2017 by using spatial mismatch, regression analysis and so on. The results are shown as follows: The spatio-temporal evolution characteristics of agricultural functions in the province were significantly different during 2004-2017. Among them, the agricultural products supplying function showed a growth trend of increasing first and decreasing afterwards, and its high-value areas were mainly distributed in the "half-ring" area surrounding the south-central mountainous area of Shandong province; the economic development function showed a growth trend of decreasing first and increasing afterwards, and its high-value areas were transformed from traditional agricultural areas with high proportion of agriculture to modern agricultural areas with high agricultural output value and distinctive agricultural areas which have high-value agricultural products or prosperous correlative industries such as agricultural tourism; the social security function showed a downward trend, and its high-value areas were concentrated in the grain producing areas with large farmland area per labor and the mountainous-hilly areas with distinctive agriculture; the ecological service function showed a downward trend of decreasing first and increasing afterwards, and its high-value areas were mainly distributed in mountainous-hilly areas with good ecological basement. The impact of factors on different elements of the same function differed in direction and extent, which resulted in changes of agricultural functional structure. Finally, based on the functional perspective, this paper proposes the development paths and zoning optimization strategies for agriculture in Shandong province.

**Keywords:** agricultural multifunctions; spatio-temporal evolution; driving mechanisms; spatial mismatch; Shandong province