

中国农食系统韧性的时空差异及其影响因素分析

匡远配, 赵璐阳

(湖南农业大学 经济学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 农业与食物系统的韧性涉及整个国家或全球的食物安全, 对于抵抗外来冲击至关重要。运用熵值法、泰尔指数以及地理探测器模型, 测算 2001—2020 年中国及各地区农食系统的韧性水平, 发现其均呈明显上升趋势。其中, 山东农食系统韧性始终处于最高水平, 西藏最低; 华中地区农食系统韧性较高, 西部地区农食系统韧性明显低于其他地区。中国农食系统韧性的总体差异、区域内及区域间差异均呈不断扩大的趋势, 究其原因, 主要是华南及西部地区内的省际差异所致。

关键词: 农业与食物系统; 韧性; 时空差异

中图分类号: F326.11

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2024)01-0035-10

Spatiotemporal differences and the influencing factors in the resilience of agricultural and food system in China

KUANG Yuanpei, ZHAO Luyang

(College of Economics, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: The resilience of agriculture and food systems relates to the food security of the nation or the world and is essential to resist external shocks. By using entropy method, Theil index and geographic detector model, the resilience level of agricultural and food systems in different regions of China from 2001 to 2020 has been calculated. The study finds that it shows an obvious rising trend on the whole. The resilience of agricultural and food systems in Shandong is always the highest while that in Xizang is the lowest. The resilience of agricultural and food system in central China is high, and that in western China is obviously lower than that in other regions. The overall, intra-regional and inter-regional differences of the resilience of agriculture and food systems in China are widening, which is mainly caused by the inter-provincial differences in South China and western China.

Keywords: agriculture and food systems; resilience; spatiotemporal differences

一、问题的提出

全球正处于百年未有之大变局, 逆全球化趋势愈演愈烈, 干旱、洪涝等极端天气频发, 新冠肺炎疫情导致经济萎靡……全球居民赖以生存的农业与食物系统(下文简称“农食系统”)正在经受着严重的外部冲击, 由此倒逼转型^[1-3]。农食系统的运行包括从生产到消费一系列活动, 受政策、法律等外在因素的影响^[4]。在面临各种冲击或干扰时, 有些国家或地区的农食系统能较好应对, 甚至进一步实现系统的转型升级; 有些却不能“解

除锁定”, 无法摆脱“路径依赖”^[5], 导致国家逐渐陷入食物危机。这种差异性表现的关键可谓“韧性”。借助韧性的复杂性、综合性、适应性及能动性独特视角来研究农食系统, 减少研究过程的“碎片化”, 正成为农食系统研究的新方向^[6,7]。食物系统理论源自食物链理论、农业经济学以及“agribusiness”理论。高桥正郎等学者提出, 食物系统应将农林水产业、农业相关产业和食品加工制造业、批发业、零售业、餐饮业以及食品消费作为一个整体, 并高度关注各主体间的关联性^[8-10]。伴随着经济结构和社会环境的日趋复杂, 农食系统(agri-food system)的概念被提出, 其研究范围进一步扩大, 不仅关注食物的生产、加工制造、流通、消费等一系列过程, 还关注环境、技术、需求等多种因素影响^[11-13]。社会再生

收稿日期: 2023-09-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(71973042)

作者简介: 匡远配(1973—), 男, 湖南武冈人, 博士, 教授, 主要从事农业经济理论与政策研究。

产活动涉及生产、分配、交换和消费四个环节，相应地，农食系统可分为生产部门、交换部门、消费部门以及开放部门四个部分^[14,15]：1) 生产部门。农业生产与食品加工制造产业共同构成食物的生产端，为满足人民日益增长的美好生活需求，弥补农业生产本身所具有的季节性和地域性之不足，食物生产应立足农业高质量发展，拓展精深加工、循环加工与高附加值加工的食物制造产业链条，促进产业融合。2) 交换部门。由于农食系统的人地耦合关系逐渐从邻近扩展到更远距离，生产部门与消费者直接进行交易的形式无法完全满足消费需求，涵盖运储、批发与零售的多层级销售平台应需而生，一定程度上缓解了产销失调的难题。但食物产销地之间的距离增加，会加剧供应链“堵点”难题，以及增加食物损耗。3) 消费部门。居民食物消费随着经济的发展趋于多样化，一方面倒逼消费部门向高韧性转型，提升对弱势群体的包容度，缩小食物获取能力的“贫富差距”；另一方面促使消费部门与上游部门以信息逆流的形式构成更紧密的关联。4) 开

放部门。食物进口可以有效弥补国内食物生产端缺口，积极推动食物出口可以扩大国际消费市场，实现国际国内两个市场的资源流通，但由于国际局势变幻莫测，需要警惕过高的外埠依赖性。农食系统循环具体如图1所示。

“韧性”一词源于物理学，Holling 将其应用到系统生态学，作为生态系统稳定的衡量标准之一^[16]。Martin 和 Sunley 提出韧性包含脆弱性、抵抗性、稳健性和恢复性四个方面，并从演化动态的视角对区域经济韧性进行分析^[17]。学界普遍认为，韧性是系统的一种固有属性，表现为在受到外界的干扰或冲击时能迅速有效恢复，并能通过不断调整以适应内外部因素的变化^[18,19]。农食系统韧性是一种适应性韧性，强调农食系统调控资源抵抗外来冲击，恢复自身状态并不断进行结构更新的能力^[20]。本文拟构建中国农食系统韧性的评估体系并加以测算，分析其变化的时空特征，然后建立影响因子指标体系探测农食系统韧性的主要影响因子。

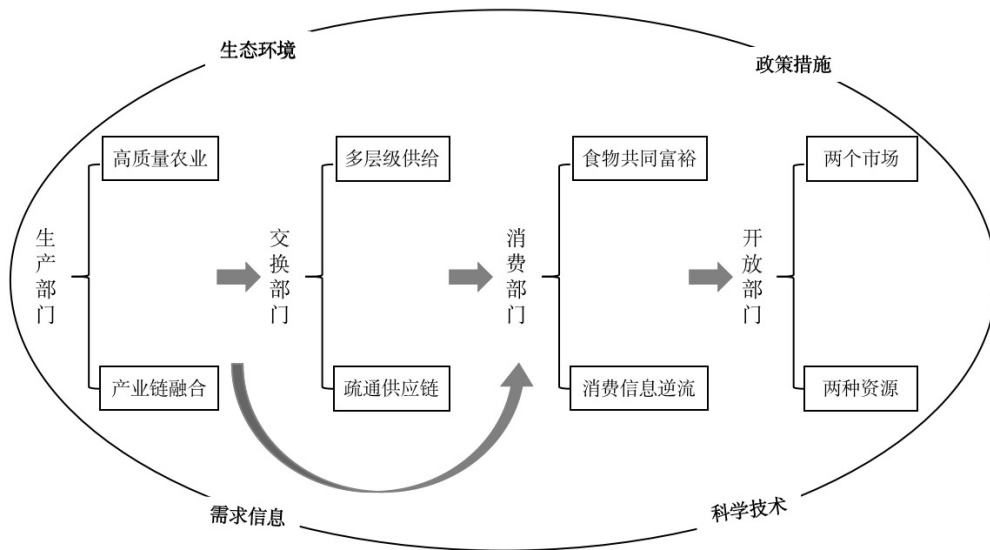


图1 农业与食物系统循环

二、研究方法

(一) 指标体系构建

根据韧性特征，参考张明斗等的研究^[21]，本文将农食系统韧性分为抵抗力和更新力两方面：

抵抗力强调农食系统运用丰富储备在经受外来冲击时持续满足人们食物和营养需求的能力。系统内各主体发挥其能动性，调配相应资源，保障食物稳定供给。劳动力作为发挥能动性的主体，其数量、质量均会对农食系统韧性产生影

响，本文选取普通高等学校毕业生数和医疗卫生机构床位数来衡量农食系统的整体劳动力质量；以第一产业就业人员和农食加工制造业规模以上企业平均用工^①、运输业从业人员和限额以上农食零售批发业年末从业人数^②、限额以上餐饮业年末从业人数、农食外商投资企业数衡量农食系统四部门的劳动力数量。需指出的是，伴随外商及外资的参与程度加深，农食系统的对外依赖性会增加，不利于系统稳定性以及韧性的提高^[22]，因此

衡量开放部门的指标方向为负。资本要素体现农食系统所能调度资源的丰裕程度。本文选取有效灌溉面积、农作物总播种面积、农林牧渔中间消耗、农业机械总动力、农食加工制造业规模以上企业固定资产、载货汽车数量和运输线路长度^③、限额以上农食零售批发业固定资产、限额以上餐饮业固定资产、农食行业实际利用外资金额，对农食系统四部门的资本要素进行衡量。其中，农林牧渔中间消耗为负向指标。

更新力强调农食系统积极调整内部结构，改变原有状态以顺利转型的能力。农食系统的转型体现于各部门经济改善和技术水平的提高，即经济增长和科技进步。本文选取农林牧渔业总产

值、农食加工制造业规模以上企业利润总额、铁路货运量、限额以上农食零售批发业商品销售总额、限额以上餐饮业营业收入、农食企业外贸依存度衡量各部门经济状况。科技水平是农食系统超越原本状态的核心支撑^[23-25]。除了专利数量这一直观体现创新力的指标，系统创新力还体现为满足投资后尚未利用的资源，此部分资源即为非沉淀性冗余资源^[26]。因此，本文选取农业专利授权量、农食加工制造业规模以上企业非沉淀性冗余资源、运输作业相关专利授权数、限额以上农食零售批发业非沉淀性冗余资源、新注册电子商务交易活动的餐饮企业数量、跨境电商农食企业数衡量农食系统四部门的科技水平。

表 1 农食系统韧性的评价体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性	指标权重		
抵抗力	劳动力	普通高等学校毕业生数(万人)	正	0.017 8		
		医疗卫生机构床位数(万张)	正	0.042 7		
		第一产业就业人员(万人)	正	0.024 9		
		农食加工制造业规模以上企业平均用工(万人)	正	0.018 5		
		运输业从业人员(人)	正	0.023 9		
		限额以上农食零售批发业年末从业人数(万人)	正	0.029 5		
		限额以上餐饮业年末从业人数(万人)	正	0.014 7		
		农食外商投资企业数(个)	负	0.012 4		
	资本要素	有效灌溉面积(千公顷)	正	0.034 6		
		农作物总播种面积(千公顷)	正	0.029 5		
		农林牧渔中间消耗(亿元)	负	0.022 6		
		农业机械总动力(万千瓦)	正	0.020 2		
		农食加工制造业规模以上企业固定资产(亿元)	正	0.035 6		
		载货汽车数量(万辆)	正	0.033 7		
		运输线路长度(万公里)	正	0.020 7		
		限额以上农食零售批发业固定资产(亿元)	正	0.030 6		
		限额以上餐饮业固定资产(亿元)	正	0.026 4		
		农食行业实际利用外资金额(亿美元)	负	0.021 6		
		更新力	经济状况	农林牧渔业总产值(亿元)	正	0.029 8
				农食加工制造业规模以上企业利润总额(亿元)	正	0.031 2
铁路货运量(万吨)	正			0.017 3		
限额以上农食零售批发业商品销售总额(亿元)	正			0.040 0		
限额以上餐饮业营业收入(亿元)	正			0.026 9		
农食企业外贸依存度(%)	负			0.032 1		
科技水平	农业专利授权量(件)		正	0.060 0		
	农食加工制造业规模以上企业非沉淀性冗余资源(%)		正	0.022 3		
	运输作业相关专利授权数(件)		正	0.061 5		
	限额以上农食零售批发业非沉淀性冗余资源(%)		正	0.014 8		
	新注册电子商务交易活动的餐饮企业数量(个)		正	0.098 1		
	跨境电商农食企业数(个)		正	0.106 1		

(二) 指标权重的确定

指标赋权方法分为客观赋权和主观赋权两类。熵值法根据数据的信息量多少对指标进行客观赋权，既避免了主观赋权的随意性，又能够减

少指标降维所带来的信息损失，因此，本文选择熵值法对指标进行测度，具体步骤如下：

(1) 设系统处于 r 个年份中，有 n 项指标，且 x_{jt} 是第 j 项指标在第 t 年的值。

(2) 鉴于指标来源层次多, 且量纲差异明显, 对指标进行标准化处理, 使其具备横向可比性。首先区分指标大小走向, 判断其在系统中的地位和意义。当单个指标与系统发展方向一致, 则采用正向指标计算方法来处理:

$$\text{standar } x_{jt} = \frac{x_{jt} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

反之, 采用负向指标计算方法进行处理:

$$\text{standar } x_{jt} = \frac{\max(x_j) - x_{jt}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

其中 $\max(x_j)$ 为第 j 项指标中的最大值, $\min(x_j)$ 为最小值。

(3) 计算第 t 年的第 j 项指标所占比重, 用 P_{jt} 表示:

$$P_{jt} = \frac{\text{standar } x_{jt}}{\sum_{i=1}^m \text{standar } x_{it}} \quad (3)$$

其中, m 为样本总数, i 为其中某一个样本。

(4) 计算第 j 项指标的熵值 e_j 和信息熵冗余度 d_j :

$$e_j = -\frac{1}{\ln(mr)} \sum_{i=1}^m (P_{jt} \times \ln P_{jt}) \quad (4)$$

其中, $0 \leq e_j \leq 1$ 。

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

d_j 的值越大, 表示该指标所携带的正确信息越大, 在系统中的影响越大, 即权重越大。

(5) 根据信息熵冗余度 d_j 确定第 j 项指标的权重系数:

$$\varphi_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (6)$$

(6) 通过第 j 项指标的标准值与指标所占比重的乘积的总和来表示综合评价指标值:

$$A_i = \sum_{j=1}^n (\text{standar } x_{jt} \times \varphi_j) \quad (7)$$

其中, $0 \leq A_i \leq 1$ 。 A_i 的值越大, 表示该变量综合水平越高。

(三) 空间差异分析

泰尔指数具有良好的可分解性, 经常被用于研究区域经济差异, 其结果数值越大则差异程度越大。由种植历史、饮食习惯所形成的农食系统, 其韧性可能会因地域而出现差异。本文将中国划分为华北、华中、华东、华南、西部和东北六个区域, 运用泰尔指数对他们的农食系统韧性进行分析, 并分辨空间差异的具体来源。

(1) 计算全国农食系统韧性总差异的泰尔指数公式为:

$$T_t = \sum_{\alpha=1}^n \frac{P_{\alpha}}{P_t} \left(\frac{X_{\alpha}}{\bar{X}_t} \right) \ln \frac{X_{\alpha}}{\bar{X}_t} \quad (8)$$

(2) 则农食系统韧性的区域内差异可以表示为:

$$T_{wt} = \sum_{\beta=1}^m \frac{P_{\beta t}}{P_t} \left(\sum_{\alpha \in Z} \frac{P_{\alpha}}{P_{\beta t}} \frac{X_{\alpha}}{\bar{X}_{\beta t}} \ln \frac{X_{\alpha}}{\bar{X}_{\beta t}} \right) \quad (9)$$

(3) 将总差异 T_t 分解后, 农食系统韧性的区域间差异可以表示为:

$$T_{bt} = T_t - T_{wt} \quad (10)$$

其中, α 表示省份, z 表示某一区域内的省份个数, n 表示全国省份个数; β 表示区域, m 表示区域个数; t 表示年份。 P_{α} 为 α 省份的农食行业总就业人口, $P_{\beta t}$ 为 β 区域 t 年份的农食行业总就业人口, P_t 为当年全国的农食行业总就业人口。 $\bar{X}_{\beta t}$ 为 β 区域 t 年份的农食系统韧性均值, X_{α} 为 α 省份的农食系统经济韧性, \bar{X}_t 为全国 t 年份的农食系统韧性均值; T_t 为 t 年份整体泰尔指数, T_{wt} 为 t 年份区域内泰尔指数, T_{bt} 为 t 年份区域间泰尔指数。

(四) 韧性的影响因子分析

为进一步揭示农食系统韧性不同表现的驱动因子, 本文采用地理探测器模型分析农食系统韧性的主要影响因子。农食系统与其所处的社会、自然环境息息相关, 其韧性则会受到社会、自然环境中各种宏观因素的影响, 如经济基础、政策措施、社会就业、科技创新、网络设施、社会发展、生态环境等^[27], 本文选取 7 个指标作为农食系统韧性的影响因子, 如表 2 所示。

表 2 农食系统韧性影响因素的指标体系

影响因素	序号	具体指标
经济基础	X_1	居民人均可支配收入(元)
政策措施	X_2	中央财政支出(亿元)
社会就业	X_3	就业人员数量(万人)
科技创新	X_4	研发经费投入(亿元)
网络设施	X_5	互联网普及率(%)
社会发展	X_6	城镇化率(%)
生态环境	X_7	农作物受灾面积(千公顷)

地理探测器模型通过测量因变量与自变量的空间分布一致程度, 研究自变量 X 对因变量 Y 空间差异的解释力度^[28]。计算公式如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (11)$$

式中, $h=1, 2, \dots, L$ 为自变量 X 的分层, N_h 和 N 分别为层 h 和整体的单元数, σ_h^2 和 σ^2 分别为层 h 和全区 Y 值的方差。 q 的取值范围为 $[0, 1]$, 其值越大, 表明某自变量对农食系统韧性的解释力越强。

评估两自变量之间的共同作用，可用 $q(X_1)$ 、 $q(X_2)$ 以及两因子共同作用时对 Y 的解释力 $q(X_1 \cap X_2)$ 三者大小来表示。其结果可分为五种类型：

表 3 两自变量对因变量交互作用的类型

判据	交互作用
$q(X_1 \cap X_2) < \min[q(X_1), q(X_2)]$	非线性减弱
$\min[q(X_1), q(X_2)] < q(X_1 \cap X_2) < \max[q(X_1), q(X_2)]$	单因子非线性减弱
$q(X_1 \cap X_2) > \max[q(X_1), q(X_2)]$	双因子增强
$q(X_1 \cap X_2) = q(X_1) + q(X_2)$	独立
$q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$	非线性增强

(五) 数据来源与说明

数据来源于 2001—2020 年《中国统计年鉴》《中国工业年鉴》《中国农业年鉴》和国家知识产权局数据库，个别缺失数据采用插值法计算求得。

三、中国农食系统韧性的时空演进特征

(一) 中国农食系统韧性的整体性分析

根据前述方法计算中国农食系统韧性，绘制出 2001—2020 年中国及各个省（区、市）农食系统韧性的走势图，如图 2 所示。



图 2 各省（区、市）2001—2020 年农食系统韧性

各省（区、市）的农食系统韧性总体均呈上

升趋势，但初始状态或涨幅有所差异。研究初

期,河北、广东和山东均高于全国水平,分别于2004年、2005年和2010年开始落后于全国水平;广东的涨幅最为显著,由2001年的0.127 1涨至2020年的0.609 4。山东和河南于研究期内曾出现过较为明显的下滑,原因可能在于两省均为农业生产大省,当气候条件不利时,农食系统韧性随之下降。除此以外,西藏由于其历史传统、地理位置等特殊原因,农食系统韧性数值始终处于全国最低水平,且涨幅缓慢,2020年仅为0.033 0。

将各省(区、市)的农食系统韧性数值划分为三类:低度水平(韧性值 $\leq 0.150 0$)、中度水平($0.150 0 < \text{韧性值} \leq 0.300 0$)、高度水平(韧性值 $> 0.300 0$)。由表4可知,农食系统韧性达到高度和中度水平的省(区、市)个数显著增多:2010年仅有山东达到高度水平;2020年达到高度水平的省份为四川、河南、浙江、江苏、广东和山东。该类型省份能够实现食物产销平衡,原因

在于当地资源禀赋优越,具有较好的农业生产基础,且交通设施完善,货物流通便利,农食系统各部门均得到快速发展,因此韧性能够不断提升。中度水平的省(区、市)具有农食系统各部门“非均衡发展”的特点,如生产部门发达,而流通环节出现“堵点”;或流通便利,但农业生产不足。前者以陕西、云南为代表,后者以上海和北京为例,均证明该类型省(区、市)的农食系统未能协调发展,食物流通的过程被延长,增加了居民食物获得成本和潜在危机,农食系统韧性受到威胁。低度水平的省(区、市)大都具有“先天不足,后续乏力”的特征,由于资源禀赋受限,农业生产条件较为恶劣,且大多地处偏远,不便流通,即使政府不断加大对当地农食系统的扶持力度,其韧性仍无法达到中度水平。较为特殊的是天津,由于虹吸效应显著,资源流失较严重,限制了当地农食系统的发展。

表4 农食系统韧性的水平划分及演变

韧性水平	2001年	2010年	2020年
低度水平	藏、青、宁、琼、津、京、渝、甘、沪、贵、 新、闽、陕、赣、吉、内蒙古、晋、桂、黑、 滇、浙、辽、鄂、皖、湘、川、苏、冀、粤、豫	藏、青、琼、宁、津、甘、贵、 渝、新、吉、晋、赣、皖、陕、 沪、京、桂、滇、内蒙古、黑、辽	藏、青、宁、津、琼、甘、吉、 晋、渝、新、内蒙古
中度水平	鲁	浙、皖、湘、鄂、冀、川、豫、 苏、粤	桂、京、陕、贵、辽、滇、黑、 赣、沪、冀、闽、鄂、湘、皖 川、豫、浙、鲁、苏、粤
高度水平	—	鲁	

(二) 中国农食系统韧性空间差异的区域性分析

由上文可知,各省(区、市)的农食系统韧性表现不一,但逐渐趋向于区域一体化。因此,本文将全国分为六个区域,探究各区域间农食系统韧性的差异程度。首先计算各区域的农食系统韧性,并绘制出中国及六个区域农食系统韧性的变动趋势图(图3)。由图3可知,华中和华东地区的农食系统韧性数值远高于全国水平。华中地区拥有优越的农业生产条件和充裕的人力资源,逐步打造了完备的农食产业链,保证各部门的协调发展。华东地区则以其优越的加工制造业为基础,反向带动农业高质量转型,做到农食系统的良性循环。与之相对的是西部地区,一二三产业呈现“均衡”落后状态,且区域间流通不便,缺乏倒逼当地农食系统韧性提升的因素或机制。2010年开始东北及华北地区的农食系统韧性进入增长瓶颈期,原因可能在于两地陷入了“生产困境”:地下水及边际土地的过度开发,形成了资源紧平衡格局^[29]。同期,华南地区的农食系统韧

性涨幅明显,原因可能是地理位置优越,利于资源集聚,对于提升韧性效应明显。但是华南地区国际贸易频繁,也更易受到国际局势的影响,从而产生韧性波动。

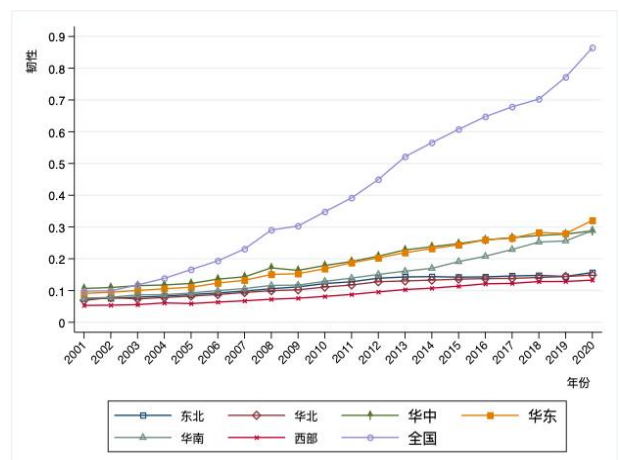


图3 各区域2001—2020年农食系统韧性变动趋势

为研究各区域农食系统韧性的空间差异程度,并对其成因进行比较,本文测算了中国及各区域的泰尔指数,得出区域内、区域间差异水平

及其贡献率（表 5）。

表 5 中国农食系统韧性的泰尔指数及分解

年份	总泰尔指数	区域内		区域间	
		泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%
2001	0.411 1	0.310 8	75.61	0.100 3	24.39
2002	0.399 9	0.300 0	75.02	0.099 9	24.98
2003	0.437 1	0.319 5	73.10	0.117 6	26.90
2004	0.403 0	0.287 8	71.42	0.115 2	28.58
2005	0.436 8	0.323 6	74.09	0.113 2	25.91
2006	0.449 6	0.326 1	72.54	0.123 5	27.46
2007	0.462 2	0.335 7	72.62	0.126 6	27.38
2008	0.510 9	0.356 1	69.70	0.154 8	30.30
2009	0.482 2	0.351 9	72.99	0.130 2	27.01
2010	0.485 6	0.355 0	73.10	0.130 6	26.90
2011	0.484 8	0.350 2	72.23	0.134 6	27.77
2012	0.489 8	0.358 4	73.18	0.131 4	26.82
2013	0.504 8	0.361 8	71.66	0.143 1	28.34
2014	0.508 1	0.353 7	69.60	0.154 5	30.40
2015	0.520 2	0.346 9	66.68	0.173 3	33.32
2016	0.540 7	0.350 1	64.75	0.190 6	35.25
2017	0.549 1	0.339 6	61.85	0.209 5	38.15
2018	0.579 2	0.360 2	62.19	0.219 0	37.81
2019	0.577 6	0.358 1	61.99	0.219 6	38.01
2020	0.618 7	0.370 2	59.83	0.248 5	40.17

由表 5 可以看出，2001—2020 年农食系统韧性的三种泰尔指数均呈上升趋势，即中国农食系统韧性仍存在显著的区域差异，且差异呈逐年扩大

态势。其中，区域内差异对总体差异的贡献率由 75.61% 下降至 59.83%，区域间差异对总体差异的贡献率则由 24.39% 上升至 40.17%。两种相反趋势表明农食系统韧性的总体差异来源正经历着区域内差异向区域间差异的转变。农食系统天然具有地域性特征，随着区域内农食产业链的完善和“辐射效应”影响，区域内差异不断缩小，一体化趋势增强。但受限于地理位置和经济基础，未能解决跨区域矛盾，如西部地区的农食系统尚未具备承接发达地区产业转移的资源和基础，区域间“辐射”效果有限，较难形成带动作用。因此，农食系统韧性的区域间差异逐步扩大。

各区域农食系统韧性的泰尔指数如表 6 所示。2001—2020 年东北地区和华东地区的泰尔指数始终处于较低水平：东北地区泰尔指数呈小幅度上升态势，对总体差异的贡献率基本维持在 1%~2%；华中地区的泰尔指数呈显著下降趋势，贡献率已降至 0.84%，可见两区域内农食系统发展较为平衡，韧性差距不大。华北及华东地区的泰尔指数呈现稳中有降的趋势；华南和西部地区始终是中国农食系统韧性区域差异的重要来源，2020 年对总体差异的贡献率分别为 26.53% 和 19.17%。

表 6 各区域农食系统韧性的泰尔指数

年份	东北地区		华北地区		华东地区		华南地区		华中地区		西部地区	
	泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%
2001	0.024 1	1.02	0.428 1	18.12	0.276 8	11.72	0.492 5	20.85	0.070 0	2.96	0.494 5	20.94
2002	0.025 6	1.15	0.275 6	12.38	0.291 9	13.10	0.514 0	23.08	0.068 6	3.08	0.495 2	22.24
2003	0.027 8	1.10	0.386 4	15.33	0.289 5	11.49	0.576 7	22.89	0.066 0	2.62	0.495 5	19.66
2004	0.032 3	1.36	0.356 7	15.02	0.276 3	11.63	0.584 3	24.59	0.071 6	3.02	0.375 4	15.80
2005	0.036 6	1.45	0.345 4	13.71	0.283 2	11.24	0.625 8	24.83	0.068 8	2.73	0.507 1	20.13
2006	0.037 8	1.45	0.346 3	13.26	0.277 3	10.62	0.663 4	25.40	0.059 5	2.28	0.510 4	19.54
2007	0.039 9	1.51	0.300 7	11.36	0.302 0	11.41	0.693 3	26.20	0.060 8	2.30	0.525 1	19.84
2008	0.041 7	1.44	0.277 1	9.56	0.313 1	10.80	0.720 3	24.84	0.098 3	3.39	0.570 5	19.67
2009	0.044 4	1.64	0.278 5	10.29	0.320 1	11.83	0.694 0	25.65	0.049 1	1.82	0.589 1	21.77
2010	0.050 5	1.84	0.269 5	9.81	0.306 0	11.14	0.723 2	26.34	0.037 5	1.37	0.620 7	22.60
2011	0.051 0	1.86	0.260 0	9.47	0.278 6	10.15	0.719 3	26.20	0.032 2	1.17	0.641 9	23.38
2012	0.055 6	2.02	0.237 3	8.59	0.283 4	10.26	0.751 9	27.23	0.027 1	0.98	0.665 1	24.09
2013	0.059 4	2.08	0.232 0	8.13	0.281 6	9.87	0.783 9	27.47	0.023 6	0.83	0.664 4	23.28
2014	0.053 4	1.85	0.230 3	7.97	0.265 3	9.18	0.796 1	27.55	0.028 4	0.98	0.637 7	22.07
2015	0.045 2	1.52	0.225 8	7.61	0.259 5	8.75	0.820 9	27.67	0.022 4	0.76	0.604 8	20.38
2016	0.038 2	1.23	0.205 2	6.61	0.245 3	7.90	0.889 9	28.67	0.028 3	0.91	0.602 7	19.42
2017	0.044 0	1.39	0.194 5	6.14	0.223 3	7.05	0.882 3	27.84	0.033 0	1.04	0.583 2	18.40
2018	0.052 1	1.54	0.209 6	6.18	0.186 1	5.48	0.976 8	28.79	0.022 6	0.67	0.662 9	19.54
2019	0.053 2	1.55	0.212 2	6.18	0.160 9	4.69	1.037 8	30.23	0.011 3	0.33	0.652 7	19.01
2020	0.056 3	1.56	0.243 2	6.74	0.180 3	5.00	0.957 2	26.53	0.030 2	0.84	0.691 6	19.17

六个区域的泰尔指数演变趋势表明，提升农食系统的韧性必须以区域协调发展为着力点。总

结华东地区、华北地区、东北地区及华中地区区域差异缩小的经验,需重点解决西部地区与华南地区内部日渐增长的省际差异。西部地区整体经济基础较为薄弱,为此,要加大对整个区域的支持力度,完善地方基础设施,挖掘当地特色,促进西部各地农食系统韧性的提升。另外,华南地区内部的省际差异较大,应以区域内协调发展为目标,发挥广东对周边地区的带动作用,促进区域农食系统均衡发展。

四、中国农食系统韧性的影响因子分析

(一) 农食系统韧性的影响因子探测

为了分析不同因子对提升农食系统韧性的影响,首先运用自然间断点分级法对连续性因子进行离散和分类,再运用因子探测进行分析,2001年、2010年和2020年的地理探测器结果如表7所示。

表7 农食系统韧性影响因子的地理探测器结果

序号	影响因子	2001年	2010年	2020年
X_1	经济基础	0.399 5	0.210 9	0.178 8
X_2	政策措施	0.437 1	0.368 2	0.537 5
X_3	社会就业	0.450 3	0.373 2	0.405 6
X_4	科技创新	0.327 6	0.361 5	0.367 8
X_5	网络设施	0.223 2	0.083 2	0.204 0
X_6	社会发展	0.418 1	0.238 0	0.169 2
X_7	生态环境	0.149 0	0.365 8	0.074 8

总体来看,各因子对农食系统韧性均有一定影响。随着“共同富裕”政策的推进以及乡村振兴工作的有序实施,全国经济差距不断缩小,因此经济基础的拉动效应相对于其他因子有所降低。但坚实的经济基础始终是生产投资和消费的重要保障,对提升农食系统的韧性仍具有重要意义。政策措施与社会就业始终是提升农食系统韧性的关键影响因子。政府通过财政支持和政策引领两条路径,不断加大对农业、水利、公路等基础设施建设的投资力度,实施农业高质量发展。政策措施覆盖了农食系统的全过程,对提升其韧性具有不可替代的作用。目前中国的农食系统仍以劳动密集型产业为主,劳动力作为最基础的要素,对提升农食系统韧性具有显著影响。社会就业持续增加,说明经济社会整体运行良好,农食系统的外部环境较平稳,这为农食系统韧性提升打下了坚实基础。

科技创新对提升农食系统韧性的影响正逐步加深,2020年其影响程度仅次于政策措施与社会

就业两因子。从动态趋势来看,科技创新的影响保持小幅度增长趋势。虽然创新成果在转化为实际生产力的过程中,存在一定“滞后性”,但其始终是提升农食系统韧性的驱动力之一。网络设施对提升农食系统韧性的影响呈“先减后增”趋势,原因可能在于构建数字化平台的初期,区域“贫富差”限制其影响作用的发挥;但随着新一代信息通信技术蓬勃发展和基础设施的不断完善,网络设施优化了要素及食物跨区域自由配置,影响不断增加。社会发展的影响作用呈显著下降态势。在城镇化快速增长初期,产业结构逐渐以工业为主导,农业生产空间不断被挤压,但城镇的食物需求与日俱增,食物产销出现失衡,较大程度影响了农食系统的韧性。而随着技术革新与物流完善,食物的供需矛盾得到缓解,城镇化对农食系统韧性的影响弱化。生态环境的影响作用呈先增后减的趋势。随着“绿水青山就是金山银山”发展口号的提出,国家积极推动经济绿色发展,保护生态环境和生物多样性,有效遏制了生态环境恶化的趋势。生态环境对农食系统韧性的影响得到扭转。

(二) 农食系统韧性影响因子的交互探测

农食系统韧性影响因子的交互探测结果如表8所示。研究表明,不同影响因子的交互作用类型均为非线性增强与双因子增强。

具体来看,2001年、2010年和2020年政策措施与社会就业的交互作用均表现为双因子增强,说明同时增加就业人员数量与中央财政支出对农食系统韧性的影响更为显著。2001年、2010年政策措施与社会发展的交互作用表现为双因子增强,2020年演变为非线性增强,说明在城镇化发展的背景下,增加中央财政支出能够有效提升农食系统韧性^[30],而当城镇化进程开始放缓,两者的交互作用也随之减弱。同期,在社会发展的背景下,社会就业及科技创新两因子,均可对提升农食系统韧性产生倍增效应。

2001年与2020年,生态环境与政策措施、科技创新的交互作用表现为非线性增强,说明政府根据农作物受灾情况进行财政扶持和加大研发投入力度,及时恢复农业生产和增强农业防灾抗灾能力,能有效提升农食系统韧性。2001年、2010年和2020年生态环境与社会就业、社会发展的交互作用均表现为非线性增强,说明社会就业的增加和城镇

化的深入,反而加重了农作物受灾对农食系统韧性 的不利影响,但此种影响正随时间逐渐减弱。

表 8 农食系统韧性影响因子交互探测结果

影响因子	年份	经济基础	政策措施	社会就业	科技创新	网络设施	社会发展	生态环境
经济基础	2001 年	0.399 5	0.831 2 ^②	0.677 5 ^④	0.736 5 ^⑤	0.756 1 ^③	0.749 2 ^④	0.724 0 ^③
	2010 年	0.210 9	0.591 5 ^③	0.709 5 ^③	0.517 3 ^④	0.361 6 ^③	0.415 3 ^④	0.617 6 ^③
	2020 年	0.178 8	0.707 3 ^④	0.594 1 ^③	0.515 0 ^④	0.774 8 ^③	0.303 0 ^④	0.424 5 ^③
政策措施	2001 年		0.437 1	0.615 2 ^④	0.521 1 ^④	0.587 3 ^③	0.631 9 ^④	0.799 3 ^③
	2010 年		0.368 2	0.648 4 ^④	0.463 2 ^④	0.617 8 ^③	0.597 3 ^④	0.561 5 ^④
	2020 年		0.537 5	0.634 7 ^④	0.802 4 ^④	0.883 6 ^③	0.708 4 ^③	0.821 8 ^③
社会就业	2001 年			0.450 3	0.608 1 ^④	0.676 9 ^③	0.747 8 ^④	0.732 0 ^③
	2010 年			0.373 2	0.632 0 ^④	0.885 6 ^③	0.691 8 ^③	0.854 3 ^③
	2020 年			0.405 6	0.600 0 ^④	0.891 5 ^③	0.601 8 ^③	0.721 6 ^③
科技创新	2001 年				0.327 6	0.527 1 ^③	0.598 5 ^④	0.731 0 ^③
	2010 年				0.361 5	0.526 0 ^③	0.558 9 ^④	0.652 9 ^④
	2020 年				0.367 8	0.779 0 ^③	0.523 1 ^④	0.689 2 ^③
网络设施	2001 年					0.149 0	0.561 9 ^④	0.573 6 ^③
	2010 年					0.083 2	0.457 4 ^③	0.687 4 ^③
	2020 年					0.204 0	0.710 2 ^③	0.443 4 ^③
社会发展	2001 年						0.418 1	0.720 2 ^③
	2010 年						0.238 0	0.723 6 ^③
	2020 年						0.169 2	0.443 8 ^③
生态环境	2001 年							0.149 0
	2010 年							0.365 8
	2020 年							0.074 8

注: ①表示非线性减弱关系, ②表示单因子非线性减弱关系, ③表示非线性增强关系, ④表示双因子增强关系, ⑤表示独立关系。

五、研究结论与对策建议

上述研究表明: 2001—2020 年中国各省(区、市)的农食系统韧性均有显著提高。其中, 山东的农食系统韧性最高, 西藏最低。从区域来看, 华中地区的农食系统韧性最高, 且显著高于全国均值, 西部地区则低于其他地区。中国农食系统韧性的总体差异、区域内及区域间差异均呈显著扩大的态势, 究其原因则是华南地区及西部地区内的省际差异所致。政策支持和社会就业是提升农食系统韧性的主要影响因子, 各影响因子间均构成非线性增强或双因子增强的交互作用。

以上研究结论对于保障居民食物安全和提高中国农食系统韧性具有如下启示: 一是应增强农食系统韧性持续提升的驱动力。应增加人力、资金等要素投入, 破解农业生产的资源约束问题; 同时, 利用大数据、云计算等互联网技术推动建立农食系统内的信息共享平台, 促进农食系统各部门耦合发展; 政府更需发挥在农食系统建设与转型过程中的宏观调控作用, 推进农业高质量发展, 加大基础设施建设的投资力度, 加强生态环境保护等^[31]。二是应统筹农食系统的区域协调发

展。按照“先富带动后富”的发展理念, 充分发挥高韧性地区的辐射带动作用, 通过资金转移、要素流通等途径, 推动形成区域间农食系统的联动带动效果, 缩小地区间农食系统韧性的差距; 激发低韧性地区发展的内生动力, 强化生态环境治理与保护, 完善基础设施, 发展地方特色产业, 挖掘农食系统韧性的增长潜力。推动农食系统真正实现区域内优势互补, 区域间协调发展。

注释:

- ① 农食加工制造业囊括农副食品加工业, 食品制造业, 酒、饮料和精制茶制造业, 烟草制造业。
- ② 农食零售批发业具体包括农林牧渔产品批发, 食品、饮料及烟草制品批发, 食品、饮料及烟草制品专门零售。
- ③ 运输线路包括铁路及公路。

参考文献:

- [1] 陈志钢, 詹悦, 张玉梅, 等. 新冠肺炎疫情对全球食物安全的影响及对策[J]. 中国农村经济, 2020(5): 2-12.
- [2] 樊胜根, 高海秀. 新冠肺炎疫情下全球农业食物系统的重新思考[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2020(5): 1-8, 168.
- [3] 焦点, 邢晓荣, 刘博. 新冠肺炎疫情冲击下全球农业

- 显韧性[J]. 世界农业, 2021(12): 124-126.
- [4] 张秋柳, 安玉发. 国外食品系统理论发展及其借鉴[J]. 商业研究, 2010(5): 198-204.
- [5] 苗长虹, 胡志强, 耿凤娟, 等. 中国资源型城市经济演化特征与影响因素——路径依赖、脆弱性和路径创造的作用[J]. 地理研究, 2018(7): 1268-1281.
- [6] 王奇珍, 朱英明. 中国城市经济韧性及影响因素研究[J]. 生态经济, 2021, 37(10): 84-92.
- [7] 王晶晶, 孟婷, 樊胜根. 应对国际局势变化 提升农业食物系统韧性[J]. 农村工作通讯, 2022(8): 25-26.
- [8] 高桥正郎. フードシステム学の世界[M]. 东京: 农林统计协会, 1997.
- [9] 高桥正郎. 日本食物体系与农业[J]. 中国食物与营养, 1999(3): 11-15.
- [10] TRELOGAN H C, DAVIS J H, GOLDBERG R A. A concept of agribusiness [J]. *Journal of marketing*, 1957, 22 (2): 221.
- [11] 张秋柳. 食品安全: 基于食品系统理论的探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(9): 157-162.
- [12] 向雪兰, 陈亚颀. 国内食品系统研究进展综述[J]. 现代食品, 2019(9): 4-6.
- [13] 郭华, 王灵恩. 国外食物系统研究综述及借鉴[J]. 自然资源学报, 2018, 33(6): 992-1002.
- [14] 周应恒, 王善高, 严斌剑. 中国食物系统的结构、演化与展望[J]. 农业经济问题, 2022(1): 100-113.
- [15] 郭华, 王灵恩, 马恩朴. 食物系统认知进展及其地理学研究范式探讨[J]. 地理科学进展, 2019, 38(7): 1034-1044.
- [16] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. *Annual review of ecology and systematics*, 1973, 4(1): 1-23.
- [17] MARTIN R, SUNLEY P. On the notion of regional economic resilience: conceptualization and explanation [J]. *Journal of economic geography*, 2015, 15(1): 1-42.
- [18] 李彤玥. 韧性城市研究新进展[J]. 国际城市规划, 2017, 32(5): 15-25.
- [19] 李连刚, 张平宇, 谭俊涛, 等. 韧性概念演变与区域经济韧性研究进展[J]. 人文地理, 2019, 34(2): 1-7, 151.
- [20] 于伟, 张鹏. 中国农业发展韧性时空分异特征及影响因素研究[J]. 地理与地理信息科学, 2019, 35(1): 102-108.
- [21] 张明斗, 惠利伟. 中国农业经济韧性的空间差异与影响因素识别[J]. 世界农业, 2022(1): 36-50.
- [22] 贺灿飞, 夏昕鸣, 黎明. 中国出口贸易韧性空间差异性研究[J]. 地理科学进展, 2019(10): 1558-1570.
- [23] 陈启亮, 谢家智, 张明. 农业自然灾害社会脆弱性及其测度[J]. 农业技术经济, 2016, 35(8): 94-105.
- [24] 陈源源, 吕昌河, 尚凯丽. 食品安全的内涵、指标与评价方法综述[J]. 中国农学通报, 2017, 33(22): 158-164.
- [25] 孙久文, 孙翔宇. 区域经济韧性研究进展和在中国应用的探索[J]. 经济地理, 2017, 37(10): 1-9.
- [26] 王亚妮, 程新生. 环境不确定性、沉淀性冗余资源与企业创新——基于中国制造业上市公司的经验证据[J]. 科学学研究, 2014, 32(8): 1242-1250.
- [27] 马恩朴, 叶玮怡, 廖柳文, 等. 城市食物系统演化的人地耦合启示及驱动力——以北京食物系统为例[J]. 自然资源学报, 2022, 37(10): 2617-2635.
- [28] 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.
- [29] 陈秧分, 王介勇, 张凤荣, 等. 全球化与粮食安全新格局[J]. 自然资源学报, 2021, 36(6): 1362-1380.
- [30] 朱文博, 李国景, 陈永福, 等. 收入增长、饮食结构转变与食物系统碳排放——来自中国 6 省住户调查数据的证据[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(7): 66-81.
- [31] 樊胜根, 高海秀, 冯晓龙, 等. 农食系统转型与乡村振兴[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2022, 21(1): 1-8.

责任编辑: 李东辉