

DOI: 10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2024.05.041

张梅, 郝迎滨, 张涵野. 我国粮食主产区粮食体系韧性评价与障碍因素分析[J]. 中国农机化学报, 2024, 45(5): 272-278, 309

Zhang Mei, Hao Yingbin, Zhang Hanye. Evaluation of grain system resilience and analysis of obstacle factors in main grain producing regions in China [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2024, 45(5): 272-278, 309

# 我国粮食主产区粮食体系韧性评价与障碍因素分析\*

张梅, 郝迎滨, 张涵野

(东北农业大学经济管理学院, 哈尔滨市, 150036)

**摘要:** 建设有韧性的粮食体系对全面提升我国粮食安全水平具有重大意义。基于“压力—状态—响应”模型构建粮食体系韧性的指标体系, 采用熵权法进行综合评价, 并结合障碍度模型对障碍因子进行诊断。结果表明: 2010—2020年, 粮食主产区各省的粮食体系韧性水平呈现上升趋势, 其中各省的平均压力值逐渐降低, 平均状态值先增加后降低, 平均响应值逐渐增加; 压力准则层障碍度最高, 成为影响粮食主产区韧性提升的主要因素; 自然灾害直接经济损失、单位播种面积化肥施用量、公有经济企事业单位农业技术人员数、人均耕地面积是提升粮食主产区粮食体系韧性水平的主要障碍因子。因此, 为提升粮食体系韧性, 应建立健全粮食主产区粮食体系的应急机制、协调机制和长效机制。

**关键词:** 粮食体系韧性; 粮食安全; 压力—状态—响应模型; 障碍度模型; 粮食主产区

中图分类号: F326.11 文献标识码: A 文章编号: 2095-5553(2024)05-0272-08

## Evaluation of grain system resilience and analysis of obstacle factors in main grain producing regions in China

Zhang Mei, Hao Yingbin, Zhang Hanye

(College of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin, 150036, China)

**Abstract:** Building a resilient agricultural food system is of great significance to comprehensively improve the food security level in China. The index system of grain system resilience is constructed based on the “pressure-state-response” model. The entropy weight method is used to comprehensively evaluate the grain system resilience of the main grain producing regions, and the barrier factors are diagnosed with the barrier degree model. The results show that from 2010 to 2020, the resilience level of the grain system of the provinces in the main grain producing regions presents an upward trend, in which the average pressure value of the provinces gradually decreases, the average state value first increases and then decreases, and the average response value gradually increases. The pressure criterion layer has the highest barrier, and the pressure will also become the main factor affecting the resilience improvement of the main grain producing areas. The direct economic loss caused by natural disasters, fertilizer application amount per unit sown area, number of agricultural technicians of public economic enterprises and institutions, and per capita cultivated land area are the main obstacles to improve the resilience of the grain system in the main grain producing areas. Therefore, in order to improve the resilience of the food system, we should the emergency mechanism, coordination mechanism and long-term mechanism of the food system in the main food producing areas should be constantly established and improved.

**Keywords:** resilience of food system; food security; pressure-state-response model; obstacle model; main grain producing areas

## 0 引言

粮食体系作为多环节多主体参与的复杂系统, 不断随着内外部环境的变动而发生结构性改变。当前时期,

中国面临的国内外形势愈加复杂, 受到新冠疫情的冲击, 还有地缘政治风险、贸易摩擦升级以及气候和自然灾害等多种因素叠加的影响<sup>[1, 2]</sup>, 使粮食生产及供应面临的压力和冲击不断加剧。在压力和冲击下, 部分粮食

收稿日期: 2022年10月25日 修回日期: 2023年2月9日

\* 基金项目: 国家社会科学基金一般项目(21BJY249, 23BJY187)

第一作者: 张梅, 女, 1975年生, 山东平原人, 博士, 教授; 研究方向为农业经济与管理。E-mail: ancientwell@163.com

的进口依赖性以及进口国较为集中、自然资源和生态环境严峻、粮食供求关系长期处于“紧平衡”状态、生物育种领域的“卡脖子”问题以及粮食浪费和损耗度高等现实问题<sup>[3, 4]</sup>,使得粮食体系的脆弱性逐渐暴露出来。构建一个能够防范风险、抵御压力和冲击、不断适应并积极变革的创新型农业粮食系统,是当前复杂形势下实现粮食安全的基础保障<sup>[5-7]</sup>,这也正是粮食体系韧性培育的重要内涵。粮食主产区承担着保障国家粮食安全的重要责任,因此,测度粮食主产区粮食体系韧性水平、探索影响粮食韧性水平的障碍因素和政策提升路径,对于完善粮食体系、构建粮食安全长效保障机制、促进粮食产业高质量发展和全面提升粮食安全水平具有重大的理论和现实意义。

20世纪90年代以来,韧性问题的研究逐渐由自然生态学科转向人文社会学科,但是粮食体系韧性的研究相对不足。粮食体系韧性是粮食体系能够抵御任何破坏性因素,长期和可持续地确保人人可获和易获充足、安全和营养的食物,并维系体系中参与者生计的一种能力<sup>[8]</sup>。目前国内外已有成果主要集中在粮食体系韧性的测度以及对粮食体系韧性重要性的理论分析。在粮食体系韧性的测度方面,联合国粮食及农业组织<sup>[7]</sup>从农业初级生产、膳食来源、运输网络等维度, Madhuri等<sup>[9]</sup>从进口依存度、土壤肥力、农民的购买力以及他们获得信贷的机会等维度分别构建了国家层面的粮食体系韧性指标体系,郝爱民<sup>[10]</sup>从抵御能力、适应能力、变革能力构建了我国粮食体系韧性的指标体系;粮食体系韧性重要性的理论分析方面,在农业风险视域下,增强粮食生产和供给的韧性、构建有韧性的农食系统可以提升系统应对气象灾害等不确定性危机的能力,促进粮食体系可持续发展<sup>[6, 11]</sup>;同时,粮食产业体系农产品收入弹性小、生产环节技术进步缓慢、劳动生产率提升慢、产业关联系数偏低等特征,使粮食体系脆弱性凸显,亟需提升粮食体系的制度保障韧性、政策保障韧性、技术保障韧性和市场保障韧性来确保国家粮食安全<sup>[10, 12, 13]</sup>。

基于文献梳理可以看出,已有研究在粮食安全体系的理论发展和完善做出了巨大贡献,但仍存在不足之处:一是“韧性”作为粮食安全领域的重要议题,尚未形成系统的粮食系统韧性的指标体系,学者们多是基于韧性的特征构建指标体系,即抵御能力、适应能力和转型能力,而“压力—状态—响应”模型由于具有清晰的因果关系,已被应用于韧性的其他领域研究中,而粮食系统韧性研究中尚未涉及;二是在新冠疫情冲击以来,国际、国内形势发生改变,粮食安全的内涵不断动态演变而不断丰富,粮食体系韧性问题亟须关注,农业

粮食体系安全不应只局限于风险管理和供给保障,还应注重积极地制定和实施应对策略,并且近期研究更多是基于宏观的理论阐释,欠缺对粮食体系的影响因素的定量探究。

鉴于此,本文尝试从两方面做出边际贡献:(1)探索性地基于“压力—状态—响应”模型构建粮食体系韧性综合评价指标体系,并采用熵权法测算粮食主产区农业粮食体系韧性的综合指数。(2)立足于“国家粮食安全新战略”和“双循环”发展新格局,探索影响农业粮食体系韧性的障碍因素,并提出粮食体系韧性提升的有效路径。在此基础上,利用我国粮食主产区2010—2020年的省域数据对粮食体系韧性进行测度分析,进而探索影响粮食体系韧性的影响因素,并提出粮食体系韧性提升的有效路径,为以增强韧性为目标制定粮食安全长效保障机制提供新的政策视角。

## 1 理论内涵与指标体系构建

### 1.1 理论内涵

韧性是乡村地域系统的基本属性,决定着乡村地区在结构重组变化之前忍受外界扰动的度<sup>[14]</sup>,是使乡村地域系统可持续发展的一种能力<sup>[15]</sup>。粮食体系是指包含从事农产品初级生产,以及参与所有食品贮藏、销售、处置、运输、加工、配送、销售、处置和消费的所有参与者及其相互关联的增值活动<sup>[8]</sup>。粮食体系的运转都是以乡村地域系统为根基,粮食体系韧性同样也是粮食系统内置的一种可持续发展的能力,它区别于脆弱性,脆弱性被视为一种被动状态,是由于系统本身的脆弱性和受冲击的风险以及系统自身缺乏抵御冲击的能力而导致的,但韧性是一种积极的能力,可以制定和实施应对策略,以应对这些脆弱性状况,它更重视长期预防措施,而不是短期治疗反应。

因此,粮食体系韧性的特征应包含三方面能力,即粮食体系面对外来冲击和干扰的不可预测性,能够承受外界变化并且保持自身功能和结构的抵御能力;粮食体系能够通过自学习和内部调整应对外界扰动冲击的适应能力;粮食体系通过变革与改变,探索全新的发展方式,发挥自身潜能,进而更好地响应外界环境变化的转型能力<sup>[16, 17]</sup>。

### 1.2 指标体系构建

“压力—状态—响应”(PSR)模型,是由加拿大统计学家 Rapport 和 Friend 率先提出,后由世界经济合作与发展组织(OECD)和联合国环境署(UNEP)共同完善和发展,多于评估生态风险和土地承载力等<sup>[18]</sup>。本文从“压力—状态—响应”的视角研究粮食主产区粮食体系韧性问题。自然灾害、生态污染、宏观调控、要

素流动等因素形成了对粮食体系的冲击。粮食体系内通过自身的各资本存量形成了应对外界冲击的状态。已有研究显示,生产资本、人力资本、资源禀赋对保障粮食体系安全具有正向的促进作用<sup>[19-22]</sup>。在外界压力下,粮食体系主动调节自身各个环节,形成对压力冲击的响应,最大程度地确保粮食安全。因此,本文从“压力—状态—响应”视角建立指标体系,具有非常清晰的因果关系,即粮食体系受到压力并随之做出响应。

粮食体系面临的压力( $P$ )主要包括自然灾害、生态污染、政府宏观调控以及要素流动<sup>[23]</sup>。自然灾害和生态污染反映自然干扰和人类活动对粮食体系造成的负荷,主要包括灾害天数、成灾率等自然风险指标和单位播种面积农药和化肥施用量等人类活动指标,政府宏观调控压力通过粮食进口量反映,粮食进口量越多,越不利于粮食体系韧性的提升,要素流动反映在人口增长率和城镇化水平,人口增长和城镇化进程都会一定程度加剧土地承载压力,不利于土地的可持续发展,给粮食生产带来巨大压力。粮食体系韧性评价指标如表 1 所示。

表 1 粮食主产区粮食体系韧性评价指标体系  
Tab. 1 Resilience evaluation index system of agri-food system in major grain producing areas

一级指标	二级指标	属性	权重
压力	自然灾害直接经济损失 $X_1$	-	0.145 44
	成灾率 $X_2$	-	0.041 75
	单位播种面积农药使用量 $X_3$	-	0.031 87
	单位播种面积化肥施用量 $X_4$	-	0.089 24
	粮食进口量 $X_5$	-	0.034 06
	人口增长率 $X_6$	-	0.054 23
	城镇化水平 $X_7$	-	0.042 01
状态	公有经济企事业单位农业技术人员数 $X_8$	+	0.065 78
	乡村从业人员 $X_9$	+	0.038 82
	人均耕地面积 $X_{10}$	+	0.055 79
	有效灌溉面积 $X_{11}$	+	0.051 83
	农业生产资料价格指数 $X_{12}$	+	0.011 96
	单位播种面积粮食产量 $X_{13}$	+	0.033 97
	粮油加工企业工业总产值 $X_{14}$	+	0.024 58
	农作物种植多样性指数 $X_{15}$	+	0.050 45
	农林牧渔业增加值 $X_{16}$	+	0.034 06
	农业科技贡献率 $X_{17}$	+	0.036 67
响应	人均农业机械总动力 $X_{18}$	+	0.042 45
	财政粮油物资储备支出 $X_{19}$	+	0.029 02
	农业固定资产投资 $X_{20}$	+	0.033 30
	水土流失治理面积比率 $X_{21}$	+	0.022 79
	财政支农支出 $X_{22}$	+	0.029 91

注:“+”表示与粮食体系韧性成正相关关系,“-”表示与粮食体系韧性成负相关关系。

粮食体系的状态( $S$ )指粮食体系当前的状态,主要包括人力资本状态、资源禀赋状态、生产资本状态<sup>[15]</sup>。人力资本状态由乡村劳动力人数和公有经济企事业单位农业技术人员数反映,乡村劳动力人数多有利于保障粮食生产、加工、销售等环节的开展,公有经济企事业单位农业技术人员数越多越有利于粮食政策解读,提升区域粮食体系的完整性与先进性;资源禀赋状态由人均耕地面积表示,人均耕地面积越多有利于保障粮食产量,确保粮食体系中粮食安全;生产资本状态由生产资料价格指数、单位播种面积粮食产量、农作物种植多样性指数、粮油加工企业工业总产值等指标反映,生产资本增加不仅保障粮食产量安全,也更有利于粮食质量安全。粮食体系的响应( $R$ )是指粮食体系面临自然干扰、生态恶化等问题所采取的对策,主要包括经济实力、社会组织能力等方面的指标<sup>[24]</sup>。其中财政粮油物资储备支出反映了国家保障口粮安全等的经济实力;水土流失治理面积比率反映了区域对水土资源的保护能力和综合治理能力;农业固定资产投资体现了基础设施建设水平;农业机械总动力和农业科技进步贡献率的大小反映了农业综合生产的能力和科学化程度,都一定程度上体现了农业现代化发展的能力。

## 2 粮食体系韧性测度与分析

### 2.1 数据来源

本文以河北、内蒙古、吉林、辽宁、黑龙江、江苏、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南和四川等粮食主产区作为研究样本,研究区间为 2010—2020 年。数据来源于历年的《中国农村统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国粮食年鉴》、布瑞克农经数据库和 EPS 数据平台。另外,由于个别年份的部分数值缺失,采用插值法补齐。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 熵权法

本文采用熵权法,对各个指标赋予权重,以此来综合测算并评价县域乡村韧性水平,熵权法仅从数量角度进行分析<sup>[25]</sup>,可以避免主观因素对结果的影响。通过对上述指标体系进行测算,得出县域乡村韧性得分,该得分大表明韧性越大,反之越小。其中以  $x_{ij}$  表示第  $i$  个地区的第  $j$  个指标值。

1) 数据标准化处理。若指标为正向指标,则

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (1)$$

若指标为负向指标,则

$$x_{ij}' = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (2)$$

式中:  $\max(x_{ij})$ 、 $\min(x_{ij})$ —— $x_{ij}$  的最大值和最小值;

$x_{ij}'$ ——标准化后的数值。

2) 计算指标的信息熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n x_{ij}' \ln(x_{ij}') \quad (3)$$

其中,  $k = \frac{1}{\ln n}$ 。

3) 计算指标权重。

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad w_j \in [0,1] \text{ 且 } \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (4)$$

4) 计算粮食体系韧性值。

$$c_i = \sum_{j=1}^m w_j x_{ij}' \quad (5)$$

2.2.2 障碍度模型

本文利用障碍度模型进行障碍因子诊断有利于辨识粮食主产区各省粮食体系韧性水平的主要影响因素<sup>[26]</sup>。计算过程如下。

1) 计算第  $j$  个指标的因子贡献度。

$$F_j = w_j w_j' \quad (6)$$

式中:  $w_j'$ ——指标  $j$  所属准则层的权重。

2) 计算指标的偏离度。

$$I_j = 1 - x_{ij}' \quad (7)$$

3) 计算各个指标障碍度。

$$P_j = \frac{F_j I_j}{\sum_{j=1}^n F_j I_j} \quad (8)$$

2.3 测度结果与分析

由表 2 可知,各省的粮食体系韧性水平值总体上呈现出增长的趋势,说明粮食主产区各省的粮食体系韧性逐渐增强,在外界压力下,粮食主产区的粮食体系主动调节自身各个环节的适应能力和变革能力趋于合理。大部分省份的粮食体系韧性值在 2014—2016 年出现了不同程度的降低,这种波动可能受到国家 2015 年提出的农业供给侧结构性改革制度的影响,但由于农业供给侧结构性改革是推动农业适应中高端需求的动态过程<sup>[27]</sup>,在各省粮食体系自身适应下,2016 年以后韧性值不断提升。截止至 2020 年,山东、江苏、湖北和湖南的粮食体系韧性水平一直处于领先地位,而内蒙古、吉林、黑龙江和四川的粮食体系韧性水平始终落后于其他省份,这可能受地方经济水平影响。虽然同为受到国家政策倾斜的产粮大省,内蒙古、黑龙江和吉林等省份受到经济实力的影响,反映在农业产业上表现为农村劳动力减少、基础设施薄弱等,从而影响地区粮食体系韧性水平的提升。

表 2 粮食主产区粮食体系韧性评价结果

Tab. 2 Evaluation results of resilience of agri-food system in major grain-producing areas

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
河北	0.498	0.469	0.431	0.476	0.531	0.497	0.492	0.506	0.500	0.494	0.518
内蒙古	0.384	0.402	0.398	0.433	0.483	0.439	0.439	0.424	0.428	0.524	0.467
辽宁	0.460	0.414	0.436	0.459	0.483	0.485	0.479	0.492	0.435	0.462	0.508
吉林	0.463	0.453	0.434	0.407	0.467	0.477	0.479	0.499	0.462	0.502	0.498
黑龙江	0.361	0.363	0.340	0.405	0.402	0.392	0.334	0.375	0.381	0.406	0.415
江苏	0.469	0.471	0.478	0.488	0.510	0.495	0.518	0.543	0.505	0.584	0.589
安徽	0.467	0.458	0.530	0.508	0.488	0.477	0.424	0.464	0.502	0.574	0.531
江西	0.384	0.394	0.365	0.398	0.397	0.411	0.464	0.519	0.508	0.520	0.538
山东	0.618	0.547	0.556	0.633	0.653	0.651	0.625	0.631	0.595	0.599	0.685
河南	0.435	0.393	0.370	0.456	0.410	0.529	0.480	0.490	0.515	0.513	0.531
湖北	0.522	0.490	0.513	0.603	0.520	0.527	0.532	0.537	0.518	0.523	0.538
湖南	0.498	0.504	0.511	0.532	0.556	0.593	0.535	0.521	0.529	0.559	0.551
四川	0.378	0.305	0.303	0.349	0.364	0.375	0.388	0.357	0.369	0.410	0.346

由表 3 可知,从压力准则层看,粮食主产区的平均压力值  $P$  逐渐降低,2010—2020 年,粮食主产区的平均压力值由 0.180 降低到 0.151,年均降幅为 7.6%,表明自然灾害以及人类活动对粮食体系造成的压力有所缓解。例如研究期间,粮食主产区化肥、农药施用量分别下降了 604.0 kt、333.6 kt,可能是 2016 年《土壤污染防治行动计划》政策的出台缓解了生态压力。从状态准则层看,粮食主产区的平均状态值  $S$  呈现出先

增加后降低的趋势,整体来看有所提升。产生波动的主要原因可能是乡村从业者和耕地面积减少。近些年农村劳动力尤其是年轻劳动力大量出走,对农业生产的劳动力、现代化进程以及土地资源的有效利用产生负面影响;随着城镇化进程的加快,城市发展与耕地面积和生态建设的矛盾不断加剧,耕地非农化、非粮化使耕地面积减少,粮食生产和有效供给受到极大的挑战。从响应准则层看,粮食主产区的平均响应值  $R$  稳步提

升。在财政支农支出不断增加的影响下,粮食主产区对于粮食体系所受压力的响应能力不断增强。2010—2020年,粮食主产区的财政支农支出由3 967.22亿元

增长至12 012.95亿元,增幅达3.03倍,财政资金投入的增加有效带动了机械化水平、科技创新水平的提升以及固定资产投入、水利工程建设等。

表3 2010—2020年各准则层平均韧性变化趋势

Tab. 3 Change trend of average toughness of each criterion layer from 2010 to 2020

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
压力准则层	0.180	0.163	0.167	0.163	0.162	0.16	0.159	0.160	0.158	0.156	0.151
状态准则层	0.213	0.209	0.209	0.204	0.209	0.197	0.197	0.192	0.191	0.222	0.224
响应准则层	0.111	0.111	0.113	0.115	0.118	0.115	0.119	0.119	0.119	0.118	0.122

### 3 障碍因素分析

#### 3.1 分类系统障碍因素分析

在对粮食主产区粮食体系的韧性水平进行客观测度和分析的基础上,更重要的是通过进一步的探究影响粮食主产区粮食体系的韧性水平提升的障碍因素,

以便有针对性地提出提升粮食体系韧性水平的政策建议。因此,本文引入障碍度模型,首先探寻现阶段影响粮食主产区各省粮食体系的韧性水平提升的关键系统。由表4可知,基于2010年、2015年和2020年三个时间截点的数据计算出各准则层的障碍度大小。结果表明,粮食主产区各准则层障碍度年际变化趋势相同。

表4 2010、2015年、2020年粮食主产区粮食体系韧性水平准则层障碍度

Tab. 4 Level of barriers of grain system resilience criteria in major grain producing areas in 2010 and 2020

地区	粮食体系压力			粮食体系状态			粮食体系响应		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
河北	62.57	62.30	60.02	23.16	24.19	27.93	14.27	13.51	12.05
内蒙古	75.87	73.11	60.35	13.40	15.08	27.62	10.73	11.81	12.03
辽宁	64.08	65.15	64.40	18.15	17.69	20.23	17.77	17.16	15.32
吉林	72.85	66.83	59.48	16.60	21.97	24.95	10.55	11.20	15.57
黑龙江	63.43	62.09	57.35	18.72	21.54	30.79	17.85	16.37	11.86
江苏	64.31	62.19	60.89	24.35	26.64	28.45	11.34	11.17	10.66
安徽	65.80	58.09	47.94	22.16	26.41	36.45	12.04	15.50	15.55
江西	49.74	54.11	60.80	26.85	22.41	21.58	23.41	23.48	17.62
山东	51.27	52.38	49.41	27.77	28.13	33.67	20.96	19.49	16.92
河南	51.55	51.81	51.17	31.46	30.46	32.26	16.99	17.73	16.57
湖北	63.52	59.52	60.32	19.09	21.29	23.68	17.39	19.19	16.00
湖南	54.06	58.50	61.89	26.37	23.46	23.43	19.57	18.04	14.68
四川	64.64	64.77	50.34	21.42	22.62	31.08	13.94	12.61	18.58

注:通过对2010—2020年指标层障碍度测算,2010—2015年,2015—2020年间变化趋势相同,因此,受篇幅所限,只呈现2010年、2015年、2020年数据对文章结论没有影响。

三个子系统对粮食主产区各个省粮食体系韧性水平的障碍度变化存在一定差异。2010—2020年粮食主产区粮食体系韧性水平障碍系统中压力准则层障碍度最高,随后是状态准则层,最后是响应准则层。压力准则层对内蒙古、吉林、黑龙江、安徽和四川粮食体系韧性的阻碍作用明显减弱,对江西和湖南的阻碍作用明显增强;状态准则层对除江西和湖南外的其他粮食主产区省份的阻碍作用逐渐增强;响应准则层对粮食体系韧性的影响程度较稳定,一直处于较低的水平,说明响应准则层是粮食体系韧性水平提升的潜在动力。显然,从长远来看,压力将成为影响粮食主产区粮食体系韧性提升的主要障碍因素。

#### 3.2 单项指标障碍因素分析

分系统障碍因素分析结果只能找出当前阶段影响粮食主产区粮食体系韧性水平关键障碍系统,想要进一步诊断各地区的主要障碍因子,需要精确到单个指标障碍度分析。基于2010—2020年数据计算出各单项指标的障碍度大小。结果表明,粮食主产区13个省的障碍因素的障碍度数年际变化差异较小,因此,本文基于2020年数据进行障碍度计算和分析。

由表5可知,在粮食主产区粮食体系韧性水平障碍因素中,自然灾害直接经济损失 $X_1$ 、单位播种面积化肥施用量 $X_4$ 、公有经济企事业单位农业技术人员数 $X_8$ 、人均耕地面积 $X_9$ 是关键因素中出现频次最高的

指标。指标所占权重越大对结果的影响越大,综合计算得出的各指标权重和障碍度来看,排序均靠前的 $X_1$ 、 $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 是当前提升粮食体系韧性水平首要关注的指标。自然灾害直接经济损失反映自然灾害对人类生产、生活的影响,该指标障碍度最高,说明自然灾害对粮食体系的影响最大,严重威胁着安全的粮食体系构建,强韧的粮食体系不应局限于旱区防旱、涝区防涝等风险管理,还应该具有抵御能力、适应能力以及转型能力;单位播种面积化肥施用量反映生态污染程度,化肥施用对粮食生产效率具有促进作用,但是超过某一阈值则不利于生态可持续性,在动态变化的粮食体

系中,可持续才能确保粮食安全;科学技术是第一生产力,也是当前经济社会发展和进步的首要动力, $X_8$ 代表粮食行业发展的潜力以及创造先进的科学技术的能力,其对当前粮食体系发展至关重要; $X_9$ 影响着粮食生产结构,在物质、技术投入水平偏低或者相对稳定时,耕地资源数量对于粮食生产起到强的约束作用,不利于粮食体系安全。就单个地区而言,农作物种植多样性指数 $X_{15}$ 是影响河北、辽宁、吉林、黑龙江、安徽粮食体系韧性提升的关键障碍因素,人均农业机械总动力 $X_{18}$ 是内蒙古、河南、湖北和四川粮食体系韧性提升的关键障碍因素。

表5 2020年粮食主产区粮食体系韧性水平主要障碍因素

Tab. 5 Major obstacles to the resilience of the grain system in major grain-producing areas in 2020

地区	第一障碍因素 (障碍度)	第二障碍因素 (障碍度)	第三障碍因素 (障碍度)	第四障碍因素 (障碍度)	第五障碍因素 (障碍度)	第六障碍因素 (障碍度)
河北	$X_1$ (27.56)	$X_4$ (12.49)	$X_8$ (6.73)	$X_2$ (5.99)	$X_9$ (5.77)	$X_{15}$ (5.25)
内蒙古	$X_1$ (28.98)	$X_4$ (17.18)	$X_{18}$ (7.47)	$X_6$ (6.96)	$X_{15}$ (5.46)	$X_8$ (4.66)
辽宁	$X_1$ (31.56)	$X_4$ (14.45)	$X_9$ (10.23)	$X_{15}$ (6.97)	$X_8$ (5.62)	$X_3$ (5.24)
吉林	$X_1$ (28.76)	$X_4$ (14.59)	$X_9$ (9.64)	$X_{15}$ (8.53)	$X_8$ (6.13)	$X_3$ (4.96)
黑龙江	$X_1$ (23.81)	$X_4$ (13.93)	$X_9$ (8.83)	$X_{11}$ (8.43)	$X_{15}$ (8.16)	$X_8$ (6.07)
江苏	$X_1$ (28.49)	$X_4$ (9.75)	$X_9$ (6.56)	$X_3$ (6.09)	$X_{11}$ (5.41)	$X_8$ (5.07)
安徽	$X_1$ (18.00)	$X_4$ (12.27)	$X_8$ (8.23)	$X_9$ (7.62)	$X_{15}$ (7.52)	$X_{18}$ (5.64)
江西	$X_1$ (24.86)	$X_3$ (10.79)	$X_4$ (10.29)	$X_9$ (6.21)	$X_8$ (5.84)	$X_{20}$ (5.46)
山东	$X_1$ (24.52)	$X_8$ (9.19)	$X_4$ (8.72)	$X_{11}$ (6.83)	$X_2$ (5.87)	$X_9$ (5.48)
河南	$X_1$ (23.02)	$X_8$ (9.37)	$X_4$ (8.69)	$X_9$ (6.30)	$X_{18}$ (5.64)	$X_2$ (5.33)
湖北	$X_1$ (24.00)	$X_3$ (12.21)	$X_4$ (8.72)	$X_8$ (5.35)	$X_{18}$ (5.15)	$X_9$ (4.85)
湖南	$X_1$ (30.62)	$X_8$ (7.92)	$X_3$ (9.41)	$X_2$ (6.45)	$X_4$ (5.33)	$X_9$ (5.12)
四川	$X_1$ (17.35)	$X_4$ (13.05)	$X_8$ (8.41)	$X_{18}$ (5.63)	$X_{22}$ (4.96)	$X_9$ (4.80)

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

本文基于熵权法综合测度粮食主产区粮食体系韧性水平并引入障碍度模型进行影响因素分析,得出对我国粮食主产区在外界压力下,通过粮食体系主动调节自身各个环节,形成对压力冲击的响应,最大程度地确保粮食安全的相关结论。

1) 2010—2020年,各省的粮食体系韧性水平值总体上呈现出增长的趋势,粮食主产区的粮食体系韧性逐渐增强。受经济区位影响,山东、江苏、湖北和湖南的粮食体系韧性水平一直处于领先地位,而内蒙古、辽宁、吉林和四川的粮食体系韧性水平始终落后于其他省份。

2) 2010—2020年,粮食主产区的平均压力值逐渐降低,年均降幅为7.6%,表明自然灾害、人类活动等对粮食体系的影响趋于缓解;粮食主产区的平均状态值先增加后降低,这种波动主要受到乡村从业者和耕地面积减少的影响;粮食主产区的平均响应值逐渐增

加,主要是财政支农支出的大幅提升。

3) 2010—2020年,粮食主产区粮食体系韧性水平障碍系统中压力准则层障碍度最高,随后是状态准则层,最后是响应准则层。从长远来看,由于全球变暖等气候变化不断加剧,压力仍是影响粮食主产区粮食体系韧性的主要准则层。

4) 自然灾害直接经济损失、单位播种面积化肥施用量、公有经济企事业单位农业技术人员数、人均耕地面积是提升粮食主产区粮食体系韧性水平的主要障碍因子。

### 4.2 建议

综合上述分析,粮食主产区粮食体系韧性提升是一个动态过程,压力、状态、响应缺一不可,必须协调三者之间的关系。

1) 要建立健全粮食体系韧性提升应急机制。重视减灾工作的开展,夯实应急物资保障体系;把生态环境改善放在首位,减少人类不合理的活动对自然环境的影响,例如化肥施用方面,可以优化种植结构或是增施有机肥等措施,减少化肥施用;通过“以我为主、立足国

内”,适当进口粮食,确保储备粮充足,以备不时之需。

2) 要建立健全粮食体系韧性提升协调机制。协调好人地生产关系,提升粮食种植面积和粮食生产能力,坚决遏制耕地“非农化”和防止耕地“非粮化”,严守耕地红线;调整优化种植结构,因地制宜地积极探索符合中国特色的种植新路径;鼓励支持粮油收储加工企业建设示范种植基地,协调农户与企业之间的关系,发展订单生产和收购,促进农民增收,提升农民种粮积极性。

3) 要建立健全粮食体系韧性提升长效机制。立足于“国家粮食安全新战略”和“双循环”发展新格局,提升财政支农支出,不断加强粮食体系科技人才队伍建设,推动粮食产业可持续发展与创新发展相结合。

#### 参 考 文 献

- [1] 赵霞, 涂正健, 张久玉. 双循环格局下中国粮食安全保障能力提升路径研究[J]. 国际经济评论, 2022(4): 74-90, 6.  
Zhao Xia, Tu Zhengjian, Zhang Jiuyu. Paths to capacity improvement for China's food security under the dual-circulation pattern [J]. International Economic Review, 2022(4): 74-90, 6.
- [2] 尹成杰. 后疫情时代粮食发展与粮食安全[J]. 农业经济问题, 2021(1): 4-13.  
Yin Chengjie. Food development and food security in post epidemic era [J]. Issues in Agricultural Economy, 2021 (1): 4-13.
- [3] 迟福林, 郭达. 统筹粮食安全与发展问题研究[J]. 中州学刊, 2022(7): 38-43.  
Chi Fulin, Guo Da. Research on the overall planning of food security and development [J]. Academic Journal of Zhongzhou, 2022(7): 38-43.
- [4] 张志新, 王迪, 唐海云. 中国粮食安全保障程度: 基于粮食消费结构变化的分析[J]. 消费经济, 2022, 38(5): 38-49.  
Zhang Zhixin, Wang Di, Tang Haiyun. China's grain security guarantee: An analysis based on the change of grain consumption structure [J]. Consumption Economy, 2022, 38(5): 38-49.
- [5] 何亚莉, 杨肃昌. “双循环”场景下农业产业链韧性锻造研究[J]. 农业经济问题, 2021(10): 78-89.  
He Yali, Yang Suchang. Study on ductile forging of agricultural industry chain under the “Dual Circulation” [J]. Issues in Agricultural Economy, 2021 (10): 78-89.
- [6] 青平. 构建新型农食系统 保障粮食与营养安全[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2021(6): 1-4.
- [7] 黄飞. 唐仁健部长在 FAO 大会第 42 届会议上发表视频讲话[J]. 世界农业, 2021(7): 108-109.
- [8] 联合国粮食及农业组织. 2021 年粮食及农业状况: 提高粮食体系韧性, 应对冲击和压力[R]. 罗马: 联合国粮食及农业组织, 2021.
- [9] Madhuri N, Dana C, Arun K et al. Assessing national vulnerability to phosphorus scarcity to build food system resilience: The case of India [J]. Journal of Environmental Management, 2019, 240: 511-517.
- [10] 郝爱民, 谭家银. 数字乡村建设对我国粮食体系韧性的影响[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2022, 21(3): 10-24.  
Hao Aimin, Tan Jiayin. Impact of digital rural construction on food system resilience [J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2022, 21(3): 10-24.
- [11] Pintado M, Coscueta E R, Brassesco M E. Food system resilience thinking: from digital to integral [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2022, 102(3): 887-891.
- [12] 李雪, 吕新业. 现阶段中国粮食安全形势的判断: 数量和质量并重[J]. 农业经济问题, 2021(11): 31-44.  
Li Xue, Lü Xinye. Judgment of China's food security situation at the present stage: Pay equal attention to quantity and quality [J]. International Economic Review, 2021(11): 31-44.
- [13] 侯守杰. 农业风险视域下确保国家粮食安全: 问题甄别与应对之策[J]. 农业经济, 2021(9): 3-5.
- [14] 李玉恒, 黄惠倩, 宋传垚. 贫困地区乡村经济韧性研究及其启示——以河北省阳原县为例[J]. 地理科学进展, 2021, 40(11): 1839-1846.  
Li Yuheng, Huang Huiqian, Song Chuanyao. Rural economic resilience in poor areas and its enlightenment: Case study of Yangyuan County, Hebei Province [J]. Progress in Geography, 2021, 40(11): 1839-1846.
- [15] 李玉恒, 阎佳玉, 刘彦随. 基于乡村弹性的乡村振兴理论认知与路径研究[J]. 地理学报, 2019, 74(10): 2001-2010.  
Li Yuheng, Yan Jiayu, Liu Yansui. The cognition and path analysis of rural revitalization theory based on rural resilience [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74 (10): 2001-2010.
- [16] Le Q B. Food system resilience: Defining the concept [J]. Global Food Security, 2016, 6: 17-23.
- [17] Fan S, Teng P, Ping C, et al. Food system resilience and COVID-19: Lessons from the Asian experience [J]. Global Food Security, 2021, 28: 100501.
- [18] 王国萍, 闵庆文, 丁陆彬, 等. 基于 PSR 模型的国家公园综合灾害风险评估指标体系构建[J]. 生态学报, 2019, 39(22): 8232-8244.  
Wang Guoping, Min Qingwen, Ding Lubin, et al. Comprehensive disaster risk assessment index system for national parks based on the PSR model [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(22): 8232-8244.
- [19] 应瑞瑶, 郑旭媛. 资源禀赋、要素替代与农业生产经营方式转型——以苏、浙粮食生产为例[J]. 农业经济问题, 2013, 34(12): 15-24, 110.

(下转第 309 页)

- [38] 蔡荣.“合作社+农户”模式:交易费用节约与农户增收效应——基于山东省苹果种植农户问卷调查的实证分析[J].中国农村经济,2011(1):58-65.
- [39] 郭红东,蒋文华.影响农户参与专业合作经济组织行为的因素分析——基于对浙江省农户的实证研究[J].中国农村经济,2004(5):10-16,30.
- [40] Feder G, Savastano S. The role of opinion leaders in the diffusion of new knowledge: The case of integrated pest management [J]. World Development, 2006, 34(7): 1287-1300.
- [41] 姜开圣,韩世来,沙志芳.农业产业化龙头企业的发展壮大及其对农民收入的影响——以江苏省扬州市为例[J].农业经济问题,2003(3):25-29.
- [42] Manda J, Khonje M G, Alene A D, et al. Does cooperative membership increase and accelerate agricultural technology adoption? Empirical evidence from Zambia [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2020, 158: 120160.
- [43] Jin S, Jia X, James J H S. Risk attitudes within farmer cooperative organizations: Evidence from China's fresh apple industry [J]. Annals of Public and Cooperative Economics, 2021, 92(2): 173-205.
- [44] 杜吟棠.农业产业化经营和农民组织创新对农民收入的影响[J].中国农村观察,2005(3):9-18,80.
- [45] Adanacioglu H. Factors affecting farmers' decisions to participate in direct marketing: A case study of cherry growers in the kemalpassa district of izmir, Turkey [J]. Renewable Agriculture and Food Systems, 2017, 32(4): 291-305.
- [46] Haile D D M. A study on factors affecting farmers' cooperative membership increment in Bench Maji Zone, Southwestern Ethiopia [J]. Sustainable Development, 2016, 6(2): 129-318.
- [47] 张晋华,冯开文,黄英伟.农民专业合作社对农户增收绩效的实证研究[J].中国农村经济,2012(9):4-12.
- [48] Mishra A K, Kumar A, Joshi P K, et al. Impact of contracts in high yielding varieties seed production on profits and yield: The case of Nepal [J]. Food Policy, 2016, 62: 110-121.
- [49] 蔡荣,韩洪云.农户参与合作社的行为决策及其影响因素分析——以山东省苹果种植户为例[J].中国农村观察,2012(5):32-40,95.
- [50] Barrett C B, Bachke M E, Bellemare M F, et al. Smallholder participation in contract farming: Comparative evidence from five countries [J]. World Development, 2012, 40(4): 715-730.

## (上接第278页)

- Ying Ruiyao, Zheng Xuyuan. Resources endowment, factor substitution and the transformation of agricultural production and operation: Example from food production in Jiangsu and Zhejiang [J]. Issues in Agricultural Economy, 2013, 34(12): 15-24, 110.
- [20] 李文明,罗丹,陈洁,等.农业适度规模经营:规模效益、产出水平与生产成本——基于1552个水稻种植户的调查数据[J].中国农村经济,2015(3):4-17,43.
- [21] 李自强,李晓云,王金霞.粮食生产与水资源空间错配缘由:基于比较优势理论探究[J].中国农业大学学报,2022,27(9):12-29.  
Li Ziqiang, Li Xiaoyun, Wang Jinxia. Causes of spatial mismatch between grain production and water resources: Based on the theory of comparative advantage [J]. Journal of China Agricultural University, 2022, 27(9): 12-29.
- [22] 井莉.环境规制下我国粮食生产绿色全要素生产率分析[J].南方农业学报,2021,52(8):2311-2318.
- [23] 王瑞峰,李爽,孔凡娜.粮食安全保障能力:内涵特征、指标测度与提升路径[J].四川农业大学学报,2022,40(3):301-311.  
Wang Ruifeng, Li Shuang, Kong Fanna. Food security capacity: Connotation characteristics, index measurement and promotion path [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2022, 40(3): 301-311.
- [24] 杨俊,宋振江,李争.基于PSR模型的耕地生态安全评价——以长江中下游粮食主产区为例[J].水土保持研究,2017,24(3):301-307,313.
- [25] 齐昕,张景帅,徐维祥.浙江省县域经济韧性发展评价研究[J].浙江社会科学,2019(5):40-46,156.  
Qi Xin, Zhang Jingshuai, Xu Weixiang. A study on the evaluation of the development of county economic resilience in Zhejiang Province [J]. Zhejiang Social Sciences, 2019(5): 40-46, 156.
- [26] 白芳芳,齐学斌,乔冬梅,等.黄河流域九省区农业水资源利用效率评价和障碍因子分析[J].水土保持学报,2022,36(3):146-152.  
Bai Fangfang, Qi Xuebin, Qiao Dongmei, et al. Evaluation of agricultural water resource utilization efficiency and obstacle factor diagnoses in nine provinces of the Yellow River Basin [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2022, 36(3): 146-152.
- [27] 高延雷,张正岩,王志刚.基于熵权TOPSIS方法的粮食安全评价:从粮食主产区切入[J].农林经济管理学报,2019,18(2):135-142.  
Gao Yanlei, Zhang Zhengyan, Wang Zhigang. Food security evaluation based on entropy weight TOPSIS method: Cutting from major grain producing area [J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2019, 18(2): 135-142.