中国粮食生产韧性发展水平测度和提升路径

冯梓涵[1]，刘晓柳[1]，郭敬艺[2]，韩楚然[2]，吴子远[2]

（1. 河北经贸大学生物科学与工程学院，石家庄 050061；2. 河北经贸大学经济研究所，石家庄 050061）

摘要：粮食生产事关国运民生。基于2008—2022年中国31个省份（因数据缺失，未包含港澳台地区）的面板数据，运用熵值法综合测度粮食生产韧性发展水平，并构建计量模型实证检验产业结构升级、政府支持和生态环境治理改善三条路径对其的影响。研究发现：全国层面，恢复适应能力是制约粮食生产韧性提升的关键因素；区域层面，东部和东北地区韧性水平最高，中部发展相对滞后，西部增速最快；省级层面，各省韧性水平普遍提升但差异显著。路径分析表明，产业结构升级对韧性具有显著抑制作用，而财政支持和生态环境治理改善则发挥显著促进作用。基于此，研究给出具体建议，为提高粮食生产韧性提供参考。

关键词：粮食生产韧性；产业结构升级；财政支持；生态环境治理

中图分类号：F323.0 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)04－0139－07

民为国基，谷为民命。党的二十大报告在“全面推进乡村振兴”的战略部署中提出“加快建设农业强国”新目标，其首要任务在于增强粮食和重要农产品的供给保障能力。在广大农村基层干部和亿万农民的不懈努力下，中国粮食产量已实现连续19年增长，2022年总产量达历史峰值68 652.8万t，人均稻谷和小麦产量达到247.1 kg①。然而，海关数据显示，2022年中国粮食进口量达14 687.2万t，相当于国内总产量的21.4%，反映对国际市场仍存相当依赖。若无法基本依靠自身力量解决食物供给问题，则难以成为农业强国。

当前，尽管中国粮食生产取得长足进步，但面对新的发展形势与环境，粮食安全仍面临严峻挑战。首先，总量供给不足。2022年中国实际的粮食消费量已经突破8亿t②，远超当年实际产量。其次，供给结构性矛盾突出[1]。区域层面，占全国人口59.6%的南方地区仅拥有36%的耕地却坐拥81%的水资源，南北地区之间这种人口与资源错配制约粮食供给；品种层面，粮食供求中的品种结构不平衡，稻谷、小麦常有过剩，而油料、糖料和饲料则依赖进口。再次，农村劳动力持续流失。伴随着产业结构的优化升级，优质劳动力逐渐向第二、三产业转移[2]，加之农村人口老龄化、妇女化、空心化加剧，粮食生产面临严重劳动力短缺。最后，一系列外部事件的突发必然对粮食生产形成冲击。新冠肺炎疫情对种养业、加工业、畜牧业等造成直接或间接冲击[3]；俄乌冲突、逆全球化等因素也加剧了粮食生产的不确定性。

“韧性”作为系统遭受冲击后的一种自我恢复能力[4]，契合当前中国粮食生产发展的需求。提升粮食生产韧性，发挥农业“稳定器”和“压舱石”作用，是应对国内外复杂形势的现实选择。这不仅有助于农业现代化建设、推动中国由农业大国迈向农业强国，更能为经济发展奠定坚实基础。

综上，在错综复杂的国内外环境下，如何提升粮食生产韧性、化解安全风险以加快建设农业强国，成为亟待解决的重大问题。本文将拓展粮食生产韧性影响因素的研究范畴，构建综合指标体系精准评估其发展水平，深入探究提升路径，为相关政策制定提供新的视角。

收稿日期：2025-07-24

基金项目：河北省在读研究生创新能力培养资助项目（CXZZSS2025091）；2025年河北经贸大学校级研究生创新资助项目（XJCX202582）

作者简介：冯梓涵（2000—），女，河北石家庄人，硕士研究生，研究方向为粮食供应链质量管理；通信作者刘晓柳（1990—），女，河北石家庄人，博士，副教授，研究方向为发酵工程、供应链质量管理；郭敬艺（2001—），女，山东德州人，硕士研究生，研究方向为农业现代化与农村转型；韩楚然（2000—），女，河北石家庄人，硕士研究生，研究方向为环境经济与管理；吴子远（2001—），男，山东泰安人，硕士研究生，研究方向为农业现代化与农村转型。

①数据来源于国家统计局网站，http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901673.html。

②数据来源于国家统计局网站，http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901673.html。

1 文献综述

粮食生产韧性的理论根基可追溯至Holling[4]在生态学领域的范式革新。Holling[4]突破物理学中“恢复原状”的机械论视角，提出韧性本质是“系统维持关系持久性的能力”，强调系统受外部扰动时通过动态调整保持核心功能。这一范式引发跨学科迁移。Adger[5]将其拓展至社会系统，揭示社会结构与生态系统的耦合机制，指出韧性体现为社群应对外部压力的适应能力；Folke等[6]构建社会-生态系统性理论框架，提出“抵抗力-适应性-变革性”三维内涵，系统不仅需抵抗冲击、适应变化，更需通过创新突破阈值实现转型升级。至此，韧性理论完成从生态属性到社会经济复杂系统治理工具的演进。在农业经济领域，韧性理论的应用呈现精细化趋势。蒋辉等[7]将粮食生产韧性操作化为“抵抗力与恢复力的二元耦合”；郑家喜等[8]基于社会-生态系统(soclal-ecological system，SES)理论补充“再造力”维度，强调系统通过技术创新重构增长路径的能力，形成“抵抗-适应-再造”三维测度框架。这种概念深化反映学界对粮食生产系统复杂性认知的升级——从静态抗风险转向动态演化能力。

近年来，学界对粮食生产韧性的测度逐渐形成两类主流方法：一类是以单一或核心变量为代表的测度法，注重对系统敏感指标的识别与响应分析，虽操作简便但难以捕捉系统多维属性；另一类是以多维度指标体系为基础的综合评价法，侧重于从生产基础、生态条件、社会经济支持等方面构建全面框架。蒋辉等[7]基于二维框架测得中国粮食生产韧性呈下降趋势，郑家喜等[8]引入再造力指标(如科技投入转化率)后得出韧性提升的相反结论，揭示维度选择对评估结果的决定性影响。

粮食生产韧性的发展现状及其影响因素，仍是学术研究中有待深入探索的领域。一方面，已有文献从粮食生产安全[9]、粮食生产能力[10]等维度隐含或涉及粮食生产方面的发展现状，但直接研究粮食生产韧性发展现状的并不多见；另一方面，传统文献主要集中于数字经济[11]、数字乡村建设[12]、农业政策补贴[13-14]等角度研究对粮食生产的作用及影响机制，却鲜有探究粮食生产韧性的影响因素。粮食生产作为建设农业强国的重要环节，增强粮食生产韧性不仅有利于培育粮食生产动能，促使中国由农业大国迈入农业强国，更有利于保障粮食的安全与有效供给。因此，分析中国各省份粮食生产韧性的影响因素需进一步研究。

综观以上文献，本文结合台德进和李彬[15]从产量的稳定性、结构的安全性、区域的协同性以及生长的抗逆性四个方面判断粮食供应韧性，进一步将粮食生产韧性解释为粮食生产在受到内部和外部环境变化或冲击时所表现的系列属性和性能。通过构建综合评价指标体系测算粮食生产韧性，不同于以往构建的综合评价指标体系[7]，本文将深化粮食生产韧性影响因素的考察范畴，构建更加全面的综合指标体系来准确评价中国粮食生产韧性的发展水平。因此，本文尝试从两个方面做出可能的边际贡献：一是定量测度各地区粮食生产韧性，分析省际与区域间粮食生产韧性的发展水平差异；二是增加产业结构升级和生态环境治理改善两个新的研究角度，为如何提升粮食生产韧性水平提供新的视角。

2 机理分析与研究假说

中国现代化进程中，产业结构持续优化升级。一方面，产业升级推动城镇化[16]，减少农村常住人口及潜在农业劳动力，而农业劳动力对粮食产量具有显著正向作用[17]；另一方面，第二、三产业发展吸纳更多农村转移劳动力[2]，意味着农民从事粮食生产的机会成本上升，可能抑制生产积极性。因此，在当前中国产业结构优化背景下，其未必能如预期般提升粮食生产韧性。据此提出以下假设。

H1：产业结构升级对粮食生产韧性存在抑制作用。

农业作为弱势产业，在基础设施、机械购置、人才培养等方面均需政府扶持。政府对粮农的直接与间接补贴、农业保险支持等政策能有效调动生产积极性、增加供给、保障生产。理论上，财政支持可改善生产环境、增强抗风险能力、提高农民收入、激发生产热情，进而提升韧性。据此提出以下假设。

H2：财政支持有利于提高粮食生产韧性。

粮食生产高度依赖生态环境，良好生态是其基本保障。水土流失是生态退化的集中体现和恶化根源，对粮食生产的主要危害在于：侵蚀耕地导致面积缩减；破坏表土结构，降低土壤肥力和生产能力。因此，提升生态环境治理能力是增强生产能力和韧性的必然要求。据此提出以下假设。

H3：生态环境治理改善有利于提高粮食生产韧性。

3 粮食生产韧性发展水平测度与结果分析

3.1 粮食生产韧性发展水平测度

3.1.1 测度体系

对于韧性的测度方法，主要有综合指标体系法

和单一指标法两种,本文认为粮食生产韧性涉及方面较多,不仅包括量的层面,还包括质的层面,单一指标难以全面衡量粮食生产韧性的水平。因此,采用综合指标体系法进行综合测度。结合粮食生产韧性定义,从抵御风险能力、恢复适应能力两个维度设计指标体系。其中,抵御风险能力是粮食生产系统在破坏性事件中减少其受到冲击的能力,主要由生产基础、社会基础和经济基础等指标反映;适应能力刻画粮食生产系统在遭遇自然风险和市场风险后恢复到原始状态并持续发展的能力,使用生产效率、社会生态保障、经济增长和技术进步等指标反映。各指标具体如表 1 所示。

3.1.2 测度方法

粮食生产韧性包括抵御风险能力和恢复适应能力两个维度,每个维度又是其他指标的综合反映,这就涉及指标权重的选择问题,考虑到主观权法缺乏科学性和精准性缺陷,本文选择客观赋权中的熵权法予以测度。具体测算步骤如下。

(1)对原始数据进行标准化处理。

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

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

由于标准化后会出现 0 值,因此对标准化后的数据平移。

$$X''_{ij}=X'_{ij}+0.000\ 1 \tag{3}$$

如果指标数值越大对韧性促进作用越大则赋予其正向属性;反之,赋予其负向属性。$i=1,2,\cdots,n$;$j=1,2,\cdots,m$;X_{ij} 为第 i 年第 j 个影响指标。

(2)计算第 j 项指标下,第 i 年占该指标的权重 p_{ij} 和第 j 项指标的熵值 e_{ij}。

$$p_{ij}=\frac{X''_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}X''_{ij}} \tag{4}$$

$$e_{ij}=-\frac{1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n}p_i\ln p_{ij} \tag{5}$$

(3)计算第 j 项指标的权重 w_{ij}。

$$w_j=\frac{1-e_j}{\sum_{i=1}^{m}(1-e_j)} \tag{6}$$

(4)计算最终的统计测度 S_i。

$$S_i=\sum_{j=1}^{m}w_jx''_{ij} \tag{7}$$

粮食生产韧性指标体系中各指标权重计算结果如表 1 所示。加总各维度指标权重,得到抵御风险能力权重为 0.633 2,恢复适应能力权重为 0.366 9。

3.1.3 数据来源与范围

以中国 31 个省份(因数据缺失,未包含港澳台地区)作为研究样本,样本区间设为 2008—2022 年。该时期覆盖了次贷危机(2008—2009 年)与新冠肺炎疫情(2019—2021 年)。变量数据来源于国家统计局、中国人民银行调查统计司、中国环境统计年鉴。为减少数据量纲的干扰,对绝对值变量及数量级较大的变量,均取自然对数。考虑到部分数据在某些年份中存在缺失,本文采用线性插值法补齐。

3.2 粮食生产韧性发展水平评价

3.2.1 全国层面粮食生产韧性发展水平评价

2008—2022 年期间,全国粮食生产韧性综合得分呈上升趋势,从 6.59 上升至 9.86(图 1)。其中,抵御风险能力上升趋势远明显于恢复适应能力。恢复适应能力上升程度慢,这一事实反映中国粮食生产系统在遭受冲击后的恢复原有状态并持续朝前发展下去的能力不强,这是提升中国粮食生产韧性发展水平需要重点关注的问题。

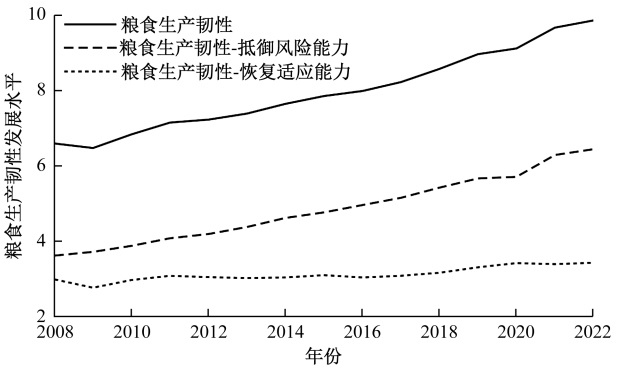


图 1 2008—2022 年中国粮食生产韧性发展水平综合得分

3.2.2 区域层面粮食生产韧性发展水平评价

从 2008—2022 年中截取 2008 年、2015 年、2022 年 3 年对东部、中部、西部和东北 4 个区域的粮食生产韧性发展水平进行评价(表 2)。从韧性综合得分来看,东部、西部、东北地区的粮食生产韧性发展水平快于中部地区,2022 年中部地区的综合得分为最低。从抵御风险能力来看,东北地区发展迅速,2022 年得分最高。从恢复适应能力来看,四个地区的发展水平相近。

3.2.3 省级层面粮食生产韧性发展水平评价

2022 年排名前 5 位的依次是北京、新疆、内蒙古、上海、黑龙江。在 2008—2022 年期间,内蒙古、黑龙江的粮食生产韧性发展水平进步最快,退步最为严重的是河南省。总体上看,省份之间粮食生产韧性发展水平的差距仍然存在;粮食主产区省份的粮食生产韧性发展水平并不高。如表 3 所示。

表1　粮食生产韧性综合评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性	指标权重
抵御风险能力	生产基础	人均耕地面积(耕地面积/乡村总人数)	正向	0.173
		复种指数(农作物播种总面积/耕地总面积)	正向	0.054
		农业用水量	负向	0.016
	社会基础	第一产业从业人员	正向	0.137
		农村每千人拥有卫生技术人员数	正向	0.061
	经济基础	农村居民人均消费支出	正向	0.092
		人均地区生产总值	正向	0.100
恢复适应能力	生产效率	粮食单位产量(粮食产量/粮食播种面积)	正向	0.042
		单位播种面积化肥施用量	负向	0.017
		灌溉效率(有效灌溉面积/粮食播种面积)	正向	0.147
	社会生态环境	人口潜力(乡村15～64岁人口/乡村常住总人口)	正向	0.023
		抗灾能力(受灾面积和成灾面积的差值与受灾面积之比)	正向	0.002
	经济增长	第一产业增加值增长率	正向	0.027
	技术进步	单位播种面积农业机械总动力	正向	0.110

表2　2008、2015、2022年各区域粮食生产韧性发展水平

变量	东部地区			中部地区			西部地区			东北地区		
	2008年	2015年	2022年	2008年	2015年	2022年	2008年	2015年	2022年	2008年	2015年	2022年
综合得分	0.240	0.279	0.347	0.222	0.244	0.294	0.188	0.235	0.301	0.200	0.260	0.337
抵御风险能力	0.123	0.160	0.218	0.135	0.157	0.199	0.100	0.140	0.194	0.125	0.181	0.246
恢复适应能力	0.117	0.120	0.129	0.087	0.087	0.095	0.089	0.095	0.107	0.076	0.079	0.091

表3　各省份粮食生产韧性发展水平情况

序号	省份	2008年	位次	2022年	2008—2022年均值	2008—2022年均值位次	2008—2022年位次变化
1	北京	252.632	7	420.367	340.594	1	6
2	新疆	265.151	5	415.511	321.032	3	3
3	内蒙古	215.238	15	406.153	299.640	6	12
4	上海	257.963	6	394.155	309.348	5	2
5	黑龙江	211.259	17	386.005	292.873	8	12
6	浙江	266.740	4	384.494	326.167	2	−2
7	江苏	228.559	11	367.674	288.933	9	4
8	西藏	223.390	13	352.474	284.882	10	5
9	山东	302.221	1	348.087	315.449	4	−8
10	吉林	195.849	18	333.619	256.934	18	8
11	湖北	234.701	10	331.361	269.312	14	−1
12	天津	278.784	3	329.251	294.848	7	−9
13	福建	193.424	20	326.202	265.782	15	7
14	湖南	237.420	9	313.753	276.382	11	−5
15	四川	217.809	14	311.835	257.200	16	−1
16	广东	226.554	12	308.531	256.647	19	−4
17	安徽	212.983	16	307.763	257.176	17	−1
18	河南	288.214	2	302.512	272.127	12	−16
19	河北	249.180	8	297.804	269.924	13	−11
20	海南	141.168	31	293.901	199.936	27	11
21	辽宁	194.347	19	292.622	234.749	20	−2
22	宁夏	154.431	29	286.404	216.719	23	7
23	陕西	166.917	26	281.085	212.253	24	3
24	重庆	152.235	30	272.174	196.682	30	6
25	云南	181.675	23	271.110	218.427	22	−2
26	江西	186.399	22	265.758	212.231	25	−4
27	甘肃	156.468	28	261.783	206.192	26	1
28	广西	191.873	21	258.667	223.473	21	−7
29	贵州	161.371	27	254.122	195.538	31	−2
30	青海	172.582	25	246.396	199.799	28	−5
31	山西	174.370	24	240.866	199.640	29	−7

注:为了让数值之间的比较更直观,本部分将粮食生产韧性得分数值整体扩大。

4 粮食生产韧性发展水平影响因素的实证分析

4.1 计量模型设计

设定基准模型为

$$Y_{it}=\beta_0+\sum_{k=1}^{n}\beta_k X_{it}+\sum_{j=1}^{m}\gamma_j \text{control}_{it}+\lambda_t+\mu_i+\varepsilon_{it} \quad (8)$$

式中:Y 为粮食生产韧性,包括抵御风险能力和恢复适应能力;X 为核心解释变量,包括产业结构升级、财政支持、生态环境治理改善三个变量;control 为控制变量;λ_t 为时间效应;μ_i 为个体效应;ε_{it} 为随机扰动项;i 为省份;t 为年份;n 为核心解释变量的个数;m 为控制变量的个数。

被解释变量:粮食生产韧性(GPA)。结合蒋辉等[7]构建的综合指标体系,运用熵值法测算得到的综合得分表示,其变动趋势与现实情况吻合,用抵御风险能力 GPA1、恢复适应能力 GPA2 表示。

核心解释变量:产业结构升级(ris)、财政支持(lnsubsidy)和生态环境治理改善(erosion)。在产业结构升级方面,选择地区第二、三产业增加值所占地区生产总值之比,作为产业结构升级的代理变量。在财政扶持方面,选择地方财政农林水支出作为政府扶持的代理变量。在生态环境治理改善方面,选用地方水土流失治理面积与地方行政管辖面积之比作为代理变量。

控制变量:主要包括城镇化率(urban)、农村社会每万人用电量(elec)、年平均气温(temp)、村路里程(lnroad)、涉农贷款余额(lnloan)等。

4.2 基准回归结果

经过豪斯曼检验,采用固定效应模型检验粮食生产韧性的影响因素。基于式(8)分别以综合得分和各分项得分为被解释变量,对研究假设进行验证,回归结果如表 4 所示。

表 4 估计了产业结构升级(ris)、财政支持(lnsubsidy)和生态环境治理改善(erosion)对粮食生产韧性的影响作用。列(1)是在控制年份和省份下产业结构升级、财政支持和生态环境治理改善对粮食生产韧性综合得分的影响作用。估计结果显示,产业结构升级系数为负,且在 1%的水平下显著,在控制城镇化率、农村社会每万人用电量、年平均气温、村路里程、涉农贷款余额之后系数依然显著为负,产业结构升级对粮食生产韧性具有显著的抑制作用;财政支持和生态环境治理改善二者系数均为正数,且在 5%的水平下显著,表明财政支持和生态环境治理改善对粮食生产韧性具有显著的促进作用。该结论支持了本文三个假说的成立。

表 4 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	GPA	GPA1	GPA2	RE
	FE	FE	FE	
ris	−0.328 6***	−0.357 0***	0.030 4	−0.076 0
	(0.062 7)	(0.043 9)	(0.038 8)	(0.067 3)
lnsubsidy	0.023 3***	0.002 0	0.020 4***	0.047 5***
	(0.007 4)	(0.004 1)	(0.005 3)	(0.004 9)
erosion	0.029 2	−0.001 8	0.041 1***	0.070 3***
	(0.022 7)	(0.014 9)	(0.014 8)	(0.022 3)
常数项	0.481 4***	0.504 9***	−0.017 8	0.064 2
	(0.075 7)	(0.048 6)	(0.051 1)	(0.063 1)
观测值	465	465	465	465
R^2	0.933	0.945	0.944	
省份固定	YES	YES	YES	
年份固定	YES	YES	YES	

注:*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平;括号内为稳健标准误。

表 4 列(2)和列(3)是产业结构升级、财政支持和生态环境治理改善对粮食生产韧性分项得分的影响作用。在控制年份和省份下,产业结构升级对粮食生产系统抵御风险能力的影响显著为负,但对粮食生产系统恢复适应能力的影响并不显著;财政支持和生态环境治理改善对粮食生产系统恢复适应能力的影响显著为正,但对粮食生产系统抵御风险能力的影响并不显著。列(4)给出了随机效应模型下的回归结果。

4.3 稳健性检验与内生性缓解

为验证上述研究结论的可靠性,运用以下三种方法进行稳健性检验,缓解内生性问题。

4.3.1 增加控制变量

将农产品生产者价格指(pi)、农药使用量(pest)、农用塑料薄膜使用量的对数(lnplastic)加入式(1)重新进行回归,因为农产品生产者价格指数、农药使用量、农用塑料薄膜使用量三者或多或少都将对粮食生产韧性产生影响。结果如表 5 列(1)所示,表明产业结构升级对粮食生产韧性综合得分的影响作用在 1%的水平下依然显著为负;财政支持和生态环境治理改善对粮食生产韧性综合得分均通过了 5%的显著性检验,验证了本文结论的稳健性。

4.3.2 对数据进行上下 1%缩尾处理,并进行重新回归

如表 5 列(2)所示,产业结构升级在 1%的水平下对粮食生产韧性具有显著的抑制作用,财政支持的

表 5　稳健性检验与内生性缓解

变量	(1)	(2)	(3)
	加入遗漏变量	缩尾处理	滞后一期
ris	−0.234 0***	−0.328 6***	
	(0.077 2)	(0.062 7)	
L. ris	−0.272 8***		
	(0.070 7)		
lnsubsidy	0.022 5***	0.023 3***	
	(0.008 2)	(0.007 4)	
L. lnsubsidy	0.021 3***		
	(0.007 6)		
erosion	0.058 8**	0.029 2	
	(0.024 7)	(0.022 7)	
L. erosion	0.033 4		
	(0.021 9)		
常数项	0.452 6***	0.481 4***	0.477 2***
	(0.114 9)	(0.075 7)	(0.082 6)
观测值	450	465	434
R^2	0.933	0.933	0.937

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为稳健标准误。

估计系数与显著性与基准回归基本保持一致，但生态环境治理改善对粮食生产韧性的影响不再显著。

4.3.3　将解释变量和控制变量均滞后一期

表 5 列(3)结果显示，产业结构水平在 1%的水平下对粮食生产韧性的影响显著为负；财政支持在 1%的水平下对粮食生产韧性的影响显著为正。但生态环境治理改善对粮食生产韧性的影响并不显著。

综上，H1 和 H2 是稳健的。

4.4　异质性

为探讨产业结构升级、财政支持、生态环境治理改善对粮食生产韧性是否存在异质性影响，将全国划分为东部、中部、西部、东北地区，回归结果如表 6 所示。通过对比发现，产业结构升级对中部地区省份粮食生产韧性的促进作用最大，其次是西部地区，对东部和东北地区省份粮食生产韧性的作用显著为负。财政支持对除中部地区省份以外的粮食生产韧性具有显著作用。需要注意的是，财政支持对西部地区省份粮食生产韧性的作用为负。生态环境治理改善显著促进东部、中部地区省份粮食生产韧性水平，对西部省份粮食生产韧性水平的作用并不显著。

表 6　异质性回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区
ris	−0.121 5***	0.203 0***	0.004 9***	−0.159 6***
	(0.319 3)	(0.194 9)	(0.128 2)	(0.052 3)
lnsubsidy	0.037 1**	0.018 2	−0.036 4***	0.017 3*
	(0.014 9)	(0.025 4)	(0.012 4)	(0.008 8)
erosion	0.262 1***	0.123 2**	−0.027 2	−0.119 3*
	(0.040 4)	(0.060 2)	(0.029 9)	(0.059 3)
常数项	0.216 8	−0.512 0**	0.425 4***	1.686 0***
	(0.207 2)	(0.251 2)	(0.137 6)	(0.225 3)
观测值	150	90	150	45
R^2	0.918	0.935	0.956	0.998
省份固定	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为稳健标准误。

5　结论与建议

本文基于 2008—2022 年 31 个省份(因数据缺失，未包含港澳台地区)的面板数据，采用熵值法综合测度粮食生产韧性发展水平，并借助计量模型从产业结构升级、财政支持与生态环境治理三个维度检验其提升路径。主要研究结论如下：第一，全国粮食生产韧性总体呈上升趋势，但恢复适应能力提升缓慢，成为制约韧性发展的关键短板；第二，区域间粮食生产韧性发展不平衡，东部与东北地区水平较高，中部地区增长相对滞后，西部地区增速最快但基础薄弱；第三，产业结构升级对粮食生产韧性整体表现为抑制作用，而财政支持与生态环境治理则具有显著促进作用，且这一结果在稳健性检验中依然成立；第四，异质性分析表明，不同区域的影响机制存在明显差异，产业结构升级在中、西部地区促进作用显著，而在东部和东北地区呈抑制效应；财政支持在东部和东北地区效果显著，在西部地区产生负面影响；生态环境治理对东、中部地区促进作用明显，对西部和东北地区作用不显著或为负。

基于上述结论，本文提出如下政策建议。

(1)建立健全分级分类的农业补贴政策体系，重点向粮食主产区、韧性薄弱区域倾斜；创新涉农资金整合使用机制，加强对高标准农田、节水灌溉、数字农业等关键环节的投入，提升资金使用的精准度和效益。

(2)将水土流失治理、农业面源污染防治等生态措施纳入粮食生产支持政策中，探索生态补偿机制与粮食生产补贴联动机制，实现生态环境保护与粮食韧性增强的双赢。

(3)优化产业结构升级路径，保障农业劳动力合理供给。在推进产业结构升级过程中，应注重保障农业特别是粮食产业的劳动力供给和质量提升，通过培育新型职业农民、推广农业社会化服务等方式，缓解第二、三产业对农业劳动力的争夺，实现产业结构优化与粮食稳定发展的良性互动。

第四，实施区域差异化的粮食韧性提升策略。

东部地区注重发挥财政支持与生态治理的协同增效作用,推动农业科技创新与绿色生产方式转型,缓解产业结构升级对农业劳动力的“挤出效应”。中部地区可继续推进产业结构优化,强化农业基础设施投入,增强粮食综合生产能力,同时防范农村人口过度流失。西部地区优化财政支持结构,提高资金使用效率,重点加强农业抗灾减灾与生态保护建设,避免盲目推动产业结构升级所带来的负面冲击。东北地区应统筹黑土地保护与现代化农业经营体系建设,在保障国家粮食稳产保供基础上,推动农业与第二、三产业融合发展,增强系统韧性。

参考文献

[1] 陈锡文. 当前农业农村的若干重要问题[J]. 中国农村经济,2023(8):2-17.

[2] 姚知非,彭现美. 产业结构升级对农村转移劳动力影响研究[J]. 太原理工大学学报(社会科学版),2016,34(1):62-67.

[3] 蒋和平,杨东群,郭超然. 新冠肺炎疫情对中国农业发展的影响与应对举措[J]. 改革,2020(3):5-13.

[4] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics,1973,4(1):1-23.

[5] ADGER N W. Social and ecological resilience:are they related?[J]. Progress in Human Geography,2000,24(3):347-364.

[6] FOLKE C,CARPENTER R S,WALKER B,et al. Resilience thinking:integrating resilience,adaptability and transformability[J]. Ecology and Society,2010,15(4):20.

[7] 蒋辉,陈瑶,刘兆阳. 中国粮食生产韧性的时空格局及其影响因素[J]. 经济地理,2023,43(6):126-134.

[8] 郑家喜,赵妍,卫增. 基于空间马尔科夫链的粮食生产韧性动态演进及趋势预测[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2024(3):104-117.

[9] 崔宁波,董晋. 主产区粮食生产安全:地位、挑战与保障路径[J]. 农业经济问题,2021(7):130-144.

[10] 卢新海,柯楠,匡兵. 中国粮食生产能力的区域差异和影响因素[J]. 中国土地科学,2020,34(8):53-62.

[11] 马俊凯,李光泗,韩冬. 数字经济赋能粮食供应链韧性:作用路径和政策取向[J]. 新疆社会科学,2023(1):46-54.

[12] 郝爱民,谭家银. 农村产业融合赋能农业韧性的机理及效应测度[J]. 农业技术经济,2023(7):88-107.

[13] 陈飞,范庆泉,高铁梅. 农业政策、粮食产量与粮食生产调整能力[J]. 经济研究,2010,45(11):101-114.

[14] 吕新业,胡向东. 农业补贴、非农就业与粮食生产——基于黑龙江、吉林、河南和山东四省的调研数据[J]. 农业经济问题,2017,38(9):85-91.

[15] 台德进,李彬. 中国粮食供应韧性测度评析及机制研究[J]. 粮食经济研究,2022,8(1):31-48.

[16] 张海波. 中国经济增长与产业结构升级对城镇化的影响研究[D]. 北京:中南财经政法大学,2020.

[17] 黄玛兰,李晓云,游良志. 农业机械与农业劳动力投入对粮食产出的影响及其替代弹性[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2018(2):37-45.

Measurement and Improvement Path of Resilience Development in China's Grain Production

FENG Zihan[1], LIU Xiaoliu[1], GUO Jingyi[2], HAN Churan[2], WU Ziyuan[2]

(1. School of Bioscience and Engineering, Hebei University of Economics and Business, Shijiazhuang 050061, China;
2. Institute of Economic Research, Hebei University of Economics and Business, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: Grain production is crucial for national prosperity and people's livelihoods, and food security is an essential foundation for national security. Based on panel data from 31 provinces (due to the lack of data, the statistical data mentioned here do not include the Hong Kong Special Administrative Region, the Macao Special Administrative Region and Taiwan Province) in China from 2008 to 2022, the entropy method was used to measure the resilience development level of China's grain production. Econometric models were constructed to investigate the effects of industrial structure upgrading, government support and ecological environment governance improvement on enhancing grain production resilience. It is found that, at the national level, adaptive recovery capacity is the key factor limiting the development of grain production resilience in China. At the regional level, the highest resilience development levels are observed in the Eastern and Northeastern regions. At the provincial level, the development levels show an increasing trend, though significant disparities remain.

Keywords: grain production resilience; industrial structure upgrading; financial support; ecological environment governance