

【区域格局与产业发展】

# 黄河流域水资源利用与粮食产业协同发展研究\*

蔡森 郑文辉

**摘要:**黄河流域是我国重要的粮食基地,水资源是黄河流域最大刚性约束。黄河流域生态保护和高质量发展国家战略提出5周年之际,研究测度黄河流域水资源利用与粮食产业协同发展具有重要现实意义。以2000—2021年黄河流域9个省区为研究对象,基于熵值法构建水资源利用与粮食产业协同发展评价指标体系,综合测度黄河流域“水—粮”协同发展时空变化特征,可以发现:2000—2021年黄河流域水资源利用与粮食产业协同性呈上升趋势,协同安全等级由敏感状态逐渐转变为良好状态,并朝着安全可持续方向演进。未来,要立足于全流域的整体性、上下游的差异性和各省份的特殊性,全面提升黄河流域粮食产业用水效率、探索构建水资源和粮食产业协同发展示范区,统筹推动水资源高效利用和粮食产业协同发展。

**关键词:**黄河流域;“水—粮”关系;产业协同

中图分类号:F299.24 文献标识码:A 文章编号:2095-5766(2025)01-0114-07 收稿日期:2023-10-08

\*基金项目:2020年度河南省哲学社会科学规划项目“打造内陆开放高地研究”(2020BJJ075),河南省高等学校人文社会科学重点研究基地资助项目。

**作者简介:**蔡森,男,中原工学院经济管理学院副教授,硕士生导师(郑州 450007)。

郑文辉,女,中原工学院马克思主义学院硕士生(郑州 450007)。

## 一、问题的提出

党的二十大报告提出,确保粮食、能源资源安全,推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。黄河流域水资源、能源、粮食三者相互关联、相互依存、相互制约、彼此耦合,呈现出一种复杂的纽带关系(彭俊杰,2021)。2019年9月,黄河流域生态保护和高质量发展国家战略正式提出。2021年10月,中共中央、国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》,推动黄河流域水资源、粮食产业与生态环境协同发展成为社会各界关注的热点问题。黄河流域生态保护和高质量发展战略实施已有5年多,运用科学方法综合测度和评价黄河流域水资源、粮食产业协同发展现状,对于全面贯彻落实党的二十大精神,全方位坚持“四水四定”原则,

助力黄河流域加快构建坚实稳固、支撑有力的国家生态安全屏障具有十分重要的现实意义。

当前,学者们围绕生态安全评价、环境安全评价、水资源安全评价、耦合协调度评价等方面对黄河流域的水资源、森林资源、土地资源以及环境资源进行了多角度、深层次评估和预警分析。所采用的评价方法主要有DPSIR(驱动力—压力—状态—影响—响应)模型、社会网络分析、TOPSIS模糊物元分析、耦合协调度分析、超效率—SBM模型、投入—产出等。例如,石涛(2020)基于2010—2017年黄河流域39个地市的面板数据,运用社会网络分析法研究经济生态耦合协调联动效应的总体关联性和联动网络结构特征,以及空间网络结构特征对个体城市耦合协调水平的影响;左其亭(2020)等采用“单指标量化—多指标综合—多准则集成”(SMI—P)评价方法对黄河流域62个地级行政区水生态安全水

平的集聚性特征和空间分布进行评价;王怡然等(2022)运用熵权法与空间相关性对黄河流域森林生态安全等级与时空演变进行评价分析;郭菊娥等(2004)利用1999年黄河流域水利投入产出表的数据资料,分析了黄河流域水资源价格与总产值变动的波及效应,认为水资源价格不合理是导致黄河流域目前水资源严重短缺的重要原因;周柯和张丽荣(2021)基于2008—2019年黄河流域9省区的相关数据,构建农业绿色发展指标体系,利用改进的TOPSIS法对黄河流域农业绿色发展水平进行测度,对农业绿色发展与农业技术人才之间的关系进行了定量分析。

从已有的研究来看,学者们围绕黄河流域生态环境安全评价方面取得了一定进展,但是还存在两个方面需要深化的地方:一是缺乏对黄河流域水资源利用与粮食产业发展协同性的重点关注,尤其是对二者的演进特征、影响因素的分析仍需进一步深化。二是缺乏从空间视角系统分析黄河流域上中下游、不同省份“水—粮”协同发展的主要障碍因子,找出不同区域促进“水—粮”协同可持续发展的作用路径。由此,本文基于2000—2021年黄河流域9个省区的面板数据,从水资源利用系统、粮食产业发展两个层面构建“水—粮”协同发展评价指标体系,采用模糊元和逼近理想解法相结合进行有效评估,剖析当下水资源约束下黄河流域粮食产业发展的障碍因子,以期客观反映黄河流域“水—粮”协同发展的区域差异,旨在为进一步提升黄河流域水资源保障能力,巩固黄河流域国家粮食基地地位提供参考。

## 二、黄河流域水资源利用与粮食产业发展基础

水和粮食作为黄河流域两大战略性资源,在我国经济社会发展中扮演着十分重要的作用。黄河流域水资源利用与粮食产业的协同安全直接关系到黄河流域水资源的集约高效利用,以及黄河流域生态保护和高质量发展战略的顺利实施。

1. 黄河流域水资源分布和水资源利用相对集中,粮食产业用水结构偏重

2021年,黄河流域9省区水资源总量达到7272亿立方米,占全国水资源总量的24.5%;其中,用水量总量达到1235.12亿立方米,占全国用水总量的1/5。

从黄河供水区各省份的取水量来看,2000—2021年黄河供水区地表取水量始终维持在370亿立方米,主要以农业用水为主。尽管农业取水量占地表取水量的比重从2000年的87.5%下降至2021年的62.3%,但是一直维持在均值75%左右(见图1),宁夏和内蒙古的农业用水比重更是高达80%以上,优化农业用水结构、提高农业用水效率是黄河流域水资源集约节约利用的重点和关键。

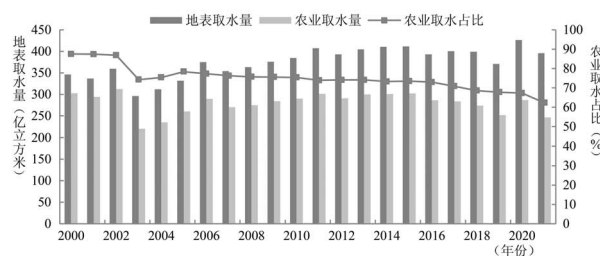


图1 2000—2021年黄河流域地表取水量与农业取水量比较  
数据来源:2021年《黄河水资源公报》。

2. 黄河流域保障粮食基地地位突出,粮食单位面积产量与全国差距明显

黄河流域是我国重要的粮食生产区域,作为粮食主产区的黄淮海平原、汾渭平原、河套灌区,不仅是我国重要农产品的供给区,也承担着“中华粮仓”的载体功能。2000—2021年黄河流域粮食总产量从15740.97万吨增加至23867.9万吨,占全国粮食总产量的比重维持在33.9%左右,在保障国家粮食安全方面贡献了约1/3的力量;但是从粮食单位面积产量来看,2000—2021年黄河流域粮食单位面积产量从3471.65公斤/公顷提高至5131.3公斤/公顷,与全国差距明显,比全国平均水平低657.42公斤/公顷(见图2),提高粮食单位面积产量是增强黄河流域粮食安全保障功能的重要因素。

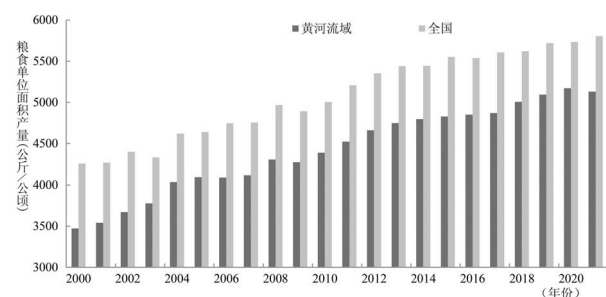


图2 2000—2021年黄河流域和全国粮食单位面积产量比较  
数据来源:国家统计局。

3. 黄河流域“水—粮”分布呈现非均衡状态,水资源和粮食产业协同发展矛盾突出

从黄河流域水资源和粮食产业分布可以看出,

黄河流域农牧业基础较好,分布有黄淮海平原、汾渭平原、河套灌区等农产品主产区,粮食和肉类产量占全国1/3左右。黄河流域最大的矛盾是水资源短缺。上中游大部分地区位于400毫米等降水量线以西,气候干旱少雨,多年平均降水量446毫米,仅为长江流域的40%;多年平均水资源总量647亿立方米,不到长江的7%;水资源开发利用率高达80%,远超40%的生态警戒线。水资源分布呈现“上游—中游—下游”与粮食产量分布呈现“下游—上游—中游”的非均衡非对称发展格局,由此会出现上游用水方式粗放与农业用水紧张并存、中下游粮食生产用水短缺与水资源供给不足并存的突出矛盾。同时,高耗水、高耗能、高污染和资源性产业项目增长较快,严重挤占河道生态用水和农业生产用水。特别是在气候变化和人类活动双重影响下,保障国家粮食安全驱动黄河流域用水需求进一步增长,“水—粮”优化协调矛盾进一步凸显。

### 三、黄河流域水资源利用与粮食产业协同性测度

本部分通过构建黄河流域水资源利用与粮食产业协同性评价指标体系,进一步利用TOPSIS模糊物元测算黄河流域“水—粮”协同发展水平。

#### 1. 评价测度方法

第一,对选取指标的原始数据进行标准化,使其能够达到可比较的程度,标准化的公式如下:

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

其中: $X_{ij}$ 是数据处理之前第*i*个省份的第*j*个指标的原始值, $x_{ij}$ 是标准化之后第*i*个省份的第*j*个指标的标准化值。然后进行熵值法赋权。

第二,运用TOPSIS模糊物元进行综合测算。其中,首要建立的是加权评价矩阵 $Z=(z_{ij})$ 。其中, $z_{ij}$ 的计算方法为:

$$Z_{ij} = X_{ij}W_{ij} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

第三,障碍度计算。首先引入因子贡献度 $F_i$ (即三级指标对总目标的权重),其次计算指标偏离度 $I_i$ (三级指标与目标之间的差距,也即三级指标因素评估值与100%的差值),最后计算障碍度( $y_{ik}$ )。公式如下:

$$F_i = W_i R_{ik} \quad (3)$$

$$I_i = 1 - A_i \quad (4)$$

其中: $W_i$ 为第*i*个三级指标权重; $R_{ik}$ 为第*i*个三级指标所属的*k*个系统层的权重, $A_i$ 为三级指标的标准化值。

$$y_{ik} = \frac{I_i \times F_i}{\sum_i I_i \times F_i} \times 100\% \quad (5)$$

#### 2. 指标体系构建及权重赋值

在现有研究基础上,基于数据的可获得性,将测度指标体系分为水资源和粮食产业两大子系统,17个三级指标。其中,水资源利用系统包括产水模数、产水系数、灌溉面积、人均水资源总量、人均用水量、生态用水占比、生活用水占比、废水排放量、万元GDP用水量等9个指标;粮食产业系统包括粮食单产、人均粮食产量、粮食播种面积比例、机械动力、化肥负荷、农村居民恩格尔系数、粮食流动成本、城乡居民可支配收入倍差等8个指标。其指标层、计算方法、指标性质和权重如表1所示。

#### 3. 数据来源

数据主要来源于2000—2022年《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国水资源公报》《黄河水资源公报》以及黄河流域各省份国民经济和社会发展统计公报、黄河流域各省份统计年鉴等,缺失数据采用邻近年份数据进行差补。

### 四、黄河流域水资源利用与粮食产业协同发展的时空特征

基于上文所构建的黄河流域水资源利用与粮食协同评价指标体系的测算结果,可以看出,黄河流域上中下游、不同省份,在水资源利用与粮食产业协同发展方面呈现出不同的时空特征。

#### 1. 黄河流域水资源与粮食产业协调程度持续提升

从图3可以看出,2000—2021年黄河流域“水—粮”整体协同水平呈“W”形上升趋势,其评价指数从2000年的0.331上升至2021年的0.536,“水—粮”协同发展经历了“波动上升—快速上升—稳定上升”三个显著阶段,协同安全等级也由敏感状态逐渐转变为良好状态,这表明黄河流域“水—粮”关系正在改善,水资源利用效率、粮食安全保障能力以及水资源服务保障粮食安全能力不断增强,“水—粮”整体协同水平不断提高。从

表1 黄河流域水资源利用与粮食协同安全的评价指标体系

目标层	子系统层	指标层	计算方法	单位	指标性质	权重
黄河流域 “水—粮”协 同水平测度	水资源利用 系统	$X_1$ 产水模数	水资源总量/区域面积	$10^3\text{m}^3/\text{hm}^2$	正向	0.0588
		$X_2$ 产水系数	水资源总量/降水总量	%	正向	0.0566
		$X_3$ 灌溉面积	统计数据直接获取	$10^3\text{hm}^2$	正向	0.0538
		$X_4$ 人均水资源总量	水资源总量/人口总量	$\text{m}^3/\text{人}$	正向	0.0556
		$X_5$ 人均用水量	用水总量/人口总量	$\text{m}^3/\text{人}$	逆向	0.0579
		$X_6$ 生态用水占比	生态用水/用水总量	%	正向	0.0252
		$X_7$ 生活用水占比	生活用水/用水总量	%	逆向	0.0591
		$X_8$ 废水排放量	统计数据直接获取	万吨	逆向	0.0642
		$X_9$ 万元GDP用水量	用水总量/GDP	$\text{m}^3/\text{万元}$	逆向	0.0761
	粮食安全系 统	$X_{10}$ 粮食单产	粮食总产量/粮食播种面积	吨/ $\text{hm}^2$	正向	0.0624
		$X_{11}$ 人均粮食产量	粮食总产量/人口总量	kg/人	正向	0.0710
		$X_{12}$ 粮食播种面积比例	粮食播种面积/区域总面积	$10^3\text{hm}^2$	正向	0.0681
		$X_{13}$ 机械动力	机械总动力/粮食播种面积	千瓦/ $\text{hm}^2$	正向	0.0557
		$X_{14}$ 化肥负荷	化肥用量/农作物播种面积	吨/ $\text{hm}^2$	逆向	0.0536
		$X_{15}$ 农村居民恩格尔系数	统计数据直接获取	%	逆向	0.0620
		$X_{16}$ 粮食流动成本	粮食零售价格指数/生产价格指数	—	逆向	0.0658
		$X_{17}$ 城乡居民可支配收入倍差	城镇居民可支配收入/农村居民可支配收入	—	逆向	0.0541

具体阶段来看,第一阶段(2000—2007年),黄河流域“水—粮”协同呈波动上升趋势,年际波动较大,协同水平不稳定,协同指数从2000年的0.331上升至2005年的0.35然后又降至2007年的0.314,协同等级基本上处于敏感状态,整体发展水平较低;第二阶段(2008—2015年),黄河流域“水—粮”协同水平呈快速上升趋势,协同指数2008年超过0.35的临界安全阈值以后,快速增加至2015年的0.497,安全等级也由敏感状态过渡至临界安全状态;第三阶段(2016—2021年),黄河流域“水—粮”协同水平呈稳定上升趋势,协同指数由0.475上升至0.536,安全等级也由临界安全状态转变为良好状态。党的十八大以来,特别是2019年黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家战略以来,沿黄各省区立足于全流域和生态系统的整体性,统筹推进山水林田湖草沙综合治理、系统治理、源头治理,着力保障粮食生产用水,着力稳定粮食种植面积,着力优化水资源配置,积极推动“水—粮”协同安全向着良好、安全状态不断演进,“水—粮”协同保障能力不断提升。

2.上游地区“水—粮”产业协同形势总体向好,“中华水塔”核心区和“天府粮仓”地位更加稳固

从上游地区来看(见图4),青海、四川、甘肃、宁

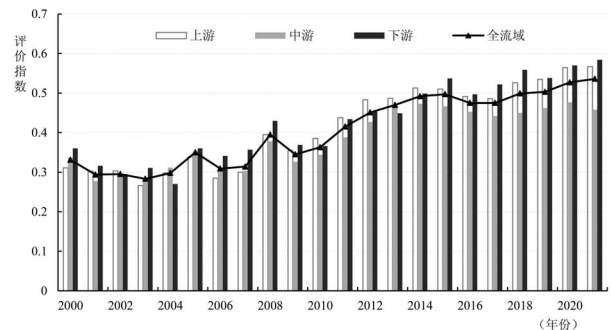


图3 2000—2021年黄河流域水资源利用与粮食协同安全的综合评价指数时序变化特征

数据来源:作者绘制。

夏在2000—2021年的“水—粮”协同水平总体上呈现集中上升的态势。其中,甘肃由于其绝大部分处于黄河流域400毫米等降水量线以西,水源涵养功能相对较弱,水资源总量短缺,水资源利用难度大,使得“水—粮”协同水平提升幅度较小,甚至在2002年达到了危险等级,安全等级由敏感阶段过渡到临界安全阶段。青海、四川、宁夏3个省份均经历了“敏感—临界安全—良好”三个阶段的过渡与衔接。四川作为黄河上游重要水源涵养地、补给地和重要湿地生态功能区,依托丰富的产水量、补水量的资源禀赋,在国家西部大开发和黄河战略的指引下,“水—粮”协同始终处于上游较好水平,

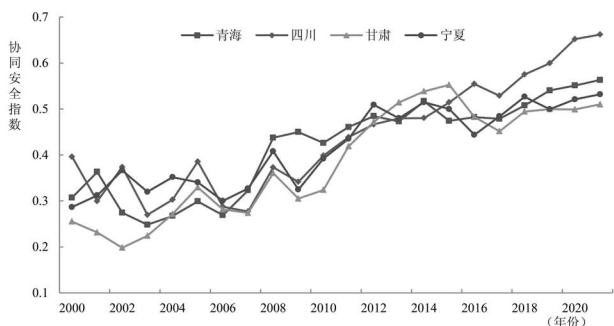


图4 2000—2021年黄河流域上游水资源利用与粮食协同综合评价的时序变化特征

数据来源:作者绘制。

“水—粮”产业协同发展形势总体向好,“中华水塔”核心区和“天府粮仓”的地位更加稳固。

### 3. 中游地区“水—粮”协同发展水平提升缓慢,波动较大

从中游地区来看(见图5),内蒙古、陕西、山西在2000—2021年“水—粮”协同水平总体上也呈现出集中波动式上升态势,基本上处于从危险等级转变为临界安全等级。其中,陕西省得益于结合“三北防护林”体系建设和秦岭“中央水塔”保护,持续实施退耕还林还草、小流域综合治理、荒漠化治理、淤地坝建设、粮食生产能力提升等重点生态保护工程,“水—粮”产业发展协同性在中游地区相对处于领先趋势,“水—粮”协同指数从2000年的0.355上升至2021年的0.458。内蒙古所处黄河流域是能源、冶金、化工产业的主要集中区,集中了内蒙古自治区71%的煤炭产能、69%的电力装机,牛奶、羊绒、葵花籽等加工规模居全国第一,工业用水效率不高,工业用水严重挤占生态用水和生活用水,再加之农牧业生产方式粗放等因素,“水—粮”产业发展协同性在中游地区增长波动较大,“水—粮”协同指数从2000年的0.362上升至2021年的0.443。山西黄河流域自然条件恶劣,区域内遍布黄土丘陵沟壑极强烈侵蚀区、黄土残塬沟壑强烈侵蚀区,水土流失是首要问题,并且“一煤独大”的产业和能源结构,对植被、水土治理和粮食安全造成严重威胁,导致其“水—粮”产业发展协同性提升缓慢,波动较大。

### 4. 下游地区协同水平快速提升,省际横向生态补偿机制探索取得重要进展

从下游地区来看(见图6),河南、山东在2000—2021年“水—粮”产业发展协同性总体上呈现“增长

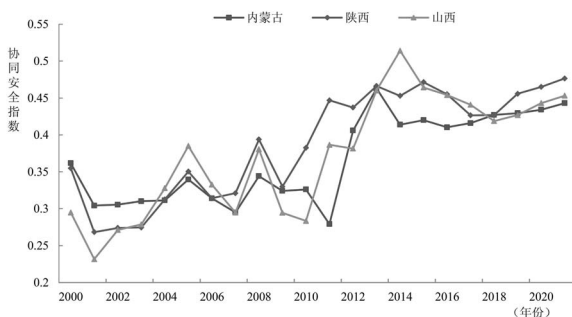


图5 2000—2021年黄河流域中游水资源利用与粮食协同安全综合评价的时序变化特征

数据来源:作者绘制。

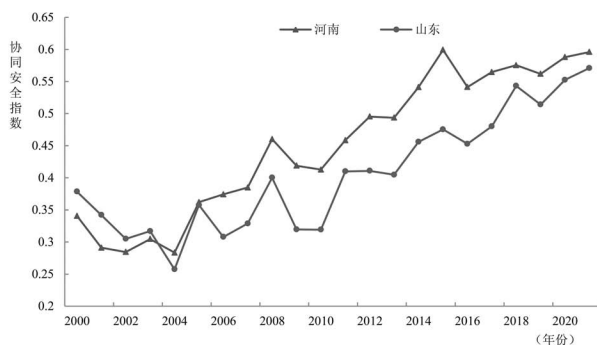


图6 2000—2021年黄河流域下游水资源利用与粮食协同安全综合评价的时序变化特征

数据来源:作者绘制。

一致、明显加快”的态势,已经顺利完成从临界安全等级向良好等级的转变。这表明,近年来黄河下游地区在推进水资源节约集约利用,提高粮食生产核心区粮食安全保障能力方面取得了初步成效。例如,山东坚持“四水四定”原则,在全国率先出台《工业园区规划水资源论证技术导则》等地方标准,从规划决策源头充分考虑区域水资源承载力。将国家分配的用水总量控制目标逐级分解下达到各市。2022年7月,由于黄河入鲁水质始终保持在Ⅱ类以上,山东省向上游的河南省兑现生态补偿资金1.26亿元,标志着黄河流域省际横向生态补偿机制探索取得重要进展。粮食生产是河南的一张“王牌”,河南粮食总产先后迈上了1200亿斤、1300亿斤两个新台阶,连续6年稳定在1300亿斤以上。结合高标准农田建设,河南正在大力推进高效节水灌溉,示范推广节水农业技术,加快大中型灌区续建配套和节水技术改造等提高灌区水利用效率,整体呈现出“有效灌溉面积增加、用水量基本保持不变”的发展趋势,为“水—粮”协同水平提升提供了重要支撑。

5.用水量是制约黄河流域水资源与粮食产业协同的首要因素

运用障碍诊断模型,从指标层计算2000—2021年沿黄9省区的指标障碍度,可以看出(见图7),阻碍黄河流域9省区“水—粮”协同安全主要障碍因子分别是万元GDP用水量>人均粮食产量>粮食播种面积比例>废水排放量>粮食单产。其中,万元GDP用水量是各省份“水—粮”产业发展协同性的首要障碍因子,原因在于万元GDP用水量作为综合反映经济和社会领域发展的耗水量,是节水型社会考核的核心指标之一,能够直观体现经济社会发展过程中的水资源利用效率。也就是说,基于黄河流域人多水少、水资源供需矛盾突出的现实条件,在充分考虑节水的前提下,留足生态用水,合理分配生活、生产用水,提高万元GDP用水量,可以有效提升水资源与粮食产业发展的协调度。

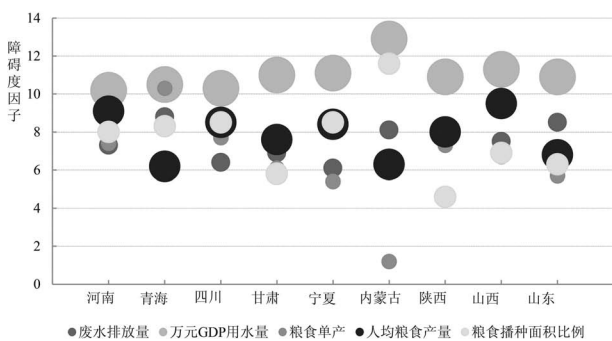


图7 2000—2020年影响黄河流域水资源利用与粮食协同的前5位障碍因子

数据来源:作者绘制。

注:图中点的大小表征障碍度大小,点越大表明障碍作用越强。

五、结论与政策建议

总体来看,2000—2021年,黄河流域“水—粮”产业协同性经历了“波动上升—快速上升—稳定上升”三个显著阶段,协同安全等级也由敏感状态逐渐转变为良好状态,流域整体“水—粮”协同水平朝着安全可持续方向不断演进。在空间格局上,由于生态资源禀赋以及农业生产中用水方式、高标准农田建设等区域异质性,黄河流域“水—粮”协同水平在空间上呈现“下游领先、上游赶超、中游扩大”的演进格局。

在黄河流域生态保护和高质量发展战略实施5周年之际,要以黄河流域水资源和粮食产业整体协

调性稳步提升为基础,继续坚持量水而行、节水优先,立足于全流域和生态系统的整体性,因地制宜促进粮食产业发展,带动全流域高质量发展。

1.全面提升黄河流域粮食产业用水效率

立足于全流域整体性,要高度重视黄河流域“水—粮”协同安全的重要价值,通过降低万元GDP用水量、增加人均粮食产量、增加粮食播种面积比例、有效减少废水排放量、提高粮食单产等方式,加快推动“水—粮”协同水平从良好状态向安全可持续状态方向演进,更好实现以水定城、以水定地、以水定人、以水定产的目标。例如,有效降低万元GDP用水量,合理确定不同区域人口和经济社会发展规模,促进地区经济社会发展与水资源承载能力相适应。严格实行用水总量和强度控制,建立健全覆盖全域和市、县、乡镇的取用水总量、用水强度控制指标体系和覆盖地区主要农作物、工业产品和生活服务业的用水定额标准体系,分级落实国家、省下达的各级用水总量控制指标。加快实施以增加人均粮食产量和粮食播种面积为主要抓手的高标准农田建设工程,在传统农区、农牧结合区等不同区域分类开展大规模高标准农田建设和提质改造,推进高标准农田建设整县、整村示范,积极发展旱作高效农业,着力打造一批国家粮食安全产业示范带和重要农产品供给综合保障基地。

2.加快建设一批水资源和粮食产业协同发展示范区

黄河流域上中下游不同地区自然条件千差万别,经济社会发展差距明显,水资源集约节约利用程度各有不同,因此表现出了不同的“水—粮”协同水平空间响应。立足于上下游的差异性,实现全流域“水—粮”协同发展,要在“下游示范、上游保护、中游提质”上下功夫。在下游的山东、河南等“水—粮”协同状态良好的地区加快建设一批“水—粮”协同安全示范区,支持其在优化水资源配置、强化水资源刚性约束、高标准农田建设、推广水肥一体化和高效节水灌溉技术以及推进能源、化工、建材等高耗水产业节水增效等方面先行先试,引领带动沿黄其他省市“水—粮”协同可持续发展。在上游水资源丰富的地区,加强水源涵养能力建设,严格保护三江源地区“中华水塔”,统筹推进封育造林和天然植被恢复,扩大森林植被有效覆盖率,有效增加全流域水资源重要补给。积极开展轮作休耕和草

田轮作,大力发展有机农业,着力减少过度耕种、过度放牧、过度水资源开发利用等人为活动对上游生态系统的影响和破坏。中游地区是全流域“水—粮”协同发展的短板地区,目前仍然处于“水—粮”协同性较差的敏感状态,极易受到破坏和扰动,要以切实抓好水土流失综合治理为重点,加快发展高效旱作农业,优化发展林下经济和高附加值种植业,完善农业基础设施,有效降低农村居民恩格尔系数,进而缩小与上游、下游的差距,推动中游朝着良好、安全状态持续演进。

### 3.积极探索特色化水资源和粮食产业协同发展路径

针对不同省份“水—粮”协同发展障碍因子的区域异质性,要立足于各地实际,因地制宜,分区分类推进保护和治理,提高政策的针对性、有效性。对于上游青海、四川、甘肃、宁夏等河湖湿地资源丰富,水资源富集的地区,可以通过有效降低粮食流动成本、农村居民恩格尔系数,增加农村居民可支配收入,降低城乡收入差距等方式来促进“水—粮”产业协调性的提升;对于中游内蒙古、陕西、山西等水土流失严重的地区,要把中游地区所承担的粮食生产功能区、重要农产品生产保护区和绿色优质特色农畜产品优势区的重要功能放在首位,在统筹考虑水资源承载能力的前提下适度压减农业用水,有效控制工业用水,保障基本生活用水,提高生态用水需求。对于下游河南、山东等耕地资源和粮食生

产资源丰富的地区,把握“增粮不增水”导向,降低农村家庭的恩格尔系数,提升家庭在发展型消费上的支出占比,优化关键粮食生产能力布局,降低粮食流通成本,推进优质粮食生产和高标准农田建设,积极推广优质种植品种和现代耕作技术,提高粮食安全保障能力。

### 参考文献

- [1]彭俊杰.黄河流域“水—能源—粮食”相互作用关系及其优化路径[J].中州学刊,2021(8).
- [2]石涛.黄河流域生态保护与经济高质量发展耦合协调度及空间网络效应[J].区域经济评论,2020(3).
- [3]左其亭,杨振龙,曹宏斌,等.基于SMI-P方法的黄河流域水生态安全评价与分析[J].河南师范大学学报(自然科学版),2022(3).
- [4]王怡然,王雅晖,杨金霖,等.黄河流域森林生态安全等级评价与时空演变分析[J].生态学报,2022(6).
- [5]郭菊娥,邢公奇,何建武.黄河流域水资源价格与总产值变动的波及效应分析[J].技术经济与管理研究,2004(1).
- [6]周柯,张丽荣.黄河流域农业绿色发展与农业技术人才耦合协调分析[J].区域经济评论,2021(5).
- [7]屈小爽,徐文成.旅游业与生态环境协调及高质量发展:基于黄河流域研究[J].技术经济与管理研究,2021(10).
- [8]魏艳华,王丙参,朱琳.基于时空熵权TOPSIS评价法的经济高质量发展水平测度:以广东省为例[J].统计与决策,2023(8).
- [9]王彦杰,高启杰,杨瑞.我国数字经济发展水平测度及障碍因子诊断研究[J].现代管理科学,2022(3).

## Study on the Coordinated Development of Water Resources Utilization and Food Industry in the Yellow River Basin

Cai Sen Zheng Wenhui

**Abstract:** The Yellow River Basin is an important crop yield area in China, and water resources are the biggest constraint. On the occasion of the 5th anniversary of the national strategy of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin, it is of great significance to explore the coordinated development of water resources utilization and food industry. Based on provincial panel data of 9 sample areas in the Yellow River Basin from 2000 to 2021, a collaborative security evaluation index of water resources utilization and food industry is constructed based the entropy method and is used to calculate the spatial-temporal changes. It is found that the “water-food” collaborative security in the Yellow River Basin showed an upward trend, and the level of collaborative security has gradually shifted from a sensitive stage to the good stage. The overall “water-food” collaborative security in the basin is constantly evolving towards a sustainable and safe direction. In the future, we will comprehensively improve the water efficiency of the food industry, develop a national integrated demonstration zone for the coordinated development of water resources and food industry, and promote the safety and sustainability of “water-food” collaboration on the basis of the integrity of the entire river basin, the differences between upstream and downstream, and the particularity of each province.

**Key Words:** The Yellow River Basin; Water-Food System; Industrial Coordinated Development

(责任编辑:文 锐)