

中国粮食虚拟耕地资源国际贸易影响因素评价

曹冲^{1,2}, 谢文宝^{1,2}, 袁国军^{1,2*}

1. 皖西学院经济与管理学院, 六安 237012

2. 安徽省中药生态农业工程研究中心, 六安 237012

摘要 以中国与18个粮食贸易伙伴国2002—2020年跨国面板数据为样本,采用国际贸易理论和扩展的引力模型,对影响中国粮食虚拟耕地资源国际贸易因素进行实证检验。研究结果表明:农业劳动力资源禀赋、人口规模、人均收入绝对差异(不显著)、汇率、距离、WTO对中国粮食虚拟耕地资源国际贸易有促进影响,而农业用地资源禀赋、水资源禀赋、技术水平(不显著)、农业产业规模差距、经济发展水平差异、市场价格水平、“一带一路”倡议对虚拟耕地资源流动存在负面影响。最后,针对实证检验结果得出了政策启示。

关键词 粮食贸易;虚拟耕地资源;扩展的引力模型

耕地资源是粮食生产的基本要素,粮食是耕地资源密集型产品。生产粮食用地约占农作物播种面积的69.71%,事关国计民生,也是治国理政的头等大事。中国国务院第三次全国国土调查领导小组办公室、自然资源部、国家统计局于2021年8月25日公布的第三次全国国土调查主要数据公报显示,中国耕地资源面积为12786.19万hm²,相比2013年的13515.85万hm²,累计净减少729.66万hm²。虽然中国粮食产量连续7年保持在6.5万t以上,但是粮食还不能够完全自给,供需缺口仍达百

亿斤以上^[1-2],致使需求刚性增长与供给持续减少之间的矛盾愈演愈烈。利用“两种市场、两种资源”已经成为缓解国内耕地资源供求矛盾、保障粮食安全、维护生态平衡等方面的有效供给手段。由于耕地资源具有固有属性,不能够自由流动,需要借助于商品和服务贸易来实现,曹冲等^[3]将其称之为“虚拟耕地资源”,并认为其不是真正意义上的耕地资源;进一步而言,耕地资源是生产某种商品或服务时需要投入的实际耕地资源,或者说是作为一种

收稿日期:2022-06-05;修回日期:2022-10-20

基金项目:安徽省教育厅科学研究项目(2022AH51664);六安市社会科学创新发展研究课题(2022LSK40);皖西学院高层次人才科研启动资金项目(WGKQ2021076);2021年安徽省高校人文社会科学研究重点项目(SK2021A0531)

作者简介:曹冲,讲师,研究方向为农产品贸易,电子信箱:cao_chong19881201@126.com;袁国军(通信作者),教授,研究方向为应用统计,电子信箱:ygj1010@163.com

引用格式:曹冲,谢文宝,袁国军.中国粮食虚拟耕地资源国际贸易影响因素评价[J].科技导报,2023,41(6):127-137;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2023.06.013

生产要素隐含在真实商品或服务的耕地资源。以粮食贸易为载体的粮食虚拟耕地资源流动联结了“耕地—粮食—贸易”，为耕地资源短缺、分布失衡、粮食安全及环境保护等问题提供了新的解决思路。此外，中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动对国内耕地资源安全和平衡也有着十分重要的意义。中国加入WTO后，粮食进口量增长迅速，除大豆严重依赖进口外，大米、玉米和小麦的进口已经成为常态。中国粮食进口量由2002年的2432.29万t增加到2020年的24536.87万t，累计净增加22104.58万t，年均增长率为12.94%。由此可见，中国粮食贸易中引致的耕地资源的跨国界流动对于维持国内耕地资源的动态平衡和耕地资源安全具有重要的现实意义。因此，基于国际视角的中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动影响因素值得深入探讨。关于中国粮食贸易的相关文献多从资本、劳动、土地等传统要素分析，而专门针对粮食贸易中虚拟耕地资源流动的分析则相对较少。引致中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的因素有哪些？其发展和变化是否真正体现出来耕地资源的比较优势？基于此，本文结合中国国情，以国际贸易理论为指导，在拓展的引力模型框架下对影响中国粮食虚拟耕地资源国际贸易的因素进行深入考察，从而甄别出可用于政策依据的控制变量，为更好地利用国际耕地资源和有效实施虚拟耕地资源贸易战略提供参考。

虚拟耕地资源的内涵界定源于虚拟水的概念^[4]。罗贞礼^[5]提出了“虚拟土”和“虚拟土战略”新概念，主要是对商品和服务贸易中所隐含的资源进行量化，为粮食所需耕地资源提供借鉴，并被广泛关注和应用。由于虚拟土的概念使用范围过宽，会导致研究结果失准，成丽等^[6]和刘爱民等^[7]分别使用了“虚拟耕地和虚拟耕地资源”的概念。虚拟耕地资源含量的计算方法是虚拟耕地资源定量研究的基础，文献中主要有物质指标、生命周期评价、生态足迹以及投入产出分析的单一评价方法^[8-11]；也有实物维度和投入产出分析相结合的复合分析方法^[12-13]，还有从生产者、消费者、复种指数等多用途角度的分析方法^[14-16]。以上研究方法为本研究的虚拟耕地资源核算提供了可借鉴基础，由于本研究

将耕地资源作为一种经济资源加以考察，故从生产者和消费者用途角度来量化粮食贸易中虚拟耕地资源。现有虚拟耕地资源贸易相关研究主要集中于区域间虚拟耕地资源流量估算^[17-20]、虚拟耕地资源流动格局^[21-23]、虚拟耕地资源与农业经济增长^[24]以及虚拟耕地资源生态补偿^[25-26]等方面；而对虚拟耕地资源流动影响因素的分析多以定性分析为主^[27-29]。此外，曹冲^[30]认为影响虚拟耕地资源流动的因素包括社会、经济、政治、政策、自然、生态等6个维度；强文丽等^[31]从人口与经济发展、农业资源禀赋、地理距离、贸易协定等方面分析虚拟耕地资源流动；王琼^[32]则从贸易引力（经济规模和人口数量）、贸易阻力（贸易成本和汇率）和其他因素（价格、农业技术水平、要素禀赋和区域合作）等方面对虚拟耕地资源进口流动的影响因素进行探索。目前为止，从国际视角对中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响因素还未看到，尤其是从供给、需求和贸易成本3个方面对影响中国粮食虚拟耕地资源贸易影响因素的分析更是鲜有涉及，这也正是本研究所进行深入探讨的方面。

1 理论基础与研究假说

在实证分析过程中，引力模型常被用来分析国际贸易流动驱动因素的研究。引力模型可以从影响出口国供给潜力的因素、影响进口国需求潜力的因素和影响出口国和进口国二者之间的贸易成本因素3个方面来分析国际贸易流量的影响因素^[33]。本研究分别从供给、需求和贸易成本3个方面对影响中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的因素进行理论分析，并提出研究假说。

1.1 影响中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的供给因素

充足的要素禀赋是虚拟耕地资源输出的基本条件。在空间上不可移动的耕地资源可以通过农产品贸易来实现资源的配置，这与新古典贸易理论所认为的农产品贸易的重要驱动因素是要素禀赋差异的观点相吻合，并得到了众多学者的实证检验^[34]。虚拟耕地资源流动的载体是农产品贸易，因

此,有必要对影响农产品贸易的要素禀赋差异进行系统分析。由于生产要素的相对禀赋和积累状态直接决定了农业经济增长的变革模式和路径选择,且要素禀赋的差异性也会使得农业表现出不同的要素依赖和技术革新。所以,农业要素禀赋将会遵循由劳动要素丰裕向包含土地要素丰裕在内的水资源要素丰裕进而向技术要素丰裕转变升级。然而,粮食是劳动密集型和资源密集型产品,在粮食生产过程中需要土地、水、劳动力和技术等投入要素。借鉴已有文献,本研究将选取农业劳动力、土地、水资源和谷物单产面积指标对粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响进行实证检验。与此同时,新贸易理论认为规模经济是驱动农产品贸易的关键因素^[35]。在不完全竞争条件下,一国会因其需求而使得某一产业因具有规模经济而发展,从而在国际贸易市场上具有竞争力^[36]。事实上,规模经济是一个动态变化过程,尤其中国加入世界贸易组织以后,在国内经济与农业快速发展的推动下,农产品进出口总额逐渐增长,已成为世界上最大的农产品生产大国和消费大国。基于已有研究,本研究选取经济总体规模(国内生产总值)和农业产业规模(农业增加值在国内生产总值的比重)两个变量来对规模经济进行度量。此外,价格是农产品“供给响应”的重要因素,但依然存在两种截然不同的观点:一种认为粮农对价格的反应并非完全理性^[37-38];另一种认为粮农的生产行为是理性的^[39-40]。无论是土地密集型的产品还是劳动力密集型的产品,要素价格和市场价格都会影响到粮食生产,进而影响到粮食虚拟耕地资源流动。鉴于数据可得性,本研究选取消费者价格指数来作为价格度量指标,反映要素市场和商品市场的价格水平。

1.2 影响中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的需求因素

随着中国经济高质量发展的不断推进,社会对农产品的需求结构日益升级,尤其对于优质农产品的消费远超其生产能力。再加上,中国人口基数庞大且国家开放二胎、三胎生育政策,对于农产品的需求将会呈“扩量多元”和“提质升级”的发展趋势,而中国国内农产品的供求不平衡“洼地效应”也将

逐渐显现出来。其中,人口数量和人均GDP收入差异被用来表征一国或一地区的消费水平和消费相似习惯。经验表明,一国(地区)的人口数量越多,增长越快,会引起农产品的潜在需求增加,造成其耕地输出量减少和输入量的增加。但是,也有不同的观点,认为一国(地区)人口数量增加,使得国内产品分工不断深化,减少对国际贸易的依赖,进而会影响到耕地资源的输出量和输入量^[41]。但是,收入增加会导致社会对于食物消费结构的优化升级。当一国(地区)的收入水平不断增加时,消费者对于需求的产品品种和产品质量就会不断增加,进而提高对出口国产品品种和产品质量的要求,导致耕地资源输入质量的提高。已有研究提出,如果人均收入水平增加1倍,那么土地资源的需求将会增长1/3^[42]。除此之外,相互需求理论认为,一国(地区)和另一国(地区)的收入水平越接近,其生产的方式和消费的模式就越相似,进出口商品的结构就越趋同,两国之间潜在的贸易流量就越大。因此,从该理论出发,如果实证中验证出两国之间的人均收入水平差异系数为正且显著,则说明需求相似对于粮食贸易中虚拟耕地资源流动具有重大影响。

1.3 影响中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的成本因素

国际贸易理论认为,一国(地区)进行出口贸易时需要面临巨大的贸易成本^[43]。贸易成本的下降对于贸易增长的促进作用不容忽视^[44-45]。由于贸易成本包含内容较多,要想获取贸易成本的所有数据难度较大。基于以上分析,本研究拟考察汇率水平(度量金融因素)、地理距离(度量运输成本)、世界贸易组织和“一带一路”倡议对中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响。汇率水平表征一国货币的相对价格,其变动程度影响着一国进出口贸易规模和方向。汇率水平高,表示该种货币相比其他货币贬值,会使得本国商品相对于国外产品更具有竞争力,进而有助于提高本国产品的出口,减少进口;反之亦然。地理距离在一定程度上表征运输成本,成为阻碍贸易发展的因素之一。若两国之间的地理距离越远,运输风险越大,那么运输成本就越高,农产品贸易量就越小。但是,在全球一体化的

大背景下,运输成本出现了不断降低的新局面,地理距离是否仍是影响耕地资源跨区配置的主要因素还需进一步检验。加入世界贸易组织,通过削减各种关税和非关税壁垒,大大提高了贸易自由和市场准入程度,但是对各国产业的影响有增有减,其对中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响有待商榷。而“一带一路”倡议却可以从深层次关注贸易和经济一体化的规定制定,尤其是农产品贸易方面,双边和多边区域贸易协定统一和简化了技术性贸易壁垒和绿色壁垒等非关税壁垒措施,有助于推动区域内农产品贸易,对粮食贸易中虚拟耕地资源流动产生积极的影响。综合以上分析,本研究从逻辑上提出3点假说。

假说1:供给因素中农业资源禀赋差异会影响粮食贸易中虚拟耕地资源流动的规模和方向;国内规模经济的发展制约着粮食贸易中虚拟耕地资源流动;市场价格水平对粮食贸易中虚拟耕地资源的流动影响需进一步验证。

假说2:需求因素中的人口数量对于粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响尚待进一步验证;人均GDP收入差异会对粮食贸易中虚拟耕地资源流量产生正向影响。

假说3:贸易成本因素中地理距离和加入世界贸易组织对粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响有待进一步检验;汇率与粮食贸易中虚拟耕地资源流动应为正相关;“一带一路”倡议与粮食贸易中虚拟耕地资源流动应为正相关。

2 研究设计

2.1 模型设定

借鉴已有研究^[46-51],结合中国粮食贸易的实际情况,构建虚拟耕地资源流动的引力模型。本研究扩展的引力模型回归方程设定为:

$$\begin{aligned} \ln V_{ij} = & \beta_0 + \beta_1 \ln Labor_{ij} + \beta_2 \ln Land_{ij} + \\ & \beta_3 \ln Water_{ij} + \beta_4 \ln Yeld_{ij} + \beta_5 \ln Avalu_{ij} + \\ & \beta_6 \ln GDP_{ij} + \beta_7 \ln CPI_{ij} + \beta_8 \ln Pop_{ij} + \\ & \beta_9 \ln DG_{ij} + \beta_{10} \ln HL_{ij} + \beta_{11} \ln DIS_{ij} + \\ & \beta_{12} \ln WTO_{ij} + \beta_{13} \ln OBR_{ij} + \varepsilon_{ij} \end{aligned} \quad (1)$$

式中,被解释变量 $\ln V_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国

粮食贸易中虚拟耕地资源进口量,计算公式为 $Import_{ij}/Ye_{it}$ ($Import_{ij}$ 为在 t 年 i 国从 j 国进口粮食贸易量; Ye_{it} 为在 t 年 i 国粮食单位面积产量)。解释变量 $\ln Labor_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国农业劳动力的比值,计算公式为 $\ln Labor_{it}/\ln Labor_{jt}$, 表征两国农业劳动力的禀赋差异; $\ln Land_{ij}$ 、 $\ln Water_{ij}$ 分别为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国在农业用地和水资源的禀赋差异,计算方法同上; $\ln Yeld_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国谷物单位面积产量之比,表征两国技术水平之间的差异; $\ln Avalu_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国农业增加值占其国内生产总值的比重之比,代表农业在国民经济中的基础地位差异,表征农业产业规模差异; $\ln GDP_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国国内生产总值之比,表征经济规模差异; $\ln CPI_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国消费者价格指数之比,表征市场上价格水平的差异; $\ln Pop_{ij}$ 为在 t 年 i 国人口数量,表征该国的消费规模; $\ln DG_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国的人均 GDP 之差的绝对值差异,表征两国消费者之间的需求结构差异; $\ln HL_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国的汇率之比,表征币值水平; $\ln DIS_{ij}$ 为 i 国与贸易伙伴 j 国的首都间距离; $\ln WTO_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国是否同时加入 WTO 的虚拟变量; $\ln OBR_{ij}$ 为在 t 年 i 国与贸易伙伴 j 国是否同时加入一带一路的虚拟变量; ε_{ij} 为随机误差项。

2.2 数据来源及描述性统计

根据联合国商品贸易数据库数据统计显示,2002—2020年,中国粮食进口市场由30个国家增加到41个国家。其中,2020年是中国粮食进口市场最为广泛的一年。基于此,本研究以2020年为依据,最终选取18个贸易伙伴国作为实证研究的截面样本,且中国从这18个贸易伙伴国的粮食进口占比高达94.02%。这18个国家具体包括巴西、美国、阿根廷、加拿大、法国、乌拉圭、澳大利亚、缅甸、俄罗斯、越南、巴基斯坦、泰国、老挝、哈萨克斯坦、印度、日本、秘鲁、德国。本研究选择这18个国家作为中国粮食进口市场的研究对象,时间跨度为2002—2020年共19年,总样本为342个。研究中所涉及的粮食主要为大米(HS1006)、小麦(HS1001)、大豆(HS1201)和玉米(HS1005),这4种

粮食产品进出口量占中国粮食类进出口总量的90%以上,具有一定代表性。本研究所需数据主要来源于联合国商品贸易统计数据库(UN Comtrade)、联合国粮农组织(FAO)数据库、世界银行数据库、CEPII数据库及历年《中国农业年鉴》等。其中,个别年份数据缺失,则采用插值法进行估计;人口数据选取总体人口数,人均GDP和GDP均采用2000年不变价格进行折算。

在进入实证检验之前,本研究运用2002—2020年中国与18个主要粮食贸易伙伴国之间的数据,就变量之间的相关性等问题进行初步统计分析。表1给出了全部变量的相关性和描述性统计结果。可以看出,样本数据主要呈现以下4个特

征。(1)多数解释变量之间的相关性系数比较低,在一定程度上避免了多重共线性问题的存在,比较适合实证分析;(2)在面板数据中,每个时期在样本中的个体完全一样,属于平衡面板数据;(3)中国从18个主要粮食贸易伙伴国进口虚拟耕地资源的最小值为0,最大值为11.7563万 hm^2 ,标准差为0.06306万 hm^2 ,且最大值和最小值之间的差距较大,这表明中国粮食虚拟耕地资源进口具有很大不平衡性;(4)取对数后的劳动力禀赋差异、经济规模、需求结构差异、汇率的最大值和最小值之差均在5以上,且标准差均高于其他变量的标准差,这表明中国与18个主要粮食贸易国在以上这些变量具有相当大的不平衡性。

表1 变量的相关系数和描述性统计

变量	lnV	lnLabor	lnLand	lnWater	lnYield	lnAvale	lnGDP	lnPop	lnHL	lnCPI	lnDG	lnDIS	WTO	OBR
lnV	1.00	0.31***	-0.10**	-0.29***	-0.09*	0.07	-0.09*	0.28***	-0.17***	-0.32***	0.11**	0.45***	0.27***	0.07
lnLabor	0.31***	1.00	-0.07	-0.10**	-0.33***	0.78***	-0.62***	-0.03	-0.65***	-0.05	0.56***	0.56***	0.23***	-0.45***
lnLand	-0.10**	-0.07	1.00	-0.54***	-0.10**	0.03	0.06	-0.01	0.14***	0.08	0.06	-0.18***	-0.12**	-0.04
lnWater	-0.29***	-0.10**	-0.54***	1.00	-0.08	-0.07	-0.21***	0.01	0.14***	0.01	0.02	-0.45***	0.09*	0.04
lnYield	-0.09*	-0.33***	-0.10**	-0.08	1.00	-0.32***	0.29***	-0.03	0.17***	0.05	-0.37***	-0.18***	-0.36***	0.19***
lnAvale	0.07	0.78***	0.03	-0.07	-0.32***	1.00	-0.79***	-0.08	-0.64***	-0.02	0.66***	0.34***	0.13**	-0.41***
lnGDP	-0.09*	-0.62***	0.06	-0.21***	0.29***	-0.79***	1.00	0.17***	0.62***	-0.02	-0.54***	-0.20***	-0.25***	0.40***
lnPop	0.28***	-0.03	-0.01	0.01	-0.03	-0.08	0.17***	1.00	0.11**	-0.55***	0.15***	0.00	0.27***	0.56***
lnHL	-0.17***	-0.65***	0.14***	0.14***	0.17***	-0.64***	0.62***	0.11**	1.00	-0.11**	-0.40***	-0.70***	-0.38***	0.41***
lnCPI	-0.32***	-0.05	0.08	0.01	0.05	-0.02	-0.02	-0.55***	-0.11**	1.00	-0.12**	-0.10*	-0.30***	-0.50***
lnDG	0.11**	0.56***	0.06	0.02	-0.37***	0.66***	-0.54***	0.15***	-0.40***	-0.12**	1.00	0.12**	0.22***	-0.18***
lnDIS	0.45***	0.56***	-0.18***	-0.45***	-0.18***	0.34***	-0.20***	0.00	-0.70***	-0.10*	0.12**	1.00	0.29***	-0.21***
WTO	0.27***	0.23***	-0.12**	0.09*	-0.36***	0.13**	-0.25***	0.27***	-0.38***	-0.30***	0.22***	0.29***	1.00	0.15***
OBR	0.07	-0.45***	-0.04	0.04	0.19***	-0.41***	0.40***	0.56***	0.41***	-0.50***	-0.18***	-0.21***	0.15***	1.00
Mean	3.19	1.27	0.58	-1.36	0.42	0.57	2.55	2.60	1.16	0.01	8.75	8.76	0.89	0.23
Std. Dev.	2.96	1.52	0.73	1.47	0.48	1.14	1.99	0.03	2.99	0.22	1.50	0.75	0.32	0.42
Min	0.00	-0.91	-0.43	-3.72	-0.43	-1.45	-2.01	2.55	-2.43	-0.68	4.47	7.65	0.00	0.00
Max	9.37	6.16	2.17	2.03	1.93	2.77	6.77	2.65	8.16	1.04	11.03	9.87	1.00	1.00

注:“*、**、***”分别表示在10%、5%、1%的水平上显著。

3 结果与分析

3.1 面板单位根检验

在已有的文献中,关于时间序列平稳性的零假设设有两类。一类是时间序列是单位根过程,这时的假设检验被称为单位根检验。例如,ADF检验、PP检验和GF-GLS检验等。另一类是时间序列是平

稳过程,推断该零假设的常用检验是KPSS检验。由于面板数据中包含多个时间序列,非平稳性检验的假设也多于两种类型,这就使得面板单位根检验比时间序列单位根检验更复杂。常用的面板数据单位根检验又分为同质面板数据单位根检验和异质性面板数据单位根检验。由于本研究中使用的面板数据是平衡面板,故使用同质面板单位根检

验。在对模型中所涉及到的变量进行同质面板单位根检验时,分别采用LLC检验、HT检验、Breitung检验和Hadri检验推断变量面板数据的平稳性,面板单位根检验结果见表2所示。

很显然,在5%的显著性水平,除了 $\ln DIS_{ijt}$ 外,LLC检验和Breitung检验拒绝所有个体时间序列为

单位根过程的零假设;HT检验是拒绝了所有个体时间序列均为单位根过程的零假设,并且面板数据平稳性Hadri检验也拒绝了所有个体时间序列均为单位根过程的零假设。因此,在2002—2020年,中国与18个粮食贸易伙伴国的相关变量系列是平稳的。

表2 变量的单位根检验结果

变量	LLC	HT	Breitung	Hadri
$\ln V_{ijt}$	-3.1557*** (0.0008)	0.4883*** (0.0015)	-1.8188** (0.0345)	8.8270*** (0.0000)
$\ln Labor_{ijt}$	-3.0524*** (0.0011)	0.1419*** (0.0000)	-1.6714** (0.0473)	27.2084*** (0.0000)
$\ln Land_{ijt}$	-4.4053*** (0.0000)	0.1199*** (0.0000)	-2.0306** (0.0211)	17.6987*** (0.0000)
$\ln Water_{ijt}$	-5.6431*** (0.0000)	0.2159*** (0.0000)	-3.6913*** (0.0001)	3.6632*** (0.0001)
$\ln Yield_{ijt}$	-4.4613*** (0.0000)	-0.1349*** (0.0000)	-6.5091*** (0.0000)	1.2972* (0.0973)
$\ln Avale_{ijt}$	-3.6939*** (0.0001)	0.4027*** (0.0000)	-2.2186** (0.0133)	32.5763*** (0.0000)
$\ln GDP_{ijt}$	-5.0854*** (0.0000)	0.3339*** (0.0000)	-3.9328*** (0.0000)	23.3995*** (0.0000)
$\ln Pop_{ijt}$	-6.8181*** (0.0000)	0.5214** (0.0699)	-3.2446*** (0.0006)	5.6364*** (0.0000)
$\ln HL_{ijt}$	-2.0505** (0.0202)	-0.4573*** (0.0000)	-5.3859*** (0.0000)	2.5001*** (0.0062)
$\ln CPI_{ijt}$	-6.5386*** (0.0000)	0.2407*** (0.0000)	-4.5562*** (0.0000)	13.6363*** (0.0000)
$\ln DG_{ijt}$	-4.2262*** (0.0000)	-0.0260*** (0.0000)	-2.8948*** (0.0019)	23.3575*** (0.0000)
$\ln DIS_{ijt}$	—	0.0000*** (0.0000)	—	580.7059*** (0.0000)

注:(1) *、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著;(2) 括号内表示估计量的P值;(3) 检验方法均包括时间趋势。

3.2 面板模型回归结果分析

面板数据模型主要有混合效应模型、随机效应模型和固定效应模型。由于修正的引力模型扩展形式中包含地理距离这一变量,故不能使用固定效应模型^[52]。而从经济理论角度看,随机效应模型又比较少见,经过不断尝试,最后选取混合效应模型估计和分析中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响因素。

对公式(1)进行回归的结果如表3所示。为了验证各变量估计结果的稳健性,模型(1)只考虑了要素禀赋差异指标;模型(2)在模型(1)的基础上加入了技术进步指标;模型(3)在模型(2)的基础上又加入了规模经济指标;模型(4)则加入了全部指标。模型(1)~(3)的结果表明,在国际贸易理论中,驱动贸易的因素(要素禀赋差异、技术水平和规模经济)同样影响着中国粮食虚拟耕地资源贸易。此外,模型(4)是在修正的引力模型框架下综合考虑供给因素、需求因素和贸易成本因素后的回归结

果。可看出,模型(1)~(4)的解释程度不断提高。为了进一步分析各因素对中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的影响,对变量回归系数进行阐述。

1) 中国粮食虚拟耕地资源流动与资源禀赋差异之间的关系具有不确定性,即资源禀赋差异决定了粮食贸易中虚拟耕地资源流动的规模和方向,验证了假说1。一是中国粮食虚拟耕地资源流动与农业劳动力资源禀赋差异呈现正相关。 $\ln V_{ijt}$ 与 $\ln Labor_{ijt}$ 的弹性系数为0.77839,在1%的水平上显著,这说明农业劳动力资源禀赋差异在短期中对粮食贸易中虚拟耕地资源流动具有促进作用。二是中国粮食虚拟耕地资源流动与农业用地资源禀赋差异呈现负相关。 $\ln V_{ijt}$ 与 $\ln Labor_{ijt}$ 的弹性系数为-1.35409,在1%的水平上显著。该结果表明,在农业用地资源方面,对粮食贸易中虚拟耕地资源进口起到制约作用,造成该结果的原因可能在于中国藏粮战略的重心逐渐由供需关系层面转向复杂形势下的综合生产能力,不断通过实行最严格的耕地保

表3 修正的引力模型扩展形式的估计结果

	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
$\ln Labor_{ijt}$	0.47697*** (0.084)	0.40550*** (0.087)	0.93536*** (0.108)	0.77839*** (0.182)
$\ln Land_{ijt}$	-1.35206*** (0.188)	-1.45869*** (0.208)	-1.43463*** (0.202)	-1.35409*** (0.249)
$\ln Water_{ijt}$	-0.89525*** (0.121)	-0.94619*** (0.132)	-1.14882*** (0.132)	-1.14029*** (0.153)
$\ln Yield_{ijt}$	—	-0.59405* (0.312)	-0.72938** (0.300)	-0.05846 (0.291)
$\ln Avale_{ijt}$	—	—	-1.79347*** (0.213)	-1.61029*** (0.254)
$\ln GDP_{ijt}$	—	—	-0.59935*** (0.126)	-0.87363*** (0.137)
$\ln Pop_{it}$	—	—	—	24.47042*** (5.342)
$\ln HL_{ijt}$	—	—	—	0.37272*** (0.078)
$\ln CPI_{ijt}$	—	—	—	-1.23795* (0.698)
$\ln DG_{ijt}$	—	—	—	0.08313 (0.125)
$\ln DIS_{ijt}$	—	—	—	0.81994** (0.382)
WTO_{ijt}	—	—	—	1.03644** (0.487)
OBR_{ijt}	—	—	—	-0.48822 (0.483)
_cons	2.15190*** (0.214)	2.48213*** (0.287)	4.13294*** (0.512)	-68.16074*** (13.845)
R^2	0.24383	0.25132	0.35578	0.49853
F	39.32340	29.77938	58.80206	37.13209
N	342	342	342	342

注: *、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著。

护制度和加强对耕地资源的宏观管理等措施,全面保证了粮食作物的播种面积。三是中国粮食虚拟耕地资源流动与水资源禀赋差异呈现负相关。 $\ln V_{ijt}$ 与 $\ln Labor_{ijt}$ 的弹性系数为-1.14029,在1%的水平上显著。该结果同样表明在水资源方面,对粮食虚拟耕地资源进口起约束作用。可能的原因一方面在于价格工具在改善居民膳食结构与降低食物生产用水压力两个方面发挥着重要作用;另一方面技术进步和技术效率的增长使水资源利用效率改善。

2) 中国粮食虚拟耕地资源流动与技术水平差异呈负相关,这与新古典经济增长假说相一致。 $\ln V_{ijt}$ 与 $\ln Yield_{ijt}$ 的弹性系数为-0.05846,在10%的水平上不显著,但是与模型(2)和模型(3)的方向一致,说明其具有稳健性。虽然该指标在综合框架下不显著,但是依然能够证明古典贸易理论和新增长理论关于技术进步是驱动贸易的结论。技术进步在增加粮食供给的同时,推动了虚拟耕地资源出口的增加,减少了虚拟耕地资源进口,这与理论预期相一致。由此可见,技术进步也是粮食虚拟耕地资源贸易的重要驱动力。

3) 中国粮食虚拟耕地资源流动与规模经济呈

负相关。 $\ln V_{ijt}$ 与 $\ln Avale_{ijt}$ 的弹性系数为-1.61029,在1%的水平上显著,反映出即使中国的农业经济已经具备了一定程度的规模效应,但是相比国外农业规模经济而言,不足效应仍十分明显。 $\ln V_{ijt}$ 与 $\ln GDP_{ijt}$ 呈现负相关(相关系数为-0.87363),在1%的水平上显著,这是由于中国实施创新驱动战略和扩大内需战略的使然,使经济发展更多的依靠内需,特别是消费需求的拉动,而农业部门(粮食虚拟耕地资源贸易)对经济增长的拉动作用更多地被其他非农业部门所替代,致使粮食虚拟耕地资源流动与经济总体规模呈现负相关。由此可见,规模经济具有显著的产业差别效应,不能一概而论。

4) 中国粮食虚拟耕地资源流动与市场价格水平呈负相关。 $\ln V_{ijt}$ 与 $\ln CPI_{ijt}$ 的弹性系数为-1.23795,在10%的水平上显著,表明当市场价格水平每提高1%,更多的粮食会在国内进行交换,将会导致国内粮食虚拟耕地资源进口减少1.24%,验证了市场价格水平对于粮食贸易中虚拟耕地资源流动的负向影响。

5) 中国粮食虚拟耕地资源流动与需求因素呈正相关。一方面, $\ln V_{ijt}$ 和 $\ln Pop_{ijt}$ 的弹性系数为

24.47042, 在 1% 水平上显著, 表明人口规模的扩大对粮食贸易具有促进作用, 进而引致虚拟耕地资源进口数量的提高, 这主要是因为人口规模的增长既能增加消费需求, 又能推动供给增长, 这与常规经验相符, 进一步证实了人口数量对于粮食贸易中虚拟耕地资源流动的正向影响。另一方面, $\ln V_{ijt}$ 和 $\ln DG_{ijt}$ 的弹性系数为 0.08313, 在 10% 的水平上不显著, 这是由于粮食消费的基础性和特殊性, 会随着收入水平的提高其消费增长增速会放缓, 因此在模型中未能显著。但是其在方向上依然符合林德定理, 即人均收入相似的国家所拥有的消费习惯比较相似, 那么国与国之间就会产生相似却有差异性的产品进行交易。由此可见, 当中国的人均收入水平与粮食贸易伙伴国的差异越小时, 粮食需求差异也越小, 那么粮食贸易就越大, 虚拟耕地资源流动就越大。

6) 中国粮食虚拟耕地资源流动与多数贸易成本因素呈正相关。 $\ln HL_{ijt}$ 的回归系数为 0.37272, 通过 1% 的显著性水平检验, 显示人民币兑粮食贸易伙伴国币值的汇率每提升 1%, 中国粮食虚拟耕地资源进口则增加 0.37%, 这与假说 3 相符。这说明, 汇率升高可以兑换更多的粮食贸易伙伴国币值, 那么人民币就会升值, 有利于虚拟耕地资源进口; 反之, 则有利于虚拟耕地资源出口。但是, 汇率的回归系数相比其他变量则显得微不足道, 这也进一步说明了汇率的变化对于粮食虚拟耕地资源进口有微弱的正向影响, 不是影响中国与粮食贸易伙伴国虚拟耕地资源进口的关键因素。地理距离的回归系数为 0.81994, 在 5% 的显著性水平通过检验, 验证了地理距离不再是阻碍贸易发展的因素。这可能是因为随着全球经济一体化的发展, 运输成本的不断下降, 为贸易发展提供了可能性, 而粮食产品的附加价值比较低, 多以陆运和海运为主, 且粮食具有显著的自然资源禀赋和刚性需求特征, 可替代性较低。即使中国粮食进口主要集中在美洲地区, 但因其虚拟耕地资源进口量大且集中, 贸易距离依然会存在。 WTO_{ijt} 的回归系数为 1.03644, 在 5% 的水平上通过了显著性检验, 说明中国与粮食贸易伙伴国加入 WTO 则扩大了虚拟耕地资源的贸易量,

这是各国遵守 WTO 的市场准入准则和扩大本国市场开发等综合措施所带来的使然, 也进一步得到了验证。 OBR_{ijt} 的回归系数为 -0.48822, 未能通过 10% 的显著性水平检验, 这与假说 3 相违背, 可能的原因在于中国与主要粮食贸易国之间在宏观经济制度、文化制度和法律制度等方面存在较大差异, 这不利于双边贸易的发展, 即中国与主要粮食贸易国之间的虚拟耕地资源进口会受到双方制度距离的制约。

4 结论

基于 2002—2020 年中国与 18 个粮食贸易伙伴国的跨国面板数据, 在中国粮食贸易中虚拟耕地资源流动的引力模型框架下, 对影响中国粮食虚拟耕地资源国际贸易的因素进行实证检验, 得出以下研究结论。一是在供给因素中, 中国粮食虚拟耕地资源贸易符合要素禀赋资源优势, 并按照比较优势原则进行配置; 技术进步依然是驱动国际贸易的关键指标, 即本国粮食技术水平的提高则不利于虚拟耕地资源的输入; 粮食生产具有一定的规模经济效益, 相比国外而言仍显不足, 且农业部门对于中国经济规模的拉动更多地被非农业部门所代替; 价格水平对中国粮食虚拟耕地资源贸易起着显著的负向效应。二是在需求因素中, 中国人口规模的扩大对中国粮食虚拟耕地资源贸易起着显著的正向影响效应, 而中国与贸易伙伴国人均 GDP 的差异绝对值起着不显著的正向影响。三是在贸易成本因素中, 对中国粮食虚拟耕地资源贸易起着促进作用的有汇率、距离和 WTO; 而对其起着阻碍作用的有“一带一路”倡议。

基于上述结论, 得出以下政策启示。一是, 从粮农生产特性出发, 强调突破传统“农业人口—土地和水资源压力”下的“内卷化陷阱”, 向提高以劳动生产率和技术要素丰裕升级的现代农业发展方式转变; 从农业规模经济着手, 不断拓展粮食规模经营, 提高粮食服务规模化水平, 增加粮农价值体现。二是, 需求端的转型升级要求粮食安全必须立足国内大循环, 畅通国内外粮食市场资源双循环,

这就需要以更加开放的姿态主动参与粮食国际化,在保障粮食安全的前提下,利用好国际国内“两种资源和两个市场”,推动粮企“走出去”和“引进来”,不断提高粮食国际市场话语,实现国内、国际双循环。三是,在制定粮食贸易政策时,试点实施虚拟耕地资源贸易战略,同时需兼顾货币政策的灵活性;建立“一带一路”沿线国家粮食供应链,稳固源头供应、提高运输效率,推进粮食贸易一体化发展;积极与相关国家、地区和国际组织进行沟通交流,参与全球粮食安全治理和机制改革,共建粮食安全共同体,促进粮食贸易规则的一体化和公平化,推动粮食贸易形成稳定发展的新秩序。

参考文献(References)

- [1] Fukase E, Martin W. Who will feed China in the 21st Century? Income growth and food demand and supply in China[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2016, 67(1): 3-23.
- [2] 陈锡文. 落实发展新理念 破解农业新难题[J]. *农业经济问题*, 2016, 37(3): 4-10.
- [3] 曹冲, 陈俭, 夏咏. 中国主要农产品贸易中隐含的虚拟耕地资源“尾效”研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(2): 72-78.
- [4] Allan J A. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible [C]//Priorities for water resources allocation and management. London: ODA, 1993: 13-26.
- [5] 罗贞礼, 龙爱华, 黄璜, 等. 虚拟土战略与土地资源可持续利用的社会化管理[J]. *冰川冻土*, 2004(5): 624-631.
- [6] 成丽, 方天堃, 潘春玲. 中国粮食贸易中虚拟耕地贸易的估算[J]. *中国农村经济*, 2008(6): 25-31.
- [7] 刘爱民, 薛莉, 成升魁, 等. 我国大宗农产品贸易格局及对外依存度研究——基于虚拟耕地资源的分析和评价[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(6): 915-926.
- [8] Gerbens-Leenes P W, Nonhebel S, Cleveland C J. Consumption patterns and their effects on land required for food[J]. *Ecological Economics*, 2002, 42(1): 185-199.
- [9] Goedkoop M, Hofstetter P, Ruedi Müller-Wenk, et al. The ECO-indicator 98 explained[J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1998, 3(6): 352-360.
- [10] Wackernagel M, Silverstein J. Big things first: Focusing on the scale imperative with the ecological footprint[J]. *Ecological Economics*, 2000, 32: 391-394.
- [11] Bringezu S, Schütz H, Moll S. Rationale for and interpretation of economy-wide materials flow analysis and derived indicators[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2010, 7(2): 43-64.
- [12] Ali T, Huang J, Wang J, et al. Global footprints of water and land resources through China's food trade[J]. *Global Food Security*, 2017, 12: 139-145.
- [13] Han M, Chen G. Global arable land transfers embodied in Mainland China's foreign trade[J]. *Land Use Policy*, 2018, 70: 521-534.
- [14] 严志强, 颜章雄, 胡宝清, 等. 虚拟土地、虚拟土地战略与区域土地资源优化配置管理的理论探讨[J]. *广西社会科学*, 2007(10): 70-74.
- [15] 闫丽珍, 石敏俊, 闵庆文, 等. 中国玉米区际贸易与区域水土资源平衡[J]. *资源科学*, 2008(7): 1032-1038.
- [16] 强文丽, 刘爱民, 成升魁, 等. 中国农产品贸易的虚拟土地资源量化研究[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(8): 1289-1297.
- [17] 钱龙, 饶清玲, 曹宝明, 等. 中国与“一带一路”沿线国家的粮食贸易及其虚拟水土资源估算[J]. *农业现代化研究*, 2021, 42(3): 430-440.
- [18] 孙致陆, 贾小玲, 李先德. 中国与“一带一路”沿线国家粮食贸易演变趋势及其虚拟耕地资源流量估算[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2019(1): 24-32.
- [19] 孙才志, 汤玮佳, 邹玮. 中国粮食贸易中的虚拟资源生态要素估算及效应分析[J]. *资源科学*, 2012, 34(3): 589-597.
- [20] 马博虎, 张宝文. 中国粮食对外贸易中虚拟耕地贸易量的估算与贡献分析——基于1978—2008年中国粮食对外贸易数据的实证分析[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2010, 38(6): 115-119.
- [21] 梁流涛, 唐林昊, 李士超, 等. 基于生态网络架构的虚拟耕地流动格局及其稳定性评价[J]. *经济地理*, 2020, 40(1): 140-149.
- [22] 黄雨, 田明华, 隋明华. 中国农畜产品虚拟耕地流动趋势及发展战略[J]. *当代经济研究*, 2017(6): 90-96.
- [23] 贲培琪, 吴绍华, 李啸天, 等. 中国省际粮食贸易及其虚拟耕地流动模拟[J]. *地理研究*, 2016, 35(8): 1447-1456.
- [24] 曹冲, 陈俭, 丁晨晨, 等. 长江中下游地区农业经济增长中隐含虚拟耕地资源“尾效”对比研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(3): 20-26.
- [25] 樊鹏飞, 梁流涛, 许明军, 等. 基于虚拟耕地流动视角的省际耕地生态补偿研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(1): 91-101.

- [26] 梁流涛, 祝孔超. 区际农业生态补偿: 区域划分与补偿标准核算——基于虚拟耕地流动视角的考察[J]. 地理研究, 2019, 38(8): 1932-1948.
- [27] Meyfroidt P, Lambin E F, Erb K H, et al. Globalization of land use: Distant drivers of land change and geographic displacement of land use[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5): 438-444.
- [28] Taherzadeh O, Caro D. Drivers of water and land use embodied in international soybean trade[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 223: 83-93.
- [29] Qiang W L, Niu S W, Liu A M, et al. Trends in global virtual land trade in relation to agricultural products[J]. *Land Use Policy*, 2020(92): 104439.
- [30] 曹冲. 我国主要农产品贸易中虚拟耕地资源流的驱动因素研究[J]. 西部经济理论论坛, 2021, 32(5): 12-22.
- [31] 强文丽, 张翠玲, 刘爱民, 等. 全球农产品贸易的虚拟耕地资源流动演变及影响因素[J]. 资源科学, 2020, 42(9): 1704-1714.
- [32] 王琼. 中国粮食虚拟耕地进口的测度及其影响因素——基于大豆、玉米、小麦和大米的分析[J]. 财经理论与实践, 2018, 39(3): 134-139.
- [33] Linnemann H. An econometric study of international trade flows[J]. *Canadian Journal of Economics & Political Science/revue Canadienne De Economiques Et Science Politique*, 1966, 33(1): 633-634.
- [34] Leontief W. Domestic production and foreign trade[J]. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1953, 97(4): 332-349.
- [35] Krugman P R. Is free trade passé?[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1987, 1(2): 131-144.
- [36] Kandogan Y. Intra-industry trade of transition Countries: Trends and determinants[J]. *SSRN Electronic Journal*, 2003, 4(3): 273-286.
- [37] Lipion M. The theory of the optimising peasant[J]. *The Journal of Development Studies*, 1968, 4(3): 327-351.
- [38] Schluter M G G, Mount T D. Some management objectives of the peasant farmer: An analysis of risk aversion in the choice of cropping pattern, Surat district, India[J]. *The Journal of Development Studies*, 1976, 12(3): 246-261.
- [39] Hopper W D. Allocation efficiency in a traditional Indian agriculture[J]. *Journal of Farm Economics*, 1965, 47(3): 611-624.
- [40] 陆文聪, 叶建. 粮食政策市场化改革与浙江农作物生产反应: 价格、风险和定购[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2004(3): 6-12.
- [41] 谢国娥, 张亮, 杨逢珉. 中国与TPP成员国农产品贸易关系及其影响因素研究[J]. 华东理工大学学报(社会科学版), 2016, 31(6): 44-55.
- [42] Weinzettel J, Hertwich E G, Peters G P, et al. Affluence drives the global displacement of land use[J]. *Global Environmental Change*, 2013, 23(2): 433-438.
- [43] Wagner B J. Export entry and exit by German firms[J]. *Review of World Economics*, 2001, 137(1): 105-123.
- [44] Baier S L, Bergstrand J H. The growth of world trade: Tariffs, transport costs, and income similarity[J]. *Journal of International Economics*, 2001, 53(1): 1-27.
- [45] Novy D. Gravity redux: Measuring international trade costs with panel data[J]. *Economic Inquiry*, 2012, 51(1): 101-121.
- [46] Tinbergen J. *Shaping the World Economy: Suggestion for an international economic policy*[M]. New York: The Twentieth Century Fund, 1962.
- [47] Poyhonen P. A tentative model for the flows of trade between countries[J]. *Weltwirts Chaftliches Archiv*, 1963, 90(1): 93-99.
- [48] 刘红梅, 李国军, 王克强. 中国农业虚拟水国际贸易影响因素研究——基于引力模型的分析[J]. 管理世界, 2010(9): 76-87.
- [49] 林僖. 区域服务贸易协定对服务出口的影响: 机制与效应[J]. 世界经济, 2021, 44(6): 50-71.
- [50] 曹冲. “一带一路”倡议下中国与中亚五国基础设施的贸易效应研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2021, 42(3): 36-45.
- [51] 施炳展, 张瑞恩. 中国省际贸易潜力估算——基于国内贸易与国际贸易对比的视角[J]. 国际贸易问题, 2021(12): 49-65.
- [52] 范兆斌, 张若晗. 国际移民网络与贸易二元边际: 来自中国的证据[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报), 2016(5): 5-16.

Study on the influencing factors of international trade of grain virtual cultivated land resources in China

CAO Chong^{1,2}, XIE Wenbao^{1,2}, YUAN Guojun^{1,2*}

1. School of Economics and Management, West Anhui University, Liu'an 237012, China

2. Anhui Engineering Research Center for Eco-agriculture of Traditional Chinese Medicine, Liu'an 237012, China

Abstract Based on the cross-border panel data of China and 18 grain trading partner countries from 2002 to 2020, the factors affecting the international trade of grain virtual cultivated land resources in China were empirically tested using international trade theory and extended gravity model. The results show that agricultural labor resource endowment, population size, absolute difference of per capita income (not significant), exchange rate, distance and WTO have promoting effects on international trade of grain virtual cultivated land resources in China. However, agricultural land resource endowment, water resource endowment, technical level (not significant), agricultural industry scale gap, economic development level difference, market price level and "Belt and Road" initiative have negative effects on the flow of virtual cultivated land resource. Finally, the empirical test results provide the policy implications.

Keywords grain trade; virtual cultivated land resources; extended gravity model ●



(责任编辑 卫夏雯)