

中国和“一带一路”沿线国家农产品 虚拟水贸易的驱动因素

孙才志^{1,2}, 王中慧²

(1. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029;

2. 辽宁师范大学城市与环境学院, 辽宁 大连 116029)

摘要:基于虚拟水贸易的理论,分析 2007—2016 中国和“一带一路”沿线国家农产品虚拟水贸易现状,并利用拓展的引力模型对中国和“一带一路”沿线国家农产品虚拟水贸易的影响因素进行分析。结果表明,2007—2016 年中国和“一带一路”沿线国家农产品虚拟水贸易为逆差,年均净进口量约为 117.89 亿 m³。从影响中国和“一带一路”沿线国家农产品虚拟水贸易的因素来看,基础设施建设、汇率水平、加入世贸组织和区域一体化进程是最为显著的正向驱动因素,地理距离和关税水平是最重要的逆向驱动因素,我国在农业劳动力资源方面具有正向优势。

关键词:虚拟水贸易;农产品;驱动因素;中国;“一带一路”沿线国家

中图分类号:F407.9

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2020)01-0001-07

中国作为一个发展中国家,由于其庞大的人口基数,水资源消耗的总量十分巨大,而其中农业生产消耗的水资源占比最大,约为 70%^[1]。未来随着经济的发展、人口的增长、生活方式的变化和家庭消费的增加,还会加剧水资源的供需矛盾^[2],需要在农业生产、粮食安全、水安全之间寻求一个共赢的解决方案^[3]。虚拟水的概念为粮食安全和水安全提供了有效的工具^[4-5],虚拟水是从生产的角度来估算产品和服务中水的含量,当农产品进行贸易时,隐含在农产品中的水资源也发生转移,即产生了农产品虚拟水贸易^[6]。农产品贸易的高度自由化和全球化增强了全球的粮食安全和水安全^[7-8]。由于中国和“一带一路”沿线国家(以下简称:沿线国家)之间拥有巨大的农产品贸易潜力^[9-10],因此“一带一路”倡议的提出,将更有助于促进中国和沿线国家在农产品贸易上的合作,有效地保障中国和沿线国家之间的粮食安全和水安全。

虚拟水贸易主要是通过农产品贸易的方式来保障粮食安全和水安全,近年来国内外学者进行了大量关于农产品虚拟水贸易问题的研究^[11-15]。Chapagain 等^[16]最早测算了 1995—1999 年全球的虚拟水

贸易量,其中农产品虚拟水贸易占到 67%,可见农产品贸易会引起大量的水资源的流动;国外学者们对地中海地区^[17]、尼罗河流域^[18]、西班牙等^[19]流域和国家的农产品虚拟水贸易进行了研究,表明了农产品虚拟水贸易的实施会缓解这些流域、国家和地区的水资源危机。国内学者朱启荣等^[20]研究表明,通过增加我国主要农产品贸易的虚拟水净输入量,可以有效地降低国内水资源的消耗。秦丽杰等^[21]和马超等^[22]认为,通过农产品虚拟水贸易可以极大地减轻和缓解国内对于水资源需求的压力,对于保障国家的粮食安全具有重要的意义。上述研究都表明了农产品虚拟水贸易对于国家、地区、流域的粮食和水资源安全的重要作用。农产品虚拟水贸易驱动着水资源要素的跨区域转移,农产品虚拟水贸易的流动经常会不遵循由富水国向贫水国的流动规律,所以我们要考虑水资源禀赋以外的其他因素对农产品虚拟水贸易的影响^[23]。Jorger 等^[24]研究表明,农业价格政策和国家间的贸易会影响农产品虚拟水贸易;OKI 等^[25]研究了社会、文化和环境等因素对农产品虚拟水贸易产生的影响;孙才志等^[26-27]分析了我国主要农产品虚拟水的流动格局

基金项目:国家社会科学基金(16AJY009)

作者简介:孙才志(1970—),男,教授,主要从事水资源经济与海洋经济地理研究。E-mail: suncaizhi@lnnu.edu.cn

的驱动因素及其对区域的资源、生态、经济的影响;韩宇平等^[28]研究了区域虚拟水的流动特征及影响因素,有助于缓解区域的水资源短缺;徐欣等^[29]以中国粮食虚拟水为研究对象,从结构、粮食产量、经济发展和人口规模4个重点驱动效应方面进行研究;刘红梅等^[30]利用引力模型从进口国需求、出口国潜力和贸易成本3个方面来分析影响中国农业虚拟水贸易的因素;何艳梅^[31]认为全球贸易,国际农产品市场的体制和价格、支付水平、交通成本会影响全球的农产品虚拟水贸易。

随着“一带一路”倡议的推进,国内学者开始利用贸易引力模型去研究影响中国和沿线国家农产品贸易的因素^[32-33],但对于影响农产品虚拟水贸易因素的研究还较少,前者为本文提供了重要的研究基础和方法指引。笔者利用2007—2016年中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易数据,研究中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易现状,利用拓展引力模型,分析影响中国和沿线国家之间农产品虚拟水贸易的正向因素和负向因素,甄别出最为显著的正向驱动因素和逆向驱动因素,为中国和沿线国家的水资源管理提供决策依据,更好地为中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易服务,保障国家间的粮食安全和水安全。

1 研究区概况、研究方法和数据来源

1.1 研究区概况

对于沿线国家的分类主要是依据公丕萍等^[34]和邹嘉龄等^[35]的分类,分为中亚(5国)、蒙俄、东南亚(11国)、南亚(8国)、中东欧(19国)六大区域,主要有64个国家,如表1所示。

表1 沿线主要国家

六大区域	主要国家
中亚	吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、哈萨克斯坦
蒙俄	蒙古、俄罗斯
东南亚	新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾、缅甸、东帝汶、越南、柬埔寨、老挝、泰国、马来西亚
南亚	尼泊尔、不丹、斯里兰卡、马尔代夫、印度、巴基斯坦、孟加拉国、阿富汗
中东欧	保加利亚、塞尔维亚、黑山、马其顿、波黑、阿尔巴尼亚、爱沙尼亚、立陶宛、拉脱维亚、乌克兰、白俄罗斯、摩尔多瓦、波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、斯洛文尼亚、克罗地亚、罗马尼亚
西亚和中东	巴林、科威特、黎巴嫩、阿曼、也门、约旦、以色列、巴勒斯坦、亚美尼亚、格鲁吉亚、阿塞拜疆、埃及、土耳其、伊朗、叙利亚、伊拉克、阿拉伯联合酋长国、沙特阿拉伯、卡塔尔

1.2 研究方法

1.2.1 农产品虚拟水贸易量

a. 农产品虚拟水量为

$$V_{ijc} = T_{ijc} F_{ic} \quad (1)$$

式中: V_{ijc} 为出口国*i*到进口国*j*农产品*c*的虚拟水流动量, m^3/a ; T_{ijc} 为出口国*i*进口国*j*的农产品*c*的贸易量, t/a ; F_{ic} 为出口国*i*的农产品*c*的水足迹, m^3/t ,主要指的是出口国家所生产农产品所需要的虚拟水量。

b. 农产品贸易中的虚拟水流动量的平衡。一个国家农产品虚拟水出口总量 S_i 和虚拟水的进口总量 S_j 为

$$S_i = \sum_c V_{ict} \quad (2)$$

$$S_j = \sum_c V_{jct} \quad (3)$$

虚拟水流动量的平衡可以表示为

$$S_n = S_j - S_i \quad (4)$$

式中: V_{ict} 、 V_{jct} 分别为商品*c*在*t*年国际贸易中的进、出口虚拟水交易量, m^3/a ; S_n 为一国家在*t*年的虚拟水净进口量, m^3/a ,其值的正负代表一个国家虚拟水的净进口或净出口。

1.2.2 引力模型

本文采用引力模型研究中国和沿线国家农产品虚拟水贸易流动的影响因素,引力模型是国际贸易流量研究中最常用的研究方法,在引力模型中国家之间的贸易流量与它们经济规模成正比,与国家之间的距离成反比。最基本表达式为

$$X_{ij} = A(G_i G_j) / D_{ij} \quad (5)$$

式中: X_{ij} 为出口国*i*对进口国*j*的贸易流量; A 为常数项; G_i 为出口国*i*的GDP, G_j 表示进口国*j*的GDP; D_{ij} 为出口国*i*和进口国*j*之间的地理距离。

根据研究需要,有学者对传统的引力模型进行了拓展^[36-37],为了减少数据中异常点和异方差的现象,采用引力模型的对数形式,结合中国和沿线国家农产品虚拟水贸易的特点和需要,在传统的引力模型下,适当地引入新的解释变量,得到扩展引力模型:

$$\ln Y_{ijt} = a_0 + a_1 \ln(G_{it} G_{jt}) + a_2 \ln(P_{it} P_{jt}) + a_3 \ln R_1 + a_4 \ln R_2 + a_5 \ln R_3 + a_6 \ln J_1 + a_7 \ln N + a_8 \ln T_1 + a_9 \ln S_1 + a_{10} \ln F_1 + a_{11} \ln D_{ij} + a_{12} \ln A_1 + a_{13} \ln Q + a_{14} \ln O + a_{15} \ln B_{ijt} + u_{ijt} \quad (6)$$

式中: Y_{ijt} 为*t*年*i*(出口)国和*j*(进口)国的农产品虚拟水贸易量; G_{it} 为*t*年出口国*i*的GDP; G_{jt} 为*t*年进口国*j*的GDP; P_{it} 为*t*年*i*国的人口; P_{jt} 为*t*年*j*国的人口。 R_1 、 R_2 、 R_3 分别为*i*国的耕地资源、水资源和农业劳动力资源; J_1 为*i*国的单位面积产量; N 为*i*国农产品增加值占GDP的百分比; T_1 、 S_1 、 F_1 分别为*j*国的关税水平、班轮运输联通指数、贸易及运输相关基础设施指数; D_{ij} 为*i*国和*j*国的地理距离; A_1 为*j*国汇

率; Q 、 O 和 B_{ij} 分别为区域性贸易协定 (RTA)、世界贸易组织 (WTO) 和边界, 都为虚拟变量; U_{ijt} 为随机干扰项。变量的含义、预期符号及理论说明参见表 2。

1.3 数据来源

对于中国和沿线国家农产品虚拟水贸易影响因素的计算主要包括两个方面的数据: 农产品虚拟水贸易流量数据和相关解释变量数据。农产品虚拟水贸易流量数据: 选取 2007—2016 年中国和沿线国家农产品贸易数据, 数据来源于国际贸易中心 (ITC), 选取《商品名称及编码协调制度》(HS 编码) 6 位编码下的农产品贸易数据, 其中农作物产品、动物和畜产品的水足迹主要来自 Mekonnen 等^[38-39] 水研究系列报告, 将中国和沿线国家的农产品贸易类型分为谷物类、棉麻类、活动物、咖啡饮品、油籽类、植物油类、果蔬类、糖味料、调味料、烟草类、皮类、肉类、乳蛋类 13 大类, 并对其虚拟水量进行计算。相关解释变量数据: G_{ijt} 、 P_{ijt} 、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 J_1 、 N 、 T_1 、 F_1 、 A_1 的数据来自世界银行, S_1 的数据来自联合国贸发会报告 Review of Maritime Transport, 国家之间的距离数据来自 www.indo.com 的计算器 (distance calculator), 边界数据来自 CEPII (<http://www.cepii.fr/>), RTA

数据来自世贸组织 RTA-IS 官网, WTO 数据来自世界贸易组织的官网。

2 中国和沿线国家农产品虚拟水贸易

2007—2016 年中国向沿线国家出口的农产品虚拟水年均约为 45.8 亿 m^3 , 中国从沿线国家进口的农产品虚拟水年均约为 163.69 亿 m^3 , 中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易是属于净进口的状态, 年均农产品虚拟水贸易量约为 117.89 亿 m^3 。虚拟水净进口的状态可以缓解中国的水资源短缺, 促进沿线国家的经济发展。从中国和沿线国家农产品虚拟水进口、出口和净进口的柱状图 (图 1) 来看, 中国和沿线国家农产品虚拟水出口量一直都比较平稳, 而农产品虚拟水的进口和净进口量保持一致呈现出上升的趋势。2008 年经济危机的爆发影响了中国与沿线国家的农产品贸易合作, 这也是 2007 年的农产品虚拟水净进口量较高的原因, 2008 年经济危机之后中国与沿线国家的农产品贸易合作慢慢地好转, 农产品虚拟水贸易净进口量呈现出缓慢增长的状态, 在 2013 年“一带一路”倡议实施之后, 中国与沿线国家的农产品虚拟水净进口量首次突破百亿 m^3 大

表 2 解释变量和被解释变量的说明

变量名称	含义	预期符号	理论说明
T_{ijt}	t 年 j 国与 i 国的农产品虚拟水贸易量	被解释变量	
G_{it}	t 年 i 国的国内生产总值	+	反映出口国供给能力, 其经济规模越大, 潜在的供给能力就会越大, 双边的贸易流量越大
G_{jt}	t 年 j 国的国内生产总值	+	反映进口国需求能力, 其经济规模越大, 潜在的需求能力就会越大, 双边的贸易流量越大
P_{it}	t 年 i 国的人口规模	+	代表出口国的市场规模, 出口国的人口越多, 潜在的出口规模越大, 双边的贸易流量越大
P_{jt}	t 年 j 国的人口规模	+	代表进口国的市场规模, 进口国的人口越多, 潜在的进口规模越大, 双边的贸易流量越大
R_1	i 国的耕地资源	+	代表出口国所具备的耕地资源, 有利于出口
R_2	i 国的水资源	+	代表出口国所具备的水资源, 有利于出口
R_3	i 国的劳动力资源	+	代表出口国所具备的劳动力资源, 有利于出口
J_1	i 国谷物的单位面积产量	+	代表着农业生产技术的高低, 技术水平越高, 越有利于农业生产
N	i 国农业增加值占 GDP 的百分比	+	农业在国民生产总值中所占的比重越高, 说明农业的产量越高, 更有利于出口
T_1	j 国的关税占总税收的比重, 表示对进口服务设定的关税壁垒 (百分比)	-	进口国提高关税比重会增加进口方关税壁垒, 提高进口产品价格, 削减出口国产品在进口国的市场占有率
S_1	j 国班轮运输联通指数	+	进口国与全球海运网络链接的紧密程度, 衡量进口国海上运输网络的便捷程度
F_1	j 国贸易及运输相关基础设施指数	+	进口国的港口、铁路、道路及信息技术等基础设施情况, 有利于进口国产品贸易
D_{ij}	i 国与 j 国两国首都之间的绝对距离	-	代表进口国和出口国的贸易阻力, 会增加贸易成本, 减少双边的贸易量
A_1	j 国的汇率水平	-	进口国汇率越高, 越不利于出口, 有利于进口
Q	i 国与 j 国两国是否同属于一个自贸区, 是否签署了区域贸易协定, 是取 1, 否取 0	+	同属于一个自贸区或者签署区域贸易协定, 减少贸易过程中的阻碍因素, 会增加双边贸易量
O	i 国与 j 国是否同属于 WTO 的成员国, 是取 1, 否取 0	+	同属于世贸组织的成员, 将会减少贸易壁垒, 增加双边的贸易量
B_{ij}	i 国与 j 国两国是否拥有共同的地理边界, 是取 1, 否取 0	+	共同的边界会减少进出口国贸易的成本, 会增加双边的贸易量

关,中国与沿线国家的农产品贸易量快速增长,这也体现出了“一带一路”倡议的实施促进了中国与沿线国家的农产品虚拟水贸易,缓解了中国的水资源短缺状况。当前,中国的经济进入了新一轮的发展时期,城市化的扩张,消费结构的转变,水资源供给不足,对于农产品的需求也不断增长。上述贸易现状,缓解了中国的粮食和水资源问题,也促进了沿线国家经济的发展,实现了中国和沿线国家的互利共赢。

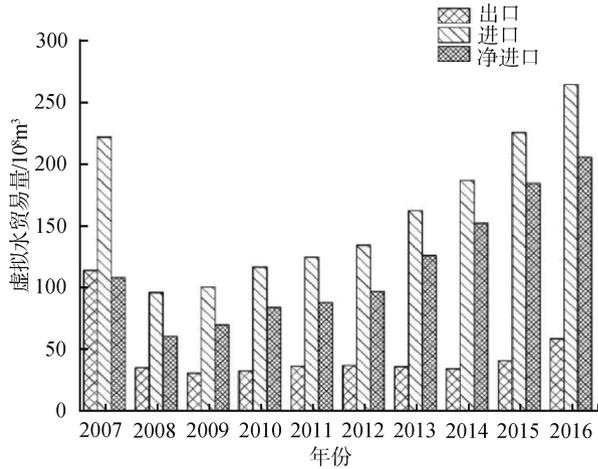


图1 2007—2016年中国和“一带一路”沿线国家农产品虚拟水贸易

3 中国和沿线国家农产品虚拟水贸易的驱动因素

上述研究表明,中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易一直处于净进口的状态,这样的虚拟水贸易现状缓解了中国的水资源危机,促进了沿线国家的经济发展。本文选取2007—2016年中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易量作为被解释变量,中国作为进口国,沿线国家作为出口国,利用Eviews 7.0软件来分析中国和沿线国家的资源、经济、技术、人口、距离、区域和国际贸易组织及基础设施建设等解释变量对于中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量的影响。为了保证回归结果的准确性,首先对面板数据进行多重共线分析,利用直接相关系数的方法,结果表明各个面板数据的系数均在0.7以下(表格省略),接下来为了防止伪回归,参照计量经济学和统计学的基本原理对模型中各变量进行单位根检验和面板协整检验,在此基础上,采用个体固定效应模型对模型进行参数估计。结果如下:

3.1 面板根检验

对各解释变量同时采用LLC、IPS、ADF、PP的方法进行单位根检验,结果见表3。

表3 各变量的单位根检验

变量	LLC	IPS	ADF	PP	结论
$\ln Y_{ijt}$	-27.131*** (0.000)	-5.507*** (0.000)	145.903*** (0.000)	217.007*** (0.000)	平稳
$\ln R_1$	-190.902*** (0.000)	-15.535*** (0.000)	85.600*** (0.000)	95.031*** (0.000)	平稳
$\ln R_2$	-82.274*** (0.000)	-27.979*** (0.000)	107.163*** (0.000)	142.442*** (0.000)	平稳
$\ln R_3$	-10.400*** (0.000)	-1.651** (0.049)	97.323*** (0.001)	74.461** (0.050)	平稳
$\ln J_1$	-13.880*** (0.000)	-2.457*** (0.007)	121.470*** (0.000)	189.674*** (0.000)	平稳
$D \ln N$	-28.135*** (0.000)	-4.648*** (0.000)	171.474*** (0.000)	178.635*** (0.000)	平稳
$D \ln T_1$	-18.969*** (0.000)	-2.791*** (0.003)	138.021*** (0.000)	220.024*** (0.000)	平稳
$D \ln F_1$	-18.874*** (0.000)	-3.536*** (0.000)	172.503*** (0.000)	331.224*** (0.000)	平稳
$D \ln S_1$	-34.995*** (0.000)	-5.942*** (0.000)	245.653*** (0.000)	328.090*** (0.000)	平稳
$D \ln A_1$	-17.128*** (0.000)	-1.670** (0.048)	93.385*** (0.006)	312.278*** (0.000)	平稳
$\ln G_{it}$	-9.045*** (0.000)	-0.262*** (0.000)	88.976** (0.014)	143.099*** (0.000)	平稳
$\ln G_{jt}$	-24.537*** (0.000)	-11.246*** (0.000)	240.693*** (0.000)	525.998*** (0.000)	平稳
$\ln P_{it}$	-8.801*** (0.000)	-8.444*** (0.000)	233.679*** (0.000)	120.283*** (0.000)	平稳
$\ln P_{jt}$	-12.585*** (0.000)	0.860*** (0.000)	35.571*** (0.000)	159.188*** (0.000)	平稳

注:所有检验的假设H0为:存在单位根,检验方法均采用截距和时间趋势;D代表一阶差分;括号内是估计量P的值;***、**、*表示回归结果分别在1%、5%、10%的水平下拒绝原假设。

表4 各变量间的面板协整检验

检验方法	$\ln Y_{ijt}$ 与 $\ln R_1$ 、 $\ln R_2$ 、 $\ln R_3$	$\ln Y_{ijt}$ 与 $\ln T_1$ 、 $\ln F_1$ 、 $\ln S_1$ 、 $\ln A_1$	$\ln Y_{ijt}$ 与 $\ln J_1$ 、 $\ln N$	$\ln Y_{ijt}$ 与 $\ln G_{it}$ 、 $\ln G_{jt}$ 、 $\ln P_{it}$ 、 $\ln P_{jt}$	
Pedroni	Panel v	-3.412 (1.000)	-4.640 (1.000)	-2.209 (0.986)	-4.320 (1.000)
	Panel ρ	1.420 (0.922)	3.011 (0.998)	0.770 (0.220)	3.111 (0.999)
	Panel PP	-5.029*** (0.000)	-6.409*** (0.000)	-4.604** (0.000)	-6.335*** (0.000)
	Panel AD	-10.250*** (0.000)	-2.561*** (0.005)	-1.687*** (0.046)	-1.824** (0.034)
	Group ρ	-3.913 (0.000)	5.474 (1.000)	3.058 (0.999)	5.484 (1.000)
	Group PP	-12.110*** (0.000)	-8.772*** (0.000)	-7.856*** (0.000)	-9.474*** (0.000)
	Group ADF	-9.250*** (0.000)	-4.529*** (0.000)	-3.700*** (0.000)	-5.646*** (0.000)
Kao	-2.283** (0.011)	-2.389*** (0.008)	-2.158** (0.015)	-2.080** (0.020)	
Johansen Fisher	276.800*** (0.000)	401.900*** (0.000)	257.600*** (0.000)	333.700*** (0.000)	

注: Pedroni 的 7 个检验、Kao 和 Johansen Fisher 原假设 H_0 为: 不存在协整关系; 括号内是估计量 P 的值; ***、**、* 表示回归结果分别在 1%、5%、10% 的水平下拒绝原假设; Pedroni 检验有时间趋势项, Kao 和 Johansen Fisher 没有时间趋势项。

3.2 面板协整检验

如表 3 所示, 模型中大部分变量的单位根检验都是平稳的, 原始数据单位根检验中存在不平稳的变量。所以模型的变量间可能存在协整关系, 所以对变量进行协整检验, 由于变量个数较多, 按照进口国家的解释变量、出口国家的水、土、农业劳动力资源类解释变量以及出口国家的其他的解释变量、进出口国家的市场规模和经济规模解释变量, 将其分为四组进行采用 Pedroni、Kao 和 Johansen Fisher 的方法进行面板协整检验(表 4)。结果表明, 大部分的检验结果在 1% 的水平下拒绝原假设, 所以认为各变量之间存在协整关系。

3.3 实证检验结果

对模型进行 Hausman 检验的结果是, P 值均为 0.000, 所以拒绝“应建立随机效应模型”的原假设, 采用个体固定效应回归模型对模型进行参数估计, 估计结果由表 5 给出。

表 5 中国和沿线国家农产品虚拟水贸易的拓展引力模型回归结果

解释变量	结果	解释变量	结果
$\ln G_{it}$	1.582*** (0.000)	$\ln R_1$	0.952*** (0.000)
$\ln G_{jt}$	1.494*** (0.000)	$\ln R_2$	0.981*** (0.000)
$\ln P_{it}$	0.866*** (0.000)	$\ln R_3$	-0.225*** (0.000)
$\ln P_{jt}$	0.696*** (0.000)	$\ln J_1$	2.732*** (0.000)
$\ln B_{ij}$	3.534*** (0.000)	$\ln N$	1.298*** (0.000)
$\ln D_{ij}$	-4.872*** (0.000)	$\ln T_1$	-3.570** (0.017)
$\ln O$	4.540*** (0.000)	$\ln F_1$	7.870*** (0.000)
$\ln Q$	6.110*** (0.000)	$\ln S_1$	5.192** (0.032)
$\ln A_1$	3.749*** (0.000)	R -squared	0.877

注: 括号内的值为 P 值, ***、**、* 表示回归结果分别在 1%、5%、10% 的水平下显著。

上述回归结果表明: 所有解释变量的回归系数符号与表 2 的理论预期符号基本一致。

a. 中国和沿线国家的国内生产总值、人口数量与中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量呈正相关。这符合理论预期, 说明中国和沿线国家的经济规模和市场规模越大, 对于经济增长和社会消费所需的农产品就越多, 相应的中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量就会增加。相比较来讲, 沿线国家的国内生产总值和人口总量对于中国和沿线国家农产品贸易虚拟水贸易量的影响要大于中国, 这也就是相应的“母国市场效应”^[32], 说明沿线国家在中国和沿线国家农产品虚拟水贸易市场中占据着重要地位。中国和沿线国家要加强经贸合作促进国家间的经济发展, 扩大合作的市场规模, 有利于中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量的增加。

b. 沿线国家的水资源、土地资源与中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易量呈正相关, 沿线国家的农业劳动力资源则与农产品虚拟水贸易量呈负相关, 说明沿线国家的水资源和土地资源具有比较优势, 符合“农产品虚拟水贸易的战略”, 与我国的农产品虚拟水贸易有效缓解了我国的水资源短缺问题。中国是个人口大国, 农业劳动力资源具有先天性比较优势, 相对于沿线国家农业劳动力资源比较丰富。国家应该加大对农业劳动力知识型人才的培育, 发挥我国劳动力资源优势, 发展“新型职业农民”, 实现农业劳动力由数量型向质量型的转变。

c. 沿线国家的谷物单位面积产量与中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易量呈正相关。将谷物单

位面积产量作为衡量农业生产技术的重要条件,技术水平越高,单位质量下农业生产所消耗的水资源就会越少,相应的农产品的数量就会越多,农产品供给增加促进农产品贸易中的虚拟水流动,水资源从生产效率高的地区流向生产效率低的地区,就会造成全球范围内的节约用水。技术是农产品贸易的重要驱动因素。中国要发挥技术在农业生产中的重要作用,农业技术进步不仅可以依靠本国的研发投入,通过农业技术扩散和知识外溢来学习和吸收其他国家超前的农业生产技术和先进的管理经验也是促进本国农业技术进步的重要途径^[40]。

d. 沿线国家的农业增加值占国内生产总值的百分比与中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量呈正相关。农业增加值占国内生产总值的百分比越大,表明农业在国民经济中所占的比重越大,农业越发达,更有利于农产品贸易,促进农产品虚拟水量的流动。中国和沿线国家在保持工业和服务业发展的同时,要注重农业生产的投入,使农业生产总值在国民经济中占有一定的比重。

e. 中国的汇率与中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易量呈正相关,是最为显著的正向驱动因素之一。汇率是用一国的货币来表征另一国货币的价格,汇率水平高表示,本国货币相对于其他货币贬值就更加有利于出口,中国的汇率水平越高,会更加有利于农产品的进口,促进农产品虚拟水的流动。中国的关税水平与中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易量呈负相关,是最为重要的逆向驱动因素之一。中国的关税水平越高,对外设置的贸易壁垒就越高,对本国商品和市场的保护就越强,削弱出口国农产品出口商的利益,不利于中国农产品的进口。良好的商业环境、合理的财税政策,能够形成有效的市场机制,促进农产品虚拟水贸易量的高效流动。

f. 沿线国家的班轮运输连通性指数、贸易及运输相关基础设施指数与中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量呈正相关,是中国和沿线国家农产品虚拟水贸易最重要的正向驱动因素。基础设施的建设是“一带一路”倡议的重要环节,良好的基础设施建设可以降低双方国家的运输成本,国际贸易量中超过80%的运输是依靠海洋来完成的,所以国际海洋运输条件的改善,也有利于促进农产品虚拟水贸易,所以我们不仅要加快中国和沿线国家陆上的基础设施建设,更要加强海洋方面的合作,通过港口基础设施的建设,增设开放口岸、促进双边海上航线的连通。依托丝路基金,和亚太基础设施投资银行等为沿线国家相关的陆上和海上基础设施建设提供资金,加快基础设施建设,形成高效的陆海交通运输网络,提

高农产品虚拟水贸易效率,促进农产品虚拟水贸易量的流动。

g. 中国和沿线国家之间实际距离与中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量呈负相关,距离因素是最为重要的逆向驱动因素。虽然随着现代信息技术的发展,双边贸易的距离成本会相应的下降,但是,回归结果表明,地理空间距离还是中国和沿线国家农产品贸易的虚拟水量的重要阻碍因素之一。国家间交通条件的改善,会降低双边农产品贸易的运输成本,促进双边农产品贸易的虚拟水量的流动。

h. 虚拟变量。两国是否同属于一个自贸区,是否是世界贸易组织的成员,是否拥有共同的边界,这些虚拟变量与中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量都呈正相关,这些虚拟变量都是最为显著的正向驱动因素。同属于世贸组织的成员和一个自贸区,对中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量具有显著的正向影响,说明贸易自由化和经济全球化会促进中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易。农产品贸易中最惠国的待遇,市场开放度和自由度,会减少农产品贸易壁垒,降低农产品贸易成本,提高农产品贸易便利化水平,促进农产品虚拟水贸易量的流动。

4 结 论

笔者利用中国和“一带一路”沿线国家的农产品虚拟水贸易数据和拓展的引力模型,对于影响中国和沿线国家农产品虚拟水贸易量的因素进行分析,从而甄别出最为重要的正、逆向驱动因素,更好地为中国的水资源和粮食安全服务。

a. 2007—2016年中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易为逆差,年均农产品虚拟水贸易量的逆差约为117.89亿 m^3 。中国净进口的这部分农产品虚拟水,在一定程度上缓解中国水资源短缺的危机,有利于保障中国粮食和水资源安全。

b. 中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易量与双方的经济规模、人口规模,沿线国家的水土资源、农业技术水平、农业规模以及中国的基础设施建设水平、汇率、关税水平、虚拟变量(WTO、RTA和边界)都呈正相关。其中中国的基础设施建设、加入世贸组织和区域一体化进程、汇率水平是最显著的正向驱动因素,说明中国基础设施的完善和贸易自由度的发展,会降低农产品贸易成本,提高贸易便利化水平,促进中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易。

c. 中国和沿线国家的农产品虚拟水贸易量与中国与沿线国家间的距离、中国的关税水平和沿线国家的农业劳动力资源呈负相关。地理距离与贸易

壁垒是影响中国和沿线国家农产品虚拟水贸易重要的逆向驱动因素,我国在农业劳动力资源方面占据一定的优势地位。

参考文献:

[1] DONG H J, GENG Y, SARKIS J, et al. Regional water footprint evaluation in China: a case of Liaoning[J]. Science of the Total Environment, 2013, 442:215-224.

[2] YU Y, HUBACEK K, FENG K, et al. Assessing regional and global water footprints for the UK[J]. Ecological Economics, 2010, 69(5):1140-1147.

[3] MAO X, YANG Z. Ecological network analysis for virtual water trade system: a case study for the Baiyangdian Basin in Northern China[J]. Ecological Informatics, 2012, 10(7):17-24.

[4] ALLAN J A. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydrological futures would be impossible [C]//Priorities for Water Resources Allocation and Management. London:ODA,1993:13-26.

[5] HOEKSTRA A Y, HUNG P Q. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade[C]//HOEKSTRA A Y. Value of water research report series. Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education,2002:13-15.

[6] NOVO P, GARRIDO A, VARELA-ORTEGA C. Are virtual water “flows” in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? [J]. Ecological Economics, 2009, 68:1454-1464.

[7] ALLOUCHE J. The sustainability and resilience of global water and food systems: political analysis of the interplay between security, resource scarcity, political systems and global trade[J]. Food Policy, 2011, 36:53-58.

[8] RUTTEN M, SHUTES L, MEIJERINK G. Sit down at the ball game: how trade barriers make the world less food secure. [J]. Food Policy, 2013, 38:1-10.

[9] 何敏,张宁宁,黄泽群. 中国和国家农产品贸易竞争性和互补性分析[J]. 农业经济问题, 2016, 37(11):51-60, 111.

[10] 詹淼华. 沿线国家农产品贸易的竞争性与互补性:基于社会网络分析方法[J]. 农业经济问题, 2018(2):103-114.

[11] 杨志峰, 支援, 尹心安. 虚拟水研究进展[J]. 水利水电科技进展, 2015, 35(5):181-190.

[12] 黄凯, 王梓元, 杨顺顺, 等. 水足迹的理论、核算方法及其应用进展[J]. 水利水电科技进展, 2013, 33(4):78-83.

[13] 张斌武, 康鸿博, 关秀翠. 基于虚拟水及营养学的水资源优化配置[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2017, 45(1):30-35.

[14] 吴昊, 华骅, 王腊春, 等. 区域用水结构演变及驱动力分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016, 44(6):

477-484.

[15] 孙才志, 王中慧. 中国与“一带一路”沿线国家农产品贸易的虚拟水量流动特征[J]. 水资源保护, 2019, 35(1):14-19.

[16] CHAPAGIN A K, HOEKSTRA A Y. Virtual water trade: a quantification of virtual w-water flows between nations in relation to international trade of live stock and livestock product[C]//HOEKSTRA A Y. Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, research report series, IHE D-elft; the netherlands, 2003:25-47.

[17] ROBERTO R, MARTINA S. Water scarcity and virtual water trade in the Mediterranean[D]. Venice: Ca Foscari University, 2010.

[18] ZEITOUN, M, ALLAN J A, MOHIELEEN Y. Virtual water flows of the Nile Basin, 1998—2004: a first approximation and implications for water security[J]. Global Environment Change-human and Policy Dimensions, 2010, 2(20):229-242.

[19] NOVO P, GARRIDO A, VARELA O C. Are virtual water “flows” in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? [J]. Ecological Economics, 2009, 68(5):1454-1464.

[20] 朱启荣, 袁其刚. 中国工业出口贸易中的灰色虚拟水及其政策含义[J]. 世界经济研究, 2014(8):42-47, 53.

[21] 秦丽杰, 邱红, 陶国芳. 粮食贸易与水资源安全[J]. 世界地理研究, 2006(1):44-49.

[22] 马超, 许长新, 田贵良. 中国农产品国际贸易中的虚拟水流动分析[J]. 资源科学, 2011, 33(4):729-735.

[23] WICHEINS D. The role of “virtual water” in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt [J]. Agricultural Water Management, 2003(49):131-151.

[24] JORGER V, PETER R. Failure of the virtual water argument: possible explanations using the case study of Mexico and NAFTA[M]. Springer Berlin Heidelberg: Water Resources Development and Management, 2010:113-126.

[25] OKI T, KANAE S. Virtual water trade and world water resources [J]. Water Science and Technology, 2004, 49(7):203-209.

[26] 韩雪, 孙才志. 中国主要农产品虚拟水流动格局形成机理研究[J]. 资源科学, 2013, 35(8):1567-1576.

[27] 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.

[28] 韩宇平, 黄会平. 虚拟水流动特征及其影响因素研究:以唐山市为例[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2018, 39(2):24-31.

(下转第 28 页)

- [9] 柴雪蕊. 浅析水资源资产负债表的编制[J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27(4): 44-49.
- [10] 李亚娟. 我国城市污水处理回用现状与发展趋势[J]. 水利经济, 2015, 33(6): 65-68.
- [11] 沈菊琴, 章恒全. 水资源性资产经营管理的考核与评价探讨[J]. 水利经济, 2002, 20(4): 14-17.
- [12] 甘泓, 汪林, 秦长海. 水资源资产负债表的初步认识[J]. 中国水利, 2014(14): 1-7.
- [13] 王晓娟. 健全水资源资产产权制度的思考[J]. 水利经济, 2016, 34(1): 22-23.
- [14] 简富绩. 水资产负债表编制中水资源资产核算账户的建立与分析[J]. 中国沙漠, 2015, 36(3): 851-855.
- [15] 汪林. 水资源存量及变动表相关技术问题解析[J]. 中国水利, 2016(7): 7-10.
- [16] 徐荣嵘. 国民经济水效率关键性指标分析及应用[J]. 水利经济, 2016, 34(2): 30-33.
- [17] 秦长海. 实物型水资源资产负债表表式结构设计[J]. 自然资源学报, 2017, 32(11): 1819-1831.
- [18] 王然, 魏娟, 王磊. 我国水资源资产负债表的编制研究[J]. 统计与决策, 2019, 35(5): 27-31.
- [19] 张云宁. 基于投影寻踪分类法的苏北地区水足迹及用水效率评价[J]. 水利经济, 2016, 34(2): 16-19.
- [20] 唐勇军, 李鹏, 马文超. 水资源资产负债表编制研究: 基于领导干部离任审计视角[J]. 水利经济, 2018, 36(5): 13-20.
- [21] 周密, 陈龙赞, 马振. 基于变权重的水质综合评价体系[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2019, 47(1): 20-25.
- [22] 杨梦婵, 叶有华, 张原, 等. 深圳市综合水质指数研究及其在水资源资产评估上的应用[J]. 自然资源学报, 2018, 33(7): 1129-1138.
- [23] 简富绩, 宋晓谕, 虞文宝. 水资源资产价格模糊数学综合评价指标体系构建: 以黑河中游张掖市为例[J]. 冰川冻土, 2016, 38(2): 567-572.
- [24] 陈丹, 陈菁, 罗朝晖. 天然水资源价值评估的能值方法及应用[J]. 水利学报, 2006(10): 1188-1192.
- [25] 张凤泽. 新型城镇化视角下的江苏省水资源利用效率研究[J]. 水利经济, 2016, 34(5): 14-17.
- [26] 沈家耀. 不同 GDP 增长率下的江苏省用水结构模拟[J]. 水利经济, 2016, 34(4): 21-25.
- [27] 岳金桂. 江苏省水资源可持续利用问题研究[J]. 水利经济, 2016, 34(3): 41-45.

(收稿日期: 2019-06-14 编辑: 陈玉国)

(上接第 7 页)

- [29] 徐欣, 葛宜虎. 中国粮食虚拟水驱动效应与空间联动分析[J]. 水利经济, 2018, 36(6): 31-36.
- [30] 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.
- [31] 何艳梅. 全球水短缺背景下的虚拟水贸易[J]. 水利发展研究, 2006(8): 18-21.
- [32] 梁琦, 吴新生. 沿线国家双边贸易影响因素研究: 基于拓展引力方程的实证检验[J]. 经济学家, 2016(12): 69-77.
- [33] 谢涛. 中国和沿线国家农产品出口贸易影响因素研究[J]. 世界农业, 2017(3): 132-138.
- [34] 公丕萍, 宋周莺, 刘卫东. 中国和沿线国家贸易的商品格局[J]. 地理科学进展, 2015, 34(5): 571-580.
- [35] 邹嘉龄, 刘春腊, 尹国庆, 等. 中国和沿线国家贸易格局及其经济贡献[J]. 地理科学进展, 2015, 34(5): 598-605.
- [36] BERGSTRAND J H. The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence[J]. Review of Economics and Statistics, 1985(3): 474-481.
- [37] ANDERSON J E, WINCOOP E V. Gravity with gravitas: a solution to the booder puzzle[J]. American Economic Review, 2003(1): 170-192.
- [38] MEKONNEN M M, HOEKSTRA A Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Value of Water Research Report Series No. 47 vols. 1-2[R]. Delft: UNESCO-IHE, 2010.
- [39] MEKONNEN M M, HOEKSTRA A Y. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Research Report Series No. 48 vols. 1-2[R]. Delft: UNESCO-IHE, 2010.
- [40] 周曙东, 卢祥, 郑建, 等. 自由贸易区战略背景下中国农业供给侧结构优化研究: 基于中国已签订 13 个自由贸易协定农产品贸易的模拟分析[J]. 中国农村经济, 2018(4): 28-40.

(收稿日期: 2019-05-13 编辑: 陈玉国)

(上接第 20 页)

- [10] 沈菊琴. 水资源资产与水资源的关系探析[J]. 会计之友, 2018(23): 2-7.
- [11] 方媛. 水资源资产负债表构建研究[D]. 合肥: 安徽财经大学, 2018.
- [12] 田贵良, 韦丁, 孙晓婕. 水资源资产负债表: 要素、框架与试编研究[J]. 人民黄河, 2018, 40(11): 69-72.

(收稿日期: 2019-06-21 编辑: 胡新宇)