

国际粮食贸易背景下的市场整合与虚拟资源流动 ——以中国巴基斯坦大米市场为例

于晓华¹, 刘畅², 张国政³

(1. 德国哥廷根大学农业经济与农村发展系, 德国 哥廷根 37073; 2. 吉林农业大学经济管理学院, 长春 130118; 3. 湖南农业大学商学院, 长沙 410128)

摘要: 贸易自由化和区域经济一体化不仅会通过比较优势整合市场、提升效率, 还会带来农产品贸易中虚拟资源的流动。以中国—巴基斯坦大米贸易为研究对象, 使用两国大米贸易数据, 首先检验中巴粮食市场整合程度, 其次分析中巴大米贸易带来的虚拟水和虚拟土地的流动。结果表明: (1) 中巴之间大米市场已经高度整合, 且价格存在长期均衡, 但巴基斯坦大米价格比中国波动大, 其对中国大米的价格弹性为 1.097; “一带一路”倡议带来了巴方大米价格 7.8% 的下降, 增加了穷人的福利。(2) 贸易带来了虚拟水土资源的流动。中国累计从巴基斯坦净进口大米 354 万 t, 相当于净进口国内 52 万 hm^2 、巴基斯坦 96.4 万 hm^2 耕地, 以及国内 34.4 亿 t、巴基斯坦 101.7 亿 t 水资源。中国应加大技术支持和扩散的力度, 具有促进粮食安全, 节约全球资源的意义。

关键词: “一带一路”; 中巴经济走廊; 巴基斯坦; 大米; 市场整合; 虚拟资源

贸易自由化和区域经济一体化会通过比较优势带来市场的整合和效率的提升。2013 年 9 月和 10 月, 为促进亚欧国家联系更紧密, 区域间合作更深入, 国家主席习近平在出访中亚四国和印度尼西亚时分别提出建设“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的合作倡议, 简称“一带一路”(The Belt and Road, B&R)。“一带一路”是中国领导人提出的伟大构想, 在共商、共享、共建原则的基础上, 充分发挥亚非欧沿线各国比较优势, 互通互联, 实现要素自由流动, 打造全球范围内的人类命运共同体、利益共同体和责任共同体^[1]。中国从各方面加大投资力度, 促进区域经济合作深化和融合, 沿线国家贸易总额累计已超过 7 万亿美元。

“一带一路”连接了大部分发展中国家和世界 60% 以上的人口。农业生产和粮食安全一直是“一带一路”主要国家关心的最重要政策议题之一, 所以农业合作和农业投资始终是“一带一路”合作的重要内容。2017 年中国原农业部印发《共同推进“一带一路”建设农业合作的愿景与行动》(资料源于 http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/201705/t20170512_5604724.htm), 鼓励各国把握时代机遇, 利用“一带一路”带来的国际国内资源, 加大对农业基础设施建设和投资, 发挥各国农业比较优势。

在“一带一路”地区, 巴基斯坦是一个非常重要的国家。其建国后, 经过长期的互

收稿日期: 2020-07-17; 修订日期: 2021-01-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (71633005)

作者简介: 于晓华 (1979-), 男, 江苏如东人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为环境经济学、农业经济学等。E-mail: xyu@gwdg.de

通讯作者: 刘畅 (1988-), 女, 吉林辽源人, 研究助理, 研究方向为农业政策和农村发展等。

E-mail: liuchang@jlau.edu.cn

信和互惠互利,和中国建立了“长期、全天候和多方面发展的友好关系”。“一带一路”倡议提出之前,早在2006年中国就和巴基斯坦签署了自由贸易协定,2007年7月顺利生效实施。这加快了中巴市场的整合速度。与“一带一路”倡议同年,中巴两国提出了建设“中巴经济走廊”的设想,将其作为“一带一路”的核心项目之一。习近平主席于2015年首次访问巴基斯坦时两国签署的51项合作协议和备忘录中有超过30项涉及“中巴经济走廊”^[2]。具体而言,“中巴经济走廊”合作包括了能源、瓜达尔港建设、铁路交通,以及农业生产方面的合作。农业合作不仅是“一带一路”倡议的主要合作内容之一,也一直是中巴经济合作的重要组成部分。

市场整合是经济发展的一个充分条件^[3]。在一个统一的市场,价格能发挥最好的信号作用。交易成本降低,生产者能够实现成本最小化和规模最大化,从而促进生产效率不断提高,使消费者效用最大化^[4]。中巴自由贸易协定及“中巴经济走廊”等合作项目的重要目的就是深化两国经济合作,建立统一的市场。

中国粮食供给一直处于一个紧平衡状态^[4,5]。中国也在合理利用国外资源来调剂国内供求,统筹用好国内和国外“两种资源、两个市场”,来保障中国的粮食安全。对于巴基斯坦来说,粮食安全也是政府面对的主要挑战之一。

按照WFP的估计,2018年巴基斯坦有36.9%的人口粮食安全得不到保障^①。随着人口的增长,以及气候变化等不利因素,小麦等主要谷物也不能达到完全自给^②,必须依赖外国进口。巴基斯坦国内的贫困加重了粮食不安全^[6]。亚洲开发银行(Asian Development Bank,简称亚行)在第45届理事会年会上指出,亚洲地区将越来越难以满足人们对粮食的需求,贫困和饥饿仍将成为亚太地区发展面临的巨大挑战^③。亚行2020年公布的数据显示,巴基斯坦2015年低于极端贫困线(每日购买力平价消费水平低于1.9美元)的人口比例为3.9%,国家贫困线以下的人口占24.3%。如何提高农业市场效率,解除资源限制,消除贫困和饥饿是中巴等发展中国家面临的非常棘手又迫在眉睫的问题。

粮食贸易打破了国内粮食生产的资源限制,进口粮食相当于进口了土地和水等资源。贸易流动也带来了虚拟资源的流动^[7],从而可以对农业的空间分布进行再分配^[8,9]。从农业领域节约的资源,可以为非农部门的可持续发展提供很强的支撑。2019年中国总计进口大豆8851万t^④,仅此一项,相当于进口了6.97亿亩虚拟土地资源^⑤。Dalín等^[10]发现中国粮食进口相当于进口了20%的国内水资源,其中93%为大豆。由于国际粮食贸易实现了资源流动,从水资源和土地资源的有效利用角度来看,中国的粮食进口改善了中国经济发展的资源限制。

本文基于巴基斯坦这个“一带一路”沿线典型国家,以中巴大米贸易为研究对象,首先检验中巴粮食市场整合程度,以及分析“一带一路”倡议和中巴经济走廊对粮食市

① 资料来源:World Food Program 主页 <https://www.wfp.org/countries/pakistan>。

② 资料来源:<https://www.dawn.com/news/1565264>。

③ 资料来源:<https://zh.wfp.org/news/jieyupinkunrengjiangshiyataidequshunianhoumianlindejudaotiao>。

④ 数据来源于海关总署2019年全年进出口情况新闻发布会,内容来源:<http://fangtan.customs.gov.cn/tabid/970/Default.aspx>。

⑤ 按照国家海关总署的数据,我国在2019年共进口8851万t大豆,同年我国大豆的单产为1905 kg/hm²,二者统一单位后相除,即为我国产出同等数量大豆所需土地面积。再由公顷换算为亩(1 hm²=15 亩),相当于我国6.97亿亩耕地的大豆总产出,故中国相当于进口了6.97亿亩虚拟土地资源。

场整合的影响；其次，计算中巴大米贸易带来的虚拟水资源和虚拟土地资源的流动，这也是本文的重点，分析贸易带来的资源效率改变，以期为中国家的农业国际合作方式和全球水土资源的节约路径选择提供科学参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

中巴两国是全天候的战略盟友，也是长期友好的经贸伙伴。2006年双方共同签署了《中巴自由贸易协定》，旨在削减关税加强货物贸易投资。协定签署的前5年是第一阶段，实现各自49%的商品关税削减；第6年起为第二阶段，实现各自90%的商品零关税和货物贸易降税。此外，协定还囊括了投资、技术等贸易常规事项，两国达成一致共识。

2013年中巴经贸关系在“一带一路”倡议和“中巴经济走廊”设想提出后进入了快车道，在关税削减、交通投资、科技扩散以及政治推动下，市场进一步整合。

协定的签署助推中巴两国之间的贸易往来进入快速发展的行列，也为“一带一路”框架下的“中巴经济走廊”贸易合作奠定了坚实的基础。为加深双方贸易自由化程度，双方进一步消除关税壁垒，经过多轮谈判，在原有自贸协定基础上进行了修订和升级，具体表现为调高零关税产品的税目比例（从35%提高至75%），加大取消关税的力度（对45%的税目立即取消关税）。议定书生效后，巴基斯坦有望实现对中国出口的大幅增长，改善贸易逆差过大的局面，修订后的议定书也更利于双方农产品进出口贸易。

中国和巴基斯坦之间的粮食贸易以大米为主，两国之间的大米贸易存在双向流动。按照联合国粮农组织的统计，2017年中国进口巴基斯坦大米总价值为9364万美元，与此同时也向巴基斯坦出口了2185万美元价值的大米（表1）。

表1 2017年中国同巴基斯坦进出口农产品对比

Table 1 Comparison of imports and exports between China and Pakistan in 2017

中国从巴基斯坦进口的主要产品		中国向巴基斯坦出口的主要产品	
项目	价值/千美元	项目	价值/千美元
大米—总量（精米当量）	93642	大蒜	52520
坚果	38722	姜	37707
原材料	10391	速食品	31070
精制糖	3760	原材料	28620
芝麻	3687	苹果	23834
废棉	2940	带壳核桃	22059
		大米—总量（精米当量）	21845
		油	1003
总计	153142	总计	323129

注：根据FAOSTAT中巴贸易数据整理。

图1报告了中国对巴基斯坦各年的大米进出口总金额。可以发现中巴之间的大米贸易在2012年之后快速加大，这与中国的“一带一路”倡议以及“中巴经济走廊”设想的提出是同步的。贸易额的加大证明了中巴之间的大米市场在加强整合。

农产品贸易也带来土地和水资源的流动，市场整合未必能带来土地和水资源利用效

率的提升。一般而言,粮食进口国由于资源相对短缺,土地和水资源的利用效率相对出口国较高。粮食贸易从资源角度而言,是从资源利用效率较低的国家向利用效率较高的国家流动。Chapagain等^[11]核算了世界主要国家水稻生产所需要消耗的虚拟水的数量,发现中国单位质量的水稻生产相对于巴基斯坦所需水资源要低很多。如果巴基斯坦从中国进口大米,不仅能解决粮食安全问题,还节省了水资源。相对于巴基斯坦,中国的水稻生产具有水资源效率的比较优势。如果中国从巴基斯坦进口大米,会从总量上相对增加水资源的消耗。虚拟土地资源的流动和利用亦是如此。

1.2 研究方法

1.2.1 检验中巴市场整合

本部分首先具体建立模型来检验中巴大米市场是否整合。如果中巴市场是整合的,由于市场存在套利行为,中巴市场的大米价格变动应该是联动的^[3],市场就是有效率的。如果大米价格是非平稳的,那么中巴市场整合意味着中巴市场的大米价格存在协整^[12](Cointegration)。如果存在协整,最小二乘法回归结果是一致的,而且是超级一致(Super Consistent)的。具体的计量模型设定如下,

$$\ln(P_{\text{Pakistan},t}) = \alpha \ln(P_{\text{China},t}) + \beta \ln(\text{Policy Dummy}_t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

式中: $P_{\text{Pakistan},t}$ 和 $P_{\text{China},t}$ 分别为巴基斯坦和中国的大米价格(元/t); t 表示年份; Policy Dummy 为虚拟变量,用来控制“一带一路”倡议对中巴大米市场价格的影响,2013年底之前为0,从2014年开始为1; α 代表中巴大米价格协整关系系数,亦为价格弹性; β 为政策影响程度系数; ε_t 为误差项。

本文使用的巴基斯坦的大米价格数据为巴基斯坦拉合尔市的大米(Basmati印度香米)月度零售价格,数据来自于旁遮普省统计局。拉合尔为旁遮普省首府,人口超过1000万,是巴基斯坦第二大城市,其大米价格可以代表巴基斯坦的大米价格。中国大米数据为郑州粮食批发市场的晚籼稻大米价格。晚籼稻是中国的主要水稻品种,超过水稻产量的50%。数据时间跨度为2010年7月到2019年12月^⑦。

图2展示了两国米价的变化^⑧。很显然,巴基斯坦的米价比中国的波动大,同时可以看出巴基斯坦大米价格要高于中国的价格,这有可能是品种的差异,也可能是巴基斯坦大米价格本身高于中国^[13]。

1.2.2 虚拟土地流动的计算

土地资源对中国经济高速发展至关重要^[14],是促进城乡融合发展、保证国家粮食安

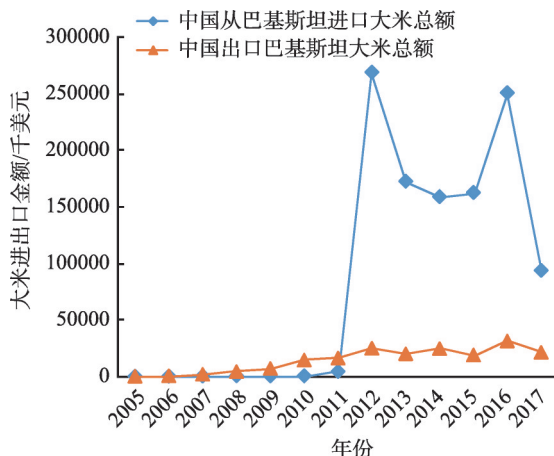


图1 中国和巴基斯坦的大米贸易^⑥

Fig. 1 The trend of rice trade between China and Pakistan

⑥ 数据来源: FAO公布的进出口大米总量数据。

⑦ 由于数据来源的限制,不能得到2009年之前的价格,所以不能分析中巴自由贸易协定对市场整合的影响;但计量模型结果显示2009年之后的中巴大米市场是整合的。

⑧ 数据来源: 世界银行及万得数据库,巴基斯坦米价根据官方汇率转换为元/t。

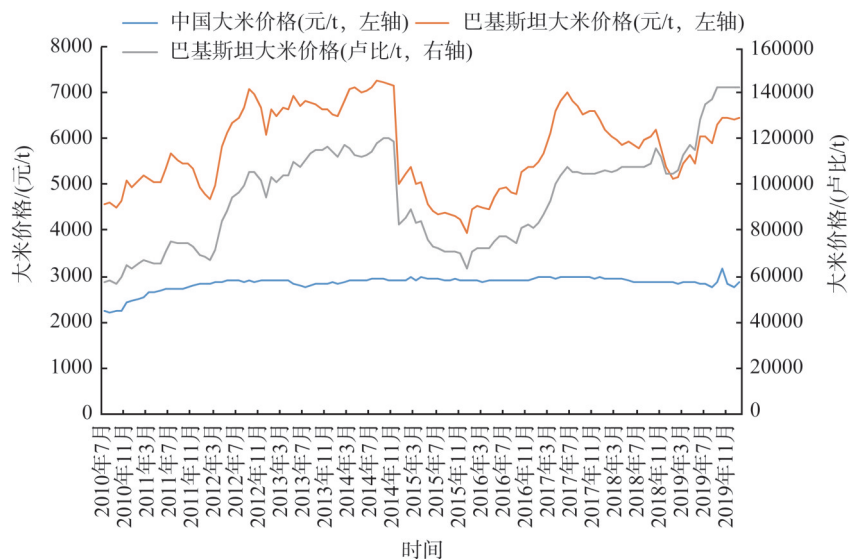
图2 中国和巴基斯坦大米价格^⑨

Fig. 2 Rice prices in China and Pakistan

全的关键要素^[15]。中国土地资源的重要性和特殊性是由国家根本制度决定的，维持农村社会稳定，保证粮食供给^[16,17]。进口粮食可以节省大量的国内耕地，从而为宏观经济发展提供强大的土地资源保障。虚拟土地是指直接或间接用于生产商品、提供服务的土地资源量^[18]，除可以反映某地区资源使用情况外，也可窥测对其他地区资源的依赖程度^[19]。虚拟土地不是真正意义上物理形式的土地，而是包含在产品中“看不见”的土地，一般指跨国交易中使用进口的非本国土地资源^[20]。改革开放后，中国快速的人口增长和城市化进程加剧了土地资源的紧张程度，相对密集的人口造成的人地压力过大，带来的土地资源承载力逐年下降^[21]，对进口由虚拟土地带来的粮食需求日益加大。Tian等^[14]研究中国土地消费中发现，中国需要从国外进口本国30.8%的土地作为虚拟土地资源，以满足本国的需求。

大米作为农产品重要代表之一，是典型的资源密集型产品，需要大量的农业用地和水资源要素投入。大米的国际贸易带来了虚拟土地资源在国际间的流动，对于保障粮食安全，提高资源利用率具有重要意义。相对于巴基斯坦，中国的人均耕地面积明显不足，约为巴基斯坦的一半，限制了粮食的有效供给，两国间的大米贸易为发挥各自农业比较优势，实现资源自由流动，缓解贫困提供了有利途径。

为探寻中巴两国大米贸易引致的虚拟土地流动数量，根据中巴两国的进出口贸易量和两国各自的粮食产量可以计算出具体数值。由于表征大米贸易量和产量的数据口径不一致，采用Chapagain等^[11]的方法，统一转换为水稻的生产口径，进而得出两国虚拟土地的流动量。

1.2.3 虚拟水资源流动的计算

粮食贸易，尤其是大米贸易会带来巨大的虚拟水资源流动。虚拟水与虚拟土地的概念相对应，非实质意义的水，是指在生产产品和服务所需要的水资源数量，又称“嵌

⑨ 图2表明两国大米价格没有显示出显著季节性，所以没有进行季节性调整。

入水”，以水足迹的形式存在于商品中^[22]。虚拟水资源的流动通过商品贸易实现了空间上资源的互补，但避免了跨地区长距离运输物理状态的水资源。水资源匮乏地区通常通过进口资源密集型商品，达到使用其他地区水资源的目的^[7,23]。进口诸如大米此类资源密集型产品，相当于从其他国家进口了产出等量大米所需虚拟水资源，填补本国资源的缺口，虚拟水的流动方向与贸易保持一致。因此贸易成为连接大米和虚拟水资源的载体。

我国农业用水量高居所有部门之首，年平均用水量约占总用水量的64.5%^⑩，超过其他部门用水总和。按照水利部公布的各年水资源公报数据，我国用水量呈年度递增的趋势。我国水资源相对匮乏，而农业用水比例始终居高不下，大米是世界上水资源消耗最大的产品之一^[1]，水资源供给对粮食产量影响显著。粮食的进出口贸易有效解决了水资源短缺的问题，进而助益解决全球突出的粮食安全问题。

水足迹的研究通常将虚拟水划分为绿水、蓝水和灰水，这三种水区分了不同的来源。绿水指雨水，蓝水指从地下水或地表水中提取的灌溉水，灰水指大米生产中与化肥农药等污染有关的污水。Chapagain等^[11]对世界范围内大米贸易的水足迹进行了评价，计算出了全球大米生产量最大的13个国家和地区的每吨稻米的水足迹，其中就包括中国和巴基斯坦，两国稻米水足迹具体如表2所示。基于两位学者的研究，根据两国稻米的贸易量，计算出各自虚拟水进出口情况，中间过程与虚拟土地的计算相似，计算口径统一换算为稻米。

表2 中巴两国每吨稻米的虚拟水				
Table 2 Virtual water per ton of rice in China and Pakistan (m ³ /t)				
国家	绿水	蓝水	灰水	合计
中国	367	487	117	971
巴基斯坦	421	2364	88	2873

2 结果分析

2.1 市场整合估计结果

表3报告了中巴大米的单位根检验结果。ADF检验不能拒绝中巴两国大米价格存在单位根的原假设；但是拒绝了以一阶差分后的中巴两国大米价格存在单位根的原假设。这说明中巴两国大米的价格都是I（1）过程，符合协整的先决条件。

表3 中巴大米价格的单位根检验
Table 3 Unit root test of rice prices in China and Pakistan

检验方式	ADF 检验值
Log(中国大米价格)	1.39
Log(巴基斯坦大米价格)	0.50
Log(中国大米价格) 的一阶差分	-9.52***
Log(巴基斯坦大米价格) 的一阶差分	-7.23***

注：（1）用软件R计算的结果；（2）假设ADF检验不存在截距项，且滞后项的长短用BIC来选择；（3）***代表1%统计显著性。

运用Engle等^[12]的回归和检验方法对式（1）进行了回归，回归结果报告在表4。为了检验结果的稳健性，分别报告了包含和不包含“一带一路”倡议虚拟变量的结果。如果中巴大米市场价格存在一个长期均衡，其残差序列必然是平稳的，否则中巴大米市场不

⑩ 作者根据国家水利部公布的各年水资源公报整理计算。

表4 中巴大米市场的整合回归结果

Table 4 Estimation of the rice market integration between China and Pakistan

检验方式	Log(巴基斯坦大米价格)			
	模型1		模型2	
	系数	t值	系数	t值
Log(中国大米价格)	1.097	392.292***	1.088	615.600***
“一带一路”虚拟变量	-0.078	-2.811***		
回归残差的ADF检验	-2.060***		-2.045**	

注：(1) 用软件R计算的结果；(2) ADF检验假设不存在截距项，且滞后项的长短用BIC来选择；(3) ***、**分别代表1%、5%统计显著性。

是整合的。结果发现无论包含政策变量与否，其残差都是平稳的。这说明中巴大米市场存在一个长期均衡，市场已经发生了整合。这一点与表1中巴大米贸易发生双向流动，且市场交易额在“一带一路”倡议后急速增大（图1），始终保持一个高位的统计是吻合的。

协整也表明了中巴之间存在Granger因果关系。但是由于巴基斯坦相对于中国在国际贸易中是一个小市场，很可能是中国影响巴基斯坦国内价格变动，但也不能排除巴基斯坦大米市场对中国产生影响。表4的回归结果表明巴基斯坦大米相对于中国大米市场的价格弹性为1.097。中国大米价格增加10%的时候，巴基斯坦的价格会增加10.97%。这和图2的巴基斯坦大米价格波动比中国剧烈的现实是一致的。

“一带一路”带来了巴基斯坦大米价格的下降，幅度达7.8%，使消费者能够获得更便宜的食物，保障了食物安全，减少了贫困^[9]。中巴大米市场已经高度整合，两国通过国际贸易加强了（虚拟）资源流动实现了价格联动，减少了市场扭曲，改善了自然资源禀赋，通过比较优势实现国际分工合作，增加了双方国家人民的福利。就具体政策而言，为了进一步维持市场整合带来的经济效率，必须尽量减少关税以及非关税壁垒等扭曲，这有助于惠及贫困和饥饿人口，增加收入，解决粮食不安全的问题，尤其有助于解决亚行公布的3.9%的低于极端贫困线人口的粮食安全问题，也将为减少亚洲地区的贫困和饥饿做出间接贡献。具体而言，保障两国健康的贸易往来及“一带一路”“中巴经济走廊”的建设，会促进粮价在均衡水平上波动，减少贫困人口。但是，农业贸易会带来虚拟水土等资源流动，这可能会改善贸易参与国的资源禀赋限制和提高他们的资源利用效率，这是本文接下来分析的重点。

2.2 虚拟土地流动计算结果及分析

2.2.1 虚拟土地流动计算结果

表5汇报了转换后的中巴两国各年大米贸易量，以及因大米贸易产生的虚拟土地流动情况。

由于统计口径和统计误差，中巴两国报告的大米贸易数量统计可能存在不一致的情况^①。如果从中国为贸易报告国的角度来看，2012年之前中国与巴基斯坦的大米贸易量呈波动状态，数量不大，中国多以净出口为主。数量上看，1988—2012年中国累计实现

① 截至2017年，巴基斯坦的报告累计向中国出口了317万t的大米，略小于中国报告的数量。2008年之前，巴基斯坦基本没有向中国出口的数量。

表5 中巴大米进出口及引致虚拟土地数量
Table 5 Rice import and export between China and Pakistan and related virtual land

	年份	进口大米/t	出口大米/t	净进口/t	净进口虚拟土地/hm ²	
					中方土地	巴方土地
中与巴各年进出口情况	1988	0	750.00	-750.00	-141.86	-319.00
	1989	53017.50	0	53017.50	9624.67	23126.50
	1990	0	0	0	0	0
	1991	6251.25	0	6251.25	1108.34	2694.62
	1993	0	22.50	-22.50	-3.85	-8.21
	1996	15000.00	0	15000.00	2414.60	5229.21
	1997	73.75	10.00	63.75	10.09	22.73
	2001	0	3.75	-3.75	-0.61	-1.36
	2002	0	31.25	-31.25	-5.05	-10.35
	2003	0	91.25	-91.25	-15.06	-30.88
	2004	0	26.25	-26.25	-4.16	-8.78
	2005	113.75	175.00	-61.25	-9.78	-19.30
	2006	157.50	470.00	-312.50	-49.76	-98.88
	2007	342.50	1328.75	-986.25	-153.31	-297.28
	2008	577.50	2683.75	-2106.25	-320.95	-598.38
	2009	455.00	3993.75	-3538.75	-537.37	-988.23
	2010	532.50	7146.25	-6613.75	-1009.27	-2162.20
	2011	10835.00	6722.50	4112.50	614.97	1144.30
	2012	724478.75	9280.00	715198.75	105534.79	198854.13
	2013	521275.00	6730.00	514545.00	76599.97	137109.62
	2014	508400.00	8775.00	499625.00	73331.91	137490.02
	2015	553266.25	6182.50	547083.75	79387.60	146907.56
	2016	879707.50	11657.50	868050.00	126432.85	230154.31
	2017	340972.50	9315.00	331657.50	47948.17	86086.67
	累计	3615456.25	75395.00	3540061.25	520756.93	964276.83

注：（1）数据来源于作者根据FAO数据的整理；（2）由于数据缺失，表中剔除了没有数据的年份；下同。

了6.39万t的大米净进口，这相当于中国1.15万hm²农业用地的大米产出，巴基斯坦2.77万hm²土地的大米总产量；由于巴基斯坦大米单位土地面积产量较低，所以占用的土地大约是中国耕地数量的2倍。

2012开始，中巴两国间大米的贸易额陡增，并持续走高。这一时点与“一带一路”倡议的提出和“中巴经济走廊”建设的时间基本一致，2012年中国从巴基斯坦净进口大米量约为2011年的174倍。从1988—2017年，中国累计从巴基斯坦净进口大米达354万t，按当地平均粮食产能折算，相当于节约了中国52万hm²耕地（这一数字超过2017年浙江省耕地总面积的1/4），也相当于进口了巴基斯坦96.43万hm²的虚拟农用地。这一结果与Han等^[24]的研究基本一致：中国是虚拟耕地的净进口国，通过对外贸易实现虚拟土地资源的转移，节约国内土地资源的利用。

对于耕地总量日益吃紧的中国来说，进口巴基斯坦大米既有效缓解了国内大米的供给，也节约了国内土地资源，实现了国内52万hm²虚拟耕地的流入，在一定程度上保障

了国内粮食安全。但同时我们也看到，这一净进口量折算为巴基斯坦的耕地面积为96.43万 hm^2 ，相当于国内同产量耕地面积的近2倍。此现象说明巴基斯坦的单位面积产量仍有较大的提升空间。中巴大米贸易已经实现了价格整合，但是农业用地的资源利用率却依然存在巨大差距。

从全球资源节约的角度看，中国在实现中巴大米市场价格整合的同时，也要对巴基斯坦实施技术支持和技术扩散，提高土地资源的利用效率，提升单位面积的粮食产量，通过技术扩散从而实现土地资源利用效率的收敛^[13,25]。如果巴基斯坦可以通过吸收现代农业技术达到与中国相当的粮食单产水平，那么巴基斯坦粮食总产量的大幅上升将有望缓解国内贫困人口吃饭的问题，水土资源利用效率也随单产提高而上升。这对全世界范围内资源高效利用，提升农业生产技术，提高单位面积产量，进而解决贫困人口问题具有重大意义。

2.2.2 中巴土地利用效率的比较分析

市场的一体化可能带来技术的扩散^[26]，这也是“一带一路”倡议的重要目的之一。为进一步确定两国资源效率的收敛程度，统计了中巴两国2000年至今每年的单位面积产量，根据二者比值绘制各年散点图，发现中巴之间的大米土地生产效率在逐渐收敛（图3）。

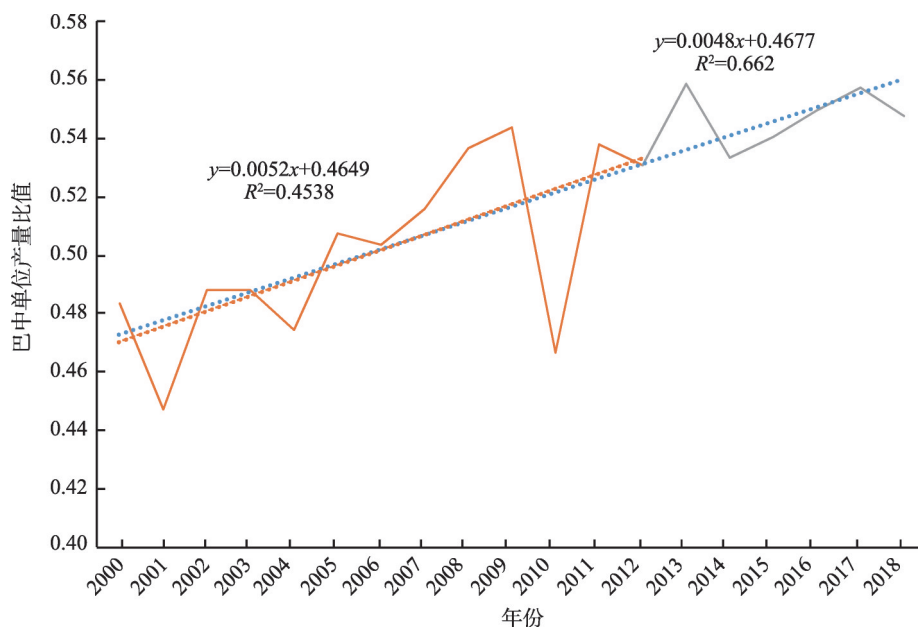


图3 2012年前后中巴单产比率拟合曲线

Fig. 3 Changes in rice yield ratio between Pakistan and China

再分别拟合2012年以前的走势及2012年以后的变化，比较一下“一带一路”倡议前后的变化。具体情形如图3所示，其中纵轴为巴中两国的水稻单位产量之比，横轴为时间变化。2012年以前拟合曲线的斜率为0.0052，2012年后的斜率为0.0048，后者斜率略低于前者，曲线比2012年前更平坦，说明“一带一路”倡议和“中巴经济走廊”项目生效实施后，即使中巴大米市场实现了整合，但是技术扩散和土地资源利用效率的收敛并没有加速。

中巴双方市场整合，但是土地生产效率没有收敛的原因是多方面的。土地生产效率

取决于资源投入,更决定于生产技术。Keller^[27]认为技术扩散很大程度是区域性的,而不是全球性的。这主要有两个原因:第一,技术扩散受制于语言、制度、历史和文化等因素;第二,技术的采用和推广一般是在国家层面进行的。按照诱致技术变革理论,每个国家的农业技术进步和采用路径很大原因是由本国的资源禀赋决定的^[28]。中巴两国所处地理位置不同,土地禀赋、地形、气温、降水等自然条件不一样(比如,巴基斯坦的平均年降水深度约为中国的76%^⑫),使得两国技术很难收敛,所以本文提出要通过技术援助等手段加大技术扩散力度的政策建议。同时,贸易和市场整合,也是通过虚拟资源的流动,改变资源禀赋的条件。

鉴于巴基斯坦水稻单产只有中国的一半左右,中国还需要对巴基斯坦提供技术支持和技术扩散,促进巴基斯坦土地生产效率的提高,促进土地生产效率的收敛,进而从总量上节约土地资源。

2.3 虚拟水资源流动计算结果及分析

2.3.1 虚拟水资源流动计算结果

表6显示了中国和巴基斯坦进出口大米实现的虚拟水流动情况。

表2直观地显示了中巴两国大米引致虚拟水的概况,巴基斯坦单位产量大米所需水资源近乎为中国的3倍,尤其是蓝水的需求量,约为中国的5倍。表6显示了中国历年大米净进口量所需两国水资源数量,从1988—2017年,中国从巴基斯坦累计净进口354万t大米,相当于消耗本国34.37亿m³的水资源,其中蓝水17.24亿m³;转换对象后则相当于进口巴基斯坦101.7亿m³水资源,其中蓝水占了80%以上,达到83.7亿m³。由于中国水资源利用效率高于巴基斯坦,中巴大米贸易并没有带来水资源的总量节约。中国应该加大对巴基斯坦水稻生产节水技术的扩散,提高巴基斯坦的水资源利用效率。

农业灌溉效率的提高依托于现代农业技术和以大数据为代表的信息技术^[29],建立完善的数据搜集、更新、处理、输出的系统可以实施及时有效的监测,形成动态结果报告,为农业政策的研究和制定提供客观依据^[30]。干旱和洪涝是主要影响粮食生产供水量波动的自然灾害。一项基于中国水稻主产区的研究发现,对于干旱和洪涝提前采取保护性措施可以显著作用于粮食单产,采取保护手段下的单产比不采取干预措施的单产增加4%~7%^[31]。此外,遵循自然规律,根据全国地形、气候等自然条件合理调整粮食种植结构也会显著作用于粮食对水土资源的消耗^[32]。合理规划调整后的种植结构可以在原有结构下的水土资源使用量上减少4%左右,包括利用北方降水少,南方气候温热等地域特征,合理调整水稻、小麦和玉米三大主粮的种植结构。采取多种现代化科技手段和管理能力有效提升资源利用率,可帮助巴基斯坦掌握高效可行的种植和管理技术,致力于保证全球粮食安全。

2.3.2 中巴水资源利用效率比较分析

表7是联合国粮农组织公布的中国和巴基斯坦的水资源规模及使用情况,进一步说明了中国水资源利用效率高于巴基斯坦。

“一带一路”沿线国家中,中国和位于南亚的巴基斯坦对比,无论是水资源总量还是地表水、地下水资源,都相对较高^[33]。从降水深度看,巴基斯坦的平均年降水深度约为

⑫ 数据来源于表7中巴两国长期平均降水量之百分比。

表6 中国从巴基斯坦净进口大米的引致虚拟水资源
Table 6 Net imports of rice from Pakistan and related virtual water

年份	中国大米净 进口量/t	净进口中国水资源量/万 m ³				净进口巴基斯坦水资源量/万 m ³			
		绿水	蓝水	灰水	合计	绿水	蓝水	灰水	合计
1988	-750.00	-27.53	-36.53	-8.78	-72.84	-31.58	-177.30	-6.60	-215.48
1989	53017.50	1945.74	2581.95	620.30	5147.99	2232.04	12533.34	466.55	15231.93
1991	6251.25	229.42	304.44	73.14	607.00	263.18	1477.80	55.01	1795.99
1993	-22.50	-0.83	-1.10	-0.26	-2.19	-0.95	-5.32	-0.20	-6.47
1996	15000.00	550.50	730.50	175.50	1456.50	631.50	3546.00	132.00	4309.50
1997	63.75	2.34	3.10	0.75	6.19	2.68	15.07	0.56	18.31
2001	-3.75	-0.14	-0.18	-0.04	-0.36	-0.16	-0.89	-0.03	-1.08
2002	-31.25	-1.15	-1.52	-0.37	-3.04	-1.32	-7.39	-0.28	-8.99
2003	-91.25	-3.35	-4.44	-1.07	-8.86	-3.84	-21.57	-0.80	-26.21
2004	-26.25	-0.96	-1.28	-0.31	-2.55	-1.11	-6.21	-0.23	-7.55
2005	-61.25	-2.25	-2.98	-0.72	-5.95	-2.58	-14.48	-0.54	-17.60
2006	-312.50	-11.47	-15.22	-3.66	-30.35	-13.16	-73.88	-2.75	-89.79
2007	-986.25	-36.20	-48.03	-11.54	-95.77	-41.52	-233.15	-8.68	-283.35
2008	-2106.25	-77.30	-102.57	-24.64	-204.51	-88.67	-497.92	-18.54	-605.13
2009	-3538.75	-129.87	-172.34	-41.40	-343.61	-148.98	-836.56	-31.14	-1016.68
2010	-6613.75	-242.72	-322.09	-77.38	-642.19	-278.44	-1563.49	-58.20	-1900.13
2011	4112.50	150.93	200.28	48.12	399.33	173.14	972.20	36.19	1181.53
2012	715198.75	26247.79	34830.18	8367.83	69445.80	30109.87	169072.98	6293.75	205476.60
2013	514545.00	18883.80	25058.34	6020.18	49962.32	21662.34	121638.44	4528.00	147828.78
2014	499625.00	18336.24	24331.74	5845.61	48513.59	21034.21	118111.35	4396.70	143542.26
2015	547083.75	20077.97	26642.98	6400.88	53121.83	23032.23	129330.60	4814.34	157177.17
2016	868050.00	31857.44	42274.04	10156.19	84287.67	36544.91	205207.02	7638.84	249390.77
2017	331657.50	12171.83	16151.72	3880.39	32203.94	13962.78	78403.83	2918.59	95285.20
累计	3540061.25	129920.23	172400.99	41418.72	343739.94	149036.57	836870.47	31152.54	1017059.58

中国的76%。中巴两国的人均可再生水资源总量虽然都呈下降的趋势，但两国之间的差距却逐年加大，巴基斯坦人均可再生水资源与中国的比值从1992年的0.94下降到2017年的0.64。与此相对应地，巴基斯坦人均年用水量却是中国的2~3倍，说明巴基斯坦的用水过程存在着浪费和不经济，同大多数极度缺乏水资源的地区一样，资源利用效率亟待提高^[34]。巴基斯坦另一项比较突出的数据是农业用水占总量的百分比，不仅绝对值维持在90%的高位，而且从1988年至今，下降幅度很小，两国之间的水资源利用效率存在一个巨大的鸿沟。中国近年的农业用水百分比虽然也不低，达到64%，但相较于1992年83%的高位，降低了19%，这期间还伴随着中国粮食产量逐年攀高。农业用水量减少，粮食产量增加，说明灌溉效率在逐渐提高。无论从全球资源节约的角度还是从巴基斯坦国内用水安全的角度，中国都应加大对巴基斯坦的农业技术输出和扩散，在市场整合的同时，实现资源利用效率同步收敛。节约全球资源，保障用水安全和粮食安全。

表7 中巴两国水资源规模
Table 7 Scale of water resources in China and Pakistan

水资源规模	1988—1992年	1993—1997年	1998—2002年	2003—2007年	2008—2012年	2013—2017年
中国						
长期年平均降水量深度/(mm/年)	645	645	645	645	645	645
长期年平均降水量体积/(10亿m ³ /年)	6192	6192	6192	6192	6192	6192
人均可再生水资源总量/(m ³ /人/年)	2307	2206	2139	2077	2020	1971
农业平均用水量/(10亿m ³ /年)	415	407.7	378.4	360	388	385.2
农业用水量占总用水量百分比/%	83	77.6	68.83	63.01	64.31	64.4
人均年用水总量/(m ³ /人/年)	406.2	408.1	414	417.9	429	415
巴基斯坦						
长期年平均降水量深度/(mm/年)	494	494	494	494	494	494
长期年平均降水量体积/(10亿m ³ /年)	393.3	393.3	393.3	393.3	393.3	393.3
人均可再生水资源总量/(m ³ /人/年)	2170	1912	1706	1539	1387	1253
农业平均用水量/(10亿m ³ /年)	150.6	—	162.7	—	172.4	—
农业用水量占总用水量百分比/%	96.79	—	94.26	—	93.95	—
人均年用水总量/(m ³ /人/年)	1368	—	1193	—	1031	—

注：(1) 数据来源于FAO水资源数据库；(2) “—” 为数据缺失部分。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文基于“一带一路”倡议背景下中国和巴基斯坦2010年7月至2019年12月的大米价格面板数据，构建回归方程，实证检验了中巴两国大米市场的整合程度，分析“一带一路”倡议和“中巴经济走廊”对粮食市场整合的影响，并根据国际粮农组织（FAO）公布的1988—2017年中巴两国大米贸易数据，观测市场整合背后虚拟水土资源的流动，分析贸易带来的资源效率的改变。

实证结果表明：(1) 中巴大米市场已高度整合，且价格存在一个长期均衡。但巴基斯坦大米价格明显比中国高，而且波动比中国剧烈。数据显示，巴基斯坦大米对中国大米的价格弹性为1.097，即中国大米价格上涨10%，巴基斯坦米价会提高10.97%。(2) “一带一路”倡议和“中巴经济走廊”项目的实施带来了巴基斯坦大米7.8%的价格下降，这与前一结论相吻合。在两国大米市场高度整合的条件下，中国粮食市场对巴基斯坦大米价格有调节作用，巴基斯坦大米价格过低时，中国会加大进口，巴基斯坦大米

价格因需求增加而逐步上升;反之价格过高时,中国减少进口,价格逐渐回落。大米价格的下降保障了消费者的粮食安全,有助于消除贫困。(3)中巴大米贸易带来了虚拟水土资源的流动,其中,中国累计从巴基斯坦净进口354万t大米,相当于净进口国内52万hm²、巴基斯坦96.4万hm²耕地;相当于净进口国内34.4亿t、巴基斯坦101.7亿t水资源。(4)中巴两国资源利用效率存在巨大鸿沟,巴基斯坦对水和土地资源利用率相对较低,使用过程存在巨大的浪费。虽然在“一带一路”倡议提出后中巴两国的土地生产效率较之前有所收敛,但效果依然有待加强。提升巴基斯坦的水土资源利用效率可以在世界范围内节约自然资源。

3.2 讨论

贸易自由化和区域经济一体化会通过比较优势带来市场的整合和效率的提升。对于农产品贸易而言,还会带来“虚拟水”和“虚拟土地”等“虚拟资源”的流动。通过国际间的商品贸易,“虚拟资源”打破了空间限制,实现自然资源在地域间流动,重新分配自然资源。但是在粮食贸易中,如果出口国的资源利用效率低下,粮食贸易总体上可能会相对增加水和土地等“虚拟资源”的总量消耗。

主要政策启示可以归纳如下:(1)对于中国—巴基斯坦大米市场整合部分,深度加强两国市场整合,维护两国双向贸易健康发展、国际贸易有序进行,统筹用好国内国外“两种资源、两个市场”,保持中巴国际贸易中粮食价格的调节作用,保证中国粮食安全。充分利用两国经贸往来和中巴两国高度整合的大米市场,减少贸易壁垒和市场扭曲,进一步提高市场整合带来的经济效率,发挥中巴经济走廊对于减少世界饥饿人口,解决粮食不安全的间接作用,有助于惠及贫困和饥饿人口,保障贫困人口的口粮安全。(2)在大米贸易市场已经整合的今天,中国应该加大对巴基斯坦等“一带一路”沿线国家的技术扩散,帮助巴基斯坦克服国内资源利用效率不足的困难,提高土地和水资源的利用效率。(3)虚拟土地和水资源的进口缓解了中国自然资源匮乏的现状,保障了国内粮食安全,同时也保障了整个国民经济健康持续发展所需要的水和土地等稀缺资源。促进市场开放是我国的一项长期国策,应该长期坚持下去。(4)市场整合并没有必然带来资源利用效率的提高。同时也看到两国资源利用效率的巨大鸿沟,虽然在“一带一路”倡议提出后中巴两国的土地生产效率较之前有所收敛,但效果依然有待加强。中国对巴基斯坦等国技术扩散的同时加强国际合作,共同探索提高水土资源利用率的有效途径,解除资源对农业发展的限制,更大范围地消除贫困和饥饿,把从农业节约下来的资源提供给非农部门,为可持续发展提供强有力的支撑,节约全球资源。

中巴应共同挖掘农业水土资源的潜力,发挥自然资源对农业的关键作用,实现市场和资源利用效率的同步收敛。两国进一步加强国际贸易合作,助推农产品市场深度整合,有利于通过粮食市场的稳定实现价格的调节作用,进而成为以节约全球资源解决世界范围内穷人吃饭问题的助推器。这也正是“一带一路”倡议的核心目标^[35]:发挥各国比较优势,实现资源要素自由流动,致力于合作共赢,与世界各国共同打造人类命运共同体、利益共同体和责任共同体。

参考文献(References):

- [1] 国家发展改革委,外交部,商务部.推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动.人民日报,2015-03-29(004). [NDRC, MFA, MC. Vision and actions to promote the joint construction of the Silk Road Economic

- Belt and the 21st-Century Maritime Silk Road. *People's Daily*, 2015-03-29(004).]
- [2] 张耀铭. 中巴经济走廊建设: 成果、风险与对策. 西北大学学报: 哲学社会科学版, 2019, 49(4): 14-22. [ZHANG Y M. Construction of China-Pakistan Economic Corridor: Result, risks and counter-measures. *Journal of Northwest University: Philosophy and Social Sciences Edition*, 2019, 49(4): 14-22.]
- [3] SHIUE C H, KELLER W. Markets in China and Europe on the eve of the industrial revolution. *The American Economic Review*, 2007, 97(4): 1189-1216.
- [4] 于晓华. 以市场促进农业发展: 改革开放40年的经验和教训. 农业经济问题, 2018, (10): 8-13. [YU X H. Promoting agricultural development via marketing: Experience and lessons since 40 years of reform and opening-up. *Issues in Agricultural Economy*, 2018, (10): 8-13.]
- [5] 全世文, 于晓华. 中国农业政策体系及其国际竞争力. 改革, 2016, (11): 130-138. [QUAN S W, YU X H. China's agricultural policy system and its international competitiveness. *Reform*, 2016, (11): 130-138.]
- [6] MAHMOOD T, YU X H, KLASSEN S. Do the poor really feel poor? Comparing objective poverty with subjective poverty in Pakistan. *Social Indicators Research*, 2019, 142(2): 543-580.
- [7] 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. 管理世界, 2010, (9): 76-87, 187. [LIU H M, LI G J, WANG K Q. A study on the determinants of the agricultural virtual water trade between China and other countries. *Management World*, 2010, (9): 76-87, 187.]
- [8] 孙才志, 刘玉玉, 张蕾. 中国农产品虚拟水与资源环境经济要素的时空匹配分析. 资源科学, 2010, 32(3): 512-519. [SUN C Z, LIU Y Y, ZHANG L. Analysis on the spatial-temporal matching of crops virtual water versus resources-environment-economy factors in China. *Resources Science*, 2010, 32(3): 512-519.]
- [9] 孙才志, 张蕾. 中国农产品虚拟水—耕地资源区域时空差异演变. 资源科学, 2009, 31(1): 84-93. [SUN C Z, ZHANG L. Changes in spatial and temporal differences of agricultural product virtual water versus cultivated land in China. *Resources Science*, 2009, 31(1): 84-93.]
- [10] DALIN C, HANASAKI N, QIU H G, et al. Water resources transfers through Chinese interprovincial and foreign food trade. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, 111(27): 9774-9779.
- [11] CHAPAGAIN A K, HOEKSTRA A Y. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. *Ecological Economics*, 2010, 70(4): 749-758.
- [12] ENGLE R F, GRANGER C W J. Co-integration and error correction: Representation, estimation and testing. *The Econometric Society*, 1987, 55(2): 251-276.
- [13] 于晓华, 武宗励, 周洁红. 欧盟农业改革对中国的启示: 国际粮食价格长期波动和国内农业补贴政策的关系. 中国农村经济, 2017, (2): 84-96. [YU X H, WU Z L, ZHOU J H. The Implications of the reform of common agricultural policy in the EU for China: The relationship between long-term international grain price fluctuations and domestic agricultural subsidies. *Chinese Rural Economy*, 2017, (2): 84-96.]
- [14] TIAN X, BRUCKNER M, GENG Y, et al. Trends and driving forces of China's virtual land consumption and trade. *Land Use Policy*, 2019, 89, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104194>.
- [15] 于晓华, 钟晓萍, 张越杰. 农村土地政策改革与城乡融合发展: 基于中央“一号文件”的政策分析. 吉林大学社会科学学报, 2019, 59(5): 150-162, 222-223. [YU X H, ZHONG X P, ZHANG Y J. Rural land policy and the reconstruction of urban-rural dual economic structure: Evolution of rural land policy in the No.1 Central Document. *Jilin University Journal Social Sciences Edition*, 2020, 59(5): 150-162, 222-223.]
- [16] 钟晓萍, 于晓华, 唐忠. 地权的阶级属性与农地“三权分置”: 一个制度演化的分析框架. 农业经济问题, 2020, (7): 47-57. [ZHONG X P, YU X H, TANG Z. The class attributes of rural land tenure and institutional evolution of the separation of "three rights" for agricultural land. *Issues in Agricultural Economy*, 2020, (7): 47-57.]
- [17] 于晓华, 钟晓萍. 马克思产权理论视域下的地权属性研究. 江南大学学报: 人文社会科学版, 2020, 19(4): 49-55, 76. [YU X H, ZHONG X P. Rural land tenure from the perspective of Marx's property rights theory. *Journal of Jiangnan University: Humanities & Social Sciences*, 2020, 19(4): 49-55, 76.]
- [18] WEINZETTEL J, HERTWICH E G, PETERS G P, et al. Affluence drives the global displacement of land use. *Global Environmental Change*, 2013, 23(2): 433-438.
- [19] BOSIRE C K, KROL M S, MEKONNEN M M, et al. Meat and milk production scenarios and the associated land foot-

- print in Kenya. *Agricultural Systems*, 2016, 145: 64-75.
- [20] 张文丽, 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. *自然资源学报*, 2013, 28(8): 1289-1297. [ZHANG W L, LIU A M, CHENG S K, et al. Quantification of virtual land resources in China's crop trade. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(8): 1289-1297.]
- [21] 刘玉洁, 代粮, 张婕, 等. 资源承载力监测: 以西藏“一江两河”地区为例. *自然资源学报*, 2020, 35(7): 1699-1713. [LIU Y J, DAI L, ZHANG J, et al. Research on monitoring resource carrying capacity: Taking Three-Rivers Region in Tibet as an example. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(7): 1699-1713.]
- [22] ALLAN J A. *Virtual water: A long term solution for water short middle eastern economies?*. British: University of Leeds, 1997.
- [23] 程国栋. 虚拟水: 中国水资源安全战略的新思路. *中国科学院院刊*, 2003, 18(4): 260-265. [CHENG G D. Virtual water-a strategic instrument to achieve water security. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2003, 18(4): 260-265.]
- [24] HAN M Y, CHEN G Q. Global arable land transfers embodied in Mainland China's foreign trade. *Land use Policy*, 2018, 70: 521-534, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.022>.
- [25] 于晓华, 郭沛. 农业经济学学科危机及未来发展之路. *中国农村经济*, 2015, (8): 89-96. [YU X H, GUO P. The crisis of agricultural economics and its future development. *Chinese Rural Economy*, 2015, (8): 89-96.]
- [26] 田旭, 于晓华, 张晓恒. 中国粮食生产潜能分析: 一个基于“俱乐部收敛”的视点. *浙江大学学报: 人文社会科学版*, 2016, 46(5): 112-128. [TIAN X, YU X H, ZHANG X H. Grain output potential in China: A perspective from club convergence. *Journal of Zhejiang University: Humanities and Social Science*, 2016, 46(5): 112-128.]
- [27] KELLER W. Geographic localization of international technology diffusion. *The American Economic Review*, 2002, 92 (1): 120-142.
- [28] HAYAMI Y, RUTTAN V W. *Agricultural Development: An International Perspective (Revised and Expanded)*. Baltimore MD, and London: Johns Hopkins University Press, 1985.
- [29] 刘畅, 付磊. 信息技术、数据要素与乡村治理体系和治理能力现代化研究. *江南大学学报: 人文社会科学版*, 2020, 19(4): 67-76. [LIU C, FU L. Information technology, data elements and modernization of rural governance system and governance capacity. *Journal of Jiangnan University: Humanities & Social Sciences*, 2020, 19(4): 67-76.]
- [30] 葛良胜, 夏锐. 自然资源综合调查业务体系框架. *自然资源学报*, 2020, 35(9): 2254-2269. [GE L S, XIA R. Research on comprehensive investigation work system of natural resources. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(9): 2254-2269.]
- [31] 唐利群, 周洁红, 于晓华. 采用保护性耕作对减少水稻产量损失的实证分析: 基于4省1080个稻农的调研数据. *自然资源学报*, 2017, 32(6): 1016-1028. [TANG L Q, ZHOU J H, YU X H. The impact of conservation tillage on reduction in rice yield loss: Evidence from 1080 Chinese rice farmers. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(6): 1016-1028.]
- [32] 金涛. 中国粮食作物种植结构调整及其水土资源利用效应. *自然资源学报*, 2019, 34(1): 14-25. [JIN T. The adjustment of China's grain cropping structure and its effect on the consumption of water and land resources. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(1): 14-25.]
- [33] 杨艳昭, 封志明, 孙通, 等. “一带一路”沿线国家水资源禀赋及开发利用分析. *自然资源学报*, 2019, 34(6): 1146-1156. [YANG Y Z, FENG Z M, SUN T, et al. Water resources endowment exploitation and utilization of countries along the Belt and Road. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(6): 1146-1156.]
- [34] 魏怡然, 邵玲, 张宝刚, 等. 北京市虚拟水消费与贸易. *自然资源学报*, 2019, 34(9): 1962-1973. [WEI Y R, SHAO L, ZHANG B G, et al. Virtual water consumption and trade of Beijing. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(9): 1962-1973.]
- [35] 孟祥麟. 为共同发展的梦想插上翅膀. *人民日报*, 2016-02-02(003). [MENG X L. Wings for the dream of common development. *People's Daily*, 2016-02-02(003).]

Market integration and virtual flow of resources under the background of international food trade: Evidence from China-Pakistan rice market

YU Xiao-hua¹, LIU Chang², ZHANG Guo-zheng³

(1. Department of Agricultural Economics and Rural Development, University of Goettingen, Goettingen 37073,

Germany; 2. School of Economics and Management, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

3. School of Business, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Trade liberalization and regional economic integration will not only lead to market integration and efficiency improvement through comparative advantages, but also produce transaction of "virtual resources", such as "virtual water" and "virtual land". Based on the time series model, and the food trade and prices data covering China and Pakistan, this paper first examines the degree of food market integration of the two countries. Secondly, we calculate the net flow of virtual water and virtual land resources accompanied by the rice trade, and analyze changes in resource efficiency. The results showed that: (1) The rice market between China and Pakistan has been highly integrated, but the price of rice in Pakistan is more fluctuant than that in China, and the price elasticity of rice in Pakistan is 1.097 with respect to that of China. This means that if rice price in China increases by 10%, the one in Pakistan will increase by 10.97%. Since the launch of the Belt and Road Initiative, rice price in Pakistan has fallen by 7.8%, which increases the welfare of the poor. (2) After 1988, China had net imports of 3.54 million tons of rice from Pakistan in total, equivalent to 520000 hectares of domestic cultivated land, or 964000 hectares of agricultural land in Pakistan, 3.44 billion tons of domestic water or 10.17 billion tons of water in Pakistan. The empirical results indicate a great difference in the utilization efficiency of land and water resources between China and Pakistan. Although the utilization efficiency of nature resources has been converging after the implementation of the B&R Initiative and the China-Pakistan Economic Corridor Project, the converging speed is not high enough. China should continue to promote the technology spillover to Pakistan and other B&R Initiative countries, help them overcome difficulties in raising low resources utilization efficiency, and increase the yield of rice to finally achieve the convergence of resource utilization efficiency. In global viewpoint, this not only ensures food security, but also saves natural resources, which is in line with the core goal of B&R Initiative: to make full use of comparative advantages in cooperating countries, to achieve free flow of factors and win-win cooperation, and finally build a community with a shared future, interests and responsibilities for mankind.

Keywords: the Belt and Road; China-Pakistan Economic Corridor; Pakistan; rice; market integration; virtual resources