

中美大豆贸易：虚拟资源与粮食安全

刘畅¹ 黄莹莹² 于晓华³

(1. 吉林财经大学, 吉林 长春 130117; 2. 南京财经大学, 江苏 南京 210023;

3. 哥廷根大学, 德国 哥廷根, 37073)

摘要: 中国人均自然资源占有量不足, 粮食消费需求的刚性增长与自然环境对粮食生产的刚性约束将使粮食在长期内处于紧平衡的状态。大豆的大量进口相当于进口了大量虚拟水土资源, 减少了保障粮食安全对生态的压力, 为城市化和非农发展提供了资源支撑。本文研究发现, 中美两国大豆市场已经整合, 中国大豆价格与美国大豆价格趋同; 2022 年从美国净进口大豆所需中国种植面积为 2.2 亿亩, 约是吉林省和河南省耕地面积总和, 占中国耕地面积的 15%; 所需中国水资源当量占农业用水的比例在 20% 以上, 仅略低于工业用水量; 土地资源自给率呈大幅下降态势, 2016 年降至 28%; 尽管中美大豆价格已经整合, 但是资源利用效率没有收敛。现阶段中国没有如此大规模水土资源的额外来源, 也无法从其他国家获得与美国等量的大豆供给, 因而不具备完全放弃从美国进口大豆的条件。中美大豆市场的整合也使得两国大豆市场形成相互依赖关系, 减缓了中美在政治和经济等领域对抗的紧张度, 促进了国际和平发展。

关键词: 大豆贸易; 虚拟资源; 粮食安全; 市场整合; 资源自给水平

中图分类号: F742

文献标识码: A

文章编号: 1006-1894 (2026) 02-0042-12

一、引言

中长期看, 水资源短缺和土壤退化是影响中国粮食安全最重要的资源环境因素(于晓华等, 2012; 黄季焜, 2021), 供应链的安全和稳定则是影响中国粮食安全的重要战略因素(程国强, 2023)。中国政府始终将粮食安全置于政策决策的首要位置(Yu et al., 2020), 为保证国内粮食安全做出了一系列战略部署。在相关政策作用下, 中国粮食生产得到平稳发展, 口粮自给率达到 100% 以上、谷物自给率在 95% 以上, 实现了谷物基本自给、口粮绝对安全的政策目标(陈锡文, 2024; 钟晓萍和于晓华, 2023)。与此同时我们也注意到, 全国范围内的饲用粮需求已经超过口粮需求; 大豆作为蛋白饲料的主要原料, 进口数量在 2020 年突破 1 亿吨后, 基本维持在这个水平, 位居世界第一, 约占世界大豆出口总量的 60%, 而排名第二的国家仅占 3%。这个进口数量意味着, 世界大豆出口量最多的两个国家(美国约占 36%, 巴西约占 50%, 总和约占全球总量的 86%) 中的任何一个都无法独自满足中国的全部大豆进口需求。可见中国的大豆消费需求主要通过国际市场保障供给(田旭等, 2016; 杨崑等, 2023)。

中国大豆进口数量从 2005 年开始呈现快速增长的态势(图 1), 一是因为中国居民膳食营养结构升级, 对肉蛋奶等动物性食品的需求直接拉动了对大豆的需求; 二是因为中国城市化进程加快, 城市建设用地需求加大(钟晓萍和于晓华, 2021; 王汉杰等, 2021), 现有土地资源仍无法完全兼

作者简介: 刘畅, 吉林财经大学统计与数据科学学院讲师, 管理学博士, 研究方向: 农业经济学、机器学习; 黄莹莹, 南京财经大学经济学院讲师, 经济学博士, 研究方向: 食物消费与营养健康; 于晓华, 德国哥廷根大学农业经济与农村发展系教授, 博士, 研究方向: 农业经济学、机器学习、发展经济学、环境经济学。

基金项目: 吉林省教育厅人文社科优秀青年项目“吉林省黑土地保护预测研究”(项目编号: JJKH20260477SK); 吉林财经大学博研培优专项项目“粮食安全视角下东北黑土地保护预测研究”(项目编号: 2024TS019)。

顾城市建设用地和农业生产用地,土地资源对粮食安全、国家安全、生态安全的影响更加突出。此外,中国水土资源有限,不仅南北分布严重不均,而且粮食主产区多位于水资源匮乏的北方,北方6区^①的水资源总量仅占全国水资源总量的22%,粮食主产区分布与水资源丰俭方向相反,仅依靠国内市场无法满足全部的食物消费需求。高位大豆进口的背后是有限的农业水土资源自给,即国内有限的淡水和耕地资源对粮食生产存在环境刚性约束(刘畅和于晓华,2023),保证口粮谷物等食物的高自给率后,已无更多水土资源有效支撑大豆的消费需求。换言之,大豆的低自给率和农业的水土资源低自给水平共同支撑了中国口粮谷物等食物的高自给率。

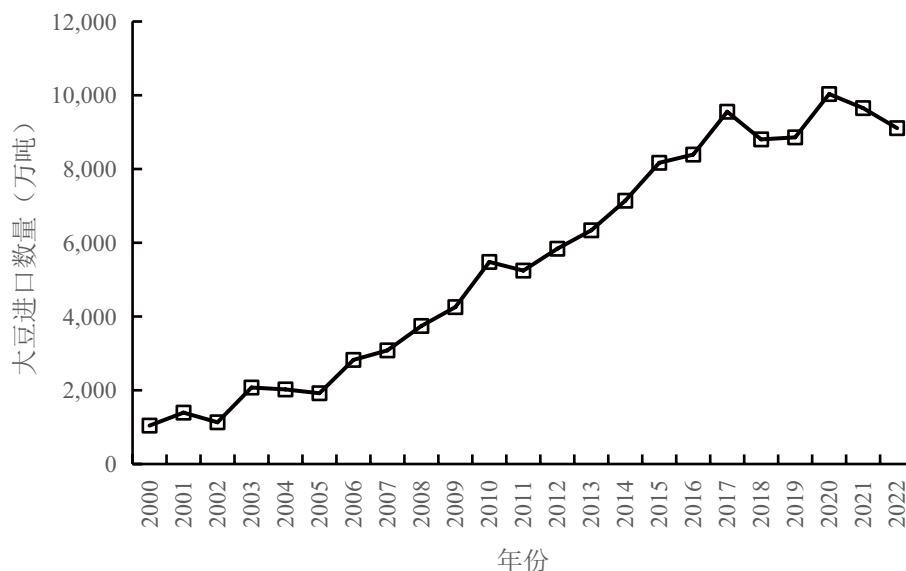


图1 2000~2022年中国进口大豆数量

数据来源:作者根据FAO数据整理。

中国淡水资源和耕地资源总量不足,分别只占全球的5%和9%(黄季焜,2021),由于水土流失、土壤肥力下降、自然灾害频发等环境问题,生态承载能力正在减弱。同时,伴随中国现代化进程的推进,农业将转向高质量发展(于晓华等,2021c),居民食物消费呈现结构升级的特征,对肉蛋奶的消费持续增加直接拉动粮食需求的持续上涨(于晓华等,2023),形成刚性增长。粮食消费需求的刚性增长与自然环境对粮食生产的刚性约束,使中国粮食将在长期内处于紧平衡的状态(于晓华等,2021a;于晓华,2018)。

对此,“统筹好国内国际两个市场两种资源”成为完善市场的顶层设计,旨在增强资源配置能力,推动供应链升级,保障大豆等必要农产品的稳定供给。除自然资源约束外,从供给来看,全球大豆供给有限且主要集中在几个国家。以2022年为例,联合国粮农组织数据显示,大豆出口量排名前二的美国和巴西占全球比重高达86%,排名第三的阿根廷仅占3%,排名前10的国家占出口总量的比重约为99%。这意味着,在大豆供给非常集中的国际趋势下,美国和巴西大豆出口市场中的任何一个哪怕出现细微供给上的不确定性,都可能严重波及中国的大豆供给,甚至进一步影响中国动物性产品的供给保障。从自然资源淡水和耕地角度而言,大豆贸易不仅表现为大豆在空间上的移动,还伴随着虚拟水土资源的进口。中国作为大豆进口国,进口大豆就相当于进口了种植该数量大豆所

^① 全国共10个水资源一级区,包括北方6区和南方4区,其中北方6区指的是松花江区、辽河区、海河区、黄河区、淮河区、西北诸河区,南方4区指的是长江区、东南诸河区、珠江区、西南诸河区。

需的淡水资源和土地资源，从而实现了虚拟资源从资源充足的美国向资源短缺的中国转移。因此，合理利用“两个市场、两种资源”在当今复杂的国际形势下更有现实意义。

然而，在全球地缘政治冲突越来越激烈的今天，中美贸易摩擦加剧且频繁，为大豆等关键农产品的稳定供给带来了诸多的不确定性，需探究复杂国际形势下中国粮食安全政策的着力点。从美国进口的大豆数量需要多大规模的淡水和土地资源才能生产？如果不从美国进口，中国是否能保证这些自然资源的额外供给？大豆进口从美国转向其他国家是否可行？如何在复杂的国际形势下统筹利用好国内国际两个市场两种资源？以上均是摆在眼前的现实问题。整合的市场会促进资源的流动、提高资源利用效率，通过检验中美两国大豆市场的整合程度，可有助于分析两国资源流动重要性。此外，农业技术进步或将成为解决水土资源刚性约束与粮食需求刚性增长兼容问题的重要路径。美国作为一个农业强国，其技术扩散会进一步带来市场整合和资源效率的提升（于晓华等，2021b；Ma et al., 2023），中美两国长期大宗大豆贸易很可能使两国大豆市场已经整合，但是两国大豆市场是否也实现技术收敛还需进一步检验。鉴于此，本文以中美大豆贸易为研究对象，首先检验中美大豆市场的整合情况，其次测度大豆进口引致的虚拟水土进口规模，并检验大豆贸易是否带来了两国的技术收敛，最后分析新形势下中国粮食安全政策的着力点。

著名哲学家康德在 1795 年就指出，“紧密的贸易关系会带来和平效果”，这就是所谓的“商业的精神”（The Spirit of Commerce）（Kante, 2007；Doyle, 1983）。中国需要大量的大豆保障粮食安全，并减少国内水土资源消耗的压力；美国需要出口大量的大豆增加农民收入，稳定农村发展。中美大豆贸易给两国都带来福利增加。中美大豆市场的紧密贸易关系会给现在不确定的中美关系带来一定的稳定作用。

二、中美大豆贸易与市场整合

中国与美国农产品贸易体量较大（表 1），从美国进口的农产品约占中国农产品进口总量的 1/4。在市场机制作用下，长期大宗农产品贸易会促进市场整合。

表 1 中国与美国进出口农产品比较（2022 年）

中国从美国进口（价值在 10 亿美元以上部分）		中国向美国出口（价值在 1 亿美元以上部分）	
项目	价值 / 千美元	项目	价值 / 千美元
大豆	19,108,342	未分类的食品制剂	893,263
玉米	5,284,036	未分类的天然有机质	820,199
棉绒	3,050,929	未分类的调制水果	550,268
高粱	2,387,943	脱水蔬菜	304,701
新鲜或冷藏的去骨牛肉	1,523,412	用于零售的狗粮或猫粮	267,171
新鲜或冷藏的鸡肉	1,226,094	糖果	243,374
未分类的食品制剂	1,182,439	腌制蔬菜（不含醋）	213,167
		苹果汁	156,633
		冷冻蔬菜	116,307
		干果	115,435
合计	33,763,195	合计	3,680,518

数据来源：作者根据 FAO 数据整理计算。

如果中美大豆市场是整合的，那么市场出现套利空间后，市场价格会伴随商品的流动而彼此联动，即市场是富有效率的。推动价格整合的因素便是市场之间的贸易往来和套利行为。如果两国的大豆价格是非平稳的，那么中美大豆价格之间应该存在协整关系，表示为：

$$\ln(P_{China})=\alpha+\beta\ln(P_{US})+\varepsilon_t$$

(1)

（一）由事实推断协整关系

协整关系表示的是价格序列之间的长期关系。式（1）中 P_{China} 和 P_{US} 分别代表中国和美国的大豆价格。其中，中国的大豆价格数据为黑龙江省国产大豆价格的日度数据。黑龙江省是中国大豆的主产区，是国内食用大豆的主要来源地，因此本文使用黑龙江省的大豆价格代表中国国内大豆价格水平。美国的大豆价格数据为美湾大豆价格日度数据，本文使用此价格数据代表美国大豆的价格水平。价格数据来源于 wind 数据库，时间跨度为 2007 年 1 月至 2023 年 12 月，共有 4,112 个观测值，这是我们能获得的时间跨度最长的高频数据。图 2 所示为中国与美国大豆价格走势对比图，从价格水平上看，中国大豆价格在绝大多数情况下都高于美国大豆价格，价格长期倒挂，这既与种植技术相关，也与大豆品种有关；从波动水平上看，2013 年以前美国大豆价格的波动程度更加剧烈，2013 年以后，两国大豆的波动程度近乎相同；从协同程度上看，两国大豆价格走势近乎一致。如果两国大豆价格序列都是同阶单整的，那么根据以上情况直观推断，两国大豆价格大概率存在协整关系。

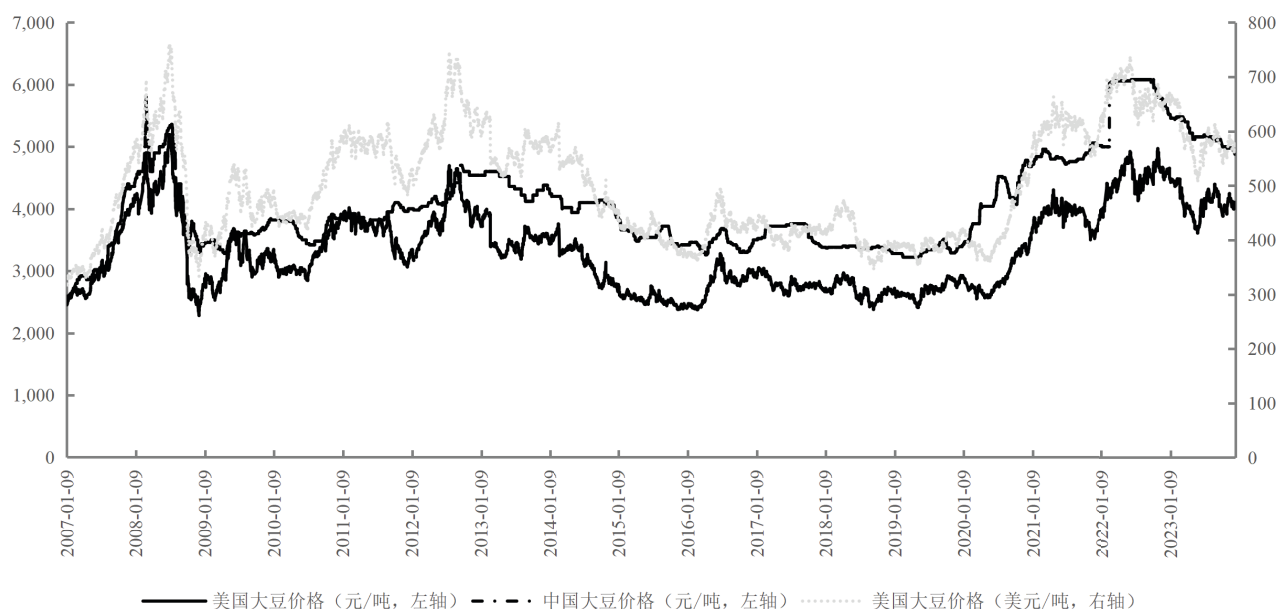


图 2 中国和美国大豆价格

数据来源：作者根据 wind 数据库中中美两国大豆价格整理。

（二）由实证检验协整关系

为验证上述推断，需要借助计量方法。计量结果进一步验证了中美两国大豆价格存在协整关系。表 2 汇报了两种检验方法下中美大豆价格序列的单位根检验结果。ADF 检验无法拒绝中美两国大豆价格序列存在单位根的原假设，KPSS 检验拒绝了两国大豆价格序列都平稳的原假设，说明两国大豆价格都是不平稳序列。进一步来看，我们对两国大豆价格序列进行一阶差分，ADF 检验拒绝了一阶差分后两国大豆价格序列存在单位根的原假设，KPSS 检验没能拒绝差分后平稳的原假设。说明一阶差分后的大豆价格为平稳序列。ADF 的检验结果和 KPSS 的检验结果一致，说明中美两国大豆价格都是一阶单整的时间序列，满足协整的基本条件。

进一步来看，协整检验的结果表明中美大豆价格的确存在协整关系。表 3 汇报了 Johansen

表 2 中美大豆价格的单位根检验

变量	ADF 检验值	KPSS 检验值
$\ln(\text{美国大豆价格})$	-2.427	3.922 ^{***}
$\ln(\text{中国大豆价格})$	-2.382	8.226 ^{***}
$\ln(\text{美国大豆价格})$ 的一阶差分	-15.345 ^{***}	0.072
$\ln(\text{中国大豆价格})$ 的一阶差分	-14.16 ^{***}	0.194

注：（1）数据来源于作者使用 R 软件的计算结果；（2）***、**、* 分别代表 1%、5% 以及 10% 统计显著性。

协整检验的结果，在 1% 的显著性水平拒绝了不存在协整关系的原假设，但无法拒绝存在 1 个协整关系的原假设。协整意味着中美之间的大豆价格存在一个长期均衡关系，长期关系回归结果表示为：

$$\ln(P_{China})=0.849+0.923\ln(P_{US}) \tag{2}$$

式（2）回归结果表明，中国大豆市场价格相对于美国大豆市场的价格弹性为 0.923，即美国大豆价格上涨 100%，中国大豆市场价格将上涨 92.3%，说明两国大豆价格变动幅度非常接近，中国大豆价格变动与美国大豆市场趋同，这一点与图 2 显示的价格波动强弱是一致的。

表 3 中美大豆价格的协整检验结果

H_0	迹检验		最大特征值检验	
	检验值	显著性水平	检验值	显著性水平
$r=0$	35.72	1%	30.11	1%
$r \leq 1$	5.61	10%	5.61	10%

注：数据来源于 R 软件计算结果。

基于上述计量检验结果和中美两国大豆大宗贸易的经济事实，我们推断中国和美国的大豆市场是整合的，两国大豆价格也因此存在长期均衡。从经济事实角度看，一直以来，中国从美国进口的大豆总量大、占比高，是美国最大的农产品出口市场，从美国进口的农产品总量占进口农产品的 1/4，而且大豆是中国从美国进口的数量和金额最大的农产品（表 1）。换言之，两国大豆价格表现出的近乎一致的价格变动趋势并非偶然，是两国的大豆贸易推动了价格变动的高度一致性。从实证检验角度看，两国大豆价格序列的单位根检验和协整检验表明两国大豆价格存在协整关系（表 3），协整关系表明中美大豆价格存在长期均衡，当价格脱离长期均衡时，出现套利空间，市场通过贸易实现价格调整，于是价格由此再次回到均衡状态。

无论从经济事实还是从实证检验的角度看，中美大豆市场都已经整合，中国大豆市场价格与国际市场趋同，国际市场的冲击也更容易影响中国大豆价格。整合的市场是富有效率的，可实现资源的自由流动，引致虚拟水土的国际贸易。

中美大豆市场的整合使得中美市场形成了一种相互依赖关系，这会给中美紧张的政经关系带来一定的和平和稳定效果。中国需要进口美国大豆保障国内粮食安全，减少国内资源压力；美国需要出口大豆保障中西部农民的收入以及农业的竞争力。

三、中美大豆贸易中的虚拟水和虚拟土地贸易测算

（一）虚拟水和虚拟土地

虚拟水是指生产商品和服务所需要的水资源数量（刘红梅等，2010；Allan，1997），是嵌入商品中的非物理形态的水，常出现于跨地区的国际农产品贸易，它连接了水资源、农产品和农产品贸易。通过国际贸易，水资源以虚拟水的形式实现了资源的空间移动，弥补了局部地区因自然资源匮乏造成的短板，为一些地区解除因缺水带来的限制。从国内看，中国粮食主产区分布与南北水量分布丰俭方向相反；从国际上看，中国人均水资源占有量不足美国的 1/4。国际国内两个市场都存在资源拥有与消耗之间不平衡的问题，因此需要整合的市场，以贸易实现资源再分配，保障粮食安全和生态安全。

与虚拟水类似，虚拟土地指的是用于生产商品、提供服务的土地资源量（于晓华等，2021b；Weinzettel et al.，2013），引申定义为隐含在农产品进出口中“看不见”的耕地资源数量（Würtenberger，2006；Wichelns，2001），并非物理形态上的土地，依托于国际农产品贸易而存在。虚拟土地反映了国际农产品贸易中携带的耕地数量，也反映了某地区对土地资源的依赖程度（Bosire et al.，2016）。近年来，中国虚拟土地进口量持续呈上升态势（任玉霜等，2020），有研究发现，同等进口数量的农产品如果在中国种植，需要占用 30.8% 的土地（Tian et al.，2019）。其中，大

豆作为主要的进口农产品，其所携带的虚拟土地进口量在粮食贸易虚拟土地进口总量中的比例达到90%以上（曹冲等，2022），虚拟土地的进口量相当可观。

考虑到土地和淡水资源的稀缺性，中国一直在合理利用国内国际两个市场、两种资源（于晓华等，2021b）。世界银行的数据显示，2022年中国农产品进口数量占全球农产品进口总量比例增长至11.95%，这一比例与世界贸易组织成立初期美国所占比例11.32%基本持平，已成为全球最大的农产品进口国。虚拟水土进口有效缓解了中国资源环境约束与粮食消费需求增长之间的矛盾。

（二）虚拟土地贸易测算及资源利用效率对比

本文收集了中美两国大豆年贸易量和各自大豆单产水平，以测算两国之间的虚拟土地贸易量。虚拟土地进口的测算基于以下前提假设：大豆是未经加工的、不包含豆油等加工产品且不考虑进口再出口。1987~2022年中国从美国净进口大豆量变化如图3所示，两国因大豆进出口贸易而产生的虚拟土地贸易规模汇报在表4。为保持数据的一致性，大豆的进出口数量以中国为报告国呈现。

从大豆净进口数量看，1995年世界贸易组织成立以前，中国从美国净进口大豆数量处于非常低的水平，1996年开始呈波动式上升，2006年净进口量陡升，进入持续快速增长期，2010年已飙升至2,358万吨，随后开始震荡式上升，在2016年达到最高值3,414万吨。这一数额是1996年的39.7倍，是2006年的3.47倍。2018年由于中美贸易摩擦进口数量骤减，2021年再次恢复到3,229万吨的高位水平。

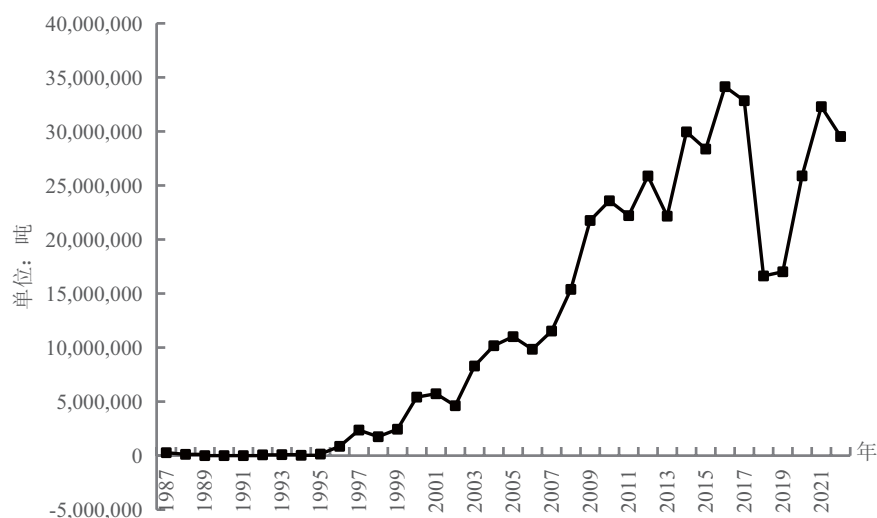


图3 1987~2022年中国从美国净进口大豆变化

与此相应，从美国进口大豆所需的中国耕地面积随之扩大。2006年以前从美国进口的大豆总量相当于中国5.6亿亩耕地（约是黑龙江省耕地面积的2倍）的产量（表4）。2006年后，尽管由于环保政策出台、非洲猪瘟盛行、中美贸易摩擦加剧等多重因素作用（黄季焜，2021），但从美国净进口的大豆仍保持在1,600万吨以上。仅2022年，从美国净进口的大豆数量就相当于进口了2.2亿亩中国的耕地，这一面积约是吉林省与河南省耕地面积的总和。从美国进口大豆引致的中国耕地进口当量占中国耕地总面积的比重在2009年突破了10%，除2018年中美两国贸易摩擦加剧外，占比始终在15%左右波动。这意味着，在维持国内食物消费结构不变的前提下，如果取消从美国进口大豆，那么中国需要额外补充15%的耕地才能满足国内的大豆消费需求。当然，从其他国家补充这部分供给也不失为一种解决方案，但是从全球大豆贸易结构看，巴西的大豆出口量并不能满足中国全部的大豆需求，而且美国和巴西占据了全球86%的大豆出口，其他国家的大豆出口总和也无法

补齐丧失的供给，因此由其他国家完全替代美国大豆供给的可能性也变得非常微弱。

表 4 中美大豆贸易引致虚拟土地进口及土地资源自给率

年份	净进口大豆 (万吨)	中国大豆单产 (吨/公顷)	美国大豆单产(吨/公顷)	净进口大豆所需中国种植面积 (万亩)	净进口大豆所需美国种植面积 (万亩)	中国耕地面积 (万亩)	进口大豆所需中国种植面积占耕地面积比例(%)	中国大豆种植面积 (万亩)	中国大豆种植面积自给率(%)
1987	27.21	1.44	2.28	282.90	179.10	180,300.00	0.16	12,667.35	97.82
1988	11.90	1.43	1.82	124.50	98.25	181,350.00	0.07	12,179.55	98.99
1989	0.00	1.27	2.18	0.00	0.00	183,300.00	0.00	12,085.95	100.00
1990	0.00	1.46	2.29	0.00	0.00	185,700.00	0.00	11,339.40	100.00
1991	0.00	1.38	2.30	0.00	0.00	187,312.50	0.00	10,561.50	100.00
1992	7.13	1.43	2.53	75.00	42.30	184,350.00	0.04	10,831.50	99.31
1993	9.07	1.62	2.19	84.00	61.95	181,950.00	0.05	14,181.30	99.41
1994	3.12	1.73	2.78	27.00	16.80	181,050.00	0.01	13,832.70	99.81
1995	14.39	1.66	2.38	129.90	90.90	179,370.00	0.07	12,190.05	98.95
1996	85.97	1.77	2.53	728.40	510.30	179,008.50	0.41	11,206.05	93.90
1997	236.65	1.77	2.62	2,011.05	1,356.75	178,558.88	1.13	12,519.30	86.16
1998	174.83	1.78	2.62	1,471.20	1,002.15	178,559.25	0.82	12,750.30	89.66
1999	244.40	1.79	2.46	2,049.00	1,488.15	178,559.63	1.15	11,942.85	85.36
2000	541.37	1.66	2.56	4,904.70	3,170.40	178,560.00	2.75	13,959.30	74.00
2001	572.54	1.62	2.66	5,285.70	3,223.95	179,450.77	2.95	14,222.55	72.91
2002	461.75	1.89	2.56	3,659.10	2,709.15	180,041.53	2.03	13,079.40	78.14
2003	829.28	1.65	2.28	7,525.65	5,463.15	180,332.30	4.17	13,969.35	64.99
2004	1,017.05	1.81	2.84	8,406.30	5,370.75	180,623.07	4.65	14,383.35	63.11
2005	1,100.94	1.70	2.90	9,688.50	5,702.10	180,988.83	5.35	14,386.20	59.76
2006	984.18	1.62	2.88	9,107.70	5,122.95	181,504.60	5.02	13,956.60	60.51
2007	1,152.86	1.45	2.81	11,896.65	6,161.25	181,420.37	6.56	13,130.70	52.47
2008	1,538.37	1.70	2.67	13,551.60	8,636.70	181,786.13	7.45	13,690.65	50.26
2009	2,175.89	1.63	2.96	20,021.10	11,028.30	182,076.90	11.00	13,784.70	40.78
2010	2,358.24	1.77	2.92	19,971.60	12,096.45	180,198.45	11.08	12,773.70	39.01
2011	2,220.97	1.84	2.82	18,143.25	11,800.20	178,020.00	10.19	11,832.75	39.47
2012	2,587.78	1.81	2.69	21,393.75	14,447.70	175,991.55	12.16	10,757.55	33.46
2013	2,216.02	1.76	2.96	18,886.50	11,224.20	174,563.10	10.82	10,186.50	35.04
2014	2,995.87	1.79	3.20	25,141.50	14,053.20	173,404.65	14.50	10,199.85	28.86
2015	2,837.07	1.81	3.23	23,493.45	13,179.75	172,306.20	13.63	9,759.15	29.35
2016	3,414.21	1.80	3.49	28,402.80	14,659.05	170,177.75	16.69	10,803.45	27.56
2017	3,284.49	1.85	3.31	26,579.25	14,869.50	167,450.40	15.87	12,367.20	31.75
2018	1,662.71	1.90	3.40	13,140.45	7,336.20	165,728.70	7.93	12,619.20	48.99
2019	1,701.41	1.95	3.19	13,113.30	8,006.55	163,433.25	8.02	13,997.55	51.63
2020	2,588.59	1.98	3.43	19,577.85	11,311.50	163,132.20	12.00	14,823.75	43.09
2021	3,229.48	1.95	3.48	24,811.65	13,923.30	162,450.90	15.27	12,623.10	33.72
2022	2,953.11	1.98	3.33	22,366.35	13,299.15	161,807.85	13.82	15,365.55	40.72
累计	45,238.82	—	—	376,051.65	221,642.10	—	—	—	—

数据来源：作者根据 FAO 数据库、EPS 数据平台数据整理计算。

从农业自然资源角度看，中国土地资源的自给水平呈大幅下滑的趋势。表 4 汇报了中国各年的大豆种植面积、进口大豆引致的国内种植面积当量，本文使用前者除以二者之和的比值测度中美大豆贸易中的中国农业资源自给率。数据显示，自给水平在 2000~2010 年期间出现了显著的下滑，从 85.36% 下降到 39.01%，2016 年土地资源的自给率达到最低点 27.56%。值得注意的是，本文只测度了中美大豆市场的土地资源自给率，如果计入从其他国家进口的大豆、豆油以及动物性食物，那么土地资源自给率将会更低。

从技术水平看，中国大豆单产与美国仍有一定差距。在表 4 汇报的数据显示，同等数量的大豆，

美国需要的种植面积比中国更少，近乎为一半。说明中国大豆生产力水平、农业资源利用率、技术水平等方面与美国相比仍有巨大差距。尽管两国的大豆市场已经整合，但是土地资源的利用效率或许并没有收敛，从保证粮食安全和构建全面可持续发展社会角度考虑，应充分发挥市场整合的优势，提高土地资源利用效率，形成技术整合，提升国家的食物供给能力。

为对比两国的土地利用效率是否逐渐收敛，本文以绘制图表和拟合数据的形式进行对比。首先，选取 2006 年作为前后对比的分割点，原因是 2006 年以后，中国大豆净进口量的增速明显高于 2006 年以前，且净进口量的绝对数量近乎为 2006 年的 3.5 倍。其次，分别对 2006 年前和后的中美大豆单产比率走势进行拟合。对比结果如图 4 所示。

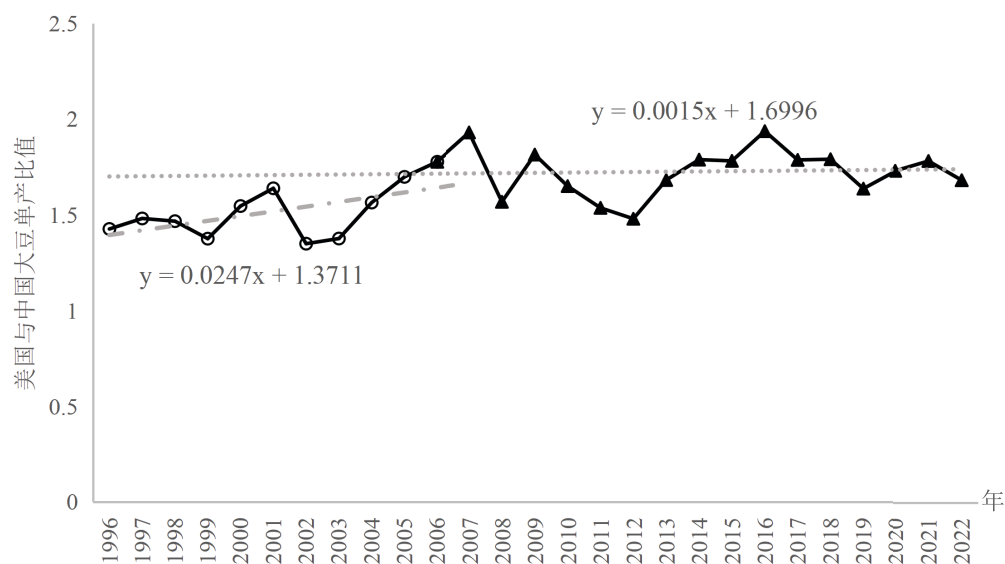


图 4 2006 年前后美国与中国大豆单产比率变动趋势对比

数据来源：作者根据 FAOSTAT 数据整理。

图 4 表明，2006 年以前，单产比值的拟合曲线斜率为 0.0247，说明在此期间美国大豆单产水平提升的速度大于中国的提升水平，与美国的大豆单产水平的相对差距在逐渐扩大。中国在 2001 年加入世界贸易组织，说明在市场整合的初步阶段，主要表现为价格的整合，没有形成技术收敛，相对技术差距在逐渐扩大。2006 年以后，美国与中国大豆单产比值的拟合曲线斜率为 0.0015，相比 2006 年以前的拟合曲线更加平缓，说明中国大豆单产水平变动幅度与美国大豆单产水平变动幅度趋于一致，与美国大豆单产水平之间的相对差距基本保持稳定。在市场进一步整合阶段，除价格整合外，还表现为中国与美国的土地资源利用率水平也在逐渐收敛，但是土地资源利用率的收敛没有加快。在市场整合的背景下，中国仍然需要借助市场整合提高农业技术水平，提升土地资源利用率水平，最终实现土地生产效率的收敛，在不损伤土壤承载能力的同时缩小与美国之间的技术差距，促进农业可持续发展，有力保证粮食安全。

（三）虚拟水贸易测算及资源占比

农作物生长所需水量不同，且各国土壤、气候、技术存在不同程度的差异，因而各国农产品的虚拟水含量不同。Hoekstra 和 Chapagain（2007）测算了一些主要国家的农作物虚拟水含量，其中包括中国和美国每吨大豆的虚拟水含量，采取的是计算水足迹的方式。数据显示，美国大豆的水足迹是 $1,869\text{m}^3/\text{t}$ ，中国大豆的水足迹是 $2,617\text{m}^3/\text{t}$ 。我们也对比了其他学者计算的大豆虚拟水含量（杨雪等，2021；钱龙等，2021；王秀鹃和胡继连，2018；马超等，2011；黄姣等 2011），发现数值

非常接近，说明数据可靠。本文基于 Hoekstra 和 Chapagain（2007）的测算结果，结合两国多年以来的大豆贸易量，测度从美国进口大豆引致的虚拟水规模，结果汇报在表 5。

表 5 中美大豆进出口贸易及虚拟水进口数量

年份	进口大豆 (万吨)	出口大豆 (万吨)	净进口大豆 (万吨)	净进口中国虚拟 水资源 (亿 m ³)	净进口美国虚拟 水资源 (亿 m ³)	中国农业用水 量 (亿 m ³)	进口中国虚拟水占 农业用水比率 (%)
1987	27.21	0.00	27.21	7.12	5.09	—	—
1988	11.90	0.00	11.90	3.11	2.22	—	—
1992	7.13	0.00	7.13	1.87	1.33	—	—
1993	9.08	0.01	9.07	2.37	1.70	—	—
1994	3.47	0.35	3.12	0.82	0.58	—	—
1995	14.39	0.00	14.39	3.77	2.69	—	—
1996	85.97	0.00	85.97	22.50	16.07	—	—
1997	236.65	0.00	236.65	61.93	44.23	3,920.00	1.58
1998	175.00	0.17	174.83	45.75	32.68	3,766.00	1.21
1999	244.47	0.07	244.40	63.96	45.68	3,869.17	1.65
2000	541.38	0.01	541.37	141.68	101.18	3,783.54	3.74
2001	572.64	0.10	572.54	149.83	107.01	3,824.53	3.92
2002	461.84	0.09	461.75	120.84	86.30	3,737.96	3.23
2003	829.31	0.03	829.28	217.02	154.99	3,431.40	6.32
2004	1,019.78	2.73	1,017.05	266.16	190.09	3,584.00	7.43
2005	1,104.79	3.85	1,100.94	288.12	205.77	3,582.59	8.04
2006	988.35	4.17	984.18	257.56	183.94	3,662.44	7.03
2007	1,156.82	3.95	1,152.86	301.70	215.47	3,601.96	8.38
2008	1,543.22	4.85	1,538.37	402.59	287.52	3,664.20	10.99
2009	2,180.92	5.03	2,175.89	569.43	406.67	3,722.28	15.30
2010	2,359.73	1.48	2,358.24	617.15	440.76	3,691.49	16.72
2011	2,222.68	1.71	2,220.97	581.23	415.10	3,743.50	15.53
2012	2,596.92	9.14	2,587.78	677.22	483.66	3,899.44	17.37
2013	2,223.78	7.76	2,216.02	579.93	414.17	3,920.28	14.79
2014	3,002.93	7.07	2,995.87	784.02	559.93	3,870.33	20.26
2015	2,841.31	4.24	2,837.07	742.46	530.25	3,851.12	19.28
2016	3,417.16	2.95	3,414.21	893.50	638.11	3,768.00	23.71
2017	3,285.30	0.81	3,284.49	859.55	613.87	3,766.40	22.82
2018	1,664.01	1.30	1,662.71	435.13	310.76	3,693.10	11.78
2019	1,701.46	0.06	1,701.41	445.26	317.99	3,682.30	12.09
2020	2,588.76	0.17	2,588.59	677.43	483.81	3,612.40	18.75
2021	3,229.57	0.10	3,229.48	845.15	603.59	3,644.30	23.19
2022	2,953.30	0.19	2,953.11	772.83	551.94	3,781.30	20.44
累计	45,301.23	62.41	45,238.83	11,839.00	8,455.14	97,074.03	—

数据说明：（1）作者根据 FAO 数据、水资源公报等整理计算；（2）此表删除了没有数据的年份。

如表 5 所示，从 1987 年至 2022 年，从美国进口的大豆累计需要消耗中国 11,839 亿吨的水资源、美国 8,455 亿吨的水资源。从累计数量上看，在美国生产的大豆所耗费的水资源总量比在中国少耗费近 1/3；从变动趋势上看，2008 年开始从美国进口大豆的种植需水量占农业用水的比例开始超过 10%，此后进入快速增长阶段，2016 年达到极大值 24%，经过短期的回落后，基本稳定在 20% 以上的水平，这一用水量仅略低于中国每年的工业用水量和生活用水量。以 2022 年为例，中国农业用水量占全国总用水量的 63%，居民用水量为 905.7 亿吨，工业用水量为 968.4 亿吨，同年从美国净进口大豆的用水当量为 772.83 亿吨，仅略低于居民和工业用水总量。然而以上只是从美国净进口大豆的用水当量，如果纳入其他进口来源的大豆、植物油甚至所有的进口食物，那么用水当量将成倍高于这个数字。

对于自然资源供给总量逐年下降且资源分布不均的中国来说,当下并不具备大豆高度自给的条件,也不具备取消从美国进口大豆的条件。一是没有足够的自然资源支撑大量大豆生产,二是全球供给量有限且美国所占比重很大,如果取消从美国进口大豆,其他国家的供给无法满足中国大豆消费需求。在迈向现代化的进程中,中国畜产品消费水平会继续提高,大豆需求量仍会保持高位,但是自然环境资源和全球供给都存在刚性约束。为全面保证粮食安全,更需利用好外部资源,尤其是在内部资源有限的阶段,更应合理利用两种资源两个市场,有效借助整合的市场,实现虚拟资源的进口,扩大粮食安全的保障半径。

四、结论和讨论

贸易和市场整合促进了资源流动和效率的提升,打破了水土资源短缺和分布不均对农业生产的限制,为满足自然资源禀赋不足地区的食物消费提供了解决路径。中国在自然资源约束和粮食需求增长的共同作用下,粮食安全始终处于紧平衡的状态,但是,开放的市场和自由的贸易有效促进了虚拟水土资源的进口,有效保障了粮食安全。改革开放的经验表明,以市场化为导向的改革方向是促进农业发展的重要因素,对外贸易则是市场化改革的延伸,因此这种改革必须要继续深化。大豆是中国进口规模最大的农产品,而现阶段中美贸易摩擦加剧,透过中美大豆贸易分析贸易背后虚拟水土资源的贸易规模和农业资源自给水平,有利于中国准确把握农产品对外贸易的底线,在不断变化的国际形势中牢牢把握粮食安全主动权。

首先,本文基于大豆价格数据检验两国大豆市场的整合情况,实证结果表明两国的大豆市场已经整合,两国大宗贸易共同推动了大豆市场的整合和价格的整合。随着两国贸易合作的深入,中国与美国大豆价格趋同,更易受国际市场冲击影响,对美国大豆价格的弹性为0.923,两国大豆价格存在长期均衡。

其次,在虚拟土地方面,本文整理测算了1987~2022年中国从美国净进口大豆引致的虚拟土地和虚拟水资源的进口规模。一是最近20年中国从美国进口的虚拟土地始终保持在高位水平,仅2022年进口的虚拟土地面积就有2.2亿亩耕地,约是吉林省与河南省耕地面积的总和。中国每年从美国进口的虚拟土地当量占中国耕地总量的比例稳定在15%左右,这意味着,如果中国取消从美国进口大豆转为自给,那么需要额外补充15%的耕地用于生产大豆,这将对口粮安全造成一定的冲击。二是从资源供给角度看,中国的土地资源自给率远远低于谷物自给率。中国土地资源自给水平呈大幅下滑的态势,自给率从1999年的85.36%下降到2010年的39.01%,到2016年已降至28%。而综合的土地资源自给率将随着纳入从其他国家进口的大豆、动物性食品、植物油等食物而进一步降低。三是中美两国大豆市场已经整合,但是农业技术水平并没有整合,资源利用效率并没有收敛。中国应充分利用市场整合的优势,真正实现要素的自由流动,达到技术水平的整合。在虚拟水贸易方面,从美国进口大豆所需的水资源当量仅略低于全国居民用水量、工业用水量,占中国农业用水的比例基本稳定在20%以上。

从水土资源供给水平看,中国环境承载能力减弱,水土资源供给总量逐年下降且资源分布不均,短期内不具备大幅提高大豆自给率的条件,因为没有足够的自然资源支撑进口大豆转向自产。从供给份额来看,大豆供给集中在美国和巴西两国,美国大豆占全球大豆出口量的36%,中国需求量占全球大豆出口量的60%或者更高。如果中国在贸易摩擦中放弃从美国进口大豆,那么将出现其他市场无法满足全部大豆消费需求的情形。

最后,中美大豆市场的紧密贸易关系在提升贸易双方福利的同时,使得双方相互依存。按照康

德的理论，贸易会带来和平效果。这会减缓中美之间紧张的政治和经济对立关系。

未来几十年，全球将有几十亿人口迈入现代化阶段，中国城镇化水平会继续提高，对畜产品和蛋白饲料的需求将继续增加，生产与生态之间协调难度加大，持续扩大的消费需求与全球有限资源的承载能力之间的矛盾将变得更加突出。中国需准确把握政策着力点，保证粮食安全可持续，千方百计扩大安全半径。

一是坚定不移实施对外开放战略，在可控范围内充分发挥市场对资源的配置作用，通过整合的市场合理利用国外农业水土资源，满足中国现代化进程中不断增加的农产品消费需求，保证粮食安全。

二是统筹国内国际两个市场两种资源，通过符合国际惯例的贸易政策畅通国外农产品市场对大豆等关键食物的供给，形成资源的有效流动，保持中国与国际市场的发展合作关系，避免被边缘化，从国际市场的角度稳定农产品供给。

三是践行再野化，让撂荒土地回归自然，以增加物种多样性、恢复自然“野性”的方式增强生态环境的韧性，缓解生态与生产之间的矛盾，从自然生态的角度保证中国粮食安全可持续。

四是提升中国农业技术水平，借助市场整合促进农业技术水平的收敛，以科技创新的方式有效平衡自然资源刚性约束和关键农产品消费需求刚性增长之间的关系，从技术角度提高粮食供给水平。

五是持续增强中国经济实力，提升综合购买力。从全球来看，粮食供需基本平衡，因此导致部分地区粮食不安全的因素不再是供不应求，而是缺乏购买力。中国与美国大豆市场已经整合，价格与国际市场趋同，价格更易受国际冲击的影响。保证在任何时候都具有购买力，将使粮食安全立于不败之地。

参考文献：

- [1] 曹冲,赵向豪,汪晶晶.虚拟耕地资源投入的农业经济增长“尾效”研究[J].经济地理,2022(4).
- [2] 陈锡文.当前推进乡村振兴应注意的几个关键问题[J].农业经济问题,2024(1).
- [3] 程国强.大食物观：结构变化、政策涵义与实践逻辑[J].农业经济问题,2023(5).
- [4] 黄季焜.对近期与中长期中国粮食安全的再认识[J].农业经济问题,2021(1).
- [5] 黄姣,高阳,李双成.东北三省主要粮食作物虚拟水变化分析[J].北京大学学报(自然科学版),2011(3).
- [6] 刘畅,于晓华.农业转型和乡村振兴背景下的乡村“再野化”：生态系统服务视角的分析[J].中国农村经济,2023(4).
- [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[J].管理世界,2010(9).
- [8] 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(4).
- [9] 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(3).
- [10] 任玉霜,孙灵柱,吕康银.中国粮食虚拟土地进口效应分析——基于2000~2018年的贸易数据[J].世界农业,2020(8).
- [11] 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[J].浙江大学学报(人文社会科学版),2016(5).
- [12] 王汉杰,刘畅,于晓华.长三角一体化背景下的城乡统一建设用地市场：理论逻辑、现实困境与推进路径[J].中国软科学,2021(1).
- [13] 王秀鹃,胡继连.中国粮食虚拟水国际贸易研究——基于2001~2015年的数据[J].山东社会科学,2018(2).
- [14] 杨崑,李光泗,祁华清.“立足自给”还是“倚重贸易”——农业强国进程中的饲用粮食安全困境[J].农业经济问题,2023(12).
- [15] 杨雪,何玉成,刘成.水资源安全视角下我国粮油虚拟水贸易实证研究[J].中国农业资源与区划,2021(1).
- [16] 于晓华,Bruemmer, B.,钟甫宁.如何保障中国粮食安全[J].农业技术经济,2012(2).
- [17] 于晓华,刘畅,曾起艳.百年农民营养与福利变化：测度与政策[J].农业经济问题,2023(5).
- [18] 于晓华,黄莹莹,汉杰.国内大循环新格局下农业农村发展的目标再定位与战略选择[J].华中农业大学学报(社会科学版),2021a(3).
- [19] 于晓华,刘畅,张国政.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[J].自然资源学报,2021b(6).

- [20] 于晓华,陈晓福,宋玉兰.农业政策向可持续食物政策的转型与公平“食物环境”的创造:德国的设想[J].江南大学学报(人文社会科学版),2021c(4).
- [21] 于晓华.以市场促进农业发展:改革开放40年的经验和教训[J].农业经济问题,2018(10).
- [22] 钟晓萍,于晓华.长三角区域一体化背景下城乡建设用地增减挂钩政策的创新与完善[J].南通大学学报(社会科学版),2021(1).
- [23] 钟晓萍,于晓华.中国式现代化道路下的农业发展逻辑、路径与政策选择[J].学习与探索,2023(1).
- [24] Allan, J. A. “Virtual Water”: A Long Term Solution for Water Short Middle Eastern Economies?[M]. London: School of Oriental and African Studies, University of London, 1997, (5145).
- [25] Bosire, C. K., Krol, M. S., Mekonnen, M. M., et al. Meat and Milk Production Scenarios and the Associated Land Footprint in Kenya[J]. Agricultural Systems, 2016, 145.
- [26] Doyle, M. W. Kant, Liberal Legacies, and Foreign Affairs[J]. Philosophy and Public Affairs, 1983, 3(12).
- [27] Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern[J]. Water Resources Management, 2007, 21(1).
- [28] Kant, I. Political Writings[M]. Ed. by Reiss, H. S. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [29] Ma, Y., Brümmer, B., Yu, X. Trade Development and Agricultural Productivity Change: Evidence from China[J]. The World Economy, 2023, 46(10).
- [30] Tian, X., Bruckner, M., Geng, Y., et al. Trends and Driving Forces of China's Virtual Land Consumption and Trade[J]. Land Use Policy, 2019, 89.
- [31] 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).
- [32] Wichelns, 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, 2001, 49(2).
- [33] Würtenberger, L., Koellner, T., Binder, C. R. Virtual Land Use and Agricultural Trade: Estimating Environmental and Socio-economic Impacts[J]. Ecological Economics, 2006, 57(4).
- [34] Yu, X., Liu, C., Wang, H., et al. The Impact of COVID-19 on Food Prices in China: Evidence of Four Major Food Products from Beijing, Shandong and Hubei Provinces[J]. China Agricultural Economic Review, 2020, 12(3).

China-U.S. Soybean Trade: Virtual Resources and Food Security

LIU Chang HUANG Yingying YU Xiaohua

Abstract: China's insufficient endowment of natural resources, the continuous growth in demand for food consumption and the strict constraints imposed by the natural resources on food production will keep China's food security in a tight balance in the long term. The massive import of soybeans in China means the import of a large amount of virtual soil and water resources, balancing production and ecology. This paper finds that the soybean markets of China and the United States have been integrated, and China's soybean prices have converged with those of the U.S.; the net soybean imports from the U.S. in 2022 required China's cultivated land is 220 million mu, which is the combined area of arable land in Jilin and Henan provinces and accounts for 15% of China's arable land; required China's water resources equivalent proportion of agricultural water use in more than 20%, which is only slightly lower than the amount of water used for industrial purposes; the self-sufficiency rate of land resources has shown a significant decline in the trend, and in 2016 has fallen to 28%. Though the U.S. and Chinese soybean prices have integrated, there has been no convergence in the efficiency of resource utilization. At this stage, China does not have additional sources of soil and water resources on such a large scale, nor is it able to obtain an equivalent supply of soybeans from other countries to that of the US, and thus is not in a position to completely abandon the import of soybeans from the U.S. In order to guarantee sustainable food security and expand the security horizon, we should adhere to the strategy of opening up to the outside world, make good use of two markets and two types of resources, practice rewilding to improve ecological resilience, upgrade the level of agricultural technology, and comprehensively improve the purchasing power of the country. According to the theory of Kant (1795), the integrated soybean market between China the U.S. may have the pacifying effects, reducing the political and economic tensions between the two countries.

Keywords: soybean trade; virtual resources; food security; market integration; source self-sufficiency rate

(责任编辑: 张建华)