

中美贸易摩擦对我国小麦出口贸易隐含碳影响的预测分析

蒋思坚, 邓祥征, 周晓雪, 王国峰

引用本文:

蒋思坚, 邓祥征, 周晓雪, 等. 中美贸易摩擦对我国小麦出口贸易隐含碳影响的预测分析[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(4): 762–773.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0114>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

农业生产系统氮磷环境影响分析——以安徽省为例

卫凯平, 武慧君, 黄莉, 王晓旭, 陈晓芳

农业环境科学学报. 2018, 37(8): 1802–1810 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0053>

气候变暖对我国水稻生产的综合影响及其应对策略

张卫建, 陈长青, 江瑜, 张俊, 钱浩宇

农业环境科学学报. 2020, 39(4): 805–811 <https://doi.org/10.11654/jaes.2019-1432>

中国粮食作物生命周期生产过程温室气体排放的研究进展及展望

夏龙龙, 颜晓元

农业环境科学学报. 2020, 39(4): 665–672 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0109>

我国农田土壤温室气体减排和有机碳固定的研究进展及展望

夏龙龙, 颜晓元, 蔡祖聪

农业环境科学学报. 2020, 39(4): 834–841 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0108>

我国保护性耕作对农田温室气体排放影响研究进展

张国, 王效科

农业环境科学学报. 2020, 39(4): 872–881 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0102>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

蒋思坚, 邓祥征, 周晓雪, 等. 中美贸易摩擦对我国小麦出口贸易隐含碳影响的预测分析[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(4): 762–773.

JIANG Si-jian, DENG Xiang-zheng, ZHOU Xiao-xue, et al. Quantitative predictions of impacts of trade friction between China and the US on wheat trade and its embodied carbon emissions[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2020, 39(4): 762–773.



开放科学 OSID

中美贸易摩擦对我国小麦出口贸易 隐含碳影响的预测分析

蒋思坚^{1,2,3}, 邓祥征^{1,2,3*}, 周晓雪⁴, 王国峰⁵

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 陆地表层格局与模拟研究院重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院农业政策研究中心, 北京 100101; 4. 北京林业大学经济管理学院, 北京 100083; 5. 山西财经大学国际贸易学院, 太原 030006)

摘 要:为预测分析中美贸易摩擦对我国小麦贸易出口及其隐含碳排放的影响, 本文基于共享社会发展路径情景(SSP2), 利用动态全球贸易-环境模型, 估算了我国各应对方案下2020—2030年小麦的贸易隐含碳变动。研究发现, 美国对我国加征小麦进口关税的情况下, 河北、安徽、山东与河南等省份GDP在2030年分别下降0.338‰、1.427‰、0.103‰与2.074‰, 其中出口下降将导致对外的小麦出口隐含碳排放量分别减少65.36、69.53、109.86 t与152.97 t; 采用小麦生产技术等措施能有效减缓贸易摩擦对我国的负面影响。研究认为我国未来农产品贸易战略应以提高农业生产效率、减少生产要素投入为主要方向, 当前亟待加强现代农业科技研发及其推广应用力度以应对国际贸易环境变化及其对农业贸易与隐含碳排放的影响。

关键词:贸易摩擦; 农产品贸易; 隐含碳; 气候变化

中图分类号: X196 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2020)04-0762-12 doi:10.11654/jaes.2020-0114

Quantitative predictions of impacts of trade friction between China and the US on wheat trade and its embodied carbon emissions

JIANG Si-jian^{1,2,3}, DENG Xiang-zheng^{1,2,3*}, ZHOU Xiao-xue⁴, WANG Guo-feng⁵

(1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Center for Chinese Agricultural Policy, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 4. School of economics and management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 5. Faculty of International Trade, Shanxi University of Finance and Economic, Taiyuan 030006, China)

Abstract: In order to predict and analyze the impacts of trade friction between China and the United States on China's wheat trade exports and their embodied carbon emissions. Using the dynamic global trade environment model, this paper, based on the scenario of shared social development path(SSP2), presented the embodied carbon emission changes of wheat in 2020—2030. It is found that the GDP of Hebei, Anhui, Shandong, Henan and other major grain provinces decreased by 0.338‰, 1.427‰, 0.103‰ and 2.074‰ respectively in 2030, among which the decrease of export led to the reduction of 65.36, 69.53, 109.86 and 152.97 tons of embodied carbon emissions of wheat export. The improvement of wheat production technology can effectively alleviate the negative impacts of trade friction on China. The conclusion is that China should further develop the modern agricultural science and technology to cope with the changes of international trade environment and its embodied carbon emission issues.

Keywords: trade friction; agricultural trade; embodied carbon emission; climate change

收稿日期: 2020-02-01 录用日期: 2020-03-30

作者简介: 蒋思坚(1995—), 男, 浙江温州人, 博士研究生, 从事气候变化经济学研究。E-mail: jiangsj.17b@igsnr.ac.cn

*通信作者: 邓祥征 E-mail: dengxz@igsnr.ac.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFA0602500)

Project supported: The National Key Research and Development Program of China(2016YFA0602500)

2018年美国政府对我国500亿美元进口商品加征关税,征税涉及农业等国民支柱行业,这为我国应对气候变化背景下保障粮食安全带来了新的挑战。资源环境禀赋条件、资源与能源供给的不稳定性以及国家粮食市场供给的变化等决定了稳定农业生产的重要性。此外农业生产与气候变化和碳排放之间联系密切,这种联系不仅体现在气候变化会直接影响农业生产活动,还体现在农业生产也是温室气体的重要来源之一^[1-2]。农业碳排放受生产的环境条件与生产过程的影响^[3],国际贸易首先对农产品的进出口产生直接影响并进而影响到农产品的生产过程以及相应碳排放^[4]。农产品生产过程中的碳排放一直是相关研究中的一个重点领域。

国内外相关领域的学者探索了碳排放与经济和贸易之间的关系^[5],特别是碳排放引起相关环境问题从而影响经济发展质量等问题^[6]。从理论层面看,关于农业碳排放与国际贸易的研究主要基于“污染天堂假说”。该假说说的是由于发达国家往往有更严格的环保制度和更高的环境质量标准,污染密集型产业在发达国家的生产成本更高,从而导致这些产业大量主动或被动地向发展中国家转移,使得这些发展中国家大多成为发达国家的“污染天堂”^[7-8]。检验“污染天堂假说”途径主要有两种:第一种是从贸易流向或对外直接投资的国别或地区选择来检验^[9-10];另一种是从污染产业转移的角度来检验,揭示出贸易发展对环境造成的不利影响^[11-12]。Grossman等^[13]将国际贸易对环境的影响分解为规模效应、结构效应和技术效应,并对农业碳排放与贸易关系进行了研究。Antweiler等^[14]构建了一个理论模型,并使用污染物排放的数据开展了实证研究,发现技术效应和规模效应促使污染排放降低,同时贸易改变了产出结构从而改变了污染程度。综合相关研究发现,大多认为国际贸易对减少农业碳排放的影响是正面的^[15]。Dean^[16]使用联立方程模型和中国的水污染数据做实证研究,发现贸易自由化过程本身有可能会对环境恶化,但贸易结果如能通过收入增长确也能改善人居环境等,总之贸易对环境的净效应是有可能为正的,即贸易对环境有利。此外,不少研究表明,贸易对环境的结构效应相对于规模效应和技术效应是很小的,贸易影响环境的总效应时空差异性明显,结构效应与一国经济规模有关:在经济发展水平较高的国家,技术效应可能会超越规模效应,从而可能会使污染排放降低^[17-18]。而在新兴国家,收入增长效应则可能会超过技术效

应^[19-21]。

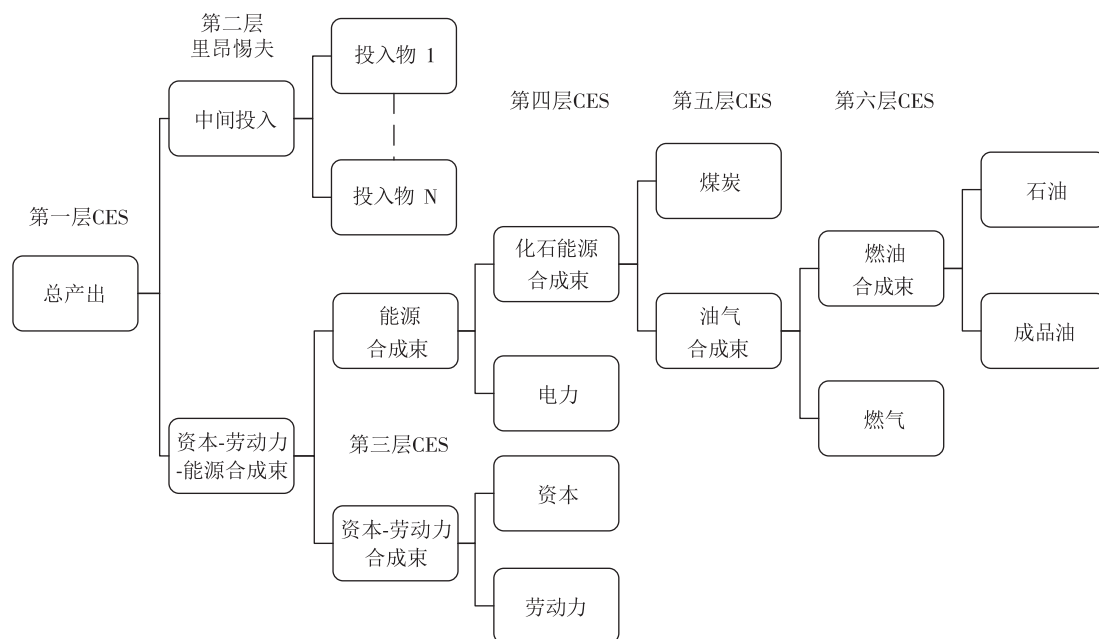
我国农产品贸易受中美贸易摩擦的影响较大。Taheripour等^[22]分析了我国对美国大豆分别加征10%和30%关税的影响,模拟结果显示,两种模拟情景下中国进口美国大豆分别减少33%和71.2%。Zheng等^[23]分析了中国实施报复性关税对美国大豆、棉花、高粱和猪肉的影响,结果显示由于出口和价格走低,经济可能会遭受巨大损失。当前,美国是我国进出口小麦最主要的国家之一,我国限制从美国进口小麦影响美国小麦生产的同时,也会冲击我国小麦生产及其下游产业链部门。同时,由于中美贸易环境背景变化,我国小麦出口贸易也会受到影响,这也将影响我国小麦生产,并间接对相应出口隐含碳产生影响。因此,有必要针对小麦生产领域在中美贸易摩擦背景下受到的影响开展定量分析,通过分析中美贸易环境变化对我国小麦贸易的总体情况,测算国际贸易变化对小麦生产及出口相关隐含碳排放量的变化,研究结论将有利于应对贸易摩擦以及减少相应贸易隐含碳排放量的政策建议的提出。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 动态全球贸易能源-环境分析模型

本研究采用了动态全球贸易能源-环境分析模型(动态GTAP-E模型),该模型是动态递归可应用的一般均衡模型,可用于分析全球经济及世界各国贸易关系的变化及影响。动态GTAP-E模型扩展了标准GTAP-E模型^[24],体现了包括跨国资本流动、资本累积以及投资的适应性预期理论及其分析等(图1)。动态GTAP-E模型扩展的一个突出的技术特征是时间的处理。许多动态模型将时间作为一个指数,使得模型中每一个变量都有一个时间指数。在动态GTAP-E模型中,时间本身是一个变量,受外生变量与内生的如技术和人口变量的影响。较标准GTAP-E模型,动态GTAP-E模型因为要分析资本的时间累积效应,所以更适用长时间序列的分析能力并且能反映资本在不同地区间流动,这使得它能分析不同地区投资对各地区的资本回报率差异做出的反应。另外,地区间资本回报率调整需要时间,标准GTAP-E模型假定各地区的资本回报率是瞬间调整的,而动态GTAP-E模型设定了资本回报率调整时间,引入投资的适应性预期,这使得它能更准确地模拟分析贸易条件的变化及其影响。

图1 动态全球贸易能源-环境分析模型框架图^[25]Figure 1 Framework of dynamic global trade energy-environment analysis model^[25]

1.1.2 全球贸易影响的分析

为分析我国内部省份的宏观经济以及贸易变动,本文采用Horridge^[26]的线性降维方法对动态GTAP-E模型结果做了从国家到地区的降维,即将贸易条件变化对我国国家层面的影响进一步分解到省级尺度,并就影响进行了分析。具体降维方法如公式(1)所示。

$$TOT_i = \sum_s SUBSIZE_i \quad (1)$$

式中: TOT 是我国生产的总产出; i 表示产业; $SUBSIZE$ 表示 s 省份在 i 产业的产出。计算得到总产出后即可计算各省、各产业部门产出占比,如公式(2)所示。

$$SUBSHR_{i,s} = SUBSIZE_{i,s} / TOT_i \quad (2)$$

式中: $SUBSHR$ 表示 s 省份在 i 产业的全国占比。结合占比将我国国家尺度的出口变动降维至省级尺度,如公式(3)所示。

$$SUBEXP_{i,s} = SUBSHR_{i,s} \times SUBEXP_i \quad (3)$$

式中: $SUBEXP$ 表示 s 省份在 i 产业的出口情况。该结果基于上述占比 $SUBSHR$ 与全国出口变动 EXP 所得。

1.1.3 农产品贸易出口中隐含碳的测算

农产品贸易出口隐含碳的测算过程中,结果数据与农业出口贸易值的乘积变动即表示为因中美贸易摩擦背景下各情景模拟出的因出口量变动所带来的农产品贸易隐含碳流动的变化,如公式(4)所示。

$$C_s = EX_s \times \theta_s \quad (4)$$

式中: C_s 表示 s 省份的农业部门贸易出口隐含碳排

放; EX_s 表示 s 省份农业部门出口商品总额; θ_s 表示 s 省份的农业碳排放强度,本文农业碳排放强度数据参考了闵继胜等^[27]的测算结果,以2005年我国小麦碳排放强度值 $44.71 \text{ t} \cdot \text{百万元}^{-1}$ 为基准值。考虑到我国2009年11月在哥本哈根气候峰会上提出的目标是2020年单位GDP碳排放比2005年降低40%~45%。2015年6月中国向联合国气候变化公约秘书处提交的《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》,提出到2030年单位GDP排放比2005年下降60%~65%的目标,相关约束性指标均已纳入国家“十二五”“十三五”规划。按照减排目标分别得到2020年和2030年小麦碳排放强度值为 $25.71 \text{ t} \cdot \text{百万元}^{-1}$ 与 $16.77 \text{ t} \cdot \text{百万元}^{-1}$ 。

1.2 数据来源

1.2.1 GTAP-E数据库

本研究采用GTAP-E第9版数据库,该数据库包含了140个国家和57个产业部门。57个产业部门中有7个种植业部门、4个畜牧业部门和1个渔业部门^[28]。GTAP-E模型包含5个能源产品:煤炭、原油、天然气、石油制品和电力。为了便于分析和模拟,本文将GTAP-E模型第9版数据库的140个国家和地区加总为17个国家和地区,包括了我国的主要农产品贸易国和地区,如澳洲地区(澳大利亚与新西兰)、中国、日本、韩国、亚洲其他地区(除中日韩外的其他亚洲地区)、印度尼西亚、菲律宾、泰国、越南、印度、加拿

大、美国、美洲其他地区(除美国与加拿大外的其他美洲地区)、巴西、欧盟28国、俄罗斯与世界其他地区。相应地,本文将57个产品部门加总成17个,分别为稻米、小麦、其他谷物、蔬菜水果、油料作物、糖类作物、植物纤维作物、其他农作物、畜牧业、林业、渔业、煤炭行业、石油行业、燃气行业、其他行业、石油加工副产品、电力。

1.2.2 我国省级农业生产数据

为分析国际贸易对各省的影响,本文收集了我国31个省份的稻米、小麦、其他谷物(玉米、高粱等)、蔬菜水果、油料作物、糖类作物、植物纤维作物、其他农作物、畜牧业、林业、渔业、煤炭行业、石油行业、燃气行业、其他行业、石油加工副产品、电力等17个部门的总产出数据(表1),数据来自于我国31个省份农业统计年鉴与投入产出表。

1.2.3 情景参数

1.2.3.1 共享社会经济发展路径基准情景参数选择

为分析中美贸易摩擦的影响,本文首先设计了分析影响的基准情景来表示未发生贸易冲突情况下中美经贸的一般情况。应用动态GTAP模型分析之前,基准情景设计是动态模拟分析的重要前提。此前基

准情景的设计多聚焦于一些关键宏观经济变量的预测上,如包括实际GDP、人口、熟练和非熟练劳动力、以及当时的重要政策变量等。总体上看,类似基准情景的设计多考虑政策变量或其影响多是内生的,而且多缺少对一些重大政策,如应对气候变化(碳排放或减碳等)相关变量等的考虑。考虑到IPCC气候情景中已经做了全球社会经济指标的分析及定量表达,如共享社会经济路径(SSP)就是气候情景和社会未来经济发展条件各种可能组合,这提升了情景分析的设定及定量分析水平,也便于把情景框架用于气候变化的输出模型以及综合影响评估模型中。有鉴于此,本文以社会经济共享路径(SSP)情景中的SSP2情景参数为基准情景设计的重要参考,选取其中的人口与GDP作为基准情景变量,并分别对17个国家与地区2010—2030年人口增长率与GDP增长率做了设定,参数设置如表2所示。

1.2.3.2 国际贸易环境变动的情景参数

中美贸易摩擦发轫之处,美国对我国制造2025计划包括农业部门在内的500亿美元产品加征了25%关税。相应地,我国也宣布开始对美国出口到我国同等数额产品加征25%的关税。中美是当今世界两个最大的贸易国,贸易总量占到全球五分之一,中美贸易摩擦对两国乃至全球经济将会产生深远影响。有鉴于此,我们应用动态GTAP模型来模拟分析中美贸易摩擦的影响,并就各种可能的影响做了评估。我们采用国家产业部门间进口税率作为主要冲击变量,同时考虑我国未来可能采取的提升小麦生产技术来应对贸易摩擦等可能情况,以资本技术水平以及劳动力技术水平作为小麦生产技术变动的主要指标,构造了用于分析的冲击变量,设计了包括基准情景内的四种情景来分析中美贸易摩擦及应对措施对全球贸易的可能影响。

本文以中美贸易摩擦为背景,设计的4种情景(表3)冲击方案如下:

情景一表示2020年起美国对中国进口小麦实施贸易制裁:加征25%进口关税。

情景二表示在情景一的基础上,中国对美国进口小麦实施贸易制裁:加征25%进口关税。

情景三表示通过扩大其他国家小麦进口开放程度应对贸易摩擦:在情景二对美国小麦进口实施贸易制裁基础上,免除其他国家粮食进口25%关税。

情景四表示通过改进小麦生产技术应对贸易摩擦:在情景二对美国小麦进口实施贸易制裁基础上,

表1 我国31个省份各部门总产出数据统计特征

Table 1 Descriptive statistics of crop production of provinces in 2011

部门 Productions	单位 Unit	数据来源 Data resources	平均数 Average	标准差 SD	总计 Total
稻米	亿元	2012年我国 31个省份 农业统计年鉴	188	198	5837
小麦	亿元		80	143	2483
其他谷物	亿元		121	144	3764
蔬菜水果	亿元		418	407	12 960
油料作物	亿元		61	71	1889
糖类作物	亿元	2012年我国 31个省份 投入产出表	7	15	227
植物纤维作物	亿元		52	115	1599
其他农作物	亿元		490	391	15 196
畜牧业	亿元		759	603	23 542
林业	亿元		100	79	3111
渔业	亿元		240	314	7436
煤炭行业	亿元		1029	1374	31 897
石油行业	亿元		410	608	12 719
燃气行业	亿元		120	125	3720
其他行业	亿元		47 855	45 275	1 483 503
石油加工副产品	亿元		1345	1458	41 702
电力	亿元		1866	1448	57 838

注:原始数据来源于我国31个省份农业统计年鉴与投入产出表,反映2011年变量信息。

表2 2010—2030年各国/地区SSP2情景参数设置(%)
Table 2 SSP2 scenario parameter settings of countries in 2010—2030(%)

国家/地区 Country/area	2010—2015年		2015—2020年		2020—2025年		2025—2030年	
	人口增长率 Population growth rate	GDP增长率 GDP growth rate	人口增长率 Population growth rate	GDP增长率 GDP growth rate	人口增长率 Population growth rate	GDP增长率 GDP growth rate	人口增长率 Population growth rate	GDP增长率 GDP growth rate
澳大利亚、新西兰	7.94	17.60	7.26	17.27	6.68	14.37	5.91	12.30
世界其他地区	9.64	23.70	9.00	24.70	8.29	23.68	7.62	21.96
中国	1.66	48.87	1.17	44.62	0.45	32.27	-0.30	22.47
日本	-0.34	5.73	-1.02	4.80	-1.57	5.33	-1.99	4.68
韩国	1.50	20.80	0.96	20.21	0.53	16.93	0.04	13.37
亚洲其他地区	7.66	26.02	7.27	27.83	6.40	26.11	5.43	23.83
印度尼西亚	4.80	36.23	4.10	38.27	3.32	35.00	2.58	28.78
菲律宾	8.65	25.50	8.27	26.74	7.40	25.20	6.39	23.85
泰国	2.88	22.78	2.44	28.09	1.78	26.43	1.18	23.18
越南	5.15	33.78	4.37	40.92	3.32	31.95	2.36	26.62
印度	6.80	37.33	6.13	38.96	5.31	34.88	4.57	29.82
加拿大	5.41	12.64	5.32	13.15	4.97	10.60	4.40	9.88
美国	4.01	12.74	4.00	15.44	3.85	12.06	3.54	9.85
美洲其他地区	5.85	22.20	5.17	20.32	4.48	18.64	3.80	17.17
巴西	4.21	17.58	3.74	21.67	3.17	17.53	2.48	14.15
欧盟	1.63	7.82	1.22	9.70	1.08	8.67	0.90	8.28
俄罗斯	-0.20	21.57	-0.49	19.68	-0.75	17.58	-0.91	15.65

表3 贸易情景参数(%)
Table 3 Trade scenario parameters(%)

参数 Parameters	情景一 Scenario 1	情景二 Scenario 2	情景三 Scenario 3	情景四 Scenario 4
美国对中国关税	+25	+25	+25	+25
中国对美国关税		+25	+25	+25
中国对其他国家关税			-25	
小麦生产资本技术水平				+5
劳动力技术水平				+25

参考郭淑静等^[29]、黄薇等^[30]和Xie等^[31]研究结果,改良小麦品种特征,可使农业生产效率提升,减少生产要素的投入(化肥和农药投入降低约5%、劳动力投入可节省25%)。

2 中国贸易摩擦的国别影响

2.1 各国宏观经济变动

模型模拟的我国贸易摩擦对各国影响如表4所示。情景一显示了美国对我国小麦商品加征25%的关税对两国及全球经济的影响。美国加征关税后,与基准情景相比,2020—2030年受其负面影响,我国国内生产总值将累计下降0.024%;相应地美国国内生产总值也会受到负面影响,其累计下滑幅度为

表4 2020—2030年不同情景下各国/地区累计GDP变动
Table 4 Cumulative GDP change of different countries and regions in 2020—2030

国家/地区 Country/area	情景一 Scenario 1	情景二 Scenario 2	情景三 Scenario 3	情景四 Scenario 4
澳大利亚、新西兰	-0.005	-0.001	-0.004	-0.004
世界其他地区	-0.191	-0.031	-0.041	-0.038
中国	-0.024	0.012	-0.263	0.061
日本	0.014	0.002	0.015	0.017
韩国	0.012	0.002	-0.002	-0.001
亚洲其他地区	-0.037	-0.006	0.006	-0.002
印度尼西亚	-0.070	-0.011	-0.010	-0.007
菲律宾	-0.025	-0.003	-0.010	-0.006
泰国	-0.035	-0.005	0.006	0.009
越南	-0.216	-0.034	-0.037	-0.030
印度	-0.234	-0.037	-0.170	-0.088
加拿大	-0.040	-0.006	0.012	0.013
美国	-0.001	0	0.010	0.010
美洲其他地区	-0.035	-0.006	0.013	0.014
巴西	0.026	0.004	-0.014	-0.013
欧盟	-0.045	-0.007	0.069	0.072
俄罗斯	-0.194	-0.032	-0.093	-0.080

0.001%,但我国产出的下降幅度要显著高于美国。另外,受美国关税冲击,2020年除中美外的其他国家

的国内生产总值均受到不利影响。情景二显示了中美两国相互对对方的小麦商品加征25%的关税情况下的影响,模型模拟结果表明,受其影响,2020—2030年我国GDP累计变化将上升0.012%;同期,美国GDP变动不明显。情景三反映的是,在情景二的基础上再对其他国家降低小麦进口关税的情景。模拟分析表明,情景三影响我国GDP累计变动最大,估计能下降0.263%,而美国、欧盟的GDP则分别表现为累计增长0.010%与0.069%。情景四反映的是较情景二的基础上,我国以提升自身生产技术水平为实施应对措施的情况。在这种情况下,我国GDP将累计上升0.061%,而美国与欧盟的GDP分别累计上升0.010%与0.072%。由此可见,技术进步是应对贸易摩擦最为有效的措施之一;其次,我国不得已而为之的反向征税对自身经济增长也有一定保护及促进作用。

2.2 我国各部门国际贸易出口变动的模拟分析

中美贸易摩擦背景下,小麦出口关税增加对我国小麦出口变化的影响最大(表5)。在情景一下,美国对我国小麦增收进口关税;相较于基准情景,2020年我国小麦出口将下降4.134%;受此影响,2030年该影响的下降幅度扩大到16.027%,其他部门的出口影响甚微。在情景二下,中美两国互相增收小麦进口关税,我国小麦出口仍是受影响最大的,模型分析显示,2020年小麦出口将下降6.718%;2030年该影响扩大

到21.219%。除此之外,稻米、蔬菜水果等其他农产品出口也有下降趋势。其中,稻米出口在2020年将下降0.313%,在2030年将下降0.877%。情景三下,我国可通过对其他国家小麦关税的降低来应对出口贸易影响。在2020年,我国小麦出口量将相较基准情景下降7.235%,但在2030年我国减少对除美国以外的其他国家的小麦进口关税将起到积极作用,这将在一定程度上抵消中美摩擦带来的消极影响,届时小麦出口相较基准情景增加67.494%。与此同时,稻米与蔬菜水果受到的影响也表现为相同趋势,2030年的出口水平上升。在情景四下,我国在中美贸易摩擦背景下采用提升小麦生产水平的方式以应对影响,具体表现为小麦出口在2020年下降1.550%,在2030年技术进步的正向作用使得小麦生产水平提升并带动出口上升57.11%,与情景三不同的是,稻米以及蔬菜水果等其他农业产品由于小麦产量提升所带来的替代效应,出口水平在2020—2030年间相较基准情景呈下降趋势。

2.3 我国小麦出口隐含碳变动的模拟分析

模型结果显示了不同情景下我国小麦出口变动及其导致隐含碳的变动(表6)。在情景一中,美国对我国小麦出口增收了关税,使得我国出口到美国的小麦总量减少,进而减少了由我国贸易到美国的隐含碳流动。具体表现为,相较基准情景,在2020年减少了277.70 t隐含碳排放量以及在2030年减少了

表5 2020与2030年各情景下我国各行业出口变动(%)

Table 5 Export change of various industries in China in 2020 and 2030(%)

行业 Industries	情景一 Scenario 1		情景二 Scenario 2		情景三 Scenario 3		情景四 Scenario 4	
	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年
稻米	0	0	-0.313	-0.877	-0.627	5.848	-0.627	-1.170
小麦	-4.134	-16.027	-6.718	-21.219	-7.235	67.494	-1.550	57.111
其他谷物	0	0	0	-0.474	0	0.948	0	-0.474
蔬菜水果	0	0.009	-0.113	-0.202	-0.066	3.158	-0.066	-0.070
油料作物	0	0	-0.186	-0.448	-0.465	1.611	-0.465	-0.985
糖类作物	0	0	0	-0.571	-0.602	2.857	-0.602	-1.143
植物纤维作物	0	0	-0.243	-0.347	-0.243	4.046	-0.243	-0.462
其他农作物	0	0	-0.215	-0.318	-0.502	2.548	-0.502	-0.842
畜牧业	0	0	-0.201	-0.310	-0.374	2.396	-0.259	0.479
林业	0	0	0	0	0	0.313	0	0
渔业	0	0	0	0	0.555	1.100	0.555	1.100
煤炭行业	0	0	0	0	0.139	0.467	0.139	0.280
石油行业	0	0	0	0	-0.113	-0.227	-0.113	-0.341
燃气行业	0	0	0	-0.138	-1.644	-2.889	-1.644	-3.576
其他行业	0	0	-0.006	-0.028	-0.492	-0.650	-0.495	-1.029
石油加工业	0	0	0.002	0	0.139	0.215	0.137	0.252
电力	0	0	0	0	0.244	0.490	0.244	0.327

793.32 t。在情景二中,中美互相增收小麦贸易关税,除了表现为我国向美国的隐含碳流出减少外,中国面向其他国家尤其是周边国家的小麦出口隐含碳流动也有减少。具体表现为,我国对美国小麦出口隐含碳在2020年减少283.34 t,在2030年减少834.49 t。在情景三中,我国对除美国外的其他国家减少小麦进口关税的影响表现为,2020年我国对大部分国家的小麦出口的下降所带来的出口隐含碳排放将会减少,2030年我国小麦对其他国家出口将会增长并带动隐含碳的出口的增长。尽管对美国的小麦出口隐含碳在2030年减少60.64 t,但相比2020年减少的量大幅缩减。在情景四中,中国对小麦生产技术的提升,对各部门出口的影响是明显的,具体表现为对除美国以外的其他国家的出口隐含碳排放的影响变动增加,如对世界其他地区的小麦出口隐含碳排放影响变动从2020年的102.35 t到2030年的2 759.38 t。与情景三不同的是,对美国的小麦出口隐含碳排放的影响表现为在2020年减少275.49 t,在2030年则减少了536.30 t,呈现为下降幅度增大的趋势。

3 中美贸易摩擦对我国各省的影响

3.1 我国各省宏观经济变动的模拟分析

模型估计的不同情景下中国各省的经济影响结

果如表7所示。在情景一中,美国对我国增加小麦进口税对河北、安徽与河南等粮食主产省份的影响较大,且均表现为经济产出的减少。其中,河北、安徽与河南2020年相较基准情景经济总产出分别减少0.205‰、0.424‰与0.454‰,在2030年分别减少0.338‰、1.427与2.074‰。在情景二中,我国对美国进口小麦增加税收导致了大多数省份的经济总产出下降,但对河北、安徽与河南等粮食大省的影响是积极的,相较于基准情景,经济总产出在2020年分别上升了0.446‰、0.970‰与1.333‰,在2030年分别上升0.499‰、1.015‰与1.335‰。在情景三中,我国为应对中美贸易摩擦,减少了对其他国家的小麦进口税,对大部分省份的经济总产出影响是积极的,如山西、黑龙江的经济总产出在2020年分别增加了8.594‰与2.630‰,在2030年分别增加了16.333‰与11.958‰,同时北京、上海等发达地区在2020年经济总产出分别下降0.174‰与2.605‰,但在2030年应对措施积极作用超过中美摩擦导致的消极影响,经济总产出分别上升5.862‰与2.161‰。在情景四中,我国小麦生产技术水平提升对大部分省份的经济总产出是积极的,并且对河北、安徽等省份的积极影响要大于情景三中的应对方式,在2020年分别增长了2.511‰与1.649‰,在2030年分别增长了6.560‰与3.969‰。

表6 各情景下中国出口到各国小麦隐含碳变动(t)

Table 6 Changes in embodied carbon emission of wheat exported from China to other countries under various scenarios(t)

国家/地区 Country/area	情景一 Scenario 1		情景二 Scenario 2		情景三 Scenario 3		情景四 Scenario 4	
	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年
澳大利亚、新西兰	0	0	-0.17	-0.44	-2.94	9.57	1.03	12.80
世界其他地区	0	0	-170.58	-200.28	-1 615.25	2 659.24	102.35	2 759.38
日本	0	0	-3.24	-4.45	-30.84	17.80	0.85	35.38
韩国	0	0.11	-1.71	-2.23	-16.15	25.37	1.19	26.59
亚洲其他地区	0	0	-5.12	-5.56	-58.73	389.43	5.12	99.02
印度尼西亚	0	0	-0.17	-0.11	-1.47	2.23	0.17	2.23
菲律宾	0	0	0	-0.11	0	0.33	0	0.67
泰国	0	0	-17.06	-22.25	-176.21	243.67	10.23	247.01
越南	0	0	0	0	0	0.55	0	0.55
印度	0	0	-0.17	-0.11	-1.47	2.45	0	2.78
加拿大	0	0	-0.51	-0.78	-4.41	3.34	0.17	6.12
美国	-277.70	-793.32	-283.34	-834.49	-2 433.16	-60.64	-275.49	-536.30
美洲其他地区	0	0	-0.68	-1.11	-7.34	5.23	0.17	8.90
巴西	0	0	-0.17	-0.11	-1.47	1.45	0.17	2.56
欧盟	0	0	-5.63	-4.45	-57.27	50.07	3.41	86.79
俄罗斯	0	0	-1.36	-1.33	-13.22	16.58	0.85	22.59

表7 2020年与2030年中国各省市经济总产出变动(‰)

Table 7 Changes in total economic output of China's provinces in 2020 and 2030(‰)

省份 Provinces	情景一 Scenario 1		情景二 Scenario 2		情景三 Scenario 3		情景四 Scenario 4	
	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年
北京	0.114	0.772	-0.614	-0.562	-0.174	5.862	0.114	3.399
天津	0.201	0.710	-0.493	-0.453	0.040	5.053	0.310	3.472
河北	-0.205	-0.338	0.446	0.499	2.275	-0.296	2.511	6.560
山西	0	0.110	0.027	0.094	8.594	16.333	8.803	19.351
内蒙古	0.118	0.501	-0.376	-0.388	3.874	11.514	4.143	10.912
辽宁	0.217	0.682	-0.645	-0.603	0.076	6.458	0.390	4.197
吉林	0.235	0.900	-0.672	-0.693	-0.722	5.502	-0.391	2.721
黑龙江	0.103	0.738	-0.560	-0.682	2.630	11.958	2.918	8.688
上海	0.109	0.823	-0.686	-0.666	-2.605	2.161	-2.309	-1.299
江苏	0.107	0.431	-0.295	-0.254	-1.333	0.461	-1.050	0.680
浙江	0.106	1.066	-0.726	-0.716	-1.586	4.657	-1.284	0.826
安徽	-0.424	-1.427	0.970	1.015	1.449	-7.149	1.649	3.969
福建	0.236	0.929	-0.792	-0.811	-0.562	7.598	-0.253	2.994
江西	0.234	0.902	-0.675	-0.663	-0.447	5.999	-0.128	3.204
山东	-0.117	-0.103	0.118	0.145	0.672	0.195	0.920	3.830
河南	-0.454	-2.074	1.333	1.335	1.523	-10.353	1.689	3.315
湖北	0	0.359	-0.250	-0.300	0.086	3.078	0.368	3.360
湖南	0.216	0.844	-0.767	-0.846	-0.356	7.822	-0.028	3.487
广东	0.118	1.042	-0.723	-0.713	-1.156	5.398	-0.854	1.672
广西	0.304	1.112	-1.030	-1.215	-0.641	11.452	-0.300	3.252
海南	0.470	2.539	-2.063	-2.791	2.380	34.481	2.682	9.544
重庆	0.211	0.789	-0.674	-0.720	-1.695	4.242	-1.389	0.517
四川	0.108	0.119	-0.233	-0.309	0.198	3.562	0.456	3.287
贵州	0.214	0.650	-0.521	-0.571	3.813	13.329	4.097	11.087
云南	0.548	2.276	-1.617	-2.226	-2.300	19.085	-1.994	-0.145
西藏	-0.107	-0.224	0.112	0.067	-2.728	-5.659	-2.452	-2.715
陕西	0	0	-0.004	-0.086	4.671	10.418	4.879	11.383
甘肃	0	-0.207	0.143	0.002	3.223	6.579	3.429	8.282
青海	-0.229	-0.838	-0.661	-0.981	2.963	15.839	3.193	8.707
宁夏	-0.001	-0.005	-0.006	0	5.928	11.911	6.157	14.225
新疆	-0.339	-1.736	0.937	0.673	5.816	3.888	5.952	11.717

3.2 我国各省贸易出口变动的模拟分析

模型结果显示中美贸易摩擦对我国内部各省份在各情景下的出口影响如表8所示。其中,在情景一中,美国对我国小麦增加进口关税,相较于基准情景,大部分省份的影响变动不大,只有河北、安徽、河南与山东等省份出口下降。在情景二中,中美两国互相增收小麦进口关税,2020年中国各省份出口变动与情景一下变动趋势相似,在2030年,河北、安徽与河南相较基准情景分别下降0.716%、0.776%与0.882%。在情景三中,中国在中美贸易摩擦背景下通过对其他国家小麦关税的减少来应对出口贸易影响,这对中国

各省份长期的出口贸易的拉动作用是明显的,例如在2020年,部分省份的出口相较基准情景表现为下降,但在2030年,大部分省份的出口相较基准情景呈上升的趋势,如安徽与河南在2030年相较基准情景分别上升了1.131%与1.170%。在情景四中,中国在中美贸易摩擦背景下采用提升小麦生产水平的方式作为应对措施,具体表现为大部分省份出口在2020年呈下降趋势,在2030年技术进步的正向作用使得小麦生产力水平的提升并间接带动了出口的上升,比如北京与上海的出口水平在2030年相较基准情景分别上升了0.903%与0.910%。

表8 2020年与2030年中国各省市各情景下出口变动(%)

Table 8 Changes in Chinese export under various scenarios in 2020 and 2030(%)

省份 Provinces	情景一 Scenario 1		情景二 Scenario 2		情景三 Scenario 3		情景四 Scenario 4	
	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年
北京	0.003	0.060	-0.399	-0.555	-0.420	0.913	-1.228	0.903
天津	0.002	0.009	-0.387	-0.619	-0.407	0.775	-1.220	0.878
河北	-0.196	-0.254	-0.374	-0.716	-0.393	0.634	-0.230	0.847
山西	0.006	0.002	-0.350	-0.624	-0.368	0.416	-0.861	0.796
内蒙古	0.006	0.009	-0.377	-0.620	-0.397	0.476	-0.764	0.853
辽宁	0	0.009	-0.375	-0.572	-0.395	0.555	-0.995	0.847
吉林	0	0.004	-0.386	-0.581	-0.407	0.582	-0.796	0.871
黑龙江	0.002	0.003	-0.363	-0.637	-0.382	0.186	-0.716	0.813
上海	0.002	0.009	-0.401	-0.576	-0.423	0.942	-1.223	0.910
江苏	0.006	0.005	-0.395	-0.629	-0.416	0.885	-0.964	0.896
浙江	0	0.001	-0.396	-0.568	-0.417	0.798	-1.084	0.898
安徽	-0.342	-0.444	-0.389	-0.776	-0.410	1.131	-0.680	0.886
福建	0.005	0.001	-0.385	-0.555	-0.406	0.556	-0.851	0.874
江西	0.007	0.013	-0.390	-0.575	-0.411	0.627	-0.870	0.880
山东	-0.318	-0.414	-0.380	-0.677	-0.400	0.808	-0.819	0.862
河南	-0.363	-0.472	-0.387	-0.882	-0.408	1.170	-0.445	0.884
湖北	0.004	0.005	-0.384	-0.664	-0.404	0.480	-0.344	0.868
湖南	0	0.001	-0.383	-0.587	-0.403	0.261	-0.235	0.862
广东	0.002	0.002	-0.392	-0.573	-0.413	0.721	-1.016	0.887
广西	0	0.035	-0.377	-0.544	0	0.204	-0.272	0
海南	0	-0.193	-0.303	-0.637	0	-1.697	1.490	0
重庆	0	0.001	-0.399	-0.633	-0.420	0.681	-0.703	0.897
四川	0	0.005	-0.389	-0.654	-0.410	0.644	-0.502	0.884
贵州	0	0.006	-0.373	-0.756	-0.393	0.202	-0.202	0.849
云南	-0.022	-0.029	-0.382	-0.569	-0.402	-0.063	0.221	0.864
西藏	0.004	0.008	-0.380	0	-0.400	1.336	-0.444	0.943
陕西	0.007	0.004	-0.355	-0.687	-0.373	0.321	-0.573	0.804
甘肃	0.005	0.003	-0.358	-0.603	-0.377	0.402	-0.251	0.816
青海	0.009	0.005	-0.361	-0.570	-0.380	0.190	-0.190	0.844
宁夏	0	0.003	-0.352	-0.767	-0.371	0.384	-0.639	0.800
新疆	0.004	0.008	-0.332	-0.837	-0.349	0.093	-0.140	0.750

3.3 我国各省小麦出口隐含碳变动模拟分析

从我国省级尺度具体分析我国出口小麦的隐含碳变动,如表9所示,根据各省的小麦出口变动与小麦碳排放强度计算可得,在情景一中,美国对我国小麦出口增加关税,使得我国河北、安徽以及河南等小麦主产区的出口有所减少,进而减少了我国小麦出口的隐含碳流动,具体表现为河北、安徽以及河南的小麦出口隐含碳排放量相较基准情景,在2020年分别减少了69.43、46.28 t与55.54 t,在2030年则分别减少了65.36、69.53 t与152.97 t。在情景二中,中美互相增收小麦关税,我国各省小麦出口隐含碳排放量表现

出与情景一中近似但减少幅度更大,其中河北、安徽、山东与河南相较基准情景在2020年分别减少了122.48、81.65、85.73 t与97.98 t,在2030年则减少了97.35、101.98、162.24 t与208.60 t。在情景二的基础上,情景三中我国对除美国外的其他国家减少小麦进口关税的影响表现为在2020年中国大部分省份的小麦出口的下降所带来的出口隐含碳排放的减少,以及在2030年小麦出口的反向增长所带来的隐含碳排放增长。其中影响较大的是河北、安徽、山东以及河南等粮食大省,隐含碳排放量在2020年分别下降142.13、56.86、213.20 t与284.27 t,并在2030年分别

表9 2020年与2030年中国各省市各情景下小麦出口隐含碳变动(t)

Table 9 Changes in embodied carbon emission of wheat export of China's provinces under various scenarios in 2020 and 2030(t)

省份 Provinces	情景一 Scenario 1		情景二 Scenario 2		情景三 Scenario 3		情景四 Scenario 4	
	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年	2020年	2030年
北京	0	-1.53	0	-2.32	-7.11	6.30	-1.42	7.14
天津	0	-3.20	0	-5.10	0	13.16	0	15.30
河北	-69.43	-65.36	-122.48	-97.35	-142.13	322.63	-28.43	307.80
山西	0	-13.77	0	-20.63	-21.32	65.73	-4.27	63.88
内蒙古	0	-9.32	0	-13.68	-21.32	47.00	-4.27	43.30
辽宁	0	-0.28	0	-0.46	0	1.48	0	1.39
吉林	0	-0.14	0	-0.23	0	0.37	0	0.37
黑龙江	0	-5.70	0	-8.11	-14.21	28.74	-2.84	26.14
上海	0	-1.39	0	-2.32	-7.11	5.38	-1.42	6.95
江苏	0	-51.46	0	-76.49	-71.07	229.92	-14.21	240.12
浙江	0	-1.25	0	-2.08	-56.86	5.84	-1.42	6.30
安徽	-46.28	-69.53	-81.65	-101.98	-56.86	335.61	-14.21	323.56
福建	0	0	0	0	0	0.19	0	0.19
江西	0	-0.28	0	-0.46	0	1.58	0	1.48
山东	-48.60	-109.86	-85.73	-162.24	-213.20	524.74	-42.64	515.47
河南	-55.54	-152.97	-97.98	-208.60	-284.27	732.41	-56.86	704.60
湖北	0	-23.64	0	-34.77	-107.38	118.67	0	113.11
湖南	0	-0.56	0	-0.70	0	2.50	0	2.32
广东	0	0	0	0	0	0.09	0	0.09
广西	0	0	0	0	0	0	0	0
海南	0	0	0	0	0	0	0	0
重庆	0	-2.08	0	-3.25	0	10.20	0	9.83
四川	0	-23.64	0	-37.09	0	98.27	0	112.18
贵州	0	-2.78	0	-4.17	0	14.00	0	12.98
云南	0	-4.17	0	-6.02	-7.11	21.04	-1.42	19.28
西藏	0	-1.25	0	-1.86	-7.11	5.93	-1.42	5.56
陕西	0	-22.25	0	-32.45	0	111.25	0	106.62
甘肃	0	-13.49	0	-19.00	-28.43	61.84	-5.68	59.98
青海	0	-2.08	0	-3.01	-7.11	9.92	-1.42	9.27
宁夏	0	-3.62	0	-5.33	-7.11	17.52	-1.42	16.78
新疆	0	-29.20	0	-41.72	-71.07	143.70	-14.21	137.21

上升了322.63、335.61、524.74 t与732.41 t。情景四在基于情景二的基础上,我国小麦生产技术水平提升,具体表现为各省的小麦出口隐含碳排放明显增加,如河北、山东与河南在2020年相较基准情景分别减少28.43、42.64 t与56.86 t,在2030年则分别上升307.80、515.47 t与704.60 t。

4 讨论与结论

本文基于动态GTAP模型,通过情景分析,分析了不同情景下中美贸易摩擦对我国及各省份小麦贸易及其贸易隐含碳的影响。在情景一中美国加征中

国小麦进口关税对我国经济增长产生负面影响,我国GDP在2020—2030年累计降低0.024个百分点,小麦出口下降幅度从2020年的4.134%扩大到下降16.027%,其中河北、安徽、山东与河南等粮食大省受到的经济消极影响最大,GDP在2030年分别减少了0.03%、0.12%、0.01%与0.18%,同时导致我国对美国的因小麦出口导致的隐含碳由2020年的减少277.70 t到2030年的减少793.32 t。在情景二中,我国在美国增收关税的基础上对美国小麦进口增收关税,对我国经济有一定的积极作用,尤其是河北、山东等粮食大省,但在出口尤其是对小麦以及同类的稻米等粮食作

物的出口影响上是负向作用,同时小麦出口到其他国家的隐含碳排放量也相应减少。情景三在情景二的基础上,为应对中美贸易摩擦,我国减少其他国家小麦进口关税,当中美贸易摩擦和进口关税减免同时存在时,中国实际GDP下降0.263%,但是小麦的出口大幅增加,从2020年相较基准情景降低7.235%到2030年上升了67.494%,减免关税对出口的正向作用在后期将超过中美贸易摩擦影响。而在情景二的基础上,情景四模拟结果显示小麦的生产技术改进可有效缓解贸易摩擦对中国的负面冲击,中美贸易摩擦和小麦生产技术改进同时存在时,我国的大部分省份经济发展为正向的促进作用,同时对长期的贸易出口影响也具有一定的拉动作用,增加了各省对外输出小麦贸易隐含碳排放量,如河北、山东与河南隐含碳排放量在2030年分别上升307.80、515.47、704.60 t。

中美贸易摩擦将在一定程度上恶化中美双方贸易的环境,就贸易额变化而言,中国的出口受到一定损失,主要原因是为了维持在海外市场的价格优势,只能选择降低出口价格。中美贸易摩擦将会引起中国的产量及出口发生显著变化。小麦关税的加征会导致生产要素挤入其他如石油加工业、电力等行业部门,并使该部分行业出口额有所增加,这预示着中美贸易摩擦会对我国的产业结构产生一定影响并将会导致出口贸易格局的结构变化与贸易隐含碳流向。中国小麦在美国市场的份额将会下降,转而流向其他没有加征关税的国家和地区,这表明中国各部门产品在世界其他地区的份额都会有不同程度的增加。我国采取反制措施加征关税,能有力回击美国,但同时关税反制措施也会在一定程度上损害中国的贸易收益。面对中美贸易摩擦问题,通过其他国家的进口税率的下降,能在一定程度上缓解中美贸易摩擦的负面影响,这意味着未来我国若扩大与周边国家经贸交流,可进一步优化海外市场布局,降低对美国的贸易依存度,有利于缓释美国贸易制裁带来的不利影响。当前各国为应对气候变化致力于探求各国的减排任务及减排目标以便制定公平合理的减排方案。贸易隐含碳排放量也是当前区域碳排放空间分配需要考虑的因素之一。所以在有效提高生产效率、减少生产要素投入、提升农产品产量、减少对外依存度的同时,也应鼓励利用新技术、新工艺替代落后的旧工艺、旧设备,减少农业碳排放,降低产品贸易隐含碳排放。本研究采用SSP2中等发展路径情景基于历史时期的社会、经济与技术发展趋势去预测未来的社会经济发

展,符合当前各国的基本发展趋势。但由于现有作物碳排放强度文献大部分基于相关历史年鉴统计数据测算,缺少对实际单一作物生长发育、品质形成规律及农业管理水平等环境关系的考虑,这将对本文所模拟的由于贸易引起的小麦贸易隐含碳变动的测算产生一定影响。针对农业贸易隐含碳的研究,从作物遗传规律和育种技术发展角度去考虑并预测未来的作物碳排放水平,以更准确地预估贸易所引起的隐含碳流动也是未来需要进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] 夏四友, 赵媛, 许昕, 等. 1997—2016年中国农业碳排放率的时空动态与驱动因素[J]. 生态学报, 2019, 39(21): 7854-7865.
XIA Si-you, ZHAO Yuan, XU Xin, et al. Spatiotemporal dynamics and driving factor analysis of agricultural carbon emissions rate in China from 1997 to 2016[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(21): 7854-7865.
- [2] 魏伟, 任小波, 蔡祖聪, 等. 中国温室气体排放研究: 中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”之排放清单任务群研究进展[J]. 中国科学院院刊, 2015, 30(6): 839-847, 704.
WEI Wei, REN Xiao-bo, CAI Zu-cong, et al. Research on China's greenhouse gas emission: Progress on emission inventory from the CAS strategic priority research program[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2015, 30(6): 839-847, 704.
- [3] Tian W, Xu Z. Study of factors affecting carbon emissions: Based on an empirical analysis of ASEAN[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2018, 9(5): 500-507.
- [4] 刘宇, 吕郢康, 全水萍. “一带一路”战略下贸易便利化的经济影响: 以中哈贸易为例的GTAP模型研究[J]. 经济评论, 2016(6): 70-83.
LIU Yu, LÜ Ying-kang, QUAN Shui-ping. Economic impact of trade facilitation within the R&B strategy: A GTAP based on China-Kazakhstan case study[J]. *Economic Review*, 2016(6): 70-83.
- [5] 武红, 谷树忠, 关兴良, 等. 中国化石能源消费碳排放与经济增长关系研究[J]. 自然资源学报, 2013, 28(3): 381-390.
WU Hong, GU Shu-zhong, GUAN Xing-liang, et al. Analysis on relationship between carbon emissions from fossil energy consumption and economic growth in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(3): 381-390.
- [6] 高鸣, 陈秋红. 贸易开放、经济增长、人力资本与碳排放绩效: 来自中国农业的证据[J]. 农业技术经济, 2014(11): 101-110.
GAO Ming, CHEN Qiu-hong. Trade openness, economic growth, human capital and carbon emission performance: Evidence from China's agriculture[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2014(11): 101-110.
- [7] Mitra R. Sustainability and sustainable development[J]. *The International Encyclopedia of Organizational Communication*, 2017: 1-10.
- [8] Sarkodie S A, Strezov V, Weldekidan H, et al. Environmental sustainability assessment using dynamic Autoregressive-Distributed Lag sim-

- ulations: Nexus between greenhouse gas emissions, biomass energy, food and economic growth[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 668:318-332.
- [9] Qin Y, Krosch M N, Schutze M K, et al. Population structure of a global agricultural invasive pest, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)[J]. *Evolutionary Applications*, 2018, 11(10):1990-2003.
- [10] Hongdou L, Shiping L, Hao L. Existing agricultural ecosystem in China leads to environmental pollution: An econometric approach[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(24):24488-24499.
- [11] Appiah K, Du J, Poku J. Causal relationship between agricultural production and carbon dioxide emissions in selected emerging economies [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(25):24764-24777.
- [12] Rao N D, Poblete-Cazenave M, Bhalerao R, et al. Spatial analysis of energy use and GHG emissions from cereal production in India[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 654:841-849.
- [13] Grossman G M, Krueger A B. Environmental impacts of a North American free trade agreement[R]. National Bureau of Economic Research, 1991.
- [14] Antweiler W, Copeland B R, Taylor M S. Is free trade good for the environment?[J]. *American Economic Review*, 2001, 91(4):877-908.
- [15] 杜红梅, 安龙送. 我国农产品对外贸易与农业经济增长关系的实证分析[J]. 农业技术经济, 2007(4):53-58.
DU Hong-mei, AN Long-song. An empirical analysis of the relationship between China's foreign trade in agricultural products and agricultural economic growth[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2007(4):53-58.
- [16] Dean M. Critical and effective histories: Foucault's methods and historical sociology[M]. Routledge, 2002.
- [17] 杜芸. 农产品国际贸易对中国经济的促进作用探究: 兼评《中国农产品国际贸易及其对中国经济增长的影响研究》[J]. 农业经济问题, 2017(4):108-109.
DU Yun. On the promotion of international trade of agricultural products to China's economy[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2017, (4):108-109.
- [18] Balmford A, Amano T, Bartlett H, et al. The environmental costs and benefits of high-yield farming[J]. *Nature Sustainability*, 2018, 1(9):477.
- [19] Benbi D K. Carbon footprint and agricultural sustainability nexus in an intensively cultivated region of Indo-Gangetic Plains[J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 644:611-623.
- [20] Dong K, Sun R, Dong X. CO₂ emissions, natural gas and renewables, economic growth: Assessing the evidence from China[J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 640:293-302.
- [21] Han H, Zhong Z, Guo Y, et al. Coupling and decoupling effects of agricultural carbon emissions in China and their driving factors[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(25):25280-25293.
- [22] Taheripour F, Tyner W E. Impacts of possible Chinese 25% tariff on US soybeans and other agricultural commodities[J]. *Choices: The Magazine of Food, Farm, and Resource Issues*, 2018, 33(2):1-7.
- [23] Zheng Y, Wood D, Wang H H, et al. Predicting potential impacts of China's retaliatory tariffs on the US farm sector[J]. *Choices*, 2018, 33(316-2018-2970):1-6.
- [24] Engelbert T, Bektasoglu B, Brockmeier M. Moving toward the EU or the middle east? An assessment of alternative Turkish foreign policies utilizing the GTAP framework[J]. *Food Policy*, 2014, 47:46-61.
- [25] Burniaux J M, Truong T P. GTAP-E: An energy-environmental version of the GTAP model[J]. *GTAP Technical Papers*, 2002. doi: 10.22004/ag.econ.28705.
- [26] Horridge M. SplitCom—programs to disaggregate a GTAP sector[Z]. Centre of Policy Studies, Monash University, Melbourne, Australia, 2018.
- [27] 闵继胜, 胡浩. 农产品对外贸易对我国农业生产温室气体排放的影响研究[J]. 软科学, 2013, 27(8):55-59.
MIN Ji-sheng, HU Hao. Research on the impact of the foreign trade of agricultural product greenhouse gas emissions of agricultural production in China[J]. *Soft Science*, 2013, 27(8):55-59.
- [28] Aguiar A, Narayanan B, McDougall R. An overview of the GTAP 9 data base[J]. *Journal of Global Economic Analysis*, 2016, 1(1):181-208.
- [29] 郭淑静, 徐志刚, 黄季焜. 转基因技术采用的潜在收益研究: 基于中国五省的实地调查[J]. 农业技术经济, 2012(1):22-28.
GUO Shu-jing, XU Zhi-gang, HUANG Ji-kun. Research on the potential benefits of the adoption of transgenic technology: Based on the field survey of five provinces in China[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2012(1):22-28.
- [30] 黄葳, 胡元超, 任艳, 等. 满足城市食物消费需求的农业生产碳排放研究: 以宁波为例[J]. 环境科学学报, 2015, 35(12):4102-4111.
HUANG Wei, HU Yuan-chao, REN Yan, et al. Carbon emission of agricultural production associated with urban food consumption: Ningbo as a case study[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2015, 35(12):4102-4111.
- [31] Xie W, Ali T, Cui Q, et al. Economic impacts of commercializing insect-resistant GM maize in China[J]. *China Agricultural Economic Review*, 2017, 9(3):340-354.