

2021 中国与全球食物政策报告



后疫情时代农业食物系统的重新思考



中国农业大学全球食物经济与政策研究院
北京市海淀区清华东路 17 号
电 话: +86-010-62737117
邮 箱: agfep@cau.edu.cn



浙江大学中国农村发展研究院
杭州余杭塘路 866 号浙江大学紫金港校区启真大厦
电 话: +86-0571-88981520
邮 箱: cardzu@zju.edu.cn



南京农业大学国际食品与农业经济研究中心
南京市玄武区卫岗 1 号南京农业大学第三实验楼
电 话: +86-025-84395741
邮 箱: CIFAE@njau.edu.cn



中国农业科学院农业经济与发展研究所
北京市海淀区中关村南大街 12 号
电 话: +86-010-82109801
邮 箱: nongjingsuo@caas.cn



国际食物政策研究所
美国华盛顿特区西北部 I 街 1201 号
电 话: +1-202-862-5600
邮 箱: ifpri@cgiar.org

中国农业大学全球食物经济与政策研究院 (AGFEP)
浙江大学中国农村发展研究院 (CARD)
南京农业大学国际食品与农业经济研究中心 (CIFAE)
中国农业科学院农业经济与发展研究所 (IAED)
国际食物政策研究所 (IFPRI)

目 录

序.....	v
前 言.....	ix
樊胜根 陈志钢 朱 晶 司 伟	
1. 新冠肺炎疫情后农业食物系统的重新思考	2
樊胜根 陈志钢 司 伟 Johan Swinnen	
2. 转型农业食物系统助力实现中国 2060 碳中和目标	12
张玉梅 樊胜根 陈志钢 冯晓龙 张向阳 柏兆海 汪笑溪	
3. 改善中国居民膳食结构以实现健康与环境双赢	24
盛芳芳 高海秀 樊胜根 陈志钢 张玉梅 朱 晨 赵启然	
4. 以面源污染治理为抓手推进中国农业食物系统绿色转型	36
龚斌磊 陈志钢 方向明 孟 婷 周 力 石敏俊 王 硕	
5. 电子商务助推农业食物系统转型：中国经验	48
郭红东 白军飞 刘晔虹 王晶晶 曲 江	
6. 农业食物系统中的中国农产品贸易：变革、挑战与展望	58
李天祥 茅 锐 林发勤 朱 晶	

2021 中国与全球 食物政策报告



后疫情时代农业食物系统的重新思考

序

首先对中国农业大学全球食物经济与政策研究院牵头出版《2021 中国和全球食物政策报告》表示祝贺，这个报告的发布是农业界的一个大事。报告聚焦后疫情时代中国农业食物系统的转型，从国内外和多学科视角，深入分析了粮食安全、营养膳食、碳中和、农业绿色发展、电子商务、农产品贸易等重要议题。报告非常及时、站位很高、份量很重。

2020 年新冠疫情后，全球农业食物系统供应链出现异常波动，部分地区出现粮食恐慌和饥饿增加。中国虽然遭受了严重的新冠疫情冲击，但 2020 年粮食产量创造了历史新高，达 13390 亿斤。同时在 2020 年底，中国农村贫困人口全部脱贫。中国在粮食供给和消除饥饿方面取得了举世瞩目的成绩。但目前中国的粮食安全还存在软肋。一是主粮和重要副食品间存在明显的不平衡，肉奶糖油类产品和饲料粮供给缺口不断扩大，农产品供过于求与供给不足问题并存；二是中国的农业资源和当前的农业生产、加工技术适应不了人民群众在饮食方面的个性化、差异化、高品质的要求，农业的生产结构与农产品需求存在一定的脱节；三是相对于人口来说，中国的耕地和淡水资源不足，应有的农业产能没有完全发挥出来，现有的生产力水平和资源条件还不能满足我们自己的消费需求。

作为一个有着 14 亿人口的大国，中国要把饭碗端在自己手里，而且主要装自己的粮食。因此，中国在粮食安全方面必须有自身的底线，那就是确保谷物基本自给和口粮绝对安全。同时也要重视肉奶糖油等重要农副产品的供给安全。为了进一步提升粮食和重要农产品的供给保障能力，更好地在十四五“新阶段”满足人民群众更营养、更健康、更安全的食品需求，一方面我们要在严格保护耕地的基础上提升农业技术，推进农业结构调整，优化配置国内农业生产资源，推动品种培优、品质提升、品牌打造，提高国内农产品的有效供给；另一方面，需要充分利用国内外两个市场、两种资源，通过农业“走出去”增加全球的食品有效供给，优化农产品贸易布局，实施农产品进口多元化战略，支持企业融入全球农产品供应链。

总的来看，中国需要用创新、协调、绿色、开放和共享的“新理念”推进食品供给保障战略，形成国内大循环和国际大循环相互促进的“新格局”。在这样的新形势下，《2021 中国和全球食物政策报告》更具理论和现实意义。报告的出版将能够促进社会各界对中国农业食物系统转型的认识，同时也为后疫情时代全球农业食物系统转型提供中国方案。



全国人大农业与农村委员会主任委员
全球食物经济与政策研究院学术委员会主任

序

中国农业的发展在过去几十年里取得了显著成效，脱贫攻坚取得了全面胜利，人民生活水平得到明显提高。但营养不良、慢性疾病以及日益凸显的环境问题已成为国家发展道路上面临的挑战。2020年《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》发布，提出优先发展农业农村，全面推进乡村振兴，保障国家粮食安全；中国政府提出到2060年前实现碳中和目标，积极参与全球气候治理，推进绿色低碳转型发展；2016年中共中央国务院发布了“健康中国2030”纲要，将“健康中国建设”纳入国家发展战略。这一切都表明，中国已经开始将人类健康与地球健康的双赢纳入发展议程。为解决国家发展的重大需求和需要提供科学解决方案，是中国农业大学作为一所国家级重点建设大学的崇高使命。

中国农业大学的战略定位在于建设中国特色的世界一流农业大学，面向学校“十四五”发展规划和2035发展愿景，学校将服务领域从粮食拓展到食物系统，将从过去传统的农业技术研究和传统的粮食安全研究，拓展到食物领域、全球领域，再拓展到全球食物经济和政策领域，以广阔的国际视野、先进的国际理念为中国发展和世界发展贡献中国智慧。为更好服务国家发展战略和实现学校发展目标，学校依托经济管理学院，联合校内外多学科领域的专家学者，成立全球食物经济与政策研究院（Academy of Global Food Economics and Policy, AGFEP），由国际食物政策研究所（IFPRI）前所长、国际知名农业经济学家樊胜根教授担任院长。研究院旨在围绕粮食和营养安全、环境可持续、气候变化、农业农村现代化建设等关乎全球与国家发展命脉的重要议题开展研究。

2020年爆发的新冠疫情严重冲击了世界各地农业食物系统的供应链，人类的食物安全与营养状况依旧不容乐观，亟需思考如何推动当前农业食物系统的转型。基于此背景，中国农业大学全球食物经济与政策研究院联合国内外多家单位的专家学者共同发起出版《2021中国与全球食物政策报告》，重点围绕农业食物系统与碳中和、膳食结构与营养健康及环境可持续、面源污染与农业绿色转型、电子商务与小农发展、农产品贸易的变革与挑战等重大议题展开研究，以此探讨后疫情时代中国乃至全球农业食物系统未来的转型路径。这是研究院成立之后发布的第一份政策研究报告，站位高、有深度、意义重大。相信这份报告可为政策制定者和研究者提供决策与研究参考，也希望这份报告能引起全社会对农业食物系统转型的广泛讨论。

孙其信

中国农业大学校长

前言

过去几十年，尽管世界各地在与饥饿和营养不良的斗争中取得了显著进展，但全球食物安全与营养仍然面临严峻挑战，尤其是2020年新冠肺炎疫情的大流行重创了全球农业食物系统，人类的食物安全与营养状况依旧不容乐观。农业食物系统具有较强的外部性，是许多经济、社会和公共卫生危机的诱因之一。不健康的、不可持续的农业食物系统不仅带来营养不良的三重负担（饥饿、微量营养素缺乏、超重或肥胖）、食品安全恐慌和人畜共患病，而且加剧气候变化，因此，需要采取紧急行动推动当前农业食物系统的转型。

突如其来的新冠肺炎疫情严重冲击了世界各地农业食物系统的供应链。从2020年下半年到2021年3月，国际食物价格指数上涨已超过27.3%，接近2007—2008年全球粮食危机时的价格涨幅。此次疫情还导致很多人丧失工作、收入锐减，面临食物危机和陷入极端贫困的人数快速上升，并极大地增加了出现各种形式的粮食不安全与营养不良的风险。新冠肺炎疫情的爆发与流行也使得全球食物安全的区域不平等程度提高，非洲和中东地区食物安全状况的恶化更直观地显示了全球食物安全不平等的严重性。2021年3月23日，世界粮食计划署和联合国粮农组织联合发布的报告警告称，全世界已有超过3400万人竭力应对处于“紧急状况”级别的突发性饥饿，若不采取相应的措施，超过20个国家将出现突发性饥饿人数的飙升^①。与此同时，国际发展合作的缺口也给未来实现可持续的食物安全带来进一步挑战。

随着过去40多年改革开放的深入，中国与世界在众多发展问题上早已紧密相连，并积极参与到农业、食物安全等问题的全球治理中，包括发起“一带一路”倡议，加强与亚非拉地区的农业投资合作等，为这些地区的食物和营养安全、经济社会发展等提供了诸多机遇。在2015年联合国大会上，中国国家领导人呼吁要共谋全球生态文明建设，承诺中国将在可持续发展之路上继续做出贡献，并帮助其他发展中国家减缓和适应气候变化，实现世界的可持续发展和人类的全面发展，共建人类命运共同体。在同年气候变化巴黎大会上，中国呼吁要建立合理、公平、有效的全球机制以应对气候变化。2020年9月，中国国家领导人在第75届联合国大会上表示，应对气候变化的《巴黎协定》代表了全球绿色低碳转型的大方向，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，力争于2060年前实现碳中和。同年11月，在二十国集团领导人第十五次峰会上，中方倡议适时召开国际粮食减损大会。减少粮食损失和浪费有助于减轻土地和水资源压力，减少温室气体（GHG）排放，对气候变化产生积极影响。此外，2021年中国将主办《生物多样性公约》第十五次缔约方大会（COP15），推进生态文明保护，共建地球生命共同体。这些都意味着中国发展的经验、历程与智慧将会越来越多地与国际接轨，同时也要求相关的研究应当更加具备全球视野，立足中国，面向世界。

在此背景下，中国农业大学全球食物经济与政策研究院（AGFEP）联合浙江大学中国农村发展研究院（CARD）、南京农业大学国际食品与农业经济研究中心（CIFAE）、中国农业科学院农业经济与发展研究所（IAED）和国际食物政策研究所（IFPRI）共同发起出版《中国与全球食物政策报告》，主要目的是增进中国与世界的相互了解，用国际社会能够理解的语言和视角讲好中国故事。具体而言，2021年的报告将主要聚焦新冠肺炎疫情后的农业食物系统转型，并重点围绕农业食物系统与气候变化、膳食结构与营养健康及环境可持续、面源污染与农业绿色转型、电子商务与小农发展、农产品贸易的变革与挑战等重大议题展开研究。这一报告充分体现了跨部门、多学科合作的研究体系，同时兼具国际视野与中国

^① Hunger Hotspots: FAO-WFP early warnings on acute food insecurity (March to July 2021 outlook).

实践紧密结合的特点，以数据和研究为基础展开分析与讨论，旨在为政策制定者、研究者、农业食物系统从业者等提供科学、严谨、前沿的决策与研究参考。

推动农业食物系统转型实现营养健康、可持续、高效、有韧性和包容性，离不开技术、政策、制度、行为等抓手。本报告的研究结果表明，在保证长期粮食安全前提下，采取提高技术、减少食物损失和浪费、调整膳食结构等措施均可以不同程度地减少中国的农业温室气体排放。其中，农业生产技术是最有效的减排措施，农作物技术和畜牧业技术提高情景下，与基准方案相比，2060年农业温室气体排放量分别下降7-16个百分点和9-23个百分点。调整中国居民膳食结构，使其遵循中国膳食指南、EAT-柳叶刀、地中海饮食和少肉膳食的建议，可以在保障居民健康的同时减少温室气体排放，到2030年有望减少1.5亿-2.0亿吨农业温室气体排放，下降率达18%-25%。同时，现阶段中国“高投入、高产出”的农业生产方式并不可持续，给生态环境系统造成了沉重的负担，严重制约了农业食物系统的可持续发展，威胁到城乡居民食物营养和健康保障。因此，以长效预防和治理农业面源污染为抓手，推动农业生产方式向循环农业、再生农业以及“农业—食物—生态”大系统循环方向升级，对推进中国农业食物系统转型意义重大。此外，中国电子商务的蓬勃发展有力助推了小农户与大市场的连接，成为小农户分享增长红利的重要途径，这在一定程度上表明投资农村信息通信等基础设施建设，将有助于形成高效的、包容性的农业食物系统。然而，新冠肺炎疫情给全球农业食物系统，尤其是农产品贸易带来重大考验，特别是疫情所引发的贸易保护主义抬头、贸易限制措施增加、农产品价格上升与波动加剧等，都极大增添了全球农产品市场与贸易前景的不确定性。面对不确定的外部环境，中国不仅需要立足国内，而且需要积极参与全球粮农治理，推动全球农业贸易政策协调机制建设，提高农业贸易开放与粮食安全互信，维护全球农产品市场稳定，增强农业食物系统的韧性，保障中国与世界（特别是欠发达国家）的食物与营养安全。

这是我们的第一份报告，期待这份报告能够促进中国学者、国际学者及政策制定者之间对话与讨论。今后我们计划再撰写发布系列报告，期待您的建设性意见和建议。

樊胜根

中国农业大学全球食物经济与政策研究院
中国农业大学经济管理学院

陈志钢

浙江大学中国农村发展研究院
国际食物政策研究所

朱 晶

南京农业大学国际食品与农业经济研究中心
南京农业大学经济管理学院

司 伟

中国农业大学全球食物经济与政策研究院
中国农业大学经济管理学院

致 谢

本报告得到国家自然科学基金国际（地区）合作与交流项目（72061147002）、粮食和土地利用联盟（Food and Land Use Coalition）“中国食物和土地利用系统的研究与应用”与“中国可持续健康饮食转型：对健康和环境的意义”项目、清华大学“走向可持续健康饮食：重新思考中国的粮食安全和营养战略”项目以及中国农业大学国家级创新团队经费的资助。同时，中国政府对国际农业磋商组织（国际食物政策研究所）的捐款、浙江大学“食物系统与政策”海外大师工作室亦提供了支持与帮助，特此致谢！

在本报告完成过程中全球食物经济与政策研究院（AGFEP）学术委员会主席陈锡文，学术委员会委员张福锁、王韧、黄季焜、张林秀、钟甫宁，及包括陈荫山、赵文华、黄祖辉、潘志华、杨晓光等在内的其他专家均提供了极具建设性的意见与建议。

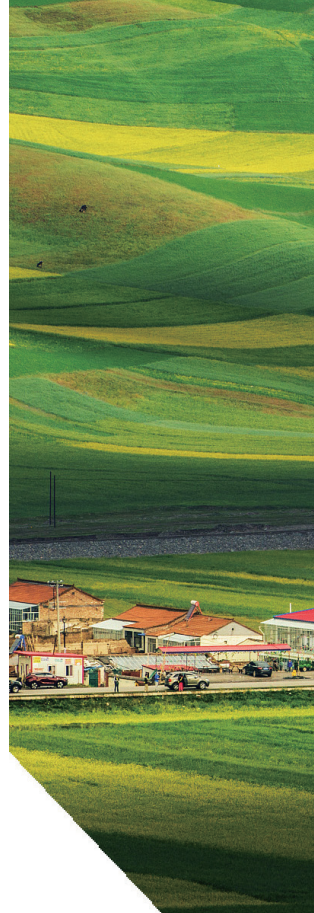


当前农业食物系统已十分脆弱，
新冠肺炎疫情敲响了转型未来
农业食物系统的警钟……

新冠肺炎疫情后农业食物系统的重新思考

樊胜根^{1,2} 陈志钢^{3,4} 司 伟^{1,2} Johan Swinnen⁴

1. 中国农业大学全球食物经济与政策研究院
2. 中国农业大学经济管理学院
3. 浙江大学中国农村发展研究院
4. 国际食物政策研究所



2020 年新冠肺炎疫情大流行给世界带来前所未有的公共健康危机，重创了人类生存与繁荣所高度依赖的农业食物系统。截至 2021 年 3 月，全球新冠肺炎确诊病例总数达 1.3 亿例，死亡人数 275.9 万，波及 200 多个国家和地区^①。新冠肺炎疫情爆发前，受气候变化加剧、极端天气频发、自然资源退化、经济增速放缓及地区军事冲突等多重因素的影响，农业食物系统已十分脆弱（樊胜根等，2020；陈志钢等，2020）。全球饥饿人口连续五年增长，55 个国家和地区的 1.35 亿人面临严重粮食危机，1.44 亿 5 岁以下儿童发育迟缓、4700 万儿童消瘦（FSIN，2020；FAO 等，2020）。新冠肺炎疫情的爆发与蔓延使农业食物系统再次遭受巨大冲击。全球贫困人数 22 年来首次出现上升，约 1 亿人陷入极端贫困^②，新增 1.3 亿人遭受急性严重食物不安全的威胁，面临粮食危机（WFP，2020a）。按照经济增长每下降一个百分点将导致 70 万儿童发育迟缓计算，5 岁以下儿童发育迟缓人数将再增加

280 万^③，出现消瘦情况的儿童可能会增加 670 万人（UNICEF，2020；WFP，2020b）；小农、妇女、农民工等弱势群体的生计受到威胁，失去工作、收入下降^④。若不采取有力措施，到 2030 年世界将有 8.4 亿人面临食物不足遭受饥饿困扰，根本无法实现联合国“零饥饿”的可持续发展目标（SDGs）（IFPRI，2021）。因此，必须重塑全球农业食物系统，推动农业食物系统转型，在提高生产率的同时增强其韧性和包容性，从而确保人类的营养健康和地球自然环境的可持续。

① <https://covid19.who.int/>。

②④ <http://www.fao.org/partnerships/resource-partners/covid-19/zh/>。

③ <https://www.shihang.org/zh/publication/global-economic-prospects>。



1.1 新冠肺炎疫情下中国如何保障农业食物系统的韧性

作为第一个受新冠肺炎疫情影响的国家，疫情初期中国食物供应链遭受严重冲击，尤其是家禽、蔬菜行业受损严重，农民工就业受到较大影响。由于活禽交易受限，一些企业的鸡鸭无法出栏，鸡苗无法销售，致使鸡苗活埋和鸡鸭闷棚现象频繁发生，许多养殖企业和养殖户濒临破产；受此影响，养殖户补栏积极性差，据估计，鸡苗和鸭苗的市场投入量下降了约 50%（司伟等，2020）。国家统计局数据显示，2020 年第一季度肉类产量同比减少 19.5%；24% 的蔬菜种植户生产受到影响，平均减产 1/3（Fan 等，2020a；黄季焜等，2020；Zhan 和 Chen，2021）。2 月份，外出务工农村劳动力人数减少 30.6%，月均收入下降了 7.9%（Zhang 等，2020）。此外，餐饮、旅游等行业受影响较大，部分中小企业甚至面临停业破产风险。

面对来势汹汹的疫情，中国迅速行动，成立中央疫情应对领导小组和国务院联防联控机制，在疫情初期采取强制封锁、暂停公共交通、限制出行等系列严格措施，取得明显成效；之后，过渡到以核酸检测和绿色健康码为基础的常态化管理策略，并开展鼓励预防行为的公共宣传运动，遏制了病毒的

传播，成为第一个控制住新冠肺炎疫情蔓延的国家（World Bank，2020）。中国政府在应对新冠肺炎疫情过程中，将保障民众食物安全作为工作重点之一（Fan 等，2020b；Fan 等，2021；Zhan 和 Chen，2021），加强部门间协调，发布诸多政策文件（见图 1-1），采取系列措施保障农业生产与食物供应，保证了农业食物系统的正常运行。

1.1.1 执行“绿色通道”制度，确保重要农产品流通顺畅

疫情初期，受防控措施影响，部分地区出现农产品和农业生产资料运输梗阻，为解决这一问题，2020 年 1 月 30 日，农业农村部、交通运输部和公安部联合发布紧急通知，敦促各地严格执行“绿色通道”制度，确保鲜活农产品和农资运输畅通，禁止未经批准设置任何路障阻断交通。为加快恢复受疫情影响最大的畜牧业产销秩序，2020 年 2 月 4 日，农业农村部再次发布紧急通知，要求各地不得拦截仔畜雏禽及种畜禽运输车辆，不得拦截饲料运输车辆和畜产品运输车辆，不得关闭屠宰场且要确保通往养殖场、畜产品屠宰加工和交易市场的道路畅通。“绿色通道”制度在保障重要农产品和农资运输畅通方面发挥了重要作用。

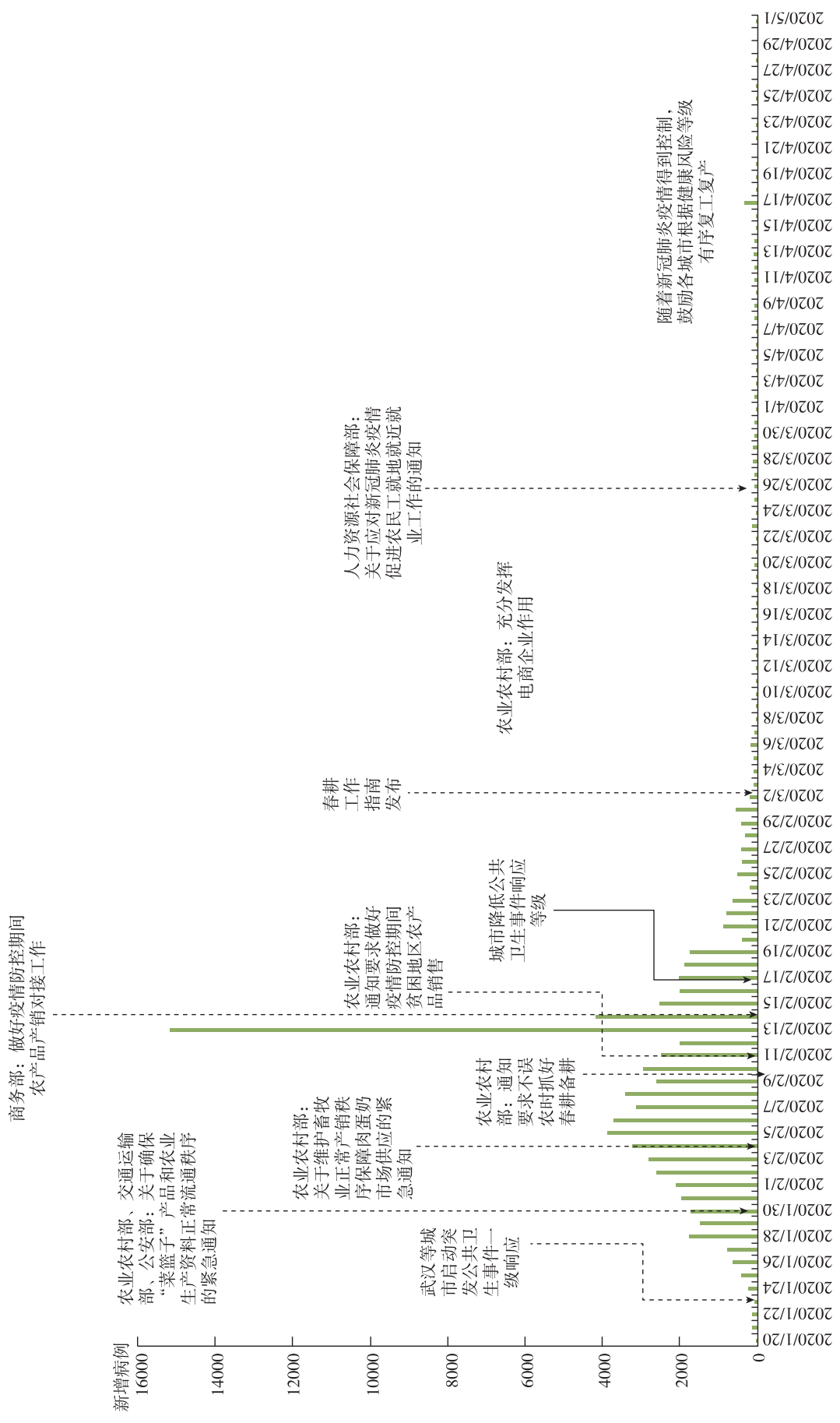


图 1-1 新冠肺炎疫情确诊病例与中国政府保障食品安全主要政策文件时间线

资料来源：根据各部委网站公开资料整理。

1.1.2 依托现代信息技术，实现农产品产销有效对接

2020年2月初，隔离措施增加了人们对送货回家的需求，诸多电子商务公司推出了非接触式送货服务，使快递员可以在固定的地点留下食物以便顾客取货，从而避免了人与人之间的直接接触（陈志刚等，2020）。电子商务和配送公司发挥了重要的物流作用（郭红东等，2020；Guo等，2021）。“无接触式配送”“社区团购”等方式有效应对了由于封锁措施导致生鲜食品送货上门需求大幅飙升的挑战，并降低因前往人群拥挤的市场购买食物而感染的潜在风险（Fan等，2021；Fei和Ni，2020；Zhan和Chen，2021）。

2020年2月11日，商务部发布通知敦促各地区采取综合措施，尤其是充分利用信息化手段协调组织连锁超市、大型批发市场等与农业生产经营主体开展线上产销精准对接，解决农产品“卖难”问题。其他措施包括，建立全国农业农村应对新冠肺炎疫情数据服务平台，加强农产品价格变动和市场供求的监测，继续支持农商互联完善农产品供应链体系等^①。

1.1.3 提供财政支持，推动农业企业复工复产保障农业生产稳定发展

2020年2月14日，为稳定农业生产和保障农产品供应，财政部、农业农村部联合发布通知，施行减免农业信贷担保相关费用、拨付农业生产救灾资金、延长减税降费政策、加大对家庭农场和农民合作社农产品冷藏保鲜资金支持力度、支持蔬菜规模化生产经营主体提升生产保供能力等财政措施^②。

2020年3月，随着春耕时节的临近，农业农村部发布多项通知，支持春耕备耕，要求农民在做好个人防护的前提下分时、分散下田，鼓励返乡农民工就地参与农业生产，开展线上农业生产技术培训与服务指导。在采取分区分级差异化疫情防控措施，做好疫情防控工作的同时，优化审批服务、创新审批方式，推动农业企业尽快复工复产，尤其是受疫

情冲击较为严重的饲料、屠宰、种畜禽、畜产品加工等企业^③，增加畜禽产品有效供给，全力保障农产品稳定生产。

2020年4月初，中国已经逐步开放人员流动，经济社会生活缓慢恢复正常，虽然在2020年6月和12月部分省份出现疫情反弹，但并未影响全国疫情稳定防控大局，中国成为2020年全球唯一实现经济正增长的主要经济体。据初步核算，2020年中国国内生产总值101.6万亿元，比上年增长2.3%；其中，第一产业增加值7.8万亿元，增长3.0%，全年粮食产量6.7亿吨，增产0.9%^④，粮食市场和综合生产能力发展稳定，中国的农业食物系统表现出了较强的韧性。

1.1.4 积极应对新冠肺炎疫情影响的同时坚持继续开展脱贫攻坚战，保护脆弱人群生计

在2020年新冠肺炎疫情导致了经济增速大幅下降的不利条件下，中国仍实现了消除绝对贫困的目标，创造了减贫治理的中国样本，为全球减贫事业做出重大贡献，提前10年实现了《联合国2030年可持续发展议程》的零贫困的目标^⑤。中国构建了一套减贫治理行之有效的政策措施、工作机制、制度体系，包括保障财政专项扶贫资金投入、鼓励经济发达地区和欠发达地区开展扶贫协作和结对帮扶、坚持精准扶贫工作方针、激发贫困人口改变生活现状的内生动力、落实严格的考核评估机制等，这对其他发展中国家具有重大借鉴意义。

1.2 新冠肺炎疫情对全球农业食物系统的影响及主要应对措施

1.2.1 新冠肺炎疫情凸显全球食物和营养安全风险

全球饥饿人口数量自2014年起一直呈缓慢增加趋势，据FAO等估计，截至2019年新冠肺炎疫情大流行发生之前，全球有近6.9亿人面临食物不足处于饥饿状态，占世界总人口的8.9%。从分布区域上看，当前饥饿人口中有一半以上分布在亚洲，人数达到3.8亿，占该区域总人口的8.3%；拉丁美

① http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/15/content_5479112.htm。

② http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/14/content_5478827.htm。

③ http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/04/content_5474554.htm。

④ 中华人民共和国2020年国民经济和社会发展统计公报，http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202102/t20210227_1814154.html。

⑤ 习近平：在全国脱贫攻坚总结表彰大会上的讲话，http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2021-02/25/c_1127140240.htm。

洲及加勒比区域有近 4800 万人处在饥饿当中，占该区域总人口的 7.4%；非洲有超过 2.5 亿人生活在饥饿之中，占该区域总人口的 19.1%，同时，非洲面临饥饿的人口数量增长速度快于世界其他区域。新冠肺炎疫情的大流行更使得全球食物和营养安全雪上加霜。一项初步评估表明，新冠肺炎疫情的大流行可能导致全世界饥饿人数在 2020 年新增 8300 万至 1.32 亿（FAO 等，2020）。疫情自 2020 年秋冬季开始在全球出现了反复，各国严格的疫情防控政策也将被延续，这意味着全球食物和营养安全面临更大的不确定性。

根据国际食物政策研究所发布的《2021 全球食物政策报告》（IFPRI，2021），新冠肺炎对食物系统的各个环节造成了影响。由于隔离和边境关闭，市场、供应链和贸易受到波及。食物流通渠道可能因运输中断和更加严格的检疫措施而受阻，造成运输成本和贸易成本增加、效率降低。一些国家为保障国内食物供应而采取限制出口的行为，不但影响依赖于粮食进口的国家进口粮食，也不利于依赖于出口初级农产品的低收入发展中国家出口农产品。封锁措施带来的经济影响使居民收入和购买力下降，居民获得充足的营养食物变得更加困难。

首先，新冠大流行导致工作岗位丧失或工作时间减少，带来经济损失和贫困的增加，导致低收入群体对食物的购买力下降，冲击其食物安全和营养保障。全球模型预测显示，全球经济每放缓一个百分点，贫困人口数量就会增加 2%–3%，即增加约 1400 万–2300 万人^①，人们的实际收入将减少，用于购买食物的开支也会随之降低，并且会在消费上做出相应的调整。收入越少，这种效应就越强，也意味着穷人的生活将更加艰难，特别是对小农户、农民工等弱势群体带来的冲击尤为严重（陈志钢等，2020；司伟等，2020）。疫情也将冲击海外劳工的收入，海外劳工汇款是发展中国家和许多低收入人群的生命线，并且主要用于购买食品，因此海外劳工汇款的下降将直接影响这部分人群的食物与营养安全。

其次，尽管目前来看，新冠肺炎并未造成严重粮食生产短缺（AMIS，2020），但却严重冲击了世界各地食物系统的供应链。疫情防控措施使进入

市场、在国家内部以及国家之间运输食物变得困难，物流中断影响物资供应进而可能造成农时延误；供应链遭到破坏，影响食物的供应量和配置效率，尤其是对食物进出口依存度较高的国家或地区造成很大冲击。特别是对于高度依赖于进口食物的发展中国家，食物供应链中断使食物向市场的运输复杂化，出行限制影响消费者进入市场，使得食物价格上涨。

自 2020 年下半年到 2021 年 3 月，国际食物价格已连续 10 个月上涨（见图 1-2），引发了人们的担忧。全球食物价格指数涨幅达 27.3%，远远超过过去五年平均涨幅，已接近 2007—2008 年食物价格危机时的价格涨幅。本次国际食物价格上涨，一部分源于产量的减少。例如全球主要油菜籽生产地区因为干旱，导致产量下降。另一部分原因源自一些粮食出口国采取禁止或限制粮食出口措施，许多国家因世界粮食贸易不确定性加大而增加粮食储备，受疫情影响全球货物运输和供应链严重受阻，物流成本大幅上涨。此外，部分发达经济体为应对疫情增发货币，推高了国际食物价格，流动性泛滥除直接导致以美元计价的食物价格上涨外，还通过石油、化工品等大宗商品价格上涨的传导使得价格进一步攀升（海闻等，2021）。

食物尤其是营养食物价格上涨和健康饮食负担能力的降低都可能对营养摄入和饮食质量产生负面影响，从而增加营养不良的风险，加剧各种形式的营养不良程度。弱势人群的家庭将失去营养食品购买力并改变购买模式，倾向于增加主食在家庭食物消费比重和购买保质期较长但营养成分却较差的产品，这可能导致更严重的营养不良、超重和肥胖。

新冠肺炎疫情也使得食物安全区域不平等程度提高。受益于良好的经济和营养健康基础，相对完善的社会保障体系以及有效的政府，发达国家和部分新兴经济体国家有能力在短期内应对食物供需不均衡。例如，中国大米和小麦的库存量约可以支撑中国国内一年的消费。但是，对于数量更多的发展中国家来说，食物供给以及价格的波动都会导致不同程度的食物安全危机。新冠肺炎疫情下非洲和中东地区食物安全状况的恶化更直观地显示了全球食物安全不平等的严重性。

^① IFPRI, <https://www.ifpri.org/blog/poverty-and-food-insecurity-could-grow-dramatically-covid-19-spreads>.

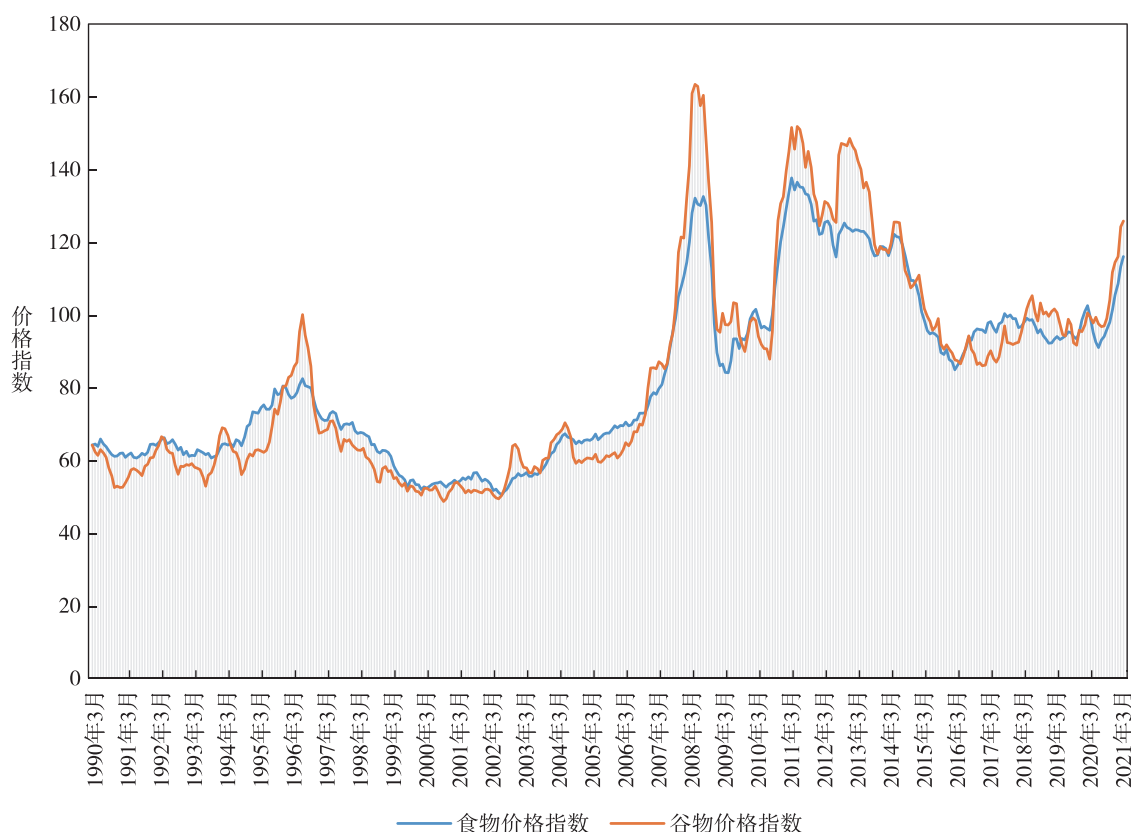


图 1-2 全球食物与谷物价格指数变化趋势（1990.3—2021.3）

资料来源：FAO，<http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpriceindex>。

世界粮食计划署和联合国粮食及农业组织（粮农组织）联合发布的报告警告称，全世界已有超过 3400 万人竭力应对处于“紧急状况”级别的突发性饥饿（粮食安全综合分类第 4 级），这表明他们离饥荒仅有一步之遥。若不紧急采取大规模援助，超过 20 个国家将出现突发性饥饿人数的飙升，南苏丹、也门和尼日利亚北部所面临的粮食不安全风险最为严重^①。这些区域饥饿问题与战乱已经进入恶性循环状态，食物安全保障能力与世界其他地区的差距继续扩大。同时，国际发展合作的缺位对未来实现可持续的食物安全和经济发展造成挑战。

1.2.2 全球农业食物系统主要应对措施

为减少新冠肺炎疫情的负面影响，世界各国采取了多种应对措施，包括增加卫生系统支出、扩大社会保障体系以及增强中小企业的抗风险能力。

为了减轻疫情对农民收入减少的影响，各国通过财政手段加强了对农民的支持，这些措施包括推迟农民的贷款偿还（例如埃塞俄比亚、尼日利亚、印度、巴基斯坦），向农民发放新贷款（例如中国、吉尔吉斯斯坦、缅甸、尼日利亚、斯里兰卡）以及临时减免农业土地税等（例如埃及、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦）（Kennedy 和 Resnick，2020）。

非正规部门^②在应对新冠肺炎疫情中也起到了至关重要的作用，例如，布基纳法索设立了一项基金来支持在非正规市场上出售水果和蔬菜的妇女，这些政策为支持对城市食物系统受影响最大的脆弱人群提供了很好的示范。来自国际食物政策研究所的数据显示，绝大部分国家都采取了市场监管和固定价格的政策（例如埃及、马里、卢旺达等），但由于这些政策集中在主食上，导致这些措施对增加家庭饮食多样性和膳食质量的作用较小。

① Hunger Hotspots: FAO-WFP early warnings on acute food insecurity (March to July 2021 outlook)。

② 根据国际劳工组织的定义，非正规部门通常在低技术水平上运作，生产规模较小；非正规就业即那些在个体户、家庭企业和微型企业中的就业。

与此同时，各国为维持国内粮食供应采取的措施在方法和效果上存在很大差异，例如，一些国家向农民提供了直接支持，一些国家则实施了食物出口禁令，一些国家同时采用了这两种方法。自疫情开始以来，至少 27 个国家实施了食物出口禁令^①。俄罗斯作为全球第一大小麦出口国，从 2021 年 2 月开始对出口小麦实施配额管理。以印度为代表的至少 10 个国家也将在 2021 年继续实施食物出口管制。历史经验表明，贸易限制会导致市场形势趋紧、产业供应链面临不确定性、并加剧全球食物安全与营养不良危机，如出口禁令等贸易政策伤害了穷人等弱势群体，降低了农业市场的效率。粮农组织、国际农业发展基金、世界粮食计划署、世卫组织、世贸组织和世界银行等国际组织都强调了保持食品和农业价值链正常运转的必要性以及出口限制可能对全球市场造成的不利影响。

全球政策制定者对此做出了回应。在 2020 年 4 月 21 日举行的二十国集团农业部长会议上，部长们承诺“避免采取任何可能导致国际市场粮食价格过度波动的不合理限制措施，以免威胁世界很大一部分人口，特别是处于低粮食安全水平环境中的最弱势人口的粮食安全与营养状况”。部长们还同意根据世贸组织的规则，采取透明、临时、不会干扰全球粮食供应链的措施。此外，欧盟和 21 个其他世贸组织成员也承诺疫情期间保障全球粮食供应链正常运转，确保农产品和食品贸易开放、可预测。

1.3 重新思考新冠肺炎疫情后的农业食物系统

当前的农业食物系统是不可持续的、不健康的，超过 30 亿人负担不起健康膳食（FAO 等，2020），乡村面临的挑战绝大多数来源于农业食物系统。新冠肺炎疫情的大流行给农业食物系统带来了剧烈冲击，凸显了农业食物系统的脆弱性。随着疫苗的投入使用，2021 年新冠肺炎疫情有望得到一定程度的控制，但是农业食物系统依然面临众多挑战，包括如何应对气候变化促进经济实现绿色低碳转型、如何顺应产业数字化趋势的同时维护脆弱群体利益、

如何在经济全球化遭遇逆流情况下畅通国际贸易等。

同时，随着农业和食物系统日益全球化，食物安全和营养相关治理问题也日趋复杂，有必要加强全球农业食物系统的治理。中国在新冠肺炎疫情期间表现出了成熟的社会治理能力以及利用新兴技术对食物供应链的保障能力，这些经验也将为其他国家应对疫情带来的食物安全风险挑战、制定食物系统政策提供借鉴。此外，联合国将于 2021 年举行首届“食物系统峰会”，呼吁政府、企业和公民等各级行为主体共同采取行动，促进农业食物系统转型，响应联合国秘书长关于在新冠肺炎疫情后“重建得更好”的号召，推进《2030 年可持续发展议程》。

农业食物系统在可持续发展、健康营养、治理方面面临的困难和挑战提醒我们要对后疫情时代的农业食物系统进行重新思考。如果不采取措施推动农业食物系统转型，人类健康和地球健康将受到严峻挑战。本报告以数据和研究为基础，以中国为案例进行相关研究讨论，基于第 2 至第 6 章的研究发现，提出了重塑新冠肺炎疫情后的农业食物系统的七大措施：

1.3.1 调整农业技术研发方向，优先发展多赢型技术创新体系

农业食物系统未来要应对气候变化、极端天气、自然资源退化等多重风险挑战，就必须由过去只注重生产性技术转向注重发展目标多赢的技术创新。第一，在提高生产效率和产量的同时研发绿色低碳技术，构建支撑农业绿色低碳发展的技术体系，降低农业食物系统的碳足迹。本报告第 2 章研究表明，农业生产技术是最有效的减排措施，农作物技术提高情景和畜牧业技术提高情景下，与基准方案相比，2060 年农业温室气体排放量分别下降 7–16 个百分点和 9–23 个百分点。因此，转变农业科技创新方向，为颠覆性、集成性综合技术创新创造环境，同时加强农业低碳绿色发展技术的推广应用，以减少农业食物系统碳排放和应对气候变化。第二，优先发展可持续集约型和注重营养的技术，如选育高产、含有生物强化技术的高营养的作物品种，采用农业清洁生产技术和清洁生产技术，以期在改善居民营养健康状况的同时兼顾环境可持续性。

^① 联合国国际贸易中心，<https://www.macmap.org/covid19>。

1.3.2 改革农业补贴政策，创新财政支持方式

不恰当的农业补贴政策会加剧农业食物系统对资源环境的压力并影响人类的营养健康，因此要推动农业食物系统转向营养健康和绿色环保就要改革政策支持方式。第一，调整财政政策支持方向。如增强对具有营养、健康、可持续性的食物产业的财政支持，对不健康、不可持续的食物征税；将财政刺激政策中的部分资金用于支持农业食物系统转型，支持营养健康、低碳可持续食物的生产，增加环境友好型食物供给同时改善居民膳食质量。第二，建立和完善生态补偿机制，本报告第4章指出，在浙江和安徽跨省生态补偿试点建立的上下游财政转移支付安排，对保持新安江水质和改善浙江千岛湖营养化问题作用十分明显。

1.3.3 加大制度创新，建设高效的和包容性的食物价值链

制度创新有助于营造建设高效、安全、营养、包容、可持续食物价值链的社会氛围，加速农业食物系统转型。第一，建立政府间跨部门合作机制，促进有效治理机制发展，建立农业生产、生态环境、食物安全与营养、财政支持等方面的跨部门协调工作机制，将绿色、健康和营养的指标纳入各级政府的绩效考核体系中。第二，扩大社会保障，探索建立城乡互融的社会保障体系，改善脆弱人群尤其是小农的健康、营养和教育水平，帮助小农提高生产效率或增加其获得非农就业提升收入的机会。第三，在农业中为妇女赋权，妇女是从农业到营养的中间人，改善母亲的营养和健康，加大对妇女的信贷支持力度，给予妇女现金补贴以及营养教育方案培训，能够有效改善家庭饮食多样性、减少儿童营养不良现象的发生。

1.3.4 增加农村信息通信基础设施投资，顺应产业数字化趋势

中国的电子商务平台在新冠肺炎疫情中为保障食物正常供应、降低人群聚集产生的潜在感染风险方面发挥了较大作用。电子商务作为突破性技术，是实现农业食物系统数字化的重要载体，同时还可以创造新的就业机会，帮助小农实现与大市场的对接。本报告第5章研究表明，电子商务可通过降低信息和交易成本，推动小农进入全球价值链，帮助小农更好地进入市场。小农是农业食物系统供应链的重要组成部分，是大多数发展中国家农业生产

的主力军，推动农业食物系统转型，必须将提升小农的生计能力作为关注重点之一，电子商务为解决这一问题提供了一个有效途径。因此，加强农村信息和通信基础设施建设、建立农村电子商务知识和技能培训机制培养具有电商思路和技能的新农人等措施，有助于充分发挥电子商务在农业食物系统转型中的推动作用。

1.3.5 保持贸易畅通，增强农业食物系统转型过程中应对不确定性冲击的能力

在世界进入百年未有之大变局之时，命运共同体理念获得广泛支持，但国际环境日趋复杂，不稳定性、不确定性明显增加，世界进入动荡调整期，经济全球化遭遇逆流。正如本报告第6章所指出的：“新冠疫情给全球农业食物系统与农产品贸易带来重大考验，特别是疫情所引发的贸易限制措施增加、食物价格上升与波动加剧等，都极大增添了全球农产品市场与贸易前景的不确定性”。面对不确定的外部环境，贸易限制会导致市场趋紧并加剧危机，应当倡导消除扭曲的、有害的贸易政策，保持国家间贸易畅通，加强全球农业贸易政策协调机制建设，提高农业贸易开放与粮食安全互信，维护全球农产品市场稳定，保障世界各国（特别是欠发达国家）的食物与营养安全。同时，发展本国地区间贸易，对于提高本地农业食物系统的效率也非常重要。

1.3.6 敬畏尊重大自然，保护野生动植物栖息地

敬畏自然、尊重自然发展规律是推动农业食物系统转型实现可持续发展的重要基础。本报告第4章研究表明，“高投入、高产出”的农业生产方式已不可持续，给生态环境系统造成了沉重的负担，严重制约了农业食物系统的可持续发展。未来，要以长效预防和治理农业面源污染为抓手，推动农业生产方式向循环农业、再生农业以及“农业—食物—生态”大系统循环方向升级。此外，在过去几十年里，人类和野生动物之间的相互影响急剧加强，带来诸多风险与挑战。因此，应停止将农业及其他活动扩展到森林和野生动植物的自然栖息地，制定保护野生动植物的法律、法规和政策，并对这些法律、法规 and 政策的执行进行监测和评估，这对恢复生物多样性、保护森林碳汇能力以及防控疫病源降低未来再发生疾病大流行风险至关重要。

1.3.7 引导居民行为改变，实现人类健康与地球健康双赢

居民膳食及其相关行为不仅会影响居民的营养健康，还会给气候变化和环境可持续性带来影响。因此，一方面，加强对健康和可持续膳食的宣传推广，引导居民健康膳食，增加全谷物、水果和豆类的消费，减少对精制谷物和红肉的过量消费。本报告第3章研究表明，如果未来中国居民膳食结构按照中国膳食指南、EAT-柳叶刀、地中海饮食和少肉膳食标准，预计在2030年，四种健康膳食模拟方案可减少1.5亿-2.0亿吨农业活动温室气体排放，下降率达18-25个百分点。另一方面，减少食物损失和浪费是引导居民行为改变的重要着力点，提倡适度饮食，珍惜食物，杜绝舌尖上的浪费，减轻水土资源压力，减少温室气体排放。第2章对减少食物损失和浪费方案的模拟结果表明，与基准方案相比，2030年和2060年，农业温室气体排放量分别减少2-6个百分点和4-7个百分点。

参考文献

- [1] AMIS. Agricultural Market Information System (AMIS) [EB/OL]. <https://www.amis-outlook.org>.2020.
- [2] FAO, IFAD, UNICEF, et al. The State of Food Security and Nutrition in the World: Transforming Food Systems for Affordable Healthy Diets [R]. Rome: FAO,2020.
- [3] Food Security Information Network (FSIN). Global Report on Food Crises [EB/OL]. <https://www.fsinplatform.org/global-report-food-crises-2020>.
- [4] Fei, S., Ni, J., and Santini, G. Local Food Systems and COVID-19: An Insight from China [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2020(162):105022.
- [5] Guo, H., Liu, Y., Shi, X. and Chen, K.Z. The Role of E-commerce in the Urban Food System under COVID-19: Lessons from China [J]. China Agricultural Economic Review, 2020,Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
- [6] IFPRI. 2021 Global Food Policy Report [R]. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). 2021.
- [7] Kennedy, Adam; and Resnick, Danielle. From Farm to Table: How Are Governments Keeping Food Systems Functioning During COVID-19 [R]. COVID-19 Policy Response Portal Project Note 1. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). 2020.
- [8] Fan Shenggen, Si Wei, Zhang Yumei. How to Prevent A Global Food and Nutrition Security Crisis under COVID-19 [J]. China Agricultural Economic Review, Emerald Group Publishing, 2020a, 12(3):471-480.
- [9] Fan Shenggen. Agriculture, Food and Nutrition Security Under COVID-19: Lessons from China [J]. Review of Agrarian Studies, 2020b,10: 61-71.
- [10] Fan Shenggen, Paul Teng, Ping Chew, Geoffry Smith, Les Copeland. Food System Resilience and COVID-19- Lessons from the Asian experience [J]. Global Food Security, 2021, 28:100501.
- [11] UNICEF. Child nutrition and COVID-19 [EB/OL]. <https://data.unicef.org/topic/nutrition/child-nutrition-and-covid-19/>. 2020.
- [12] WFP. COVID-19 will double number of people facing food crises unless swift action is taken [EB/OL]. <https://www.wfp.org/news/covid-19-will-double-number-people-facing-food-crises-unless-swift-actiontaken> 2020a.
- [13] WFP. Global Monitoring of School Meals During COVID-19 School Closures [EB/OL]. <https://cdn.wfp.org/2020/school-feeding-map/index.html>. 2020b.
- [14] World Bank. "From Containment to Recovery" East Asia and Pacific Economic Update (October) [R]. World Bank, Washington, DC. 2020.
- [15] Zhan Y. and Chen K.Z., Building resilient food system amidst COVID-19: Responses and lessons from China [J]. Agricultural Systems. 2021:1-23.<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103102>
- [16] Zhang, Y., Diao, X., Chen, K. Z., Robinson, S., & Fan, S. Impact of COVID-19 on China's Macroeconomy and Agri-food System-An Economy-wide Multiplier Model Analysis [J]. China Agricultural Economic Review, 2020,12(3):387-407.
- [17] 陈志钢, 詹悦, 张玉梅, 樊胜根. 新冠肺炎疫情对全球食品安全的影响及对策 [J]. 中国农村经济, 2020, (5): 2-12.
- [18] 樊胜根, 高海秀. 新冠肺炎疫情下全球农业食物系统的重新思考 [J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2020,(5): 1-8+168.
- [19] 郭红东, 刘晔虹, 陈志钢, 曲江. 电商“战疫”: 调查研究电商如何防疫和保障食物供应. [EB/OL], <http://cn.ifpri.org/archives/6364>, 2020.
- [20] 海闻, 梁润, 沈琪. 国际食品价格上涨会传导至国内吗 [R]. 北京大学汇丰商学院智库专题报告. 2021.
- [21] 黄季焜, 唐任伍, 仇焕广, 等, 如何压实“米袋子”、拎稳“菜篮子”, [EB/OL]. 光明日报, 2020-02-26.
- [22] 司伟, 张玉梅, 樊胜根. 从全球视角分析在新冠肺炎疫情下如何保障食物和营养安全 [J]. 农业经济问题, 2020, (3): 11-16.



在保障粮食安全的前提下，促进农业食物
系统转型实现碳中和目标，研究减排
路径并模拟其减排效果尤为关键。

转型农业食物系统助力实现中国2060 碳中和目标

张玉梅^{1,2} 樊胜根^{2,3} 陈志钢^{4,5} 冯晓龙^{2,3}
张向阳¹ 柏兆海⁶ 汪笑溪⁴

1. 中国农业科学院农业经济与发展研究所
2. 中国农业大学全球食物经济与政策研究院
3. 中国农业大学经济管理学院
4. 浙江大学中国农村发展研究院
5. 国际食物政策研究所
6. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心，河北省土壤生态学重点实验室



主要发现

■ 中国农业发展迅速，在保障粮食安全和丰富居民膳食的同时，过去二十年农业食物系统的温室气体排放量仅上升 16%，而在 2017—2018 年连续两年下降，在全部温室气体排放量中的比重也由 1997 年的 18.7% 下降到 2018 年的 8.2%。

■ 整个农业食物系统排放的温室气体仍不容忽视。2018 年，农业食物系统温室气体排放量仍高达 10.9 亿吨二氧化碳当量。

■ 在保障粮食安全的前提下，采取提高农业生产技术、减少食物损耗和浪费、调整膳食结构等措施均能减少农业食物系统的温室气体排放，其中，农业生产技术是最有效的减排措施，综合减排方案的效果最为显著。在综合方案下，2060 年，农业食物系统温室气体排放量可比 2020 年减少 47%。

■ 土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）在碳汇中起了关键作用。2014 年 LULUCF 碳汇约为 11 亿吨二氧化碳当量，如果 2060 年增加至 16 亿吨二氧化碳当量，除了抵消农业食物系统的温室气体排放外，仍有近 10 亿吨二氧化碳当量的碳汇节余，远高于目前的净吸收水平。

政策建议

■ 在确保粮食产量 6.5 亿吨以上和口粮基本自给的前提下，加快制定农业食物系统的综合减排战略和精准减排路径，同时从供给和消费两端着手，分别制定覆盖各种产品产业链各环节的减排措施，促进农业食物系统转型，实现减排和生态系统碳汇增量的目标。

■ 持续优化农业补贴政策体系和加大农业科技投入力度，调整农业科技创新领域，为颠覆性、集成性综合技术创新创造环境，加强低碳绿色循环技术的发展和推广应用。

■ 让消费者成为碳中和行动的积极参与者，既要倡导节约习惯，引导居民减少食物浪费，又要鼓励和引导居民科学调整膳食结构，在保障居民健康的前提下，合理减少肉类消费。

■ 在坚守 18 亿亩耕地红线的基础上强化国土空间规划和用途管控，使因技术提高、食物损失浪费减少、膳食结构调整等措施而节约的土地，因地制宜转化为草地、林地和湿地等，提升生态系统碳汇增量。

■ 加快碳汇市场建设，让农民能够积极参与碳汇市场交易，在减排的同时增加收入。



2.1 引言

联合国政府间气候变化专门委员会发布的《全球升温 1.5°C 特别报告》，认为现在若不全力以赴达成 1.5°C 的温控目标，未来人类将在生态系统、粮食安全、水供应、人类安全、健康福祉以及经济增长等方面付出巨大代价。中国政府秉持人类命运共同体理念，正在以积极姿态参与全球气候治理，以切实有效的行动制定减排路径和推进绿色低碳转型，守护我们的蓝色星球。2020 年 9 月，中国政府在联合国大会上承诺：将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，力争于 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，2060 年前实现碳中和。2020 年 12 月，在“气候雄心大会”上进一步对碳中和和碳达峰作出具体规划：到 2030 年，单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65% 以上，非化石能源占一次能源消费比重将达 25% 左右，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。

许多学者都在讨论中国的减排路径，并认为要实现碳中和目标存在诸多挑战。何建坤等（2020）通过模拟 2050 年升温 1.5°C 的情景，表明中国可在 2025 年之前实现碳达峰目标，并到 2050 年二氧化碳排放下降到 17.2 亿吨，农林业和土地利用增加碳

汇 7.8 亿吨，预计碳捕获技术可捕获 8.8 亿吨二氧化碳，基本实现二氧化碳净零排放，但仍有 13.3 亿吨非二氧化碳温室气体排放。余碧莹等（2021）认为，仅靠能源系统低碳转型和碳捕获技术无法实现中国 2060 年碳中和的目标，依然会有 3 亿–31 亿吨温室气体，需要森林、海洋碳汇等方式来吸收。

要实现碳中和目标，农业食物系统的减排不容忽视。从全球来看，2007—2016 年温室气体总排放中，农业食物系统的温室气体排放占比高达 21%–37%，其中农业占 9%–14%，土地利用占 5%–14%，农业产前和产后环节的温室气体排放占 5%–10%（Rosenzweig 等，2020）。Poore 和 Nemecek（2019）认为，整个食物供应链产生的温室气体排放占人类温室气体排放总量的 26%。Crippa 等（2021）研究认为全球食物系统产生的温室气体占全部温室气体的 1/3。中国农业温室气体排放量占世界农业排放总量的比重约 11%–12%。中国农业活动温室气体排放 2018 年为 7.1 亿吨二氧化碳当量，比 1990 年增加了 18%（FAO，2020），占世界农业排放总量的比重约为 11%–12%。随着经济发展，农业机械化水平显著提高，农业产业链延长，与农业相关的食品加工、贮藏、运输、批发零售和餐饮等各个环节消耗的能源及其碳排放显著增加。

农业在减少氧化亚氮（N₂O）和甲烷（CH₄）排放有较大减排潜力，同时在增加碳汇方面至关重要。中国农业生产活动的甲烷和氧化亚氮排放量占全国甲烷和氧化亚氮排放量的比例分别超过 40% 和 50%（《中国气候变化第二次两年更新报告》，2018）。Ma 等（2019）模拟单产技术提高生产更多食物、减少食物损失浪费和进口更多食物三种情景，发现温室气体排放将比基准情景下降 7%–55%。更重要的是，中国森林生态系统是固碳主体，贡献了约 80% 的固碳量（Fang, 2018）。Wang 等（2020）通过基于大气浓度的碳收支计算法，发现中国近 40 年来，恢复天然森林植被、加强人工林培育的投入使得 2010—2016 年陆地生态系统年均二氧化碳吸收量达到 11.1 亿吨，约占同期人为源碳排放量的 45%。中国能源基金会预计 2050 年，林业和其他土地利用（LULUCF）的碳汇贡献约达 16 亿吨二氧化碳当量（Energy Foundation China, 2020）。

农业食物系统减排也已经提到了重要日程，需要系统研究农业食物系统的碳排放现状、碳汇潜力以及减排路径，为转型农业食物系统助力实现 2060 年碳中和目标提供科学依据。本章从产业链角度将与农业相关的食品加工业、运输仓储、批发零售、餐饮服务以及中间投入品等行业纳入统一分析框架，既分析了农业活动的温室气体排放，又估算了农业食物系统

能源生产消费产生的温室气体排放，从而全面衡量农业食物系统的温室气体排放。更重要的是，探讨实现 2060 年碳中和目标的可能路径，包括提高农业减排技术、减少食物损失浪费、调整膳食结构、提高能源利用效率和优化能源结构等，并模拟不同情景的减排效果，提出在保障粮食安全的前提下促进农业食物系统转型实现碳中和目标的对策建议。

2.2 中国农业食物系统的温室气体排放现状

2.2.1 农业生产活动温室气体排放现状

FAO 数据显示，中国温室气体排放二氧化碳当量从 1990 年的 38.5 亿吨增加到 2018 年的 132.3 亿吨^①，增加 2.4 倍，年均增长 4.6%，增速显著高于世界平均增速，占世界温室气体排放的比重从 9.5% 提高到 23%。中国农业温室气体排放量从 1990 年的 6 亿吨增加到 2018 年的 7.1 亿吨，增加 18%，增速明显慢于总的温室气体排放速度，占温室气体排放总量的比重从 15.6% 下降到 5.4%，如图 2-1 所示。由于《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》等的实施，化肥使用量从 2016 年出现负增长，使得农业生产活动的温室气体排放自 2017 年开始连续两年下降，到 2018 年下降约 4.0%。农业生产活动的温室气体排放主要来源于农用地排放、动物肠

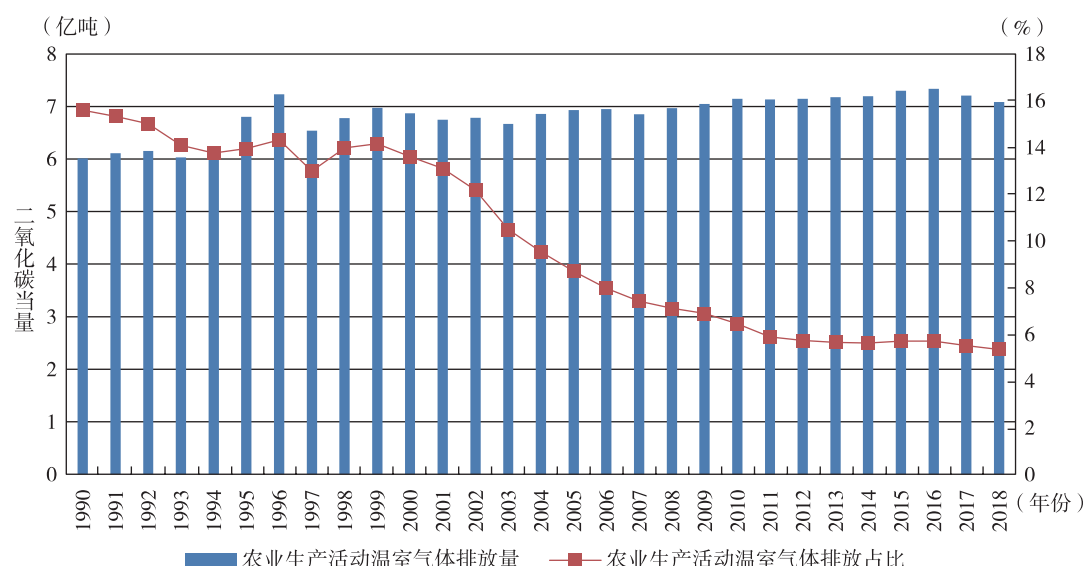


图 2-1 1990—2018 年中国农业生产活动温室气体排放及其占排放总量比重

注：2018 年数据根据 FAO 历年数据推算得到。

数据来源：FAO 数据库。

^① 本章的碳排放量数据均为二氧化碳当量，下同；2018 年数据根据历年 FAO 数据推算得到。

道发酵、水稻种植、动物粪便管理和农业废弃物处理等，排放的温室气体以甲烷和氧化亚氮为主。农用地排放和动物肠道发酵占农业生产活动温室气体排放量的 60% 以上。从产品来看，稻谷和牛

肉生产是主要的温室气体排放源，2017 年的温室气体排放量分别达到 1.7 亿吨和 1 亿吨，分别占当年农业温室气体排放总量的 26.4% 和 16.7%，如图 2-2 所示。

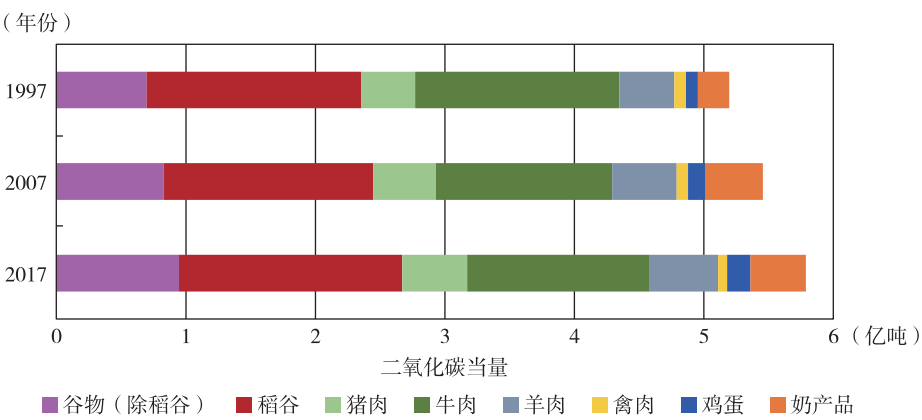


图 2-2 1997—2017 年中国农业生产活动温室气体排放量——分产品
数据来源：FAO 数据库。

2.2.2 土地利用、土地利用变化和林业温室气体排放现状

土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）通过吸收大气中的温室气体或减少排放提供相对经济有效的减排方式。据《国家信息通报》数据显示，由于中国森林储蓄量增加，LULUCF 净吸收温室气体从 2010 年的 9.9 亿吨增加到 2014 年的 11.1 亿吨，增加 1.2 亿吨。2014 年，林地和林产品分别实现碳吸收量 8.4 亿吨和 1.1 亿吨，共占总净吸收量的 85%，农地、草地和湿地分别吸收 0.5 亿吨、1.1 亿吨和 0.08 亿吨，见表 2-1。

表 2-1 土地利用、土地利用变化和林业活动温室气体净排放量

单位：亿吨

温室气体净排放 / 吸收量	2010 年	2014 年
林地	-7.79	-8.40
林产品	-0.96	-1.11
农地	-0.66	-0.49
草地	-0.45	-1.09
湿地	-0.09	-0.08
建设用地	0.02	0.03
合计	-9.93	-11.15

数据来源：《中华人民共和国第三次气候变化国家信息通报》和《中国气候变化第二次两年更新报告》。

2.2.3 农业食物系统中能源消费的温室气体排放现状

除了农业生产活动直接排放的温室气体外，农业及其产前与产后环节都会消耗能源，并排放温室气体。这里较为全面系统的估算了农业食物系统能源消费温室气体排放情况，包括农业、食品加工业以及相关的批发零售、运输和仓储、餐饮、中间投入品。首先，利用分行业的能源消费量和碳排放系数测算各行业的二氧化碳排放量。其次，利用中国投入产出表计算与农业和食品加工业相关的运输仓储、批发零售和餐饮以及中间投入品在各行业中的占比，结合各行业的二氧化碳排放量，估算农业和食品加工业及相关部门的碳排放。最后，将农业食物系统各个部分的碳排放汇总成整个农业食物系统的能源温室气体排放，结果如图 2-3 所示。农业食物系统能源消费带来的温室气体排放量在 2012 年之前增长较快，从 1997 年的 2.8 亿吨增加到 2012 年的 4.4 亿吨，增加 54%。由于能源效率提高和能源结构调整，能源消费的温室气体排放有所回落，2017 年和 2018 年分别下降到 4.2 亿吨和 3.8 亿吨。2018 年，农业和食品加工业的能源温室气体排放分别为 0.47 亿吨和 0.95 亿吨，分别占农业食物系统能源温室气体排放的 12% 和 25%；交通运输、批发零售和餐饮的温室气体排放相对较小，共占农业食

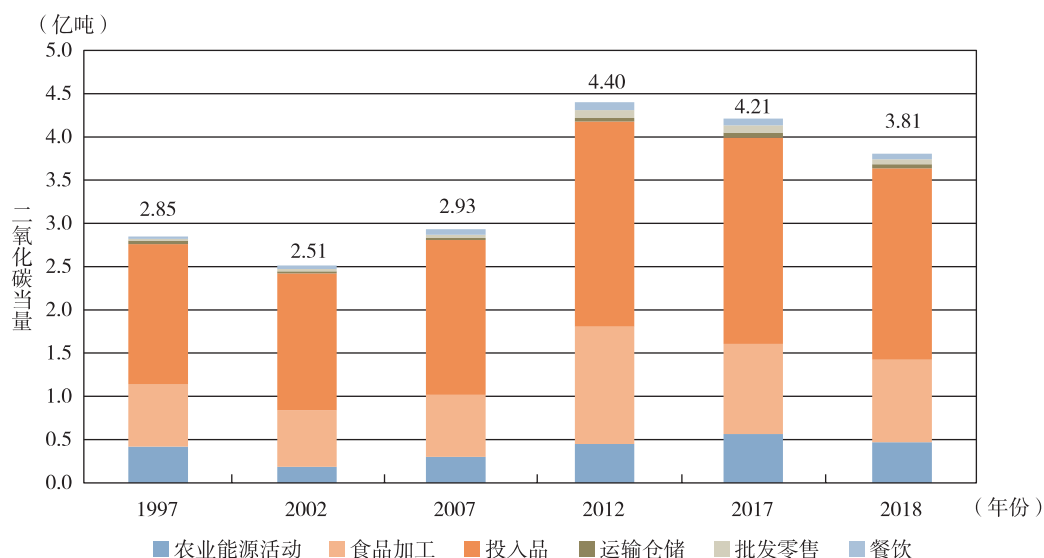


图 2-3 1997—2018 年中国农业食物系统能源温室气体排放量

数据来源：笔者计算。

物系统能源温室气体排放的 4.5%；农业和食品加工业生产过程中使用了大量的投入品，温室气体排放量较大，为 2.2 亿吨，占农业食物系统能源温室气体排放的 58%。

2.2.4 农业食物系统和土地利用、土地利用变化和林业温室气体排放现状

农业食物系统温室气体排放包括农业土地利用、农业生产活动(不包括能源消费温室气体排放)、

农业食物系统的能源消费产生的温室气体。农业食物系统的温室气体排放呈现先增后减趋势,如图 2-4 所示,从 1997 年的 9.4 亿吨增加到 2012 年的 11.6 亿吨,之后有所下降,2017 年和 2018 年分别为 11.4 亿吨和 10.9 亿吨,同时占全国温室气体排放总量的比重持续下降,从 18.7% 下降到 8.2%。农业生产活动、投入品、食品加工业和农业能源消费是农业食物系统主要排放源。

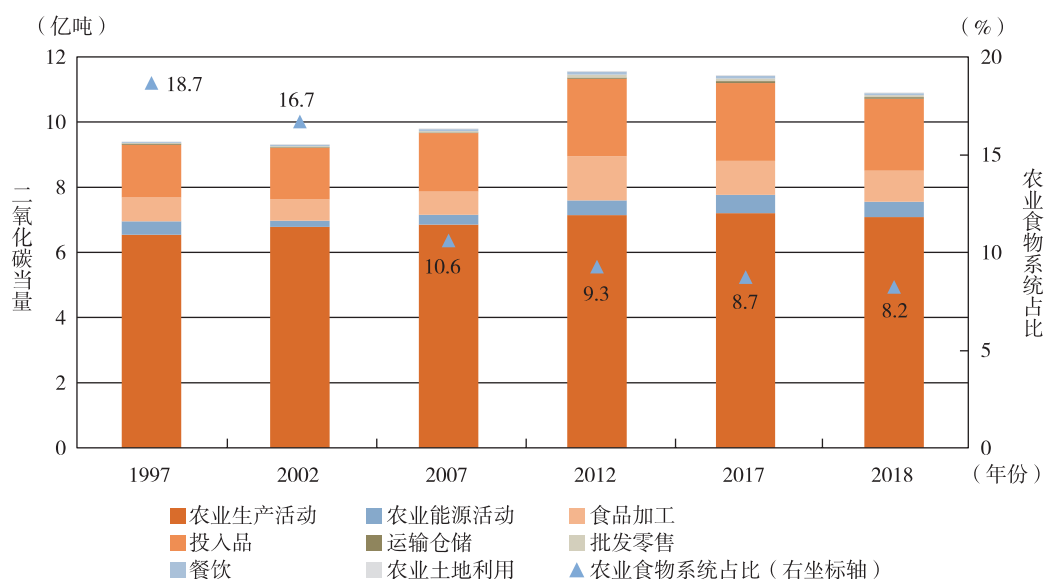


图 2-4 1997—2018 年中国农业食物系统温室气体排放量

数据来源：笔者计算。

农业食物系统的碳吸收包括土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）的碳汇。2002 年，农业食物系统排放的温室气体无法完全被 LULUCF 吸收，仍为净排放，为 1.7 亿吨，而随着 LULUCF

碳汇量增加，2007 年后，农业食物系统排放温室气体可完全被 LULUCF 吸收，2018 年，农业食物系统与 LULUCF 的净碳汇为 0.2 亿吨，如图 2-5 所示。

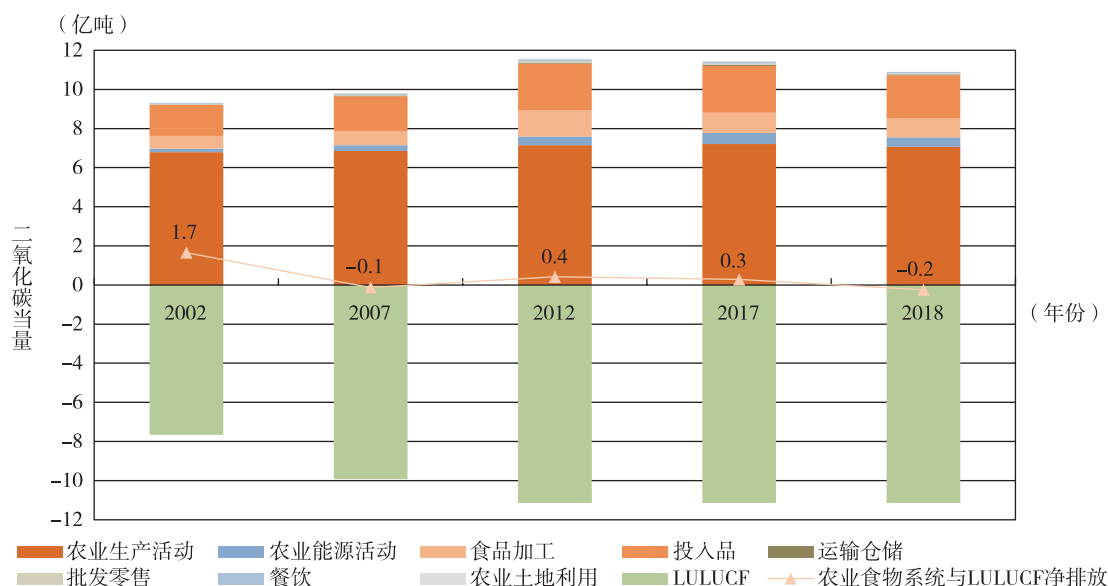


图 2-5 2002—2018 年中国农业食物系统与 LULUCF 温室气体排放量

注：土地利用、土地利用变化和林业数据来源于《中华人民共和国第三次气候变化国家信息通报》和《中国气候变化第二次两年更新报告》，其中 2002 年 LULUCF 数据采用《中国气候变化第二次两年更新报告》（2005 年数据），2007 年 LULUCF 数据来源于《中华人民共和国第三次气候变化国家信息通报》（2010 年数据），2012 年、2017 年和 2018 年 LULUCF 数据采用《中国气候变化第二次两年更新报告》（2014 年数据）。
数据来源：笔者计算。

2.3 实现 2060 碳中和目标的中国农业食物系统转型路径选择

2.3.1 中国农业生产活动温室气体减排的模拟方案设计与分析

在保证中国粮食安全和谷物基本自给的前提下，采用中国农业科学院农业经济与发展研究所与国际食物政策研究所（IFPRI）共同开发的中国农业产业模型（China Agriculture Sector Model, CASM）模拟预测未来农产品供需变化趋势，在此基础上，增加碳排放模块，估算温室气体排放量。其中，每种农产品的温室气体排放系数主要参照 FAO 的方法估算得到，具体模型介绍和参数详见附录 1^①。以 2020 年作为基准年，通过递归动态预测到 2060 年。在基准情景中，按照正常情景对未来社会经济发展进行了一系列假设，包括人口、城镇化率、经济发展等，基本参数设定见附录。为了保

障粮食安全和自给率，我们将模型中农产品进口规模控制在 2020 年水平，“十四五”期间粮食产量在 6.5 亿吨以上。在未来，由于人口增加和收入水平提高而增加的食物消费量主要由国内农业生产来满足，导致农业温室气体排放量增加。

为了模拟农业生产活动减排路径，首先，根据基准情景农产品供需预测结果估算未来农业生产活动温室气体排放量。由于技术进步，农业生产活动碳排放系数逐年下降，基准情景（BAU）设定参考了各种农业生产活动的温室气体排放系数的历史数据而设定了各种碳排放系数的未来变化趋势，具体如下表 2-2 所示。其次，参考已有研究结果（见附录 2^②），设计农业生产活动的减排方案。许多研究表明，通过技术改进可以减少碳排放。对于农作物，主要减排措施包括提高作物单产水平，提高化肥利用效率和减少化肥使用量，通过干湿交替等措施减少稻田碳排放；对于畜牧业，可以通过改善畜禽养

① ② <https://agfep.cau.edu.cn/>。

表 2-2 中国农业生产活动温室气体减排模拟情景设计

	高方案	中方案	低方案
基准情景（BAU）	2020 年，水稻、小麦和玉米的单产水平为 7、5.7 和 6.3 吨 / 公顷，2060 年分别提高 10%、15% 和 25%，为 7.7、6.6 和 7.9 吨 / 公顷； 稻谷、小麦和玉米损耗率为 15%；蔬菜和水果分别为 55% 和 50%；猪肉、牛肉和羊肉分别为 15%、10% 和 10%； 2060 年，城乡居民人均畜禽肉消费量为 223 克 / 日； 2060 年，化肥利用效率提高 20%，稻田排放系数降低 20%，猪肉、羊肉和禽肉碳排放系数分别下降 15%、25% 和 30%，牛肉、禽蛋和牛奶碳排放系数下降 10%		
农作物技术提高情景（TechCR）	2060 年，水稻、小麦和玉米单产水平分别较 2020 年提高 25%、40% 和 50%，化肥利用效率提高 50%；稻田排放系数降低 50%	2060 年，水稻、小麦和玉米单产水平分别较 2020 年提高 20%、35% 和 45%，化肥利用效率提高 40%；稻田排放系数降低 40%	2060 年，水稻、小麦和玉米单产水平分别较 2020 年提高 15%、25% 和 35%，化肥利用效率提高 30%；稻田排放系数降低 30%
畜牧业技术提高情景（TechLV）	2060 年，畜产品碳排放系数下降 50%，饲料转换率提高 30%	2060 年，畜产品碳排放系数下降 40%，饲料转换率提高 20%	2060 年，畜产品碳排放系数下降 30%，饲料转换率提高 10%
减少损耗和浪费情景（Waste）	2060 年，各产品的损耗率较 2020 年降低 67%	2060 年，各产品的损耗率较 2020 年降低 50%	2060 年，各产品的损耗率较 2020 年降低 33%
调整膳食结构情景（Diets）	2060 年，城乡居民人均畜禽肉消费量调减到膳食指南推荐下限 40 克 / 日	2060 年，城乡居民人均畜禽肉消费量调减到膳食指南推荐中间水平 60 克 / 日	2060 年，城乡居民人均畜禽肉消费量调减到膳食指南推荐上限 75 克 / 日
综合情景（Comb）	综合上述情景	综合上述情景	综合上述情景

资料来源：笔者整理。

殖管理和饲料质量、添加膳食补充剂等方式来减少温室气体排放（Cui 等，2018；Gathorne-Hardy 等，2016；Nayak 等，2015）。最后，从需求端改变居民行为，如减少食物损失浪费、调整膳食结构等也可减排做贡献（Munesue 等，2015；Springmann 等，2018）。基于此，本章设计了五种模拟情景：农作物技术提高情景（TechCR）、畜牧业技术提高情景（TechLV）、食物损失和浪费率减少情景（Waste）、调整膳食结构情景（Diets）以及考虑这些因素的综合情景（Comb）。同时，考虑到各模拟情景的不确定性，每种情景均分别设计了高、中、低三种方案，如表 2-2 所示。详细情景设计说明见附录 3^①。

由于收入水平、人均消费量仍将保持增加，尤其是对畜产品的消费需求呈增长趋势，人口增长在 2030 年左右达到高峰，未来农产品产量仍总体呈增加趋势。其中，2021 年和 2022 年猪肉产量逐步恢复至非洲猪瘟发生前的正常水平，预计年均增加 25% 左右，温室气体排放增长较快。但由于科技进

步等因素，农业生产活动温室气体排放系数将随时间推移呈下降趋势。在基准情景下，到 2030 年和 2060 年，农业温室气体二氧化碳当量排放量分别降至 6.52 亿吨和 6.4 亿吨，但仍高于 2020 年基期水平，分别增加 4.7% 和 2.9%（见图 2-6）。其中，未来排放增长源主要来自于畜产品的增长。2060 年，猪肉和牛肉的温室气体排放量比 2020 年增长约 30%；农作物排放量呈下降趋势，尤其稻谷和小麦分别下降 20% 和 27%。

首先，农作物技术提高情景：在生产等量农产品下，作物单产水平提高会降低农地的利用强度，同时化肥利用效率提高进一步减少化肥投入量，稻田耕地排放系数下降，这些均减少了农作物的温室气体排放。但作物产量提高导致饲料粮价格下降，有利于畜牧业生产，畜牧业的排放量小幅上升。农作物技术提高情景使得 2030 年和 2060 年农业温室气体排放量显著低于基准情景，分别低 2-6 个百分点和 7-16 个百分点。与 2020 年相比，2030 年，

① <https://agfep.cau.edu.cn/>。

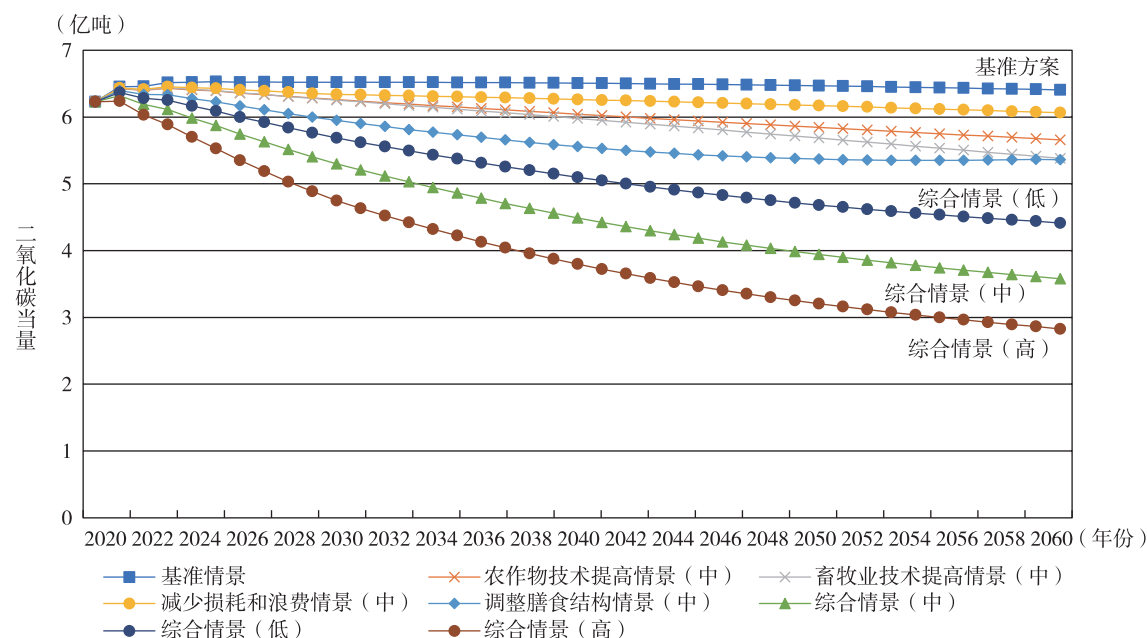


图 2-6 2020—2060 年五种模拟情景下中国农业生产活动温室气体排放量

数据来源：CASM 模型结果。

中方案仍略有增加，但仅为 0.5 个百分点，比基准情景少增加 4.2 个百分点；2060 年，中方案的温室气体排放量明显低于 2020 年水平，下降 9.1 个百分点。小麦和水稻是减排的主要来源，在中等方案下，2060 年小麦和水稻的温室气体排放量比 2020 年均下降约 46%。

其次，畜牧业技术提高情景：由于各种畜牧业减排技术的应用，导致畜产品养殖过程的温室气体排放强度下降，同时，饲料转换率的提高也显著降低了畜牧业对饲料粮的需求，减少了农作物和畜产品的温室气体排放。畜牧业技术提高方案下，与基准方案相比，2030 和 2060 年农业温室气体排放量分别下降 2-6 个百分点和 9-23 个百分点。与 2020 年相比，2030 年中方案下农业温室气体排放量仍增加 0.4 个百分点，但比基准方案少增加 4.3 个百分点；2060 年，中方案的温室气体排放量明显低于 2020 年水平，下降 13.6 个百分点。牛肉是畜产品减排的主要来源，在中等方案下，2060 年比 2020 年下降 8 个百分点，饲料转换率提高降低对饲料粮需求，稻谷、小麦和玉米的温室气体排放分别下降 20、29 和 12 个百分点。

第三，减少食物损耗和浪费情景：由于食物损失和浪费率的下降，食物总需求下降，价格下降，导致农产品生产下降，温室气体排放量也相应下降。与基准情景相比，2030 年和 2060 年农业温室气体

排放量分别减少 2-5.6 个百分点和 4-7 个百分点。与 2020 年相比，中方案下农业温室气体排放量仍然增加，但增幅小于基准方案，2030 年提高 1.8 个百分点，到 2060 年，相比 2020 年，中方案下农业温室气体排放量下降 2.6 个百分点。

第四，调整膳食结构情景：畜禽肉消费量下降导致价格降低和进口减少，同时由于饲料需求减少带来的化肥施用量减少，使得温室气体排放量显著下降。与基准情景相比，2030 年农业温室气体排放量减少 7-12 个百分点，2060 年减少 13-19 个百分点。调整膳食结构后，中方案的农业温室气体排放量均低于 2020 年水平，其中 2060 年，减少 14 个百分点。2060 年，中方案下，牛肉、猪肉和羊肉的温室气体排放量比 2020 年分别减少 65%、51% 和 39%。

最后，综合情景的减排幅度最大，农业温室气体排放量不仅低于基准情景，而且明显低于 2020 年的水平，减排效果显著高于上述四个单独方案。在综合情景低、中、高方案下，2060 年农业生产活动的温室气体排放比 2020 年减少 29%-55%。其中，在中方案下，2030 年碳排放比 2020 年下降 15 个百分点，到 2060 年，降幅高达 42.6 个百分点。农作物和畜产品温室气体排放量均大幅减少，牛肉和禽肉的减排幅度约 70%，水稻和小麦的减排幅度超 50%，其余产品的减排幅度均超过 30%，如图 2-7 所示。

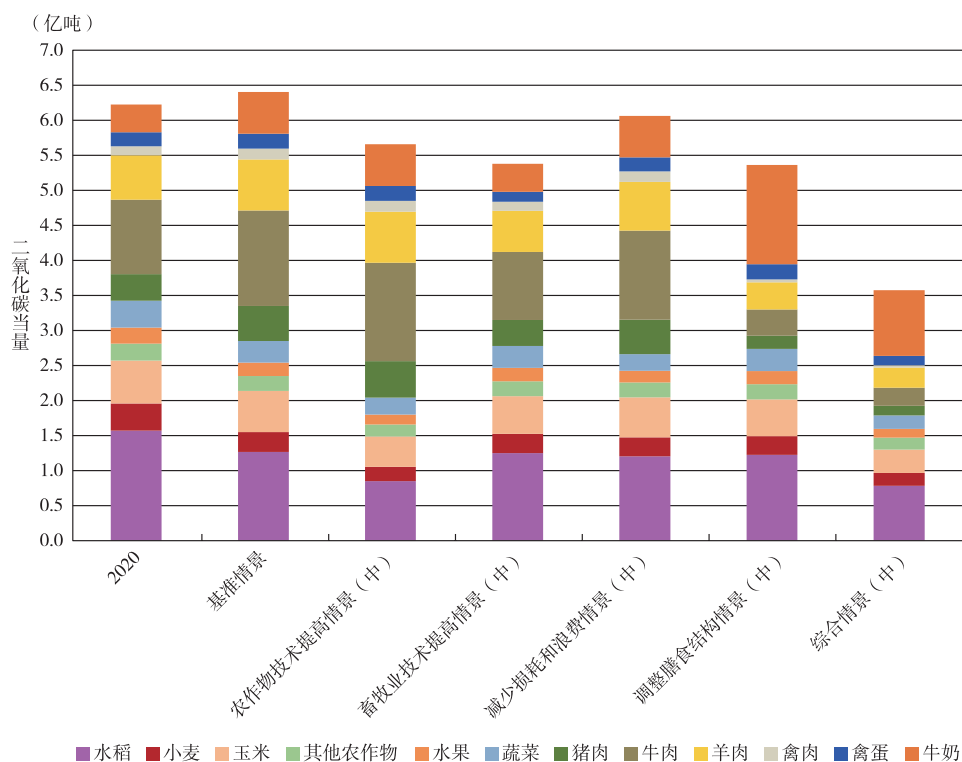


图 2-7 2060 年不同模拟情景中方案下中国农业生产活动温室气体排放量—分产品

数据来源：CASM 模型结果。

2.3.2 中国农业食物系统能源消费温室气体减排模拟情景设计与分析

《中国应对气候变化的政策与行动 2019 年度报告》显示，2018 年中国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年累计下降 45.8%，非化石能源占能源消费总量比重达到 14.3%，比 2005 年提高近 7 个百分点。2021 年国务院政府工作报告指出，将落实 2030 年应对气候变化国家自主贡献目标，“十四五”时期，单位国内生产总值能耗和二氧化碳排放分别降低 13.5%、18%。与能源行业减排一样，农业食物系统能源消费温室气体减排主要路径也是提高能源效率和调整能源消费结构，尤其是提高非化石能源消费比例。本章利用中国投入产出表和分行业能源消费量，估算了农业食物系统相关行业的能源消费强度和能源消费结构，发现农业和食品加工业的万元 GDP 能耗相对较低，2018 年分别为 0.24 吨 / 万元和 0.56 吨 / 万元，低于全部行业平均水平，为 0.83 吨 / 万元，但是，在能源消费结构中，食品加工业煤炭的比例偏高为 63%，略高于 56.8% 的平均水平（国家统计局，2021）。根据未来能源消费效率和非化石能源消费比例的发展目标，结合农业和食品加工业的实际情况，设定未来农业食物系统的能源利用效率和非化石能源比例的四情景方案，

2020—2060 年，一方面，万元 GDP 能耗年均降幅为 1-2 个百分点，另一方面，非化石能源的比例平均每年提高 0.5-1 个百分点，具体的模拟方案设计见附录 4^①。

利用中国动态一般均衡模型（CGE），基准年为 2017 年，根据未来的人口、劳动力增长和科技进步等因素，模拟预测未来农业和食品加工业的 GDP 增长，2020 年和 2060 年的年均增长率分别约为 2% 和 3%，同时估算了整个农业食物系统各个部分的 GDP 变化情况。依据预测的农业食物系统 GDP 和万元 GDP 能源消费量估计能源总消费量；进一步根据能源消费结构调整和各种能源的温室气体排放系数，估计 2020-2060 年农业食物系统的温室气体排放量，结果如图 2-8 所示。在基准情景下，农业食物系统能源消费温室气体二氧化碳当量排放量到 2030 年达到 4.2 亿吨，比 2020 年增加 8.7%，到 2060 年减少到 3.5 亿吨，比 2020 年减少了 9.9%。如果采取提高能源效率和优化能源消费结构综合减排措施，能源消费温室气体排放大幅减少，2060 年低、中、高方案比基准方案低 20-77 个百分点，比 2020 年低 28-79 个百分点。其中，中方案将使得 2060 年农业食物系统能源消费温室气体排放比 2018 年减少 57%。

① <https://agfep.cau.edu.cn/>。

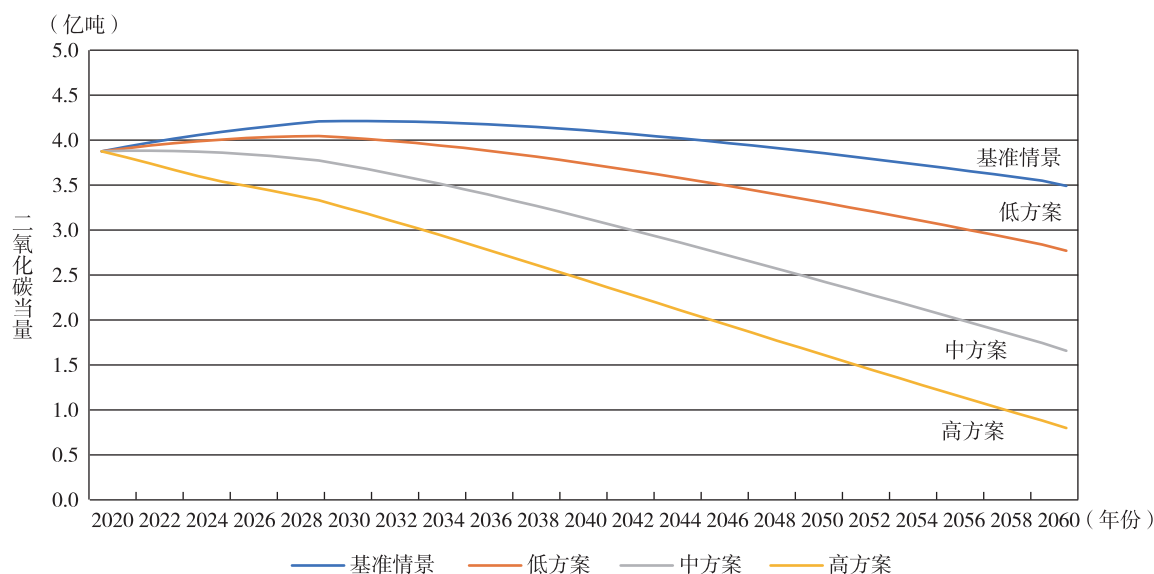


图 2-8 2020—2060 年不同模拟情景下中国农业食物系统能源消费温室气体排放
数据来源：中国 CGE 模型结果。

2.3.3 中国农业食物系统温室气体排放分析

将未来农业生产活动、农业土地利用和农业食物系统能源消费温室气体排放量加总，用于描述未来中国农业食物系统温室气体排放。需要说明的是，农业土地利用温室气体排放在过去十年基本保持不变，且非常小，故假定 2020–2060 年保持不变，均维持在 2017 年水平。由于中国农业产业模型中未包括所有农产品的温室气体排放活动，温室气体排放数据结果偏小，为了数据的一致性，这里对未来的农业生产活动温室气体排放进行了调整，以 2017 年 FAO 农业生产活动温室气体排放数据为基准，利用中国农业产业模型估计的农业生产活动的温室气体排放增长率进行推算估计未来农业生产活动的

温室气体排放量。农业食物系统能源消费的温室气体则参照上节的估计结果。汇总各种情景下农业食物系统温室气体排放结果如图 2-9 所示。在基准情景下，2030 年，农业食物系统温室气体排放量为 11.7 亿吨，比 2020 年增加 7.7%，2060 年，下降到 10.9 亿吨，回落到 2018 年水平。采取提高农业技术、减少损耗和浪费、调整膳食结构等措施，以及提高能源效率和优化能源消费结构等综合减排措施，使得农业食物系统温室气体排放量大幅减少，2060 年低、中、高方案比基准方案低 17–63 个百分点，也比 2020 年低 19–63 个百分点。其中，中方案将使得 2060 年农业食物系统能源消费温室气体排放比 2020 年减少 47%。

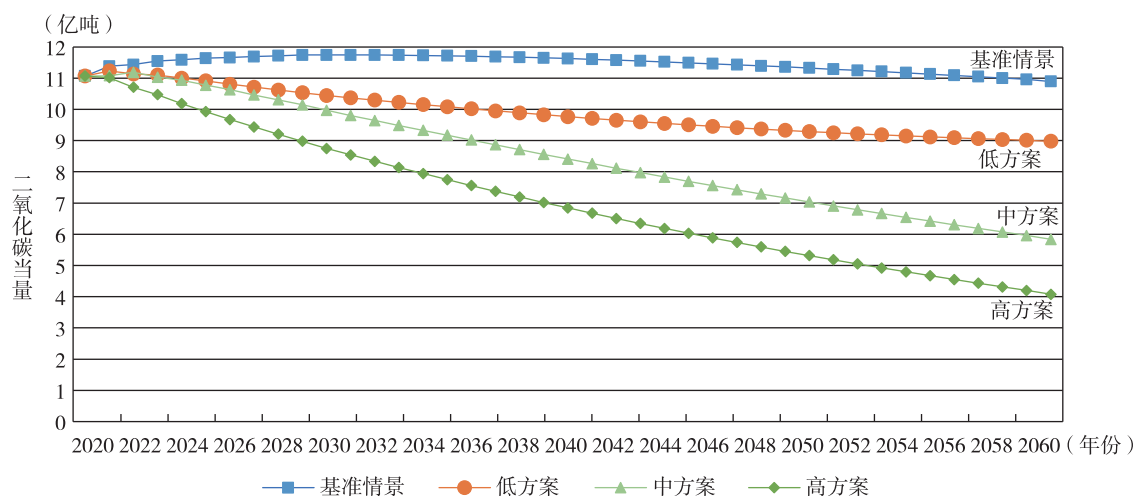


图 2-9 2020—2060 年不同情景下中国农业食物系统温室气体排放
数据来源：CASM 和中国 CGE 模型结果。

中国政府在 2020 年的气候雄心峰会上宣布，到 2030 年，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，未来森林碳汇将进一步增加。2014 年，中国森林碳汇为 11 亿吨，据中国能源基金会的研究，2050 年中国森林碳汇将提高到 16 亿吨（Energy Foundation China，2020）。如果 2020 年森林碳汇

仍保持在 11 亿吨，农业食物系统和森林的净吸收约为 0.03 亿吨；如果 2060 年森林碳汇按照 16 亿吨估算，农业食物系统和森林的净排放表现为负值，可以吸收 7 亿 -12 亿吨二氧化碳当量，其中，在中方案下，可净吸收 10 亿吨二氧化碳当量，可为减排做出更大贡献，如图 2-10 所示。

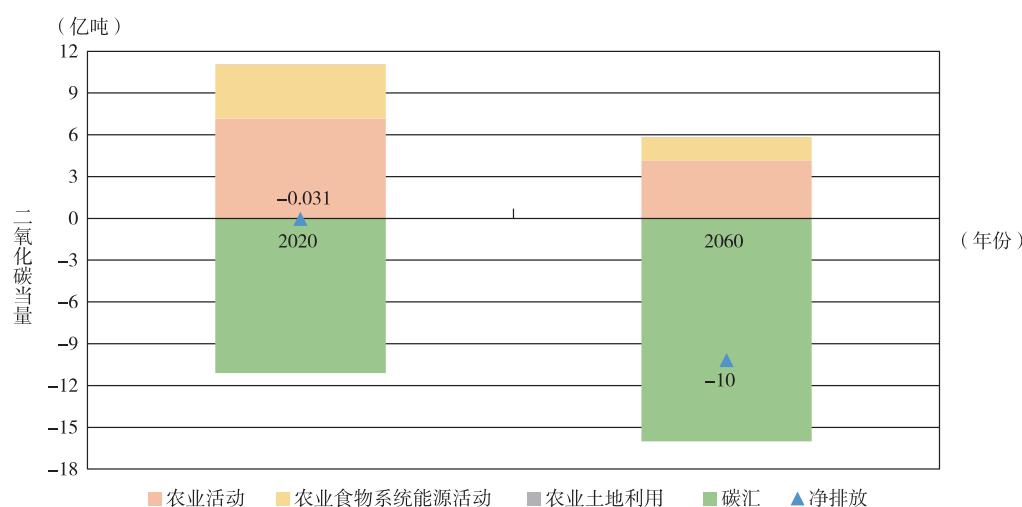


图 2-10 2020 和 2060 年中国农业食物系统与 LULUCF 温室气体排放量

注：碳汇数据由中国能源基金会（2020）推算得到。

资料来源：模型结果。

2.4 转型农业食物系统助力实现 2060 碳中和目标的政策建议

本章系统估计中国农业食物系统的温室气体排放量发现，尽管农业发展迅速，过去二十年，农业食物系统温室气体排放量仅增加了 16%，在 2017 年和 2018 年出现了连续下降，在全部温室气体排放量中的比重也由 1997 年的 18.7% 下降到 2018 年的 8.2%。但在 2060 碳中和目标下，农业食物系统的碳排放不容忽视，2018 年排放量仍高达 10.9 亿吨，应转型农业食物系统，为减排做出更大贡献。为此，本章进一步深入分析了未来农业食物系统的减排路径，应用模型模拟分析了提高农业技术、减少食物损耗和浪费、调整膳食结构、提高能源利用效率和优化能源消费结构等多种综合措施的减排效果。研究表明，在保证中国粮食安全和谷物基本自给的前提下，提高农作物技术和畜牧业技术、减少食物损耗和浪费及调整膳食结构都具有显著的减排效果，而综合考虑以上措施带来的农业活动减排效果最为显著。在综合考虑农业活动和农业食物系统能源消费的减排方案下，2060 年，中方案可使农业食物系统温室气体排放比 2020 年减少 47 个百分点。农业食物系统减排与 LULUCF 增加碳汇相辅相成，中方

案可实现净吸收约 10 亿吨温室气体，远高于 2020 年的水平，可为实现碳中和目标做出更大贡献。

基于研究结论，建议在保障粮食安全、谷物基本自给和 18 亿亩耕地红线的前提下，科学制定农业食物系统综合减排战略，探索农业食物系统产前、产中、产后各环节以及不同产品的“精准减排”路径，从调整农业生产和引导消费两手抓减排，促进农业食物系统转型实现 2060 年碳中和目标。一是，持续优化农业补贴政策体系和加大农业科技投入力度，鼓励加强低碳绿色发展技术的研发和推广应用，尤其是既能提高产量又能减少排放的技术，例如，绿色肥料、农药、种子等农资创制、土壤—作物系统综合管理技术、生物多样性利用技术、高产高效农机农艺结合技术、绿色低碳种植与污染阻控技术、智能化精准健康养殖技术、畜禽粪污低碳循环利用技术、绿色种养一体化集成技术、绿色健康食品生产与加工技术等；二是，让消费者成为碳中和行动的积极参与者，采取措施和引导居民消费习惯，大幅减少从农田到餐桌各个环节的损耗和浪费；鼓励调整居民膳食结构，按照膳食指南推荐量引导居民形成健康可持续的膳食模式；三是，提高能源利用效率，提高非化石能源的利用比率，推进绿色低碳转型；四是，强化国土空间规划和用途管

控,使因技术提高、食物损失浪费减少、膳食结构调整等措施而节约的土地,因地制宜转化为草地、林地和湿地等,提升生态系统碳汇增量;五是,让农民能够积极参与碳汇市场交易,在减排的同时增加收入。

需要说明的是,本章模拟结果存在一些不确定性。一是,未来四十年的科技发展难以预测,目前农业技术提高的模拟情景主要基于现有文献,结果可能较为保守。未来需要关注生物固氮技术、微生物发酵和合成生物学等技术在农业活动中应用的减排潜力。二是,本章重点讨论各种措施可能的减排潜力,未考虑诸如新技术采用带来的生产者成本、因技术应用带来食物价格上涨所需消费者负担等问题,也未能考虑如何减少食物损失浪费和调整膳食结构,未来应重点考虑降低各种减排技术的成本和可获得性,提高农业生产效率和降低营养食物的价格。三是,本章只是探讨了有限几种可能措施,限于模型功能,还有很多措施并未模拟,比如土地利用。一方面,模型中没有深入讨论由于技术改进而节约的土地转换成草地、林地等的减排效果;另一方面,也没有更深入的模拟分析土地利用变化如大面积的植树造林计划增加的碳汇。显然,优化土地利用对农业食物系统减排和实现碳中和具有巨大潜力。此外,没有具体讨论都市农业和设施农业等的减排问题,也未探讨海洋渔业在“蓝色碳汇”方面的贡献。这些不确定性将是未来需要深入研究的内容,但并不影响本章的主要结论和建议。

参考文献

- [1] 何建坤等. 清华大学项目综合报告编写组.《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(11):1-25.
- [2] 余碧莹, 赵光普, 安润颖, 陈景明, 谭锦潇, 李晓易. 碳中和目标下中国碳排放路径研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, (2):17-24.
- [3] Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D. et al. Food Systems are Responsible for A Third of Global Anthropogenic GHG Emissions [J]. Nature Food, 2021, (2): 198-209.
- [4] Cui Z, Zhang H, Chen X, Zhang C, Ma W, Huang C, Zhang W, Mi G, Miao Y, Li X, Gao Q, Yang J, Wang Z, Ye Y, Guo S, Lu J, Huang J, Lv S, Sun Y, Liu Y, Peng X, Ren J, Li S, Deng X, Shi X, Zhang Q, Yang Z, Tang L, Wei C, Jia L, Zhang J, He M, Tong Y, Tang Q, Zhong X, Liu Z, Cao N, Kou C, Ying H, Yin Y, Jiao X, Zhang Q, Fan M, Jiang R, Zhang F, Dou Z. Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers [J]. Nature, 2018, 555(7696): 363-366.
- [5] Energy Foundation China. Synthesis Report 2020 on China's Carbon Neutrality: China's New Growth Pathway: from the 14th Five Year Plan to Carbon Neutrality [EB/OL]. Energy Foundation China, Beijing, China. Available at: <https://www.efchina.org/Reports-en/report-iceg-20201210-en>, 2020.
- [6] Fang JY, Yu GR, Liu LL, Hu SJ, Chapin FS. Climate Change, Human Impacts, and Carbon Sequestration in China [J]. PNAS, 2018, (115): 4015-4020.
- [7] Gathome-Hardy A, Reddy D N, Venkatanarayana M, et al. System of Rice Intensification Provides Environmental and Economic Gains but at the Expense of Social Sustainability—A Multidisciplinary Analysis in India [J]. Agricultural Systems, 2016, (143): 159-168.
- [8] Ma L, Bai Z, Ma W, Guo M, Jiang R, Liu J, Oenema O, Velthof GL, Whitmore AP, Crawford J, Dobermann A, Schwoob M, Zhang F. Exploring Future Food Provision Scenarios for China [J]. Environmental Science & Technology, 2019, 53(3): 1385-1393.
- [9] Munesue, Y., Masui, T. & Fushima, T. The Effects of Reducing Food Losses and Food Waste on Global Food Insecurity, Natural Resources, and Greenhouse Gas Emissions [J]. Environmental Economics and Policy Studies, 2015, (17): 43-77.
- [10] Nayak D, Saetnan E, Cheng K, et al. Management Opportunities to Mitigate Greenhouse Gas Emissions from Chinese Agriculture [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2015, (209): 108-124.
- [11] Poore J, Nemecek T. Reducing Food's Environmental Impacts Through Producers and Consumers [J]. Science, 2018, (360): 987-92.
- [12] Rosenzweig, C., Mbow, C., Barioni, L.G. et al. Climate Change Responses benefit from A Global food System Approach [J]. Nature Food, 2020, (1): 94-97.
- [13] Springmann, M., Clark, M., Mason-D' Croz, D. et al. Options for Keeping the Food System within Environmental Limits [J]. Nature, 2018, (562): 519-525.
- [14] Wang, J., Feng, L., Palmer, P. I., Liu, Y., Fang, S., Bösch, H., & Xia, C. Large Chinese Land Carbon Sink Estimated from Atmospheric Carbon Dioxide Data [J]. Nature, 2020, 586(7831): 720-723.

改善中国居民膳食结构以实现健康与环境双赢

盛芳芳¹ 高海秀^{2,3} 樊胜根^{2,3} 陈志钢^{4,5}
 张玉梅^{1,2} 朱晨^{2,3} 赵启然^{2,3}

1. 中国农业科学院农业经济与发展研究所
2. 中国农业大学全球食物经济与政策研究院
3. 中国农业大学经济管理学院
4. 浙江大学中国农村发展研究院
5. 国际食物政策研究所



主要发现

■ 随着农业生产力和居民收入水平的提高，中国在减少饥饿和营养不足等方面取得了显著成效，居民膳食质量明显提高，对水果、蛋类、水产品 and 奶类等营养食物消费量逐渐增加。

■ 然而，中国膳食结构变迁同时带来新的健康和环境挑战。超重和肥胖问题日益凸显，与膳食及肥胖相关慢性病患者率呈持续上升趋势。肉类消费的显著增加也给中国的资源环境造成巨大压力。

■ 当前中国居民膳食结构与中国膳食指南、EAT-柳叶刀的建议存在一定差距，主要表现在谷物以精制米面为主、缺乏粗粮，肉类消费过量，全谷物、水果、豆类和奶类等消费不足。

■ 采取中国膳食指南、EAT-柳叶刀、地中海饮食和少肉膳食建议，中国与膳食有关慢性疾病发病率和死亡率将会显著下降。其中，遵循中国膳食指南和 EAT-柳叶刀建议将能使 2030 年中国死亡人数分别减少 115 万人和 180 万人。

■ 同时，也会使农业活动温室气体排放显著下降。研究表明，到 2030 年，采取四种健康膳食模拟方案，农业活动温室气体排放将比不采取膳食建议时减少 1.5 亿–2.0 亿吨，比 2020 年减少 0.6 亿–1.2 亿吨，其中少肉膳食的减排贡献最大。

政策建议

■ 引导居民健康膳食，转型膳食结构。通过开展公众教育，普及健康膳食知识，引导居民优化膳食结构。针对超重和肥胖增长较快的突出问题，对重点区域、重点人群实施膳食营养干预；采取补贴等政策手段帮助弱势群体改善膳食结构，提高营养健康水平。

■ 促进农业食物系统转型，调整食物供给结构，鼓励和支持健康、环保食物产业链的发展。通过改进技术，提高富含营养食物的生产，降低生产成本和价格，提高居民对高营养食物的可及性。

■ 将环境可持续性指标纳入《中国居民膳食指南》《中国食物与营养发展纲要》《国民营养计划》和《健康中国行动》等国家级纲领和指导文件中，逐步建立以营养健康与环境可持续为双目标的食物安全战略。

■ 加强对农业、营养、环境等多学科研究的投资。围绕食物生产与消费、营养健康的经济效益、慢性病负担与防治和可持续等领域开展系统研究，对接农业、营养和可持续等政策，为国家制定大政方针提供依据。



3.1 引言

自改革开放以来,随着社会经济持续快速发展,中国已成为世界第二大经济体和中等偏高收入国家。伴随着农业生产力和居民收入水平的提高,中国在减少饥饿和营养不良方面取得了显著成效,2019年食物不足发生率已降至2.5%以下^①。居民膳食结构发生巨大变化,动物性食物如红肉、禽肉、奶类和蛋类的消费量稳步增长,精制谷物和食用油的消费量大幅增加,这些消费的变化导致了不健康的西化膳食模式(Zhao等,2018)。同时也给中国带来了较大的健康和环境挑战。一方面,超重和肥胖问题不断凸显,目前中国有超过一半的成年居民超重或肥胖^②,与膳食相关慢性疾病的患病率也在不断上升。另一方面,肉类消费的增加使温室气体排放总量不断攀升,根据FAO统计数据显示,2017年中国农业活动温室气体排放量为7.2亿吨,比1990年增加20%。

目前,中国和全球都面临营养健康和环境压力的双重挑战。许多国家和国际组织都在制定各种膳食指南。例如,中国、美国、日本等都依据本国居民健康状况、食物供应和膳食习惯等国情制定了膳食指南,用以促进本国居民膳食结构的改善,提高

总体营养健康水平。为了应对环境挑战,各国也纷纷进行了探索。2015年《巴黎气候协定》指出,在采取行动应对气候变化时,各国应认识到可持续性消费和生产模式对应对气候变化所发挥的重要作用。巴西、德国、卡塔尔和瑞典已将环境可持续性纳入到本国的膳食指南中(FAO和FCRN,2016)。

本章旨在探讨如何通过转型中国居民膳食结构以实现健康和环境的双赢。首先,回顾中国居民食物消费转型以及所带来的健康和环境双重挑战;其次,梳理国内外流行的健康膳食模式,并与当前中国居民膳食结构进行比较;再次,进一步讨论中国居民膳食结构对环境的影响,模拟结果显示,如果中国居民按照健康膳食模式调整膳食结构,不仅有利于健康,而且能显著减少农业温室气体排放;最后,提出引导中国居民转型膳食结构的建议与措施。

3.2 中国居民食物消费转型

随着经济的发展和人们生活水平的提高,居民的食物消费习惯发生了巨大变化,在外就餐显著增加。为了更好的反映居民食物消费转型,本章对食物消费情况进行了估算,包含居民在家和在外两方

① 数据来源:2020年《世界粮食安全和营养状况》。

② 数据来源:2020年《中国居民营养与慢性病状况报告》。

面的食物消费量^①。中国居民的食物消费主要呈现以下四个特点。

第一，中国居民食物消费种类不断丰富，水果、蔬菜、肉蛋奶和水产品等营养食物的消费量均有所增加（如图 3-1 所示）。谷物消费量明显下降，2019 年谷物人均消费量为 145.8 千克，比 1997 年下降 33.5%，然而谷物消费的另一显著变化是精制谷物消费的增加（Yu 等，2020）。水果和畜禽肉消费量显著增加，2019 年人均消费量分别为 58.6 千克和 60.3 千克，约是 1997 年的 1.9 倍和 2.9 倍。虽然奶、蛋和水产品的人均消费量增速较快，但由于 1997 年人均消费水平较低，2019 年奶、蛋和水产品的人均消费量分别为 19.2 千克、12.9 千克和 20.2 千克。

第二，城乡居民膳食结构变化趋势相似，城乡差异缩小。2019 年农村居民谷物消费量为 169.5 千克，比 1997 年减少 35.5%，但仍比城镇居民高出 27.5%。城镇和农村居民肉类消费增加均较快，2019 年分别为 67.1 千克和 53.5 千克，约是 1997 年的 2.4 倍和 3.1 倍。城乡居民水果、奶类、水产品、蛋类的消费呈现上升趋势。农村居民食物消费增长速度快于城镇居民，尤其是对水产品的消费，但是由于农村居民基础消费水平低（1997 年水产品消费量仅为 3.6 千克），2019 年农村居民水产品消费仍比城镇居民低 42.1%，如图 3-1 所示。

第三，中国居民膳食结构具有非常显著的地区差异。南方和东部沿海地区由于渔业资源丰富，水产品消费量相对较高，位居全国前列，比如 2019 年广东、上海、浙江、福建居民水产品的消费量均

在 36.5 千克以上，约是全国平均水平的 2 倍。而作为少数民族聚居地的西部地区受传统饮食习惯影响，牛羊肉消费量相对较多，其中，2019 年西藏居民牛肉的消费量为 31.8 千克，约是全国平均水平的 8 倍，新疆居民羊肉的消费量为 23.8 千克，约是全国平均水平的 10 倍。总的来看，近年来各省市居民对蔬菜、水果和动物性食物的消费量均有所增加。其中，蔬菜消费增幅较大，2019 年一半以上省份居民的蔬菜消费量超过 109.5 千克。

第四，城乡居民膳食结构不断改善。中国健康与营养调查的数据显示，中国城乡居民每日能量摄入近年来有所下降，城镇居民每日能量摄入由 1992 年的 2395 千卡（kcal）下降到 2015 年的 1940kcal，农村居民每日能量摄入由 1992 年的 2294kcal 下降到 2015 年的 2054kcal。我们根据上述食物消费数据和《中国食物成分表》估计了三大宏量营养素的变化趋势（如图 3-2 所示）：优质蛋白质摄入量显著增加，2019 年城乡居民来源于动物性食物蛋白质的比例分别为 49.1% 和 38.5%，其中，农村居民增加更快，比 1997 年上升了 26 个百分点；碳水化合物供能比有所下降，城镇居民由 1997 年的 56.6% 下降到 2019 年的 50.5%，农村居民则由 71.5% 下降到 55.9%；脂肪供能比持续上升，城乡居民均超过了 30% 的推荐上限。值得注意的是，能量摄入过量、三大宏量营养素比例失调，会增加全因死亡以及超重、肥胖、心血管疾病等慢性疾病的发病风险（中国营养学会，2021）。

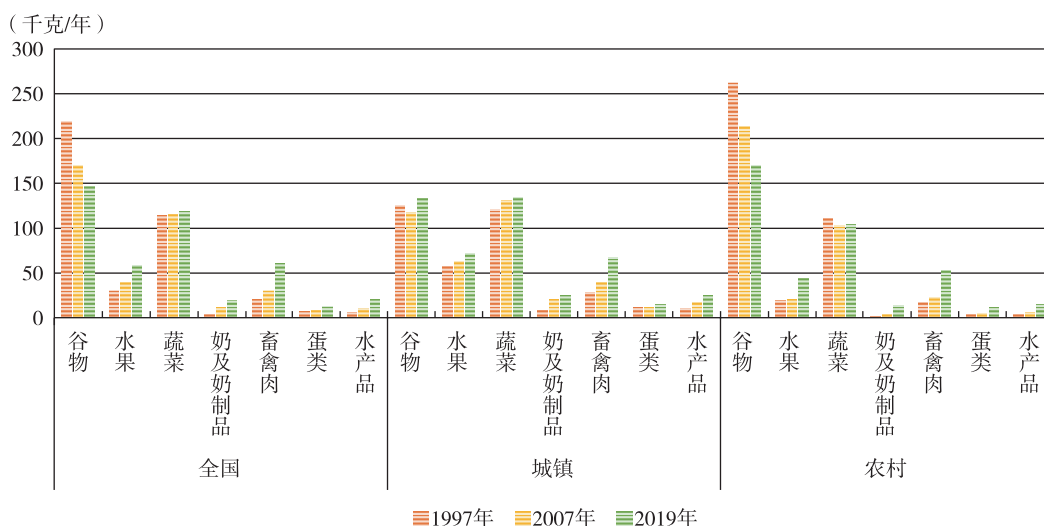


图 3-1 1997-2019 年中国城乡居民膳食变化情况

数据来源：人均消费量来源于 1998-2020 年《中国统计年鉴》，并通过在外消费比例进行调整。

① <https://agfep.cau.edu.cn/>。

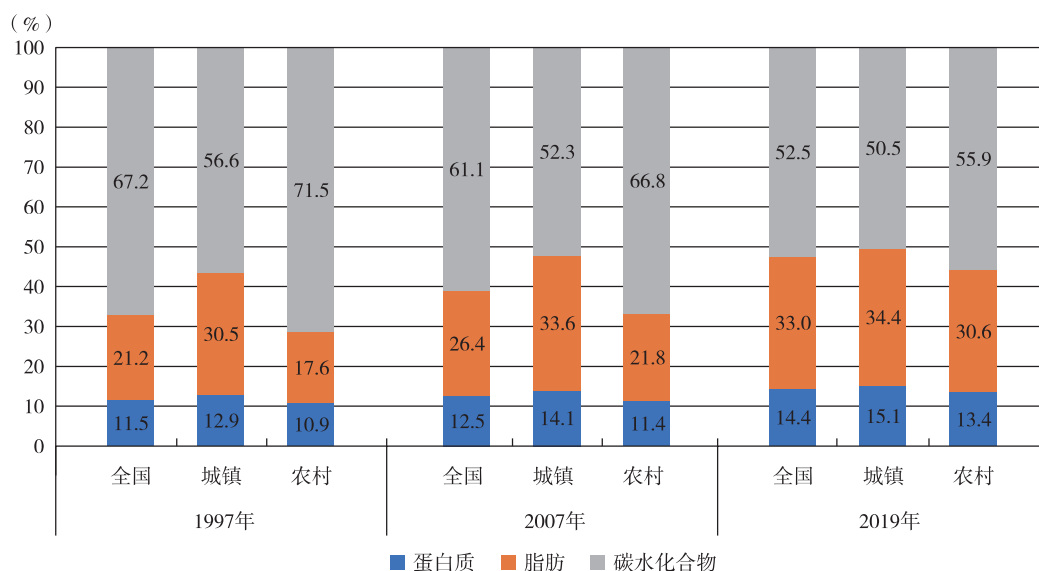


图 3-2 1997-2019 年中国城乡居民宏量营养素供能比变化情况

数据来源：根据《中国食物成分表》计算得出。

3.3 中国居民膳食结构变化带来的健康和环境挑战

膳食是关联人类健康和生态环境的纽带。自进入 21 世纪以来，中国居民膳食模式发生了巨大的变化。中国居民食物消费种类不断丰富，水果、蔬菜和动物性食物消费均有所增加，营养不足状况得到根本性改善。然而这种对营养健康的正面影响正被高油高糖食物的大量消费所抵消。中国营养不良面临着新的挑战—超重和肥胖。2000-2018 年，中国居民超重及肥胖患病率快速增长，成人肥胖率上升速度高于超重率的增长，且农村人群超重和肥胖率的增幅高于城市人群；男性超重和肥胖问题尤其凸显，2018 年男性成年人口超重率和肥胖率为 37.6% 和 16.1%，比 2000 年分别上升 13.2 个百分点和 10.1 个百分点（中国营养学会，2021）。超重和肥胖是心脑血管疾病、糖尿病、高血压和癌症等慢性病的重要风险因素。全球疾病负担研究指出，中国归因于高 BMI 的心血管疾病死亡人数为 59 万人。长期膳食不平衡也是导致慢性病发生的主要风险因素；据估计，2012 年中国成年人口中由于膳食质量不佳导致心血管代谢性疾病的死亡率为 20.8%，约影响 151 万人（He 等，2019）。

另外，中国居民膳食结构的变化也加剧了环境问题。在肉类、食用油和其他淀粉类食物消费大幅增加的背景下，1997-2011 年，农业食物系统的温室气体排放量、耗水量和土地利用面积每年增加约 1.1%、1.8% 和 2.0%，其中肉类消费的增长是造成这三种环境压力的最重要因素（He 等，2018）。具体而言，牲畜肠道发酵和动物粪便管理是农业温

室气体排放的重要来源，FAO 统计数据显示，中国农业活动温室气体排放量从 1990 年的 6 亿吨增加到 2017 年的 7.2 亿吨，增加 20%。同时，膳食结构升级对食物生产用地需求越来越大，动物性产品消费占人均食物生产用地总需求的比重逐渐上升，从 1961 年的 14.0% 上升到 2009 年的 38.2%（赵姚阳等，2014）。此外，农业食物系统对水的需求不断提高，食物消费水足迹在 1961-2003 年增加了 2 倍，进一步加剧了水资源压力（Liu 等，2008）。

3.4 不同膳食模式对健康的影响

健康和可持续膳食是一种能够全面提升个人健康水平、并且对环境影响较小的膳食模式（FAO 和 WHO，2019）。健康和可持续膳食并没有单一固定的模式。在实践中，健康和可持续膳食模式通常会因当地文化背景、食物供应和膳食习惯而异。

膳食指南是倡导和促进健康和可持续膳食的一项重要手段（UNSCN，2017）。中国于 1989 年首次发布了膳食指南，之后根据居民营养健康状况和膳食结构发展需求先后进行了三次修订，《中国居民膳食指南（2016）》是当前中国最新版本的膳食指南。为了帮助居民在日常生活中更好地实践膳食指南，专家委员会进一步提出了《中国居民膳食宝塔（2016）》，它直观地告诉居民每日应吃食物的种类及相应的数量。国际上比较公认的健康膳食模式主要有 EAT-柳叶刀膳食、地中海饮食和少肉膳食等（Willett 等，2019；Sandro 和 Berry，2015；Tilman 和 Clark，2014）。EAT-柳叶刀膳食是 2019 年 EAT-

柳叶刀委员会出于对人类健康和生态环境的双重考虑，提出的健康和可持续膳食目标；地中海饮食和少肉膳食是衍生于特定区域和特定人群中，长期被

证明对健康有益的膳食模式。这些膳食模式普遍建议减少肉类消费量，增加植物类食物摄入，以及减少总能量摄入和食物浪费，具体细则如表 3-1 所示。

表 3-1 健康膳食模式

膳食模式	主要膳食建议	来源
《中国居民膳食指南（2016）》	食物多样，谷类为主，多吃蔬果、奶类、大豆，适量吃鱼、禽、蛋、瘦肉，少盐少油。每天摄入肉类不超过 75 克，蔬果不少于 500 克	中国营养学会，2016
EAT- 柳叶刀膳食	每日能量的 35% 来自全谷物和根茎淀粉类蔬菜，以植物蛋白作为蛋白质的主要来源，每天红肉摄入量约 14 克，蔬菜和水果摄入量应达到 500 克	Willett 等，2019
地中海饮食	多吃蔬菜、水果、水产品、豆类、坚果类食物，并且烹饪时要用植物油代替动物油，尤其提倡用橄榄油。脂肪供能比在 25%—35%，每周食用红肉少于 2 份	Willett 等，1995；Bach-Faig 等，2011
少肉膳食	在大量食用植物性食物的基础上，根据个人情况适度食用动物性食物，每月摄入肉类少于 4 次	Tonstad 等，2009；Rizzo 等，2013

资料来源：作者整理。

3.4.1 中国居民膳食结构与推荐膳食模式的差距分析

为了分析当前中国居民的膳食质量，我们将中国居民膳食结构与健康膳食模式进行对比，以找出两者的差距。这里重点与中国膳食指南和 EAT- 柳叶刀两种健康膳食模式进行比较。主要原因是，膳食指南是中国的健康膳食模式，EAT- 柳叶刀则是适用于全球的健康膳食模式，两者均明确提出了膳食结构中各类食物的最佳摄入量，能够更为直观的指导居民膳食结构调整。

（1）中国居民膳食结构与膳食指南、EAT- 柳叶刀膳食建议有一定的差距，主要表现在肉类消费过量，全谷物、水果、坚果和奶类等消费不足（如图 3-3a 和 3-3b 所示）。当前中国居民膳食结构以谷物为主，但谷物以精制米面为主，全谷物及杂粮

摄入不足，只有 20% 左右的成人能达到日均 50 克以上（中国营养学会，2021）。2019 年城乡居民肉类的消费量分别为 184 克 / 天和 147 克 / 天，约是 EAT- 柳叶刀推荐量的 4.3 倍和 3.4 倍（见图 3-3a）；是膳食宝塔推荐量的 3.2 倍和 2.5 倍（见图 3-3b）。中国居民奶类的消费量一直处于较低水平，2019 年城乡居民的消费量分别为 67 克 / 天和 37 克 / 天，远远低于推荐值。当前城镇居民水果和蔬菜的消费量与推荐值差距较小，农村居民水果消费量偏低，比膳食宝塔和 EAT- 柳叶刀分别低 56.5% 和 40.2%。城镇居民蛋类和水产品的消费均满足膳食宝塔建议范围，而农村居民则还未达到膳食宝塔的下限。

（2）全国各个地区的居民均存在肉类消费过量和奶类消费不足的问题（如图 3-4 所示）。北京

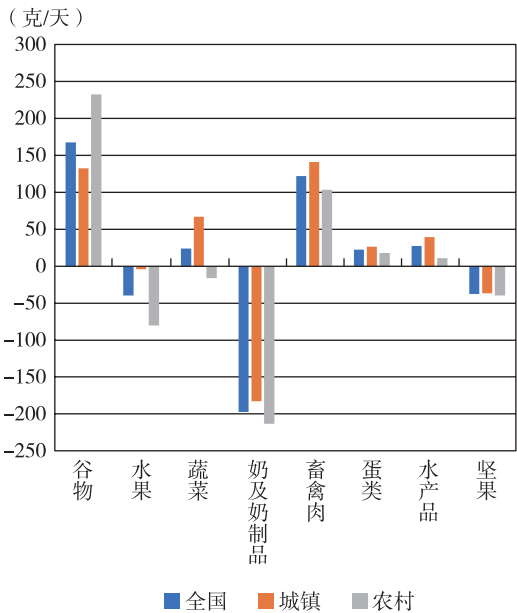


图 3-3a 2019 年中国居民膳食结构与 EAT- 柳叶刀的差值

数据来源：人均消费量来源于 2020 年《中国统计年鉴》，并通过在外消费比例进行调整。

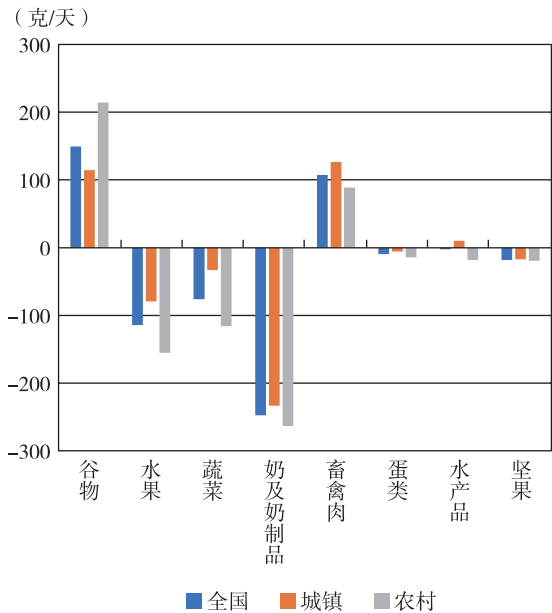


图 3-3b 2019 年中国居民膳食结构与膳食宝塔的差值

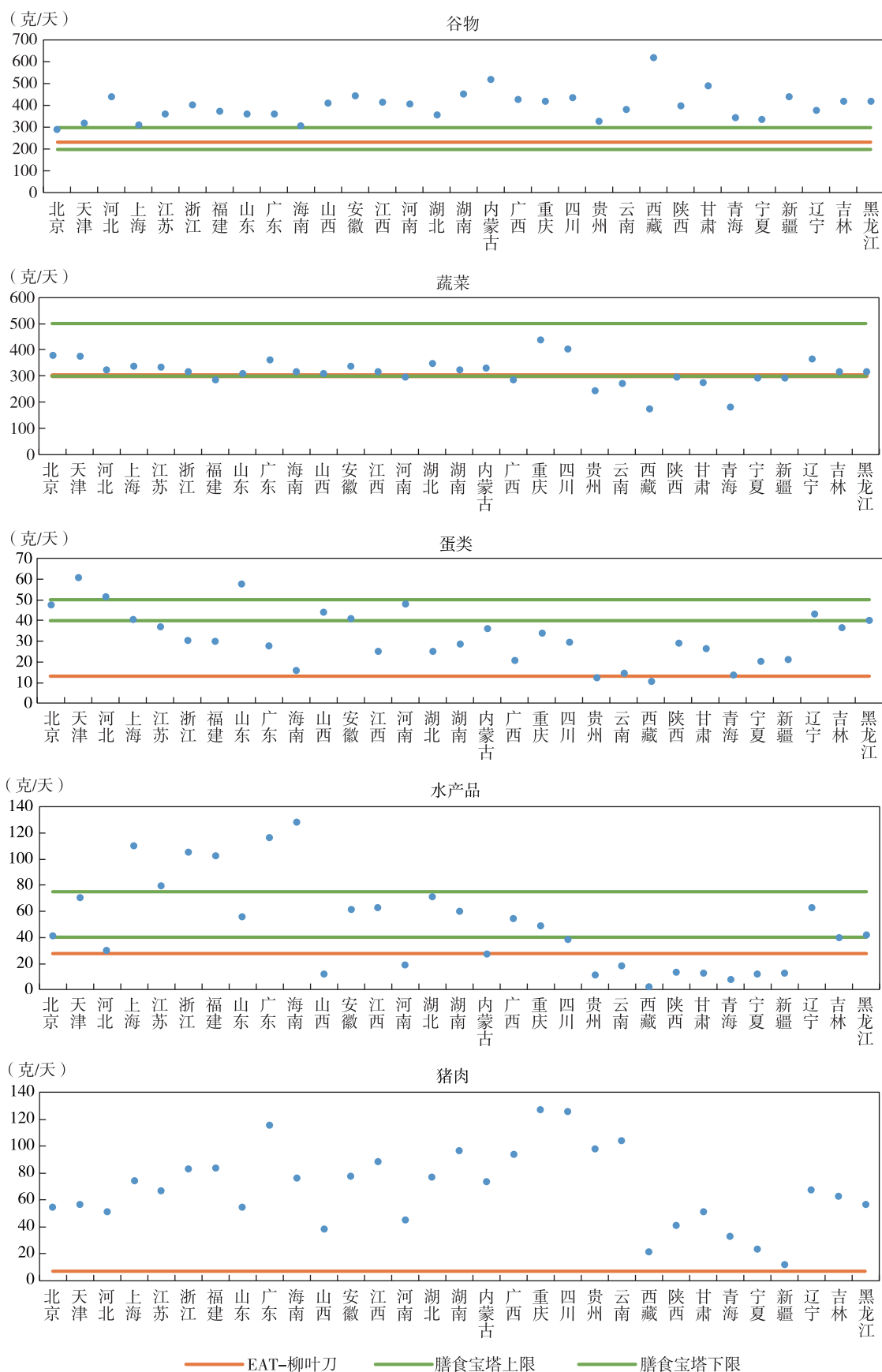


图 3-4a 2019 年中国 31 个省份膳食结构与膳食宝塔、EAT-柳叶刀的比较

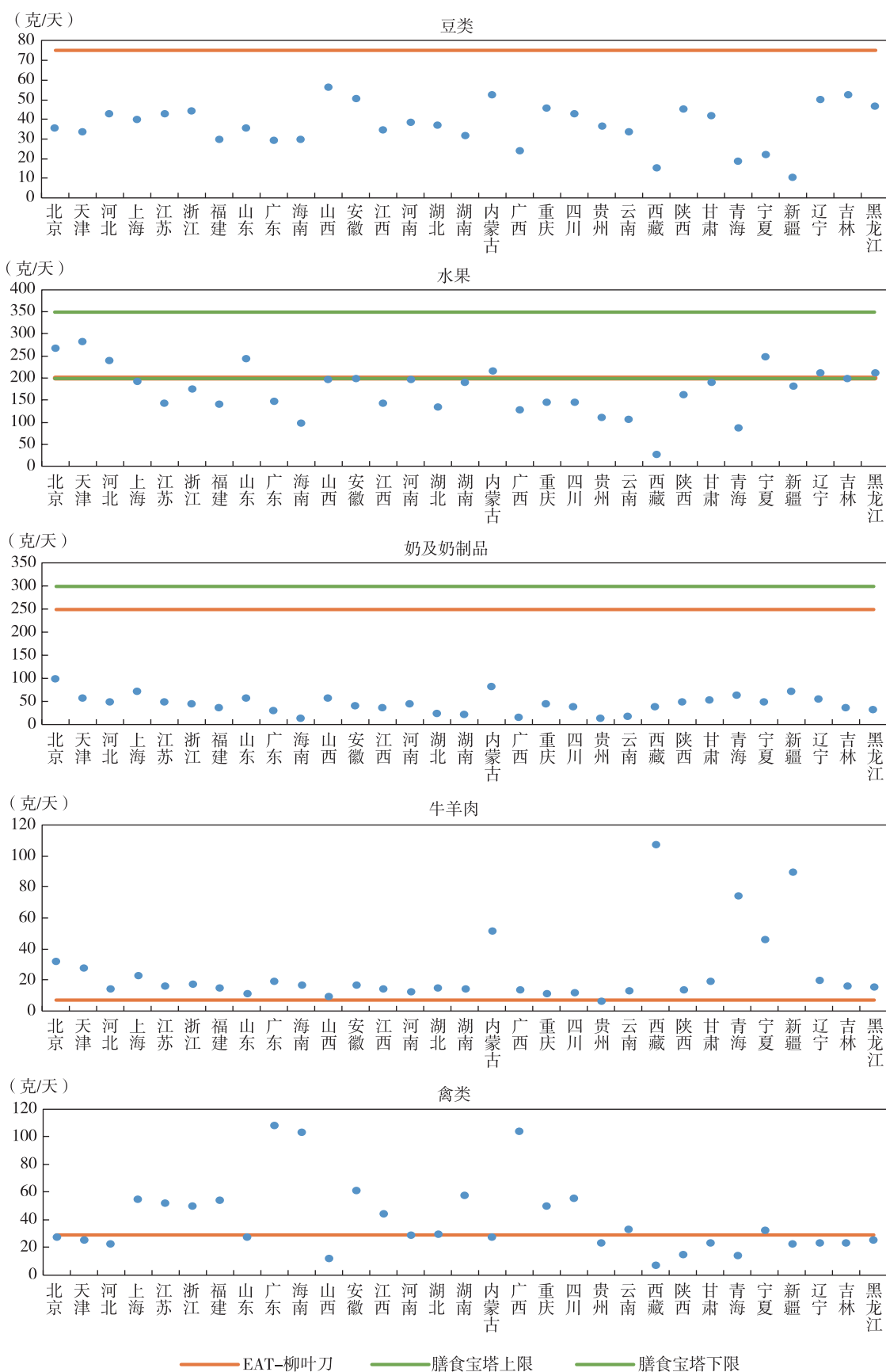


图 3-4b 2019 年中国 31 个省份膳食结构与膳食宝塔、EAT-柳叶刀的比较

数据来源：人均消费量来源于 2020 年《中国统计年鉴》，并通过在外消费比例进行调整。

市居民奶类消费量排在全国首位，仅为 102 克 / 天，约为膳食宝塔建议值的 1/3 和 EAT- 柳叶刀建议值的 2/5。猪肉消费量最高的省份主要集中在西南地区，如重庆市（127 克 / 天）和四川省（126 克 / 天），约是 EAT- 柳叶刀建议值的 18 倍。各省份居民水果消费量差距较大，集中在 27–281 克 / 天，仅有 1/3 省份的居民水果消费量达到膳食宝塔和 EAT- 柳叶刀建议值。上海市、浙江省和福建省等沿海地区的水产品消费量明显高于其他省份，均超过 100 克 / 天，高出膳食宝塔上限和 EAT- 柳叶刀建议值的 1.5 倍和 2.6 倍。各省份居民蛋类消费量均已达到 EAT- 柳叶刀建议值（13 克 / 天），但与膳食宝塔（40–75 克 / 天）相比，大部分省份还有一定的差距，如图 3-4 所示。

3.4.2 不同膳食模式对健康的影响

不同膳食模式对健康的影响已得到广泛研究。结果表明，遵循中国膳食指南与居民总体健康水平呈显著正相关（Zang 等，2018），并且膳食宝塔评分越高，心血管疾病、癌症和糖尿病死亡率越低（Yu 等，2014；Chen 等，2018）。如若中国居民能遵守膳食指南，则预计能使中国避免死亡人数^①和过早死亡人数^②分别为 115.0 万人和 42.5 万人，比 2010 年参照标准减少 12.2% 和 12.5%；如若中国居民遵循 EAT- 柳叶刀膳食建议，预计能使中国避免死亡人数和过早死亡人数分别为 180.2 和 66.5 万人，与 2010 年参照标准相比，分别减少 19.2% 和 19.5%（Springmann 等，2020）。

地中海饮食与许多健康的益处有关，它为人类提供了一种通过降低慢性病发病率和死亡率来改善健康和福祉的潜在解决方案（Trichopoulou 等，2014）。从全球来看，如若实现地中海饮食可使二型糖尿病的发病率下降 16%，由心血管疾病引发的相对死亡率下降 26%，由所有原因引发的总体死亡率下降 18%（Tilman 和 Clark，2014）。Gao 等（2018）证明了地中海饮食对中国居民的健康影响，认为地中海饮食依从性越高，患高血压的风险越低。

在 Springmann 等（2018）的一项全球研究中发现，膳食结构中动物性食物含量越少，过早死亡率下降幅度越大，在摄入相同能量的前提下，如用植物性

食物替代 25%–100% 的动物性食物，2030 年全球过早死亡率则比 2010 年参考标准相应下降 4%–12%，其中高收入国家过早死亡率下降幅度最大，但是在动物性食物消费量较低的中等收入和低收入国家几乎没有效果。需要注意的是当用植物性食物逐渐替代动物性食物时，膳食结构中的蛋白质含量不断下降，高收入和中等收入国家的蛋白质摄入量仍然充足，低收入国家将面临蛋白质摄入不足的问题。

虽然上述膳食模式有助于改善居民营养健康状况，但是在实际推广应用中仍面临着一些挑战。一方面，这些膳食模式忽略了公众改变传统饮食文化的意愿。一个国家或地区的人口、农业生产、购买水平、饮食习惯和文化传统所决定的饮食文化，对食物的选择有很大的影响，很难改变（Yin 等，2020）。在中国，只有 15.3% 左右的受访者表示愿意减少肉类摄入量（Kan，2019）。另一方面，营养食品价格通常较高，部分居民缺乏支付能力（Dowler 等，2007）。中国膳食指南推荐的膳食模式平均每日需花费 3.71 美元，约有 2.3 亿的中国人负担不起（Herforth 等，2020）。

3.5 不同膳食模式对环境的模拟分析

2020 年，中国在联合国大会上作出了“2060 碳中和”承诺，在这种背景下，不仅需要采取技术措施减少碳排放，而且需要改变人的行为，如调整膳食结构。为了探究未来中国居民按照健康膳食模式调整膳食结构对减排承诺是否做出贡献以及贡献大小。本章根据四种健康膳食建议，分别设置四种不同的模拟方案，采用由中国农业科学院农业经济与发展研究所与国际食物政策研究所（IFPRI）共同开发的中国农业产业模型（China Agriculture Sector Model, CASM）模拟分析中国膳食指南、EAT- 柳叶刀、地中海饮食、少肉膳食对农业活动温室气体排放的影响^③。

3.5.1 模拟方案设定

首先，以 2020 年为基准年，通过递归动态预测到 2030 年中国食物消费需求变化。在基准方案中，对未来社会经济发展进行了一系列假设，包括人口、经济发展、居民收入、科技进步等因素。其次，根据中国膳食指南、EAT- 柳叶刀、地中海饮食、少

① 是指 20 岁及以上避免死亡人数。

② 是指 30 岁至 69 岁避免过早死亡人数。

③ <https://agfep.cau.edu.cn/>。

肉膳食四种膳食模式，分别设计了四种模拟方案，模拟分析假设 2020–2030 年，中国城乡居民逐步改变膳食习惯，并在 2030 年调整到上述四种膳食模式推荐的食物消费水平后，带来的温室气体排放量的变化。需要说明的是，尽管不同的模拟方案各种食物消费量不同，但是模拟方案中能量以及蛋白质、脂肪和碳水化合物三大宏量营养素均满足推荐摄入范围。

3.5.2 模拟结果分析

在不采取任何膳食建议的情况下，社会经济发展和收入水平提高仍会使未来中国膳食结构发生变化。到 2030 年，中国居民谷物消费减少到 380 克/天，下降 7.1%，水果、蔬菜、豆类和动物性食物将继续增加，其中肉类和奶类分别增加到 177 克/天和 67 克/天，比 2020 年上升 27.3% 和 26.4%。这些食物消费的增加会导致农业温室气体排放上升。在基准方案下，2030 年中国膳食结构变化导致农业温室气体排放比 2020 年增加 8544 万吨，上升 12.0%。

按照中国膳食宝塔、EAT-柳叶刀、地中海饮食和少肉膳食建议调整中国膳食结构后，均能起到减少农业温室气体排放的效果。模拟结果显示，以中国膳食宝塔、EAT-柳叶刀、地中海饮食、少肉膳食为参考依据，2030 年，中国居民膳食结构变化使农业温室气体排放比基准方案减少 1.46 亿–2.02 亿吨，下降 18%–25%。其中，少肉膳食模式使得农业温室气体排放减少最多，比基准方

案减少约 2.02 亿吨，其次是地中海饮食和 EAT-柳叶刀，分别减少 1.73 亿吨和 1.68 亿吨。中国膳食宝塔对减少农业温室气体排放作用最小，但仍有 1.46 亿吨。

肉类消费减少使得农业温室气体排放大幅下降，但奶类消费增加会抵消部分农业温室气体排放的减少。按照中国膳食宝塔、少肉膳食的建议，到 2030 年，肉类消费下降使农业温室气体排放相应减少 1.72 亿吨和 2.47 亿吨，分别比基准方案下降 52.9% 和 75.9%，但是大量增加奶类的消费将会导致农业温室气体排放上升 8109 万吨，抵消了部分由于肉类消费下降而减少的农业温室气体排放。EAT-柳叶刀膳食模拟方案结果表明，2030 年，将会使农业温室气体排放相应的减少 1.79 亿吨，其中，猪肉和牛羊肉消费减少对环境的影响较大；奶类消费的增加导致农业温室气体排放增加 5901 万吨。地中海饮食与 EAT-柳叶刀在动物性食物消费建议上有很大的相似性，因此，按照 EAT-柳叶刀和地中海饮食建议将使农业温室气体排放下降 31.5% 和 30.3%。

植物性食物消费变化对农业温室气体排放影响较小，主要是谷物消费减少带来的农业温室气体排放下降。按照中国膳食宝塔、EAT-柳叶刀、地中海饮食、少肉膳食的建议，2030 年中国谷物消费量应比基准方案下降 14.5%–31.6%，农业温室气体排放则相应减少 4030 万–5231 万吨。但由于中国居民水果消费量不足，因此水果消费量的增加会导致

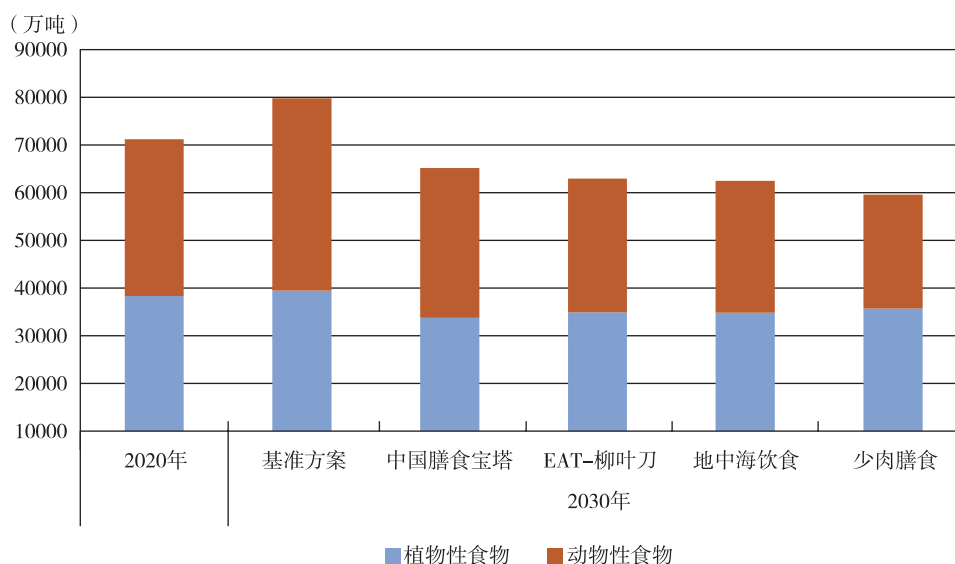


图 3-5 不同膳食模式农业温室气体排放量

数据来源：CASM 模型结果。

农业温室气体排放上升, 2030 年农业温室气体排放比基准方案增加 65 万~537 万吨。蔬菜和豆类消费的变化同样会对农业温室气体排放产生影响, 但作用很小, 如图 3-5 所示。

3.6 转型中国居民膳食结构实现健康与环境双赢的政策建议

中国居民膳食结构显著改善, 动物性食物和优质蛋白摄入量增加, 城乡居民差距逐渐缩小。然而, 中国居民膳食结构转型中也带来健康和环境双重挑战, 尤其是居民超重肥胖率增长迅速。为了应对这一挑战, 亟需改善居民膳食结构。如果按照膳食指南、EAT-柳叶刀、地中海饮食、少肉膳食的建议进行调整, 不仅能改善中国居民的营养健康水平, 也有助于减少农业温室气体排放。建议采取以下政策措施促进中国居民膳食结构的转变。

第一, 引导居民健康膳食, 改善膳食结构。开展公众教育, 普及健康膳食知识, 引导居民优化膳食结构。针对超重和肥胖增长较快的突出问题, 对重点区域、重点人群实施膳食营养干预; 采取补贴等方式帮助改善弱势群体的膳食结构, 提高营养健康水平 (Xu 等, 2020)。

第二, 转型农业食物系统, 调整食物供给结构, 鼓励和支持发展健康和环保的食物产业链。通过改进技术, 提高富有营养的食物生产, 降低生产成本和价格, 让居民更加容易和方便的获取富有营养的食物 (陈志钢等, 2019)。在保障营养健康的同时减小农业食物系统对生态环境带来的负向影响, 保障可持续的食物安全。

第三, 将环境可持续性指标纳入到《中国居民膳食指南》《中国食物与营养发展纲要》《国民营养计划》和《健康中国行动》等国家纲领性和指导性文件中, 逐步建立以营养健康与可持续为导向的食物安全战略。此外, 还要积极探索建立卫生、农业、环保等政府部门间的有效协同体系, 共同推动食物安全、营养健康和可持续发展 (Chen 等, 2019)。

第四, 加强对农业、营养、环境等多学科研究的投资。围绕食物生产与消费、营养健康的经济效益、慢性病负担与防治和可持续等领域开展系统研究, 对接农业、营养和可持续政策, 为国家制定大政方针等提供依据 (陈志钢等, 2019)。

需要说明的是, 本章仍有一定的局限性, 有待于将来进一步研究^①。

参考文献

- [1] 陈志钢, 毕洁颖, 聂凤英, 方向明, 樊胜根. 营养导向型的中国食品安全新愿景及政策建议 [J]. 中国农业科学, 2019, 52(18):3097-3107.
- [2] 中国营养学会. 中国居民膳食指南科学院研究报告 [R]. 北京: 中国营养学会, 2021.
- [3] 黄季琨, 解伟. 中国农产品供需与食物安全的政策研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [4] 辛良杰, 王佳月, 王立新. 基于居民膳食结构演变的中国粮食需求量研究 [J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1347-1356.
- [5] 郑志浩, 赵殷钰. 收入分布变化对中国城镇居民家庭在外食物消费的影响 [J]. 中国农村经济, 2012, (7): 40-50.
- [6] 赵姚阳, 蒋琳琳, 王洁. 居民膳食结构变化对中国食物生产用地需求的影响研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(3): 54-60.
- [7] Bach-Faig, A., Berry, E.M., et al.. Mediterranean Diet Pyramid Today. Science and Cultural Updates [J]. Public Health Nutr., 2011, 14(12A), 2274-2284.
- [8] Chen, K. Z., Wang, Z.. Agriculture and Nutrition in China [M]. IFPRI Book Chapters, in: Agriculture for Improved Nutrition: Seizing the Momentum, chapter 19, pages 198-208, International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2019.
- [9] Chen, PY., Fang, AP., et al.. Adherence to the Chinese or American Dietary Guidelines is Associated with A Lower Risk of Primary Liver Cancer in China: A Case-control Study [J]. Nutrients, 2018, 10(8), 1113.
- [10] Davis, C., Bryan, J., et al.. Definition of the Mediterranean Diet: A Literature Review [J]. Nutrients, 2015, 7(11), 9139-9153.
- [11] Dowler E, Caraher M, Lincoln P, eds. Inequalities in Food and Nutrition: Challenging Lifestyles. In: Challenging Health Inequalities: from Acheson to Choosing Health [R]. Bristol, United Kingdom: The Policy Press, 2007.
- [12] Gao, M., Wang, FB., et al. Trajectories of Mediterranean Diet Adherence and Risk of Hypertension in China: Results from the CHNS Study, 1997-2011 [J]. Nutrients, 2018, 10(12):2-10.
- [13] FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming Food Systems for Affordable Healthy Diets [R]. Rome, FAO. 2020.
- [14] FAO and the Food Climate Research Network (FCRN). Plates, Pyramids and Planets [R]. Rome, 2016.
- [15] FAO and WHO. Sustainable Healthy Diets - Guiding Principles [R]. Rome, 2019.

^① <https://agfep.cau.edu.cn/>。

- [16] He, P., Baiocchi, G., et al.. The Environmental Impacts of Rapidly Changing Diets and Their Nutritional Quality in China [J] . Nature Sustainability, 2018, 1(3): 122–127.
- [17] He, Y., Li, Y., Yang, X., et al.. The Dietary Transition and Its Association with Cardiometabolic Mortality Among Chinese Adults, 1982–2012: A Cross-sectional Population-based Study [J] . The Lancet Diabetes & Endocrinology, 2019, 7(7): 540–548.
- [18] Herforth, A., Bai, Y., et al.. Cost and Affordability of Healthy Diets Across and Within Countries. FAO Agricultural Development Economics Technical Study, 2020.
- [19] Kan, K. A Less Meaty Year of the Pig? [EB/OL] . 2009. url:https://www.chinadialogue.org.cn/article/show/single/en/11062-A-less-meaty-Year-of-the-Pig.
- [20] Liu J, Savenije H. Food Consumption Patterns and Their Effect on Water Requirement in China [J] . Hydrology and Earth System Sciences, 2008, 5(1): 887–898.
- [21] Rizzo NS, Jaceldo-Siegl K, et al.. Nutrient Profiles of Vegetarian and Nonvegetarian Dietary Patterns [J] . J Acad Nutr Diet, 2013, 113(12): 1610–1619.
- [22] Sandro, D., Berry, E. M.. Mediterranean Diet: From A Healthy Diet to A Sustainable Dietary Pattern [J] . Frontiers in Nutrition, 2015, (2): 15.
- [23] Springmann, M., Spajic, L., et al. The Healthiness and Sustainability of National and Global Food Based Dietary Guidelines: Modelling Study [J] . The BMJ, 2020, (370): 2322.
- [24] Springmann, M., Wiebe, K., et al.. Health and Nutritional Aspects of Sustainable Diet Strategies and Their Association with Environmental Impacts: A Global Modelling Analysis With Country-Level Detail [J] . The Lancet Planetary Health, 2018, 2(10): 451–461.
- [25] Tilman, D., Clark, M. Global Diets Link Environmental Sustainability and Human Health [J] . Nature, 2014, 515(7528): 518–522.
- [26] Tonstad S, Butler T, et al. Type of Vegetarian Diet, Body Weight, and Prevalence of Type 2 Diabetes [J] . Diabetes Care, 2009, 32(5): 791–796.
- [27] Trichopoulou, A., Martínez-González, et al. Definitions and Potential Health Benefits of the Mediterranean Diet: Views from Experts Around the World [J] . BMC Medicine, 2014, 12(1): 112.
- [28] United Nations System Standing Committee on Nutrition (UNSCN). Sustainable Diets for Healthy People and a Healthy Planet [R] . 2017.
- [29] Willett, W., Johan R, et al. Food in the Anthropocene: the Eat–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems [J] . The Lancet, 2019, 393(10170): 447–492.
- [30] Willett, W. C., Sacks, F., Trichopoulou, A., et al.. Mediterranean Diet Pyramid: A Cultural Model for Healthy Eating [J] . American Journal of Clinical Nutrition, 1995, 61(6): 1402S–1406S.
- [31] World Resources Institute (WRI). Ranganathan J. Shifting Diets for a Sustainable Food Future: Creating a Sustainable Food Future [R] . 2016.
- [32] Xu, H. Q., Ecker, O., Zhang, Q., Du, S. M., Liu, A., Li, Y. P., Chen, K., et al. The Effect of Comprehensive Intervention for Childhood Obesity on Dietary Diversity Among Younger Children: Evidence from A School-based Randomized Controlled Trial in China [J] . PLoS ONE, 2020, 15(7): 235–251.
- [33] Yin, J., Yang, D., et al.. Diet Shift: Considering Environment, Health and Food Culture [J] . Science of The Total Environment, 2020, (719): 137–184.
- [34] Yu, D.M., Zhao, L. Y., Zhao, W. H.. Status and Trends in Consumption of Grains and Dietary Fiber Among Chinese Adults (1982–2015) [J] . Nutrition Reviews, 2020, 789: 43–53.
- [35] Yu, D., Zhang, X., et al.. Adherence to Dietary Guidelines and Mortality: A Report From Prospective Cohort Studies of 134,000 Chinese Adults in Urban Shanghai [J] . American Journal of Clinical Nutrition, 2014, (2): 693–700.
- [36] Zang, J., Guo, C., et al.. Is Adherence to the Chinese Dietary Guidelines Associated with Better Self-Reported Health? The Chinese Dietary Guidelines Adherence Score [J] . Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 2018, 27(4): 914–924.
- [37] Zhao, L.J., Liu, D., Zhao W. H., et al.. Challenges Brought About by Rapid Changes in Chinese Diets: Comparison With Developed Countries and Implications for Further Improvement [J] . Biomedical and Environmental Sciences, 2018, 31(10): 781–786.



绿色转型是建设中国特色农业现代化的重要组成部分，面源污染治理是实现农业食物系统绿色转型的重要抓手。

以面源污染治理为抓手推进中国农业食物系统绿色转型

龚斌磊^{1,2} 陈志钢^{1,3} 方向明^{4,5} 孟 婷^{4,5}
周 力⁶ 石敏俊² 王 硕^{1,2}

1. 浙江大学中国农村发展研究院
2. 浙江大学公共管理学院
3. 国际食物政策研究所
4. 中国农业大学全球食物经济与政策研究院
5. 中国农业大学经济管理学院
6. 南京农业大学经济管理学院



主要发现

■ “高投入、高产出”的农业生产方式不可持续，给生态环境系统造成了沉重的负担，严重制约了农业食物系统的可持续发展，威胁到城乡居民食物营养健康保障。

■ 当前中国农业面源污染的五大来源分别是畜禽水产养殖、化肥、农药、农作物秸秆、废旧地膜。中国政府出台相应政策措施，进行源头和末端防控，取得了初步成效。对政策方向的精准把握和政策执行力度值得其他发展中国家借鉴。

■ 经过几年的治理，畜禽养殖业氮磷减排效果显著，但水产养殖业污染物排放增多，且化肥和农药利用率与发达国家相比仍存在差距。

■ 中国治理农业面源污染主要依靠政策和法律手段，且在新技术推广和新要素使用方面大量依赖政府补贴，短期内可能可以达到防控目的，但还应探索更多的新兴驱动力。

■ 发达国家在治理面源污染和农业食物系统转型方面值得其他国家借鉴之处在于，更加关注产品质量认证和市场培育，引导形成市场对生态绿色农产品的溢价，从而对整个农业供应链形成持续的激励和动力。

政策建议

■ 以中国农业绿色发展指数为考核依据，强化农业生态环境监督，发挥政府、企业和社会组织在环境治理过程的重要监督作用，从供给端推进农业食物系统绿色转型。

■ 建立和完善生态补偿机制，不仅借鉴新安江跨省生态补偿机制，还应进一步扩大资金来源，建立基于生态系统服务的生态补偿机制。

■ 打造生态农产品品牌，引导形成市场对生态绿色农产品的溢价，从需求端促进面源污染治理，推进农业食物系统绿色转型。

■ 积极通过其他途径获得资金支持绿色农业发展，大力探索绿色金融在农业领域的应用。

■ 以技术进步为依托，建立支持农业食物系统转型的科技创新和推广体系，形成适合中国国情农情的农业清洁生产技术和农业面源污染防治技术模式与体系。



4.1 中国农业食物系统绿色转型与面源污染治理

中国农业食物系统绿色转型是建设中国特色农业现代化的重要组成部分，也是一个动态概念，其内涵和外延随社会经济发展、生产力和技术进步而不断变化。现阶段中国农业食物系统绿色转型的重要抓手是防控和治理农业面源污染，采取环境友好型的农业生产方式。农业面源污染带来的水土资源退化、耕地地力下降、重金属污染等严峻问题，极大地阻碍了农业食物系统的可持续发展，严重威胁着城乡居民的食物营养健康保障。因此，以面源污染治理推进农业绿色生态发展对农业食物系统转型至关重要。

自改革开放以来，中国农业生产实现快速发展，粮食产量逐年提高，对保障国内与世界粮食安全做出了巨大贡献。然而，长久以来的粗放式农业生产对资源环境产生了重大影响，如水土资源流失、水资源污染、耕地资源重金属污染等。自 20 世纪 70 年代以来，中国水污染问题突出，重要湖泊河流（如太湖、巢湖、淮河、海河、三峡库区等）出现不同程度的氮、磷富营养化，农业面源污染是主要原因（张维理等，2004；柴世伟等，2006）。农业面源污染是农业生产中的化肥、农药、农膜等化学品和农作物秸秆、畜禽粪便、

生活污水垃圾等氮磷营养物质及其他污染物，通过地表径流和渗漏形成的环境污染，最开始主要指水体污染，随后逐渐扩展到对土壤、空气等介质的立体式污染。其不确定性更大、过程更复杂，因而治理难度较大（柴世伟等，2006；李秀芬等，2010），转变农业生产行为是关键。

在此背景下，中国出台了一系列推动绿色发展的政策，其中防控农业面源污染是主要的政策着力点。自 2016 年中央一号文件首次明确指出，要从农业资源保护和高效利用、环境突出问题治理、农业生态保护和修复、食品安全治理等方面推动农业绿色发展后，每年的中央一号文件都对农业绿色发展提出相关意见。2017 年印发的《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》为推进农业绿色发展提供了纲领性指导，其中，与防控农业面源污染相关的两条目标（资源节约和环境友好）明确在列。2021 年发布的《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》再次强调了畜禽粪污资源化、农膜污染治理、化肥农药减量等与防控面源污染相关的举措。显然，防控和治理农业面源污染是现阶段农业绿色发展的重要抓手。经过几年的防控，农业面源污染加剧的趋势得到了遏制，但仍存在资源利用率不高的问题（中国农科院，2020）

4.2 面源污染的现状

农业面源污染最开始主要指对水体造成的污染，随后逐渐扩展到对土壤、空气等介质的立体式污染。中国农业面源污染的主要来源有五个^①。一是畜禽水产养殖造成的水体污染；二是化肥使用过量造成的水体污染；三是农药对土壤、水体和空气造成立体式污染；四是农作物秸秆随意丢弃或焚烧造成的环境污染；五是未被及时回收的废旧地膜造成土壤污染。

4.2.1 农业源水污染排放量得到一定控制，但仍是主要污染源

根据《第一次全国污染源普查公报》(图4-1)，中国2007年农业污染源是化学需氧量(COD)、总氮(TN)和总磷(TP)的主要来源，排放量分别占全国排放总量的44%、57%和67%。2012年，国务院发布的《节能减排“十二五”规划》明确要求：2015年农业COD和氨氮排放分别比2010年下降8%和10%。根据2020年新发布的《第二次全国污染源普查公报》(见图4-1)，2017年来自农业污染源的COD、TN和TP排放量比2007年分别下降了19%、48%和26%，但仍是主要污染源。

4.2.2 畜禽养殖业氮磷减排效果显著，水产养殖业污染物排放增多

在农业内部，畜禽养殖业贡献了最多了COD和TP排放，主要来自畜禽粪污。随着畜牧业不断发展，2007–2017年，其COD排放量从1268.3万吨下降到1000.5万吨，减排21%，TN排放量从

102.48万吨下降到59.63万吨，减排48.8%，TP排放量从16.04万吨下降到11.97万吨，减排51.4%(见图4-2)。

水产养殖业的污染物排放从相对比例来看在农业中并不高，但其产生的COD、TN和TP绝对量都有所上升(见图4-2)。2007–2017年，其产生的COD从55.85万吨上升到66.6万吨，增长19.7%；TN从8.21万吨上升到9.91万吨，增长20.7%；TP从1.51万吨上升到1.61万吨，增长3.2%。

4.2.3 化肥和农药减量使用获初步成效，但利用率仍需提高

造成面源污染的化学投入主要包括化肥和农药，化肥农药用量过多，不仅增加生产成本，也给生态环境带来负面影响。为此农业部提出力争到2020年主要农作物化肥与农药施用量实现零增长。图4-3显示了中国1984–2019年化肥施用量和施用强度情况。从施用总量来看，自1984年起化肥用量一直保持增长趋势，2015年达到峰值6023万吨，此后实现连续四年负增长。2019年化肥施用量达5404万吨，与峰值相比降幅超过10%。从施用强度来看(定义化肥施用强度为单位播种面积施用化肥量)，自1984年起化肥施用强度不断提高，2014年达到峰值363千克/公顷，远超国际安全施用水平建议的225千克/公顷。2019年中国化肥施用强度为326千克/公顷，比2014年下降了10.3%。在利用率方面^②，2019年，中国水稻、玉米、小麦三大粮食作物化肥利用率为37.8%，比2015年提高2.6个百分点，但与欧美发达国家粮食作物50%–65%的利用率相比仍存在差距。

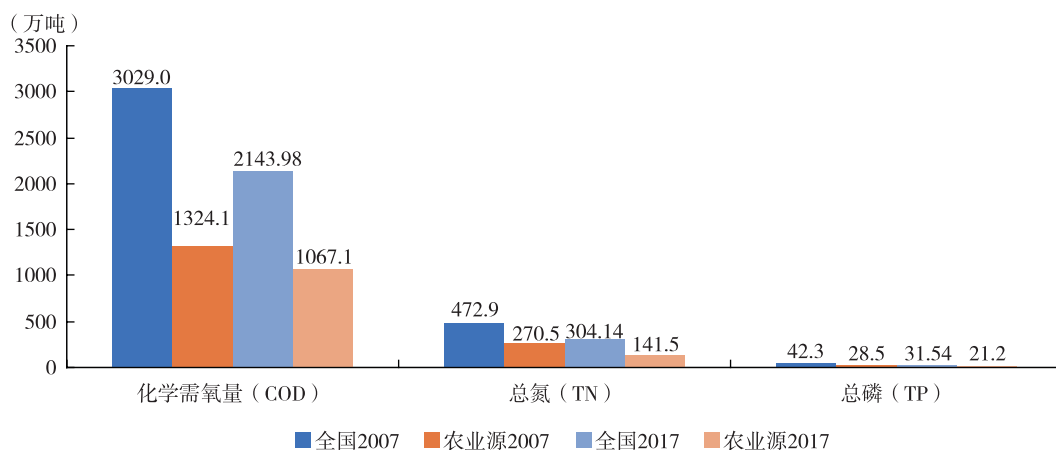


图4-1 2007年和2017年全国水污染物排放总量与农业源排放量

数据来源：《第一次全国污染源普查公报》和《第二次全国污染源普查公报》。

① 节选自2017年农业部《重点流域农业面源污染综合治理示范工程建设规划(2016–2020年)》。

② 农业部：中国农药使用量已连续三年负增长–中新网(chinanews.com)。

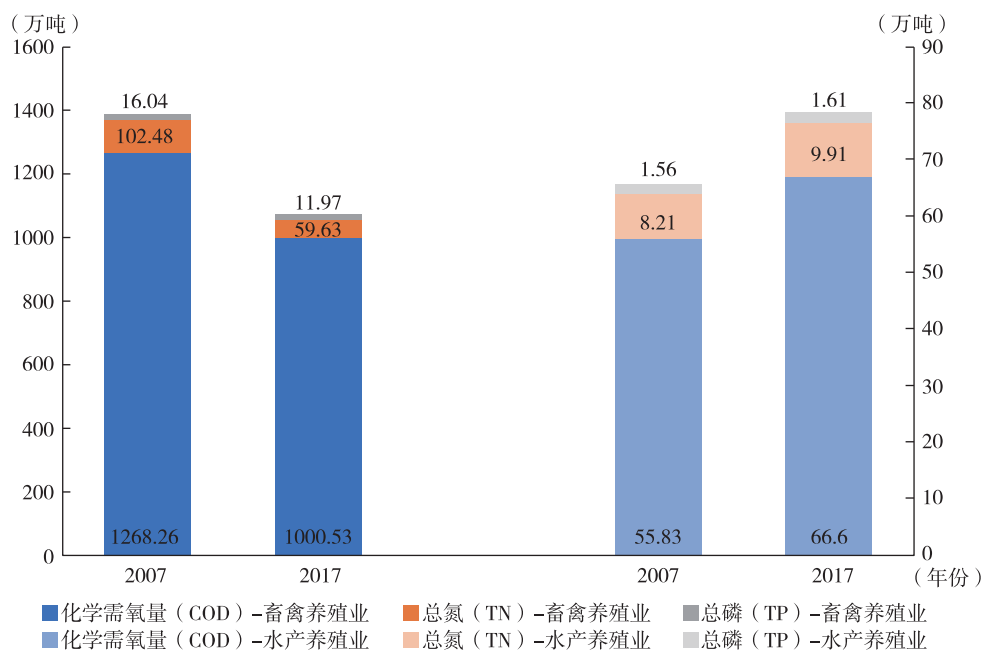


图 4-2 2007 年和 2017 年畜禽养殖业和水产养殖业污染物排放量

数据来源：《第一次全国污染源普查公报》和《第二次全国污染源普查公报》。

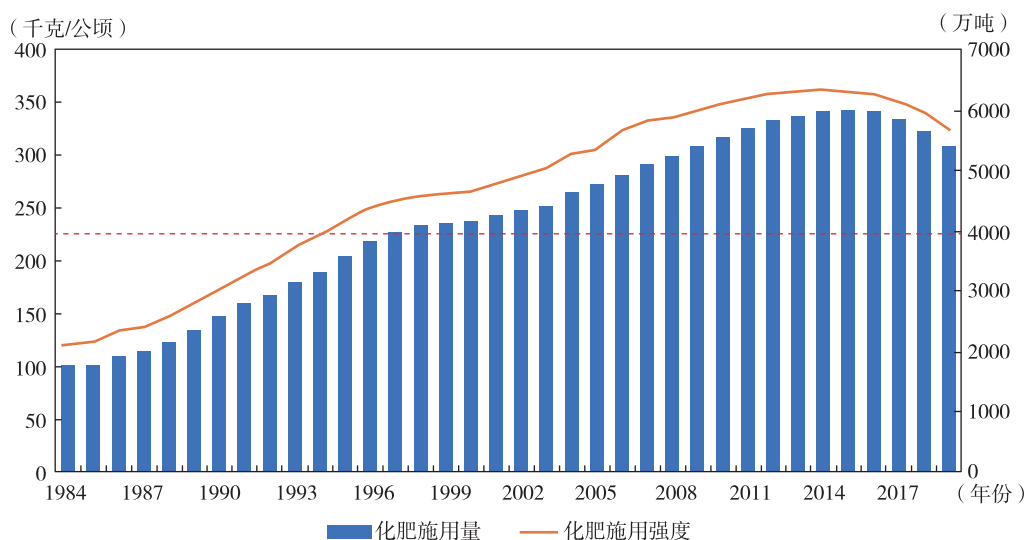


图 4-3 1984-2019 年中国化肥施用量与施用强度

数据来源：历年《中国农村统计年鉴》。

图 4-4 显示了中国 1990-2019 年农药使用情况。从使用总量来看，农药用量从 1990 年的 78 万吨上升到 2014 年的 181 万吨，增长率达 147%。此后实现连续五年负增长，2019 年使用量降低到 139 万吨，与 2014 年峰值相比下降了 23%。从使用强度来看，自 1990 年起不断提高，2011 年达到峰值 11.7 千克 /

公顷，2019 年下降到 8.4 千克 / 公顷，与峰值相比下降了 26%。从利用率来看^①，2019 年，我国水稻、玉米、小麦三大粮食作物农药利用率达到 39.8%，比 2015 年提高 3.2 个百分点，但与欧美发达国家小麦、玉米等粮食作物 50%-60% 的农药利用率相比仍存在差距。

① 农业部：中国农药使用量已连续三年负增长 - 中新网 (chinanews.com)。

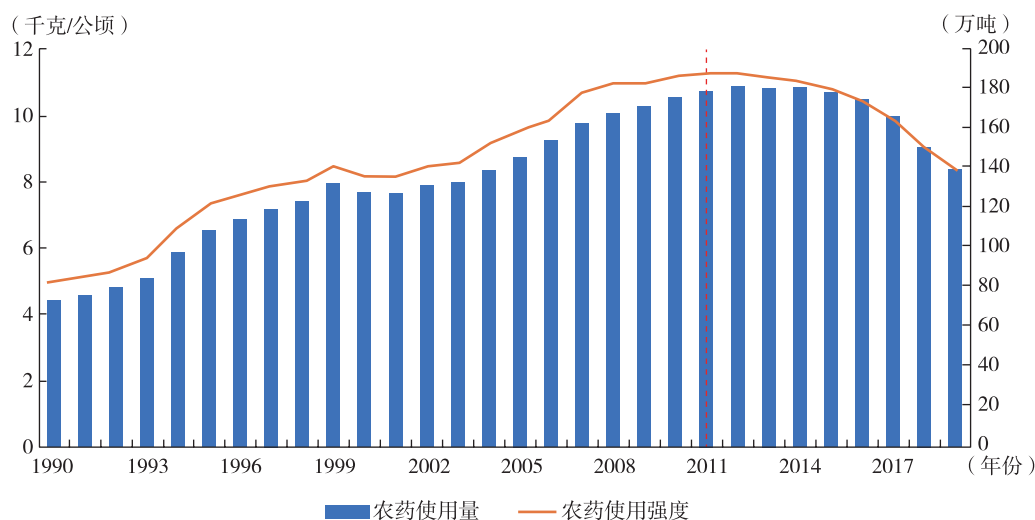


图 4-4 1990-2019 年中国农药使用量和使用强度

数据来源：历年《中国农村统计年鉴》。

4.2.4 秸秆回收利用率得到提高

2015 年全国主要农作物秸秆理论资源量为 10.4 亿吨，可收集资源量为 9.0 亿吨，利用量为 7.2 亿吨，秸秆综合利用率为 80.1%。2017 年秸秆产生量 8.1 亿吨，比 2015 年下降 22.1%，秸秆可收集资源量 6.74 亿吨，比 2015 年下降 25.6%，全国秸秆综合利用率超过 82%，比 2015 年提高 1.9 个百分点（见表 4-1）。基本形成肥料化利用为主，饲料化、燃料化稳步推进，基料化、原料化为辅的综合利用格局。

表 4-1 中国主要农作物秸秆利用情况 单位：亿吨，%

	秸秆产生量	可收集资源量	秸秆利用率
2015 年	10.4	9.0	80.1
2017 年	8.1	6.7	82.0
变化率	-22.1%	-25.6%	1.9%

4.3 农业食物系统绿色转型与面源污染治理的政策实践

农业绿色发展不仅是面临客观生态环境约束的选择，也是中国政府做出的政策实践。针对当前造成农业面源污染的来源，政府出台相应政策措施从源头和末端防控面源污染。依据环境经济学的公共政策理论，可以将中国防控面源污染的政策分为经济激励型和鼓励劝说型两类。经济激励型政策是推进农业绿色发展的主要手段，基于补贴的经济激励政策减轻了技术采纳者的负担，在化肥农药减量化

行动、秸秆粪污资源化利用等技术的推广中具有重要作用。鼓励劝说型政策是推进农业绿色发展的重要支撑，绿色农业技术的推广离不开培训和宣传，经过技术培训的农户往往对绿色农业技术有更大的接纳性。下文依据面源污染的来源，介绍一些具体的政策举措。

4.3.1 农业投入品减量使用制度

测土配方施肥。农业部和财政部于 2005 年启动测土配方补贴资金项目，安排专项补贴资金用于全面推进测土配方工作开展，鼓励和支持农民科学施肥。补贴对象包括承担测土配方施肥任务的农业技术推广机构和依照配方加工配方肥的企业等。补贴内容包括对测土、配方、配肥等环节给予的补贴以及项目管理费。2019 年，我国三大粮食作物化肥利用率为 39.2%，全国测土配方智能化服务网点达 3000 余个，测土配方施肥技术覆盖率达 89.3%。现有政策虽取得了一定成效，但也有研究表明，推广多种配方肥比单一配方肥的生态效益高，由于成本制约，采用率反而较低（孙杰等，2019）。故农业部门在推广配方肥时，需考虑精准投入的高昂成本及品种过多带来的负向影响。

有机肥替代化肥。农业农村部于 2017 年制定《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》，选择一批果菜茶重点县（市、区）开展有机肥替代化肥示范。采取物化补贴方式，鼓励农户增施有机肥，与此同时，定期举办有机肥替代化肥技术培训，引导种植大户等积极参与有机肥的堆肥与应用。2020 年

有机肥施用面积超过 5.5 亿亩次，比 2015 年增加约 50%^①。虽然现有政策已取得一定成效，但农户有有机肥采用更多受政府补贴影响。早期数据显示，农户并没有因为施用有机肥而减少化肥用量（何浩然等，2006），学界仍应关注有机肥在现实中的替代效果。另外，当前使用有机肥的主要是果菜茶等经济作物，大田作物有机肥采纳率较低，需逐步推进有机肥技术向大田作物扩散。

病虫害绿色防控。2011 年农业部开展农产品质量安全整治工作，采取生态调控、生物防治、物理防治和科学用药等环境友好型措施控制农作物病虫害，要求到 2020 年，全国主要农作物绿色防控总体覆盖率达 60% 以上^②。推行绿色防控技术，可使大田作物每季减少用药 1-2 次，果树和蔬菜减少 3-4 次，化学农药使用量减少 20%-30%^③。但绿色防控技术应用在空间上较分散、单一，因此，政府应把社会化服务作为实施绿色防控的重要抓手，搭建公共服务平台，加快构建社会化服务基地，开展病虫害绿色防控社会化服务。同时，政府应建立健全生物农药的补贴机制，对采纳该措施的农民进行合理补贴（Zhou 等，2016）。

兽用抗菌药减量使用。自 2018 年起，农业农村部力争通过 3 年时间实现兽用抗菌药使用量“零增长”，有效控制兽药残留和动物细菌耐药问题。每年组织不少于 100 家规模养殖场开展兽用抗菌药使用减量化试点工作，推广兽用抗菌药使用减量化模式。参加试点工作的养殖场应规范合理、科学审慎使用兽用抗菌药，积极探索使用兽用抗菌药替代品，逐步减少促生长兽用抗菌药使用品种和使用量。大量规模养殖场采取“公司+农户”契约养殖模式，其通过技术培训等鼓励契约农户采用抗菌药替代品，在抗菌药减量方面初见成效。

4.3.2 秸秆和畜禽粪污等资源利用

秸秆资源化利用。近年来，中国政府相继出台《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》、《“十二五”农作物秸秆综合利用实施方案》（2011 年）、《关于编制“十三五”秸秆综合利用实施方案的指导意见》（2017 年）等政策推进秸秆综合利用。自 2016 年以来，投入 25 亿元资金开展秸秆综合利用试点。2017 年，共安排秸秆粉碎还田机、捡

拾打捆机购置补贴资金 4.57 亿元，支持秸秆还田离田工作。在政策的积极推动下，目前我国农作物秸秆综合利用率已超过 82%。研究表明，较长期限的地权能够激励规模户进行秸秆还田，但对于小农户，需要采取补贴或惩罚等政策（徐志刚等，2019）。

粪污资源化利用。2017 年国务院办公厅出台《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》，提出到 2020 年建立畜禽养殖废弃物资源化利用制度，构建种养循环发展机制，全国畜禽粪污综合利用率达 75% 以上等政策目标。农业部相继于 2017 年和 2018 年制定了具体的畜禽粪污资源化利用方案。截至 2019 年，全国畜禽粪污综合利用率达 70%，规模养殖场粪污处理设施装备配套率达 63%。政府应进一步建立畜禽粪污存储和处理标准，能提高种养结合水平，加强畜禽粪污循环利用。

废旧农膜回收处理。农业部于 2017 年制定了《农膜回收行动方案》，六部委于 2019 年又发布了《关于加快推进农用地膜污染防治的意见》，推动地膜新国家标准颁布实施，提高地膜厚度标准，增加地膜拉伸强度、断裂伸长率，从源头保障地膜的可回收性；推进地膜捡拾机械化，加大地膜回收机具补贴力度；示范推广一膜多用、行间覆盖等技术。2020 年，西北重点地区农膜回收率稳定在 80% 以上，“白色污染”得到有效治理。尽管近年来部分政府部门已将农户补偿措施纳入农膜回收政策，但仍存在补偿方式不合理、补偿额度较低等现象。

4.3.3 水产健康养殖制度

2017 年印发的《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》提出推行水产健康养殖制度。农业农村部于 2018 年开展全国水产健康养殖示范创建活动，通过创建健康养殖示范县、示范场的形式促进养殖生态环境保护修复；随后，十部委于 2019 年发布《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》，倡导生态健康养殖制度以发挥水产养殖的生态服务功能。示范县示范场全面普及环保设施设备，以渔净水，在病害防控、养殖废水处理等关键环节实现自控和自检，其水产养殖质量和效益不断提升。政府对养殖尾水治理等方面提供资金支持，当前我国已建成 1005 家国家级水产健康养殖示范场，通过发挥辐射带动作用大幅促进渔业高质量发展。

① 农业农村部，http://www.kjs.moa.gov.cn/gzdt/202101/t20210119_6360102.htm。

② http://www.gov.cn/jrzq/2012-11/05/content_2258107.htm。

③ http://www.agroinfo.com.cn/other_detail_5775.html。

案例 4.1 创新产权制度与农业面源污染治理

污染是负外部性，通过改进产权制度可以达到治理污染的目的，其实质是将负外部性内部化，将公共物品转变为“私人物品”。健全资源产权制度就是创建环境保护制度，在这方面，浙江省率先进行探索，目前一些地方已形成有益的经验 and 做法，本案例以浙江省德清县为例展开讨论。

浙江省德清县着眼“三权到人(户)、权跟人(户)走”，全面推进土地(林地)承包经营权、宅基地用益物权、集体资产股权确权颁证，并建立农村产权流转交易中心，全县 76% 的土地高效流转，带动了现代生态循环农业发展。德清县以农村产权改革为契机，加快推进秸秆禁烧和综合利用，深化农业投入品废弃包装回收处置，大力推进生态循环示范区、示范主体和示范点的创建，构筑起农作物秸秆、农药废弃包装物无害化处理和资源化利用的主体小循环和县域大循环。此外，德清县着力推广各种节水、节地、节肥、节能、节药新技术和农业废弃物资源循环利用等新型农作制度。累计推广“稻鳖共生”、“稻鱼共生”、农牧对接等一批新型、生态、高效种养模式数万亩，化学氮肥施用量减少 6.5%，化学农药施用量减少 9.3%，畜禽粪便无害化处理和资源化利用率达 100%，秸秆综合利用率达 95% 以上，农药投入品包装物回收率达 90%，处置率达 100% 以上，基本实现“一控两减四基本”的目标任务。

4.4 农业食物系统绿色转型与面源污染治理的国际经验

随着全球农业面源污染的加剧，推进农业及生态环境的可持续发展成为各国农业发展的重点。世界各国在化肥减量、农药规范使用、畜禽粪污管理、水资源监测保护和农业可持续发展模式探索等方面积累了宝贵的经验。

4.4.1 化肥减量

农业化肥面源污染会导致水体富营养化，地下水硝酸盐超标，对水土环境和生态系统造成巨大威胁。1990 年以来，《欧盟共同农业政策》(EU's Common Agricultural Policy)开始逐渐重视农业环境保护。1991 年《硝酸盐法令》(EU Nitrate Directive)出台并要求成员国采取行动降低硝酸类肥料使用对水体的影响，禁止特别脆弱地区无法达标的农场主领取相关补贴。欧盟各国在控制农业化肥投入品种和使用量方面分别比 20 世纪 80 年代初期减少了 30% 和 50% (付晓玫, 2017)。自 20 世纪 90 年代以来，荷兰相继实施了 5 个硝酸盐肥料行动计划，强制无法达标的农场主纳税 (张斌和金书秦, 2020)。英国政府按照农民自愿参与的原则，与其签订环境改进协议，明确在 5 年之内逐渐减少使用

或不使用化肥，并对因此造成的损失给予补偿。美国在控制化肥减量及农业面源污染过程中，主要依托最佳管理实践 (Best Management Practices, BMPs)，即任何能减少或预防水污染的方法、措施或操作程序。美国联邦政府专门拨付资金，对自愿参与 BMPs 体系中的农场主给予一定的农业补贴、技术支持或金融优惠等。美国各州还确立了化肥抽样检验制度以保证化肥质量。同时，美国大力推广诸如测土配方施肥技术、水肥一体化技术、有机肥替代化肥技术等。经过 20 多年的有效治理和控制，美国农业面源污染从 1990 年占农业总污染 66%-83%，降低到 2014 年的 20% (付晓玫, 2017)。

4.4.2 农药规范施用

农药施用可以有效减少世界粮食产量因病、虫、草害带来的损失，然而农药施用分散而持续，对环境的污染更隐蔽且滞后性更强，降低其对产地环境的污染和农产品残留早已成为世界各国的共性。荷兰政府一方面通过立法限制农药的使用，另一方面积极支持研发可应用的高效低残留农药和生物农药 (张斌和金书秦, 2020)。美国各州均实行统一的农药使用管理制度：农场主购买或施用限制级农药须由病虫害防控咨询师提供书面推荐报告，或进行专

业化、社会化的喷药服务；农场主施用普通或限制级农药后一周内，需将施药具体信息通过手机网络向县农药特派员报告；收割前 45–60 天内禁止施药，且所有农产品或食品必须标明农药残留数值（郭鸿鹏等，2015）。2016 年，以色列农业农村发展部（MoAg）更新了标准，要求在市场上销售的所有兽医杀虫剂和消毒剂都完成注册。

4.4.3 畜禽粪污治理

考虑到畜禽粪污对环境的影响，大多数国家都对其回收利用以及养分提取和施用做出了严格规定。欧盟的《硝酸盐法令》对施用畜禽粪便有明确规定，各国根据当地情况制定具体标准（Khoshnevisan 等，2020）。畜禽污染的管控还与二氧化硫、氮氧化物、非甲烷挥发性物质有机化合物和氨挥发密切相关（Directive，2016），英国制定了清洁空气战略，减少该国来自肥料和泥浆的储存和摊铺以及化肥施用的氨排放。希腊、爱沙尼亚、奥地利、加拿大、马来西亚等国都对有机肥（畜禽粪污为主）中重金属标准上限有明确规定。瑞典的《零富营养化》政策明确规定畜禽粪便只能在农作物生长季节施用且限制或禁止在水体附近施用。丹麦和德国政府支持和发展沼气技术，用于回收和循环使用畜禽粪便。荷兰 1989 年制定了畜禽养殖国家环境政策计划，要求从 3 个方面控制畜禽养殖业对环境的污染：在总量控制方面，禁止新建养殖场和现有养殖户随意扩大经营规模；在结构调整方面，使畜禽数量与区域内牧草种植面积及土地自净能力相匹配；在粪便排放处理方面，农场和公司需申请粪便排放许可，超标需缴纳粪便处理费，政府协助建立畜禽粪便交易市场，支持建立大型粪便处理厂。经过近 40 年的治理，荷兰的畜禽粪便得到了有效资源化利用，环境污染显著下降，同时农业依然保持突出的国际竞争力（张斌和金书秦，2020）。美国要求规模化养殖场遵守《综合养分管理计划（CNMP）》，申请排污许可证，对粪便储存、土地治理实践、养分管理等制定计划，以促进种养结合的主要肥料利用模式（De 和 Bezuglov，2006）。

4.4.4 水资源监测保护

全球大部分地区都面临水体污染压力，特别是农业集约化、人口密度高的地区。2000 年，欧盟出台《水框架指令》（*Water Framework Directive*），

主要针对农药、化肥和重金属的氮、磷和其他化学污染物，实现地下和地表水资源的全面监管，要求成员国制定流域规划，遵循接近地理和水文边界的治理，而非行政边界（Wiering 等，2020）。荷兰政府建立了浅层水、地下水监测体系，由水质监管倒逼农业投入监管，要求农业生产者建立详细的投入产出记录档案，建立了更为严格的农业资源投入标准和监管体系（张斌和金书秦，2020）。新西兰通过开发监管者（Superver®）软件测算营养素使用和农场盈利能力等参数，还促进社区协作以执行其淡水管理国家政策声明。另外，美国的《清洁水法》（*Clean Water Act*）对来自水产养殖的污染防控也发挥着基础作用。

4.4.5 农业可持续发展模式转型探索

各国还积极探索推动农业的可持续发展转型。欧盟共同农业政策 2003 年的改革，将农业补贴和产量脱钩，农户得到收入补贴的条件是达到食品安全、环境、动物健康和福利标准，并在 2013 年改革中提出，所有成员国必须将 30% 的直接支付用于绿色直接支付（European Commission，2021；Laborde 等，2020）。荷兰政府于 2011 年启动可持续发展议程，要求建立可持续的农业产业体系和食物供给体系，于 2016 年提出“循环经济 2050”计划，要求构建种植、园艺、畜牧和渔业产业间大循环体系，到 2050 年实现农业废弃物、食物消费等领域的 100% 循环利用^①。日本从 2000 年开始大力推进有机农产品、生态农户等认证制度，于 2006 年通过了《有机农业促进法》且明确了环保型农业、农产品的具体标准。从 2007 年开始，日本环保型生产方式的农户可以享受政府、农协银行的无息贷款、税收减免等政策，2011 年起环保型农户还可从中央政府获得直接的支付补贴。据日本政府统计，2000 年日本生态农户 5.1 万户，2011 年达 21 万户（付晓玫，2017）。美国 2002 年和 2008 年分别出台《农场安全与农村投资法案》和《食物、保护与能源法案》，通过实施生态保护补贴计划对有机农业和农业绿色发展进行补贴和支持（USDA，2002，2008）。特别指出，各国政府积极推动农业可持续集约利用，谋求产量、效率、环境等多赢目标，生物农业技术、保护性农业耕作、生态农业和有机农业等都可用以实现可持续增产高效的目标（Godfray 和 Garnett，2014）。

^① <https://www.netherlandsworldwide.nl/documents/publications/2018/11/19/agriculture-nature-and-food-valuable-and-connected>。

案例 4.2 自然保护与气候变化的全球协同

《全球自然保护协议》作为《巴黎气候协议》的伙伴，最初由研究人员于 2017 年提出，描述了维持一个宜居星球所需要的条件。该协议要求到 2030 年，对地球上有一半的陆地和海洋进行正式的保护和可持续性管理，也就是说保护活动必须齐头并进，努力使全球变暖限制在比工业化前水平高 1.5 摄氏度的范围内。

生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）第七次全体会议于 2019 年 5 月 4 日在法国巴黎落下帷幕，会议审议通过了生物多样性和生态系统服务全球评估报告。该评估结果也将为 2020 年后全球生物多样性框架的制定提供重要的科学依据，2021 年在中国昆明召开的《生物多样性公约》（CBD）第 15 次缔约方大会（COP15）将审议该框架，讨论未来 10 年的生态保护目标。

案例来源：《中国科学报》（2019-04-22 第 2 版国际）；中国生态环境部，http://www.mee.gov.cn/ywgz/zrstbh/swdyxbh/201909/t20190925_735472.shtml。

4.4.6 经验总结

全球各国治理农业面源污染和推进绿色转型的政策涉及和机制构建值得中国和其他发展中国家学习借鉴。其着力点可以总结为三点：转变农户行为、促进农业技术研发和采纳、生态农产品的市场培育。第一，各国通过法律法规、指标标准、政策规划、补贴收税等，直接影响农户生产行为或者通过改变农户投入品和生产的收益成本，从而影响农户决策。比如荷兰通过立法全面实施农药削减及禁、限用计划，规制和转变农户施药行为，美国对自愿参与到 BMPs 政策体系中的农场主给予一定的农业补贴等，从而改变其农业化学品投入的生产行为。第二，积极支持强化循环利用技术的推广和应用。比如美国对测土配方施肥技术、水肥一体化技术、有机肥替代化肥技术的推广，丹麦和德国政府对沼气技术的政策支持和补贴。第三，通过生态农产品认证、市场培育，引导形成市场对生态绿色农产品的溢价，从而对整个农业供应链形成持续的激励和动力。比如欧盟对有机生产、符合环保标准的农业耕作方式的农户的补贴制度，日本对有机农产品、生态农户等认证制度等。

4.5 加速农业食物系统绿色转型与面源污染治理的政策建议

“高投入、高产出”的农业生产方式不可持续，

给生态环境系统造成了沉重的负担，严重制约了农业食物系统的可持续发展，威胁到城乡居民食物营养健康保障。以长效预防和治理农业面源污染为抓手，推动农业生产方式向循环农业、再生农业以及农业—食物—生态大系统循环方向升级，对推进农业食物系统转型意义重大。

第一，以中国农业绿色发展指数为考核依据，强化农业生态环境监督和公众参与。中国农业绿色发展指标体系的涉及和绿色发展指数的构建为面源污染治理和决策者评价农业绿色发展政策效果提供了真实可靠的科学依据（中国农科院，2020）。同时，中国环境治理总体来自任务目标式的责任制体系，中央政府通过考核地方政府环境治理效益达到污染治理的目的，地方政府在经济增长和环境考核的双重压力下可能会陷入实施困境。在这个过程中，上级政府的考察和监管至关重要（Zhang 等，2018）。此外，还应重视来自社会组织、私人企业和社会公众的监督。推动环境信息公开，保障和发挥公众的环境知情权和监督权，使政府、企业之外的第三方组织在环境治理的过程中发挥引导民众监督的重要作用（Anderson 等，2019）。

第二，建立和完善生态补偿机制。目前，欧盟等国在生态服务付费方面进行了有益探索，特别是充分利用市场机制形成了一对一交易、公共补偿和产品生态认证等多类型的生态补偿制度框架。中国

在排污收费和生态补偿机制建设方面已经建立了相关法规，例如在浙江和安徽的跨省生态补偿试点建立了上下游财政转移支付安排（见案例 4.3）。但

还应借鉴国外经验，通过更广泛的利益相关者和经济行为者的直接参与，扩大资金来源并建立基于生态系统服务的生态补偿机制。

案例 4.3 安徽浙江跨省生态补偿，“对赌”保水

面源污染具有外部性，需要区域间协同治理。2012 年，财政部和环保部牵头，安徽省和浙江省共同推进新安江流域生态补偿机制实施，设立补偿基金，每年 5 亿元，其中，中央财政 3 亿元、皖浙两省各出资 1 亿元用于新安江治理。年度水质达到考核标准，下游的浙江省拨付给上游的安徽省 1 亿元，否则相反。这是中国首个跨省流域的生态补偿机制试点，首轮三年试点期间，新安江水质保持为优，浙江千岛湖营养化问题得到改善。2018 年安徽省、浙江省签署《关于新安江流域上下游横向生态补偿的协议》，完成第三轮试点续约，在货币化补偿的基础上探索更多元的补偿方式和上下游联防联控， “新安江模式” 转向常态化、长效化，并在全国六个流域、十个省份得到复制推广。

第三，充分利用市场，通过生态农产品认证和品牌打造，引导形成市场对生态绿色农产品的溢价，从而对整个农业供应链形成持续的激励和动力。政府应帮助克服生产者和消费者之间的信息不对称，

转变食品供应链，使其更多地由需求驱动。例如，浙江省丽水市探索打造区域公用农业品牌，调动市场力量，提高生态农产品溢价（见案例 4.4）。

案例 4.4 浙江丽水打造区域公用农业品牌，激活生态农产品价值

近年来，食品安全和生态环境问题频发，消费者对无污染、生态绿色农产品的需求不断提高。2014 年，浙江省丽水市发挥“九山半水半分田”的生态环境优势，整合景宁惠明茶、庆元香菇、遂昌菊米等本土生态精品农产品打造了中国首个地级市区域公用品牌——“丽水山耕”，覆盖粮食、食用菌、笋干、水干果、蔬菜、禽畜、油茶、渔业、中药等全区域、全品类、全产业链的农产品。在生产方面，“丽水山耕”开展农药化肥双控行动，对标欧盟标准，限用 105 种高毒高残留的农药化肥。在供应链方面，“丽水山耕”采取基地直供、检测准入、全程追溯，大力建设农产品质量安全追溯管理系统，由农、林、渔等部门负责监督企业生产流程和标准。消费者可通过扫描商品上的溯源二维码追溯产品源头和流向信息。在品牌运营方面，“丽水山耕”不仅拥有政府背书，还通过统一标准、统一运营、统一传播的方式吸引生产主体加盟，降低生产者进入市场的成本和风险，提升产品溢价空间。通过市场的引领，“丽水山耕”区域公用品牌成果显著，农产品远销北京、上海、深圳等 20 多个省市，截至 2018 年，已建立合作基地 1122 个，品牌销售额累计达到 135.2 亿元，产品平均溢价率超 30%。

第四，各地应积极通过其他途径获得资金支持绿色农业发展，大力探索绿色金融在农业领域的应用。例如，2020 年，河南省高质量绿色农业发展促进项目作为世界银行在我国的首个绿色发展基金获得了 3 亿

美元的长期优惠贷款。黄山市亚行贷款新安江流域生态保护和绿色发展项目利用亚行和德国复兴信贷银行贷款共计 1.4 亿欧元，建设了包括农村点源及非点源污染治理、绿色金融试点等项目（见案例 4.5）。

案例 4.5 安徽黄山积极探索多元化绿色金融，助推绿色发展

绿色金融是指为支持环境改善、应对气候变化和资源节约高效利用的经济活动，即对环保、节能、清洁能源、绿色交通、绿色建筑等领域的项目投融资、项目运营、风险管理等所提供的金融服务^①，在支持污染治理、乡村振兴方面发挥巨大作用。安徽省黄山市通过健全制度，完善绿色金融政策体系，引导金融机构积极探索多元化绿色融资模式。在新安江流域综合治理问题上，黄山市金融机构发行 6 亿元公司债、5 亿元短期融资券。引入国开证券设立 20 亿元新安江绿色发展基金，投向生态保护、绿色产业发展和文化旅游领域。2020 年争取亚行和德国复兴信贷银行的 9009 万欧元、5000 万欧元贷款，用于黄山新安江流域生态保护和绿色发展项目，提升新安江两岸生态经济效益。

第五，以技术进步为依托，建立支持农业绿色发展的科技创新和推广体系。一是，围绕科学高效施肥用药、秸秆和养殖废弃物循环利用、耕地重金属污染修复等关键技术，形成适合中国国情农情的农业清洁生产技术和农业面源污染防治技术模式与体系。二是，农业种质资源研发创新、农业种植技术、生产加工设备、农业机械装备、冷链物流网络、智能管理平台等相关技术要上下游互联互通，协同推进。三是，做好技术应用推广，加强农业面源污染防治技术推广服务力度。例如，中国农业大学国家绿色发展研究院开创的“科技小院”平台模式，将科研试点扎根农业生产一线，围绕实际问题开展科学研究与技术推广，探索未来农业可持续发展的路径。

参考文献

- [1] 柴世伟, 裴晓梅, 张亚雷, 等. 农业面源污染及其控制技术研究 [J]. 水土保持学报, 2006, (6): 192-195.
- [2] 付晓玫. 欧盟、美国及日本化肥减量政策及其适用性分析 [J]. 世界农业, 2017, (10): 80-86.
- [3] 郭鸿鹏, 徐北春, 刘春霞, 等. 农药化肥规制: 美国经验及启示 [J]. 国际, 2015, 43(21): 64-69.
- [4] 何浩然, 张林秀, 李强. 农民施肥行为及农业面源污染研究 [J]. 农业技术经济, 2006, (6): 2-10.
- [5] 李秀芬, 朱金兆, 顾晓君, 等. 农业面源污染现状与防治进展 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(4): 81-84.
- [6] 孙杰, 周力, 应瑞瑶. 精准农业技术扩散机制与政策研究——以测土配方施肥技术为例. 中国农村经济, 2019, (12): 65-84.
- [7] 徐志刚, 张骏逸, 吕开宇. 经营规模、地权期限与跨期农业技术采用——以秸秆直接还田为例 [J]. 中国农村经济, 2018, (3): 61-74.
- [8] 张斌, 金书秦. 荷兰农业绿色转型经验与政策启示 [J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(5): 1-7.
- [9] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [10] 中国农科院. 中国农业绿色发展报告 2019 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- [11] Anderson S E, Buntaine M T, Liu M, et al. Non-Governmental Monitoring of Local Governments Increases Compliance with Central Mandates: A National-Scale Field Experiment in China [J]. American Journal of Political Science, 2019, (2): 261-274.
- [12] De S, Bezuglov A. Data Model for A Decision Support in Comprehensive Nutrient Management in the United States [J]. Environ Model Software, 2006, (21): 852-867.
- [13] Development Research Center of the State Council, World Bank. China 2030: Building A Modern, Harmonious, and Creative Society [M]. New York: The World Bank, 2013.
- [14] Directive E. EU 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the Reduction of National Emissions of Certain Atmospheric Pollutants, Amending Directive 2003/35/EC and Repealing Directive 2001/81/EC [J]. Official Journal of the European Union 2016, (344): 1-31.
- [15] European commission. The common agricultural policy at a glance. 2021. https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_en [Accessed on March 1st, 2021]
- [16] Godfray H C, Garnett T. Food security and sustainable

^① 《关于构建绿色金融体系的指导意见》，中国人民银行等七部委，2016 年 8 月。

- intensification, *Phil. Trans. R. Soc.* 2014, B36920120273.
<http://doi.org/10.1098/rstb.2012.0273>
- [17] Khoshnevisan B, Duan N, Tsapekos P, et al. A Critical Review on Livestock Manure Biorefinery Technologies: Sustainability, Challenges, and Future Perspectives [J] . *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, (135): 110033.
 - [18] Laborde D, Mamun A, Martin W, et al. Modeling the Impacts of Agricultural Support Policies on Emissions from Agriculture [M] . New York: The World Bank, 2020.
 - [19] USDA. Public Law 107–171--Farm Security and Rural Investment Act of 2002, 2002.
 - [20] USDA. Public Law 110–246–Food, Conservation, and Energy Act of 2008.
 - [21] Wiering M, Boezeman D, Crabbé A. The Water Framework Directive and Agricultural Diuse Pollution: Fighting A Running Battle? [J] *Water*, 2020, (12): 1447.
 - [22] Yu Z, Yao L, Wu M. Farmers’ Attitude Towards the Policy of Remediation during Fallow in Soil Fertility Declining and Heavy Metal Polluted Area of China [J] . *Land Use Policy*, 2020, (97).
 - [23] Zhang B, Chen X, Guo H. Does Central Supervision Enhance Local Environmental Enforcement? Quasi-experimental Evidence from China [J] . *Journal of Public Economics*, 2018, 164(2018): 70–90.
 - [24] Zhou L, Zhang F, Zhou S. and Turvey C. G. The Peer Effect of Training on Farmers’ Pesticides Application: A Spatial Econometric Approach [J] . *China Agricultural Economic Review*, 2016, 12(3): 481–505.

电子商务助推农业食物系统转型： 中国经验

郭红东^{1,2} 白军飞^{3,4} 刘晔虹^{1,2} 王晶晶^{3,4} 曲江^{1,2}

1. 浙江大学中国农村发展研究院

2. 浙江大学公共管理学院

3. 中国农业大学全球食物经济与政策研究院

4. 中国农业大学经济管理学院



主要发现

■ 电子商务的发展有力地助推了中国小农户与大市场的连接，成为了小农户分享中国快速增长的需求大市场的重要途径，将有助于促进以安全、营养、可持续、有韧性的中国新型农业食物系统的转型。

■ 电子商务通过降低信息和交易成本，推动小农进入全球价值链，帮助小农更好地进入市场。

■ 物流和通信基础设施、对小农具有包容性的数字商业平台以及新农人是发展农村电子商务的前提条件。

■ 农村电子商务发展需要构建一个由网商、政府、服务商或公共服务主体共同组成的、适合小农发展的电商生态系统。网商是电商发展的主力，负责整体的网络市场运作；政府是电商发展的助力，负责道路、通信等基础设施建设，营造发展氛围，政策引导和统筹协调；服务商则提供代运营、网商孵化、人才培育、资源整合、园区运营等一系列电子商务公共服务。

■ 电子商务也可能将无法参与数字经济或缺乏所需技能的小农排除在市场之外，因此，需要警惕农产品电子商务发展中“数字鸿沟”带来的地域间与小农户内部分化问题。

政策建议

■ 打造适合小农发展的电商生态系统：拓展并完善基础设施，包括信息和通信基础设施以及其他设施；提高小农有效使用互联网的能力；支持包容性的数字商业平台的发展；发挥电子商务公共服务商的作用。

■ 着力培养具有电商思路和技能的新农人，助力其对小农接入电商的带动和示范作用。

■ 理顺利益分配机制，保障和增强小农参与电子商务的收益能力。

■ 更加关注农产品电商发展中的弱势群体，多方面创造条件，提升其参与电商发展的意识、机会和获利能力。



5.1 引言

如何实现小农户与大市场的衔接是许多以小农户为主体的发展中国家面临的一大难题。一方面，在绝大多数发展中国家，由于农户规模较小和市场发育不完善，农户在进入市场时往往面临许多挑战（Markelova 等，2009；Poulton 等，2010；Ma 和 Wang，2020），这包括低效的生产、新技术和新理念采纳的迟缓、高昂的交易成本等，这些都限制了小规模农户的产品交易半径和市场获益能力，进而制约其经济可持续增长与福利改善。另一方面，作为发展中国家农业食物系统的源头主体，小农户在其中扮演着极其重要的作用，其可持续增长能力几乎决定着发展中国家农业食物系统的总体水平，影响着食物生产能力、营养保障可持续性和农业食物系统的韧性。

电子商务的出现和应用为构建有能力的、可持续的、有韧性的农业食物系统提供了可能。电子商务在发展中国家的出现和发展使农户可以通过互联网销售产品，这帮助小农户跳过中间商直接对接消费者，将营销环节和售后服务内部化，既减少了流通环节，又促进了信息收集、以销定产以及农户与消费者之间的互动。这使发展中国家小农户可以突破传统市场发育不完善的限制，成为他们获得国内和国际市场准入的一个新途径（Jamaluddin，2013；Li 等，2020；Ma 等，2020；Okoli 等，2010；Rahayu 和

Day，2017；Yu 和 Cui，2019）。

有着 6 亿农村人口的中国，近年来的农村电商发展尤为举世瞩目。这很大程度上得益于中国农村道路和网络基础设施日益完善、互联网普及率和网民规模快速增长、物流配送体系不断往农村地区蔓延辐射、第三方电子商务平台的兴起以及中国巨大的、快速增长的农产品需求市场。本章通过梳理中国农村电子商务发展的现状、模式，分析发展经验和挑战，试图为未来中国和诸多有类似国情的发展中国家更好地利用电子商务连接小农户与大市场，进而助推农业食物系统转型提供借鉴。

5.2 中国农村电子商务发展背景与现状

根据第三次中国农业普查数据，中国目前有 2.3 亿户经营农户，经营耕地 10 亩以下的农户有 2.1 亿户，意味着小农户依旧是中国农业经营中的绝对主体。农产品电子商务是农业生产、流通和消费与现代互联网信息技术结合而产生的一种新兴业态，是促进小农户与现代农业有机衔接的重要手段。中国政府高度重视发挥农村电子商务的重要作用，自 2014 年以来，陆续出台了许多政策，鼓励和支持农村电子商务特别是农产品电子商务发展。2019 年 2 月，中共中央办公厅、国务院办公厅专门印发了《关于促进小农户和现代农业发展有机衔接的意见》。

自 2014 年以来，中国农村电子商务迎来了蓬勃迅猛的发展势头。2014 年到 2019 年，农村网络零售额由 1800 亿元猛增至 17000 亿元，增长了 9.4 倍。2019 年，中国农村电商有近 1300 万家，县域电商零售额达 30961.6 亿元，同比增长 23.5%；其中，全国贫困县网络零售额达 1489.9 亿元，同比增长 18.5%，2019 年中国农产品的网络零售交易达到 3975 亿元，同比增长 22%^①。尽管至今没有权威统计数据显示参与网络农产品销售的农户数量，但来自中国一家著名的电商平台“拼多多”的数据显示，仅 2019 年，通过该平台的农副产品成交额达 1364 亿元，活跃买家 2.4 亿人。参与电商的农产品种类十分丰富，从特色的地方产品（如大闸蟹、杂粮等）到大宗农产品（如果蔬、茶叶、谷物、乳制品、食用油等）^②。

5.3 中国小农户参与电子商务的途径与主要模式

互联网技术提供了一个实现产销主体跨地域直接对话且高度集聚的虚拟平台，这使传统模式中联结产销两端的中间商地位受到巨大冲击。在互联网平台和现代物流产业的支持下，部分农户可以实现与消费者之间的直接交易，部分农户则在合作组织的基础上利用互联网对接消费者，还有农户或合作

组织通过与电商企业（包括平台企业和运营服务商）合作的方式实现间接利用互联网对接消费者。电子商务的发展，改变了传统农产品流通体系，新流通体系有着明显差异（见图 5-1）。

根据农户在电子商务背景下参与电商角色与参与程度不同，电子商务助推小农户对接大市场模式主要分为如下几种模式。

第一，农户依托电商平台自主经营模式（见案例 5.1）。近年来，在中国的农村地区，一些农户以家庭经营的形式在第三方电子商务平台上开设网店实现与消费者的直接联系，农户便可以借助互联网成功绕开中间商直接销售给外地消费者。这种模式主要出现在具有特色农业产业、基础设施和物流配套便利、农户创新创业氛围活跃的地区。第三方电商平台集聚了大量的消费者，这对电商农户而言，既带来了机遇，也带来了挑战。电商农户如果经营成功，不仅可以解决自身的农产品“卖难”问题，赚取比传统模式更高的利润，还有机会在网络市场上塑造属于自己的品牌，并从其他农户手中收购更多的农产品，成为网络销售大户，实现大幅增收。另外，网络市场竞争充分，网店数量众多，同质化竞争和价格战十分激烈，这对电商农户的经营能力提出很高的要求。随着时间的推移，在网店装修、用户引流、图片美工、推广促销等方面的投入费用也会越来越多。

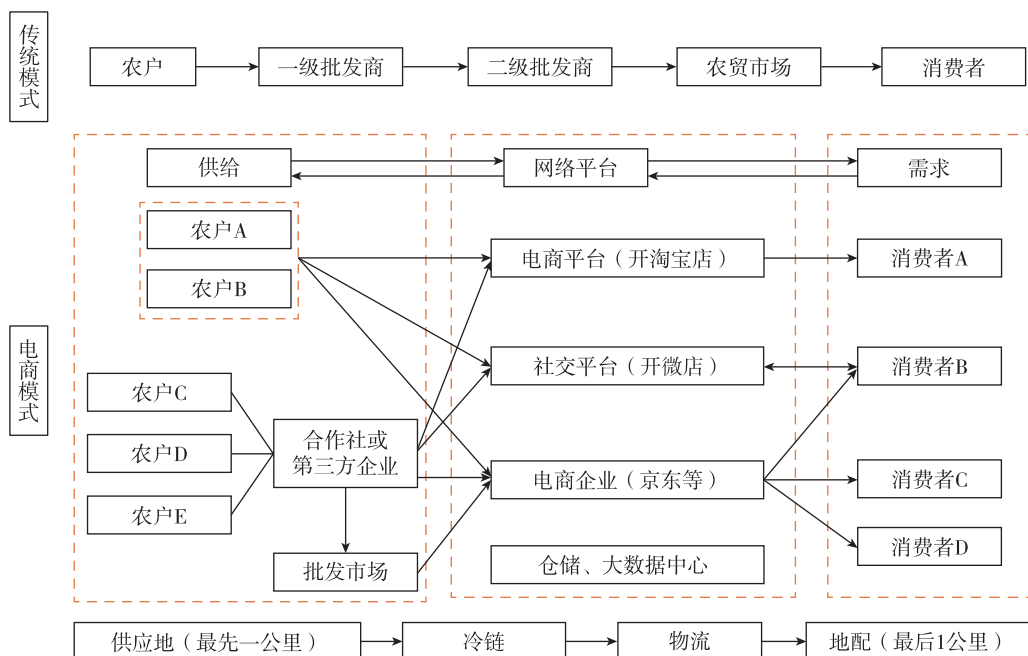


图 5-1 电子商务背景下农产品流通体系

① 数据来源：《中国电子商务发展报告 2019》，商务部电子商务与信息司出版，2020 年。

② 数据来源：《2019 年中国电商兴农发展报告》，商务部国际贸易经济合作研究院课题组，2019 年 12 月。

案例 5.1 农产品淘宝村：白牛村

白牛村是中国浙江省的一个村庄，传统产业是山核桃种植、加工与贩卖，现有山核桃基地 1600 亩。其所在的临安市有 500 年的山核桃栽培历史，是全国最大的山核桃产区，素有“中国山核桃之乡”的美誉。2007 年，个别返乡青年开始尝试在淘宝网上开店销售本地的山核桃，取得了很好的效果，产生示范效应并带动越来越多的村民参与电商创业。农村电子商务突破了传统的农产品销售的区域限制和市场范围，扩大了产品的销售半径，有效解决了农产品从农村到城市的上行问题。2020 年，电商销售额增长到 4.7 亿元，农村村居民人均纯收入达到 39020 元。

第二，农户依托社交平台自主经营模式（见案例 5.2）。除了借助电商平台的自主经营模式以外，在中国的农村地区，一些农户还通过在微信、微博、抖音等网络社交媒体上展示生产过程和产品信息，增强与消费者的直接联系。这种基于移动互联网的空间，借助于社交软件为工具，以人为中心，以社交关系为纽带的新商业，被称为“微商”。与电商平台相比，社交平台的进入门槛更低，操作更加简单，产销双方之间的互动更加灵活和丰富，并且不需要投入电商平台的网店装修和推广费用。农户通过微信和微博在朋友圈、粉丝群把产品的实时动态分享给用户好友，提升他们的信任度与黏性。基于社交平台，农户还有机会将

线上顾客转化延伸到线下农家乐和农产品采摘体验中来，或者开展私人定制农业（例如果树认养）的新商业模式。这种依托社交平台自主经营的模式需要具备一定的条件，除了产品质量好、物流条件便利以外，还要求经营者的熟人关系圈子广，并掌握良好的传播技巧，例如，在最佳的时间点图文并茂或利用小视频在朋友圈展示产品；否则，即便使用了社交平台，农户的销售规模也很有限。有的地区有丰富的乡村旅游资源，拥有较大的来访客流量，农户利用网络社交媒体与旅客建立联系，而旅客在旅游的过程中加深了对当地农业的了解和体验，形成感知和信任，这些为农户日后开展社群营销创造了条件。

案例 5.2 江苏沭阳农民网上卖花

江苏沭阳是中国花木之乡，从 2001 年开始，农户开始用黄页、贴吧等形式推销花木，2007 年，开始使用淘宝、天猫、1688 等电商平台进行线上营销，沭阳县的花木农户始终展现出敢为人先、勇于探索的创业创新精神。这种宝贵的创业创新精神，使沭阳在互联网发展的潮流中能够占据先机、引领前沿。2019 年，沭阳全县网店数量达到 4 万余家，电商交易额高达 336 亿元，全县快递发货总量达到 2.91 亿件，平均每天超过 79 万件，1 秒钟就有 9.2 件沭阳的包裹发往全国各地。此外，在全县 4 万余家电商中，其中，约有 80% 的电商从事花卉苗木的销售，花木类目从籽种、树苗、鲜花，到干花、盆景、乔木、家庭绿植；从花盆、肥料、铁锹，到遮阳网、洒水壶、保鲜膜。经营平台逐渐丰富，包括从淘宝、京东到 1688、拼多多等各类电商平台和微信、抖音、快手等各个社交平台。全县电商直接创业和带动间接就业人员总数达 28 万人，全县上下形成了浓厚热烈的创新创业氛围和生动丰富的创新创业局面。

第三，农户与电商企业合作经营模式（见案例 5.3）。在中国的农村地区，还有些农户以家庭或专业合作社为单位，通过与电商平台企业或运营服务商建立供货的合作关系实现间接利用互联网对接市场，同样能分享到一定程度的数字红利。这种模式适合于能够生产较大规模的优质农产品，但尚不具备直接利用互联网对接市场的意识、条件和能力的农户和合作组织。合作的电商企业发挥自身专业优势，通过互联网平台信息采集、大数据分析、行业研判以后，形成以消费者需求为导向的精准信息流传递到生产端，引导供货给自己的农户和合作组织开展相应的标准化生产、严格的品控流程和统一规范的产品包装。在这种模式中，农户和合作组织虽

然没有属于自己的互联网渠道直接销售产品给消费者，但是在第三方合作者的引导下，不仅规避了盲目生产而且还提升了综合生产能力，因而同样获益不少。然而，农户或合作组织与第三方合作者属于不同的利益主体，双方之间会面临履约不确定性和谈判力量不对等的问题。从一些地方的实践来看，这种模式也可能会起到一种过渡的作用，为后期部分农户和合作组织直接利用互联网对接市场打下基础。农户和合作组织在与第三方合作的过程中不仅优化了生产，提升了产品质量和知名度，而且逐渐形成互联网思维；随着所在地支撑电子商务发展的配套条件不断成熟，其中的一些农户和合作组织可能会尝试自己直接利用互联网对接市场。

案例 5.3 以销定产：宋小菜

宋小菜是目前中国最大的蔬菜 B2B 垂直电商平台，它通过以销定产反向供应链的订单模式，为下游农贸市场的菜贩和生鲜店等中小零售商提供采货配送和售后服务，同时也为上游服务产地的生产组织者（如农户）提供持续的订单并指导其生产。经过 6 年的运营，宋小菜上游已覆盖山东、云南、甘肃、内蒙古等十大蔬菜核心产区，下游触达北京、上海、广州、武汉、杭州等 45 座消费城市，公司业务逐渐从 B2B 电商撮合拓展到物流、仓储、加工、数据、金融等供应链相关服务。农户通过宋小菜需求端和生产端信息的打通和平台的直接连接，蔬菜产品不再需要像传统的方式经过多次流通和装卸，而是可以通过宋小菜的第三方干线物流直接从产地集贸市场或蔬菜基地运输到菜贩子的手上，大幅减少了蔬菜流通中的库存费、市场交易费、中介费、人力费、运输费等流通成本，并有效降低了蔬菜的损耗率。在宋小菜的数字供应链模式下，宋小菜可以将其蔬菜供应的损耗率控制在 0.2% 以下，而目前行业平均的损耗在 10%–40%，可见数字供应链在提高蔬菜供应效益时的显著优势。

目前，农户利用电子商务对接市场的三种主要组织模式的基本特征如表 5-1 所示。从准入门槛的角度来看，农户或合作组织依托电商平台和社交平台自主经营的准入门槛较低，这得益于一些具有包

容性创新特点的网络社交媒体和电子商务平台不断被开发出来，为农户对接广阔的外部市场提供了机会和便利。

表 5-1 电子商务助推小农户与大市场连接主要模式比较

组织模式	准入门槛	农户利益	线上竞争压力	适用农户范围	实现显著增收的难度
农户依托电商平台自主经营	低	大	大	小	大
农户依托社交平台自主经营	低	大	小	大	大
与电商企业合作	高	中	无	小	中

从农户利益的角度来看，农户以家庭或合作组织为单位依托电商平台和社交平台自主经营的组织模式能够获得最大程度的数字红利。在农户或合作组织与电商企业合作的组织模式中，农户或合作组织并没有自主利用互联网对接消费者，他们只是供货给电商企业，间接分享到一些数字红利，但农户或合作组织与第三方合作者属于不同的利益主体，双方之间同样会面临履约不确定性和谈判力量不对等的问题。

从线上竞争压力的角度来看，农户依托电商平台自主经营面临的竞争压力最大，农户依托社交平台自主经营面临的竞争压力较小。一方面，农户无需投入网店装修和推广费用；另一方面，熟人关系圈子是属于每个农户自己的，具有专用性和绝缘性；在农户或合作组织与电商企业合作的组织模式中，农户或合作组织只需专注于线下生产环节，完成供货、线上的竞争压力完全由电商企业承担。

从适用农户范围的角度来看，农户依托电商平台自主经营虽然准入门槛低，经营成功的难度较大，需要投入和面临的风险较大，绝大多数农户并不适合采用该模式。从目前的实践来看，这种模式主要出

现在具有特色农业产业、基础设施和物流配套方便、农户创新创业氛围活跃的地区。农户依托社交平台自主经营的模式不仅准入门槛低、操作简单，而且无需资金投入，因而适用于多数农户。农户或合作组织与电商企业合作的组织模式则仅适用于少数规模化农户。

从实现显著增收的难度来看，农户无论是依托电商平台还是社交平台实现显著增收的难度都是很大的。虽然依托社交平台的经营模式适用于多数农户，但是由于多数农户的非同行关系圈子并不大，他们依托社交平台实现直销的产品比例往往很低，只能充当传统销售渠道的一种辅助或补充手段，增收效果并不显著。相比较而言，农户或合作组织与电商企业合作的组织模式实现显著增收的难度有所下降，前者得益于规模经济效益的发挥以及“集中资源办事情”的优势，后者得益于在与电商企业的合作过程中生产能力的提升和产品销路的拓展。

5.4 电子商务助推小农发展的机理

电子商务能够促进小农更好地接入大市场的作用途径与机理如图 5-2 所示。

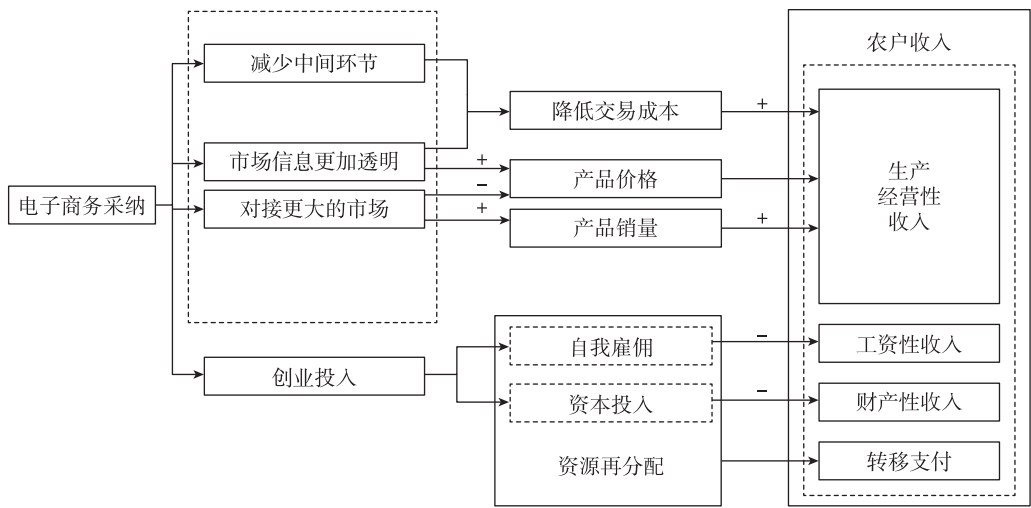


图 5-2 电子商务助推小农发展的影响路径

第一条影响途径与交易成本相关。通过采纳电子商务，农户可以通过网店将产品直接销售给消费者，减少了中间交易环节。由于单位交易成本对于小农户而言在几乎所有的交易环节中都比较

高(Poulton 等, 2010)，通过互联网销售产品，减少部分或全部的中间环节，可以降低农户的交易成本，

从而农户在销售等量的产品时能够获得更高的收益，从而提高农户收入。第二条影响途径是与交易信息有关。通过电商采纳可以帮助农户在一定程度上减少价格和技术上的信息不对称。透明的市场信息将减少套利机会，从而提高市场效率。从农户的角度来看，电子商务

对价格的影响效应没有定论。一方面，由于降低了来自中间环节对价格的挤压和市场信息不对称，电子商务的采用使农户能够以比以前更高的价格销售他们的产品 (Zeng 等, 2017); 另一方面，由于竞争加剧，市场整合可能会降低产品价格 (Tang 和 Zhu, 2020)。

第三条与市场规模有关。采用电子商务可以使农户能够将其产品销售给更广泛的客户群体，这也许是电子商务促进农户福利增长最重要的途径。Tang 和 Zhu (2020) 认为，电子商务为农户在全国范围内销售当地产品提供了机会。同样，Yu 和 Cui (2019) 认为，电子商务的采纳帮助农户扩大市场，农户能够接触到大量在没有电子商务的情况下无法接触到的客户。因此，电子商务使农户能够抓住机会生产并销售更多适合网上销售的产品。

5.5 电子商务助推小农发展的实证研究

大量的实践证据显示，电子商务能提高小农收入，成为促进农村发展和减贫的重要手段 (Qi 等, 2019; Yu 和 Cui, 2019; Zeng 等, 2017)。中国家庭金融调查发布的农村网商发展报告显示，村庄网商密度与家庭收入成正比。在家庭特征类似的条件下，网商可提高家庭收入 2.05 万元，提高家庭财富 21.3 万元（与无网商家庭比）。曾亿武等（2018）利用江苏省沭阳县 1009 个花木农户的调查数据，研究发现，电子商务采纳能够对农户农业收入产生显著的促进作用，利润率和销量的提升构成增收效应的来源机制。Li 等（2021）利用中国山东省、江苏省和浙江省调查的农户数据，进一步发现，农村电子商务的采纳会使得农户生产经营性收入大幅增长，财产性收入小幅增长，工资性收入小幅减少，转移支付没有显著变化。尤其是对于贫困地区，农村电商在精准扶贫中起到了重要作用，已成为脱贫的重要手段。林海英等（2020）基于内蒙古贫困户的微观调研数据发现，参与电子商务对贫困户家庭收入具有明显促进作用，在其他条件不变情况下，贫困户参与网络销售能够对贫困户家庭收入增加 27.22%。

也有一些研究表明，农产品电子商务可能会产生“数字鸿沟”效应，并在不同区域和家庭特征等方面存在显著差异。Li 等（2021）研究结果表明，相对贫困的县（相对于较为富裕的区县）和相对贫

困的农户（相较于富裕农户），采纳农村电子商务对农户收入的影响更大。户主越年轻，受教育程度越高，家庭规模越小，初始收入越少，耕地越多的家庭，通过电子商务获得的收益越高。导致出现“数字鸿沟”的原因是多方面的。地区经济发展不平衡是导致“数字鸿沟”的根本原因，因为这决定了信息基础设施建设在不同地区的推进速度（胡鞍钢和周绍杰，2002），导致不同地区的群体对数字技术的采纳存在时间差（张伦和祝建华，2013）。同时，地区差异还体现在居民受教育水平上，因为这直接决定了农户信息利用的能力。通常能力越强的人从数字经济中的获益更多（Clark 和 Gorski, 2002; Mills 和 Whitacre, 2003）。刘晓倩和韩青（2018）、曾亿武等（2018）把造成“数字鸿沟”的原因概括为包括物质资本、人力资本、社会资本在内的资本禀赋差异上。

5.6 中国电子商务助推小农发展经验

国家政策推动。近几十年来中国电子商务的快速发展离不开中国政府的政策支持。2005 年，国务院办公厅印发《关于加快发展电子商务的意见》，将电子商务合法化为促进中国经济增长的国家战略。此外，还通过了新的立法来规范和确保互联网电子商务的安全。国家陆续出台政策措施，加快电子商务向农村渗透。自 2014 年以来，中共中央一号文件连续六年强调了推进农村电子商务的重要性。地方各级政府也制定了相关的政策和法规，支持和促进农村电子商务的发展。迄今为止，中国商务部已经支持全国 1016 个县（其中 737 个是国家级贫困县）作为电子商务进农村综合示范县，给予了资金和政策扶持。各地方政府利用专项资金开展了电子商务相关人才培养，创办了各具特色的电商产业园。同时，中国电子商务的快速发展也离不开中国对农村电商发展基础设施的投入。自 2015 年 12 月工信部启动电信普遍服务试点工作以来，中国行政村通光纤比例已从电信普遍服务试点前的不到 70% 提升至 96%。截至 2019 年 6 月底，中国行政村通光纤和通 4G 比例均超过 98%，农村网民规模达到 2.25 亿，占整体网民的 26.3%^①。同时，乡村物流设施覆盖率有较大幅度提高。截至 2019 年，全国 55.6 万个村直接通邮，农村地区快递网点超过

^① 数据来源：第 44 次中国互联网络发展状况统计报告，中国互联网络信息中心。

3万个，公共取送点达到6.3万个，乡镇快递网点覆盖率达96.6%，2019年农村地区收投递超过150亿件^①。互联网基础设施的完善，城乡总体差距缩小，成为农产品电子商务发展的重要基础。

电商平台拉动。除了农户主动学习利用互联网开展农产品营销以外，中国一些平台企业也积极加快布局农村市场，通过建立电子商务服务站的形式帮助当地的农户将农产品顺利销往大都市。例如，阿里巴巴集团于2014年10月发布了“千县万村”计划，提出将在3-5年投资100亿元，建立1000个县级运营中心和1万个村级服务站，构筑“县一村”两级的农村电子商务服务体系，一方面打通“消费品下乡”的信息流和物流通道，另一方面探索“农产品上行”渠道，最终形成面向农民的电商生态服务中心。京东、苏宁、中国邮政等企业也陆续实施了类似的计划。在过去的几年间，中国各类涉农电商平台发展很快。目前中国有各类涉农电商平台总计达30000多个，其中农产品电商平台有3000多个^②。农村电商平台种类不断丰富，农村电商形态也在不断演变。中国农产品电商形成了B2B、B2C、C2B、O2O等多种模式，涵盖了综合性电商、社交电商、生鲜电商、农资电商、大宗农产品电商以及各种物流配送供应链，并拥有各种提供金融和信息技术支持的服务类电商，农产品电商生态体系已基本形成。电商平台的发展为小农户参与市场提供了丰富的机会。

新农人带动。伴随着相关政策的支持、市场的不断成熟、相关配套措施的跟进和电子信息技术的发展，农村电商对乡村就业以及人才的吸引力显著提高。一大批大中专毕业生、中小企业主、农民工、留学归国人员等各类人员到农村从事电商创业，涌现出了一批既懂电商、也懂农产品，同时思路开阔、勇于创新、营销灵活、能对接分散小农户的新农人，带动中国务农群体劳动力结构发生了巨大变化。截至2018年，各类返乡下乡创新创业人员累计达780万人，主要分布在电子商务、休闲农业和乡村旅游等领域。2017年，农村电商网店数已达985万家，从业人员达到2800万人。从创业载体来看，返乡创业人员主要分布在遍布全国的近50万个农村电商基层站点以及拼多多、淘宝等大型电商平台。

2018年，全国淘宝村和淘宝镇网店，带动就业机会超过683万个，还有大量新农人活跃在微信和本来生活、京东等其他3000多个电商平台上^③。人才回流乡村也为农村电商的发展注入了全新的发展力量，直接推动了农村电子商务的发展。

5.7 结论与政策启示

电子商务有助于小农发展。中国的实践表明，电子商务作为信息沟通技术的一项重要应用，能够帮助农户跳过中间商直接对接消费者，实现将营销环节和售后服务内部化，既减少了流通环节，又促进信息收集、以销定产以及农户与消费者之间的互动。电子商务采纳可以给农户农业收入带来显著正向影响，利润率和销量的提升构成增收效应的来源机制。电子商务的采用有助于贫困地区的农民更好地进入更大的市场，年轻农民更有可能采用电子商务，女性农民在采用过程中没有受到歧视。中国农村电子商务的成功实践表明，电子商务是发展中国家小农户对抗贫困、改善市场准入和促进就业机会的有效途径，广大发展中国家要充分发挥电子商务在助推小农户发展中的作用。

电子商务发展需要构建有利于小农发展电商生态系统。中国实践表明，农村电子商务发展需要构建一个适合小农户发展的电商生态系统。这个农村电商生态体系由网商、政府、服务商或公共服务主体这三个重要角色组成。网商是电商发展的主力，负责整体的网络市场运作，政府是电商发展的助力，负责道路、通信等基础设施建设，营造发展氛围，政策引导和统筹协调，服务商则提供代运营、网商孵化、人才培育、资源整合、园区运营等一系列电子商务公共服务。除了这三个重要角色之外，金融机构、网商协会、人才培训机构、物流快递行业、电商平台以及其他第三方服务商，是整个生态体系中不可缺少的部分。三个重要角色间高效互动、相辅相成并与相应的环境之间相互促进，形成的友好集约性的电商生态环境，既降低了整个行业的运营成本，又能带来友好的合作创新氛围，是农村电子商务能够健康可持续发展的关键。

电子商务会带来小农分化，需要警惕“数字鸿沟”。中国实践表明，农户对于数字红利的分享不

① 数据来源：《中国电子商务发展报告2019》，商务部电子商务与信息化司出版，2020年。

② 数据来源：洪涛. 2019中国农产品电商上半年分析报告. <http://www.100ec.cn/index/detail-6518526.html>。

③ 数据来源：《2019中国电商兴农报告》，商务部国际贸易经济合作研究院课题组。

会是同质、等量的状态，由于农户物质资本、人力资本和社会资本在内的资本禀赋状况不同，电子商务采用对家庭收入影响的具有异质性，电子商务也会加剧农户内部的收入不平等程度。研究发现，户主年龄较轻、受教育程度较高、户型规模较小、初始收入较低、耕地较多的家庭，其电子商务使用带来的红利较高。因此，受过良好教育的年轻农民更容易采用电子商务并从电子商务的采用中获益。作为政府来说，除了要支持受过良好教育的年轻农民从事电子商务外，还要关注那些受教育程度较低和年龄较大的农民，给他们提供培训和其他支持也非常重要，提高他们的电子商务素养和能力，让更多的农户从农村电子商务中受益。为应对“数字鸿沟”的挑战，政府要通过改善信息基础设施（如修建基站、提速降费等）减低农户接入互联网的成本，从而让更多农户有机会使用互联网等数字化技术。随着农村信息化的大力建设和普及，信息接入的“沟壑”逐渐被填平，跨越“数字鸿沟”重心从解决信息的“可接入”问题转化为农户能否“有效利用”问题（许竹青等，2013）。这就要着力培养具有电商思路和技能的新农人，助力其对小农户接入电商的带动和示范作用。要理顺利益分配机制，保障和增强小农户参与电子商务的收益能力。要更加关注农产品电商发展中的弱势群体，多方面创造条件，提升其参与电商发展的意识、机会和获利能力。

5.8 研究展望

虽然中国电子商务正在快速增长，但由于农产品一般体积较大、单位价格较低、物流对冷链的要求高，生鲜农产品电子商务发展还是比较缓慢，相关农户参与比例也不高，如何发展生鲜农产品电商仍然是一个值得研究的大问题。另外，小农户参与电子商务途径与模式多样，非常有必要研究影响小农户参与模式选择的因素以及不同模式选择对农户生产、收入、消费等方面的影响，为小农户发展提供适合的发展模式。最后，需要研究电商平台垄断对小农发展带来的影响以及如何打造有利于小农发展的电商生态系统等问题。

参考文献

- [1] Clark, C. and P. Gorski. Multicultural Education and the Digital Divide: Focus on Socioeconomic Class Background [J]. *Multicultural Perspectives*, 2002, 4(3): 25-36.
- [2] Jamaluddin, N. Adoption of E-commerce Practices among the Indian Farmers, a Survey of Trichy District in the State of Tamilnadu [J]. *India. Procedia Econ. Financ.*, 2013, (7): 140-149.
- [3] Li, X., Guo, H. D., Jin, S. Q., Ma, W., Do Farmers Gain Internet Dividends from E-commerce Adoption? Evidence from China [J]. *Food Policy*, 2021, (10): 20-24.
- [4] Li, B., Yin, Z., Ding, J., Xu, S., Zhang, B., Ma, Y., Zhang, L.. Key Influencing Factors of Consumers' Vegetable E-commerce Adoption Willingness, Behavior, and Willingness-behavior Consistency in Beijing, China. *Br. Food J.* 2020.
- [5] Ma, W., Zhou, X., and Liu, M. What Drives Farmers' Willingness to Adopt E-commerce in Rural China? The role of internet use [J]. *Agribusiness: An International Journal*, 2020, (36): 159-163.
- [6] Ma, W., Wang, X.. Internet Use, Sustainable Agricultural Practices and Rural Incomes: Evidence from China [J]. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.*, 2020, (2): 1467-8489.
- [7] Markelova, H., Meinzen-Dick, R., Hellin, J., Dohrn, S.. Collective Action for Smallholder Market Access [J]. *Food Policy*, 2009, 34(1): 1-7.
- [8] Mills, B.F., B.E. Whitacre, Understanding the Non-Metropolitan-Metropolitan Digital Divide [J]. *Growth & Change*, 2003, 34(2): 219-243.
- [9] Okoli, C., Mbarika, V. W. A., McCoy, S.. The Effects of Infrastructure and Policy on E-business in Latin America and Sub-Saharan Africa [J]. *Eur. J. Inf. Syst.*, 2010, 19 (1), 5-20.
- [10] Poulton, C., Dorward, A., Kydd, J. The Future of Small Farms: New Directions For services, Institutions, and Intermediation [J]. *World Dev.*, 2010, 38 (10): 1413-1428.
- [11] Qi, J., Zheng, X., Cao, P., Zhu, L.. The Effect of E-commerce Agribusiness Clusters on Farmers' Migration Decisions in China [J]. *Agribusiness*, 2019, 35 (1): 20-35.
- [12] Tang, W., Zhu, J., 2020. Informality and Rural industry: Rethinking the Impacts of E-Commerce on Rural Development in China [J]. *Rural Stud.*, 2020, (75): 20-29.
- [13] Yu, H., Cui, L.. China's E-Commerce: Empowering Rural Women? [J]. *China Q.*, 2019, (238): 418-437.
- [14] Zeng, Y., Jia, F., Wan, L., Guo, H.. E-commerce in Agri-food Sector: A Systematic Literature Review [J]. *Food Agribus. Manag. Rev.*, 2017, 20 (4): 439-460.
- [15] 胡鞍钢, 周绍杰. 中国如何应对日益扩大的“数字鸿沟” [J]. *中国工业经济*, 2002, (3): 5-12.
- [16] 林海英, 侯淑霞, 赵元凤, 李文龙, 郭红东. 农村电子商务能够促进贫困户稳定脱贫吗——来自内蒙古的调查 [J]. *农业技术经济*, 2020, (12): 81-92.
- [17] 刘晓倩, 韩青. 农村居民互联网使用对收入的影响及其

- 机理——基于中国家庭追踪调查 (CFPS) 数据 [J].
农业技术经济, 2018, (9): 123-134.
- [18] 曾亿武, 郭红东, 金松青. 电子商务有益于农民增收吗? 来自江苏沭阳的证据 [J]. 中国农村经济, 2018, (2): 49-64.
- [19] 张伦, 祝建华. 瓶颈效应还是马太效应?——数字鸿沟指数演化的跨国比较分析 [J]. 科学与社会, 2013, 3(3): 106-120.
- [20] 许竹青, 郑风田, 陈洁. “数字鸿沟”还是“信息红利”? 信息的有效供给与农民的销售价格——一个微观角度的实证研究 [J]. 经济学 (季刊), 2013, 12(4): 1513-1536.

农业食物系统中的中国农产品贸易：变革、挑战与展望

李天祥^{1,2} 茅 锐³ 林发勤^{4,5} 朱 晶^{1,2}

1. 南京农业大学国际食品与农业经济研究中心
2. 南京农业大学经济管理学院
3. 浙江大学中国农村发展研究院
4. 中国农业大学全球食物经济与政策研究院
5. 中国农业大学经济管理学院

主要发现

■ 作为农业食物系统的重要组成部分，中国农产品贸易在“入世”20年来格局剧变。中国已经由农业贸易顺差国转变为全球最大的逆差国，且大宗农产品全面净进口的趋势难以阻挡。农产品贸易在补充国内供应、优化资源配置等方面的作用日益凸显。

■ 农产品进出口格局的转变也带来了一系列新的挑战 and 压力，突出表现在：大宗农产品进口依赖性升高、传统优势出口产品竞争力衰减、外部环境不确定性和风险性有增无减等。

■ 新冠疫情给全球农业食物系统与农产品贸易带来重大考验，特别是疫情所引发的贸易保护主义抬头、贸易限制措施增加、农产品价格上升与波动加剧等，都极大地增添了全球农产品市场与贸易前景的不确定性。

■ 受疫情影响，中国农产品（尤其是水产品等）出口略有下滑，但进口却不降反升，农业贸易总体上展现出了良好的韧性，为双循环新格局下向更高开放水平、更加高效稳定的农业贸易系统转型打下了良好基础。

政策建议

■ 在新发展格局下，应推动中国农产品供求保障思路由产需“二元平衡”向生产—消费—贸易“三元平衡”转型，将贸易和国际市场纳入中长期重要农产品供求平衡的战略框架和系统规划中，并基于全球视野构建开放型农产品供求平衡保障体系。

■ 面对国际竞争加剧，应推动中国农业生产由增产导向向竞争力导向、市场需求导向和绿色高质量发展导向转型，通过“拼成本、拼价格”与“拼品质、拼特色”相结合，推动国内农业生产方式转变和贸易竞争力升级。

■ 面对贸易风险增加，应推动中国农产品贸易调控由单方自主开合向主动风险管控转型，通过加强农业贸易风险监测预警体系建设、推进农产品进口多元化战略、参与全球农产品供应链建设、强化农业贸易促进与产业损害救助体系建设等，提高贸易风险管控能力。

■ 面对不确定的外部环境，中国应积极参与全球粮农治理，加强全球农业贸易政策协调机制建设，提高农业贸易开放与粮食安全互信，维护全球农产品市场稳定，保障中国与世界（特别是欠发达国家）的食物与营养安全。



农产品贸易是农业食物系统的重要组成部分之一。对中国而言，经历了 20 年的“入世”开放，农产品贸易持续快速发展，已经成为全球第二大农产品贸易国。中国农业利用国际市场和海外资源已经达到相当规模，融入世界农业与农产品市场的深度和广度持续拓展。然而，突如其来的新冠疫情，给全球和中国的农业食物系统与农产品贸易带来了严峻的压力和考验。在双循环新格局下，一方面要立足国内，推动农业生产方式朝向低碳、环保、绿色、营养、健康的方向转型发展，另一方面也要利用国际，通过进一步扩大农业对外开放，深化农业国际合作，推动农产品贸易高质量发展，提升“两个市场、两种资源”的统筹利用效能，正推或者倒逼中国农业食物系统转型及农产品供应保障能力升级。

6.1 “入世”20 年：中国农产品贸易的发展与演变

自 2001 年底加入 WTO 以来，中国农业对外开放的步伐持续加快，农业开放已处于全球领先地位，成为了全球农产品关税水平最低和贸易自由化程度最高的国家之一（叶兴庆，2020；Anderson 等，

2010）。中国农业加速融入国际农业体系，农产品贸易展示出强劲迅猛的发展势头。

6.1.1 贸易规模不断扩大，贸易地位与影响力显著增强

“入世”以后，中国农产品贸易步入前所未有的快速发展阶段。2001–2020 年，农产品贸易总额由 279.0 亿美元迅速增长至 2468.3 亿美元，增长近 8 倍，年均增速超过 12.2%^①。伴随着农产品贸易规模快速增长，中国在世界农产品贸易市场中的地位显著增强，占全球农产品贸易的比重不断提升。2001 年中国农产品贸易仅占全球农产品贸易的 3.6%，2019 年这一数据提高到了 10.1%^②。如果把欧盟国家作为一个整体，目前，中国已成为全球第二大农产品进口国，第五大农产品出口国，农产品贸易总额跃居全球第二位（焦点，2020）。

6.1.2 大进大出格局逐步形成，贸易逆差趋势难以阻挡

中国农产品贸易总额的不断扩大是进出口持续“双增长”共同推动的结果（见图 6-1）。2001–2020 年，中国农产品出口额由 160.5 亿美元增长至

① 参见《中国农产品贸易发展报告 2020》。

② 参见联合国贸易发展署数据库：<https://comtrade.un.org/data/>。

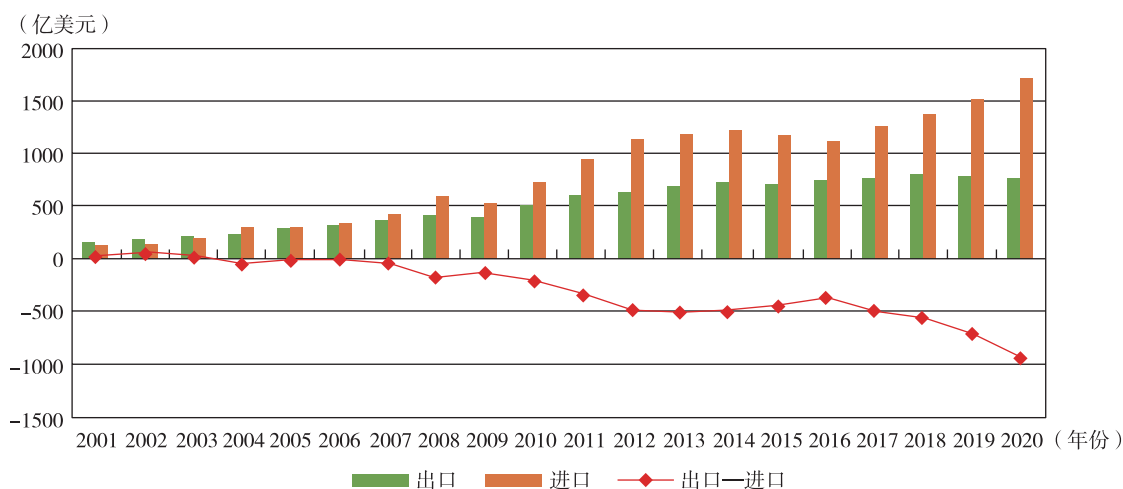


图 6-1 2001-2020 年中国农产品进出口与贸易逆差变动情况

数据来源：《中国农产品贸易发展报告 2020》及海关总署《2020 年 12 月进（出）口主要商品量值表（美元值）》。

760.3 亿美元，增加约 3.7 倍，年均增长 8.5%；农产品进口额由 118.5 亿美元增长至 1708.0 亿美元，增加约 13.4 倍，年均增长 15.1%。与此同时，由于进口增速持续显著快于出口增速，中国迅速由“入世”初期的农产品贸易顺差国转变为逆差国，且从 2004 年开始，逆差规模呈现快速增长势头。2004-2020 年，中国农产品贸易逆差由 47.3 亿美元增长到 947.7 亿美元，年均增速超过 20.0%。中国在全球成为重要的农产品贸易大国的同时，也一跃成为

全球最大的农产品贸易逆差国。

6.1.3 贸易品种结构持续优化，贸易合作伙伴日益多元

从贸易产品来看，“入世”以来中国农产品贸易产品结构不断优化，贸易模式基本朝着符合人多地少的资源禀赋条件所决定的比较优势的方向发展，即主要出口劳动密集型农产品，进口土地密集型农产品（见表 6-1）。在出口方面，2001-2019 年，

表 6-1 2001-2019 中国农产品进出口结构变动

单位：亿美元，%

A. 农产品出口结构								
品种	出口额				占农产品出口额比重			
	2001	2007	2013	2019	2001	2007	2013	2019
水产品	41.7	97.5	202.6	206.6	26.0	26.4	29.9	26.1
蔬菜	23.5	62.5	115.8	155.0	14.6	16.9	17.1	19.6
畜产品	26.6	40.5	65.2	65.0	16.6	10.9	9.6	8.2
食用水果及坚果	4.3	16.3	41.7	62.3	2.7	4.4	6.2	7.9
其他	64.4	153.1	253.0	302.1	40.1	41.4	37.2	38.2
B. 农产品进口结构								
品种	进口额				占农产品进口额比重			
	2001	2007	2013	2019	2001	2007	2013	2019
大豆	28.1	114.7	380.1	353.4	23.7	27.8	32.0	23.4
食用植物油	4.8	62.4	80.7	63.3	4.1	15.1	6.8	4.2
谷物及谷物粉	6.3	5.3	51.0	52.0	5.3	1.3	4.3	3.4
棉花	1.2	35.8	87.2	36	1.0	8.7	7.3	2.4
乳制品	2.2	7.4	51.9	112.7	1.9	1.8	4.4	7.5
牛产品	0.4	0.6	16.0	86.9	0.3	0.1	1.3	5.8
猪肉产品	1.0	4.7	26.6	65.5	0.8	1.1	2.2	4.3
家禽产品	4.6	9.8	10.7	20.6	3.9	2.4	0.9	1.4
其他	69.9	171.3	484.5	719.3	59.0	41.7	40.8	47.6

数据来源：根据《中国农产品贸易发展报告 2020》等整理计算。

中国水产品、蔬菜、水果等劳动密集型农产品出口合计由 96.1 亿美元增长到 488.9 亿美元，占农产品出口总额的比重由 59.9% 提高至 61.8%，是出口的主打品种，也是拓宽国内农业就业、增加农民收入的重要渠道。在进口方面，中国大豆、植物油、棉花、谷物等土地密集型农产品进口持续增长，合计进口额从 2001 年的 40.4 亿美元上升到 2019 年的 504.7 亿美元，占农产品进口总额的比例维持在 30% 以上。此外，中国还大量从国际市场进口猪牛羊、家禽、乳制品等高附加值农产品。资源密集型和高附加值农产品的大量进口，较好地满足了国内日益增长的多样化、品质化的消费需求的同时，也有效缓解了中国水土资源紧缺和环境保护的压力，有利助推了国内农业生产结构战略性调整与区域布局优化进程。

从贸易伙伴来看，随着农产品贸易规模不断扩大，中国农产品贸易伙伴持续拓展，贸易市场多元化格局逐步形成。与“入世”初期出口主要集中在日本、韩国、中国香港等周边经济体和欧美发达国家不同，近年来中国农产品对这些传统市场的出口比重明显下滑，对新兴贸易伙伴的出口比重日益提高，尤其是自 2013 以来，随着“一带一路”倡议深入推进，中国对沿线国家农产品出口占比也由 27.9% 上升到 34.1%^①。与此同时，中国农产品进口来源地也日趋多元化，除传统欧美市场外，来自南美洲、亚洲、大洋洲和非洲地区的进口正在快速增加。截止目前，中国已经与全球 219 个国家和地区

建立了农产品贸易伙伴联系，并与 26 个国家签署了 19 个自贸协定^②，推动中国农业步入“买全球、卖全球”的新时代。

6.1.4 大宗农产品全面净进口，优势出口产品竞争力衰减

“入世”以后，尤其是近年来受到生产成本上涨、消费需求拉动和市场开放效应的共同作用，中国粮棉油糖及畜产品等大宗农产品开始出现全面净进口格局，且净进口规模持续扩大，导致自给率不断下滑。2001–2019 年，中国谷物、棉花、大豆、食糖、猪肉和牛肉的自给率分别由 101.3%、97.5%、53.0%、89.4%、100.4% 和 100.7% 下降至 91.7%、75.5%、17.0%、76.5%、94.8% 和 75.6%（见图 6-2）。尽管中国谷物自给率仍能维持在 95% 左右的高水平，但如果算上大豆，从 2008 年起中国广义的粮食自给率已不足 95%，2012 年突破 90%，到 2019 年进一步下降至 86%。与此同时，近年来中国传统优势农产品出口增速持续放缓、增长乏力。无论是按照出口量还是出口额来计算，从 2012 年开始，中国蔬菜、水果、水产品的出口增速都出现了明显下滑（朱晶等，2018）。一方面，大宗农产品进口势头强劲，表明中国对国际农产品市场的依赖程度正在不断加深；另一方面，优势农产品出口动能衰减，凸显出中国农产品贸易竞争优势的弱化与不足。

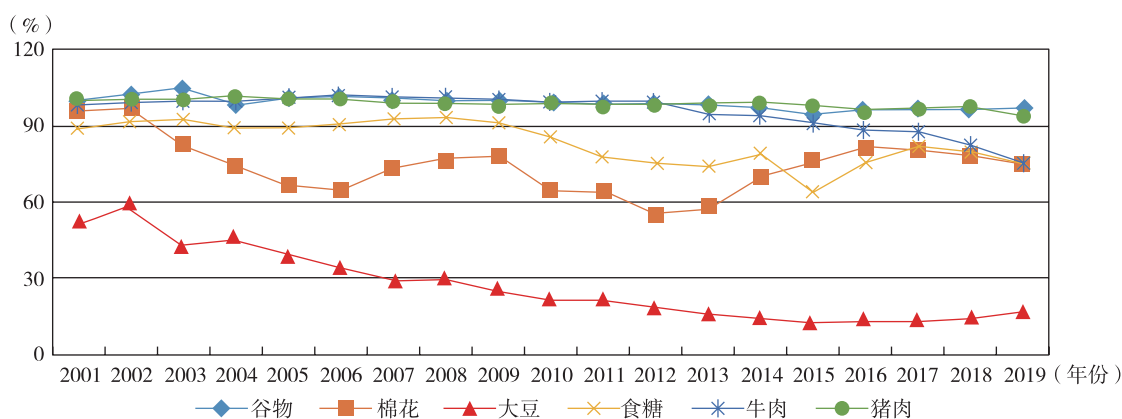


图 6-2 2001-2019 年中国主要大宗农产品的自给率变动情况

注：自给率 = 产量 / (产量 + 进口 - 出口) × 100%

数据来源：《中国农产品贸易发展报告》（历年）和《中国统计年鉴》（历年）。

① 参见商务部网站《中国农产品进出口月度统计报告》。

② 参见商务部中国自由贸易服务网：<http://fta.mofcom.gov.cn/>。

6.2 特殊的 2020 年：新冠疫情对中国农产品贸易的冲击与影响

突如其来、全球蔓延的新冠疫情使世界经济陷入严重收缩，也对全球贸易造成巨大冲击。农产品贸易作为全球贸易的重要组成部分，同样也遭受新冠疫情的较大波及与影响。尽管中国在短时间内很好地遏制了国内疫情蔓延，且疫后经济迅速企稳回升，但作为全球重要的农产品贸易大国，日益严峻的国外疫情和经贸形势、持续升级的贸易风险与不确定性，依然给中国农产品进出口带来了一定的考验和压力。

6.2.1 疫情冲击全球农业食物系统与农产品贸易

受新冠疫情影响，2020 年 1-10 月，全球农产品贸易额较上一年同比下降 26.1%（见图 6-3），这主要是由于农业产业链中的农资、生产、加工、

运输、消费等环节均遭到疫情的破坏所致。从农资供应环节来看，无论是种植业还是养殖业，人员流动和物流运输受限等因素在一定程度上影响到了生产投入要素的采购和使用。从生产环节来看，由于人口流动性受到限制，水果、蔬菜等劳动密集型行业的生产受到影响，许多国家的水果和蔬菜部门供应出现中断。从加工环节来看，由于劳动力短缺和工厂关闭，农产品加工行业出现中断，包括一些水果和蔬菜包装工厂及肉类加工厂等。从运输环节来看，运输和物流方面的“瓶颈”阻碍了农产品供应链的流动。从消费环节来看，疫情导致消费者出现的恐慌性购买或囤积行为，使关键农产品（如大米、小麦）需求突然激增，造成短期缺货。消费者需求从餐馆、酒店、咖啡店和其他类型的在外消费急剧转向居家消费。同时，新冠肺炎疫情造成社会失业人数增加、收入减少，进一步压缩了农产品的需求

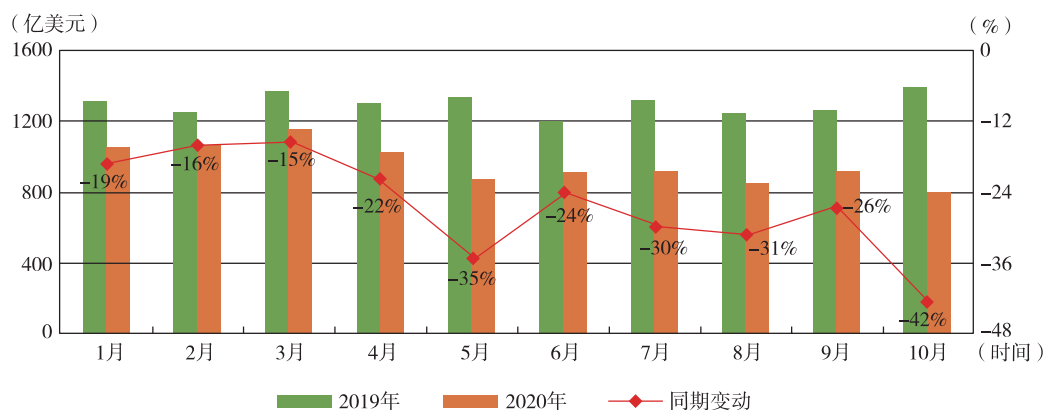


图 6-3 2019-2020 年 1-10 月全球农产品贸易额及其变动情况

数据来源：UN Comtrade, <https://comtrade.un.org/data/>, 2021 年 1 月 25 日。

空间。

此外，疫情引发全球范围内贸易保护主义加剧，部分国家借机制定了一系列农产品贸易限制措施，进一步增添了国际农产品市场与贸易的风险性和不稳定性（Chen 和 Mao，2020）。在出口方面，世界各国针对疫情采取的出口限制措施主要包括出口禁令、出口配额管理、出口关税、出口许可证等不同类别。截至 2020 年 12 月 25 日，全球 38 个国家和地区针对 196 种农产品（HS4）累计实施了 1336 项农产品出口限制措施^①。在进口方面，进口限制措

施作为一种重要防控手段被各国广泛使用，主要包括进口禁令、检疫要求、进口附加税、运输限制、质量认证要求等不同类别。尽管农产品贸易规模仅占到全球货物贸易的 8.5%，但其却成为进口限制措施的重灾区，进口限制的使用比例高达 52%。截至 2020 年 11 月末，全球共有 19 个国家和地区针对 202 种农产品（HS4）累计实施了 1019 项进口限制措施^②。

总体而言，新冠疫情从生产、消费、流通及分配等多个环节对全球农业食物系统和农产品贸易造

①② 参见 International Trade Center (ITC) 数据库：<https://www.macmap.org/covid19>。

成重大影响，并且诱发了保护主义抬头、贸易限制措施增加等一系列问题，加剧了全球农产品供应链和贸易链的不稳定性，引发全球农产品市场异动，推动 2020 年 3 月中旬以来全球主要农产品价格大幅上涨，特别是谷物、油籽类品种涨幅较为明显（见

图 6-4），致使全球范围内，尤其是低收入国家的贫困与饥饿问题加剧，粮食安全和营养状况进一步恶化（樊胜根和高海秀，2020）。考虑到当前全球疫情尚未得到有效控制，未来全球农产品贸易前景仍将面临高度的不确定性。

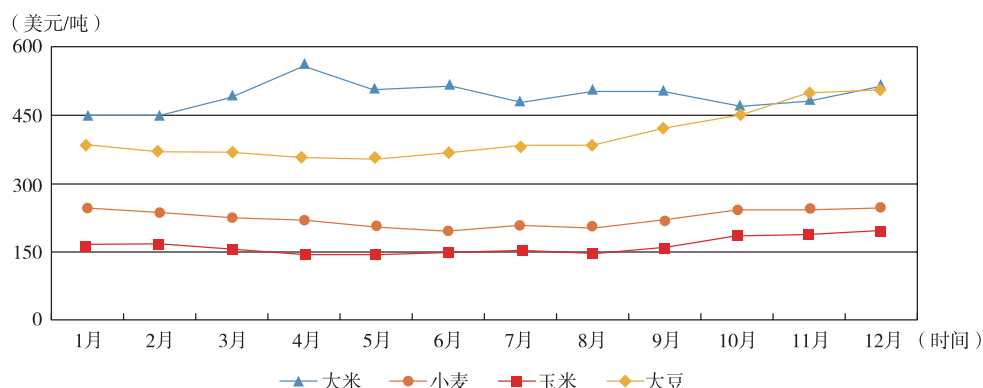


图 6-4 2020 年全球主要农产品月度平均价格变动情况

数据来源：World Bank Database, <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>, 2021 年 2 月 2 日。

6.2.2 疫情冲击之下中国农产品进口展现出良好韧性

作为世界农产品第二大进口国和第五大出口国，在全球农产品贸易受疫情冲击的大背景下，中国的农产品贸易亦无法独善其身。

在进口方面，2020 年中国农产品进口额达 1708.0 亿美元，同比上涨 13.1%。整体而言，疫情对中国农产品进口并未产生显著的负面影响，除 1 月进口额同比下降以外，其余月份进口额均同比增长（见图 6-5）。农产品进口持续增长主要是由于：（1）国内疫情防控形势良好，中国各项经济活动

已经顺利重启；（2）进口需求复苏，疫情被有效控制后，国内的超大规模市场为扩大进口提供了有力支撑；（3）中美第一阶段经贸协议履行，中国加大了自美进口农产品的采购力度；（4）国内部分农产品供求形势趋紧（例如，在非洲猪瘟疫情下国内生猪生产恢复缓慢等），引发进口需求上升。

分产品而言，中国主要进口的农产品包括油料、肉类、水产品、水果和动植物油脂等。2020 年，这五类农产品进口额合计 1108 亿美元，占农产品进口总额的比例分别为 27.7%、18.7%、7.6%、7.4% 和

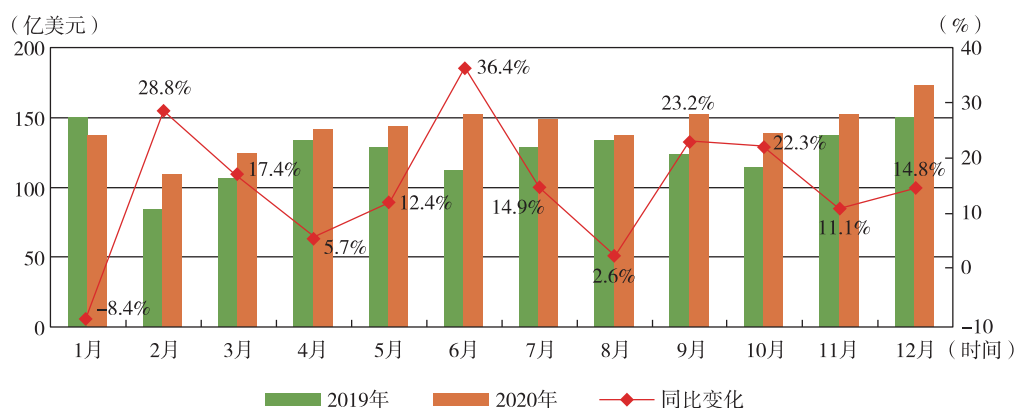


图 6-5 2019-2020 年 1-12 月中国农产品进口额及其变动情况

数据来源：海关总署 2019 年和 2020 年《1-12 月中国进口主要商品量值表（美元值）》，农产品 HS 编码对应 1-24 章。

6.9%。自疫情爆发以来，除水产品进口额有所下滑之外，其余四类农产品进口额均有上涨，且肉类进口涨幅最大，达61%（见图6-6）。主要原因在于：（1）受非洲猪瘟、新冠疫情等多重因素影响，中国生猪出栏量较往年大幅降低，国内供给下降，猪肉产需缺口扩大和价格高涨引发进口需求上升；（2）自疫情爆发以来，中国政府出台了一系列政策扩大

畜产品的进口来源和商品范围（Cao等，2021），带动了中国畜产品进口大幅上升。与之相反，水产品成为中国进口降幅最大的农产品，相比去年同期进口额下降近20%。这主要是由于受国内连续在进口海鲜外包装以及海鲜加工企业或仓储运输码头等地检出新冠病毒核酸阳性的影响，消费者对于购买进口冷链产品持审慎态度，导致对国外水产品的需

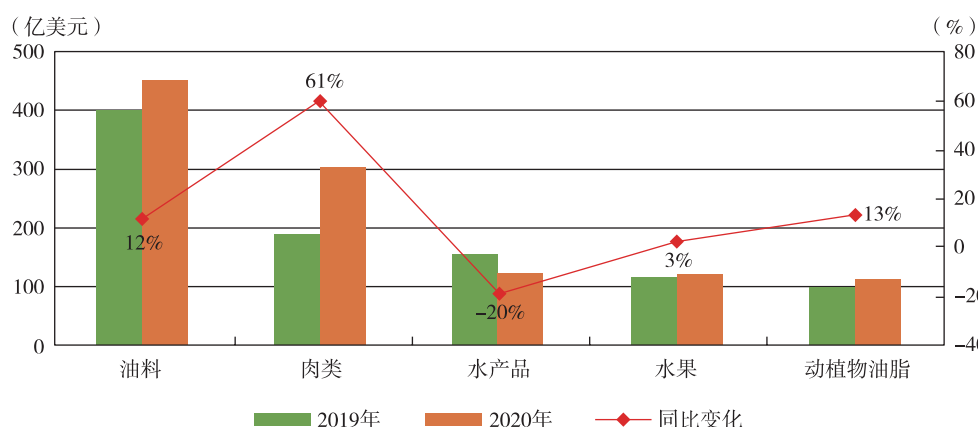


图6-6 2019-2020年中国主要农产品进口额及其变动情况

数据来源：海关总署2019年和2020年《1-12月中国进口主要商品量值表（美元值）》，农产品HS编码对应1-24章。

求下滑（刘景景等，2021）。

6.2.3 疫情冲击之下中国农产品出口受阻风险有所增加

在出口方面，受疫情影响，2020年中国农产品出口额有所下降，同比减少3.9%。如图6-7所示，2020年中国农产品出口的月度变动过程大致可分为三个阶段。第一阶段（1-2月）新冠疫情在全国迅速蔓延，疫情防控形势异常严峻，与2019年相比，

中国农产品出口同比大幅下滑，1月下降6.3%，2月下降21.4%；第二阶段（3-4月）国内疫情呈现积极向好态势，全国进入疫情常态化防控，企业复工复产有序进行，前期积压的订单集中交付，推动农产品出口强势反弹（钟正生等，2020）；第三阶段（5-12月）随着疫情在全球其他国家快速蔓延且持续升级，中国农产品出口再度受阻，除9月与11月以外，其他月份中国农产品出口同

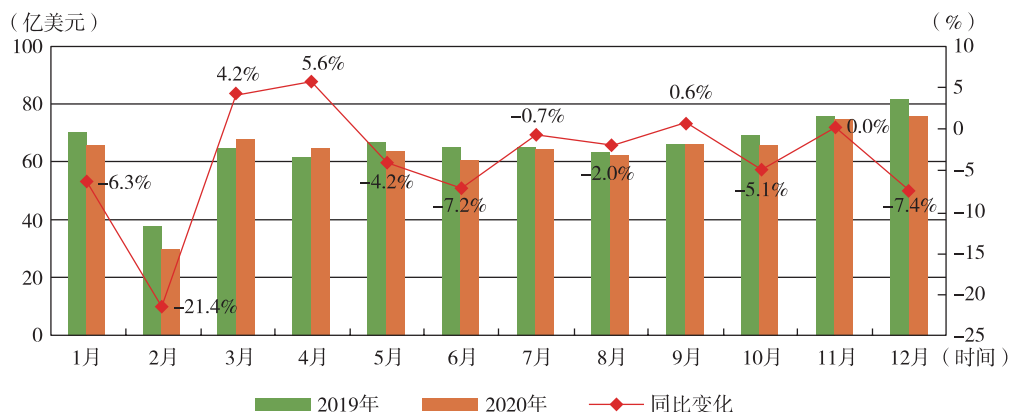


图6-7 2019-2020年1-12月中国农产品出口额及其变动情况

数据来源：海关总署2019年和2020年《1-12月中国进口主要商品量值表（美元值）》，农产品HS编码对应1-24章。

比明显下降。

分产品而言，中国主要出口的农产品包括水产品、蔬菜、肉类制品、果蔬制品和水果等。自疫情爆发以来，除水果出口额上涨之外，其余四类优势农产品出口额均在下降，且水产品出口额降幅最大

（见图 6-8）。2020 年，中国水产品出口 107.1 亿美元，同比下降 17.6 亿美元，降幅为 14%；蔬菜出口 96.7 亿美元，同比下降 6.6 亿美元，降幅为 6%；肉类制品出口 91.7 亿美元，同比下降 0.8 亿美元，降幅为 1%；果蔬制品出口 76.2 亿美元，同比下降 2.1

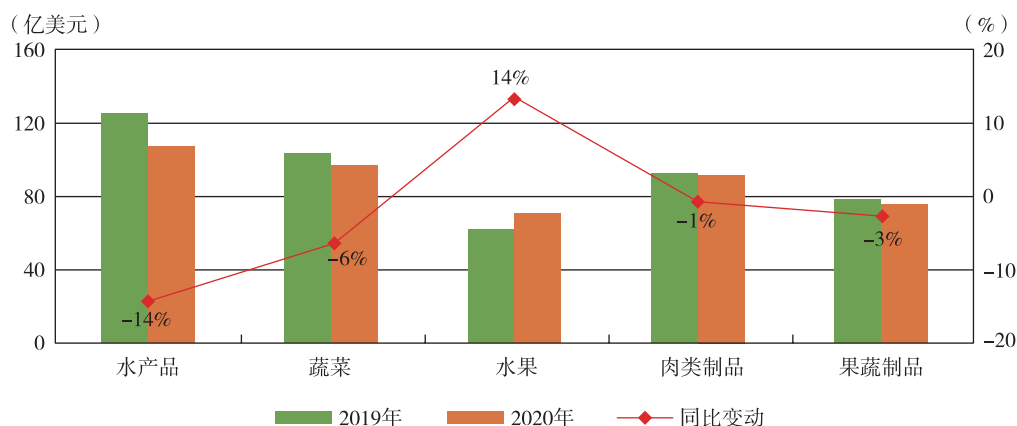


图 6-8 2019-2020 年中国优势农产品出口额及其变动情况

数据来源：海关总署 2019 年和 2020 年《1-12 月中国进口主要商品量值表（美元值）》，农产品 HS 编码对应 1-24 章。

亿美元，降幅为 3%。

从中国农产品出口受阻的原因来看，第一阶段和第三阶段的主因有所不同。在第一阶段，国内疫情期间严格的隔离防控措施所造成的人员短缺、交通受阻、复工复产困难，导致部分出口企业生产进度延迟，难以按时交付国外订单及完成农产品出口计划。此外，国内疫情发生后，部分国家（地区）连续提高对中国出口农产品的检验检疫门槛或出台进口禁令，包括俄罗斯、哈萨克斯坦、埃及、格鲁吉亚、约旦、毛里求斯 6 国纷纷禁止从中国进口水产品、活体动物、果蔬和植物类产品，这在一定程度上降低了中国农产品对外出口。在国内疫情期间，一项针对中国农产品出口企业应对疫情的调查显示，68.5% 的企业面临成本上升，63% 的企业遭遇物流受阻，52.4% 的企业表示融资困难，48.3% 的企业缺少劳动力，31.7% 的企业遇到进口国家或地区采取的限制措施（中国农村网，2020）。在第三阶段，尽管国内疫情恢复常态化防控，但国外疫情形势持续升级，国际市场需求疲软对中国农产品出口再次形成冲击。考虑到中国具有出口优势的水产品、果蔬等产品的需求弹性较大，在全球经济下滑、居民收入下降的大背景下，相对于粮食等需求弹性

较低的农产品，其海外消费需求明显减少（Cao 等，2021）。此外，澳大利亚、格鲁吉亚、埃及、越南、印度尼西亚等 14 国对中国农产品的进口限制措施仍在持续^①，也大大增加了中国农产品进入这些市场的难度。

6.3 后疫情“双循环”新格局下：中国农产品贸易展望与对策建议

综上所述，作为农业食物系统的重要组成部分，中国农产品贸易在“入世”20 年来发生了巨大变化，在补充国内供应、满足多样化消费需求、推动农业生产结构优化、缓解资源环境压力等方面都发挥了重要的积极作用。面对新冠疫情，中国农产品贸易展现出良好韧性，进出口受疫情影响有限。然而，展望未来，疫情发展的未知性、国际政经格局的不稳定性等内外部复杂环境，仍将给中国农产品贸易带来一系列严峻的挑战与压力，主要包括：（1）大宗农产品进口的依赖性提高；（2）优势出口产品的国际竞争力衰减；（3）贸易保护主义抬头、贸易风险性和不确定性增加等。在新发展格局下，需要抓住双循环转型机遇，提前谋划和主动作为，推动中国农产品贸易高质量发展，向更高开放水平、

^① 参见 International Trade Center（ITC）数据库：<https://www.macmap.org/covid19>。

更加高效稳定的农业贸易系统转型。

6.3.1 调整农产品总量平衡的保障思路，由“二元平衡”向“三元平衡”转型

目前，中国农产品进口额已经占到全球农产品贸易额的 1/10，粮食净进口量相当于国内粮食总产量的 1/5，粮棉油糖肉奶的进口相当于进口了 10 亿亩以上的虚拟耕地和 1200 亿立方米以上的虚拟水资源，分别占到国内农作物总播种面积和农业用水总量的 40% 和 30.7%（倪洪兴，2019；Ali 等，2017），国际市场已经成为保障国内农产品供应和粮食安全不可或缺的重要组成部分。同时，这也意味着中国农业需要直面更大的竞争压力和更高的输入性风险（朱晶等，2018）。在此情况下，亟需转变传统的将贸易视为国内供需“二元平衡”的余缺调剂项的观念，将农产品贸易和国际市场纳入国家中长期重要农产品供求平衡的战略框架和系统规划中，建立生产—消费—贸易“三元平衡”的总量平衡新思路，基于全球视野构建开放型农产品供求平衡保障体系。一方面，需要系统考虑国内重要农产品的需求与供应、进口与生产、国际市场与国内市场的交互影响，建立健全与“三元平衡”相适应的调控体制和机制，确保国内产业政策与贸易政策相衔接、国内生产力布局与国际市场利用相匹配、国内供需趋势与进出口增长相协调，避免过度进口农产品对国内生产和市场形成冲击。另一方面，也需要继续利用国际市场在发挥比较优势、优化资源配置方面的重要作用，在提升资源密集型农产品进口可获性和稳定性的同时，充分利用国外市场对国内市场的“替代效应”，推进重点农产品结构调整和供给能力提升；充分发挥中国在劳动密集型农产品及农业资本与技术等方面的出口优势，实现结构性大进大出。

6.3.2 直面农产品国际竞争压力，推动国内农业生产方式转型与竞争力升级

农产品贸易逆差持续扩大、大宗农产品全面净进口、优势农产品出口动能衰减本质上暴露出中国农产品贸易竞争力的下滑与不足。“入世”初期，中国农业凭借丰富的劳动力资源和较高的土地生产率维持着较强的国际竞争力。然而，随着工业化和城镇化推进，尽管农业劳动生产率在快速提高，但仍赶不上农业劳动力机会成本的上涨，导致中国单位产品人工成本持续走高，无论是土地密集型农产

品还是劳动密集型农产品都开始逐渐失去国际竞争力。在边境保护之墙不高、国内支持之量不足的约束条件下，未来要有效调控中国农产品进出口，根本出路在于提升农业的国际竞争力（朱晶等，2021）。一方面，要通过“拼成本、拼价格”，瞄准导致农产品生产成本快速上涨的主要因素，依靠扩大农业经营规模、推动科技进步、加大基础设施投资等多种途径来降低农业（尤其是粮食等大田作物）生产成本。另一方面，要通过“拼品质、拼特色”，以国际竞争压力和市场消费需求为引导，践行低碳、环保、绿色、营养、健康等理念，推动国内农业由增产导向向提质导向和高质量发展模式转型，依靠品质化、品牌化、科技化、绿色化、服务化等，推动质量兴农、绿色兴农、品牌强农，不断提高农产品的质量安全水平、品牌文化内涵和综合竞争力。

6.3.3 提升外部市场利用的掌控能力，由单方自主开合向主动风险管控转型

当今世界处于百年未有之大变局，意识形态、地缘政治、多边贸易和投资框架体系遭遇挑战等一系列非市场因素可能会严重扰乱全球农产品市场和贸易秩序，而粮食能源化、金融化、自然灾害频繁、疫情蔓延等层出不穷的其他因素也将推动国内外农产品市场形势更加错综复杂（Zhang 等，2020；Morton，2020）。面对有增无减的农产品国际贸易风险，中国应当努力提升对国际农产品市场和资源的掌控能力，通过主动的风险管控体系建设，分散和化解进口风险和其他输入性风险。一是要加强农产品贸易风险监测与预警体系建设。强化对粮棉油糖肉蛋奶等大宗农产品国际市场的监测、研判、预警等基础性工作，及时跟踪重点国家、市场、产品的供需和贸易动态，加强公益性信息服务，切实提高国内农业企业应对国际市场波动和风险的能力。二是要深入推进农产品进口多元化战略。审慎把握农产品进口的规模、节奏、方式、布局，强化与南美、中亚及其他“一带一路”沿线国家的农业贸易合作，推动农产品进口在品种结构、区域结构、渠道来源上的多元化，打造高效稳定可靠的海外农产品进口供应链，分散集中进口的风险。三是要积极参与全球农产品产业链建设。依托“一带一路”倡议、RCEP 等多边协议框架，大力支持优势农产品品牌和企业“走出去”，强化对产业链及关键环节的投资布局，提升对产业链的控制权和话语权，为建立高效稳定可靠的进口渠道夯实基础，为带动优

势农产品出口创造条件。四是要强化农业贸易促进体系与产业损害救助体系建设。加大对农业出口企业的支持力度,及时帮助受到贸易风险损害的产业、地区和个人降低损失和规避风险。

6.3.4 积极参与全球粮农治理,创造更加稳定的外部环境和公平的制度安排

合理利用国际市场与外部资源,不仅需要加强风险输入的管控能力,也需要主动出击,通过与世界各国及国际机构加强合作,积极创造稳定的国际农业生产和贸易环境。一方面,要积极参与全球粮农治理,推动建立稳定良好的新秩序。据联合国世界粮食计划署估计,新冠疫情已经导致79个国家处于食物严重不安全的人数从2019年的1.49亿人增长到2020年的2.72亿人(World Bank, 2021)。到2030年,全球将新增1.3亿极端贫困人口(United Nations, 2020)。鉴于此,在当前的疫情期间及未来的后疫情时代,中国需要与世界各国携起手来合作抗疫,推动构建人类命运共同体,合作提升全球农产品生产供应能力、改善全球尤其是发展中国家的食物和营养安全。同时,应当积极维护多边贸易与投资制度框架安排,加强农业贸易政策的全球协调机制建设,提高全球农业贸易开放与粮食安全互信,共同维护世界农产品市场稳定。另一方面,考虑到农产品贸易在优化全球农业资源配置、减少温室气体排放和环境污染等领域都将具有十分积极的作用和光明的前景(FAO, 2018; OECD-FAO, 2020),未来中国在积极利用国际贸易助推本国农业高质量发展的同时,也应积极参与和引领WTO框架下的农业改革及联合国粮农组织、国际能源署、国际农业发展基金会、世界粮食计划署等国际机构的协同治理,有效推动全球在农业发展、粮食安全与营养保障、温室气体排放与气候变化等领域的全方位协作,助力全球农业食物系统转型与可持续发展。

参考文献

[1] 樊胜根, 高海秀. 新冠肺炎疫情下全球农业食物系统的重新思考[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2020, (5): 1-8+168.

[2] 焦点. 在双循环新发展格局中促进农业贸易高质量发展[N]. 农民日报, 2020-10-20.

[3] 刘景景, 张静宜, 陈洁. 新冠肺炎疫情影响下水产品国际供应链变化及中国水产品安全供给形势分析[J]. 世界农业, 2021, (1): 20-27.

[4] 倪洪兴. 开放视角下的我国农业供给侧结构性改革[J]. 农业经济问题, 2019, (2): 9-15.

[5] 叶兴庆. 加入WTO以来中国农业的发展态势与战略性调整[J]. 改革, 2020, (5): 5-24.

[6] 中国农村网. 农产品出口企业如何应对新冠肺炎疫情带来的冲击[N], 2020-05-18.

[7] 钟正生, 管涛, 黄益平. 如何有效应对新冠疫情冲击下的总需求不足问题[J]. 国际经济评论, 2020, (4): 54-66+5.

[8] 朱晶, 李天祥, 林大燕. 开放进程中的中国农产品贸易: 发展历程、问题挑战与政策选择[J]. 农业经济问题, 2018, (12): 19-32.

[9] 朱晶, 李天祥, 戴星月. 高水平开放下我国粮食安全的非传统挑战及政策转型[J]. 农业经济问题, 2021, (1): 27-40.

[10] Ali, T., Huang, J., Wang J. and Wei X. Global Footprints of Water and Land Resources through China's Food Trade[J]. Global Food Security, 2017, 12(3): 139-145.

[11] Anderson, K., W. Martin, D. Sandri and E. Valenzuela. Methodology for Measuring Distortions to Agricultural Incentives[R], Working paper, Development Research Group, World Bank, Washington DC, 2010.

[12] Cao, L., Li, T., Wang, R. and Zhu, J. Impact of COVID-19 on China's Agricultural Trade[J]. China Agricultural Economic Review, 2020, 13(1): 1-21.

[13] Chen, K. Z., Mao, R. Fire Lines as Fault Lines: Increased Trade Barriers during the COVID-19 Pandemic Further Shatter the Global Food System[J]. Food Security, 2020, 12(4): 735-738.

[14] FAO. The State of Agricultural Commodity Markets 2018[R]. Agricultural Trade, Climate Change and Food Security, Rome, 2018, <http://www.fao.org/3/19542EN/19542en.pdf>.

[15] Morton, J. On the Susceptibility and Vulnerability of Agricultural Value Chains to COVID-19[J]. World Development, 2020, (136): 105-132.

[16] OECD-FAO. Agricultural Outlook 2020-2029[R]. FAO, Rome/OECD Publishing, Paris, 2020, <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>.

[17] United Nations. World Economic Situation and Prospects as of mid-2020[N]. 2020-05-13, <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/world-economic-situation-and-prospects-as-of-mid-2020/>.

[18] World Bank. Food Security and COVID-19[N], 2021-02-15, <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-and-covid-19>.

[19] Zhang, Y., Diao X., Chen K. Z., Robinson, S., Fan S. Impact of COVID-19 on China's macroeconomy and agri-food system—an economy-wide multiplier model analysis[J]. China Agricultural Economic Review, 2020, (12): 387-407.