

新时期种植业保障我国粮食安全战略研究

韩昕儒^{1,2,3}, 王秀东^{1,2,3*}, 王济民^{2,3,4}, 袁龙江^{1,3}, 梅旭荣^{2,3,5}, 吴孔明^{3,5}

(1. 中国农业科学院农业经济与发展研究所, 北京 100081; 2. 中国农业科学院战略研究中心, 北京 100081; 3. 中国农业发展战略研究院, 北京 100081; 4. 农业农村部食物与营养发展研究所, 北京 100081; 5. 中国农业科学院, 北京 100081)

摘要: 种植业产品是保障我国粮食安全的关键, 种植业的发展支撑了我国由“吃得饱”到“吃得好”的历史性转变, 促进了居民膳食质量的逐步提升; 新时期我国种植业发展面临资源环境压力、极端气候冲击以及国际地缘政治格局不稳等内外部风险因素的挑战, 亟需探讨可行性发展战略以确保粮食安全。通过对2035年、2050年种植业食物供需形势预测后得出, 未来我国粮食净进口主要集中在大豆和玉米, 油菜籽和糖的自给水平将继续下降, 花生和水果的自给水平将先降后升, 蔬菜始终保持自给有余的态势。基于此, 本文梳理了新时期保障我国粮食安全面临的挑战, 提出了新时期种植业保障我国粮食安全的战略构想, 主要包括采取种植业产品生产能力提升和结构优化、资源高效利用与低碳生产推进、消费结构引导与健康观念培育、农业科技创新与装备支撑、新型经营主体创新等战略举措, 实施种植业科技创新、种植业产品质量提升、种植业生态保护、蛋白替代等重大工程。研究建议, 坚持“口粮绝对安全、谷物基本自给”总体战略, 分区域制定产业发展优先序, 加快补齐农业基础设施与科技短板, 健全重大危机应对战略体系, 以此增强种植业发展水平, 切实保障我国粮食安全。

关键词: 种植业; 粮食安全; 供求预测; 粮食供给保障

中图分类号: F320 文献标识码: A

Strategy for Ensuring China's Food Security through Planting Industry in the New Era

Han Xinru^{1,2,3}, Wang Xiudong^{1,2,3*}, Wang Jimin^{2,3,4}, Yuan Longjiang^{1,3},
Mei Xurong^{2,3,5}, Wu Kongming^{3,5}

(1. Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Chinese Institute of Agricultural Development Strategies, Beijing 100081, China; 4. Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; 5. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The planting industry is crucial in ensuring food security in China. The development of the planting industry has underpinned the country's historic transition from merely achieving food sufficiency to enjoying high-quality diets, consequently promoting the gradual improvement of dietary quality among residents. In the new era, the development of the Chinese planting industry faces challenges from internal and external risk factors, such as resource environment pressure, extreme climate impacts, and unstable international geopolitical situations. This study predicts the food supply and demand situations in 2035 and 2050. Results show that net imports of grain in China will mainly focus on soybeans and corn, while the self-sufficiency rate of rapeseed and sugar will continue to decline, the self-sufficient rate of peanuts and fruits will rise after declining first, and the vegetables will be more than self-

收稿日期: 2023-06-19; 修回日期: 2023-08-27

通讯作者: *王秀东, 中国农业科学院农业经济与发展研究所研究员, 研究方向为粮食安全、产业经济; E-mail: wangxiudong@caas.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“新形势下国家粮食安全战略研究”(2021-XBZD-08)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

sufficient. Thus, this study provides an overview and summary of the challenges faced by China's planting industry regarding food security and proposes strategic ideas and policy recommendations for ensuring food security in the new era. These recommendations include improving the planting industry's production capacity and structure, promoting low-carbon production and the efficient use of resources, optimizing residents' consumption structure and health concepts, encouraging agricultural technology innovation and equipment development, and innovating new business entities. Major projects regarding technology innovation, quality improvement, ecological protection, and protein substitution are also proposed. Furthermore, we suggest adhering to the overall strategy of "ensuring basic self-sufficiency of grain and absolute security of staple food", clarifying the industry development priorities by regions, improving the agricultural infrastructure and technology shortcomings, and perfecting the strategic system for responding to major crises, thereby enhancing the level of agricultural development and effectively ensuring food security in China.

Keywords: planting industry; food security strategy; supply and demand forecast; ensuring grain supply

一、前言

当今世界正经历百年未有之大变局，国内外形势正在发生深刻复杂变化，来自各方面的风险挑战明显增多。在此背景下，保障国家粮食安全、增强风险防控能力尤为重要。党的二十大报告提出，全方位夯实粮食安全根基，树立大食物观，发展设施农业，构建多元化食物供给体系。2022年，中央农村工作会议强调，保障粮食和重要农产品的稳定安全供给始终是建设农业强国的头等大事。

粮食、油料、糖料、蔬菜、水果等种植业产品是保障我国粮食安全的关键。①在供给端，我国粮食生产实现“十九连丰”，粮食产量从1978年的 3.05×10^8 t增至2022年的 6.87×10^8 t。油料产量从1978年的 5.22×10^6 t增至2022年的 3.65×10^7 t，糖料产量从1978年的 2.38×10^7 t增至2022年的 1.14×10^8 t，蔬菜产量从1995年的 2.57×10^8 t增至2021年的 7.75×10^8 t，水果产量从1978年的 6.57×10^6 t增至2021年的 3×10^8 t^[1]。②在需求端，在2020年全国人均膳食能量来源结构中，动物性产品的供能占比为15.1%，而种植业产品的供能占比为84.9%^[2]，其中粮食为42.7%、食用植物油为23.7%、水果为7.2%、食糖为6.2%、蔬菜为5.1%。种植业的发展支撑了我国由“吃得饱”到“吃得好”的历史性转变，促进了居民膳食质量的逐步提升^[3,4]。

在全面建成小康社会后，我国居民膳食结构继续转型升级，口粮需求将呈下降趋势，饲料粮、水果、蔬菜等种植业食物需求将保持快速增长态势^[2]。与此同时，受制于“人多地少”的基本国情，我国种植业发展受到资源环境压力、极端气候环境冲击等的约束^[5-7]，面临着国际地缘政治格局不稳、贸易保护主义抬头、世界粮食市场及贸易秩序受到干扰等输入性风险^[8,9]。这些因素都构成我国种植业未来

发展、食物安全保障的挑战。

粮食是保障食物安全的最重要产品，油料是我国进口量最大的农产品，这两类种植业产品一直是我国食物安全研究的重点主题^[10-15]。然而，在大食物观下，油料、糖料、蔬菜、水果等种植业产品在保障我国粮食安全方面的研究还相对较少。为此，本文重点关注种植业对我国食物安全的保障战略，兼具学术研究和决策参考价值。首先，基于统计数据、中国农业产业模型（CASM）预测数据开展基准预测，对当前和基准方案下的2035年、2050年种植业食物供求形势进行判断；其次，针对基准预测覆盖不到的领域，对我国种植业食物安全面临的挑战进行进一步讨论；最后，基于基准预测结果和风险挑战研判，提出新时期种植业保障我国食物安全的战略构想与对策建议。

二、新时期种植业供需形势预测

（一）方法与数据

依据局部均衡理论构建的局部均衡模型是国际上常用的模拟预测农产品供需形势的方法，包括经济合作与发展组织（OECD）和联合国粮食及农业组织（FAO）的AGLINK-COSIMO模型、美国农业部的食物和农业政策模拟模型（FAPSIM）、国际食物政策研究所（IFPRI）的农产品贸易政策分析国际模型（IMPACT）、日本国际农林水产业研究中心的国际食物和农业政策模拟模型（IFPSIM）、北京大学中国农业政策研究中心的中国农业政策分析和预测模型（CAPSiM）、中国农业科学院的中国农产品监测预警系统（CAMES）和CASM等^[16,17]。相关模型的理论基础和求解思路基本一致，但在研究国别（或地区）、品种设置、参数和情景模拟方案等方面存在差异。理论上，上述模型均适用于本文的

种植业供需预测，但由于部分模型并非开源或商业模型，因此本文利用CASM，以2021年为基期，对2035年和2050年我国种植业供需形势进行预测^[2]。

作为政策模拟分析工具，CASM可以模拟政策变化和外界冲击对我国农产品市场的影响，涵盖农作物、畜产品及其加工品等33种产品（如稻谷、小麦、玉米、大豆、马铃薯、其他等粮食作物，油菜籽、花生2种油料作物，棉花、蔬菜、水果、甘蔗、甜菜5种经济作物，猪肉、牛肉、羊肉、鸡肉、鸡蛋、奶类、水产品7种畜产品，糖、豆粕、豆油、菜籽粕、菜籽油、花生粕、花生油7种加工品，能繁母猪、商品猪、其他猪、能繁母牛、商品牛、其他牛6种活动物），建立了不同产品之间的相互联系，模拟了农产品市场（如生产、消费、贸易、库存和价格）的运行机制。该模型由国内供给、国内需求和外生国际市场价格共同决定国内价格，当市场出清时，实现市场均衡（模型方程和主要内生变量、外生变量见《中国农业产业发展报告2021》^[2]）。与种植业发展密切相关的技术进步、我国政府设定的产业发展目标等影响因素通过技术进步增长率等参数在模型中可以得到体现。该模型已应用于模拟分析病虫害、国际冲突导致的粮价波动、玉米大豆带状复合种植等政策措施对我国种植业产业发展的影响^[18-20]。

本文以2021年为基期，结合“大豆振兴计划”等我国设定的产业发展目标来设定技术进步增长率等参数。基期产量数据均来自国家统计局、贸易数据均来自海关总署、国内外价格数据与需求数据来自各行业统计信息和模型开发团队的判断，各品种的基期供求平衡表见《中国农业产业发展报告2021》^[2]。本文研究基于2021年宏观经济背景，宏观外生变量的发展速度假定如下：①经济增速逐步放缓，GDP增长率在2021—2025年为5.42%~5.88%，在2026—2030年为4.9%~5.32%，在2031—2035年为4.43%~4.8%；在2036—2050年为2.5%~4.15%；②农村居民收入增速快于城镇居民，2035年城乡人均收入增速分别为3.81%、3.07%；2050年城乡人均收入增速分别为1.94%、2.41%；③人口总量先增长后递减，2035年达到14.3346亿人，2050年达到13.7598亿人；城镇化率在2035年为74.1%，2050年将增至80.2%。综上，本文开展的种植业供需预测是在宏观经济和农业产业中性发展的前提下开展的。

受篇幅所限，本文未对比展示运用CASM分析

的2022年全部农产品的供需预测结果和2022年实际统计数据。以种植业产品产量为例，运用CASM分析得出的2022年粮食、油菜籽、花生、蔬菜、水果、棉花、糖的预测结果和2022年实际统计数据的差距绝对值分别为0.31%、4.74%、0.75%、3.76%、3.76%、4.17%，均小于5%，表明模型预测结果的可信度较高。由于面向2035年和2050年的食物供需预测研究相对较少，多数研究报告了2030年的粮食作物预测结果，因此本文对比分析了各机构或学者的2030年粮食作物供需预测结果如表1所示。需要说明的是，由于基期供求平衡表和农业政策导向、弹性等模型参数、基准模拟方案的外生变量增长率存在差异，不同模型预测结果的对比不能作为评判模型优劣的唯一标准。

（二）2035年、2050年我国粮食供需形势预测

根据CASM分析，未来我国粮食供求缺口将进一步扩大。2030年，粮食供求缺口峰值将达到 1.66×10^8 t（见表2）。2035年、2050年，我国粮食需求总量将分别达到 8.95×10^8 t、 9.25×10^8 t，国内产量将分别为 7.33×10^8 t、 7.64×10^8 t，净进口量将分别达到 1.62×10^8 t、 1.61×10^8 t，粮食自给率分别为81.93%、82.59%。相较于2021年，粮食总需求量将分别增加 0.52×10^8 t、 0.82×10^8 t，国内产量将分别增加 0.5×10^8 t、 0.81×10^8 t，净进口量保持在 1.61×10^8 ~ 1.63×10^8 t，粮食自给率分别提高0.97%、1.63%。

2035年、2050年，我国谷物（包括稻谷、小麦和玉米）的总需求量分别为 6.85×10^8 t、 6.95×10^8 t，国内产量分别为 6.47×10^8 t、 6.65×10^8 t，净进口量将分别达到 0.38×10^8 t、 0.30×10^8 t，谷物自给率分别为94.45%、95.73%（见表2）；同时，口粮（包括稻谷和小麦）的总需求量分别为 3.48×10^8 t、 3.35×10^8 t，国内产量分别为 3.45×10^8 t、 3.33×10^8 t，净进口量将分别达到 0.03×10^8 t、 0.02×10^8 t，口粮自给率分别为99.02%、99.52%。

因此，2035年、2050年，我国仍有能力确保“谷物基本自给，口粮绝对安全”，粮食净进口主要集中于大豆和玉米。具体来看，2035年、2050年的大豆净进口量分别为 0.96×10^8 t、 1.04×10^8 t，自给率分别为30.52%、34.55%；玉米净进口量预计分别为 0.35×10^8 t、 0.28×10^8 t，自给率将分别降至89.72%、92.19%（见表3）。

表1 主要机构或学者的2030年我国粮食作物供需预测结果

(单位: $\times 10^8$ t)

农产品	项目	本文研究团队	OECD-FAO ^[21]	美国农业部 ^[22]	PRIMAFF ^[23]	农业农村部 ^[24]	黄季焜等 ^[25]
稻谷	国内产量	2.07	1.53 [#]		1.50 [#]	2.10	1.94
	总需求量	2.09	1.56 [#]		1.51 [#]	2.13	1.97
	净进口量	0.02	0.03 [#]	0.03 [#]	0.02 [#]	0.03	0.03
小麦	国内产量	1.39	1.36		1.43	1.44	1.27
	总需求量	1.45	1.43		1.49	1.49	1.30
	净进口量	0.05	0.07	0.09	0.06	0.05	0.03
玉米	国内产量	2.91	2.97		3.09	3.19	2.71
	总需求量	3.24	3.05		3.19	3.26	3.24
	净进口量	0.34	0.08	0.20	0.10	0.07	0.54
大豆	国内产量	0.31	0.21		0.22	0.33	0.19
	总需求量	1.30	1.22		1.24	1.20	1.48
	净进口量	0.99	1.01	1.27	1.02	0.87	1.29

注: #表示大米; 由于四舍五入, 国内产量+净进口量与总需求量的值可能存在不一致的情况; 由于美国农业部仅公布农产品净进口量的预测结果, 故其国内产量和总需求量数据未体现。

表2 2035年、2050年我国粮食供需预测结果

农产品	项目	2021年	2035年	2050年
粮食	国内产量/ $\times 10^8$ t	6.83	7.33	7.64
	净进口量/ $\times 10^8$ t	1.61	1.62	1.61
	总需求量/ $\times 10^8$ t	8.43	8.95	9.25
	自给率/%	80.96	81.93	82.59
谷物	国内产量/ $\times 10^8$ t	6.22	6.47	6.65
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.42	0.38	0.30
	总需求量/ $\times 10^8$ t	6.64	6.85	6.95
	自给率/%	93.74	94.45	95.73
口粮	国内产量/ $\times 10^8$ t	3.50	3.45	3.33
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.13	0.03	0.02
	总需求量/ $\times 10^8$ t	3.63	3.48	3.35
	自给率/%	96.35	99.02	99.52

注: 粮食包括稻谷、小麦、玉米、大豆、其他粮食。由于四舍五入, 国内产量+净进口量与总需求量的值可能存在不一致的情况。

(三) 2035年、2050年我国油料供需形势预测

2021—2050年, 我国油菜籽的总产量略有增长, 总需求量将呈增长趋势, 净进口量将保持增长。2035年、2050年, 我国油菜籽总产量将保持在 0.14×10^8 t, 需求量将分别达到 0.17×10^8 t、 0.18×10^8 t, 净进口量预计分别增至 0.03×10^8 t、 0.04×10^8 t, 自给率分别降至82.13%、78.39% (见表4)。2021—2050年, 花生的总产量将呈增长趋势, 总需求量将继

表3 2035年、2050年我国玉米和大豆供需预测结果

农产品	项目	2021年	2035年	2050年
玉米	国内产量/ $\times 10^8$ t	2.73	3.02	3.32
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.28	0.35	0.28
	总需求量/ $\times 10^8$ t	3.01	3.37	3.60
	自给率/%	90.58	89.72	92.19
大豆	国内产量/ $\times 10^8$ t	0.16	0.42	0.55
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.96	0.96	1.04
	总需求量/ $\times 10^8$ t	1.13	1.38	1.59
	自给率/%	14.53	30.52	34.55

续增长, 净进口量也将保持增长。2035年、2050年, 我国花生总产量将达到 0.2×10^8 t的水平, 需求量将分别达到 0.21×10^8 t、 0.22×10^8 t, 净进口量预计稳定在 0.02×10^8 t, 自给率分别降至91.82%、92.57% (见表4)。

(四) 2035年、2050年我国蔬菜供需形势预测

2021—2050年, 我国蔬菜的总产量将呈增长趋势, 总需求量保持增长态势, 净出口量将保持下降, 直至2040年达到最低值, 之后将有所回升, 但回升幅度不大。2035年、2050年, 我国蔬菜产量均为 7.52×10^8 t, 需求量均为 7.52×10^8 t, 净出口量预计分别达到 0.03×10^8 t和 0.05×10^8 t, 自给率保持在100% (见表4)。预测结果表明, 未来我国蔬菜产业将保持平稳增长态势, 能够保障我国居民对蔬菜的需求。

（五）2035年、2050年我国水果供需形势预测

我国水果产业将保持增长态势，同时净进口量也将逐步减少并转为净出口。2021—2050年，水果的总产量和总需求量均呈增长态势，净进口量将先保持增长，在2027年达到峰值，之后将不断下降，2043年开始变为净出口。2035年、2050年，我国水果产量将分别达到 3.21×10^8 t、 3.38×10^8 t，需求量将分别达到 3.24×10^8 t、 3.38×10^8 t，水果净进口量将在2035年达到 0.04×10^8 t，在2050年将变为净出口（出口量为 0.05×10^8 t），自给率分别为98.81%、100%（见表4）。

（六）2035年、2050年我国糖供需形势预测

2021—2050年，我国糖的总产量略有下降，总需求量将继续增长，净进口量将保持增长。2035年、2050年，我国糖总产量将保持在 0.1×10^8 t，需求量将分别达到 0.16×10^8 t、 0.17×10^8 t，净进口量预计分别增至 0.06×10^8 t、 0.07×10^8 t，自给率分别降至63.18%、59.38%（见表4）。

表4 2035年、2050年我国其他种植业产品供需预测结果

农产品	项目	2021年	2035年	2050年
油菜籽	国内产量/ $\times 10^8$ t	0.14	0.14	0.14
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.02	0.03	0.04
	总需求量/ $\times 10^8$ t	0.16	0.17	0.18
	自给率/%	88.33	82.13	78.39
花生	国内产量/ $\times 10^8$ t	0.18	0.20	0.20
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.01	0.02	0.02
	总需求量/ $\times 10^8$ t	0.19	0.21	0.22
	自给率/%	95.30	91.82	92.57
蔬菜	国内产量/ $\times 10^8$ t	7.59	7.52	7.52
	净进口量/ $\times 10^8$ t	-0.15	-0.03	-0.05
	总需求量/ $\times 10^8$ t	7.59	7.52	7.52
	自给率/%	100.00	100.00	100.00
水果	国内产量/ $\times 10^8$ t	2.96	3.21	3.38
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.03	0.04	-0.05
	总需求量/ $\times 10^8$ t	3.00	3.24	3.38
	自给率/%	98.84	98.81	100.00
糖	国内产量/ $\times 10^8$ t	0.10	0.10	0.10
	净进口量/ $\times 10^8$ t	0.04	0.06	0.07
	总需求量/ $\times 10^8$ t	0.14	0.16	0.17
	自给率/%	72.20	63.18	59.38

注：由于四舍五入，国内产量+净进口量与总需求量的值可能存在不一致的情况。

三、新时期种植业保障我国粮食安全面临的挑战

由于宏观经济和农业产业发展受国际形势、极端天气、重大政策调整等不可预测因素影响较大，致使模型预测结果仅可以用作对种植业供需形势的基准判断，为此，本文从国际环境、自然灾害、重大疫情、“双碳”与资源约束等方面进行进一步讨论新时期种植业保障我国粮食安全面临的挑战，以弥补模型预测的不足。

（一）国际贸易环境稳定性受到挑战，利用国际市场调节国内供需的难度加大

我国农业贸易体量大，已成为全球第一大农产品进口国和第二大农产品贸易国。在国际贸易市场中，我国粮食等重要农产品的进出口贸易占据着重要地位。根据海关总署和FAO的统计数据，2020年我国的大豆进口量为 1×10^8 t，占全球大豆出口总量的62%。我国已深度融入国际农业价值链，但由于缺乏定价权、供应链掌控力等因素，一旦全球贸易变动将迅速波及国内供需与价格。此外，逆全球化思潮抬头、贸易摩擦不断等因素，加剧了国际贸易的不可控性和突发性，利用国际市场调节国内供需难度将进一步加大。我国在国际贸易市场上的地位和影响力虽已不断提升，但也面临着更多的不确定性和挑战，需要采取有效措施予以应对。

（二）粮食主产区与生态脆弱区高度重合，灾害大范围暴发的风险较大

目前，全球气候正在经历以变暖为主要特征的变化过程，温度升高改变了农业生产环境条件，使作物种植结构和布局发生了变化。积温带北移有利于高纬度地区作物的生长发育^[26]，但气候变暖趋势使我国农业生产遭受的病虫害侵袭更加广泛、相关危害的程度更深^[27]，且气象灾害也更频发^[28]，致使农业生产风险和成本增加。研究表明^[29]，气温每增长1℃，我国玉米单产将下降1%~10.9%、稻谷单产将下降6.1%~18.6%。根据《中国气候变化蓝皮书（2020）》^[30]，1951—2019年，我国平均气温每10年升高约0.24℃，升温速率高于同期世界平均水平，极端高温事件也显著增加；此外，年累计暴雨日数平均每10年增加约3.8%，极端强降水事件也

呈增多趋势，而平均年降水日数趋于减少。极端高温与极端降水事件多发频发将不利于我国粮食主产区作物的种植，影响我国食物安全。

从我国粮食生产情况来看，粮食主产区既是重要的粮食产品供给区域，又是生态脆弱区。目前，东北地区的黑土地侵蚀沟数量快速增长，水土流失、退化现象严重，土壤有机质含量下降明显^[31]；华北平原由于地下水超采已经成为世界上最大的地下水“漏斗区”^[32]，农业生产用水面临制约，这些粮食主产区的生态脆弱性易引发大面积自然灾害，给粮食安全生产带来较大隐患。

（三）疫情、地区冲突等突发事件冲击全球种植业产品供应链的完整性

全球范围重大疫情的发生对世界各地农业食物系统的供应链造成了严重冲击，致使产生全球粮食危机的风险不断攀升。受新型冠状病毒感染疫情（新冠疫情）影响，部分国家采取贸易管控措施限制农产品的进口，增加了利用国际市场保障国内供给的不确定性风险；疫情蔓延引发全球各国恐慌性囤积食品，为了保障粮食供应充足，不少国家启动了国家库存计划，增加粮食储备；一些主要粮食出口国出台限制或禁止粮食出口的措施。这也暴露出全球食物系统存在食物供需平衡长期偏紧、全球食物储备利用率不高等问题^[33]。

全球经济因疫情而出现衰退，加剧了世界粮食安全与营养形势的严峻程度。疫情全球大流行导致进口来源不稳定和国际市场价格大幅上涨，显著提高了我国农产品的进口成本^[34]。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%，接近于2007—2008年全球粮食危机时期的价格涨幅。新冠疫情、地区冲突、极端天气等原因对经济的冲击，正在使亿万人陷入严重的粮食不安全境地^[35]。未来，类似新冠疫情的全球性流行疫情仍有可能重现，全球种植业产品供应链的完整性面临挑战。

（四）“双碳”战略目标对种植业生产提出了更高要求

农业农村是重要的温室气体排放源。2019年，我国来自农业农村的碳排放总量为 1.5×10^9 t，占全国碳排放总量的10%以上^[36]。在“双碳”战略目标的约束下，种植业需采取有效措施，减少碳排放，

提高农田、草地的固碳增汇能力。例如，通过保护性耕作、秸秆还田、有机肥施用以及人工种草等措施提升农田草地有机质，增强温室气体吸收和固定二氧化碳的能力。但是，这些措施的实施必然需要加强农业生产投入，并且部分技术操作繁琐，带来劳动力投入和生产成本的增加，从而抬高了种植业农产品的“成本地板”。目前，我国粮食生产的重心已逐渐向东北、黄淮海和长江中下游等三大主产区集中，但这些地区分别面临着黑土地保护、黄河流域生态保护与地下水超采、长江生态环境保护等环境压力，带来了粮食等种植业农产品生产保障和环境保护之间的矛盾。因此，亟需寻求种植业可持续发展路径，采取科学合理的农业生产方式，保护生态环境，提高农业生产效益。

（五）耕地数量不断减少、重心北移及熟制下降致使粮食增产压力增大

一是我国耕地数量不断减少且叠加质量退化，在有限的耕地资源下实现粮食增产的压力不断增大。2019年，我国耕地面积为 1.28×10^8 hm²，比2011年减少了 7.38×10^6 hm²，减幅为5.45%^[37]。尽管近年来我国实施了一系列耕地数量保护政策，但耕地数量减少的趋势仍未根本扭转，粮食增产压力较大。二是粮食生产重心逐渐北移，区域粮食生产与水资源生产力之间配置不平衡的问题凸显，尤其是北方粮食主产区的粮食增产面临挑战。据第三次全国国土调查数据，2019年，我国北方地区的河北、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南及新疆等粮食主产省份的耕地面积合计为 6.84×10^7 hm²，占全国耕地总面积的53.52%，比2010年高5.76个百分点^[38]；与2010年相比，2019年中国北方8个粮食主产省（区）的耕地面积增加了 3.82×10^6 hm²，增幅为5.92%。南方地区的耕地面积普遍呈下降趋势，其中，东南沿海地区的浙江、海南、福建等省份的耕地面积在2010—2019年降幅较大^[38]。三是种植制度变化使粮食增产难度提高。根据我国农业熟制区划中37个农业区理论熟制的上限、中限和下限值与相应农业熟制区的耕地面积^[39]，计算得到了1980—2020年全国平均熟制变化情况（见图1）。结果表明，全国平均熟制总体呈现下降趋势，通过扭转熟制下降趋势进而增加我国粮食产量的难度不断提高。

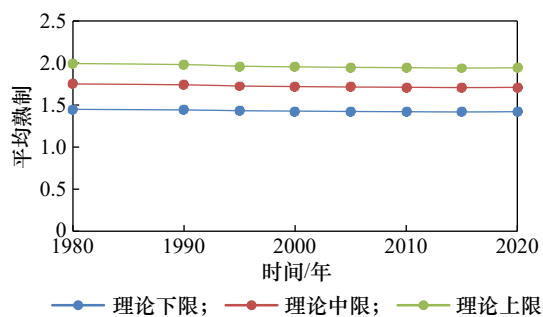


图1 1980—2020年我国平均熟制变化情况

四、新时期种植业保障我国粮食安全的战略构想

综合CASM预测结果和种植业产业发展面临的风险挑战，我国粮食和重要农产品的保供压力依然存在，耕地和种植业产品种植面积的扩大难度较大，有必要通过科技进步和体制机制创新以提高单产水平及提升稳定供给能力。此外，在国际形势日趋复杂和全球种植业产品供应链受到冲击的背景下，有必要通过消费结构引导、蛋白替代等措施降低对饲料粮和油料作物的进口依赖；有必要坚持大食物观，统筹发展口粮、饲料粮、油料、糖料、蔬菜和水果等种植业产业，满足我国居民膳食结构转型升级过程中对各类食物的消费需求。据此提出新时期种植业保障我国粮食安全的战略构想，包括基本原则、战略举措、重大工程三个方面。

（一）基本原则

一是坚持稳定供给数量和适应消费结构并重原则。统筹保证供给和适应结构，实行藏粮于地、藏粮于技，抓住种子和耕地两个要害，持续提升产能，保障粮食等重要农产品供给安全。同时，在多目标平衡中抓重点，准确研判消费需求变化，立足资源禀赋调整优化种植结构，有保有压，在优先确保粮食、油料、糖料、果蔬等重要种植业产品数量供给的同时，持续推进供给侧结构性改革，构建适应新阶段新格局的区域布局、产品结构和品质结构。

二是坚持立足国内生产和利用国际市场相结合原则。立足我国资源禀赋实际和保障粮食基本自给的两大前提，坚持底线思维，增强风险意识，补齐种植业生产短板，全面提升种植业产品供给保障能力，挖掘释放国内种植业生产潜能，提升种植业保障粮食安全的能力，维持种植业产品的高水平自给

率。开拓国际进口渠道，加强与国际种植业产品在生产和加工方面的合作，推动食物进口多元化，丰富国内种植业产品供给。

三是坚持保障安全与低碳生产兼顾原则。遵循绿色发展理念，正确处理保障安全与低碳减排的关系。坚守水资源红线和生态保护红线，推广低碳、减碳生产方式，优化食物生产布局，提高规模化集约化水平，确保国家食物安全和主要农产品有效供给。加快种植业生产方式绿色低碳转型，提高水、肥、药等投入品的利用效率。在提升种植业产品供给水平的同时，实现种植业节本增效统一、生产生态协调。

四是坚持强化科技支撑与创新体制机制双轮驱动原则。充分依靠科技进步和农业农村体制机制改革，打造现代种植业生产体系，提升种植业保障国家粮食安全的能力。强化科技创新在种植业保障我国粮食安全中的重要支撑作用，突破粮食高产、优质、高效的制约瓶颈，推进品种培优、品质提升、品牌打造和标准化生产。创新经营方式，加快发展多种形式适度规模经营，健全农业专业化、社会化服务体系，大力提升全产业链现代化生产经营能力和食物保供能力。

（二）战略举措

一是开展种植业产品生产能力提升和结构优化。保护耕地面积，提升耕地质量，严守18亿亩耕地红线，全面提高农田基础设施建设水平，提高建设标准，加快建设步伐，做到“农田就是农田，而且必须是良田”。明确国内生产发展优先序，分品种明确重要农产品保障战略，优先确保粮油等必保产品的生产；将水稻和小麦作为必保品种，稳定玉米生产，增加大豆生产。优化种植业生产布局。立足农业资源禀赋和市场需求，明确区域发展定位和主攻方向，构建优势区域布局，充分利用光热条件提升复种指数。

二是注重资源高效利用与低碳生产推进。在种植业生产中重视资源的保护和高效利用，加强农业环境保护，推广绿色、低碳的生产方式。深入开展食物产地环境保护工作，推进食物产地污染监测与分级管理工作，推进耕地污染管理与修复。从源头预防、过程控制和末端治理等环节入手，闭环管理农业面源污染定位检测，推进生物农药替代化学农

药和农药包装废弃物回收工程，推进农村废弃物资源化利用。推广高效生态循环农业模式，建设种植业绿色发展示范区。

三是积极进行消费结构引导与健康观念培育。在粮食消费多元化、开放型市场大环境下，积极开展爱粮节粮的宣传和引导，增强公众爱粮节粮和健康消费意识，抑制粮食不合理消费和浪费，提高居民的健康水平和营养水平。同时，加大对具有特殊保健价值种植业产品的宣传，使民众充分了解食物中有益成分构成和功能效应，实现优质优价，激励高品质种植业产品生产。

四是加强农业科技创新与装备支撑。提升农业科技自主创新能力，实施农业关键核心技术攻关行动，加快突破生物种业、智能装备、绿色发展等领域关键技术瓶颈，加强农业领域国家重大科研基础设施建设，加快先进实用技术集成应用。大力发展现代种业，完善农业种质资源保护利用体系，加大植物新品种保护力度；开展良种重大科研联合攻关，培育具有国际竞争力的种业龙头企业；深入实施现代种业提升工程，建设国家级制繁种基地。着力推进种植业机械化转型升级，加快主要作物生产全程机械化，开发推广新型智能农机装备，对丘陵山区农田进行“宜机化”改造，推动无人农场示范建设。

五是实施新型经营主体创新。加快农业组织与制度创新，因地制宜地发展多种形式的适度规模经营，在严格保护耕地的同时，积极稳妥地推进土地流转，采取灵活多样的方式实现种植业适度规模经营。加快要素市场改革，创新体制机制，促进要素更多地向农业农村流动，为新型经营主体提供更多的物质基础和人才支持。加快建立现代种植业经营体系，以家庭农场、农民合作社为重点，以龙头企业为引领，培育扶持新型经营主体，赋予双重经营体制新的内涵，促进小农户与现代农业发展有机衔接。

（三）重大工程

一是实施种植业科技创新工程。科技是引领种植业高质、高效发展的重要工具，必须加强种植业科技创新，提高种植业科技应用水平。在加强财政对种植业科技创新投入基础上，建立以财政资金为主导的稳定且可持续的科技投入机制。统筹布局一

批重点实验室、工程技术中心等重大科技创新平台，重点支持种植业新品种选育、耕地地力保护、油料作物和蔬菜水果生产技术研发等方面科技创新。在健全原有的农技推广体系基础上，探索构建以高等院校为依托，“农科教”相结合的农业科技推广服务模式。

二是实施种植业产品质量提升工程。优质、绿色种植业产品是保障食物营养安全的重要一环，必须不断提高种植业产品供给的质量，建设绿色、优质种植业产品生产基地，打造具有“三品一标”认证的种植业产品品牌，不断提高优质产品供给能力。大力发展高品质种植业产品加工业，增加优质农产品加工品种供给，强化油料深加工技术研发。积极开发粮油副产品综合利用，大力发展无公害、绿色、有机果蔬产品加工。

三是实施种植业生态保护工程。绿色发展是农业高质量发展的关键环节，也是我国种植业发展质量的重要体现。大力发展绿色有机的种植业产品，减少资源过度消耗和化学品投入，促进生产生态协调，解决当前种植业生产面源污染严重、化肥农药投入超量等生态问题。严禁对土地资源的掠夺式经营利用，制止有可能加速水土流失和土壤退化进程的农业产业化项目及生产经营方式的实施。发展具有较高产业层次与技术水平的深度加工产品，提高种植业产品绿色加工能力。

四是实施蛋白替代工程。蛋白质是食物的重要来源，从食物摄入的蛋白来源主要有肉类食品、蛋类、奶类以及植物蛋白，其中动物蛋白是居民蛋白的主要摄入来源。当前，在饲料供应紧张，尤其是蛋白饲料供应不足的情况下，对大豆等供需严重失衡的蛋白饲料进行替代是保障食物安全的重要途径。为此，积极开展蛋白替代工程，在适宜的区域种植蓖麻、葛根、黄棒菜、辣木、苜蓿、食叶草、苕麻、委陵菜、苋菜、油莎豆、羽扇豆等蛋白替代作物，缓解蛋白饲料不足对蛋白质摄入的制约。

五、对策建议

（一）坚持“口粮绝对安全、谷物基本自给”总体战略

稳定粮食主产区的生产面积和产量，推动粮食主销区和产销平衡区保持一定的粮食自给率，确保

粮食有效供给安全。进一步健全粮食生产价格、补贴、保险和奖励“四位一体”支持政策体系，加大中央财政对粮食主产区的财政支持和奖励力度，将所有粮食主产区县纳入完全成本和收入保险范围。强化主产区种粮农民增收预期，稳定主产区粮食生产面积和产量；建立健全粮食主产区和主销区利益补偿机制，对粮食主销区和产销平衡区粮食自给率提出具体要求并发掘生产潜力保障一定粮食生产面积和产量，确保各区域粮食基本有效供给安全。

（二）分区域制定产业发展优先序

平衡口粮、饲料粮、油料、糖料、蔬菜和水果需求，引导种植业形成合理布局，根据不同作物生产优势区域制定区域产业发展优先序列，实现产业合理布局 and 有限土地资源的高效利用。例如，在大豆和油料优势产区，大力发展大豆和油料作物，选育优良品种，推广玉米大豆带状复合种植，多措并举，扩大种植面积，提高产量；考虑将新疆作为扩大花生种植面积的主战场，增加棉花花生轮作播种面积，减少棉花重茬的同时，可提高花生粕和花生油产量。

（三）加快补齐农业基础设施与科技短板

在补齐农业基础设施短板方面，加快推进和提 升高标准农田建设，提高高标准农田的投入强度和建设标准，精准落实高标准农田建设管理责任，推动高标准农田建设与“两区”划定挂钩，真正达到“旱涝保收”的生产条件。健全现代化粮食和生产资料储备体系，有效应对自然风险和市场风险，进一步加强中央和地方在粮食与生产资料储备设施现代化建设的监管力度，从“既要算经济账，又要算政治账”的角度设定合理的储备水平。在突破农业科技瓶颈上，大力发展现代种业，加强农作物种质资源收集保存和创新利用，加快选育重点作物优质高产抗逆新品种。加大种植业关键核心技术和装备研发力度，突破一批“卡脖子”技术。推进以农机农艺融合为重点的配套技术和智能装备研发和应用，推动粮食作物与主要经济作物生产全程机械化，提高农业机械化水平。加强农业科技社会化服务体系建设，增加农业科技服务有效供给，提高农业科技服务效能。

（四）健全重大危机应对战略体系

强化重大自然灾害、病虫害、国际禁运等重大危机应对战略技术、方案的前瞻性研究和设计，健全国家食物重大危机应对战略体系。在战略技术应对方面，加快种子科研攻关力度，在低碳发展、投入减量的背景下研发节本增产、抵御风险的技术。加强短季、耐储备作物品种研发、快速集成生产配套技术等技术储备。制定不同类型、不同程度重大危机下，种植业保障食物安全的应对方案，如在重大自然灾害下，制定分区域分品种的应对方案，统一部署高产作物生产，保障基本需求。对于进口依存度高的品种（如大豆）面临国外封锁断供情况下，可采用人工合成技术、蛋白来源替代等战略储备技术的应急方案。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: June 19, 2023; **Revised date:** August 27, 2023

Corresponding author: Wang Xiudong is a research fellow from the Institute of Agricultural Economics and Development of Chinese Academy of Agricultural Sciences. His major research fields include food security and industrial economics. E-mail: wangxiudong@caas.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Research on National Food Security Strategy under the New Situation” (2021-XBZD-08)

参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴 2022 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook 2022 [M]. Beijing: China Statistic Publishing House, 2022.
- [2] 中国农业科学院. 中国农业产业发展报告 2021 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2021.
Chinese Academy of Agricultural Sciences. China agricultural sector development report 2021 [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2021.
- [3] 樊胜根. 大食物观引领农食系统转型, 全方位夯实粮食安全根基 [J/OL]. 中国农村经济, 2022 (12): 14–19[2023-09-04]. <https://doi.org/10.20077/j.cnki.11-1262/f.2022.12.004>.
Fan S G. Big food concept leads the transformation of agricultural food system and strengthens the foundation of food security in all aspects [J/OL]. Chinese Rural Economy, 2022 (12): 14–19[2023-09-04]. <https://doi.org/10.20077/j.cnki.11-1262/f.2022.12.004>.
- [4] 王济民, 张灵静, 欧阳儒彬. 改革开放四十年我国粮食安全: 成就、问题及建议 [J]. 农业经济问题, 2018 (12): 14–18.
Wang J M, Zhang L J, Ouyang R B. China's food security in the past 40 years of reform and opening-up: Achievements, problems and suggestions [J]. Issues in Agricultural Economy, 2018 (12):

- 14–18.
- [5] 黄季焜, 胡瑞法, 易红梅, 等. 面向 2050 年我国农业发展愿景与对策研究 [J]. 中国工程科学, 2022, 24(1): 11–19.
Huang J K, Hu R F, Yi H M, et al. Development visions and policies of China's agriculture by 2050 [J]. *Strategic Study of CAE*, 2022, 24(1): 11–19.
- [6] Zhang Z, Chen Y, Wang P, et al. Spatial and temporal changes of agro-meteorological disasters affecting maize production in China since 1990 [J]. *Natural Hazards*, 2014, 71(3): 2087–2100.
- [7] Wang Z H, Yin Y L, Wang Y C, et al. Integrating crop redistribution and improved management towards meeting China's food demand with lower environmental costs [J]. *Nature Food*, 2022, 3(12): 1031–1039.
- [8] 朱晶, 李天祥, 臧星月. 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.
Zhu J, Li T X, Zang X Y. Emerging challenges and coping strategies in China's food security under the high-level opening up [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2021 (1): 27–40.
- [9] 张露, 罗必良. 贸易风险、农产品竞争与国家农业安全观重构 [J]. 改革, 2020 (5): 25–33.
Zhang L, Luo B L. Trade risk, agricultural product competition and reconstruction of China's agricultural safety concept [J]. *Reform*, 2020 (5): 25–33.
- [10] 刘旭, 王济民, 王秀东, 等. 粮食作物产业的可持续发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2016, 18(1): 22–33.
Liu X, Wang J M, Wang X D, et al. Study on sustainable development strategy of food crops industry [J]. *Strategic Study of CAE*, 2016, 18(1): 22–33.
- [11] 闫琰, 王东阳, 王济民, 等. 国际化绿色化背景下国家区域食物安全可持续发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2019, 21(5): 10–18.
Yan Y, Wang D Y, Wang J M, et al. National and regional food security and sustainable development against the backdrop of internationalization and greenization [J]. *Strategic Study of CAE*, 2019, 21(5): 10–18.
- [12] Guo Y X, Chen Y F, Searchinger T D, et al. Air quality, nitrogen use efficiency and food security in China are improved by cost-effective agricultural nitrogen management [J]. *Nature Food*, 2020, 1(10): 648–658.
- [13] Cui K, Shoemaker S P. A look at food security in China [J]. *NPJ Science Food*, 2018, 2: 4.
- [14] 刘长全, 韩磊, 李婷婷, 等. 大食物观下中国饲料粮供给安全问题研究 [J]. 中国农村经济, 2023 (1): 33–57.
Liu C Q, Han L, Li T T, et al. The security of feed grains supply in China from the perspective of a big food concept [J]. *Chinese Rural Economy*, 2023 (1): 33–57.
- [15] 朱文博, 韩昕儒, 问锦尚. 中国大豆生产自给的潜力、路径与挑战 [J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2022 (3): 122–135, 207.
Zhu W B, Han X R, Wen J S. The potential, path and challenge of soybean production in China [J]. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition)*, 2022 (3): 122–135, 207.
- [16] Han X, Chen Y, Wang X. Impacts of China's bioethanol policy on the global maize market: A partial equilibrium analysis to 2030 [J]. *Food Security*, 2022, 14: 147–163.
- [17] Xu S W, Li G Q, Li Z M. China agricultural outlook for 2015–2024 based on China agricultural monitoring and early-warning system (CAMES) [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14(9): 1889–1902.
- [18] 王晓君, 张玉梅, 孙炜琳, 等. “虫口夺粮”保安全: 风险威胁及应对策略——基于病虫害风险对粮食安全潜在影响的模拟分析 [J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(8): 11–21.
Wang X J, Zhang Y M, Sun W L, et al. Potential impact of disease and pest risk on food security and its countermeasures [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(8): 11–21.
- [19] 刘丽, 孙炜琳, 王国刚. 高水平开放下国际粮食价格波动对中国农产品市场的影响 [J]. 农业技术经济, 2022 (9): 20–32.
Liu L, Sun W L, Wang G G. The impact of international food price fluctuation on China's agricultural products market under the high-level opening up [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022 (9): 20–32.
- [20] 张姝, 王晓君, 吕开宇, 等. 菽玉真的不可兼得吗: 带状复合种植对玉米大豆生产的影响研究——基于局部均衡模型的模拟分析 [J]. 农业技术经济, 2022 (9): 4–19.
Zhang S, Wang X J, Lyu K Y, et al. Can soybean and corn food security really not be achieved at the same time: A study on the effects of maize-soybean strip intercropping systems on maize and soybean production: Simulation analysis based on the partial equilibrium model [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022 (9): 4–19.
- [21] The Organization for Economic Co-operation and Development, Food and Agriculture Organization of the United Nations. OECD-FAO agricultural outlook 2023–2032 [M]. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development Publishing, 2023.
- [22] Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. USDA Agricultural Projections to 2032 [M]. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, 2023.
- [23] 農林水産政策研究所. 2030 年における世界の食料需給見通し——世界食料需給モデルによる予測結果 [M]. 东京: 農林水産省, 2021.
Policy Research Institute of Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. World food supply and demand projection to 2030—Results of the projection using the world food supply and demand model [M]. Tokyo: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2021.
- [24] 农业农村部市场预警专家委员会. 中国农业展望报告(2022—2031) [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2022.
Market Early Warning Expert Committee of Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China agricultural outlook (2022—2031) [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2022.
- [25] 黄季焜, 解伟. 中国未来食物供需展望与政策取向 [J]. 工程管理科技前沿, 2022, 41(1): 17–25.
Huang J, Xie W. China's future food supply and demand: Perspectives and policies [J]. *Frontiers of Science and Technology of Engineering Management*, 2022, 41(1): 17–25.
- [26] Intergovernmental Panel on Climate Change. In climate change 2014—Impacts, adaptation and vulnerability: Part A: Global and sectoral aspects: Working group II contribution to the IPCC fifth assessment report [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

- [27] Wang C Z, Wang X H, Jin Z O, et al. Occurrence of crop pests and diseases has largely increased in China since 1970 [J]. *Nature Food*, 2022, 3(1): 57–65.
- [28] Food and Agriculture Organization of the United Nations. The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017 [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
- [29] Tao F, Zhang Z, Yokozawa M. Dangerous levels of climate change for agricultural production in China [J]. *Regional Environmental Change*, 2011, 11(1): 41–48.
- [30] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2020) [M]. 北京: 科学出版社, 2020.
CMA Climate Change Centre. blue Book on climate change in China (2022) [M]. Beijing: Science Press, 2020.
- [31] 唐亮, 吴东立, 苗微, 等. 东北地区食品安全可持续发展战略研究 [J]. *中国工程科学*, 2019, 21(5): 19–27.
Tang L, Wu D L, Miao W, et al. Sustainable development of food security in Northeast China [J]. *Strategic Study of CAE*, 2019, 21(5): 19–27.
- [32] 黄峰, 杜太生, 王素芬, 等. 华北地区农业水资源现状和未来保障研究 [J]. *中国工程科学*, 2019, 21(5): 28–37.
Huang F, Du T S, Wang S F, et al. Current situation and future security of agricultural water resources in North China [J]. *Strategic Study of CAE*, 2019, 21(5): 28–37.
- [33] 陈志钢, 詹悦, 张玉梅, 等. 新冠肺炎疫情对全球食物安全的影响及对策 [J]. *中国农村经济*, 2020 (5): 2–12.
Chen Z G, Zhan Y, Zhang Y M, et al. The impacts of COVID-19 on global food security and the coping strategy [J]. *Chinese Rural Economy*, 2020 (5): 2–12.
- [34] 李先德, 孙致陆, 贾伟, 等. 新冠肺炎疫情对全球农产品市场与贸易的影响及对策建议 [J]. *农业经济问题*, 2020 (8): 4–11.
Li X D, Sun Z L, Jia W, et al. Impacts of COVID-19 on global agricultural market and trade and its countermeasures [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020 (8): 4–11.
- [35] Food Security Information Network, Global Network against Food Crises. 2021 global report on food crises [M]. Rome: Food Security Information Network, 2021.
- [36] 曾贤刚, 余畅, 孙雅琪. 中国农业农村碳排放结构与碳达峰分析 [J]. *中国环境科学*, 2023, 43(4): 1906–1918.
Zeng X G, Yu C, Sun Y Q. Carbon emission structure and carbon peak of agriculture and rural areas in China [J]. *China Environmental Science*, 2023, 43(4): 1906–1918.
- [37] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村重要经济指标 [EB/OL]. [2023-05-10]. <http://zdscxx.moa.gov.cn:8080/nyb/pc/index.jsp>.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the people's Republic of China. Important economic indicators of agriculture and rural areas [EB/OL]. [2023-05-10]. <http://zdscxx.moa.gov.cn:8080/nyb/pc/index.jsp>.
- [38] 中华人民共和国自然资源部, 国务院第三次全国国土调查领导小组办公室. 第三次全国国土调查数据报告 [M]. 北京: 地质出版社, 2023.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China, Office of the Third National Land Survey Leading Group of the State Council. Third national land survey data report [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2023.
- [39] 徐新良. 中国农田熟制遥感监测数据集 [EB/OL]. [2023-07-10]. <https://www.resdc.cn/DOI/DOI.aspx?DOIID=42>.
Xu X L. Remote sensing monitoring data set of cropland in China [EB/OL]. [2023-07-10]. <https://www.resdc.cn/DOI/DOI.aspx?DOIID=42>.