

2024 中国与全球 食物政策报告



大食物观引领构建多元化供给体系 推动农食系统转型

2024 中国与全球食物政策报告



中国农业大学全球食物经济与政策研究院
地址:中国北京市海淀区清华东路17号
电话:+86 10 6273 7177



浙江大学中国农村发展研究院
地址:中国浙江省杭州市余杭塘路866号浙江大学紫金港校区创意A楼
电话:+86 571 8898 1522



中国疾病预防控制中心营养与健康所
地址:中国北京市西城区南纬路27号
电话:+86 10 6623 7298



农业农村部食物与营养发展研究所
地址:北京市海淀区中关村南大街12号
电话:+86 10 82105179



国际食物政策研究所
地址:美国华盛顿特区西北部街1201号
电话:+1 (202) 862-5600



世界资源研究所
地址:中国北京市东城区东环广场A座7层K-M室
电话:+86 10 6416 5697



食物和土地利用联盟
地址:中国北京市东城区东环广场A座7层K-M室
电话:+86 10 6416 5697



美国环保协会北京代表处
地址:中国北京市东城区安定门东大街28号雍和大厦C座501
电话:+86 10 64097088



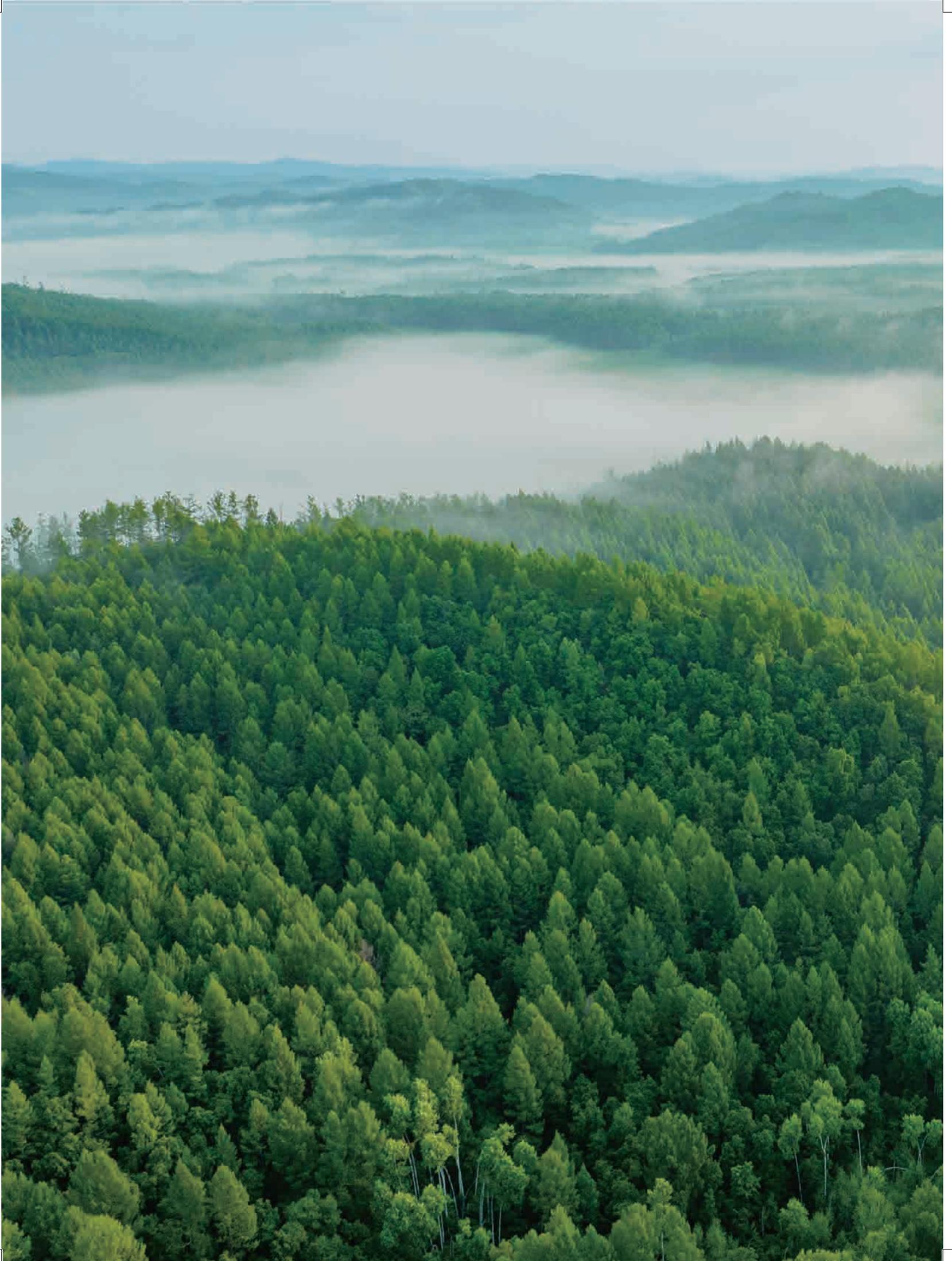
中国农业大学全球食物经济与政策研究院
浙江大学中国农村发展研究院
中国疾病预防控制中心营养与健康所
农业农村部食物与营养发展研究所
国际食物政策研究所
世界资源研究所
食物和土地利用联盟
美国环保协会北京代表处





目 录

| | |
|---|------|
| 序 言..... | v |
| 陈锡文 | |
| 序 言..... | vii |
| 孙其信 | |
| 序 言..... | ix |
| 钱克明 | |
| 致 谢..... | xi |
| 概 要..... | xiii |
| 樊胜根 陈志钢 赵文华 司 伟 | |
| 1. 大食物观引领农食系统转型，构建多元化食物供给体系 | 2 |
| 孟 婷 樊胜根 龙文进 | |
| 2. 大食物观下不同食物来源优化模拟分析 | 12 |
| 张玉梅 樊胜根 田 旭 龙文进 冯晓龙 刘潇璐 兰向民 陈志钢 | |
| 3. 新型替代蛋白：挖掘未来健康可持续食物的潜力 | 26 |
| 袁之名 张玉梅 兰向民 龙文进 樊胜根 | |
| 4. 践行大食物观，开发“中游环节”食物与营养资源 | 38 |
| 王晶晶 殷继永 薛 莉 高海秀 丁心悦 | |
| 谭玦力 张 昕 谭 斌 董志忠 王黎明 | |
| 5. 促进食物进口多元化和食物供应保障 | 54 |
| 林发勤 赵天惠 田 旭 陈志钢 | |
| 附 中国农业大学全球食物经济与政策研究院简介及 历年中英文《中国与全球食物政策报告》 | 65 |





2024 中国与全球 食物政策报告



大食物观引领构建多元化供给体系
推动农食系统转型





序 言

全面建设社会主义现代化国家，最艰巨最繁重的任务仍然在农村。探索农业农村现代化的中国方案，是时代的使命，是历史的重托。食物保障、生态保育、文化传承是乡村独有的三大功能，确保三大安全是国之所安的底线思维问题。建设农业强国的首要任务是增强自身粮食和重要农产品的供给保障能力。在迈向全面建设社会主义现代化国家的征程中，如何确保中国粮食和食物供给的安全，已成为保障总体国家安全必须解决好的一个突出问题。

尽管中国粮食不断增产，口粮自给有余，但饲料以及油、糖、肉、奶等重要食物的供给都存在缺口；加上人口规模巨大，且正处于生活水平不断提高阶段，对高质量食物的需求还在不断增长；农产品区域之间的供求矛盾日渐突出，粮食供求中的品种结构依然不平衡，中国粮食供给仍处于总量不足、结构性矛盾突出的状态。总的来看，中国的人地关系决定了粮食供求将长期处于紧平衡状态，对于中国这样一个人口大国来说，即便做到了“口粮绝对安全”，也不能高枕无忧；要增强忧患意识，坚持底线思维，确保国家安全的需要。

习近平总书记指出：“老百姓的食物需求更加多样化了，这就要求我们转变观念，树立大农业观、大食物观，向耕地草原森林海洋，向植物动物微生物要热量、要蛋白，全方位多途径开发食物资源”。大食物观，基础是粮食。在坚持将粮食安全作为首要任务的同时，处理好与其他食物的关系。中国食物供给的软肋主要在口粮以外的其他食物，要在确保口粮绝对安全的前提下，着力改善其他食物的供给状况。既要向耕地要粮食，还要将目光从耕地资源拓展向整个国土资源，宜粮则粮、宜经则经、宜牧则牧、宜渔则渔、宜林则林，因地制宜发展设施农业，构建多元食物供给体系。同时，必须合理利用国际农业资源和国际农产品市场；但要看到，国际食物产业链和供应链都存在着越来越大的不确定性。

在此背景下，以“大食物观引领构建多元化供给体系，推动农食系统转型”为主题的《2024 中国和全球食物政策报告》体现了时代性和前瞻性，体现了大食物观和大农业观思维。报告以数据和模型为基础，重点围绕不同食物来源优化、新型替代蛋白产业发展、“中游环节”食物与营养资源、食物进口多元化等展开研究。报告继续体现了跨学科、多部门、国际视野与中国实践紧密结合的特点，相关建议可为决策者、研究者、行业人员、消费者提供重要参考。报告将进一步促进中国树立和践行大食物观、大农业观，推动中国构建多元化食物供给体系，同时也为世界食物安全提供中国方案。

第十三届全国人大常委
农业与农村委员会主任委员





序 言

改革开放以来，中国食物供给显著增加，用全球 9% 的耕地养活了近 20% 的人口，成功地解决了十几亿人口的吃饭问题，实现了由“吃不饱”到“吃得饱”的历史性转变，在消除饥饿、保障粮食安全方面取得了举世瞩目的成就。随着经济发展和收入水平的提高，居民逐渐从“吃饱”向“吃得多样”和“吃得健康”转变，对食物的多样性和品质也提出了更高要求。但是，当前中国食物供给体系仍面临粮食产量占比高、膳食结构不均衡，食物生产高度依赖耕地资源，食物供需不匹配，食物结构性短缺、国际进口持续上升等多重挑战，无法满足人们日益强烈的对营养、可持续、多样化食物的需求。习近平总书记在对“三农”工作作出的重要指示中强调，“要树立大农业观、大食物观，农林牧渔并举，构建多元化食物供给体系”。因此，亟需树立大食物观理念，探讨如何挖掘和优化食物供给来源、推动构建可持续的多元化食物供给体系。

我校讲席教授樊胜根领衔的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共同撰写出版《2024 中国与全球食物政策报告》，主题聚焦大食物观引领构建多元化供给体系，推动农食系统转型。该报告基于中国的实践案例、数据和综合模型，以中国居民健康膳食需求为导向，重点围绕多元化食物来源、“中游”环节食物与营养资源开发、新型替代蛋白、多元化食物进口等方面开展系统性、多学科交叉研究，助力推动构建可持续的中国多元化食物供给体系。这是研究院连续四年围绕农食系统转型开展研究并发布系列旗舰报告。相信今年的报告一定会和之前的报告一样引起全球范围的政策制定者和研究者的广泛关注与讨论。

2024 年的报告指出，需要以居民健康膳食需求为导向，建立跨部门协调机制，强化支持政策、制度、科技与国际合作的支撑，从生产、加工、流通、消费等各环节共同发力，推动农食系统供应链变革，为充分保障多元化食物供给奠定坚实基础。该报告的发布不仅能为中国推进多元化食物供给体系建设提供决策参考，也为全球农食系统转型提供中国方案。未来，学校将一如既往的坚决扛起“国字号”农大的使命和责任，继续发挥多学科交叉的研究优势与特色，开展农业前沿研究，通过多种途径提升新质生产力引领农业强国建设，更好地为实现粮食安全、乡村振兴等国家多元发展战略贡献农大力量。

孙其信

中国工程院院士
中国农业大学校长





序 言

当前，世界经济增长动能不足、地区热点问题频发，我国农业与食物系统（以下简称“农食系统”）面临的外部环境变得越发复杂严峻。在这种不确定性的背景下，保障国内粮食安全及居民营养健康膳食需求已成为农食系统转型的重要目标和艰巨任务。我国依靠仅占世界 9% 的耕地和 6% 的淡水资源，养育了占世界近 1/5 的人口，这既是一个奇迹，也是一个挑战。我国每天需要消耗大约 70 万吨粮食、9.8 万吨食用油、192 万吨蔬菜和 23 万吨肉。为了满足如此庞大的消费需求，迫切需要构建一个可持续的多元化食物供给体系。这不仅是顺应食物结构转型升级、应对粮食安全挑战的必然选择，也是满足人民日益增长的美好生活需要的重要途径。

2024 年中央一号文件再次强调，“树立大农业观、大食物观，多渠道拓展食物来源。”可以说，“大食物观”关系到千家万户的“菜篮子”和“米袋子”。近年来，“大食物观”已深入人心，粮食概念已从狭义的谷物扩展至所有可食用的食物，并更加注重膳食营养的均衡摄入；居民的消费习惯也在向吃得好、吃得营养、吃得健康转变。这一转变促进了食物供给从单一生产模式向多元化供给的调整，并推动了食物获取途径从单纯依赖耕地资源拓展到山水林田湖草沙。因此，在未来，农食系统转型需要进一步念好“山海经”，唱好“林草戏”，打好“果蔬牌”，建好“海洋牧场”，扩大“绿色粮仓”，才能确保农食系统行稳致远，最大限度提高各类资源的利用效率和生产潜力，为推动农业强国和增强食物供给韧性提供明确方向。

为此，中国农业大学樊胜根讲席教授领衔的全球食物经济与政策研究院，与国内外多家研究机构合作，共同撰写并出版了以“大食物观引领构建多元化供给体系，推动农食系统转型”为主题的《2024 年中国与全球食物政策报告》。该报告一如既往地聚焦于农业与食物系统的前沿问题，基于数据和实证研究，采用系统思维和跨学科的研究方法，深入探讨了优化食物来源、提高食物生产潜能，以及保证食物营养质量和可持续供应的可行路径。报告强调了替代蛋白的开发潜力及其对环境保护和食品安全的积极影响，科学论证了发展植物基蛋白、细胞培养肉等替代产品不仅可以减轻对传统农业资源的依赖，还能有效降低温室气体排放。这些具有探索性和创新性的未来食物有望在中国人的餐桌上扮演更加重要的角色。此外，报告还关注到食物供给链中游环节的开发和优化，聚焦营养强化食品 and 全谷物食品的潜在市场需求。这些措施将直接影响到食物供应链的运行效率和居民膳食结构的改善，对提升全民健康水平具有重要意义。相信 2024 年报告的出版将会进一步推动我国农食系统向营养健康、绿色低碳、高质高效、有韧性和包容性的方向转型，为政策制定者和研究者提供重要的参考，并产生广泛的社会影响。

钱克明

中国农业科学院研究员
商务部原副部长





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、72261147471、72361147521）、国家自然科学基金面上项目（72373143、72073128）、国家自然科学基金青年项目（72103188、72203214）、国家社科基金重大项目（22&ZD085、22&ZD086）、清华大学中国农村研究院研究课题（CIRS2023-4）、中央高校基本科研业务费专项（2024TC012、2024TC070）、中国农业大学农食系统绿色低碳转型国际合作项目以及中国农业大学国家级创新团队经费的资助。特此致谢！

感谢世界资源研究所（World Resources Institute）、粮食和土地利用联盟（Food and Land Use Coalition）、美国环保协会北京代表处（Environmental Defense Fund）等国际机构的支持。

在本报告完成过程中，感谢钱克明、陈萌山、王韧、黄季焜、张林秀、赵文华、高均凯、徐乐俊、谭斌、郭顺堂、杨晓光、孔祥斌、解伟等专家学者提供了极具建设性的意见与建议；感谢徐大平、柏兆海、宁攸凉、朱保庆、赵荣等专家对报告第二章的完善提供的大力帮助与支持；感谢李健、王玫琦、梁焯、刘芳等专家学者对报告第三章的修改提供的宝贵建议。感谢刘红波老师对报告文字的校对，感谢许佳伟、毛戈平和杨慧同学在第一章的助研工作和协助，感谢蔡倩、张向阳、朱雨晨、黄馨恬等同学对第二章的重要协助，感谢程诗钧同学对第三章提供的帮助，感谢韩承斌、李又强和李纪检等同学在第五章中出色的助研工作。

最后，感谢全球食物经济与政策研究院全体工作人员的辛勤付出！





概 要

当前全球食物与营养安全形势仍然严峻，多重危机叠加，饥饿和食物不安全问题不断加剧。受到气候冲击、地区冲突、通胀压力等多重风险的影响，加之各国经济复苏缓慢，居民收入和食物购买力下降，全球饥饿和多种形式的营养不良态势仍然远高于疫情爆发前的水平。《2023 世界粮食安全和营养状况》报告显示，2022 年全世界受到饥饿影响的人数约为 6.91 至 7.83 亿人，中度或重度粮食不安全发生率高达 29.6%，其中约有 9 亿人处于重度粮食不安全状况。此外，由于世界各地人们获取健康膳食的能力减弱，全球超过 31 亿人无力负担健康膳食。

在多重风险叠加的复杂影响中，全球气候变化和自然资源的挑战尤为凸显，严重阻碍了全球各国在对抗饥饿和营养不良方面的进展。气温升高、降水集中、极端天气与自然灾害频发等气候变化导致了水土资源退化和生态多样性降低，进而带来土地肥力下降、病虫害频繁、生态系统稳定性减弱。这些问题严重影响到农业与食物系统的生产和供给能力，对食物与营养安全造成风险。此外，气候变化和资源环境挑战还通过影响农业与食物的国际和地区贸易、国际食物市场供给与价格稳定产生广泛影响，并可能给人类营养与健康带来新的风险。值得注意的是，由于资源不足和气候适应能力受限，气候变化和自然资源挑战对广大发展中国家，尤其是对脆弱群体的冲击更为显著。

面对艰巨挑战，国际社会和世界多国积极推动农业食物系统（简称农食系统）转型，以保障食物与营养安全，实现全球可持续发展目标。国际方面，联合国食物系统峰会自 2021 年首次举办后，每两年召开一次。2023 年在罗马举行的峰会主题是综合评估当前转型进程，以推进建设可持续、平等、健康和有韧性的农食系统。2023 年《联合国气候变化框架公约》第 28 届缔约方会议（COP28）首次以食物为主要议题，并发布了建设韧性农食系统应对气候变化的宣言。国际社会已达成共识，即农食系统必须转型，在全球、区域、国家和社区层面更具韧性，食物供给应来自多种资源，以满足人们日益增长的健康和营养需求。国内方面，党的二十大报告明确指出，“树立大食物观，发展设施农业，构建多元化食物供给体系”。2023 年底，中央经济工作会议和农村工作会议再次强调要“树立大农业观、大食物观，农林牧渔并举，构建多元化食物供给体系”。多元化食物供给体系的提出，旨在更好满足地人民美好生活的需要，同时贯彻落实大食物观提出的新要求。2024 年 6 月 1 日施行的《中华人民共和国粮食安全保障法》明确指出，“保障国家粮食安全应当树立大食物观，构建多元化食物供给体系，全方位、多途径开发食物资源，满足人民群众对食物品种丰富多样、品质营养健康的消费需求”。

过去几十年，中国在消除饥饿、抗击贫困和保障粮食安全方面取得了令人瞩目的成绩，为全球食物安全作出了重要贡献。然而，面对新时期的多元发展目标，中国当前的食物供给体系仍面临供给方式相对粗放、营养导向不足、供给效率低和供需匹配结构不合理等挑战。首先，高投入高产出的农业食物供给方式过度依赖耕地资源，造成了巨大的资源压力和环境负担。其次，食物供给的营养需求导向不足，供给体系存在严重的“跑冒滴漏”现象，中游环节的营养与食物供给效率低，食物损失和浪费严重。此外，食物供给与需求的联动性弱、匹配不足，部分食品品类如大豆、肉类、玉米等的进口逐年增加，食物贸易逆差压力增大。传统的粮食安全观更多侧重于粮食供给和数量安全，对营养健康需求和供需结构平衡重视不足，无法满足居民对营养可持续食物的日益增长需求。因此，亟需推动中国农食系统转型，系统重构与改革食物供给体系。



多元化食物供给体系的提出，立足于中国国民经济发展全局，契合当前国际发展新形势，有助于实现粮食安全、营养健康、绿色低碳和共同富裕等国家重大发展目标。然而，在构建中国多元化食物供给体系的过程中，应如何以营养健康需求为导向，挖掘未来食物供给潜力，合理开发与综合利用多种食物生产资源？如何提升效率、优化结构，统筹国内外市场，并制定相应的农业食物政策？这些都是本报告力图重点解决的问题。本报告由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）、中国疾病预防控制中心（CCDC）营养与健康所（NINH）、农业农村部食物与营养发展研究所（IFND）、国际食物政策研究所（IFPRI）、世界资源研究所（WRI）、食物和土地利用联盟（FOLU）、美国环保协会北京代表处（EDF）等单位共同发起，并联合出版了《中国与全球食物政策报告》（简称“报告”）。2021–2023 年度报告依次研究了农食系统转型的未来方向、如何改革与优化中国农业支持政策，以及如何构建适合中国的可持续健康膳食模式。

本年度报告在前三年的基础上，以供给体系为研究对象，突出“营养导向”与“系统思维”，从资源、效率、结构、贸易等角度深入分析如何构建中国多元化食物供给体系，以满足消费者日益多元化、更加营养健康的食物消费需求，并推动可持续农食系统转型。报告基于多学科合作研究、数据分析与政策模拟，突出国际视野与中国实践的紧密结合，旨在为政策制定者、研究者、农食系统从业者等提供系统、科学、前沿的决策与研究参考。

本报告的第一章在分析中国和全球食物安全状况与趋势的基础上，总结当前食物安全面临的主要挑战，深入阐述多元化食物供给体系的内涵和特点，并提出构建多元食物供给体系的政策路径。第二章以健康膳食需求为导向，测算森林、草原和江河湖海、设施农业和未来食物等多元化食物供给渠道的生产潜力，并模拟优化食物生产来源的综合影响。第三章聚焦植物基蛋白、细胞培养肉、昆虫蛋白等替代蛋白在中国的发展现状和应用前景，并模拟评估其对食物安全与资源环境的影响。第四章通过对营养强化、全谷物、食物减损三个具体案例的深入分析，探讨食品产业链中游环节在保障食物供应、改善营养水平和提高资源效率方面的重要作用。第五章在分析中国食物进口特征与食物供应风险的基础上，从提升食物进口韧性的视角，探讨多元化进口的稳定性和合作潜力。

本报告得出以下主要发现：

第一，为更好满足地人民群众对多元化、营养健康、环境友好食物的需求，应对食物供给资源单一和供需结构不平衡等挑战，中国亟需构建多元化食物供给体系。随着中国人口数量趋稳和可支配收入的持续上涨，居民对粮食与谷物消费需求降低，对多元化、营养健康和环境友好的食物需求不断提高。然而，中国当前食物供给体系存在过度依赖耕地资源、生产方式较粗放、部分品类进口比例高等结构性问题。

第二，以健康膳食为导向，充分挖掘森林、草原和江河湖海等自然资源，以及设施农业和未来食物等的潜力和优势，不仅能够满足居民多样化的健康膳食需求，还能降低环境影响。2022 年，中国耕地生产的食物占食物能量总量的 83.5%，而森林食物、草原食物、水产品和农区畜产品养殖仅分别占食物能量总量的 4.8%、0.4%、1.5% 和 9.8%。尽管如此，非耕地资源在提供高蛋白、富营养类食物方面发挥着重要作用。在综合开发利用多种生产资源的方案下，森林食物、草原食物、水产品和替代蛋白产品的产量将增加，居民膳食会更健康多样。此举可节约 650 万公顷的耕地种植面积，减少碳排放 1.8 亿吨 CO₂ eq，降幅达 19%。

第三，发展替代蛋白产业，有助于降低畜牧产业供给压力，节约水土资源，减少温室气体排放，从而提高农食系统韧性。如果以植物基肉替代 10% 的猪牛肉产量、细胞肉替代 1% 的猪牛肉产量、植物基奶替代 15% 的奶类产量、昆虫饲料蛋白替代 10% 的豆粕产量，到 2035 年可降低 8.2% 的畜禽肉类和 16.6% 的奶类产量压力，减少对谷物和豆粕类饲用需求分别为 1590 万吨和 923 万吨，同时节约 120 万公顷的耕地种植面积，并降低农业总碳排放 9%。

第四，通过食品强化、全谷物供应和食物减损等中游环节食物供给优化方案，能够提高食物供应链的效率，更有效地利用有限的耕地资源，并带来显著的营养收益。中国在产后处理、储存、加工、运输及销售环节的食物损失总量超过 1.7 亿吨，导致的土地足迹超过 1000 万公顷，蛋白质流失超过 400 吨，



脂肪流失超过 420 吨。食品强化与生物强化食物的开发可有效改善居民微量元素不足，特别对低收入群体有显著作用；提高全谷物供应有助于减少相关疾病的医疗成本，提高粮食资源利用率，并降低碳排放。

第五，中国部分食物进口来源相对集中，进口的稳定性和可靠性有待提升。中国食物贸易呈现出进口增长快于出口的格局，贸易逆差逐年扩大。进口结构不平衡，主要集中在粮食、油料、肉类等重要农产品，占总进口额的 60% 以上。尽管进口集中态势没有改变，但进口来源国有所调整：对美国的依存度在下降，而对巴西、俄罗斯、东盟等国家和地区的依赖在增加。

基于以上研究发现，本报告提出如下对策建议：

一是转型农食系统，推动农食供应链全环节变革，通过科技、政策、商业与国际合作，推进构建多元化食物供给体系。大食物观下的多元食物供给体系为推动全球农食系统转型、更好保障食物和营养安全提供了中国思路。同时，转型农业食物系统是建立多元化食物供给体系的重要途径。构建多元化食物供给体系需要从生产、加工、流通、消费各环节发力，实现全链条统筹与优化。同时，支撑多元化食物供给体系的构建需要在科技、政策、商业和国际合作等领域不断改革与优化。

二是依据大食物观和大资源观，制定构建更加健康和可持续的多元食物生产体系的战略目标，深入研究并优化食物来源的具体方案和路径。促进多种食物资源的适度合理开发，实现生态资源保护与利用并举。政府部门应积极引导企业和科学家等主体深度参与多种食物资源的开发，优化政策支持体系，加大对森林、草原、水域资源、设施农业和未来食物的投资，研发新产品和新技术，将潜力转化为现实的生产力，提升食物生产能力并降低生产成本，使人们能够负担更多健康、生态的可持续食物。

三是供给、需求和政策三端同时发力，推动替代蛋白产业发展。在生产端，要加大研发投入，提升产品品质，降低生产成本，鼓励企业和资本投资该产业，积极推动相关学科的融合。在消费端，要加大宣传力度，引导消费者接受替代蛋白，并针对不同群体制定营销策略。在政策端，要加快完善相关标准和监管体系，统筹规划不同替代蛋白品类的发展，确保产业安全可持续发展，加强各利益相关方的沟通与协调。

四是规范行业标准，加强政策引导和制度激励，借助技术进步推动中游环节食物营养的有效利用。政府部门、加工企业和科研机构应进一步协调合作，通过建立行业标准和规范市场监管等多方举措，优化和完善全谷物与营养强化食品供应链，建立食物损失与浪费评估监管体系。加大对农业科技、食品加工技术和营养科学等领域的研发投入，开发和推广先进技术，提高食物的营养价值和资源利用率。

五是通过产业合作和平台共建等方式，深度参与食物供给体系的全球治理，以提升中国食物多元化的供给，并推进全球粮食与食物安全保障。在保持中国食物贸易政策的稳定性的同时，降低食物领域的贸易壁垒，确保现有的食物贸易供给来源的稳定性。健全食物产业的营商环境，鼓励中国企业参与全球食物产业链合作，增强食物产业的全球竞争能力。同时，不断提升 WTO 与南南农业合作水平，积极参与食物供给体系的全球治理。

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

赵文华

中国疾病预防控制中心营养与健康所

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







1.

大食物观引领农食系统转型， 构建多元化食物供给体系

孟 婷^{1,2} 樊胜根^{1,2} 龙文进^{1,2}

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



主要发现

■ 全球食物安全已不再限于解决温饱问题，而是致力于在减轻资源环境负担的同时，追求营养均衡与膳食健康，并注重提升居民生计，促进社会公平和福利增长。中国的食物安全正在经历一场历史性的转变，朝着“吃得均衡、营养”的方向发展。然而，当前中国食物供需体系存在着一些挑战，包括粮食占比高、膳食结构不均衡、农业生产高度依赖耕地资源、发展方式较为粗放、食物结构性短缺以及国际进口持续上升等问题。

■ 中国未来的食物需求趋势必将更加多元化，更注重营养健康与环境友好。从人口结构来看，人口小幅提前达峰和老龄化程度加深，对粮食与谷物消费需求降低。而从收入趋势来看，随着人均收入的持续提高，居民对多元化、更加营养健康的食物需求不断提高。从社会观念来看，随着社会各界环保意识与观念的加深，对环境友好型食物的需求也将增加。

■ 明确多元化食物供给体系的内涵，需要重点理解供给体系的生产资源、驱动力、资源约束和政策环境等方面。生产资源方面，食物供给系统应当充分利用全方位、多途径的资源。驱动力方面，随着居民对营养健康和可持续食物的需求日益强烈，这一需求正成为推动食物供给体系的重构与优化的动力。环境约束方面，需要系统考虑资源、环境和生态承载力，以实现食物供给体系与生态系统的和谐发展。政策环境方面，应采取多渠道措施推动可持续健康膳食的转型，包括充分发挥政策、宣教、市场干预等工具的作用。

政策建议

■ 大食物观下，构建多元化食物供给体系，为推动全球农食系统转型，更好保障食物和营养安全提供了中国思路；同时，转型农业食物系统也是推进建立多元化食物供给体系的重要途径。为了推动农食系统转型，拓展食物供给体系的生产资源，可以采取以下措施：第一，要充分发挥森林、草原和江河湖海等自然资源的潜力和优势，同时发展设施农业。第二，要加强科技创新和跨学科合作，加强政策和法规对新型替代蛋白的支持，促进植物基蛋白质、细胞培养肉、微生物蛋白、昆虫蛋白等新型替代蛋白的研发和应用。第三，要利用育种、加工等环节的技术，开发“中游环节”食物与营养资源，促进更多元化的食物供给。第四，要促进中国食物贸易多元化布局，实施灵活与精细化贸易政策，积极参与全球食物全产业链合作，营造健全的食物产业的营商环境。这些措施将有助于推动多元化食物供给体系的建设，实现农食系统的转型和提升食物安全与营养安全水平。

■ 推进科技、政策和商业模式创新，共同支撑多元化食物供给体系的构建。科技方面，要推动生物、人工智能、信息技术在农业和食品领域的布局与应用，促进前沿颠覆性技术的研发，科学利用水土及自然资源，提高资源利用效率，并且全面拓展食物来源渠道。政策方面，应增加营养健康食物的生产补贴，建立激励机制鼓励食物供应链主体采纳绿色低碳技术，加强高标准农田建设和农产品供应链等基础设施的建设。商业方面，要促进生态和循环农业，实现农业资源高效利用，强化食物产业和休闲文旅等第三产业的有机融合，创新投融资和合作模式，并鼓励企业与农民建立起紧密合作的利益共赢机制。



1.1 全球和中国食品安全状况与趋势

1.1.1 全球食品安全状况仍面临巨大挑战

自 21 世纪以来，农业与食物生产取得了显著进步，全球食品安全状况持续改善。然而，自 2015 年起，全球食品安全发展进程遭遇重重阻碍，食物不安全与营养不良问题愈发严重。这主要源于气候变化、资源环境退化、地缘冲突以及全球疫情的持续影响等多重挑战。全球气候变化导致极端天气频发，可能引发次生灾害，对食物供给能力造成冲击，降低食物的可获得性并影响食物质量，对农食系统的韧性构成了严峻考验。人类活动导致了土地退化加剧，目前全球约 40% 的土地已经退化，影响了世界一半以上人口的生产和生活。乌克兰危机等地缘冲突的爆发和升级，对全球能源、化肥等原材料以及食物供应链造成了巨大冲击，进一步加剧了全球食品安全状况的不稳定性。此外，新冠疫情后全球经济放缓，国际市场供给波动加剧，食物价格大幅上涨。同时，经济发展下行压力大，导致居民可支配收入减少，加之健康膳食成本上升，使得贫困群体和脆弱人口的食物获取能力进一步恶化。

根据《2023 年世界粮食安全和营养状况》报告，2022 年全世界受饥饿影响的人数约为 6.91-7.83 亿人，尽管比 2021 年减少了 380 万人，但与疫情之前相比仍增加了约 1.22 亿人。更为严峻的是，全球范围内约有 24 亿人无法全年获得营养、安全和充足的食物。特别令人关注的是，五岁以下儿童中，分别有 1.48 亿、4500 万和 3700 万分别面临发育迟缓、消瘦和超重等膳食健康问题。此外，疫情的持续影响导致通胀水平总体上升，居民可支配收入持续缩水，健康膳食成本不断攀升。据统计，2022 年的健康膳食成本相比 2020 年上升了 4.3%，与新冠

疫情之前相比更是上升了 6.7%。这使得亿万民众无法负担健康的膳食。因此，尽管过去两年全球饥饿加剧的态势得到初步控制，但当前全球食品安全状况仍然不容乐观。各国仍需共同努力，解决饥饿、食物不安全以及营养健康问题，为全球民众提供更加稳定、营养和充足的食物供应。

当前，国际社会正致力于推动全球农食系统转型，以应对多重挑战与风险的综合影响，从而更有效地保障全球食物与营养安全，并推动联合国可持续发展目标的实现。这一转型进程在多个重要国际会议上得到了广泛关注和讨论。例如，2021 年联合国食物系统峰会以及联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会（COP15），2023 年联合国气候变化大会（COP28）均将农食系统转型作为核心议题，强调其在应对全球挑战中的关键作用。在中国，政府也高度重视农食系统转型的重要性。党的二十大报告明确指出要树立大食物观，建立多元化食物供给体系，以应对日益复杂多变的国际环境和国内需求。此外，2023 年 12 月，中国通过了《粮食安全保障法》，旨在加强农食系统的风险防范和抵御能力，确保食物的有效供给，从而保障国家粮食与食物安全。这些举措都表明了中国对农食系统转型的高度重视和积极行动，为全球农食系统的可持续发展贡献了重要力量。

现阶段，全球食品安全已经超越了单纯解决温饱问题，而是致力于在减轻资源环境负担的同时，追求营养均衡与膳食健康，并注重提升居民生计，促进社会公平和福利增长，以及推动营养健康与可持续发展等多元目标。在营养方面，国际组织和多个多家已经把营养安全纳入食物安全保障体系，着力提高居民对营养健康食物的购买力。在环境方面，环境可持续被视为食物安全的基石，联合国正通过多项计划，推动气候智能农业与生产供给效率的提



升。而在公平生计方面，食品安全提升项目尤为关注妇女、小农户和低收入群体的生计保障和福利改善。因此，国际社会不断呼吁各国积极参与食品安全国际合作，通过全球治理提升全球农食系统韧性，推动全球可持续食物安全目标的实现，从而加快构建一个更加高效、更健康营养、更可持续且更具包容性的食物系统。

1.1.2 中国食物安全正向着“吃得均衡、营养”历史性转变

自新中国成立以来，中国成功地解决了十几亿人口的吃饭问题，实现了由“吃不饱”到“吃得饱”的历史性转变，在保障食品安全上取得了举世瞩目的巨大成就。现阶段，中国正在向着“吃得好”“吃得营养健康”迈进。中国食物安全发展与食物安全观的演进过程可大致分为以下阶段（樊胜根和孟婷，2024）：

第一阶段（建国 - 改革开放前），居民人均粮食占有量低，食物供给水平处于较低水平，提升主粮供给“数量”是食物安全问题的核心。1949年，新中国刚刚成立，百废待兴，粮食产量仅为1.13亿吨，人均粮食产量为208.9千克，粮食安全面临的最大问题是如何吃得饱。在这一发展阶段，中国全面实行计划经济体制，期间还经历了三年困难时期，物资匮乏、饥荒严重，粮食供给处于较低水平。这一阶段，中国坚持以粮食基本自给为导向的传统粮食安全观，主要目标是提高粮食产量。

第二阶段（改革开放以来 - 2009），粮食供给水平稳步提升，人均粮食占有量超过世界安全线，同时蔬果和肉蛋奶等需求逐步增加，需全面提高主要食品类供给“数量”。1996年《中国的粮食问题》白皮书中明确提出“立足国内资源，实现粮食基本自给”的粮食安全基本方针。同时，随着城镇化的推进及居民收入水平的提高，社会发展目标由温饱转向小康，居民对饮食的追求从“吃得饱”转向“吃得多样”，蔬菜、水果和肉蛋奶需求和消费不断提升。加入WTO后，本身适度进口的发展战略，使我国食物供给更加多元化。伴随改革开放的实行，我国的粮食产量进入了高速增长时期，2012年突破6亿吨，实现了跨越式发展，市场粮食供应充足。

第三阶段（2010 - 2020），各类食物供给充足，人均食物消费需求显著提升，对食物供给的安全性保障和品质提升放在更加重要的地位。自2013年以来，我国的粮食生产一直保持稳定发展，粮食产

量始终保持在6亿吨以上，2015年以来始终维持在6.5亿吨以上。2013年确立了“以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑”的新粮食安全战略，从强调“粮食自给率”转向保障“食物自给能力”，开始适当利用国际市场来保障国内粮食安全。在食物供给稳定的同时，由于居民对食品安全保障和食品质量提升的需求，以及农业资源环境的退化，化肥农药“双减”政策于2015年出台，两品一标食物供给不断增加。

第四阶段（2020 - 至今），居民食物需求更加多元化，食物消费向着结构均衡和营养迈进，食物供给的结构优化和品质提升是这一阶段的主要任务。居民食物需求逐渐转变，从“吃得多样”递进到“吃得均衡、吃得健康”，营养健康逐渐成为第一需求，食物安全面临的问题已由数量不足转向资源约束下的结构性矛盾。2023年中央一号文件指出，“树立大食物观，加快构建粮经饲统筹、农林牧渔结合、植物动物微生物并举的多元化食物供给体系”，从树立大食物观的角度，部署了掌握居民食物结构变化趋势，兼顾粮食充分供给以及肉类、蔬菜、水果、水产品等食物的有效供给的战略要求。这一政策意图通过多元化的食物供给体系，满足居民不同的饮食需求，同时保障食物的品质和安全。

1.1.3 中国食物供需体系存在结构失衡

第一，粮食在农食系统中占比高，居民膳食结构不均衡，多重形式营养不良问题并存。粮食在农业食物系统结构占比高，稻谷、小麦、玉米产量分别为20,849.5万吨、13,772.3万吨和27,720.3万吨，供给占比分别高达30.37%、20.06%和40.38%。粮食对耕地、水资源的占有量远远超过其他作物。2022年粮食作物播种面积为11,833万公顷，占农作物总播种面积的69.7%。农业用水占我国用水总量的60%以上，而其中粮食生产、加工用水占主要份额。然而，当前的粮食供给高比重与居民膳食营养匹配度欠佳。我国居民膳食结构尚不合理，我国居民红肉和谷物消费偏多，水果蔬菜、豆奶类和鱼禽类等还存在摄入不足的情况（中国营养协会，2021）。《中国居民营养与慢性病状况报告（2020年）》指出有超过一半的成年居民超重或肥胖，6-17岁和6岁以下儿童青少年超重肥胖率分别达到19%和10.4%。同时，我国居民人均微量营养素摄入不足，近3亿人处于隐性饥饿状态（刘晓洁等，2023）。

第二，水土资源受限，气候变化影响加剧，



农业生产高度依赖耕地资源，发展方式较为粗放。随着工业化、城镇化加快推进，水土资源短缺与质量恶化并存，中低产田面积约占三分之二，农田灌溉水有效利用系数仅为 0.53，农田土壤污染率接近 20%（胡培松等，2023）。全球气候变化影响下，极端气候增多、自然灾害频发，给农业生产带来严重威胁。例如 2022 年长江流域大范围夏秋连旱对当地农业造成严重影响。随着城镇化的进一步推进，加之过量使用化肥农药的粗放式农业生产方式，我国耕地面积仍在继续减少，耕地质量不断退化。我国耕地复种指数均值已从 2001 年的 1.14 上升至 2018 年的 1.30，部分地区甚至高达 3.00 以上，显示我国农业食物系统过于依赖耕地资源，耕地持续高负荷利用。食物全产业链损失与浪费问题严峻，进一步加重了食物安全保障压力和资源环境负担。我国食物损耗和浪费率合计 22.7%，折合成热量 312 万亿千卡，相当于 3.8 亿人 1 年的营养需求（陈萌山等，2023）。

第三，食物结构性短缺，国际进口持续上升。据海关总署发布的数据，2023 年中国进口粮食总量为 16196 万吨，同比增长 11.7%。居民膳食结构优化、品质提升，优质口粮和肉蛋奶等动物性蛋白消费需求上升，使得我国对优质小麦等高品质食物和大豆等饲料粮的国际市场依赖度增高。自 2004 年以来，我国由农产品净出口国转变为净进口国，粮食等重要农产品净进口数量连年攀升，大豆进口量占比从 2010 年开始就达到并一直保持在 70% 以上，2022 年大豆进口量为 9108 万吨（进口占比为 81.5%）。此外，为满足居民多样化消费需求，我国还大量进口肉类、奶类、水产品等产品，其中 2022 年牛肉进口额占比达到 28.20%。

1.1.4 中国未来食物需求更加多元化、更注重营养健康与环境友好

面对国内外食物安全挑战，深刻把握中国食物需求结构的新变化趋势，不仅有利于从需求端出发发掘多途径的食物资源开发路径，更好地满足人民群众日益多元化的食物消费需求，还能从食物安全角度出发顶层设计出一条生态优先、环境友好、资源节约的可持续发展之路，助力构建食物生产力与生态系统资源承载力平衡的大食物体系。随着经济在三年新冠疫情冲击之后逐步回升，居民对安全营养健康的食物要求越来越高，中国的食物需求结构也随之正在发生深刻的变化。

第一，人口提前达峰和老龄化程度加深，对粮食与谷物消费需求降低。据《世界人口预测 2022》预测，中国人口将在 2022 年达峰后逐年减少，老龄化程度将持续加深。据国家统计局数据，2022 年末全国人口为 141175 万人，较 2021 年减少 85 万人，其中 0-14 岁人口和 15-64 岁劳动年龄人口占总人口比重分别下降 0.5 和 0.1 个百分点，65 岁及以上人口所比重上升 0.7 个百分点。由于老龄人口对谷薯类的需求相对降低，稻谷、小麦等主要口粮作为中国人口日常膳食中最主要的能量和碳水化合物来源，其消费量势必随着人口小幅下调和老龄化程度加深而趋于减少。

第二，随着人均收入的持续提高，居民对多元化、更加营养健康的食物需求不断提高。近年来城乡居民的收入稳步提高，2022 年城乡居民人均可支配收入分别达 49,283 元和 20,133 元，较 10 年前分别提高了 104.3% 和 140.0%。随着收入水平的提高，人们对食品消费结构的需求发生变化，主要表现为对谷物类食物消费量大幅度下降，而高蛋白类食物消费量大幅度上涨。这种转变导致了食物消费模式由以植物性消费为主向动植物性消费并重的多样化消费模式转型，同时加速了粮食需求端饲料粮激增的结构性转变。据统计，中国每年粮食食用消费约 2.5 亿吨，饲料消费约 2.7 亿吨，工业用粮约 1.6 亿吨。

第三，整个社会环保意识与观念加深，对环境友好食物的需求提升，同时相关环境规制与政策愈发严格，社会各方对资源环境的保护更加关注。随着环保意识的逐年提升，以及对与环境污染相关的食品安全问题的关注，居民对食物的生产、包装、运输等各个环节的环保要求也越来越高，对环境友好型食物的需求不断提升。自 2015 年以来，我国实施了化肥和农药“双减”政策、畜禽粪污资源化利用、耕地地力提升行动等一系列政策，农业进入了更加注重绿色和可持续发展的新阶段。与此同时，社会各界包括环境保护机构、社会团队、国际机构等对环境保护和生态资源恢复等更加关注，并积极开展行动。这种情况要求食物生产端加快对化学投入品的使用减量和利用率提升，推动农食企业采用更加环保的生产设备、工艺和包装材料，同时优化整个食物生产和加工环节流程，以降低能源消耗和废弃物产生，减少食物供给过程中的资源环境负担。这些举措有助于推动食物全产业链的可持续发展，促进环境保护和食品安全的双赢局面。



综上所述，全球食物安全风险叠加背景下，在当前中国食物安全向着“吃得好、吃得健康”阶段发展进程中，未来满足居民食物消费多样化和多层次的需求，亟需构建多元化食物供给体系，积极推进农食系统转型。

1.2 多元化食物供给体系的内涵和特点

1.2.1 多元化食物供给体系的内涵

明确多元食物供给体系的内涵，需要从四个方面来理解：生产资源、驱动力、环境约束和政策环境。

第一，供给系统的食物生产资源应当是全方位、多途径的。食物生产资源应当突破耕地限制，充分利用各地资源禀赋，全方位、多途径开发食物资源，宜粮则粮、宜经则经、宜牧则牧、宜渔则渔、宜林则林，形成同市场需求相适应、同资源环境承载力相匹配的现代农业生产结构和区域布局，以满足市场需求和资源环境的匹配，实现各类食物供求平衡。同时，食物供给方式应当多元化，涵盖种植、养殖、食品工业等不同产业，包括农企、农户、新型经营主体等多个主体等多方参与，以及传统与新型业态的批发、零售、直销等方式，形成网络系统，共同构成多元化的食物供给方式。

第二，居民对营养健康和可持续食物的需求日益强烈，这一需求正牵引并驱动食物供给体系的重构与优化。构建多元化食物供给体系应以消费者的食物营养需求为基础，从居民膳食营养结构的健康发展出发，系统考虑不同农产品供给及生产区域布局。因此“以需定产”是多元食物供给体系的核心思想，即根据市场的需求来确定生产的规模和品种，以满足消费者的需求，同时提高农食供给的效率和效益。这种模式的实施需要依赖于农业科技的发展，如数据分析、智能农业等技术。未来农食产品发展将从“吃得饱”的“粮食安全”和“口粮安全”转向“吃得好、吃得健康”的“食物安全”和“营养安全”。为此，多元化的食物供给体系要坚持食物数量与质量并重，建立营养导向型农业生产体系。这需要：一方面研究人口数量与结构、膳食结构变动以及各类就餐习惯，另一方面进行基于居民消费和营养需求数据的食物消费预测。

第三，以资源、环境与生态承载力为约束，寻求食物供给体系与生态系统的和谐发展。食物供给与农业生产高度依赖水土资源和生态系统，要素投

入、供给方式、食物流通、食物浪费都可能对生态环境产生巨大负担。同时，整个农业食物系统排放的温室气体约占总排放的三分之一，对全球气候变化的影响不容忽视。多元化食物供给体系应当尽量减少或避免对资源、环境、生态和气候的不利影响，同时通过转变食物供给方式，重视循环农业、再生农业、减少食物损失与浪费等，促进食物供给系统与生态系统的和谐发展。避免资源浪费与环境污染、提高资源利用效率、降低温室气体排放、注重生态多样性恢复，并提升生态系统稳定性。

第四，多渠道推动可持续健康膳食转型，充分发挥政策、宣教、市场干预等工具的作用。居民食物需求与消费应当以膳食营养与健康为主要目标，注重食物种类多元化和膳食结构的均衡健康。同时，应鼓励采用低碳、环境友好的膳食模式，以减少食物对环境的影响，降低水土和生态资源的负担。在推动食物需求和消费向着可持续的健康膳食转型的过程中，充分利用膳食指南与政策、营养与可持续的膳食模式宣传与推广、食品标签与糖税、碳税等市场干预工具，有效引导与推动居民食物需求理念与消费行为，促进可持续发展和健康生活方式的形成。

1.2.2 大食物观、农食系统转型与多元化食物供给体系的联系

大食物观引领多元化供给体系的构建，成为其重要的理论支撑。多元化供给体系是践行大食物观的重要载体。从更好满足人民美好生活需要出发，大食物观提出要全方位、多途径地开发食物资源，向耕地草原森林海洋要热量、要蛋白，掌握人民群众食物结构变化趋势，不仅要求确保粮食供给，还要保障肉类、蔬菜、水果、水产品等各类食物有效供给。以满足人民对膳食结构的变化和对美好生活的需要。大食物观为多元化食物供给体系指明了方向，强调满足人民膳食需求和追求美好生活的重要性；同时，它也界定了供给体系的范围，不仅包括粮食，还包括肉类、蔬菜、水果、水产品等各类食物。大食物观为多元化食物供给体系提供了构建思路，提倡从各种资源中获取热量、蛋白等所需营养成分，而非局限于耕地作为唯一食物来源。提出全方位、多途径地开发食物资源，向耕地草原森林海洋要热量、要蛋白。另一方面，多元化食物供给体系是践行大食物观的重要载体，明确了多元化食物的生产资源、供给渠道、流通链条等方面的重要性。只有通过系统构建多元化供给体系，才能实实在在实现大食物观的



发展目标，满足人民对谷物、肉类、蔬果和水产品等各类食物的需求和对美好生活的向往。

多元化食物供给体系的构建是转型农食系统的主要途径之一，但这并非唯一的方面。除了从供给体系入手，农食系统转型还包括创新科技研发、转变膳食需求、优化政策系统、重塑市场结构等多个方面。一方面，多元化食物供给体系的构建推动农食系统向着营养健康、绿色低碳、高质高效、韧性和包容性等方向发展，有助于中国实现食物安全和营养健康、双碳目标、共同富裕等多元发展目标。另一方面，农食系统转型是一个复杂的系统工程，除了供给以外，还需要从研发、市场、需求、政策等方面推进转型。尽管多元化食物供给体系的构建与科技研发、膳食需求、支持政策和市场组织息息相关，但多元化食物供给体系更多地侧重于供给端的变革与创新。实现农食系统的全面转型需要各环节、各主体的系统优化和协调。

1.2.3 多元化食物供给体系的特点

与传统粮食供给体系相比，多元食物供给体系呈现出供给对象、资源利用、生产环节、支撑体系的“四个拓展”的特点。

第一是供给对象的拓展，突破传统粮食供给边界，实现向各类食物的延伸与转变。多元化食物供给体系基于粮食供给，并逐步扩展供给范围，不再局限于传统的谷物与主粮范畴，而是包括了谷物、油、肉、蛋、奶、蔬、果、茶等重要农产品及以这些农产品为原料制成的副食品。在自然界中，大食物是“整体”，粮食是“局部”，而主粮甚至是“局部的局部”，多元化食物供给体系实现了由粮食“局部”拓展至食物“整体”的供给范围。这种供给体系的拓展不仅有利于丰富人们的饮食结构，还有助于提高人们的营养水平和健康状况。

第二是资源利用的拓展，充分体现国土资源的多途径开发与全方位利用。随着土地资源的日益紧张，解决吃饭问题已不能单纯依靠有限的耕地。我国拥有 42.62 亿亩林地、39.68 亿亩草地、3.52 亿亩湿地和 5.44 亿亩水域，广阔的国土资源为多元食物供给体系提供了巨大的发展潜力。通过充分利用林地、草地、湿地和水域资源，可以实现食物供给的多元化，不仅有利于提高食物供给的稳定性和可持续性，还可以促进生态环境的保护和恢复。从传统农作物和畜禽资源向更丰富的生物资源拓展，发展生物科技、生物产业，可以进一步提高食物生产的

效率和质量，推动食物产业向更加科技化、智能化的方向发展。这样的发展方向将更好地满足人们对健康、多样化食物的需求，促进食物供给体系的升级和转型。

第三是生产环节的拓展，整合优化生产环节，以协同高效的全链条供应为核心布局。多元化的食物供给体系涵盖了完整的产业链条，从“科研—投入—生产—流通—消费”等各个环节。在此基础上，还进一步向前拓展至微生物资源、动植物种质研发和要素投入，向后延伸至食物流通和消费环节，囊括储运、销售、品牌、体验、消费、服务等各个环节和主体，涉及所有参与者以及相互关联的增值活动 and 环境。同时，通过建立一批产业链条完整、绿色优质高效的粮食安全产业带和农产品产业带作为示范，可以带动整个食物供需系统的提升。这种做法有助于提高食物供需的空间匹配度，减少长途大量运输，降低损耗，实现更可持续的食物供给。这不仅有利于保障粮食安全和食物质量，还能促进农产品的高效利用和资源的可持续利用，从而推动整个食物供给体系向更加环保、高效和可持续的方向发展。

第四是支撑体系的拓展，打破部门壁垒，以双循环系统推动供给体系升级。在经济全球化背景下，全球食物体系面临着大变局和大冲突相互叠加、交织，增加了全球食物体系的风险和不确定性。中国粮食安全与供需平衡面临内部与外部的市场风险和压力。多元化食物供给体系利用国际国内两个市场、两种资源，依托对外开放的制度体系、产业体系及组织经营体系，实现从单一产品国际贸易到资源的国际配置的转变。通过全方位、多渠道地利用国际资源和国际贸易，促进了国际和国内市场双循环，以更为安全稳定的食物供应链维护全球食物安全。这种多元化食物供给体系的建立有助于应对全球食物供给面临的挑战和风险，通过充分利用国际市场和资源，实现了资源的最优配置和食物供给链的多元化，提高了供给链的稳定性和安全性。同时，这也促进了国内市场的发展和食物安全的维护，增强了中国在全球食物体系中的话语权和影响力。

1.3 构建多元化食物供给体系的路径

1.3.1 推动农食系统转型，拓展食物供给体系的生产资源

“大食物观”引领下的食物安全“多维目标”



需要农食系统性视角(樊胜根, 2022)。大食物观下构建多元化食物供给体系为推动全球农食系统转型,更好保障食物和营养安全提供了中国思路;同时,农业食物系统转型是推进建立多元化食物供给体系的重要途径。

第一,发挥多种资源的食物供给能力。当前,中国的食物来源高度依赖于耕地,但种植结构单一,导致居民食物消费结构较为单一。例如,仅稻谷和小麦就占据了食物消费能量来源的一半,这种情况亟需进一步优化。如果不拓展和优化目前的食物生产来源结构,受限于有限的耕地资源,居民对水果、坚果、水产品 and 奶等食物的消费需求难以得到根本有效的满足。为了应对食物需求的挑战,应以健康膳食为导向,根据大食物观理念,优化食物生产来源。这意味着要充分发挥森林、草原和江河湖海等自然资源,利用设施农业和未來食物等技术的潜力和优势。通过这些措施,不仅可以提供更多营养丰富多样化的食物,还可以减少对食物的进口依赖,同时显著缓解耕地资源压力和大幅降低对环境的负面影响。这样的优化措施将有助于建立更加可持续和健康的食物供给体系。

第二,挖掘可替代蛋白的供给潜力。随着全球人口的持续增长和经济发展,肉类消费量的迅速攀升给蛋白质供应带来了巨大挑战,随之而来的健康问题、环境压力以及资源限制等挑战。替代蛋白产业成为减少食物生产对环境的有效方式,可以减少对有限资源的依赖。通过推广植物肉、植物奶、细胞肉以及昆虫作为饲料,旨在合理替代畜禽产品,减小传统畜禽肉类和牛奶养殖压力,同时减少对豆粕等饲料的依赖。据预估,植物基肉、植物基奶、细胞肉产量分别增加 768 万吨、1053 万吨、55 万吨,可以显著替代传统畜产品,猪肉、牛肉分别减少 646 万吨、90 万吨,牛奶减少 702 万吨。为了推动这一转变,需要提升科技创新和跨学科合作,加强政策和法规支持未来食物行业,如可替代蛋白,增强消费者接受度,促进植物基蛋白质、细胞培养肉、微生物蛋白、昆虫蛋白等未来食物的挖掘和推广。这样的转变不仅有利于减少对环境的负面影响,还可以为全球食物供给带来更为可持续和健康的发展方向。

第三,开发“中游环节”食物与营养资源。在食品供应链中游环节环节,尤其是加工环节中,过度加工(包括高盐、高糖、高油和食品添加剂等)

问题是造成微量营养素不足与超重肥胖的营养健康问题的主要原因之一。利用生物、育种、加工等环节的技术,如推动营养强化与全谷物的生产,以提高食物生产效率与营养食品的供应量,实现营养食物“开源”。当前,食物供应链每个环节都存在一定程度的食物损失和浪费,供应链全环节的食物损失浪费不容忽视。在食物系统可持续转型与可持续发展目标下,应关注食物供应链减损和减少食物浪费,降低供应链上营养损失,实现食物资源的“节流”。这样做不仅可以增加食物营养的来源,还有助于减少环境负担和资源浪费。

第四,优化国际食物贸易布局与结构。中国在全球农业开放水平方面处于领先地位,国际粮食市场和海外农业资源已经成为补充国内生产供应和产销缺口不可或缺的重要组成部分。然而,中国的食物进口结构不平衡,以粮食、油料、肉类等重要农产品为主,占总进口额的 60% 以上。同时,中国部分食物进口来源过于集中,尽管对美国依存度在下降,对于巴西、俄罗斯、东盟等的依赖程度在增加,但是进口稳定性和可靠性存在很大挑战。因此,亟需优化中国食物贸易多元化布局,实施灵活与精细化贸易政策,积极参与全球食物全产业链合作,以健全食物产业的营商环境。中国可以与南南合作国家开展深度贸易和投资合作,降低传统食物进口渠道单一的市场风险,可以促进食物种类和来源多元化的供给。通过这些措施,中国可以有效提高食物进口的稳定性和可靠性,降低对特定国家的依赖程度,实现食物进口结构的优化和多元化,为保障食物供给的安全性和稳定性做出积极贡献。同时,这也有助于中国在全球食物贸易中发挥更加积极的作用,推动全球食物贸易体系的发展和完善。

1.3.2 打通食物全产业链,提高食物供给体系的韧性和效率

构建多元化食物供给体系需要农食供应链全环节变革,从生产、加工、流通、消费各环节发力,实现全链条统筹与优化。

第一,筑牢生产环节压舱石。生产是食物供给的基础,需要统筹生产资源,依据不同地区资源禀赋与环境承载力,结合市场需求与区域优势,调整生产布局,保持生态格局的平衡。应根据宜粮则粮、宜经则经、宜牧则牧、宜渔则渔、宜林则林的原则,合理安排作物种植与养殖结构。在推广科技应用方



面，应优化生产制度，实现更高效、环保、可持续的生产方式，保证粮食、肉、蛋、奶、蔬菜、水果等多种食物的充足与均衡供给。这意味着要结合当地资源优势 and 市场需求，推动科技创新，提高农业生产效率和质量，同时注重生态环境保护，避免过度开发和环境污染。通过合理安排作物种植和养殖结构，同时推广现代农业技术和管理模式，可以实现食物生产的多样化和均衡化，为人们提供更加丰富、安全和健康的食物选择。这样的生产方式也有助于保护生态环境和资源可持续利用，实现农业的可持续发展。

第二，找准加工环节着力点。通过合理科学规划加工企业和加工程序，适当延长加工链，引导适度加工。协同推进农食产品初加工和精深加工，提升加工企业的技术水平和创新能力，以特色产品的深度加工开发提高农副产品附加值，延伸产业链、提升价值链，为农业发展拓空间、增优势，实现食物加工的多样化和差异化。同时，特别提出避免食物过度加工，造成微量营养素流失，以及由于过度加工带来水土资源浪费。通过这种方式，可以实现农产品的增值，促进农业产业升级，提高农产品的市场竞争力和附加值。在加工企业和加工程序上进行合理规划和科学管理，能够有效避免过度加工对食物营养价值 and 环境资源的损害，为农业生产和食物供给体系的可持续发展做出积极贡献。

第三，把握流通环节关键点。立足全国食物供给一盘棋战略全局，推广信息化物流，提高信息共享覆盖率和效率，以区域间的合作与交流，实现资源共享、优势互补、产业合作、地区均衡。这种综合的策略能够有效地优化全国食物供给结构，提高资源利用效率，降低运输成本，保障食物供应的质量和安全性。通过信息化物流的推广，可以实现信息的实时共享和传递，提高供需匹配的效率和精准度。同时，通过加强区域间合作与交流，可以实现资源的有效整合和优化利用，促进地区之间的均衡发展。同时，要注重减少食物损失和资源浪费，深入推进运储链条节粮减损，促进储藏、运输技术革新，发展冷链物流。采用科学方式确保食物品质和食品安全，提高健康营养食物的可食化利用率。通过推进运储链条的改进，节粮减损可以有效降低食物损失。发展冷链物流和运输技术革新，可以提高食物的保鲜和品质保障水平。采用科学的管理方式和技术手段，可以提高健康营养食物的可食化利用

率，满足人们对高品质食物的需求。

第四，激活消费环节动力源。消费是食物供给的最终环节，引导消费者形成健康、均衡的饮食习惯至关重要。要通过加强宣传教育，深化消费者的食品营养和安全意识，选择多元化的食物种类，构建合理的膳食结构。同时，倡导厉行节约、反对浪费的理念，鼓励消费者珍惜食物、合理消费，逐步树立并践行绿色消费模式和生活方式，为多元化食物的可持续供给谋长远。这一方面需要加强对消费者的食品知识教育，提高他们的食品营养和安全意识，引导他们在购买和食用食物时做出明智的选择。另一方面，也需要通过宣传和推广节约和反对浪费的理念，引导消费者在生活中节俭合理地使用食物，避免不必要的浪费。同时，还需要倡导绿色消费和生活方式，鼓励消费者选择符合环保和可持续发展理念的食物和产品，以减少对环境的负面影响。这种健康、均衡、节约、环保的消费模式和生活方式，不仅有助于个人健康，也有助于推动社会食物供给体系向着更加可持续和稳定的方向发展。

1.3.3 科技、政策、商业与国际合作，共同支撑多元化食物供给体系

第一，全域拓展食物来源渠道，加强科技研发力度。加快构建多元化食物供给体系，离不开科技研发与创新。一是突破资源限制，拓展食物渠道。根据资源禀赋、生态条件和产业基础，做好科学发展规划，引入互联网、大数据、云平台等科技，开发生产资源，创新管理模式。在保护生态环境前提下，以科技为支撑，大力开发盐碱地、河流、湖泊、海洋、森林、草原等非耕地资源，由耕地资源向整个国土资源要食物。二是提高资源利用，提升食物供给质量。推动生物、人工智能、信息技术在农业、食品领域的布局与应用，催化前沿颠覆性科技研发，科学利用水土及自然资源，提高资源利用效率，生产加工更营养健康、安全美味、高效可持续的“未来食物”。

第二，坚持大食物观引导，创新农食政策工具。未来居民膳食结构将从“吃得饱”转向“吃得好、吃得健康、吃得多样”，应树立大食物观，以大食物观来统筹粮食生产和重要农产品生产，充分发挥政策对构建多元化食物供给体系的扶持与推进作用。扩大食物支持政策的范围，加大对蔬果、禽肉、水产品等优质低碳产品的生产支持，研究出台支持森林食物、饲草食物等生产发展的政策。优化



农业政策支持结构和方向，增加营养健康食物的生产补贴，建立鼓励食物供应链主体采纳绿色低碳技术的激励机制，加强高标准农田建设、农产品供应链等基础设施建设，重点支持食物系统营养健康、可持续发展、韧性和包容性发展。积极拓展与创新政策工具，开发更具针对性的金融服务产品，向新型食物开发企业提供中长期信贷，满足大食物资金开发需求。注重以膳食多元化指导生产多元化，做好居民食物消费数据搜集和预测的基础性工作，科学合理规划食物供给，同时通过食育宣传教育、示范引导、补贴、税收等刺激政策来引导居民采纳适合不同区域和不同人群的平衡健康膳食模式，以促进实现食物供给、居民营养健康和环境可持续发展的多赢目标。

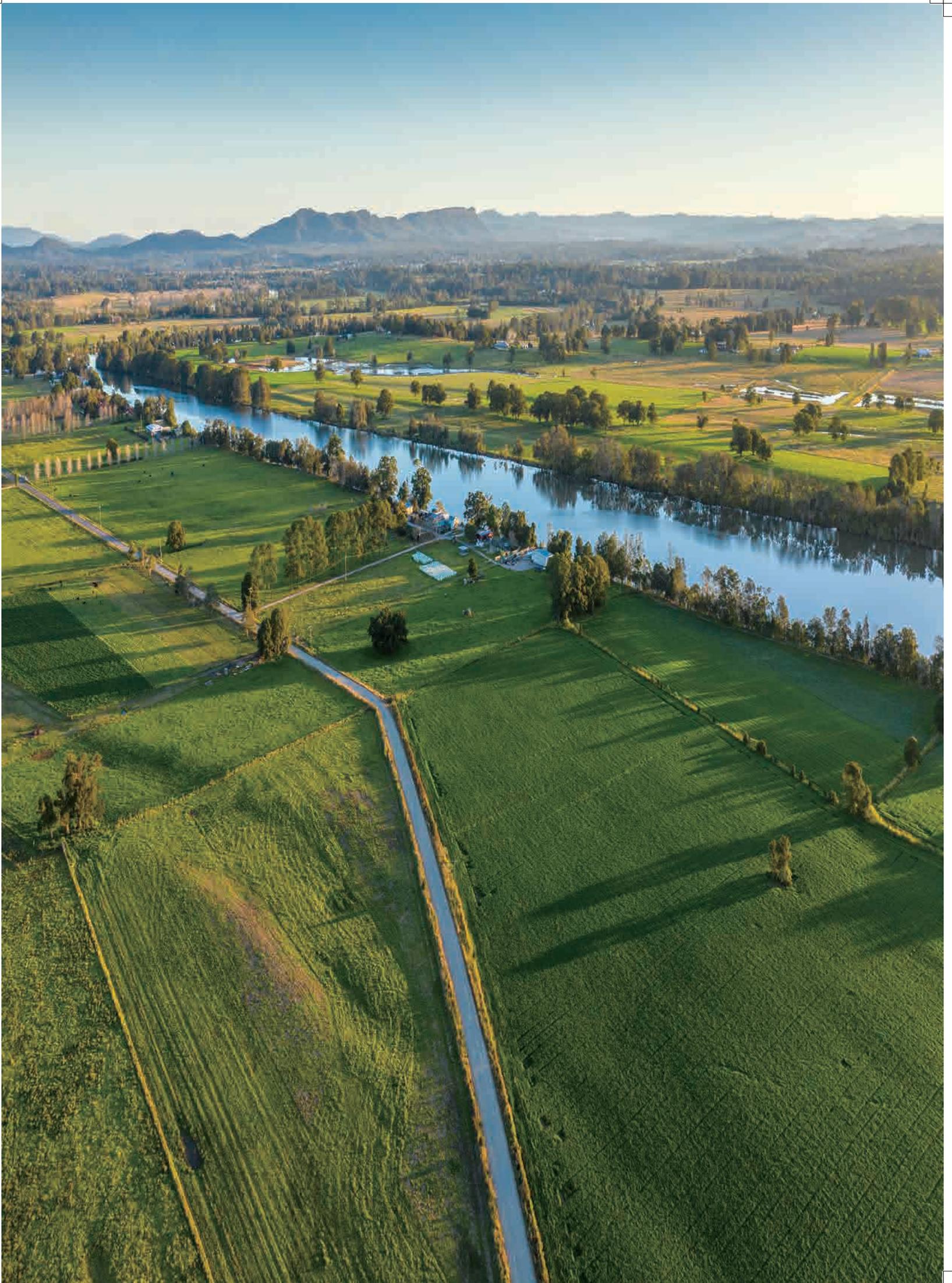
第三，加快农食行业发展，培育新业态新模式。随着居民食物消费结构不断升级，循环农业、订单农业、社区支持农业、电商直销等新业态不断涌现，以满足消费者对绿色营养健康的农食产品需求。促进循环农业发展，开发畜禽粪便、种养结合、生态果园、水产养殖、立体经营、休闲农业等循环模式，在实现农业资源高效利用的同时，促进生态环境保护。结合大食物营养均衡、养生保健的概念，推进食物产业和休闲文旅、养老养生等产业融合发展，积极推广碳标签食品，助力绿色低碳农业发展。创新农业商业模式，完善农业信息服务，加强农村物流体系建设，支持企业解锁探索新模式，让企业与农民建立起紧密合作的利益共赢机制，发展政府和社会资本合作模式，因地制宜创新投融资模式。

第四，统筹国际国内市场和资源，加强农食领域国际合作。我国应以开放共享理念，推动农业与食物高水平开放，统筹利用好国内国际两个市场、两种资源，提高食物供给国际供应链的安全性、稳定性和可持续性。一要建立稳定的多元化国际食物供应链，拓宽农食产品进口新渠道，实行进口来源国多样化战略，推进进口品种多元化和季节多样化。二要优化农食产品贸易方式和布局，加大农食产品中长期贸易，培育壮大我国跨国农食企业，加强与产地的价值链合作，运用好全球农业贸易规则，构建利益共同体，建立稳定的合作共赢贸易关系。三要加强国际投资和全球合作，积极参与全球食物安全治理，加强食物系统防灾减灾和应对突发事件的全球和地区层面合作，共同应对气候变化和极端灾

害等全球挑战，增强我国农食领域国际影响力，促进全球食物与营养安全。

参考文献

- [1] 陈萌山, 秦朗, 程广燕. 践行大食物观: 中国食物系统转型的挑战、目标与路径 [J]. 农业经济问题, 2023 (05): 4-10.
- [2] 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. 中国农村经济 [J]. 2022 (12).
- [3] 樊胜根, 孟婷. 新形势下中国农食系统转型的理论构建与政策路径 [J/OL]. 学习与探索. 2024 (5): 1-10.
- [4] 胡培松, 王晓君, 谢玲红等. 新发展阶段我国农业食物系统转型战略构想研究 [J]. 中国工程科学, 2023, 25 (04): 101-108.
- [5] 刘晓洁, 贺思琪, 陈伟强等. 可持续发展目标视野下中国食物系统转型的战略思考 [J]. 中国科学院院刊, 2023, 38 (01): 112-122.
- [6] 中国营养学会. 中国居民膳食指南科学研究报告(2021) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021.





2.

大食物观下不同食物来源优化模拟分析

张玉梅^{1,2} 樊胜根^{1,2} 田旭^{1,2} 龙文进^{1,2}
冯晓龙^{1,2} 刘潇璐² 兰向民² 陈志钢^{3,4}

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



主要发现

■ 目前，中国的食物来源高度依赖于耕地。2022年，耕地生产的食物提供了83.5%的食物总能量，而农区畜产品、森林食物、水产品 and 草原畜产品分别只占食物总能量的9.8%、4.8%、1.5%和0.4%。在蛋白质和脂肪的供给方面，耕地生产的食物分别贡献了72.8%和46.0%，而农区畜产品、水产品、森林食物和草原畜产品提供的蛋白质占比分别为17.6%、6.4%、2.2%和1%，脂肪占比分别为44%、2.2%、6.6%和1.2%。

■ 中国的食物自给率大幅下降，部分产品高度依赖于国际市场。2021年，中国的食物能量自给率降至82.6%，比2000年下降15.8个百分点。蛋白质和脂肪的自给率下降更为明显，2021年分别下降至71.0%和75.7%，比2000年分别下降26和20个百分点。

■ 挖掘森林、草原、江河湖海、设施农业以及新型替代蛋白的潜力，不仅可以增加食物供给，改善食物消费结构，还能显著缓解耕地和环境压力。中国农业大学农食系统模型模拟的综合方案显示，到2035年，耕地生产的食物能量占比将从基期的83.1%下降到79.5%，蛋白质占比从72.2%下降到67.7%，脂肪占比从46.1%下降到41.7%。同时，森林、草原、水产品等其他食物来源在食物能量、蛋白质和脂肪中的占比分别提高到21.5%、32.3%和59.2%，消费相对不足的水果、坚果、奶类和水产品产量将显著增加。此外，该方案可节约耕地种植面积650万公顷，并减少农业碳排放1.8亿吨CO₂eq，降幅达19%。

政策建议

■ 依据大食物观和大资源观发展理念，建立跨部门合作机制，制定构建更加健康和可持续的多元食物生产体系的战略和发展规划。一方面，要拓宽森林、草地、江河湖海、设施农业以及新型替代蛋白等来源，提升食物生产能力；另一方面，通过科技创新，推广绿色高效和低碳食物生产方式，生产更多更加营养健康和生态安全的食物。

■ 处理好保护与开发之间的关系，避免过度保护，实现生态资源保护与利用并重，适度有序开发多种食物资源。在资源承载力范围内，充分利用森林、草原和海洋资源，提供更多优质、生态和健康的食物。

■ 重新定位和优化农业支持政策和科技政策，加大对森林、草原、水域资源、设施农业和新型替代蛋白的投资和支持，将更多的投资和补贴从传统主粮作物转向多元化食物生产。通过研发新产品和新技术，提升食物生产能力，改进生产方式和降低食物生产成本，让人们能够支付得起更多健康、生态和可持续的食物。



2.1 引言

改革开放以来，中国的食物生产能力显著提高，产量大幅增长，极大地丰富和满足了居民的食物消费和营养健康需求。然而，目前的食物生产系统面临耕地资源紧缺和不可持续的重大挑战：耕地资源负载过重且退化严重，生态系统脆弱；食物生产结构多样化程度不足。2023年中央农村工作会议强调“树立大食物观、大资源观，农林牧渔并举，构建多元化食物供给体系”的战略要求，旨在以更加可持续的方式满足人们日益增长的营养健康食物需求。大食物观和大资源观为解决耕地资源紧缺和改善居民膳食提供了新的思路 and 方向。然而，目前对于如何充分挖掘多种资源潜力，增强多元化食物供给能力，保障居民对多样化健康膳食的消费需求还需要更加深入具体的研究。在此背景下，本章旨在全面分析当前食物生产体系的现状和面临的挑战，深入分析食物生产与需求之间的突出矛盾，探讨如何开发草地、林地和水域等多种资源，以及设施农业和新型替代蛋白的生产潜力，研究如何优化食物来源以满足未来日益增长的食物消费需求，同时缓解耕地资源环境压力，促进可持续发展。

2.2 中国食物来源的现状与挑战

2.2.1 自然资源丰富多样

中国土地资源类型复杂多样，耕地、林地、草地、荒漠、滩涂等均有大面积分布。根据《2022年中国自然资源统计公报》，2022年，全国耕地12,760万公顷、园地2013万公顷、林地28,353万公顷、湿

地2357万公顷，草地面积达26,427万公顷，其中天然牧草地21,330万公顷、人工牧草地59万公顷和其他草地5040万公顷。此外，中国拥有丰富的水域资源，流域面积50平方公里及以上河流共有45,203条，常年水面面积1平方公里及以上的湖泊有2865个。海域面积约300万平方公里，海岸线长度约3.2万公里，其中大陆海岸线长1.8万多公里，岛屿岸线长1.4万多公里。

2.2.2 食物生产来源逐渐多元化，但仍以耕地为主

为了全面分析食物生产体系现状和食物来源构成，本章利用公开统计数据，详细分析耕地、森林、草原、江河湖海以及农区畜禽养殖生产的食物及其营养构成。由于统计数据的限制，这里只包括有统计数据的主要食物，未能包括林下养殖的畜禽产品等未统计的食物。尽管可能会有些估计偏差，但这些数据仍能大致反映食物的来源情况。

首先，过去二十年中，中国食物生产能力持续提高，人均食物产量显著增加。2023年，全国粮食总产量为69,541万吨，油料和糖料产量分别为870万吨和11,504万吨，分别比2000年提高50%、31%和51%，蔬菜和水果产量分别近8亿吨和31,296万吨，分别比2000年增加80%和1.2倍；肉、蛋、奶类产量分别为9641万吨、3563万吨和4197万吨，水产品产量为7100万吨，分别比2000年增加60%、63%、4倍和92%。人均食物保障水平也明显提高。2023年人均粮食产量493千克，比2000年增加30%；2022年人均水果和蔬菜产量分别为222千克和566千克，分别比2000年增加62%和1.3



倍；人均畜禽肉和蛋产量分别为 68 千克和 25 千克，分别比 2000 年增加 52% 和 70%；人均奶类和水产品产量分别为 30 千克和 50 千克，比 2000 年增加 3 倍和 44%。

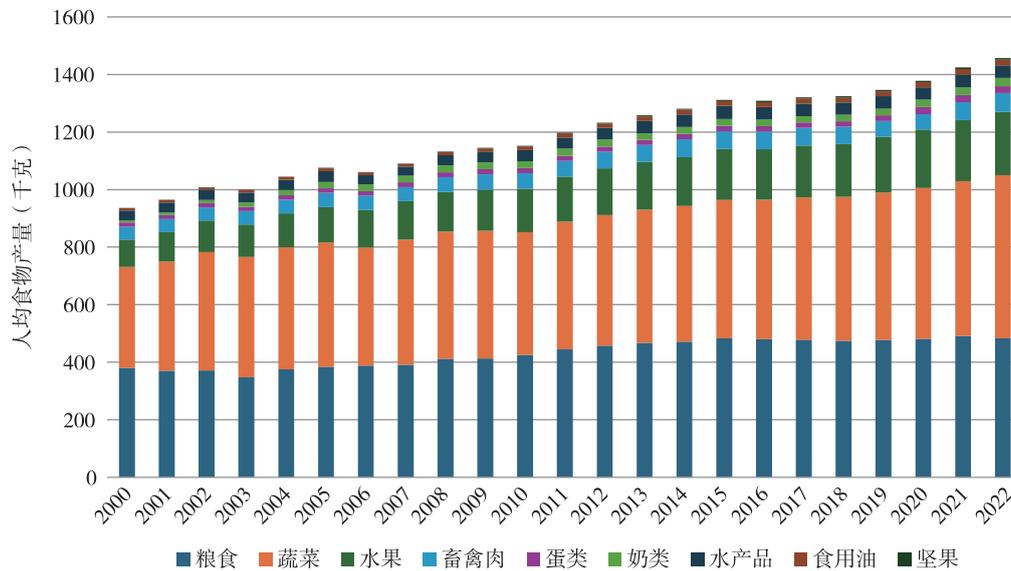


图 2-1 2000-2022 年中国人均食物产量

其次,从食物来源来看,耕地资源生产了粮食、油料、糖料、蔬菜和瓜类等大部分食物,森林、草原、江河湖海等资源也生产了各种食物。除了牧区和半牧区的草原饲养牲畜外,农区畜禽养殖也是动物性食物的重要来源。这里,具体分析了不同食物来源的情况。

(1) 森林食物种类丰富且增长较快。森林食物主要有水果、干果、木本油、笋和食用菌等。据国家林草局统计,2022 年,经济林水果产量达

到 1.76 亿吨,比 2005 年增加了 1.1 倍,年均增长率为 4.6%。干果产量从 2005 年的 350 万吨增加至 2022 年的 1281 万吨,增加了 2.7 倍。木本油料主要包括油茶籽、核桃、油橄榄和油用牡丹籽等,2022 年产量为 934 万吨,比 2007 年增加 4.9 倍,年均增长达到 12.5%。2022 年其他森林食物 801 万吨,其中竹笋干、食用菌和山野菜的产量分别为 473 万吨、231 万吨和 40 万吨。另外,2022 年,食用与药用花卉的种植面积为 31.5 万公顷,产量

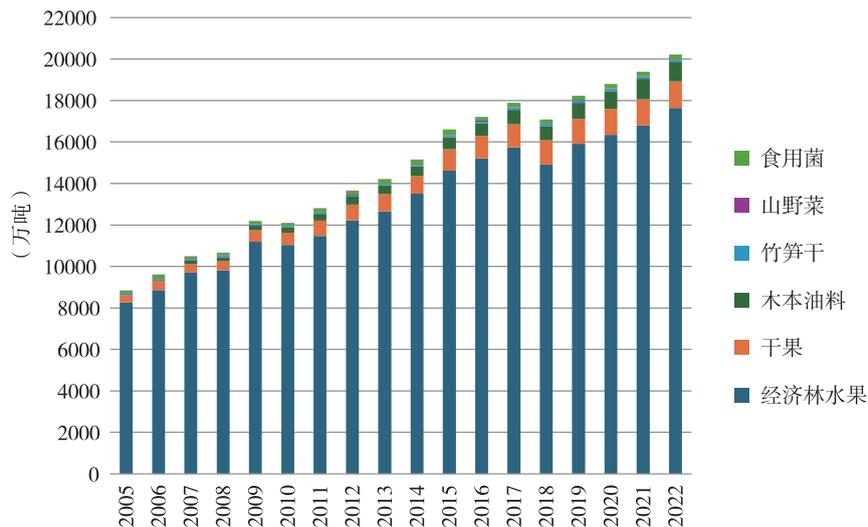


图 2-2 2005-2022 年中国森林生产的食物产量



和产值分别达 49.5 万吨和 176.7 亿元。

(2) 牧区和半牧区的畜产品产量不断增加，但占畜产品总产量的比重较低。根据《中国畜牧业年鉴》，牧区和半牧区的牛肉、羊肉和奶产品的产量分别从 2000 年的 75 万吨、65 万吨和 219 万吨增加到 2021 年的 201 万吨、187 万吨和 733 万吨。其中，牧区和半牧区的牛肉和羊肉占全国的比重不断提高，分别从 2000 年的 14% 和 24% 上升到 2022 年的 28.8% 和 36.4%，但是，奶类产量的占比从 2000 年的 28% 下降到 2022 年的 19.4%。

(3) 江河湖海为居民提供的水产品产量增长迅速。2022 年，全国水产品总产量达 6866 万吨。鱼类产量 3868 万吨，比 2000 年增加了 1051 万吨，其中，淡水鱼产量从 2000 年的 1794 万吨增加至 2022 年的 2800 万吨，占鱼类总产量的比重从 63.5% 提高到 72.4%。2000–2022 年期间，虾蟹类产量从 436 万吨增加至 866 万吨，其中，淡水虾蟹类产量从 139 万吨增加至 248 万吨，占比从 32% 提高到 57%，海水虾蟹类产量从 297 万吨增加至 394 万吨。贝类和藻类产品主要是海水养殖生产，分别从 2000 年的 996 万吨和 120 万吨增加至 2022 年的 1638 万吨和 273 万吨，见图 2–4。养殖是重要的水产品来源。2022 年，海水养殖产量为 2276 万吨，淡水养殖为 3290 万吨，分别占水产养殖总产量的 41% 和 59%，共占水产品总量的 81%。按水域看，淡水池塘养殖占比最大，占总产量的 40% 以上；海上养殖和滩涂养殖位居其次，分别占总产量的 20%

和 10% 以上。然而，值得注意的是，稻田养殖的单产和面积都增加迅速，产量增速最快，2010–2022 年期间增加了两倍，产量占比不断提高，2022 年达到 7%。相比之下，湖泊养殖面积大幅缩小，产量大幅下降，2022 年较 2010 年产量下降 46.1%。水产养殖产量增长得益于设施渔业的发展。2021 年，设施渔业产量占水产养殖总产量的 52%。筏式养殖和底播养殖对海水水产品产量的贡献最大，2022 年这两种养殖方式的产量分别占海水养殖总产量的 30.0% 和 24.7%。淡水养殖方式在 2015–2022 年间发生较大变化。其中，围栏和网箱养殖产量大幅降低，工厂化养殖产量有所增加。这主要是由于不同养殖方式面积的调整。2022 年围栏养殖面积和网箱养殖面积分别为 2015 年的 1/30 和 1/10，而 2022 年工厂化养殖面积较 2015 年增加 81.4%。

最后，综合分析了不同资源生产的食物营养情况。按照资源类型详细分析了食物产量折算的能量、蛋白质、脂肪、碳水化合物，以及维生素 A、维生素 C、维生素 E、钙和铁等营养素的占比（见图 2–5 和图 2–6）。结果表明，耕地生产的食物能量占比从 2000 年的 86.3% 下降到 2022 年的 83.5%，蛋白质占比从 74.8% 下降到 72.8%，脂肪占比保持在 45% 左右。耕地是碳水化合物的最重要来源，占比从 2000 年的 96.7% 下降到 2022 年的 93.9%。森林和草原提供的食物营养素占比有所增加，但总体比例仍较低。其中，森林提供食物能量占比从 2.3% 提高到 4.8%，蛋白质占比从 1% 提高到 2.2%，脂

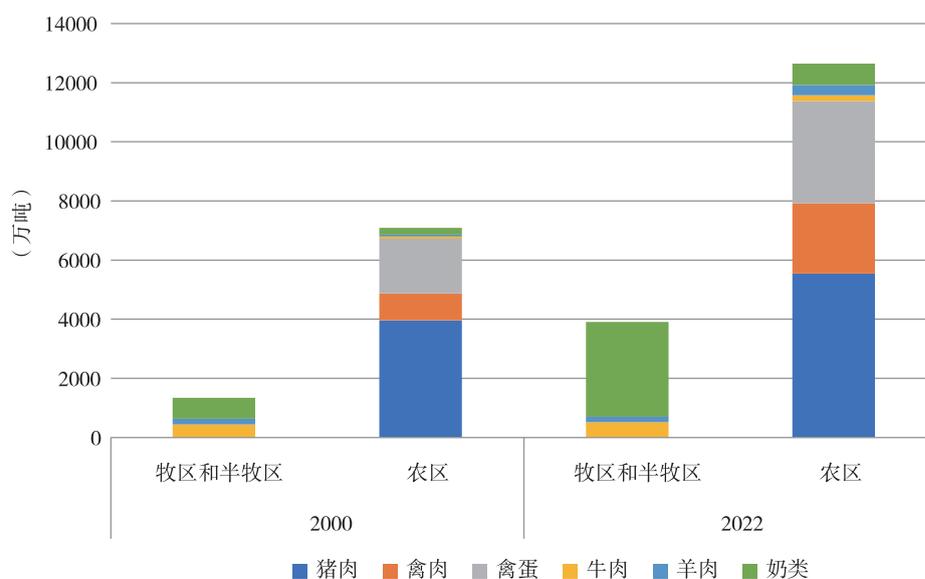


图 2-3 2000–2022 年中国畜产品产量及其来源构成

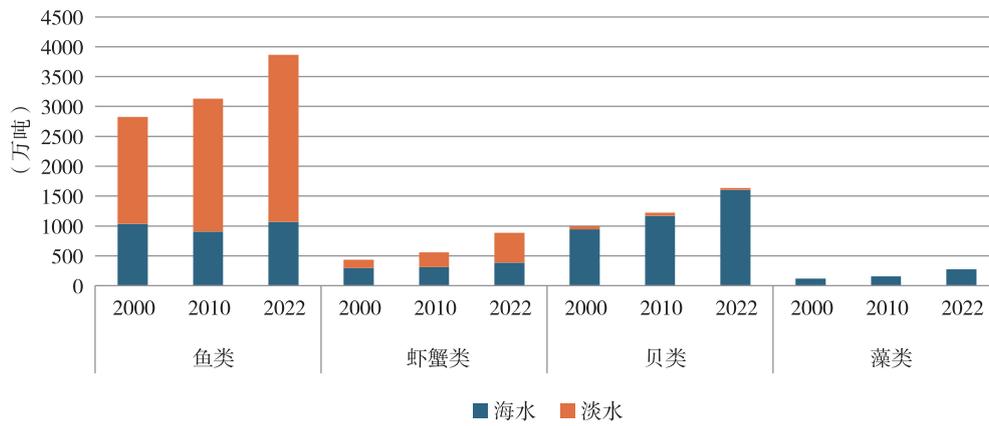


图 2-4 2000-2022 年中国水产品产量及其来源构成

数据来源：国家统计局。

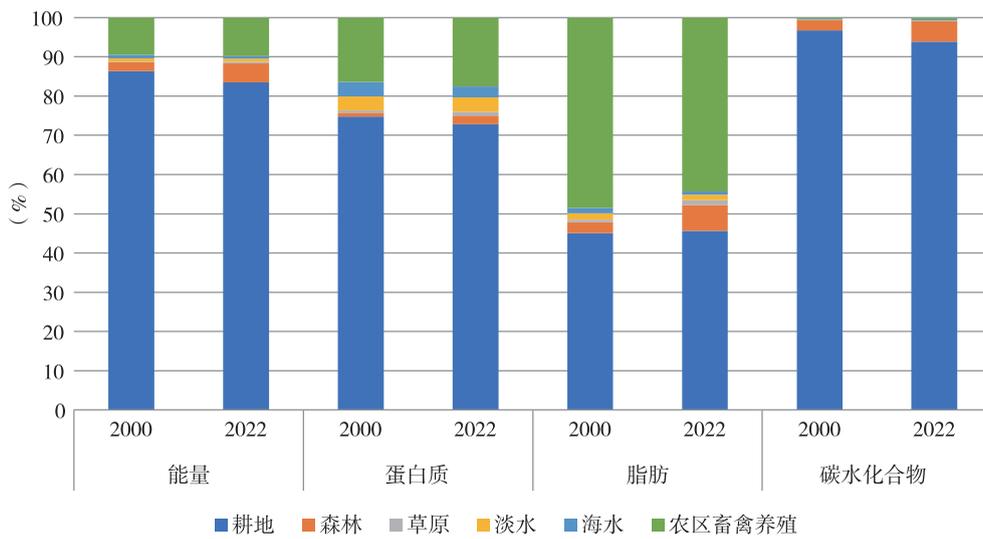


图 2-5 中国不同资源生产的食物宏量营养素占比

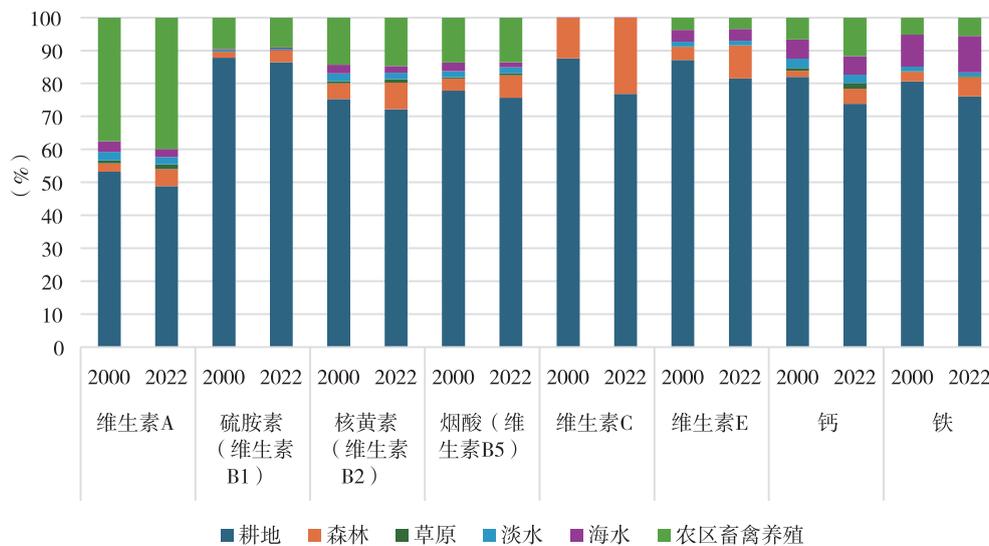


图 2-6 中国不同资源生产的食物维生素和微量营养素占比



肪占比也从 2.8% 提高到 6.6%，碳水化合物占比从 2.7% 提高到 5.2%。草原生产的食物能量占比从 0.2% 提高到 0.4%，蛋白质和脂肪的占比分别从 0.5% 和 0.7% 提高到 1.0% 和 1.2%。水产品在提供能量和脂肪方面的比例较小，均小于 2%，但在蛋白质方面占比为 6% 至 8%。农区畜禽养殖是重要的营养来源，2022 年贡献了 44% 的脂肪，17.6% 的蛋白质，和 10% 左右的能量。从维生素和微量元素来看，耕地依然是最重要的营养来源。2022 年，耕地生产的食物在维生素 B1、维生素 B2、维生素 B5 的占比分别为 87%、72% 和 76%，维生素 C 和维生素 E 的占比分别为 75% 和 83%，维生素 A 的占比相对较低，为 49%，钙和铁的占比高达 74% 和 76%。森林食物提供了大量的维生素 C，其占比从 2000 年的 12% 大幅提高到 2022 年的 23%。草原和水域在提供钙方面的比重相对较高，2022 年分别占 1.7% 和 8.2%。农区畜牧业也提供了相当一部分维

生素 A、维生素 B 和微量元素。2022 年，农区畜牧业提供了维生素 A 总量的近 40%，维生素 B1、维生素 B2、维生素 B5 总量的比重分别为 9%、15% 和 14%，钙和铁的比重分别为 12% 和 6%。

2.2.3 中国食物生产面临的挑战

虽然中国的食物生产能力显著提高，但食品安全仍面临食物自给率下降和进口压力大、食物生产结构的多样化程度不高等挑战。各种食物资源的开发也面临各种挑战。

第一，食物自给率大幅下降，部分产品高度依赖于国际市场。过去的食物产量快速增长，但仍难以满足居民日益增长的食物消费需求。2000 年至 2021 年，中国食物能量自给率从 98.4% 降至 82.6%，其中蛋白质和脂肪的自给率均从 2000 年的 95.9% 分别降至 71.0% 和 75.7%（见图 2-7），主要原因是大豆、奶制品和畜禽肉等产品的进口量大幅增加。

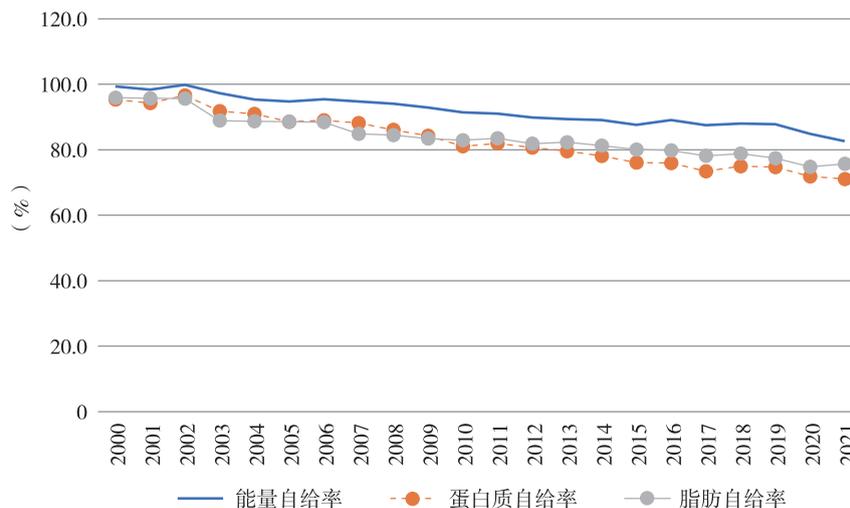


图 2-7 2000-2021 年中国食物营养素自给率变化

资料来源：作者基于国家统计局数据估算。

第二，耕地资源紧缺，食物种植结构的多样化程度不足。截至 2022 年底，全国耕地总量 19.14 亿亩，仅占世界总量的 9%，人均耕地资源仅为 1.36 亩/人，低于世界平均水平的 40%，且耕地质量低。粮食作物占农作物耕地面积的 70%，其中玉米、稻谷和小麦三种作物共占 57%，大豆占 7%，薯类占 4%，其他杂粮和杂豆的面积非常有限，仅约占 3%。

第三，草原生产与生态协同发展面临巨大挑战，饲草不足，尤其是优质饲草缺口大。草地大多处于干旱半干旱的生态脆弱区，利用强度大，但投入低，

草地无法得到充分休养生息，约 90% 的草原出现不同程度的退化，生产力不断下降。全国平均产草量较 20 世纪 60 年代初下降了 1/3 到 2/3，草地生产力偏低，单位面积草地畜产品产量仅为澳大利亚的 1/10、美国的 1/20、新西兰的 1/80（张英俊等，2022）。草原退化导致土壤中种子库存减少、微生物多样性减少和土壤养分流失，牧草质量变差。天然草原现存水平生产的饲草无法满足草食畜牧业高质量发展的需求。目前，主要通过天然放牧、喂秸秆等农副资源、增加谷物饲料比重和从国



外进口饲草等途径来填补饲草缺口。据海关统计，2022年，中国进口干草194万吨，进口金额为9.91亿美元。

第四，森林食物生产面临周期长、粗放经营、集约化经营程度低、产量不高且波动幅度大等挑战。森林食物良种选育周期长，研发成本高，且具有很强的外部性，投资回报率低。由于森林食物生产机械化程度低，劳动力成本高管控不到位等，导致森林食物生产效率低，且产量不稳定。森林食物的加工与销售也面临科技支撑不足、产业链尚未完全贯通、产品附加值不高和市场价格低等问题。目前森林食物原料加工基地与林产品加工企业的有效衔接不足，保鲜仓储设施有待完善，产品深加工率较低，尚未形成成熟的经营模式和稳定的销售渠道，国内消费者对于原生态、无污染、健康营养的森林食物消费认知不足，市场价格未能充分反映产品价值。

第五，禁止捕捞和环境污染等制约了水产业的可持续发展。不合理的集约化养殖方式对环境造成了负面影响。水产设施养殖中，池塘与传统网箱等设备老旧的问题普遍存在，水产养殖尾水处理率低，导致水体富营养化问题突出。超环境容量的渔业养殖也给大水面生态系统造成了不可逆的影响。此外，为保障生态环境，许多江河湖海的捕捞和养殖做出了限捕、禁捕等规定，这些政策在一定程度上也制约了水产养殖业的发展。

第六，现代设施农业的发展总量不足且质量不高。尽管设施种植业具备一定规模，但中小拱棚和塑料大棚等占据了70%以上的面积。设施农业的设备和管护成本较高，面临技术开发和升级的难题。此外，设施农业对环境也产生了一定影响。例如，设施农业能耗高，温室气体排放增加，设施种植作物品种单一、连作障碍严重，化肥和农药用量偏大等问题依然存在。

2.3 多种食物资源开发的潜力分析

受到耕地资源的制约以及土地生产率提升难度增加的影响，高度依赖耕地资源的食物生产方式不可持续，难以满足居民多样化营养健康膳食需求。因此，有必要进一步挖掘多种资源的食物生产潜力。本文重点分析森林、草原、江河湖海、设施农业和替代蛋白等资源的开发潜力。

2.3.1 森林食物的开发潜力

目前森林食物在面积扩大、单产提高和市场开拓等方面均存在一定发展潜力。据第三次全国国土调查数据，中国现有15–25°坡度及以上的耕地1,194万公顷，可纳入退耕还林范围用于发展森林食物。针对森林食物单产较低且波动幅度大的问题可通过采用良种、良技、良法，培育优良适生品种、改进种植技术、实施精细化等方式进行改善。以茶油为例，油茶平均单产仅为150kg/hm²，低产油茶林的单产甚至不足75kg/hm²，而且波动性大，而采用良种良技良法经营的高产油茶林产量在900kg/hm²以上。国家林业和草原局发布的《林草产业发展规划（2021–2025）》，提出到2025年，全国茶油产量将达到200万吨，约占国产植物油产量的12%。这将相当于每年节约用于草本油料植物种植的耕地1000万亩（姚小华等，2022）。此外，林下经济在食物供给方面也具有巨大潜力，因地制宜地发展林药、林菌、林花、林菜、林果、林茶、林草等林下种植，以及林禽、林畜、林渔、林蛙、林蜂等林下养殖。2022年，林下经济产值高达7360亿元，到2025年，林下经济经营和利用总面积达6.5亿亩，林下经济总产值稳定在1万亿元以上，国家林下经济示范基地达800个。

2.3.2 草地食物的开发潜力

2022年，农业农村部印发了《“十四五”全国饲草产业发展规划》，提出要确保牛羊肉和奶源自给率分别保持在85%左右和70%以上的目标，对优质饲草的需求总量将超过1.2亿吨，目前尚有近5000万吨的缺口。改良天然草原和建设人工牧草地是保障优质饲草安全供给的重要措施。根据中国农业大学国家农业科技战略研究院的报告建议和估算结果，加快退化天然草原的改良利用、推动重度沙化盐碱化草原的合理利用和加强南方草山草坡的开发利用等途径，启动退化草原区域规模化补播改良工程、高标准改良草场建设项目，并因地制宜在沙化和盐碱草地建设高标准饲草料地，加大对南方草山草坡开发建设的政策支持，可以大幅提高牧草产量和品质，增加优质干草供给，支持畜牧业发展。综合测算表明，通过对草原食物资源的深入开发，可增加3745万吨饲草供应，满足饲养4889万只羊单位和150万头奶牛的饲草需求，进而增加牛羊肉产量147万吨、奶类产量1200万吨（张英俊等，2022）。



2.3.3 江河湖海食物资源潜力

中国的水面资源仍然具有巨大的开发利用潜力。随着生活水平的提高，居民对水产品的消费需求不断增长，未来水产品产量的增加将主要依赖于养殖业的发展，尤其是工厂化养殖和稻田养殖。稻渔综合种养是典型的生态循环农业模式，2015–2020 年其产量翻了一番，面积和单产分别增加了 71% 和 22%。此外，近海水产养殖环境逐步改善，深海养殖空间逐步拓展，设施渔业养殖的潜力巨大。设施水产养殖的单产比传统养殖业高出 70%。这种高效养殖方式将为未来水产品产量的提升提供重要支撑。

2.3.4 设施农业食物开发潜力

《全国设施农业建设规划(2023–2030)》指出，未来利用非耕地发展设施农业的规模将稳步扩大，菜肉蛋奶等主要设施农产品产能进一步提升。到 2030 年，设施蔬菜产量将占蔬菜总产量的 40%，畜牧养殖规模化率将达到 83%，设施渔业养殖水产品产量将占养殖总产量的 60%。此外，设施农业绿色发展将全面推进。设施种植中农药化肥的利用效率进一步提高，节水灌溉技术将全面普及，水肥一体化的应用率将显著提升。畜禽规模养殖场的粪污处理设施装备配套率将达到 100%，种养结合、农牧循环等绿色循环发展新模式将进一步推广。农业节能减排成效也将显著，设施农业中的新能源应用将加快推进。

2.3.5 新型替代蛋白的开发潜力

由于动物性食物消费和生产的增加，带来了日益严峻的健康和环境问题，人们开始应用各种科学技术，包括基因组编辑、培养细胞肉和微生物发酵等前沿技术，生产更健康和更可持续的新型替代蛋白，以最大限度减少对环境、气候、自然资源的依赖。目前，新型替代蛋白主要包括植物基肉、植物基奶、细胞培养肉、微生物蛋白和昆虫等类型。发展新型替代蛋白被视为一种新的机遇，具有巨大的开发潜力。在全球范围内，截至 2021 年，植物奶的零售市场已达到 178 亿美元，植物肉类的零售市场也增长至 56 亿美元（The Good Food Institute, 2022）。在美国，2021 年，植物奶已经是一种成熟的产品，占牛奶零售销售额的 15% 以上，植物基肉类的销售额为 14 亿美元，占肉类零售总额的 1.4%（The Good Food Institute, 2021）。中国在生产豆

制品方面有着悠久的历史，并且拥有相当数量的素食群体，这为植物基肉和植物基奶的发展提供了巨大的市场潜力。2020 年，新加坡成为全球第一个批准出售实验室培养肉的国家，批准了美国初创企业 Eat Just 公司销售实验室培养的鸡肉。近年来，很多政府加大了对这些新兴食品的支持力度，帮助这些产品实现与传统同类产品的价格平价，提高消费者的可及性（ClimateWorks Foundation and Foreign et al., 2021）。

2.4 优化多元化食物来源对食物消费和环境的影响分析

2.4.1 方法及数据

本研究采用了中国农业大学开发的跨学科模型系统—农食系统模型（简称 CAU-AFS Model），模拟并优化多元化食物生产及其带来的综合影响。农食系统模型以农产品局部均衡模型和一般均衡模型为核心，与农业生产、营养健康、自然资源和环境等模型灵活组合，建立不同模型之间的链接机制，充分发挥各学科模型的优点。该模型旨在支持农食系统转型中的重大跨学科问题的研究，为政府多目标决策提供及时有效的决策参考依据。其中，农产品局部均衡模型是由中国农业大学全球食物经济与政策研究院开发，基于“大食物观”和“大资源观”理念，构建了涵盖 85 种农产品、加工品和副产品的局部均衡模型，能够更好地反映不同资源的食物生产及其差异。

该模型的数据基础是各种农产品的供需平衡表，包括产量、面积和单产，以及食物消费、饲料消费、工业消费、种子消费和损耗等五种消费类型。不仅涵盖了耕地生产的食物，而且包括各种林产品、草原产品和水产品，能够分析不同来源食物之间的相互关系。模型中增加了营养模块和环境模块，用于分析农业生产对营养健康和环境的影响。营养模块中利用食物营养成分计算了各种食物的能量、碳水化合物、蛋白质和脂肪等宏量营养素的供给量和需求量。环境模块可以分析食物生产对碳排放的影响。因此，该模型可以对政策效果进行多维度的综合评价。本研究首先利用该模型预测未来的食物需求量，然后用于优化食物生产来源的政策模拟分析。模型的基准年为 2021 年，采用递归动态方法运行到 2035 年。



2.4.2 方案设计

根据中国农业大学农食系统模型，我们通过设计模拟方案来分析食物来源变化及其对食物消费、贸易、营养和环境的影响。模拟方案包括基准方案和情景方案。基准方案是指参照历史变化趋势，模拟未来正常情况下食物的供需变化，作为参照情景，简称为基准方案（BASE）。情景方案则主要模拟优化食物生产来源变化带来的综合影响。基准情景重点考虑未来人口、经济发展和科技变化趋势，在此情景下预测食物生产、消费和贸易的变化趋势。未来十年，中国人口发展呈现总量下降、城镇化加快以及老龄化问题凸显等多重特点。根据国家统计局数据，中国人口总量在 2021 年已达到峰值，2022 年略有下降，至 14.12 亿人。根据 2022 年联合国人口发展署最新的人口展望数据显示，按照中方人口增长率估算，到 2035 年，中国人口总量预计降至 13.90 亿人，城镇化率将达到 71%，老龄化率达 28.7%。此外，未来中国经济增速将放缓。2023 年，中国 GDP 总量超过 126 万亿元，人均 GDP 为 80,976 元，相当于 12,551 美元，属于全

球中等偏上收入国家。根据世界银行 2024 年 1 月份的预测，2024 年和 2025 年，中国 GDP 增速分别为 4.6% 和 4.1%。本研究设定 2023–2035 年 GDP 平均增速为 4% 左右。

其次是情景方案。情景方案重点分析拓展和挖掘食物生产来源，提供更加多样化的食物供给。共设计了六个方案，包括森林方案、草原方案、水资源方案、设施农业、新型替代蛋白和综合模拟方案。每个方案均模拟到 2035 年。六个具体的模拟方案详见表 2-1。

第一，森林方案：科学开发和合理利用森林的食物功能，支持森林食物的品种培育和绿色生产，提高森林食物的品种、单产和规模化水平，因地制宜地发展林下经济。同时，提升森林食物的储藏和加工，丰富食品品类，增加食物供给总量，以满足人们对多样化营养健康的食物消费需求。加大对森林资源的投资，提高森林水果、坚果、油茶和其他森林食物的产量。根据过去十多年的发展趋势，2010 至 2022 年，园林水果、坚果和木本油料的产量分别增加了 60%、1.15 倍和 2.9 倍，

表 2-1 多种食物资源开发模拟方案设计

| 方案名称（简称） | 模拟内容 | 设计依据 |
|-----------------|--|--|
| 基准方案（基准） | 正常趋势。 | 未来人口及结构、GDP 等变化和食物供需历史趋势。 |
| 森林方案（森林） | 增加对森林食物的开发，到 2035 年园林水果增产 50%，坚果、茶油以及笋干和菌类等产量比基准方案增加一倍。 | 参考 2011–2022 年各种森林产品的历史增长趋势和未来增长潜力。 |
| 草原方案（草原） | 开发草原资源，提高畜草供给和承载率，增加牧区和半牧区牛羊肉产量和奶产量，分别为 200 万吨和 1200 万吨。 | 依据文献，牧区和半牧区的牛羊肉和奶类产量潜力可分别增加 147 万吨和 1200 万吨（张英俊等，2022）。 |
| 水域方案（水域） | 增加水产品养殖投资，发展设施养殖和稻田养鱼等生态养殖模式，提高水产养殖产量，假设鱼类和虾蟹类养殖产量比基准方案增加 30%。 | 综合考虑 2011–2021 年各种水产品的历史增长趋势和养殖方式的变化。 |
| 设施农业和绿色低碳方案（设施） | 一方面，发展设施蔬菜，替代露天蔬菜种植面积，假设将设施蔬菜占蔬菜总产量的 30% 提高到 50%，设施蔬菜的单产比露天蔬菜高 30%。另外一方面，低碳生产方式，包括减少各种作物的化肥使用 20%，提高饲料转化率 20%，同时采用绿色技术降低碳排放强度 20%。 | 未来通过设施农业的发展，精准施肥，提高化肥利用效率，提高饲料转化率和实现低碳生产方式。根据《全国农产品成本收益调查资料》等资料，设施蔬菜的单产比露天蔬菜高 30%。依据参考文献，假设饲料转化率和碳减排潜力均提高 20%。 |
| 新型替代蛋白方案（未来） | 植物基肉替代 10% 的猪肉和牛肉生产，植物基奶替代 15% 的奶类产品生产，细胞肉代替 1% 的猪肉和牛肉，昆虫蛋白替代 10% 的豆粕饲料。 | 具体详见第三章替代蛋白的分析。 |
| 综合方案（综合） | 综合上述五个方案。 | 综合参考上述五个方案。 |

资料来源：作者整理。



干竹笋、食用菌和山野菜等其他森林食物的产量分别增加 89%、46% 和 21%。模拟方案假设未来加大森林食物的开发和投资，到 2035 年，水果产量增加 50%，坚果、木本油和其他森林食物产量增加 1 倍。

第二，草原方案：根据前面对草原资源潜力的分析，实施天然草原生态修复和人工草地建设，以提升草地畜牧业发展水平。这包括加强优质牧草品种研发和推广、投资天然草原生态修复、设立财政补贴专项支持、改良草原补播、建设配套水利设施，并引导生产主体积极参与饲草种植，提升优质饲草的生产能力。根据中国农业大学草业科学与技术学院等研究人员的测算，通过提高草种资源、加大高标准草原基础设施建设和开发南方山坡草原等措施，未来可增加牛羊肉产量 147 万吨、奶类产量 1200 万吨（张英俊等，2022）。

第三，水域方案：在 2010 年至 2022 年期间，水产品产量增加了 28%，鱼和虾蟹的产量分别提高了 24% 和 59%，海水藻类增加了 60%。增加水产品养殖投资，加快推进生物育种，提高鱼苗育种的质量和有效供给水平，同时，推进产业关键环节的机械和现代渔业装备的研发，大力发展稻田养鱼、工厂化养殖、深海网箱、筏式养殖等技术，以提高水产品养殖量效率和供给能力。模拟方案假设到 2035 年，水产品产量比基准方案增加 30%。

第四，设施农业和绿色低碳生产方案：通过科技创新提高单位面积食物产量，转变生产方式，以更加绿色低碳的方式生产更多富有营养的食物。一方面，提高食物的生产效率，包括发展设施蔬菜，提高设施蔬菜在蔬菜产量中的比重，将设施蔬菜占蔬菜总产量从目前的 30% 提高到 50%，设施蔬菜的单产比露天蔬菜高 50%。另一方面，利用现代科学技术手段，转变现有的农业生产方式，提高化肥等投入品的利用效率、饲料转化率和降低碳排放强度。根据相关文献资料，模拟方案假设化肥利用效率到 2035 年可以提高 20%，未来科技发展可以使饲料转化率和碳排放强度在 2035 年均提高 20%（Fang et al., 2023）。

第五，新型替代蛋白方案：重点分析新型替代蛋白替代部分畜禽肉和奶产品的生产和消费。考虑到植物基肉和植物基奶已经在市场上销售，并且消费者接受程度较高，增长速度较快，参考美国等发达国家植物基肉和植物奶的发展态势，新型替代蛋

白方案假设植物基肉和植物基奶分别替代 10% 的畜禽肉和 15% 的牛奶。近些年，细胞肉研究取得重要进展，发展迅速，假设到 2035 年，可以替代 1% 的畜禽肉产量。另外，昆虫蛋白也被认为是很有潜力的蛋白饲料来源，有研究认为昆虫蛋白饲料具有巨大的潜力，可以替代 20% 的蛋白饲料（Bai et al., 2023）。这里假设用昆虫蛋白饲料替代 10% 的豆粕饲料。

最后，综合方案则是同时运行上述五个方案，森林、草原、水域、设施农业和新型替代蛋白，来综合模拟多元化食物生产对食物生产、消费、贸易和环境的影响。

2.4.3 模拟结果

这里从食物生产、消费、贸易和营养、以及环境影响五个方面全面分析多元化食物资源开发带来的综合影响，重点关注 2035 年的结果，具体见图 2-8 和图 2-9。

第一，基准方案。受到经济发展、居民收入提高以及老龄化加剧等因素综合影响，未来居民食物消费需求结构将发生变化。模拟结果表明，人均谷物消费量将持续减少，从 2021 年的 192 千克/年降至 2035 年的 169 千克/年，下降 14%。而人均蔬菜和水果的消费仍将继续增加，分别由 2021 年的 124 千克/年和 92 千克/年增至 2035 年的 133 千克/年和 108 千克/年，增幅分别为 6.7% 和 17.2%。此外，畜产品与水产品人均消费量也呈现增加趋势。人均禽畜肉类消费量将从 2021 年的 54 千克/年增至 2035 年的 67 千克/年，增加约 20%。而人均奶类消费量将从 2021 年的 37 千克/年增至 2035 年的 51 千克/年，增加 38%。水产品人均食用消费将从 2022 年的 22 千克/年增至 2035 年的 26 千克/年，增加 30%。此外，除水果外的其他森林的食物（如笋干、野菜和蜂蜜等）的消费量将从 12 千克/年增加至 15 千克/年。由于人口总量变化幅度较小，未来食物消费总量与人均食物消费量的增长趋势类似。新型替代蛋白生产将保持稳中有增的态势，但增速将放缓。到 2035 年，谷物产量将基本保持稳定，豆类产量增长幅度较大，蔬菜和水果产量增幅较小，肉类增速趋缓，而豆类、牛奶和水产品的增长幅度较大一些。在进口产品方面，牛奶、水产品 and 水果的进口量仍将保持一定的增长，而大豆等进口增长幅度较小。

第二，森林方案。在该模拟方案下，到 2035 年，

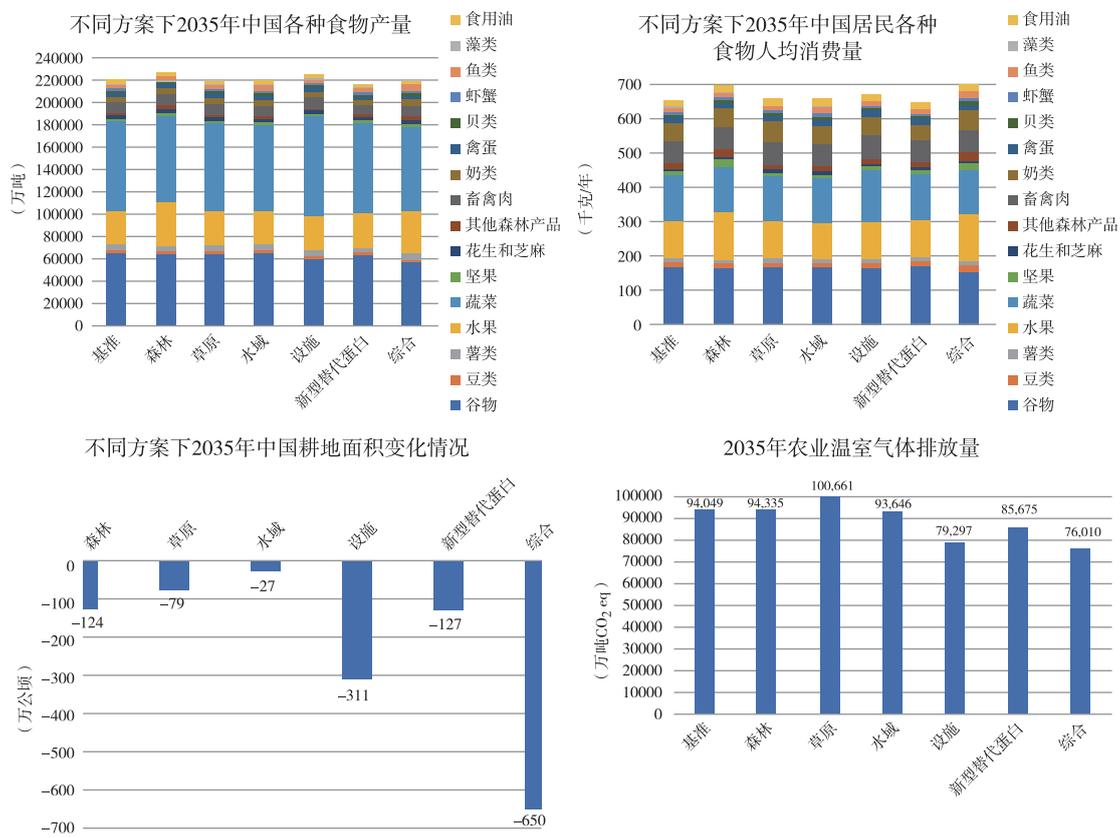


图 2-8 不同方案下农业生产、消费和资源环境的模拟结果

资料来源：CAU-AFS 模型模拟结果。

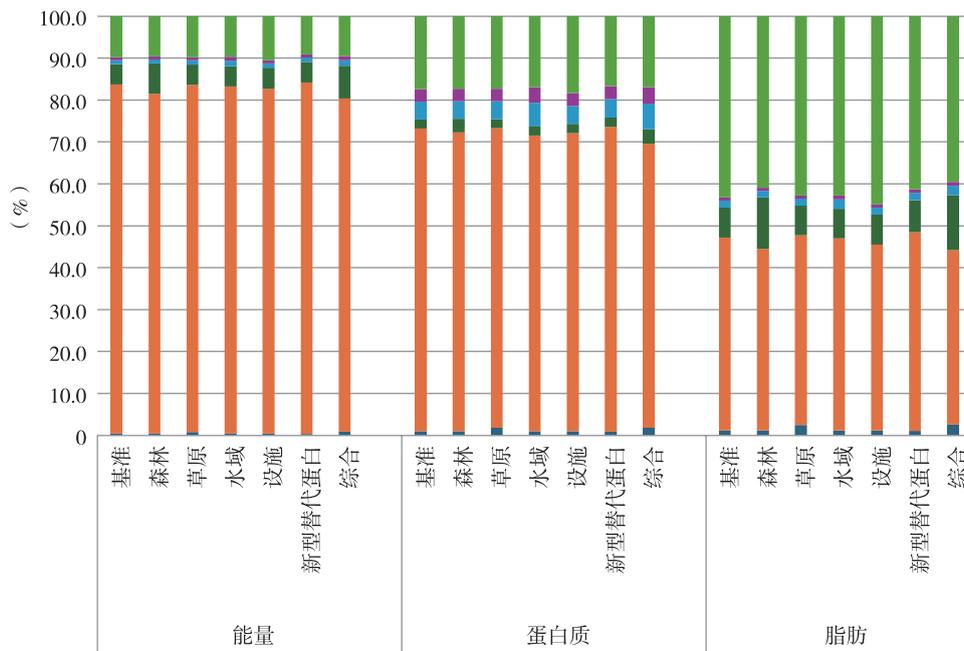


图 2-9 不同方案下 2035 年中国各种资源生产食物营养构成



园林水果和坚果产量分别增加 50% 和一倍，水果和干果、其他森林食物的产量也相应增加 7577 万吨、1463 万吨和 1440 万吨。因此，森林食物提供的食物营养也明显增加。到 2035 年，能量、蛋白质和脂肪占比分别由基期的 4.8%、2.1% 和 7.1% 增加到 7.2%、3.6% 和 12.3%，分别提高了 2.6 个百分点、1.5 个百分点和 5.2 个百分点。森林食物产量的增加不仅丰富了居民的食物消费种类，降低了食物消费价格，而且优化了食物消费结构。居民人均水果的消费量显著增加，达到 143 千克/年，比基准方案增加了 35 千克/年。蜂蜜、菌类和笋干等其他林产品的消费也增加一倍，达到了 25 千克/年，比基准方案增加了 10 千克/年。新增 100 万吨茶油替代了部分大豆油，优化了食用油的消费结构，提升了食用油品质。由于森林食物价格的下降和消费的增加，其他食物的消费变得相对较贵，导致其消费量有所减少。例如，谷物消费量有所下降，相对基准方案，到 2035 年，人均谷物消费量下降 5 千克/年，人均蔬菜消费量下降 5.2 千克/年，人均畜禽肉消费量减少 0.5 千克/年。由于消费结构的变化，农业生产结构也随之调整。谷物和豆类等产品的产量下降，节省了 124 万公顷的耕地播种面积。森林食物的碳排放比较低，对环境影响较小，碳排放总量基本保持不变。

第三，在草原方案中，牧区和半牧区的牛羊肉和奶类产量分别增加了 200 万吨和 1200 万吨。草原提供的食物能量占比从基期的 0.4% 提高到 0.8%，蛋白质占比从 1.0% 提高到 1.8%，脂肪占比从 1.2% 提高到 2.4%。草原牛羊肉和奶类产品的增加使得这些产品的价格变得更加便宜，进而消费增加。从人均食物消费量来看，相对于基准方案，2035 年，人均奶类消费量增加 7.7 千克/年，比基准方案增加 15%。由于草原牛羊肉增加会使得农区的牛羊肉生产略有下降，导致牛羊肉产量和居民肉类消费量增幅较小，人均消费量仅增加 0.3 千克/年。此外，由于奶类和牛羊肉价格下降和消费量增加，其他一些食物的消费量有所减少。例如，人均谷物、豆类、薯类和蔬菜的消费量均下降了 1% 左右，农作物的播种面积也有所减少，可减少 79 万公顷。然而，由于牛羊肉和奶类产量的增加，碳排放有所上升，增加了 6612 万吨 CO₂ eq，约占农业碳排放的 7%。

第四，在水域资源方案中，水产品产量比基准方案提高了 30%，养殖的鱼类和虾蟹类产量分别增

加 1270 万吨和 342 万吨。从营养供给来看，水产品提供的蛋白质和脂肪占比分别从 7.2%、2.4% 提高到 9.4%、3.1%，能量占比从 1.7% 提高到 2.2%。水产品产量增加导致价格下降，促进了消费。人均鱼类和虾蟹类的消费量分别从基准方案的 14 千克/年和 7 千克/年增加到 20 千克/年和 9 千克/年。水产品价格的下降和消费需求量的增加优化了居民膳食结构，例如，畜禽肉类的人均消费量有所下降，减少了 0.6 千克/年。禽畜肉类产量减少了 1261 万吨。由于食物消费结构的调整，种植结构也相应调整，综合来看，可节约 27 万公顷的耕地播种面积。由于水产品的碳排放强度较低，增加水产品的产量并替代部分畜产品产量，有助于降低碳排放。模拟方案显示，农业碳排放相对于基期略有下降，减少了 403 万吨 CO₂ eq。

第五，在设施农业和绿色低碳方案中，一方面，发展设施蔬菜使得蔬菜产量显著增加；另一方面，采用更加绿色低碳的生产方式，减少化肥用量、提高饲料转化率，并通过各种绿色技术减少碳排放。发展设施蔬菜后，相较于基准方案，2035 年蔬菜产量将增加 8941 万吨，增幅为 11%。由于饲料转化率提高了 20%，谷物饲料粮需求将减少 4026 万吨，豆粕饲料需求减少 300 万吨，可节约耕地面积 297 万公顷。饲料转化率提高后，饲料粮需求下降，价格下降，导致畜产品生产成本低下降，从而促进畜产品生产。畜禽肉、蛋类和奶类产量分别增加 3.4%、4% 和 4.5%。动物性食物产量增加会导致对饲料粮需求增加，部分抵消饲料转换率提高带来的饲料消费量的减少。谷物需求量下降将导致种植结构调整，蔬菜种植面积和产量增加，蔬菜产量增幅达到 11%。同时，由于豆粕需求减少，大豆价格下降，促进了大豆直接食用消费的变化。农业生产的变化也对居民食物消费产生重要影响。其中，人均谷物的消费量下降了 3%，但人均豆类和蔬菜消费量分别增加 13% 和 12%。畜禽肉、蛋类和奶类的消费量分别增加了 2.9%、2.4% 和 5.2%。综合来看，耕地播种面积减少了 311 万公顷，碳排放减少了 1.5 亿吨 CO₂ eq，约占农业碳排放的 16%。

第六，在新型替代蛋白方案中，植物基肉和植物基奶代替畜禽肉和牛奶的生产，同时增加植物基食物的生产，导致对大豆等原材料的需求增加。此外，使用昆虫蛋白作为饲料，替代部分豆粕的需求。到 2035 年，植物基肉将替代 10% 猪肉和牛肉，植



物基奶将替代 15% 牛奶，细胞培养肉将替代 1% 猪肉和牛肉，昆虫蛋白替代 10% 的豆粕饲料需求。与基准方案相比，到 2035 年，畜禽肉类产量减少 6.5%，其中牛肉产量减少 11%，奶类产量下降 15%。一方面，畜产品产量的下降减少了饲料粮的消费需求，另一方面，昆虫蛋白直接替代豆粕作为饲料，也显著降低了饲料粮的需求。结果表明，谷物饲用需求减少了 1528 万吨，豆粕类饲料需求量减少了 923 万吨。这导致谷物和大豆产量和播种面积下降，播种面积减少了 127 万公顷。另外，农业碳排放量减少了 8374 万吨 CO₂ eq，占农业碳排放总量的 9%。

最后，在综合方案下，食物生产来源更加多元化，耕地的食物生产和进口压力进一步减轻。到 2035 年，耕地生产的食物能量占比从基期的 83.1% 下降到 79.5%，蛋白质占比从 72.2% 下降到 67.7%，脂肪占比从 46.0% 下降到 41.7%。森林提供的食物能量占比从 4.8% 提高到 7.8%，草原畜产品在蛋白质和脂肪总量中的占比分别从 1.0% 和 1.2% 增加到 1.9% 和 2.5%，水产品的蛋白质占比从 7.2% 提高到 10%。居民食物消费需求结构明显改善，消费相对不足的水果、坚果、奶类和水产品的消费量显著增加，分别增加 33 千克/年、10.6 千克/年、6.5 千克/年和 12.5 千克/年，同时，畜禽肉的消费量有所下降，减少了 4 千克/年。由于生产结构的调整，耕地播种面积减少了 650 万公顷。食物生产方式更加绿色低碳，碳排放总量下降了 1.8 亿吨 CO₂ eq，减少了 19%。

2.5 构建多元化健康可持续食物生产体系的政策建议

本章应用中国农业大学农食系统模型（CAU-AFS model），模拟了耕地多样化种植、拓展森林、草原、江河湖海、设施农业和新型替代蛋白的生产等多种情景方案，研究结果表明，优化食物来源具有巨大潜力，不仅能增加食物和营养供给，还可以缓解耕地资源紧缺和食物进口的压力，同时减少碳排放。然而，目前优化食物生产来源和提升多种资源的食物生产能力仍面临诸多挑战，需要从制度、政策、技术和市场开发等多方面提供支持。

首先，建立跨部门协调机制，统一制定构建可持续多元食物供给体系的战略目标，明确优化食物来源的具体方案和路径。构建多元化食物供给体系

涉及农业农村部、国家林业和草原局、生态环境部等多部门，这些部门各自分管不同的食物和不同的领域，决策时可能存在相互矛盾或冲突，因此，有必要加强部门之间的沟通和协调，合作寻找多赢的解决方案。

第二，建立大食物监测统计体系。目前，国家统计局主要统计大宗农产品的生产和消费情况，关于森林、草原和江河湖海等资源的食物供给情况统计较为零散。此外，对各种资源的利用情况和开发潜力的信息也较少，亟需开展大食物统计监测。这不仅包括统计森林、草原、江河湖海等资源生产的食物数量、质量、营养和成本，还需要统计资源的数量、质量和资源承载力等。大食物监测统计涉及面广，工作难度大，同样需要跨部门合作来完成。

第三，优化农业支持政策和科技政策，支持多元化食物资源的开发，以更加可持续的方式生产更多营养健康的食物。过去的政策目标主要是保障粮食安全，农业支持政策和科技政策的重点集中在主粮，但随着居民对多样化食物消费需求的增加，政策需要适时调整。一方面，应加大对森林、草原、水域资源、设施农业等的政策支持和科技投入，研发包括新型替代蛋白在内的各种来源的食物，突破技术瓶颈，提高食物质量和生产能力，降低生产成本，从而保障多样化营养健康食物供给。另一方面，耕地仍然是最重要的食物来源。优化作物种植结构，比如放宽对高标准农田建设和使用的限制，不仅可用于生产粮食，而且可以用于生产其他多样化的食物。

第四，促进多种食物资源的适度合理开发，避免对生态资源的过度保护，实现生态资源的保护与利用并重。森林、草原和水产养殖等生态资源具有巨大的食物生产潜力，在避免对其进行过度开发的同时，也要避免因过度保护造成的不利影响。在资源承载力范围内，应充分利用森林、草原和海洋资源，提供更多优质生态和健康的食物，采用更加科学的方式促进保护与利用的协调发展。过度的环境保护措施，如严格禁止砍伐、放牧、狩猎和捕捞等活动，可能对多种食物资源的开发造成不利影响。因此，需要加强生态环境部和农业农村部的合作，在保护环境的同时，保障食物供给。这样，既能保护生态环境，又能实现食物资源的可持续开发。



参考文献

- [1] 韩立民, 李大海, 2015. “蓝色粮仓”: 国家粮食安全的战略保障 [J]. 农业经济问题, 36(1):24-29+110.
- [2] 姚小华, 王开良, 钟秋平, 等, 2022. 向森林要食物(1): 加快油茶产业高质量发展的建议 [R]. 北京: 中国农业大学国家农业科技战略研究院; 国家农业科技发展战略智库联盟.
- [3] 张英俊, 王显国, 杨富裕, 等, 2022. 向草原要食物: 多途径开发草原“粮库”生产潜力的建议 [R]. 北京: 中国农业大学国家农业科技战略研究院; 国家农业科技发展战略智库联盟.
- [4] Bai Z, Wu X, Lassaletta L, et al., 2023. Investing in mini-livestock production for food security and carbon neutrality in China [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 120(43):e2304826120.
- [5] ClimateWorks Foundation and Foreign, Commonwealth and Development Office of UK, 2021. Global Innovation Needs Assessments: Protein Diversity [EB/OL]. (2021-11-01) [2024-03-20]. <https://www.climateworks.org/wp-content/uploads/2021/11/GINAs-Protein-Diversity.pdf>.
- [6] Fang Q, Zhang X, Dai G, et al., 2023. Low-opportunity-cost feed can reduce land-use-related environmental impacts by about one-third in China [J]. Nature Food, 4(8):677-685.
- [7] The Good Food Institute, 2021. Retail sales data: Plant-based meat, eggs, dairy [GFI [EB/OL]. (2021-01-19) [2024-03-18]. <https://gfi.org/marketresearch/>.
- [8] The Good Food Institute, 2022. 2021 State of the Industry Report: Plant Based Meat, Seafood, Eggs and Dairy [R]. The Good Food Institute.



3.

新型替代蛋白：挖掘未来健康可持续食物的潜力

袁之名² 张玉梅^{1,2} 兰向民²
龙文进^{1,2} 樊胜根^{1,2}

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

主要发现

■ 相较于传统动物蛋白，新型替代蛋白具有生产效率高、资源消耗少、环境影响小、不受季节限制等优势，这为实现可持续食物供给开辟了新路径。近些年，植物基替代蛋白受到消费者的广泛认可，占据稳定的市场份额；细胞培养肉正处于研究推广阶段，有望实现规模化生产和降低成本；昆虫的转化效率高、蛋白质含量高，既可食用、也可饲用，昆虫饲料在替代传统的饲料蛋白上具有很大潜力。

■ 在保障居民营养健康需求的前提下，通过增加新型替代蛋白来替代部分传统畜产品生产，不仅能优化食物供给结构，还可以节约耕地资源和减少碳排放。模拟结果显示，到2035年，以植物基肉制品替代10%的猪肉和牛肉产量、以植物基奶替代15%的奶类产量、以细胞培养肉替代1%的猪肉和牛肉产量、以昆虫饲料蛋白替代10%的豆粕产量后对粮食安全、土地资源和气候变化都将产生积极影响，包括节约谷物和豆粕类饲用需求分别为1590万吨和923万吨，同时，耕地播种面积减少120万公顷、农业碳排放量下降9%。

■ 作为蛋白质供给的新添赛道，新型替代蛋白发展仍面临技术瓶颈、生产成本高企、新产品安全性评估和市场监管复杂，以及消费者接受度不高等多方面的挑战，亟需技术创新和政策支持助力其发展。

政策建议

■ 政府应抓住新型替代蛋白产业发展契机，作为应对耕地资源和环境压力的重要措施，将其纳入多元化食物供给体系框架，制定新型替代蛋白的长期发展战略规划，加大政策支持力度，鼓励新型替代蛋白技术创新。同时，加快建立完善新型替代蛋白相关的食品安全标准和监管体系，为新型替代蛋白产业发展保驾护航，提高中国新型替代蛋白产业在全球的影响力。

■ 鼓励私人部门积极参与新型替代蛋白产业发展，大力推进相关产品的研发和生产，丰富新型替代产品种类。充分挖掘传统食物文化中植物蛋白资源，赋予现代理念和生产方式，降低成本，推动植物蛋白产品多元化发展。同时提升产品品质，提高其与传统蛋白质的价格竞争力，增强消费者的可及性，扩大市场份额。

■ 加大对新型替代蛋白食品的宣传力度，包括对新型替代蛋白食品的营养价值、安全性及其对环境影响的宣传教育，引导消费者提高对新型替代蛋白的认可度和接受度。



3.1 引言

2000年以来，中国和全球的畜产品生产发展迅速，增加了居民对动物蛋白的消费，但是畜牧业的过快增长也带来了资源环境压力和健康挑战。2022年，全球肉类产量为3.6亿吨，比2000年增加了近30%。据OECD-FAO预测，未来十年，全球肉类产量仍将保持年均2%的增长速度（OECD and FAO, 2023）。畜牧业是重要的温室气体排放源，预计未来十年，畜牧业占农业温室气体排放增量的80%。中国的肉类生产和消费均增长迅速，2023年肉类总产量高达9641万吨，比2000年增加了60%，同时，进口量增加到900万吨，以满足国内居民日益增长的消费需求。为满足肉类生产，中国每年消耗4.5亿吨饲料粮，其中8000万吨豆粕作为饲料蛋白的主要原料，导致大豆进口显著增加，饲料粮安全凸显。畜牧业生产也增加了温室气体排放，2018年，畜牧业碳排放达到3.7亿吨CO₂ eq，占农业碳排放的46%。另外，随着居民肉类消费需求的增加，肥胖与慢性病发生率也大幅增加。2019年城乡成年居民中超重与肥胖的比例超过50%，6~17岁儿童青少年的超重肥胖率也达到了19%^①。动物性食物的生产和消费还带来包括人畜共患病、抗生素耐药性、食源性疾病与慢性疾病等问题，对人类健康产生重要威胁（van Boeckel et al., 2019）。

为了应对畜牧业生产带来的资源环境、健康

和粮食安全等挑战，探索新的蛋白来源，挖掘未来健康可持续食物的潜力显得尤为重要。相比传统肉类生产，新型替代蛋白如植物基肉制品、细胞培养肉、昆虫蛋白等被认为能显著减少温室气体排放、减少土地和水资源利用。Smetana等（2015）比较了植物基肉制品、细胞培养肉和传统牛肉的温室气体排放，发现植物基肉制品和细胞培养肉的碳足迹分别只有传统牛肉的29%和17%。Mattick等（2015）则估算以可再生能源作为电力来源，细胞培养肉的碳排放可降低至传统牛肉的4%–23%。在国际上，新型替代蛋白相关研究已经如火如荼地开展。Kozicka等人（2023）运用全球生物圈模型（GLOBIOM模型）评估了植物基替代蛋白的潜在影响，发现替代50%肉类的方案可以显著降低环境影响，包括释放全球农田面积的25%、减少全球氮肥投入的30%和农业土地利用中的温室气体排放40%。

中国的饮食文化悠久，食材来源多样，植物蛋白、昆虫等替代蛋白食物已经融入部分居民的饮食习惯。应以大食物观发展理念，探索新型替代蛋白产业发展在多元化食物供给的潜力及其对环境的影响。目前，关于中国替代蛋白产业发展的研究主要集中在技术开发层面，但对经济政策层面的研究讨论较少。本章将重点讨论植物基蛋白、细胞培养肉、昆虫蛋白等主要替代蛋白产品，分析其在中国的发

^① 数据源自《中国居民营养与慢性病状况报告（2020年）》：https://www.gov.cn/xinwen/2020-12/24/content_5572983.htm。



展现状与前景，利用跨学科模型模拟评估这些新型替代蛋白产业发展对食物消费、耕地资源利用和环境的影响，提出推动中国新型替代蛋白产业可持续发展的相关建议。

3.2 主要新型替代蛋白的发展现状及未来前景

目前，国内市场上有多种替代蛋白产品，本节主要介绍植物基肉制品、植物奶、细胞培养肉品和昆虫蛋白饲料等几种替代蛋白的发展情况，包括营养成分、生产工艺与成本、现有市场规模及消费者接受度等方面。

3.2.1 植物基肉和植物基奶发展现状及未来前景

我国植物基蛋白产品有着悠久的历史文化渊源，以豆腐、豆浆、豆花为代表的传统豆制品可以追溯到数千年前，植物基素食菜肴被广泛流传。当代新兴植物基肉制品与传统豆制品风味虽有差异，但均源于大豆等植物蛋白，为植物基蛋白产品在中国市场的发展奠定了良好基础。植物基肉制品能够模拟肉类特性，因此常被赋予“素鸡”、“佛鸭”等富有肉类暗示的名称，以满足消费者对肉质感官体验的需求。

植物基蛋白产品包括植物基肉制品、植物奶、植物基蛋，可制成鸡块、汉堡、肉丸、肉饼、香肠和热狗等食品。这些产品的原料主要是大豆、豌豆、甘薯等植物性食物，通过挤压、重塑等工艺加工制成，提取大豆分离蛋白等，作为植物基产品原料（马春芳等，2020；李翠芳等，2021；邓立青，2017；金鑫，2021）。从营养价值来看，植物基肉制品的蛋白质含量基本可以媲美传统肉类，每100克植物基肉制品的蛋白质含量约为13–19克，与传统肉类中每100克猪肉和牛肉的蛋白质含量（分别约为15克和20克）相当（杨月欣，2020）。植物蛋白消化吸收率也较高，大豆蛋白的消化率接近动物源蛋白质，同时含有丰富且均衡的必需氨基酸。相较于传统动物源产品，植物基替代蛋白还具有富含维生素和矿物质、低脂肪、无胆固醇、易于消化吸收以及碳排放较低等优点。2021年，中国食品科学技术学会发布了《植物基肉制品》《植物基食品

通则》等自愿性行业标准，为行业的规范发展提供了指导和支持。

凭借植物基蛋白的诸多优势，其市场发展保持良好态势，植物基蛋白产品在全球和中国都受到了广泛关注和认可，市场呈现出指数级增长态势。2022年全球植物基肉制品类市场规模为44亿美元，占肉类总销量的0.5%，预计2023–2030年将以24.9%的复合年增长率继续增长^①。根据彭博资讯（Bloomberg Intelligence）2022年的预测，未来十年，全球植物替代品市场可能会增长至1660亿美元^②。据统计，2021年，美国植物基肉制品的零售销售额增长到14亿美元，三年增长了74%（Dueñas-Ocampo et al., 2023）。2020年至2022年，美国植物奶市场份额稳定维持在牛奶市场的15%，以及美国肉类总量的1.4%（Kozicka et al., 2023）^③。中国消费者对植物基蛋白食品比较认可。2020年中国植物肉市场规模达1.16亿美元，占整个亚太地区的70%以上（欧睿信息咨询，2021）^④。

尽管植物基蛋白产品作为最具潜力的动物源蛋白替代品，在中国具有广阔的市场前景，但其仍面临一些技术和文化挑战。目前植物基肉制品的生产成本较高，口感与传统肉类还存在一定差距，在工艺改进和产品优化方面仍需努力。消费者偏好也是影响植物基蛋白产品发展的重要因素。中国存在着深厚的肉食文化，肉类被视为富有营养和重要的饮食组成部分，与节庆、家庭聚会等社会活动密切相关。一部分消费者对完全摒弃肉类消费存有疑虑，这给植物基食品的推广带来了挑战。

3.2.2 细胞培养肉发展现状及未来前景

细胞培养肉尽管目前还处于初步研发阶段，但它被认为是具有巨大前景的替代蛋白新技术。细胞培养肉通常指以动物细胞培养技术生产的肉。因此，细胞培养肉无需过多依赖传统农牧业生产，具有减排环保等优势（张璨等，2022）。细胞培养肉的蛋白质含量约为每100克19克^⑤，与传统肉类比较接近。全球多家机构预测，未来细胞培养肉将在肉类市场占有越来越大的份额。麦肯锡预测。细胞培养肉最快可在2030年占到世界肉类供应量

① 参见 <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/plant-based-meat-market>.

② 参见 <https://foodinstitute.com/focus/bloomberg-boosts-10-year-plant-based-market-forecast-to-166-billion/>.

③ 参见 <https://gfi.org/marketresearch/>.

④ 参见 <https://gfi-apac.org/new-report-pathways-to-plant-based-market-success-in-china/>.

⑤ 该数值来自 Mazac et al.（2022）附表。



的 1%，市场规模将扩张到 250 亿美元^①。科尼尔咨询预测到 2040 年，细胞培养肉将能够满足 35% 的肉类需求，相应市值达 6300 亿美元^②。实现潜在的巨大市场容量取决于成本降低、量产能力和市场监管等先决条件。

尽管前景广阔，但细胞培养肉在实现大规模商业化方面仍面临诸多挑战。首先是生产成本过高，虽然正在逐步下降，但仍远高于传统肉类成本水平。2013 年，全球第一块含人造牛肉的汉堡造价高达 32 万美元。细胞培养肉成本的变化主要源自对培养基、生长因子、支架材料等生产投入的依赖 (Vergeer et al., 2021)。未来要通过优化培养基配方、寻找低成本生长因子替代品、开发可食用支架材料等方式，不断降低细胞培养肉的生产成本 (Specht & Scientist, 2020; Levi et al., 2022; Su et al., 2023)。其次是产能瓶颈和安全性问题也待进一步攻克。细胞培养肉的主要食品安全考虑因素在于细胞收集、培养过程、规模化。培养过程涉及培养基成分物质、微量营养素、支架技术；扩大规模涉及到生物反应器的应用、内源性生长因子、母细胞的提取及病毒工程。此外，监管体系和标准的缺失也制约了细胞培养肉的发展。不同国家在制定相关法规和监管措施方面存在差异，发达国家如美国和新加坡已建立监管框架，欧盟和日本等国仍在努力。

在中国，细胞培养肉企业已开始涌现，行业发展正从最初的技术研发迈向商业化和工业化的新阶段。作为全球最大的肉类消费国，有专家认为若细胞培养肉能够替代或补充中国肉类市场 1% 至 10% 的规模，其产值预计可达 300 亿至 3000 亿人民币 (周光宏等, 2020)。预计在突破核心技术后，细胞培养肉有望在 2025–2030 年间在中国上市，成为替代蛋白领域的重要力量 (永续未来中心和农业农村部食物与营养发展研究所, 2023)。

3.2.3 昆虫蛋白发展现状及未来前景

昆虫作为一种新型蛋白来源，具有营养价值高和减排环保等多方面优势。首先，在营养价值方面，昆虫富含蛋白质、Omega-3 脂肪酸、

Omega-6 脂肪酸、微量元素，还具有抗凝血、溶解血栓、改善微循环等特殊作用，营养价值高，是优质的蛋白和能量来源。其次，在环境影响方面，昆虫生产过程所需的土地、水资源和饲料投入远低于传统畜牧业，排放的温室气体也大幅减少。目前，昆虫已被广泛应用于食品和饲料生产。

在中国，南方地区有较为传统的食用昆虫习惯，北方则较少。但总体来看，直接食用昆虫在中国的消费者接受度较低。南方地区，例如广西、广东、云南等省份的人们常食用蝗虫、蚂蚱、蚕蛹等，这些昆虫被当地人认为是美味佳肴。而在北方地区，昆虫食用文化相对较少。近年来，中国可食用昆虫产品的专利申请数量迅速增加，主要以昆虫原型加工的产品为主，而相关的衍生品仍然处于早期的研发与试验阶段，市场规模较小 (Feng et al., 2020)。但随着人们对昆虫营养价值的认识不断提高，昆虫食用文化可能会在全国范围内逐渐普及。诸多西方国家的企业开始生产和销售昆虫肉制品，如昆虫肉汉堡、昆虫蛋白粉等，主要面向年轻的健身消费群体。全球可食用昆虫生产的商业化虽然仍处于起步阶段，但市场的价值已逐步显现。2023 年，全球可食用昆虫市场价值将达 11.8 亿美元^③，其中亚太地区占 4.8 亿美元，位居各地区之首^④。

直接食用昆虫在消费者接受度和市场化进程中仍存在一定挑战。在各类替代蛋白食物中，豆类和植物基替代蛋白质的接受度最高，培养肉、生物发酵等科技含量高的替代蛋白质次之，对昆虫肉接受度最低 (Hartmann et al., 2015)。不同人群对不同类型的替代蛋白的接受程度差异较大，例如年轻人相比老年人更容易接受替代蛋白产品，年轻男性比年轻女性更愿意接受昆虫肉，而年轻女性比年轻男性更愿意接受植物基肉制品。由于年轻男性对新食物的恐惧程度较低，他们更容易接受昆虫作为肉类替代品 (Verbeke et al., 2010)。一般来说，消费者更倾向于选择那些与传统肉类相似或超越的产品，无论是在外观、营养、便利性和膳食解决方案等方面 (Kyriakopoulou et al., 2021)。

① 数据来源: Cultivated meat: Out of the lab, into the frying pan | McKinsey [EB/OL]. [2022-06-21]. <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/cultivated-meat-out-of-the-lab-into-the-frying-pan>.

② 细胞肉距离餐桌还有多远?—FoodTalks 全球食品资讯 [EB/OL]. [2023-09-10]. <https://www.foodtalks.cn/news/46876>.

③ 数据来源: <https://www.statista.com/statistics/882321/edible-insects-market-size-global/>。

④ 数据来源: <https://www.statista.com/statistics/882360/edible-insects-market-size-global-by-region/>。



当昆虫蛋白质作为面粉等来源不太可见的产品形式时，人们的接受程度大大增加（Verbeke et al., 2010）。

与直接食用相比，将昆虫作为蛋白饲料替代品的潜力更大。蟋蟀、黄粉虫、黑水虻等昆虫，可以高效利用食物残渣、畜禽粪便等废弃物为原料进行人工养殖。由于昆虫生长周期短、代谢率低、易于养殖管理，因此资源利用效率高，环境影响小。研究显示，2019年中国昆虫饲料产量约为10万吨，预计到2025年将超过200万吨（Bai et al., 2023）。虽然目前替代昆虫蛋白成本高于大豆，但未来随着技术进步，成本将持续下降。从长远看，如果能充分利用国内大量的食品和农业废弃物，利用昆虫替代部分传统蛋白饲料将益处颇多。文献研究表明，中国具有生产2100–3100万吨昆虫蛋白的潜能，其中1700–2400万吨可作为动物饲料，替代20%的饲料需求，将可以减少2700万吨大豆进口，提高大豆自给率11个百分点，减少约23亿吨二氧化碳排放（Bai et al., 2023）。因此，昆虫蛋白无论作为人类直接食用，还是作为动物饲料替代品，都具备广阔的发展前景和减排潜力。

3.3 中国替代蛋白产业发展对粮食安全和环境的影响：基于模型模拟的分析

3.3.1 模拟方法与方案设计

本研究使用跨学科综合模型——中国农业大学农食系统模型（CAU-AFS model）来定量模拟分析植物基蛋白（包括植物基肉制品和植物奶）、细胞培养肉以及昆虫作为新型替代蛋白替代传统畜产品和豆粕饲料对粮食安全和环境的影响。首先，本研究通过系统性文献分析搜集了各种替代蛋白的营养成分，见表3-1，根据蛋白质等量替代原则来估算新型替代蛋白与传统蛋白之间的替代比关系，其次，搜集了各种替代蛋白的全生命周期碳排放系数数据，见表3-2。同时，查阅和估算了生产植物基肉和植物基奶所需的食物原材料。

首先，基准方案情景。基准方案（BASE）假设按照目前的人口变化、经济发展和技术进步趋势，预测未来食物生产、消费与贸易量。基准方案情景作为参照方案，与第二章相同，预测至2035年。

其次，替代蛋白模拟方案。本章共设计了五个模拟方案，分别模拟分析植物基肉制品替代肉类、植物奶替代牛奶、细胞培养肉替代肉类、昆虫替代

表 3-1 传统蛋白来源与替代蛋白的营养成分比较

单位：每 100g 产品

| 产品 | 能量 /kJ | 蛋白质 /g | 脂肪 /g | 碳水化合物 /g | 钠 /mg | 钙 | 来源 |
|--------------|--------|--------|-------|----------|-------|-------|-------------------------------|
| 猪肉 | 1370.0 | 15.1 | 30.1 | 0.0 | 56.8 | 6.0 | 杨月欣, 2020 |
| 牛肉 | 669.0 | 20.0 | 8.7 | 0.5 | 64.1 | 5.0 | |
| 羊肉 | 581.0 | 18.5 | 6.5 | 1.6 | 89.9 | 16.0 | |
| 鸡肉 | 608.0 | 20.3 | 6.7 | 0.9 | 62.8 | 13.0 | |
| 牛奶 | 271.0 | 3.3 | 3.6 | 4.9 | 63.7 | 107 | |
| 植物基牛肉 平均 | 396.8 | 18.8 | 11.3 | 7.8 | 430.7 | 21.0 | 刘浩栋等, 2023; 唐伟挺等, 2022 |
| 植物基猪肉 平均 | 466.8 | 13.4 | 6.0 | 3.8 | 350.3 | 54.0 | |
| 植物奶平均值 | 265.5 | 1.4 | 2.5 | 5.4 | | 80.5 | 周素梅等, 2023 |
| 细胞培养肉 平均值 | 76.0 | 19.0 | | | 56.0 | 6.0 | European SustFood database |
| 昆虫粉平均值 | 441.2 | 55.0 | 17.6 | 15.7 | 284.0 | 139.0 | |

数据来源：作者整理。



表 3-2 传统蛋白来源与替代蛋白的碳排放系数比较

单位: kg CO₂ eq/kg 产品

| 类别 | 全生命周期碳排放 | 全生命周期碳排放范围 | 原材料获取过程碳排放 | 加工环节碳排放 | 来源 |
|--------|----------|------------|------------|---------|---|
| 猪肉 | 2.92 | 2.8~7.5 | — | — | (FAOSTAT, 2023; Cai et al., 2022) |
| 牛肉 | 31.26 | — | — | — | |
| 羊肉 | 23.68 | — | — | — | |
| 禽肉 | 1.68 | 1.6~5.9 | — | — | |
| 牛奶 | 1.26 | 0.9~1.7 | — | — | |
| 植物基肉制品 | 0.70 | 0.7~3.4 | 0.63 | 0.07 | (Mazac et al., 2022; Heller et al., 2018) |
| 植物奶 | 0.42 | — | 0.38 | 0.04 | (Mazac et al., 2022) |
| 细胞培养肉 | 3.13 | 1.9~25.19 | — | — | (UNEP, 2023; Sinke et al., 2023; Tuomisto et al., 2022; Smetana et al., 2015; Mattick et al., 2015; Tuomisto et al., 2011; Parodi et al., 2018) |
| 昆虫 | 0.30 | 0.11~17.2 | 0.30 | — | (Bai et al., 2023; Ooninex et al., 2012; Parodi et al., 2018, 2018; Smetana et al., 2016) |

数据来源: 作者整理。

注: 细胞培养肉系数差异较大, 其中重要原因在于是否使用清洁能源, 本文假设细胞培养肉使用清洁能源生产。

豆粕饲料、以及综合替代方案。根据蛋白质等量替代原则来估算新型替代蛋白与传统蛋白之间的替代比例关系, 同时查阅和估算了生产植物基肉制品和植物奶所需的食物原材料。具体模拟方案设计及其依据见表 3-3。方案一是植物基肉制品替代肉类方案 (PMEAT)。模拟到 2035 年植物基肉制品替代猪肉和牛肉产量的 10%, 分别替代猪肉和牛肉 569 万吨和 76 万吨。按等量蛋白质替代原则, 1 千克传统猪肉与 1.16 千克植物基猪肉相当, 1 千克牛肉与 1.05 千克植物基牛肉相当, 折算所需要增加的植物基肉制品产量和相应的大豆原材料需求量, 约需要增加 384 万吨大豆需求。方案二是植物奶替代牛奶方案 (PMILK)。在基准方案中, 2035 年, 奶类产量为 4870 万吨, 模拟方案中, 模拟至 2035 年, 植物奶逐步替代奶类产量的 15%, 即减少奶类产量 764 万吨。植物奶参照豆浆的配方, 每千克植物奶大约需要 0.1 千克大豆。植物奶蛋白质含量通常低于牛奶, 1 千克牛奶大约相当于 1.5 千克植物奶的蛋白质, 为此, 需要增加 1053 万吨植物奶, 约需要增加大豆 121 万吨作为原料。方案三是细胞培养肉替代传统肉类方案 (CMEAT)。用模拟细胞培养肉替代猪肉和牛肉产量的 1%。每 100 克细胞培养肉约含 19 克蛋白质, 根据等量蛋白质替换原则,

替换 1 千克传统猪肉需要约 0.79 千克细胞培养肉, 替换 1 千克牛肉则需要约 1.05 千克细胞培养肉, 假设增加 55 万吨细胞培养肉的生产, 减少猪肉 59 万吨和牛肉 8 万吨。方案四是昆虫蛋白替代豆粕饲料方案 (INSECT)。假设未来昆虫作为蛋白饲料替代豆粕饲料消费量的 10%。昆虫蛋白可以通过蔬菜水果的废弃物和畜禽废弃物为原料, 不依赖农产品进行生产。根据等量蛋白质替换原则, 替代 1 千克豆粕需要约 3.94 千克昆虫干物质。在基准方案中, 2035 年, 豆粕饲料消费需求量为 7449 万吨, 因此, 假设生产 605 万吨昆虫干重替代 750 万吨豆粕。方案五综合模拟 (COMB) 同时模拟植物基肉制品替代肉类生产、植物奶替代牛奶生产、细胞培养肉替代肉类生产、昆虫替代豆粕的情况, 其参数设定来自于上述四个方案。

3.3.2 模拟结果

本研究旨在从多个角度分析新型替代蛋白替代传统食物的影响, 包括对农业生产、耕地播种面积、饲料粮消费需求和碳排放量等方面的影响。

首先, 方案一是植物基肉制品替代方案 (PMEAT), 用植物基肉制品代替肉类生产。这里假设到 2035 年, 植物基肉制品能够替代 10% 的猪



表 3-3 替代蛋白的模拟方案设定

| 方案名称 | 方案内容 | 设定依据 |
|--------------------|--|---|
| 植物基肉制品替代方案 (PMEAT) | 到 2035 年, 植物基肉制品代替猪肉、牛肉产量的 10%, 即猪肉和牛肉的产量分别下降 569 万吨和 76 万吨, 为生产植物基, 大豆需求量增加 384 万吨。 | 2022 年, 欧美植物基肉制品占肉类实际销售额的 1.3% (The Good Food Institute, 2021)。据科尔尼咨询公司预测, 到 2040 年, 植物基肉制品将占肉类市场总量的 25%, 波士顿咨询公司预测蛋白质替代品将占肉类市场的 11~22% (Witte et al., 2021)。 |
| 植物奶替代方案 (PMILK) | 到 2035 年, 植物奶替代基准方案同期奶类产量的 15%, 即减少奶类产量 764 万吨, 增加大豆消费 121 万吨。 | 参考美国情况, 2021-2022 年, 美国的植物奶占奶产品市场实际销售额的 15% (The Good Food Institute, 2021)。 |
| 细胞培养肉替代方案 (CMEAT) | 到 2035 年, 细胞培养肉替代基准方案同期猪肉、牛肉产量的 1%, 减少猪肉 59 万吨和牛肉 8 万吨。 | 根据麦肯基公司预测, 截至 2030 年, 全球的细胞培养肉销售量将达 5.31 亿吨, 占全球肉类市场销售额 1% (Brennan et al., 2021)。 |
| 昆虫替代方案 (INSECT) | 到 2035 年, 昆虫蛋白饲料替代基准方案同期豆粕 10%, 即使用 840 万吨昆虫蛋白替代 750 万吨豆粕 | 据估计, 中国禽畜固体粪便产量为 16.610 亿吨/年, 最大潜能生产 1,700 万吨 ~2,400 万吨昆虫蛋白, 最多可替代 20% 的蛋白饲料 (Bai et al., 2023)。 |
| 综合方案 (COMB) | 同时模拟前四种方案的总体效果。 | |

数据来源: 作者整理。

肉和牛肉, 即可以减少生产相应的猪肉和牛肉, 分别较基准方案降低约 10%, 即猪肉和牛肉的产量分别下降 594 万吨和 76 万吨, 但与此同时, 需要加工豆类成为分离蛋白, 用于植物基肉制品的生产。这里以大豆作为原材料为例, 根据植物基猪肉和植物基牛肉的生产工艺和蛋白质含量推算, 每千克的植物基肉制品大约需要 0.5 千克的大豆作为原材料, 为此, 大豆需求额外增加 384 万吨, 用于生产植物基肉制品。结果表明, 猪肉和牛肉产量下降, 饲料粮消费量的减少, 与基准方案相比, 2035 年, 谷物饲用消费量减少了 1287 万吨, 下降 5%, 豆粕饲用消费量减少 225 万吨, 下降 3.1%。由于饲料消费需求的减少, 谷物产量也有所下降, 下降了 2.2%, 为此, 谷物播种面积减少了 102 万公顷。尽管畜产品的饲料消费量有所下降, 但由于用于植物基肉生产, 大豆需求仍然会增加, 带动大豆的产量和面积分别增加 52 万吨和 19 万公顷。另外, 畜产品和大豆生产调整, 也会对其他农产品的生产产生影响。模拟结果显示, 农作物的面积减少 66 万公顷。畜产品和农作物生产变化后, 也会对环境产生影响。与基准方案相比, 2035 年, 植物基肉制品方案下, 养殖业的排放量显著下降, 从 6.25 亿吨 CO₂ eq 减少到了 5.87 亿吨 CO₂ eq, 下降了 3753 万吨 CO₂ eq, 约 6%。种植业的碳排放也有所下降, 减少 203 万吨 CO₂ eq。为此, 农业总排放量从 9.40 亿吨 CO₂ eq 减少到了 9.0 亿吨 CO₂ eq, 减少了约 4000 万吨 CO₂ eq, 约 4%。

方案二是植物奶方案 (PMILK), 用植物奶替代牛奶的生产。假设到 2035 年, 奶类产量比基准方案减少 15%, 减少 741 万吨, 但同时, 大豆需求额外增加 121 万吨, 用作植物基奶的生产原料。由于奶类产量下降, 谷物饲用消费量和豆粕等饲用消费分别减少 89 万吨和 57 万吨。由于饲用消费量减少会使得价格下降, 食用等其他消费量有所增加。总体上, 该方案对谷物和大豆生产的影响都有限, 谷物产量减少 75 万吨, 大豆产量增加 24 万吨。由于牛奶生产减少, 其产生的碳排放也有所下降, 养殖业碳排放减少了 1206 万吨 CO₂ eq, 种植业碳排放基本不变, 农业排放总量减少了 1221 万吨 CO₂ eq, 相当于减少 1.3%。

方案三是细胞培养肉方案, 用细胞培养肉替代肉类生产。假设到 2035 年, 细胞培养肉替代 1% 的猪肉和牛肉, 猪肉、牛肉产量分别减少 59 万吨和 8 万吨。同样, 畜产品的饲用消费量也有所下降, 其中谷物饲用消费量减少 147 万吨, 豆粕的饲料需求减少 25 万吨。由于畜产品产量减少和饲料消费量下降, 养殖业碳排放减少 338 万吨 CO₂ eq, 种植业碳排放减少 24 万吨 CO₂ eq, 农业碳排放总量减少 361 万吨 CO₂ eq。

方案四是昆虫蛋白替代方案, 假设昆虫蛋白替代 10% 的豆粕。2035 年, 与基准方案同期相比, 豆粕饲用消费减少 735 万吨。在假设进出口不变的情况下, 大豆产量减少, 但是由于豆粕需求的减少, 导致大豆压榨需求下降, 大豆价格下降显著, 大豆



直接食用消费需求增加 619 万吨，导致大豆需求总量减幅较小，大豆产量仅减少了 393 万吨，播种面积减少 92 万公顷。同时，生产昆虫蛋白也需要能量进行烘干杀菌，才能用于饲料消费，也需要消耗一定的碳排放。因此，总体上，农业碳排放变化很小，反而略微增加 75 万吨 CO₂ eq。

方案五为综合方案。在假设进出口不变的情况下，到 2035 年，植物基肉制品替代 10% 猪肉和

牛肉，植物奶替代 15% 牛奶，细胞培养肉替代 1% 猪肉和牛肉，昆虫蛋白替代 10% 豆粕。2035 年，与基准方案同期相比，畜禽肉类产量减少 8%，其中，牛肉产量减少 12%，奶类产量下降 16%。同样，由于畜产品产量减少和豆粕饲用减少，饲料粮消费减少，其中，谷物饲用需求减少 1590 万吨，豆粕类饲用消费减少 923 万吨。饲料粮消费量减少也会间接影响到生产和播种面积，耕地播种面积减

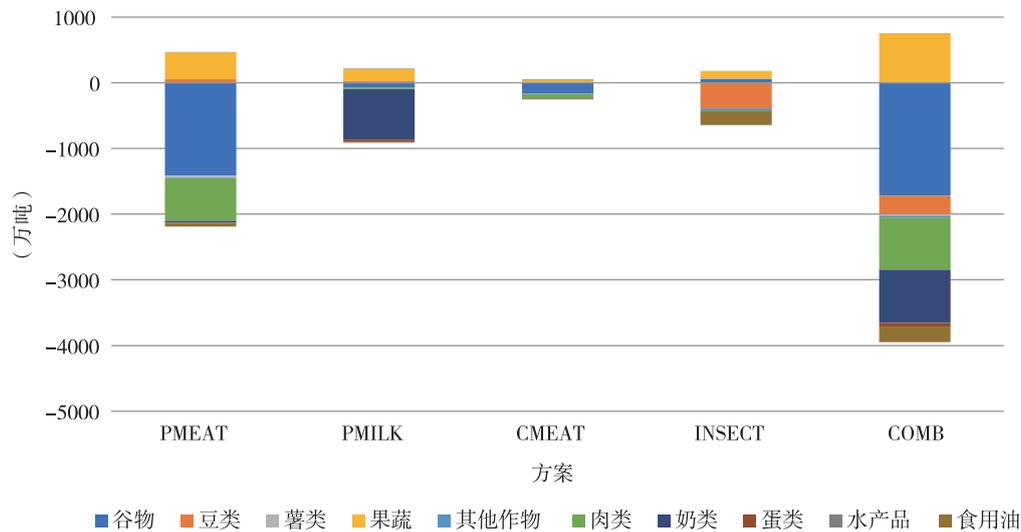


图 3-1 不同替代蛋白模拟方案下各农产品产量变化 (2035 年与基准方案相比)

数据来源：CAU-AFS 模型模拟结果。

注：*PMEAT，植物基肉制品替代方案；PMILK，植物奶替代方案，CMEAT，细胞培养肉替代方案；INSECT，昆虫蛋白替代方案，COMB，综合方案。

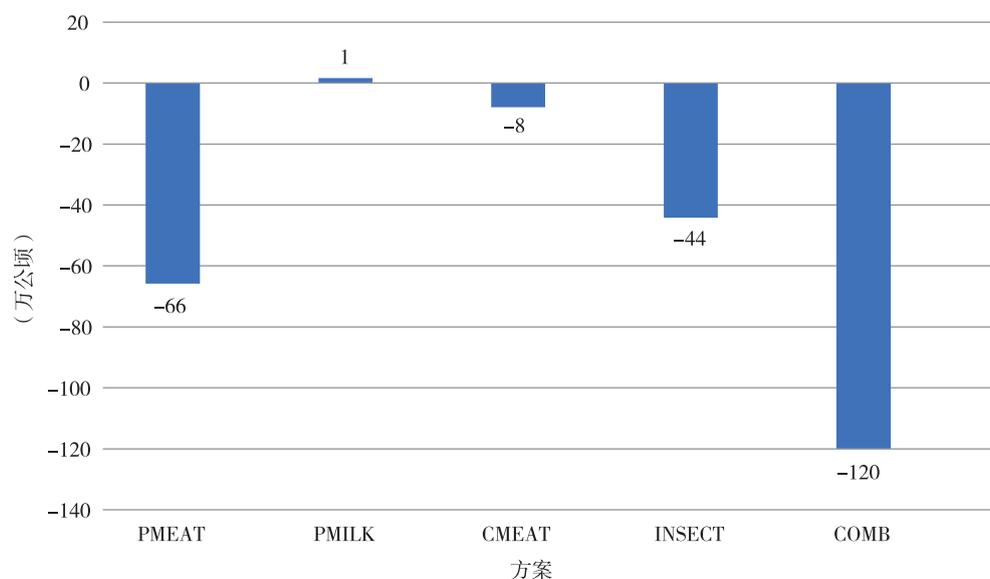


图 3-2 不同替代蛋白模拟方案下耕地播种面积的变化 (2035 年与基准方案相比)

数据来源：CAU-AFS 模型模拟结果。

注：*PMEAT，植物基肉制品替代方案；PMILK，植物奶替代方案，CMEAT，细胞培养肉替代方案；INSECT，昆虫蛋白替代方案，COMB，综合方案。

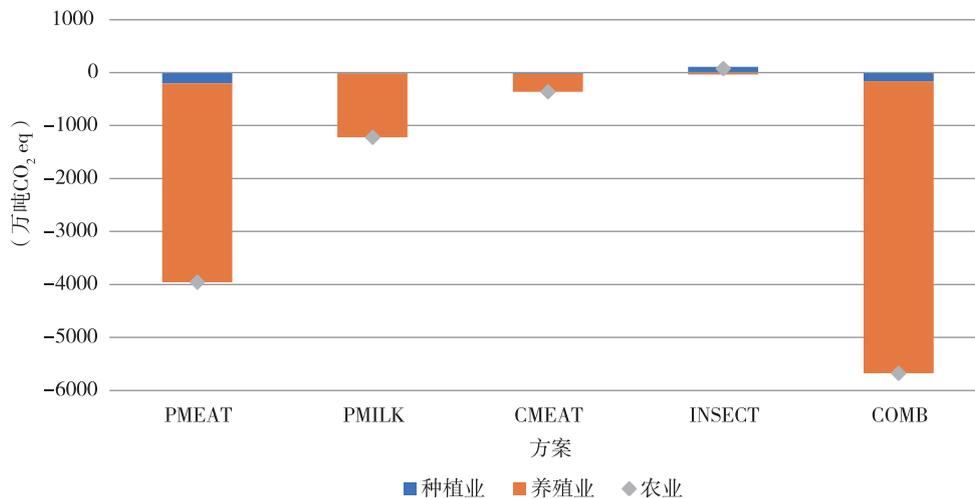


图 3-3 不同替代蛋白模拟方案下农业碳排放的变化 (2035 年与基准方案相比)

数据来源: CAU-AFS 模型模拟结果。

注: *PMEAT, 植物肌肉制品替代方案; PMILK, 植物奶替代方案, CMEAT, 细胞培养肉替代方案; INSECT, 昆虫蛋白替代方案, COMB, 综合方案。

少 120 万公顷。综合方案下, 农业碳排放减少 9.4 亿吨 CO₂ eq, 占农业碳排放总量的 9%。

3.4 新型替代蛋白产业发展的对策建议

新型替代蛋白产业在多元化食物供应中扮演着重要角色, 不仅能替代食用蛋白, 还可替代饲料蛋白, 其潜在作用包括节约土地资源、减少碳排放、提高饲料粮自给率等, 为满足中国优质蛋白需求开辟新路径, 缓解目前的资源和环境压力, 具有很强的健康和环境收益。然而, 新型替代蛋白产业在生产端、消费端和政策端均面临着诸多挑战, 需要采取针对性的措施推动其可持续发展。

首先, 加大对新型替代蛋白产业的公共投资和政策支持。目前, 新型替代蛋白产业发展面临技术、成本和市场等诸多挑战, 制约了新型替代蛋白产业的大规模发展。政府应将新型替代蛋白产业纳入构建多元化食物供给体系的长期发展战略规划, 并加大对公共投资的支持力度, 加强基础研究, 推动技术革新, 提升产品品质, 降低生产成本。

其次, 应推动植物蛋白产品多元化发展。如利用传统素肉、豆制品等技艺, 开发富含植物蛋白的代餐和添加剂, 或将植物蛋白产品与肉类产品相融合, 实现部分替代。在保留原有口感的基础上, 提高蛋白质营养价值并降低热量和脂肪含量。应充分挖掘传统食物文化中植物蛋白资源, 赋予现代理念和生产方式, 将植物蛋白与肉类相融合实现

适度替代。

第三, 作为新兴食品, 政府需要加强对新型替代蛋白的监管, 建立完善的食物安全标准和监管体系, 保障新型食品的安全性。加强各利益群体之间的沟通, 完善相关食品标准, 加强监管体系建设, 进一步配套政府监管措施, 包括安全性评估、生产标准以及产品审核等, 为替代蛋白产业的健康发展营造良好的政策环境, 积极应对替代蛋白产业可能带来的消极影响。

第四, 鼓励企业投资参与新型替代蛋白产业的发展, 促进产品市场化发展, 在国际上引领替代蛋白产业的发展。中国已涌现多家替代蛋白企业, 应鼓励更多的大型食品企业投资替代蛋白相关领域, 成为新型替代蛋白产业的领头羊, 推动产业可持续发展。

最后, 加大对替代蛋白食物的营养价值、安全性和环境影响等的宣传力度, 引导消费者更深入地了解并接受新型替代蛋白食物。例如, 通过产品外包装展示食品特性, 提升消费者对替代蛋白的接受度; 解构传统肉类概念, 将广告信息中的蛋白食物解构为更简单的生物结构, 减少消费者对替代蛋白的人造生命联想, 促进消费者积极态度; 采用比较策略, 将替代蛋白生产过程与动植物自然生长过程进行类比, 减少消费者对其违反自然规律的感知等。



参考文献

- [1] Bai Z, Wu X, Lassaletta L, et al. Investing in mini-live-stock production for food security and carbon neutrality in China [J] . Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2023, 120 (43) :e2304826120.
- [2] Cai H, Biesbroek S, Wen X, Fan S, van' t Veer P, Talsma E F. Environmental footprints of Chinese foods and beverages: Literature-based construction of a LCA data-base [J] . Data in Brief, 2022, 42: 108244.
- [3] Collett K, O' Callaghan B, Mason M, et al. The climate impact of alternative proteins [J] . Smith School Final 25% Series Paper, 2021. https://www.smithschool.ox.ac.uk/sites/default/files/2022-03/Climate_Impacts_of_Alternative_Proteins.pdf.
- [4] Dueñas-Ocampo S, Eichhorst W, Newton P. Plant-based and cultivated meat in the United States: A review and research agenda through the lens of socio-technical transitions [J] . Journal of Cleaner Production, 2023, 405:136999.
- [5] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) . FAOSTAT [EB/OL] . <https://www.fao.org/faostat/en/>.
- [6] Feng Y, Zhao M, Ding W F, et al. Overview of edible insect resources and common species utilisation in China [J] . Journal of Insects as Food and Feed, 2020, 6 (1) :13-25.
- [7] Gerhardt C, Suhlmann G, Ziemßen F, et al. How Will Cultured Meat and Meat Alternatives Disrupt the Agricultural and Food Industry? [J] . Industrial Biotechnology, 2020, 16 (5) :262-270.
- [8] Hartmann C, Shi J, Giusto A, et al. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China [J] . Food Quality and Preference, 2015, 44:148-156.
- [9] Insects for human consumption | FASFC [OL] . [2023-05-02] . <https://www.fasfc.be/foodthemesnovel-food/insects-human-consumption>.
- [10] Kozicka M, Havlík P, Valin H, et al. Feeding climate and biodiversity goals with novel plant-based meat and milk alternatives [J] . Nature communications, 2023, 14 (1) :5316.
- [11] Kyriakopoulou K, Keppler J K, van der Goot A J. Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues [J] . Foods, 2021, 10(3).
- [12] Liz Specht. An analysis of culture medium costs and production volumes for cultivated meat [R] : The Good Food Institute. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/01/clean-meat-production-volume-and-medium-cost.pdf>.
- [13] Mattick C S, Landis A E, Allenby B R, et al. Anticipatory life cycle analysis of in vitro biomass cultivation for cultured meat production in the United States [J] . Environmental science & technology, 2015, 49(19): 11941-11949.
- [14] Mazac R, Meinilä J, Korkalo L, et al. Incorporation of novel foods in European diets can reduce global warming potential, water use and land use by over 80 [J] . Nature Food, 2022, 3(4):286-293.
- [15] Mottet A, Haan C de, Falcucci A, et al. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate [J] . Global Food Security, 2017, 14:1-8.
- [16] Oxford Martin School, Oxford University. Meat: The future series-alternative proteins [OL] . https://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Alternative_Proteins.pdf.
- [17] Rzymiski P, Kulus M, Jankowski M, et al. COVID-19 Pandemic Is a Call to Search for Alternative Protein Sources as Food and Feed: A Review of Possibilities [J] . Nutrients, 2021, 13(1):150.
- [18] Smetana S, Mathys A, Knoch A, et al. Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes [J] . The International Journal of Life Cycle Assessment, 2015, 20: 1254-1267.
- [19] The Good Food Institute. Alternative protein company database (2023) | GFI [OL] . [2023-04-09] . <https://gfi.org/resource/alternative-protein-company-database/#-fundraising-database>.
- [20] UNEP. Frontiers 2023. What's Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products [M] . Nairobi: United Nations Environment Programme, 2023.
- [21] Van Boeckel T P, Pires J, Silvester R, et al. Global trends in antimicrobial resistance in animals in low- and middle-income countries [J] . Science, 2019, 365 (6459) .
- [22] Verbeke W, Pérez-Cueto F J A, Barcellos M D de, et al. European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork [J] . Meat Science, 2010, 84 (2) :284-292.



- [23] Wang H H.The perspective of meat and meat-alternative consumption in China [J] .Meat Science, 2022, 194:108982.
- [24] 侯梦婷, 胡家香, 刘爱军. 昆虫食品产业发展现状及问题研究 [J] .世界农业, 2019(04):13-19.
- [25] 农业农村部市场预警专家委员会. 中国农业展望报告 (2023-2032) [M] .北京: 中国农业科学技术出版社, 2023.
- [26] 永续未来中心, 农业农村部食物与营养发展研究所. 肉类产业创新发展系列报告 (2021-2035): 细胞培养肉产业发展及政策建议 [OL] .<https://kdocs.cn//cjYdMWxO8hqY>.
- [27] 新华网; 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所; 北京农学院; 深圳市星期零食品科技有限公司; 碳足迹 (北京) 科技有限公司 (2022) 中国植物基肉制品减碳洞察报告 2022 [R/OL] .北京: 新华网; 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所; 北京农学院; 深圳市星期零食品科技有限公司; 碳足迹 (北京) 科技有限公司 .Available at: <http://www.news.cn/tech/download/2022zgzwrjtdcbg.pdf>.
- [28] 杨月欣. 中国食物成分表标准版 [M] .第 6 版. 北京大学医学出版社, 2020.
- [29] 周光宏, 丁世杰, 徐幸莲. 培养肉的研究进展与挑战 [J/OL] .中国食品学报, 2020, 20(05):1-11.





4.

践行大食物观，开发“中游环节” 食物与营养资源

王晶晶^{1,2} 殷继永³ 薛莉^{1,2} 高海秀⁴ 丁心悦^{1,2}
谭玟力² 张昕² 谭斌⁵ 董志忠⁶ 王黎明⁶

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. 中国疾病预防控制中心营养与健康所
4. 农业农村部食物与营养发展研究所
5. 国家粮食和物资储备局科学研究院
6. 中粮营养健康研究院



主要发现

■ “中游环节”作为连接生产者和消费者的纽带，在构建多元化食物供给体系、确保食品安全、保障营养健康以及减少食物损失和浪费方面发挥着不可或缺的作用。

■ 中游环节食物供给优化方案，如食物强化、全谷物供应和食物减损等，能够有效提升食物供应链效率，充分利用有限耕地资源，并带来显著的营养收益，在应对营养健康与可持续挑战方面展现巨大潜力。

■ 目前，食品产业链中游环节面临技术、标准和激励三大方面的挑战，亟需通过创新和政策支持加以解决，以满足多元化食物供给的需求并促进营养健康食品产业的发展。具体而言，食品产业的技术和研发能力亟待提升，特别是在营养强化、全谷物加工和冷链技术等关键领域存在显著短板。营养强化食品标准体系尚不健全，监管不到位问题仍然存在，阻碍了营养型食品产业的健康有序发展。此外，中游环节的参与主体缺乏有效的政策和制度激励，亟需建立多元化的激励机制，以激发供给侧的活力和创新能力。

政策建议

■ 规范行业标准，完善监管体系，构建营养可持续的食物供应链。规范标准方面，不仅要涵盖食品安全和质量，还应关注食物营养成分和环境影响。同时，应进一步完善监管体系，以确保企业遵守既定标准进行生产和流通，减少违规行为和不正当竞争。

■ 加强政策引导和制度激励，提升中游环节主体参与积极性。通过制定完善的法律法规、政策支持体系、增加财政补贴和税收优惠等措施，鼓励中游企业重视多元化食物与营养资源的开发及利用，提高参与积极性。此外，政府应明确各方的责任和义务，加强政策引导，并注重政策的长期稳定性和透明度，为企业长期规划和投资决策的制定提供坚实的基础。

■ 强化科技支撑与协同创新，推动中游环节食物营养有效利用。加大对基础研究和应用研究的投入，通过设立专项研究基金、提供研发补贴和奖励机制等措施，激发科研人员的创新热情，推动技术突破。农业科研机构、企业、高校和政府应建立紧密的创新合作，以有效突破技术瓶颈，增强应对市场变化的能力。



4.1 引言

面对日益复杂的食物安全形势和居民多样化的食物需求多元化的食物需求，践行大食物观，构建多元化食物供给体系是保障国家粮食安全和满足人民美好生活需要的必然要求。食品供应链的“中游环节”^①对食物环境、食物可及性和食物价格等都有重要影响（Veldhuizen et al., 2020）。近年来，中国农产品供应链“中游环节”（存储、运输、加工、批发及销售）总体运行态势向好，在食物有效供应方面起到重要作用。数据显示，2023年中国农产品加工业（食品制造业、农副食品加工业与酒、饮料和精制茶制造业）营业收入年累计值超过9万亿元，比2019年疫情前增长了11%，在工业企业营业收入累计值中占比超过6.7%（国家统计局，2024）。

当前，我国多元化的食物消费需求与供给侧结构单一之间的矛盾日益凸显，而“中游环节”在解决这一矛盾中发挥着至关重要的作用，但其潜力尚未得到充分挖掘。

一方面，随着人民生活水平的不断提高，消费者对食物的需求更加多元化，不仅要求食物美味可口，还要营养健康、安全便捷。然而我国食物供给

侧尚未完全适应这种需求变化，部分食品加工产业过度依赖添加剂和过度加工，导致食品营养价值下降、健康风险增加。预制菜、超加工食品等食品新业态、新模式的快速发展，也带来了一系列新的健康问题。在营养失衡的三重负担（营养不良造成的消瘦与发育迟缓，营养过剩造成的超重与肥胖以及微量营养素不足）背景下，如何在保障居民营养健康食物供应的同时促进食品加工产业健康发展，成为亟待解决的重大课题。另一方面，食物全产业链损失浪费现象依然严峻，给食物和营养资源的有效供给带来了更大的压力。食物生产、加工、流通、消费等环节存在大量损失和浪费并造成资源浪费和环境污染；其中，食品供应链“中游环节”的食物损失问题不容忽视。此背景下，关注“中游环节”对食物与营养资源的作用至关重要。

保障营养健康食物的有效供给需要多维度发力。既要关注食物的数量，更要关注食物的质量，即能否为人体提供充足的营养要素。这给食品供应链“中游环节”带来了新的要求和发展机遇。一方面，食品供应链“中游环节”可有效利用现有营养资源，提升资源利用效率。例如，开发利用副产品、废弃物，提高资源综合利用率。同时，进一步拓展营养来源。

^① 本章节所提的“中游环节”涵盖食物从生产端（农场收获）之后到消费端（消费者购买）之前的所有环节。具体包括：食物的存储、运输、加工、批发及销售。中游环节决策者与生产商和零售商联系密切，其行为对商品供应链的可持续性有关键影响（Grabs, et al. 2024）。



例如，开发新型食品，满足个性化需求；加强营养素强化，提升食物的营养价值；发掘传统食物资源，丰富食物品种。然而，当前的政策、制度与激励措施偏重于食品供应链前端生产与后端消费，而对食品供应链“中游环节”的潜力关注不足。缺乏行业标准、相关法规和激励措施，导致加工与流通企业缺少转型升级提高绿色健康食品供应的动力。

鉴于此，本章聚焦食品供应链“中游环节”，以营养强化食品、全谷物食品以及食物减损为基础案例，分析其提高食物与营养资源方面的潜力，并进一步探讨如何优化关键环节，进而提出推动可持续和营养健康食物供应的对策建议。

4.2 “中游环节”的食物与营养资源潜力

过去几十年间，随着农业产业链的纵向延伸以及国际农产品贸易的迅速发展，农业生产决策和居民的食物消费决策变得更加分离，农食系统“中游环节”的影响也愈发凸显。“中游环节”参与者在连接生产者和消费者、促进信息流动和产品流通起到关键作用，其行动和决策对整个供应链的可持续性和效率都具有重要影响（Reardon, 2015; Grabs et al., 2024）。尽管农业生产领域的政策激励和制度已趋近完善，食物生产和消费之间的“中游环节”仍存在政策与制度不完善、投资与激励缺失等问题，阻碍可持续发展目标的推进。农食系统的“中游环节”，尤其是加工、物流、分销等关键环节在技术与基础设施方面存在巨大的投资缺口（Reardon, 2015）。同时，“中游环节”参与者作为食品供应链的中坚力量，在多元化食物供应和平衡供需缺口方面扮演

着重要角色，但这一作用常被忽视（Grabs et al., 2024）。

本节将关注食品供应链的“中游环节”，通过分析几个具体案例，探讨其在应对营养健康与可持续挑战方面的潜力。

4.2.1 食物与营养资源开源

当前，我国仍然存在居民营养不良导致的消瘦与发育迟缓问题，尤其是在农村相对贫困地区。居民的人均微量营养素摄入不足，缺乏钙、铁、维生素A、维生素D等微量营养素的问题仍未得到有效解决，导致近3亿人处于隐形饥饿状态（刘晓洁等，2023）。这不仅与膳食不平衡的现状有关，也与特殊人群、特殊地理位置的饮食文化以及膳食转型过程中的营养风险有关（例如向少肉或植物基为主的膳食转型）。食品供应链“中游环节”主体可利用营养导向型技术提高营养食品的供应量，利用有限的食物资源提供更全面的营养，实现营养食物的“开源”（图4-1）。具体而言，“中游环节”的重要主体，例如加工企业，可以采取以下措施为解决我国居民营养不良问题、实现营养食物的“开源”做出重要贡献。首先，可以开发传统食物资源，提升营养含量。如积极开发全谷物食品、豆类、菌类等营养丰富的食材，提高食物的营养价值。其次，可以开发多元化新型食物资源，满足个性化需求。通过积极探索替代蛋白、功能性食品、营养强化食品等新型食物资源，可以满足消费者对多样化、个性化营养的需求，如利用植物蛋白开发肉类替代品，为素食主义者和减少肉类摄入的人群提供营养选择。

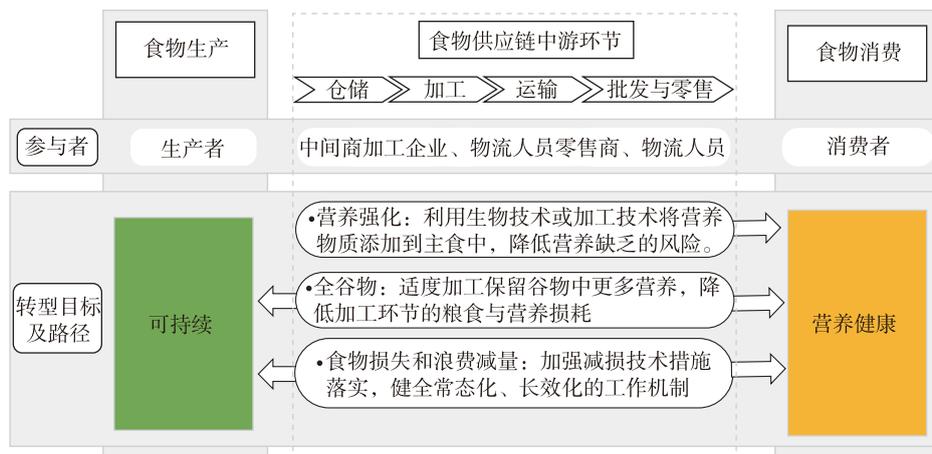


图 4-1 “中游环节”在应对农食系统挑战中起到重要作用



营养强化食品

在中国，碘、维生素 A 及铁缺乏的情况较为普遍，特别是在儿童与孕妇人群中尤为显著（Chen et al., 2022）。营养强化是改善微量营养素缺乏的重要干预手段之一，这种策略具有应用范围广、见效快、操作简便、成本效益高以及不需改变民众现有饮食习惯等显著优势。特别是对于改善儿童、孕妇及老年人等特殊人群的微量营养素缺乏，营养强化策略尤为有效，成为重要的公共健康干预手段。

食物强化指的是向常规食品中有针对性地添加一种或多种必需微量营养素（如维生素、矿物质），不论这些营养素原本是否存在于食物中。其目标是预防或缓解因营养素缺乏引起的特定健康问题，特别适用于那些因生理需求导致部分营养素需求增加的特定人群。从实施方式和应用的技术路径上可分为传统的食物强化和生物强化。传统的食物强化（Fortification）是在食物加工过程中实施的强化措施，比如在面粉、食盐、食用油等常见食品中添加特定的微量营养素（在本章中也被称作工业强化）。相比之下，生物强化（Biofortification）作为一种新的食物强化方式，是通过农业和生物技术方法提高作物中某一或多个营养素含量的过程，如通过育种或生物工程手段培育富含特定微量营养素的新品种。

全谷物食品

增加全谷物^①在粮谷类食物中的摄入比重被认为是实现可持续健康食物系统转型最为重要且可行的路径之一（Milani et al., 2022）。柳叶刀“星球膳食”和《中国居民膳食指南》中都推荐增加全谷物摄入量（Willett et al., 2019；中国营养学会，2022）。与加工全谷物相比，精制加工会减少谷物中约 25% 的蛋白质、30%–60% 的膳食纤维及营养活性物质^②。大量研究表明，增加全谷物摄入能够有效降低二型糖尿病、心血管疾病和结肠癌等疾病的发病风险（Reynolds et al., 2019；Ghanbari-Gohari et al., 2021）。此外，全谷物摄入还有望有效减少相关疾病的医疗成本（Murphy and Schmier 2020；Abdullah et al., 2021；Martikainen et al., 2021）。已

有研究指出，如果中国二十岁以上成年居民的平均全谷物摄入量由当前 19.8 克/天增加至 50 克/天，预计能够减少二型糖尿病、心血管疾病和结肠癌这三种疾病的医疗成本约为 56.37 亿美元，相当于中国这三种疾病每年总医疗成本的 5%（Zhang et al., 2024）。

生产更多全谷物食品也是提高粮食资源可食化利用率、减少碳排放的重要途径之一。相比精制谷物，全谷物食品具有更高的出米/粉率和更低的碳排放量。以中国为例，精制米和面粉的碳排放量分别是糙米和全麦粉碳排放量的 1.23 和 1.34 倍（Zhang et al., 2023）。2020 年，中国年处理稻谷 11,401.6 万吨，平均出米率为 63%，年处理小麦 10,054.8 万吨，平均出粉率为 73%。若将 30% 的稻谷小麦加工成全谷物，并按照 98% 的出品率计算，可节约粮食 1951 万吨（谭斌和翟小童，2024）。同时，这种转变也有助于减少碳排放量，预计能减少碳排放 2637.3 万吨（Zhang et al., 2023）。

4.2.2 食物与营养资源节流

食物采收、储运、加工、销售、消费每个环节都有“跑冒滴漏”，供应链全环节的食物损失浪费不容忽视。在全球范围内，食物损失与浪费造成的宏量营养素损失正在随着时间推移而增加，碳水化合物和蛋白质的损失尤为严重，对粮食安全构成重大威胁（Gatto and Chepeliev, 2023）。2014–2018 年，中国的食物供应链损失和浪费数量年均高达 3.5 亿吨，导致的经济损失达 2635.5 亿美元（人均每年 188.48 美元）。其中，产后处理和储存阶段占比达 45%（Xue et al., 2021；Wang et al., 2023）。据测算，中国每年人均食物损失与浪费中所含的营养物质足够供应一个人 66.2 天的营养膳食（Wang et al., 2023）。肉类、蔬菜和水果等损失和浪费导致了大量营养物质的流失，尤其是维生素 K、铜和维生素 C 的流失量更为严重，占膳食参考摄入量（DRI）的 74% 以上（Wang et al., 2023）。关注食品供应链的减损问题，实现食物资源的“节流”，也能增加食物营养的来源（图 4-1）。研究显示，推动与“节流”相关的制度改革和技术进步，短期内即可节约中国约 5000 万吨粮食（徐志刚和张宗利，

① 《全谷物及全谷物食品判定及标识通则》将全谷物定义为：经过清理但未进一步加工，保留了完整颖果结构的谷物籽粒；或虽经碾磨、粉碎、挤压等加工方式，但是皮层、胚乳、胚芽的相对比例仍然与完整颖果保持一致的谷物制品；全谷物食品种类包括糙米、燕麦、高粱、全麦粉、燕麦片等（中国营养学会，2021）。全谷物原料质量不少于食品总质量的 51%（以干基计）的食品可以认定为全谷物食品。

② 根据食物成分表计算。



2023)。此外，相比于精制谷物，生产全谷物可有效降低加工环节中的粮食与营养损失，相当于创造了无形的粮田（谭斌等，2021）。

食物损失

（1）食物损失现状

我国食物损失的主要环节包括产后处理和储存、加工、运输以及销售，其中，食物供应链“中游环节”产生的食物损失，不仅数量巨大，损失率也令人担忧。根据 Xue 等（2021）的研究，这四个

环节的食物损失量超过 1.7 亿吨。在不同的食物类别中，蔬菜和水果类的损失量最为突出，接近 1.4 亿吨，占总损失量的比例约 78%。其次是谷物类，占比为 9%，而油料类、薯类、肉类和水产品的损失比例则相对较低，大约在 2% 到 4% 之间（图 4-2）。各食物类别的损失率（即该类食物损失量占总产量的比例）在 3% 到 18% 之间，果蔬类在“中游环节”的损失率最高，达到 18%，水产品 and 油料类的损失率超过 10%，肉类为 5%，谷物和薯类的损失率相对较低，约为 3%（见图 4-2）。

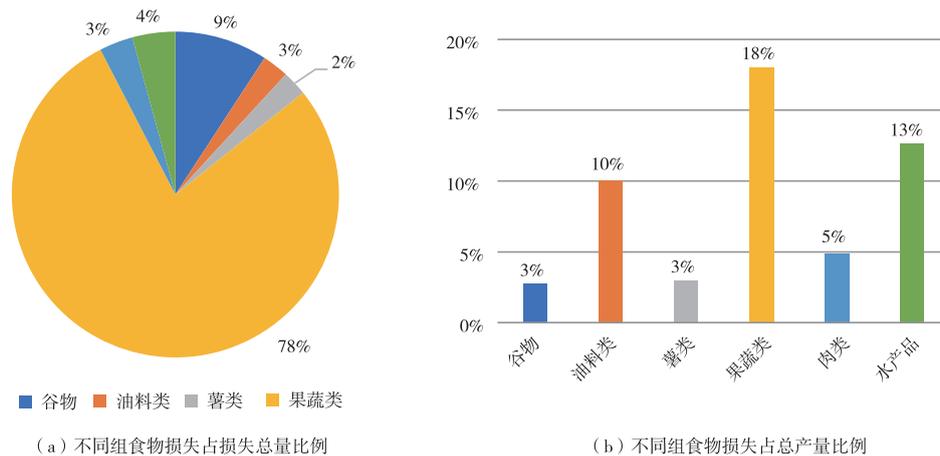


图 4-2 食物损失占比

资料来源：作者整理。

分环节来看，各类食物在产后处理和储存环节的损失占比相对较大。例如，蔬菜水果的损失率为 77%，油料类在该环节的损失占比超过 30%，这说明在产后处理和储存过程中存在着严重的损失问题。在销售环节，薯类和油料类产品的损失占比相对较小，这可能与其在销售过程中较为容易保存有关。这表明不同食物类别在损失程度上存在显著差异，但对食物系统可持续性构成重大挑战。

（2）食物损失带来的营养损失

各类食物在营养价值的损失情况上存在显著差异。总体而言，这四个环节食物损失导致的蛋白质流失将近 750 万吨，脂肪流失约为 520 万吨，这说明损失不仅涉及数量问题，还涉及营养价值。从食物种类来看，在蛋白质流失方面，蔬菜和水果占据主导地位，其蛋白质损失占比超过 46%，这可能与其在产后处理和运输过程中易受损的特性有关。其次是水产品 and 肉类，其蛋白质流失比例在 13%

到 18% 之间，反映了这两类食物在食物供应链中的重要性 and 易损性。油料类和谷物的蛋白质损失比例为 10-11%，而薯类的比例最小，不足 1%，这与薯类相对稳定的生产和加工特性相关。而在脂肪流失方面，油料类占据主导地位，其损失的比例占脂肪损失总量的比例将近 49%，这主要是因为油料本身就是脂肪的主要来源，在加工过程中易受损。其次是肉类，其脂肪流失比例超过 24%，水产品 and 谷物类的脂肪流失比例分别接近 7% 和 2%。

（3）食物损失的土地足迹

根据不同食物种类的单产水平进行计算，这四个环节食物损失所造成的土地足迹超过 1600 万公顷。具体来看，不同食物类别的土地足迹呈现明显的差异性。蔬菜和水果的土地足迹占比最大，超过 40%。其次是肉类，占比为 23%，谷物 and 油料类的土地足迹占比在 13% 到 16% 之间。



在产后处理、加工、运输和销售环节中，食物损失的土地足迹表现出不同特征。在产后处理与加工阶段，各类食物的损失量较大，导致相应的土地足迹更多。除了水果和蔬菜以及肉类外，其余食物在销售阶段损失的土地足迹均较少。薯类在加工和运输阶段的损失很小，这与其加工过程简单和运输损耗较低的特点相关。相反，油料类在加工阶段的损失占比超过总损失的一半，这表明了油料加工过程中存在技术和管理方面的潜在问题，需要进一步关注和改进。

（4）食物减损潜力分析

减少食物损失将直接带来土地足迹损失和食物营养流失情况的改善。基于联合国可持续发展目标 12.3，本节基于 Xue 等（2021）的研究成果，利用物质流分析和环境足迹方法，开展了食物减损潜力的情景分析。研究结果显示：当各个环节的食物损失减少 50% 时，土地足迹将减少 900 万多公顷，这意味着我们能够更有效地利用有限的耕地资源，减少土地开垦对自然环境的负面影响，并提高土地的生产力。从营养角度来看，当这些环节的食物损失减半时，预计将避免超过 370 和 260 万吨的蛋白质和脂肪流失。这不仅意味着我们可以更有效地满足居民对于营养的需求，还可以降低营养不良引发的健康问题以及营养不均衡造成的社会经济负担。这对于提高人民的生活质量和健康水平至关重要。此外，减少食物损失还将在经济和社会层面产生积极的影响。通过降低食物损失，可以提高食物供应链的效率，减少资源浪费，降低生产成本，并创造更多的就业机会。这有助于促进经济增长和减少贫困，为实现可持续发展目标奠定了坚实的基础。

4.3 开发中游食物营养资源的中国经验

4.3.1 发展营养强化食品，拓展营养来源

食物强化项目

自 1951 年中国成功研制 5410 婴幼儿配方食品以来，食物强化项目历经近七十年发展历程。在此期间，中国在食物强化领域的政策制定、法规建立、标准制订及实际执行等方面取得了显著进展。食物强化作为一种增加食品营养价值的方法，主要

分为营养复原、营养加强与营养富化三种类型。具体而言，营养复原是指通过添加营养素弥补加工过程中的营养损失；营养加强是指增加食品中原本缺乏或含量较低的营养素；营养富化则是指全面提升食物的营养水平。

中国早期启动的食物强化项目主要通过调味品强化解决特定营养缺乏问题（表 4-1）。这些项目包括碘盐、铁强化酱油和维生素 A 强化食用油等。1994 年起，中国通过法规要求食用盐加碘，并于 1996 年实施全民食盐加碘计划（Universal Salt Iodization, USI）。研究表明，全民食盐加碘计划实施后，甲状腺肿患病率从 22.8%（95% CI: 15.3%, 30.3%）降到 12.6%（95% CI: 9.4%, 15.8%）（Zhao et al., 2022）。铁强化酱油项目始于 1997 年，并于 2002 年正式推广。研究显示，铁强化酱油项目推广 1 年后，全国监测点贫血比率下降 30%，可推算其推广 3 年后因贫血率降低得到劳动生产率收益达 141.1 亿元（孙静等，2008；王劫等，2011；蔡祥妮等，2015）。自 2010 年起，中国开始推广维生素 A 强化食用油项目，该项目通过增加食用油中的维生素 A 含量，改善了学生的维生素 A 营养状况，维生素 A 边缘缺乏率由 20.2% 下降为 7.5%（沙怡梅等，2013；李永进等，2014）。这些项目体现了通过食物强化策略，有效预防和控制特定营养缺乏症的重要性。

在 21 世纪初，中国疾病预防控制中心食品强化办公室与国家公众营养与发展中心在卫生部和国家粮食局的指导下，合作开展了小麦面粉营养强化的科研工作。从 2002 年至 2006 年，中国在西部退耕还林区域进行了补贴面粉营养强化试点项目。研究发现，干预 3 年后干预组女性贫血率、血清视黄醇水平、血清锌水平都有显著改善（Huo et al., 2011）。2006 至 2008 年，在山西省吕梁市中阳县、交口县及柳林县开展的强化面粉对新生儿神经管畸形的干预项目进一步证明了营养强化面粉在改善当地育龄妇女的微量营养素状况及降低新生儿神经管畸形发病率方面的积极作用（黄建等，2009）。此外，Zhao 等（2004）发现赖氨酸强化面粉有助于提升居民免疫功能，尤其对儿童免疫因子的影响显著，干预后儿童血液中免疫因子浓度均显著升高。

多微量元素强化大米^①的开发，表明营养强化

① 营养强化大米是在普通大米基础上通过添加特定营养素而制成的营养增强型食品。



表 4-1 代表性食物强化项目简介

| 强化食物种类 | 年份 | 机构 | 法规、标准 | 效果 |
|-------------|-------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| 碘盐强化 | 1956年 | 国务院 | 将防治地方性甲状腺肿纳入了《全国农业发展纲要（草案）》 | 在碘盐覆盖区，消灭了克汀病，使我国人群碘缺乏病得到了有效控制。 |
| | 1993年 | 国务院 | 颁布“食盐加碘”强制实行食盐加碘 | |
| | 2011年 | 卫生部 | 发布《GB 26878—2011 食品安全国家标准 食用盐碘含量》 | |
| 维生素 A 强化食用油 | 2007年 | 卫生部 | 发布《GB/T 21123—2007 营养强化维生素 A 食用油》 | 有效提高了儿童血清维生素 A 含量，改善维生素 A 缺乏问题 |
| | 2010年 | 国家公众营养与发展中心 | 推出维生素 A 强化的食用油 | |
| 铁强化酱油 | 1997年 | 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所 | 开展铁强化酱油预防缺铁性贫血研究工作 | 有效降低了人群贫血率 |
| | 2003年 | 国务院、全球营养改善联盟 | 开展“应用铁强化酱油改善中国铁缺乏和贫血” | |
| 强化面粉 | 2000年 | 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所、联合国儿童基金会 | 开展小麦面粉强化技术研究 | 有效改善居民免疫功能、改善女性微量营养素缺乏问题和降低新生儿神经管畸形发病率 |
| | 2003年 | 国务院、全球营养改善联盟 | 开展“小麦面粉强化改善微量营养素缺乏”项目 | |
| | 2007年 | 卫生部 | 发布《GB/T 21122—2007 营养强化小麦粉》 | |
| 强化大米 | 2003年 | 国家公众营养与发展中心 | 制定了大米营养强化的基本配方 | 尚缺乏干预效果研究 |
| | 2010年 | 中国粮油学会、国家发改委公众营养与发展中心 | 召开了强化大米上市新闻发布会，营养强化大米正式推广 | |

资料来源：作者整理。

食品研究更进一步。2003年9月，国家公众营养与发展中心借鉴国际经验和小麦粉营养强化试验，制定了大米营养强化的基本配方。通过工业强化生产的营养强化大米按照加工技术可分为人造营养强化米和表面营养素喷涂强化米两类。人造营养强化米指向米粒中添加维生素和矿物质，例如维生素 A、维生素 B、铁等；表面营养素喷涂强化米则是在大米的外表面喷洒维生素和矿物质。中国在这一领域涉足较晚，直到2010年4月26日，中国粮油学会、国家发改委公众营养与发展中心等机构在北京举办了强化大米上市新闻发布会，正式推广营养强化大米（张欣哲，2010；孟倩楠等，2021）。然而，中国目前对营养强化大米的研究主要侧重于加工技

术，通常采用浸吸法、喷涂法或渗透法对大米进行维生素 B1、赖氨酸和钙等营养素的强化。然而，关于这些方法的干预效果研究仍然较为缺乏（金增辉和苏肇津，1992；胡爱军等，2010；武洋，2008；张坤生等，2001）。

生物强化项目

除食物强化之外，中国在生物强化^①的研究与应用方面也取得了显著进展。通过生物工程技术、育种技术等现代农业科技手段，中国成功培育出了一系列高营养含量的农作物新品种，如铁、锌强化小麦、维生素 A 强化甘薯、叶酸强化大米及玉米等。HarvestPlus- 中国项目^②自2004年成立，至今二十

① 生物强化，或称作生物营养素强化，是一种通过农作物育种技术增强食品营养价值的方法。不同于传统的食物强化技术，它通过选择性育种或生物工程手段，直接在作物生长过程中增加特定营养素的含量。这种方法不仅能够源头上提高食品的营养价值，还有助于减少加工过程中营养素的损失，为消费者提供更为天然和健康的营养来源。

② <https://bri.caas.cn/xwdt/mtbd/150366.htm>.



余年间成功研发了 20 余种营养强化品种，并对整个产业链的生产加工环节进行了深入研究。这些研发活动不仅涵盖了大米、小麦、玉米、马铃薯等主要粮食作物，还包括番茄、黄瓜等蔬菜品种。除了锌、铁、维生素 A 等营养元素的强化外，自 2009 年起，该项目研究范围进一步扩展至包括花青素、叶酸在内的其他重要营养素。

生物强化作为一种增强作物营养价值的策略，与传统的食物强化方法相比，具有独特的优点。首先，成本效益高。生物强化通过改良作物品种，使其在生长过程中自然积累所需营养素，无需昂贵的加工或添加剂。一旦开发出营养增强的品种，其种子就可以广泛传播使用，从而降低长期的营养改善成本。据估计，富铁小麦的成本收益率^①为 1117 至 1940（李路平和张金磊，2016），叶酸强化水稻成本收益率为 39–198（廖芬等，2021），多营养素强化大米每投入 23–96 美元则可以降低一个伤残调整生命年（DALY，Disability adjusted life year）（De Steur，2012）。这一估计值明显超过食品工业强化的成本收益率。考虑到特定微量营养素缺乏症的严重程度和传播范围的差异，Sight 和 Life（2016）总结发现 10 个贫血程度高的国家的铁食物强化的中位成本收益率为 8.7，加碘盐的成本收益率约为 30，而叶酸强化的成本收益率随地区不同约为 11.8 到 30。而通过食品加工技术进行碘强化和铁强化的平均成本收益率约为 9.5（Horton et al.，2008）。

其次，生物强化农产品的推广种植不仅提高了农产品的营养价值，还促进了农业增产和农民增收，对农村地区的营养改善起到了积极作用。以往研究表明，采用作物营养强化技术能够显著提高农民种植富锌小麦的收入，约增加 15%（曾晶，2022）；另外，生物强化食品由于其口感和外观与非强化食品相似，更容易被居民接受。例如，De Steur（2014）在山西省利用实验拍卖的方法调研了 126 名育龄期妇女，发现消费者对生物强化的富叶酸大米更有消费意愿，并愿意支付 36% 的溢价，远超对叶酸营养补充剂的偏好水平。刘贝贝等（2018）对北方地区的消费者进行调研后发现，生物强化技术生产的富锌面粉比食物强化技术生产的富锌面粉更受消费者欢迎。这些优点说明，生物强化不仅可以作为食物强化的一种补充手段，而且在某些情况下还能提

供超越传统食物强化方法的解决方案。

4.3.2 全谷物食品市场发展经验

发达国家如美国、荷兰、丹麦、新加坡等国早已认识到发展全谷物产业，引导居民膳食将全谷物纳入膳食替代精制谷物的重要性。这些政府采取了一系列措施，包括规范全谷物食品的定义和标识，为加工企业提供财政支持，设立特殊人群营养计划，普及全谷物健康知识等，通过多管齐下来促进全谷物产业的发展。同时，发达国家的食品行业也通过制定行业标准和宣传全谷物知识等措施，营造了良好的全谷物食品消费环境。与发达国家相比（表 4-2），中国当前在不断完善全谷物食品国家标准，并已发布全谷物食品认证标识，通过居民膳食指南普及全谷物健康知识。然而，仍存在一些不足，如对全谷物食品供给企业的财政支持和特殊人群营养补充计划的食物供应等方面还未采取措施；对全谷物食品知识的普及方式方法也不够多元。

通过全方位的干预措施，发达国家全谷物产业迅速发展，全谷物产品供给不断增长，标签逐渐规范，消费者接受程度逐渐提高，市场规模进一步扩大。以全谷物认证食品为例，2005 年美国全谷物协会发布了全谷物邮票标识，随后在美国销售的全谷物邮票产品从 2005 年的 250 种，增加至 2020 年的 10700 种。自 2009 年起，美国以外地区的全谷物邮票产品数量、种类也不断增长，其中速食型燕麦食品在 2009 到 2020 年间增长了 60%（Sluyter et al.，2022）。越来越多的消费者将全谷物食品视为更有营养和健康的饮食选择，新研发的全谷物产品的销售表现优于精制谷物（Rikard et al.，2021）。据统计，2023 年全球全谷物和高膳食纤维食物的市场规模达 488 亿美元，预计到 2030 年将达 748 亿美元；美国的全谷物和高膳食纤维食物市场占 2023 年全球该类食物市场规模的三分之一^②。相比之下，中国全谷物产业发展还处于起步阶段，市场上的全谷物产品供给不足，且主要集中在烘焙类食品和早餐谷物，产品类型较少（赵芑等，2018）。以全麦产品为例，中国的全麦产品供给与发达国家存在较大差距，2016 年中国上市新产品中宣称为全麦的仅有 60 种，而美国和欧洲地区新上市的全麦产品分别为 1227 和 2376 种（图 4-3）。

① 成本收益率（Benefit-cost ratio），即每投入一单位成本可以带来的收益值。

② <https://www.strategyr.com/market-report-whole-grain-and-high-fiber-foods-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp>



表 4-2 中国与发达国家促进全谷物产业发展措施对比

| | 干预措施 | 对应实施国家 | 中国措施现状 |
|----------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| 标准 | 全谷物食品的国家标准 | 美国、加拿大、荷兰、丹麦、冰岛、挪威、瑞典等 | 国家标准正在制定完善过程中,已经实施了全麦粉、发芽糙米等国家标准 |
| 给企业财政支持 | 政府给研发和销售全谷物产品的供应商、零售商提供财政补贴 | 新加坡 | NA |
| 标识 | 政府规定了全谷物食品的标识 | 新加坡、冰岛、挪威、瑞典、丹麦等 | NA |
| | 食品行业规定的标识,如全谷物邮票等 | 美国、澳大利亚、荷兰等 | 2021年中国发布了首个全谷物食品认证 |
| 特殊人群营养计划 | 妇女、婴儿和儿童特别营养补充计划,学校午餐和早餐计划中都要求供应全谷物 | 美国、新加坡等 | NA |
| 普及知识 | 全谷物营养和健康声称标准 | 美国、加拿大 | NA |
| | 居民膳食指南推荐 | 美国、加拿大、丹麦、瑞典等国家 | 中国膳食指南推荐摄入全谷物 |
| | 为零售商、消费者等开发全谷物教育材料 | 丹麦全谷物合伙项目组 | NA |

资料来源: (王晶晶等, 2023; 谭斌和翟小童, 2024)。

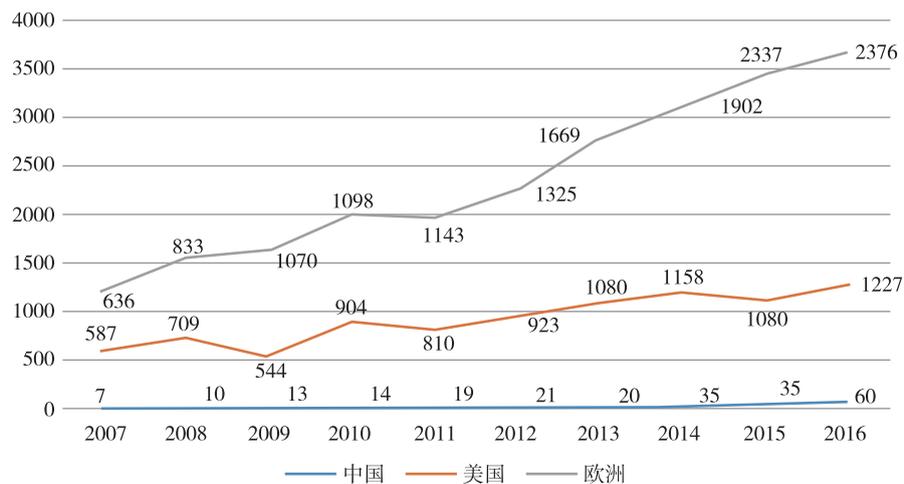


图 4-3 2007-2016 中国、美国和欧洲每年上市产品中宣称有“全麦”的产品数量统计图

资料来源: 英敏特新产品数据库。

4.3.3 “中游环节”食物减损行动措施

党的十八大以来,中央政府高度重视粮食安全问题,指出减少粮食损失与浪费是保障粮食安全的重要途径。习近平总书记多次就“厉行节约、反对浪费”,作出重要指示批示,强调要采取综合措施降低粮食损耗浪费,坚决制止餐饮浪费行为,要求在全社会营造“浪费可耻、节约为荣”的氛围。近

年来,国家发展改革委、国家商务部、国家粮食和物资储备局等相关部门围绕“节粮减损、反对浪费”开展了一系列工作,通过出台法律法规、加强基础设施建设等措施,在推动减少食物损失方面取得了积极的效果。具体主要体现在以下几个方面,如表 4-3 所示。



表 4-3 食物减损相关措施和行动

| 年份 | 部门 | 文件 | 内容 |
|------|---------------------------|---------------------------------|---|
| 2013 | 全国人大常委会 | 《中华人民共和国农业法》 | 提倡珍惜和节约粮食 |
| 2018 | 全国人大 | 《中华人民共和国宪法》 | 第 14 条对“厉行节约，反对浪费”做出了原则性规定 |
| 2020 | 国家粮食和物资储备局 | 《关于创新举措加大力度进一步做好节粮减损工作的通知》 | 强调充分认识节粮减损工作的重要意义，加强立法修规，强化依法管粮依规节粮；加强体系建设，全方位持续减少粮食产后损失；强化科技创新，全面推广节粮减损新技术成果 |
| 2021 | 全国人大常委会 | 《中华人民共和国反食品浪费法》 | 规定了政府、企业和个人在食品生产、储存、运输、加工和消费环节的责任和义务，要求各方采取有效措施减少食物损失与浪费 |
| 2021 | 中共中央办公厅、国务院办公厅 | 《粮食节约行动方案》 | 提出加强粮食生产全产业链各环节节约减损政策措施 |
| 2021 | 国家发展改革委、商务部、市场监管总局、粮食和储备局 | 《反食品浪费工作方案》 | 围绕推进粮食节约减损（包括推进粮食消费前各环节减损、完善粮食节约减损标准体系、开展粮食仓储环节浪费调查评估）工作方案 |
| 2021 | 农业农村部、财政部 | 《关于全面推进农产品产地冷藏保鲜设施建设的通知》 | 在全国 31 个省重点围绕蔬菜、水果，兼顾地方优势特色品种开展设施建设 |
| 2022 | 农业农村部、财政部 | 《关于做好 2022 年农产品产地冷藏保鲜设施建设工作的通知》 | 聚焦鲜活农产品主产区、特色农产品优势区，合理集中建设产地冷藏保鲜设施， |
| 2023 | 农业农村部 | 《关于继续做好农产品产地冷藏保鲜设施建设工作的通知》 | 聚焦鲜活农产品主产区、特色农产品优势区，完善设施节点布局，推动冷链物流服务网络向乡村下沉 |

资料来源：作者整理。

4.4 开发“中游环节”食物营养资源仍面临多重挑战

4.4.1 食品产业技术研发亟待创新突破

当前我国食品加工行业的集中度较低，小企业数量众多，行业整体研发能力不高，特别是在以营养为导向的关键加工技术、加工装备与检测仪器、仓储设备等方面还存在明显不足（刘泽龙等，2022；中国食品科学技术学会，2022）。这种不足在营养强化技术、全谷物加工技术、冷链技术等多个方面都有所体现。

在营养强化方面，尽管我国已推出了一些营养强化食品，如加碘盐、强化面粉、强化大米和铁强化酱油等，但在基于个体的营养需求和健康状况的精准营养与个性化调控技术上还存在不足（殷泰安等，1998；于小冬等，2006）。在全谷物加工方面，虽然我国已经在保有产品营养特性的同时，对口感、烹煮时间、保质期等问题进行了一些研究，但全谷物加工技术和设备的研发，以及全谷物生物加工技术、原材料和全谷物食品的创新以及在不同人群和

场景下的应用与示范方面的研究仍有待深入（谭斌和翟小童，2024）。在冷链技术方面，食物的储存和运输过程中的冷链物流系统尚未完全普及，特别是在农村和偏远地区，基础设施的不足导致食物在运输过程中的损失率较高。

4.4.2 食品行业标准和监管体系有待完善

当前我国的标准体系尚不健全，标准欠缺、监管缺位，不利于营养型食品产业健康有序发展。在营养强化食品方面，尽管中国已经颁布了一系列食品安全法律法规，但缺乏明确的指南性文件，除《食盐加碘消除碘缺乏危害管理条例》外，尚无专门针对营养强化领域的法律法规。目前对营养强化的管理主要依据是 GB 14880《食品安全国家标准食品营养强化剂使用标准》，但没有特定的强化产品标准（刘泽龙等，2022）。在微量营养素添加方面既缺乏标准又缺少专门机构监管，可能导致市场上产品质量参差不齐，从而影响消费者的信任度和使用意愿（Smith，2015；刘泽龙等，2022）。此外，中国对全谷物食品产业也存在的相关标准和标识等尚不完善的问题。已经颁布的产品标准和标识未得



到广泛应用，市场上全谷物产品质量参差不齐，不利于全谷物产业健康有序发展（刘锐等，2021）。

4.4.3 “中游环节”参与主体缺乏有效的政策和制度激励

“中游环节”的参与主体大多数是中小微企业，这些企业往往迫于经营成本和市场风险的压力，更多关注企业短期利润，而缺乏以营养和绿色为导向的加工生产与技术创新激励。因此，政府要提供外部政策激励，促使企业转向供给更多营养健康食品。我国政府已经在政策顶层设计中关注了促进营养健康食品产业发展的问题。2017年国办印发的《国务院办公厅关于加快推进农业供给侧结构性改革大力发展粮食产业经济的意见》中要求“推广大米、小麦粉和食用植物油适度加工，大力发展全谷物等新型营养健康食品”。然而，新型营养健康食品产业的发展壮大还需要具体的政策支持措施。以全谷物产业为例，目前由于全谷物食品不能标注健康功能声称，加之全谷物原材料安全性和稳定性差，消费需求不强劲等因素，全谷物食品加工企业缺乏研发全谷物新产品、迎合消费者口味需求的现实动力。缺乏针对性的产业支持政策和以改善环境和营养为目标的绿色金融、绿色投资和针对性补贴，进一步影响了企业供给可持续健康食品的积极性。因此，有必要加强相关政策措施，为新型营养健康食品产业的发展提供更多有力支持。此外，我国政府引导消费者转消费行为的干预措施缺乏。消费者食品营养健康教育缺乏，消费者营养认知水平低，对营养强化食品、全谷物食品的了解程度不高，导致需求不足。对食物节粮减损的重要性认知不足，如消费者对食物美观与新鲜度的偏好促使零售商拒绝销售那些外观不完美的食物，而这些食物实际上是安全且可食用的。城市化和生活方式的转变导致了消费习惯的改变，人们更加趋向于购买方便快捷的加工食品，而这些食品通常包装精致，保质期短，容易在超市货架上滞销而被丢弃。解决食物减损问题需要政府、企业和公众的共同努力。

4.5 结论与政策建议

在大食物观背景下，未来的多元化食物供给不仅需要关注食物资源，还需要重视营养资源的供应与保障。在构建多元化食物供给体系和解决食物安全与营养健康问题的过程中，“中游环节”的重要

性愈发凸显。尽管“中游环节”在连接生产者与消费者、促进信息流动和产品流通方面起到关键作用，但其潜力尚未得到充分挖掘。本章通过介绍营养强化食品、全谷物食品以及减少食物损失的具体案例，强调了“中游环节”在解决食物安全与营养健康问题中的关键作用。

未来可从以下三个方面进一步挖掘食物供应链“中游环节”在提升食物和营养资源利用水平、减少损失浪费方面的潜力：

其一，规范行业标准，完善监管体系，构建营养可持续的食物供应链。（1）统一规范的行业标准有助于减少信息不对称，增强市场透明度，从而提升供应链的整体效率。值得注意的是，标准的制定不仅要涵盖食品安全和质量，还应关注营养成分和环境影响。（2）应完善监管体系，确保企业遵守既定标准进行生产和流通，减少违规行为和不正当竞争。同时，监管体系应具备动态调整能力，以适应市场变化和技术进步。例如，建立储存标准，设立损失与浪费评估监测，并提供“最佳食用期限”标签来指导消费者及时食用。此外，监管机构应加强培训，提升参与者的食物减损意识和技能，确保食品质量的持续提升。

其二，加强政策引导和制度激励，提升“中游环节”主体的参与积极性。（1）制定和完善法律法规，以规范全谷物和营养强化食品市场，为企业提供更稳定的运营环境，降低市场不确定性。（2）通过财政补贴和税收优惠等激励措施，鼓励企业开发可持续健康食品、提高食物营养的投入和积极性。这些激励措施可以是对现有财政支持项目的调整与优化，也可以是新增补贴，以适应不同企业的需要。（3）加强政府对营养强化食品、全谷物产业和食物减损的顶层设计。政府应明确各方的责任和义务，加强政策引导，确保政策的长期稳定性和透明度，这将为制定长期规划和投资决策提供坚实的基础。（4）在减少食物损失方面，政府应提供技术支持和资金援助，引导加工企业采纳高效的加工方法，提高生产效率，减少损失。同时，鼓励科研机构研发减损技术，推动技术创新和应用。

其三，强化科技支撑与协同创新，推动“中游环节”食物营养有效利用。（1）加大研发投入。技术进步是提升食物营养有效利用的关键，因此，增加对基础研究和应用研究的投入至关重要。特别是在全谷物加工、营养强化技术和冷链物流等关键



领域,加大研发力度,以促进技术突破和产业升级。

(2) 激励创新。通过设立专项研究基金、提供研发补贴和奖励机制,激发科研人员的创新热情,推动技术突破和产业创新。(3) 各主体协同创新。农业科研机构、企业、高校和政府应建立紧密的合作关系,通过联合研发、知识共享和资源整合,实现技术的快速进步和广泛应用。建立跨部门、跨行业的创新联盟,可通过整合各方资源有效应对食物供应链中复杂的技术挑战,提升整体技术水平,增强应对市场变化的能力。

参考文献

- [1] Abdullah, M. M. H., Hughes, J., & Grafenauer, S. (2021). Healthcare Cost Savings Associated with Increased Whole Grain Consumption among Australian Adults. *Nutrients*, 13(6), 6. <https://doi.org/10.3390/nu13061855>.
- [2] Chadare, F. J., Idohou, R., Nago, E., Affonfere, M., Agossadou, J., Fassinou, T. K., ... & Hounhouigan, D. J. (2019). Conventional and food-to-food fortification: An appraisal of past practices and lessons learned. *Food science & nutrition*, 7(9), 2781–2795.
- [3] Challenges and opportunities for increasing the effectiveness of food reformulation and fortification to improve dietary and nutrition outcomes—ScienceDirect. (n.d.). Retrieved March 19, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919223001136>.
- [4] Chen, H., Lu, J., & Li, Y. (2022). Secular Trends in the Prevalence of and Disability-Adjusted Life Years Due to Common Micronutrient Deficiencies in China From 1990 to 2019: An Age-Period-Cohort Study and Joinpoint Analysis. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.754351>.
- [5] De Steur H, Gellynck X, Blancquaert D, et al. (2012). Potential impact and cost-effectiveness of multi-biofortified rice in China [J]. *New Biotechnology*, 29(3): 432–442.
- [6] De Steur H, Feng S, Xiaoping S, et al. (2014). Consumer preferences for micronutrient strategies in China. A comparison between folic acid supplementation and folate biofortification [J]. *Public health nutrition*, 17(6): 1410–1420.
- [7] Fanzo, J., McLaren, R., Bellows, A., & Carducci, B. (2023). Challenges and opportunities for increasing the effectiveness of food reformulation and fortification to improve dietary and nutrition outcomes. *Food Policy*, 119, 102515.
- [8] Federici, C., Detzel, P., Petracca, F., Dainelli, L., & Fattore, G. (2019). The impact of food reformulation on nutrient intakes and health, a systematic review of modelling studies. *BMC Nutrition*, 5(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40795-018-0263-6>.
- [9] Gatto, A., & Chepeliev, M. (2024). Global food loss and waste estimates show increasing nutritional and environmental pressures. *Nature Food*, 5(2), 136–147. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00915-6>.
- [10] Ghanbari-Gohari, F., Mousavi, S. M., & Esmailzadeh, A. (2022). Consumption of whole grains and risk of type 2 diabetes: A comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Food Science & Nutrition*, 10(6), 1950–1960. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2811>.
- [11] Grabs, J., Carodenuto, S., Jespersen, K. et al. (2024). The role of midstream actors in advancing the sustainability of agri-food supply chains. *Nat Sustain*. 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01296-9>.
- [12] Horton S, Alderman H, Rivera J. Copenhagen Consensus 2008 Challenge Paper: Hunger and Malnutrition, Draft. Denmark: Copenhagen Consensus Center; (2008).
- [13] Huo, J., Sun, J., Huang, J., Li, W., Wang, L., Selenje, L., Gleason, G. R., & Yu, X. (2011). The effectiveness of fortified flour on micro-nutrient status in rural female adults in China. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 20(1), 118–124.
- [14] Landberg, R., & Scheers, N. (2021). *Whole grains and health*. John Wiley & Sons.
- [15] Martikainen, J., Jalkanen, K., Heiskanen, J., Lavikainen, P., Peltonen, M., Laatikainen, T., & Lindström, J. (2021). Type 2 Diabetes-Related Health Economic Impact Associated with Increased Whole Grains Consumption among Adults in Finland. *Nutrients*, 13(10), 10. <https://doi.org/10.3390/nu13103583>.
- [16] Milani, P. (2022). The whole grain manifesto: From Green Revolution to Grain Evolution. *Global Food Security*.
- [17] Mkambula, P., Mbuya, M. N. N., Rowe, L. A., Sablah, M., Friesen, V. M., Chadha, M., Osei, A. K., Ringholz, C., Vasta, F. C., & Gorstein, J. (2020).



- The Unfinished Agenda for Food Fortification in Low- and Middle-Income Countries: Quantifying Progress, Gaps and Potential Opportunities. *Nutrients*, 12 (2) , 2. <https://doi.org/10.3390/nu12020354>.
- [18] Murphy, M. M., & Schmier, J. K. (2020). Cardiovascular Healthcare Cost Savings Associated with Increased Whole Grains Consumption among Adults in the United States. *Nutrients*, 12 (8) , 2323. <https://doi.org/10.3390/nu12082323>.
- [19] Osendarp, S. J., Martinez, H., Garrett, G. S., Neufeld, L. M., De-Regil, L. M., Vossenaar, M., & Darnton-Hill, I. (2018). Large-scale food fortification and biofortification in low-and middle-income countries: a review of programs, trends, challenges, and evidence gaps. *Food and nutrition bulletin*, 39 (2) , 315–331.
- [20] HLPE. (2017). Nutrition and food systems: A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security.
- [21] Reardon, Thomas; Awosuke, Titus; Haggblade, Steve; Minten, Bart; Vos, Rob; et al. 2019. The quiet revolution and emerging modern revolution in agri-food processing in Sub-Saharan Africa. In *Africa Agriculture Status Report: The Hidden Middle: A Quiet Revolution in the Private Sector Driving Agricultural Transformation*, Chapter 2, Pp. 13–28, Chapter 3, Pp. 29–53. Nairobi, Kenya: Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA). <https://agra.org/wp-content/uploads/2019/09/AASR2019-The-Hidden-Middleweb.pdf>.
- [22] Reynolds, A., Mann, J., Cummings, J., Winter, N., Mete, E., & Te Morenga, L. (2019). Carbohydrate quality and human health: A series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet (London, England)*, 393 (10170) , 434–445. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31809-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31809-9).
- [23] Sluyter, C., LeBlanc, K., & Hicks-Roof, K. (2022). Boosting Whole-Grain Utilization in the Consumer Market: A Case Study of the Oldways Whole Grains Council' s Stamped Product Database. *Nutrients*, 14(3) , 3. <https://doi.org/10.3390/nu14030713>.
- [24] SMITH, G. (2015). Micronutrient Fortification of Food: Issues for Asia. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 61 (Supplement) , S183–S185. <https://doi.org/10.3177/jnsv.61.S183>.
- [25] Sight and Life. (2016). The #Future fortified global summit on food fortification—events proceedings and recommendations for food fortification programs. <https://www.gainhealth.org/sites/default/files/publications/documents/future-fortified-global-summit-on-food-fortification-2015.pdf>.
- [26] Van Gunst, A., Roodenburg, A. J., & Steenhuis, I. H. (2018). Reformulation as an integrated approach of four disciplines: A qualitative study with food companies. *Foods*, 7 (4) , 64.
- [27] Veldhuizen, L. J.L., Giller, K. E., Oosterveer, P., Brouwer, I. D., Janssen, S., van Zanten, H. H.E., & Slingerland, M. A. (2020). The Missing Middle: Connected action on agriculture and nutrition across global, national and local levels to achieve Sustainable Development Goal 2. *Global Food Security*, 24, 100336. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100336>.
- [28] Wang, R., Lu, S., Zhou, L., Yang, Z., Tang, Z., Zhao, M., & Cheng, G. (2023). Assessing nutritional and economic aspects of food loss and waste in China. *Sustainable Production and Consumption*, 42, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.09.010>.
- [29] Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., Vries, W. D., Sibanda, L. M., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393 (10170) , 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).
- [30] Xue, L., Liu, X., Lu, S., Cheng, G., Hu, Y., Liu, J., Dou, Z., Cheng, S., & Liu, G. (2021). China' s food loss and waste embodies increasing environmental impacts. *Nature Food*, 2 (7) , 519–528. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00317-6>.
- [31] Zhang, X., Wang, J., Tan, F., Gao, H., & Fan, S. (2023). The potential impact of increased whole grain consumption among Chinese adults on reducing healthcare costs and carbon footprint1. *Journal of Integrative Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/>



- j.jia.2023.12.006.
- [32] Zhao, W., Han, C., Shi, X., Xiong, C., Sun, J., Shan, Z., & Teng, W. (2014). Prevalence of goiter and thyroid nodules before and after implementation of the universal salt iodization program in mainland China from 1985 to 2014: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 9 (10), e109549. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109549>.
- [33] Zhao, W., Zhai, F., Zhang, D., An, Y., Liu, Y., He, Y., Ge, K., & Scrimshaw, N. S. (2004). Lysine-fortified wheat flour improves the nutritional and immunological status of wheat-eating families in northern China. *Food and Nutrition Bulletin*, 25 (2), 123-129. <https://doi.org/10.1177/156482650402500203>.
- [34] 蔡祥妮, 霍军生, 孙静, 等. (2015). 铁强化酱油对学生认知能力的干预效果研究. *中国酿造*, 34 (4): 21-2.
- [35] 国家统计局, 2024. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=A01&zb=A020N05&sj=202403>.
- [36] 韩纪琴 尚永兴. (2014). 消费者对强化营养食品的认知与购买行为分析——基于南京市消费者的调查. *食品工业科技*, 35 (09): 329-332+342.
- [37] 黄建, 孙静, 李文仙, 等. (2009). 营养强化面粉对山西神经管畸形高发地区育龄妇女血清叶酸、同型半胱氨酸及VB12的影响. *中国食品卫生杂志*, 21 (03): 243-247.
- [38] 胡爱军, 郑捷, 王一鸣, 等. (2010). 赖氨酸营养强化化米的工艺研究. *粮油加工*, (10): 59-62.
- [39] 金增辉, 苏肇津. (1992). 维生素B强化大米和精白米麦. *粮食与油脂*, 5 (2): 9-12.
- [40] 廖芬, 青平, 李剑. (2021). 叶酸强化水稻改善人口营养健康的经济评价研究 [J]. *农业技术经济*, 12:17-32.
- [41] 刘贝贝, 青平, 游良志. (2018). 创新型农产品类型、消费者主观知识与购买意愿分析——以营养强化农产品为例 [J]. *农村经济*, 08:51-55.
- [42] 刘锐, 李松函, 聂莹, 等. (2021). 营养导向的全谷物产业思考. *中国粮油学报*, 36 (07): 182-187.
- [43] 刘晓洁, 贺思琪, 陈伟强, 等. (2023). 可持续发展目标视野下中国食物系统转型的战略思考 [J]. *中国科学院院刊*, 38 (01): 112-122. DOI:10.16418/j.issn.1000-3045.20220912001.
- [44] 刘泽龙 李健, 王静, 等. (2022). “双循环”新格局下中国食品营养与健康产业发展策略研究. *中国工程科学*, 24 (06): 72-80.
- [45] 李永进, 李印东, 李玉堂, 等. (2014). 维生素A强化的饮品对儿童血清视黄醇水平的影响. *中国食品卫生杂志*, 26 (4): 329-331.
- [46] 绿色创新发展研究院. (2023). 探路农食系统转型——中国农食系统应对气候变化实践年度报告. 北京: 绿色创新发展研究院. 2023-12-01-IGDP-Case-Studies-CN-Building-Sustainability-into-Chinas-Agri-food-System-Fourteen-Case-Studies.pdf.
- [47] 穆同娜, 李晓瑜, 张志强. (2008). 北京市居民营养强化认知行为研究. *中国卫生监督杂志*, (04): 275-278.
- [48] 孟倩楠, 刘畅, 刘晓飞, 等. (2021). 大米强化营养素及其生物效能研究进展. *食品研究与开发*, 42 (22): 213-219.
- [49] 孙静, 霍军生, 王波, 等. (2008). 应用铁强化酱油控制贫血效果观察. *卫生研究*, 37 (3): 333-334.
- [50] 沙怡梅, 等. (2013). 北京市农村寄宿制学校食物营养强化推动工作评估. *中国健康教育*, 29 (12): 1068-1070.
- [51] 谭斌, 等. (2021). 全谷物营养健康与加工. 科学出版社.
- [52] 谭斌, 翟小童. (2024). 中国全谷物产业发展背景、现状与未来. *粮油食品科技*, 32 (1): 1-11.
- [53] 王勃, 霍军生, 孙静, 等. (2021). 铁强化酱油对铁缺乏不贫血学生注意力和学习成绩的干预效果. *现代食品科技*, 27 (8): 887-890.
- [54] 王群. (2009). 中国居民对营养强化认知现状分析. *中国食物与营养*, (06): 57-59.
- [55] 王晶晶, 张昕, 高海秀. (2023). 农食系统转型背景下全谷物产业发展的经济学分析. *农业经济问题*, (04): 92-104.
- [56] 武洋. (2008). 大米营养强化工艺研究 [D]. 成都: 西华大学, 2008.
- [57] 徐志刚, 张宗利. (2023). 保障粮食安全, “开源”更需“节流” [N]. *新华日报*, 2023-03-28 (14).
- [58] 于小冬, 柴巍中. (2006). 中国营养强化食品产业发展报告 [C] // 中国营养产业发展报告 (2006).
- [59] 殷泰安, 刘冬生. (1998). 中国营养强化食品的市场调查. *中国食物与营养*, (06): 16-18.
- [60] 殷继永, 黄建, 霍军生. (2009). 食品营养强化管理框架体系的现状. *国外医学 (卫生学分册)*, 36 (03): 129-132.
- [61] 张金磊, 李路平. (2014). 中国生物强化富铁小麦营养干预居民缺铁性贫血疾病负担分析 [J]. *中国农业科技导报*, 16 (06): 132-142.
- [62] 张欣哲. (2010). 中国“营养强化大米”在京集体上市食品科技, 35f51: 322-323.
- [63] 张坤生, 任云霞, 张巧玲, 等. (2001). 强化钙营养米工艺的研究. *食品科学*, 22 (5): 44-45.



- [64] 赵芃, 郭斐, 董笑晨, 等. (2018). 全谷物食品行业概况和发展趋势. 现代食品, (15): 8-12.
- [65] 曾晶, 李剑, 青平等. (2022). 农户作物营养强化技术采纳提高了生产绩效吗? ——基于小麦种植户的实证分析[J]. 中国农村观察, 01:107-125.
- [66] 中国食品科学技术学会. (2022). 食品营养与健康白皮书(冬奥篇) [R]. 北京: 中国食品科学技术学会.
- [67] 中国营养学会. (2022). 中国居民膳食指南(2022). 北京: 人民卫生出版社.







5.

促进食物进口多元化和食物供应保障

林发勤^{1,2} 赵天惠² 田旭^{1,2}
陈志钢^{3,4}

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



主要发现

■ 近年来，随着新冠疫情影响逐步减弱，全球食物生产、物流运输和贸易秩序逐步回稳。然而，全球多元化食物贸易仍然面临着极端天气、自然灾害、贸易政策波动、地缘政治冲突和食品安全标准差异等各类不确定性因素的挑战。

■ 作为全球最大的食物进口国，中国的食物贸易逆差逐年扩大，进口结构失衡且部分产品进口集中度过高，使得进口的稳定性受限。特别是中国对进口大豆的依赖度较为显著，食物进口多元化问题亟需解决。

■ 基于当前复杂的国际形势，积极挖掘可与中国开展食物贸易的伙伴国的贸易潜力，将成为防范未来食物生产与贸易危机，掌握食物进口主动权的有力支撑。中国与“一带一路”沿线国家、俄罗斯、非洲国家和 RCEP 成员国在多元化食物贸易领域具有较大的合作潜力。

政策建议

■ 建议我国继续保持与主要食物进口国的稳定贸易关系，并通过长期合作协议减少贸易壁垒和不确定性。同时，应进一步优化食物贸易多元化布局，积极扩展贸易合作关系，利用“一带一路”以及《区域全面经济伙伴关系协定》等国际合作途径，积极扩展更多国家的食物进口来源。

■ 建议我国引导企业通过国际合作，整合国内外的资本、技术和农业资源，鼓励建立规模化、竞争力强的农业全球化公司和大型粮商，以使他们能够在主导食物贸易方面发挥更大作用，增强在全球食物供应链和定价权上的话语权。

■ 建议我国进一步参与 WTO 农业谈判与南南农业合作，深度参与食物供应体系的全球治理，以确保食物供应的多元化。我们可以促使食物贸易便利化目标纳入 WTO 谈判，减少 WTO 成员国的农产品和食物的出口禁令或限制，从而保障中国与全球食物供应安全。



5.1 引言

本章旨在为中国以及全球食物供应实现更加稳定和多元化的供应提供策略性指导。本章在系统分析中国与全球食物进口多元化与食物供应面临的风险和挑战的基础上，进一步分析了中国多元化食物进口与供应风险的解决方向，包括推动多元化食物进口以提高进口稳定性，提高“一带一路”共建国家的进口合作潜力，并基于多元化进口视角，提出保持中国食物贸易政策的稳定性以降低食物领域的贸易壁垒，引导中国企业参与全球食物全产业链合作，以及通过 WTO 与南南农业合作平台参与全球食物供应和治理体系的政策建议。

5.2 中国与全球食物进口多元化与食物供应面临的风险和挑战

近年来，随着新冠疫情影响逐步减弱，全球食物生产、物流运输和贸易秩序逐步回稳。然而，全球多元化食物贸易仍然面临极端天气、贸易政策波动、地缘政治冲突和食品安全标准差异等不确定性因素的挑战。中国作为全球最大的食物进口国，食物贸易逆差逐年扩大，进口结构失衡且部分产品进口集中度过高，特别是对进口大豆的依赖显著，进口多元化问题亟需解决。

5.2.1 全球多元化食物贸易蓬勃发展，但依然面临诸多风险和挑战

近年来，全球化使得各国和地区之间食物贸

易合作愈加密切。据统计，从 2010 年至 2022 年期间，全球食物贸易额由 11,157.90 亿美元增加到 20,076.66 亿美元，涨幅达到了 80%。其中，2022 年全球谷物贸易总量为 4.69 亿吨，全球肉类贸易总量达到了 4,260 万吨，全球乳制品贸易总量达到了 838.30 万吨。2023 年，随着新冠疫情影响逐步减弱，全球食物生产、物流运输和贸易秩序逐步回稳，国际食物贸易环境整体上有所改善。尽管如此，自然灾害、政策波动、地缘冲突以及食品安全标准等多种不确定因素叠加仍然威胁着全球食物贸易的稳定性。

(1) 极端天气和自然灾害危及全球食物生产与贸易。极端天气如干旱、洪水、飓风等极端天气对农业生产造成了严重破坏性，降低了整个粮食系统的生产能力。例如，2020 年至 2022 年间发生的拉尼娜现象导致非洲之角地区遭遇了四十年来最严重的旱灾，当地的水源濒临枯竭，数以千计英亩的农作物被摧毁。此外，极端天气还会引发“二次效应”，加剧作物面临的病虫害威胁。据 FAO 统计显示，病虫害每年导致全球约 40% 的农作物减产。如 2022 年 3 月，印度和巴基斯坦遭受极端高温导致农作物产量下降。印度随后出台了禁止小麦出口和限制大米出口的政策，对全球食物贸易构成威胁。

(2) 全球贸易政策不确定影响全球食物贸易的稳定性。各国政府频繁调整关税等贸易政策，直接影响食物的跨境流通和贸易成本，给全球食物贸

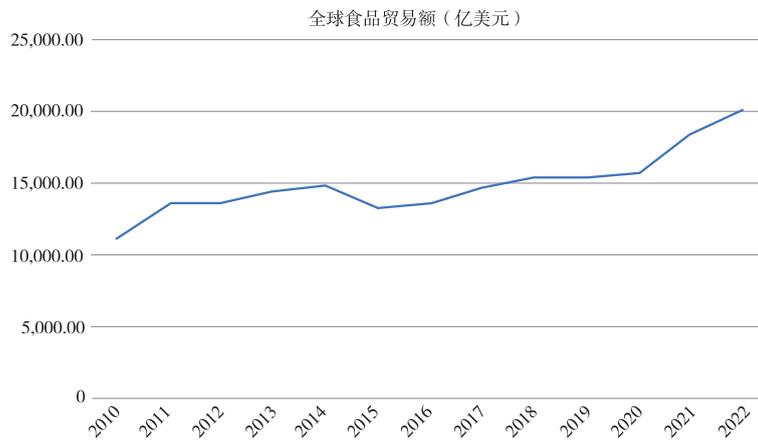


图 5-1 2010-2022 全球食物贸易总额变化趋势

注：数据来源于 WTO STATS。

易带来不确定性。如疫情期间，各国采取的粮食贸易限制措施导致很多农产品出口受阻，扰乱了原有的食物贸易格局，同时也使得全球食物价格上涨。此外，2024 年美国总统选举、欧洲议会选举、英国大选也可能增加贸易政策不确定性，进而影响中国食物进口的稳定性。

(3) 地缘冲突对全球食物贸易产生负面影响。

自 2022 年以来，地缘政治紧张局势如俄乌冲突、巴以冲突、红海危机等已成为全球食物贸易的风险因素。乌克兰和俄罗斯作为全球主要的食物出口国，尤其在粮食和油脂油料领域具有关键地位。两国的谷物出口量占据了全球近 20% 的市场份额，葵花籽油出口量全球占比超过六成。冲突的爆发直接影响了两国谷物和油籽的生产、供应链以及购销物流的正常运作，从而对全球食物供应和贸易产生了负面效应。

(4) 食品安全标准差异影响全球食物贸易。

全球范围内的食品安全和质量标准存在差异，所导致产品合规性问题严重影响了国际食物贸易。不同国家和地区制定的食品安全和质量标准和法规差异很大，使得食物制造商需要同时遵循多个标准，增加了生产成本和管理难度。例如，在食物加工中，一些国家允许使用的物质如莱克多巴胺、过氧化苯甲酰等，在中国是禁止使用的。这种食品安全标准的差异还会引发合规性问题，例如美国和欧盟对转基因食物的标准存在差异，美国对转基因食物的监管较为宽松，而欧盟则对转基因食物实行更为严格的标签和审批制度，这对两个地区之间转基因食物贸易造成了重大影响。

5.2.2 中国食物贸易逆差逐年扩大，贸易风险有待缓解

民以食为天，保障食物安全始终是国计民生的头等大事。经过改革开放 40 多年来的艰苦奋斗与不懈努力，中国在食物安全保障方面取得了举世瞩目的成就，这既要归功于国内农业综合生产能力的不断提升，也得益于中国在全球农业开放方面的领先地位，国际食物市场和海外农业资源已经成为补充国内生产供应和弥补产销缺口不可或缺的重要组成部分。

(1) 中国食物贸易发展迅猛，但贸易集中度过高

根据 WTO 统计，2023 年中国食物进口总额达到了 2,359 亿美元，自 2022 年以来一直稳居全球第一大食物进口国的地位。图 5-2 展示了中国食物对外贸易年度变化情况，可以看出近十年间，中国食物贸易额呈现出急剧增长的趋势，从 2013 年的 1,945 亿美元增加至 2023 年的 3,361 亿美元。这种增长主要源自进口额的迅速增加，2013 年的进口额为 1,225 亿美元，到 2023 年已增长至 2,359 亿美元，将近翻了一番。与之相比，出口额变化相对较小。这也导致了中食物贸易保持“进快出慢”的格局，但贸易逆差呈现逐年扩大的趋势。

在进口来源地方面，2023 年中国食物进口的前五大来源国分别是巴西、美国、泰国、澳大利亚以及印度尼西亚，合计占进口总量的 54%。其中，巴西和美国的占比分别为 24.85% 和 13.96%。在进口来源地方面，虽然中国整体进口高度集中态势没有变，但进口来源国的区域分布有所变化。对美国依存度有所下降，而对巴西、俄罗斯、东盟等国家和地区的依存度则不断增加。

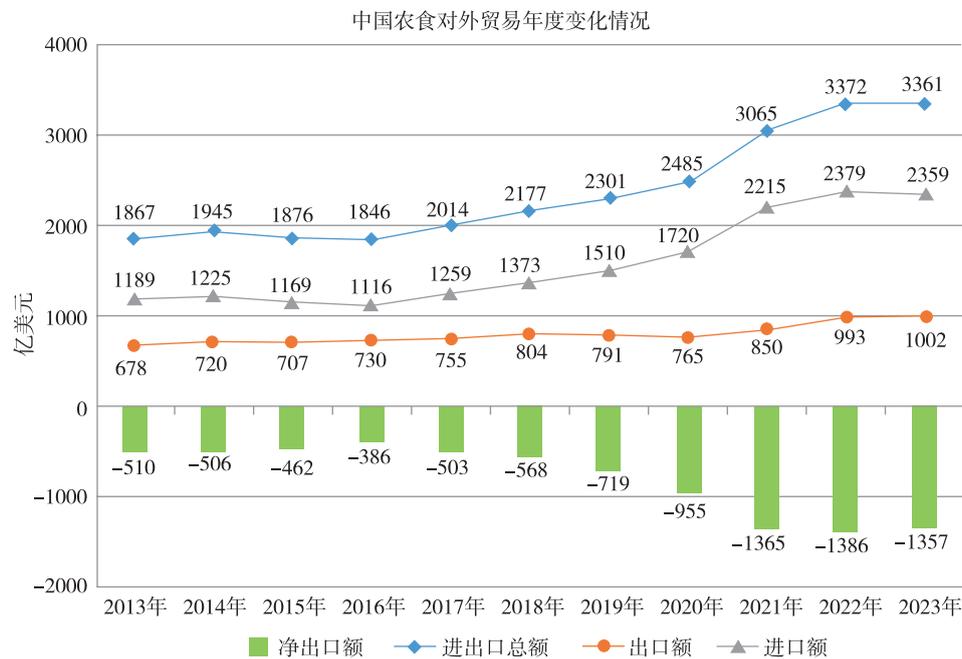


图 5-2 中国食物对外贸易年度变化情况

数据来源：海关总署。

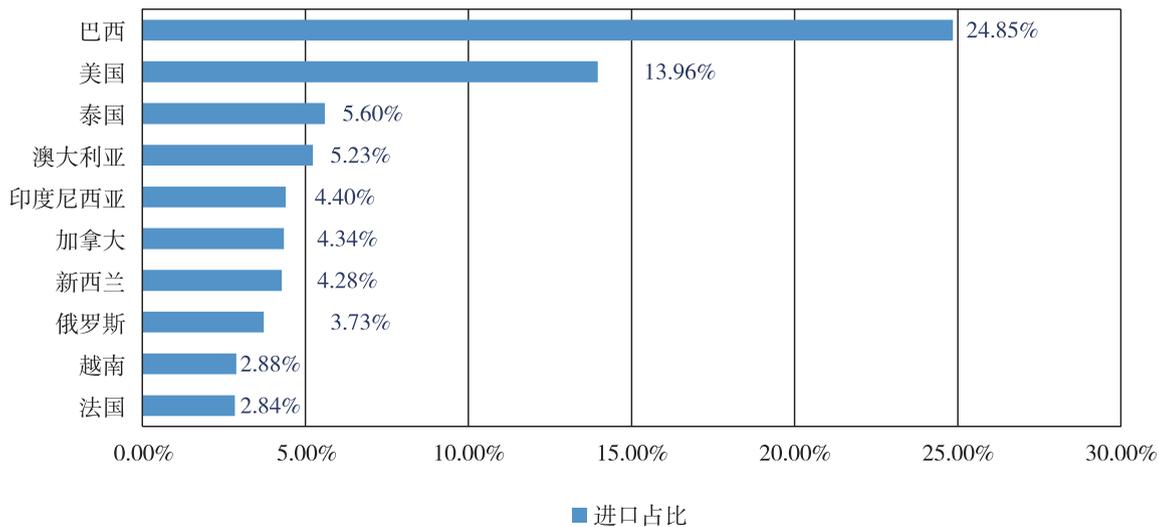


图 5-3 2023 年中国食物主要进口来源国

数据来源：海关总署。

在食物进口品类分布方面，2023 年中国食物进口总额中，占比最大的是油料作物，其中大豆占比超过四分之一，进口额达 612.36 亿美元。食物进口总体增长势头持续，但是进口品种也有明显变化。其中，谷物下降 4.3%、棉糖下降 20%，油脂油料大幅度上升 50%。主粮进口全面超出配额，虽然大

米下降 58.3%，但小麦增加 37.7%，玉米下降 2.2%，口粮总体增加 29.1%。

综上所述，中国食物进口体量大，贸易逆差态势愈发明显，而且这一特征主要体现在大豆上，虽然中国大豆的产量世界占比不到 10%，自给率非常低，但需求量和进口量都居世界首位。

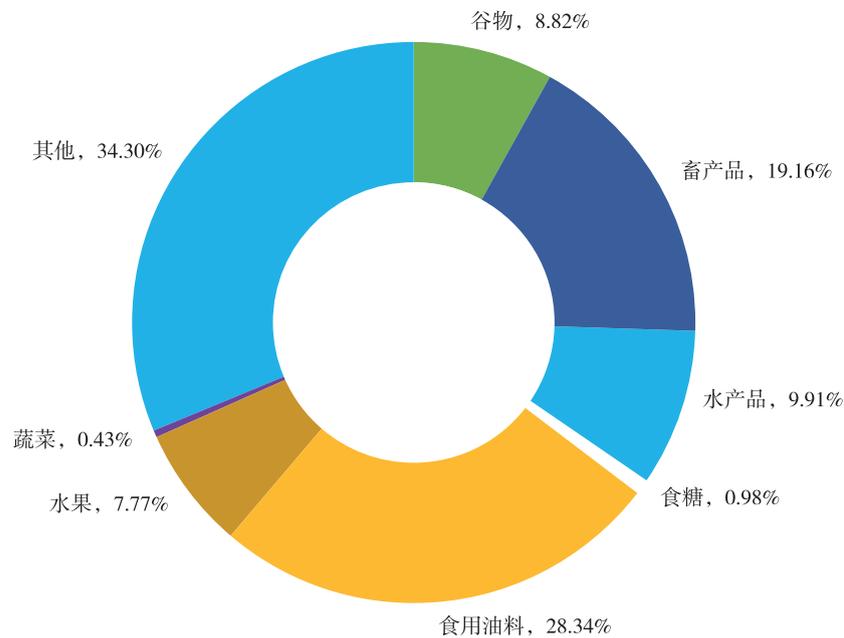


图 5-4 2023 年中国各类食物进口比重

数据来源：海关总署，USDA。

（2）中国食物进口结构不平衡，部分商品进口来源地高度集中

中国农产品进口存在两个主要问题：一是进口结构不平衡，部分农产品进口额较大，过度依赖海外市场；二是部分农产品进口渠道单一，集中度高，带来市场风险。以上问题可能导致一系列挑战，特别是在地缘冲突和中美博弈大背景下，凸显底线思维，进口来源多元化与食物供给安全之间的关系尤为重要。

首先，中国食物进口结构存在不平衡现象，粮食、油料、肉类等重要农产品占总进口额的 60% 以上。这些农产品主要用于满足国内消费需求和保障国家粮食安全，反映了中国在这些领域的自给能力不足，给中国食物多元化供给带来一定风险。其中，大豆的问题上尤为突出。从行业供需情况来看，作为全球大豆消费大国，中国近年来经济快速发展，导致饲料、豆制品、食用油等下游领域对大豆需求持续增长。中国大豆消费首先用于榨油，然后豆粕等用于饲料，榨油消费占全国大豆总消费量的 80% 以上，主要依赖进口的转基因大豆，而剩余 20% 的大豆用于豆制品消费。

中国是全球最大的大豆进口国。尽管近年来在政策扶持、农业机械化水平持续提升、大豆种植面积、玉米大豆套种技术推广、单产提升等因素的推

动下，中国的大豆产量有所增长，2023 年我国大豆产量约为 2,084 万吨，同比增长 2.8%。但国内消费需求十分强劲，加上国外榨油用大豆比国内大豆价格低，含油量高，中国仍需大量进口来满足国内市场需求。据海关总署数据显示，2023 年，中国进口大豆 9,940.9 万吨，进口额 4,198.9 亿元，同比增加 11.4% 和 4.8%，中国进口了国际大豆产量的三分之一，占全球大豆贸易量的 60% 以上。这种大量进口对国内大豆市场及与其关联的上下游产业的价格波动造成影响，并挤压国产大豆市场。虽然国产大豆主要用于食品加工，但在国内食品加工需求疲软时，国产大豆也可以进入压榨市场以平衡供求关系。不过，目前低价进口大豆和高含油量的竞争阻断了这一渠道，国内大豆食用消费需求只有 1,500 万吨左右。同时，国产大豆存在的产销分离也会进一步导致国内大豆价格的下跌。

除了大豆外，大麦也值得关注，尽管中国进口大麦总量不高，但是对外依存度在不断上升，由 1995 年的 22% 提高到 2021 年的 93%，甚至超过大豆的进口依存度，成为进口依存度最高的农产品。这种进口高依存度加大了国内的供给风险。

其次，中国部分食物进口来源过于集中，进口稳定性和可靠性有限。近日，农业农村部发布《2023 年 1 至 12 月中国农产品进口主要来源地情况》显示，



在中国主要的农产品进口来源国中，巴西、美国、泰国、澳大利亚以及印度尼西亚分列前五，总进口额占比超过一半。中国国内食物需求庞大，在国际市场中占有相当份额。如果进口来源国限制出口，中国将面临不利局面，进口高度集中增加了受限制的风险。因此，中国食物进口需要多元化转型，优化区域、品种和运输渠道结构有助于多元化食物供给。

仍以大豆为例，中国的大豆进口依存度超过80%，进口来主要集中在巴西和美国。2023年，巴西仍是最大的大豆供应国，进口量达6,995万吨，占比达70.4%；其次是美国，进口量为2,417万吨，占比为24.3%；第三是阿根廷。在严峻复杂的国际形势下，中国大豆进口面临诸多风险。根据WTO以及商务部的统计数据，自2010年以来，这些国家在涉华贸易救济案件数量中均排名前10位。一旦发生贸易摩擦和冲突，将直接影响中国粮食进口的稳定性。

此外，大麦的进口来源也高度集中于澳大利亚。2017年中国进口大麦中有73%来自澳大利亚，2018年和2019年，澳大利亚一直是中国大麦最大的进口来源国。而在实施多元化进口战略之后，进口集中度有所缓解。特别是2020年“双反”措施

实施后，澳麦出口成本飙升，中国商户开始削减进口。2021年、2022年直至2023年前9个月，在中国海关总署的进出口数据系统中再无澳大利亚大麦进口记录。2023年中国进口大麦集中在加拿大、法国和澳大利亚这三国，占比80%。乌克兰曾经也是中国进口大麦的主要国家之一，但由于俄乌冲突，进口稳定性受到了较大影响。随着“双反”措施的取消，2024年前两个月，中国大麦进口总量为271万吨，其中，澳大利亚以近160万吨的对华出口量占据了在中国大麦全部进口的6成，成为中国大麦最大进口来源国。这也意味着时隔三年多，澳大利亚已重新成为中国大麦第一大进口来源国。

5.3 中国多元化食物进口与供应风险的解决方向

5.3.1 推动多元化食物进口，提高进口稳定性

根据中国食物进口现状，发现中国主要食物品种进口的突出特征是进口品种和来源地高度集中，本报告以大豆(图5-5)、牛肉(图5-6)及生牛乳(图5-7)国际供应市场为例，展开对未来中国多元化食物进口的供应稳定性分析。

从大豆国际供应市场来看(图5-5)，过去十

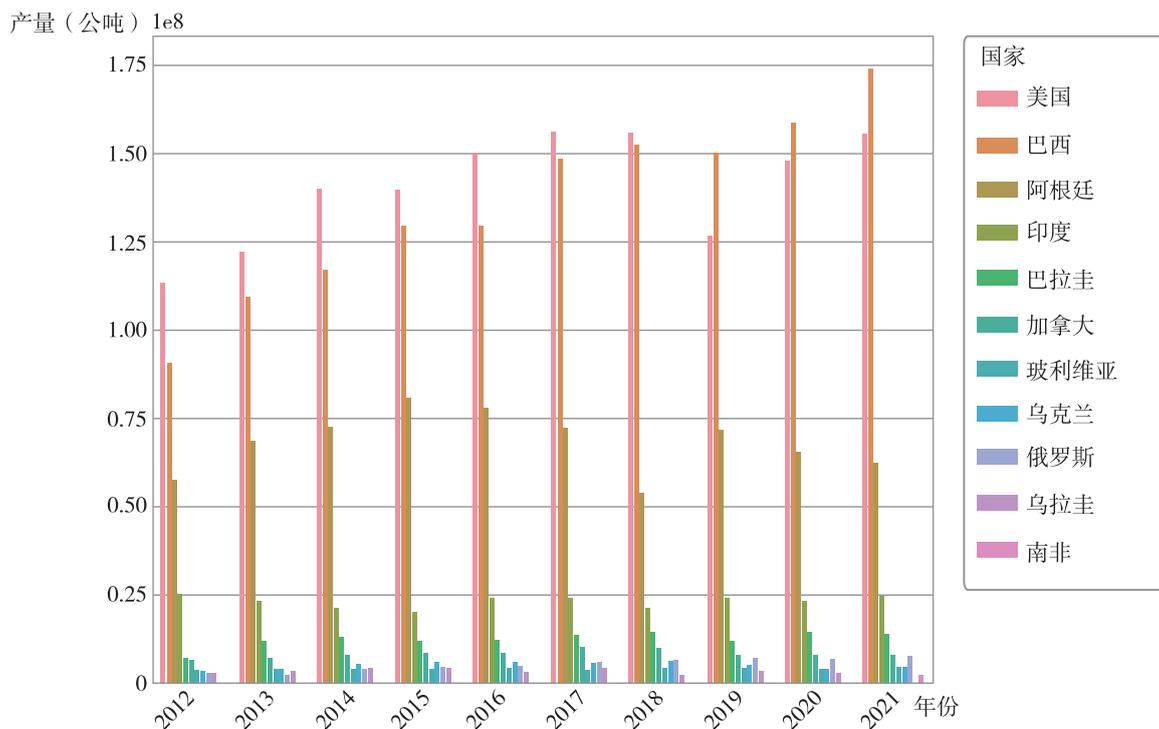


图 5-5 2012-2021 世界前十名国家大豆产量统计图 (除中国)



年来，美国、巴西和阿根廷始终居世界大豆生产的前三名，三国占据了全球 80% 以上的总产量。中国的大豆进口主要来自这三个国家，其他国际大豆供给市场如印度、巴拉圭、加拿大等国家的大豆供应则相对不足。自中美贸易摩擦以来，中国大豆进口贸易的重心开始由美国向巴西转移，巴西进口大豆的比例持续增加，也刺激了巴西的生产。但是，随着中国大豆需求的继续上涨，以及巴西的产能接近极限，中国未来可能会更多地考虑从阿根廷进口大豆。同时，我们也需要稳住美国市场，适度增加来自美国大豆的采购。

另外，在中亚和俄罗斯远东地区建立海外大豆种植基地也是可能的方案之一。在俄乌冲突后，中国成为俄罗斯发展远东经济的战略合作伙伴，中俄两国元首关于 2030 年前中俄经济合作重点方向发展规划的联合声明覆盖了八个重点方向，其中明确“切实提升农业合作水平，保障两国粮食安全。深化农产品贸易合作，在确保安全基础上稳步扩大农产品相互准入，拓展农业领域投资合作。”两国签署了覆盖粮食等农业重要领域的 80 多项重大项目合作协议。中国是俄罗斯最大的农产品进口国，俄罗斯每年约有 80% 的大豆对华出口，2022 年俄罗斯大豆在中国非转基因大豆进口中占比 56%。中俄在大豆贸易方面具有良好的合作基础，俄罗斯

远东地区耕地资源储备丰富，占远东地区总面积的 25%，是进行大规模机械化生产和非转基因大豆种植的理想地区。中国还可以通过俄远东地区的出海口进入太平洋和北极地区，中俄远东合作增强了地区安全稳定，对于中国粮食安全具有重要意义。

根据生牛库存国际市场情况（图 5-6），巴西和印度生牛库存量遥遥领先，显示出其在全球牛肉供应链中的重要地位。相比之下，埃塞俄比亚、阿根廷、巴基斯坦、墨西哥等国的生牛库存量波动较小，全球生牛库存相对稳定。近年来，中国的牛肉贸易对象包括巴西、阿根廷、乌拉圭、澳大利亚、新西兰和美国，这与国际牛肉供应趋势一致，反映了中国牛肉进口贸易政策的持续稳定发展。展望未来，预计中国牛肉进口渠道将更加开放，进口供应将保持稳定。为了多元化进口路线，应在继续深化与巴西、印度等主要牛肉出口国的贸易合作的基础上，综合考虑质量、价格及贸易风险等因素，探索与牛肉供应相对稳定的国家，如埃塞俄比亚、阿根廷、巴基斯坦、墨西哥等，建立或加强贸易关系。

根据生牛乳国际供应市场的情况（图 5-7），印度和美国的生牛乳产量在过去十年内一直保持在最高水平，并呈现出稳定上升的趋势。而巴西、俄罗斯、德国、法国和巴基斯坦等国的产量则处于中等水平，且呈现逐步增长的趋势，但波动较大。总

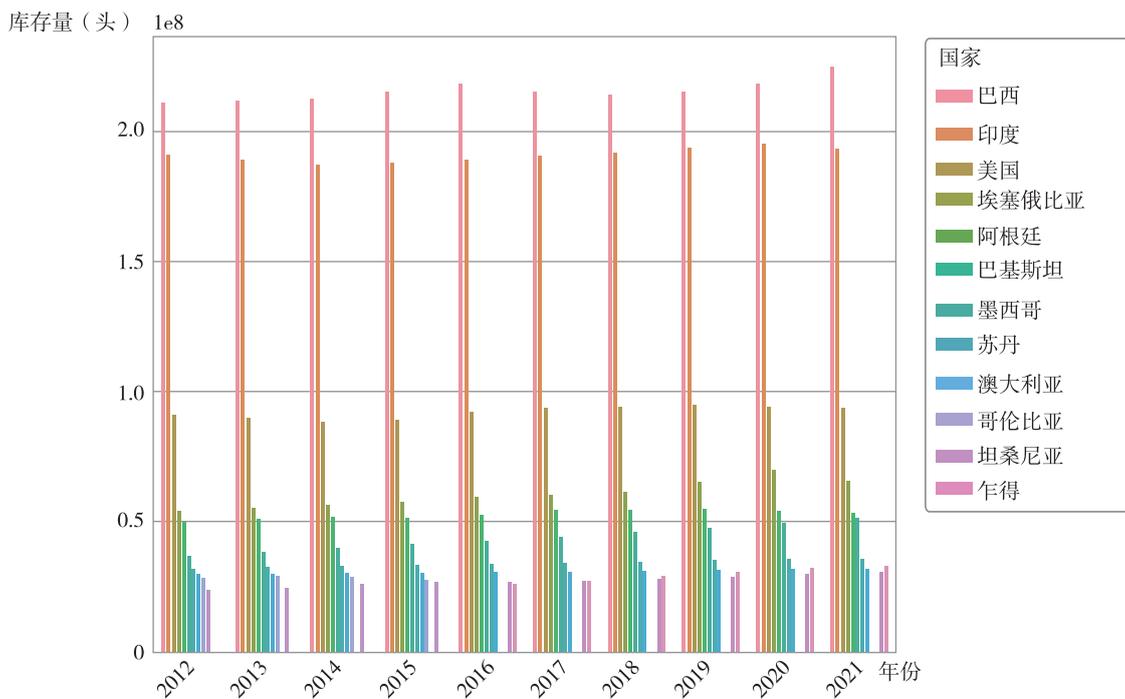


图 5-6 2012-2021 世界前十名国家牛肉库存量统计图 (除中国)

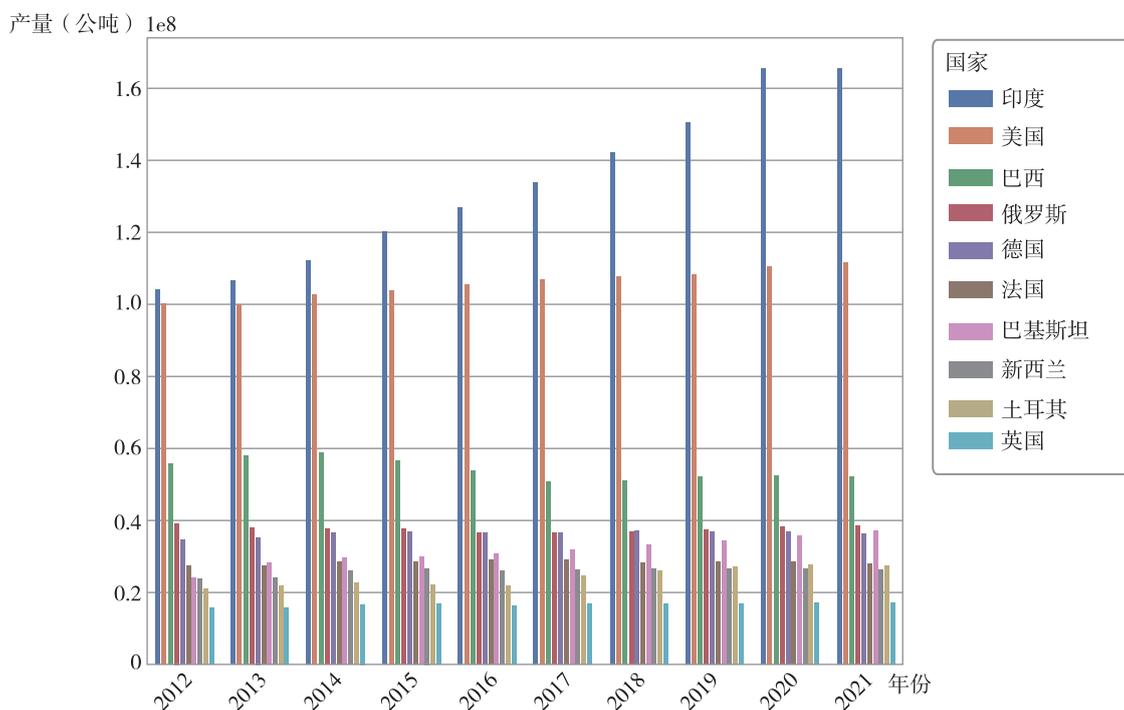


图 5-7 2012-2021 世界前十国家生牛乳产量统计图 (除中国)

体而言，未来国际生牛乳供应市场将继续保持低速平稳增长，牛奶蛋白供应将保持在正常水平。就中国当前乳制品进口贸易而言，新西兰、欧盟、澳大利亚等国因其乳源质量高一直是中国乳制品进口的主要来源国。中国的乳制品进口贸易政策始终坚持质量优先的原则，这也导致了我国乳制品价格偏高的市场现状。展望未来，预计中国乳制品进口贸易政策将继续坚持质量优先的前提下进行，但也会在多元化进口导向方面加大力度，重点集中在拓宽奶源获取渠道、提升奶源质量、保障国内奶源供给和稳定国内奶源价格四个方面。

根据美国农业部的预测，2023/24 年度，全球四大主粮和主要蛋白质供给量中，除玉米和大豆产量上升外，其他食物产量变化不大，增产速度放缓甚至有所下降。因此，食物资源优势将继续集中在少数几个国家之间。

综上，全球食物供应链的集中化现象日益显著。这种集中化不仅加剧了国际产能不足和比较劣势发展中经济体对进口的依赖程度等问题，还削弱了食物进口国在应对食物多元化危机时的灵活性和自主性。此外，全球食物供应集中化的现象还引发了对粮食主权的深刻担忧，并对进口国家的食物安全和国民经济的稳定都构成了潜在的威胁。

在分析中国进口贸易政策，特别是农产品进口

政策的变化时，我们注意到这些政策受到国际农产品价格波动的显著影响，展现出较大的时间序列差异和非稳定性。根据中国农业贸易促进中心的数据，2023 年，大米国际价格的小幅增长导致中国进口贸易量同比大幅减少 57.5%，而大豆、小麦和玉米国际价格的下降则使得中国的进口贸易量同比分别增长 11.4%、21.6% 和 31.5%。这种增减波动反映了中国进口贸易政策对国际市场价格变动的敏感性，同时也凸显了对于稳定国家粮食供给和防范国际粮价危机缺乏更高水平的治理方案的需求。因此，中国食物的进口贸易政策需要进一步增强稳定性和预见性，以更有效地管理和减轻国际食物价格波动对国内市场的影响。

因此，中国为保障国家食物进口质量与安全的下一步，需要考虑地区间地缘政治冲突的发展趋势和国际食物价格波动的影响。这包括维护现有食物进口贸易体系的稳定性和持续性，以确保国家食物安全并减轻地缘政治风险和全球食物价格危机的潜在影响。

5.3.2 提高“一带一路”共建国家进口合作潜力

鉴于当前复杂的国际形势，积极挖掘与中国开展食物贸易伙伴国的贸易潜力，将成为未来防范食物生产大国政治危机并掌握食物进口主动权的有力支撑。



本节主要以俄罗斯、非洲地区和 RCEP 成员国作为切入点，分析中国食物多元化进口合作潜力和未来趋势。

(1) 中俄食物多元化进口合作潜力分析。

2023 年 10 月 18 日，中俄双方在第三届“一带一路”国际合作高峰论坛上签署了为期 12 年迄今为止规模最大的食物领域的贸易合同，标志着中俄食物多元化进口合作潜力的进一步开启。根据合同，俄罗斯将向中国供应包括谷物、豆类、油料在内的 7,000 万吨粮食，这一举措有望解除中国受国际粮价上涨和供应不足制约的局面。同时，俄罗斯计划将外贝加尔斯克打造成重要的陆路粮食码头，中俄粮食贸易将通过中俄新陆路粮食走廊运输，以支持中俄粮食贸易。预计未来，每年中国从俄罗斯进口的粮食总量将达到 1,000 万吨以上，俄罗斯也将成为中国重要的小麦进口来源国。此外，中国近年来还积极开辟了来自巴西、南非、缅甸等国家的新进口渠道，进口玉米、大豆等农作物，进一步拓展了食物多元化进口的合作范围。

(2) 中非食物多元化进口合作潜力分析。

目前，仅有 16 个非洲国家对中国具有农产品贸易顺差，而其他 33 个非洲国家则存在贸易逆差的情况（图 5-8）。考虑到中国作为全球最大的食物消费国之一，对粮食、油料、水果等农产品的需求持续增长，非洲国家有望通过优化其农业生产结构、提高农产品质量和竞争力来扩大对中国出口，从而改善贸易逆差状况。基于 Caliendo and Parro（2015）的一般

均衡模型（以下简称 CP 模型）预测模拟签订中非贸易自由协定后的贸易和福利情况，整体而言，非洲国家的总体食物贸易增长预计将从 0.01% 增加到 13.4%。具体而言，对于那些与中国食物贸易量本就较大的非洲国家，如留尼汪、卢旺达、加纳、几内亚比绍、纳米比亚、索马里、赞比亚、几内亚、刚果和莱索托等国家，贸易扩大效应预计在 2.73% 到 13.37% 之间。这一预测表明，通过与中国加强食物贸易合作，非洲国家有望在改善贸易逆差的同时促进食物贸易的增长。

(3) RCEP 食物多元化进口合作潜力分析。

以《区域全面经济伙伴关系协定》（Regional Comprehensive Economic Partnership，以下简称 RCEP）为例，探讨中国从东盟、日本、韩国以及澳大利亚、新西兰等国进口的潜力，基于 CP 模型进行模拟分析。根据 RCEP 农产品关税减让表中的关税降税安排来确定不同阶段的减税比重，特别是以协定最后一年零关税商品比例为依据来模拟 RCEP 最终降税（最后一年）对贸易的影响，以探究关税下降后的贸易效应。表 5-1 报告了仅 RCEP 成员之间关税削减后的对华农产品贸易效应。结果显示，东盟将出口更多的农产品到中国，这会进一步促进食物进口的多元化（0.845），其次是澳大利亚（0.229）和新西兰（0.106）。

总体来看，俄罗斯、非洲国家和 RCEP 成员国有极大的潜力成为未来中国食物多元化进口的主要合作伙伴，强有力地保障中国食物多元化的供应需求。

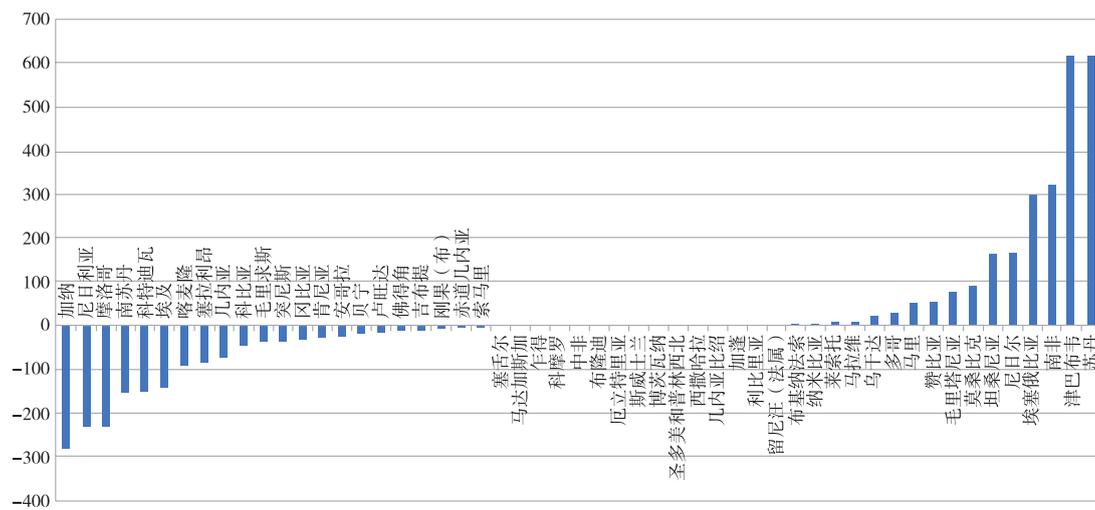


图 5-8 中国 - 非洲农产品双边贸易额 (百万美元)

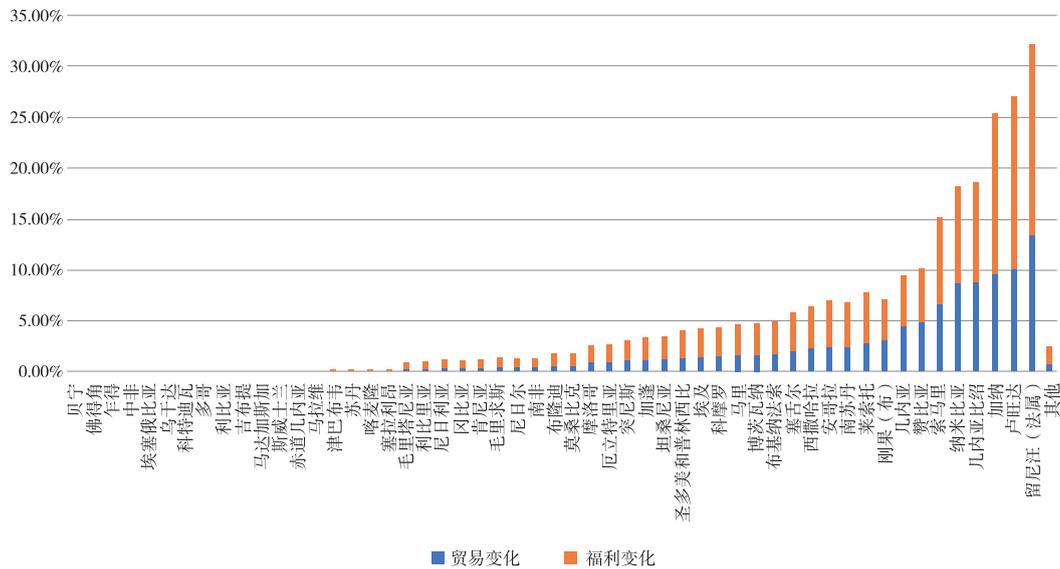


图 5-9 模拟签订中非自由贸易协定后对非洲各国贸易和福利变化情况

表 5-1 RCEP 成员关税削减后对华农产品的贸易效用

| 国家 | 贸易效应 |
|-------|-------|
| 澳大利亚 | 0.229 |
| 日本 | 0.007 |
| 韩国 | 0.030 |
| 新西兰 | 0.106 |
| 东盟 | 0.845 |
| 文莱 | 0.002 |
| 柬埔寨 | 0.264 |
| 印度尼西亚 | 0.144 |
| 马来西亚 | 0.105 |
| 菲律宾 | 0.041 |
| 新加坡 | 0.000 |
| 泰国 | 0.124 |
| 越南 | 0.165 |

5.4 多元化进口视角下中国与全球食物供应的政策建议

中国应采取具体的政策措施以有效应对全球食物进口多元化与供应保障的挑战。首先，中国需要保持与主要食物进口国的稳定贸易关系，并通过长期合作协议来降低贸易壁垒和不确定性。其次，中国应优化食物贸易的多元化布局，利用“一带一路”

和 RCEP 等国际合作机制，扩展与非传统食物出口国的贸易合作。此外，政府应鼓励中国企业参与全球食物全产业链合作，提升在全球食物供应链中的话语权，并健全食物产业的营商环境。最后，中国还应通过 WTO 和南南合作平台，积极参与全球食物供应体系的治理，推动将食物贸易便利化目标纳入 WTO 谈判，避免食物贸易政治化，以确保食物



进口和供应的多元化。

5.4.1 保持中国食物贸易政策的稳定性，降低食物领域的贸易壁垒

首先，中国需要稳定与当前最主要食物进口来源国的贸易关系。通过签订长期合作协议和长期贸易协议等形式，降低食物领域的贸易壁垒，保持对外贸易政策的稳定性，从而保障现有的食物贸易供给来源的稳定性。

在此基础上，中国应进一步优化食物贸易的多元化布局。一方面，积极扩展与非传统食物生产和出口潜力国家之间的贸易合作关系，通过“一带一路”以及 RCEP 等国际合作途径，主动寻找来自更多国家的食物进口来源。另一方面，应关注食物领域的高关税壁垒政策和对华输出食物贸易禁令，通过贸易谈判等方式降低关税等贸易壁垒，从而扩大与潜在进口来源国的贸易合作，以降低食物进口集中度和贸易风险，保障中国的食物进口具有多元化来源。

5.4.2 引导中国企业参与全球食物全产业链合作，健全食物产业的营商环境

引导中国企业通过国际合作，整合国内外的资本、技术和农业资源，建立规模化、竞争力强的农业全球化公司和大粮商，以主导食物贸易并在全球食物供应链和定价权方面增强话语权。另外，积极在全球投资布局建立食物深加工企业，将一部分产能转移到初级产品生产国，实现食物生产和加工的国际化。

基于对全球食物多元化供给风险的分析，通过投资食物产品后端的加工和品牌环节，有助于提高农产品的附加值，延长产业链，并在间接控制生产环节的同时，避免政治和经济因素的不利影响。此外，对食物仓储、码头等物流环节进行战略布局，能够提升紧急情况下将食物运回国内的能力，从而更好地应对全球食物价格的剧烈波动。

5.4.3 通过 WTO 与南南农业合作平台，参与食物供应体系的全球治理

中国可以通过参与 WTO 农业谈判与南南农业合作，加强对全球食物供应体系的全球治理，以保障食物供应的多元化。具体做法包括促成将食物贸易便利化目标纳入 WTO 谈判，减少 WTO 成员国的农产品和食物出口禁令或限制，以保障中国与全球食物供给安全。在多元化食物领域，包括谷物、蔬

菜、水果、豆类和坚果、肉类（包括家禽）、牛奶（包括乳制品）、鸡蛋和鱼类（包括所有水产品）的国际贸易中，应当促使 WTO 成员国承诺不实施与 WTO 相关条款不符的农产品和食物出口禁令或限制，避免将农产品贸易政治化，并减少对农产品和食物贸易事件的过激反应，以拓宽中国与全球食物多元化供给的来源。

在全球范围内，农业资源仍具有巨大的发展潜力，许多农业资源尚未得到开发和利用，特别是位于非洲撒哈拉以南、拉美、东欧、西亚、俄罗斯远东地区等发展中国家和地区，这些地区在作物单产和食物出口方面具有巨大的发展潜力。因此，我们要加强与南方国家和“一带一路”沿线国家的南南农业合作，继续推进深度贸易和投资合作，以进一步促进中国食物种类和来源的多元化供应。

参考文献

- [1] Wenshou Yan, Yan Cai, Faqin Lin, Dessie Tarko Ambaw, 2021. The Impacts of Trade Restrictions on World Agricultural Price Volatility during the COVID-19 Pandemic, *China & World Economy*, 29 (6) , 139-158.
- [2] Faqin Lin, Xuecao Li, Ningyuan Jia, Fan Feng, Hai Huang, Jianxi Huang, Shenggen Fan, Philippe Ciais, Xiaopeng Song, 2023. The impact of Russia-Ukraine conflict on global food security. *Global Food Security*, 36, 100661.
- [3] Fan Feng, Ningyuan Jia, Faqin Lin, 2023. Quantifying the impact of Russia-Ukraine crisis on food security and trade pattern: evidence from a structural general equilibrium trade model. *China Agricultural Economic Review*. 15(2), 241-258.
- [4] Caliendo Lorenzo, Parro Fernando, 2015. Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA. *The Review of Economic Studies*, 82(1), 1-44.



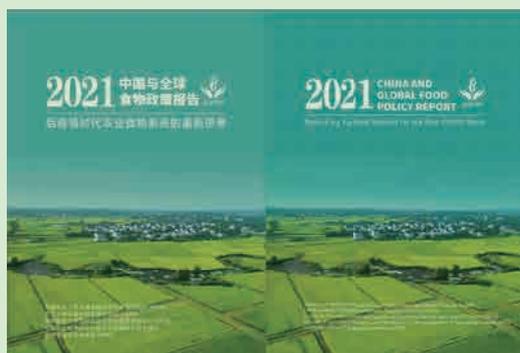
中国农业大学全球食物经济与政策研究院 Academy of Global Food Economics and Policy, China Agricultural University

全球食物经济与政策研究院 (Academy of Global Food Economics and Policy, AGFEP) 是中国农业大学校级研究院。中国农业大学讲席教授、国际食物政策研究所原所长 (IFPRI) 樊胜根任研究院院长, 研究院成员来自中国农业大学、浙江大学等高校和科研单位, 研究院聘请国内外 14 名食物政策、营养、农业经济等领域的专家作为学术委员会成员。

研究院秉持“立足中国, 放眼全球”的战略方针, 将国际视野与中国实践紧密结合, 建立跨部门多学科的研究体系, 围绕“农业食物系统转型”开展研究工作, 研究领域涵盖粮食安全、营养健康、绿色低碳、国际贸易与国际直接投资、食物—经济—环境—健康模型等。研究院不仅为我国政府提供决策建议, 同时也为重塑全球农业食物系统贡献力量。

The Academy of Global Food Economics and Policy (AGFEP) is a directly affiliated institute of China Agricultural University. The institute is headed by Dr. Shenggen Fan, chair professor at China Agricultural University and former Director General of the International Food Policy Research Institute (IFPRI). The members of AGFEP include faculty and researchers from China Agricultural University, Zhejiang University, and other academic institutions. The academic committee of AGFEP is composed of 14 scholars from both domestic and international communities, specializing in food policy, environmental science, nutrition, and agricultural economics.

With the key strategy of “Focusing on China, with a Global Perspective,” AGFEP features a close integration of the global agenda and China's practices, a multidisciplinary research approach, and a management mechanism emphasizing collaboration and talent development. AGFEP focuses on food systems transformation and aims to share China's experiences and lessons with the world. The key research areas include reshaping global and Chinese food systems, management research on unexpected public emergencies, and studies on the food–economy–environment–health nexus. The academy provides forward-looking and evidence-based strategic policy options for China as well as the global community.



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

2021 China and Global Food Policy Report: Rethinking Agrifood System for the Post-COVID World



2022 中国与全球食物政策报告：改革农业支持政策，促进农食系统转型

2022 China and Global Food Policy Report Reforming Agricultural Support Policy for Transforming Agrifood Systems



2023 中国与全球食物政策报告：推动可持续健康膳食，促进农食系统转型

2023 China and Global Food Policy Report Promoting Sustainable Healthy Diets for Transforming Agrifood Systems



扫描二维码，可获取历年中英文电子版《中国与全球食物政策报告》