



农产品流通可持续发展项目

SUPPORTING SCHEME FOR MSMEs BY BUILDING SUSTAINABLE
AGRICULTURAL FRESH FOOD PRODUCTION AND LOGISTICS IN CHINA

从农田到餐桌

“农产品流通可持续发展项目”
研究成果汇编

项目实施：



项目支持：



Funded by
the European Union

2025年7月

从农田到餐桌

从农田到餐桌是一个涵盖方方面面、涉及多方利益的复杂课题，从农业生产到流通，从食品安全到营养健康，从农民增收到市民的菜篮子保障，从经济发展到环保减排，从政策引导到市场配置，这些内容都可以纳入其中。

中国连锁经营协会与中国农业科学院农业经济与发展研究所、瑞典环境科学研究院合作，围绕果蔬生产与流通，开展了为期三年半的“农产品流通可持续发展项目”。以期在果蔬种植、农超对接、物流周转等环节，推进食品安全、降低排放、减少损耗等工作。

三年半的付出，既有实质性成果，又有最佳实践、政策标准的提炼和推广。从实质性成果来看，我们实现了中国超市TOP60企业使用周转筐的进一步普及，项目推广期间，项目重点企业周转筐使用量增长率近10%。我们为2000家农业合作社和超过一万名农户提供了赋能培训，传播了食品安全、绿色生产的相关知识，我们采用生命周期评估的方法，从环境和经济视角对不同的果蔬包装进行了分析评估。在政策标准方面，项目各方都开展了相关课题的调研，提出政策建议，制定和完善相关标准和指南。本书汇编的研究报告和学术论文涵盖了生鲜农产品流通的基本情况、实现可持续流通的驱动和制约因素、果蔬产业联合体、市场和政府的共构机制、零售业包装和标准周转箱循环利用，以及欧盟共同农业政策的经验借鉴等方面。

推进农产品流通可持续发展利农、利商、利消费者、利环境，但道阻且长，既要有愚公移山的意志和决心，也需要科学精神，系统性地持续推进，“不积跬步，无以行千里”，希望“农产品流通可持续发展项目”能够成为发展过程中坚实的一步，助力中国的农田和餐桌都越来越好。

目 录

1.农产品流通可持续发展项目基线报告	1
2.中国生鲜农产品可持续生产流通驱动与障碍因素报告	19
3.欧盟共同农业政策绿色发展对中国的启示	43
4.中国蔬菜流通体系现状、问题及对策	55
5.果蔬产业联合体促进小农户与现代农业衔接的机制	69
6.“市场-政府” 共构机制：中国推进低碳农业的框架	91
7.Review on Life Cycle Analysis (LCA) Studies of Reusable Plastic Crates for Fruit and Vegetables	105
8.Review of Life Cycle Cost Analysis for Reusable Packaging for the Retail Industry	121

农产品流通可持续发展项目基线报告

中国连锁经营协会

中国农业科学院农业经济与发展研究所

瑞典环境科学研究院

2022年10月

摘要

本报告以果蔬为研究对象，关注生产和流通环节的食品安全、绿色生产以及流通等问题。本报告采用的研究方法主要包括：文献综述、实地调研、对比研究、多案例研究、专家访谈等方法。其中，2022年7月-8月，以实地调研和线上访谈结合，在北京、山东、浙江、陕西、安徽、河北等地开展，选择果蔬种植合作社、经销商、农业企业和生鲜农产品零售商为调研对象。通过本次调研，基本了解到合作社的生产经营状况、绿色种植生产的认知和种植意愿、果蔬的损耗和周转筐的应用情况，也了解到零售企业在食品安全管理、标准制定等方面的应用情况。

经过系统梳理和分析，生产端和市场端的现状包括：

- (1) 农药需求总量趋向减少，新型环保农药使用量快速增长；
- (2) 食品安全得到极大重视，种植业各环节把控严格；
- (3) 果蔬是主要生鲜产品，市场流通量大；
- (4) 销售模式逐渐改变，合作社与零售企业合作意愿强烈。

在政策层面，中国重视农产品的可持续生产和流通，出台一系列政策支持发展，有四个主要的方向：

- (1) 推进绿色生产。包括：农药化肥减量增效、提高用水效率和绿色科技推广应用；
- (2) 推进现代流通体系建设。包括：降低农产品损耗、实施新“三品一标”，聚焦现代冷链物流体系和构建绿色供应链等。
- (3) 赋能小农户。包括赋能发展小农户、提高小农户组织化程度和促进小农户增收等。
- (4) 加强农产品质量安全。包括：食用农产品承诺达标合格证制度和农产品质量安全可追溯体系等。

总体来看，果蔬业发展面临四大机遇：

- (1) 居民膳食结构升级，激活果蔬业发展潜力；
- (2) 国家政策利好，拓宽果蔬业发展空间；

(3) 科技革命增强发展动力，新技术新模式赋能果蔬业；

(4) 国际组织与欧盟引领，为果蔬业可持续发展营造积极的国际环境。另一方面看，果蔬业发展面临来自内部和外部的两大挑战：外部挑战主要是气候变化影响严重，果蔬病虫害有可能进一步持续加剧；内部挑战主要是来自小农户与现代化大市场的对接面临艰巨的任务。

为推动农产品流通可持续发展项目的高质量实施，达到预期目标，项目成立“专家咨询委员会”（PAC: Project Advisory Committee），专家委员会成员包括来自高校、科研院所、零售企业的经济、技术、政策、标准等各方面的专家。在2022年4月召开的专题沟通会上，专家们对项目意义及实施方向提出建议，梳理总结出以下四个方面：（1）加强技术应用，合理控制添加物和损耗；（2）进一步加强标准制定和落地；（3）重视未来中国农产品流通的数字化应用；（4）加强技术与政策的多方联动，提升项目影响力。

总结欧盟等国际先进经验，值得借鉴和学习的主要包括：（1）采用先进的技术和管理措施，例如，控制释放技术、有机肥替代技术、生物控制技术、选择恰当的种植和耕种制度、发展精细农业和智慧农业等；（2）推行标准化供应链，例如从20世纪60年代开始逐步推进果蔬农产品的标准化，开发相关技术，完善基础设施。借鉴欧盟的理念和采取的政策措施，加强我国农业绿色发展，既要适应农业发展大趋势和新发展理念，又要有阶段性的时代特征，满足当前时期我国农业绿色发展的实际需求。

通过总结国内案例来看，值得学习和借鉴的主要包括：

(1) 百果园：打造高质量果蔬供应链，助力农业可持续发展；

(2) SPAR：兼容欧洲标准和中国习惯，推行生鲜供应链标准化。

通过以上分析与梳理，我们对生鲜农产品生产与流通的特点、痛点与挑战有了进一步的了解；在总结权威专家观点和建议基础上，借鉴国际先进管理思路及经验，在农产品流通可持续发展项目开展下一步工作给出更加清晰的路径和可参考的方法。未来将实施重点工作包括五个方面：

(1) 通过零售渠道，影响2000个农民合作社及上万名农民，提升种植端食品安全管理及绿色种植技术的能力；

(2) 影响60家连锁超市TOP100企业及100家果蔬经销商、农业合作社，采用果蔬周转筐，提升物流端标准化载具应用率；

(3) 创建“生鲜果蔬农产品供应链可持续优化”示范，选择5-10种果蔬产品进行环境效益分析；

(4) 加强行业传播及示范推广，扩大产业链上下游影响力；

(5) 开展政策研究与沟通，提出促进中国可持续农业生产和物流发展等议题的政策建议。

目 录

农产品流通可持续发展项目基线报告	1
一、农产品流通现状与问题	4
（一）生产端.....	4
（二）市场端.....	9
（三）政策.....	12
二、农产品流通可持续发展的机遇与挑战	14
（一）机遇.....	14
（二）挑战.....	15
三、观点、经验与案例.....	16
（一）专家观点.....	16
（二）欧盟经验.....	16
（三）案例研究.....	17

一、农产品流通现状与问题

（一）生产端

（1）农药用量趋向减少，新型环保农药使用量快速增长

从中国农药使用情况看，2004-2014年处于农药使用增长阶段，2013年使用量达到峰值，为180.77万吨（折百原药为59.65万吨）。2015年农业部门提出农药使用零增长行动，之后我国农药需求稳中有降，2019年我国农药使用量为139.17万吨，比2018年农药使用量下降7.4%。

随着农药使用及管理政策日趋严格，传统的高毒、低效农药正在被逐渐禁止使用，高效、低毒、低残留的新型环保农药成为行业研发重点和主流趋势，农药剂型向水基化、无尘化、控制释放等高效、安全的方向发展，水分散粒剂、悬浮剂、水乳剂、缓控释剂等新剂型加快研发和推广。高效、安全、经济、环境友好的农药新产品的推广将有效促进我国农药产品结构的优化调整，在满足农业生产需求的同时降低对环境的影响。

（2）果蔬类农药使用频率大，不同月份农药残留存在差异

水果和蔬菜上病虫害种类繁多，例如韭菜中病虫害24种，黄瓜上病害和虫害共计12种左右，梨树病虫害管理涉及38种左右（向运佳等，2019；张丽，2012）。由于病虫害种类繁多，加上近年来外来农作物引进而引起的新型病虫害例如美国白蛾、草地贪夜蛾等，导致农户们不得不加大农药的药量和种类（周秀丽，2012；张妍，2019），促使果蔬类农药使用频率加大，例如，2020年柑橘类农药费用高达586.25元/亩，蔬菜平均农药费用高达161.72元/亩（见图2-1）。除此之外，农药的使用频率也与季节和种类有关，气温越高，病虫害越多，农药使用频率也越大，农药费用越高。

（3）化肥施用总量趋向减少，果蔬类施用强度较高

我国化肥施用总量整体趋于下降趋势。20世纪80年代后，化肥施用量增加。从2005年我国开始推进测土配方施肥科学施肥政策以来，化肥用量增速递减，十年时间的平均年增长率为2.8%，比上个十年下降了21.2%。自2015年化肥零增长行动以来，施用增速逐渐放缓，在2015年出现拐点，总量连年下降。2016年化肥用量增长率首次呈现负值，2021年我国化肥用量为5191万吨，比2015年减少了831万吨，减幅为13.8%。

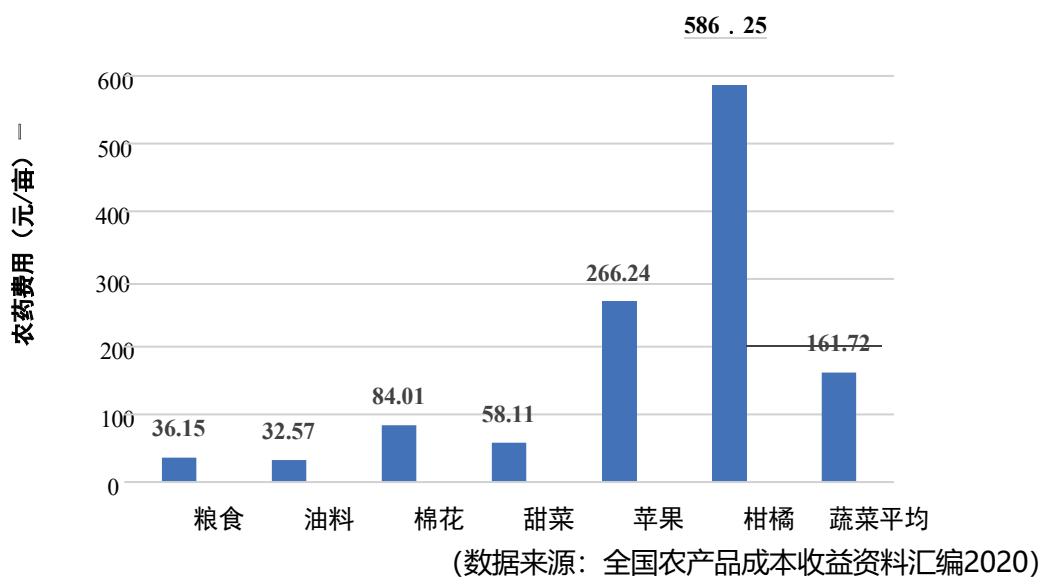
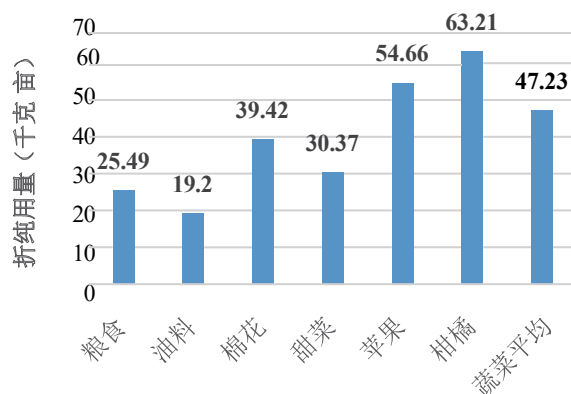


图2-1 2020单位面积农作物农药费用

蔬菜和瓜果作物化肥施用强度较高，从2020年数据显示：各种农作物化肥每亩折纯量情况来看，粮食的每亩折纯用量为25.49千克，油料为19.2千克，甜菜为30.37千克，苹果、柑橘、蔬菜平均每亩化肥折纯用量分别高达54.66千克、63.21千克和47.23千克，远高于粮食作物和其他作物的施肥量（见图2-2）。



(数据来源: 全国农产品成本收益资料汇编2020)

图2-2 2020年化肥每亩折纯用量

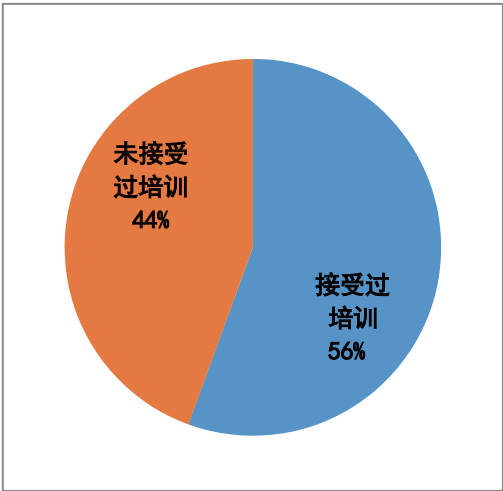
(4) 农业标准体系初步形成，果蔬生产仍显粗放

随着农业供给侧改革的深入，要达到供给水平、质量有效提升的目标，就必须充分利用好标准技术等，构建“农业标准引领、提升产品质量、打造市场品牌和促进发展动能”的农产品标准体系。目前我国农业标准化体系正在不断完善，截止2021年农产品的标准体系已经初步建成，这是以农产品质量安全标准为重点，以农业转型发展需求为导向的标准化体系，其中包括：农药

兽药残留限量及配套检测方法食品安全国家标准10068项、农业行业标准总数达到5342项、仅苹果的国家标准就超过30个，行业标准近90个。这些标准覆盖了农业投入品、农业生产、农产品加工、农产品流通、农产品检验检测等领域，形成了以国家标准为主，行业、地方标准配套，统一权威的农业标准体系。随着标准化体系的建设完善，农民的质量意识、品牌意识、科技意识、安全意识和市场竞争意识日益提高，对于标准的学习与应用需求也在逐步增加。

在生产实践中，“大国小农”的国情使得果蔬生产标准化仍有很大提升空间，2017年国家统计局公布的全国农业普查数据，全国有2.3亿户农户，其中2.1亿农业经营户户均不到10亩耕地，对于尚未组织起来的小农户而言，在理解、认知和执行现代化的果蔬种植标准时还面临许多困难。随着农民合作组织的不断兴起，农民合作社为参与农民提供专业化、标准化的农业生产服务，提高了农业经营效率。另一方面通过调研发现，在与产业链下游的零售商合作过程中，不同的零售企业各自有着相似却不不同的企业标准，使得种植生产标准化很难落地。目前存在蔬果的各品类分级验收标准没有统一文件，收购方的要求不一致的问题，成为影响农民合作社与市场下游零售商合作的最大困扰。合作社希望零售企业能够形成一套统一的标准，并传递给合作社，便于进一步实现生产种植的标准化；从零售企业调研反馈的情况来看，零售企业也需要统一的标准和工具进一步提升农产品的质量安全。

农民合作社愿意接受来自各方的培训，在2022年开展的实地调研中发现：超过一半的受访农民合作社参与过各类培训（见图2-3），但是所获得的培训主要来自政府部门或政府部门主导的科研院所、科技推广站，以技术培训为主，来自下游市场端的培训还是空白，特别是缺乏来自零售企业或者协会的标准培训（见图2-4），如果能够形成市场端统一的行业标准，通过培训传递给农民合作社，将有利于农民合作社的生产种植标准化，提高种植水平和产品质量安全。



（数据来源：2022年调研）

图2-3 接受过培训的合作社比重

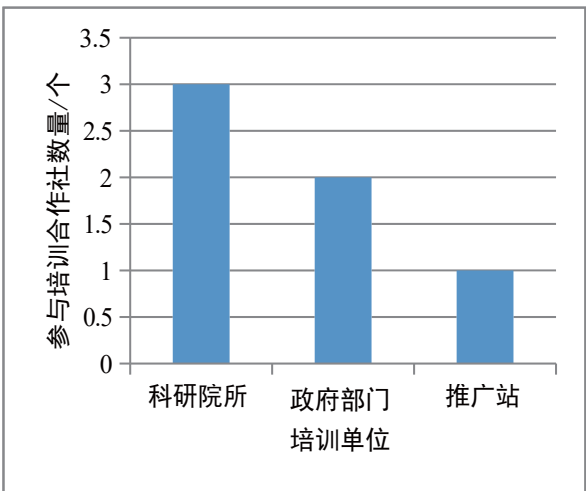


图2-4 培训单位

(5) 食品安全得到极大重视，种植业各环节把控严格

我国对农产品的食品质量安全十分重视，特别是对农残超标事件零容忍。在这样的导向下，果蔬产业链从种植端开始就十分重视食品质量安全。通过调研发现，果蔬农民合作社的种植标准逐渐向有机、绿色转变，有部分合作社和农业企业甚至获得良好农业规范（GAP）认证（见图2-5）。所有调研的合作社和农业企业都有严格完整的农药、化肥使用记录。另一方面零售企业也把食品质量安全看作第一要务，对果蔬供货商执行严格的准入审核，并对种植的各个环节进行把控（见图2-6和2-7）。

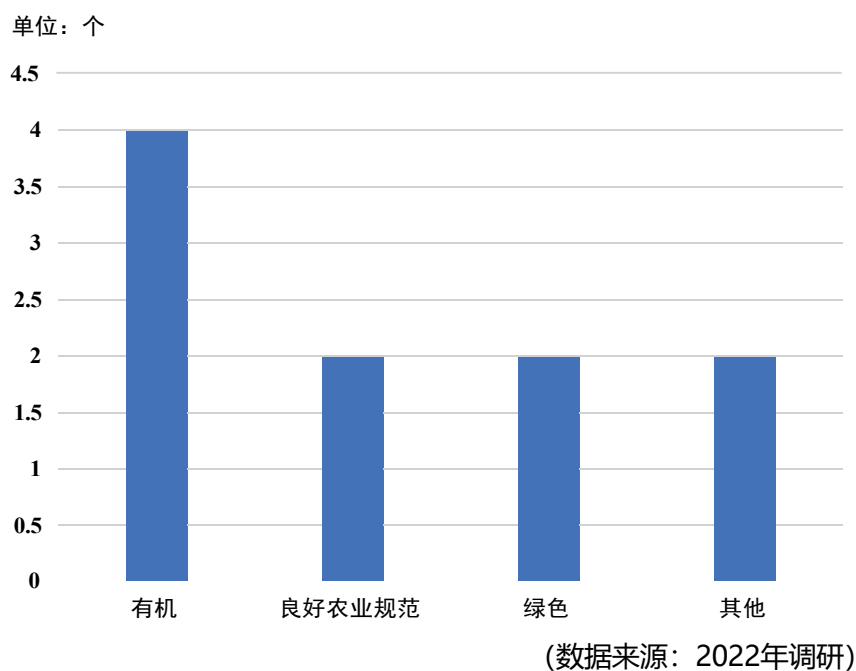
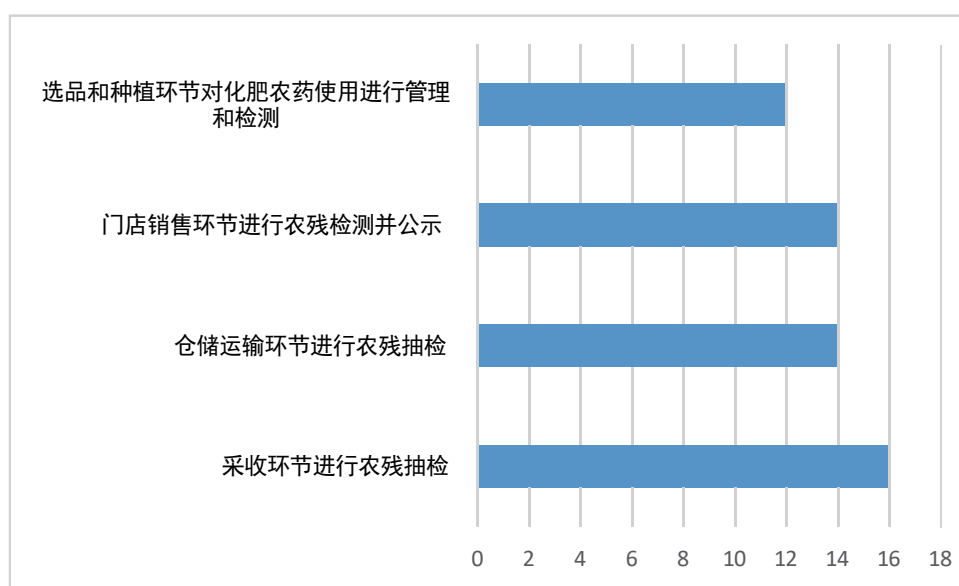
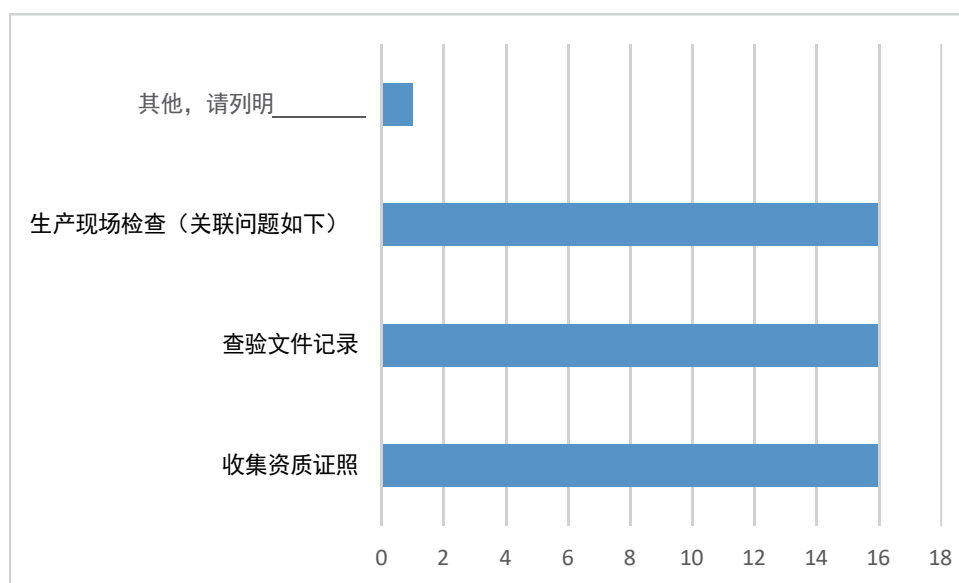


图2-5 果蔬农民合作社种植分类



(数据来源：2022年调研)

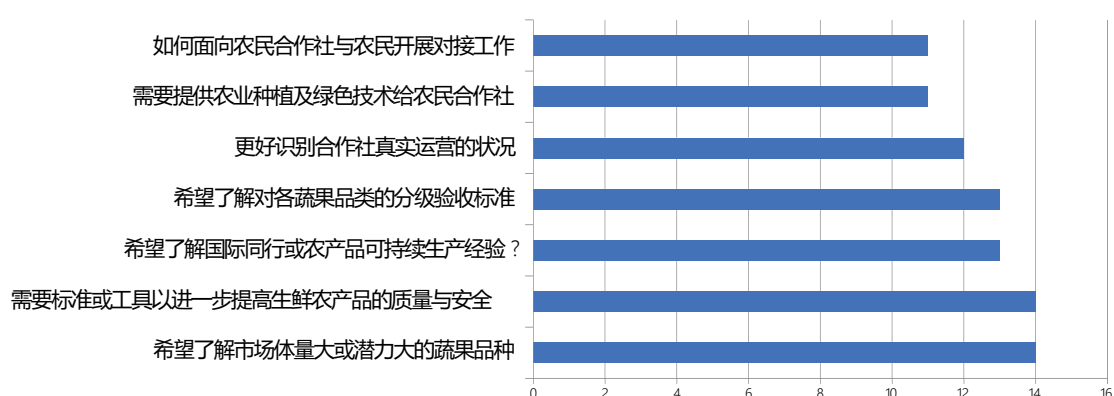
图2-6 零售企业对不同环节采取的食品安全管理手段



(数据来源: 2022年调研)

图2-7 零售企业对各环节进行准入审核

2022年开展的实地调研中发现零售企业对项目的期望和需求有许多包括: 如何面向农民合作社与农民开展对接工作、需要提供农业种植及绿色技术给农民合作社、更好识别合作社真实运行状况、希望了解对各蔬果品类的分级验收标准、希望了解国际同行或农产品可持续生产经验、需要标准或工具以进一步提高对生鲜农产品的质量与安全、希望了解市场量大或潜力大的果蔬品种等等。零售行业对项目愈加了解, 商品和服务供给更加优质丰富, 便民商业设施更加完善, 消费便利性不断提高, 体制机制及政策措施持续优化, 消费环境更加安全放心, 零售行业高质量发展水平进一步提升 (见图2-8)。



(数据来源: 2022年调研)

图2-8 零售企业对项目的期望和需求

本项目会针对目前存在的一些问题, 进行试点和定量化测算, 包括对周转筐的环境和经济分析, 为行业选择和政策制定提供支撑。

(二) 市场端

(1) 果蔬是主要生鲜产品，市场流通量大

我国蔬菜种植主要分布在以河南、湖北、湖南为代表的中南地区，和以山东为代表的华东地区；中国31个省（市/自治区）均有水果种植分布，其中，山东省水果产量常年居全国首位，河南、广西、陕西、广东水果产量常年在全国前5位波动（见图2-9）。截至2021年8月底，我国累计认定地理标志保护产品2482个，其中蔬菜554个，河南、江苏、湖北、湖南、山西的蔬菜地理标志产品最多，果品948，山东、四川、陕西、新疆和浙江是拥有果品地理标志产品最多的五个省份（见表2-1）。

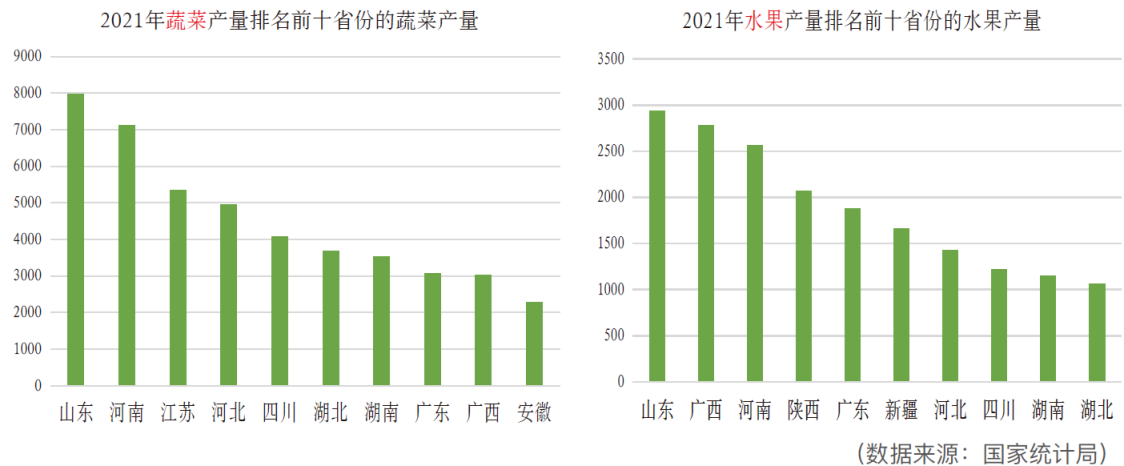


图2-9 2021蔬菜与水果产量排名

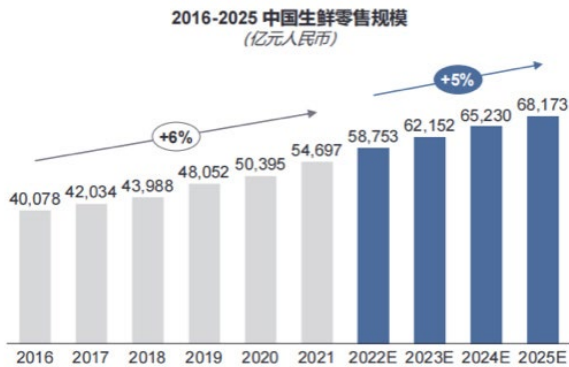
表2-1 绿色/有机/地理标志农产品历年情况

产品类别	统计指标	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	年均增幅（%）
绿色食品	获证单位（家）	9 579	10 116	10 895	13 203	15 984	13.66
	获证产品（个）	23 386	24 027	25 746	30 932	36 345	11.65
有机农产品	获证单位（家）	883	951	1 059	1 114	1 184	7.61
	获证产品（个）	4 069	3 844	4 006	4 310	4 381	1.86
农产品地理标志	获证单位（家）	1 792	2 004	2 242	2 523	2 778	11.58
	获证产品（个）	1 792	2 004	2 242	2 523	2 778	11.58
总计	获证单位（家）	12 254	13 071	14 196	16 840	19 946	12.95
	获证产品（个）	29 247	29 875	31 994	37 765	43 504	10.44

(数据来源：中国国家知识产权局)

我国生鲜市场基数大，市场发展稳定，市场规模预计于2025年达到6.8万亿，其中过半产品为蔬果类产品，在我国生鲜行业中占有重要地位。当下，中国生鲜市场正处于蓬勃发展的阶段，2022年预计生鲜零售市场规模约在5.8万亿左右，预计未来的市场增速约在5%左右，将有力推动

我国零售市场和整体GDP的发展（见图2-10）。其中果蔬作为主要的生鲜产品，在总销售额中占比超过了50%，每年市场上有近3亿吨的蔬果流通，并且这一数字未来5年将以年均4.6%继续增长（见图2-11）。



（数据来源：中国连锁经营协会）

图2-10 2016-2025中国生鲜零售规模

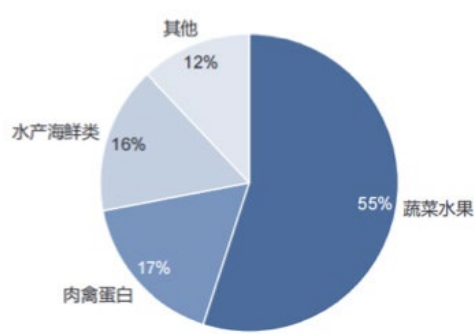


图2-11 生鲜类销售额占比

（2）水果和蔬菜极易腐烂，流通过程损耗大

我国生鲜流通环节复杂，生鲜运输标准化程度较低，主粮、蔬菜和水果的全产业链总损耗率分别为7.9%、27.7%和13.2%，蔬菜和水果损耗主要发生在收获后处理和零售阶段；从全产业链来看，仍有四至六成的减损空间。与西方国家相比，发达国家基本实现田园到餐桌冷链全覆盖，果蔬损耗率控制在5%以下，美国果蔬损耗率仅为1%-2%。因此，满足企业内部的生鲜周转筐流通，标准化生鲜流通体系，降低生鲜流通损耗率，提高流通效率与可持续发展水平亟待突破。

自2016年，从收获后到分销，全球每年损失的水果和蔬菜高达22%，这个比率明显高于豆类和谷物类的损失（FAO，2019）。水果和蔬菜的损失仅次于年损失率为25%的块根、块茎和油料作物，是第二大损失组别。不同供应环节的损失表现显著差异，同时也存在区域差异性。

（3）果蔬周转筐的使用得到认可，应用过程中仍面临诸多问题

食品包装已经成为食品不可分割的组成部分，在实际应用过程中，存在多种载具同时使用的情况。根据运输距离、果蔬品种和客户要求选择载具，现有包装多采用纸箱、塑料袋等一次性包装（见图2-12），较难回收利用，同时成本较高，使用后被随意丢弃现象严重，对环境的潜在危害不容忽视。一次性包装往往保护性较弱，货品运输损耗严重，例如，一次性塑料袋等包装未对生鲜产品进行特殊设计，运输过程易产生碰撞等货损。另外，一次性包装散热效率低，货品存储时间短，例如果蔬产品对于冷链的需求较高，但现有包装对冷链并未进行相关设计，导致冷链效果未能完全发挥。

目前果蔬周转箱已经在中国得到了初步应用，取得了良好的效果。通过对大型连锁超市“家家悦”的物流系统分析，指出该超市通过使用周转箱，实现了果蔬物流的“一贯化作业”，装卸货效率提升了67%、备货时间缩短了30%，果蔬从基地到配送中心再到门店的过程中损耗率降到了3.85%；通过对京津冀地区实地调研数据进行计量分析，指出周转箱的使用对于生产单位采用冷链运输方式运输果蔬的行为产生显著的积极影响。

与此同时，果蔬周转箱在实际推广应用过程中也存在着资源浪费、管理难度大、物流成本增加

导致相关主体应用积极性不高等问题。这与我们2022年开展基线调研的发现不谋而合。调研发现：大部分田间收获运输时会使用周转筐，但是一次性包装仍然存在，并且周转筐的使用中存在若干问题。例如管理费时费力、空箱运回困难、不是适用于所有品类（葡萄、西瓜、大葱等非标准规格产品）、中远途运输成本高于其他载具等等，致使运输成本大幅度增加。国际案例研究（瑞典周转筐使用）发现，周转筐使用具有成本核算等特点。目前国内已经有企业开始使用周转箱并获得较好收益。

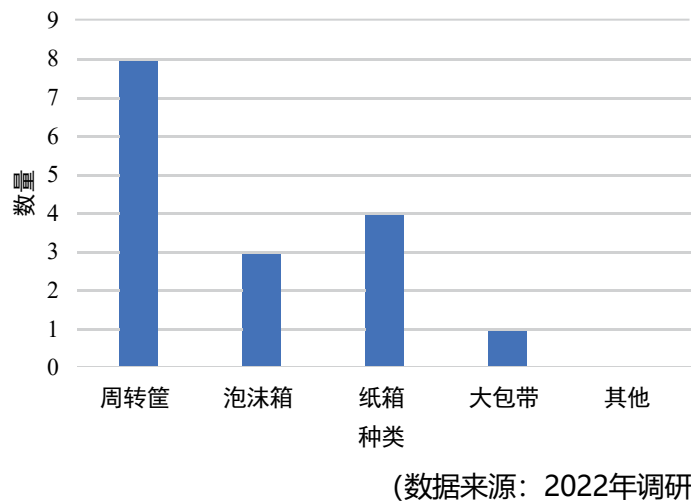


图2-12 田间收获运输的载具选择

(4) 销售模式逐渐改变，合作社与零售企业合作意愿强烈

目前的流通模式分为两种：一种是以批发市场为中心的传统流通模式（见图2-13），一种则是以超市、电商为主导的现代流通模式（见图2-14）。2022年开展的实地调研中发现：

产地直销、农超对接以及电商模式仅承担我国农产品流通不足30%，绝大多数农产品流通还是要经过传统的以批发市场为中心的农产品流通渠道。传统流通模式需要经过小农户、经纪人、2-3级批发商（或物流企业）、零售商等多个流通主体，由于流通环节太多，不仅提高了农产品的流通成本，也导致农产品质量在冗长的流通链条中有所下降，影响了价格等供求信息的传递速度，总体上制约了我国农产品流通效率的提高。

调研中发现：合作社与零售企业合作意愿强烈（见图2-15），以期获得稳定的销售渠道，但疫情导致不少合作订单难以实现；对于部分合作社，除与电商或零售超市对接合作，本地批发市场是一个主要的销售渠道，但是比例正在逐渐减少，而与本地企业事业单位食堂合作则是另外一个主要的销售渠道（图2-16）。

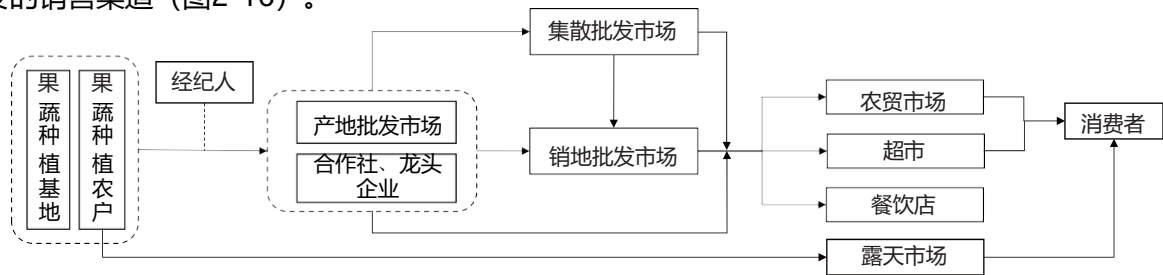


图2-13 果蔬的传统流通模式

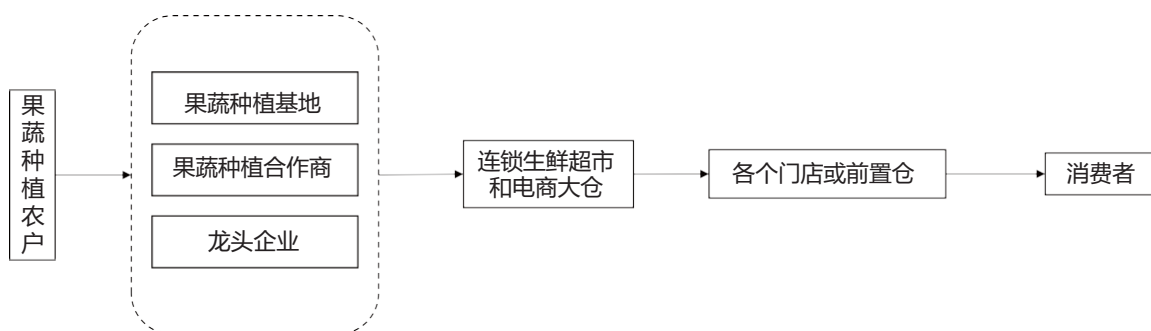


图2-14 果蔬的现代流通模式

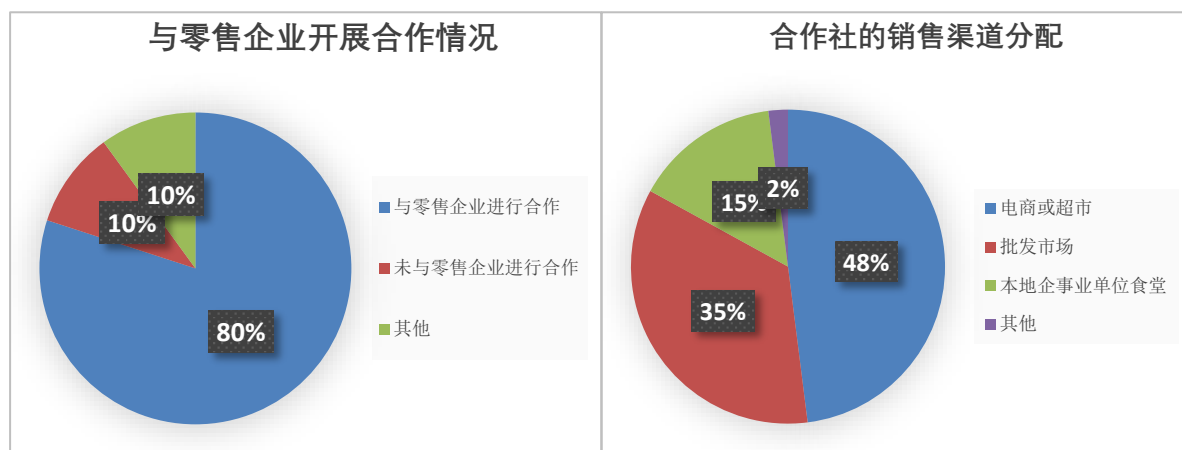
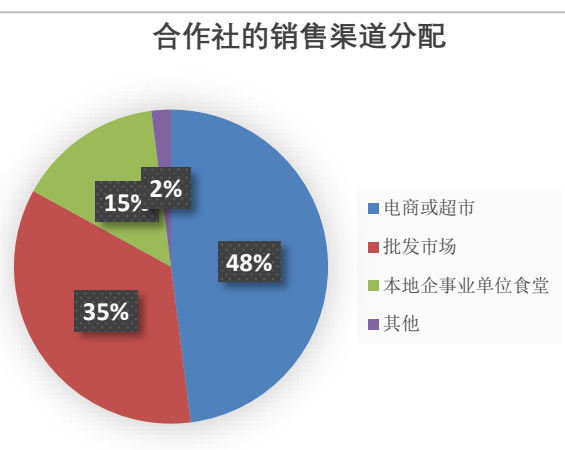


图2-15 与零售企业开展合作情况

图2-16 合作社的销售渠道分配

(数据来源：2022年调研)



(三) 政策

中国重视农产品的可持续生产和流通，出台一系列政策支持发展（见表2-2）。梳理近期多个政策，从中央一号文件、农业绿色发展规划、冷链物流发展规划、小农户与现代农业衔接意见等看，整体有4个主要方向：（1）推进绿色生产。包括：农药化肥减量增效、提高用水效率和绿色科技推广应用；（2）推进现代流通体系建设。包括：降低农产品损耗、实施新“三品一标”，聚焦现代冷链物流体系和构建绿色供应链等。（3）赋能小农户。包括赋能发展小农户、提高小农户组织化程度和促进小农户增收等。（4）加强农产品质量安全。包括：食用农产品承诺达标合格证制度和农产品质量安全可追溯体系等。

表2-2 绿色可持续发展政策梳理

序号	类别	名称	发布单位	时间
1	推进绿色发展	关于做好 2022 年全面推进乡村振兴重点工作的意见	国务院	2022
		关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见	国务院	2021
		“十四五”全国农业绿色发展规划	多部委联合发布	2021

续表

序号	类别	名称	发布单位	时间
2	推进现代流通体系建设	“十四五”冷链物流发展规划	国务院办公厅	2021
		关于加快农村寄递物流体系建设的意见	国务院办公厅	2021
		关于协同推进农村物流健康发展加快服务农业现代化的若干意见	多部委联合发布	2015
		关于大力发展绿色流通的指导意见	商务部流通发展司	2014
3	赋能小农户	2021 年重点强农惠农政策	农业农村部 财政部	2021
		2020 年重点强农惠农政策	农业农村部 财政部	2020
		关于促进小农户和现代农业发展有机衔接的意见	中共中央办公厅、国务院 办公厅	2019
4	加强农产品质量安全	2020 年农业农村绿色发展工作要点	农业农村部	2020
		关于进一步优化发展环境促进生鲜农产品流通的实施意见	多部委联合发布	2020
		开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案	农业农村部	2017
		关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见	中共中央办公厅、国务院 办公厅	2017
		全国农业可持续发展规划（2015-2030 年）	多部委联合发布	2015

农产品可持续生产与流通的态度与力度，各地也陆续出台系列落地补贴，让农民和企业切实感受到政府的指引。另外这方面的政策与项目的主要内容契合度高，项目与国家政策有较高的一致性。

二、农产品流通可持续发展的机遇与挑战

(一) 机遇

(1) 居民膳食结构升级，激活果蔬业发展潜力

目前我国正处于快速城镇化与快速经济发展时期，直接的粮食需求下降，对肉蛋奶、果蔬类等产品的需求会持续增加。未来，一方面居民消费将更加注重营养、健康与安全，果蔬类产品消费量仍将快速增长；另一方面国内超大规模市场优势不断显现，果蔬类农产品消费更加集中化、多样化、个性化，跨地区、大流通成为常态，有利于果蔬类农产品产地市场在保障大中城市农产品供应的同时，进一步释放发展潜能，更好地满足大众对安全、绿色、有品质产品的市场需求。

(2) 国家政策利好，拓宽果蔬业发展空间

“十四五”时期，国家加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，“三农”工作重心历史性转向全面推进乡村振兴，乡村产业支持力度不断加大，资源要素向乡村快速集聚，多元投入格局加快形成，促进产业布局、产品流通和市场消费空间重构。2022年，中央一号文件中关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作意见中也明确指出，要保障“菜篮子”产品供给：加大力度落实“菜篮子”市长负责制；稳定大中城市常年菜地保有量，大力推进北方设施蔬菜、南菜北运基地建设，提高蔬菜应急保供能力等。这些政策突出强调农业质量安全对国民生活的重要性，鼓励发展农产品转型升级、物流仓储标准化以及农产品新零售等方面，为果蔬业未来发展指引了方向，同时也提供了发展机遇。

(3) 科技革命增强发展动力，新技术新模式赋能果蔬业

大数据、云计算等新一代信息技术和智能化、绿色化装备加速向农业和流通领域融合渗透，技术先进、管理新型、运转高效的智慧服务方式逐步形成，为果蔬生产和流通转型升级注入新活力。通过高新技术对农业进行可视化、信息化管理，实现农产品在生产、销售各环节的数字化，信息化。如在生产阶段收集耕地信息、播种信息、气候信息，实施智能灌溉，减少病虫害；在加工物流阶段，记录入库出库时间，控制运输成本；在销售阶段通过市场反馈、农产品追溯，更方便地联系市场，使产销更顺畅。新技术的应用不仅对传统果蔬业带来了技术变革，也对产销渠道、品牌竞争力带来了有利影响，使农业生产各个环节得到有力融合，对转变传统农业生产方式具有深远意义。

(4) 国际组织与欧盟引领，为果蔬业可持续发展营造积极的国际环境

2019年12月联合国大会通过决议，将2021年定为“国际果蔬年”，旨在突出水果和蔬菜在人类营养、食品安全、可持续生产以及减少浪费中的重要作用。2020年5月，欧委会发布了《农场到餐桌战略》(Farm to Fork Strategy)，旨在驱动欧盟的可持续食品体系转型，建立一个“公平、健康、环境友好”的食品体系。2021年9月联合国举办“食物系统峰会”，其目的是提高全球对改变食物系统的认识和承诺，并采取相应的行动。上述活动从联合国到欧盟，通过不同的方式，在不同层面，积极倡议促进多样、平衡和健康的饮食和生活方式，减少食品系统中的损失和浪费，为果蔬业的可持续发展提供了积极的国际环境。

(二) 挑战

(1) 外部：气候变化影响严重，果蔬病虫害持续增加

气候变化导致农作物的生长环境发生了一定的变化，形成了适宜果蔬类农作物病虫害生存和发展的条件，导致病虫害的种群数量、种类和发病时间发生较大的变化，整体呈现爆发态势。我国的重要农作物病虫害鼠害达1400多种，其中重大流行性、迁飞性病虫害有20多种。几乎所有大范围流行性、暴发性、毁灭性的农作物重大病虫害的发生、发展、流行都与气象条件密切相关，或与气象灾害相伴发生。农业气象灾害和极端天气气候事件趋多趋重，致使部分病虫害的发生趋于严重。

(2) 内部：中国仍然以小农户生产为主，需要与大市场形成有机衔接

大国小农仍然是中国长期存在的国情，小农户仍将长期存在，促进小农户与现代农业与现代流通体系的衔接是个漫长艰巨的任务。中国小农户基数大，经营规模在10亩以下的农户约有2.1亿户。小农户面临抵御市场风险能力不足、土地细碎化等现状挑战。新型经营主体仍然处于成长期，农业社会化服务刚刚兴起，联合带动小农户的能力还不强，这是我国农业现代化转型过程中不可避免的情况，需要进一步发挥新型经营主体带动小农户实现合作共赢的作用。

为了解决小农户与大市场对接的矛盾，应对小农户与大市场衔接面临的挑战，中国政府出台一系列政策措施，探索小农户与现代流通体系有机衔接的合理路径。我们也期待通过项目的实施，进一步为小农户赋能，提升小农户自身的生产水平和应对风险能力，更好地实现可持续发展。

三、观点、经验与案例

（一）专家观点

为推动农产品流通可持续发展项目的高质量实施，达到预期目标，项目成立“专家咨询委员会”（PAC: Project Advisory Committee），专家委员会成员包括来自高校、科研院所、零售企业的经济、技术、政策、标准等各方面的专家。在2022年4月召开的专题沟通会上，专家们对项目意义及实施方向提出建议，梳理总结以下四个方面：

（1）加强技术应用，合理控制添加物和损耗

流通领域环节，要注重良好的农业规范，针对一些绿色防腐杀菌剂，例如果蔬产品保鲜剂的推广应用，以合理、安全的方式推使用，针对这些提高果蔬的减损；关注到果蔬里面一些违禁添加物的使用，流通环节如何做合理的控制，如运用快速检测技术，对违禁添加物进行控制，也是可持续的一方面；最新动态：关注优质优价。优质的农产品就要保持优价。

（2）进一步加强标准制定和落地

为了和我国政策更好衔接，建议在高质量发展和高品质生活方面着重体现；通过项目开发出一些更好地面向消费者，给消费者提供更多的产品选择；在制定这些标准、操作方式中，做出一些让消费者能够看得懂，能够打动消费者理解；在政策研究或者政策建议的时候，要重点研究欧盟的补贴体系。

（3）重视未来中国农产品流通的数字化应用

提出农产品流通可持续发展的理论框架，囊括三方研究内容、研究核心，包括三方在内的理论框架；对中国现有的政策，迄今为止的10年或者是15年、20年左右时间的政策的梳理，同时对欧盟的农产品流通的政策，进行比对一下，看到中国的流通政策处在哪个阶段与水平；农产品流通的实践要提出具体的现状和特点，以及当前需要解决的突出问题，如前三大问题、前五大问题、前十大问题等；提出果蔬流通领域符合中国式的经济政策、产业经济的发展规律和循环；转型升级中应该重视数字化，重视智慧农业的重要性。

（4）加强技术与政策的多方联动，提升项目的影响力

联动包括中国农科院在内的更多高校和科研机构从科技的角度提供支撑，特别是从技术研发与技术培训方面，调动更多的专家学者的力量一起来参与。同时也加强与企业的合作，政府部门的联动。

（二）欧盟经验

绿色的生产、流通、消费模式已经成为全球农业发展的趋势，联合国提出一系列可持续发展目标，其中就提出要采用可持续的消费与生产模式，用更少的资源做更多、更好的事，消除经济增长与环境消退之间的关联。包括欧盟在内的发达国家，通过顶层设计到技术应用再到标准设计，实现农业绿色可持续发展。

欧盟推行标准化供应链的经验：欧盟果蔬市场对于安全和质量的要求和标准是比较高的，并且在不断更新中。任何果蔬都需要遵守的是强制性标准，不同品类产品有对应的强制标准，主要包括以下三大类：

(1) 农药残余管控和标准。从食品安全角度看，农药残余管控和标准非常重要。欧洲设立了最大残余水平 (maximum residue levels)，其中德国、荷兰以及奥地利等国的国家水平要更为严格。除此之外，污染物的管控标准也很严格，一些金属、硝酸盐的标准和农残MRL体系类似，参考法规 REGULATION (EC) No 1881/2006。对于预切水果类商品，还有微生物等标准的要求。(2) 市场标准。针对果蔬的品质、成熟度、级别分类等，有专门欧洲法规进行规范，市场标准决定了产品的品质分级、最低成熟度、尺寸以及品质等。欧盟品质标准遵循联合国经济委员会 (UNECE) 标准，不同的果蔬品类具有特定的产品标准。以苹果为例，标准对于苹果的定义、品质要求、尺寸要求、品质和尺寸公差等。如果没有特定标准约束的果蔬品种，则产品需要符合No 543/2011附件一 A部分的要求，以及UNECE的标准要求。(3) 标签和包装的标准。强制标准管理中，标签和包装是非常重要的部分，必须包括：包装公司的名字和地址、产品的名称和种类（如果产品不能从外包装直接看到）、产地、分级和尺寸、可追溯编码或认证的GGN、收货后的一些处理；有机认证（如果有）。如果果蔬是直接用于消费的，也需要有明确的供消费者辨识信息的标签。

除了强制标准之外，其他标准包括：(1) GAP认证：这是整个农业生产过程有关食品安全、用工环境和产品品质的认证，更是出口到欧洲的农业产品必要的认证。(2) 其他社会和环境标准等，如热带雨林联盟、公平交易、有机和碳足迹等。这些，根据不同采购商的要求和标准各有不同。欧洲标准名目较为齐全，推动了农产品供应链标准化。

(三) 案例研究

(1) 百果园：打造高质量果蔬供应链，助力农业可持续发展

百果园（全称深圳百果园实业（集团）股份有限公司），2001年成立于深圳，是一家集水果采购、种植支持、采后保鲜、物流仓储、标准分级、营销拓展、品牌运营、门店零售、信息科技、金融资本、科研教育于一体的大型连锁企业。

引进先进种植技术，生产高品质蔬菜。利用土壤分析和施肥设计，了解土壤，改良土壤，结合不同作物的生理生长特性，找回作物本来的力量；积极利用堆肥、微生物及系统的施肥设计来开展有机栽培，是一套可以生产出高品质、高产量、高营养、低成本农产品，可以改变中国农业的先进生产技术体系。在全国各大黄金产区的最佳季节应季轮种，蔬菜呈现出“有菜味”的明显特征。

促进农户与基地增收，建立稳定合作关系。对自有种植基地农地，采用三种方式保证收入：第一，农户土地租金；第二，吸收农户进入基地工作，并提供保底收入；第三，在基地产生的收入中，将利润按一定比例返还给村委和租户。而对合作种植基地，则按种植成本加一定毛利进行收购，原则上固定全年采收价格，不受市场行情波动影响，最大限度保证合作种植基地的收益。

(2) SPAR：兼容欧洲标准和中国习惯，推行生鲜供应链标准化

作为全球领先的食物零售连锁组织，SPAR在全球48个国家拥有13000多家门店、250多座物流配送中心。2004年进入中国市场，目前在全国46座城市拥有300多家SPAR门店，10座配送中心和中央厨房。

标准周转筐的循环使用是零售绿色供应链的重要组成部分，SPAR中国从2013年开始，致力于标准周转筐在成员企业内的推广。

设定SPAR生鲜供应链内部标准，与欧洲标准和中国行业习惯兼容。该标准化包括：标准化的流程、标准化的物流载具和标准化的载具管理三个部分。SPAR成员企业积极与上游供应企业合作，逐步将循环周转筐延伸至供应源头，部分情况下为基地。循环周转筐项目在SPAR中国的四个成员企业中得到大力推广，这些企业包括：山东家家悦、广东嘉荣、北京华冠，以及四川德惠。

2018-2019年间SPAR中国成员企业中，生鲜供应链上的周转筐总数达到几十万余只。在所有周转筐中，符合60x40cm标准尺寸的周转筐占比达到99.50%。在上述九个配送中心中，SPAR中国成员企业平均每天发货筐数接近十万，因此每月节省的纸箱用量达千余吨，节省了生产纸箱过程中所需要的能源和资源消耗。另一方面，通过循环周转筐项目，SPAR中国成员企业实现了生鲜供应链的降本增效、生鲜商品的损耗降低，以及食物浪费的减少等其他目标。

中国生鲜农产品可持续生产流通驱动与障碍因素报告

中国农业科学院农业经济与发展研究所

中国连锁经营协会

瑞典环境科学研究院

2023年12月

摘要

本研究通过对连锁超市及果蔬种植主体的实地调研，采用中国农业产业模型对果蔬农产品未来的需求进行预测，通过对已有文献梳理，重点分析了中国生鲜果蔬农产品的可持续生产流通的现状、面临的驱动与障碍因素。

分析发现，我们主要的驱动因素在于，首先中国政府重视农业的可持续发展。农业绿色生产政策作为国家推动农业绿色发展的重要手段，其政策的实施落地有效从源头把控农业向绿色、可持续方向发展。我国在农业绿色生产、农产品高效流通领域出台了一系列政策措施，从源头上把控农业绿色发展方向、从生产、流通多个环节保障农产品高质量发展。这些政策措施的出台与实施，有效提高了农产品的品质和附加值，在促进农民增收致富，推动我国农业可持续发展发挥了积极作用。

其次，我们认为消费的增长与升级，特别是对高质量生鲜农产品的需求，将带动农产品生产流通的可持续发展。通过中国农业产业模型的测算，预测了2022-2035年我国主要农产品供需数据，其中蔬菜、水果人均消费量稳步增长，到2035年，居民人均蔬菜及食用菌消费量达到119.5kg，居民人均干鲜瓜果类消费量达到67.8kg。在我们的走访调查中发现，虽然中国的蔬菜、水果产量世界排名第一，但在产地高品质的蔬菜水果仍然是供不应求。大众对于高端生鲜的消费力度越来越大。未来，生鲜产品将朝着更加注重品质、口感、营养健康的方向发展，对于优质、绿色的生鲜农产品需求仍然会保持增长，这给农业可持续发展带来巨大动力。

第三，零售企业和种植主体都有意愿提高绿色生产能力和食品安全水平。通过调研发现大多数农户有意愿降低化肥农药使用，并在项目的影响下采用新技术尝试减少化肥农药使用，只有一小部分主体表示不会减少化肥农药的使用，这些主体主要是小农户，他们首先关注的是产量和收入，如果不能保障经济的可持续性，环境的可持续性是很难

维持。

同时，我们也面临一些障碍因素，一方面气候变化加剧病虫害的发生不利于农药的减量使用。2023年果蔬面临的病虫害较往年进一步加剧。预计柑橘黄龙病、梨火疫病、红火蚁、马铃薯甲虫、苹果蠹蛾等重大检疫病虫害发生面积938万亩，比2022年和2017—2021年均值分别增加4.2%和18.1%，部分地区存在重发和扩散风险。

另一方面人口老龄化不利于种植端农户增强可持续生产的意识。中国人口老龄化速度快，农村老龄化更为严重。农村劳动力老龄化不利于新技术的应用和普及。年龄较大的劳动力学习新理念、新知识、新技能难度更大，存在数字鸿沟。农村劳动力老龄化的趋势为增强种植端农户可持续生产意识，采纳绿色生产技术带来了挑战。通过我们实地调研和开展培训的过程发现，参与到农业生产的主要是中老年人。

为了进一步提高农产品可持续生产流通的水平，提出以下一些建议措施：

一是进一步发挥政策的指导作用。通过补贴、宣传等方式进一步提高种植主体、零售商可持续生产流通的意识和意愿。要让广大农民可以切实感受到生态效益带来的家庭经济收入增长的红利。进一步优化农业绿色生产补偿机制，将农药、化肥、农膜等农业生产环节要素投入行为纳入补偿机制考评范围，建立系统性可行的农业绿色生产红利政策工具体系。通过农业生态效益的增加，切实提高农业的经济效益，提高农民在绿色生产转型中的参与积极性。

二是进一步发挥市场的引领作用。通过加强对消费者的教育和宣传，强化市场对于优质的、采用可持续方式生产的、绿色的农产品的认可程度和需求，实现优质优价，从消费端推动企业、农户按照可持续的方式进行种植生产。

三是加强冷链基础设施建设，提高流通效率。农产品冷链物流作为现代农业基础设施建设的重要内容，应从冷链设备、使用规范、运营范围等多方面建立健全以行业标准、国家标准、地方标准为代表的多层级标准体系。借助信息技术实现冷链物流的全程数据采集与实时监管，保障农产品在流通过程中的质量和效率提升。

四是加强农业绿色可持续生产技术的研发与推广。农业绿色生产、农产品高效流通要抓住数字产业化转型的机遇，需要对相应的农业科技进行产业引导和帮扶，借助数字技术实现农业绿色生产、农产品高效流通的动力变革。鼓励数字技术在农业生产环节、农产品流通的应用，开展智能种植、智能灌溉、精准施药、精确施肥等精准农业技术研发应用，借助数字技术降低农业生产环节的化学投入品用量提升农业绿色生产水平。开展自动包装、智慧仓储、智慧物流、产销平台等农产品流通数字化技术研究应用，借助数字技术降低农产品在流通环节的损耗、保障农产品在流通环节品质质量、解决产销信息不对称问题来实现农产品的高效流通。

目 录

中国生鲜农产品可持续生产流通驱动与障碍因素报告	19
一、研究背景	22
（一）农业可持续发展的提出.....	22
（二）为什么选取果蔬作为研究对象.....	22
（三）研究方法	23
二、中国可持续生产和流通的现状	26
（一）化肥农药使用量偏高	26
（二）我国农产品全链条减损空间较大	28
（三）中国农产品流通仍以批发市场为核心流通链条为主	29
（四）生鲜农产品经常面临长距离运输	31
（五）标准化可循环利用载具还有很大推广空间	32
三、中国生鲜农产品可持续发展的驱动因素	34
（一）政府政策推动绿色可持续发展	34
（二）消费的增长与升级带动生鲜农产品可持续发展	34
（三）零售企业和种植主体都有意愿提高绿色生产和食品安全水平	36
四、中国生鲜农产品可持续发展障碍因素.....	38
（一）气候变化加剧病虫害的发生不利于农药的减量使用	38
（二）人口老龄化不利于种植端农户提高可持续生产意识	39
五、展望	41

一、研究背景

（一）农业可持续发展的提出

农业可持续发展是一个全球性的议题，主要涉及如何在保护环境、确保食品安全和提高生计质量的前提下进行农业生产。FAO对于可持续农业的定义强调了农业在经济、社会和环境三个维度上的持续性，认为农业可持续发展旨在满足当前的食品和纤维需求，同时不损害环境、经济和社会资源基础，使未来的世代也能满足他们的需求。这要求对土壤、水、生物多样性和其他自然资源的管理方式进行创新和持续地改进。农业的生产往往给自然资源和环境带来巨大压力。可持续农业做法旨在保护环境，扩大地球的自然资源基础，保持和提高土壤肥力（USDA）。

中国政府同样重视和强调农业可持续发展的重要性，把农业绿色发展和生态文明建设作为中国农业发展的核心议题。2015年中国政府就颁布了《全国农业可持续发展规划（2015-2030年）》，提出大力推动农业可持续发展，是实现“五位一体”总体布局、建设美丽中国的必然选择，是中国特色新型农业现代化道路的内在要求。2021年，中国政府再次发布《“十四五”全国农业绿色发展规划》，提出到2025年，要实现农业绿色发展全面推进，农场生产生活方式绿色转型取得明显进展，到2035年农业绿色发展取得显著成效，绿色生产生活方式广泛形成，农业生产与资源环境承载力基本匹配。

（二）为什么选取果蔬作为研究对象

水果和蔬菜在中国农业中占据重要比重。农业是中国非常重要的产业，根据中国国家统计局数据，中国每年生产超过20亿吨农产品，超过半数的产量来自果蔬。然而，由于农民在果蔬种植、收获、加工和分销等环节操作还存在标准化程度不高，生产规模和能力与现代化农业市场还不匹配，不规范的发展也给食品安全、食品损失和浪费带来风险，增加各种环境污染（如过度使用农药和化肥）和气候变化影响，并对生物多样性造成压力。

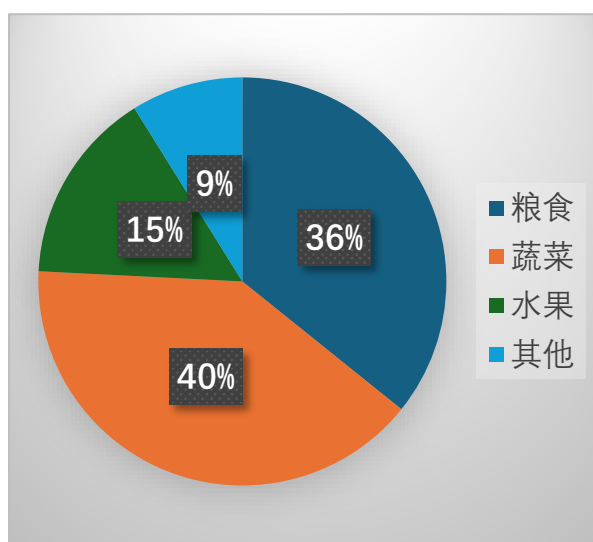


图1:2022年中国农产品产量

来源：国家统计局

水果蔬菜具有较高的营养价值，是丰富居民餐的重要品类。近年来，中国政府提倡“大食物观”的理念，大食物观的出发点和落脚点是把握人民群众食物结构变化趋势满足人民群众日益多元化的食物消费需求。在确保粮食供给的同时保障包括蔬菜、水果在内的各类食物有效供给让群众从“吃得饱”转向吃得更好、更营养、更健康，满足人民日益增长的美好生活需要。

水果蔬菜具有较高的经济价值。种植水果蔬菜是提高农民收入的重要方式。水果和蔬菜是高价值作物，可以在小片土地上种植，为农村、城市周边和城市，以及土地紧缺和环境脆弱区域的小农户提供创造经济收入的机会。

水果和蔬菜在实现可持续生产目标上可以发挥重要作用，联合国把2021年设定为国际果蔬年。水果和蔬菜极易腐烂，使其成为减少粮食损失和浪费的“热点”。水果和蔬菜作物的巨大多样性为小农提供了更多的选择来适应气候冲击和压力以及缓解气候变化，并在不同的生产系统中适应环境和市场冲击。

（三）研究方法

（1）文献梳理研究。通过对国内外文献梳理，对我国生鲜农产品的生产流通现状，现有的政策导向、可能面临的障碍和驱动因素进行梳理，为进一步研究奠定基础。

（2）中国农业产业模型。

中国农业产业模型是中国农业科学院农业经济与发展研究所根据局部均衡理论构建的政策模拟分析工具，涵盖农作物、畜产品等33种农产品，包括国内生产、消费、库存、进出口贸易、价格等模块，建立了不同产品之间的相互联系，模拟了农产品市场的运行机制。通过该模型的分析，预测分析未来中国果蔬农产品的消费预期。

（3）实地问卷调查。

为了更好地了解中国的果蔬种植与流通在可持续发展面临的驱动与障碍因素，研究团队2022年7月开始开展调研，以实地调研和线上访谈结合，在北京、山东、浙江、湖北、河南、内蒙、陕西、安徽、河北等地开展，选择果蔬种植合作社、经销商、农业企业和生鲜农产品零售商。其中零售商，主要包括16家中国超市Top100的企业¹（见表1），其中收回问卷16份，实地访谈5家。果蔬种植合作社或农户，共有26家，主要种植的蔬菜包括：叶菜类（如生菜、大白菜）、茄果类（如茄子、番茄）、根茎类（如马铃薯），主要种植的水果包括苹果、酥梨、油桃和葡萄等。调研样本可以涵盖不同规模、不同地区、不同类型的合作社、经销商和零售商，具有较好的代表性（见表2）。

此外，随着农产品可持续生产流通培训的不断开展，为进一步了解农户培训效果、培训需求和具体生产情况，受培训农户调研也同时进行，截至2023年12月，共收到336份问卷²，包括湖北武汉、内蒙古达拉特旗、河南兰考宁夏银川等地的农户。

¹根据近期CCFA的调研显示：2020年-2021年，上述超市企业的年均果蔬产品采购总重量达数万吨左右，量高者甚至达数十万吨。

²此项调研还在持续开展中，尚未完成数据的梳理，本报告仅使用其中部分数据。

表1:16家生鲜连锁企业经营基本情况

案例企业	地区	2021 年 蔬菜销售额 (万元)	2021 年 水果销售额 (万元)	2021 年 果蔬采购量 (吨)	果蔬经营模式
公司 A	深圳	0	990000	/	模式一、模式二
公司 B	贵州	31680	32010	42000	模式一
公司 C	湖南	48384	50176	132272	模式一
公司 D	北京	12398	11475	26013	模式一
公司 E	深圳	495	14706	20940	模式一
公司 F	上海	7182	6156	35900	模式一、模式二、 模式三
公司 G	长春	29915	29784	27915	模式二、模式三
公司 H	山东	9984	17408	42000	模式一、模式二、 模式三
公司 I	广东	15013	23457	64000	模式一、模式二、 模式三
公司 J	成都	5364	10728	10000	模式一、模式二、 模式三
公司 K	北京	2120	0	5626	模式一、模式二
公司 L	深圳	24850	66740	60642	模式一、模式二
公司 M	安徽	151449		/	模式一、模式二、 模式三
公司 N	武汉	37958	49707	99161	模式一、模式二、 模式三
公司 O	山东	22797	30396	77900	模式一、模式二、 模式三
公司 P	山东	118483	117578	403160	模式一、模式二

来源：2022-2023调研

注：果蔬经营模式：模式一为基地直采，模式二为地头采购，模式三为批发市场采购。

表2：调研的合作社、农户、农业企业情况

	所在地区	主体类型	主营品类	成立时间	种植规模
1	北京	合作社	生菜、西红柿	2020	120亩
2	北京	农业公司	韭菜、芹菜	2009	1200亩
3	北京	经销商	以蔬菜为主	2003	n/a
4	北京	农业公司	西红柿、黄瓜	2023	350亩
5	安徽	合作社	酥梨、油桃	2012	1000亩
6	安徽	农业公司	南瓜	2018	800亩
7	山东	合作社	蔬菜	2010	1100亩
8	山东	合作社	长茄、西红柿	2008	1000亩
9	山东	种植基地	苹果、梨	2017	150亩
10	山东	种植基地	叶菜类	2016	400亩
11	山东	种植基地	叶菜类	2017	500亩
12	山东	农业公司	西红柿、黄瓜	2016	803亩
13	山东	农户	茄子、黄瓜	n/a	25亩
14	河北	合作社	酥梨	2015	100亩
15	浙江	合作社	葡萄	2008	1000亩
16	陕西	农业公司	西红柿	2019	410亩
17	内蒙古	合作社	芹菜、圆白菜	2017	500亩
18	贵州	产业园	猕猴桃	2014	11.2万亩
19	贵州	农业科技公司	火龙果、脐橙	2019	1200亩
20	甘肃	合作社	黄瓜、韭菜	2019	180亩
21	山西	合作社	苹果	2013	10亩
22	山西	经济联社	苹果	2019	180亩
23	湖北	合作社	叶菜类	2012	150亩
24	湖北	合作社	蔬菜	2008	3000亩
25	河南	农户	大蒜、葱	n/a	15亩
26	河南	农户	黄瓜	n/a	8亩
27	福建	合作社	叶类菜	2018	30亩

来源：2022-2023调研

二、中国可持续生产和流通的现状

联合国可持续发展目标中提出，支持发展中国家加强科学和技术能力，采用更可持续的生产和消费模式。我国作为世界最大的发展中国家积极响应，促进经济社会发展全面绿色转型，这不仅是解决我国资源和生态环境问题的基础之策，也是实现高质量发展、可持续发展的重要支撑。

（一）化肥农药使用量偏高

我国是农药化肥使用大国，图 2 显示，2012 年，中国农药使用量（折纯）35.05 万吨，化肥施用量（折纯）5838.85 万吨。从 2015 年农业农村部组织开展化肥农药使用量零增长行动以来，我国农药和化肥的施用量连年减少，农药化肥使用率明显提升。2021 年我国农药使用量为 24.48 万吨，比 2015 年减少 10.12 万吨，连续六年实现负增长³，其中杀虫剂 6.61 万吨，除草剂 10.15 万吨，杀菌剂 6.41 万吨，种子处理使用的杀虫剂与杀菌剂 57.56 吨；农用化肥施用量 5191.26 万吨，比 2015 年减少 831.34 万吨，连续 6 年实现负增长⁴，其中农用氮肥施用量 1745.32 万吨，农用磷肥施用量 627.15 万吨，农用钾肥施用量 524.75 万吨，农用复合肥施用量 2294.04 万吨。且经科学测算，2020 年我国水稻、小麦、玉米三大粮食作物化肥利用率 40.2%，比 2015 年提高 5 个百分点；农药利用率 40.6%，比 2015 年提高 4 个百分点⁵。但是，我国农药、化肥利用率与欧美等发达国家相比，仍有不小差距。目前，美国粮食作物氮肥利用率大体在五成左右，欧洲主要国家大体在 65%，比我国高出 15 个百分点。欧美发达国家小麦、玉米等粮食作物的农药利用率在五成到六成，比我国高出 10 个百分点⁶。

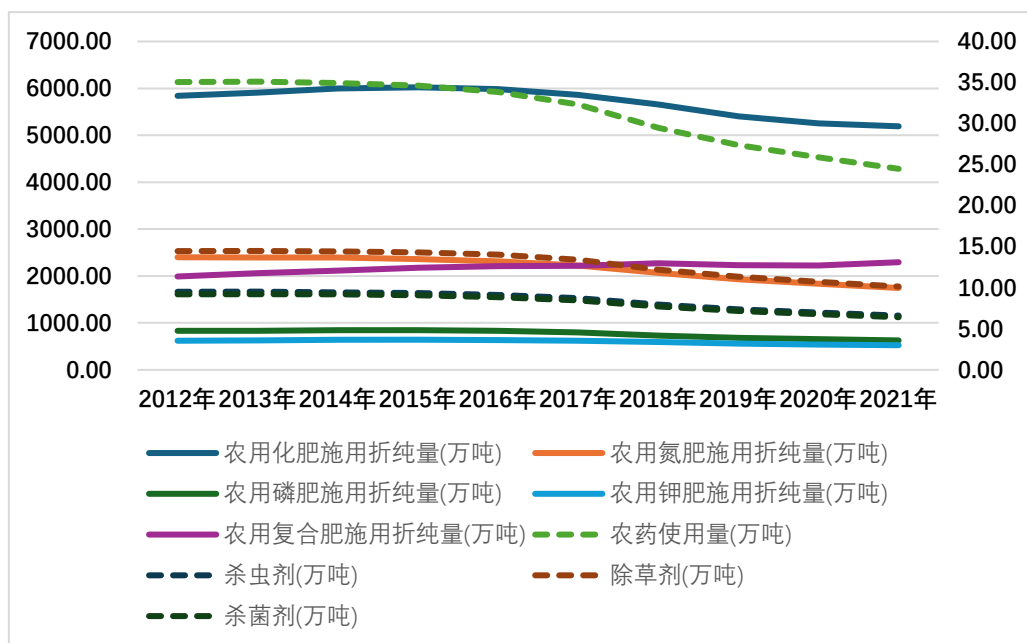


图2:2012-2021年中国农药、化肥使用量

来源：FAO、国家统计局

³ 数据来源：FAO；⁴ 数据来源：国家统计局；⁵ 数据来源：农业农村部；

⁶ 引自：曾衍德的记者回答—农业农村部总农艺师、发展规划司司长

http://china.cnr.cn/news/20151203/t20151203_520669926.shtml

FAO公布的我国农药的用量及总用量（包括港、澳、台）见表3，其中中国大陆各类农药用量见图2。

2020年全球农药用量为3,775,907.46吨，中国农药总用量（包括港、澳、台）244820.82吨，中国大陆用量233,876.05吨，在世界农药用量排名第四，约占世界农药用量6.5%。近年来，我国化肥、农药利用率持续提高，但与欧美等发达国家相比，仍然有不小的差距。从化肥来看，主要的原因有四个方面：一是我国土地资源利用强度很大，对土地的肥力要求较大。二是我国人多地少，必须走大水大肥促增产的路子。三是我国多数耕地保水保肥能力差，而欧美等国家机械化水平高，以化肥机械深施为主。从农药来看，也存在相似的问题，对土地的高强度地利用，病虫害严重，用量也相应大一些。同时也有施药机械和施药方式的问题，我国多数地方还是以背负式手（电）动喷雾器为主，而发达国家20世纪50年代就基本淘汰这种设备。

表3:2021年世界农药用量排名TOP20

排名	国家	农药使用总量（t）	排名	国家	农药使用总量(t)
1	巴西	719507.44	11	澳大利亚	63416.48
2	美国	457385.42	12	印度	61701.9
3	印度尼西亚	283297.13	13	尼日利亚	59278.17
4	中国	244820.82	14	土耳其	52963
5	阿根廷	241519.98	15	意大利	50345
6	中国（大陆）	233876.05	16	越南	50096
7	俄罗斯	97018.45	17	德国	49071.47
8	加拿大	92960	18	日本	48889
9	西班牙	76173.55	19	马来西亚	45671
10	法国	69602.42	20	墨西哥	43578.14

来源：FAO

但是值得注意的是，中国主要农产品农药化肥的使用效率正在逐年提高，根据农业农村部公布的数据显示，中国主要农产品的化肥农药使用效率从2019年的39%提高到2022年的41%⁷，化肥农药施用持续减量增效。

（二）我国农产品全链条减损空间较大

中国整个食物供应链的食物损失和浪费量达3.5亿吨，占食物总生产量（直接供消费者食用）的27%，浪费掉的粮食可满足3.5亿人一年口粮的需要。

(LiXue&ShengkuiCheng,2021⁸).不同商品分类粮食损失比例大不相同。从商品分类来看，蔬菜是损失重灾区，损失比例最高，约为25.9%。水果类排第二，为13.1%，而蛋类的损失比率最低，为3.4%。食物损耗已成为我国粮食安全和环境可持续发展的重要障碍。

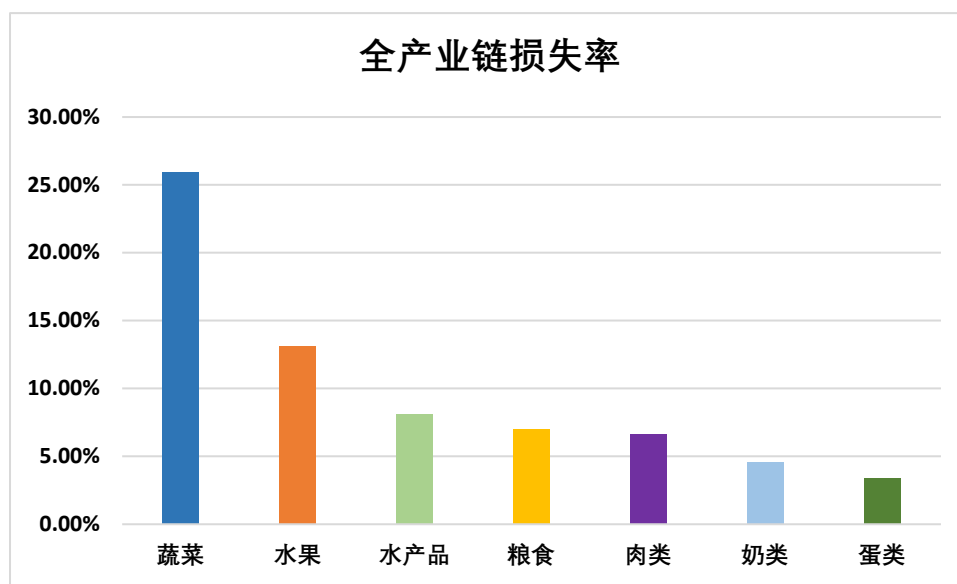


图3：中国农产品全产业链损失率

来源：《2022年中国食物与营养发展报告》

不同蔬菜的损耗差异大，白菜、菠菜等叶菜类蔬菜损耗率比较大，超过了30%。损耗率在10%~30%之间的蔬菜品种主要有豆角、洋葱、茼蒿、葱类、茼蒿、辣椒、茄子、西红柿、蒜薹、生姜、黄瓜、丝瓜、萝卜等；损耗率低于10%的蔬菜品种有土豆、大蒜等，块茎类蔬菜作物损耗率相对于叶菜类和茄果类而言明显偏小。

⁷数据来源：2021-2023年农业农村部发布的农业农村经济运行情况，详见：

https://www.gov.cn/lianbo/fabu/202401/content_6927911.htm

https://www.gov.cn/xinwen/2023-01/18/content_5737816.htm?eqid=d734b7e20001e59c00000003645caccd

https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/20/content_5669551.htm

⁸Xue, L., Liu, X., Lu, S. et al. China's food loss and waste embodies increasing environmental impacts. Nat Food 2, 519–528 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00317-6>

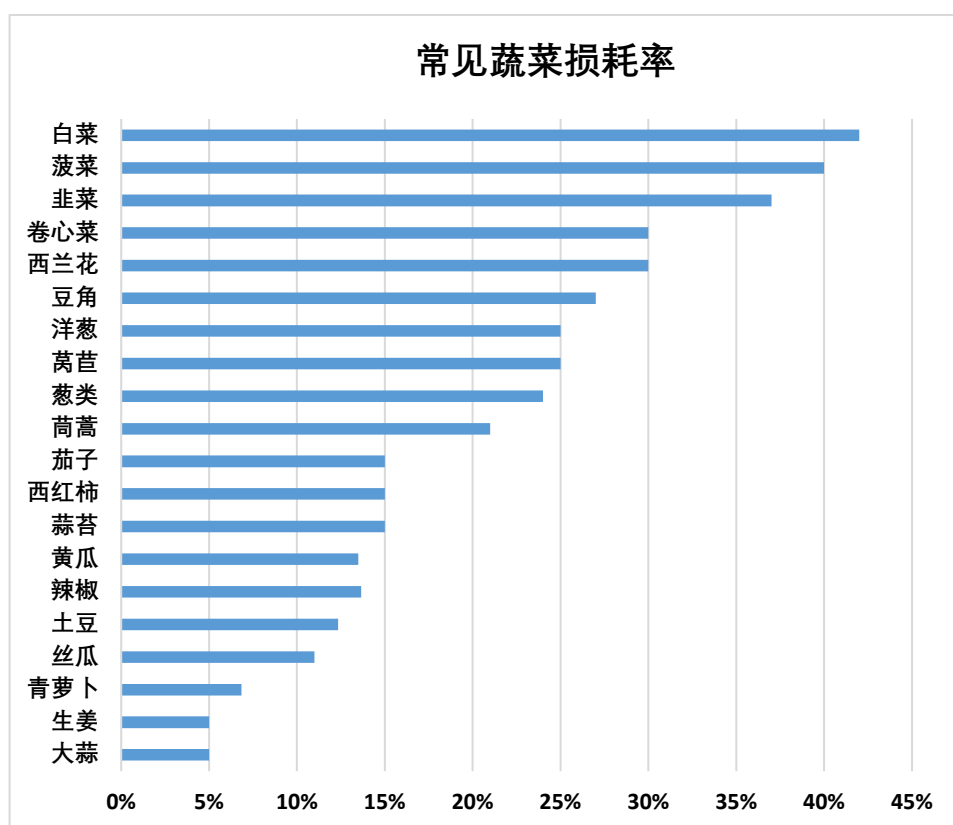


图4：常见蔬菜损失率

来源：迟晓君、ShijunLu、张敏、李崇光、项朝阳等整理。

农业农村部食物与营养发展研究所的研究成果称全产业链食物损耗与浪费的减损潜力在40%到60%之间，这表明食物供应链上有进一步减少粮食损失的巨大空间。分品种看，蔬菜、水果和粮食供应链的损失率分别可以降低15.3%、6.3%和3.3%，蔬菜的减少潜力最大，份额超过55%，其次是水果48%。

（三）中国农产品流通仍以批发市场为核心流通链条为主

我国农产品流通渠道大致可以分为传统流通渠道和现代流通渠道。传统流通渠道是我国农产品流通的主要渠道，该渠道以批发市场为中心，以集贸市场和零售市场为基础。通过调研发现，传统的农产品流通方式主要包括“农户+经纪人+批发商+零售终端+消费者”、“合作社/龙头企业+批发商+零售终端+消费者”的模式。批发市场的集散功能较强，是小农户对接大市场的关键，约70%的农产品是通过传统流通渠道流通。但该流通渠道流通环节过于冗长、信息不对称、运输成本高等问题严重。现代流通主要以连锁超市、电商平台为核心，超市渠道的流通链条更短、交易风险更低，更节省交易成本；电商平台凭借智能、高效的数据处理、现代化的物流管理大大提高了现代流通渠道的效率。近年来超市渠道在农产品销售份额中占比越来越大，部分超市龙头企业的生鲜品类在销售占比都超过40%。同时电商平台的兴起推动了农产品销售，根据商务部商务大数据对重点电商平台监测显示，2022年我国农产品网络零售增势较好，全国农产品网络零售额5313.8亿元，同比增长9.2%⁹。

⁹中国政府网，2022年我国农产品网络销售增势较好，新华社，https://www.gov.cn/xinwen/2023-01/30/content_5739182.htm

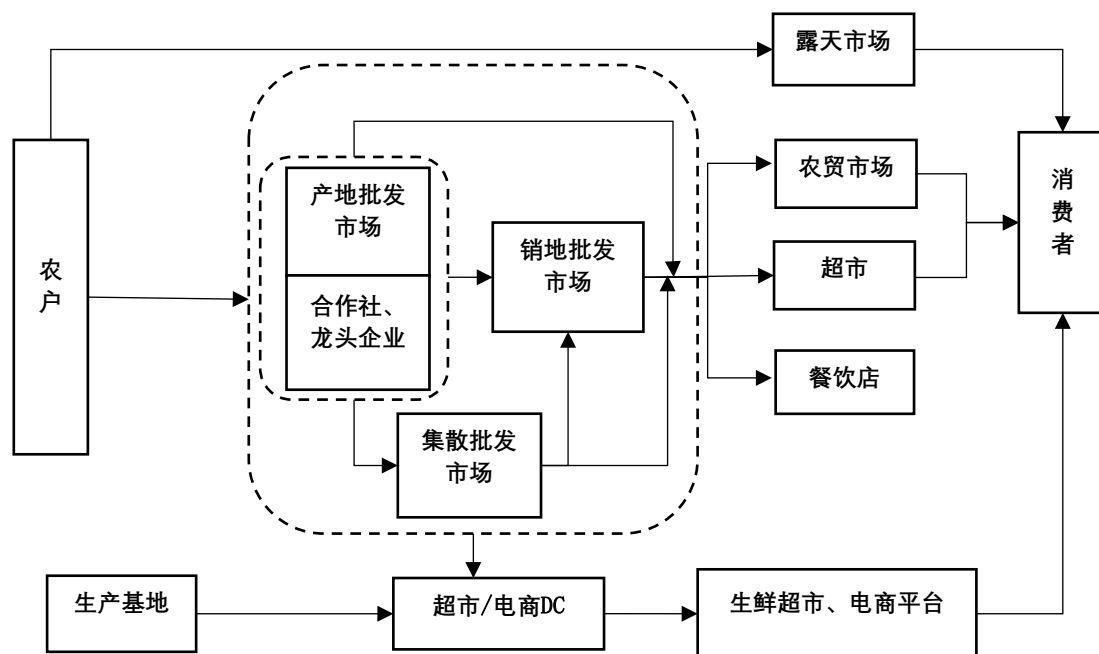


图5：我国农产品主要流通渠道

来源：2022-2023调研

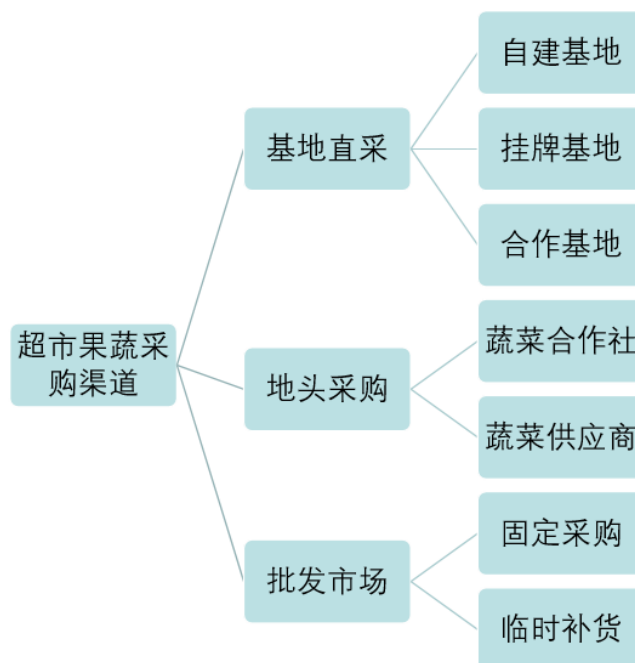


图6：连锁零售超市的果蔬采购渠道

来源：2022-2023调研

但相较于美日等发达国家，我国的农产品供应链运行各个方面还存在较大差距。欧美日韩等国家大多是在超市销售农产品，而我国多在农贸市场和菜市场销售。我国的冷链物流发展尚不完善，我国果蔬、肉类、水产品的冷藏运输率分别为35%、57%、69%，而发达国家平均冷藏运输率高达90%以上¹⁰。此外我国农产品损耗率高、流通成本所占比重大且经营毛利率低。

表4：中国与发达国家农产品流通的比较

国家和地区 统计项	欧美	亚洲发达国家和地区（韩国、日本、台湾）	中国
销售终端	超市和商店	超市和商店	农贸市场和超市
保鲜方式	全程冷链	低温保鲜	常温或部分低温
损耗比率	1-2%	<5%	30%
流通成本所占比重	<10%	10%左右	40%
经营毛利率	20%左右	20%左右	10-18%

来源：中物联冷链委

（四）生鲜农产品经常面临长距离运输

农产品的生产受气候、土壤、温度等自然条件影响，生产活动有明显时间性、季节性特点，生产周期长。不同的农产品有各自的生长周期和丰收季节，在成熟季大量上市，其他季节则明显供应不足。但是居民对生鲜的消费需求是连贯的，农产品供给的季节性和集中性与消费者需求的连贯性存在时间矛盾。与此同时，农产品生产的区域性与消费的全国性存在空间上的矛盾。因此需要大规模的异地调配来平衡供给和需求。通过调研走访发现，蔬菜水果等生鲜农产品的运输方式包括公路运输、铁路运输、航空运输，还有少部分采用水路运输，以公路运输为主，山东寿光的蔬菜以花车的形式发往全国各地；每年云南地区近七成绿叶菜销往全国150多个城市，其中包括北京、上海、新疆等地；甘肃张掖的蔬菜的销售地区由先前的西北五省扩展到全国22个省。

¹⁰数据来源：中物联冷链委

表5：主要调研到的果蔬长距离运输

产地	销地	运输距离	运输时长
河北（张家口）	北京	300公里	4小时
山东（寿光）	北京	500公里	7小时
山东（寿光）	上海	770公里	10小时
山东（寿光）	内蒙古二连浩特	1100公里	14小时
宁夏（银川）	上海	1800公里	22小时
云南（昆明）	上海	2300公里	30小时

来源：2022-2023调研

（五）标准化可循环利用载具还有很大推广空间

通过对我国农产品流通调研发现，目前我国农产品流通包装多采用如纸箱、塑料袋等一次性包装，比例超过80%。一次性包装不仅难以回收利用，使用成本较高，同时在运输过程中对农产品的保护性较弱，导致农产品运输损耗严重。而标准化可循环利用载具能够极大程度降低农产品的损耗，提高农产品周转的效率，同时做到节能环保、安全便利。目前大多数欧美国家标准化可循环利用载具使用占比达到40%以上，而我国生鲜筐整体应用依旧处于发展初期。

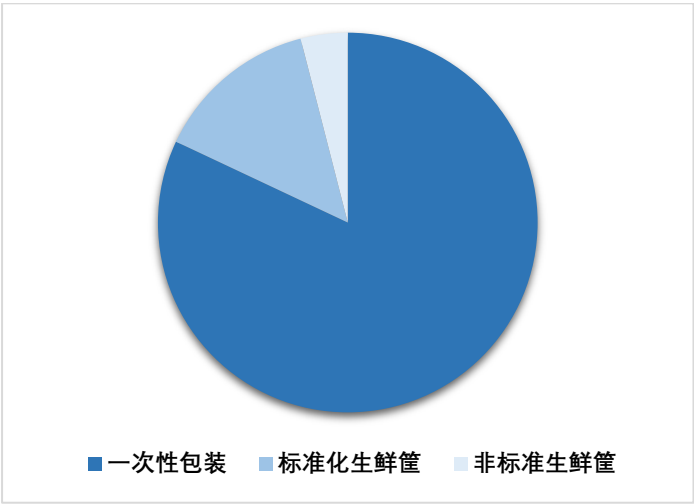


图7：中国农产品包装使用情况

来源：CCFA2022中国生鲜筐应用调研报告

相较于欧美国家，我国在发展标准化可循环利用载具方面依旧存在许多可提升的空间。2021年国务院办公厅关于印发“十四五”冷链物流发展规划中提出促进运输载器具单元化。鼓励批发、零售、电商等企业将标准化托盘、周转箱（筐）作为采购订货、收验货的计量单元。

鼓励企业研发应用适合果蔬等农产品的单元化包装，推动冷链运输全程“不倒托”“不倒箱”，减少流通环节损耗。

在实际调研中发现，我国标准化物流载具特别是生鲜筐在种植主体的应用依旧处于发展初期¹¹，其原因主要是我国的生鲜运输环节较为复杂，尽管果蔬周转筐得到不少种植主体，特别是农业公司的认可（调研的主体中有22家反馈使用周转筐），但是一次性包装例如泡沫箱、纸箱、塑料袋等也在同步使用（图8）。种植主体在周转筐的使用上有较强的被动性，根据下游的经销商、零售商的要求，以及运输距离、商品属性来选择包装载具。

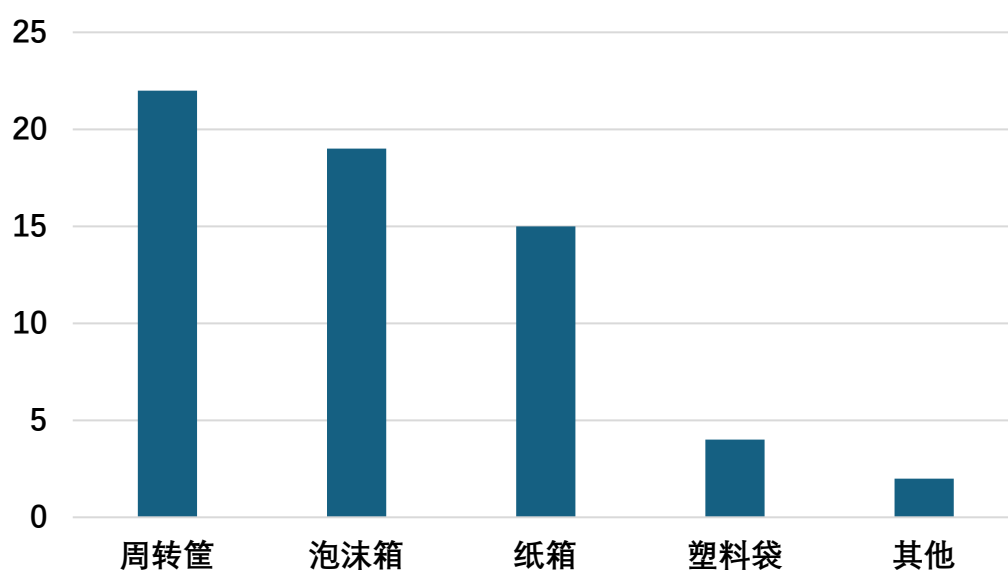


图8：种植主体田间收获运输包装的选择

来源：2022-2023调研

阻碍种植、流通主体使用果蔬周转筐的主要原因有：一是周转筐的管理费时费力，特别是零售企业面临多循环模式下，丢筐、坏筐的比重增大。二是长距离运输下，空筐运回面临困难。三是不适用于所有品类，例如西瓜、南瓜、冬瓜等标准化周转筐难以承载的农产品。四是中远途运输成本高于其他载具。

¹¹ 零售主体对于周转筐的应用情况详见《CCFA2022 中国生鲜筐应用调研报告》

三、中国生鲜农产品可持续发展的驱动因素

目前中国绿色农作物生产效率明显提升，化肥农药使用量明显减少（王笛，2021）。中国农业可持续生产和流通水平整体呈现波动上升态势（才津津，王丹，2021）。

（一）政府政策推动绿色可持续发展

中国政府重视农业的可持续发展。农业绿色生产政策作为国家推动农业绿色发展的重要手段，其政策的实施落地有效从源头把控农业向绿色、可持续方向发展。我国在农业绿色生产、农产品高效流通领域出台了一系列政策措施，从源头上把控农业绿色发展方向、从流通环节保障农产品高质量发展。这些政策措施的出台与实施，有效提高了农产品的品质和附加值，在促进农民增收致富，推动我国农业可持续发展发挥了积极作用。未来，我国农业绿色生产、农产品高效流通政策体系将更加完善。2021年，首次将农业绿色发展作为专项，引发《“十四五”全国农业绿色发展规划》对“十四五”时期我国农业绿色发展做出系统性安排。各省份也积极响应国家政策，结合自身实际农业发展情况，陆续出台本省的“十四五”农业绿色发展规划，明确具体发展目标和实现举措。如，《福建省“十四五”农业绿色发展规划》围绕“五个绿色”目标，从养护绿色生态资源、推行绿色生产方式、增加绿色产品供给、挖掘绿色碳汇潜力以及健全绿色制度体系五个方面提出具体举措。2022年、2023年和2024年，中共中央、国务院印发的中央一号文件，均强调“农业投入品减量化、秸秆综合利用、畜禽粪污资源化利用、建设国家农业绿色发展先行区”。

（二）消费的增长与升级带动生鲜农产品可持续发展

2021年，我国人口自然增长率为0.34‰，从统计意义上说，其实已经接近零增长，2022年完全有可能是中国人口的峰值¹²。人口增长虽然放缓，但消费升级不曾放缓。国家信息中心经济预测部尹伟华、肖宏伟¹³运用多元回归方法、时间序列方法、最小方差组合预测未来我国消费市场规模和潜力。按照现价计算，最终消费支出2025年将突破90万亿元，2030年将接近140万亿元，2035年突破200万亿元。到2035年，中国消费市场的总量，将超过欧美总量之和，中国将成为全球消费主力。随着生活水平提升，消费水平提档升级，蔬菜、水果消费也逐渐增长。中国农业科学院农业经济与发展研究所采用中国农业产业模型（CASM）模型，预测了2022-2035年我国主要农产品供需数据，其中，蔬菜、水果人均消费量稳步增长，到2035年，居民人均蔬菜及食用菌消费量达到119.5kg，居民人均干鲜瓜果类消费量达到67.8kg。

¹² 中国社会科学院原副院长、国家高端智库首席专家，央行货币政策委员会委员蔡昉。

¹³ 尹伟华,肖宏伟.我国国内市场规模和潜力测算及发展趋势展望[J].中国物价,2021(07):25-28.

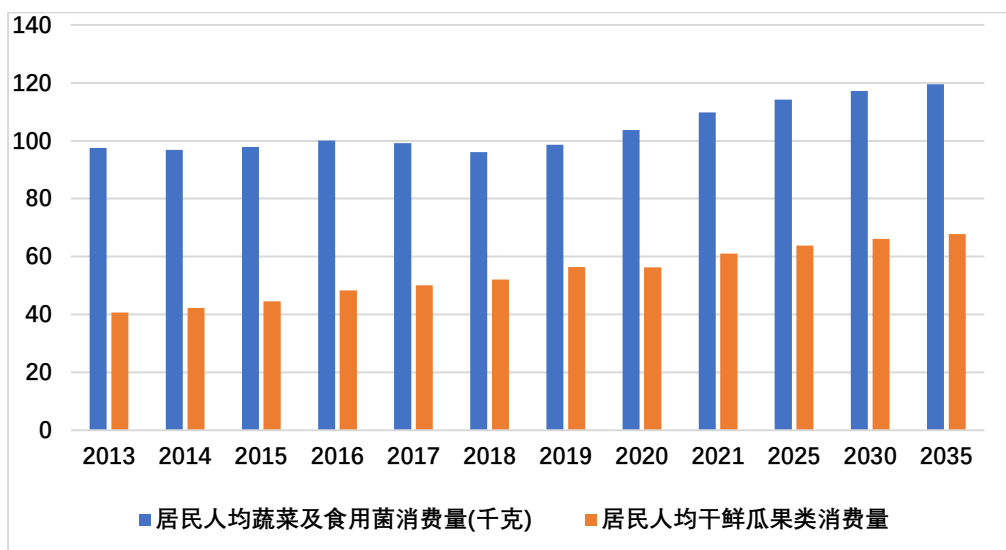


图9：当前及未来我国蔬菜水果人均消费水平变化

来源：2013-2021国家统计局、2025、2030、2035预测中国农科院CASM模型

根据《中国居民膳食指南（2022）》中的膳食宝塔，成年人每天应该摄入300克至500克的蔬菜，深绿色蔬菜应该达到1/2，200克至350克的水果。还推荐每日鱼、蛋、禽、肉摄入量共计120~200克；饮用奶制品300-500克。生鲜农产品在人们日常饮食中发挥越来越重要的作用。随着人均消费支出的增加和饮食消费升级，消费者对高品质生鲜农产品的需求日益增加。健康消费理念的深入人心也使得人们更加关注食品的安全和产源，消费者愿意为优质、绿色、美味的生鲜农产品支付高昂的溢价。

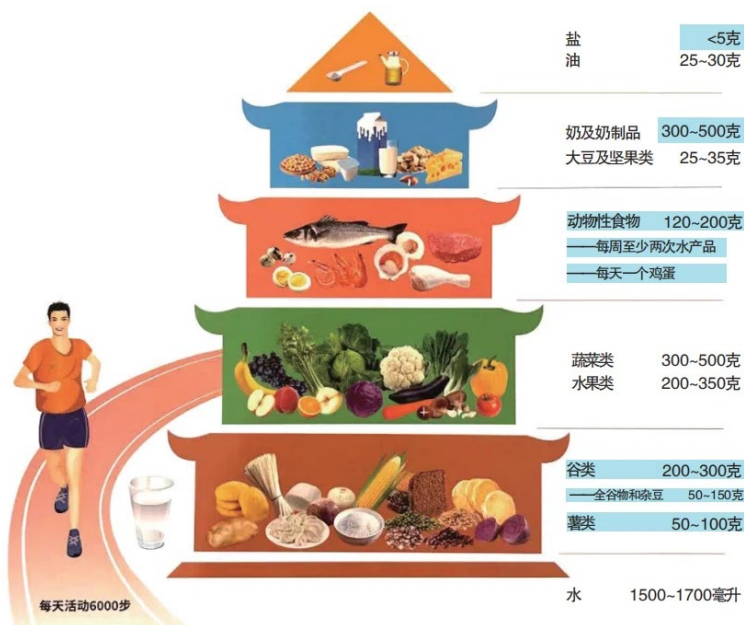


图10：中国居民平衡膳食宝塔（2022）

来源：中国营养学会

在我们的走访调查中发现，虽然中国的蔬菜、水果产量世界排名第一，但在产地高品质的蔬菜水果仍然是供不应求。大众对于高端生鲜的消费力度越来越大，未来，生鲜产品将朝着更加注重品质、口感、营养健康的方向发展，对于优质、绿色的生鲜农产品需求仍然会保持增长，这给农业可持续发展带来巨大动力。

（三）零售企业和种植主体都有意愿提高绿色生产和食品安全水平

首先调研数据显示，大多数农户有意愿降低化肥农药使用，大多数企业愿意使用周转筐降低损耗。根据调研发现，有部分种植主体愿意无条件减少化肥农药使用，这部分主体主要是规模较大的种植公司或产业园，有稳定的销售渠道和销售价格，他们主动探寻减少化肥农药使用的替代方案，在环境可持续和成本降低之间找到平衡点，这部分主体大约有4家，占调研比重的16%左右；大部分的种植主体选择在不降低农产品产量和品质条件下减少化肥农药使用，这些主体集中在规模不大的种植合作社和基地，这些种植主体负责人有一定的环境可持续发展意识，主要的担忧是在目前的生产条件下，减少化肥农药的使用，如果改用替代会降低产量或品质，其中更多的种植主体担心的是导致产量的下降，这部分主体大约有13家，占调研比重的48%左右，还有一部分主体担心品质的下降，这部分主体大约有6家，以水果种植的合作社和基地为主，占调研比重的24%左右；最后但是仍有一小部分主体表示不会减少化肥农药的使用，这些主体主要是小农户，他们首先关注的是产量和收入，如果不能保障经济的可持续性，环境的可持续性是很难维持，这部分主体大约有3家，占调研比重的12%左右。

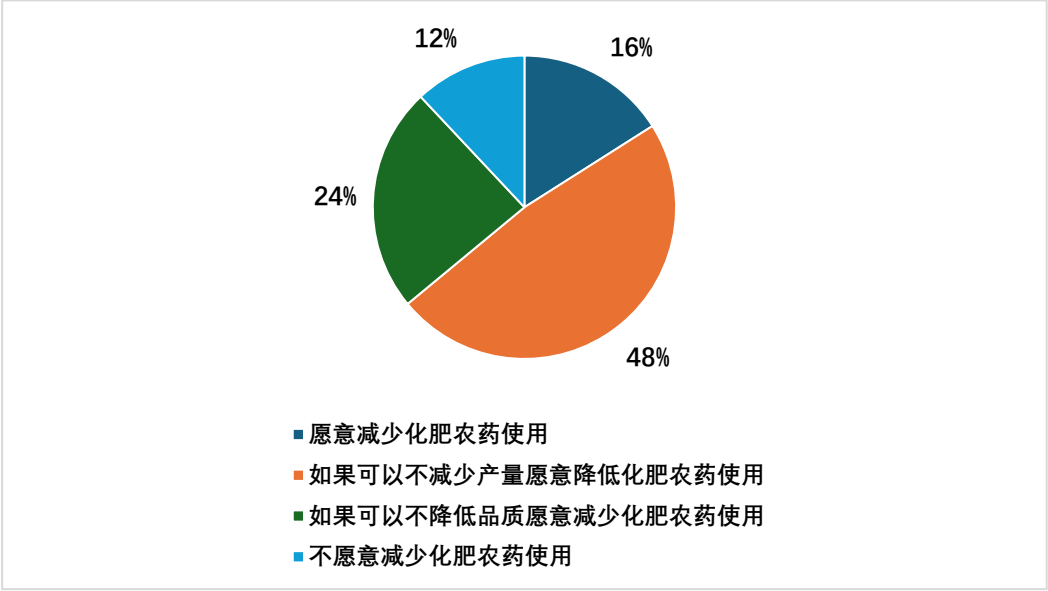


图11：种植主体对于减少化肥农药意愿选择

来源：2022-2023调研

其次，农户层面发挥了自己的智慧，切实降低了部分化肥农药的使用。以湖北武汉强鑫蔬菜种植合作社为例，合作社内设综合办公区、蔬菜农药残留检验室、农产品质量安全追溯办公室、

蔬菜交易市场、蔬菜保鲜库，并配套有大小型冷藏储运车10余台。合作社蔬菜种植规模化水平高，合作社的蔬菜种植品种、生产资料、施肥打药都由合作社进行统一管理，农药化肥空瓶统一回收处理。合作社农业生产的获得了市农业农村局和区农业农村局的各项补贴，比如生物防治设施捕虫灯、粘虫板等、沟渠排灌设施的建设的补贴。

第三，零售企业重视食品安全和绿色发展。通过对零售企业的问卷调查发现，零售企业特别重视种植、采后、运输、销售各个环节的食品安全，特别是农药残留成为企业关注的第一要点。其中受访的16家零售企业都对采收环节进行农残检测，其中有13家会对仓储运输环节进行抽检，还有11家企业会对合作的种植主体在选品和种植环节进行化肥农药的管理和监测。足以体现零售企业对于食品安全和绿色发展的重视。

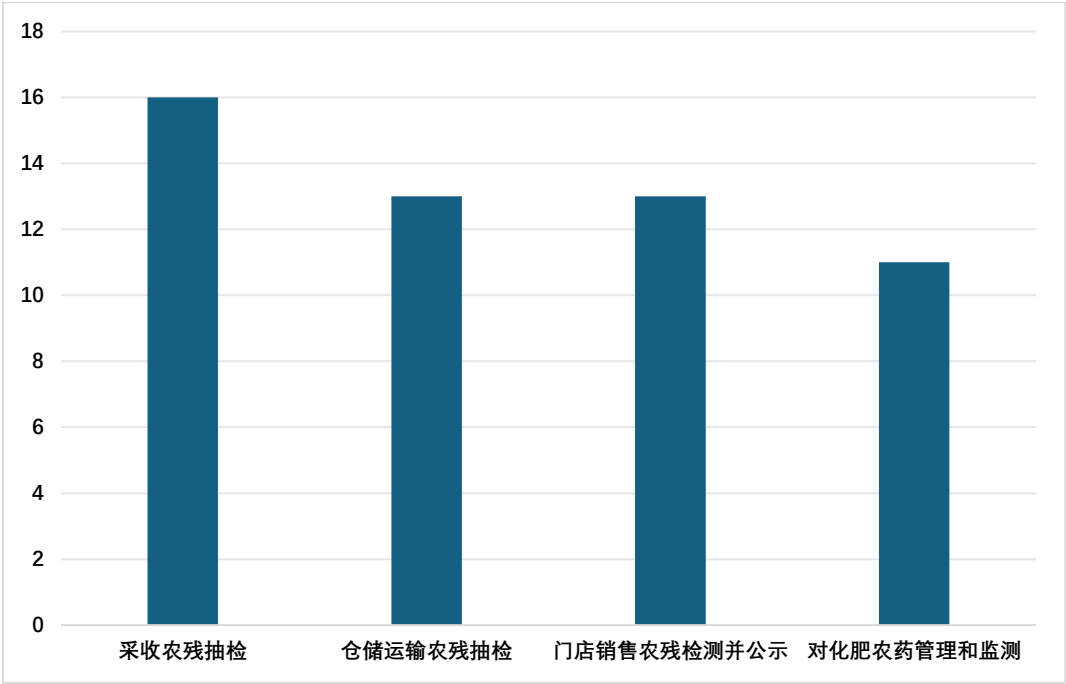


图12：零售对不同环节采取的食品安全管理手段

来源：2022-2023调研

四、中国生鲜农产品可持续发展障碍因素

（一）气候变化加剧病虫害的发生不利于农药的减量使用

全球气候变化已成为既成事实，中国是受其影响最重的国家之一。表现为气温上升、海洋变暖、海平面上升等，产生了复杂且深远的影响。据估计，2011-2020年全球地表温度比1850-1900年高1.09[0.95~1.20]°C，即使在极低温室气体排放情景下，近期（2021—2040年）全球变暖达到或超过1.5°C的概率也高于50%。在气候变化的影响下，极端事件的频率和严重程度预计将增加。《IPCC第六次评估报告》表明，全球气候变化对生态系统（包括陆地、淡水和海洋生态系统）和人类系统（包括水安全和粮食生产、健康和福祉、城市、住区和基础设施等）的影响越来越大，并且存在一定的区域差异性。中国是全球气候变化最敏感和最重要的地区之一。1951—2021年，中国年平均地表温度上升速率为0.26°C/10年，显著高于同期全球平均水平（0.15°C/10年）；1961—2021年，中国平均年降水量和极端强降水事件呈增加趋势。

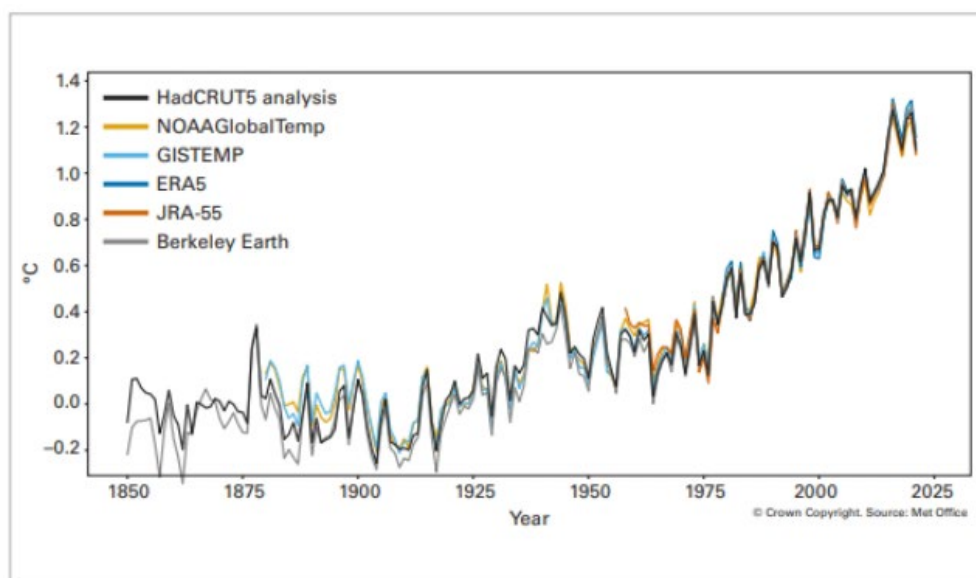


图13：近150年来全球气温变化情况

来源：IPCC

气候变化带来的极端天气加剧了病虫害的发生。联合国粮农组织2021年发布的《气候变化对植物病虫害影响的科学综述》显示，受气候变化影响，破坏重要经济作物的植物害虫正变得更具破坏性，并日益对粮食安全和环境构成威胁。气候变化将增加害虫在农业和林业生态系统中传播的风险，特别是在寒冷的北极、北方、温带和亚热带地区。2023年果蔬面临的病虫害较往年进一步加剧。预计柑橘黄龙病、梨火疫病、红火蚁、马铃薯甲虫、苹果蠹蛾等重大检疫病虫害发生面积938万亩，比2022年和2017—2021年均值分别增加4.2%和18.1%，部分地区存在重发和扩散风险。调研和培训反馈中，以受访农户的感知来看，普遍认为病虫害呈现加剧的态势，各地农户在培训过程中关注最多的也是蔬菜的病虫害防治和植保用品的合理使用的科学指导¹⁴。

¹⁴在浙江、宁夏、湖北武汉的培训中，病虫害防治都成为当地农户关注的重点并安排专题讲解，其他地区的培训中，也把病虫害防治和植保用品合理使用作物技术培训的重点内容进行关注。

（二）人口老龄化不利于种植端农户提高可持续生产意识

中国人口老龄化速度快，农村老龄化更为严重。截至2021年底，全国60岁及以上老年人口达2.67亿，占总人口的18.9%；65岁及以上老年人口达2亿以上，占总人口的14.2%。据测算，预计“十四五”时期，60岁及以上老年人口总量将突破3亿，占比将超过20%，进入中度老龄化阶段。2035年左右，60岁及以上老年人口将突破4亿，在总人口中的占比将超过30%，进入重度老龄化阶段。虽然城镇地区老年人数量比农村多，但农村地区老龄化程度比城镇地区更高。

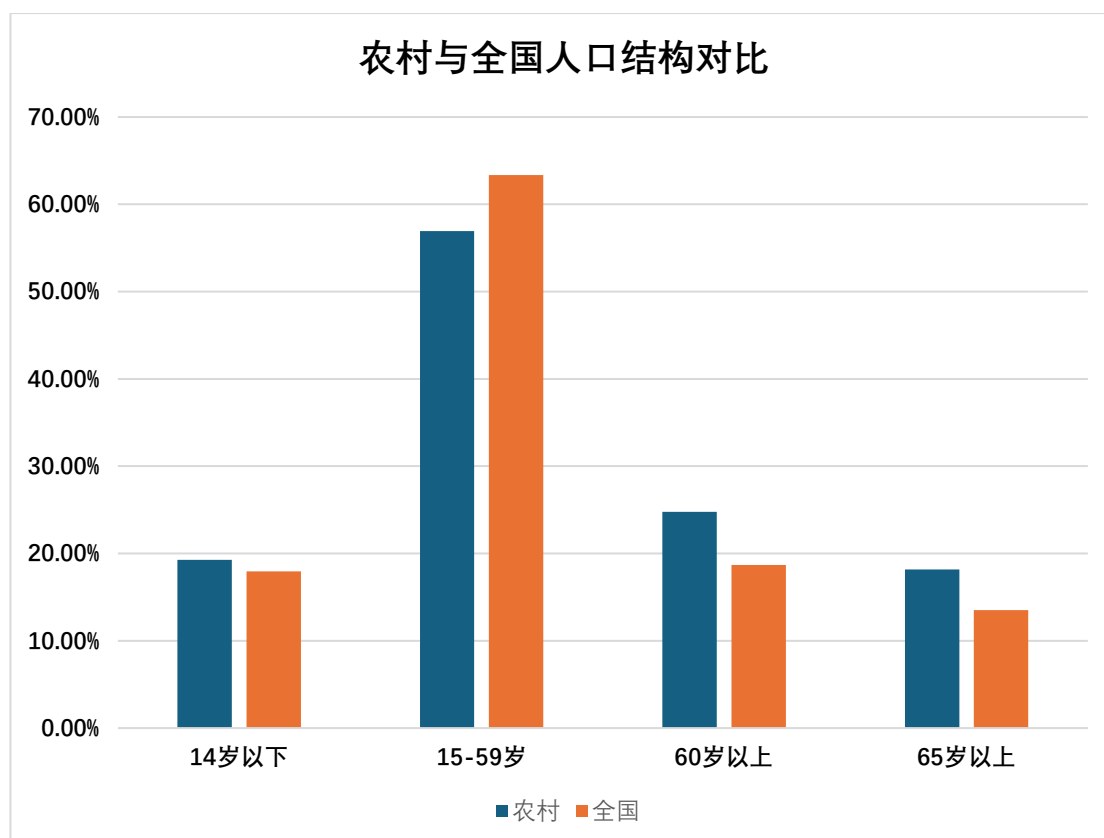


图14：中国总体及农村地区人口结构体现

来源：第三次人口普查

农村劳动力老龄化不利于新技术的应用和普及。年龄较大的劳动力学习新理念、新知识、新技能难度更大。农村劳动力老龄化的趋势为提高种植端农户可持续生产意识，采纳绿色生产技术带来了挑战。已有研究发现，农业劳动力老龄化对农户绿色生产技术采纳具有负向作用，农业劳动力老龄化程度越高，农户绿色生产技术采纳程度越低。目前城乡之间仍然存在明显的数字鸿沟。近年来，国家大力支持并推进数字乡村建设，乡村信息基础设施建设逐步完善，全国行政村通光纤和4G基本全覆盖。截至2022年12月，我国网民规模为10.67亿，互联网普及率达75.6%。其中，农村网民规模为3.08亿，占全国比重28.9%；农村地区互联网普及率61.9%，与城镇地区还存在21个百分点的差距。受应用能力和意识等因素制约，很多农村居民仍将互联网作为单纯的娱乐工具，对互联网信息多是“看不见、听不懂、用不上”，尚未将互联网平台的学习、经营、公共服务等多元功能充分利用起来，信息化手段对农民生产生活的赋能作用还有待提升。

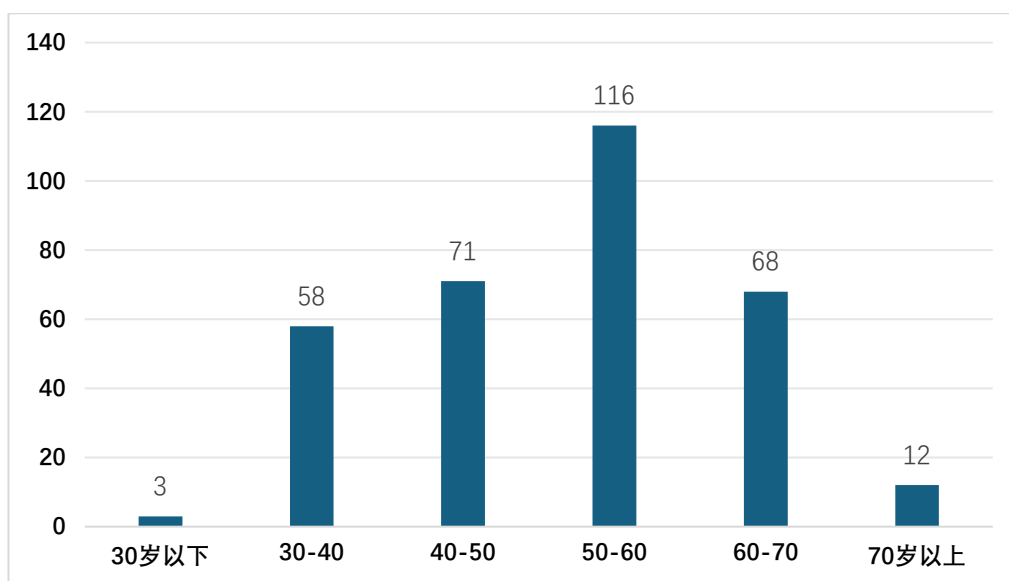


图15：受培训农户的年龄分布
来源：2023年农产品可持续发展培训农户调研

五、展望

通过对连锁超市及果蔬种植主体的实地调研，采用中国农业产业模型对进行果蔬农产品未来的需求进行预测，通过对已有文献梳理，重点分析了中国生鲜果蔬农产品的可持续生产流通的现状、面临的驱动与障碍因素。

为了进一步提高农产品可持续生产流通的水平，提出以下一些建议措施：

一是进一步发挥政策的指导作用。通过补贴、宣传等方式进一步提高种植主体、零售商可持续生产流通的意识和意愿。要让广大农民可以切实感受到生态效益带来的家庭经济收入增长的红利。进一步优化农业绿色生产补偿机制，将农药、化肥、农膜等农业生产环节要素投入行为纳入补偿机制考评范围，建立系统性可行的农业绿色生产红利政策工具体系。通过农业生态效益的增加，切实提高农业的经济效益，提高农民在绿色生产转型中的参与积极性。

二是进一步发挥市场的引领作用。通过加强对消费者的教育和宣传，强化市场对于优质的、采用可持续方式生产的、绿色的农产品的认可程度和需求，实现优质优价，从消费端推动企业、农户按照可持续的方式进行种植生产。

三是加强冷链基础设施建设，提高流通效率。农产品冷链物流作为现代农业基础设施建设的重要内容，应从冷链设备、使用规范、运营范围等多方面建立健全以行业标准、国家标准、地方标准为代表的多层级标准体系。借助信息技术实现冷链物流的全程数据采集与实时监管，保障农产品在流通过程中的质量和效率提升。

四是加强农业绿色可持续生产技术的研发与推广。农业绿色生产、农产品高效流通要抓住数字产业化转型的机遇，需要对相应的农业科技进行产业引导和帮扶，借助数字技术实现农业绿色生产、农产品高效流通的动力变革。鼓励数字技术在农业生产环节、农产品流通的应用，一是开展智能种植、智能灌溉、精准施药、精确施肥等精准农业技术研发应用，借助数字技术降低农业生产环节的化学投入品用量提升农业绿色生产水平。二是开展自动包装、智慧仓储、智慧物流、产销平台等农产品流通数字化技术研究应用，借助数字技术降低农产品在流通环节的损耗、保障农产品在流通环节品质质量、解决产销信息不对称问题来实现农产品的高效流通。

欧盟共同农业政策绿色发展对中国的启示

中国农业科学院农业经济与发展研究所

中国连锁经营协会

瑞典环境科学研究院

2023 年12月

摘要

随着农业生态环境问题的日益严重以及面临具体问题的不断调整，欧盟共同农业政策逐渐向绿色生态转型。本文梳理总结了欧盟共同农业政策的历史演进、研究热点和未来发展趋势。研究发现共同农业政策改革面对生态挑战及其负面效应进行了新一轮适应性调整，通过以农民利益保护为重点，更加关注农村发展和环境保护，多项政策协同一致，强化创新驱动来促进绿色发展的方式。在强调绿色发展与转型的新时代，欧盟共同农业政策中农业农村与绿色发展并重的政策体系与制度安排也可以为我国农业发展提供一定的经验和启示，通过优化顶层设计、建立健全发展评价体系、构建科技发展格局实现绿色发展。

目 录

欧盟共同农业政策绿色发展对中国的启示.....	43
引 言	45
一、欧盟共同农业政策的历史演变过程	45
二、共同农业政策效应研究.....	46
三、共同政策绿色发展的主要内容	47
四、共同农业政策绿色发展趋势研究.....	48
五、总结与政策启示	50
参考文献	51

引言

农业在确保社会稳定与粮食安全方面发挥着核心作用，但农业特别是资源密集型畜牧业，也极大地助长了过度开发和自然资源污染的问题，而欧盟共同农业政策在应对环境挑战、促进农业绿色发展是世界范围内较为成功的典范（Coleman et al., 1996）。从历史上看，诞生于 1962 年的共同农业政策促进了欧盟农业农村的发展，但对经济生产力和生产者利益过度关注进而忽略了环境目标（Greer, 2017；Alons, 2017 年）。长期以来鼓励增加生产、大幅度提高农产品产量的政策，导致了农业活动的高度集约化和区域集中化，甚至部分造成了结构性生产过剩、预算压力加大。与此同时，世界各国也正面临气候变化、生物多样性下降、氮磷循环紊乱、土壤退化和水污染等一系列来自生态危机的挑战（马红坤等，2019）。就农业领域而言，绿色发展是防止环境退化、保持生物多样性与资源可持续性的重要途径，从 20 世纪 90 年代开始，农业环境计划被纳入共同农业政策体系成为重要发展方向（Daugbjerg et al., 2016 年；刘文博，2016），2013 年改革在绿色生态转型方面的措施更加丰富，新一轮的 CAP 改革更是延续了绿色生态转型，旨在将不断变化的社会经济与生态环境需求纳入农业政策，促进农业绿色发展（Henke et al., 2018 年；Esposti, 2007）。为此本文将从政策演变、政策效应与具体措施等方面研究其最新动态及发展趋势，并汲取相关理论和实践经验，简要探讨对我国农业绿色发展的启示。

一、欧盟共同农业政策的历史演变过程

欧盟的农业支持政策体系——共同农业政策（Common Agricultural Policy, CAP）一直是学界广泛关注的热点问题，国内外学者从历史性视角对欧盟共同农业政策进行解读，并对共同农业政策的演进趋势与动态调整进行总结和梳理。共同农业政策建立的起因是 1957 年欧洲六国签订《罗马条约》，《罗马条约》中第 38 ~ 47 条款就建立共同农业市场的集中论述即共同农业政策的雏形（Schuknecht, 1991；Ludlow, 2005）。宏观来讲，欧盟共同农业政策源于增产需要并经历了从预算驱动型改革到绿色生态转型的演变过程（马红坤等，2019）。1962 年共同农业政策将共同体优先、单一市场、价格支持和强化资金支持作为基本原则，增产导向明显。通过 1962 年共同农业政策的实施，欧共体恢复战后农业生产、稳定农产品供给的目标初步实现。1970—1978 年间，欧共体农业部门劳动生产率的年均增长幅度基本保持在 4% ~ 6%（Gray, 2000；徐毅，2012）。同时，农业补贴开支大幅增长，粮食快速增产也导致了严重的农产品结构性过剩，农民加大了化肥、农药施用剂量，自然资源被严重消耗，因农业而导致的

污染问题也日渐显现，因此欧盟启动以保护农业生态环境为目标的系列改革以增强应对能力（曾哲，2020；Seibold et al., 2019）。但由于增产导向依然强烈，共同农业政策的环境友好效应并未明显提升；系列改革的主题也均未涉及农业环境保护，这些综合因素导致日后欧共体的农业环境污染问题加重（Kempen et al., 2011）。

学界一致认为 1992 年麦克萨里改革是共同农业政策开启绿色生态转型的转折点，首次开始重视农业绿色发展的政策调整（崔海霞等，2018；Buller, 2002）。沿着这一改革思路，经过后续 2000 年议程、2003 年改革和 2013 年改革，欧盟共同农业政策从最初的主要侧重于支持农业生产与收入提升逐渐发展为整合了环境保护要素的庞大政策体系，绿色转型逐步推进（Feindt, 2010；Mathews, 2013）。2014—2020 年，经过长达 20 年持续不断的绿色生态转型，逐步推进政策转型已经成为各方共识，绿色生态转型日臻完善。2021—2027 年，在欧盟农业应对气候变化和环境污染的压力增大、面临严重的经济和社会挑战、英国脱欧冲击欧盟财政等背景下启动了欧盟共同农业政策绿色生态转型的改革，共同农业政策强调绿色发展的政策导向更加明显（刘武兵，2022；Gorton et al., 2009）。

二、共同农业政策效应研究

作为世界上最大的农业政策体系之一，共同农业政策如何有效推动和引导农业发展是学界研究的主要议题。对此，诸多学者多聚焦于某一具体时间段或某一政策成效、成员国实施政策的具体举措及影响等微观视角进行政策效应反馈、评价与建议（张鹏等，2022；Pe'er et al., 2020）。部分学者围绕农民收入、财政支持等政策主要议题进行讨论，探讨了欧盟共同农业政策对农业生产环节、农产品流通、加工、农业科技研发和推广等方面的综合支持，研究了共同农业政策为农民提供的包括作物保险、动物保险等在内的一系列政策工具，肯定了政策在农村经济发展与粮食安全方面的积极影响（曾哲，2020；李登旺等，2015）。也有学者从竞争力提升视角探究了农村发展方面关于青年农民支持政策（宋洋等，2020）、农业知识创新服务体系（张莉等，2019）、智慧农业、数字农业的政策目标、发展实践、困境及挑战，探讨如何促进农业农村的高质量发展（芦干文等，2018；袁祥州等，2022）。还有学者从政策效应评价视角运用定性和定量方法对欧盟成员国政策实施情况进行详细阐述，基于经济合作与发展组织（OECD）系统剖析政策调整中的潜在经济与环境的影响，构建计量模型对共同农业政策工具及其效果进行评价，并就如何确定当下及未来共同农业政策相关立法提案提出相关建议（崔海霞等，2019；Maes et al., 2016；Mamatzikis et al., 2020）。

在资源利用率低、土壤和水质下降以及生物多样性受到威胁的环境压力当下，也有学者聚

焦于政策评价视角分析了农业环境保护与生态补偿政策（宗义湘等，2022）、绿色发展支持政策（崔海霞等，2018）、交叉遵守机制（陈诗华等，2022）与农产品地理标志保护等政策改革特征与面临的问题（吕苏榆，2015），持续关注欧盟共同农业政策适应性调整进程。研究表明共同农业政策自将环境纳入政策指标以来，2000 年议程仍在继续推行直接支付替代价格支持，并引入政策工具有效促进生态效率（周伟等，2021；Czyzewski et al., 2021）。实施的环境保护政策和生态补偿拍卖支付机制有效提升了农业生态系统的景观和生物多样性，使欧盟农业温室气体排放下降了 20% 以上（Alliance Environnement, 2020），能够充分发挥农业生产在提供食物、调节气候、改善水质、物种及栖息地保护和景观提供等方面的环境价值，并尽可能地削弱其引致的负外部性，促进农业的可持续性发展（Simoncini et al., 2019；Khanna et al., 2009）。

三、共同政策绿色发展的主要内容

共同农业政策规定了欧盟成员国国家农业政策的主要目标和措施。农业政策未来方向的基本立场文件是所谓的欧洲“绿色协议”，它构成了进一步战略文件的基础，此外还包括“从农场到餐桌”战略以及“生物多样性战略”。

（一）绿色协议是基础

欧盟委员会于 2019 年底提出了“绿色协议”政策框架。它包含了到 2050 年恢复欧洲自然的里程碑式建议，包括到 2050 年实现气候中和的总体目标，到 2030 年将欧盟的温室气体排放量比 1990.3 减少 55%。此外，还将采取措施适应气候变化，包括加强对自然灾害的保护。

欧盟在向气候中立过渡的过程中依靠欧洲工业的领导（欧洲工业战略）。将经济增长与资源使用脱钩，并转向生产和消费的循环系统，是实现气候中和的关键（循环经济行动计划）。高达 900 亿欧元将用于更公平地向气候中性过渡，向低碳经济过渡影响最大的地区提供财政和技术支持。欧盟 75% 的温室气体排放来自能源消费和生产，能源部门的脱碳至关重要。提高建筑的能源效率是另一个目标。建筑物的翻新率将提高一倍甚至三倍。到 2050 年，与运输相关的排放量将减少 90%。在化学品可持续发展战略中，目标是通过保护空气、土壤和水，到 2050 年实现“无污染环境”。此外，到 2030 年，将种植 30 亿棵新树，只允许使用可持续来源的木材。欧盟 2030 年生物多样性战略旨在帮助到 2030 年恢复欧洲的生物多样性。

（二）从农场到餐桌构建可持续的食物系统

“绿色协议”的另一个关键组成部分是建立一个可持续的食物系统。欧盟委员会于 2020 年 5 月在“从农场到餐桌”战略中制定了这方面的目标和措施。

- ✓ 确保在地球承载能力的范围内提供充足、负担得起和营养丰富的食物。
- ✓ 减少杀虫剂（-50%）、化肥（-20%）和抗生素的使用。
- ✓ 增加用于有机农业的面积。
- ✓ 促进更可持续和健康的食品消费模式。
- ✓ 减少食物损失和浪费。
- ✓ 打击供应链上的食品欺诈行为。
- ✓ 改善动物福利。

通过建立更加可持续的食物系统有助于保护自然和生物多样性。该战略符合欧盟 2030 年生物多样性战略，包括有机农业、包装前营养标签和可持续食品标签、减少粮食损失等领域的一系列举措和立法建议。其目的是为初级生产者提供公平的收入和强有力的支持，并确保欧盟农业部门在全球范围内的竞争力。“有机农业行动计划”的实质是到 2030 年将有机农业在欧盟的份额提高到农业面积的 25%。欧盟成员国将制定促进有机农业的国家计划。在新冠疫情开始时，欧洲食物链的脆弱性变得明显，并导致供应问题。

2021 年 11 月，欧盟委员会发布了一份关于在危机时期确保欧洲粮食安全的应急计划的通信。它旨在建立一个欧洲粮食安全领域的危机准备和应对机制。还将成立一个专家组，帮助确保欧盟为潜在的粮食供应挑战做好充分准备。在国际贸易中制定食品安全标准时，应优先考虑可持续性方面。农业和林业可以通过吸收大气中的碳，在应对气候变化方面发挥关键作用。气候友好的做法包括种植灌木篱笆或树木、种植豆类、使用间作和覆盖作物、保护性农业和泥炭地保护以及植树造林或重新造林。此外，可持续水产养殖将在欧盟得到推广。

（三）生物多样性

2020 年 5 月 20 日，欧盟委员会通过了《2030 年欧盟生物多样性战略》提案。该提案计划采取以下措施：建立至少占欧洲陆地和海洋面积 30% 的保护区，扩大现有自然保护地（Natura 2000）的整体覆盖范围。通过一系列具体承诺和行动恢复退化的生态系统，例如到 2030 年将农药的使用和风险降低 50%，并在整个欧盟种植 30 亿棵树。

四、共同农业政策绿色发展趋势研究

近年来，共同农业政策面对生态挑战及其负面效应而做出的绿色生态转型持续推进，尤其是自 2023 年 1 月起正式施行的 2023—2027 新一轮绿色发展政策受到学界的广泛关注。本轮共同农业政策改革受到英国脱欧和 COVID-19 全球蔓延等外部影响，欧盟农业发展面临新的挑战，共同农业政策进行注重“自然资源和气候行动的持续性管理”的转变（Pe'Er et al.,

2019)。现有研究从不同角度探讨了绿色发展新政的显著特征：

一是绿色发展的政策目标更加清晰简化，农村发展和环境保护更受关注（张云华等，2020）（Policy objectives for green development are clearer and simplified, with increased attention to rural development and environmental protection）。在政策目标引导下对于绿色发展的支持更加明确，环境保护因素从鼓励遵守到刚性要求，政策支持更具有环保性，农业多功能性、农产品安全等话题也被高度关注（Matthews, 2013）。

二是多项政策配套实施，注重政策一致性（Multiple policies are implemented in a complementary manner, focusing on policy coherence）。就目前共同农业政策而言，其政策措施被寄望于成为实现“从农村到餐桌 战略”以及“生物多样性战略”等政策的关键工具，更是与《欧洲绿色协议》相契合，以期能为绿色生态转型作出贡献（Cuadros et al., 2023）。

三是以农民利益保护为重点，利益保护机制逐步完善（The policies focus on the protection of farmers' interests, and the mechanism for the protection of interests has been gradually improved）。新一轮共同农业政策最大程度回应农民改革期待，保护农民利益，通过强制与激励相结合等政策措施使其更具备可接受性，推进绿色发展的可持续性；

四是数字赋能农业发展，强化绿色发展的创新驱动（Digital empowerment for agricultural development and strengthening the innovation drive for green development）。在农业科技创新方面，新一轮改革明确要求在欧盟和成员国两个层面加大科技投入力度，特别关注科研、技术和数字化在加强农业竞争力和可持续发展能力中的作用，并将农业环境保护相关技术的研发作为支持的重点，着力构建农业知识创新完整生态系统（赵黎，2020）。

在后疫情与全球政治经济格局复杂多变之下，新一轮共同农业政策将农业发展与社会经济、生态环境高效衔接，学者们就新一轮共同农业政策框架和干预措施调整进行深入探究。研究表明新一轮共同农业政策在框架上仍继续保持两个支柱，三个领域即第一支柱直接支付和市场支持与第二支柱农村发展的基本结构，但政策工具出现不同程度的调整。在第一支柱直接支付政策结构方面，区别于2013年改革中的自愿直接支付、强制直接支付，新一轮共同农业政策调整为脱钩支付和挂钩支付，新增活跃农民，并调整脱钩支付中的基础收入支付、再分配支付、青年农民支付、生态支付，挂钩支付中的棉花挂钩支付（曾寅初等，2023）。在市场支持领域，本次改革保留公共干预、私人储存政策，延长公共干预时间，拓宽特定产品市场支持类别，下调学校果蔬牛奶计划资金，旨在使农业部门更好地适应市场变化。此外，在农村发展领域，引入新运作模式，拓宽政策支持领域与风险管理工具，提高农业环境气候行动项目预算，强化知识创新和数字化建设，注重提升农业竞争力以促进欧盟农业农村的可持续发展（宗义湘等，

2023)。

五、总结与政策启示

在欧盟总战略目标指引下，共同农业政策目标由增产转为绿色生态，“绿箱”特征明显（李先德，2006；韩喜平等，2007），政策工具先繁后简，生态环境领域备受关注（罗屹等，2020；马红坤等，2019），且注重自下而上激发成员国制定特色有效的国家战略计划，为欧洲农业绿色发展铺平道路（刘海启等，2018；张天佐等，2017）。而中国同样作为农业大国，既有农业发展转型的需求相似性，也存在面临现实问题的共性特征。在全面推进乡村振兴、加快农业绿色转型的关键之年，中国政策体系的调整既要适应农业农村发展的客观需要，也要着眼于短期内主要矛盾的解决，国内不少学者从比较性视角对欧盟共同农业政策进行解读，多集中于宏观农业发展政策、农业绿色发展机制与科技创新等方面提供一定经验和启示（曾寅初等，2023）。

一是注重顶层设计优化，重视农业政策协同发展（Focus on top-level design optimization and synergistic development of agricultural policies）。农业的发展方向会受到农业政策的引导和影响，中国出台《意见》《农业绿色发展技术导则》等多项支持政策，但仍存在顶层设计中过于宏观、缺乏明确支持资金、环保补贴标准等问题，应需进一步深化（张鹏等，2022）；同时，也需要定期评估不同政策之间的相互作用及影响，进而增加政策之间的强协同性以促进农业绿色发展。

二是建立健全发展评价体系，提高政策措施执行效率（Improving the development evaluation system and enhancing the efficiency of the implementation of policy measures）。农业绿色发展具有长期性和综合性，长期以来政府面临着政策资源如何最大化实现农业发展目标，提高政策效能的共性问题。因此，需要坚持弹性原则建立强制和自愿相结合的机制，规范和鼓励农业生产者的绿色生产行为，并针对土地、水体、气候、生物等不同领域建立农业绿色发展评价体系，对农业环境、生态环境进行监测和评估，稳步实现农业绿色发展的目标（孔令博等，2022）。

三是数字技术赋能农业发展，构建科技创新发展格局（Digital technology empowers agricultural development and builds a pattern of scientific and technological innovation development）。农业的绿色发展是一种不同领域交叉重叠的发展过程，智能化、数字化农业的发展将会对农业绿色发展起到辅助作用。因此应进行长期战略布局和规划，并辅以相应的政策、科技支撑工具，以较为体系化的基础数据库和较为完整的创新系统推动中国农业的绿色生态转型（宗义湘等，2023）。

参考文献

- [1] Coleman W D, Skogstad G D, Atkinson M M. Paradigm shifts and policy networks: cumulative change in agriculture[J]. *Journal of public policy*, 1996, 16(3): 273-301.
- [2] Greer A. Post-exceptional politics in agriculture: an examination of the 2013 CAP reform[J]. *Journal of European Public Policy*, 2017, 24(11): 1585-1603.
- [3] Alons G. Environmental policy integration in the EU' s common agricultural policy: greening or greenwashing?[J]. *Journal of European Public Policy*, 2017, 24(11): 1604-1622.
- [4] 马红坤,毛世平.欧盟共同农业政策的绿色生态转型:政策演变、改革趋向及启示[J].*农业经济问题*,2019,(09):134-144.
- [5] Daugbjerg C, Swinbank A. Three Decades of Policy Layering and Politically Sustainable Reform in the European Union's Agricultural Policy[J]. *Governance*, 2016, 29(2): 265-280.
- [6] 刘文博. 欧盟共同农业政策改革和科技创新机制研究[D].中国农业科学院,2016.
- [7] Henke R, Benos T, De Filippis F, et al. The new common agricultural policy: How do member states respond to flexibility?[J]. *JCMS: Journal of Common Market Studies*, 2018, 56(2): 403-419.
- [8] Esposti R. Regional growth and policies in the European Union: Does the Common Agricultural Policy have a counter-treatment effect?[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2007, 89(1): 116-134.
- [9] Schuknecht L. The political economy of EC protectionism: National protectionism based on Article 115, Treaty of Rome[J]. *Public Choice*, 1991, 72: 37-50.
- [10] Ludlow N P. The making of the CAP: towards a historical analysis of the EU' s first major policy[J]. *Contemporary European History*, 2005, 14(3): 347-371.
- [11] Gray J. The Common Agricultural Policy and the reinvention of the rural in the European Community[J]. *Sociologia ruralis*, 2000, 40(1): 30-52.
- [12] 徐毅. 欧盟共同农业政策改革与绩效研究[D].武汉大学,2012.
- [13] 曾哲. 欧盟共同农业政策框架下德国农业生态补偿政策及启示[J]. *辽宁大学学报 (哲学社会科学版)*, 2020, 48(03): 76-81. DOI:10.16197/j.cnki.lnupse.2020.03.009.
- [14] Seibold S, Gossner M M, Simons N K, et al. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers[J]. *Nature*, 2019, 574(7780): 671-674.
- [15] Kempen M, Witzke P, Domínguez I P, et al. Economic and environmental impacts of milk quota reform in Europe[J]. *Journal of Policy Modeling*, 2011, 33(1): 29-52.
- [16] 崔海霞,宗义湘,赵帮宏. 欧盟农业绿色发展支持政策体系演进分析——基于OECD农业政策评估系统[J]. *农业经济问题*, 2018(05): 130-142.
- [17] Buller H. Integrating EU environmental and agricultural policy[J]. *Environmental Policy Integration. Greening Sectoral Policies in Europe*, 2002: 103-126.
- [18] Feindt P H. Policy-learning and environmental policy integration in the

Common Agricultural Policy, 1973–2003[J]. Public Administration, 2010, 88(2): 296-314.

[19] Matthews A. Greening agricultural payments in the EU's Common Agricultural Policy[J]. Bio-based and Applied Economics, 2013, 2(1): 1-27.

[20] 刘武兵.欧盟共同农业政策 2023—2027:改革与启示[J].世界农业,2022,521(09):5-16.

[21] Gorton M, Hubbard C, Hubbard L. The folly of European Union policy transfer: why the Common Agricultural Policy (CAP) does not fit Central and Eastern Europe[J]. Regional studies, 2009, 43(10): 1305-1317.

[22] 张鹏,梅杰.欧盟共同农业政策: 绿色生态转型、改革趋向与发展启示[J].世界农业,2022,(02):5-14.

[23] Pe'er G, Bonn A, Bruelheide H, et al. Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges[J]. People and Nature, 2020, 2(2): 305-316.

[24] 李登旺,仇焕广,吕亚荣等.欧美农业补贴政策改革的新动态及其对我国的启示[J].中国软科学,2015,296(08):12-21.

[25] 宋洋,宗义湘.欧盟青年农民支持政策的演变及启示——基于欧盟 CAP 改革比较[J].现代经济探讨,2020(05):108-116.

[26] 张莉,李滋睿,张敬毅等.欧盟农业研究与创新的战略路径分析[J].世界农业,2019(02):4-8.

[27] 芦干文,姜长云.欧盟农业农村政策的演变及其对中国实施乡村振兴战略的启示[J].中国农村经济,2018(10):119-135.

[28] 袁祥州,黄恩临.欧盟智慧农业发展经验及其借鉴[J].世界农业,2022(05):27-36.

[29] 崔海霞,向华,宗义湘.潜在环境影响视角的美国、欧盟农业支持政策演进分析——基于 OECD 农业政策评估系统[J].农业经济问题,2019(12):129-142.

[30] Maes J, Liqueur C, Teller A, et al. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020[J]. Ecosystem services, 2016, 17: 14-23.

[31] Mamatzakis E, Staikouras C. Common agriculture policy in the EU, direct payments, solvency and income[J]. Agricultural Finance Review, 2020, 80(4): 529-547.

[32] 宗义湘,崔海霞.环境规制如何嵌入农业政策: 欧盟交叉遵守机制经验[J].世界农业,2022(01):15-23.

[33] 陈诗华,王玥,王洪良等.欧盟和美国的农业生态补偿政策及启示[J].中国农业资源与区划,2022,43(01):10-17.

[34] [1]吕苏榆.我国农产品地理标志补贴及奖励政策反思——基于欧盟共同农业政策改革动向的启示[J].国际经贸探索,2015,31(10):70-81.

[35] 周伟,石吉金,苏子龙等.耕地生态保护与补偿的国际经验启示——基于欧盟共同农业政策[J].中国国土资源经济,2021,34(08):37-43.

[36] Czyżewski B, Matuszczak A, Grzelak A, et al. Environmentally sustainable value in agriculture revisited: How does Common Agricultural Policy contribute to eco-efficiency?[J]. Sustainability Science, 2021, 16: 137-152.

- [37] Alliance Environnement. Evaluation of the impact of the CAP on habitats, landscapes, biodiversity. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.
- [38] Simoncini R, Ring I, Sandström C, et al. Constraints and opportunities for mainstreaming biodiversity and ecosystem services in the EU' s Common Agricultural Policy: Insights from the IPBES assessment for Europe and Central Asia. *Land Use Policy*, 2019, 88: 104099.
- [39] Khanna M, Ando A W. Science, economics and the design of agricultural conservationprogrammersintheUS.*JournalofEnvironmentalPlanningandManagement*, 2009, 52(5): 575-592.
- [40] Pe'Er G, Zinn grebe Y, Moreira F, et al. A greener path for the EU Common Agricultural Policy[J]. *Science*, 2019, 365(6452): 449-451.
- [41] 张云华,赵俊超,殷浩栋.欧盟农业政策转型趋势与启示[J].*世界农业*,2020(05):7-11.
- [42] Cuadros-Casanova I, Cristiano A, Bianconi D, et al. Opportunities and challenges for Common Agricultural Policy reform to support the European Green Deal[J]. *Conservation Biology*, 2023: e14052.
- [43] 赵黎.成功还是失败? 欧盟国家农业知识创新服务体系的演变及其启示[J].*中国农村经济*,2020(07):122-144.
- [44] 曾寅初,计薇.欧盟共同农业政策 2023—2027 年改革的动向及其启示[J].*农业经济问题*,2023,No.522(06):43-57.
- [45] 李先德.OECD 国家农业支持和政策改革[J].*农业经济问题*,2006(07):69-74.
- [46] 韩喜平,李罡.从价格支持到农村发展——欧盟共同农业政策的演变与启示[J].*理论探讨*,2007(02):69-72.
- [47] 罗屹,武拉平.乡村振兴阶段的农业支持政策调整: 国际经验及启示[J].*现代经济探讨*,2020(03):123-130.
- [48] 马红坤,孙立新,毛世平.欧盟农业支持政策的改革方向与中国的未来选择[J].*现代经济探讨*,2019(04):104-111.
- [49] 刘海启,游炯,王飞等.欧盟国家农业遥感应用及其启示[J].*中国农业资源与区划*,2018,39(08):280-287.
- [50] 张天佐,张海阳,居立.新一轮欧盟共同农业政策改革的特点与启示——基于比利时和德国的考察[J].*世界农业*,2017,No.453(01):18-26.
- [51] 孔令博,杨小微,欧阳峥峥等.欧盟农业绿色发展政策演进及对中国农业发展的借鉴 [J].*农业展望*,2022,18(06):3-9.
- [52] 宗义湘,宋洋,崔海霞.欧盟 2023—2027 年新共同农业政策演变逻辑、发展趋向与改革思考[J].*世界农业*,2023,No.529(05):5-18.

中国蔬菜流通体系现状、问题及对策

中国农业科学院农业经济与发展研究所

姜心怡，周慧，胡向东

发表于《农业展望，*Agricultural Outlook*》2024，20（4）：P3-10

摘要

纵观全球，中国既是蔬菜生产大国，又是蔬菜消费大国，2021年蔬菜产量为 7.76 亿 t，全国人均蔬菜及食用菌消费量为109.8 kg。中国蔬菜流通体系的建设也依托于蔬菜产业的快速发展，目前蔬菜流通呈现出数量庞大、渠道多样、基础设施不断完善的特点，国家扶持政策也逐渐向蔬菜流通体系建设倾斜，形成了现代大流通、统一大市场的流通格局，但蔬菜流通仍然存在主体利益分配不均、损耗严重、质量安全难以保证以及流通半径长、环节多等不合理现象。为了提高蔬菜流通的现代化水平，更好地为实现农业农村现代化服务的目标，需进一步提高流通的组织化、标准化水平，继续加强基础设施建设，加快建设畅通高效、贯通城乡、安全规范的蔬菜现代流通体系。

目 录

中国蔬菜流通体系现状、问题及对策	55
引言	57
一、中国蔬菜流通现状	58
（一）蔬菜异地流通常态化且流通量大	58
（二）蔬菜流通渠道多样化	59
（三）蔬菜流通基础设施不断完善	60
（四）国家政策支持力度不断加强	61
（五）大流通、大市场流通格局业已形成	61
二、蔬菜流通发展存在的突出问题	62
（一）农户在蔬菜流通中处于弱势地位	62
（二）流通环节加价率居高不下，收益分配不均	62
（三）蔬菜食品安全难以保证	63
（四）蔬菜流通损耗严重	63
（五）流通基础设施相比发达国家较为落后	64
（六）蔬菜流通半径大、环节多	64
三、对策建议	65
（一）培育现代蔬菜流通主体	65
（二）提高蔬菜流通标准化、专业化程度	65
（三）加强物流基础设施建设	66
（四）加快推进传统流通渠道向现代流通渠道的转变	66
参考文献	67

引言

改革开放以来,我国蔬菜产业发展势头强劲、规模不断扩大,不再局限于“家庭菜园”的形式,逐步发展成主产区农业农村经济发展的重要支柱产业^[1]。根据国家统计局数据,2021年全国蔬菜播种面积达2198.57万hm²,蔬菜产量达到7.76亿t,同比增长3.5%。居民人均蔬菜及食用菌消费量为109.8kg,同比增加5.9%。同时,我国是全球蔬菜的重要供应基地,具有较强的国际竞争力^[2]。我国蔬菜出口量为899万t,出口额为122.93亿美元。蔬菜业的快速发展不仅保障了市场供给、增加了农民收入,同时也带动了我国蔬菜流通业的发展。蔬菜流通是商品流通的外延,是指蔬菜从生产领域到消费领域的转移过程,其转移过程是通过以货币为媒介的交换行为达成的,流通不仅仅指商品价值运动,还包含物流、资金流和信息流等^[3]。然而,由于蔬菜的生鲜属性,其具有容易腐败、保鲜条件严格、具有一定的地域性和季节性等特征,导致蔬菜流通存在效率低、损耗大、费用高等问题^[4-5]。因此,如何改善我国蔬菜流通环境,建立畅通高效、贯通城乡、安全规范的蔬菜流通体系一直是业界和学术界关注的重点。

国内外蔬菜流通的研究主要集中在以下方面:一是蔬菜流通价格的形成与波动。蔬菜价格是在流通过程中逐步形成的,生产成本和流通成本是价格形成的基础,市场竞争是价格形成的关键^[6-7]。蔬菜的产地价格、批发价格、零售价格之间高度相关且逐渐增强,一般来说,产地价格与批发价格的价差大于批发价格与零售价格的价差,其加价主要来自包装费用、燃油费用、市场管理费用以及运费^[8-10]。有研究证明流通过程中蔬菜的加价并不是随意的、盲目的,而是各个流通主体在充分考虑自身成本和利润的情况下增加的价格,且按照一个稳定的比值上下波动^[11]。大幅度的价格波动也是蔬菜流通中存在的问题,通常情况下零售价格波动大于产地价格和批发价格的波动,因此消费者对蔬菜价格波动的感受较为强烈^[11-12]。二是蔬菜流通渠道研究。我国蔬菜流通渠道多种多样,大致可分为以批发市场为主的传统流通渠道和以现代物流体系为中枢的新兴流通渠道。传统流通渠道是我国蔬菜流通的主要渠道,新兴流通渠道仍处于发展阶段^[13]。目前我国蔬菜流通正处于传统流通渠道向新兴流通渠道过渡的阶段^[14],发展新兴流通渠道对农户提出了更高的要求,需要农户具备丰富的自然资本、物资资本、人力资本和社会资本^[15]。三是流通效率的研究。我国蔬菜传统流通渠道效率较低,大多处于规模报酬递增的阶段,存在投入要素冗余的问题,损耗率、准时率、订单响应时间、运输能力等对蔬菜流通效率的影响较为显著,而流通环节的多少和流通渠道的长短与流通效率的关系并不明确^[16-18]。

综上所述,已有研究多集中于从某一视角或某一角度对蔬菜流通体系进行分析,缺乏整体性。本研究基于对山东以及武汉、厦门、北京等地的实地调研,结合流通经济学理论,对我国蔬菜流通的当前状况和存在问题进行深入分析,并以此为基础,提出一系列针对我国蔬菜流通未来发展的政策建议。

一、中国蔬菜流通现状

(一) 蔬菜异地流通常态化且流通量大

随着乡村振兴战略的不断推进实施，我国蔬菜产业快速发展，近10年来蔬菜种植面积及产量逐年持续上升。截止2021年，全国蔬菜播种面积为2 198.57万hm²，蔬菜产量达到7.76亿t，且区域特征明显，山东、河南两省蔬菜产量占全国蔬菜产量的22.6%（图1）。随着科技进步、管理水平提升以及品种改良，蔬菜产量将会继续增加。然而，蔬菜消费大多以家庭为单位，具有少量性、分散性的特点，蔬菜生产高度集中而消费相对分散的矛盾促进了蔬菜流通的发展。截止2021年，我国亿元以上商品交易市场中有蔬菜摊位29万多家，蔬菜成交额为8 794.3亿元，随着市场规模化水平的提升，蔬菜市场摊位数呈下降趋势，蔬菜成交额呈上升趋势（表1）。

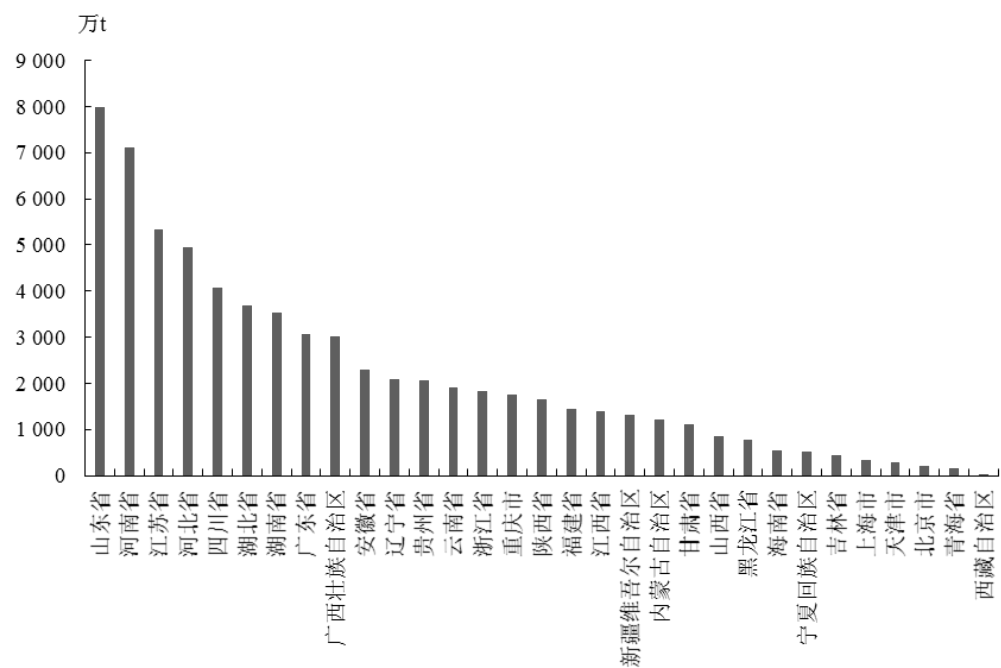


图1 2021年全国蔬菜产量分省数据

数据来源：国家统计局

表1 2011—2021年中国蔬菜种植面积、产量、蔬菜摊位数以及成交额

年份	播种面积 (万 hm ²)	产量 (万 t)	摊位数 (个)	成交额 (亿元)
2011	1 790.99	59 766.63	425 897	5 238.70
2012	1 849.69	61 624.46	434 187	5 925.28
2013	1 883.63	63 197.98	421 243	6 337.45
2014	1 922.41	64 948.65	405 731	6 659.91
2015	1 961.31	66 425.10	402 467	6 924.87
2016	1 955.31	67 434.16	393 686	7 619.64
2017	1 998.11	69 192.68	341 709	7 720.01
2018	2 043.89	70 346.72	318 809	7 420.07
2019	2 086.27	72 102.60	326 150	7 816.56
2020	2 148.55	74 912.90	313 374	7 834.71
2021	2 198.57	77 548.78	290 637	8 794.30

(二) 蔬菜流通渠道多样化

蔬菜流通快速发展，催生了多种多样的流通渠道。梳理蔬菜流通渠道变革历程，根据是否借助大数据、信息技术、人工智能等要素作为标准，将我国蔬菜流通渠道分为传统流通渠道和现代流通渠道^[13]。传统流通渠道是我国蔬菜流通的主要渠道，其核心主体为批发市场和连锁超市（图2）。以批发市场为核心的流通渠道主要包括“农户+经纪人+批发商+零售终端+消费者”、“合作社/龙头企业+批发商+零售终端+消费者”模式。批发市场的集散功能较强，是小农户对接大市场的关键，约70%的蔬菜是通过传统流通渠道流通。截止2020年，全国农产品批发市场交易量达到9.2亿t，交易额达到5.4万亿元，从业人员超过670万人。但该流通渠道流通环节过于冗长、信息不对称、运输成本高等问题严重。以连锁超市为核心的流通渠道主要以“农超对接”为主，批发市场采购为辅。包括“合作社+连锁超市+消费者”“农户+基地+连锁超市+消费者”“农户+供应商+连锁超市+消费者”“农户+批发市场+连锁超市+消费者”模式^[19]。“农超对接”的“农”并不是指零散的小农户，而是农民合作社、家庭农场、农产品生产基地等，这些组织更能满足超市的供货需求。另外调研发现，不少超市连锁企业开始在全国各地建设自己的农产品生产基地，目前超市

自建基地成为新趋势。相比批发市场渠道，超市渠道的流通链条更短、交易风险更低，也更能节省交易成本^[19]。现代流通渠道的核心是电商平台，随着信息技术水平的提高，大数据给蔬菜流通带来了更广阔的发展空间和更多的发展机遇。该渠道主要包括“综合类电商平台/垂直型电商平台+自有冷链物流+消费者”“自有物流配送体系+线上电商平台/线下门店+消费者”“O2O型电商平台+第三方物流+连锁超市+消费者”等模式^[19]。智能、高效的数据处理和现代化的物流管理大大提高了现代流通渠道的效率，减少了流通成本。商务大数据对重点电商平台的监测显示，2022年我国农产品网络零售增长势头较好，全国农产品网络零售额达到5 313.8亿元，同比增长9.2%。

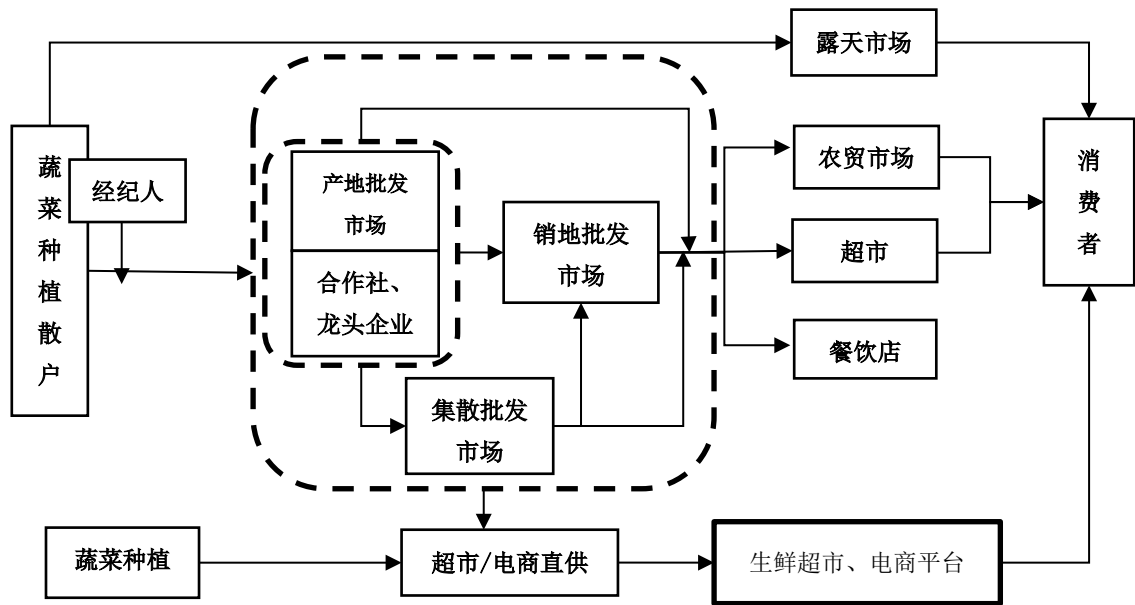


图2 中国蔬菜主要流通渠道

（三）蔬菜流通基础设施不断完善

蔬菜运输是流通环节中的重要环节，中国的公路、铁路和水路等交通基础设施都在不断改善，运输能力不断提升。公路运输是蔬菜流通的主要运输方式，截至2020年末，我国公路总里程达到519.81万km，基本满足了运输需求，铁路和河航道运输作为补充运输方式，运输里程分别达到了14.6万km和12.77万km。保鲜设备是蔬菜品质的重要保障，近年来中国加强了农产品冷藏、冷链物流等方面的建设，果蔬保鲜基础设施建设加速推进，至2021年冷库总量已达 7 719 万t，冷藏车保有量达到34万辆。农产品市场是蔬菜流通的重要场所，从2016年商务部提出加强农产品市场体系建设到现在，农产品产地市场经历了由自发分散向规范有序的转变，从集散交易场所发展到复合功能平台，初步建立了一个以国家级农产品产地市场为龙头、区域性农产品产地市场为节点、田头

市场为基础的农产品产地市场体系。

(四) 国家政策支持力度不断加强

国家对“三农”工作高度重视，先后出台了一系列扶持农业农村经济发展的政策措施，针对推进农产品流通体系创新提出支持产地市场建设、基础设施建设和扶持流通市场主体等（表2）。此外，中央一号文件多次指出农产品流通设施和市场建设的重要性，提出要建设产地冷链集配中心，鼓励发展农产品电商直采、定制生产等模式。相关部门也开始重视农产品流通，积极引导社会资本投入到农产品流通、营销等环节，重点建设农产品产地公益性市场，提升产地预冷、冷链保鲜能力等。

表2 “十四五”时期国家出台的支持农产品流通政策

年份	文件名称	主要内容
2021	《国务院关于印发“十四五”推进农业农村现代化规划的通知》	重点强调在鲜活农产品主产区和特色农产品优势区建设农产品产地冷藏保鲜设施、产地冷链集配中心。同时建设 30 个全国性和 70 个区域性农产品骨干冷链物流基地
2021	《关于进一步加强农产品供应链体系建设的通知》	推进公益性农产品市场建设，提升地市级的市场覆盖率。加快补齐冷链短板，提高冷链流通率。加强产地商品化处理设施建设，增强农产品产地预冷能力。完善农产品零售网络，提升农产品零售网点覆盖率。完善农产品流通骨干网，提高中央财政支持的农产品批发市场在本地区农产品流通规模中的占比
2022	《“十四五”全国农产品产地市场体系发展规划》	到 2025 年，基本建成布局合理、供需适配、组织高效、畅通便捷、安全绿色、保障有力的农产品产地市场体系，初步形成覆盖农产品优势产区、衔接国家综合立体交通网、对接主要消费市场的农产品产地流通网络
2022	《关于支持加快农产品供应链体系建设 进一步促进冷链物流发展的通知》	推动农产品冷链流通基础设施更加完善，重要集散地和销地农产品批发市场、加工配送中心及零售终端冷链流通能力显著提升，调节农产品跨季节供需、支撑农产品跨区域冷链流通的能力和效率继续增强，为农产品现代流通体系建设提供坚实基础

(五) 大流通、大市场流通格局业已形成

从1988年农业部（现农业农村部）组织实施“菜篮子”工程后，我国蔬菜流通格局发展了翻

天覆地的变化，由从前的地产地销到如今大流通、大市场的格局。我国幅员辽阔，气候复杂多样，地理环境及蔬菜栽培技术等因素不同，蔬菜生产呈现出区域集中化趋势，冬春蔬菜主要有华南、西南热区以及长江流域地区，夏秋蔬菜主要来自黄土高原、云贵高原以及北部高纬度地区，设施蔬菜主要来自黄淮海与环渤海地区^[21]。随着我国城镇化水平的提升，城市聚集的人口越来越多，城市蔬菜消费量也越来越大，与此同时，城市人口增加迫使城市用地愈发紧张，城郊耕地面积萎缩，蔬菜种植面积减少，蔬菜生产逐渐由城郊向农村地区转移^[22]。城乡一体化建设使城市和农村之间的依存关系更加紧密，现代化的物流基础设施和交通网络促使城乡之间蔬菜流通更加便捷。各级批发市场、超市、电商为蔬菜流通提供了更广泛的途径，物流体系的完善提高了蔬菜流通的效率。中国的蔬菜市场呈现出大市场、大流通的格局，市场规模不断扩大，渠道多元化发展。

二、蔬菜流通发展存在的突出问题

蔬菜流通为蔬菜从生产者手中转移到消费者的餐桌上提供了桥梁。然而，相较于发达国家，我国的农产品流通仍然处于初级阶段，蔬菜流通体系中仍面临不少困难和挑战，这已经成为限制我国农村经济增长和农民收入提升的主要障碍。

（一）农户在蔬菜流通中处于弱势地位

农民缺乏议价能力，在与上游批发商和下游零售商的交易中往往处于较为被动的地位^[23]。部分农户在销售蔬菜过程中出现被压货的现象，一旦市场供需发生变化，价格就大幅波动，给农民带来不小的经济损失。农民合作社和农业龙头企业的形式在一定程度上增强了农户的议价能力，但是农民组织中普遍存在着内部管理不规范、农民与农民组织利益联结机制不够完善、专业化水平不高等问题，合作组织示范带动能力弱、有名无实的情况较为普遍。蔬菜生产的精耕细作模式决定了农户种植蔬菜的规模较小，且生产集中度不高。分散经营的农民销售渠道相对较窄，往往只能依靠个人或者销售团队，销售渠道的不稳定导致了农民的收入也不稳定。农民缺乏市场的价格、需求量信息，以及销售渠道狭窄，容易遭受因信息不对称所导致的损失。

（二）流通环节加价率居高不下，收益分配不均

蔬菜从产地到销地的流通过程中，需要经历收购、加工、运输、存储、分销、零售等多个环节，

每一个环节都会加价，造成蔬菜价格的上涨。蔬菜流通的加价主要包括两方面，一是蔬菜流通的成本，主要指蔬菜流通过程中所需支付的摊位费、水电费、人工费、包装材料费、运输装卸费、过秤费以及冷库租赁费等，这部分的费用是不可避免的；二是各个流通主体的利润。调研发现，流通链条中各个主体的利润分配存在不均衡的现象，中间商获得了更多的利润。蔬菜流通市场存在信息不对称的问题，农民和消费者在蔬菜流通中往往是价格的接受者，而中间商凭借这些信息获取更大的利润空间。此外，在蔬菜产地调研发现，少数收购商联合控制市场价格的现象时有发生，其通过控制市场渠道、把握市场信息等手段形成了一定的市场支配地位，进而影响蔬菜的价格。

（三）蔬菜食品安全难以保证

蔬菜食品安全问题是关系到民生的重要问题。病虫害是蔬菜种植过程中的灾害之一，极易对农业生产造成重大损失，防治措施主要包括化学药剂防治、物理防治、生物防治等，其中化学药剂就是指通过使用农药提高蔬菜的品质，这就导致农药残留问题的产生。我国农药使用量巨大，联合国粮食及农业组织（FAO）的数据显示，2020年我国农药总用量超过27万t，占世界农药用量的10%。部分农户在使用农药化肥过程中未按照规范使用农药或频繁使用农药就会导致蔬菜农残超标，生产出“毒蔬菜”。我国工业化水平的发展也给蔬菜生产带来了严峻的挑战，建在蔬菜产地周边的工厂排放的废水、废气所含的重金属会残留在蔬菜中，进而威胁人体健康^[24]。蔬菜在采摘后不耐储存，易腐易坏易失水，在流通过程中容易受到包装载具不洁、运输环境差、没有合适的存储条件等造成的生物性污染和使用违禁保鲜剂造成的化学性污染。现阶段我国蔬菜流通体系的规模化、专业化和标准化水平较低，食品安全控制体系存在漏洞，蔬菜食品安全隐患较大。同时，蔬菜生产较为分散，追溯体系建设难度大，目前只有少部分蔬菜可以追溯。

（四）蔬菜流通损耗严重

蔬菜具有易腐易损性，经过长时间的运输和运输过程中的多次装卸，很容易受到挤压、碰撞，导致蔬菜出现损伤、破裂等情况，严重影响了其品质和保鲜期。蔬菜在采摘后仍有生命活动因而在储存过程中需要特殊的温度、湿度、氧气等环境条件，当条件不满足时蔬菜就会迅速腐烂和变质。在蔬菜销售过程中，由于缺乏规范管理，很多蔬菜被摆放在不适宜的环境下，也会加速蔬菜的腐烂变质。同时，消费者购买蔬菜的挑拣、摁压等行为也会造成一定的损耗。中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会数据显示，蔬菜在从田间到餐桌的损耗率为30%，这意味着生产出来的蔬菜有

1/4无法进入餐桌。按照这个比例计算，我国每年蔬菜损耗量超过2亿吨，造成的直接经济损失高达700亿元以上。

（五）流通基础设施相比发达国家较为落后

长久以来，由于城乡二元经济结构政策以及“重视生产、忽视流通”的观念，我国蔬菜流通存在保鲜设备落后、交通条件相对较差、信息传递不畅等问题。在蔬菜流通基础设施中，保鲜设备落后是最大的瓶颈。截至2021年，我国鲜活农产品冷链物流量不足15%，与美国、日本等90%以上冷链物流量的差距显著。首先是冷库数量不足，2018年中国人均库容面积仅有0.13 m³/人，只占美国的1/4。其次是交通运输基础设施落后，我国高速公路建设重东部轻西部、重城市轻乡村特点明显，但蔬菜主产区多位于乡村，公路等级较差，导致蔬菜运输效率较低。我国超过七成的蔬菜经由批发市场流转到千家万户，但大多数批发市场的存储设施、质量安全检测基础设施仍然很简陋，基础设施的缺失导致蔬菜损失浪费巨大。批发市场中的商家作为信息的集散者，主要是通过电话这一简单的方式来获取关于采购量和采购品种等方面的信息，这种信息的传递是有限的和不完整的。在蔬菜产销对接过程中缺乏真实有效的信息作为指导，市场信息传递不及时，导致生产与销售断链，市场效率降低，造成交易成本增加。目前，我国尚未建立权威、公正、有影响力的蔬菜物流公共信息平台，导致农民和市场各主体之间的信息不对称问题比较严重。

（六）蔬菜流通半径大、环节多

我国最常见的蔬菜流通模式为：农户—经纪人—产地批发商—销地批发商—零售终端—消费者。不难看出，传统流通模式流通链条长、环节多。在冗长的蔬菜流通链条中，蔬菜的流通不仅需要花费更长的时间，造成蔬菜的腐烂变质与损耗，而且还会导致成本增加，引起蔬菜价格的上涨。蔬菜在采摘后仍具有生命活动，容易腐烂变质，流通时间的增加将会导致不必要的浪费和效率损失。随着流通环节的增加，蔬菜每经过一个环节都要被加价一次，最终导致消费者购买的蔬菜价格大幅增加。此外，流通成本与流通环节正相关，流通环节越多，流通成本越高，中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会统计数据显示，发达国家流通成本一般控制在总成本的10%左右，而我国农产品流通成本占总成本的35%，其中果蔬产品的占比超过55%。

三、对策建议

在加快农业强国、推进农业农村现代化的背景下，如何打通蔬菜流通环节的堵点，保证蔬菜稳定安全供给成为农产品流通体系建设重中之重。

（一）培育现代蔬菜流通主体

通过培育现代化蔬菜流通主体，不仅可以增强市场抗风险能力，提高市场经营管理水平，而且能够为稳定蔬菜价格和蔬菜食品安全提供保障。现代蔬菜流通体系的建立，需要完成由个体经营为主体向新型经营为主体的升级，以及蔬菜流通组织化的提升。一是品牌专业化。通过对经纪人、经销商和运销户的基本组织重塑，提升蔬菜产地产业集中度水平，实现现代化蔬菜流通主体的公司化、专业化和品牌化。二是产业规模化。通过促进农民合作发展壮大产业规模，可以提高农民在市场议价权的影响力，使其占据市场竞争中的有利地位。以优质企业的管理为基础，提升农民专业合作社的生产经营水平。通过完成农民专业合作社农产品初加工、物流仓储和市场营销的产业升级，推动上下产业链的延伸，从而进一步建立并完善“企业—合作社—农民”的全链条、全方位、全覆盖的蔬菜流通体系，构建民、企双赢的利益共同体。三是资源合理化。农业龙头企业通过兼并、重组或注资等方式，对有特色的蔬菜产业跨区域投资是激发蔬菜流通产业活力的重要方式。通过建立跨区蔬菜行业协会、蔬菜营销合作社等方式，构建区域性乃至全国性蔬菜营销网络，完成整个现代化蔬菜流通体系的资源合理化应用^[5]。

（二）提高蔬菜流通标准化、专业化程度

蔬菜流通标准化在提高蔬菜流通效率、降低流通成本和保障流通质量中发挥了重要的作用，因此要不断完善蔬菜流通标准体系、加快标准研制及推广。标准体系的制订并不是一蹴而就的，它是一个不断发展的动态过程，需要根据蔬菜产业的发展要求、发展现状不断更新和完善。建立蔬菜标准实施的监督、管理和评估体系，加强对蔬菜标准实施的监督管理，发现问题及时反馈，为标准的制订和修改提供依据。推进设施蔬菜全产业链标准示范基地建设，充分发挥示范基地的引领、辐射和带动作用^[25]。发展单元化流通，提高蔬菜供应链标准化。在蔬菜流通中推广标准化的托盘、周转箱，把其作为蔬菜采购订货、物流运输、收货验货时的物流单元、数据单元，减少流通环节造成的损耗，同时鼓励企业租赁循环使用托盘、周转箱等物流单元化载具。

（三）加强物流基础设施建设

物流基础设施是支撑蔬菜流通发展的基础，但目前蔬菜物流基础设施相对落后的问题是我国蔬菜产业快速发展的阻碍，需要加强对蔬菜物流基础设施的投资与建设，规划与整合蔬菜供应链。一是加强冷链物流建设，在流通过程中应特别重视蔬菜的冷藏保存、保鲜运输设施建设，减少蔬菜在流通过程中的腐烂和损耗。二是加强蔬菜信息网络建设和市场信息发布平台建设。建立市场信息系统、电子结算系统等，强化市场的信息服务功能，从而缓解蔬菜供需双方的信息不对称。三是加强产地批发市场建设，在蔬菜主产区建设国家级公益性批发市场，辐射带动蔬菜产业发展，实现农民增收致富^[26]。加大批发市场内基础设施投资力度，重点扶持冷藏冷链体系、食品追溯码体系、安全检验检测系统等基础设施，推动建设一批现代化的产地综合性集运配送中心。四是加强道路建设，提高对农村道路的资金投入，尤其是针对蔬菜产地的“最初一公里”，补齐供应链开端的短板，让蔬菜运得出去、卖得出去。

（四）加快推进传统流通渠道向现代流通渠道的转变

传统流通渠道占比虽大，但仍存在很多问题，例如流通半径长、环节多、损耗大等，相比之下现代流通渠道更具有优势，也更容易得到资本的青睐。因此，要加快传统流通渠道向现代流通渠道的转变。一方面，要对传统流通渠道的供应链进行整合优化，鼓励产地批发市场建设，利用现有的物流条件开展产销对接，加快批发市场、农贸市场的转型升级，强化蔬菜安全检测、加工包装、溯源查询等功能建设，加快线上线下融合发展，实现商流、物流、信息流、资金流融合发展。另一方面，要加强蔬菜流通数字化管理，传统流通渠道向现代流通渠道转型必须搭乘互联网、大数据、人工智能等新技术的顺风车，从而促进农产品流通数字化的华丽转型。

参考文献

- [1] 李崇光, 包玉泽.我国蔬菜产业发展面临的新问题与对策[J].中国蔬菜, 2010 (15) : 1-5.
- [2] 张哲晰, 穆月英.中国蔬菜出口国际竞争力及其影响因素: 国别(地区)差异与贸易潜力分析[J].世界农业, 2015 (10) : 132-140.
- [3] 杨青松.农产品流通模式研究[D].北京: 中国社会科学院研究生院, 2011.
- [4] 程言清, 黄祖辉.农产品流通现状、问题及发展趋势[J].价格理论与实践, 2002 (6) : 30-32.
- [5] 王素玲, 陈明均.我国蔬菜流通现状及发展对策[J].中国蔬菜, 2013 (7) : 1-5.
- [6] 王小洁.我国蔬菜价格及流通渠道问题探析[J].价格理论与实践, 2011 (6) : 36-37.
- [7] 李崇光, 肖小勇, 张有望.蔬菜流通不同模式及其价格形成的比较: 山东寿光至北京的蔬菜流通跟踪考察[J].中国农村经济, 2015 (8) : 53-66.
- [8] 王学真, 刘中会, 周涛.蔬菜从山东寿光生产者到北京最终消费者流通费用的调查与思考[J].中国农村经济, 2005 (4) : 66-72.
- [9] 孙侠, 张闯.我国农产品流通的成本构成与利益分配: 基于大连蔬菜流通的案例研究[J].农业经济问题, 2008 (2) : 39-48.
- [10] 张有望, 肖小勇.流通成本视角下蔬菜流通模式的比较研究: 基于山东、北京的调查[J].广东农业科学, 2015, 42 (5) : 157-162.
- [11] 赵晓飞.蔬菜流通渠道中的价格波动规律与利益协调机制[J].中国流通经济, 2014, 28 (7) : 101-109.
- [12] 张有望.蔬菜产销地批发市场间的价格传递效应研究: 基于山东寿光至北京蔬菜流通的考察[J].北京工商大学学报(社会科学版), 2016, 31 (6) : 26-33.
- [13] 吴舒, 穆月英.中间商介入的蔬菜流通模式选择及影响因素分析[J].经济问题, 2016 (12) : 99-105.
- [14] 王春娟, 赖阳.农产品流通渠道变迁: 理论与模型[J].商业经济研究, 2020 (7) : 123-127.
- [15] 穆月英, 赖继惠.生计资本框架下农户蔬菜流通渠道及影响因素[J].农林经济管理学报, 2021, 20 (4) : 429-437.
- [16] 郭娜, 刘东英.我国生鲜蔬菜流通渠道效率比较与评价[J].物流技术, 2014, 33 (3) : 114-117.
- [17] 李靓, 穆月英.批发市场主导模式下不同渠道蔬菜流通效率的比较: 基于微观农户视角的DEA-Tobit模型[J].中国流通经济, 2017, 31 (4) : 69-76.
- [18] 姜鹏, 郝利, 任爱胜.基于层次分析法的北京市蔬菜流通效率主要影响因素分析及对策[J].

江苏农业科学, 2014, 42 (2) : 402-404.

[19] 赵大伟, 景爱萍, 陈建梅.中国农产品流通渠道变革动力机制与政策导向[J].农业经济问题, 2019 (1) : 104-113.

[20] 赵晓飞, 李崇光.农产品流通渠道变革:演进规律、动力机制与发展趋势[J].管理世界, 2012 (3) : 81-95.

[21] 包玉泽, 于颖, 周怡, 等.中国蔬菜产业的布局及其演化研究: 1990-2014年[J].干旱区资源与环境, 2018, 32 (11) : 53-58.

[22] 郭华, 蔡建明, 汪德根.大流通背景下北京外埠蔬菜供应时空格局及效应分析[J].经济地理, 2012, 32 (3) : 96-101.

[23] 陈阿兴, 岳中刚.试论农产品流通与农民组织化问题[J].农业经济问题, 2003 (2) : 55-60.

[24] 王艳芳, 李灵芝.我国蔬菜食品安全问题及对策[J].北方园艺, 2014 (15) : 194-197.

[25] 胡莹莹, 夏海波, 胡永军, 等.设施蔬菜全产业链标准体系研究[J].中国标准化, 2022 (17) : 105-109.

[26] 张长厚.发展农产品流通的瓶颈与思考[J].中国流通经济, 2012, 26 (4) : 22-24.

果蔬产业联合体促进小农户 与现代农业衔接的机制

中国农业科学院农业经济与发展研究所

王佳美, 周 慧, 胡向东

发表于《中国流通经济》2025年3月, 第39卷第3期: P33-44

摘 要

农业产业化联合体, 作为现代农业产业化组织形式之一, 是农业产业化发展到新阶段的必然产物。探究农业产业化联合体在实现小农户对接现代农业中发挥的作用具有重要意义。果蔬产业联合体, 作为农业产业化联合体众多类型中的一种, 在推动农业现代化进程中发挥着独特作用。它以果蔬种植、加工、销售等环节为纽带, 将各类农业经营主体紧密联结, 形成风险共担、利益共享的合作模式。以16家果蔬连锁企业与合作主体为研究对象, 探究果蔬产业联合体促进小农户与现代农业衔接的作用机制。研究发现, 果蔬产业联合体主要通过组织化经营、标准化生产和绿色化生产以及产业链延长作用机制促进小农户与现代农业有机衔接。果蔬产业联合体通过主体之间要素禀赋的互补性、分工协作、稳定的契约关系以及主体之间的利益共生实现联结。然而, 在果蔬产业联合体的发展中也存在着小农户组织化合作经营意识淡薄, 标准化生产认知不足, 标准难以执行, 绿色生产技术应用不足, 食品安全监管缺位, 农户难以分享产业链延长的附加值等问题。因此, 为推动果蔬产业联合体的健康可持续发展, 需提升小农户合作意识, 完善合作与利益分配机制, 确保农户在合作中获得合理收益; 增强小农户标准生产意识, 加大生产设备投入, 为小农户提供技术支持和培训; 促进绿色生产技术应用, 加强食品安全监管, 加大对农产品生产、加工、销售全链条的监管力度, 增加监管人员和设备投入; 保障农户分享产业链附加值, 让农户以土地、劳动力等要素入股, 共享发展收益。

目 录

果蔬产业联合体促进小农户与现代农业衔接的机制	69
引言	71
一、农业产业化联合体的理论分析	73
(一) 农业产业化联合体能够降低交易成本, 实现资源的优化配置....	74
(二) 社会关系网络是农业产业化联合体嵌入关系结构的切入点.....	74
(三) 制度性关联是农业产业化联合体嵌入关系结构的诱因.....	74
二、果蔬产业联合体样本企业的基本情况 & 经营模式.....	75
(一) 基本情况	75
(二) 资料收集	76
(三) 经营模式	76
三、小农户与现代农业衔接中存在的问题	77
(一) 组织化经营中小农户合作意识淡薄	77
(二) 标准化生产认知不足, 标准执行难	78
(三) 绿色生产技术应用不足, 食品安全监管缺位.....	78
(四) 果蔬延长产业链获得的附加值农户难以分享.....	79
四、果蔬产业联合体的联结机制.....	80
(一) 联结基础是主体之间要素禀赋的互补性	80
(二) 联结动力是主体之间的分工协作	80
(三) 联结保障是主体之间稳定的契约关系	81
(四) 联结源泉是主体之间的利益共生	81
五、果蔬产业联合体促进小农户与现代农业衔接的作用机制	82
(一) 组织化经营	82
(二) 标准化生产	83
(三) 绿色化生产	84
(四) 延长产业链	85
六、研究结论与建议	86
(一) 研究结论	86
(二) 政策建议	86
参考文献	88

引言

我国农业具有家庭生产分散经营，规模效益、技术效率低下的特点，农产品生产标准化程度低，市场竞争力较弱，农户在市场交易中话语权较低，经济收益低下等问题。基于我国“大国小农”的国情农情，如何促进现代农业发展成为各界人士研究的重点课题。为扶持小农经济的发展，增加农民收入，促进乡村振兴，国家制定并施行了一系列政策措施，特别是党的十九大以来，国家大力支持构建现代农业产业体系、生产体系和经营体系，培育新型农业经营主体，健全农业社会化服务体系^[1]，大力支持农业产业化龙头企业创新发展，发挥龙头企业的带动作用，推进我国现代农业经营体系建设。这些举措旨在借助中坚力量有效缓解小农经济存在的弊端，推动农业适度规模经营稳步发展，实现小农户和现代农业发展有机衔接。

小农户与现代农业的有机衔接，不仅能够促进农民增收，也可以推动农业高质量发展。有关小农户与现代农业发展有机衔接的研究认为，要把小农户嵌入现代农业产业体系、生产体系和经营体系中^[2]，小农户与现代农业衔接的实质是小农户与农业企业之间产品链或资源链的衔接，家庭农场和农民合作社是衔接的中介组织^[3]。2003年，我国首次提出农业产业化联合体这一概念^[4]，2017年农业农村部等6部委联合发布的《关于促进农业产业化联合体发展的指导意见》（以下简称《指导意见》）中认为“农业产业化联合体是龙头企业、农民合作社和家庭农场等新型农业经营主体以分工协作为前提，以规模经营为依托，以利益联结为纽带的一体化农业经营组织联盟”，并以引领普通农户发展，向现代农业迈进为目的。2019年，《国务院关于促进乡村产业振兴的指导意见》指出“鼓励发展农业产业化龙头企业带动、农民合作社和家庭农场跟进、小农户参与的农业产业化联合体”。由此，对农业产业化联合体的研究与讨论呈现蓬勃发展态势。农业产业化联合体是由新型农业经营主体引领带动小农户发展，共同向现代农业迈进的经营联盟。农业产业化联合体涉及小农户与龙头企业，以及中介组织农民合作社和家庭农场，包含小农户对接现代农业的所有参与主体，农业产业化联合体契合构建现代农业生产体系、经营体系、产业体系和增加农民收入等多重政策目标^[5]，探究农业产业化联合体在实现小农户对接现代农业中发挥的作用具有重要意义。

与本文相关的文献主要包括两个分支：一是小农户和现代农业对接的研究，二是关于农业产业化联合

体的文献研究。学者们对小农户和现代农业对接的研究主要集中在以下三个方面：一是关注中介组织或媒介实现两者的衔接。学者们聚焦的视角主要围绕生产端和流通组织，包括农产品交易市场^[6]，农业生产托管组织^[7]、嵌入乡土社会的村庄经纪人^[8]，村社统筹^[9]、集体统筹^[10]、村集体为基础的农业组织化^[11]。二是促进小农户与现代农业衔接的发展。改革开放以来，促进小农户与现代农业衔接的制度设计不断完善，从20世纪80年代实行统分结合，90年代促进农业产业化发展，到21世纪鼓励培育新型农业经营主体^[12]，再到对新型统分结合双层经营体制进行的探索^[13]。三是不同类型衔接方式的探讨。从小农户分化的角度，将衔接方式归纳为规模扩大、劳动力节约、产值提升和产业拓展四种类型^[14]。现阶段，中国小农户与现代农业发展衔接呈现出多元形态，是个体型、组织型、关系型衔接机制相互交织、融合的结果^[15]。

学者们对农业产业化联合体进行广泛而深入的研究。一是围绕概念内涵、产生原因进行讨论。农业产业化联合体是小农户与现代农业经营主体组成的共生系统^[16]，是我国农村纵向产业融合的高级形态^[17]，农业产业化联合体是农业现代化的必然产物，是小农户与现代农业发展有机衔接的实施载体^[18-19]。生产链上分工更加细化，农业技术不断发展，市场格局由卖方市场向买方市场转变，导致农业产业化联合体的产生^[20]。二是联合体产生动力和类型。目前，除园区聚集型、产业集群型外，主体集合型联合体是数量占比最大的主流联合体形式，龙头企业占据主导作用，通过加工、流通、对接消费者的后端优势，向前辐射专业合作社、小农户等其他经营主体，形成产业链后端带动前端发展的格局^[21]。三是联合体的演化和优化。针对农业产业化联合体出现组织异化、主体行为扭曲等问题，以降低交易成本、提高分工协作收益为动力，进行优化再组织和组织创新，推动组织模式纵向演化^[22]。

作为新型农业产业化组织，农业产业化联合体产生的利益联动对协作绩效的影响与农业经济可持续发展密切相关^[23]。农民合作社是农业产业组织的重要组成部分，通过提高管理效率和进行技术方面的投资来实现更高的生产力^[24]。加入合作社的农户拥有更高的收入和更少的农业支出^[25]，合作社发挥着为社员提供推广培训、农用设备、生产资料等、创造就业机会的作用^[26]。商超作为生鲜商品的零售终端，在发展中国家食物系统中发挥越来越重要的作用，与传统销售渠道相比，小农户将蔬菜卖给超市获得的收入更多，

商超能够提供更高的采购价格主要来源于中间环节和交易成本的减少，商超采购可以提高市场效率和农产品价格，增加农民收入^[27]。但值得注意的是，农超对接模式不能解决所有小农户的发展问题，而是针对那些能够满足企业各种要求的部分农户^[28]。鉴于当地合作社、发展组织和政府农业机构在社区中的广泛存在和强大影响力，他们在提高农民对蔬菜安全生产技术的认识，助力生产优质蔬菜方面发挥重要作用^[29]。

通过对文献的梳理可以发现，学者们大多聚焦于某一个主体，研究小农户与现代农业的对接问题，多以新型农业经营主体对小农户的带动作用为主，或关注专业合作社，或关注龙头企业，但忽视了他们之间的联合与相互影响对小农户和现代农业发展的促进作用。农业产业化联合体涉及多元主体，各主体基于合作机制，在分工协作的基础上实现协同共进，在权力制衡的框架下进行相互约束，进而形成优势互补、风险共担、利益共享的有机整体，以此推动农业产业化的高质量发展。目前研究农业产业化联合体对小农对接现代农业的促进作用的文献还较少，并且多以某一地区的企业或发展模式为例进行案例分析，研究样本的代表性和广泛性不足。因此，本文以16家果蔬连锁企业及其合作主体为研究对象，系统性地探究果蔬产业联合体作为农业产业化联合体的重要实践形式，在促进小农户与现代农业有机衔接中的多维度作用机制。同时，对果蔬产业联合体内各主体，如农户、合作社、企业之间的关键联结机制进行挖掘。本研究对于梳理果蔬产业联合体的运作模式，以及推动小农户在果蔬种植、销售等环节实现现代化转型具有重要意义，旨在填补现有研究在果蔬产业联合体与小农户现代化转型方面的空白，为相关领域的研究提供新的视角和思路。

一、农业产业化联合体的理论分析

农业产业化经营组织经历了从传统的“公司+农户”、“公司+合作社+农户”到现代农业产业化联合体的形式探索^[30]。农业产业化联合体，作为现代农业产业化组织形式之一，是农业产业化发展到新阶段的必然产物，依赖主体间的要素流动、专业化分工和利益风险共担机制形成紧密联合^[18]。更为关键的是，农

业产业化联合体依赖稳定的契约关系，而这种稳定性建立在交易成本降低、社会关系网络以及制度性关联的坚实基础之上^[31]。

（一）农业产业化联合体能够降低交易成本，实现资源的优化配置

基于契约理论，“市场+农户”组织形式下契约达成的潜在可能为多主体对多主体，而产业化联合体内部各主体间则为关系型契约，在联合框架下达成的交易具有确定性，减少搜寻成本与不确定性，降低交易成本。合约参与者，尤其是联合体内部的小农户通过联合体实现组织化经营，相比直接面对大市场模式下的农户更具有稳定性，风险程度更低。此外，在资源配置方面，主体间的产业化联合使得要素禀赋的互补性得到充分发挥，小农户拥有的土地、劳动力等要素，在新型农业经营主体的技术、资金的加持下，资源得以整合，可以促进小农户生产的现代化^[32]。

（二）社会关系网络是农业产业化联合体嵌入关系结构的切入点

基于嵌入性理论，农业产业化联合体通过行政嵌入、关系嵌入、文化嵌入和认知嵌入机制，有效地实现联农带农的发展目标，促进小农户与现代农业相衔接^[33]。龙头企业通过资源嵌入、制度嵌入规范合作农户的生产行为，并通过关系嵌入联结众多小农户^[34]。联合体中农业企业为农户提供生产资料，并通过中介组织传达生产标准，中介组织一般为合作社或者是农户代表，通过关系嵌入成为农业企业与众多小农户的联结桥梁^[35]。在资源嵌入与制度嵌入框架下，联合体内部的农户需按照企业标准进行生产，对于投入品的使用、品种的选择均有执行标准。农业企业为满足产品需求，会对农户进行培训，包括种植方式、化肥农药施用等方面的技术指导。同时，通过直接供应新品种、生物制剂、物理防控设备等生产资料，从源头上把控产品质量，对农户的生产行为形成有效约束，进而促进农户生产的标准化与绿色化。农业产业化联合体的利益共同体性质有利于保障农产品的质量安全，通过内部循环推动农业绿色化发展^[36]。

（三）制度性关联是农业产业化联合体嵌入关系结构的诱因

制度性关联是与组织发展相关的外部制度环境，包括规则、标准等^[31]。农业产业化政策推动农业合约组织的涌现^[37]。政府部门的外部驱动力是联合体产生的直接诱因^[32]。2017年的《指导意见》提出针对农

业产业化联合体在用地保障、税收减免、专项补贴等方面给予政策支持，2021年农业农村部办公厅中国农业银行办公室印发的《关于金融支持农业产业化联合体发展的意见》，提出要推出金融服务方案和新型信贷产品，以拓宽农业产业化联合体的融资渠道并加大信贷投放。多项政策的出台为农业企业、农民专业合作社和家庭农场带动小农户的发展提供了资金支持与政策保障。

二、果蔬产业联合体样本企业的基本情况及经营模式

（一）基本情况

本研究聚焦农业产业化联合体，依据其内涵定义，联合体涵盖了众多经营主体，其中包括农户、农民专业合作社，以及作为核心引领的龙头企业等。本文所选取的龙头企业为16家果蔬连锁超市，这些企业的经营模式各具特色且多样化，合作主体广泛，涵盖农户、农民专业合作社以及其他农业企业等关键主体，这些主体共同构成了果蔬产业联合体。这16家果蔬连锁超市分别位于深圳、北京、成都、长春、武汉、安徽、山东、湖南、贵州、广东等地，均是当地的龙头企业。选取这16家果蔬连锁超市原因是：第一，样本的典型性。所选取的样本均来自中国连锁百强超市排名位列前100名的企业，所选企业拥有全国领先的冷藏加工能力和运营管理水平，能够充分展现当前最先进的经营模式。第二，样本的多样性。这16家果蔬连锁企业在果蔬经营模式与合作模式上各有不同，为深入探究小农户如何有效对接现代农业提供了分析素材和对比案例。第三，样本的适应性。果蔬连锁超市企业与农户、农民专业合作社之间的合作模式与互动关系，为深入分析农业产业化联合体的运作机制、利益联结方式以及其在现代农业发展中的作用提供了丰富的案例和视角。这16家果蔬连锁企业基本经营情况如表1所示。

表1：2022年16家果蔬连锁企业基本经营情况

样本企业	所在地区	蔬菜销售额/万元	水果销售额/万元	果蔬采购量/吨
A	深圳	0	1028 900	—
B	贵州	36 720	36 000	46 000
C	湖南	48 950	51 175	130 000
D	北京	12 372	12 252	26 000

样本企业	所在地区	蔬菜销售额/万元	水果销售额/万元	果蔬采购量/吨
E	深圳	870	19857	25000
F	上海	8257	6193	36500
G	长春	27930	25358	36524
H	山东	11920	19072	45000
I	广东	15989	23513	70000
J	成都	6840	12060	10500
K	北京	6310	0	15000
L	深圳	28800	69120	61000
M	安徽	63608	33924	109500
N	武汉	41093	51688	93132
O	山东	23400	31200	80000
P	山东	141856	149130	418463

资料来源：根据企业问卷整理所得。

（二）资料收集

本研究的样本企业资料主要来源于两部分：一是2023年初采用向样本企业管理者发放电子问卷的形式进行收集。企业问卷内容包括果蔬经营的基本状况、销售规模、经营模式、农产品加工、品质管理措施、门店日常运营情况、在与农民合作社合作过程中遭遇的主要挑战与障碍，以及政府补贴等。共收集企业问卷16份。二是为更深入地了解实际情况，笔者在2023年第一季度开展实地调研，实地考察了山东、武汉以及广东地区的果蔬连锁超市，以及与这些果蔬连锁超市建立合作关系的果蔬种植专业合作社和种植基地的合作农户。与企业、合作社的相关负责人以及合作农户就具体的合作经营模式展开深度访谈。访谈内容包括企业在标准化输出方面的情况，主要为种植和采收标准的制定与执行情况，针对农户的技能培训开展状况，以及政府所给予的支持政策等。与果蔬合作社访谈主要内容为助力农户绿色生产与种植方面所采取的举措，如化肥、农药的施用，以及对农产品的初级加工情况等。与种植农户的访谈主要围绕他们与合作社、企业的合作模式，成本收益情况，以及化肥、农药施用情况，在合作过程中遇到的问题和困难等内容。

（三）经营模式

样本企业的果蔬经营模式主要包括三种：一是基地直采，即果蔬企业通过直接与果蔬种植基地对接，以最低的价格进行果蔬采购，能够保证货源的稳定性与产品品质。如样本企业P在果蔬产品经营上采取

“基地+超市”农超对接模式，通过建立农产品基地，引导订单农业生产，形成从“生产基地→批发市场→果蔬配送”的一条龙产业链，并与全国200多个合作社建立合作关系，超过80%的果蔬产品采取“基地直采”模式。二是地头采购，企业自主对接主产区经销商或合作社，有计划、有规模地开展集中式地头采购。这种模式能让企业在产地直接获取丰富的货源，迅速满足大规模采购需求，同时确保采购的果蔬新鲜度与品质。三是批发市场采购，通过批发市场进行果蔬采购，灵活性较强，可以就近采购特色品种，以满足季节性补货需求，增加产品多样性为目的。在这三种采购模式中，样本企业主要以基地直采和地头采购为主，而批发市场采购仅在需要补充货物库存时才进行，且采购量相对较少。

三、小农户与现代农业衔接中存在的问题

（一）组织化经营中小农户合作意识淡薄

很多小农户习惯于个体经营，缺乏合作意愿。他们担心加入合作组织后会失去经营自主权，或者对合作组织的收益分配和运营管理方式不信任。具体在果蔬联合体的运营中，农户面临的主要问题聚焦于产品质量管控与利益分配两个方面。产品质量方面，农户在与企业开展合作的过程中，企业通常会依据市场需求以及自身的销售标准，对农产品设定相对较高的质量要求。这意味着农户需要在种植、采摘、分拣等环节投入更多的人力、物力与技术资源，以确保产品符合企业所规定的品质标准。然而，尽管农户为满足高质量要求付出了诸多努力，但在价格方面却处于明显的劣势地位。企业出于成本控制、市场竞争以及利润最大化等多重因素的考量，给予农户的采购价格往往相对较低，使得农户难以凭借与企业合作所生产的农产品获取较高的经济收益。

笔者在调研中发现，由于合作契约条款不够清晰明确，当市场行情出现较大波动时，各主体之间对于价格调整、产品规格变更等容易产生分歧，进而影响合作的稳定性和持续性。例如，在价格下跌时，果蔬连锁企业可能会要求农民专业合作社降低供货价格，而合作社则因自身成本压力难以接受，这种矛盾往往会传导至小农户层面，导致其生产积极性受挫，甚至出现中断合作、退出联合体的情况。同时，信息传递

的滞后与失真也成为制约联合体高效运作的因素之一。小农户由于缺乏有效的信息获取渠道，难以及时了解市场需求的动态变化，导致种植品种与市场需求出现偏差，造成产品滞销积压，而这些损失又未能在联合体内部得到合理的分担与化解，进一步加剧了各主体之间的矛盾。

（二）标准化生产认知不足，标准执行难

标准认知不足。小农户对果蔬标准化生产的概念和重要性认识不够。许多小农户仍然按照传统经验进行种植，不了解诸如农药残留标准、果实大小分级标准等现代生产标准。例如，在果蔬的外观形态、色泽、口感、农药残留量等方面都必须达到严格的指标标准。然而，在产品采购中存在分级分选困难以及合作社配合度欠佳等问题。这使得企业难以按照既定标准进行产品采购，主要是因为农户数量众多且产量较大，易出现不合格产品掺杂其中的情况，从而影响整体产品质量的把控。对此，样本企业F采取的防控措施是依据过往经验，结合季节和产区的特点，提前进行市场预警，以降低此类问题带来的影响。

执行标准困难。标准化生产需要一定的技术和设备支持，但小农户往往缺乏资金购买先进的生产设备，如精准灌溉设备、质量检测设备等。同时，标准化生产对技术要求较高，小农户自身的技术水平有限，难以掌握复杂的种植技术和操作规范。例如，在一些精细的果蔬品种种植过程中，对温度、湿度和光照等生长条件要求严苛，小农户很难达到标准。监管难度大，由于小农户数量众多且分散，对其生产过程进行监管的成本高、难度大。企业很难对每一个小农户的每一个生产环节进行监管。这就导致一些小农户可能会存在违规生产的情况，影响整个果蔬产品的质量和声誉。

（三）绿色生产技术应用不足，食品安全监管缺位

小农户对绿色生产技术，如生物防治病虫害技术、有机肥料的使用技术等掌握程度低。例如，在病虫害防治方面，很多小农户不熟悉利用害虫天敌等生物防治方法，主要是依赖化学农药。这一方面是因为缺少技术培训，另一方面是生物防治技术需要一定的技术和管理经验，小农户难以快速掌握。同时，资金短缺使得小农户无法购买绿色生产所需的物资和设备。由于绿色认证成本高，绿色食品认证等相关认证程序复杂，费用较高。小农户难以承担认证费用，加之目前市场上对绿色果蔬的价格激励机制不健全，绿色果

蔬和普通果蔬的价格差异不明显，小农户缺乏主动申请认证的动力。

在农产品安全问题方面，监管缺位的情况较为突出。由于农户的绿色生产意识不强并存在侥幸心理，果蔬农药残留超标问题较严重。农产品从生产到销售的环节众多，监管力量难以全覆盖。在农户生产端，一些农户存在投机行为，为了让果蔬更快成熟、外观更好看，违规使用高毒、高残留农药，致使果蔬农药残留严重超标。由于缺乏有效的监管，存在安全隐患的农产品很难被及时发现和处理，严重威胁着公众的食品安全。如样本企业H的负责人表示，市场农产品监管部门只在零售端进行监管处罚，出现农药残留超标问题往往由企业自行承担惩罚成本，企业只能采取增加检测频次等措施，但仍然难以确保源头农产品的质量安全。

（四）果蔬延长产业链获得的附加值农户难以分享

农户加入果蔬产业联合体虽然延长了农产品产业链，但也面临着利益分配问题。在果蔬产业联合体中，农户话语权严重缺失，处于被动接受的弱势地位，难以从价值链增值中获益。果蔬零售企业主导的果蔬深加工所创造的附加值，在生产端的农户几乎无法分享。例如，零售企业将农户提供的果蔬加工成果汁、果脯后，凭借品牌包装和市场推广，产品价格大幅提升。农户作为农产品的主要生产者，通过农产品销售所获取的经济收益极为有限，与产品最终的高附加值收益相差甚远。这种收益分配的巨大落差，使得农户即便参与了产业链的延伸，却难以真正享受到产业发展带来的红利。

整个产业链条中，果蔬采购商完全掌控了最为关键的果蔬定价权。他们在制定采购价格时，主要依据自身成本核算、销售预期以及市场行情制定果蔬产品的采购价格，这种定价机制常常忽视农户的生产成本投入与合理利润诉求。与市场上同类农产品自由交易形成的价格相比，有时企业给出的收购价格明显偏低，极大地压缩了农户的利润空间。长此以往，不仅会打击农户的生产积极性，还可能降低农户对合作关系的信任度，对果蔬联合体的稳定运行和可持续发展构成潜在威胁。亟须建立公平合理的利益分配机制，充分考虑农户的投入与回报，增强农户在产业联合体中的话语权，确保各方在产业链延伸中实现共赢，推动果蔬产业可持续发展。

四、果蔬产业联合体的联结机制

调研发现，果蔬产业联合体是一种果蔬零售商对接果蔬合作社及果蔬种植农户的运营模式，具体分为“果蔬零售商+果蔬种植合作社+合作农户”和“果蔬农产品零售商+生产基地”两种合作模式。果蔬产业联合体的联结主要通过主体之间要素禀赋的互补性、主体之间的分工协作、主体之间稳定的契约关系和主体之间的利益共生实现。

（一）联结基础是主体之间要素禀赋的互补性

农业生产依赖土地、劳动力、技术等要素的投入。小农户具有其他主体所没有的土地要素禀赋。无论是流转土地，还是生产农产品，小农户在联合体中都处于基础地位。分散的小农户生产难以满足和对接企业需求。专业合作社拥有资金、设备和先进技术等现代生产要素，起到连接小农户与农业企业的桥梁作用，发挥技术管理、信息收集和统筹协调职能。合作社的职能在一定程度上弥补了小农户生产中缺乏技术、信息、管理经验等方面问题。例如，与样本企业I合作的蔬菜专业合作社主要生产无公害蔬菜，村里及周边的农户带地入社，由懂技术、会种植的能人带领农户进行绿色、有机蔬菜种植，开展农民所需的种植技术培训。合作社负责人带领合作社与省农业科研院所、生物科技公司进行合作，引进复合微生物有机肥发酵技术，采用发酵菌种的复合微生物制剂，深入开展生态种植技术，实现绿色种植、科学管理。合作社生产的蔬菜因其全程未施用农药及化肥，遵循绿色生态农业的理念，从而确保产品的高品质与安全性。这一特点受到众多注重食品安全与可持续发展的农业企业青睐，对此类农产品表现出高度的合作意愿，并积极展开订购合作。

（二）联结动力是主体之间的分工协作

小农户在果蔬产业的分工主要集中于产业链的上游，即种植环节，小农户需要投入大量的劳动力和时间进行果蔬的种植和培育。农户往往局限于传统的种植模式，对于现代农业生产理念、市场需求变化以及果蔬产品的深加工技术了解不足，在一定程度上限制其产品的市场竞争力和盈利能力。合作社等中介组织起到衔接上下游主体的作用，负责协助企业对农户进行技术培训，传授果蔬种植、病虫害防治和采收标准，

进行初级的农产品处理等。而农业企业位于产业链下游，从事加工、物流、仓储、销售等，将农产品进行清洗、分级、包装等处理，以提高果蔬的附加值和市场竞争力。以样本企业O及其相关联的上游合作主体为例，分析其果蔬供应链上各经营主体的分工协作，其中，农户专注于蔬菜的种植生产，但缺乏市场导向意识和先进加工技术，在提升产品附加值和拓宽销售渠道方面面临诸多挑战；山东省寿光市兴发果蔬专业合作社作为关键的中间枢纽，负责果蔬产品的分级筛选与初步加工；加工后的产品输送至样本企业O进行进一步的商业化处理与市场推广。形成了“农户专注种植—合作社承担分级与初加工—农业企业进行收购与销售”垂直果蔬产业链联合体。

（三）联结保障是主体之间稳定的契约关系

笔者调研发现，所调研的果蔬连锁超市与果蔬经销商、专业合作社和生产基地分别签订了年限为1~14年不等的合作协议，为各主体之间的合作提供了规范和约束框架，确保合作的持续性与稳定性，进而有效实现产销对接。在合作协议中，均详细规定了种植品种、收购量、产品品质等内容。合作年限到期后，根据合作期间的供货情况，确定接下来的合作意向。这种基于契约且动态调整的合作模式，为联合体的长期稳定运行奠定了基础。种植农户依据协议进行农产品的生产，实现了定种、定量、定标准的精准化生产模式。这种模式紧密贴合市场需求，使得农产品从生产端到销售端得以顺利衔接，达成高效的产销对接，改变了小农户以往盲目生产的状况，有效规避了生产出来的果蔬农产品无人收购的市场风险。例如，样本企业N与多家供应商进行合作，其中，与湖北省武汉市景绿生态农业有限公司签订了14年的合作协议，2022年采购叶菜类蔬菜183.7吨；与厦门市盛福食品冷冻有限公司签订6年合作协议，2022年采购块茎类蔬菜592.8吨；与浙江苍南县红宇蔬菜种植专业合作社签订6年合作协议，2022年采购茄果类蔬菜1033.4吨；与湖北汉川市新新蔬菜专业合作社签订14年合作协议，2022年采购瓜果类蔬菜1431.6吨；与山东栖霞市润超果蔬专业合作社签订4年合作协议，2022年采购水果2508.5吨，充分体现了契约关系在果蔬供应链联合体中实现产销对接的重要性与有效性。

（四）联结源泉是主体之间的利益共生

各经营主体能够发挥比较优势并共同获得收益是合作与联合的源泉。在果蔬产业联合体中，主体之间的利益共生尤为重要。果蔬产品保鲜期短，即时销售成为农户和农业企业共同面临的难题。小农户与农业企业形成联合体，在一定程度上能够解决菜农和果农的果蔬即时销售问题。不仅确保小农户的农产品有稳定的销路，同时也保证了农业企业获得了稳定的货源，保障农产品质量。这种合作关系能够降低交易成本，稳固交易关系，减少市场交易的不确定性。例如，样本企业B是贵州地区一家具有代表性的果蔬连锁超市，通过与当地的小农户形成联合体，有效保证了果蔬供应。同时，该企业还与周边地区多家合作社和蔬菜种植大户建立长期稳定的合作关系，确保农产品的稳定供应，农户也获得了稳定的销售渠道。该企业与贵州清镇市顺锋宜鲜种养殖农民专业合作社签订合作协议，进行叶菜类蔬菜的采购，年采购量高达近2000吨。这种长期稳定的合作关系不仅确保小农户的产品销售渠道的稳定，也保证了该企业能够获得持续、高质量的叶菜类蔬菜货源。该企业还与贵州德江县众联果蔬种植专业合作社建立合作关系，年采购瓜果类蔬菜100多吨。

五、果蔬产业联合体促进小农户与现代农业衔接的作用机制

调研发现，果蔬产业联合体促进小农户与现代农业有效衔接主要通过四大作用机制实现：一是组织化经营，通过联合体的形式将分散的小农户组织起来，形成规模效益，提高生产效率和市场竞争力；二是标准化生产，推动小农户生产符合现代农业的种植和管理标准，提高产品质量；三是绿色化生产，引导小农户采纳绿色、安全的生产方式，通过科学调控减少化肥及农药的施用量，并严格确保农药的规范与合法应用，保障果蔬产品的安全性；四是延长产业链，通过联合体内部的资源整合和协作，将果蔬产业从生产端向加工、销售环节延伸，增加产品附加值。

（一）组织化经营

果蔬产业联合体涉及主体主要包括小农户、农业企业以及将众多小农户联结起来的中介组织农民专业合作社和家庭农场等。小农户通过“农户+代理人+公司”“农户+农民专业合作社+公司”等经营模式实现组织化。农业企业与众多小农户联结合作，需要通过中介组织、代理人，或农民专业合作社才能实现。果蔬

产业联合体通过资金、技术、品牌、信息等要素的融合渗透，形成比较稳定的长期合作关系。这种合作关系可以降低交易成本，提高资源配置效率，联合体成员能够共同应对市场风险，实现互利共赢。各成员在保持产权关系不变、独立经营的基础上，通过签订合同或协议，形成紧密型农业经营组织联盟，实行一体化发展。这种联合发展的模式，既保持了各成员的独立性，又实现了资源共享和优势互补，为小农户融入现代农业提供有力支持。对于小农户而言，这种合作模式有助于他们降低生产成本，提高产品质量和附加值，从而增加收入。合作社起到联结小农户和农业企业的作用，农业企业与众多小农户直接对接的交易成本高，与合作社进行对接交易可以大幅度降低成本，从而使合作社与小农户的联系更加紧密。通过订单农业、共建生产基地联合经营等方式，众多小农户与零售企业实现产销对接，确保小农户的农产品有了稳定的销路。

以与样本企业I合作的一家蔬菜专业合作社为例，当地农户通过土地托管、参与入股以及提供劳务等方式加入合作社。合作社负责人引领当地100多户农民进行蔬菜种植，加入合作社的农户每年不仅能获得一定金额的租金和分红，而且在合作社进行劳动时，还能获取工资收入。此外，在山东文登宋村，样本企业P与当地的三个生产基地建立了长期合作关系。这些生产基地由当地能人负责组织，他们负责宋村种植蔬菜的农户与样本企业P进行对接。通过该合作模式，小农户能够更好地融入市场，提高生产效率，同时也能够获得更稳定的收入来源。

（二）标准化生产

果蔬产业联合体通过约束性规制措施，进行生产标准输出，监督农户生产行为，通过组织规范促使其进行标准化生产，农户在外部规制下规范生产行为，形成“风险共担、利益共享”的联结机制。联合体内果蔬经营企业均会在国家标准、行业标准、团体标准的基础上，根据市场需求、运营管理形成一套企业标准，供应商须按照企业标准供应农产品，从而倒推供应链上游的生产行为，起到了龙头企业向上游背书标准的作用。其中，生产标准包括投入品的使用、技术规范、采收标准、质量规格分级、运输载具等方面的要求。农业公司、专业合作社等主体按照企业标准督促小农户按照标准化规范进行种植生产，形成龙头企

业背书标准，农业公司、专业合作社协助小农户执行生产标准的标准制定、推广、执行体系。例如，样本企业A在蔬菜采购中会进行供应商准入审核，采取生产现场检查、查验资质证照和文件记录的方式进行考察，并根据企业内部制定的检查表开展生产基地现场检查工作，对种植过程中农药和化肥的使用进行定期抽样检查。采收后的农产品按照国家标准验收，部分企业（样本企业B、样本企业C、样本企业D、样本企业E）还有企业内部验收标准，涉及产品的规格、外观、口感等方面，并对入库产品进行农药残留的快速检测。

样本企业P与其生产基地合作多年，在种植标准、产品规格上达成了统一，对于运输载具的使用、装箱及运输环节也均已形成了标准化流程。农户非常熟知企业的采购标准，并按照标准种植。对于种子、化肥、农药等投入品的使用，以及种植技术和采收环节企业进行指导和把控，科学、标准化生产。有的企业（样本企业D、样本企业I、样本企业O）则不会直接对每家小农户进行种植检查，而是由专业合作社对产品进行质量把控，以确保果蔬农产品的质量安全。如与样本企业D合作的一家种植专业合作社采取为社员统一购买生产资料、统一供苗、统一生产标准、统一技术指导的管理模式，加入合作社的农户须遵循制定的种植标准，规范了小农户的生产行为。

（三）绿色化生产

果蔬产业联合体促进小农户绿色化生产，确保果蔬农产品的质量安全。联合体中多个主体和多个环节的管理、检测、验收程序共同协作，促使种植端实现绿色、安全生产。企业采购部门对种植环节农药和化肥的施用进行监管，确保符合国家标准，并对采收的农产品进行农药残留检测，检测结果超过国家标准的产品会被退回，不合格的次数超过限额，则会中止合作。企业的监管和检测手段，很大程度上确保了农产品的质量安全。一般情况下，企业不会直接监管农户的种植环节，质量把控是由专业合作社进行管理，企业主要的管控手段为实验室农药残留检测。此外，合作社对于农产品使用的化肥、农药进行台账管理，台账、农事记录也是企业的一种监测手段。企业通过考察生产记录、及时快检、高危品种定期送检等手段确保农产品的质量安全。

除果蔬连锁超市在果蔬上架前进行农药残留检测外，产业链上多环节、多主体通过多种方式共同规范农户生产行为。样本企业A对种植端实施全程监管，统一采购投入品并提供使用指导。同时，还要求将生产全程的记录资料上传至合作平台，以确保采购农产品的绿色、安全。样本企业O在检测农残超标上需要投入较大精力，从产地运来的果蔬首先进行内部检测，再投放到市场上，以确保销售的果蔬绿色安全。与样本企业P合作的一家果蔬专业合作社提供给农户培优品种的种子，并对科学喷洒农药、适量施用农药进行技术指导，为确保蔬菜农药残留符合国家标准，合作社指导农户在蔬菜采收前一周停止使用农药，降低农药残留浓度。与样本企业I合作的一家果蔬种植合作社将生态种植技术应用于各基地，种植过程中始终坚持施用有机肥，采用绿色防控方法除草病虫害，保证蔬菜、水果的自然味道及安全健康。

（四）延长产业链

果蔬产业联合体通过延长农产品加工链促进小农户衔接现代农业。在果蔬产业联合体中，龙头企业发挥着引领作用。果蔬零售企业重视加工与冷链物流建设，延长产业链以提高产品质量与附加值。小农户作为联合体的一员，能够分享产业发展带来的利益。此外，还通过技术培训、品牌建设等方式，提升小农户的农业生产和管理水平，更好地满足现代农业的发展要求。联合体通过搭建产销对接平台，将小农户的农产品直接对接到加工企业或销售渠道，减少中间环节，提高销售效率和农民收入。企业在果蔬产区附近建设加工基地，方便就近加工农产品，降低运输成本和时间成本，引进先进设备和技术，提高加工效率和产品质量，同时降低能耗和成本。

例如，样本企业H、样本企业O、样本企业P通过自建生鲜商品加工中心对果蔬农产品进行初级加工、深加工，再由门店进行分装为小包装进行销售。多家企业为保障产品质量，自建冷链物流及冷藏设施，并配备标准化的冷链运输流程。样本企业P通过打造中央大厨房，对果蔬农产品实施深加工策略，推出净菜、半成品、拌菜及沙拉等一系列高附加值产品，实现了产品价值的显著提升。样本企业O也同样发展中央厨房直供模式，按照特定菜品，将所需各种原材料进行清洗、剥皮、打包售卖，顾客购买后直接进行烹饪即可，大大提高了农产品的附加值。除此之外，合作社在采收后对蔬菜择叶整理、清洗并分装打包等初加工

处理为净菜再供应给超市，这种方式增加了农产品的附加值。如与样本企业O合作的一家果蔬专业合作社负责将当地周边合作农户种植的蔬菜进行初加工处理。为保证农户与合作社的稳定合作，与样本企业O合作的合作社将农户采收的农产品采购后，不进行挑拣，由合作社进行产品分级，质量等级较低的果蔬由合作社处理。分拣出的优质果蔬由合作社进行预处理后供应给样本企业O，形成了“农户+合作社+农业企业”的模式。

六、研究结论与建议

（一）研究结论

本文以16家果蔬连锁企业为研究对象，深入分析了这些企业与果蔬专业合作社及小农户之间共同构成的果蔬产业联合体的内在运行机制与经营模式。研究发现，果蔬产业联合体的联结合作主要基于主体间要素禀赋的互补性、主体间的分工与协作、主体间稳固的契约关系以及主体间利益的共生共享。果蔬产业联合体主要通过组织化经营、标准化生产、绿色化生产以及产业链延伸作用机制，促进小农户与现代农业的有机衔接。然而，在果蔬产业联合体的发展中也存在着组织化经营中小农户合作意识淡薄，标准化生产认知不足，标准难以执行，绿色生产技术应用不足，食品安全监管缺位以及产业链延长获得的附加值农户难以分享等问题。

（二）政策建议

第一，提升小农户合作意识，完善合作与利益分配机制。开展宣传与培训活动，地方政府联合农业部门、合作社，定期组织小农户参与合作组织专题讲座，邀请成功合作的农户分享经验，向小农户宣传合作组织的优势、运作模式以及成功案例，增强小农户对合作组织的了解与信任。完善合作契约与利益分配机制，制定规范、清晰的合作契约，明确各主体在价格调整、产品规格变更等方面的权利与义务，减少因市场波动带来的合作分歧。建立科学合理的利益分配机制，充分考虑农户的投入与贡献，确保农户在合作中获得合理收益。

第二，提高小农户标准生产意识，加大生产设备投入。强化生产标准的宣传与培训，通过开展技术培训、张贴宣传栏、发布短视频等多种形式向小农户宣传果蔬标准化生产的理念、技术标准和重要性。组织生产技术专家，深入乡村开展技术培训班，指导小农户掌握农药残留控制、果实分级等技术。加大政策扶持力度，政府设立标准化生产专项补贴，对购买精准灌溉设备、质量检测设备的小农户给予一定比例的补贴。鼓励科研院校与小农户开展合作，建立产、学、研示范基地，为小农户提供技术支持和培训。

第三，促进绿色生产技术应用，加强食品安全监管。加强技术培训与推广，组织专业技术人员深入农村，为小农户开展绿色生产技术培训，推广生物防治病虫害技术、有机肥料使用技术等。完善绿色生产激励机制，政府设立绿色生产补贴，对采用绿色生产技术的小农户给予补贴。降低绿色认证成本，简化认证程序，提高绿色果蔬和普通果蔬的价格差异，增强小农户主动申请认证的动力。强化食品安全监管体系，加大对农产品生产、加工、销售全链条的监管力度，增加监管人员和设备投入。

第四，保障农户分享产业链附加值。提升农户话语权，鼓励农户成立专业合作社，集体参与产业联合体事务，增强利益分配谈判能力，完善定价机制，建立由农户、采购商、零售企业等多方参与的价格协商机制，综合考虑生产成本、市场行情、合理利润等因素制定采购价格。引入第三方评估机构，对果蔬成本和市场价值进行客观评估，为定价提供科学依据，避免采购商单方面定价对农户利益的损害。拓展农户收益渠道，引导农户参与果蔬深加工环节，通过技术培训和资金扶持，让农户具备一定的加工能力，分享加工环节的附加值。

参考文献

- [1]习近平.高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[M].北京:人民出版社,2022.
- [2]何美章,尤美虹.小农户进入农业全产业链循环的机理——以湖北四家涉农供应链创新与应用试点企业为例[J].中国流通经济,2022(2)23-35.
- [3]蒋永穆,戴中亮.小农户与现代农业:衔接机理与政策选择[J].求索,2019(4)88-96.
- [4]郑定荣.重新构建农村经营新体制——农业产业化联合体问题探讨[J].广东经济,2003(10)26-28.
- [5]尚旭东,叶云.农业产业化联合体:组织创新、组织异化、主体行为扭曲与支持政策取向[J].农村经济,2020(3)1-9.
- [6]张益丰,颜冠群.农产品交易市场能成为小农户与现代农业有机衔接的载体吗——基于供应链学习理论的案例比较[J].农业经济问题,2021(12)69-80.
- [7]杜洪燕,陈俊红,李芸.推动小农户与现代农业有机衔接的农业生产托管组织方式和利益联结机制[J].农村经济,2021(1)31-38.
- [8]于海龙,胡凌啸,林晓莉.小农户和现代农业有机衔接需要何种媒介[J].经济学家,2022(9)108-118.
- [9]韩庆龄.村社统筹:小农户与现代农业有机衔接的组织机制[J].南京农业大学学报(社会科学版),2020(3)34-43.
- [10]钟丽娜,吴惠芳,梁栋.集体统筹:小农户与现代农业有机衔接的组织化路径——黑龙江省K村村集体土地规模经营实践的启示[J].南京农业大学学报(社会科学版),2021(2):126-135.
- [11]潘璐.村集体为基础的农业组织化——小农户与现代农业有机衔接的一种路径[J].中国农村经济,2021(1)112-124.
- [12]卢洋啸,孔祥智.改革开放以来小农户与现代农业有机衔接的探索——文献综述视角[J].经济体制改革,2019(6)89-95.

- [13]周振.新型统分结合双层经营体制的探索创新与理论逻辑——兼论小农户和现代农业发展的有机衔接[J].经济纵横, 2021 (9) 70-79.
- [14]刘同山, 孔祥智.小农户和现代农业发展有机衔接: 意愿、实践与建议[J].农村经济, 2019 (2) 1-8.
- [15]叶敬忠, 豆书龙, 张明皓.小农户和现代农业发展: 如何有机衔接? [J].中国农村经济, 2018 (11) 64-79.
- [16]刘威, 马恒运.包容性视域下农业产业化联合体共生关系的实证分析[J].农村经济, 2020 (11) 95-103.
- [17]王志刚, 于滨铜.农业产业化联合体概念内涵、组织边界与增效机制: 安徽案例举证[J].中国农村经济, 2019 (2) 60-80.
- [18]孙正东.论现代农业产业化的联合机制[J].学术界, 2015 (7) 153-160.
- [19]刘岩, 任大鹏.农业产业化联合体: 产业经济组织共生系统的生成与模式探究[J].农村经济, 2022 (8) : 117-124.
- [20]陈定洋.供给侧改革视域下现代农业产业化联合体研究——产生机理、运行机制与实证分析[J].科技进步与对策, 2016 (13) 78-83.
- [21]钟真, 蒋维扬, 赵泽瑾.农业产业化联合体的主要形式与运行机制——基于三个典型案例的研究[J].学习与探索, 2021 (2) 91-101.
- [22]汤吉军, 戚振宇, 李新光.农业产业化组织模式的动态演化分析——兼论农业产业化联合体产生的必然性[J].农村经济, 2019 (1) 52-59.
- [23]JIANG Q J, LI C, MENG T. Benefit linkage effect organizational structure and collaboration performance: an empirical study of the agricultural industrialization consortium in Shanghai, China [J].Sustainability, 2022 (22): 15384.
- [24]POKHAREL K, ALLEN M. Examining the productivity growth of agricultural cooperatives: the biennial Malmquist index approach [J].Journal of co-operative organization and

management,2021(2):100148.

[25]SARKAR SAMRIDDHI, TUHIN BISWAS, MARIANA CURADO MALTA, et al. A coalition formation framework of smallholder farmers in an agricultural cooperative [J].Expert systems with applications,2023(221):119781.

[26]FEISALI M, MEHRDAD N. Towards sustainable rural employment in agricultural cooperatives: evidence from Iran/s desert area [J].Journal of the Saudi society of agricultural sciences, 2021 (7):425-432.

[27]NUTHALAPATI, CHANDRA S, RAJIB S, et al. Super- market procurement and farmgate prices in India [J]. World development, 2020 (134):105034.

[28]OCHIENG D, SYLVESTER O. Supermarket contracts, opportunity cost and trade-offs, and farm household welfare: panel data evidence from Kenya [J].World develop- ment,2022(149):105697.

[29]DIWAKAR K, ROBERTS R, SARA Q. Factors affecting the smallholder farmers/ participation in the emerging mod- ern supply chain in developing countries [J].Asia pacific journal of marketing and logistics, 2023 (2):266-289.

[30]蔡海龙 .农业产业化经营组织形式及其创新路径[J].中 国农村经济, 2013 (11) : 4-11.

[31]ZHOU X, ZHAO W, LI Q, et al. Embeddedness and contractual relationships in China/s transitional economy [J]. American sociological review, 2003 (1):75-102.

[32]芦干文 .现代农业产业化联合体：组织创新逻辑与融合 机制设计[J].当代经济管理, 2017 (7) 38-44.

[33]陈健, 梁栋 .农业产业化联合体联农带农的嵌入式发展 机制研究[J].西北农林科技大学学报（社会科学版）, 2024 (4) : 54-62. [34]吴存玉 . 农业龙头企业对合作农户的嵌入式治理—— 基于东华糖厂的

案例考察[J].中国农业大学学报（社会 科学版）, 2023 (1) : 82-100. [35]陈灿, 罗必良, 黄灿 . 差序格局、地域拓展与治理行为： 东进农牧公司案例研究[J].中国农村观察, 2010 (4) : 44-53, 96.

“市场-政府”共构机制：中国推进低碳农业的框架

中国农业科学院农业经济与发展研究所

张海钊，胡向东，石自忠，周慧

发表于《华中农业大学学报》2024年3月，第43卷第3期：P17-26

摘要

在推动实现“双碳”目标的过程中，农业领域蕴藏着巨大潜力。然而现实情况显示，这一潜力的释放进度相对缓慢。当前，中国农业正处于低碳转型的关键时期，迫切需要明确在新时代背景下稳步推进低碳农业的发展机制。基于此，为深入分析阻碍我国低碳农业可持续发展的疑难杂症，厘清堵点的理论基础，从而探索出符合我国国情的低碳农业发展道路，本文通过深入分析大量文献资料，揭示我国农业在低碳转型实践中所面临的具体问题，并从理论角度剖析转型过程中的关键堵点。在此基础上，进行了我国低碳农业平稳发展的机遇识别。研究表明，我国农业在低碳转型过程中面临着显著的压力，主要表现在尚未形成将“低碳”理念转化为新的价值创造途径、农业经营主体依然保持着“高碳”时代的发展模式的惯性。因此，有必要重新审视市场与政府在我国低碳农业转型中的作用，把握“双碳”目标下的现实机遇，借助“市场-政府”共构机制，实现经济效益、社会效益与生态效益三者兼顾的低碳农业发展目标。

目 录

“市场-政府” 共构机制：中国推进低碳农业的框架	91
引言	93
一、低碳农业的理论分析	94
（一）低碳农业的定义与内涵识别	94
（二）农业发展逻辑和低碳路径选择	94
（三）农业参与主体的决策博弈	94
二、低碳农业的问题辨析与抓手选择	95
（一）低碳农业在我国实践的具体问题	95
（二）低碳农业推进工作的抓手选择	96
三、我国低碳农业转型的机遇识别	97
四、我国低碳农业的“市场-政府” 共构思路	98
（一）延伸农业绿色产业链条	98
（二）拓宽低碳市场参与维度	99
（三）强化低碳农业管理韧性	99
参考文献	100

引言

2015年12月12日, 178个缔约方签署《巴黎协定》, 旨在缩减气候变化对人类社会和生态系统带来的威胁^[1]。(化石)能源活动、土地利用与管理、工业生产以及废弃物处置造成了温室气体 (greenhouse gas, GHG) 的大量排放。根据世界银行统计, 过去十年中的排放年均增长率达到1.61% (World Bank, 2019)。这打破了长期以来温室气体排放的自然平衡, 导致了以全球变暖为主要特征的气候变化, 成为当下最为紧迫的环境挑战^[2]。世界气象组织 (WMO) 在报告中预测, 2022-2026年的平均气温要显著高于过去30年的平均温度, 具体预计高出全球工业化前水平1.1~1.7 °C, 这将可能引起更多的极端天气现象。作为负责任的大国, 2020年9月22日习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上向世界庄严宣布, 中国将力争在2030年前使二氧化碳排放达到峰值、2060年前实现碳中和。倒逼机制下减排力度不断增大, 最终实现净零排放。该工作路线既是实现我国社会主义现代化的重大挑战, 也是迈向经济高质量发展、完成双脱钩的宝贵机遇^[3]。“双碳”目标需要农业的深度参与, 因为温室气体与农业生产存在交互影响: 从全球视角来看, 一方面农业部门具有碳源碳汇二重性, 实现 “双碳”目标”减排离不开农业部门的低碳贡献, 减排仍有空间、增汇大有可为^[4]; 另一方面温室气体排放造成的气候变化及引发的极端天气严重影响了农业生产, 构成了我国 “粮食安全”战略的潜在威胁^[5]。因此农业减碳行动也是为了部门自身的可持续发展。

农业部门主要的排放温室气体为二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄) 与氧化亚氮 (N₂O), 以全球变暖潜值¹ (GWP) 测算, 2020年中国农业甲烷和氧化亚氮排放量分别为3.31亿t和3.23亿t二氧化碳当量 (World Bank, 2020), 温室气体排放占比均约40%。主要来源于农业生产中的水稻种植、反刍动物、化肥施用等环节。为加快我国低碳农业的发展, 国务院相继发布了《国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知》《“十四五”全国农业绿色发展规划》《国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》等政策指导文件, 这些文件均强调了继续巩固与发掘农业固碳增效的工作思路。根据中国农业科学院《2023中国农业农村低碳发展报告》, 农业生产总排放量为8.28亿t二氧化碳当量, 占全国碳排放总量的6.7% (CAAS, 2023), 低于全球农业碳排放13%的平均水平 (UNFCCC, 2019)。我国农业部门的碳排放总量和比例均呈下降趋势^[6、7]。通过对官方农业农村减排和固碳工作实践的总结, 可以发现其工作思路重点在于以技术创新为核心, 不断推动农资减量化; 巩固土地和种质资源管理的稳定减排成效; 逐步扩展农业碳汇效能; 释放农林生态系统的碳汇潜力。无论是政策文件所反映的理论与实践思路, 还是监测数据所揭示的客观事实, 都清晰地表明, 我国的低碳农业发展路线更加精细化、多元化。为了更好赓续农耕文明、实现人与自然和谐共生的时代要求、迈向农业强国的伟大目标, 亟待厘清新时代下平稳推进我国低碳农业发展的运行机制。本文基于此, 对国内外低碳农业运行机制进行了全面的分析和评述, 总结并归纳了我国农业 “低碳模式”在理论探索和政策设计方面的思路, 以期为我国低碳农业的相关理论和实践研究提供引导和启示。

¹ GWP 是衡量温室气体产生温室效应能力的指标, 可以将非二氧化碳的 GHG 换算为二氧化碳当量处理: 二氧化碳 (CO₂) 的 GWP 为 1; 甲烷 (CH₄) 的 GWP 为 21; 氧化亚氮 (N₂O) 的 GWP 为 310。

一、低碳农业的理论分析

（一）低碳农业的定义与内涵识别

“低碳经济”的概念最早出现在英国工贸部2003年颁布的《能源白皮书》中^[8]，它代表了一种以低能耗、低污染、低排放为基础，应对全球气候挑战的经济发展道路。低碳农业是低碳经济发展战略的重要子课题，是高质量发展目标对农业部门提出的重大要求。低碳农业是全球气候大变化背景下，面向未来农业发展的必经道路。纵观低碳农业的相关研究，学者们对其概念界定和内涵识别在不断深化。以党的十八大为重要节点，在这之前相关研究以识别低碳农业的特征为主：核心在于“减排”和“增汇”^[9]。初期低碳农业的研究具体以实现“低能耗、低污染、低排放”为目的^[10]。随着研究的不断发展，学者们开始关注农林系统的碳汇属性，完成了从绝对量排放到净排放减少的思维转变，在“三低”农业发展模式的基础上增加了“高碳汇”的研究工作思路^[11、12]。党的十八大后，随着“两山”理论、“建设美丽中国”以及“低碳绿色生活”等理念深入人心，学界对于低碳农业内涵识别的研究也日渐丰富。田云^[13]强调结合先进技术、政策和管理来提升碳汇能力、确保产出持续增长同时降低农资投入的重要性。胡中应等^[14]认为，低碳农业融合了生态农业、循环农业与有机农业，其实施依赖于农业固碳能力的挖掘、减少生产资料使用、农业废弃物的综合利用，以及农业碳汇市场与生态补偿制度的建立。程琳琳^[15]的研究展示了低碳农业在兼顾经济、社会和生态效益的同时，如何在环境约束下实现“发展”与“减排”的目标。何可等^[16]提出，在新时代下，“生态安全”已经成为低碳农业的核心，要求在农业生产与资源环境承载力间寻求平衡。此外，低碳农业与粮食安全、“双碳”目标等关键词的交叉讨论同样极大扩展了其理论维度，丰富了低碳农业的内涵。综合来看低碳农业本质是一种通过合理的资源配置，实现经济效益、社会效益和生态效益有机统一的农业发展模式。

（二）农业发展逻辑和低碳路径选择

低碳农业相较于传统“高碳”农业生产方式的比较优势，是我国坚定不移推进农业绿色转型的必要条件。基于此，需深入分析阻碍我国低碳农业可持续发展的疑难杂症，厘清堵点的理论基础，从而探索出符合我国国情的低碳农业发展道路。

从历史角度总结农业碳排放的演化可以发掘农业发展逻辑：传统农耕文明主要体现了精耕细作的农业生产模式。低水平的生产催生出有限市场，并将净碳排放维持在较低程度，实现了低水平的碳平衡^[17]；然而随着农产品成为工业化的基础要素，农业生产部门开始出现分工精细化，这些都客观要求农业部门以更高的生产效率提供剩余农产品，以满足非农部门的需要，形成了当前农业部门生产决策的逻辑和惯性。这导致人口、资源和环境的平衡被打破，致使农业部门成为重要的碳源之一，人类文明陷入“生态环境过载陷阱”中^[18]。低碳农业是确保农业经济持续稳定增长的前提下，实现减排增汇的新农业发展方式，具有正外部性^[19]。推动低碳农业并不意味着简单地回归到早期的刀耕火种，鼓励“唯自然论”。而是重新审视以“石油”驱动全球现代化所呈现出的“人与自然交替胜利”的发展方式^[20]。在环境约束的条件下推动农业的绿色转型，完成对“石油农业”发展模式的扬弃，从而形成高质量的农业发展体系，并在此过程中创造新的增长通道^[21]。

（三）农业参与主体的决策博弈

从低碳农业主体的行为角度辨析，可以发现各参与主体间的驱动力并不一致。驱动力是低碳农业事业

平稳推进,实现可持续发展的“燃料”。化肥、农药等“石油农业”时代的关键农资在提高粮食产量方面做出了显著的贡献^[22]。但这种生产方式破坏了碳平衡,引发了高能耗和高污染的严重负外部性,造成在宏观层面上推进低碳农业的巨大阻力。聚焦微观层面,在农户个体的生产决策中,他们往往缺乏共建低碳农业的自觉性。这主要是因为个体参与合作的效益必须超过非合作状态下的收益,才有可能促使决策的改变^[23]。企业以追求利润最大化为目标,在此过程中遵循的是市场逻辑,需要综合考虑价格波动、政府补贴对企业经营的影响。政府作为政策的设计方、实施方,承担了由农业经营主体在追求自身利益过程中产生的外部成本。因此政府部门需要在保证经营主体利益的同时提高农业生产碳效率,发掘农业部门碳汇潜力。由于各参与主体的决策惯性,导致“高碳”时代形成纳什均衡不易被打破。因此越来越多的学者从理论层面对“政府-企业-农户”等利益主体间的生态补偿和利益链接机制进行了深入探讨^[24、25]。旨在探索对各方参与主体关系的统筹协调,实现整体的协同效应。

二、低碳农业的问题辨析与抓手选择

(一) 低碳农业在我国实践的具体问题

1) 顶层设计有待完善。当前低碳农业事业的顶层设计仍待完善。一是相关法律法规:我国法律法规体系对低碳农业的规划导向尚不完善。在部分碳排放热点领域,如化肥施用、农机污染等方面规定较为松散。因此,亟须推动低碳农业法律制度的综合化、体系化,以解决当前农业生产的紧迫问题,并为未来发展方向提供明确的文件支持。二是监督协调机制:尽管我国已经提出“双碳”目标,然而在农业部门的工作部署方面缺乏针对性安排,多部门虽均基于职责出台印发对于低碳农业的工作安排,但这也导致了主管部门职责不明确、职责交叉,具体实践推动力度不足^[26]。数以亿计的小农户想要实现低碳农业生产模式的转型,必须依赖政府的监督与支持,管理任务艰巨繁重,目前的监督协调体系有待进一步完善^[27];三是碳市场建设:当前在我国的碳交易市场中,农业准入仍较为保守,农业碳汇交易平台的搭建与运营刚刚起步(生态中国网 https://www.eco.gov.cn/news_info/54975.html),农业碳交易项目数量有限,形式以自愿碳市场(voluntary carbon market, VCM)为主,这可能会在国际舞台上引发外界对我国为应对气候变化制定的国家自主贡献(nationally determined contribution, NDC)农业项目的质疑。同时由于缺乏市场规则,还可能导致履约风险^[28]。四是金融服务:低碳农业是一个转变农业生产模式的大工程,对于外部融资具有高需求。目前政策性信贷资金支持仍显不足,尚未能充分孵化出周期长且利润可观的低碳农业项目。以上顶层设计的缺位或将成为党中央总领推进低碳农业工作的不确定性因素。

2) 农业生产转型过程中的主体阻力。在城镇化推进的背景下,我国从事农业劳动的主体平均年龄增加。由于普遍缺乏对低碳农业发展工作的认识,同时获取信息能力不强,导致小农户在土地管理、农资利用等生产方式方面形成惯性,造成生产观念的落后。种植业方面,粗放式的经营导致早期大量化肥、农药等“高碳”农资作为要素参与农业生产;畜牧业碳排放虽然从2015年开始呈现平稳下降趋势,但排放绝对量仍然保持在高位,畜牧业碳排放的挑战依旧严峻^[29]。传统的农业生产方式在短期内恐难逆转。传统的生产模式虽然支撑起了农产品产量的高增速,却忽视了环境的承载能力。在部分省份,这种粗放式的生产方式仍在继续^[30];刘芳等^[31]的研究发现,尽管绝大多数农户意识到化肥(95%)、农药(98%)对环境、人体

健康会造成危害，但实际上只有约一成的农户会出于维护绿色生态的目的约束自己的生产行为。田云^[32]的研究则指出，农户对低碳农产品的价格、成本以及政府支持力度的预期程度会显著影响自身参与低碳农业生产的可能性。因此，在大多数情况下，农业生产主体更关注经济效益的实现，对生态效益和社会效益缺乏足够的责任感。农户被动接受“自上而下”式的减排政策，加之对其存在疑虑且缺乏沟通渠道，容易造成我国农业生产转型的主体阻力。

3) **农业科技转化和普及的压力。**我国复杂多变的地理状况造成了各地资源禀赋的差异。这迫切呼唤更多本土化农业尖端技术的实践应用。从农业生产的结果来看，在偏僻的山区、盐碱地等环境恶劣的区域，专业农技支持的缺乏导致当地依然广泛维持着自给自足的小农经济模式。另外，从农业技术“发明-实验-应用”的链条来看，高等院校和科研机构在追求低碳农业技术的过程中，其目的性可能并非由市场利润驱动。反观企业虽具备市场信息捕捉的能力，却往往难以与所拥有低碳农业技术产品相匹配获得足额利润。这样的“产学研”体系之间信息不对等的现状形成了一种低碳农业科技的“信息茧房”，制约了科技成果的大规模推广，造成农业领域成果转化率低的窘境^[33]。除此之外，我国低碳农业科研基础尚显薄弱，诸如育种技术、绿色化肥研发、土地管理等关键研究领域缺乏创新性突破，农户人力资本的不足也难以引起生产方式的重大变革。同时，虽然农业生产性服务（Agriculture Productive Service, APS）可以通过促进农业规模经营、推动技术进步等方式推动农业碳减排^[34]，但目前来看，由于APS需要依托完善的基础设施和便捷的通信设备构建服务输送通道，且城镇化水平高的区域更容易对APS提供资金和补贴支持。国内这一进程整体呈现出“东强西弱”的不平衡态势，尤其是中西部地区APS在农业科技推动力方面仍显不足。基于此，深化农业科技创新，提升信息传播效率，以及加强农业服务体系和城镇化发展的有效衔接，是打破现状、促进农业低碳化转型的关键举措。

（二）低碳农业推进工作的抓手选择

农业部门的低碳转型离不开市场和政府的深度参与。市场机制可以从供求、价格、竞争与风险等多重维度传递信息，调节经济运行，推动高质量发展。它成为我国改革开放以来释放经济增长动能最重要的途径之一^[35]。政府干预同市场机制一样能够对经济社会进行有效调节。针对我国低碳农业的具体问题，政府这只“看得见的手”实质上是推是拉；何时介入、在何种情境下介入；以及如何与市场机制协同都需要重新审视。学界通常将市场与政府视为二元结构，是共同作用于经济社会的“双引擎”，其中政府干预多数情况下旨在解决市场失灵，被视为“唯一解方”。西方经济学中，政府干预常被视作一种“反市场经济”的行为，被认为破坏了市场经济的效率和公平。然而，自从凯恩斯的政府干预理论成功化解了美国大萧条以来，政府干预逐渐被认为是一种弥补市场机制固有缺陷的方法论。

1) **低碳农业中的市场机制赋能。**2018年7月国家发展改革委发布《关于创新和完善促进绿色发展价格机制的意见》（下文简称《意见》）强调利用市场化手段完善资源环境价格机制的重要性，指出通过灵活的价格机制调节农业是大势所趋。这说明新时代背景下我国生态文明建设处在压力叠加的攻坚期、关键期、窗口期，亟须充分运用各种手段来推动低碳农业的市场化进程，加速绿色环保产业的发展。《意见》基本原则之一是“坚持污染者付费”。虽然没有明确指出农业部门和市场化的关系，但其旨在实现生态环境成本的内部化，撬动更多资金进入生态环境保护领域，助力我国低碳农业。另外，学界的研究认为应当开展

农业碳市场试点示范工作，通过消弭信息不对称，解决市场失灵以促进低碳产业集聚^[36]，这些将市场机制引入低碳农业的理论探索和实证检验给出一个积极的信号：可以更大程度地尝试依托市场机制思路应对当前低碳农业市场培育程度低、竞争疲软和交易形式单调等挑战^[21]。虽然刚性的行政干预能够迅速实现既定目标，但从客观长远的角度来看，由于未有效整合各方参与主体，在一定程度上会抑制了农业生产、技术创新、支持政策的积极性。只有实现“高效益”的目标，才能顺利对接农户主体，推进我国低碳农业工作。市场机制能更多地起到激励效果，发挥价格杠杆引导资源配置的决定性作用^[37]。聚焦到低碳农业则能够更好地实现减排增汇、农户增收的协同效应。激活人才、土地和金融要素，打破农村地区要素流动的现实障碍。同时以市场主体追求最大化自身利益的生产决策为动力，农业高新技术企业可以根据市场规律进行产品和工具的创新^[38]。另外，市场机制能有效解决生态补偿方案可持续性低的问题，促进低碳农业的长远发展^[39]。

2) 低碳农业中的政府干预再审视。尽管国家在积极推动绿色低碳转型，涉及环境规制、碳排放交易市场构建、标准制定、社会化服务和绿色补贴等多个方面，成功解决部分农业部门中环境领域的市场失灵。但是学界注意到还存在以下不足：一是仍存在制度机制的缺位^[40]。具体表现在宏观制度安排在微观层面难以执行，地方政府在领会中央政策的过程中，往往需要结合自身区域禀赋。这可能导致中央政策与地方实际上不匹配；二是政府干预的覆盖力度不足，从第三次全国农业普查来看，我国农业经营主体中98%以上仍是小农户，该群体经营了全国总耕地的70%（中华人民共和国中央人民政府网 https://www.gov.cn/xinwen/2019-03/02/content_5369853.htm）。在低碳农业工作中，目前政府干预对于规模经营主体和小农户呈现出利益可获得性的不平衡。即规模经营户相较于小农户的获得激励政策的可能性较大，需要避免的是激励政策的准入门槛是否将“小而散”结构的小农户群体拒之门外，尤其注意低碳农业项目这种资金、技术密集型产业倾向于成规模的经营主体^[41]；三是政府干预的可持续性不足，在“大国小农”的国情下，由于家庭本位的避险行为，我国农业发展难以自发性的变迁，更不易实现自发的低碳化转型。因此农业部门需要政府干预。但需要注意的是，政府干预无法支持小农户在较长时期内自发顺应市场产生的产业集聚和规模化发展，它仅能解释作为一种组织力量如何帮助小农户突破经营惯性，实现初步的产业集聚和获得外部规模经济效益。从部分地方的农业发展经验来说，政府干预曾作为一种强力的外部干预方式，主导了以产业项目为载体的农村地区产业集群构建和产业结构转型。但刘军强等^[42]的研究中指出，在“强激励-弱惩罚”的奖惩制度下基层政府主导的产业转型往往会陷入低效运行的困境，其可持续性显著不足。鉴于传统农业在我国农业基本盘中仍占有重要地位，低碳农业工作的推进需要抓手。加之农村市场主体的培育尚不完善、基础设施建设不够健全，以及农村经济发展中存在的路径依赖，需要针对我国农业的低碳转型确定具体的工作阶段、明确责任边界，并选择恰当的策略。

三、我国低碳农业转型的机遇识别

习近平总书记指出，坚持绿色是农业的底色，生态是农业的底盘。我国的农业低碳转型工作需要拓展思路，农业部门的减排增汇不仅是加快农业强国建设的指标任务，而且是充满机遇的农业发展模式。在《中共中央 国务院关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作的意见》中，“推进农业农村绿色发展...探索建

立碳汇产品价值实现机制。”等相关新表述成为政策亮点。与以往“补齐短板”的目标相比，推进低碳农业、促进农业农村绿色发展已被纳入“聚焦产业促进乡村发展”的总体思路中。绿色转型在正式的政策文本中也拓展了维度，不再完全是约束的枷锁，而变成“绿色兴农”的时代机遇。《“十四五”全国农业绿色规划》《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》等文件聚焦打造绿色低碳的农业全产业链，实施农业生产“三品一标”行动以及发掘农业“生态红利”，提升农业碳汇能力，为我国农业低碳转型注入活力。

从发达经济体的经验路径来看，欧洲、美国和日本分别为自然解决、气候智能型农林业、技术创新等方式推进农业绿色转型。综合来看，其共同特征在于政府部门将资金、人力等要素在农业技术创新、农田管理模式、碳汇开发与提升等低碳新兴领域集聚，实现兼顾经济增长和环境改善的农业发展模式。借鉴发达经济体的行动经验，并聚焦在我国的具体情境，可以明确要想使得低碳农业能够且持续地推进的重要一步是保证农业经营主体的效益，实现分配机制的改善。打破基于“高碳”发展阶段形成的纳什均衡，以转变农业经营主体采取传统经营方式的决策惯性。众多学者虽鲜有点明这一潜在原因，但在研究我国问题的情景之下，或多或少存在基于市场机制和产业带动农业低碳转型思考的自觉，通常普遍认为引入市场机制能够带动经营主体实现可靠的经济收益，从而实现个体的微观决策符合宏观政策指引方向的目标。从学术界研究的侧重点来看亦可提供证据，目前国内外关于低碳农业体系的新兴方向主要有生物能源^[43]；农业碳市场^[44]；农业科技推广^[45]等领域。同时学者们基于不同的框架和背景针对市场机制、产业链搭建进行了多元化的讨论。具体包括，数字技术深度结合^[46]；绿色产业化运营策略^[47]，多元市场机制构建与农户对接^[48]等。综上可以基本得出，低碳农业的机遇指向了延伸农业绿色产业链条，拓宽低碳市场参与维度，提升低碳农业管理韧性的发展思路。

四、我国低碳农业的“市场-政府”共构思路

总体而言，我国以加深市场化程度为发展主线，创造性地提出社会主义市场经济机制，带来数十年的高速增长[世界银行数据库 (World Bank)]。然而高培勇等^[49]提出，十八大之前市场机制仅发挥了基础性作用，而政府干预行为在资源配置中占据了较大比重。要真正落实“使市场在资源配置中起决定性作用和更好发挥政府作用”的政策宣言，必须建立健全共构机制，并将其深入嵌入低碳农业领域，使市场和政府两台的发动机平稳推进我国农业绿色转型。如果仅依靠市场或政府单一力量，难以实现低碳农业所追求的经济、社会与生态效益的有机统一。当前，我国经济社会运行正处于一个重大历史关口，这一关口的本质是改革开放以来逐步形成的从高速增长向新时代高质量发展的转变。国家在各个环节和领域的经济社会活动，都深受改革开放以来形成的发展逻辑的影响。低碳农业作为国家建设的重点子课题，其发展同样深受影响。根据对低碳农业机遇识别的分析，在“市场-政府”共构框架下提出以下建议。

（一）延伸农业绿色产业链条

从中央各部委发布的政策文件来看，政府多数时间扮演的是“答题人”角色，而不是出题者。政府干预主要是为解决市场失灵而存在，但这种思维方式限制了政府职能的发挥。也难以发挥市场与政府互动的协同效应。通过对低碳技术、低碳农业认知、配套基础设施、生态农业认证、碳汇交易项目等方面的考察，

发现我国低碳农业市场化程度尚显不足。这需要延伸农业绿色产业链条，树立提升产业“含绿量”就是提升发展“含金量”的主体意识。农业经营主体进一步融入市场，扎根于农业绿色全产业链，提升资源利用效率，增加经营主体收益^[50]。从而打破各农业参与主体基于“石油农业”时代形成纳什均衡。这需要政府将工作重心放在低碳农业市场培育以及针对性的政策制度保障上来，发挥主观能动性进行制度“破冰”。市场的孵化并非只是放开限制性条款。政府还需要“扶上马后送一程”。为了充分发挥后发优势，政府应积极引导人才、资本流向低碳农业领域，促进绿色农业产业集聚，优化低碳农业产品的价值转化体系。

（二）拓宽低碳市场参与维度

商品的供求构成了市场的基本要素，而碳市场是以碳排放权为交易基础，体现了“谁污染谁付费”的原则，旨在通过市场机制原理矫正环境外部性的一项重大制度创新。全国碳市场的第一个履约周期中，首批纳入的发电、石化等八大行业，领域集中在工业部门。农业部门方面，目前我国农业以参与自愿碳市场为主。在全国碳市场中的参与程度尚显不足，具体表现在参与方式的约束力较弱，参与项目的范畴较为单一。作为具有巨大潜力的碳汇体系的农业部门，在实现国家的“双碳”目标上必须着力推动农业板块与全国性和地方性碳市场体系并轨。我国需以建立和完善农业碳市场为基础，开拓思路，推动农业生产与碳交易市场的紧密对接，并组织新型农业经营主体参与到生物能源生产、土壤碳封存、植树造林、湿地与草原管理、减化肥农药行动等领域，进而为促进可持续发展贡献力量。政府需要进一步推进农业碳排放交易中自愿减排项目方法学遴选、完善温室气体自愿减排交易体系机制。同时，为农业生产主体提供技术支持并协助其进入碳市场。

（三）强化低碳农业管理韧性

继续沿着以市场机制为主导并不断深化，不代表政府干预的退出。相反是要求政府干预各个维度的提质升级，不断强化低碳农业管理韧性。在面临消除传统发展惯性的转型深水区，必须将政府角色从“增长型”向“改革型”转变。尽管生态保护已经作为重要指标纳入地方政府的经济和政治锦标赛中，但在实践中不排除地方政府基于微观考量，导致其行为与中央相关政策倡导存在偏差的可能^[51]。地方政府作为干预行为的直接主体，应当保持和中央有关精神的一致性。同时需要注意因地制宜有序开展低碳农业的干预工作。这要求中央层面完善竞争规则，使竞争模式合理地偏向低碳农业领域，扭转当前出现的基层农业农村部门的弱化现象。变革过程不应简单地提升政绩权重，而是要考虑在传统粗放式发展模式愈显局限的状况下，如何依托低碳农业营造新的经济增长点，真正使低碳农业工作嵌入到“以科技创新为导向”的创新锦标赛中^[52]。中央需进一步完善宏观政策，赋予地方政府更广泛的权限去探索低碳农业市场化的空间，尤其要重视基层政府对农业经营主体的农业绿色转型的引导工作，增加对农户非认知能力的宣传教育和培训，对基层政府开展的低碳产品开发、生态转移支付、农业碳市场交易方面的积极探索要给予大力支持。更好地将政府引导和农户的主观能动性结合起来，调动转型的内在驱动力。同时需要尊重市场原则，审慎评估政府主导下的资源配置方式、范围和手段，谨防中央和地方政府之间的干预行为超越市场竞争责任边界，这对于打通从总体政策指引到各级地方实践的有效连接，具有不可忽视的意义。

参考文献

- [1] ZHOU S, TONG Q, PAN X Z, et AL. Research on low-carbon energy transformation of China necessary to achieve the *Paris* agreement goals: a global perspective[J/OL]. Energy economics,2021,95:105137[2023-12-25]. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105137>.
- [2]付允, 马永欢, 刘怡君, 等. 低碳经济的发展模式研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008,(03):14-19. FU Y, MA Y H, LIU Y J, et al. Development Patterns of Low Carbon Economy[J]. China Population, Resources and Environment,2008,(03):14-19.
- [3]林伯强.碳中和进程中的中国经济高质量增长[J].经济研究,2022,57(01):56-71. LIN B Q. China's High-quality Economic Growth in the Process of Carbon Neutrality[J].Economic Research Journal,2022,57(01):56-71.
- [4]张俊飏, 何可. “双碳”目标下的农业低碳发展研究: 现状、误区与前瞻[J]. 农业经济问题,2022,(09):35-46. ZHANG J B, HE K. Current Situation, Misunderstandings and Prospects of Agricultural Low-carbon Development[J].Issues in Agricultural Economy,2022,(09): 35-46.
- [5]HONG C., BURNEY J.A., PONGRATZ J., et al. Global and regional drivers of land-use emissions in 1961–2017[J]. Nature, 2021, 589: 554-561. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12248735>.
- [6]李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(08):80-86. LI B, ZHANG J B, LI H P. Research on Spatial-temporal Characteristics and Affecting Factors Decomposition of Agricultural Carbon Emission in China[J].China Population, Resources and Environment,2011,21(08):80-86.
- [7]尹忞昊,田云,卢奕亨.中国农业碳排放区域差异及其空间分异机理[J].改革,2023(10):130-145.YIN M H, TIAN Y, LU Y H. Regional Differences and Spatial Divergence Mechanisms of Agricultural Carbon Emissions in China[J].Reform,2023(10):130-145.
- [8]DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY. Energy White Paper: Our Energy Future-creating a Low Carbon Economy[R]. London: DTI, 2003.
- [9]王昀.低碳农业经济略论[J].中国农业信息,2008(08):12-15.WANG Y. A Brief Discussion on Low Carbon Agricultural economy [J].China Agricultural Informatics,2008(08):12-15.
- [10]郑恒,李跃.低碳农业发展模式探析[J].农业经济问题,2011,32(06):26-29. ZHENG H, LI Y. Analysis on Development Model of Low Carbon Agriculture[J].Issues in Agricultural Economy,2011,32(06):26-29.
- [11]杜受祜. 低碳农业:潜力巨大的低碳经济领域[J]. 农村经济, 2010, (04): 3-5.DU S H. Low-carbon agriculture: areas of a low-carbon economy with great potential[J]. Rural Economy, 2010, (04): 3-5.
- [12]刘静暖,于畅,孙亚南.低碳农业经济理论与实现模式探索[J].经济纵横,2012,(06):64-67. LIU J N, YU C, SUN Y N. Exploration of Low Carbon Agricultural Economy Theory and Realization Model[J].Economic Review Journal,2012,(06):64-67.
- [13]田云.中国低碳农业发展: 生产效率、空间差异与影响因素研究[D].武汉: 华中农业大学,2015. TIAN Y. The development of China' s low carbon agriculture: production efficiency spatial difference and influencing factors[D]. Huazhong Agricultural University,2015.
- [14]胡中应, 胡浩. 低碳农业:符合农业发展规律的必然选择[J]. 经济问题探索, 2015, (09): 169-172.HU Z

Y, HU H. Low Carbon Agriculture: An Inevitable Choice to Meet the Laws of Agricultural Development[J]. Inquiry into Economic Issues, 2015, (09): 169-172.

[15]程琳琳.中国农业碳生产率时空分异: 机理与实证[D].武汉: 华中农业大学,2018. CHENG L L. Spatial and temporal differentiation of China' s agricultural carbon productivity: Mechanism and Demonstration[D]. Huazhong Agricultural University,2018.,

[16]何可, 宋洪远. 资源环境约束下的中国粮食安全:内涵、挑战与政策取向[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2021, 21 (03): 45-57. HE K, SONG H Y. China's Food Security Under the Constraints of Resources and Environment: Connotation, Challenges and Policy Orientation[J].Journal of Nanjing Agricultural University(Social Sciences Edition), 2021, 21 (03): 45-57.

[17]方修琦, 叶瑜, 张成鹏, 等. 中国历史耕地变化及其对自然环境的影响[J]. 古地理学报, 2019, 21 (01): 160-174. FANG X Q, YE Y, ZHANG C P, et al. Cropland cover change and its environmental impacts in the history of China[J]. Journal of Paleogeography(Chinese Edition),2019,21(01):160-174.

[18]傅才武,何威亚. “生态环境过载”作为一种“文明变量”: 一种生态文明史观[J].理论月刊,2023(09):142-152. FU C W, HE W Y. A Historical View of Ecologic "Ecological Overload" as a "Civilizational Variable" Civilization[J].Theory Monthly,2023(09):142-152.

[19]蒋琳莉, 黄好钦, 张俊飏, 等. 稻农低碳生产行为的双路径干预策略研究——基于50余万字深度访谈资料的扎根分析[J]. 世界农业,2022,(01):76-86. JIANG L L, HUANG H Q, ZHANG J B, et al. Study on Dual Intervention Strategy of Rice Farmers' Low-carbon Production Behavior Grounded Theory Analysis Based on In-depth interview Data of More Than Five Hundred Thousand Words[J]. World Agriculture,2022,(01):76-86.

[20]刘洋. 全球现代性问题与人类命运共同体的重塑[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版),2021,(06):19-27. LIU Y. The issues of Global Modernity and the Reconstruction of a Community with a Shared Future for Mankind[J]. Journal of Xiamen University(Arts & Social Sciences),2021,(06):19-27.

[21]何可, 汪昊, 张俊飏. “双碳”目标下的农业转型路径: 从市场中来到“市场”中去[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2022,(01):1-9. HE K, WANG H, ZHANG J B. Agricultural Transformation Path with Respect to the Target of Carbon Peak and Carbon Neutrality: From the Market to the "Market"[J]. Journal of Huazhong Agricultural University(Social Sciences Edition),2022,(01):1-9.

[22]鲍健强, 苗阳, 陈锋. 低碳经济:人类经济发展方式的新变革[J]. 中国工业经济, 2008,(04):153-160. BAO J Q, MIAO Y, CHEN F. Low Carbon Economy: Revolution in the Way of Human Economic Development[J]. China Industrial Economics,2008,(04):153-160.

[23]齐振宏, 王培成. 博弈互动机理下的低碳农业生态产业链共生耦合机制研究[J]. 中国科技论坛,2010,(11):136-141. QI C H, WANG P C. Coupling Mechanism of Low-carbon Agricultural Ecological Industry under Game and Interaction Theory[J]. Forum on Science and Technology in China,2010,(11):136-141.

[24]曾贤刚,刘纪新,段存儒, 等.基于生态系统服务的市场化生态补偿机制研究——以五马河流域为例[J].中国环境科学,2018,38(12):4755-4763. ZENG X G, LIU J X, DUAN C R, et al. A study on market-oriented ecological compensation for the ecosystem services based on Wuma River Watershed[J].

China Environmental Science,2018,38(12):4755-4763.

[25]余粮红,高堃,高强.休戚与共:土地托管企业与农户利益联结机制重塑[J].农业经济问题,2023,(07):49-63. YU L H, GAO K, GAO Q. A Solidarity: Reshaping the interests Linkage Mechanism between Agricultural Enterprises and Farmers in Land Trusteeship[J]. Issues in Agricultural Economy,2023,(07):49-63.

[26]薛蕾.农业现代化视角下农业碳减排的主要形势、面临困境与实现路径——以成渝地区为例[J].西南金融,2023(05):70-82. XUE L. The Main Situation, Dilemma and Realization Path of Agricultural Carbon Emission Reduction from the Perspective of Agricultural Modernization A Case Study of Chengdu-Chongqing Economic Circle[J].Southwest Finance,2023(05):70-82.

[27]陈志钢,徐孟.大食物观引领下低碳减排与粮食安全的协同发展:现状、挑战与对策[J].农业经济问题,2023(06):77-85. CHEN Z G, XU M. Meeting Low-carbon and Food Security Objectives of China Agri-food System Under the Greater Food Approach: Status Quo, Challenges, and Pathways[J].Issues in Agricultural Economy,2023(06):77-85.

[28]高帅,李彬,邓红梅,等.《巴黎协定》下自愿碳市场的运行模式及对我国的影响[J].中国环境管理,2023,15(04):44-52. GAO S, LI B, DENG H M, et al. The Future Models of Voluntary Carbon Market Under Paris Agreement and Their impacts or China[J]. Chinese Journal of Environmental Management,2023,15(04):44-52.

[29]白雪冰,胡浩,周应恒,等.中国畜牧业碳排放的时空演进及其影响因素分析[J].中国农业大学学报,2023,28(09):260-274. BAI B, HU H, ZHOU Y H, et al. Study on space-time evolution and influence factors of carbon emissions in China's animal husbandry[J].Journal of China Agricultural University,2023,28(09):260-274.

[30]旷爱萍,胡超.因子分析与熵值法下广西低碳农业发展质量综合评价[J].云南农业大学学报(社会科学),2021,15(03):61-69. KUANG A P, HU C. Comprehensive Evaluation of the Development Quality of Low Carbon Agriculture in Guangxi by Factor Analysis and Entropy Method[J].Journal of Yunnan Agricultural University(Social Science),2021,15(03):61-69.

[31]刘芳,李成友,张红丽.农户环境认知及低碳生产行为模式[J].云南社会科学,2017,(06):58-63. LIU F, LI C Y, ZHANG H L. Environmental Awareness and Low Carbon Production Behavior of Farmers[J]. Social Sciences in Yunnan,2017,(06):58-63.

[32]田云.认知程度、未来预期与农户农业低碳生产意愿——基于武汉市农户的调查数据[J].华中农业大学学报(社会科学版),2019,(01):77-84+166. TIAN Y. Cognition Degree, Future Expectation and Farmers' Low-carbon Willingness in Agricultural Production: Based on the Survey Data of Farmers in Wuhan[J]. Journal of Huazhong Agricultural University(Social Sciences Edition),2019,(01):77-84+166.

[33]LUO J L, HU M J, HUANG M M, et al. How does innovation consortium promote low-carbon agricultural technology innovation: An evolutionary game analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2023, 384: 135564. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135564>

[34]罗明忠,魏滨辉.农业生产性服务的碳减排作用:效应与机制[J].经济经纬,2023,40(04):58-68. LUO M Z, WEI B H. The Role of Productive Agricultural Services in Carbon Reduction: Effects and

Mechanisms[J]. Economic Survey,2023,40(04):58-68.

[35]魏敏, 李书昊. 新时代中国经济高质量发展水平的测度研究[J]. 数量经济技术经济研究,2018,35(11):3-20. WEI M, LI S H. Study on the Measurement of Economic High-Quality Development Level in China in the New Era[J]. Journal of Quantitative & Technological Economics,2018,35(11):3-20.

[36]郑丽琳, 姚永络. 碳市场对地区经济高质量发展影响研究: 基于市场机制视角[J/OL]. 软科学, 1-13[2023-12-19] ZHENG L L, YAO Y L. Influence of Carbon Market on High-quality Economic Development A Market Mechanism-based Perspective[J/OL].Soft Science,1-13[2023-12-19]<http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20230516.1443.002.html>.

[37]王喜峰, 姜承昊. 发展方式绿色转型的关键问题及政策建议[J]. 价格理论与实践, 2023, (04): 86-91+208. WANG X F, JIANG C H. The Key Problems and Countermeasures of Green Transformation of Development Mode[J]. Price: Theory & Practice,2023,(04):86-91+208.

[38]沈费伟.农业科技推广服务多元协同模式研究:发达国家经验及对中国的启示[J].经济体制改革,2019(06):172-178. SHEN F W. Research on Multiple Cooperative Mode of Agricultural Science and Technology Extension Service :The Experiences of Developed Countries and Their Reference to China[J].Reform of Economic System,2019(06):172-178.

[39]胡婉玲, 王红玲, 张果. 气候智慧型农业碳减排及碳交易市场机制探讨[J]. 社会科学动态, 2020, (02): 46-50. HU W L, WANG H L, ZHANG G. Analysis on the Climate-Smart Agriculture that Reduces Carbon Emissions and Its Exchange Market Mechanism[J]. Dynamics of Social Sciences,2020,(02):46-50.

[40]韦佳培, 吴洋滨. “双碳” 目标下我国农业绿色发展的路径选择[J]. 农业经济, 2023, (09): 25-27. WEI J P, WU Y B. The Path Choice of China's Agriculture Green Development under the Target of "Dual Carbon"[J]. Agricultural Economy,2023,(09):25-27.

[41]朱睿博.低碳农业发展的生产经营组织模式创新与金融支持——基于四川成都的实践案例[J].西南金融,2022(10):78-91. ZHU R B. Production and Operation Organization Model innovation and Financial Support for Low carbon Agriculture Development Based on the Practical Case of Chengdu, Sichuan Province[J].Southwest Finance,2022(10):78-91.

[42]刘军强, 鲁宇, 李振. 积极的惰性——基层政府产业结构调整的运作机制分析[J]. 社会学研究,2017,32(05):140-165+245. LIU J Q, LU Y, LI Z. Active inertia A Study on the Mechanism of the Restructuring of the Agricultural industries by the Local Government[J]. Sociological Studies,2017,32(05):140-165+245.

[43]石元春,程序,朱万斌.当前中国生物质能源发展的若干战略思考[J].科技导报,2019,37(20):6-11. SHI Y C, CHENG X, ZHU W B. Strategic thinking about China's bioenergy development[J].Science & Technology Review,2019,37(20):6-11.

[44]蓝海涛.聚焦农业绿色发展, 助力“双碳” 目标实现——评《中国农业碳减排路径研究》[J].农业经济问题,2022,(09):144. LAN H T. Focusing on the Green Development of Agriculture and Contributing to the Achievement of the "Dual Carbon" Goal -- Review of the Study on the Path of Carbon Reduction in Agriculture in China[J].Issues in Agricultural Economy,2022,(09):144.

[45]张颂心,王辉,徐如浓.科技进步、绿色全要素生产率与农业碳排放关系分析——基于泛长三角26个城市

面板数据[J].科技管理研究,2021,41(02):211-218. ZHANG S X, WANG H, XU R N. Analysis on the Relationship Between Science and Technology Progress Green Total Factor Productivity and Agricultural Carbon Emission: Based on Pan Yangtze River Delta 26 City Panel Data[J].Science and Technology Management Research,2021,41(02):211-218.

[46]黄晓慧, 聂凤英. 数字化驱动农户农业绿色低碳转型的机制研究[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2023,23(01):30-37. HUANG X H, NIE F Y. Research on the Mechanism of Digitalization Driving Farmers' Agriculture Green and Low-carbon Transformation[J]. Journal of Northwest A&F University(Social Science Edition),2023,23(01):30-37.

[47]贺青,张虎,张俊飏.农业产业聚集对农业碳排放的非线性影响[J].统计与决策,2021,37(09):75-78. HE Q, ZHANG H, ZHANG J B. Nonlinear Effects of Agro-industry Aggregation on Agricultural Carbon emissions[J].Statistics & Decision,2021,37(09):75-78.

[48]金书秦, 林煜, 牛坤玉. 以低碳带动农业绿色转型: 中国农业碳排放特征及其减排路径[J]. 改革,2021,(05):29-37. JIN S Q, LIN Y, NIU K Y. Driving Green Transformation of Agriculture with Low Carbon: Characteristics of Agricultural Carbon Emissions and Its Emission Reduction Path in China[J]. Reform,2021,(05):29-37.

[49]高培勇, 杜创, 刘霞辉, 等. 高质量发展背景下的现代化经济体系建设:一个逻辑框架[J]. 经济研究, 2019, 54 (04): 4-17. GAO P Y, DU C, LIU X H, et al.The Construction of a Modern Economic System in the Context of High-quality Development: A New Framework[J]. Economic Research Journal,2019,54(04):4-17.

[50]方行明, 许辰迪, 肖磊. 比较优势、后发优势与平行竞争——基于发展经济学的研究[J]. 理论探索, 2023, (05): 90-101. FANG X M, XU C D, XIAO L. Comparative Advantage, Latecomer Advantage, and Parallel Competition-Research Based on Development Economics[J]. Theoretical Exploration,2023,(05):90-101.

[51]何艳玲, 李妮. 为创新而竞争:一种新的地方政府竞争机制[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2017, 70 (01): 87-96. HE Y L, LI N. Competition for Innovation: A New Competitive Mechanism of Local Governments[J].Wuhan University Journal(Philosophy & Social Science),2017,70(01):87-96.

[52]黄振羽, 陈馨旖. 地方政府为何青睐大科学装置? ——基于政治锦标赛理论的解释[J].科技管理研究,2021,41(05):213-221. HUANG Z Y, Analysis on the Great Passion of Local Governments for Big-Science Infrastructure: Explanation Based on the Theory of Political Rank-Order Tournament[J].Science and Technology Management Research,2021,41(05):213-221.

Review on life cycle analysis (LCA) studies of reusable plastic crates for fruit and vegetables

Si Gao^{a,b}, Juanjuan Yao^a, Xuchen Zhao^a, Pinqiao Ren^a, Mathias Gustavsson^a and Chunfei Wu^b
《INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE ENGINEERING》, 2025, VOL.18, No.1, 2457345

ABSTRACT

Fruits and vegetables require proper packaging to ensure safe transports from farm to shops and retailers. Poor packaging may result in food losses or waste by reduced shelf life. The production and use of the packaging material generates GHG emissions and so does transports and disposal of packaging. The use of reusable plastic crates (RPC), instead of disposable boxes, was found to be a feasible solution in reducing waste and environmental impacts throughout the lifecycle of secondary and tertiary packaging. The aim of this study is to provide a review of Life Cycle Analysis (LCA) of RPC systems for fruits and vegetables under different scenarios. The paper focuses LCA studies of RPC systems for fruits and vegetables from cradle to grave. It aims to review the key designs of the LCA and identify the system boundary, functional unit and main findings. The review presents global warming potential (GWP) results associated with the use of reusable plastic crates, which were observed to be 65–628g CO₂ eq. per cycle of crate during service life. Meanwhile, cross-cutting issues are discussed which can reduce food losses as part of transportation, providing additional benefits for this system as compared to conventional crate solutions.

1. Introduction

With the increase in the global population, food demand has increased and consumption patterns have changed towards more resource-intensive and perishable food products such as fruits, vegetables and animal proteins (Boerger et al. 2021). The World Food Forum (WFF) officially unveiled its theme for 2023 on Apr 27th called ‘Agrifood systems transformation accelerates climate action’ highlighting that agrifood systems account for one-third of human-caused greenhouse gas emissions, 90% of global deforestation and 70% of water use globally, and are the greatest cause of terrestrial biodiversity loss, putting pressure on food value chains (FAO 2022). The food losses along the supply chain are enough to provide food for 1.3 billion people every year (FAO 2023). One international study suggested that as much as 44% of agricultural production is never consumed (Majendie 2020) where a more general range reported is in the range of 30–50% postharvest losses (Bancal and Ramesh 2022; Byerlee et al. 2008). In addition, transports, processing and packaging can account for nearly half of the energy consumed in the food system (Monforti-Ferrario et al. 2015).

Good packaging provides an opportunity to reduce food losses and ensure food hygiene. Various forms of packaging and containers have been developed to best suit fruit and vegetable logistics, as well as for the demands set by products, retailers and end-users (Ingrao et al. 2021). For secondary and tertiary packaging of fruit or vegetables, cardboard boxes, single use plastic crates, reusable plastic crates (RPC) or

wooden boxes are commonly used. While the first two are non-returnable packaging systems and are normally disposed of or partly recycled after one use, RPC is returnable packaging that can be washed and reused many times (Rapusas and Rolle 2009). Packaging accounts for 40% of global plastic consumption, which makes it by far the largest demand sector of plastic and most of this is not recycled. In the European Union (EU) for example less than one third of plastic packaging waste was recycled in 2017 Jacobsen et al. 2022. Damages during transport can cause substantial losses in fruits and vegetables supply chains (Notten et al. 2022). The magnitude depends on the type of product transported and the packaging solution, as well as on aspects such as temperature and handling (Ščetar, Kurek, and Galić 2010). These factors, in turn, influence the shelf-life of food resulting in more food waste, thus bringing about economic losses and adding to environmental and climate pressure. The decision to select a suitable packaging for fruit and vegetables depends on technical factors, socio-economic factors, appreciation of the exposed product to potential customers, and sustainability factors, reducing the total use of limited resources and to reduce the total environmental impact (Verghese et al. 2015).

Life cycle assessment (LCA) can be applied to analyses, exhibit, and compare the environmental performance of various product (Jaffar et al. 2024; Wang, Ting, and Zhao 2024) including packaging, which can support decision-making. Directive 94/62/EC of the EU on Packaging and Packaging Waste highlighted the importance of using LCA to evaluate

packaging in terms of circular economy and sustainability. With the importance stated above, LCA studies of fruit and vegetable packaging have provided information on their impacts throughout their entire life cycle. However, so far, LCA studies have focused on primary packaging, and the analysis of secondary and tertiary packaging such as RPC has not been covered adequately (Abejón et al. 2020; Harnoto 0000) the existing LCA studies on RPC are relatively few (Bradley and Corsini 2023; Coelho, Corona, and Worrell 2020; Pålsson and Olsson 2023) and many times not easy to compare Krieg et al. 2018; Linders et al. 2023; Ingarao et al. 2017; Abejón et al. 2020. Despite comparisons between single-use and reusable packaging in specific cases (Coelho, Corona, and Worrell 2020; Ingarao et al. 2021; Pålsson and Olsson 2023) it is rare to compare the design and results from different studies (García-Arca, Prado-Prado, and Gonzalez-Portela Garrido 2014). In addition, in the past decades there has been an increase of single-use packaging (Coelho et al. 2020) despite ambitions on higher share of recycling, reuse and reduction of fossil resources. As an example from China, in 2016, the RPC use rate is only one-fourth compared with the international benchmark, with an average of 0.2 crate per capita (CCFA, LOSCAM 2016). A recent study shows that the percentage of crate use is approximately 18% of the total secondary packaging (CCFA 2022).

The aim of this paper is to provide a review of studies on the LCA of RPC for fruits and vegetables under different scenarios. The article i) presents and analyses selected LCA studies of RPCs, ii) compares the main findings such as research designs and parameters of different studies on environmental influence, especially carbon emissions, with a focus on fruit and vegetables, and iii) identifies current cross-cutting studies on RPC, including how the LCA could include food loss and waste. Based on this, the study identifies the research progress, summarizes the concrete setting and main parameters/variables of RPC LCA studies, and discusses possible research directions, such as the life cycle influence of packaging in both the economy and environment, as well as food loss and waste issues.

2. Methods

Key elements within LCA methodology include goal and scope definition, inventory analysis and impact assessment, as well as life cycle interpretation (Klöppfer and Grahl 2014). This study is based on a review of literature and reports, surveys, and comparative studies. A unit ‘per crate cycle’ carbon emission was used for a clearer and comparative illustration of the emission levels of packaging (Alander et al. 2016).

For the LCA of RPC, possible inputs could be the materials for making the crate, transportation distance and vehicles, circulation times, cleaning process, and end-of-life treatment approaches (Tua et al. 2019). Thus, a final interpretation can be made to assess and provide comparative data on different products or services for their aggregated environmental impact based on a specific functional unit. This means that LCA can provide comparative results for single-use packaging as compared to the RPC solution (Coelho, Corona, and Worrell 2020; Ingarao et al. 2021; Pålsson and Olsson 2023).

Google scholar (Google 2024) and China Academic journals (CNKI 2024) were searched to identify papers to include in this study using terms like: ‘reusable plastic crate’ AND ‘environmental performance’ or ‘reusable plastic crate’ AND ‘life cycle assessment’. Combinations and using abbreviations like ‘LCA’ and ‘RPC’, as well as ‘RPC’ and ‘Carbon footprint’. With close to 100 papers identified, approximately 50 papers were subsequently analysed to be concerned with the topic of LCA results for RPC systems (Abejón et al. 2020; Accorsi, Baruffaldi, and Manzini 2020; Accorsi et al. 2014, 2022; Ahamed et al. 2021; Alander et al. 2016; Albrecht et al. 2007, 2013; Alzubi, Kassem, and Noche 2022; Bala and Fullana 2017; Baruffaldi, Accorsi, Volpe, and Manzini 2019; Baruffaldi, Accorsi, Volpe, Manzini, and Nilsson 2019; Battini et al. 2016; Bernstad Saraiva et al. 2016; Borghi et al. 2020; Bradley and Corsini 2023; Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022; Ceballos-Santos et al. 2024; Chen et al. 2020; Chow, Qin, and Yang 2021; Chowdhury and Kabir 2023; Civancik-Uslu et al. 2019; Corona 2024a, 2024b; Franklin Associates 2016; Gallego-Schmid, Mendoza, and Azapagic 2019; Gardas, Raut, and Narkhede 2019; Gasol et al. 2008; Goellner and Sparrow 2014; Greenwood et al. 2021; Grimmond and Reiner 2012; Gruyters et al. 2019; Guo et al. 2022; Hellström and Nilsson 2011; Hou et al. 2018; Ingarao et al. 2017; Jones et al. 2017; Ketkale 2023; Ketkale and Simske 2023; Kim et al. 2023; Koskela et al. 2014; Krieg et al. 2018; Lee and Xu 2004, 2005; Levi et al. 2011; Linders 2023; Lo-Iacono-Ferreira et al. 2021; Lupi et al. 2024; Mahmoudi and Parvizioman 2020; Meng et al. 2023; Nordahl and Scown 2024; Notten et al. 2022; Pålsson, Finnsgård, and Wänström 2013; Plastics 2022; Pongrácz 2007; Rasines et al. 2024; Ronzoni et al. 2022; Sazdovski et al. 2024; Silva and Molina-Besch 2023; Singh, Chonhenchob, and Singh 2006; Singh et al. 2016; Su et al. 2020; Tan et al. 2023; Thomassen et al. 2024; Thorbecke et al. 2019; Tua et al. 2017; Yadav et al. 2024; Yi et al. 2017; Zabaniotou and Kassidi 2003; Zaviša 2024). Among them, papers directly aiming for RPC and LCA studies were short-listed to be part of this review (Table 1). These shortlisted articles were subject to a thorough analysis where special attention was given to the LCA approach, system boundaries set in the study, functional units, and the modules included in the different RPC systems.

3. RPC LCA studies

3.1. Types of LCA studies

RPC normally generates less of environmental impacts as compared to alternative single-use packaging. For example, Levi et al. compared the emissions from a distribution system using plastic containers and corrugated boxes for Italian fruit distribution (Levi et al. 2011) where the associated emissions from corrugated boxes were greater than those from the plastic containers. One study stated that for associated impacts on acidification, eutrophication, etc., single use system does not show benefits in the sensitivity analyses as compared to single use option (Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022). Reduction of associated carbon dioxide (CO₂) emissions have been discussed

Table 1. Articles and reports shortlisted for the review.

Year	Reference	Publisher	Ref.
2006	Singh, S. <i>et al.</i> "1. Life Cycle Inventory and Analysis of Re-usable Plastic Containers and Packaging Technology and Display-ready Corrugated Containers Used for Packaging Fresh Fruits and Vegetables"	Science	(Singh, Chonhenchob, and Singh 2006)
2007	Anon "The Sustainability of Packaging Systems for Fruit and Vegetable Transport in Europe based on Life-Cycle-Analysis"	Stiftung Initiative Mehrweg	(Albrecht et al. 2007)
2011	Levi, M. <i>et al.</i> "A Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Packaging for the Distribution of Italian Fruit and Vegetables"	Packaging Technology and Science	(Levi et al. 2011)
2012	Lo-Iacono-Ferreira, V. G. <i>et al.</i> "Impact on carbon footprint: a life cycle assessment of disposable versus reusable sharps containers in a large US hospital"	Waste Management & Research	(Grimmond and Reiner 2012)
2013	Albrecht, S. <i>et al.</i> "An extended life cycle analysis of packaging systems for fruit and vegetable transport in Europe"	The Int. Journal of Life Cycle Assessment	(Albrecht et al. 2013)
2014	Accorsi, R. <i>et al.</i> "Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study"	The Int. Journal of Production Economics	(Accorsi et al. 2014)
2014	Koskela, S. <i>et al.</i> "Reusable plastic crate or recyclable cardboard box? A comparison of two delivery systems"	Journal of Cleaner Production	(Koskela et al. 2014)
2016	Jakobsson, J. A. <i>et al.</i> "Life cycle analysis on SRS full box"	Linköping University	(Alander et al. 2016)
2016	Associates, F. <i>et al.</i> "Comparative Life Cycle Assessment of Reusable Plastic Containers and Display and Non-Display-Ready Corrugated Containers Used for Fresh Produce Applications. Peer Reviewed Report 2016 Prepared for IFCO Corporation"	Franklin Associates. A Division of Eastern Research Group.	(Franklin Associates 2016)
2016	Battini, D. <i>et al.</i> "Sustainable Packaging Development for Fresh Food Supply Chains"	Packaging Technology and Science	(Battini et al. 2016)
2017	Bala, A. <i>et al.</i> "Comparative Assessment of Different Fruit and Vegetable Supply Options in Spain through Life Cycle Assessment (LCA) (Análisis Comparado de Diferentes Opciones de Distribución de Frutas y Hortalizas en España Mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV))"	ARECO	(Bala and Fullana 2017)
2018	Hannes K. <i>et al.</i> "Carbon footprint of packaging systems for fruit and vegetable transports in Europe"	Fraunhofer IBP	(Krieg et al. 2018)
2019	Tua, C. <i>et al.</i> "Life cycle assessment of reusable plastic crates (RPCs)".	Resources	(Tua et al. 2019)
2019	Baruffaldi, G. <i>et al.</i> "Sustainable operations in reusable food packaging networks"	Sustainable Food Supply Chains	(Baruffaldi, Accorsi, Volpe, Manzini, and Nilsson 2019)
2019	Thorbecke, M. <i>et al.</i> "Life cycle assessment of corrugated containers and reusable plastic containers for produce transport and display"	AF&PA and FBA through CPA	(Thorbecke et al. 2019)
2020	Abejón, R. <i>et al.</i> "When plastic packaging should be preferred: Life cycle analysis of packages for fruit and vegetable distribution in the Spanish peninsular market"	Resources, Conservation and Recycling	(Abejón et al. 2020)
2020	Borghi, A. D. <i>et al.</i> "Sustainable packaging: an evaluation of crates for food through a life cycle approach"	The Int. Journal of Life Cycle Assessment	(Borghi et al. 2020)
2021	Lo-Iacono-Ferreira, V. G. <i>et al.</i> "Carbon Footprint Comparative Analysis of Cardboard and Plastic Containers Used for the International Transport of Spanish Tomatoes"	Sustainability	(Lo-Iacono-Ferreira et al. 2021)
2022	Francesco Castellani, J. A. <i>et al.</i> "Comparative life cycle assessment (LCA) Packaging Solutions for the Food Segment"	FEFCO	(Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022)
2022	Alzubi, E. <i>et al.</i> "A Comparative Life Cycle Assessment: Polystyrene or Polypropylene Packaging Crates to Reduce Citrus Loss and Waste in Transportation?"	Sustainability	(Alzubi, Kassem, and Noche 2022)
2022	Rethinking Plastics "Application and Promotion of Reusable Standardized Containers Pilot Benefit Analysis Report"	Qingdao Junshengmingshi Logistics Packaging Institute	(Plastics 2022)
2024	Lupi, G. <i>et al.</i> "Life Cycle Assessment of reusable plastic containers throughout the fruit and vegetables supply chain"	IFAC-PapersOnLine	(Lupi et al. 2024)
2024	A Screening Life Cycle Analysis of One-Way and Reusable Crate Designs – Estimating Environmental Impacts via LCA Software	California Polytechnic State University	(Corona 2024b)

in several studies. One paper shows that the average single-use approach emits 1,122 tons of CO₂ compared with 241 tons with the RPC approach over the functional unit.

Different influencing parameters have also been explored. Levi et al. identified the importance of transportation for the associated environmental impacts as well as the number of circulations where RPCs used for less than 20 circulations during the service life would have aggregated carbon emissions during the life cycle dominated by the manufacturing stage (Levi et al. 2011). Another article shows that a minimum of three circulation of the RPCs is required to perform better than an alternative packaging system with single use crates of the same capacity (Tua et al. 2019). By increasing the number of circulations for the RPC, the contribution of the reconditioning process increases, reaching 30–70% of the overall impacts for 125 cycles (Tua et al. 2019). Standardized packaging choices improve supply chain performance (Hellström and Nilsson 2011).

3.2. RPC comparison with other secondary packaging

Compared with corrugated board boxes, RPCs show promising features for more energy-efficient cold chains (Gruyters et al. 2019). The use of RPCs, especially for

fresh produce (such as fruit and vegetables) for harvest, packing, transport and storage, has been shown to reduce damage and postharvest losses repeatedly (Kitinoja 2013). According to Table 2, column b, different conclusions were obtained when the RPC was compared with different types of disposable packaging. Some studies have stated that the RPC system is better than disposable packaging under different scenarios. There are studies that state that RPC emitted less for different types of emissions compared with disposable packaging (Abejón et al. 2020; Albrecht et al. 2013; Borghi et al. 2020; Tua et al. 2019) with only 1–2 exceptions for impact categories even in conservative situations when RPC is designed with less favorable conditions.

Fruit/vegetable species (a)	Other Packaging categories studied in the same paper (b)	Process modules (c)	Functional unit (d) Ref	
Apple, carrots, grapes, oranges, onions, tomatoes, strawberries, peaches/nectarines, tomatoes, Bell peppers (USA)	Display ready corrugated Containers (DRC)	Simple manufacture input, no Distribution Center (DC), thus no relevant transportation.	1,000 tons of each type of produce using RPCs	(S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006)
Fruit and vegetables (Europe)	Wooden boxes; Cardboard boxes	Some specific inputs to manufacture stage, no DC, and no relevant transportation.	Distribution of 1,000 tons of fruit/vegetables transported by plastic crates (multi way system)	(Albrecht et al. 2007)
12 types of Italian fruit and vegetables (with no specific categories) distributed in Italy	Disposable corrugated boxes	No DC and relevant transportation	Making 100 kg of fruit and vegetables available at retail	(Levi et al. 2011)
Fruit and vegetables distributed in Europe (Spain, Italy, France, the Netherlands, and Germany represent five of Europe's largest fruit and vegetable producers. France, Germany, the Netherlands, and Great Britain represent a large proportion of Europe's consumed fruits and vegetables)	Single-use wooden boxes	No concrete data for manufacture at all, no DC and no relevant transportation	The distribution of 15 kg of fruits/vegetables in 3,333,350 filled boxes/ crates	(Albrecht et al. 2013)
Local fruits and vegetables distributed in Italy	A combination of single use cardboard, plastic and wood scenario	All process included as in Figure 1	Transportation of 1,200 tons of fruits and vegetables in the food catering chain	(Accorsi et al. 2014)
Fruits and vegetables (Sweden)	None	All process included as in Figure 1	A route of use for a box with a maximum load weight of 20 kg	(Alander et al. 2016)
Apples, Bell Peppers, Carrots, Grapes, Iceberg Lettuce, Onions (Dry), Oranges, Peaches/Nectarines, Tomatoes, Strawberries (North America)	Corrugated containers	All process included as in Figure 1	1,000 tons of produce delivered to retail stores in North America (US or Canada)	(Franklin Associates 2016)
Fruits and vegetables (Spain)	Cardboard boxes	All process included as in Figure 1	Transport of 1,000 tons of fruit and vegetables in cardboard (disposable) or plastic (reusable) boxes	(Bala and Fullana 2017)
Fruits and vegetables (Europe)	Single-use plastic crates	All process included as in Figure 1	The distribution of 1,000 tons of fruit and vegetables	(Krieg et al. 2018)
Fruits and vegetables in Europe	Single-use plastic crates	Only manufacture and cleaning relevant transportation, agents, etc.	1,200 kg (corresponding to 100 RPCs) of carrying capacity at each circulation	(Tua et al. 2019)
Fruits and vegetables in Spain	Single-use cardboard boxes	All process included with detailed manufacture process, but no clear indication of DC nor the transport of crate to DC	The distribution of 1,000 tons of fruits and vegetables in RPC	(Abejón et al. 2020)
Fruits and vegetables (Europe)	Corrugated board; Wood (solid, MDF and particle board); Single use plastic crate;	All process included, but no clear indication of DC nor the transport of crate to DC	1 (one) standard crate	(Borghi et al. 2020)
Tomato (Spain-Germany)	Cardboard boxes	All except the retailer shops	A packaging system to properly store and transport 1,000 tons of products	(Lo-Iacono-Ferreira et al. 2021)
Vegetables (Europe)	Single-use cardboard boxes	included as in Figure 1	The distribution of 1,000 tons of vegetables	(Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022)
Fruits and vegetables in Qingdao of China	Disposable cardboard box; Disposable plastic crate;	Only manufacture module is included	Standardised Integration Container	(Plastics 2022)
Fruits and vegetables in Italy	Different sized/ weight/volume RPC	All, but with multiple pooler facilities (20)	Food volume capacity of unit was 1,737.60 dm ³ and 1,578.96 dm ³ of fresh fruits and vegetables respectively.	(Lupi et al. 2024)

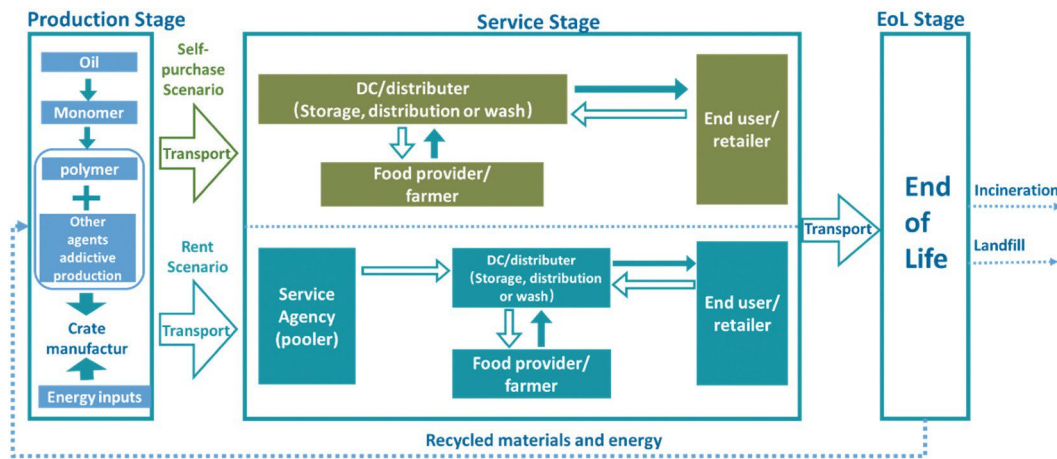


Figure 1. System boundary of different modules for the LCA of RPC systems.

One study showed that at given conditions, wooden boxes and plastic crates perform alike in the Global Warming Potential, Acidification Potential, and Photochemical Ozone Creation Potential categories (Levi et al. 2011) while the other showed RPC is slightly higher in impact categories like GWP (Singh, Chonhenchob, and Singh 2006). Some studies found that RPC was better if the travelling distance was less than 1,200 km (Levi et al. 2011) while others found that RPC is much better but it considers not only the circulation of one lifetime (but also multiple lifetimes of RPC, which means one crate can regenerate up to seven lifetimes) (Alander et al. 2016) also there was one state that RPC was better by simply comparing the manufacturing stage (Plastics 2022).

In some cases, RPC crates are no longer the most efficient solution. Although packaging reuse is generally an effective measure for preventing waste, the picture looks much more complex when looking at the overall environmental impacts, and there is no unique answer (Tua et al. 2019). The European Federation of Corrugated Board Manufacturers (FEFCO) recently claimed that corrugated cardboard boxes were advantageous over plastic-based reusable crates for vegetable packaging, and that a modification of the waste hierarchy in favour of decision-making based on LCA was needed. The conclusion was referring to another study, indicating that the GWP of transporting the same quantity of vegetables using RPCs is higher than those using single use cardboard boxes. This is primarily because this study assumes a significantly less favourable baseline scenario compared to other studies (Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022). The assumptions linked to end-of-life management, recycling rates of materials, transport and the results from FEFCO were discussed in another scientific research report (Albrecht et al. 2022) which argued the importance of the life cycle setting under which comparison is made. They pointed towards the importance of system boundaries and emphasized the difference between recycling and reuse, the latter of which should still be in the higher hierarchy of the waste pyramid. Cardboard boxes are recycled, whereas RPC boxes are reused; therefore, RPC systems are preferred from the perspective of the waste hierarchy. This discussion reflects potential situations when RPC systems are not favorable which can occur

when for example distribution of empty crates is long, as in the case of international markets, single-use systems may be preferred (Notten et al. 2022). Another aspect is hygiene and the potential risk of cross-contamination, such as Salmonella, with RPC (López-Gálvez et al. 2021). The RPC requires a system for washing and ensuring that the crates are handled according to good hygiene protocols. Nevertheless, the potential benefits of RPC compared to cardboard packaging will depend on the system's set-up, including transportation, load rates, number of cycles for reuse, recycling of materials at end-of-life and supporting systems such as washing and loss of crates.

3.3. Other relevant studies

Handling and transportation reduced fresh produce losses from 6% up to 30% (Fernando 2006). The economic calculations were included in the selected studies. LCA was linked with life cycle cost (Accorsi et al. 2014). A cost increase was reported with the application of crate (Accorsi et al. 2014); however, a clear cost decrease was also found (Albrecht et al. 2007). However, the formula is missing in the article; the reports are of less referential value.

It can be seen from the selected literature that primary data collected from these cases are rare. Most data used were sourced from public/commercial databases, or from literature and reports. A few exceptions are the raw materials composition data (Accorsi et al. 2014; Plastics 2022) and vehicle load information (Alander et al. 2016; Levi et al. 2011).

Table 2 includes findings for species, geographical areas, comparison studies, system boundaries (modules) and functional unit of the studies listed in Table 1. And below section 4 and 5 will elaborate more.

It can be seen from Table 2, column a, that fruits and vegetables are only listed clearly in the paper, while the rest have no clear indication of species (S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006). Geographically, it is mainly studied in Europe (81.25%); and in most studies, RPC is compared with different types of disposable packaging, as shown in Table 2, column b. Based on the above table, more analysis is made below: firstly, system boundary and functional units in the reviewed studies are discussed, then parameters are presented

more clearly and thoroughly, and environmental impacts are discussed mainly based on Global Warming Potential (GWP).

Few specific fruits and vegetables have been studied linked to the packaging and potential benefits of using RPC, and with limited information on the connection between the products and the crates, as shown in Table 2, column a. One aspect of reusable crates is their potential to reduce food losses as part of the transport, handling, and distribution of products. In the case of vegetables and fruits that are more easily damaged during transport, such as leaves and different types of berries and fruits, transport and retail are a substantial share of food losses in the supply chain (Notten et al. 2022). Data on the potential of reducing food waste as a result of the introduction of RPC are rare. One example is an FAO project that introduced improved packaging (in the form of stackable and nestable RPC) to transport fresh produce in traditional supply chains in a number of Southern and Southeast Asian countries, where the result has proven to have greatly reduced quantitative losses (produce rejected at the wholesale market) and qualitative losses (produce that is damaged and saleable but at a lower price) (FAO 2019). These impacts on food loss and waste compared with conventional packaging solution and RPC are not found in any of the comparative LCA studies identified. In 2013, Albrecht et al. emphasized the role of RPC in reducing food loss and waste (Corona 2024a). Later, one study directly explored RPC effects on food loss reduction during tomato transportation. The use of plastic crates reduced the damage to tomato transportation to a level of 4.69 to 5.24% (with a 4.92% average), thereby reducing damage in crates by 88% (Babarinsa et al. 2018). Reducing the impact of food product packaging, particularly regarding food waste, is a relevant topic (Vignali 2015). Food waste alone has also been explored quite often by LCA (Brancoli, Rousta, and Bolton 2017) so has packaging itself (Katrin Molina-Besch, Williams, and Williams 2019) yet the role of packaging systems to reduce food waste is rarely modelled in LCA studies (Wikström et al. 2014). More indirect impacts should be explored based on species differences, such as the effects of life cycle on food waste.

4. System boundary and functional unit

4.1. System boundary

In the selected papers various modules were included when presenting the LCA system boundary. A brief summary of the different modules that could be included in the LCA of a RPC is presented in Figure 1. There are two main business modes for RPC systems. One is based on the self-purchase of the RPCs, and these are then circulated in a system managed by the organization owning the crates. The other business model is renting or making crates available to RPC users and an organization is administering the rotation, cleaning etc. Each of these systems can be operated commercially. Figure 1 illustrates the different modules that are part of the life cycle of a RPC in the two business models in the three stages: production stage, service stage and end of life (EOL) stage. The RPC is produced in the production stage, often with some percentage

of recycled materials from the EOL stage. In the service stage, RPC is circulated in the supply chain and used in transport and packaging. The last stage is EOL, which is part of the RPC and is no longer functional in the service stage. The Service stage is the main difference between the two business models (in Figure 1 the upper part of Service stage is the self-purchase model and lower part the rent model).

More detailed modules and considerations would be possible to add, such as a separate description of washing and repairing (Tua et al. 2019) different places and stages where crates are broken and collected, food loss and waste issues (Alander et al. 2016) but also makes the approaches more complex and lack of data is a challenge.

Table 2, column c, shows the system boundaries of the selected papers:

- (1) The production stage was included in all studied papers. However, some papers have detailed information on the amount and type of materials (Abejón et al. 2020; Accorsi et al. 2014; Alander et al. 2016; Albrecht et al. 2007; Borghi et al. 2020; Tua et al. 2019) while others have more vague information on this aspect. The latter would lead to unclear mapping of the environmental impacts of this stage.
- (2) At the service stage, the distribution centre (DC) and the relevant transportation distance, which is one of the key transferring points for food, are mentioned clearly in a few papers (Albrecht et al. 2013,) while the rest have no clear description, although there is one paper stating the distribution point (Abejón et al. 2020). Without considering DC, the environmental impacts tend to be underestimated.
- (3) At the service stage, backward logistics are mentioned in almost all studied papers except for two papers (Alander et al. 2016; Plastics 2022). One paper did set an optimized scenario in which backward logistics are optimized (S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) another paper mentioned that 25% of backward vehicles are for crates and the rest are empty at one fixed distance (700 km), and concluded that backward logistics have no major influence on environmental impact (Albrecht et al. 2007). Limited scenarios and a few discussions can lead to false or incomplete conclusions.
- (4) At the service stage, the cleaning process lacks a detailed description, which is another unclear source of emission. Only three papers out of 10 stated clearly the percentage of washing, and one of them stated that the cleaning rate is more important rather than the types of chemicals used (Tua et al. 2019).
- (5) At the EOL stage, three approaches are mentioned: recycling, incineration, and landfill. It could be either one way or mixed. From 100% landfill (Accorsi et al. 2014) to 100% recycling (Abejón et al. 2020; Albrecht et al. 2013) it was mostly marked with percentages and methods of treatment in the studied papers. However, only two studies have calculated the effects of wastewater treatment on the EOL process (Albrecht et al. 2007; Borghi et al. 2020).

4.2. Functional unit

A functional unit (FU) is a quantified description of the function of a product that serves as the reference basis for all calculations regarding impact assessment. It may be based on different features of the product under study, such as technical quality, performance, aesthetics, additional services, and cost. The definition of a FU is essential for building and modelling a product system in LCA. As listed in Table 2, column d, the FU for LCA studies of RPCs is categorized into three major options:

- (1) Per crate or per crate with certain characteristics, such as volume or size. For example, one crate of 30 litres (Borghi et al. 2020,) Standardized Integration Containers (Plastics 2022) or use for a box with a maximum load weight of 20 kg^{3 0}. Per volume of shipped goods, such as RPC with a potential packaging volume of 1,737.60 dm³ of fresh fruits and vegetables (Lupi et al. 2024).
- (2) Per weight unit of shipped goods using RPC. However, this can be further divided into three patterns:
 - i. Per weight unit of shipped goods with no fixed loading capacity/size of crate. One thousand tons of each type of produce using RPCs (Krieg et al. 2018; S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) followed by a series of random sizes with a corresponding loading weight of food per fruit and vegetable type, based on which the circulation time was calculated for each case;
 - ii. Per weight unit of shipped goods with fixed loading capacity/size of crate, and not fixed circulation times (many circulation times), such as per 100 kg of fruit being shipped using crates with circulation time from 1-400⁷³ first (and then fixed to 200), 1,200 kg (100 RPCs) of carrying capacity at each delivery with circulation from 1-125^{3 1}, and transportation of 1 ton fruits or vegetables with 70% loading capacity (Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022).
 - iii. Per weight unit of shipped goods with a fixed loading capacity/size of crate and fixed circulation times (only 2-3 scenarios), such as the distribution of 1,000 tons of fruits and vegetables in plastic crates (Abejón et al. 2020; Albrecht et al. 2007), distribution of 15 kg of fruits/vegetables in 3,333,350 filled boxes/crates (Albrecht et al. 2013) or transportation of 1,200 tons of fruits and vegetables throughout the food catering chain (Albrecht et al. 2013).

Option 1 focuses only on the RPC product itself, which cannot be shown when the RPC functions as a container shipping good and is being used. This will be more suitable for packaging manufacturing process evaluation and will be good for packaging design support. For option 2, it is the function unit of packaging considering the use, but clearly, option 2i. is only for comparing unstandardized situations in one case. It would not be possible to compare and identify influencing factors over RPC, but more a general comparison of the effects of transporting different fruits and vegetables under given yet

unstandardized conditions. Option 2ii. and 2iii. are more comparable and standardized, although 2ii. is similar to 2iii, only with more scenarios in terms of circulation time. The 2ii cases are good for exploring circulation time effects. However, with a more fixed circulation time (or other parameters), it is possible to explore other parameters more accurately. Otherwise, it would have too many variables, be too hard, and be less meaningful. One case is of particular interest, as it stated that 100 kg of fruits and vegetables are available at large-scale retail outlets. This incorporates the meaning of either more fruit and vegetables needed at the beginning or 0% food loss and waste along the supply chain (Levi et al. 2011).

FUs can be defined differently depending on the purpose of the study. The more fixed the values with clear descriptions, the easier it is for the reader to consider the comparability and meaning behind the data. The accuracy of the parameters influencing the discussion also increases with more fixed values.

5. Parameters and impact

The different parameters of the LCA study and scope are important, because these can lead to different conclusions with similar processes. In the case of packaging, the results of the comparison are strongly affected by different parameters, such as package weight, manufacturing material, and the disposal treatment, while in terms of reusable packaging the number of RPC, and the involved transport distances, the rotation times and wash frequency will affect the total aggregated environmental impact. Within the three stages of the full life cycle of the RPC, different parameters affected the aggregated result of the LCA. Figure 2 provides a simplified flow-chart of the different parameters at each stage through the reviewed. Transportation is an integrated part of all three stages and is in-between; thus, it is marked above all three stages in Figure 2. The parameters are interrelated, but their relationship is yet to be explored. One study stated that the turning point was 1,200 km and the number of circulations of the RPC was 200, which is probably because the transport and other associated emissions started dominating over the manufacturing and EOL emissions (Levi et al. 2011).

5.1. Most explored parameters

From production stage, two parameters, material use and packaging size, are explored with different approaches. It is key to the product life cycle (Abejón et al. 2020) and also studied a lot (second most studied parameters) as shown in Figure 3. Secondary granulation/recycling material is important for the manufacturing of crates, and its impacts are reduced with more secondary granulates (Abejón et al. 2020; Albrecht et al. 2007, 2013; Lupi et al. 2024).

At the service stage, even more influencing parameters are explored. The most explored variable is the circulation rate. In Figure 3 it is observed that the parameter circulation (or in some papers referred to as 'reuse times', or 'rotation times') is set as a variable in 80% of the selected papers. One study collected a rotation market baseline from different enterprises,

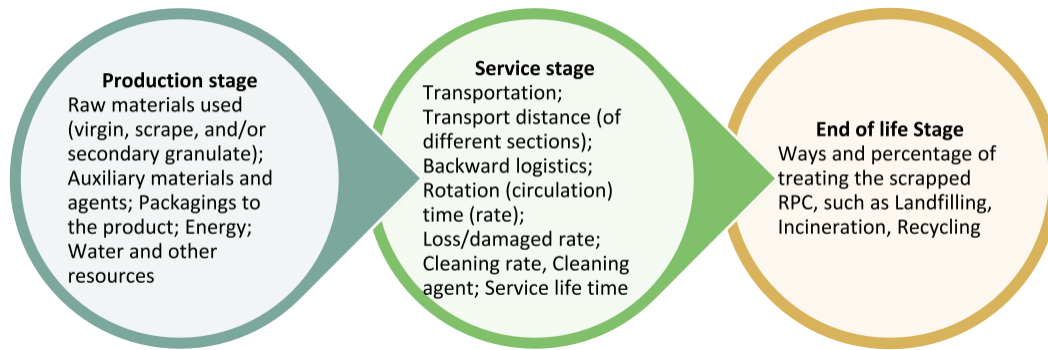


Figure 2. The parameter lists in different stages of RPC lifecycle.

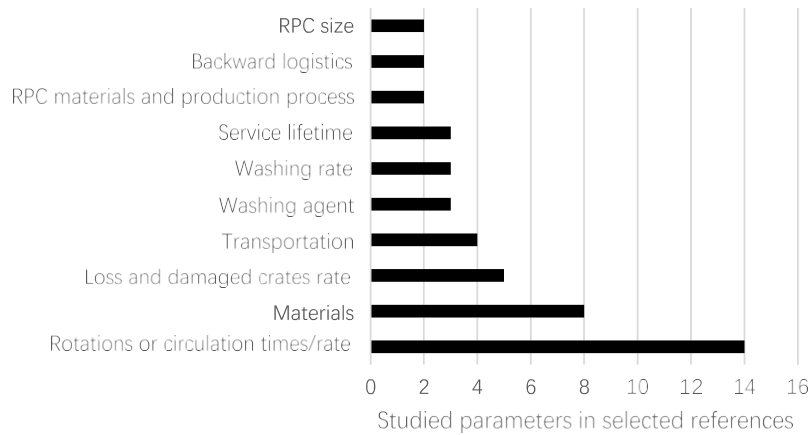


Figure 3. The most explored parameters (as variables or in sensitivity study).

and then decrease the number of circulations during the service life as a conservative scenario to explore influence (S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) some studies focus on specific given rotation times like 30, 50, 70 or 100 times during the service life (Abejón et al. 2020; Albrecht et al. 2007, 2013); while some explore a wider trend covering a range of circulations of the PRC during the life cycle, for example 1–125 rotations (Tua et al. 2019) or 1–400 rotations (Levi et al. 2011). The conclusion from the study is that: circulation time is really important (Albrecht et al. 2007; Borghi et al. 2020; S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006); more circulation time results in less environmental emissions (Abejón et al. 2020; Albrecht et al. 2007, 2013); circulation more than certain times would make RPC environmentally more favorable than disposable packaging, but the turning point is unclear, except one paper which says that already after three circulation the RPC will show better environmental performance than the alternative (Tua et al. 2019); the circulation time has a major impact on the environment impacts going from 1 to 10 number of circulations during the life cycle, while from 10 to 20 time the impact reduction is less and decreasing further for systems with 20 to 50 circulation times. RPC systems with 50 or more cycles will show a levelling out of the impact change, which shows asymptotic behavior (Levi et al. 2011). Service life and the number of circulations are somewhat connected where studies have observed that with longer service life there

are also observations of improved environmental performance (Albrecht et al. 2007, 2013).

The loss and damage rates of the crate were also discussed in six of the shortlisted references. One study stated that the RPC loss rate increase had only a minor impact of the final results (S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) the calculation was made when circulation time and backward logistics information all changed, and the results were not reflective of loss and damage rate alone. Moreover, although two references state that the breakage/loss rate has only a minor impact on the overall associated impacts but one confirmed that reducing the loss rate can reduce the GWP of RPC (Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022).

Transportation is considered important for the RPC aggregated environmental impacts (Gardas, Raut, and Narkhede 2019; Levi et al. 2011). The distance has a linear relationship with GWP emissions (Gardas, Raut, and Narkhede 2019). With a 5% distance increase, GWP would increase 2% for RPC (Borghi et al. 2020) another study also demonstrates that changes in transport distance have less effect on the GWP than other variables (Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022). Backward logistics have also been looked into, and some papers stated that it does not have major environmental impacts (Abejón et al. 2020; Albrecht et al. 2007) while others stated its importance and set it as variable (S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006).

The washing process is another parameter that was discussed in the shortlisted papers and set as a variable to evaluate its influence on the overall LCA associated impacts. One paper stated that the energy consumption of the washing of the RPC contributed to the impacts of the service stage (S. P. Singh, Chonhenchob, and Singh 2006). Another article considered that the washing accounts for a large proportion of GWP (29%), which was more than the RPC manufacture (21%) stage. However, reductions in energy, water and detergent consumption would not significantly reduce the GWP of the cleaning process, as the most dominating factor is the rate of cleaning (Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022). Another study tested the cleaning rate influence as from 25% of cleaning rate to 1%, GWP emission reduction was 4%, while increasing cleaning rate from 25% to 100%, the GWP emission increase was less than 11% (Levi et al. 2011). However, contradictory results were reported by another paper, which found that chemicals do not have much impact, but the cleaning rate is influencing, especially when the circulation time is higher. The impact of cleaning is mainly from transportation and energy use; thus, renewable energy use can reduce the impact of this stage (Tua et al. 2019). This is verified by another study, which claimed that its cleaning process would not contribute to GWP emissions, probably due to the application of renewable energy (Alander et al. 2016).

The EOL stage was also explored (Borghi et al. 2020). One study stated recycle time, which means not only one life time of crate but multiple, which is quite unique (Alander et al. 2016). At the same time, the way in which the credits of post-waste RPC material recycling and energy recovery are allocated will also have an impact on total GWP impacts. For some of the studies, the allocation of environmental benefits of material recycles and energy recovery from disposal RPC will lead to an extremely high GWP impacts. Some of the allocation methods will lead to this, which are considered as unreasonable allocation methods (Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022).

5.2. Parameter values range

The production and service stages (especially transportation) are the two major influencing stages (Abejón et al. 2020; Alander et al. 2016). Therefore, the identification of the main parameters and their value ranges are of referential value to future studies to provide clear settings and better comparison.

Parameters that are less changing or fixed in one paper are categorized below:

- (1) Crate production in the Production stage, including information related to different types of materials and processes for production, and the characteristics of one crate, such as its size and weight.
- (2) Transportation at the Service stage, including distance, vehicle type, load ratios etc.

Figure 4 shows the parameter variation settings from different studies on the crate life cycle from manufacturing to transportation in distribution, use, and end of life. In selected studies, the crate weight is from 1.49 kg to 2.00 kg, and the size varies. Most common ones are 600 mm × 400 mm and 400 mm × 300 mm⁷¹. The weight capacity of food is 12 kg to 20 kg, the most common of which is 15 kg. RPC are typically manufactured from plastics such as polypropylene (PP) (Albrecht et al. 2013; Levi et al. 2011; Plastics 2022; Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) polyethylene (PE) (Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) and high density polyethylene (HDPE) (Borghi et al. 2020). Many RPC systems use recycled granulates for crate production in the production stage (Albrecht et al. 2013; Borghi et al. 2020; Singh, Chonhenchob, and Singh 2006; Tua et al. 2019) although the percentage of recycled materials varies. RPC will use pallets on some occasions, which would help more efficient transportation. Other aspects of crate production also need to be considered in the manufacturing stage, such as packaging for the crate, jumpers, and chemicals such as absorbers and antioxidants (Alander et al. 2016; Singh, Chonhenchob, and Singh 2006; Tua et al. 2019).

CRATE parameters Raw materials composition: PP, PE (HDPE) or mixed virgin materials, recycled granulates, production residues. Production process: crude oil cracking naphta or gas oil in a steam cracker, and then injected in molding process	Other affiliated parts of the crate production: crate packaging, jumper, chemical use Weight: 1.49-2.00 kg Size: varies, many are 600x400 mm or 400x300 mm Capacity: 12-20 kg, many are 15 kg Other aspects such as pallet weight (12 kg)
VEHICLE parameters Type and load: 14 ton truck, 16-32 ton truck, 17.8-19.8 ton truck, 40 ton truck, barge, light duty vehicle Emission standard: Euro 3 to Euro 6 Load ratio: 85%-100%, for empty crates 25%-35% No. of creates and pallets: 33 pallets/truck, 36-40 crates/pallet or 213 folded crates/pallet	DISTANCE parameters Production stage: 257-1,000 km Between crate manufacturer to first stop user (farm, supplier or DC of a retailer brand): 139-800 km Between farm and DC: 100-500 km Between DC and retailer/wholesale: 100-500 km Distance to washing/reconditioning: 35-200 km Distance to EOL treatment: 100-650 km

Figure 4. Parameter variations in the different studies.

The vehicles used for transport also vary and include aspects of load capacity, emission standard of engine and fuel type, load ratios, and the type of vehicles that can vary in different stages. The truck types found in the studies load different barges and light trucks, such as the 14-ton truck, 16-ton-32-ton truck, 17.8 ton-19.8 ton truck, and 40-ton truck. The emission standards of the vehicles varied to include Euro 3 to Euro 6 standards. The average load ratio of the trucks was 85%-100%. Transporting empty RPC (the trip back to the DC or place where RPC is packed with vegetables or fruits) loads 25% to 53%. In one study, it was mentioned that transporting 3,320,000 empty crates required 473 trucks, which means every truck can carry approximately 7,000 empty crates (Singh, Chonhenchob, and Singh 2006). Additional information on pallets included 33 pallets per truck, 36–40 crate per pallet when transporting fruits or vegetables, and 213 folded empty crates per pallet (Jones et al. 2017).

In the RPC system, transportation fills the role of circulating the RPC in the system from the manufacturing of the RPC, distribution, use and EOL phases. Transport distances differ depending on which part of the system is used and from the RPC system to the RPC system. The transportation route includes the manufacturing stage, between the crate manufacturer and first stop user (either farmland, supplier, or DC of a retailer branding), between farmland and DC, between DC and retailers/wholesale, distance to washing/reconditioning places, and distance to end of life treatment, the results from the reviewed studies showed that the distance ranged from 257–1,000 km, 139–800 km, 100–500 km, 100–500 km, 35–200 km and 100–650 km.

EOL stage data is mainly concerned with percentage of EOL treatment, including but not limited to incineration, landfill, and recycling. The ranges here were from 0–100%.

5.3. Impacts

The general influences of all types of impacts include resource depletion, ecological impacts, and human health (Deng and Wang 2003). Taking ecological impacts as an example, it is composed of climate change, acidification, ozone depletion,

photochemical ozone creation potential (POCP) and eutrophication. Some impacts are input-related, some output-related or toxicity-related (Klöpffer and Grahl 2014). This study reviewed the impact categories found in the selected paper. All the short-listed papers explored the GWP, while acidification and eutrophication, as well as photochemical ozone formation effects, were included in 80% of papers. There has some results on impact categories for toxicity (Borghi et al. 2020; Tua et al. 2019) solid waste (Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) and air pollution (Alander et al. 2016). Energy demand (Alander et al. 2016; Albrecht et al. 2013; Levi et al. 2011; Plastics 2022; Singh, Chonhenchob, and Singh 2006) and water demand (Plastics 2022) has also been included in the LCA.

In comparing RPC systems with other packaging systems using other packaging materials, the RPC systems will often show better a better environmental profile. Taking a deeper look at the different studies, one can see that some studies clearly state that carbon incorporated during the growth of wood is considered a net GWP intake in the production phase. Combined with the CO₂ emissions from the EOL stage, the balance for biogenic carbon intake and emissions has been made (Albrecht et al. 2013). In some articles, the results of associated biogenic carbon emission by the end are presented (Alander et al. 2016). RPC with less favorable environmental performance might be due to biogenic carbon emission in the end of bio-based packaging, such as cardboard box, is not balanced in the LCA.

5.3.1. Example: circulation time influence on associated carbon emissions per cycle of RPC during service life

Owning to the different settings and data scale within different studies, to make the impact level more comparable, this paper comes up with an equation in which carbon emissions in different papers are all converted to g carbon dioxide emission equivalent/per crate for each cycle during its service life (equation 1):

$$CE_{eq} = TCE / (A \times B) \quad (1)$$

Where:

CE_{eq} = Carbon dioxide emission per cycle (g CO_{2eq}/crate, cycle)

Table 3. Carbon emission per cycle of crate in different studies.

Reuse cycles during Washing service life of crate	CE _{eq}	condition	EOL	Emission distribution	Ref
20	238.6	100% washing	Recycle and landfill and incineration	No use stage, only washing. <i>This is not representative value</i>	(Tua et al. 2019)
24	502.9	100% washing of crate	58.2% incineration, 41.8% recycle	34.4% at manufacture and 28.5% at end of life (without consider the credit)	(Castellani, Aigner, and Berglykka Aagaard 2022)
30	628.3	100% washing of crate	100% incineration	36% at manufacture, and 33.4% at transportation	(Accorsi et al. 2014)
50	356.5	N/A	N/A		(Albrecht et al. 2013)
50	300.0	97.6% washing	7% incineration, 93% recycling: Arena (2003)		(Borghi et al. 2020)
50	217.5	100% washing of crate	77.5% incineration, 22.5% recycle	36% at manufacture, 75% at service life (without consider the credit)	(Krieg et al. 2018)
70	269.0	50% Washing	25% incineration, 25% landfill, 50% recycle	72.8% at transportation	(Accorsi et al. 2014)
100	250.0	N/A	With cleaning	80.6% at service stage	(Bala and Fullana 2017)
100	162.7	Washing	100% recycle	Use stage	(Alander et al. 2016)
100	124	100% washing	100% recycle	70.31% at service stage	(Harnoto 0000)
125	104.2	100% washing	Recycle and landfill and incineration		(Tua et al. 2019)
150	130.1	100% washing	100% recycle		(Abejón et al. 2020)

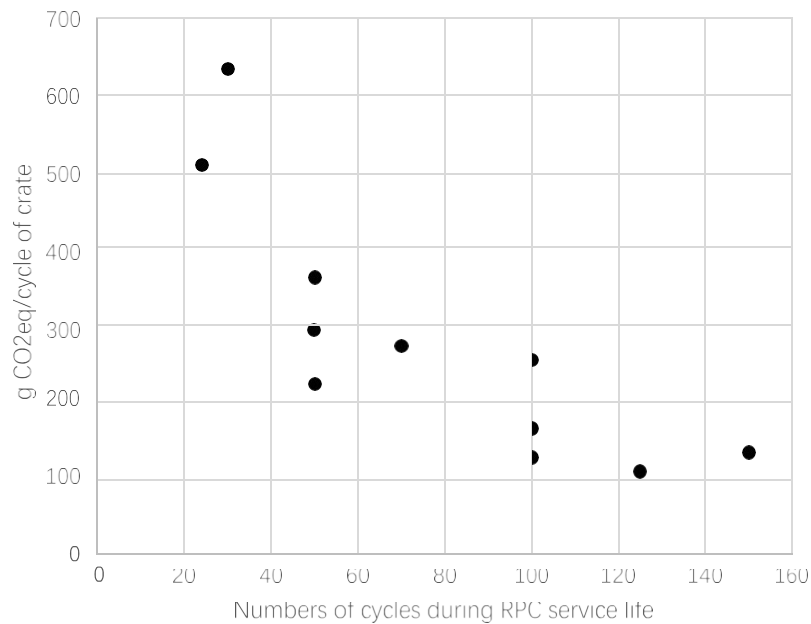


Figure 5. GHG emissions and number of cycles per RPC service life.

TCE = Total carbon dioxide emissions in system (g CO₂eq)

A = Number of the crates in system

B = Reuse cycles during the service life of the RPC

Table 3 provides a summary of the inputs for calculating a comparative value for the emissions per cycle of RPC in the different reviewed articles.

Several observations were made in this study. First, the result is between 104.2–628.3 g CO₂eq per crate cycle; second, the general trend is that more circulation, less emission per cycle; third, it shows that after 50 cycles, the increase in reuse times has lower reduction trend on emissions, and it becomes even less after 100 cycles, as stated in previous sections. Figure 5 shows a diagram of the emissions per cycle and the number of cycles considered in the respective RPC system presented in Table 3. However, with different circulation time, one paper with higher circulation time may result in higher emission, probably due to the included modules are not the same; fourth, modules and module design differ at the same circulation times, the impact of different articles differ up to 64%, and it shows the influence from different settings. Clearer setting is needed, even though changes in the system conditions and hypotheses (such as the different geographical coverage, the weights of products, the transportation distances, the actual recycling infrastructures, and the rate of mismanaged waste or any other country-specific condition) would still affect the results considerably.

5.3.2. Broader impacts

Though this paper focuses on the different aspects of RPC application on fruit and vegetables, it gathers the application of RPC on other types of food, and even non-food industries. One study showed that reusable packaging systems commonly used in the automotive industry are not always preferable in terms of sustainability, e.g. associated carbon emissions throughout the life cycle of different types of packaging (Pålsson, Finnsgård, and Wänström 2013).

But generally speaking, RPC can reduce impacts substantially. Some studies state roughly a 75% reduction in favour of the RPC in CO₂ emissions between the two packaging solutions (Goellner and Sparrow 2014). For instance, for each round trip within Sweden, the CO₂ savings are 219 grams per box and cycle of use (Alander et al. 2016). But not only GWP impacts, RPC reduced atmospheric pollution due to combustion and also has made a 50% decline in landfilling over this period (Koskela et al. 2014). Similar differences existed in other impact categories, as one study shows reusable approach has 60% less acidification potential, 65% less eutrophication potential, 85% less photochemical ozone potential, 85% less human toxicity potential, and 95% less postconsumer waste as compared to a single use alternative (Goellner and Sparrow 2014). Generally speaking, RPC can be beneficial in broader impacts.

6. Conclusion

This paper reviews a selection of scientific studies on LCA for RPC and provides an overview of the LCA settings and the results of studies focusing on fruit and vegetable packaging. The research trend, LCA setting including system boundary, functional unit, variables, and parameters value ranges are presented, following the three major stages of RPC: production, service and EOL. RPC shows more environmentally favorable results in most studies as compared with single use alternative packaging. RPC provides safe secondary and tertiary packaging for vegetables and fruits, which could lead to less food loss and waste. The scale of the impacts of climate change is provided using emission per cycle of crate, which can be served as reference values for future studies.

It is interesting to observe that the studied papers did not consider the dynamics during the circulation, so the total number of crates calculated in the LCA merely consists of basic numbers needed for shipping the amount of fruit and vegetables, some

adding breakage/loss rate, but none consider the rotation delay in the dynamic flow, which may create a substantially lower result of carbon emissions during the crate production stage. One of the challenges is to have real cases and input data for the RPC and comparative single use packaging solutions. In the reviewed studies many of the input parameters are based on assumptions and default values, while certain parts are linked to specific RPC systems. Nevertheless, the results from this review clearly show that well designed RPC systems will most possibly have a strong environmental profile as compared to a single use packaging solution.

The review make suggestions for further studies in the field of LCA and RPC: i) More clear setting can be applied in the future LCA; ii) The efficiency of logistics during the service life of RPC should be taken into consideration when setting the number of crates in the RPC system; iii) Pilot application and real cases as basis for LCA are needed and cases from other geographic regions would support the field; iv) cross-cutting studies where LCA and food loss, and waste issues, are considered in the LCA would further strengthen the presentation.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Funding

This report was developed under the sponsorship of “Supporting Scheme for MSMEs by Building Sustainable Agricultural Fresh Food Production and Logistics in China (SAFE)” project funded by the European Union, but it does not necessarily reflect the views of the European Union. The support from Swedish Institute for Water and Air Pollution Research foundation (SIVL) is kindly acknowledged.

Notes on contributors

Si Gao, PhD candidate of Queen’s University Belfast. She has been engaged in environment and sustainable development, and focus on food, food waste, packaging and the relevant life cycle impacts. She is interested in carbon footprint and environmental impacts generally, and the whole food system in terms of food, food waste, energy and water nexus.

Juanjuan Yao, MSc in environmental engineer. And she works for IVL Swedish Environmental Research Institute. She focuses on the air environmental and sustainable area and completed a few life cycle assessment studies like EPD and carbon footprint in renewable energy, electricity and food sector.

Xuchen Zhao, PhD in environmental science and engineering and she works for IVL Swedish Environmental Research Institute.. She focuses on environment and climate change. Interested in life cycle assessment and sustainable development.

Pinqiao Ren, MSc in material science and engineering and she works for IVL Swedish Environmental Research Institute.. She focuses on life cycle assessment. Interested in carbon footprint assessment and environmental impacts.

Mathias Gustavsson, PhD and senior expert working in IVL Swedish Environmental Research Institute. His expertise are on energy systems, waste management, bioenergy and crosscutting issues including sustainability assessments.

Chunfei Wu, Professor of Queen’s University Belfast. His field is mainly carbon dioxide, and energy/chemicals production from renewable and

waste resources. Interested in CO2 capture and conversion and biochar production and applications, and also broader sustainable areas.

Data availability statement

The data obtained is mainly from previous literature and reports, and only some part of the data in 5.3 is calculated based on the literature data by author of this paper. All data can be shared, and there is no ethical, privacy or security concerns.

References

- Abejón, R., A. Bala, I. Vázquez-Rowe, R. Aldaco, and P. Fullana-I-Palmer. 2020. “When Plastic Packaging Should Be Preferred: Life Cycle Analysis of Packages for Fruit and Vegetable Distribution in the Spanish Peninsular Market.” *Resources, Conservation & Recycling* 155:104666. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104666>.
- Accorsi, R., G. Baruffaldi, and R. Manzini. 2020. “A Closed-Loop Packaging Network Design Model to Foster Infinitely Reusable and Recyclable Containers in Food Industry.” *Sustainable Production and Consumption* 24:48–61. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.06.014>.
- Accorsi, R., I. Battarra, B. Guidani, R. Manzini, M. Ronzoni, and L. Volpe. 2022. “Augmented Spatial LCA for Comparing Reusable and Recyclable Food Packaging Containers Networks.” *Journal of Cleaner Production* 375:134027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134027>.
- Accorsi, R., A. Cascini, S. Cholette, R. Manzini, and C. Mora. 2014. “Economic and Environmental Assessment of Reusable Plastic Containers: A Food Catering Supply Chain Case Study.” *International Journal of Production Economics* 152:88–101. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.014>.
- Ahamed, A., P. Vallam, N. S. Iyer, A. Veksha, J. Bobacka, and G. Lisak. 2021. “Life Cycle Assessment of Plastic Grocery Bags and Their Alternatives in Cities with Confined Waste Management Structure: A Singapore Case Study.” *Journal of Cleaner Production* 278:123956. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123956>.
- Alander, J., C. Fickler, M. Granberg Lomyr, and T. Jakobsson. 2016. *Life Cycle Analysis on SRS Full Box*. Svenska ReturSystem, Linköping: Linköping University.
- Albrecht, S., T. Beck, L. Barthel, and M. Fischer. 2007. *The Sustainability of Packaging Systems for Fruit and Vegetable Transport in Europe Based on Life-Cycle-Analysis*. Stuttgart, German: Stiftung Initiative Mehrweg.
- Albrecht, S., J. Bertling, M. Fischer, F. Gehring, S. Kabasci, T. Prescher, and A. Schulte. 2022. *Reusable Plastic Crates Vs. Single-Use Cardboard Boxes - Two Packaging Systems in Competition*. Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology UMSICHT Germany. <https://doi.org/10.24406/publica-456>.
- Albrecht, S., P. Brandstetter, T. Beck, P. Fullana-I-Palmer, K. Gronman, M. Baitz, S. Deimling, J. Sandilands, and M. Fischer. 2013. “An Extended Life Cycle Analysis of Packaging Systems for Fruit and Vegetable Transport in Europe.” *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18 (8): 1549–1567. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0590-4>.
- Alzubi, E., A. Kassem, and B. Noche. 2022. “A Comparative Life Cycle Assessment: Polystyrene or Polypropylene Packaging Crates to Reduce Citrus Loss and Waste in Transportation?” *Sustainability* 14 (19): 12644. <https://doi.org/10.3390/su141912644>.
- Babarinsa, F. A., R. B. Ogundele, O. A. Babarinsa, and M. A. Omodara. 2018. “Evaluation of Plastic Crate as Replacement for Raffia Basket to Prevent In-Transit Damage of Packaged Tomatoes.” *Journal of Postharvest Technology* 6 (3): 70–79.
- Bala, A., and P. Fullana. 2017. *Comparative Assessment of Different Fruit and Vegetable Supply Options in Spain through Life Cycle Assessment (LCA) (Análisis Comparado de Diferentes Opciones de Distribución de Frutas y Hortalizas en España Mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV))*. Catedra UNESCO. https://areco.org.es/wp-content/uploads/2021/02/Resumen_ejecutivo_ESTUDIO_ARECO.pdf.
- Bancal, V., and C. R. Ramesh. 2022. *Overview of Food Loss and Waste in Fruits and Vegetables: From Issue to Resources*; Ray, R. C., Ed. Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-9527-8>.

- Baruffaldi, G., R. Accorsi, L. Volpe, and R. Manzini. 2019. "A Data Architecture to Aid Life Cycle Assessment in Closed-Loop Reusable Plastic Container Networks." *Procedia Manufacturing* 33:398–405. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.049>.
- Baruffaldi, G., R. Accorsi, L. Volpe, R. Manzini, and F. Nilsson. 2019. "Chapter 20 - Sustainable Operations in Reusable Food Packaging Networks." In *Sustainable Food Supply Chains*, edited by R. Accorsi and R. Manzini, 293–304. London: Academic Press.
- Battini, D., M. Calzavara, A. Persona, and F. Sgarbossa. 2016. "Sustainable Packaging Development for Fresh Food Supply Chains." *Packaging Technology and Science* 29 (1): 25–43. <https://doi.org/10.1002/pts.2185>.
- Bernstad Saraiva, A., E. B. A. V. Pacheco, G. M. Gomes, L. L. Y. Visconte, C. A. Bernardo, C. L. Simões, and A. G. Soares. 2016. "Comparative Lifecycle Assessment of Mango Packaging Made from a Polyethylene/Natural Fiber-Composite and from Cardboard Material." *Journal of Cleaner Production* 139:1168–1180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.135>.
- Boerger, V., D. Bojic, P. Bosc, M. Clark, D. Dale, M. England, J. Hoozeveen, S. Koo-Oshima, P. Mejias Moreno, D. Muchoney, et al. 2021. *The State of the world's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Systems at Breaking Point*. SOLAW 2021. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>.
- Borghi, A. D., S. Parodi, L. Moreschi, and M. Gallo. 2020. "Sustainable Packaging: An Evaluation of Crates for Food Through a Life Cycle Approach." *The International Journal of Life Cycle Assessment*.
- Bradley, C. G., and L. Corsini. 2023. "A Literature Review and Analytical Framework of the Sustainability of Reusable Packaging." *Sustainable Production and Consumption* 37:126–141. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.02.009>.
- Brancoli, P., K. Rosta, and K. Bolton. 2017. "Life Cycle Assessment of Supermarket Food Waste." *Resources, Conservation & Recycling* 118:39–46. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.024>.
- Byerlee, D. R., A. F. De Janvry, I. I. Klychnikova, E. M. L. Sadoulet, and R. Townsend. 2008. *World Development Report 2008: Agriculture for Development*. Washington DC: World Bank.
- Castellani, F., J. Aigner, and S. Berglykka Aagaard. 2022. *Comparative LCA Packaging Solutions for the Food*. Rome, Italy: European Federation of Corrugated Board Manufacturers (FEFCO), Brussels.
- CCFA. 2022. "CCFA Crate Implementation Study on Fresh Fruit and vegetable; China Chain Store and Franchise Association (CCFA)." CCFA, LOSCAM. 2016. "China Retail Industry Fresh Food Reusable Plastic Crate Application Investigation Report." China Chain Store and Franchise Association (CCFA).
- Ceballos-Santos, S., D. B. de Sousa, P. G. García, J. Laso, M. Margallo, and R. Aldaco. 2024. "Exploring the Environmental Impacts of Plastic Packaging: A Comprehensive Life Cycle Analysis for Seafood Distribution Crates." *Science of the Total Environment* 951:175452. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175452>.
- Chen, W.-Q., L. Ciacci, N.-N. Sun, and T. Yoshioka. 2020. "Sustainable Cycles and Management of Plastics: A Brief Review of RCR Publications in 2019 and Early 2020." *Resources, Conservation & Recycling* 159:104822. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104822>.
- Chow, C., D. Qin, and R. Yang. 2021. *A Tool for Evaluating Environmental Sustainability of Plastic Waste Reduction Innovations*. Ann Arbor, Michigan, USA: University of Michigan.
- Chowdhury, T., and G. Kabir. 2023. "Life Cycle Assessment (LCA) of Package Deliveries: Sustainable Decision-Making for the Academic Institutions." *Green and Low-Carbon Economy* 2 (1): 1–13. 2024/August/23. <https://doi.org/10.47852/bonviewGLCE3202824>.
- Civancik-Uslu, D., R. Puig, M. Hauschild, and P. Fullana-I-Palmer. 2019. "Life Cycle Assessment of Carrier Bags and Development of a Littering Indicator." *Science of the Total Environment* 685:621–630. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.372>.
- CNKI. 2024. "China Academic Journals Search Engine." *China Knowledge Network (CNKI)*. <https://oversea.cnki.net>.
- Coelho, P. M., B. Corona, R. Ten Klooster, and E. Worrell. 2020. "Sustainability of Reusable Packaging—Current Situation and Trends." *Resources, Conservation & Recycling: X* 6:11. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100037>.
- Coelho, P. M. M., B. Corona, and E. Worrell. 2020. *Reusable Vs Single-Use Packaging: A Review of Environmental Impact*. Zero Waste Europe (ZWE), Brussels. <https://www.reloopplatform.org/reusable-vs-single-use-packaging-a-review-of-environmental-impacts/>.
- Corona, N. R. 2024a. *A Screening Life Cycle Analysis of One-Way and Reusable Crate Designs – Estimating Environmental Impacts Via*. California: LCA Software California Polytechnic State University. <https://digitalcommons.calpoly.edu/theses/2834/>.
- Corona, N. R. 2024b. *A Screening Life Cycle Analysis of One-Way and Reusable Crate Designs – Estimating Environmental Impacts via LCA Software*. California Polytechnic State University. <https://digitalcommons.calpoly.edu/theses/2834/>.
- Deng, N., and X. Wang. 2003. *Life Cycle Assessment*. Beijing, China: Chemical Industry Publishing house.
- FAO. 2019. *The State of Food and Agriculture 2019; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Rome. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1245425/>.
- FAO. 2022. *FRA 2020 Remote Sensing Survey Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Rome: FAO.
- FAO. 2023. "World Food Forum 2023 Will Champion Youth Leadership in Agrifood Systems Transformation to Accelerate Climate Action-World." *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. 2024 28 October. <https://reliefweb.int/report/world/world-food-forum-2023-will-champion-youth-leadership-agrifood-systems-transformation-accelerate-climate-action>.
- Fernando, M. D. 2006. "Postharvest Management of Fruit and Vegetables in the Asia-Pacific Region."
- Franklin Associates. 2016. *Comparative Life Cycle Assessment of Reusable Plastic Containers and Display-And Non-Display-Ready Corrugated Containers Used for Fresh Produce Applications*. Kansas, USA: Reusable Pallet and Container Coalition.
- Gallego-Schmid, A., J. M. F. Mendoza, and A. Azapagic. 2019. "Environmental Impacts of Takeaway Food Containers." *Journal of Cleaner Production* 211:417–427. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.220>.
- García-Arca, J., J. C. Prado-Prado, and A. T. Gonzalez-Portela Garrido. 2014. "“Packaging Logistics”: Promoting Sustainable Efficiency in Supply Chains." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 44 (4): 325–346. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2013-0112>.
- Gardas, B. B., R. D. Raut, and B. Narkhede. 2019. "Identifying Critical Success Factors to Facilitate Reusable Plastic Packaging Towards Sustainable Supply Chain Management." *Journal of Environmental Management* 236:81–92. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.113>.
- Gasol, C. M., R. Farreny, X. Gabarrell, and J. Rieradevall. 2008. "Life Cycle Assessment Comparison Among Different Reuse Intensities for Industrial Wooden Containers." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 13 (5): 421–431. <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0005-0>.
- Goellner, K. N., and E. Sparrow. 2014. "An Environmental Impact Comparison of Single-Use and Reusable Thermally Controlled Shipping Containers." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19 (3): 611–619. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0668-z>.
- Google. 2024. "Google Scholar." Google. <https://scholar.google.com/>.
- Greenwood, S. C., S. Walker, H. M. Baird, R. Parsons, S. Mehl, T. L. Webb, A. T. Slark, A. J. Ryan, and R. H. Rothman. 2021. "Many Happy Returns: Combining Insights from the Environmental and Behavioural Sciences to Understand What is Required to Make Reusable Packaging Mainstream." *Sustainable Production and Consumption* 27:1688–1702. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.022>.
- Grimmond, T., and S. Reiner. 2012. "Impact on Carbon Footprint: A Life Cycle Assessment of Disposable versus Reusable Sharps Containers in a Large US Hospital." *Waste Management & Research* 30 (6): 639–642. accessed 2024/November/3. <https://doi.org/10.1177/0734242X12450602>.
- Gruyters, W., T. Defraeye, P. Verboven, T. Berry, B. Nicolai, U. L. Opara, and B. Nicolai. 2019. "Reusable Boxes for a Beneficial Apple Cold

- Chain: A Precooling Analysis.” *International Journal of Refrigeration* 106:338–349. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.07.003>.
- Guo, X., S. Yao, Q. Wang, H. Zhao, Y. Zhao, F. Zeng, L. Huo, H. Xing, Y. Jiang, and Y. Lv. 2022. “The Impact of Packaging Recyclable Ability on Environment: Case and Scenario Analysis of Polypropylene Express Boxes and Corrugated Cartons.” *Science of the Total Environment* 822:153650. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153650>.
- Harnoto, M. F. 2013. “A Comparative Life Cycle Assessment of Compostable and Reusable Takeout Clamshells at the University of California, Berkeley.” *Packaging Technology and Science* (Spring): 18.
- Hellström, D., and F. Nilsson. 2011. “Logistics-Driven Packaging Innovation: A Case Study at IKEA.” *International Journal of Retail & Distribution Management* 39 (9): 638–657. <https://doi.org/10.1108/09590551111159323>.
- Hou, P., Y. Xu, M. Taiebat, C. Lastoskie, S. A. Miller, and M. Xu. 2018. “Life Cycle Assessment of End-Of-Life Treatments for Plastic Film Waste.” *Journal of Cleaner Production* 201:1052–1060. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.278>.
- Ingarao, G., S. Licata, M. Sciortino, D. Planeta, R. Di Lorenzo, and L. Fratini. 2017. “Life Cycle Energy and CO₂ Emissions Analysis of Food Packaging: An Insight into the Methodology from an Italian Perspective.” *International Journal of Sustainable Engineering* 10 (1): 31–43. <https://doi.org/10.1080/19397038.2016.1233296>.
- Ingrao, C., A. Nikkhah, J. Dewulf, V. Siracusa, S. Ghnimi, and K. A. Rosentrater. 2021. “Introduction to the Special Issue ‘Sustainability Issues of Food Processing and Packaging: The Role of Life Cycle Assessment’.” *The International Journal of Life Cycle Assessment* 26 (4): 726–737. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01906-0>.
- Jacobsen, L. F., S. Pedersen, and J. Thgersen. 2022. “Drivers of and Barriers to consumers’ Plastic Packaging Waste Avoidance and Recycling – a Systematic Literature Review.” *Waste Management* 141:63–78. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.021>.
- Jaffar, M. M., A. Rolfe, C. Brandoni, J. Martinez, C. Snape, S. Kaldis, A. Santos, B. Lysiak, A. Lappas, N. Hewitt, et al. 2024. “A Technical and Environmental Comparison of Novel Silica PEI Adsorbent-Based and Conventional MEA-Based CO₂ Capture Technologies in the Selected Cement Plant.” *Carbon Capture Science & Technology* 10:100179. <https://doi.org/10.1016/j.cscst.2023.100179>.
- Jones, S., C. Bishop, R. Porter, and C. Saowapa. 2017. “Temperature Management of Potatoes in Packaging with Reusable Plastic Crates in the Fresh Produce Supply Chain.” *Australian Journal of Crop Science* 11 (6): 638–643, (accessed 2024/August/23) From Informit. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.06.p175>.
- Katrin Molina-Besch, F. W., H. Williams, and H. Williams. 2019. “The Environmental Impact of Packaging in Food Supply Chains—Does Life Cycle Assessment of Food Provide the Full Picture?” *The International Journal of Life Cycle Assessment* 24 (1): 37–50. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1500-6>.
- Ketkale, H. 2023. *Lifecycle Assessment Modeling and Encouraging Reuse in the Corrugated Packaging Industry Using Persuasion and Operant Conditioning*. Colorado State University ProQuest Dissertations & Theses, Fort Collins. <https://www.proquest.com/openview/96399e03d1da1401747087ff950e5694/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>.
- Ketkale, H., and S. Simske. 2023. “A Life Cycle Analysis and Economic Cost Analysis of Corrugated Cardboard Box Reuse and Recycling in the United States.” *Resources* 12 (2): 22. <https://doi.org/10.3390/resources1202022>.
- Kim, S. Y., D. H. Kang, K. Charoensri, J. R. Ryu, Y. J. Shin, and H. J. Park. 2023. “Comparative Life Cycle Assessment of Reusable and Disposable Distribution Packaging for Fresh Food.” *Sustainability* 15 (23): 16448. <https://doi.org/10.3390/su152316448>.
- Kitinoja, L. 2013. *Returnable Plastic Crate (RPC) Systems Can Reduce Postharvest Losses and Improve Earnings for Fresh Produce Operations*. La Pine, Oregon, USA: Postharvest Education Foundation. Klöpffer, W., and B. Grahl. 2014. *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. New Jersey, USA: Wiley.
- Koskela, S., H. Dahlbo, J. Judl, M. R. Korhonen, and M. Niininen. 2014. “Reusable Plastic Crate or Recyclable Cardboard Box? A Comparison of Two Delivery Systems.” *Journal of Cleaner Production* 69 (apr.15): 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.045>.
- Krieg, H., F. Gehring, M. Fischer, and S. Albrecht. 2018. *Carbon Footprint von Verpackungssystemen für Obst- und Gemüsetransporte in Europa*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Bauphysik IB. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/299375>.
- Lee, S. G., and X. Xu. 2004. “A Simplified Life Cycle Assessment of Re-Usable and Single-Use Bulk Transit Packaging.” *Packaging Technology and Science* 17 (2): 67–83. <https://doi.org/10.1002/pts.643>.
- Lee, S. G., and X. Xu. 2005. “Design for the Environment: Life Cycle Assessment and Sustainable Packaging Issues.” *International Journal of Environmental Technology and Management* 5 (1): 14–41. <https://doi.org/10.1504/ijetm.2005.006505>.
- Levi, M., S. Cortesi, C. Vezzoli, and G. Salvia. 2011. “A Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Packaging for the Distribution of Italian Fruit and Vegetables.” *Packaging Technology and Science* 24 (7): 387–400. <https://doi.org/10.1002/pts.946>.
- Linders, M. 2023. *Combining the Strength of Reusable and One-Way Systems into a Secondary Packaging Design*. University of TWENTE. <http://essay.utwente.nl/97794/>.
- Lo-Iacono-Ferreira, V. G., R. Viñoles-Cebolla, M. J. Bastante-Ceca, and S. F. Capuz-Rizo. 2021. “Carbon Footprint Comparative Analysis of Cardboard and Plastic Containers Used for the International Transport of Spanish Tomatoes.” *Sustainability* 13 (5): 2552. <https://doi.org/10.3390/su13052552>.
- López-Gálvez, F., L. Rasines, E. Conesa, P. A. Gómez, F. Artés-Hernández, and E. Aguayo. 2021. “Reusable Plastic Crates (RPCs) for Fresh Produce (Case Study on Cauliflowers): Sustainable Packaging but Potential Salmonella Survival and Risk of Cross-Contamination.” *Foods* 10 (6): 1254. <https://doi.org/10.3390/foods10061254>.
- Lupi, G., R. Accorsi, I. Battarra, and R. Manzini. 2024. “Life Cycle Assessment of Reusable Plastic Containers Throughout the Fruit and Vegetables Supply Chain.” *IFAC-Papersonline* 58 (19): 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.09.253>.
- Mahmoudi, M., and I. Parviziomran. 2020. “Reusable Packaging in Supply Chains: A Review of Environmental and Economic Impacts, Logistics System Designs, and Operations Management.” *International Journal of Production Economics* 228:107730. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107730>.
- Majendie, A. 2020. “Without Clearing Any New Farmland, We Could Feed Two Earths’ Worth of People.” *Bloomberg News*. Dec 15. Accessed April 29, 2023.
- Meng, T., Y. Wang, L. Fu, Y. Wang, N. Zhang, Z. Wang, and Q. Yang. 2023. “Comparison of the Environmental Impact of Typical Packaging Systems for Food Cold Chain Express Based on Life Cycle Assessment.” *Journal of Cleaner Production* 430:139756. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139756>.
- Monforti-Ferrario, F., J.-F. Dallemand, I. Pinedo Pascua, V. Motola, M. Banja, N. Scarlat, H. Medarac, L. Castellazzi, N. Labanca, P. Bertoldi, et al. 2015. *Energy Use in the EU Food Sector*. Joint Research Centre (JRC), Brussels. <https://doi.org/10.2790/158316>.
- Nordahl, S. L., and C. D. Scown. 2024. “Recommendations for Life-Cycle Assessment of Recyclable Plastics in a Circular Economy.” *Royal Society of Chemistry* 15 (25): 9397–9407. <https://doi.org/10.1039/D4SC01340A>.
- Notten, P., Y. Lewis, M. Burke, E. Corella-Puertas, and A.-M. Boulay. 2022. *Single-Use Supermarket Food Packaging and Its Alternatives: Recommendations from Life Cycle Assessments*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.
- Pålsson, H., C. Finnsgård, and C. Wänström. 2013. “Selection of Packaging Systems in Supply Chains from a Sustainability Perspective—The Case of Volvo.” *Packaging Technology and Science* 26 (5): 289–310. <https://doi.org/10.1002/pts.1979>.
- Pålsson, H., and J. Olsson. 2023. “Current State and Research Directions for Disposable versus Reusable Packaging: A Systematic Literature Review of Comparative Studies.” *Packaging Technology and Science* 36 (6): 391–409. <https://doi.org/10.1002/pts.2722>.
- Plastics, R. 2022. *Application and Promotion of Reusable Standardized Containers Pilot Benefit Analysis Report*. Rethinking Plastics - Circular

- Economy Solutions to Marine Litter Project Pilot Results in China. Qingdao: Qingdao Junshengmingshi Logistics Packaging Institute.
- Pongrácz, E. 2007. "The Environmental Impacts of Packaging." In *Environmentally Conscious Materials and Chemicals Processing*, edited by M. Kutz, 237–278. Hoboken, the United States: Wiley.
- Rapusas, R. S., and R. S. Rolfe. 2009. *Management Guideline for crate; RAP PUBLICATION 2009/08; Regional Office for Asia and the Pacific, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Bangkok, Thailand: FAO Regional Office for Asia and the Pacific Maliwan Mansion.
- Rasines, L., G. San Miguel, B. Corona, and E. Aguayo. 2024. "Addressing the Circularity and Sustainability of Different Single-Use and Reusable Crates Used for Fresh Fruit and Vegetables Packaging." *Food Packaging and Shelf Life* 46:101391. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101391>.
- Ronzoni, M., R. Accorsi, B. Guidani, and R. Manzini. 2022. "Economic and Environmental Optimization of Packaging Containers Choice in Food Catering Supply Chain." *Transportation Research Procedia* 67:163–171. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.12.047>.
- Sazdovski, I., L. Battle-Bayer, A. Bala, M. Margallo, S. Azarkamand, R. Aldaco, and P. Fullana-I-Palmer. 2024. "Comparative Assessment of Two Circularity Indicators for the Case of Reusable versus Single-Use Secondary Packages for Fresh Foods in Spain." *Heliyon* 10 (6): E27922. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27922>.
- Ščetar, M., M. Kurek, and K. Galić. 2010. "Trends in Fruit and Vegetable Packaging – a Review." *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* 5 (3–4): 69–86.
- Silva, N., and K. Molina-Besch. 2023. "Replacing Plastic with Corrugated Cardboard: A Carbon Footprint Analysis of Disposable Packaging in a B2B Global Supply Chain—A Case Study." *Resources, Conservation & Recycling* 191:106871. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106871>.
- Singh, J., A. B. Shani, H. Femal, and A. Deif. 2016. "Packaging's Role in Sustainability: Reusable Plastic Containers in the Agricultural-Food Supply Chains." In *Organizing Supply Chain Processes for Sustainable Innovation in the Agri-Food Industry, Organizing for Sustainable Effectiveness*, 175–204. Vol. 5. Leeds, UK: Emerald Group Publishing Limited.
- Singh, S. P., V. Chonhenchob, and J. Singh. 2006. "Life Cycle Inventory and Analysis of Re-Usable Plastic Containers and Display-Ready Corrugated Containers Used for Packaging Fresh Fruits and Vegetables." *Packaging Technology and Science* 19 (5): 279–293. <https://doi.org/10.1002/pts.731>.
- Su, Y., H. Duan, Z. Wang, G. Song, P. Kang, and D. Chen. 2020. "Characterizing the Environmental Impact of Packaging Materials for Express Delivery via Life Cycle Assessment." *Journal of Cleaner Production* 274:122961. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122961>.
- Tan, Q., L. Yang, F. Wei, Y. Chen, and J. Li. 2023. "Is Reusable Packaging an Environmentally Friendly Alternative to the Single-Use Plastic Bag? A Case Study of Express Delivery Packaging in China." *Resources, Conservation & Recycling* 190:106863. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106863>.
- Thomassen, G., E. Peeters, N. Van Hee, E. Noëth, E. Du Bois, L. Boone, and T. Compernelle. 2024. "The Environmental Impacts of Reusable Rice Packaging: An Extended Comparative Life Cycle Assessment." *Sustainable Production and Consumption* 45:333–347. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.01.014>.
- Thorbecke, M., A. Pike, J. Dettling, and D. Eggers. 2019. "Life Cycle Assessment of Corrugated Containers and Reusable Plastic Containers for Produce Transport and Display; the American Forest and Paper Association (AF&P) and the Fibre Box Association (FBA) Through the Corrugated Packaging Alliance (CPA)." https://www.fibrebox.org/assets/2023/05/CPA_Comparative_LCA_Quantis.pdf.
- Tua, C., L. Biganzoli, M. Grosso, and L. Rigamonti. 2019. "Life Cycle Assessment of Reusable Plastic Crates (RPCs)." *Resources* 8 (2): 15. <https://doi.org/10.3390/resources8020110>.
- Tua, C., S. Nessi, L. Rigamonti, G. Dolci, and M. Grosso. 2017. "Packaging Waste Prevention in the Distribution of Fruit and Vegetables: An Assessment Based on the Life Cycle Perspective." *Waste Management & Research* 35 (4): 400–415. <https://doi.org/10.1177/0734242x16688259>.
- Verghese, K., H. Lewis, S. Lockrey, and H. Williams. 2015. "Packaging's Role in Minimizing Food Loss and Waste Across the Supply Chain." *Packaging Technology and Science* 28 (7): 603–620. <https://doi.org/10.1002/pts.2127>.
- Vignali, G. 2015. "Life-Cycle Assessment of Food-Packaging Systems." In *Environmental Footprints of Packaging*, edited by S. S. Muthu, 1–22. Cambridge, Massachusetts, USA: Springer.
- Wang, B., Z. J. Ting, and M. Zhao. 2024. "Sustainable Aviation Fuels: Key Opportunities and Challenges in Lowering Carbon Emissions for Aviation Industry." *Carbon Capture Science & Technology* 13:100263. <https://doi.org/10.1016/j.ccsst.2024.100263>.
- Wikström, A. F., H. Williams, B. K. Verghese, and C. S. Clune. 2014. "The Influence of Packaging Attributes on Consumer Behaviour in Food-Packaging Life Cycle Assessment Studies - a Neglected Topic." *Journal of Cleaner Production* 73:100–108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.042>.
- Yadav, P., F. Silvenius, J.-M. Katajajuuri, and I. Leinonen. 2024. "Life Cycle Assessment of Reusable Plastic Food Packaging." *Journal of Cleaner Production* 448:141529. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141529>.
- Yi, Y., Z. Wang, R. Wennersten, and Q. Sun. 2017. "Life Cycle Assessment of Delivery Packages in China." *Energy Procedia* 105:3711–3719. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.860>.
- Zabaniotou, A., and E. Kassidi. 2003. "Life Cycle Assessment Applied to Egg Packaging Made from Polystyrene and Recycled Paper." *Journal of Cleaner Production* 11 (5): 549–559. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00076-8](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00076-8).
- Zaviša, Ž. 2024. "The Role of Reusable Packaging Implementation Toward More Sustainable Supply Chain." *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development* 46 (2): 190–201. <https://doi.org/10.15544/mts.2024.20>.

Review of Life Cycle Cost Analysis for Reusable Packaging for the Retail Industry

Shuhan Huang, Rui Wang, Sijia Yang, Juanjuan Yao and Si Gao

IVL Swedish Environmental Research Institute

Abstract

This review comprehensively evaluates research on the lifecycle cost analysis (LCCA) of reusable packaging systems in the retail sectors of fruits and vegetables, automotive parts, etc. It categorizes researchers by product types and thoroughly analyzed the various models used by these studies to conduct LCCA of reusable packaging. This article provided extensive analyses of cost categorization frameworks, covering raw materials, transportation, maintenance, and end-of-life expenses, thereby providing profound insights into the economic and sustainability benefits of packaging logistics. Key findings indicate that, with effective logistics management, reusable packaging typically achieves significant long-term cost savings. The review also points out that future research should focus on the economic benefits of different types of reusable packaging, examining the impacts of reverse logistics management and packaging design on costs, and the development of more precise LCCA models. Such research will provide effective decision-making support for businesses promoting the transition of supply chains towards sustainable development.

Catalogue

1	Introduction.....	122
2	LCCA	122
3	LCCA of reusable packaging	123
	a) LCCA of reusable packaging	126
	b) LCCA of reusable packaging for vegetables and fruits	126
	c) LCCA of reusable packaging for automotive parts.....	127
	d) LCCA of reusable packaging for other products	128
4	Conclusion.....	129
	References.....	130

1 Introduction

As one of the largest sectors of the global economy[1], the retail industry spans a comprehensive distribution chain of goods and services, from production to final consumption, and holds a crucial and unique role in national economies. As Sustainable Development Goals (SDGs) advance, the retail sector, serving as a key bridge between producers and consumers, has become essential in promoting sustainable production, encouraging green consumption, and driving low-carbon development across the entire supply chain[2]. In this context, retailers are challenged to balance economic profitability with reducing operational costs, minimizing environmental impact, and meeting increasingly stringent sustainability standards[3].

Within this extensive and complex distribution chain, packaging and logistics are not only vital for ensuring the smooth flow of products from production to consumers but also key factors influencing a company's economic performance, environmental impact, and market competitiveness. Reusable packaging solutions, such as reusable plastic crates (PRCs), play a particularly important role in logistics[4]. These PRCs can reduce the use of single use packaging materials, thereby minimizing resource waste and lowering packaging costs[5]. Their standardized design allows for strong stacking capabilities and durability, optimizing storage space, enhancing transportation efficiency, and reducing shipment frequency, which in turn significantly lowers logistics costs and positively impacts a company's sustainability efforts[6]. Moreover, the durability and reusability of turnover crates make them more cost-effective over their lifecycle compared to single-use packaging[7]. By adopting more sustainable packaging and logistics strategies, retail companies can not only reduce their environmental impact but also improve overall supply chain efficiency[8-10]. Life Cycle Cost Analysis (LCCA) serves as a comprehensive tool to help the retail industry assess the costs and benefits of packaging solutions like turnover crates throughout their entire lifecycle, enabling the optimization of packaging logistics strategies and the achievement of sustainability goals.

The purpose of this study is to review the existing research on the LCCA of RPCs in the retail industry, categorizing and summarizing the relevant literature. By identifying key findings, uncovering existing research gaps, and proposing future research directions, this review aims to provide valuable insights for both academic researchers and industry practitioners.

2 LCCA

Life Cycle Cost Analysis (LCCA) is an economic evaluation tool used to quantify all costs associated with a project or product over its entire life cycle, from planning, design, and construction to operation, maintenance, updating, and eventual decommissioning[11-13]. The definition of Life Cycle Costing (LCC) that is widely recognized internationally comes from the National Institute of Standards and Technology (NIST)[14]. According to this definition, LCC represents the total sum of all relevant economic costs throughout the life cycle of a product or system. This includes the initial purchase cost, operational and maintenance costs, and the residual or salvage value at the end of the product's life[15-17]. The LCC calculation typically considers the time value of money, discounting all future costs and revenues to the present to facilitate accurate economic comparisons and decision-making[18].

Life cycle costs can be categorized in various ways depending on the perspective and classification method. From the perspective of cost ownership, LCC can be divided into external and internal costs[19, 20]. When considering the source of costs, LCC can include manufacturer costs, user costs, and societal costs[21]. Manufacturer costs include expenses related to research and development, production, and marketing of new products. User costs cover expenses from the product's use until its final disposal. Societal costs involve costs borne by society throughout the product's lifecycle, including environmental

management and pollution control[22, 23].

According to ISO 56868, the LCC analysis method can forecast initial and future operational costs over a specified period and provide a comprehensive analysis of economic cost-benefit trends[24]. It enables the comparison of multiple solutions to determine the most effective one. Moreover, LCCA highlights the importance of sustainability and environmental impact, as environmentally friendly designs can reduce energy consumption and emissions over the product's lifecycle, thereby lowering long-term costs. By using LCCA, decision-makers can gain a better understanding of the long-term economic and environmental impacts of different options and translate these effects into monetary terms, leading to more informed and responsible decisions[25].

3 LCCA of reusable packaging

Research on Life Cycle Cost Analysis (LCCA) began as early as 1979[25], but studies specifically focusing on packaging LCCA remain limited. We have searched and categorized the relevant research into four main areas based on application: general studying, fruit and vegetable packaging, automotive parts packaging, and other categories. A summary of these studies is presented in Table 1.

Table 1. Focus of articles in the literature review.

Packaging System	References
Generic Containers	[26]
Reusable containers for vegetables and fruits.	[4, 27-31]
Reusable containers for automotive parts	[32-36]
Others	
Sustainable packaging system for a regional pork meat company	[37]
Reusable containers for LCD panel	[38]
Bucket for cut flowers	[39]
Reusable containers for luxury goods	[40]

Through a comparative analysis of the packaging LCC structures across studies above, it is found that, although definitions of packaging cost components may vary, purchase costs, transportation costs, management costs (cleaning or handling), and end-of-life disposal costs are consistently included (Table 2). In most cases, reusable packaging is cheaper than single-use packaging, with production costs, transportation costs, and the number of reuse cycles being the primary influencing factors.

Table 2. Summary Table of Cost Structures and Key Findings for Various Packaging Systems

References	Cost structure	Key finding
[26]	1. Material Cost	An idea on how to calculate the costs has been given in this study.
	2. Production Cost	
	3. Transport Cost	
	4. Storage Cost	
	5. Cost for Buildings	
	6. Handling Cost	

References	Cost structure	Key finding
	7.Cost for Losses, Redelivery, Repair, Etc. 8.Disposal/Recycling Cost 9.Cleaning Cost 10.Capital Lockup Cost	
[27]	1.Production Cost 2.Transport Cost 3.Cleaning Cost 4.Disposal/Recycling Cost 5.Other Cost	The re-usable system has economic advantages over the single-use systems. The number of circulations is the main cost driver.
[4]	1. Purchasing Costs 2.Transport Cost 3.Labor/Handling Costs 4.Management Costs 5.Other Costs 6. Earnings	The total cost of reusable plastic containers is higher compared to disposable packaging due to higher transport and maintenance costs.
[28]	1.Production Cost 2.Disposal/Recycling Cost 3.Transport Cost 4.Cleaning Cost 5. Handling Costs	Fiberboard boxes with removable plastic films are consistently found to be the best choice, reducing manufacturing costs and environmental impact.
[29] / Compared to road transport, shipping by		sea results in an 11.7% reduction in total transport costs.
[30]	1.Material Cost 2.Transport Cost 3.Storage Cost 4.Cleaning Cost	A linear programming model is constructed to minimize the costs of the packaging pooling service while meeting the demands and service requirements of food suppliers and retailers.
[31]	1.Purchase Cost 2.Transport Cost 3.Handling Cost 4.Disposal Cost Depreciation Cost	A multi-objective optimization model was proposed to simultaneously evaluate the economic and environmental impacts of RPC. The study results indicate that although RPC may have higher initial costs, they can achieve economic benefits in the long term by reducing waste and lowering disposal costs.
[37]	1. Container Cost 2.Transport Cost 3.Handling Cost 4.Cleaning Cost 5.Assembling Cost 6.Maintenance Cost	By designing a more sustainable model for box allocation, both the economic and environmental impacts associated with the packaging strategy can be reduced.

References	Cost structure	Key finding
[32]	1.Initial Purchase Expense 2.Return Sorting Cost 3.Return Transport Cost 4.Cost Cleaning Cost 5.Tracking Cost 6.Replacement Cost 7. Disposal Cost 8. Damage Reduction 9. Expendable Package Savings	Returnable logistical packaging systems can offer significant financial and environmental benefits compared to traditional expendable packaging systems.
[33]	1.Container Cost 2. Transport Cost 3.Labor Cost 4.Disposal/Recycling Cost	The container cost ratio is the most important driver of cost differences between reusable containers and expendable containers, followed by average daily volume.
[34]	1.Production Cost 2.Transport Cost 3.Handling Cost 4.Waste Cost 5.Administration Cost	One-way packaging resulted in fewer economic and environmental impacts. The transport distance and packaging fill rate were the key factors influencing the economic costs and environmental impact of packaging
[35]	1. Holding costs 2.Transport Cost	Shared mode has lower transportation volume, lower pipeline inventory, and lower safety inventory, which means shared mode has a lower total cost compared with dedicated mode.
[36]	1.Container Cost 2. Importer Inland 3.Ocean Freight Cost, 4.Exporter Inland Cost 5. Packaging Cleaning and Re- pairing Cost 6.Depreciation Cost.	The multi-trip reverse logistics arrangement was most operationally and environmentally viable, with the largest total packaging cost reduction and packaging waste reduction of 61% and 68%, relative to the disposable packaging.
[38]	1.Material Cost 2. Shipping Cost 3. Recycling Cost	The total cost of the green logistics mode with reusable boxes is always lower than that of the traditional logistics mode with single-use boxes. And the material cost of reusable boxes is the most influential sector of the total cost.
[39]	1.Investment Costs 2.Administration Costs 3. Logistical Costs 4. Disposal Costs	The use of a reusable system, which ensures production with less waste and fewer environmental pressures, is also economically advantageous
[40]	1.Investment Costs 2.Transport Cost	The use of reusable containers is not always less expensive than the current

References	Cost structure	Key finding
		operation with cardboard ones, due to the high transportation costs imposed by the company.

a) LCCA of reusable packaging

In 1996, Martin Dubiel[26] identified a major reason why many companies were unaware of packaging costs and their economic significance: the challenge of accurately calculating these costs. He has studied the costing structure of reusable packaging system, categorizing packaging costs into 10 distinct categories: material cost, production cost, transport cost, storage cost, cost for buildings, handling cost, cost for losses and repair, disposal/recycling cost, cleaning cost and capital lockup cost. In addition, he compared the cost structures of one-way and reusable packaging, highlighting that re- cycling and waste disposal costs are predominantly incurred with one-way packaging. Dubiel emphasized the need to analyze packaging costs according to specific industry types. His study included a table to assist companies in calculating packaging system costs. The table consisted of 3 parts: (1) system parameters, (2) calculation of cost categories, and (3) cost comparisons. He called for manufacturers and consumers in the same type of industry to create a practical reusable system offering economic and eco- logical advantages to all participants. Dubiel's research not only provided a framework for cost analysis but also laid the groundwork for a paradigm shift towards more sustainable packaging solutions, highlighting the potential for long-term savings and environmental conservation.

b) LCCA of reusable packaging for vegetables and fruits

Reusable packaging systems for fruits and vegetables have been studied by research, with multiple methodologies applied to assess their economic and environmental impacts.

In 2013, life cycle analysis (LCA), LCC and Life Cycle Working Environment (LCWE) methodologies were used by Stefan Albrecht et al.[27] to assess and compare the environmental, economic, and social impacts of the most common fruit and vegetable transport packaging systems in Europe. These include single-use wooden and cardboard boxes as well as RPC. They categorized the costs of these packaging systems into five components: production cost, transport cost, cleaning cost, disposal/recycling cost, other cost. The largest portion of the LCC of wooden boxes and cardboard boxes occurs at the production stage. For RPC, the number of circulations is the main cost driver. Total costs decrease as the number of circulations increases. The result showed that the re-usable system is the most cost effective over its entire life cycle.

In 2014 Accorsi et al. [4] conducted an economic and environmental assessment of RPC used in the food supply chain, focusing on the transport of fresh fruits and vegetables from suppliers to final customers. They investigated various factors such as the lifespan of RPCs, washing rates, and waste disposal treatments, examining their impact on environmental and economic costs. The study found that, in their modeled scenario, the LCC of RPCs was higher compared to disposable packages with equivalent functionality. This was mainly due to the high maintenance cost and transport cost of reus- able plastic container.

Daria Battini et al.' s analysis[28] further enriches this discussion by comparing corrugated fiberboard boxes with RPCs. An analytic model was developed to estimate the total cost of each packaging system. The study assessed the impact of three main processes—manufacturing (including disposal), transportation, and washing—on the total cost. It found that the primary cost for fiberboard boxes was associated with the pro- duction process. For RPCs, transportation and washing costs became more significant as the number of uses per container increased. The study proposed two packaging solutions: fiberboard boxes with

removable plastic films and RPCs with a corrugated fiberboard bottom. The comparison revealed that fiberboard boxes with removable plastic films were the most cost-effective option, with lower manufacturing costs and environmental impact.

Giulia Baruffaldi et al.[29] presents a methodology and a decision-support tool for quantifying the logistic and environmental impacts associated with packaging distribution in a closed-loop network among growers. Their analysis of reusable packaging for vegetables and fruits under different logistics scenarios showed that sea transport reduces total transportation costs by 11.7% compared to road transport. This study highlights the critical role of logistics management in the sustainability of packaging systems.

In the food industry, Accorsi Riccardo et al.[30] developed a linear programming model for reusable packaging to minimize the costs for packaging pool managers. The model included material costs, cleaning costs, storage costs, and transport costs, and included sensitivity analyses to assess how these factors influence the overall cost. In the study by Michele Ronzoni et al.[31], the use of RPCs in the Italian food catering supply chain was investigated. By employing a multi-objective optimization model, the study considers factors such as transportation, handling, procurement, and disposal costs, exploring the trade-offs between economic convenience and minimizing environmental impact. Through Pareto front analysis, the research reveals strategies for reducing environmental impacts across different scenarios. The results indicate that although the initial investment in RPCs may be higher, sustainable operational models can yield economic benefits in the long run by reducing waste and lowering disposal costs. These findings provide decision-makers with valuable insights to find the optimal balance between economic and environmental goals, thereby promoting the sustainable development of the food supply chain.

González-Boubeta, Iván et al.[37] studied the sustainable packaging system for a regional pork meat company, evaluating the total costs of three packaging types: purchased returnable plastic boxes, disposable cardboard boxes, and returnable plastic boxes rented from a logistics provider. They also proposed a new packaging allocation logic which had better economic and environmental performance. In this study the total cost was divided into container cost, transport cost, handling cost, cleaning cost, assembling cost, and maintenance cost. For long-distance transport, disposable cardboard boxes were used due to the complexities of reverse logistics. Firstly, economic and environmental impacts were calculated based on the company's 2015 sales data. Based on the calculations, the transport strategy was adjusted to get an optimized model and thus obtained the optimal strategy for the company's three packaging logistics systems. The optimized strategy involved expanding the use of purchased returnable plastic boxes, reducing the use of disposable cardboard boxes, and limiting rented returnable plastic boxes to trade partners. The results show that the optimal solution was strongly influenced by the geographical area and supply volume. The optimized logistics strategy led to a nearly 20% reduction in packaging costs and a significant 31% decrease in carbon footprint. The study highlights the importance of tailoring packaging logistics to specific regional and supply conditions to maximize both economic and environmental benefits.

e) LCCA of reusable packaging for automotive parts

The automotive industry has also explored the economic viability of reusable packaging, with studies focusing on cost comparisons between single-use and reusable systems.

In 1996, Wendee V. Rosenau et al. [32] investigated the investments in returnable containers by ten leading vehicle assembly companies and proposed a framework for evaluating packaging investment decisions. In this study, net present value was used to calculate the cost of returnable containers. It was found that the number of containers required depends on the circulation time of the crates and the daily crate requirements. Additionally, the lifespan of the containers is a critical factor in the NPV calculation. Longer lifespans make investment more profitable. Compared to single-use containers, reusable containers

reduce initial purchase and disposal costs but increase transportation and cleaning expenses. This study indicated that assembly companies could save \$125 per vehicle by using reusable containers. In 2005, Mollenkopf Diane et al. [33] compared the costs of single use versus recyclable secondary packaging logistics systems in the automotive parts manufacturing industry. A generalizable cost model was developed to assess the economic viability of reusable packaging. Their analysis examined the relationship between the cost of reusable packaging and several factors such as its container unit cost, cycle time, pack quantity, delivery distance, daily volume. The analysis suggested that reusable packaging is more feasible for larger packages, while expendable containers are more economic for smaller packages. Average daily volume also appears to be a relatively important factor. However, the study's model simplified transport systems and overlooked considerations related to empty containers. In further study, dynamic simulation needs to be developed to provide a more realistic analysis of the complexities of a packaging system. Pålsson Henrik et al. [34] also develop an evaluation model for selecting packaging systems in supply chains, considering both economic and environmental perspectives. Their study, which used Volvo as a case example, compared the sustainability of single-use and returnable packaging. The result showed that the transport distance and packaging fill rate were the key factors affecting the economic cost and environmental impact of packaging.

In 2015, Qinhong Zhang et al.[35] compared two different modes, i.e., dedicated mode and shared mode, in the context of automotive parts logistics. The total costs of the two models were analyzed, focusing on transportation and inventory holding costs. The shared mode demonstrated significant advantages over the dedicated mode. Specifically, the shared mode replaces the long-distance return trips of empty containers with shorter-distance transportation of other goods. The result proved that the total costs, including transportation and inventory holding costs, were lower in the shared mode compared to the dedicated mode.

Nophanut Katephap and Sunpasit Limnararat[36] investigated the economic cost and environmental impact of disposable packaging and reusable packaging under three reverse logistics arrangements: the single-, round- and multi-trip arrangements. They proposed a mathematical model to calculate the total effective packaging cost, which consisted of six parts: container cost, importer inland, ocean freight cost, exporter inland cost, packaging cleaning and repairing cost, and depreciation cost. The study focused on a Thai manufacturer and exporter of automotive parts, with trading partners in the Philippines and Vietnam. The disposable packaging system used four carton pads, retained boxes, and a metallic frame, while the reusable packaging employed steel plates instead of carton pads. The findings indicated that the multi-trip reverse logistics arrangement achieved the greatest reductions in both total packaging cost and packaging waste, with reductions of 61% and 68%, respectively, compared to disposable packaging.

d) LCCA of reusable packaging for other products

Paolo Menesatt et al. [39] conducted an LCCA of disposable and reusable packaging in the floricultural sector. The cost was divided into four groups: purchasing, administration, logistical and disposal costs. The results show that reusable plastic packaging shows high economic benefits compared to traditional paper packaging. As reusable containers are part of a reverse logistics system, effective logistics management plays a crucial role in influencing their costs throughout their life cycle. Guillaume Goudenege[40] developed a generic model for reverse logistics management focusing on reusable packaging, mainly applied to a luxury goods company. The model was validated across various time horizons: from January to October (excluding the two months with the lowest sales) and for the entire year. Additionally, the model assessed the impact of different storage capacities and delivery times on the total cost of recyclable packaging. The result showed that the time horizons have a crucial influence on the total cost of containers,

while storage capacity and delivery time have little impact. The analysis also revealed that reusable containers may not always be more cost-effective than cardboard ones due to higher transportation costs. In 2019, Guo et al.[38] conducted an LCCA for a logistics system for reusable packaging in LCD panel industry, comparing the total costs of traditional disposable packaging with those of reusable packaging. The cost model of reusable packaging involves material cost, shipping cost, and recycling cost, while the model for traditional disposable packaging only included material cost and shipping cost. The results show that the total cost of the green logistics mode with reusable packaging is significantly lower than that of traditional logistics mode and the materials costs accounted for a major portion of the total. However, the study's calculation model was relatively simple and did not consider additional factors such as storage, handling, and cleaning costs.

4 Conclusion

This study provides a comprehensive overview of lifecycle cost analysis (LCCA) for reusable packaging in retailer industries, including fruits and vegetables, automotive parts, and other sectors, highlighting their significance in addressing economic sustainability, especially within the retail sector.

With the growing global focus on sustainable development, retailers must strike a balance between economic benefits and environmental impacts when selecting packaging logistics solutions. Studies demonstrate that reusable packaging not only significantly reduces resource waste and operational costs but also enhances logistical efficiency, thereby boosting market competitiveness. The literature review highlighted the economic benefits of reusable packaging across various areas in retail. However, despite the advantages of reusable packaging in many cases, its cost-effectiveness is still influenced by factors such as transportation costs, reused cycles, and logistics management efficiency. Therefore, enterprises formulating reusable packaging strategies should thoroughly consider these factors to optimize overall economic and environmental benefits. Future research should explore the application effectiveness of different types of reusable packaging across industries, particularly in reverse logistics management and packaging design innovation. With advancing technology and evolving market demands, continuous updates and enhancements to LCCA models will assist retailers in making informed decisions, driving the entire supply chain towards enhanced sustainability. In summary, LCCA serves as a powerful tool for assessing and refining packaging solutions, facilitating the attainment of sustainable development objectives.

References

1. Har, L.L., Rashid, U.K., Chuan, L.T., et al.: Revolution of Retail Industry: From Perspective of Retail 1.0 to 4.0. *Procedia Computer Science* 200, 1615-1625 (2022).
2. Sun, T., Di, K., Shi, Q., et al.: Study on the development path of low-carbon retail clusters empowered by digital empowerment. *Journal of Retailing and Consumer Services* 81, 104006 (2024).
3. Sonar, H., Dey Sarkar, B., Joshi, P., et al.: Navigating barriers to reverse logistics adoption in circular economy: An integrated approach for sustainable development. *Cleaner Logistics and Supply Chain* 12, 100165 (2024).
4. Accorsi, R., Cascini, A., Cholette, S., et al.: Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. *International Journal of Production Economics* 152, 88-101 (2014).
5. Mahmoudi, M. and Parviziomran, I.: Reusable packaging in supply chains: A review of environmental and economic impacts, logistics system designs, and operations management. *International Journal of Production Economics* 228, 107730 (2020).
6. Accorsi, R., Baruffaldi, G., and Manzini, R.: A closed-loop packaging network design model to foster infinitely reusable and recyclable containers in food industry. *Sustainable Production and Consumption* 24, 48-61 (2020).
7. Katsanakis, N., Ibn-Mohammed, T., Moradlou, H., et al.: Circular economy strategies for life cycle management of returnable transport items. *Sustainable Production and Consumption* 43, 333-348 (2023).
8. Liu, G., Li, L., Chen, J., et al.: Inventory sharing strategy and optimization for reusable transport items. *International Journal of Production Economics* 228, 107742 (2020).
9. Zhou, K., Song, Y., Xian, X., et al.: A comprehensive comparison of the life-cycle environmental impacts of traditional and returnable express delivery packaging in China. *Journal of Cleaner Production* 434, 140017 (2024).
10. Accorsi, R., Battarra, I., Guidani, B., et al.: Augmented spatial LCA for comparing reusable and recyclable food packaging containers networks. *Journal of Cleaner Production* 375, 134027 (2022).
11. Asadi Azadgoleh, M., Mohammadi, M.M., Azarijafari, H., et al.: A comparative life cycle assessment (LCA), life cycle cost analysis (LCCA), mechanical and long-term leaching evaluation of road pavement structures containing multiple secondary materials. *Journal of Cleaner Production* 458, 142484 (2024).
12. Bocharé, R., Dagliya, M., and Kadam, M.: Assessment of economic performance of an industrial building using life cycle cost & refined benefit-cost analysis – A case study. *Journal of Building Engineering* 83, 108397 (2024).
13. Zhang, J., Bhuiyan, M., Zhang, G., et al.: Circular economy life cycle cost for kerbside waste material looping process. *Waste Management* 186, 307-317 (2024).
14. Vasishta, T., Hashem Mehany, M., and Killingsworth, J.: Comparative life cycle assesment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA) of precast and cast-in-place buildings in United States. *Journal of Building Engineering* 67, 105921 (2023).
15. Hunkeler, D., Lichtenvort, K., and Rebitzer, G.: *Environmental life cycle costing*: Crc press. (2008).
16. Alzubi, E., Kassem, A., Melkonyan, A., et al.: Enhancing economic-social sustainability through a closed-loop citrus supply chain: A life cycle cost analysis. *Resources, Conservation & Recycling Advances* 21, 200199 (2024).
17. Omran, N., Sharaai, A.H., and Hashim, A.H.: Visualization of the Sustainability Level of Crude Palm Oil Production: A Life Cycle Approach. *Sustainability* 13(4), 1607 (2021).
18. Walls, C., Putri, A.R.K., and Beck, G.: Material Flow Cost Accounting as a Resource- Saving Tool for Emerging Recycling Technologies. *Clean Technologies* 5(2), 652-674 (2023).
19. Hoogmartens, R., Van Passel, S., Van Acker, K., et al.: Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review* 48, 27-33 (2014).
20. Degieter, M., Gellynck, X., Goyal, S., et al.: Life cycle cost analysis of agri-food products: A systematic review. *Science of The Total Environment* 850, 158012 (2022).
21. Kong, Z.: Life cycle assessment and cost analysis of food waste treatment processes. Academic. Heifei University of Technology, (2022).
22. Paul, D., Pechancová, V., Saha, N., et al.: Life cycle assessment of lithium-based batteries: Review of sustainability dimensions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 206, 114860 (2024).
23. Li, J., Liang, M., Cheng, W., et al.: Life cycle cost of conventional, battery electric, and fuel cell electric vehicles considering traffic and environmental policies in China. *International Journal of Hydrogen Energy* 46(14), 9553-9566 (2021).
24. França, W.T., Barros, M.V., Salvador, R., et al.: Integrating life cycle assessment and life cycle cost: A review of environmental-economic studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 26, 244-274 (2021).
25. França, W.T., Barros, M.V., Salvador, R., et al.: Integrating life cycle assessment and life cycle cost: a review of environmental-economic studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 26(2), 244-274 (2021).
26. Dubiel, M.: Costing structures of reusable packaging systems. *Packaging Technology and Science* 9, 237-254 (1996).
27. Albrecht, S., Brandstetter, P., Beck, T., et al.: An extended life cycle analysis of packaging systems for fruit and vegetable transport in Europe. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18(8), 1549-1567 (2013).

28. Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., et al.: Sustainable Packaging Development for Fresh Food Supply Chains. *Packaging Technology and Science* 29(1), 25-43 (2016).
29. Baruffaldi, G., Accorsi, R., Volpe, L., et al.: Chapter 20 - Sustainable operations in reusable food packaging networks. in *Sustainable Food Supply Chains*, Academic Press. 293-304 (2019).
30. Accorsi, R., Cholette, S., Manzini, R., et al.: Managing uncertain inventories, washing, and transportation of reusable containers in food retailer supply chains. *Sustainable Production and Consumption* 31, 331-345 (2022).
31. Ronzoni, M., Accorsi, R., Guidani, B., et al.: Economic and environmental optimization of packaging containers choice in Food Catering Supply Chain. *Transportation Research Procedia* 67, 163-171 (2022).
32. Rosenau, W.V., Twede, D., Mazzeo, M.A., et al.: Returnable/reusable logistical packaging: A capital budgeting investment decision framework. *Journal of Business Logistics* 17(2), 139-165 (1996).
33. Mollenkopf, D., Closs, D., Twede, D., et al.: ASSESSING THE VIABILITY OF REUSABLE PACKAGING: A RELATIVE COST APPROACH. *Journal of Business Logistics* 26(1), 169-197 (2005).
34. Pålsson, H., Finnsgård, C., and Wänström, C.: Selection of Packaging Systems in Supply Chains from a Sustainability Perspective: The Case of Volvo. *Packaging Technology and Science* 26(5), 289-310 (2013).
35. Zhang, Q., Segerstedt, A., Tsao, Y.-C., et al.: Returnable packaging management in automotive parts logistics: Dedicated mode and shared mode. *International Journal of Production Economics* 168, 234-244 (2015).
36. Katephap, N. and Limnararat, S.: The Operational, Economic and Environmental Benefits of Returnable Packaging Under Various Reverse Logistics Arrangements. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems* 10, 210-219 (2017).
37. González-Boubeta, I., Fernández Vázquez, M., Domínguez-Caamaño, P., et al.: Economic and environmental packaging sustainability: A case study. *Journal of Industrial Engineering and Management* 11, 229 (2018).
38. Kuo, T.-C., Chiu, M.-C., Chung, W.-H., et al.: The circular economy of LCD panel shipping in a packaging logistics system. *Resources, Conservation and Recycling* 149, 435- 444 (2019).
39. Menesatti, P., Canali, E., Sperandio, G., et al.: Cost and Waste Comparison of Reusable and Disposable Shipping Containers for Cut Flowers. *Packaging Technology and Science* 25(4), 203-215 (2012).
40. Goudenege, G., Chu, C., and Jemai, Z.: Reusable Containers Management: From a Generic Model to an Industrial Case Study. *Supply Chain Forum: An International Journal* 14(2), 26- 38 (2013).

本出版物是在欧盟资助的“农产品流通可持续发展项目（SAFE）”框架下编制的，其内容不一定代表欧盟的观点。

This publication was developed under the “Supporting Scheme for MSMEs by Building Sustainable Agricultural Fresh Food Production and Logistics in China (SAFE)” project funded by the European Union, but it does not necessarily reflect the views of the European Union.

项目官网：

<http://agri.ccfa.org.cn>



SWITCH-Asia：

<https://www.switch-asia.eu>



更多信息

联系人：郭女士 gqh@ccfa.org.cn