



联合国
粮食及农业组织

2019

粮食及农业状况

推进工作，减少
粮食损失和浪费

本旗舰出版物系联合国粮食及农业组织“世界之状况”系列之一。

引用格式要求：

粮农组织。2019年。《2019年粮食及农业状况：推进工作，减少粮食损失和浪费》。罗马。

许可：CC BY-NC-SA 3.0 IGO。

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织（粮农组织）对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展状态、或对其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体公司或厂商产品，无论是否含有专利，并不意味着这些公司或产品得到粮农组织的认可或推荐，优于未提及的其它类似公司或产品。

ISBN 978-92-5-131851-5

© 粮农组织 2019年



保留部分权利。本作品根据署名-非商业性使用-相同方式共享3.0政府间组织许可（CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.zh>）公开。

根据该许可条款，本作品可被复制、再次传播和改编，以用于非商业目的，但必须恰当引用。使用本作品时不应暗示粮农组织认可任何具体的组织、产品或服务。不允许使用粮农组织标识。如对本作品进行改编，则必须获得相同或等效的知识共享许可。如翻译本作品，必须包含所要求的引用和下述免责声明：“该译文并非由联合国粮食及农业组织（粮农组织）生成。粮农组织不对本翻译的内容或准确性负责。原英文版本应为权威版本。”

任何与在此许可下出现的纠纷有关的调解，均应根据现行《联合国国际贸易法委员会仲裁规则》进行。

第三方材料。欲再利用本作品中属于第三方的材料（如表格、图形或图片）的用户，需自行判断再利用是否需要许可，并自行向版权持有人申请许可。对任何第三方所有的材料侵权而导致的索赔风险完全由用户承担。


销售、权利和授权。粮农组织信息产品可在粮农组织网站(www.fao.org/publications)获得，也可通过publications-sales@fao.org购买。商业性使用的申请应递交至www.fao.org/contact-us/licence-request。关于权利和授权的征询应递交至copyright@fao.org。

封面图片 ©粮农组织/Heba Khamis

埃及：一名青年工人在阳光下剪晒西红柿。

2019年 粮食及农业状况

**推进工作，减少
粮食损失和浪费**



联合国粮食及农业组织
罗马，2019年

目录

前言	v	
方法	viii	
致谢	ix	
缩略语	xi	
内容提要	xii	
第1章		
粮食损失和浪费 — 问题界定	1	
重要信息	1	
粮食损失和浪费与可持续发展目标	2	
什么是粮食损失和浪费？概念框架	4	
粮食损失和浪费的规模有多大？	7	
粮食损失或浪费的原因是什么？	13	
为什么要减少粮食损失和浪费？	17	
本报告的范围与结构	18	
第2章		
监测整个食品供应链上的		
粮食损失和浪费	21	
重要信息	21	
跳出全球估测，更加综合全面地分析食品		
供应链上的粮食损失和浪费情况	22	
食品供应链上粮食损失和浪费的各异情况		
— 综合分析结果	25	
识别关键损失点	40	
数据收集方面的挑战	42	
结 论	43	
第3章		
减少粮食损失和浪费：		
商业论证及其他	47	
重要信息	47	
减少粮食损失和浪费的私营和社会效益与成本	48	
减少粮食损失和浪费的商业论证		
— 机会、成本和障碍	50	
减少粮食损失和浪费的经济论证		
— 从私人利益到公共利益	54	
减少粮食损失和浪费的赢家和输家	57	
公共部门对减少粮食损失和浪费的干预	60	
结 论	63	
第4章		
粮食损失和浪费及其对粮食安全		
和营养的影响	67	
重要信息	67	
粮食损失和浪费及其与粮食安全和营养的联系	68	
粮食损失和浪费及其对粮食安全和营养的影响	72	
粮食损失和浪费的减少以及位置的重要性	80	
粮食损失和浪费的减少以及粮食不安全的程度	84	
粮食损失和浪费的减少在改善粮食安全		
和营养方面的相对（成本）效益	86	
结 论	86	
第5章		
粮食损失和浪费及环境可持续性	89	
重要信息	89	
减少粮食损失和浪费及环境可持续性	90	
减少粮食损失和浪费与环境 — 主要问题		
和考虑因素	92	
量化粮食损失和浪费的环境影响	93	
对自然资源使用和温室气体排放的潜在		
和实际影响 — 价格的作用	97	
在可持续大背景下减少粮食损失和浪费		
— 可比效果和权衡取舍	102	
结 论	106	
第6章		
减少粮食损失和浪费的政策制定		
— 指导原则	111	
重要信息	111	
鼓励私营部门减少粮食损失和浪费	112	
加强粮食安全和营养与环境可持续性的		
公共干预措施	115	
公共干预措施的实施 — 将政策目标		
与食品供应链的切入点联系起来	116	
确保减少粮食损失和浪费政策的一致性	117	
改进粮食损失和浪费数据收集-路线图	120	
结 论	124	
技术附件	125	
统计附件	133	
参考文献	145	

表、图和插文

表

- 1** 2016年按粮食不安全体验分级表和收入组划分的粮食不安全发生率（占总人口的百分比） **85**
- 2** 世界各地减少粮食损失和浪费干预措施范例 **118**

图

- 1** 粮食损失和浪费与可持续发展目标 **3**
- 2** 粮食损失和浪费（FLW）的概念框架 **7**
- 3** 2016年从收获后到流通阶段的粮食损失，全球与各区域百分比数据 **8**
- 4** 2016年从收获后到流通阶段的粮食损失，按商品小组分类的百分比数据 **9**
- 5** 粮食损失和浪费的潜在直接原因和间接原因 **16**
- 6** 2000–2017年按供应链阶段报告的粮食损失和浪费百分比范围 **26**
- 7** 2001–2017年批发和零售阶段报告的粮食损失和浪费百分比范围 **38**
- 8** 2012–2017年北美和欧洲消费阶段报告的粮食浪费百分比范围 **39**
- 9** 1990–2017年各区域粮食损失研究热图 **44**
- 10** 减少粮食损失和浪费带来的潜在私营效益和成本以及更广泛的社会效益和成本 **49**
- 11** 粮食损失和浪费与粮食安全各维度之间的潜在相互作用 **70**
- 12** 在食品供应链的不同阶段，减少粮食损失和浪费对价格和收入的潜在影响 **81**

- 13** 各主要食品组对粮食损失和浪费总量的相对贡献及其碳、蓝水和土地足迹 **94**
- 14** 各区域对粮食损失和浪费总量的相对贡献及其碳、蓝水和土地足迹 **95**
- 15** 2013年粮农组织粮食浪费足迹研究的主要成果概述 **96**
- 16** 整个食品供应链中减少粮食损失和浪费的碳影响 **101**
- 17** 减少损失和减少浪费措施的目标及其在食品供应链的切入点 **117**
- A1** 应用15%的不变损失因子估计的小麦产量和损失吨数 **127**
- A2** 模型图示 **131**

插文

- 1** 粮食损失和浪费的相关定义 **5**
- 2** 粮食损失指数方法简介 **10**
- 3** 粮农组织早期的粮食损失和浪费估测 — 与粮食损失指数有何不同？ **12**
- 4** 测量粮食损失的数量、热量还是经济价值 — 这有关系吗？ **14**
- 5** 市场失灵、外部性、公共产品和市场缺失的定义 **17**
- 6** 粮农组织围绕现有粮食损失和浪费研究开展的综合分析 — 方法 **23**
- 7** 如何解读图6、图7和图8中的图表 **24**
- 8** 农民自述的主粮作物农场损失的原因 **28**
- 9** 主粮作物农场损失的间接因素 **30**
- 10** 全球各地的冷库能力及需求 **32**
- 11** 减少运输过程中的水果和蔬菜损失 **36**

- 12** 粮农组织“节约粮食”倡议围绕作物、乳品和鱼品关键损失点开展的案例研究 **41**
- 13** 坦桑尼亚联合共和国减少玉米收获后损失的成本效益分析 **52**
- 14** 推广泥筒仓以减少储存期间的玉米损失：来自加纳北部的证据 **53**
- 15** 减少粮食损失和浪费的商业论证：Champions 12.3的调查 **54**
- 16** 减少粮食损失和浪费的商业论证：反思粮食浪费组织的研究 **55**
- 17** 对减少粮食损失和浪费的经济收益进行量化：反思粮食浪费组织的研究 **58**
- 18** “爱惜粮食、反对浪费”运动 **61**
- 19** 提供信息和培训：卢旺达番茄和牛奶案例 **62**
- 20** 亚太经合组织国家减少粮食损失和浪费的公私伙伴关系 **64**
- 21** 粮食安全：重要定义 **69**
- 22** 马拉博宣言》与预防收获后损失 **73**
- 23** 粮食损失对五岁以下儿童微量营养素缺乏的影响 **78**
- 24** 性别关系影响食品安全和粮食损失 — 以埃塞俄比亚农村地区为例 **79**
- 25** 初级生产和食品加工环节粮食损失的减少对粮食安全和营养的影响 **82**
- 26** 粮食损失和浪费最常见的环境足迹指标 **91**
- 27** 整个供应链上食品生产的环境足迹 — 以玉米为例 **98**
- 28** 全球粮食损失量减少25%对农业土地使用和温室气体排放的影响 **103**

表、图和插文

29 澳大利亚芒果生产用水 — 针对资源使用效率和实际用水量	105	32 减少粮食损失的宣传活动 — 中国、土耳其、北马其顿 和丹麦	113	35 欧洲联盟减少粮食损失 和浪费	121
30 牛奶供应链中清洁能源技术 的财务和经济评估	107	33 近东的面包补贴改革	114	36 改进粮食损失的数据收集 路线图	122
31 通过包装减少粮食损失和 浪费的环境效益	108	34 有效解决粮食损失和浪费 的区域战略框架	120		

前言

我很欣慰地看到，世界正愈加重视粮食损失和浪费问题并呼吁就此采取更果断的行动。人们认识提高、行动呼声增强，归根结底是由于粮食损失和浪费具有极其负面的道德内涵。这在一定程度上是由于损失粮食意味着给最初用于生产这些粮食的环境和自然资源造成了不必要压力。这实际上意味着浪费了土地和水资源、造成了污染并徒劳地排放了温室气体（GHGs）。我也常常想，世界每天仍有超过8.2亿人挨饿，我们怎能允许粮食白白丢掉。

国际社会对粮食损失和浪费问题的关注明确体现在《2030年可持续发展议程》之中。尤其是，可持续发展目标（SDGs）（《议程》的体现形式）具体目标12.3呼吁，到2030年，将零售和消费环节的全球人均粮食浪费减半，减少生产和供应环节的粮食损失，包括产后损失。许多国家已经在采取减少粮食损失和浪费的行动，但眼前的挑战依然艰巨，需要我们加倍努力。此外，如本报告所述，为实现可持续发展目标具体目标12.3付出的努力，可有助于实现其他具体目标（不仅是零饥饿目标），这符合《2030年议程》的整体性。

然而，在减少粮食损失和浪费的过程中，只有充分认识问题，才能使工作切实有效。应考虑以下三方面问题。首先，我们要尽可能准确地了解，被损失和浪费掉的粮食有多少、在哪里以及为什么。其次，我们要明确减少粮食损失和浪费的根本原因或目标，其是否关系到

粮食安全或环境。最后，我们要知道，粮食损失和浪费以及减少损失和浪费的措施如何影响所追求的目标。本报告阐述这三方面问题，旨在帮助制定更知情和更合理的减少粮食损失和浪费的政策。

关于第一方面，令人意想不到的事实是，我们实际上对粮食损失和浪费的数量、位置和原因所知甚少。根据2011年为粮农组织开展的粗略估计，世界上每年约1/3的粮食被损失或浪费掉。由于该领域信息不足，这一估计仍被广泛引用，但只能将其视为非常粗略的估算。因此，目前正在使用两个指数替代该估计；粮农组织和环境署试图更仔细和更准确地估计有多少粮食在生产阶段或在供应链消费环节之前被损失掉（通过粮食损失指数），或有多少粮食被消费者或零售商浪费掉（通过粮食浪费指数）。我很高兴通过本报告发布粮食损失指数；粮农组织对粮食损失指数的初步估计显示，全球约14%的粮食在从生产至零售环节之前被损失掉。环境署正在编制粮食浪费指数估计，该指数将对粮食损失指数予以补充，以便更好地了解世界上有多少粮食被损失或浪费掉。我们可以通过上述指数在更扎实的基线基础上监测长期以来实现可持续发展目标具体目标12.3的进展。

然而，为更有效地实施干预，我们还需了解损失和浪费集中出现在食品供应链的哪些环节以及为什么出现。本报告证据显示，某些特

定商品组的损失和浪费水平往往更高，尽管损失和浪费可不同程度地出现在食品供应链的各个环节。然而，真正令我惊讶的是，在国家内部及不同国家之间相同商品及供应链相同阶段发生的粮食损失和浪费的百分比差异如此悬殊。这表明，在损失百分比更高的区域，减少损失和浪费的潜力巨大。不过，这也表明，我们不能对整个食品供应链发生的粮食损失和浪费一概而论，而应确定某具体供应链上的关键损失点，以便在采取适当对策时着力应对。

关于第二方面，尽管可持续发展目标将减少粮食损失和浪费作为一项具体目标，但我们应明确，为什么要追求这项目标，或这样做的根本目的是什么。农民、渔民、消费者等个体行动方可能从个人利益出发减少粮食损失或浪费，以便增加利润或收入、改善其个人或家庭福祉。然而，类似的个人激励并不总是足够，因为减少粮食损失和浪费可能需要投入金钱或时间；但对这些行动方而言，投入可能大于收益。也可能存在阻止私营行动方投资的障碍，如信贷制约，或不能充分了解减少粮食损失和浪费的方案。此外，在减少粮食损失和浪费方面可能有较强的公共意愿，因为这有助于实现其他公共目标。这要求通过投资或政策，采取公共干预措施，从而刺激私营行动方减少粮食损失和浪费，或消除阻止他们减少损失和浪费的障碍。本报告考虑的广泛公共目标包括两方面：改进脆弱群体的粮食安全状况；减少粮食损失或浪费相关环境足迹。

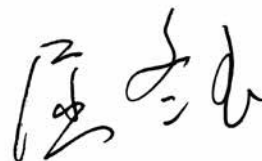
本报告的主要论点是，粮食损失和浪费与粮食安全和环境影响之间的关系错综复杂，需要彻底研究。减少粮食损失和浪费的积极成果远远无法保证，其影响也将取决于减少粮食损失和浪费的位置。正因如此，政策制定者需要明确其选择追求的目标。关注一项目标将确实会影响在何处减少粮食损失和浪费最为有效。

例如，如果目标是改进粮食安全状况，则减少农场损失，尤其是粮食不安全水平高的低收入国家的小型农场，很可能产生强有力的积极影响。这可能直接改善受影响农户的粮食安全状况，也可能对本地甚至其他地区（如提供更多粮食）产生积极影响。沿食品供应链进一步减少粮食损失和浪费，可能改善消费者的粮食安全水平，但如果造成对农民所生产农产品的需求减少，则农民实际上可能受到负面影响。此外，减少粮食安全水平低的高收入国家消费者的粮食浪费，可能通过粮食收集和再分配倡议对当地脆弱人口产生影响，但对偏远低收入国家粮食不安全人口的影响很可能微乎其微。

如果减少粮食损失和浪费是出于环境目的，则情况会有所不同。温室气体在整个供应链累积。因此，减少消费者浪费将产生最大影响，因为该阶段浪费掉的食物所蕴含的温室气体排放量更大。土地和水相关环境足迹主要涉及初级生产阶段。因此，减少食品供应链任何

环节的粮食损失和浪费，都有助于减少全球层面总体土地和水的使用量。但如果希望解决当地水土资源短缺问题，则在农场或在靠近农场的供应链环节采取减少粮食损失的措施，可能更加有效。请大家仔细阅读本报告，它分析了粮食损失和浪费及相关应对措施影响粮食安全和环境的复杂方式。本报告并未声称找到了全部答案，尤其是，本报告认识到因存在重大信

息缺口而无法开展全面分析。此外，本报告试图强调具体在哪里需要对问题开展更深入彻底的分析，包括利用更多和更优质的数据以及开展更完善和更全面的分析。我希望，本着《2030年议程》的精神，本报告能够为如何最有效地解决粮食损失和浪费问题并改进粮食安全和环境可持续性的相关讨论出一份力。



粮农组织总干事
屈冬玉

方法

2018年9月10日由外部专家小组成员和粮农组织专家出席的启动研讨会在罗马粮农组织总部召开，标志着《2019年粮食及农业状况》编制工作开始。会后，成立了由粮农组织各相关技术部门代表组成并由粮农组织农业发展经济司副司长主持的顾问小组，负责协助起草工作。在2018年10月17日召开的研讨会上，研究和撰写团队以及咨询小组讨论了报告纲要。前三章草案于2019年1月18日提交咨询小组。研究和撰写团队根据咨询小组提供的评论意见对草案加以修订。完整初稿随后于2月1日提交咨询小组和外部专家小组并在2月14-15日的第二次研讨会上讨论。报告在研讨会意见建议基础上修订并提交粮农组织经济及社会发展部管理团队。经修订草案发送至粮农组织其他各司、粮农组织非洲、亚洲及太平洋、欧洲及中亚、拉丁美洲及加勒比、近东及北非区域办事处以及外部评议员征求意见。最终草案在吸收相关意见后，供经济及社会发展部助理总干事审议，并于2019年7月9日提交粮农组织总干事办公室。报告起草过程中，研究和撰写团队参考了粮农组织和外部专家编写的背景文件。

致谢

《2019年粮食及农业状况》由联合国粮食及农业组织（粮农组织）跨学科团队，在粮农组织农业发展经济司副司长Marco V. Sánchez Cantillo与高级经济师、本出版物主编Andrea Cattaneo的指导下编写完成。经济及社会发展部（经社部）助理总干事Máximo Torero Cullen提供了总体指导。经社部管理团队也提供了指导。

《2019年粮食及农业状况》研究和撰写团队

Alicia English、Carola Fabi、Giovanni Federighi、Theresa McMenomy、Fergus Mulligan（顾问编辑）、Ellen Pay（顾问编辑）、Jakob Skøt及Sara Vaz。

背景文件、数据及报告章节

Hao David Cui（瓦赫宁根大学）、Luciana Delgado（国际粮食政策研究所）、Marijke Kuiper（瓦赫宁根大学）、Sarah Lowder（顾问）、Eduardo Nakasone（国际粮食政策研究所）、Clementine O'Connor（环境署）、Monica Schuster（国际粮食政策研究所）、Máximo Torero Cullen（粮农组织）及Rob Vos（国际粮食政策研究所）。

其他粮农组织专家

Carlo Cafiero、Marinella Cirillo、Rimma Dankova、Stepanka Gallatova、Mohamed Manssouri、Rosa Rolle及Sara Viviani。

粮农组织咨询小组

Rima Al Azar、Natalia Alekseeva、Myriam Annette、Lorenzo Bellú、Anthony Bennett、Carlo Cafiero、Alicia Jorge Fonseca、Carlos Furche、Stepanka Gallatova、Sara Granados、Günter Hemrich、Anna Lartey、Carlos Mielitz-Netto、Cristian Morales Opazo、Joseph Mpagalile、Divine Njie、Zitouni Ould-dada、Omar Penarubia、Maryam Rezaei、Rosa Rolle、José Rosero Moncayo、Ahmad Sadiddin、Ana Saez、Alejandra Safa、Jozimo Santos Rocha、Sreekanta Sheel、Kostas Stamoulis、Mireille Totobesola、Robert van Otterdijk、Ansen Ward、Emilie Wieben及Irene Margaret Xiarchos。

致 谢

外部专家小组

Gustavo Anríquez（智利天主教大学）、Marc Bellemare（明尼苏达大学）、Harry de Gorter（康奈尔大学）、Robert Delve（农发基金）、Elise Golan（美国农业部经济研究局）、Craig Hanson（世界资源研究所）、Marijke Kuiper（瓦赫宁根大学）、Matti Kummu（阿尔托大学）、David Laborde（国际农业研究磋商组织）、Fiona Jane Messent（世界银行）、Eduardo Nakasone（国际农业政策研究所）、Clementine O'Connor（联合国环境署）、Kai Robertson（世界资源研究所）、Geeta Sethi（世界银行）、Rob Vos（国际农业政策研究所）及赵兵（粮食署）。

统计附件

附件由Alicia English、Carola Fabi、Giovanni Federighi及Sara Vaz编写。

行政支持

Edith Stephany Carrillo和Liliana Maldonado。

粮农组织全组织交流办公室出版处为所有六种官方语言版本提供了编辑支持、设计和排版以及制作协调。

缩略语

AGRIIS	农业信息管理标准	IMF	国际货币基金组织
APEC	亚太经济合作组织（亚太经合组织）	m³	立方米
APHLIS	非洲产后损失信息系统	NGO	非政府组织
CO₂	二氧化碳	ReFED	反思粮食浪费
EBRD	欧洲复兴开发银行	SDG	可持续发展目标
EU	欧洲联盟（欧盟）	SUA	供应利用账户
FAO	联合国粮食及农业组织（粮农组织）	UK	大不列颠及北爱尔兰联合王国
FBS	食物平衡表	UN	
FIES	粮食不安全体验分级表	UN Environment	联合国环境规划署（环境署）
FLI	粮食损失指数	USD	美元
FLP	粮食损失百分比	USDA ERS	美国农业部经济研究局
FLW	粮食损失和浪费	WFP	世界粮食计划署（粮食署）
FWI	粮食浪费指数	WRAP	浪费和资源行动计划
GBP	英镑	WRI	世界资源研究所
GDP	国内生产总值		
GHG	温室气体		
ha	公顷		
HH	家庭		
IFAD	国际农业发展基金（农发基金）		
IFPRI	国际粮食政策研究所		

内容提要

粮食损失和浪费 — 界定问题，促进行动

普遍认为减少粮食损失和浪费是降低生产成本、提高粮食系统效率、改进粮食安全和营养状况、推动环境可持续性的重要方式。对粮食损失和浪费的日益关注体现在可持续发展目标之中。可持续发展目标具体目标12.3呼吁：到2030年，将零售和消费环节的全球人均粮食浪费减半，减少生产和供应环节的粮食损失（包括收获后损失）。减少粮食损失和浪费还可能推动实现其他可持续发展目标，包括零饥饿目标（可持续发展目标2），其呼吁消除饥饿、实现粮食安全、改进营养、推动可持续农业。减少粮食损失和浪费的预期积极环境影响还将影响可持续发展目标6（可持续水资源管理）、13（气候变化）、14（海洋资源）、15（陆地生态系统、林业、生物多样性）及许多其他可持续发展目标。

尽管减少粮食损失和浪费看似一个明确和可取的目标，但其实现并不容易，且完全消除粮食损失和浪费可能并不现实。本报告认识到，需要减少粮食损失和浪费，提供关于未知和已知信息的新见解，根据政策制定者的目标和可得信息针对干预措施和政策如何做到有的放矢提供指导。决定减少粮食损失和浪费的具体行动、干预措施或政策，需要回答一系列问题：粮食在什么位置以及供应链的什么阶段被损失或浪费掉以及程度如何？为什么会发生粮

食损失和浪费？如何减少粮食损失和浪费？涉及什么成本？最终，谁将从减少粮食损失和浪费中受益，谁将会受损？回答上述所有问题将需要获取适当信息。

本报告在审议行动和政策方案时，认为应将减少粮食损失和浪费视为实现其他目标的方式，主要包括提高粮食系统效率、改进粮食安全和营养状况及提升环境可持续性。政策制定者如何确定不同问题的优先顺序以及有关粮食损失和浪费如何产生影响的现有信息，将决定减少粮食损失和浪费的最合理的一系列干预措施和政策。

行动前，应了解什么构成粮食损失和浪费以及如何衡量

粮食损失或浪费的概念看似简单，但实际上没有公认的粮食损失和浪费定义。各种定义往往体现了利益相关方或分析人士关注的不同问题，或与粮食损失和浪费相关的不同问题。因此，公认定义的缺失对粮食损失和浪费的分析构成阻碍。粮农组织一直努力统一粮食损失和浪费相关概念，本报告采用的定义是与该领域专家磋商之后达成的共识。本报告认为，粮食损失和浪费是指食品供应链上粮食质量或数量的下降。从实证角度看，本报告认为**粮食损失**在从收获/屠宰/捕捞直至但不包括零售环节的整个食品供应链发生。另外，**粮食浪费**发生在零售和消费环节。该定义也符合可持续

发展目标具体目标12.3中暗含的区分。本报告还确认，尽管可能存在经济损失，转用于其他经济用途（如动物饲料）的粮食，并不被视为粮食在数量上的损失或浪费。同样，不可食部位也不被视为粮食损失或浪费。

粮食损失和浪费通常以吨为单位以实物形式衡量。该衡量指标尽管对于估计环境影响有用，但无法体现不同商品的经济价值，因此可能造成给低价值产品（只是因为其重量更大）分配更高权重的风险。制定减少粮食损失和浪费的干预措施及政策时，应考虑减少损失和浪费的货币成本和收益。本报告通过采取考虑农产品经济价值的衡量指标，承认上述货币成本和收益。

商定用以监测可持续发展目标具体目标12.3的一致方法是重要步骤，明确粮食损失和浪费相关辩论的背景，并指导实施干预措施的具体位置。粮农组织和联合国环境规划署（环境署）正在努力通过两个独立指数衡量在实现可持续发展目标具体目标12.3方面的进展，这两个指数分别是**粮食损失指数（FLI）**和**粮食浪费指数（FWI）**。本报告发布了由粮农组织编制的粮食损失指数初步估计；该指数显示，全球粮食产值（金额）的14%左右在从收获后到零售（但不含零售）的环节被损失掉。关于涵盖零售和消费环节的粮食浪费指数，已开展大量工作以编制方法框架，但初步估计尚待环境署发布。

通过不同区域、商品和供应链的粮食损失和浪费差异，可初步了解应在何处采取干预措施

为进一步了解粮食损失和浪费的位置和程度，粮农组织还针对衡量全球各国粮食损失和浪费的现有研究开展了元分析。该元分析展示了粮食损失和浪费在食品供应链各阶段以及不同区域和商品组之间的差异。该元分析发现食品供应链各阶段的损失百分比相差悬殊。这说明，需要认真衡量具体价值链的损失，以准确确定重大损失发生的位置，以便更好地了解应在何处实施干预。一般而言，水果和蔬菜的损失水平高于谷物和豆类。然而，即使是谷物和豆类，撒哈拉以南非洲、东亚和东南亚的损失量更大大，而中亚和南亚的损失量更小。消费阶段的浪费研究仅限于高收入国家；研究表明，各类食品，尤其是极易腐烂的动物产品、水果和蔬菜，均存在较高水平的浪费。

粮食损失和浪费的起因在整个食品供应链存在较大差异。农场损失的重要起因包括：收获时间不当、气候条件、收获和处理做法、农产品营销困难。重大损失是由于储存条件不当以及在供应链初始环节所做决定造成，有些决定容易造成产品货架期缩短。尤其是，冷藏条件得当对于防止食品出现数量和质量损失十分关键。在运输环节，良好的实体基础设施和高效的贸易物流对于防止粮食损失尤其重要。加

工和包装有助于保存食品，但设施不足、技术不当或人为过失可能导致损失。

造成零售环节粮食浪费的起因包括：货架期有限；食品需要满足颜色、形状和大小方面的审美标准；以及需求差异。消费者浪费通常由以下原因引起：采购和餐食计划不当、购买过多（受份量和包装尺寸过大影响）、标签混乱（最佳食用期）及家庭储存不当。

…由于区域和商品组之间差异巨大，恐怕不能仅凭基于平均损失和浪费的指南

元分析发现，即使相同区域、商品组或供应链环节，损失百分比也差异悬殊。例如，在撒哈拉以南非洲，水果和蔬菜的农场损失介于0–50%的广泛区间。旨在减少损失的干预措施应着眼于该区间的上限，以便产生最大影响。另一个例子涉及撒哈拉以南非洲加工和包装环节的谷物和豆类损失，平均损失似乎不高（中位数小于5%），但据四分之一的观察报告，损失介于10–20%。仅看平均损失可能无法准确了解针对某特定产品的干预措施是否奏效，也无法了解应在何处采取干预措施。

观察结果的差异说明，需要针对具体价值链认真衡量损失，以便准确确定重大损失发生在何处。尽管如此，针对粮食损失和浪费程度、地点和起因的调查不仅复杂而且昂贵。因

此，仅39个国家正式向粮农组织报告了粮食损失数据。

以更精细尺度监测粮食损失和浪费的工作正在加强，但信息仍然有限

正在努力改进更精细尺度的损失和浪费数据。这些数据将非常关键，因为采取减少粮食损失和浪费的干预措施，需要了解发生粮食损失和浪费的食品供应链环节、所涉产品及区域或国家。数据还应显示，损失程度、根源和诱因。自2015年起，粮农组织粮食损失和浪费全球倡议（节约粮食）开展了大量案例研究，旨在确定食品供应链上粮食损失最大、对粮食安全影响最大且所涉金额最大的粮食损失关键点。这项工作涵盖非洲、亚洲和拉丁美洲各国的不同商品。结果显示，收获环节是各类食品最常见的关键损失点；此外，储存设施不足和处理做法不当也是造成农场储存损失的主要原因。针对水果、块根和块茎作物，包装和运输也是关键环节。关于关键损失点和根源的上述结果十分重要，为确定减少粮食损失的潜在干预措施提供了指导。

即便信息有限，恰当激励、克服制约，将助力减少粮食损失和浪费

本报告旨在针对减少粮食损失和浪费的政策和干预措施提供指导（即便可得信息有限）。这是基于减少粮食损失和浪费商业论证

的增量论证；商业论证认为，激励机制和充足信息可鼓励私营部门从自身利益出发减少粮食损失和浪费。这还可能造福社会，因此提供信息尤其重要。继续采取增量方法：为减少粮食损失和浪费提供经济论证；不仅局限于商业论证且关注减少粮食损失和浪费可为社会创造的更广泛效益。这可能增加社会其他行动方的收入。其他效益（本质上将不是经济效益，但同等重要）是减少粮食损失和浪费的最后增量论证。在上述其他效益中，本报告重点关注：

（i）改进粮食安全和营养状况；及（ii）环境可持续性。通盘考虑减少粮食损失和浪费的每项理由，可在一定程度上了解如何及在何处实施干预措施。

减少粮食损失和浪费的商业论证取决于减少粮食损失和浪费的利益相关方可以实现的个人收益。假设食品供应链上的行动方做出合理决定，使其利益（针对生产商或供应商）或福祉（针对消费者）最大化。减少粮食损失和浪费一般会产生成本，供应商和消费者将仅在收益大于成本的情况下才会付出必要努力。就生产商而言，通过投资技术或完善做法减少粮食损失所产生的效益与投资成本相比可能过小。对消费者而言，为更好地规划食品采购和膳食制备并管理食品储备付出的时间成本可能过高。

商业论证围绕私营货币收益和成本。因此，强化商业论证将包括确定方案以增加净收益或针对现有净收益提供更优质的信息。影响

食品价格或浪费管理成本的政策，也将影响行动方减少粮食损失和浪费的动力。例如，如果通过补贴人为压低食品价格，或个人浪费管理成本没有与所产生浪费的数量挂钩，则减少粮食浪费的动力将会减少。

然而，许多因素可能会妨碍行动方针对其可接受的粮食损失和浪费水平做出充分合理的决定。尤其是，食品经营者和消费者可能不掌握关于其损失或浪费的粮食数量、可减少损失和浪费的备选方案、这样做的好处的足够信息。即使手头有限的数据也有助于帮助人们针对粮食损失和浪费做出知情决定。利益相关方还可能面临制约，防止或阻碍其采取行动以减少粮食损失和浪费。例如，如果没有资金援助，发展中国家私营部门（尤其是小农）可能无法承受实施相关行动所需付出的高昂前期成本。因此，不能充分获取信贷可能对采取措施以减少粮食损失和浪费构成障碍。即使没有关于损失发生地点的详细信息，改进信贷获取也可成为减少粮食损失和浪费的一个方案。

公共部门有理由实施干预以减少粮食损失和浪费

减少粮食损失和浪费的更宽泛论证不限于商业论证，还包括社会效益，但个体行动方可能不会考虑社会效益。有三大类社会效益，能够证明减少粮食损失和浪费的干预措施不仅局限于纯粹的商业论证，包括：（i）提高生产

率和经济增长，在本报告中称为经济论证；

（ii）加强粮食安全和营养；（iii）缓解粮食损失和浪费产生的环境影响，尤其是减少温室气体（GHG）排放以及减轻土地和水资源压力。尤其是，后两项社会效益往往被视为减少粮食损失和浪费的外部因素。所追求的三项社会效益中每项都有具体特点，可由此了解最恰当的干预类型。

第一类效益可用货币衡量，也就是说，这些效益本质上是经济效益。然而，减少损失和浪费所产生的影响，取决于其价格影响在整个食品供应链中如何传导；一些行动方可能获益，另一些可能受损。因此，减少粮食损失和浪费的干预措施应考虑到分布性后果。

政府之所以采取干预措施以影响个体供应商和消费者的决策是基于两大支柱。首先，个体行动方减少粮食损失或浪费的动力（商业论证）可能不强，且/或这些行动方可能在实施过程中面临制约。因此，仅凭减少粮食损失和浪费的商业论证可能无法大幅减少损失和浪费。其次，个体供应商和消费者制定关于粮食损失和浪费水平的决策，可能无法考虑到粮食损失和浪费对社会造成的负面影响。这些负面外部因素（尤其是环境影响）可能很大，且为公共干预提供了强有力的理由。

政府可通过不同方式加以干预。如果个体供应商或消费者未能意识到其损失的严重程度

和后果，则政府可加强有关减少粮食损失和浪费好处的宣传，并通过商业论证说服供应商或消费者减少损失。政府还可通过各种行动或政策，影响减少粮食损失和浪费的商业论证。政府可以改进公共服务和基础设施，通过税收和补贴提供金融激励或制定法规。

采取行动减少粮食损失和浪费时，外部因素的类型（粮食安全和营养相对于环境影响）将决定在整个价值链中以及在哪个地理位置采取什么干预措施最为恰当。

对粮食安全和营养的影响取决于供应链哪个环节的损失和浪费得到削减…

粮食损失和浪费通过改变粮食安全的四个纬度（粮食可供量、获取、利用和稳定性）对粮食安全和营养产生潜在影响。然而，减少粮食损失和浪费与粮食安全之间的关系错综复杂，并不能保证产生积极成果。达到可接受的粮食安全和营养水平不可避免地意味着一定水平的粮食损失和浪费。维持缓冲以确保粮食稳定，需要产生一定数量的粮食损失或浪费。同时，确保食品安全则需要丢弃不安全的食品，这部分食品则被视为损失或浪费，而更高品质的膳食往往包括更多极易腐烂的食品。

在食品供应链上的位置和环节关系到减少粮食损失和浪费对粮食安全和营养的影响。对

粮食安全不同方面的影响如何表现及如何影响不同人口群体的粮食安全，取决于损失或浪费的减少发生在食品供应链的什么环节以及营养脆弱和粮食不安全人口处于什么地理位置。重要的是，并非人人都能受益。

减少农场损失（尤其是低收入国家的小规模农场）使农民能够改善饮食，因为粮食供给量增加，且如将部分产品出售，可提高收入。减少农场损失还可以沿食品供应链并最终为消费者增加供应量并降低价格。此外，一个加工商减少损失（这也将导致沿食品供应链并最终到达消费者的供应量增加且价格下降），可能导致农民看到产品需求量减少，降低价格并使粮食安全状况恶化。减少消费者的粮食浪费可改进粮食可供量和获取，而且消费者还可以作为粮食再分配计划的直接受益者，但农民和其他供应链行动方可能因为出售的产品减少和/或出售的价格下降而处境更加糟糕。国际食品供应链也是如此，高收入国家消费者和零售商减少粮食浪费可能对作为初级供应商的低收入国家贫困农民产生负面影响。

…减少损失和浪费的地理位置对于设计干预措施以惠及粮食不安全人口至关重要

减少粮食损失和浪费的影响将不仅局限于当地，因为影响会通过供应链扩散（导致价格降低）并通过经济体在更大范围内传播。然

而，具体影响将取决于市场的整合程度以及价格变动的有效传导方式。这里的关键因素是与减少所在地的距离远近。减少低收入国家小农场的损失可能对当地粮食安全产生强有力的影响。而减少高收入国家消费者的粮食浪费不可能对粮食安全产生普遍预期的积极影响。在上述背景下，当地粮食供应量增加，并不意味着盈余可提供给高度粮食不安全的偏远国家的贫困和粮食不安全人口。

粮食不安全发生率关系到为应对某国粮食不安全挑战应确定何种减少粮食损失和浪费的战略。在粮食严重不安全的低收入国家，增加粮食获取至关重要；获取本身很可能与供给密切相关。在小农生产中防止当地层面的粮食损失可缓解粮食短缺、增加农民收入并改进粮食获取。如损失的减少足以影响外地价格，则城镇粮食不安全人口也能获益。另一方面，在高收入国家，仅有更小比例的人口存在获取问题；对许多人而言，重点是膳食营养和品质。减少粮食浪费的大规模运动不大可能使高收入国家面临粮食不安全的一小部分人口受益。对这些国家而言，更有针对性的干预措施，如粮食再分配，可有助于获取粮食；然而，彻底消除粮食不安全还将不得不依赖更广泛的社会政策。

减少粮食损失和浪费可减缓满足一定消费水平的粮食生产带来的环境影响

从环境角度看，粮食生产为资源密集型且会产生很大环境影响。粮食损失或浪费会导致资源使用不善并造成负面环境影响。据预测，人口增加和收入提高将使2012-2050年农产品需求量增加35-50%，给世界自然资源造成更大压力。由此可见，亟需减少粮食损失和浪费。除环境目标外，减少粮食损失和浪费将始终能够改进资源利用效率，因为使用给定水平的资源，可为消费者提供更多粮食（或使用更少资源，为消费者提供既定数量的粮食）。此类减少始终能够降低单位粮食消费所排放的温室气体量。在人口数量日益增加且日渐富裕的背景下，更高效地使用资源并减少单位粮食消费产生的温室气体排放量将相当于可持续地满足日益增长的需求。

然而，提高效率并不一定意味着减少资源使用总量或温室气体排放总量。总体环境影响将取决于减少粮食损失和浪费相关的价格变动，这将间接决定其对自然资源使用和温室气体排放的影响。例如，如果减少损失所产生的额外供给使该产品价格下降，则消费者对该产品的需求量可能增加。这将往往抵消因粮食损失减少而使粮食系统效率提高所产生的积极环境影响。

设计和实施干预措施以减少粮食损失和浪费时，制定清晰的目标至关重要

粮食损失和浪费的三大类环境足迹普遍可量化：温室气体排放（碳足迹）、土地压力（土地足迹）和水资源压力（水足迹）。这反过来也会影响生物多样性。通过减少粮食损失和浪费实现可持续发展目标相关环境目标，将需要了解损失或浪费发生在食品供应链的什么环节；涉及哪些商品；影响哪些环境足迹；采取干预措施以减少损失或浪费的成本如何。

着眼于环境目标的政策制定者首先应考虑选取什么环境目标和关注哪种商品。全球层面关于主要商品组环境足迹的实证证据显示，如目标是减少土地使用，则应首要关注肉类和动物产品，这些产品占粮食损失和浪费相关土地足迹的60%。如针对水短缺，则谷物和豆类贡献最大（超过70%），其次是水果和蔬菜。如针对粮食损失和浪费相关温室气体排放，则谷物和豆类贡献仍然最大（超过60%），其次是块根、块茎和油料作物。然而，不同商品的环境足迹也因区域和国家而异，由于作物单产和生产技术差异（如雨育相对于灌溉生产，或放牧相对于使用动物饲料）等。

减少粮食损失和浪费是否能产生预期环境效果，取决于其如何影响不同商品、地点以及供应链环节的价格

减少粮食损失或浪费的干预措施如果足够有力，将影响供应链上干预措施实施位置上下游的价格。价格传导以及沿食品供应链发生的实际环境损害的位置将决定减少粮食损失和浪费潜在干预措施的环境效果。例如，环境影响可能主要发生在初级生产阶段，因为土地和水主要在初级生产阶段使用。影响也可能沿整个供应链增加，温室气体排放量就是沿供应链增加。在第一种情况下，在供应链任何位置采取干预措施都将改善环境，因为价格下跌向生产者传导，刺激生产者减少生产，从而减少自然资源使用量。此外，如果目标是减少碳足迹，则消费阶段的干预措施将在所避免的单位粮食损失和浪费方面产生最大回报。

直接联系的供应商之间的价格传导很可能比通过其他中介间接联系的供应商之间的价格传导更强。在这种情况下，在环境影响点或接近该点的位置采取干预措施，最有可能产生积极的环境影响。这将确保价格下跌有效传导给造成负面影响的行动方并促使其调整生产和相关自然资源的使用。如果干预措施发生在下游，那么价格影响可能在到达行动方并产生环境影响时已经被稀释并弱化，因此对关键领域的影响也将减小。例如，减少消费者浪费可能

导致许多地理位置分散地区的用水量发生微小变化，但变化不一定发生在最需要的地方。对于温室气体排放而言，情况有所不同，因为碳足迹具有全球性，温室气体减排的地理位置无关紧要。

根据经验，针对紧随供应链上多数环境损害发生地点的关键损害点采取干预措施将对环境可持续性产生最大影响。

应在可持续大背景下考察粮食损失和浪费的削减，评价协同增效和权衡取舍关系

另一个重要问题是，减少粮食损失和浪费的干预措施是否是实现环境和自然资源目标的最有效方式。虽然粮食损失和浪费减少带来的改善不小，实证研究显示其他类型的干预措施可更大幅度地减少某些环境影响，如改进农业生产方式和改变饮食。然而，同样的证据表明，结合不同的干预措施，包括减少粮食损失和浪费，可产生最有力的影响。此外，还应考虑与其他环境目标之间的权衡取舍关系。例如，可通过增加冷藏和包装的使用减少粮食损失和浪费；但增加冷藏可能导致能源消耗提高，且增加包装的使用可能产生更多塑料垃圾。在这种情况下，提高冷藏链的能效可以减少排放。在包装方面，重要的是应在生命周期分析中考察整个包装-产品系统，以便合理评估所实施措施的总体环境负担。

综合考量 — 针对决策者的某些指导原则

本报告以增量方法为基础，该方法以私人投资的商业论证为依据，并努力通过私人激励措施减少粮食损失和浪费。本报告将理由扩展到商业论证之外，通过公共干预措施降低阻止生产者和消费者减少粮食损失和浪费的某些障碍，如生成和/或分享关于如何减少粮食损失和浪费的信息。此外，公共干预措施应侧重提供公共产品或减少负面外部因素。减少粮食损失和浪费的公共政策有两个基本目标：改善粮食安全和营养及环境可持续性。同时，应认识到，促进农村整体发展的更广泛政策可使供应链上的生产者在投资的同时减少粮食损失。

分析了采取个人和公共干预措施以减少粮食损失和浪费的理由，可为干预措施提供某些指导原则。明确所追求的目标对于确定减少粮食损失和浪费的最合理政策和切入点至关重要。如果关注经济效率，则具有吸引力的方案是强化减少粮食损失和浪费的商业论证，无论其出现在供应链任何环节或任何地理位置。重视粮食安全将往往倾向于在食品供应链早期采取干预措施，早期的积极粮食安全效果将对供应链的所有其他环节产生影响。为实现环境目标，需要在与环境影响发生地相关的供应链下游减少粮食损失和浪费。最后，在追求粮食安全和营养或环境目标时，地点至关重要；唯一

的例外是温室气体排放量下降，无论在何处发生，都会对气候变化产生同样的影响。

不同国家将有不同目标来指导其选择。除了土地和水资源的可持续管理之外，低收入国家可能会侧重于加强粮食安全和营养。这需要重视在供应链早期减少粮食损失和浪费，包括在农场层面，因为农场层面的影响最强，且损失往往最大。粮食不安全水平低的高收入国家可能会把重点放在环境目标上，尤其是减少温室气体排放。这将要求在供应链后期进行干预，尤其是零售和消费阶段，预计这两个阶段损失和浪费水平最高。

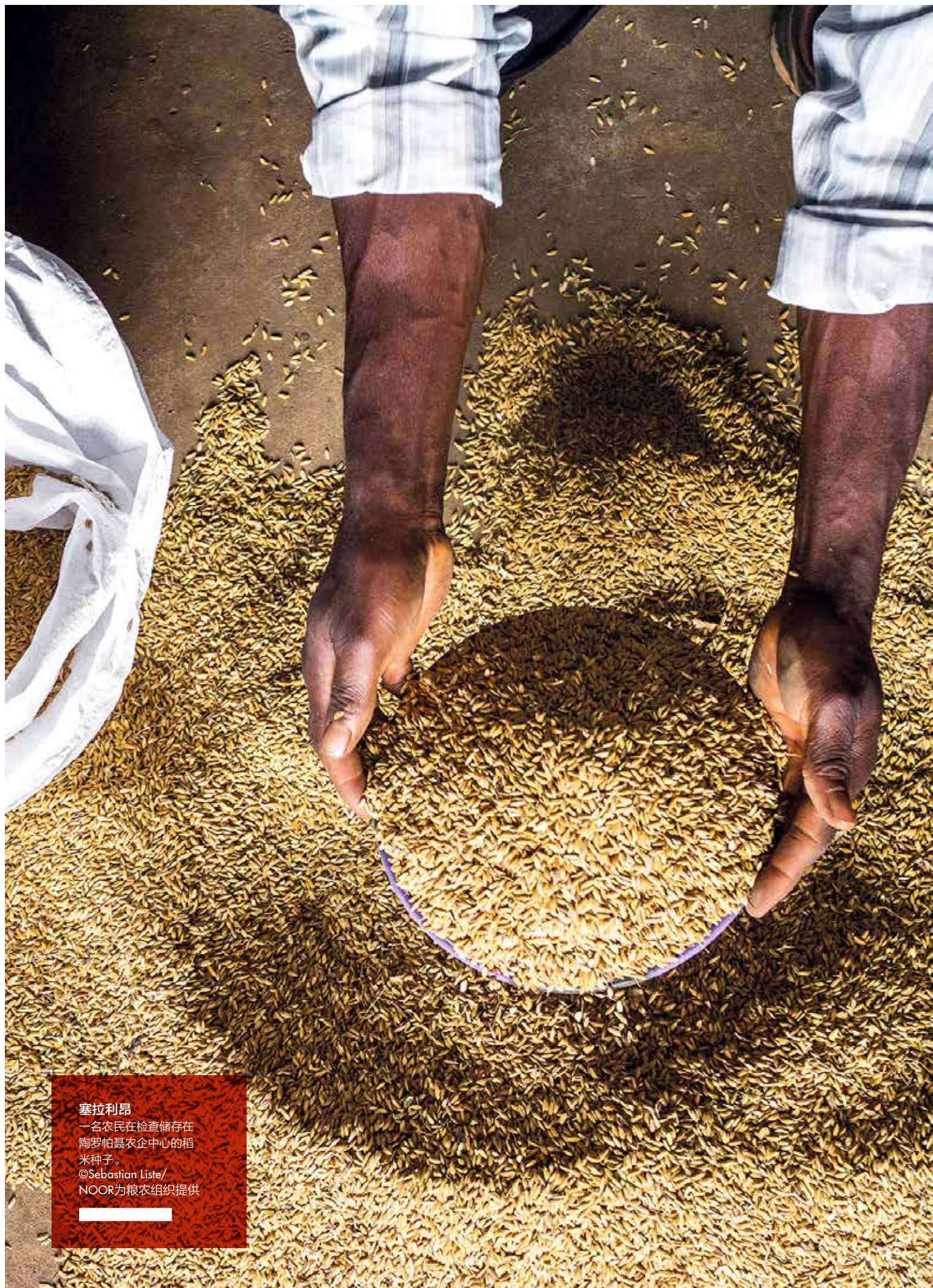
未来之路 — 改进政策一致性，加强数据收集和衡量能力，监测和评价进展

目标之间可能需要权衡取舍，不得不选择优先目标。关键问题是政策一致性，它要求同时权衡所有方案的影响，以确保实现一项目标的解决方案不会无意中损害其他目标。加强粮食安全和营养等政策实际上可能致使粮食损失和浪费增加，因为其需要获取安全和有营养的膳食，此类膳食所包含的食品往往极易腐烂。但不应将其视为问题；基本问题是粮食损失和浪费是否由于粮食系统效率低下和扭曲造成，以及是否有可能采取措施减少粮食损失和浪费且不影响粮食安全和营养。

政策一致性之所以重要，还因为可切实减少的粮食损失和浪费量将取决于当前的成本和收益。影响食品价格的公共政策可以改变对消费者和生产者的激励，以避免粮食损失和浪费。如果设计不合理，农业政策或粮食安全和营养目标，如粮食补贴，可能因打消减少损失和浪费的积极性而产生意料之外的影响。因此，通过改革无意中增加粮食损失和浪费的政策，也可以进一步减少粮食损失和浪费。

然而，首先应评估一项倡议是否以及在多大程度上实现了目标。这需要对问题的严重程度进行可靠衡量，并有效监测和评价干预措施。今天，缺乏有关粮食损失和浪费的数量和

位置的可靠数据，给有效政策制定造成障碍。由于方法上的挑战和相关测量成本，消费者层面的粮食浪费数据尤其缺乏。不同国家、商品和食品供应链环节可得损失数据情况差异较大。但是，正在努力改进数据收集工作，尤其是粮农组织和环境规划署正在制定粮食损失和浪费指数以监测实现可持续发展目标12.3的进展。一项关键内容是制定标准、概念和准则以及能力建设。希望这将使各国完善数据收集工作并有效衡量粮食损失和浪费水平。改进粮食损失和浪费统计知识是粮农组织的优先领域，也应成为国际社会以及有兴趣监测可持续发展目标进展的所有国家的优先领域。



塞拉利昂

一名农民在检查储存在
陶罗帕曼农企中心的稻
米种子。

©Sebastian Liste/
NOOR为粮农组织提供



第1章 粮食损失 和浪费 一 问题界定

重要信息

1 减少粮食损失和浪费是可持续发展目标框架下的重要目标，也是实现其他可持续发展目标的重要途径，特别是涉及到粮食安全、营养及环境可持续性的目标。

2 全球范围内，收获后到零售阶段（不包括零售阶段）的粮食损失约占粮食产量的14%。零售商和消费者浪费方面的精确测算正在编制之中。

3 解决粮食损失和浪费的根源问题势在必行；这就需要我们了解食品供应链上发生粮食损失和浪费的节点，以及背后的影响因素。

4 减少粮食损失和浪费能够创造经济收益，但也附带成本。随着低成本削减措施的效果逐步衰退，成本会不断提高，一定程度的粮食损失和浪费不可避免。

5 减少粮食损失和浪费、创造社会效益需要对粮食损失和浪费与粮食安全、营养和环境可持续性的具体联系开展细致的分析。

粮食损失和浪费 — 问题界定

粮食损失和浪费与可持续发展目标

粮食损失和浪费通常是人们不愿看到、希望避免的。在国际政策争辩所涵盖的诸多问题中，没有几个问题会比粮食损失和浪费凝聚了更强的共识。^a

减少粮食损失和浪费可以减轻对自然资源造成的压力，减少温室气体（GHG）排放，进而促进降低生产成本，提高粮食安全和营养水平，推动环境可持续发展。2050年，全球人口预计将增至近100亿人，面对持续供养全球人口的挑战，减少粮食损失和浪费、尽可能充分利用支撑粮食系统的各种资源就变得尤为重要。¹

粮食损失和浪费已成为重要的全球性问题，在可持续发展目标12（负责任消费和生产）中也有体现，该目标下确立了一个关于粮食损失和浪费的具体子目标：

可持续发展目标子目标12.3呼吁到2030年，要将零售和消费环节的全球人均粮食浪费减半，减少生产和供应环节的粮食损失，包括收获后损失。

^a 粮食损失和浪费携带着负面的道德伦理内涵，特别是“浪费”一词，暗含故意或很容易避免的意思，而某些情况下“损失”可能会被视作运气不佳 — 并非有意为之。

减少粮食损失和浪费对家庭和商业成本会产生积极影响，也会影响粮食安全、营养、自然资源和环境，因此对粮食系统相关的其他可持续发展目标也会产生宽泛影响，如着眼于消除饥饿、实现粮食安全和营养改进的可持续发展目标2。可能带来的环境效益涉及可持续发展目标6（可持续水资源管理）、可持续发展目标11（可持续城市和社区）、可持续发展目标13（气候变化）、可持续发展目标14（海洋资源）以及可持续发展目标15（陆地生态系统、森林、土地及生物多样性）。另外，对以下其他可持续发展目标也会产生连带效应：可持续发展目标1（根除贫困）、可持续发展目标8（可持续经济增长与体面就业）以及可持续发展目标10（减少不平等）。

同时，其他一些可持续发展目标取得的进展也有助于减少粮食损失和浪费，具体包括：可持续发展目标5（性别平等）、可持续发展目标7（可负担和清洁能源）、可持续发展目标9（基础设施、产业和创新）以及可持续发展目标17（伙伴关系）。然而，国家之间以及一国之内的此种联系都有显著差异，具体取决于粮食损失和浪费削减措施的实施情况。**图1**总结了减少粮食损失和浪费与各项可持续发展目标之间的潜在联系，但并未考虑此种联系的规模和重要性。圆框表示对粮食安全、营养、自然资源和环境产生的预期影响。

减少粮食损失和浪费看起来是一项简单合理的目标。毫无疑问，由于疏漏或处理不当导

图 1
粮食损失和浪费与可持续发展目标



注：圆框表示对粮食安全、营养、自然资源和环境产生的预期影响。
资料来源：粮农组织。

致粮食变质，或扔掉本可供人类消费的粮食都是不好的，因此应当避免。然而，谈及具体行动、干预或政策的实施和决策，事情则变得复

杂得多。实际上，采纳的任何政策都必须考虑到，在很多情况下，减少粮食损失和浪费并非没有代价，可能会需要同其他目标进行权衡取舍。

在决定应对粮食损失和浪费的具体行动时，要回答很多问题，包括：

- ▶ 粮食损失或浪费的原因是什么？
- ▶ 粮食损失或浪费有多大数量？
- ▶ 为什么要减少粮食损失和浪费？
- ▶ 如何减少粮食损失和浪费？
- ▶ 是否可以避免所有的粮食损失和浪费？
- ▶ 减少粮食损失和浪费会让谁受益（吃亏）？
- ▶ 减少粮食损失和浪费对实现粮食安全和营养或环境可持续性会有哪些助力？

这些是本报告尝试回答的部分问题。更加宽泛地说，核心问题是：粮食损失和浪费在什么时候会成为一个问题？为什么要减少粮食损失和浪费？报告提出，减少粮食损失和浪费应当被视作是实现其他目标的一种途径，其中最为显著的是提高粮食系统效率，改进粮食安全和营养，以及推动环境可持续发展。■

什么是粮食损失和浪费？概念框架

到底什么是粮食损失和浪费？如何定义？粮食损失和浪费没有统一的定义。文献中有多种定义。^b这些定义通常反映的利益相关方或者分析人员在粮食损失和浪费方面关注或联系的不同问题。实际上，定义在很多方面都有差异，包括：

- ▶ 什么是粮食？
- ▶ 粮食只能是食物的可食用部位吗？
- ▶ 转作其他用途的粮食（如动物饲料）能被视作损失或浪费吗？

^b 不同定义及其特点的调查，如Chaboud和Daviron。²

- ▶ 食品供应链上的哪些阶段应当涵盖在内（如收获前损失也要包含在内吗）？
- ▶ 如何区分粮食损失和粮食浪费？^c

多数定义侧重于食品供应链上数量的损失和浪费，但也有一些定义考虑了质量的损失（营养、功效、食品安全）。^d从概念上来看，数量损失和浪费比质量损失和浪费更易于定义和测量，但前者也同样面临着很多重要的测量问题。例如，测量的对象应当是什么？是数量、卡路里或其他营养成分，还是经济价值？部分定义甚至还考虑了超出实际膳食需要的过度消费，将其也视作一种粮食损失和浪费。

在本报告中，**粮食损失和浪费**是指食品供应链上质量或数量的下降。报告中采取了一种普遍接受的定义框架来定义粮食损失和浪费（见图2），旨在支持改进数据收集、数据比较，以及围绕预防减少粮食损失和浪费进行的循证监管和政策决策。（报告中使用定义见插文1）。

粮食损失和粮食浪费的区分不仅体现在概念上，从政策角度来讲也是有益的。从概念上说，**粮食损失** — 供方决策和行动的结果 — 影响粮食供应：若能减少粮食损失，进入食品供应链的粮食供应就会增加。⁷严格来说，粮食损失涉及到食品供应链的所有阶段，直至但不包括到达最终消费者手中的时间节点，因而不包括零售、食品服务提供方^e以及消费者。

^c 例如，Bellemare等只采用粮食“浪费”的说法，对粮食损失和粮食浪费不做区分。³

^d 粮食损失的数量测量方法，见Delgado等。⁴

^e 食品服务供应方经营服务设施，提供现场即食的餐食和小吃（即非家庭制备的食品）。此类供应方包括餐馆、快餐店、餐饮店、咖啡厅，以及以营利为目的制备、提供并向公众销售食物的其他场所。⁸

插文 1 粮食损失和浪费的相关定义

- ▶ **食品**是指供人类消费的所有物质，不论是加工、半加工还是未加工产品。食品包括饮料、口香糖，以及食物制造、制备或处理中使用的所有物质，但不包括化妆品、烟草或仅能用作药品的物质。⁵食品可由动物或植物制成，从以下时刻开始可被视作食品：i) 作物成熟可收获或已达到特定用途的适用状态；ii) 动物达到可屠宰状态；iii) 奶从乳房中挤出；iv) 蛋从母体产出；v) 养殖鱼类在池塘中达到成熟阶段；vi) 野生鱼类用渔具捕捞上来。
- ▶ **食品供应链**由以下内容构成：i) 农业生产与收获/屠宰/捕捞；ii) 收获后/屠宰后/捕捞后活动；iii) 储藏；iv) 运输；v) 加工；vi) 批发与零售；vii) 家庭消费和食品服务。农业生产、收获及收获后/屠宰后/捕捞后活动是指产品仍在农田中或在生产设施中时开展的活动。收获后/屠宰后/捕捞后活动包括清洁、分级、分拣和处理（如在农场或包装场所的消毒活动）。加工包括通常发生在农场的初级加工活动（如干燥、脱壳、去皮）以及二级加工活动（产品转型）。食品一旦被消费，或离开食品供应链，就标志着供应链的结束。
- ▶ **粮食系统**集中了食品生产、加工、分销、制备和消费相关的所有要素（环境、人、投入品、过程、基础设施、制度等）和活动，以及这些活动的产出，包括社会经济和环境成果。⁶
- ▶ **粮食损失**是指食品供应链上供应商的决定和行动导致食品质量或数量下降，不包括零售商、食品服务提供商以及消费者。
- ▶ **粮食浪费**是指零售商、食品服务商以及消费者的决定和行动导致食品质量或数量下降。
- ▶ **数量型粮食损失和浪费**（也称作实际粮食损失和浪费）是指食品从食品供应链中移除后供人类消费的食物量有所减少。因此，数量型粮食损失是指供应链上食品供应商的决定和行动导致供人类消费的食物量减少。数量型粮食浪费是指零售商、食品服务商以及消费者的决定和行动导致供人类消费的食物量减少。
- ▶ **质量型粮食损失和浪费**是指食品属性下降，导致预期用途价值降低。质量型损失和浪费可能是营养价值下降（如损伤的水果中维生素C含量会下降）及/或因未达到质量标准造成食品的经济价值减低。质量下滑可能造成食品不安全，给消费者健康带来风险。质量型粮食损失是指导致食品既定用途价值减低的食品属性的减少——这种减少是由供应链上食品供应商的决策和行动造成的。质量型粮食浪费道理相通，但是由零售商、食品服务商以及消费者的行动造成的。

粮食浪费是消费者购买决定、或零售商和食品服务供应方决定的结果，而零售商和食品服务供应方的决定往往又影响着消费者行为。从政策角度来讲，粮食损失和粮食浪费的区分非常

重要，因为旨在影响消费者行为（粮食需求）和旨在鼓励供应方减少粮食损失的干预措施着力点各不相同。

在现实中，这种区分可能较难落实。零售商和食品服务提供方虽是食品提供方，但其决定和行动在很大程度上都受到消费者行为的牵制，因而粮食损失和浪费的界限就变得很难厘清。从这个角度上讲，零售层面可能属于一种灰色区域。从现实和制度着眼，本报告将顺应可持续发展目标具体目标12.3中做出的区分，即“零售与消费者层面的粮食浪费”和“生产与供应链上的粮食损失”。

图2的概念框架区分了动植物的**预期用途**（食品和非食品经济用途）；**分解**成为食品、不可食用部分、饲料和非饲料部分；以及最终**归宿**（作为食品、非食品生产资料，或粮食损失和浪费）。

动植物产品的**预期用途**是指产品在供应链上的原本预期用处：食用（食品）、饲用（饲料），种用，或工业或其他用途（见**图2**长方形方框“预期用途”）。非预期供人类食用的动植物产品的损失或浪费不会被视作粮食损失和浪费，即便是此类损失和浪费也会对粮食安全和营养以及环境带来影响。预期供人类食用的动植物产品**转作**非食品经济用途（如用作饲料）也不会被视作损失和浪费（**图2**中“分解”和“归宿”下的橙色箭头和方框）。

供人类使用的动植物产品会进一步分解成不同用途（食品、不可食用部分，或其他经济/生产性用途）。举例说明：香蕉果肉供人食用，果皮可用作饲料，因而将整个香蕉分解成不同的用途。不可食用部分是指特定食品供应链中非预期供消费者食用的部分（如骨头、果皮）。^f

^f 不同用户对不可食用部分的认知也有所差异（如某些地区人们食用鸡爪，其他地区则不然）。食用部分也会随着时间的推移而发生变化，且受到诸多因素的影响，特别是文化因素。⁹

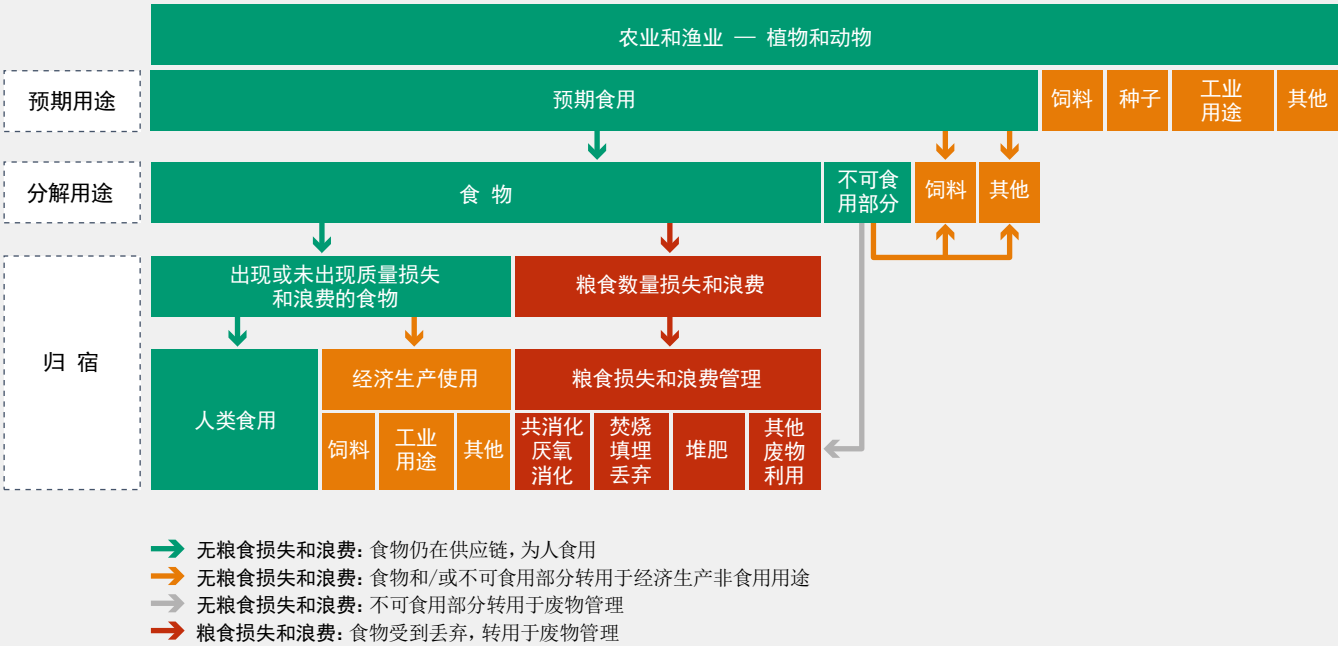
香蕉皮等不可食用部分，若未用作饲料或其他经济用途（橙色箭头所示），而是作为废弃物处置或用于废弃物管理活动，也不会被视作粮食损失或浪费（灰色箭头所示）。

归宿是指供人类食用的可食用食品的实际用处，可能是被人吃掉，即便是食物质量受损——如外皮出现黑斑的香蕉——（“归宿”下方框和绿色箭头所示），也可能是转作动物饲料等其他非食用经济用途（橙色方框）。若供应商或消费者、零售商及食品服务提供商将其从食品价值链上清除出去（供应商段为粮食损失，后面为粮食浪费），用来填埋，则食品就会出现数量上的损失或浪费。食品被焚烧、堆肥或厌氧消化也是一样（红色箭头和方框所示）。

需要说明的是：

- ▶ 出现质量损失或浪费，但仍被吃掉的食物不会被认作是数量损失或浪费；但若消费者或供应商扔掉了此种食物，则就会被认为是数量损失或浪费，除非被转作生产性用途。
- ▶ 干燥、加热或发酵等食品加工工艺造成的食物量缩减不会被认作是食物损失或浪费。
- ▶ 零售商或食品服务提供商未售出、但仍适合食用的食物重新分配给他人不是浪费；此种重新分配是避免食物浪费的一种途径。
- ▶ 食品供应链上食物转作非食物的生产性用途，如用作饲料或生物燃料，仍然保留着部分价值，因此不会被认作是损失或浪费。这并不是说此种用途转变没有代价，因为食物价值有所削弱。
- ▶ 尽管厌氧消化能够产生生物沼气，但这种方法首先是一种废弃物处理方法，没有一种作物是专为生产沼气种植的。因此，最终进入废弃物管理过程的食物会被认作是损失或浪费。

图 2
粮食损失和浪费 (FLW) 的概念框架



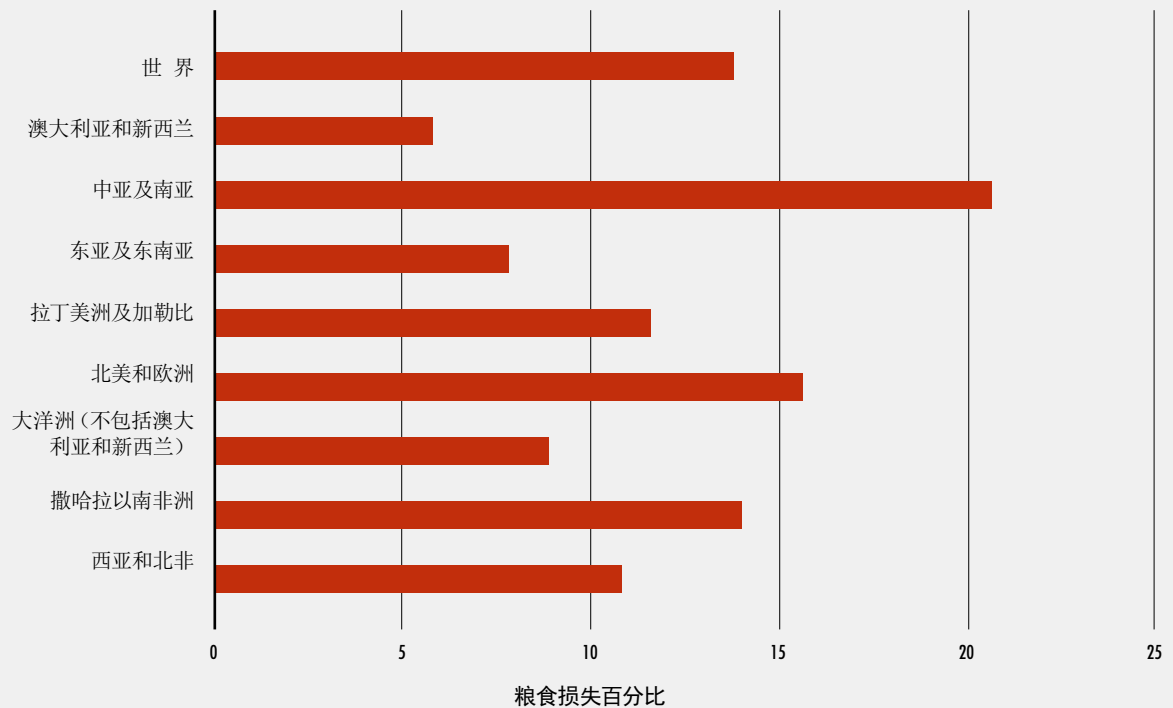
损失或浪费粮食的处置可采取多种方式，对环境或多或少都有损害。堆肥和厌氧消化对环境的影响小于倾倒填埋或焚烧。损失或浪费粮食的处置是一个废弃物管理问题，这方面的研究超出了本报告论述的范围。本报告关注的是避免粮食损失和浪费，而非处置。■

粮食损失和浪费的规模有多大？

全球粮食损失和浪费的规模到底有多大？我们对此知之甚少；但可持续发展目标监测框架将着力加强数据收集，支持在尽可能细化的层面上估测粮食损失和浪费总量，进而填补这个知识空白。

可持续发展目标子目标12.3提出，到2030年零售和消费者层面的全球人均粮食浪费数量

图 3
2016年从收获后到流通阶段的粮食损失，全球与各地区百分比数据



注：粮食损失占比是指各种商品损失数量占生产总量的百分比。在区域或商品组的层面上通过经济权重将各种比例汇总起来，高价值商品在损失估测中的权重高于低价值商品。
资料来源：粮农组织，2019。¹²

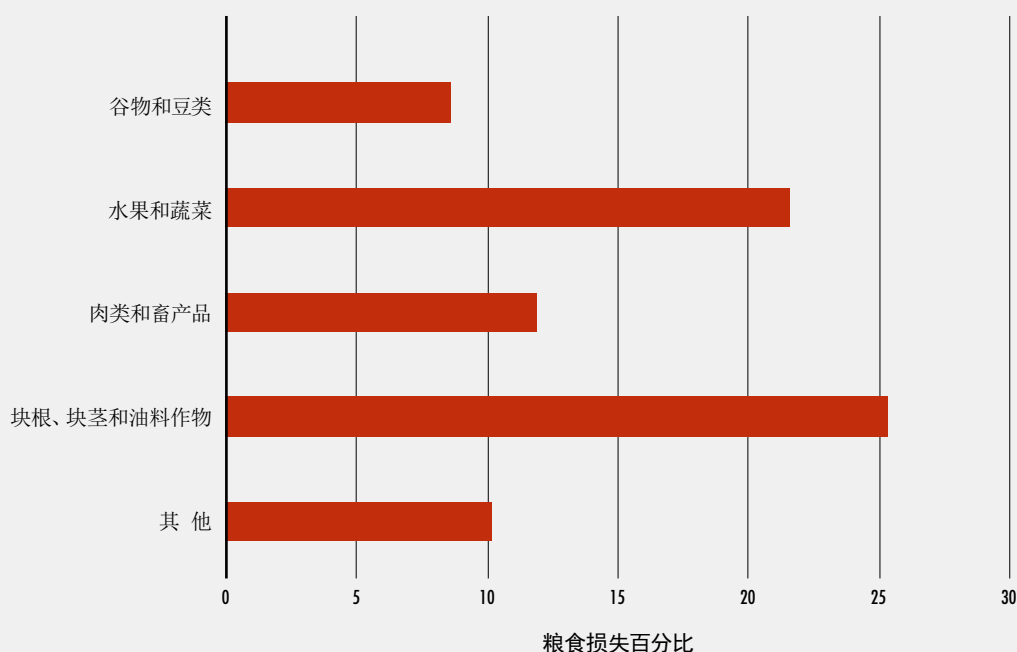
要削减一半，另外也要减少整个生产和供应链上的粮食损失（包括收获后损失）。子目标12.3方面的进展通过指标12.3.1测量，该指标进一步细分为两个分项指标：**粮食损失指数**（12.3.1a）和**粮食浪费指数**（12.3.1b）。^{10、11}

指标12.3.1a和指标12.3.1b由两个联合国机构牵头开展工作：联合国粮食及农业组织（粮农组织）与联合国环境计划署（环境署）。两机构正合力开发分项指标的测量方法；考虑到各自的专业力量和职责分工，粮农组织牵头制定粮食损失指数（FLI）测量方法，环境署则牵头制定粮食浪费指数（FWI）测量方法。两机构将

针对所有商品组、价值链和所有国家开展更加精准的调查，希望能够完善估测粮食损失和浪费所需的数据，找出出现损失和浪费的原因，进而为国际社会提供可靠的损失和浪费估测。

在可持续发展目标12.3.1下的两个分项指标中——即粮农组织的粮损指数和环境署的粮食浪费指数——粮损指数以及估测粮食损失比例方面的工作进展更快。粮农组织利用粮食损失指数对全球进行了首轮估测，其结果于2019年发布。估测结果表明，2016年从农田到零售（但不包括零售）阶段，粮食损失占粮食产量的13.8%。12区域层面估测结果不

图 4
2016年从收获后到流通阶段的粮食损失，按商品小组分类的百分比数据



注：粮食损失占比是指各种商品损失数量占生产总量的百分比。在区域或商品组的层面上通过经济权重将各种比例汇总起来，高价值商品在损失估测中的权重高于低价值商品。

资料来源：粮农组织，2019。¹²

一，澳大利亚和新西兰为5-6%，中亚及南亚为20-21%（图3）。从食品组来看，根茎类、油料类作物损失水平最高，随后为水果和蔬菜（图4）。水果和蔬菜高度易腐，损失水平较高不足为奇。根茎类和油料类作物的损失主要集中在木薯和马铃薯，围绕这两种商品报告的数据体量很大。实际上，木薯是最为易腐的根茎类作物，收获后两三天就可能变质；而马铃薯则需要细致的处理和适当的储藏，特别是在很多发展中国家的暖湿气候条件下。^{13、14}

在粮食浪费指数方面，开发方法框架投入了大量的精力，但首轮粮食浪费估测工作仍在酝酿之中。

尽管粮食损失测量工作比粮食浪费进展更快，但也仍面临着诸多挑战。受到可测量性和缺失数据等因素的影响，行动测量框架要有别于概念框架（图2），这样粮农组织才能监测可持续发展目标下关于粮食损失的子目标12.3（见插文2）。在行动框架中，全球粮食损失指数不包括收获前损失和收获损失，以便于各国和粮农组织在粮食平衡表框架中采用的农业产量定义保持一致。将这两类损失包含进来需要重新定义产量和单产的计算方法，进而也会影响数据集的一致性和可比性。另一个主要挑战涉及到商品。各国不可能收集到所有商品的损失数据，因而粮食损失指数在各国按国内产值排序，挑选了五个 »

插文 2 粮食损失指数方法简介

为监测可持续发展目标下的子目标12.3，粮农组织开发了粮食损失指数（粮损指数）。该指标关注的是供应链上退出食品的比例。粮损指数以2015年水平为基期，监测此种比例的长期发展变化，以期跟踪可持续发展目标子目标12.3的进展情况。粮食损失会随着粮食总产的变化而变化，因此粮损指数监测的是损失比例而非损失数量。若该指数基于数量而定，则粮损指数的上升只能反映出粮食产量增加。

出于测量考虑，并考虑到数据缺失，以及要与其他统计定义和可持续发展目标子目标12.3保持一致，粮农组织在粮损指数运行框架中采用了以下的粮食损失和浪费概念：

- **粮食损失**是指在零售阶段之前（不包括零售阶段）因丢弃、焚烧或其他处置而直接或间接完全退出收获后/屠宰后/捕捞后供应链，并未再用于任何其他用途（如动物饲料、工业用途等）的所有作物、畜牧和渔业部门中人类可食用的商品数量。因此，发生在储藏、运输和加工阶段的损失以及进口产品的损失也都计入在内。损失着眼于商品整体，包括不可食用部分。
- **浪费**发生在零售至最终消费/需求阶段；但浪费不计入粮损指数。

粮损指数运行框架不同于粮食损失的概念框架（见图2），它不包括质量型损失，包括不可食用部分，且概念限制在食品供应链和特定商品的既定边界之内。如图所示，收获前和收获损失ⁱ不计入粮损指数，但收获损失可计入国家粮损指数。就质量型损失来看，目前正在开展研究，希望将此种损失包含在指数之内，如可以采用市场价格信息作为食品质量的代理指标（类似方法见Delgado等）。⁴

从商品选择来看，由于估测所有国家多种商品的损失情况在实际操作中难度很大，粮损指数

在每个国家选取了五个商品组，按经济价值选出了排名前十位的商品：

- (i) 谷物和豆类；
- (ii) 水果和蔬菜；
- (iii) 根茎、块茎和油料作物；
- (iv) 动物产品；
- (v) 鱼和鱼产品。

考虑到数据收集工作的成本效益，粮损指数选择了少数重要产品，着重提升这些商品的数据质量，进而完善损失情况的证据基础。

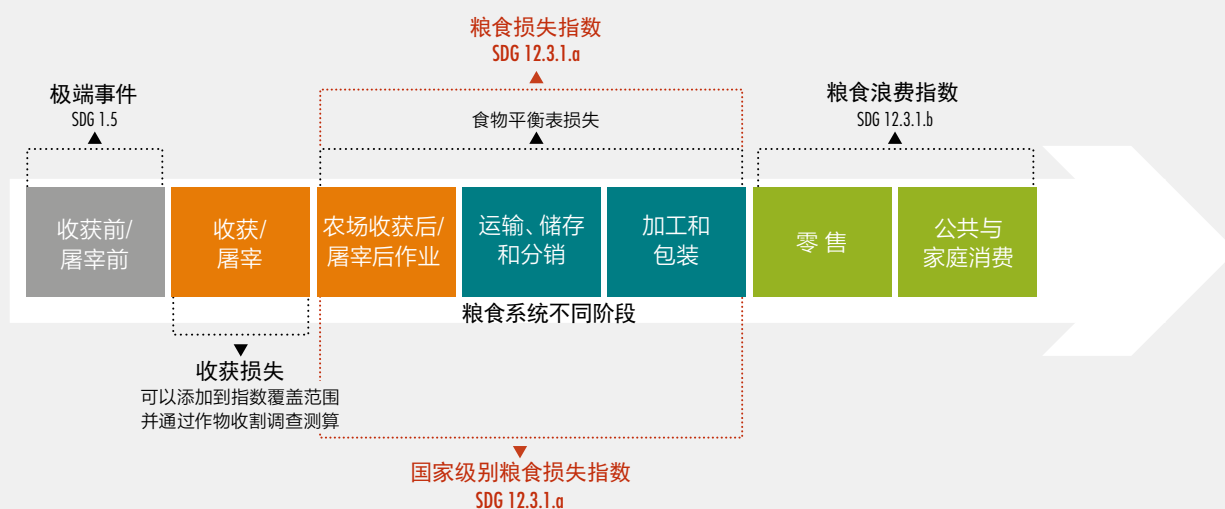
在每个国家中，粮损指数都分商品估测了实际数量损失，然后运用与商品产值相当的经济权重将各个商品的损失数据汇总起来，形成全国的总体损失比例。所有商品损失情况的汇总是基于农场价格，以美元计价，即所有国家都使用相同的计价单位。因此，高值商品损失的权重大于低值商品。然而，这种方法并未考虑食品供应链不同阶段损失的不同经济价值。实际上，供应链下游损失的经济价值通常会高于上游的损失。

很多国家仍未报告损失数据，因而报告中仅提供了区域和商品组层面的测算结果。为填补数据空白，编制国家层面的损失系数ⁱⁱ，研究人员开发了透明、可复制的模型方法。该方法基于文献检索，采用了一套解释性因果系数变量，并运用出版物和报告中收集的外部信息对损失比例予以补充（方法综述和估测模型见技术附件说明）。未来随着数据不断完善，该方法可用新数据替换原有的估测结果，不会对方法本身或估测结果产生干扰。然而，尽管采用的模型方法可以提供宏观层面的损失估测，但却不能像其他模型一样对微观或农场层面的损失情况做出解释。

在全球层面上，粮损指数根据各国基期农业生产总值计算权重，然后，运用权重对各国的粮损指数进行加权平均，计算出全球粮损指数。

插文 2 (续)

整个食品供应链的粮食损失指数范围



ⁱ 损失发生在收获过程中，如谷物在收割或分拣、分级过程中出现的损失。

ⁱⁱ 损失因素已收入数据库，可在以下网址公开查询：www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data

资料来源：粮农组织，2018。¹⁵

» 商品组的10个主要商品。^g商品的不可食用部分也包含在内，这是因为将可食用和不可食用部分分离需要很多精力，某些情况下根本无法分离。

最后，粮农组织采用的行动测量框架只考虑了数量损失。实际上，粮食质量损失和浪费的评估也是必要的，以便监测价值链上质量属性的实际变化，并同最优“参考”水平进行比较。例如，营养内容需要体现出商品成熟期的营养值数据，以及营养值在供应链上的下降趋势。这一点在实际操作上非常困难。

^g 在1990到2019年间正式向粮农组织报告粮食损失指数数据的国家列表见统计附件中的表A1。

概念框架与行动测量框架的差别反映了严格收集粮食损失数据方面面临的困难。若行动框架与图2中的概念框架保持一致，则粮损指数计算得出的粮食损失比例就会更高，表明实际问题比当前估测的更为严重。

如前文所述，粮农组织的粮食损失指数仅仅涵盖收获后至零售前所有阶段的损失（见插文2）。2011年，瑞典食物和生物技术研究所受粮农组织委托开展了一项研究，这是迄今为止唯一一次对整个食品供应链上全球粮食损失和浪费情况进行全面估测的尝试。^{14、16}然而，这项研究也有诸多局限，研究本身也对此有着清楚的认识（见插文3）。需要说明的是，由于很多方法学上的差异，这些估测结果不能与粮农组织新的估测结果直接比较（插文3对 »

插文 3
粮农组织早期的粮食损失和浪费估测 — 与粮食损失指数有何不同？

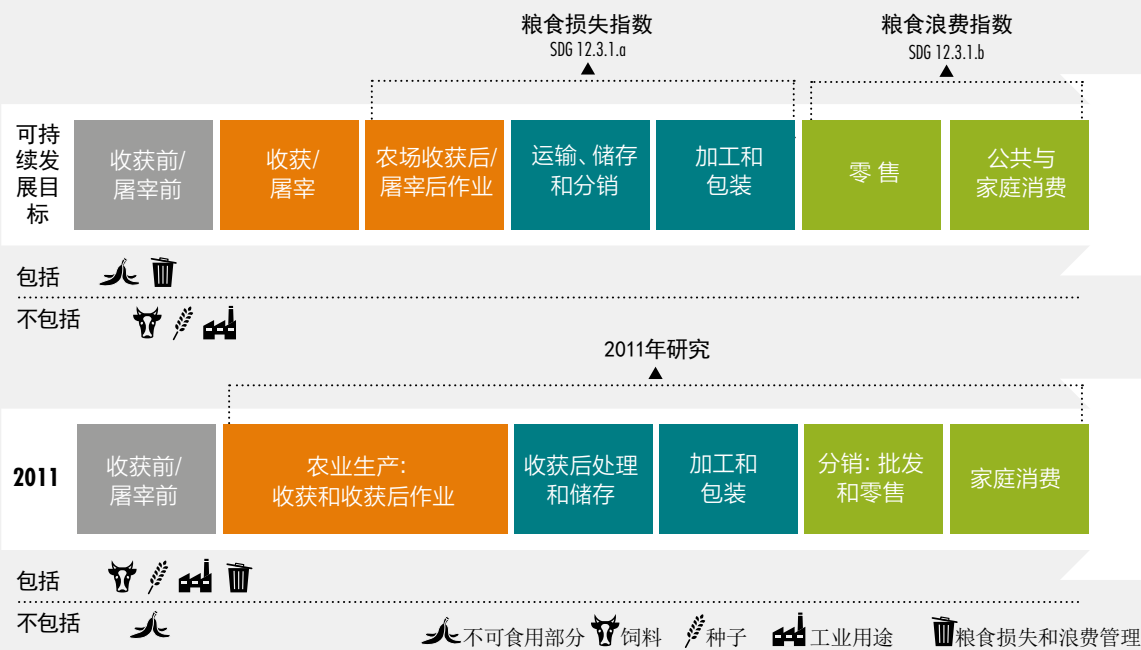
据瑞典粮食与生物技术研究所2011年为粮农组织撰写报告的估测，全球范围内，供人类食用食物的可食用部分约有1/3被损失或浪费，每年约为13亿吨。这项估测涵盖了农业生产到消费的所有阶段，而粮损指数着眼于零售之前的损失，但不包括零售阶段。截至目前，粮农组织2011年这项研究是唯一一个着眼食品供应链全阶段、涵盖粮食生产全部门的全球性估测。^{14、16}估测结果在公共辩论中被广泛引用。¹⁷其他后续的全球性研究都参照了这份报告或采用了同样的支撑数据。例如，Kummu等¹⁸采用与这项研究相同的商品组损失比例进行了估测。估测结果表明，按卡路里计，食品供应链中损失的食物约为1/4（614卡/人/天）。

2011年粮农组织委托开展的这项研究是有价值的，为粮食损失和浪费的规模提供了概况，引起了国际社会对此问题的关注；然而，这项研究建议，由于其中警告数量颇多，解读结果时

要非常审慎。这些局限主要是因为收集开展此类综合性估测所需的所有信息和数据方面遇到很大困难。由于缺少数据，作者只能对粮食损失和浪费水平做出大量假设，特别是粮食的配送和消费方面。因为存在这些局限，该研究也很难复制。

研究将所有的非食物用途（饲料、种用和工业用途）都视作损失或浪费；且仅考虑了粮食的可食用部位，而粮损指数考虑的是商品整体，包括可食用和不可食用部位。该研究中，食品供应链的分解阶段也不同于粮损指数。另外，该研究的立意是估测有形数量损失，最终计算损失总量占比，而没有考虑到不同商品的各异经济价值。最后，与粮损指数不同，2011年的粮农组织研究并未将损失的因果系数纳入运算；因而，研究对损失总量的估测是一种近乎描述性的估测。所有这些考虑都削弱了该研究与本报告发布的粮损指数估测的可比性（见插文中图）。

粮食损失指数与2011年粮农组织研究的对比



资料来源：粮农组织。

» 此进行了解释)。特别是,新的估测结果并未涵盖整个的粮食供应价值链。另外,相对于之前的估测工作,新的估测考虑了损失部分的经济价值,而不仅仅是损失的数量(插文4介绍了不同的粮食损失和浪费测量指标)。

粮农组织编制新的粮食损失估测数据是为了监测可持续发展目标框架下取得的进展。实际上,将粮食损失和浪费纳入可持续发展目标强化了估测粮食损失和浪费总量的相关工作。在两个可持续发展目标分项指标中,机构间可持续发展目标专家组批准了粮食损失指数,将其升格为II级指标;这意味着该指标概念清晰,拥有国际认可的方法,相关标准也已经出台。各国提供数据不足是影响方法选择的一个主要制约因素。随着数据情况改善,估测结果预计也会越来越好。在粮食浪费指数方面,前述方法学框架的开发已经开展了很多工作,但围绕零售和家庭粮食浪费的首次估测工作尚未开展。■

粮食损失或浪费的原因是什么?

理论上,食品供应链上的各个行动方会做出合理的决定,允许他们实现**利润最大化**(生产者)或**自身及家庭福利最大化**(消费者)——包括他们对可接受粮食损失和浪费水平的决定。从这点来看,一定程度的粮食损失或浪费是不可避免的。实际上,食品经营者或消费者容忍一定水平的粮食损失或浪费在经济上是有益的。生产者从利润最大化的角度,或消费者从福利最大化的角度来看,这些水平是**最优的**。

► 例如,某个食品加工商面临着一些粮食数量损失的问题,它可以通过投资购置更精密的设备

或改进运行管理来减少这种损失;但若这些措施的成本高出避免粮食损失的价值,那么它就不会选择采取此类措施。总的来说,减少粮食损失和浪费方面的投资回报是逐步递减的。也就是说,削减粮食损失和浪费的措施在初期可能费用不高,但随后费用会逐步增加。例如,人员培训可能费用不高,在减少部分损失方面也有效果,但是进一步减少损失可能就需要造价更高的投资,要引入新的生产技术。

- 另外,从利润的角度来看,产量多于需求,承担扔掉部分食物的风险可能也是合理的,因为产品缺口的代价通常高于产量过剩的代价。考虑到气候变异、极端事件或收获时价格走低的情况,农民也可能实际种植的面积也可能大于收获面积。¹⁹同样,零售商和食品服务提供商通常也会准备出正常需求以外的食物,以备满足客户需要。
- 某种程度的消费者食物浪费有可能是合理决策的结果。若一个人的机会时间成本^h较高,则可能会一星期去采购一次食物,通常采购量会多于实际需要,最后将过剩的食物扔掉,而不会按每日所需每天去采购食物。²¹同样,若食物支出仅占家庭总支出的一小部分,消费者可能也没有很大的动力去避免食物浪费。

供应商和消费者对容忍食物损失或浪费的决定——粮食损失和浪费的直接原因——由很多因素决定,有些因素不由自身控制,如虫害、气候以及可用的收获和收获后技术。间接因素包括市场价格(由市场运行情况决定)、公共服务质量(如道路基础设施或信息或其他社会服务)、法律框架、文化等。这些因素取决于食品供应链和各个行动方所处的经济社会

^h 机会成本是指放弃做某件事情的机会带来的成本。机会成本由选择最佳替代机会可能获得的收益决定。如,对农民而言,计算种小麦的机会成本就要去估测若是种大麦则收益会有多少,假设大麦是最佳替代选择。²⁰

插文 4

测量粮食损失的数量、热量还是经济价值 — 这有关系吗？

粮农组织最新估测结果表明，全球范围内从农田到零售前（不包括零售）的粮食损失约为13.8%。¹²估测中测量的是不同商品的数量损失，然后采用经济权重将损失数量汇总起来。高值商品的权重低于低值商品。

考虑商品的**经济价值**对于设计减少粮食损失的干预方案来说非常重要，因为干预方案要权衡减少粮食损失的成本和收益。粮农组织粮损指数认可这个理念，为不同商品赋予了不同的经济权重。遗憾的是，该指标是基于农场价格进行汇总，未能考虑到商品在食品供应链上的增值，忽视了交付最终产品之前的各个阶段。

然而，粮食损失也可以根据政策目标采用不同指标进行测量（见本插文中图）。例如，从营养角度来看，测量不同食品的卡路里含量，以**热量为单位**报告粮食损失占比可能更加合理。因此，能量密集型食品在计算粮食损失时要获得更大的权重。某些情况下，若高热量食品损失较多，则以热量的粮损占比会高于以重量或经济权重计算的粮损占比。例如，在撒哈拉以南非洲，玉米、稻米等谷物和花生等油料作物是该区

域最为重要的商品，与其他商品相比在损失中占比就会更高。这些产品均为高热量食品，因而在按热量计算的估测结果中，撒哈拉以南非洲的粮损比例是最高的。相反，在中亚和南亚，肉类和畜产品产量占比（按重量计，在粮损指数计算涵盖的总量中占比为26%）高于撒哈拉以南非洲（按重量计，占比为9%），若按经济价值而非热量计算，则中亚和南亚这些高价值供应链上的粮损占比就会高于撒哈拉以南非洲。

另一方面，若政策制定者关注的是环境可持续性，例如如果希望减少种植西瓜所使用的土地和水，则测量纯**实物量**损失，甚至是测量土地面积或用水当量，则更加合适。以重量估测粮食损失对于宣传以及对于估测粮食安全和环境影响非常有益，但这种方法却没有考虑不同商品的经济或营养价值，可能会仅仅因为商品重量较大为低值产品赋予了较大的权重。

总体而言，不同粮损指标服务于不同目的。政策制定者、企业和消费者要根据自身目标自行决定采取哪些指标。

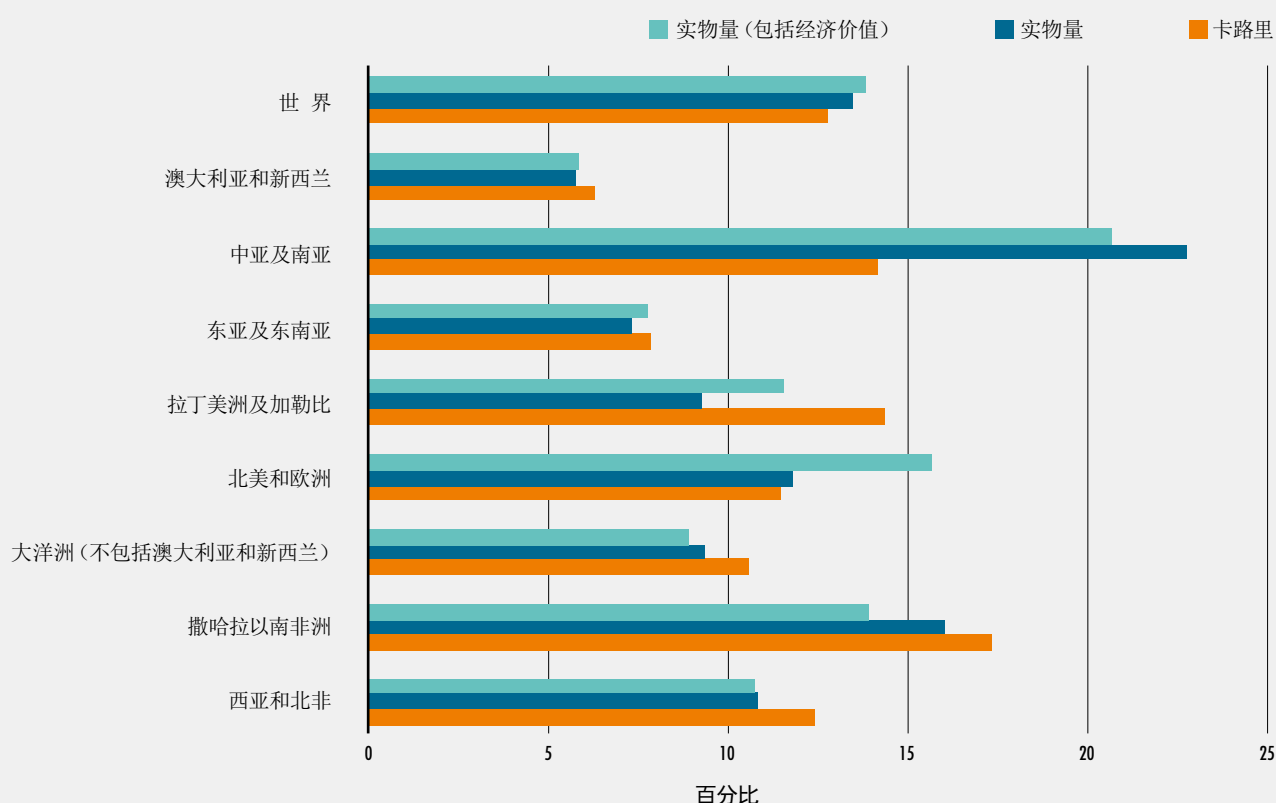
发展水平。供应商和消费者也可能会受到食品供应链上其他主体行为的影响。例如，出现在食品供应链某个阶段的食物损失可能是因为前一阶段处理不当，如在运输过程中。加工商或零售商坚持要求供应商必须能够提供足量的食物，即便在出现不可预见的需求高峰时也要如此；这可能会促使供应商生产过量，最终不得不扔掉一部分食物。另外，价格突然下挫后，食物由一个阶段进入下一个阶段就无利可图，

易腐作物就会被留在田里，或堆在路边或进行填埋。^{22、23}

在影响粮食损失和浪费的诸多因素中，本报告区分了**直接原因** — 与食品供应链上个体行动方的行动有关，会直接造成食物损失和浪费，以及**间接因素** — 更多是整体性因素，多为这些行动方运行的粮食系统的经济、文化和政治环境，会影响到食物损失和浪费。这种区

插文 4 (续)

2016年不同度量的粮食损失百分比



资料来源：粮农组织，2019。¹²

分对于制定政策来说尤为重要。间接因素塑造了供应链上各个主体进行决策的大环境，因而可以作为食物损失和浪费政策与干预措施的切入点。

粮食损失和浪费的直接原因和间接因素是粮食系统各个要素（环境、人、投入品、过程、基础设施、制度等）与食品供应链相关活动相互作用的结果。粮食损失和浪费在食品供

应链的不同阶段可能表现为各种直接原因和间接因素的不同组合（图5）。第2章整理了更多证据，对生产者、零售商和消费者的行为以及粮食损失和浪费的各项决定因素进行了更加深入的探讨。

假设粮食损失和浪费是供应方与消费者合理行为的结果，那么为什么这会成为一个问题？一个答案是，个体供应商和消费者受到诸

图 5
粮食损失和浪费的潜在直接原因和间接原因



资料来源：粮农组织基于Lipinski等做出的阐释，2013。²⁴

多制约，无法做出从社会角度来看最佳的行为。这些制约因素反映出市场失灵，刺激了粮食损失和浪费的出现（见插文5中市场失灵、外部性、公共产品及市场缺失的定义）。²¹这方面可以举例说明。

- ▶ 例如，若**市场失灵**导致信贷市场运转不畅，食品供应链上的经营者就可能无法获得资金，因而也就无力投资能够减少粮食损失或提高生产率的技术，特别是前期投入较高的技术。²⁵
- ▶ 市场失灵还可能表现为某些具有**公共产品**（如道路）性质的基础设施的缺失，这些基础设施无法由个人提供。这种情况下，可能会出现过量的粮食损失和浪费，供应商和消费者都会受到不利影响。¹⁹

- ▶ 生产者和消费者可能没有足够的**可靠信息**来做出选择，了解自身合理决定的影响（“约束合理性”）；这样，粮食损失或浪费的规模就会大于完全合理决策带来的损失或浪费。¹⁹

个体合理行为造成粮食损失和浪费会产生问题的另一个原因是，生产者和消费者都在追求个体福利最大化，在这个过程中可能会忽视自身粮食损失和浪费决策给整个社会造成的**负外部性**。例如，食品供应链上的个体行动方可能不会考虑自身决策对环境以及温室气体排放的影响，除非有法规对排放做出限制，或减排在碳市场上有价值体现。

插文 5 市场失灵、外部性、公共产品和市场缺失的定义

市场失灵是指市场无法高效配置资源的情况，²⁶也就是说，存在着在不让其他人吃亏的情况下让某些人受益的机会。

外部性是指一方行为对另一方的直接影响，包括积极影响和不利影响。²⁷发电厂排污造成酸雨，导致湖泊中鱼群数量减少，这就是负外部性的一个例子。²⁸

公共产品是指个人可以享有但又不妨碍他人享有的产品。经济学家提出，公共产品具有非竞

争性、非排他性。国防、公园、清洁的空气以及其他基本社会服务都属于公共产品。²⁷

市场缺失是指在某些经济情况下，私营主体因为无利可图而放弃某种产品的市场，尽管此类产品的交易对社会整体是有利的。^{29、30}例如，若一项技术不会给农民带来直接利益，而是会惠及价值链下游的主体，那么农民就不会进行投入。

在市场失灵情况下，生产者和消费者做出的决定可能使得粮食损失或浪费水平从他们自身来看是最优的，但对社会而言并非如此。市场失灵还会阻碍经济主体采纳有助于减少粮食损失和浪费的技术和做法，而这些技术和做法对他们自身是有利的。正是因为存在市场失灵的情况，所以削减粮食损失和浪费方面才需要公共干预和公共政策。但是，食品供应链上部分主体把持市场权力（如垄断），也会造成市场失灵，可能会影响公共决策向粮食系统各利益相关方的传达和实施。如，斯里兰卡政府规定强制使用塑料箱，此举遭到大型蔬菜供应商的强烈抵制。³¹

粮食损失和浪费最优水平的概念 — 从个人和从社会的角度 — 非常重要，因而部分的损失和浪费是无法避免、需要容忍的；然而，由于面临着各种现实挑战，确定最优水平也几乎是 impossible 的任务。本节之后的内容采用了精准程度略逊一筹的表述，即粮食损失和浪费的**可接受水平**。■

为什么要减少粮食损失和浪费？

减少粮食损失和浪费可以是实现社会目标的一种途径，如可持续发展目标，见图1。本报告分析了削减粮食损失和浪费是否会对经济结果、粮食安全和营养以及环境可持续性产生积极影响，以及如何产生此种影响。报告对减少粮食损失和浪费的**商业论证**和**经济论证**分别进行了阐述。商业论证侧重于给食品价值链上个体行动方（生产者或消费者）带来的利益，而经济论证则着眼于更宽泛的社会利益。

某些情况下，个体收到额外的信息或经济状况发生变化后，可能会意识到减少粮食损失和浪费对自身是有利的。这时，**商业论证**在发挥作用，私营部门有动力去减少粮食损失和浪费。这也会给社会带来更加广泛的经济、社会和环境效益，尽管减少粮食损失和浪费背后的主要动机是个体因素。

减少粮食损失和浪费的**经济论证**并不局限在生产者和消费者因为减少粮食损失和浪费而获得的收益。正如前文所述，若粮食损失和浪费会对整个社会的福祉产生不利影响，那么减少此种损失和浪费就有了经济理由。更加有效地利用现有资源 — 不论是劳动力、资本还是自然资源 — 都会提升福祉水平。如图1所示，减少粮食损失和浪费可能会对贫困、可持续收入增长、粮食安全和营养、自然资源以及生态系统产生间接影响。总体而言，若减少粮食损失和浪费会产生赢家和输家，当赢家获益超出输家受损时，则减少此种损失和浪费就顺应了经济论证。减少粮食损失和浪费带来的收益可以呈现为多种形式：可能是推动其他主体收入上涨 — 除实际减少粮食损失和浪费的各方 — 以及给整个社会带来利好。这些收益通常可以变现，原则上可以测量，但在实际中可能没有这么直截了当。其他的潜在社会收益无法变现，但重要性丝毫不减。就后者而言，本报告重点关注：i) **粮食安全和营养的改进**；ii) **环境可持续性**。

在**粮食安全和营养**方面，通常的假设是减少粮食损失和浪费意味着会有更多的粮食供人类消费，进而粮食安全和营养水平就会得以提升。然而，实际影响可能较为复杂，减少粮食损失和浪费对粮食安全和营养的影响取决于粮食不安全或营养脆弱人群的居住地区，以及这种减少发生在食物链的哪个部分。例如，若田里损失的粮食减少，则粮食销售量或可供家庭消费的粮食数量就会增加，农民的经济情况就会有所改善；然而，若粮食损失和浪费的减少发生在食品供应链的下游，则对农民产品的需求就会有所减少。从长期来看，若人口增长和收入水平提高刺激需求扩大，农民就可能获得更多收入，但前提是气候变化和自然资源压力不会侵蚀这个效应。但从短期来看，农民可能

会因为食品供应链下游粮食损失和浪费的减少而收入缩减。因此，通过粮食损失和浪费削减措施提升粮食安全和营养的具体机制需要展开细致的分析。

从减少粮食损失和浪费对**环境可持续性**的影响来看，通常的假设是粮食损失和浪费减少后，为供养全球人口而需生产、加工和运输的粮食数量也将随之调减。这也就意味着，使用的自然资源减少，温室气体排放量和污染都将有所减少。另外，若需要填埋或焚烧的粮食数量减少，则垃圾管理设施就会减少温室气体排放量以及其他环境影响。本报告提出，减少粮食损失和浪费在改进环境可持续性方面潜力很大；然而，报告还表明，减少粮食损失和浪费对环境产生的积极影响并不是唾手可得，需要考虑到可能出现的二轮效应以及各种权衡取舍。；例如，若减少粮食损失会降低生产成本，则生产者就可以用同样数量的资源生产出更多的产品，这也有助于满足人口增长带来的不断扩大的粮食需求。然而，粮食产量扩大可能会消耗更多的自然资源，排放出更多的温室气体，进而会对环境产生不利影响。同时，若生产成本降低转化为消费者价格下降，就有可能刺激需求，鼓励浪费，进一步抵消掉减少粮食损失和浪费对环境可持续性产生的积极影响。

减少粮食损失和浪费当然会产生社会效益；然而，产生的实际影响取决于粮食系统内各种因素的复杂互动。在设计减少粮食损失和浪费的干预措施时要将此种互动考虑在内。■

本报告的范围与结构

本报告为粮食损失和浪费状况以及减少粮食损失和浪费可能带来的收益提供了新的证

据。报告探讨了粮食损失或浪费发生在食品供应链的哪个环节，以及发生的原因。基于这些证据，报告讨论了价值链的不同阶段采取有的放矢的干预措施如何助力实现其他目标——最主要的就是粮食安全和营养水平以及环境可持续性的改进。我们追求的最终目标决定着在减少粮食损失和浪费方面采取哪些干预措施最为适当？最具成本效益？

本报告认为，若要实现可持续发展目标的子目标12.3，则旨在减少粮食损失和浪费的私营及公共干预都不可或缺。私营主体——生产者和消费者——的行动可以降低问题的难度，让他们认识到减少粮食损失和浪费在商业上有利可图，对消费者来说也能省钱。然而，若减少粮食损失和浪费给社会创造的经济效益高于成本，或有助于实现粮食安全和营养以及环境可持续性社会目标，就需要进行公共干预。

在分析粮食损失与浪费同粮食安全和营养以及环境可持续性之间的联系时，本报告回答了以下问题：

- ▶ 经济有效地减少粮食损失和浪费是否有助于改进粮食安全和营养、加强环境可持续性？
- ▶ 若有所助益，则是在什么条件下才能实现上述收益？
- ▶ 这样做成本几何？与收益相比呢？
- ▶ 两个目标之间或同其他重要的发展或环境目标之间如何权衡取舍？
- ▶ 管理粮食损失和浪费方面有哪些适当的干预、计划和政策？

在整个分析过程中，报告提出了若干问题，需要进一步探索。

本报告其余部分结构如下

第2章讨论了粮食损失和浪费的影响因素，介绍了食品价值链上以及不同区域和商品组损失和浪费的不同情况；**第3章**阐释了减少粮食损失和浪费的商业论证和经济论证；**第4章**和**第5章**更加详细地分析了粮食损失和浪费对粮食安全、营养及环境可持续性的影响。文中特别强调了要基于具体目标设计减少粮食损失和浪费的具体措施；另外还讨论了减少粮食损失和浪费对于实现粮食安全、营养和环境目标的效果，评估了成本和收益的平衡状况。**第6章**在之前几章分析的基础之上，讨论了政策影响，说明了需要政策干预和改进数据收集的具体领域。■



孟加拉国

妇女们在妇女合作社牛奶协会集中检查牛奶的质量和脂肪。

©粮农组织/Mohammad Rakibul Hasan



第2章

监测整个食品 供应链上的粮 食损失和浪费

重要信息

1 全球粮食损失和浪费估测数据对于监督长期进展情况非常重要，但若理解不同背景下、食品供应链不同关键损失节点上粮食损失和浪费比例的具体情况还需要获得更多的信息。

2 了解粮食损失和浪费的地点、程度及内在原因是制定减少粮食损失和浪费策略的基础。

3 粮食损失和浪费数据代表性并不均衡：多数研究聚焦于农场层面的水果、蔬菜、谷物和豆类，主要来自中亚和南亚、撒哈拉以南非洲以及东亚和东南亚地区。

4 通常情况下，果蔬的损失和浪费比例高于谷物和豆类，特别是在冷藏或加工条件落后的地区。

5 各商品组以及供应链各阶段之间粮食损失和浪费情况差异显著，特别是在撒哈拉以南非洲、东亚和东南亚地区，表明数据收集工作有待改进，以便制定出有针对性的减少策略。

监测整个食品供应链上的粮食损失和浪费

减少粮食损失和浪费纳入可持发目标已经让国际社会开始关注这一问题，工作力度也有所增强。减少粮食损失和浪费已经成为建设包容性、可持续粮食系统的优先途径，特别是在增强环境可持续性、提高粮食安全和营养水平等方面。

粮农组织粮食损失指数（粮损指数）是监测可持发目标子目标12.3（见第1章）方面的首个重要尝试；据粮损指数估测，全球范围内从收获后到零售阶段（不包括零售环节）的所有粮食损失比例约为14%。¹这项估测未来仍需不断更新，这对于监测工作非常重要；然而，这项指标的设计并不是为了说明粮食损失和浪费发生在食品供应链的哪个节点，出现在哪些产品、哪些区域或国家之中，损失或浪费的规模有多大，或造成损失和浪费的内在原因和驱动因素有哪些。

本章首先讨论了跳出全球估测数据范围，在具体背景之下评估粮食损失和浪费，揭示这一问题背后的复杂、多样原因和驱动因素的重要性；之后，本章介绍了粮农组织围绕当前各项研究开展的综合分析的结果，分析涵盖了食品供应链各个阶段粮食损失和浪费的程度、地点和原因，包含了不同的食物和区域。综合分析为有的放矢地制定减少粮食损失和浪费政策提供了重要参考，即在政策制定过程中要考虑到地理和产品相关的具体情况。另外，综合分

析还通过确认供应链各阶段估测数背后的数据缺口，揭示了粮食损失和浪费监测工作的现状。

本章提出，制定减少损失的具体方案首先要确定供应链上的关键损失点——即食品供应链上粮食损失和浪费情况最为突出、对粮食安全影响最大的节点。确定关键损失点要对具体的食品供应链开展分析，了解损失发生的阶段及其产生的影响。粮农组织开发应用了案例研究方法，用以确定特定食品供应链上的关键损失点。本章最后一部分讨论了数据收集工作面临的挑战，指出这是目前了解粮食损失和浪费真实情况的主要障碍。■

跳出全球估测，更加综合全面地分析食品供应链上的粮食损失和浪费情况

粮食损失和浪费的全球估测数据——如本报告发布的损失数据——可大体说明全球范围粮食损失或浪费的规模，支持找出问题最为突出的区域或商品组。如前所述，全球估测数据有助于监测可持发目标子目标12.3的进展情况。另外，全球估测数据对于提高认识、宣传倡导也有所助益。然而，估测数据无法给出不同区域损失和浪费程度的准确信息，特别是损

插文 6

粮农组织围绕现有粮食损失和浪费研究开展的综合分析 — 方法

粮农组织围绕粮食损失和浪费开展的综合分析检索了460多份不同来源（包括政府、高校、国际政府间和非政府组织）的出版物和报告，涵盖了近20000个数据点。ⁱ

本章分析了其中约2300个数据点。综合分析中未包含测量整个食品供应链但并未细分各个阶段损失和浪费情况的研究（因而减少了5500多个观察案例），因为此类研究无法反应食品供应链上各个阶段的损失或浪费情况。另外，综合分析也摒除了非洲收获后损失信息系统（APHLIS）的所有9107个数据点；由于没有更好的数据和资源，该系统运用单个数据点的估测结果推演得出了不同时间、不同作物和不同区域的结果。ⁱⁱ

综合分析中超过65%的数据点都集中在中亚和南亚，随后是撒哈拉以南非洲（17%），以及

东亚和东南亚（9%）。谷物和豆类在所有数据点中占比为28%，蔬菜和水果为33%。ⁱⁱⁱ需要说明的是，印度占到中亚和南亚数据的85%，表明区域内其他国家在测量损失和浪费方面要加大工作力度，以便制定出因地制宜的减少策略。加纳、尼日利亚以及坦桑尼亚联合共和国是撒哈拉以南非洲为综合分析贡献最多数据的国家。

研究中采用了多种常用测量方法，这种做法影响了数据可比性，可能造成估测结果浮动范围较大。尽管存在诸多问题，但综合分析还是围绕不同区域、不同商品组及食品供应链不同阶段的损失和浪费程度及原因给出了有益的信息。此种信息对于政策制定者以及食品供应链上各个主体制定和实施减少粮食损失和浪费的有效策略至关重要。

ⁱ 支撑综合分析的数据集可在粮食损失和浪费实践圈网站查询：www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data。新的粮食损失和浪费估测结果发布后，粮农组织将相应对全球损失和浪费占比的估测进行调整。²

ⁱⁱ 例如，来自非洲收获后损失信息系统的1000多个数据点表明，2003至2016年间30多个国家储存阶段损失比例都是相同的值（2.7%）。

ⁱⁱⁱ 按区域、国家、产品组、供应链阶段和数据收集方法对样本数据进一步细分的结果见统计附件表A2-A6。

失或浪费涉及哪些商品，发生在食品供应链的哪些阶段。此类信息非常重要，可以帮助政策制定者以及食品供应链上个体行动方制定并优先实施减少粮食损失和浪费的有效策略。

出于这一目的，粮农组织开展了一项大型的综合分析，梳理了测量全球各地粮食损失和浪费情况的大量现有研究。由于各国报告的官方信息少之又少，综合分析为粮损指数首轮估测提供了重要依据。另外，综合分析反映了食

品供应链各阶段、各区域以及各商品组之间损失和浪费的差异情况；换言之，具体背景对粮食损失和浪费的影响到底有多大。

粮农组织综合分析是迄今为止对现有数据开展的最全面分析，涵盖了粮食损失和浪费的程度、地点和原因，包含了食品供应链的各个阶段和所有区域（关于该方法的更多信息可见**插文6**）。粮农组织综合分析评估了食品供应链不同阶段、不同商品组以及不同区域之间的 »

插文 7
如何解读图6、图7和图8中的图表

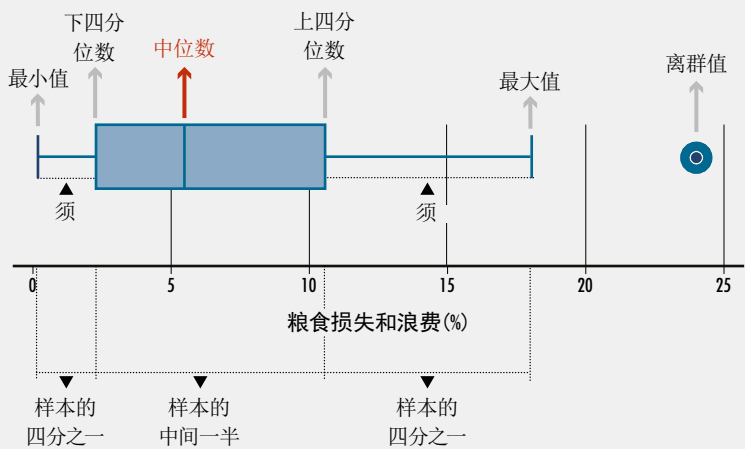
开展综合分析的目的是全面了解粮食损失和浪费方面的现有信息（见插文6）。将所有信息压缩到一张图表中并非易事。分析人员决定用箱线图表示不同地区粮食损失和浪费的具体情况，此为分析的重中之重（见图6、图7和图8）。箱线图有助于直观地了解整个数据集的性质，包括观测值的分布，以及处于分布区间中点的值（也被称为中位数）。

插文中图描绘了箱线图在反映粮食损失和浪费差异性方面的作用。具体而言，图中显示了东亚和东南亚农场层面损失比例的实际范围。与每个箱线图一样，下图分为两部分：箱（蓝色长方形）和线（连接箱与箱的水平线段）。箱的近端，即从左到右的下四分位，代表数据集的25%。图中可以清楚地看到，在25%的研究中损失比例低于2.25%。同样，箱的远端，即从左到右的上四分位，代表数据集的75%。图中可以看到，该区域75%的研究中农场层面损失低于10.5%。中位数（即

处于分布区间中点的值）略高于5%，表示在一半的观测研究中损失水平与之相当或在其之上，另一半在其之下。

线表示上下四分位之外的差异情况。线段两端分别代表分布区间的最高值和最低值（剔除离群值后）。离群值是远离其他观测结果的一个观测点，故超出了数据所展示的总体趋势的范围。在箱线图中，离群值是比上四分位高、且两者之差大于四分位距（即上下四分位之间的距离）1.5倍的数值。在本图中，离群值就是超过23%的数值。图中最右边的点代表24%的损失比例，因而是一个离群值。由于离群值是超过线段范围的任何值，因而离群值可能不止一个，也可以靠近线段本身。如在图6A中，中亚和南亚谷物与豆类几乎所有的农场层面收获后损失值都低于2.4%。这样，根据前面提到的“四分位距1.5倍”的规定，任何超过2.6%的数值都会被视作离群值，因而才会出现这么多离群值，且很靠近线段本身。

东亚及东南亚农场收获后作业中谷物和豆类的损失百分比范围



资料来源：粮农组织详细说明，基于粮农组织，2019。²

» 差异情况，为各国减少损失和浪费提供了有益指导。

与粮损指数不同，综合分析包含了消费者和零售商阶段的粮食浪费数据；然而，测量粮食浪费要比测量粮食损失复杂得多。测量粮食浪费的通用方法仍在开发之中，而此类研究本身就数量不多，因而综合分析中纳入的粮食浪费数据也十分有限。■

食品供应链上粮食损失和浪费的各异情况 — 综合分析结果

可持续发展目标监测需要将食品供应链进行分解，一方面要通过粮损指数监测损失情况，另一方面还要监测粮食浪费；综合分析则为我们提供了一个观察食品供应链上粮食损失和浪费情况差异的契机。

图6涵盖了从生产到批发再到零售的各个阶段，呈现了粮农组织围绕粮食损失和浪费研究开展的综合分析的主要结果。图中显示了谷物和豆类供应链（图6A）以及水果和蔬菜供应链（图6B）不同阶段粮食损失或浪费的不同占比。图6包含了中亚、南亚、东亚和东南亚以及撒哈拉以南非洲地区的数据；图7则聚焦于批发和零售阶段，辅以北美和欧洲数据作为补充。由于缺乏数据，图6中未包含消费阶段，但图8根据北美和欧洲的数据对消费阶段进行了独立分析。关于图中图形分析的解读指导可见插文7。

图6中各数值差异巨大，凸显了要在食品供应链每个阶段更加认真测量损失和浪费数据的必要，以便了解损失和浪费究竟发生在哪个

阶段。这些节点可以被解读为不同阶段、不同商品在不同时期估测损失的缩影。关注损失的范围 — 而不是仅考虑平均数 — 有助于找出减少损失的干预措施能够产生最大影响的领域。比较图6A和图6B可以看出，在食品供应链各个阶段，水果与蔬菜损失和浪费的最大值都高于谷物和豆类，农场损失以及东亚和东南亚运输损失除外。

果蔬易腐，出现这个结果并不奇怪。然而，谷物和豆类的损失和浪费水平仍令人侧目，亟需公共或私营部门进行干预。另外，报告损失比例波动范围较大，例如在撒哈拉以南非洲及东南亚，表明某些情况下仍有进一步减少的空间。与之相对，在中亚和南亚，谷物与豆类损失和浪费比例在供应链各个阶段的范围都非常窄；表明该区域谷物与豆类的损失和浪费情况较少。

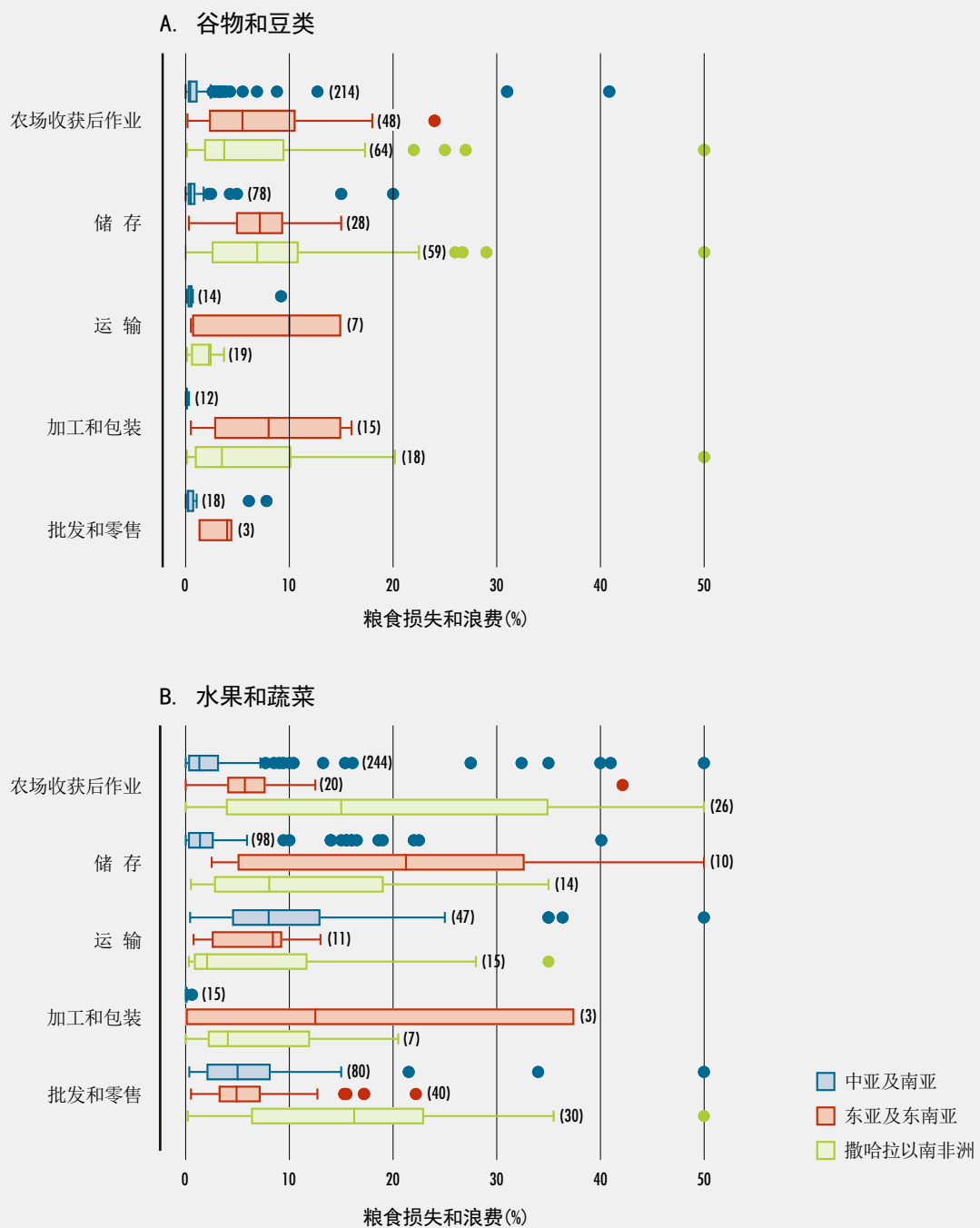
果蔬损失起伏较大，表明减少损失仍有很大潜力，尤其是在撒哈拉以南非洲以及东亚和东南亚。中亚和南亚的损失或浪费中位数在供应链上任一阶段均未超过10%；然而，损失和浪费百分比变化幅度大表明减损潜力很大，特别是在运输、批发和零售阶段。

下文几个部分对综合分析进行了深入评估：讨论了损失和浪费百分比；重点介绍了损失估测结果反映出的亟需干预的领域；另外还概述了食品供应链上各个阶段损失和浪费的主要原因。

农场损失

农场损失可以出现在收获前、收获中或收获后阶段；某些情况下，作物可能会被荒废在田里。农场损失有多种原因，跟实际情况有很 »

图 6
2000–2017年按供应链阶段报告的粮食损失和浪费百分比范围



注：括号中数字为观测数量。2000–2017年为进行测量的时间段；但在无法确定研究日期或研究日期不明的情况下，使用的则是出版数据。
关于图表解读的更详细说明见插图7。
资料来源：粮农组织，2019。²

- » 大关系。农场损失常常会受到很多收获前因素的影响，如天气条件、种子质量、作物品种和种植方式，以及病虫害等。

图6A显示，在撒哈拉以南非洲、东亚和东南亚，**谷物和豆类**的农场损失最多。损失占比从0.1%到18%不等；大部分观测案例都是玉米和水稻。同时，中亚和南亚超过90%的观测案例都来自于印度，损失占比不到4%，表明谷物和豆类损失在印度不是问题。应当承认的是，这些结果几乎有一半都源自于2005–2007年印度开展的收获后损失全国调查。³另外还要说明的是，中亚和南亚超过40%的观测案例都涉及豆类，表明该区域的豆类消费水平高于其他区域（只有不到2%的观测案例涉及豆类），印度尤其如此。⁴

图6B显示了中亚和南亚、东亚和东南亚以及撒哈拉以南非洲地区**水果和蔬菜**的农场层面损失占比。撒哈拉以南非洲损失最多，较高的一半观测案例损失百分比为15%到50%不等。ⁱ损失比例差距显著，故旨在减少损失的干预方案要着眼于损失比例较高的这部分才能产生最大效果。东亚和东南亚损失较少，损失比例中位数约为5%，最高为12.5%（剔除离群值后）。^j中亚和南亚（主要是印度）的损失更少：损失占比中位数为1.3%，区间为0%到7%左右（剔除离群值后）。

文献中列出的各种原因可在一定程度上解释各区域农场损失情况的差异。对所有的可能原因都进行汇总显然不切实际，因为作物品种、商品组乃至地理方位都会影响损失情况；

但以下类别的原因还是凸显了一些重要的影响因素：

- **收获时间不当** — 很多时候，由于要满足眼下的粮食或现金需要，或由于害怕被窃，农民不得不在成熟之前就进行收获；而在实行轮种的地区，农民的提早收获行为则是有意为之，目的是种上更赚钱的作物。^{5–7}过早采收易腐性强的食品可能会导致产品风味或成熟度不够，而采收过晚则会造成纤维化或过熟。⁸延迟采收会导致作物木质化，^{9、10}受到虫害侵袭，或黄曲霉毒素污染（如玉米）。^{11、12}
- **出乎意料的恶劣气候条件和环境** — 降雨过多或雨水匮乏都会带来显著的收获前和收获后损失。^{13–15}昆虫和有害生物侵扰也是损失的重要影响因素。^{14、16、17}
- **收获和处理方法** — 作物采收时的损失可能出自多个原因，如机械化水平不高，作物干燥不足或干燥过度，或脱粒和去壳过程中损伤了谷粒。^{13、18}
- **基础设施和销售困难** — 若交通不便，产品运到市场的成本高于市场价格，则农民可能会选择不卖，甚至是不收。缺少储藏设施是另一个重要的影响因素，甚至还会加剧其他因素造成的损失。¹³

对于鱼类、易腐肉类和动物产品来说，损失的主要影响因素包括捕获、屠宰、处理或储存方式不当。不当的捕捞技术会捕上来很多无法销售（不想要的或不能吃的）的物种，最后都会被可以丢弃或自生自灭。^{19–21}在亚马孙河流域，由于猎食动物攻击，合法限额之外部分的鱼品丢弃，或渔船上没有足够的储存空间，哥伦比亚和秘鲁的鱼品损失分别达到15%和33%。另外，还有些鱼品是利用不合格渔网作为兼捕渔获物捕捞上来，后被丢弃。²²在乳品方面，挤奶设备落后、挤奶区域卫生条件差、

i 考虑到样本数量有限（26个观测案例），以及估测损失的方法不一，对撒哈拉以南非洲的结果应谨慎解读。

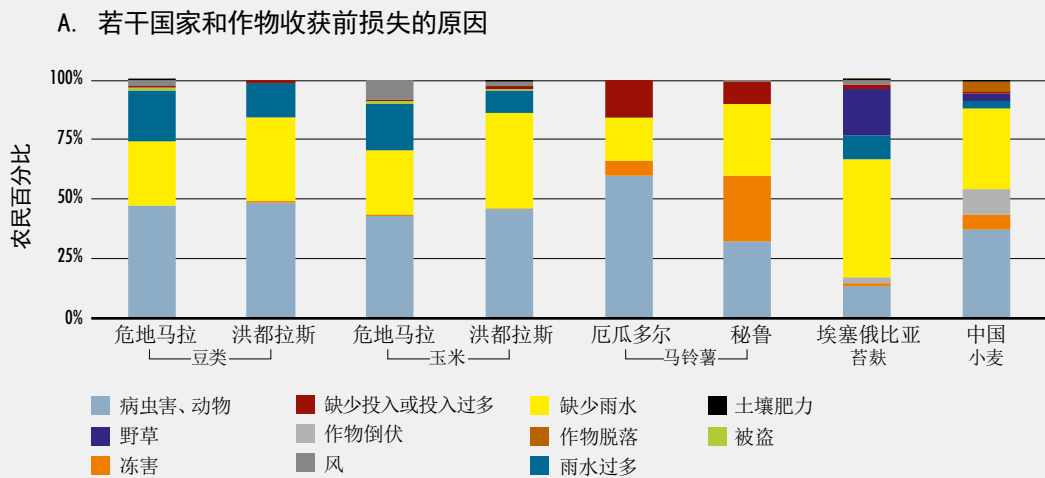
j 仅仅20个数据点不足以对结果进行有意义的解读。

插文 8 农民自述的主粮作物农场损失的原因

近期，国际粮食政策研究所（IFPRI）研究了中国、厄瓜多尔、埃塞俄比亚、危地马拉、洪都拉斯和秘鲁五种主粮作物收获前、收获中和收获后损失的性质及原因。农民填写了特别设计的调查问卷，报告了损失的主要原因以及他们将作物扔在田里置之不顾的原因。收获前损失的主要原因（见图A）包括病虫害侵扰和干旱（特别是埃塞的苔麸）。作物不予收获的主要原因（见图B）是收获技术落后；只有在厄瓜多尔，产品质量差、规模小，工人短缺或劳动力成本太高被

认为是更加重要的原因。在中国，天气状况也是不予收获的一个主要原因。

除中国和埃塞俄比亚外，收获后损失的主要原因（见图C）是工人在收获或分拣过程中对作物造成了损伤。¹⁴在中国，机械损失最为普遍，随后是工人在收获过程中造成的损伤。在埃塞俄比亚，大部分的收获后损失主要是被吹走了或洒出来了。其他原因包括储存设施落后，工人造成损失等。



初步处理不当（如溢出）以及缺少冷却设施都是造成损失的主要因素。卫生条件差会造成整批牛奶污染，农民不得不全部弃用。^{21、23}

农场损失综合分析反映了全球各个区域和不同商品的损失程度和差异情况；但若要了解农场损失的具体原因，仍需要开展着眼于具体国家的深入分析。为对农场损失综合分析结果

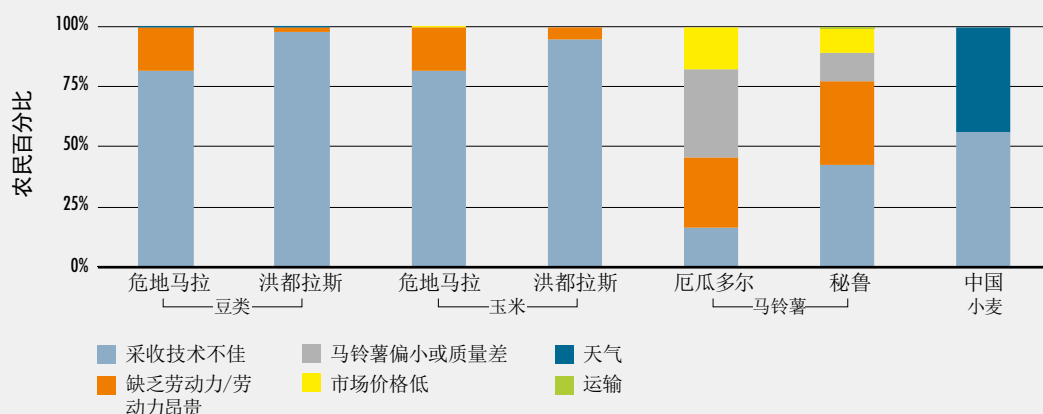
提供补充，插文8概述了六个国家农民自述的主粮作物损失的原因，插文9分析了八个国家的间接损失原因。

储 存

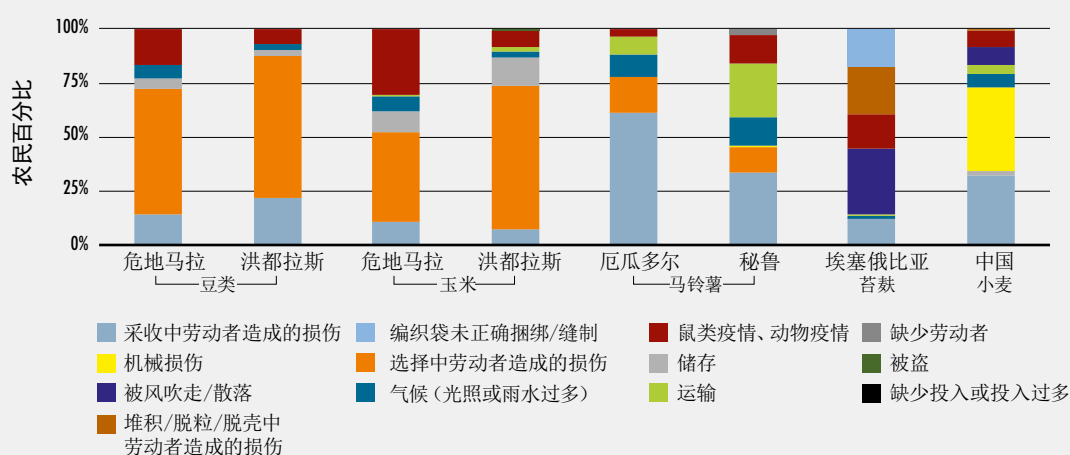
储存设施支持供应商和消费者对销售和消费时间做出最优决定，储存时间从几小时到几个月不等。储存有助于避免损失，为生产

插文 8 (续)

B. 若干国家和作物在田间未采收的原因



C. 若干国家和作物的收获后损失原因



资料来源: Delgado、Schuster和Torero, 2019。¹⁴

者提供稳定性。如价格走低,生产者可先将产品储存起来,等待价格回升;若买方推迟了取货时间,充足的储存空间也可以避免产品变质。⁵

图6A显示,各区域储存阶段的谷物和豆类损失差异显著。在中亚和南亚,损失可以忽略不计,超过90%的观测案例都集中在印

度,损失比例不到2%。在其他两个区域,储存阶段的损失数量不少。在撒哈拉以南非洲,损失比例中位数约为7%,最高达到22.5% (剔除离群值后)。针对损失较高区域进行干预效果最好,特别是要汲取文献中的经验教训。在撒哈拉以南非洲,很多农民仍在使用草、木和泥制成的传统粮仓,几乎无法防范有害生物。^{5、25}某些情况下,由于缺少储存设施,

插文 9 主粮作物农场损失的间接因素

国际粮食政策研究所对八个中低收入国家农场层面收获后损失的间接原因进行了分析，其中三个国家（马拉维、尼日利亚和坦桑尼亚联合共和国）运用了世界银行的数据（生活水平测量研究、农业综合调查）；另外五个国家（厄瓜多尔、埃塞俄比亚、危地马拉、洪都拉斯和秘鲁）则使用了粮食政策研究所的调查数据。²⁴由于测量食品供应链各阶段损失情况的数据有限，该研究仅分析了农场层面的收获后损失。

研究找出了所有具有外延边际和集约边际的收获后损失情况，前者是指出现收获后损失的农民家庭比例，后者是指报告损失的农民家庭产量损失比例的平均数。不同国家分析的作物类型不一。ⁱ

研究表明，农民家庭之间、不同作物之间以及各个国家之间损失比例差异明显。马拉维、尼日利亚和坦桑尼亚联合共和国的数据支持对家庭层面损失比例的分布情况进行了评估。农民报告的损失比例均未超过30%，很多农民报告的若干种作物的损失比例都不到10%。

研究还运用经济计量模型找出了家庭层面收获后损失的影响因素。研究中考虑了家庭的人口特征（年龄、教育年限及户主性别，以及家庭规模），生产相关的因素（产出水平、农业资产、自有设备和使用的投入品），ⁱⁱ社会经济因素（人均家庭支出，通电和/或通自来水情况，是否开立了银行账户）以及地理和气候因素（到最

近的公路或市场的距离，温度、降雨及农业气候区）。

研究发现，各国之间以及不同作物之间收获后损失的影响因素差异显著（见插文中表）。在坦桑尼亚联合共和国（玉米）和埃塞俄比亚（苔麸），收获后损失随着户主年龄的增加而增加，但在危地马拉（玉米）和洪都拉斯（豆子）两者的关系是成反比，而在其他国家，年龄的影响则无足轻重。ⁱⁱⁱ其他因素，包括教育、性别、家庭经济状况、拥有农场资产或使用现代投入品，在不同背景中对收获后损失的影响或是微乎其微，或是模棱两可。这些结果的显著差异给了我们一个重要的提示，就是要根据每个供应链的实际情况量身定制减少损失的具体政策。

然而，分析中还是揭示了一些影响因素的普遍模式。首先，缺乏市场连接渠道（以到达最近公路的距离衡量）在厄瓜多尔（马铃薯）、危地马拉（玉米）、马拉维（玉米）和尼日利亚（玉米）对损失影响显著。市场连通性好的农民更容易在产品变质之前将其卖掉。其次，收获后损失与产出水平成反比（马拉维的玉米和洪都拉斯的豆子除外）。这些共性特点对政策制定者很有参考价值。要完善基础设施，为产品运输到市场提供便利；这项干预有助于减少多种背景下的收获后损失；鼓励农民互帮互助，如分享储存设施，也有异曲同工之效。

或由于害怕被盗，农民将粮食储存在自己家里。²⁶在东亚和东南亚，损失为0.3%到15%不等。这个差距范围小于撒哈拉以南非洲；与撒哈拉以南非洲中位数（6.9%）相近，东亚和东南亚地区的损失比例中位数为7%，各国损失水平接近中位数——已经是一个很高的水平。

水果和蔬菜储存阶段的损失情况在各区域差异显著（图6B），其中部分原因是各区域种植的果蔬类型不同。中亚和南亚几乎所有的观测案例（大部分仍集中在印度）都报告了0-5%的损失区间；苹果、番茄和菜花是代表性最高的食品。³东亚和东南亚有一半的观测案例都集中于中国的大白菜，报告损失高达47.5%，凸显了损失干预

插文 9 (续)

一些国家家庭层面农场收获后损失的决定因素

		户主 年龄/经验	户主 教育程度	到市场 的距离	农场 产量水平	农业 资产	现代投入 的使用*
埃塞俄比亚	(苔麸)	+++	-		--	--	
马拉维	(玉米)			++	+		--
尼日利亚	(玉米)		--	+++	+/--	+/--	++
坦桑尼亚联合 共和国	(玉米)	+++			--		++
厄瓜多尔	(马铃薯)			+++	--		
危地马拉	(玉米)	---		+++	--	+++	---
危地马拉	(菜豆)				--		+++
洪都拉斯	(玉米)				+/--	+	--
洪都拉斯	(菜豆)	---			+++		
秘鲁	(马铃薯)		+++		--		+++

+ 或 - = 外延边际显著 (标识符号) (收获后损失的概率)

++ 或 -- = 集约边际显著 (标识符号) (收获后损失的程度)

+++ 或 --- = 外延与集约边际均为显著 (标识符号)

注: * 是指杀虫剂、除草剂和/或化肥的使用。

ⁱ 马拉维的本地和杂交玉米、木豆和豆叶; 尼日利亚的豇豆、木薯、高粱和玉米; 坦桑尼亚联合共和国的玉米、水稻、豆子和花生; 厄瓜多尔和秘鲁的马铃薯; 危地马拉及洪都拉斯的豆子和玉米; 埃塞俄比亚的苔麸。

ⁱⁱ 通常情况下, 关于粮食损失影响因素的研究都会将生产规模作为一个可能的因素, 因为有能力生产更多粮食的农民往往会采用较好的耕作方法, 因而损失也较低。在本研究中, 多数案例在集约边际 (即收获后损失的程度) 方面都证实了这个理念。例外情况包括马拉维、尼日利亚和洪都拉斯。为避免自变量影响经济计量结果, 考虑到生产水平也被用于计算粮食损失比例, 故将生产水平数据转化为对数处理。用不同方式测量生产水平有助于减少可能的估计偏差。在检验除生产规模外的回归模型时, 其他影响因素的迹象或大小均未出现明显差异。

ⁱⁱⁱ 年龄较大的农民经验通常也更多, 更懂得如何处理自家出产的粮食, 但他们采纳新的或改良耕作方式的可能性也较低。

资料来源: Nakasone、Delgado和Vos, 2019。²⁴

的必要。同样, 撒哈拉以南非洲的14个观测案例中, 损失占比为0.5–35%不等, 多数为芒果和番茄。这两个区域食物损失率高企并不奇怪, 因为这些水果和蔬菜高度易腐, 若没有充足的储存设施, 在几小时之内就会变质。^{27、28}采用最适当的储存设施可以有效减少损失; 如在喀麦隆, 中小林企用黄麻袋而非塑料袋储存非洲买麻藤 (一

种野菜), 降低了蔬菜腐烂的几率, 保鲜期延长了一周。²⁹

储存条件差 (如消毒不够) 会造成严重损失, 而供应链上游的产品质量和之前做出的决定也可能导致货架期缩短, 即便在最佳储存条件下也是如此。^{5、30、31}部分气候条件, 特别是

插文 10

全球各地的冷库能力及需求

由于人口规模、人均收入和地理位置差异，各国对冷库的需求也有所不同。为便于各国之间进行比较，全球冷链联盟开发了市场发展指数，将一国的总体冷库能力与城市人口进行比较（作为潜在需要的一个代理指标）。全球来看，城市居民人均冷库空间平均为0.2立方米。³⁷下图显示，各国冷库能力差异显著，具体取决于消费者的购买力以及食品的生产和交易模式。

总体而言，高收入国家冷库能力也更强。巴西、中国、墨西哥和土耳其等新兴经济体在城市居民人均冷藏空间方面居于中等（见插文中图），冷库能力较强。同时，还有一些中等收入国家在满足冷库需要方面仍存在较大缺口。这些国家通常是家庭收入较低，现代零售基础设施数量有限。³⁷

湿热气候，会刺激生物变质（如滋生细菌、真菌或昆虫），尤其是在缺少储存和运输设施，无法控制温度和湿度的情况下。因此，充足的冷藏设施（如冷藏鱼或肉）对于避免食物损失、保持供应链各阶段的食物质量非常重要。³²

在低收入国家中，基础设施条件差导致的新鲜果蔬损失水平高于工业国。³³实际上，很多低收入国家储存设施（包括冷库）落后，储存阶段食物损失严重。^{34、35}而在多数高收入国家中，包括冷库在内的储存设施充足，贯穿整个供应链。^{5、36}即便储存阶段出现损失，也大都都是因为技术问题，温度或湿度管理不当，或存货过多。⁵插文10讨论了全球各国冷库能力和需要的差异现状。

运 输

运输使得食品供应链从生产到消费的各个阶段出现了时间间隔。这种时间间隔增加了食品，特别是易腐食品，受损或损失的风险，如过热或过冷，运输损伤，污染等。⁵

如图6A所示，在中亚和南亚以及撒哈拉以南非洲，运输过程中的谷物和豆类损失可以忽略不计；这些区域所有33个数据点的损失估测

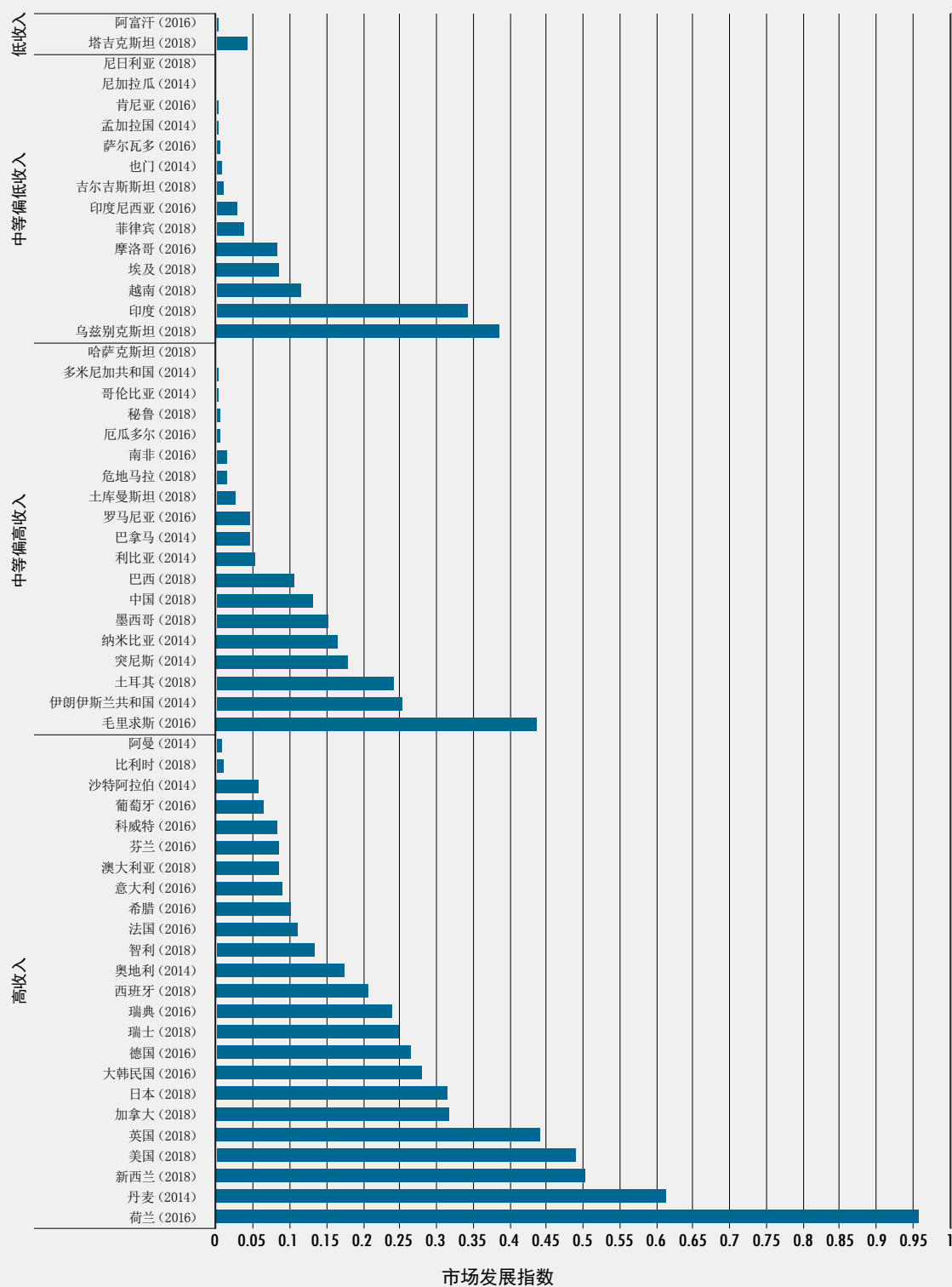
都不超过4%，只有一个观测案例例外。谷物和豆类不易腐烂，这可能是损失较低的一个原因；然而，观测案例数量有限，也无法对此形成定论。同样，东亚和东南亚的损失估测也是基于为数不多的观测案例（7个）；因此，损失估测水平（最高为15%）可能也不是十分可靠。

水果和蔬菜的损失（图6B）远高于谷物和豆类，考虑到这些产品的易腐和脆弱特性，这个结果并不奇怪。很多情况下，水果和蔬菜或是包装简陋，或是完全没有包装；利用敞篷、无制冷卡车运输；处理和运输过程中也会因为挤压、摩擦和不当处理而出现机械损伤，因而极易腐烂变质。^{27、38}损失情况各异在一定程度上反映出全球各地不同供应链运输能力的显著差异，另外也凸显了在哪些领域进行干预能够达到最佳的效果。

在中亚和南亚，较高的一半观测案例报告了8-25%的损失占比，表明运输是水果和蔬菜的一个关键损失点。着眼于减少运输过程中果蔬损失的干预措施可能在损失程度最高的地区效果尤为明显，特别是孟加拉和尼泊尔。在撒哈拉以南非洲，损失中位数较低（约为2%），»

插文 10 (续)

2014-2018年城市居民人均冷库容量（立方米）



注：全球冷链联盟计算的市场发展指数测量的是城市地区人均冷库能力（以立方米计）。

资料来源：全球冷链联盟，2018，³⁷表1。



哥伦比亚

一名受益于粮农组织生产一体化项目的农民展示他通过集体灌溉网络生产的西瓜。

©Patrick Zachmann/
Magnum Photos

» 但线段上半段（到28%为止）损失占比差异明显（离群值甚至高达35%），表明在供应链的这个阶段可能还有改进空间。多数研究都测量了芒果和番茄的损失情况，但由于数据点数量有限（15个），故结果需要审慎分析。在东亚和东南亚，运输过程中水果和蔬菜损失占比中位数约为8% — 为所有区域最高；然而，占比波动范围却是最小的。估测结果表明，菲律宾的生菜、木瓜和番茄损失最为严重，但由于估测数量有限（11个），故估测结果需要谨慎解读。

鱼类高度易腐，极易因为运输、储存和加工环节的处理不当而出现收获后损失。¹⁹在巴西，运输过程中装卸做法不当造成的损失占到亚马孙河捕捞总量的3%。²²同时，秘鲁亚马孙河段捕捞的所有鱼品中，有7.5%的鱼品在上岸时已经濒临腐烂，故被丢弃。²²

在运输过程中，良好的基础设施和高效的贸易物流对于避免食物损失十分重要。在40个收入水平各异的国家中，公路和铁路连通状况的改善都极大减少了食物损失。³⁹在雨季，滑坡或道路堵塞概率增大，这一点就变得尤为重要。⁴⁰然而，很多低收入国家仍缺少在运输过程中保持易腐产品质量所需的基础设施（车辆、道路、箱体等）和组织资源。²⁷插文11介绍了南亚和东南亚的一个案例，运用创新性解决方案在传统供应链中将新鲜产品运至大宗市场。进口产品入关检验导致的延误常常会造成货物滞留，缩短了产品的货架期；拉丁美洲及加勒比地区的文献中提出，繁琐的文件程序加剧了贸易中的损失。^{5、32}

加工和包装

加工过程中的食物损失数量在很大程度上取决于原料类型以及加工性质。一般来说，低收入国家缺乏充足的加工设施，甚或完全没有此类设施，特别是针对高度易腐产品（如乳品和鱼品）或季节性产品（如芒果）。

图6A显示了谷物和豆类在加工和包装阶段的损失百分比。中亚和南亚的所有12个观测案例都集中在印度，损失近乎为0。这其中的一个原因可能是分析涵盖的作物中有1/3为豆类，多为完整或剥开食用，基本不需加工。鹰嘴豆通常磨粉食用，但综合分析中只有一个观测案例涉及鹰嘴豆。东亚和东南亚所有15个损失估测以及撒哈拉以南非洲90%的损失估测都涉及谷物，而谷物通常要经过复杂加工，更易损失；因而，这两个区域的损失比例高于中亚和南亚。东亚和东南亚中间50%的观测案例损失比例为2.5%到15%不等，中位数为8%。农村地区大多为人工加工，损失较多。³⁰在稻米方面，碾米造成的收获后损失最多。⁴⁶在撒哈拉以南非洲，观测案例损失比例的整体水平高于东亚和东南亚。损失中位数约为4%，但高段达到了20%（剔除离群值后），表明需要进行干预，以减少损失。

图6B显示了水果和蔬菜加工或包装过程中的损失。中亚和南亚观测案例中，损失比例都低于1%，几乎所有的研究都集中在印度；然而，由于样本量小（15个），故在目前阶段无法断言这些地区没有水果和蔬菜损失。在东亚和东南亚，损失百分比为0-37.5%不等，但由于只有三个观测案例，故无法形成可靠结论。撒哈拉以南非洲的分析包含了七个数据点，但损失比例范围窄于东亚和东南亚，为0%至20.5%。超过一半的数据点都集中在加

插文 11
减少运输过程中的水果和蔬菜损失

水果和蔬菜高度易腐；收获后要采用适当的方式处理才能保持品质。运输是果蔬供应链上的一个关键损失点，出现损失的主要原因是散货包装不到位，温度和相对湿度管理不力。机械损伤造成的质量损失——产品擦伤、形状扭曲、裂缝及穿孔——导致脱色，加速熟化，蒸腾造成的重量损失，以及快速腐败；这些因素也会带来经济损失。

在多个南亚和东南亚国家，粮农组织通过技术合作计划在传统供应链ⁱ的新鲜产品运输环节中引入、改进了可持续散货包装（采用可堆叠、

可嵌套的塑料周转箱），以及良好的收获后管理措施。如插文中表所示，运输过程中使用周转箱极大地减少了数量损失（批发市场直接拒收产品）和质量损失（产品受损但仍可销售）。质量损失的减少可使批发商拓展用户基础，如为酒店、餐饮服务部门和超市供货，这样不但能为他们自己创造经济效益，也能让农民从中获得好处。公共市场零售商及其客户也能受益于货架期更长的优质产品。用周转箱取代一次性塑料袋也能创造环境效益。另外一个收益是创造了更多的就业——周转箱的运输和清洗。

南亚国家散装水果和蔬菜从农村运输到城市中心的收获后损失

作物	用编织袋运输的损失 (%)	用塑料货箱运输的损失 (%)	损失减少百分比
番茄	16.7	2.2	87
香蕉	5.4	2.1	61
花椰菜	11.0	4.5	60
柑橘	7.2	4.1	43
四季豆	18.0	7.3	60

资料来源：粮农组织，2017，表2⁴¹。

ⁱ 传统供应链为生产驱动，利益相关方缺少满足供应安全、质量、一致性和及时性等市场要求的技术知识、技能以及竞争和组织能力，也没有投资新技术、升级生产流程的资本。⁴²

资料来源：粮农组织，2017⁴¹；Rapusas和Rolle，2009⁴³；粮农组织，2011⁴⁴；粮农组织，2018⁴⁵。

纳和肯尼亚的芒果加工和包装——这是一种季节性很强的易腐水果。这些国家通常加工能力不足，无法消化芒果的整体供应，故损失水平较高。⁵

加工阶段损失的食物通常是因为人为失误、管理不善或技术故障，导致最终产品无法满足买方标准，被拒之门外。但是；拒收率低也并不一定意味着没有问题；相反，损失较少

也可能表明食品安全质量标准不达标，或标准执行不力。⁵

加工和包装在食品保鲜方面发挥重要作用。很多热带作物要通过干燥和加工进行保持，将其转变成稳定的货架产品。包装能够保持产品质量，延长货架期，减少粮食损失和浪费；但是，包装会刺激塑料的使用，进而危害环境（见第5章）。

批发和零售

零售阶段粮食浪费的原因主要包括易腐食品货架期短，买方实行私人质量标准，以及需求变化，特别是新鲜产品的需求变化。⁴⁷零售商在食品质量和数量方面的行动与决策决定着供应商的行动和决策。储存条件、包装质量和处理方法都会极大地影响食品的质量、货架期和可接受度。

图7显示了中亚和南亚、东亚和东南亚、北美和欧洲以及撒哈拉以南非洲谷物和豆类以及水果和蔬菜的损失与浪费情况。需要说明的是，图7中的估测数据可能也包含了批发层面的粮食损失。实际上，在很多国家，特别是低收入国家，批发和零售市场很难区分。⁴⁸

观测案例显示，中亚和南亚的谷物和豆类损失最为常见，损失比例不到2%（剔除离群值后）。东亚和东南亚只有三个观测案例（损失比例范围为1–4.5%）。北美和欧洲的谷物和豆类损失最高，但由于综合分析中仅有四个观测案例，故无法就此形成任何有意义的结论。

通常来说，在零售阶段，蔬菜 and 水果以及其他高度易腐产品（如动物或烘焙产品和烹

制食品）比谷物、豆类等主粮以及罐装食品的浪费水平要高。⁵图7中亚洲区域和撒哈拉以南非洲的数据证实了这一观点。北美和欧洲谷物和豆类的结果偏差是因为观测案例数量有限。

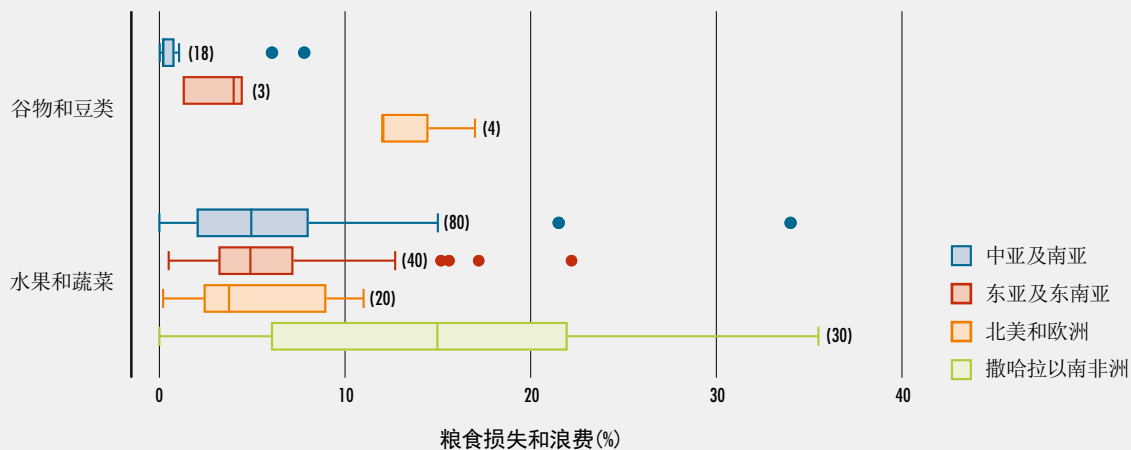
除撒哈拉以南非洲之外，所有区域零售阶段的水果和蔬菜浪费占比都在0–15%之间；撒哈拉以南非洲浪费占比高达35%（剔除离群值后），表明该区域在减少浪费方面有很大潜力。浪费占比幅度较宽的可能原因包括包装不到位，温度湿度控制不力，特别是针对在开放市场中阳光直射下出售的食品，导致产品萎蔫或出皱。⁵在亚洲区域，浪费占比中位数是一样的，但中亚和南亚的浪费占比波动性更大，表明减少浪费的空间更大。

在零售阶段，北美和欧洲的水果和蔬菜浪费百分比中位数最低；然而，浪费水平仍然不低（3.75%），损失比例超过10%；这也佐证了我们之前的结论，即高收入国家零售阶段的浪费也可以很多。据估测，美国店内浪费食品比例为10%。⁴⁹在挪威，2015年零售阶段食品浪费比例为17%。⁵⁰

造成零售阶段食品浪费（特别是在高收入国家）的一个因素是卖方倾向于销售同质和“完美”的产品（颜色、形状、大小等）。不满足这些高标准的产品就会被丢弃。将不甚完美的产品加工成现成食品可以作为回收被弃新鲜食品的一个途径，但此类食品很易变质，最终往往还是被丢弃或低价甩卖，从而造成质量浪费。⁵

同样，鱼品等高度易腐产品如不快速卖出，也更有可能出现质量损失，甚至会被丢

图 7
2001–2017年批发和零售阶段报告的粮食损失和浪费百分比范围



注：括号中数字为观测案例数量。2001–2017年为进行测量的时间段；但在无法确定研究日期或研究日期不明的情况下，使用的则是出版数据。关于图表解读的更详细说明见插文7。
资料来源：粮农组织，2019。²

弃。如在巴西，首日闭市时，未售出的鱼品价格会下跌25%。两天后仍未售出的鱼品价格会进一步降低33%。²²包装不到位或温控不力会进一步恶化此种情况。

零售阶段食品浪费的某些原因更多集中在高收入国家，但低收入国家的浪费也不容小觑。在保护性包装不够，温度和湿度控制不力，如将水果、蔬菜、牛奶和肉类混放在同一个冷室中储存，或摆放不适当的情况下，损失通常会更高。⁵

消费者浪费

消费者浪费是高收入国家中报告最多的问题；⁵¹然而，新兴经济体也开始越来越多地出

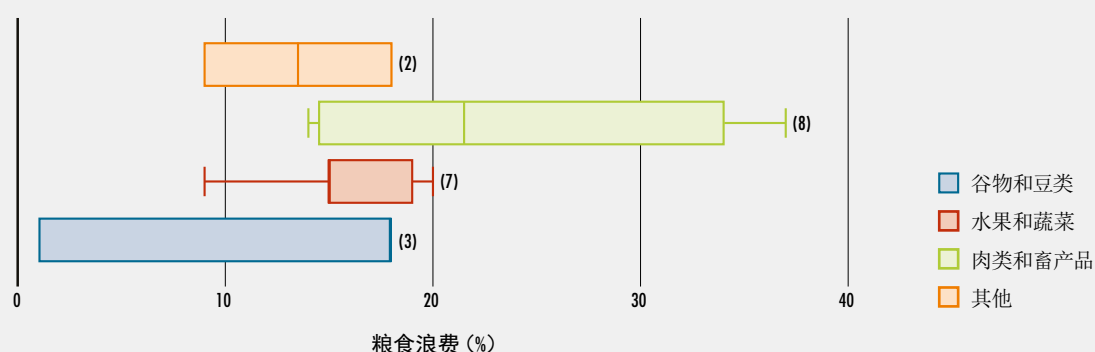
现此类问题。实际上，家庭收入越高，消费者浪费就越多。过去几十年间，收入水平提高与人口和文化的转变导致饮食习惯发生改变，现在人们更青睐方便。

图8显示了消费者食品浪费研究的结果。在20个数据点中，19个涉及美国，1个涉及挪威。大部分数据点涉及动物产品、水果和蔬菜，谷物、豆类，以及坚果和花生等其他食品代表性不足。

消费阶段是所有类型食物的关键浪费点。动物产品以及水果和蔬菜等高度易腐产品的浪费比例尤高，分别为14–37%和9–20%。谷物和豆类以及其他食品的浪费比例也不容忽视；但

图 8

2012–2017年北美和欧洲消费阶段报告的粮食浪费百分比范围



注：括号中数字为观测案例数量。2012–2017年为进行测量的时间段；但在无法确定研究日期或研究日期不明的情况下，使用的则是出版数据。关于图表解读的更详细说明见插图7。

资料来源：粮农组织，2019。²

这些食品组只有5个观测案例，影响了估测结果的有效性。

多数消费者食品浪费研究都集中在问题突出的高收入国家，特别是美国和欧洲。英国的非政府组织（NGO）废品与资源行动计划组织（WRAP）在该领域尤为活跃。⁵据估测，英国家庭2015年浪费的食品平均价值达到470英镑。⁵²美国的消费者食品浪费在2010年测算结果为人均370美元，相当于人均食品开支的9%，或人均可支配收入的1%。⁴⁹

消费者浪费往往是因为采购没有规划、过量型或冲动型购物，对标签理解错误（最佳食用期和保质期），家庭存储管理不当，制备食物过多，以及不清楚如何通过其他途径利用剩

余食物而非直接扔掉。^{53–55}对英国家庭开展的分析表明，即便人们知道食品浪费的问题，家庭日常消费习惯、时间管理、迎合家庭成员口味和食品安全关切等因素也都会导致每日的浪费。^{56、57}分析表明，食品浪费通常是因为日常生活中的各种需求复杂且矛盾，包括时间限制。^{58、59}实际上，若时间很少，消费者就会降低采买频次，每次买的更多，造成更多的浪费。⁵

份例和包装规格是食物浪费的重要影响因素。一项在瑞典开展的研究表明，1/4的食品浪费与包装规格有关。⁶⁰由于只有大包装产品，消费者不得不购买多于自身需要的东西。例如，英国废品与资源行动计划组织发现，约1/3的消费者不对包装规格不满意，大部分消费

者对包装量颇有抱怨。另外还发现，消费者不一定介意为每个小单位支付更高一些的价格，以期避免买得过多。⁶¹粮农组织在菲律宾开展的一项自我报告浪费研究显示，消费者浪费水平较低；研究结论指出，消费者在公共市场和超市可以少量采购水果和蔬菜，这种做法有利于减少浪费。⁶²

促销或多买打折（如买二送一或家庭装）可能会刺激消费者冲动消费，从而鼓励浪费。^{5、63}在英国，促销开支占到杂货店开支的1/3，这种趋势还在加剧。⁶⁴另外，食品服务单位也有大量的食品浪费，包括学校食堂和饭店。^{34、65-67}

家庭的社会经济特点和人口特点也会影响家庭的浪费水平。³³小型家庭和高收入家庭通常浪费的更多，因为他们购买和制备的食物量通常多于他们能够消耗的量。大包装也是食品浪费的一个驱动因素；另外，家庭收入越高，食品对于家庭的相对价值就越低。⁵从文化角度来看，食品也可以成为家庭经济状况的象征。社会经济地位高的家庭可能买得更多，更加多样，特别是在别人能够看到的情况下（如在一些社会活动中）；此种行为会导致更多的粮食浪费。²⁸然而，这些大的倾向在不同国家和不同区域之间差异显著。⁵⁴粮食浪费研究必须考虑社会和文化因素对食品消费模式和食品态度的影响。⁵■

识别关键损失点

截至目前，本章主要讨论的都是关于不同区域、不同商品组以及食品供应链不同阶段粮食损失和浪费程度的综合分析结果。此种分析可为粮损指数提供必要的参考，也能为制定有针对性的减少措施提供有益的信息，但此种分析的目的并非是找出特定食品供应链上的关键损失点。开展这项工作要对整个食品供应链的损失情况开展综合评估，找出损失发生的阶段及其产生的影响。这项工作非常重要，能够引导各行为主体减少关键供应链上的粮食损失，改进粮食安全，提高农民收入。

自2015年起，粮农组织全球粮食损失和浪费倡议（节约粮食倡议）在近30个国家^k开展了若干项案例研究，运用在同年开发的共同方法，希望找出小农生产作物、牛奶和鱼品中的关键损失点。因为采用了共同方法，故各项研究之间可以进行比较，但这些研究并不具有国家代表性。⁶⁹案例研究的目标是：

- ▶ 查找并评估特定食品供应链上出现粮食损失的主要原因；
- ▶ 分析减少粮食损失方案的技术和经济可行性，食品质量和安全要求，社会可接受度及环境可持续性；
- ▶ 围绕特定食品供应链编制具体的减少食品损失计划建议。

粮农组织在粮食损失分析方面采用的案例研究方法是系统、可比方式确定关键损失点

^k 这些国家包括：安哥拉、博茨瓦纳、布基纳法索、喀麦隆、哥伦比亚、科特迪瓦、刚果民主共和国、多米尼加共和国、埃及、史瓦帝尼、埃塞俄比亚、圭亚那、印度、牙买加、肯尼亚、黎巴嫩、马拉维、摩洛哥、纳米比亚、卢旺达、圣卢西亚、东帝汶、特立尼达和多巴哥、突尼斯、乌干达、坦桑尼亚联合共和国、赞比亚、津巴布韦。⁶⁸

插文 12

粮农组织“节约粮食”倡议围绕作物、乳品和鱼品关键损失点开展的案例研究

粮农组织在粮食损失分析中采用的案例研究方法也被粮农组织全球粮食损失和浪费倡议（“节约粮食”倡议）采纳，自2015年起在28个国家研究了88个食品供应链。通用方法分为以下几个步骤：（i）筛查——初步调研，确定重点的食品供应链；（ii）实地调查——在实地同利益相关方开展访谈、调查、研究；（iii）载荷跟踪——关键损失点的损失评估；（iv）综述——分析损失原因，提出解决方案。最终目的是形成一个干预计划，减少地方、次国家级或国家层面的粮食损失。

关于小农生产关键损失点的研究有88个，综述报告审议了其中的56个。⁶⁸这些研究中有超过70%都集中在撒哈拉以南非洲，随后是亚洲（12.5%）和拉丁美洲（16%）。谷物在所有研究中占比接近一半（几乎所有谷物研究都是在撒哈拉以南非洲地区开展），随后为水果（21%）、豆类（11%）以及块根和块茎类作物（11%）。

在超过70%的案例研究中，收获似乎都是所有类型粮食的一个关键损失点。特别是在非洲，谷物粮食和豆类的关键损失点都发生在收获和农场储存阶段，不论地理位置或气候条件如何。在

粮食收获损失的各种原因中，农民报告最多的包括虫害侵扰、疾病影响、气候条件不利（如收获时降雨）、收获时间不当，以及缺少劳动力或缺少资金。储存设施不足（如通风不够）及处理方法不当是农场储存损失的主要原因。

同样，对块根、块茎类作物和水果而言，收获也是最常见、最普遍的关键损失点，另外还有包装（处理和处置）及运输。在水果方面，收获阶段损失报告最多的原因包括成熟阶段、时间安排、分拣不当、处理和收获方法不当、气候条件不利，以及病虫害和鸟类侵扰。包装和运输损失主要是因为处理不当、储存条件不当以及包装不力。⁶⁸

这些结论表明，收获的时间和方式要引起足够的重视，特别是收获阶段会影响价值链后端的数量和质量损失。为减少农场损失，农民要接受培训，了解作物的成熟时间点，适当地安排收获时间，保护作物，使其免受不利天气、病虫害和昆虫的影响。⁶⁸要确认“节约粮食”倡议案例研究的结论还需开展更多的研究，但地点、程度以及关键损失点原因等方面的一致结论（特别是对撒哈拉以南非洲地区的粮食和豆类）已经佐证了结论的可靠性。

的有益工具，也可用来揭示趋势，找出共性的解决方案。这套方法也会对国家分析形成补充。截至目前，这套方法有效吸引了各利益相关方对不同国家及不同商品食品损失情况的关注。在一些国家中，政府在捐助方的支持下已经开始试点实施建议干预措施，希望能够收集证据，了解这些干预措施对损失情况和经济回报的影响。⁶⁸

插文12简要梳理了截至目前的主要发现。分析结果表明，收获环节对所有商品来说都是一个关键损失点（超过70%的案例研究显示如此）。实际上，在谷物和豆类方面，不论地点或气候如何，收获和农场储存都是关键损失点，在非洲尤为突出。同样，在水果、块根和块茎作物方面，收获以及包装（处理处置方法）和运输也都是关键损失点。多数损失报告

都涉及成熟度、时间安排和计划；处理收获方法不当；气候条件恶劣；以及有害生物、昆虫和疾病的影响。这些结果表明，要为农民提供培训，让他们了解作物的成熟节点，改进自身的收获和处理方法，保护作物免受天气、有害生物、昆虫和疾病影响，因而对于确定干预措施的重点非常有益。

粮农组织对关键损失点采取的案例研究分析方法与上文所述的综合分析方法形成鲜明对比。综合分析梳理了大量全球各地对粮食损失和浪费开展的研究，这些研究的着力点不一定是在食品供应链上找出损失最多的环节，而粮农组织的案例研究目的就是找出关键损失点。在综合分析涵盖的研究中，利益相关方未必参与了对受到粮食损失和浪费影响最大的食品供应链的评估；而在确定关键损失点的过程中，各利益相关方都要置身其中。综合分析总体呈现了不同区域、食品供应链不同阶段以及不同商品的损失和浪费情况；而关键损失点分析在利益相关方的参与之下，反映了特定食品供应链的损失情况及发生原因。然而，关键损失点分析的数据仅来自于少数国家和食品供应链，且只关注小农供应链上的损失情况。■

数据收集方面的挑战

很多国家都认可减少粮食损失和浪费的重要性，这项任务已经写入可持发目标。正如本章前文所述，下一步要找到粮食损失和浪费的原因和影响因素，制定可能的减少对策，排列各项目标的先后次序，并对照目标监测进展情况；这些都需要更为可靠、可比和透明的数据。然而，由于多种原因，目前仍有很大的数据缺口。

首先，各国和各食品供应链对粮食损失和浪费的定义、测量方法和测量指标均不相同，故很难对研究结果进行比较，有时甚至是无法比较。^{5、13}如，“粮食损失”和“粮食浪费”这两个术语经常互换使用。另外，不同的数据收集方法也可能造成粮食损失和浪费情况报告偏低或偏高。自我报告的估测结果常常会低报粮食损失或浪费的实际情况。^{14、70}很多时候，专家意见对于界定问题、找出热点很有帮助（特别是考虑到收集影响因素信息的复杂性），但很多专家故步自封，不懂得与时俱进，因而将自身偏见带入了国家制定政策参考的相关数据。⁴⁸

其次，对粮食损失和浪费的程度、地点和原因开展调查非常复杂，需要投入很多时间和财力，可能需要若干专家进行合作，在田间作业时还要携带重型设备（如，将偏远地区的稻米运送回来，称重之后测量干燥阶段的损失情况）。而且，不同食品供应链的特点、过程、阶段和所涉及的主体均不相同；调查必须将这些因素都纳入考虑。另外，数据收集方法必须一致，要有相当的地区范围，在供应链的不同节点上要实施适当的采样策略。然而，开展此类复杂调查所需的技术和组织能力以及资金通常都无法保障。能够满足上述所有要求的数据点少之又少，不确定性很高。⁷¹

正是因为有这些复杂问题，很多研究都会采用推演的方法，将损失估测结果外推到其他时间段，甚至是其他相邻区域或同一产品组的其他食品。此类研究只能反映出大致的情况，无法提供制定针对性政策所需的可靠准确估测结果。此类研究中经常被援引的一个例子是研究撒哈拉以南非洲谷物收获后损失（以重量计）的非洲收获后损失信息系统（APHLIS）。

由于数据和资源限制，该系统将数据点（主要是专家提供的估测结果）外推到其他时间段、其他作物和区域。因而，图6的分析剔除了该系统的数据。

粮食损失数据的收集非常复杂；因此，1990至2017年间仅39个国家通过粮农组织的“作物和畜牧生产与利用问卷调查”提供了7%的官方损失数据。⁷²因此，粮损指数中既包含了政府提供的数据，也有非政府组织、科研机构以及综合分析涵盖的其他机构编制的的数据（如案例研究、调查、研究等）。图9显示了各区域各产品组粮食损失数据可供情况的热力图。图9A显示，自上世纪90年代起，拉丁美洲及加勒比国家政府报告的数据就一直多于其他区域（主要为水果和蔬菜），其次为北美和欧洲。其他区域的官方数据捉襟见肘。图9B显示，大部分非政府研究都集中在中亚和南亚，尤其是水果和蔬菜。

需要说明的是，所有的政府官方报告都涵盖了截止至但不包括零售和消费阶段的整个食品供应链，而非政府研究往往局限于食品供应链上的特定阶段或活动。因此，非政府研究数量更多。不同的非政府研究通常会采用不同的方法来估测粮食损失和浪费，即便同一个国家的不同研究也是如此；因此，非政府研究不能替代国家政府开展的综合数据收集工作。

估测消费者浪费情况难度尤其大，主要有两个方面的原因：首先，在基于自我报告的调查和研究中，消费者往往会低估自己实际浪费的粮食数量。^{5、73}将调查结果与样本分析结合起来可以产生最可靠的结果，但这样做的成本就会高出很多。^{74、75}其次，很多国家测量的市政垃圾既包括食物垃圾，也包括非食物垃

圾。估测其中有多少是食物（垃圾构成分析）非常复杂，成本很高，有时甚至无法开展。由于这些复杂因素的存在，测量消费者粮食浪费的最适当方法一直没有形成共识；这也在一定程度上解释了消费阶段粮食浪费数据稀缺的原因。

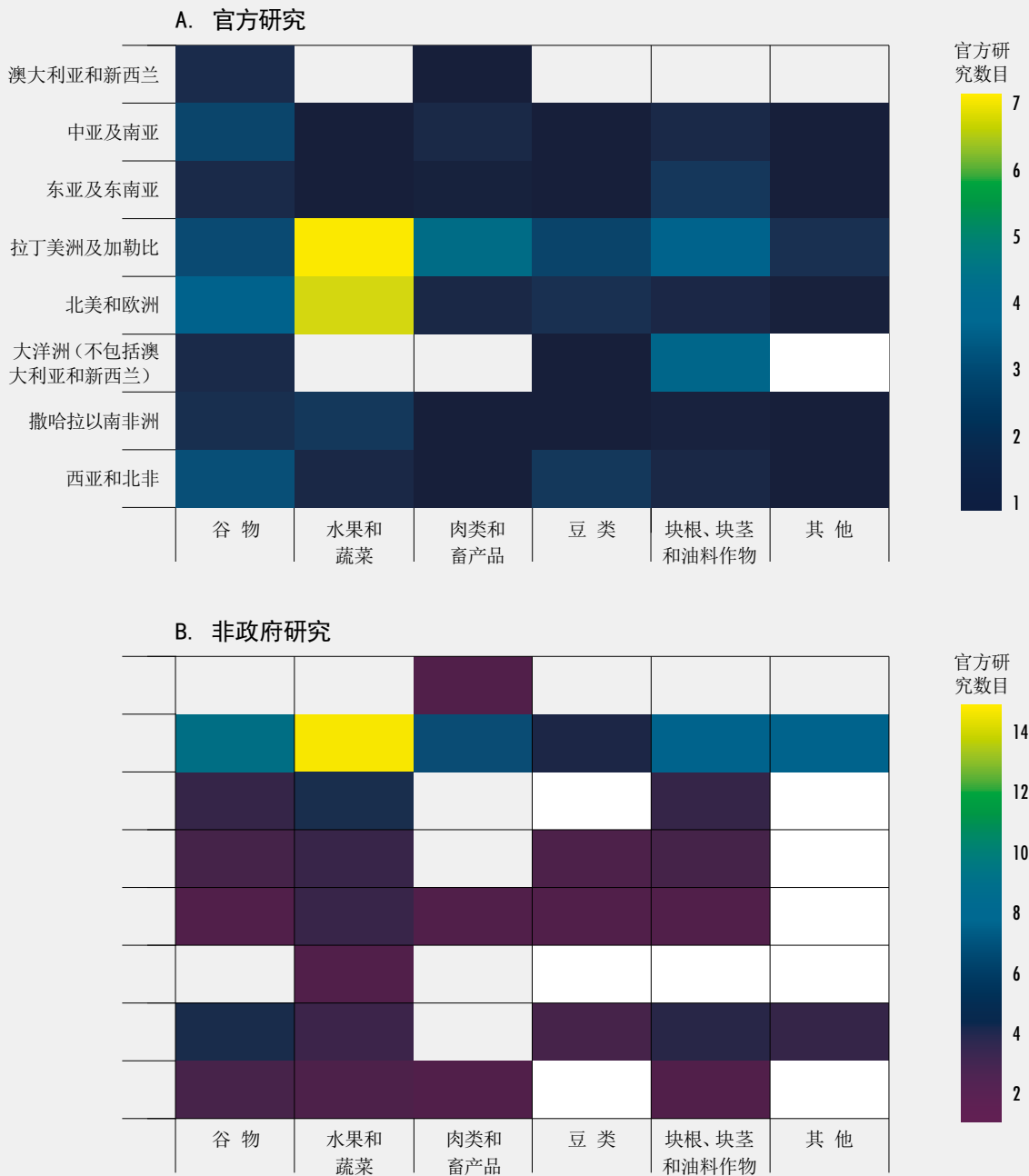
粮农组织尝试在内部以及与外部伙伴协调统一粮食损失和浪费的概念。目前，粮食损失和粮食浪费的定义已经形成共识，这有助于克服当前数据缺口带来的挑战（粮食损失和浪费相关概念的具体介绍见插文1和插文2）。粮农组织还编制了粮食损失测量准则，以期各国的官方报告活动提供帮助（见《完善农业农村统计全球战略》中确立的测量准则）。⁷¹借助多利益相关方伙伴关系，《粮食损失和浪费规范》发布了《粮食损失和浪费核算与报告标准》，旨在协调统一数据收集工作。⁷⁶联合国环境署正在开发的粮食浪费指数又迈出了重要的一步，未来可帮助我们更好地测量和理解粮食浪费的情况。⁷⁷

第6章更加深入地讨论了改进数据收集方面需要开展的工作，也为粮食损失和浪费的测量提出了建议。■

结 论

粮农组织对粮食损失总体情况开展的首次估测表明，全球范围内收获后到零售前（但不包括零售阶段）的粮食损失占粮食总量的13.8%。这项测算结果有助于吸引各方对此问题的关注，进而刺激各方采取行动，但制定减少粮食损失和浪费的有效干预措施还是需要更加详细的信息，包括损失和浪费发生在食品供应链的哪些环节？发生在哪些食 »

图 9
1990–2017年各区域粮食损失研究热图



注：官方研究包括国家的《农业生产年度问卷》，各国就此要向粮农组织进行官方报告。非政府研究包括非政府组织和机构（包括科研机构）开展的课题研究、调查和案例研究。热力图根据各区域1990年到2017年针对不同产品组报告的粮食损失估测数据的数量标注出不同的颜色。白色方框表示该区域没有该产品组的可用数据。各区域根据区域内国家情况进行了标准化处理，确保域内国家数量较少的区域不会自动被标注浅色。

资料来源：A. 粮农组织，2019⁷²；B. 粮农组织，2019。²

» 品、哪些国家、哪些区域？以及问题的严重性和内在原因。

粮农组织围绕现有粮食损失和浪费研究开展的综合分析为这些问题提供了进一步的参考。然而，综合分析涵盖的各项研究方法并不一致，也存在着很大的数据缺口。因此，由于缺少综合、可比和可靠的数据，综合分析也受到限制。制定有的放矢的干预方案需要围绕个体供应链开展更加准确的研究，同时考虑到供应链的具体情况。运用粮农组织标准方法开展案例研究，找出关键损失点，朝着这个方向又迈进了一步。

总的来说，粮食损失和浪费测量方面已经开展了很多工作；然而，损失和浪费可能有多种原因，高度依赖于食品供应链上各方所处的社会经济和文化背景。因此，各个区域和各个国家的情况差异显著。目前已经积累了很多知识，但仍然面临数据稀缺零散，或数据质量不明，或代表性不足的问题。目前亟需完善证据基础，克服数据收集方面的挑战，以期制定减少粮食损失和浪费的有效对策。这一点再怎么强调都不为过。然而，这些工作需要国家和国际层面公立和私营行动方开展大量的研究（因而也需要大笔的资金投入）。■



埃及

一名青年工人正往批发商的卡车上装载西红柿。

©粮农组织/Heba Khamis



第3章

减少粮食损失和浪费：商业论证及其他

重要信息

1 减少粮食损失和浪费的商业论证是基于这样的假设：粮食供应商可以通过减少粮食损失来增加利润，消费者可以通过减少浪费来省钱。

2 迄今有限的证据表明，商业论证可能会增加利润，并在一定程度上减少粮食损失；然而，仅仅关注商业论证不太可能完全解决问题。

3 即使在减少粮食损失和浪费的干预措施没有产生利润的情况下，这些措施也可能带来生产率的提高，从而对整个社会产生经济效益。此类经济论证可以证明公共部门干预的合理性。

4 政策制定者不仅应将减少粮食损失和浪费行动的潜在效益与其成本进行权衡，而且还应考虑对粮食供应链中不同行动方的收入和福祉的分配影响。

5 公共干预措施可以采取提高认识活动的形式，旨在使个体确信从减少粮食损失或浪费中获得的益处。

6 其他干预措施的目的可能是通过投资、税收、补贴或监管，改进向供应商和消费者提供的减少粮食损失或浪费的激励措施。

减少粮食损失和浪费：商业论证及其他

本章探讨了在何种程度上可以依靠私营部门减少粮食损失或浪费，以及公共部门的干预范围。如果减少粮食损失和浪费的效益归于减少措施执行者以外的利益相关者，则公共干预可能是合理的。本章着眼于减少粮食损失和浪费对私营部门的净效益（商业论证），并探讨了这些减少成果对整个社会的广泛经济效益（经济论证）。经济论证的研究范围超越了减少粮食损失和浪费的商业论证，涵盖了私营部门未考虑到的整个社会可能获得的收益。如果这些全社会的收益超过了减少行动的成本，则公共干预可能是合理的。■

减少粮食损失和浪费的私营和社会效益与成本

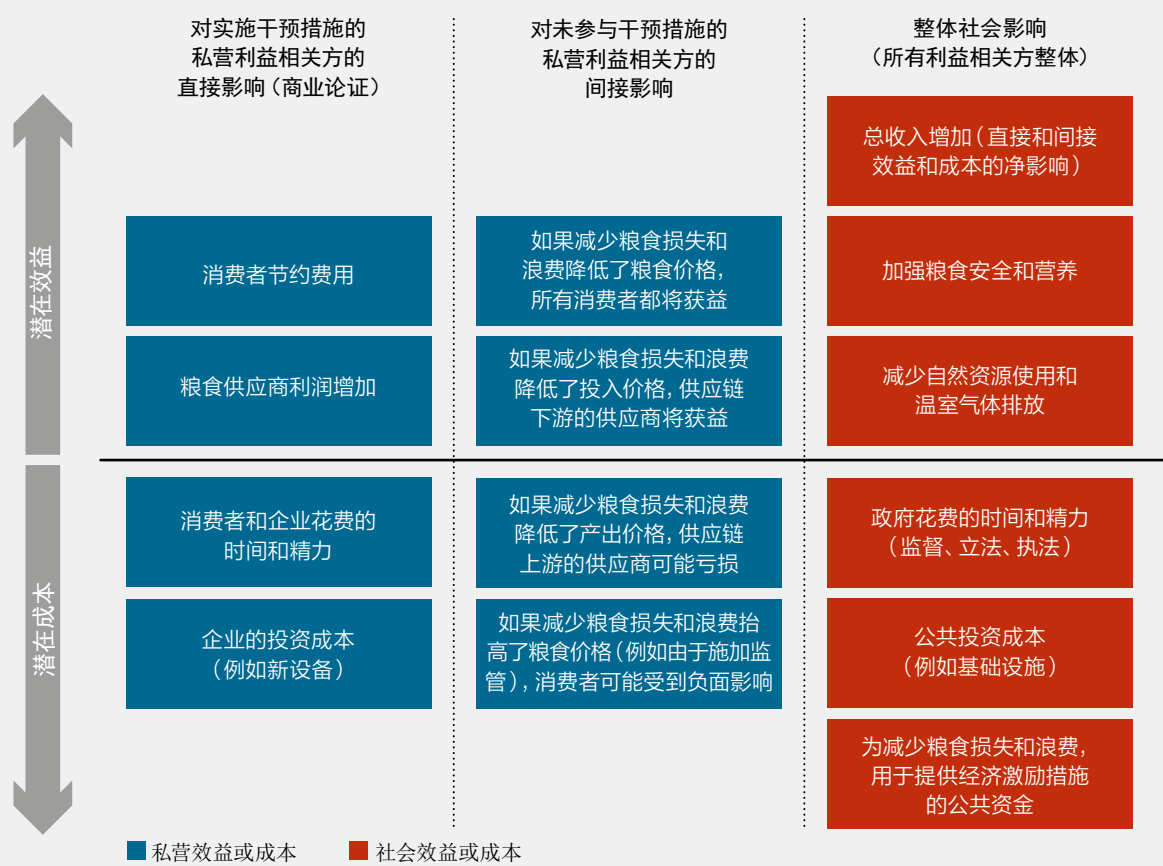
图10列出了减少粮食损失和浪费的潜在效益和成本，并对私营部门利益相关者的成本和效益（蓝色框）与更广泛的社会成本和效益（红色框）进行了区分。该图还区分了直接参与减少粮食损失和浪费的私营部门利益相关者的效益和成本，以及通过与减少粮食损失和浪费有关的价格变化间接受到影响的私营部门利益相关者的效益和成本。对于参与干预措施的私营部门利益相关者而言，成本和效益与干预措施直接相关。对于间接影响，供应链各环节的价格变化将取决于在哪个环节采取干预措施，并将对私营部门利益相关者产生不同的影

响，这取决于相对于发生价格变化的环节，利益相关者是在供应链的上游还是下游。在粮食供应链较早阶段运作的行动方将这种价格变化视为其粮食产品价格的变化，而在粮食供应链较晚阶段的利益相关者则将这种价格变化视为其投入成本的变化。这表明，在私营部门利益相关者中可能存在赢家和输家。例如，如果零售层面的粮食浪费减少，批发供应商可能会看到需求减少，从而对其收益产生负面影响，但与此同时，零售浪费的减少可能会使消费者所购买的粮食更便宜，从而增加他们的福祉。

为考察全社会的收益是否超过减少损失和浪费措施的成本，图10汇总了私营部门利益相关者（直接和间接）的净效益，并考虑到作为额外效益的对环境、粮食安全和营养产生的影响。假定这三组效益最终是积极的，那么就需要与整个社会为减少粮食损失和浪费所承担的成本进行权衡。这些成本将是公共部门为实现减少成果而发生的（图10中“增加总体收入”一栏已考虑到私营部门的效益和成本）。

在本章中，为经济论证所考虑的经济效益仅限于那些与货币交易有关的效益。因此，减少粮食损失和浪费的经济效益可以从随之而来的生产率的提高这一角度加以考虑，而生产率的提高可以改善整个社会的福祉。这种狭义的经济效益定义排除了减少粮食损失和浪费对粮食安全和营养的任何积极影响。它还忽视了在

图 10
减少粮食损失和浪费带来的潜在私营效益和成本以及更广泛的社会效益和成本



资料来源：粮农组织。

温室气体排放和土地及水资源所受压力方面，减少措施如何能够减轻粮食损失和浪费对环境的负面影响。

事实上，减少粮食损失和浪费对粮食安全和营养以及环境可持续性的影响更加难以用货

币来表示。因此，这两个重要方面将在第4章和第5章分别阐述。

综上所述，本章结合第4章和第5章，逐步论证减少粮食损失和浪费问题。首先着眼于减少粮食损失和浪费的商业论证（仅直接影响，

图10第一列)，以其作为减少粮食损失和浪费的理由。然后转向经济论证，以其作为干预粮食损失和浪费问题的理由，说明私营部门利益相关者所获得的直接和间接净经济效益（由图10“增加总体收入”一栏表示，该栏合并了图中前两列），并与实现减少所产生的任何公共成本进行权衡（图10第三列的下半部分）。此处所述经济论证未考虑到减少粮食损失和浪费所带来的环境以及粮食安全和营养方面的效益。后续章节将探讨减少粮食损失和浪费在粮食安全和营养（第4章）以及环境（第5章）方面的额外效益。■

减少粮食损失和浪费的商业论证 — 机会、成本和障碍

减少粮食损失和浪费可使私营部门受益，但在实施方面存在障碍

如第1章所述，从理论上讲，粮食供应链中的参与者作出理性决策，使其能够实现利润（供应商）或福祉（消费者）最大化，其中包括关于可接受粮食损失或浪费水平的决策。减少粮食损失和浪费可以对供应商和消费者的福祉产生积极影响。

- ▶ 粮食供应商，如农民、加工商、运输商、零售商和食品服务提供商，可以通过减少粮食损失和浪费来提高生产率。事实上，如果损失或浪费的粮食减少，供应商可以利用相同数量的投入出售更多的粮食，而与处理损失或浪费的粮食有关的成本下降。^{1、2}致力于减少粮食损失和浪费的供应商可以提高他们在环境管理方面的声誉，并加强客户关系。¹

- ▶ 减少粮食浪费的消费者可以将省下的钱花在其他方面；如果供应商减少粮食损失使粮食的批发和零售价格降低，消费者还可能受益于较低的粮食价格。但这取决于粮食损失减少对价格的影响如何波及整个供应链，而这又取决于减少情况出现在哪个环节以及减少的幅度如何。¹消费者可以通过减少粮食浪费，从而限制其对环境和社会的负面影响，实现道义目标，而不是经济目标。

然而，减少粮食损失和浪费的行动涉及成本，只有获得的收益大于成本时，理性的个体才愿意承担这些成本。根据这一观点，一定程度的粮食损失或浪费是不可避免的，这取决于供应商和消费者可采用的技术，以及粮食产品的易腐性、分销体系和消费模式。

例如，如果消费者的时间机会成本很高，那么更好地规划食品采购和备餐以及管理存留食品的行动（一种减少粮食浪费的有效策略）可能太耗时，换句话说，成本太高，以至于不值得采取。³

同样，粮食供应商可能认为，与投资成本相比，通过投资于技术或改进的做法来减少粮食损失所产生的有利影响过小。例如，农民可以通过改进储存和处理方式（如使用密封的粮食储存袋）来减少虫害或任何自然灾害造成的农场作物损失，但如果成本超过可以节省的粮食的价值，他们就不太可能采取这种行动。坦桑尼亚联合共和国的玉米生产者对减少粮食损

¹ 需要注意的是，消费者通过购买小包装来减少粮食浪费的行动可能会导致他们的食物支出增加，因为小包装的单位食品价格更高。

失措施的有限采用（见**插文13**）就是一个典型的例子。这种情况同样适用于食品加工商（如优化制造工艺）、零售商或食品服务提供商（如改善库存管理，调整包装和标签以劝阻消费者浪费粮食，或重新分销剩余食品）所采取的措施，以及涉及供应链所有经营者的措施，如粮食损失追踪系统。由此可见，粮食供应链经营者投入了更多的时间和金钱来减少高价值粮食产品的损失和浪费。对价格较低的产品可能没有必要采取成本高昂的预防措施，经营者可能决定通过生产或购买更多的产品来弥补此类损失或浪费。^m

然而，一些因素可能会阻碍利益相关者对粮食损失或浪费的最佳水平做出完全理性的决策，从而优化他们的利润或福祉。首先，粮食经营者和消费者可能不完全了解他们损失或浪费了多少粮食、他们因此受到的影响、影响粮食损失和浪费的所有因素或减少粮食损失和浪费的效益和成本。这些方面对理性决策至关重要，但它们也很复杂，经营者和消费者可能未充分了解它们。其次，供应商和消费者可能对减少粮食损失或浪费所产生的效益非常不确定，从而阻碍了规避风险的利益相关者减少粮食损失或浪费。这种不确定性被列为坦桑尼亚玉米生产者有限采用这种措施的原因之一（见**插文13**）。⁵

个体经济参与者减少粮食损失和浪费措施的成本效益分析是由他们所处的私人和社会环

境决定的，包括他们在私人和公共层面可获得的财力和物力资源。因此，即使他们意识到粮食损失或浪费问题以及可能有助于缓解这一问题的行动，各种制约因素可能会阻碍他们采取此类行动。例如，发展中国家的个体，特别是小农，如果没有资金支持，往往无法承担与减少粮食损失和浪费相关的高昂前期成本。然而，信贷提供者已经将农业视为高风险部门，对急需现金的农民来说，偿还期往往颇具挑战性。⁶因此，获得信贷成为采取减少粮食损失和浪费措施的障碍。

世界银行在2011年开展的一项研究显示，在撒哈拉以南非洲，有多种减少粮食收获后损失的做法和技术。然而，它们很少被采纳，变革行动由于多种原因而失败。在非洲背景下，从亚洲转移而来的一些成套技术在经济上是不可持续的。一些干预措施没有确定关键的制约因素，或者错误地假设存在减少损失的经济激励因素。有些技术在文化上是不可接受的（例如，金属筒仓在中美洲是成功的，但在非洲则不然，主要原因在于人们倾向于将粮食储存在家中以防偷窃）。其他促进变革的干预措施则因不切实际的时间表而受到阻碍。⁷

即便如此，仍然存在成功的案例。亚洲和非洲的类似情况往往涉及采用改进的技术（如小型烘干机、脱粒机和储存袋）来处理 and 储存收割后的稻米。成功的例子与强有力的政府支持有关，例如，向早期采用者提供财政激励措施或为新兴产业创造有利环境。**插文14**提供了一个替代存储方法的例子，该方法可以减少收获后损失。⁷经营规模至关重要：经营规模较大才可以承担更高额的投资。例如，乌干达的一项研究发现，塑料筒仓仅对种植面积高于平均水平的农民具有经济可行性；小农场负担得

^m 需要注意的是，粮食产品的价值不仅因粮食类型不同而存在差异，而且还因同一产品在供应链的不同阶段而各不相同。例如，番茄的价值在零售层面高于农场层面。在番茄抵达超市前，更多的资源被用于实现这一目的（运输、燃料、用于储存的能源、零售店的运营成本等）。⁴

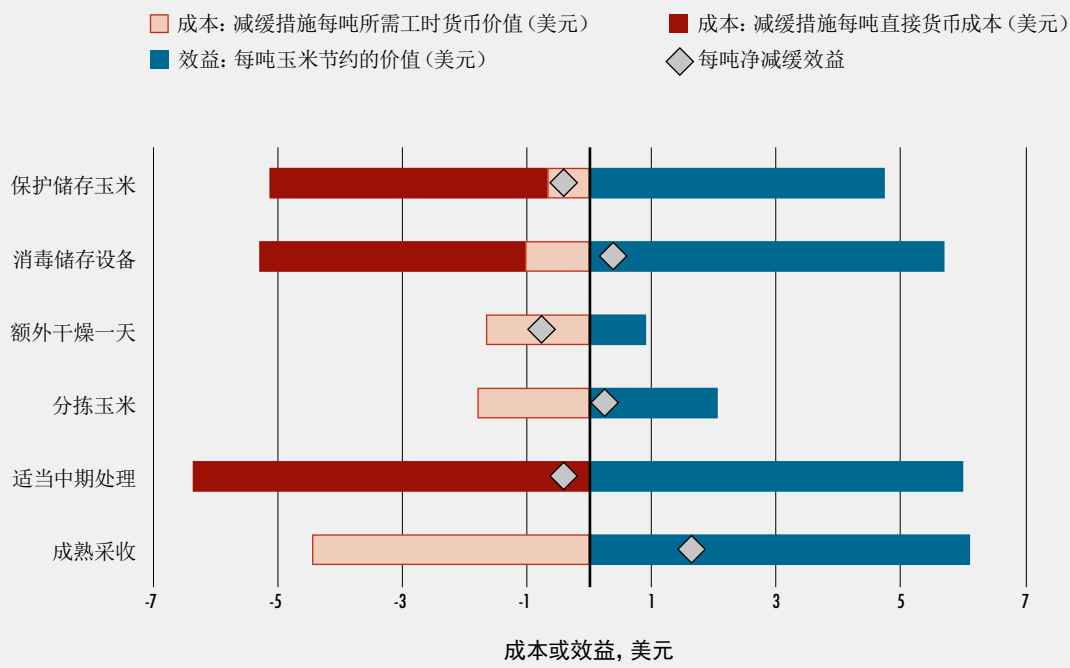
插文 13
坦桑尼亚联合共和国减少玉米收获后损失的成本效益分析

2018年，坦桑尼亚对420户在农村地区生产玉米的家庭进行了一项调查，以了解改进的收获后处理方式能在何种程度上减少粮食损失。

调查发现，平均而言，收获后损失占家庭全年玉米收成的11.7%，价值58.9美元（家庭月收入中位数的1.2倍）。平均2.9%的收成是在储存前阶段损失的，7.8%是在储存期间，1%是在销售期间。

研究证实，改进的收获后处理方式可以显著减少损失。对各种收获后作法的成本效益分析（见下图）表明，并非所有减少损失的做法都是有益的。虽然及时收割、玉米分拣和对储存设施进行消毒的效益大于成本，但其他做法在经济上是不合算的，如适当的中间处理、保护储存的玉米和让玉米多干燥一天。

坦桑尼亚联合共和国减少玉米收获后损失措施的经济成本效益分析



资料来源：Chegere, 2018, 表6。⁵

插文 14

推广泥筒仓以减少储存期间的玉米损失：来自加纳北部的证据

泥筒仓密封良好，因此与其他更开放的方式相比更适合储存粮食。2000年，加纳粮食和农业部与其合作伙伴共同实施了一项范围广泛的计划，在加纳北部省推广使用泥筒仓储存玉米，目的是鼓励小农使用这些筒仓，而不是采用其他更传统的储存方式。

在这项美国国际开发署资助的计划下，来自使用泥筒仓的社区的工匠在加纳北部六个县的选定村庄展示了建造过程。传统上使用泥筒仓的社区与不使用泥筒仓的社区相距不远，这为示范活动提供了便利。

由于开展了这项计划，在加纳北部省的Gushiegu县和Karaga县，1000多名农民开始使用

密封的泥筒仓。60个农户接受了一项调查，对其成功与否进行了评价。60个农户全部拥有泥筒仓和其他类型的储存设施，大多数接受调查的农户当时都在使用泥筒仓。最终，玉米储存损失从每户年均300公斤下降到约50公斤。在储存过程中被昆虫破坏的所有玉米当中，平均6.5%发生在泥筒仓内。其余93.5%的损失发生在其他设施中。

据估计，泥筒仓在加纳的建设成本不足10美元，9而且与其他储存方式相比，维护工作所需的劳动力也更少，因此泥筒仓为储存和保护粮食提供了一种低成本的解决方案。

资料来源：世界银行，2011。⁷

» 起的选择，如密闭袋，从产生的净效益来看，在经济上没有吸引力。⁸

对供应商和消费者因减少粮食损失和浪费而获得的资金收益进行量化

对坦桑尼亚生产玉米的家庭进行的一项研究证实，改进收获后处理方式可以大大减少损失（见插文13）；然而，并非所有减少损失的做法都能产生经济效益。该研究表明，确定收获后干预措施的最佳切入点并评估其对小农的经济可行性是成功的关键。

世界资源研究所（WRI）和“废弃物与资源行动计划”（WRAP）在2017年进行的一项研

究发现，企业可能有强有力的商业论证来采取减少粮食损失和浪费的行动（插文15）。值得注意的是，该研究关注的只是实施这些措施的经营者所受的经济影响，而不是这些措施对粮食供应链中其他行动方的影响，无论是上游（如农民）还是下游的行动方。例如，如果由于粮食损失的减少，购买者需要的投入品减少，农民的产品可能会以较低的价格出售。如果农民的客户实行更严格的质量标准来减少粮食损失，他们也可能被迫丢弃更多的产品。本章将进一步讨论这种再分配效应。

“反思粮食浪费”（ReFED）是一个非营利性多方利益相关者平台，将企业、非政府组

插文 15

减少粮食损失和浪费的商业论证：CHAMPIONS 12.3的调查

如果采取措施减少粮食损失和浪费的经济效益大于成本，粮食经营者就有动力这样做。最近，世界资源研究所和废弃物与资源行动计划代表Champions 12.3（致力于加快实现可持续发展目标12.3的国际领导者联盟）发表的一份报告研究了减少粮食损失和浪费的财务论证，分析了17个发达国家和发展中国家的近1200家商业机构。研究发现，99%以上的机构在减少粮食损失方面的投资获得了正回报；中间机构实现了14倍的投资回报（接近粮食供应链消费阶段的机构比接近生产阶段的机构具有更高的中间比率）。如此高

的回报表明，企业有强有力的商业论证来减少粮食损失和浪费。

报告援引了一家巴基斯坦食品制造商的例子。该企业采取了一系列行动来减少食品损失，包括改进冷却和储存、加强奶农培训、分享最佳做法以及实施精益管理流程。这些行动为企业带来了25%的投资回报。另一个例子是西欧的一家食品服务提供商，其减少浪费的行动（如使用更多的半成品、改进膳食需求预测、培训员工和吸引消费者参与进来）实现了近25:1的效益成本比率。

资料来源：Hanson和Mitchell，2017。¹

织和政府各方聚集在一起，旨在减少美国的粮食浪费。该组织的一项研究估计，企业可以通过实施多种防止粮食损失和循环利用解决方案增加其年度利润（见插文16）。■

减少粮食损失和浪费的经济论证 — 从私人利益到公共利益

减少粮食损失和浪费造福参与这一进程的私营部门行动方以及整个社会

上一节提出，减少粮食损失和浪费可能对供应商的利润和消费者的福祉产生积极影响。然而，针对私营部门利益相关者减少粮食损失或浪费的激励措施（商业论证）可能是薄弱的。即使在减少粮食损失或浪费的商业论证十分明确的情况下，利益相关者也可能因为资金限制而无法实施必要的行动。

»

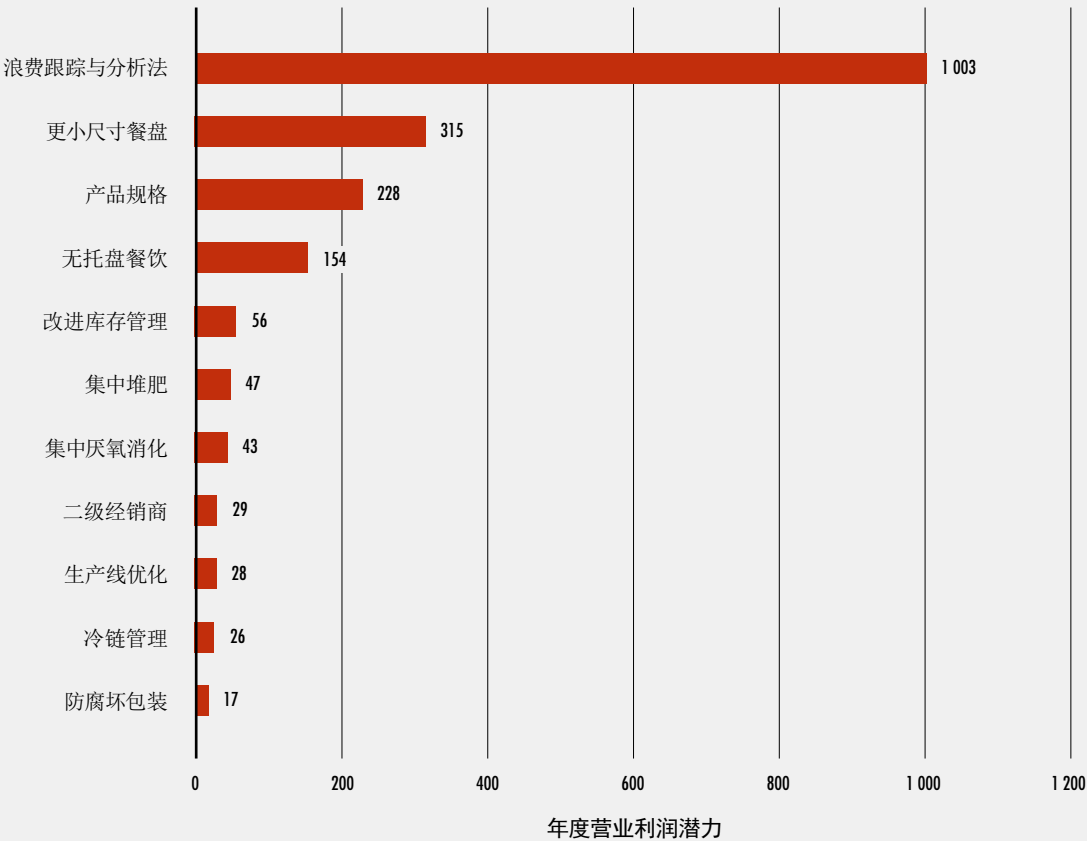
插文 16
减少粮食损失和浪费的商业论证：反思粮食浪费组织的研究

反思粮食浪费组织分析了27个针对美国粮食损失和浪费问题的解决方案，并将其分为三类：预防、回收（再分配）和循环利用。据估计，通过实施九项预防解决方案和两项循环利用解决方案，企业每年的利润有望增加19亿美元。其中，包括餐馆在内的食品服务提供商将获得16亿美元。

大部分的利润机会来自于废弃物追踪和分析，反映了当前食品采购和制备的操作效率低

下。餐馆未能采用报告中所确定的解决方案的原因之一是员工培训方面的差距，而造成这种差距的原因是较高的人员流动率以及食品安全和质量等具有竞争性的优先重点。其他有前景的策略包括在食品服务网点使用更小的盘子，在食品制备过程中使用瑕疵农产品，将瑕疵农产品作为新的产品线进行销售。

粮食浪费某些解决方案的预计年度整体经济商业利润潜力（百万美元）



资料来源：反思粮食浪费，2016，第23页。¹⁰

» 减少粮食损失和浪费的经济论证超越了商业论证的范围，将整个社会的收益包含在内，而私营部门利益相关者未必会考虑到这一点。这个更广泛的论证基于三个方面，减少成果可以通过这三个方面促进社会福祉。首先，减少损失和浪费可以提高生产率，从而促进经济增长。这种经济增长不仅有益于私营部门行动方，而且有益于整个社会。第二，减少损失和浪费可以改善粮食最不安全人口的粮食安全或营养状况。第三，在温室气体排放和土地及水资源所受压力方面，减少行动可以有助于减轻粮食损失和浪费对环境的负面影响。本章重点关注经济论证的第一个支柱，并探讨减少粮食损失和浪费的行动如何为社会带来积极的经济成果。第4章和第5章的重点是另外两个关于减少行动的主要论点，即改善粮食安全和营养以及环境可持续性。

减少粮食损失和浪费的更广泛经济论证的另一个论点是，诸如采用改进的粮食再分配方式等减少行动可以有助于间接创造就业机会。2014年，马萨诸塞州修改了现行的废弃物禁令——《商业食品废弃物丢弃禁令》，将食品添加到禁止丢弃的材料清单中。根据修改后的法规，食品企业和机构每周不得丢弃超过一吨的商业有机材料。任何超过这一限度的废弃物都必须被转移，例如捐赠给慈善机构，或将其送出，通过堆肥或厌氧消化制成动物饲料。可能是由于新法规的出台，2010至2016年间，食物救助组织和有机废弃物行业都实现了快速发展，就业岗位数量大幅增加。普通食物救助组织每年收到的食物量从2010年的37吨增至2015年的193吨。食物救助组织的发展每年为国家和地方带来超过46万美元的税收。¹¹值得一提的是，禁令经济影响分析的一个局限性是，在基准年（2010）过后四年，禁令才经过

修订，将食品废弃物包含在内，因此结果可能估计过高。

对整个社会因减少粮食损失和浪费而获得的经济收益进行量化

到目前为止，对粮食损失和浪费的成本进行量化的尝试（如废弃物与资源行动计划的研究）主要是基于按照粮食价格（批发或零售）对粮食的损失或浪费量进行的计算。这可能会错误地传递这样的信息：减少的粮食损失和浪费将自动转化为同样数量的社会收益。¹²⁻¹⁴虽然按照价格进行的估算确实有效地表明了粮食损失和浪费问题的严重性，但没有考虑到价格信号在整个粮食供应链或更广泛的国家和全球经济中的传导方式，以及其中的分配效应。此外，大量文献在不考虑成本的情况下研究了干预措施在减少粮食损失和浪费方面的影响。ⁿ成本效益分析应考虑到这些成本。¹⁵⁻¹⁷一般而言，估算减少粮食损失和浪费行动的成本，包括具体的、可确定的投资，似乎比估算其效益更容易。²

在分析减少粮食损失和浪费的经济收益时，应考虑到一种现实状况，即承担此类行动成本的人不一定是享受效益的人。供应商和消费者是自愿采取措施减少粮食损失和浪费，还是这些措施通过立法得以施行，可以表明谁是减少粮食损失和浪费的赢家或输家。²原因在于如果效益大于成本，利益相关者将自愿减少粮食损失和浪费。在缺乏商业论证的情况下，可以通过法规强制执行。例如，要求零售商修改产品标签以减少粮食浪费的立法（通过更好地使用“最佳食用期至”或“保质期至”等术

ⁿ 如Rutten和Kavallar。¹⁵

语)可以帮助消费者避免浪费,从而使其受益。然而,零售商要承担更改标签的成本。另一方面,如果减少粮食损失或浪费的措施是自愿性的,它们很可能给粮食经营者带来净收益。因此,如果效益(包括销售以前滞销的产品以及获得更高的声誉所带来的收益)超过了运输和分销额外产品的成本,为了减少浪费,零售商可能会决定将瑕疵农产品作为一种新的产品线进行销售(往往被称为“品相较差”的水果和蔬菜)。此外,供应商还可以通过高效交易防止产生农产品损失,并改善消费者获得安全和可负担食物的途径。这也为粮食供应商提供了机会,以销售那些一般不在产地消费的产品。¹⁸

“反思粮食浪费”组织为美国进行的一项详尽研究发现,具有可观经济价值以及对企业而言有利可图的解决方案可以减少约200万吨的损失和浪费。据该组织估计,这一数量占在实施减少行动之前运往垃圾填埋场或焚烧厂的食物总量的4%。然而,该组织对减少行动的更广泛成本效益分析表明,多达20%的粮食损失和浪费是可以避免的(见**插文17**)。

这项研究的结果不能在各国推广,而且分析时可能没有考虑到某些解决方案。尽管如此,这项研究的结果表明,私营部门利益相关者仅仅基于商业考虑而采取的行动不太可能解决粮食损失和浪费问题。即使认识到更广泛的经济效益(不考虑减少损失对创造就业、粮食安全或环境的影响,见**插文18**),大幅度减少似乎也不太可能。因此,公共部门可通过投资、税收、补贴或法规,在实现可持续发展目标12.3方面发挥重要作用。■

减少粮食损失和浪费的赢家和输家

根据针对的粮食损失或浪费类型,减少行动可能取决于不同的行动方。那些承担减少行动成本的行动方不一定是享受效益的行动方。事实上,减少行动对农民、加工商、分销商、零售商和消费者的影响取决于对价格的影响如何在整个粮食供应链中进行传导。有些行动方可能会受益,而另一些可能会承受损失。

如本章开头所述,通过减少粮食损失来提高生产率的粮食供应商可能会看到利润增长。减少粮食损失意味着使用相同数量的资源生产出更多的粮食,而与处理相关的成本则下降。然而,增加的粮食供应可能导致价格下降,这将抵消销售增加的积极影响。对总利润的净效应主要取决于价格的灵活性、供给和需求的价格弹性以及价格影响如何从粮食供应链的一个阶段传导到下一个阶段。

减少粮食浪费的消费者可以将省下的钱花在其他领域。如果供应商减少粮食损失使消费者购买的粮食更便宜,那么消费者可能会受益于有效收入的增加(食物支出以外的收入),或者一种现实状况,即他们现在可以用同样数量的钱购买更多的食物。然而,由于粮食损失减少而提高的生产率可能会减少对劳动力的需求并压低工资,这将有悖于粮食价格下降对家庭收入的积极影响。粮食价格与工资水平降低对家庭收入产生的综合净效应主要取决于劳动力在总体生产成本当中的比例、工资的灵活性、家庭成员就业的部门、食物支出在家庭总支出中的比例以及供给和需求的价格弹性。值得注意的是,随着粮食价 »

插文 17
对减少粮食损失和浪费的经济收益进行量化：反思粮食浪费组织的研究

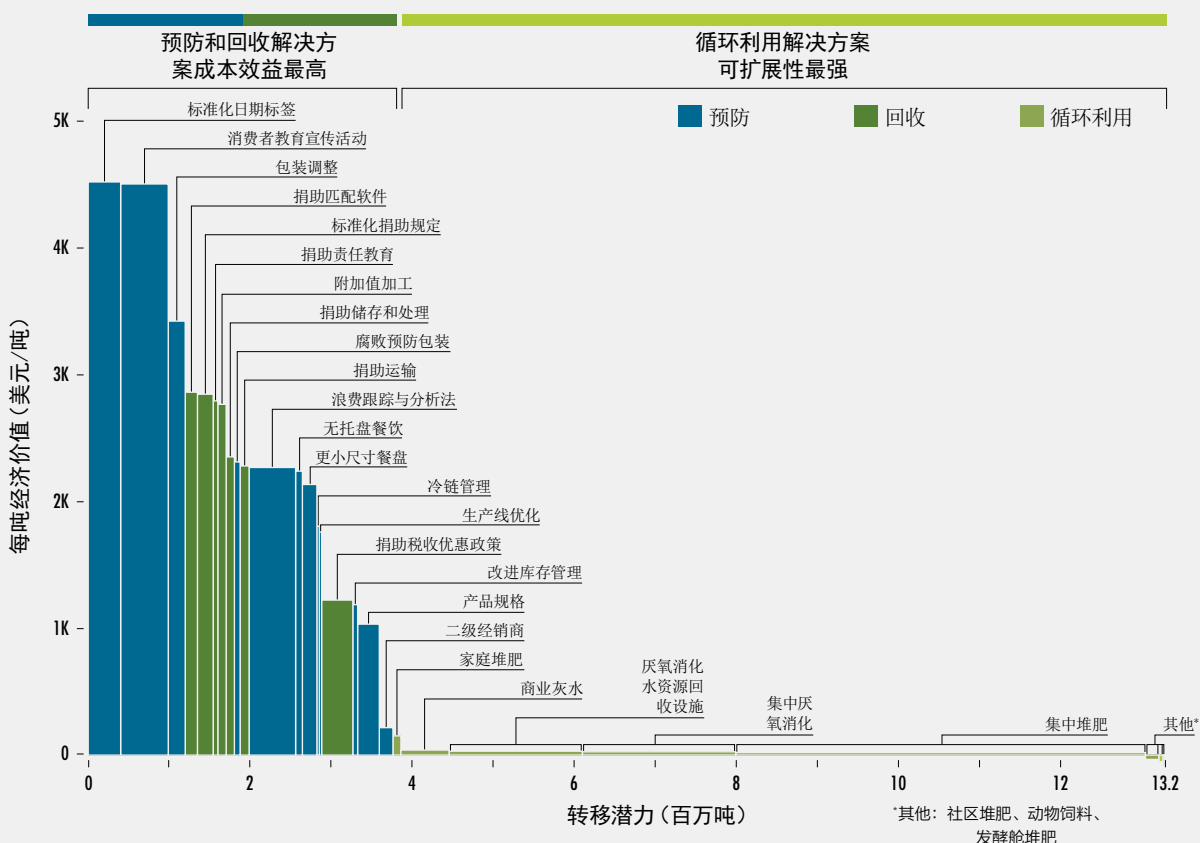
反思粮食浪费组织最近的一项研究（另见插文16）分析了27项减少粮食损失和浪费的措施对企业的商业价值和对其社会的经济价值。此处经济价值被定义为社会总体经济效益（消费者、企业、政府和其他利益相关者）减去十年内所有投资和成本的差额。

值得注意的是，反思粮食浪费组织采用的经济价值定义包括社会所有行动方享有的经济效益，不包括减少粮食损失和浪费对社会产生的非经济影响。具体而言，该研究中未考虑的非经济效益涉及粮食安全（回收的膳食）、创造就业和环境收益（减少温室气体和节约用水）。

图中以美元为单位显示了减少粮食浪费方面每吨的边际减排成本曲线。条形的宽度代表每一种解决方案的年度转移潜力，以减少的浪费量吨数来衡量。

研究发现，选定的27项解决方案有可能在十年内产生1000亿美元的效益，远远高于同期约190亿美元的商业利润（见插文16）。预防解决方案占其中的75%以上；23%来自回收，2%来自循环利用。预防和回收解决方案通常能带来更大的每吨经济价值，而循环利用解决方案有可能使大量损失或浪费的粮食得到转移。

美国减少粮食浪费的边际成本曲线



资料来源：反思粮食浪费，2016，第20页。¹⁰

插文 17 (续)

每吨经济价值最大的解决方案是标准化日期标注、消费者教育运动和包装调整，所有这些措施都以预防为目的，而不是转移用途。同时，集中堆肥和厌氧消化在转移量上具有最大的潜力（这些措施每年可减少950万吨废弃物，接近全部潜力的四分之三），但每吨的经济价值较低。预防解决方案所产生的净经济价值一般较高，这反映了这样一个事实，即这些解决方案通常需要相对较低的投资，而大多数集中循环利用解决方案则需要在运输和加工基础设施方面进行大量投资。此外，这些效益反映了食物和食物废弃物的价值。

因此，预防解决方案的经济价值高于循环利用解决方案，前者体现的是可食食物的价值，其平均零售价值为每吨5000美元，而后者体现的是食物残渣的价值，其平均价值为每吨不足100美元。

反思粮食浪费组织的这项研究发现，那些可能为社会创造最大经济价值的解决方案，不一定能为企业带来最大的经济效益。同样，对企业最具吸引力的解决方案，如废弃物追踪和分析、在食品服务网点使用较小的盘子、使用和销售瑕疵农产品（见插文16），也不能为社会创造最大的价值。

- » 格的降低，促使消费者避免浪费的激励措施可能会减弱。

在发展中国家，粮食供应链的供给则损失了大量粮食。2013年针对北非和近东的一项案例研究显示，减少初级生产者粮食损失的行动降低了单位生产成本，增加了粮食供应。生产效率的提高导致国内价格下降，这使得家庭能够以相同数量的钱购买更多的粮食，从而提高粮食消费水平并降低依赖性，因此降低对世界粮食市场变化的脆弱性。然而，初级生产效率的提高意味着生产相同产出所需的劳动力减少，因而导致就业和名义工资下降。总体而言，这些影响的综合净效应是改善家庭粮食安全和减少农村贫困，因为粮食价格下降对家庭购买力的正面影响超过了名义工资下降的负面影响。¹⁵

在发达国家，有证据表明，粮食损失或浪费主要发生在粮食供应链的零售和消费阶段，减少粮食浪费是政策议程的重要内容。减少粮

食损失和浪费的行动通常致力于鼓励消费者购买较少的粮食，从而减少浪费。^{23、24}如果消费者的食物支出下降意味着供应商的销售量减少，或者产品价格降低，那么消费者获得的社会收益可能会被供应商利润的下降所抵消。此外，消费者可能决定将减少产品a的浪费所省下的钱用于购买更多的产品b或更高质量的产品a（消费升级），在这种情况下，产品b或更高质量产品a供应商的收益与产品a供应商的损失之间存在权衡取舍。^{25、26}事实上，废弃物与资源行动计划的一项研究发现，尽管消费者对粮食浪费的意识增强导致销售量下降，但销售收入保持稳定，这表明消费者转而购买价格更高的食品。²²

总之，政策制定者不仅应该针对公共和私有资金方面的成本权衡减少粮食损失和浪费行动的潜在效益，而且应该考虑这些行动对粮食供应链各个行动方的利润和福祉所造成的分配影响。■

公共部门对减少粮食损失和浪费的干预

公共干预的理由

政府干预的理由是双重的，其目的是影响个体供应商和消费者对粮食损失和浪费所作的决定。

首先，上一节提出，针对私营部门利益相关者减少粮食损失或浪费的激励措施可能是薄弱的。即使在减少粮食损失或浪费的商业论证十分明确的情况下，个体利益相关者可能因为资金限制而无法采取必要的行动。除非公共部门介入并调整对个体供应商和消费者的激励措施，或帮助他们克服这些限制因素，否则减少粮食损失和浪费以提高生产率或创造就业机会的潜力就会丧失，整个社会就会蒙受损失。⁹“反思粮食浪费”组织的研究提供了一个例子，说明仅依靠商业论证来全面解决粮食损失和浪费问题在美国是不太可能成功的。¹⁰

第二，个体供应商或消费者关于粮食损失和浪费的决定对更广泛的社会具有这些个体行动方没有考虑到的负面影响（即负外部性，另见第1章）。事实上，虽然就实现利润或福祉最大化而言，损失或浪费一定量的粮食对个体供应商或消费者来说是有意义的，但他们可能会忽视这样的事实，即他们的决定会对整个社会的福祉产生负面影响。换言之，从个体角度来看，最理想的状况可能与整个社会的最大利益相矛盾。个体行动方粮食损失和浪费决策的负外部性可能很严重，尤其是在粮食安全和环境

可持续性方面，因此为公共干预提供了强有力的理由，而这两个方面将在第4章和第5章中分别阐述。

在个体激励与社会福祉之间存在矛盾的情况下，需要采取公共干预措施，使个体行动方确信减少粮食损失或浪费能够给他们带来收益（说服），或调整这些激励措施。

可能需要公共干预的另一个方面是性别失衡，这可能影响粮食损失和浪费。如果女性因性别歧视而在获得和控制所需资源方面受到限制，她们在减少粮食损失和浪费方面的动力和（或）可能性可能微乎其微。这可能会对整个粮食供应链的效率产生负面影响。事实上，尽管农村女性在粮食供应链中发挥着重要作用，但她们在获得基本生产资源、服务和信息以及参与可能减少粮食损失和浪费的决策等方面往往面临具体的限制。²³例如，农村女性在合作社和农民组织中的参与程度往往低于男性。因此，这些女性获得加工设施、改良技术和市场的机会有限，这导致更多的粮食损失。

在减少粮食损失和浪费方面的公共干预也可以纳入更广泛的发展议程。例如，在粮食不安全或食物不足程度很高的发展中国家，减少粮食损失和浪费很可能被视为改善粮食安全和营养的一种手段。如果造成粮食损失和浪费的原因是缺乏基础设施（如道路质量差）或公共服务（如电力供应不稳定），可通过改善基础设施或服务来减少粮食损失和浪费的政府干预措施纳入更广泛的发展战略。这一战略将有助于创造有利的环境，鼓励私营部门利益相关者投资于减少粮食损失和浪费的行动。⁷导致粮食损失和浪费的市场失灵也可能需要公共干预。例如，运转不良的信贷市场可能意味着农

⁹ 鉴于研究、开发和采用减少粮食损失或浪费的新技术的前期成本很高，政府支持至关重要，特别是在早期阶段。

插文 18

“爱惜粮食、反对浪费”运动

2007年，英国在全国范围内发起了一项减少家庭粮食浪费的倡议。在五年内，英国的粮食浪费减少了21%。该倡议的基础是废弃物与资源行动计划组织的涵盖广播、电视、平面和网络媒体的“爱惜粮食、反对浪费”运动。这项运动使消费者认识到他们浪费了多少粮食，这将如何影响他们的家庭预算，他们能够为此做些什么。该倡议与食品制造商和零售商合作，共同促进创新，如可重复密封包装、共享膳食规划和食品储存技巧。

据估计，在这五年中，英国政府机构、地方主管部门、食品制造商和零售商总共承担了2600万英镑的实施成本。由于通过防止粮食浪费而节省的开支估计达到65亿英镑，家庭成为最大的受益者。地方主管部门也节省了8600万英镑的食品废弃物处理成本。私营部门获得的利益是产品货架期延长，产品损失减少。虽然家庭消费开始更加高效，企业也可能经历了食品销量的下降，但它们表示，诸如消费者关系得到强化等非经济效益抵消了成本。¹

民无法获得资金来采用减少损失的生产技术；作为唯一潜在买家的买方滥用市场权力，可能会压低支付给农民的价格，从而降低农民防止损失的积极性。

值得注意的是，在发达国家适用的粮食损失和浪费解决方案不一定是发展中国家的最佳解决方案。在发达国家，据悉大部分粮食浪费发生在粮食供应链的零售和消费阶段，而在发展中国家，粮食损失主要发生在供应链的早期阶段。^{19、20}因此，“反思粮食浪费”组织的研究中确定的解决方案就恰当地重点关注粮食供应链面向消费者的方面：零售商和食品服务提供商。¹⁰在发展中国家，收获后损失在粮食损失和浪费总量中占重要份额，推广改进的种植和收获后技术和做法的行动可能会更有效地减少粮食损失方面。

说服利益相关者接受现有的商业论证：机会与限制

个体供应商或消费者可能没有充分认识到他们损失或浪费了多少粮食、导致粮食损失或浪费的原因、他们受到的影响或减少粮食损失和浪费的具体效益和成本。虽然粮食供应链中某个行动方的决策可能会影响供应链上游或下游的资源使用，但个体参与者通常只对其他行动方的决策有部分了解。因此，他们的决策基于有限的信息，很可能无法实现利润或福祉的最大化。调查显示，加工商往往没有认识到自身的粮食损失程度，而消费者总是低估自身的粮食浪费量。²⁴在这种情况下，向粮食供应链行动方提供信息可以使他们确信减少粮食损失和浪费的商业论证。

提高对粮食损失和浪费的认识可能构成公共部门的一项重要战略，以便说服粮食供

插文 19 提供信息和培训：卢旺达番茄和牛奶案例

粮农组织采用插文12章描述的方法，对卢旺达的两条番茄供应链和一条牛奶供应链进行了收获后损失分析。在番茄供应链中，关键损失点包括分拣、分级、储存和运输，这些阶段出现了30.3%的农产品损失。在牛奶供应链中，估计损失达36.5%，主要发生在农场、储存和运输等环节。²⁵

在收获后处理和使用适当设备方面的培训可以减少这些供应链中的严重损失，从而减轻对粮食安全和生产者收入的负面影响。虽然随后的成本效益分析发现，所有建议的培训方法对农民来说都是有利可图的，但它们之间的盈利能力存在差异。在这两个番茄供应链中，在适当的处理方式和适当的储存设施方面对农民进行培训的效益成本比率最高（从4.7:1到1.9:1）。对牛奶

供应链而言，最有利可图的解决方案是在适当地收集、储存和运输牛奶方面对交易商进行培训（效益成本比率为2.1:1）。²⁵

由于这些都是关于培训影响的预先估计，所以在分析时应注意几点。其中包括进行分析时考虑利益相关者承担的所有成本的程度，以及估计减少的损失是否会真正实现。尽管如此，卢旺达的案例突出表明，干预措施的成本效益分析如何能够提供深入见解，以便抓住机会，为各个商品以及供应链各个阶段确定最有效的减少粮食损失和浪费战略。本案例研究还阐明了进行严谨的成本效益分析的重要性和挑战性。该分析应分别阐述项目产生的社会成本和效益，以及决定干预范围之外采用情况的私营部门效益和成本。

供应链利益相关者减少自身的粮食损失和浪费。在英国，致力于资源可持续性的非政府组织“废弃物与资源行动计划”开展了“爱惜粮食、反对浪费”认识提高运动，促使家庭粮食浪费量在2007–2012年间减少了21%（见插文18）。同样，丹麦的认识提高运动（由私营非政府组织“停止浪费粮食运动”牵头）促使粮食浪费量在2010–2015年间减少了25%（另见第6章）。

促进减少粮食损失和浪费的公众认识运动能够吸引政策制定者的一个原因是，相对于经济效益，这些运动通常只需要较低的成本。粮农组织最近关于卢旺达番茄和牛奶供应链的一项研究也支持了这一前提（插文19）。该研究

表明，培训农民可以帮助他们避免粮食损失，而公共部门为此付出的成本相对较低。²⁵

说服行动方接受减少粮食损失和浪费的现有商业论证是一个具有吸引力的选择，因为通过提高私营部门利益相关者的关注度，可以利用有限的资金取得成果。然而，本章所述的更广泛研究，如反思粮食浪费组织（插文16和17）和废弃物与资源行动计划（插文18）的研究表明，仅依靠现有的商业论证只能提供部分解决方案。废弃物与资源行动计划的倡议成就斐然，在特定时期内使粮食浪费量减少了21%，但并没有解决近80%的问题。此外，反思粮食浪费组织在美国进行的研究发现，商业论证情境下的干预措施只能解决目前送至垃圾填埋场

或焚烧厂的食物总量的4%。这些研究的结果表明，私营部门行动方仅仅基于商业考虑而采取的行动不太可能解决粮食损失和浪费问题。因此，可能有必要改变经济和法律环境，以便私营部门行动方就粮食损失和浪费进行决策。

改变粮食损失和浪费决策环境：投资、激励和监管

政府可以使供应商和消费者认识到任何减少成果所带来的效益（进行商业论证），从而致力于减少粮食损失和浪费。政府可以通过调整减少粮食损失和浪费的激励措施（改变商业论证）发挥重要作用。政府还可以通过超越商业论证的方式，着手于粮食损失和浪费的间接驱动因素，从而做出重大贡献。这一点尤其重要，因为投资于减少粮食损失和浪费的前期成本可能非常巨大，可能会阻碍一些小农企业的参与。

影响减少粮食损失和浪费决策的其他方式可以包括改善公共服务和基础设施（例如通过公私伙伴关系）；颁布影响个体行动方的粮食损失和浪费决策的法规；通过减税、补贴或免税来提供减少行动的财政激励措施。例如，美国政府在2015年修订了《税收改革法案》，以加强对食物捐赠的税收减免，并将其永久性地扩展至所有企业，为食物回收提供了更强有力的商业论证。^{10、26}

如第1章所述，公共产品和服务的质量影响着粮食供应链行动方关于粮食损失和浪费的决策。然而，鉴于公共产品的性质，私营部门行动方不会承担提供这些产品的全部成本。这正是公私伙伴关系（定义为至少涉及一个公共部门行动方和一个私营部门行动方的合作方式）可以发挥作用的领域（见插文20）。²⁷

随着公众对粮食损失和浪费的认识不断提高，政府可能会颁布法规来解决这一问题。2015年，法国制定了一项解决粮食浪费问题的宏大国家战略。其中要求，自2016年起，面积在400平方米及以上的超市禁止丢弃食品，并且必须签署协议，将废弃食品捐赠给慈善机构。根据这项国家战略采取的其他措施包括减少学校的粮食浪费，要求食品企业在其社会和环境报告中包含有关食品损失的数据。²⁹

捐助者在促进低收入国家减少粮食损失和浪费方面发挥了关键作用。例如，在撒哈拉以南非洲，比尔及梅琳达·盖茨基金会、洛克菲勒基金会、美国国际开发署、英国援助、世界银行、粮农组织等机构已经投资于减少损失技术的早期开发，例如用于谷物储存的密封袋、用于运输番茄的改良板条箱以及更好的鱼类加工技术。^{6、30} ■

结论

本报告认为，从理论上讲，粮食供应链中的行动方做出理性决策，以实现其利润（供应商）或福祉（消费者）的最大化，其中包括关于他们能够容忍的粮食损失或浪费水平的决策。换言之，只有在减少粮食损失和浪费行动的效益大于成本时，理性的行动方才会有为实现减少作出努力。因此，一定程度的粮食损失或浪费是不可避免的。

然而，未能充分了解自身以及粮食供应链中其他行动方的粮食损失和浪费决策，可能会妨碍行动方对粮食损失或浪费的最佳水平作出完全合理的决策。这将导致供应链效率或消费者福祉的下降。公共干预可以使供应商和消费者确信减少粮食损失和浪费的商业论证，或者 »

插文 20
亚太经合组织国家减少粮食损失和浪费的公私伙伴关系

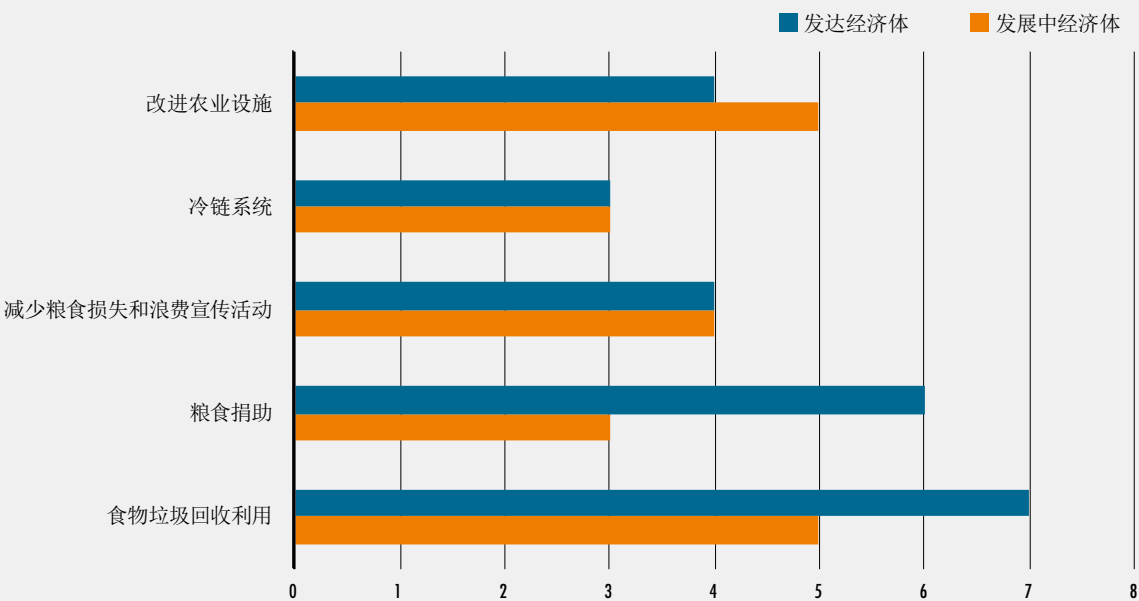
亚洲太平洋经济合作组织（亚太经合组织）国家对一项多年项目（加强公私合作伙伴关系，减少供应链粮食损失）框架下的减少粮食损失和浪费公私伙伴关系进行的调查发现，大多数亚太经合组织国家创造了若干类型的公私伙伴关系。三分之二的亚太经合组织成员政府以贷款、保险或赠款的形式向企业或非营利组织提供公共资金支持，以实施减少粮食损失或浪费的措施，使之成为最广泛使用的伙伴关系形式。其他类型的公私伙伴关系包括涉及公共和私人股本的合资企业；与政策制定和规划有关的协商伙伴关系；涉及对私营实体的金融及专业服务进行政府采购的合同伙伴关系；综合上述两种及以上的多功能伙伴关系。

资料来源：亚太经合组织，2018²⁷。

该图显示，在发达经济体和发展中经济体中，大多数公私伙伴关系的重点都是食品废弃物的循环利用。食物捐赠居第二位，三分之二的干预措施发生在发达经济体。第三是农业设施管理，主要在发展中经济体实施。数量最少的公私伙伴关系致力于改进冷链系统。

亚太经合组织成员认为，知识共享、改进政策和项目绩效是公私伙伴关系最重要的优势。所有国家一致认为，公私伙伴关系能够节约资源并促进利益相关者之间的联系。一些国家强调，将多个利益相关者联系起来可以提高数据质量。亚太经合组织发展中成员经济体强烈建议，未来的公私伙伴关系应侧重农业设施管理和冷链系统。

亚太经合组织国家公私伙伴关系对减少粮食损失和浪费的干预措施类型（伙伴关系数量）



注：在亚太经合组织的21个成员经济体中，2018年调查涵盖了八个发达经济体（澳大利亚、加拿大、中国香港特区、日本、新西兰、新加坡、中国台湾省、美国）和七个发展中经济体（智利、中国、马来西亚、巴布亚新几内亚、秘鲁、菲律宾、越南）。所涵盖的时期：调查问题中未指明。根据国际货币基金组织的分类，经济体被划分为“发达”或“发展中”。²⁸
资料来源：亚太经合组织，2018，图8²⁷。

» 使他们能够克服资金或其他障碍，就粮食损失和浪费作出决策，从而实现利润或福祉的最大化。本章提出的案例研究表明，大幅度减少粮食损失或浪费确实需要公共干预。

从超越商业论证的角度来看，减少行动将为整个社会带来收益，而私营部门利益相关者不一定考虑到这些收益。这种更广泛的经济论证为减少粮食损失和浪费方面的公共干预提供了理由，并建立在促进社会福祉的三大支柱之上：提高整个粮食供应链的生产率或创造就业；改善最脆弱人口的粮食安全或营养状况；在温室气体排放和土地及水资源所受压力方面，减轻粮食损失和浪费对环境的负面影响。

旨在减少粮食损失和浪费的公共干预可以纳入更广泛的发展议程。事实上，改进私营部门利益相关者减少行动商业论证的公共政策

（例如，改善道路基础设施或调整信贷市场的失灵）可能产生的影响不仅涉及减少粮食损失或浪费，而且有助于整体经济发展。同时，直接针对更广泛的发展目标而不是减少粮食损失和浪费的政策，可能会产生改进粮食供应链中私营部门行动方减少行动商业论证的必然效应。这些问题将在本报告的最后一章中阐述。

减少粮食损失和浪费的行动提高粮食供应链效率的程度，以及减少行动在粮食安全和环境可持续性方面为整个社会带来的效益，可引导政策制定者确定将多少公共资金专门用于这一目标。然而，在实践中很难对这些影响进行量化和比较。因此，后面两章将探讨减少粮食损失和浪费在何种程度上有助于解决粮食安全和营养（第四章）以及环境可持续性（第5章）相关问题。■



墨西哥

一名妇女在圣洛伦索村的家里做玉米饼。

©Alex Webb/Magnum
Photos 为粮农组织提供



第4章

粮食损失和浪费及其对粮食安全和营养的影响

重要信息

1 减少粮食损失或浪费，可以改善粮食不安全群体的粮食安全和营养状况，并因这些群体所处的地理位置和减少措施所处的环节而异。不过，不能保证对粮食安全产生正面影响，某些情况下，可能会对农民等一些群体产生负面影响。

2 需要一定程度的粮食损失和浪费，作为确保稳定的粮食可供量和获取的缓冲，特别是在膳食转向富含营养素、极易变质的食品的情况下。

3 在面临严重粮食不安全的国家，减少供应链前期环节（特别是农场）的粮食损失，很有可能最大限度改善粮食安全。

4 减少价值链后续环节的损失或浪费，可以增加消费者获取粮食的机会，但可能在收入和粮食安全方面，让农民的生活每况愈下。

5 高收入国家减少粮食损失或浪费，对总体粮食安全的影响有限。不过，食物回收和再分配计划，可以增加获取粮食的机会，并改善粮食不安全人群的膳食。

粮食损失和浪费及其对粮食安全和营养的影响

消除饥饿和营养不良载于可持续发展目标2“消除饥饿，实现粮食安全，改善营养状况和促进可持续农业”的具体目标2.1和2.2。但近几年来，世界饥饿人数连年上升。¹⁻³

通常认为，减少粮食损失和浪费，必然有助于减少世界饥饿并改善粮食安全。⁴⁻⁷也有可能提高食品的安全和营养质量，特别是在很多人遭受饥饿和营养不良的国家。^{4、8、2}

不过，粮食损失或浪费的减少影响粮食安全和营养的渠道是复杂的，是依据情况而定的，需要仔细分析。影响取决于如何及在哪个环节减少粮食损失或浪费，以及营养弱势人口所处位置。减少粮食损失或浪费，不一定可以改善粮食安全和营养；某些情况下，甚至可能产生负面影响。此外，需要一定程度的粮食损失和浪费，作为抗衡价格冲击和天气变异的缓冲，从而确保所有人始终都能获取足够的食物。

本章首先讨论了粮食损失和浪费与粮食安全不同层面的关系。然后，基于特定背景下对各种减少措施的成本效益分析，本章审查了损失或浪费的减少能在多大程度上改善粮食安全和营养。最后，本章讨论了干预行动的位置对粮食安全影响的重要性，以及国家收入水平对决定适当干预战略的相关性。■

粮食损失和浪费及其与粮食安全和营养的联系

众所周知，减少粮食损失或浪费，可以通过粮食安全的四个层面改善粮食安全和营养，即粮食的可供性、粮食在经济和实物方面的可供量、粮食的利用、粮食供应和价格的长期稳定性（这些概念的定义见插文21）。⁹其中一些层面可能相互交叠，举例来说，如果粮食最初没有供给，那就不可能被获取。

粮食损失和浪费与粮食安全和营养的关系比通常认为的更复杂。图11说明了粮食损失和浪费程度的减少或增加与上述四个层面的潜在相互作用，从理论上说，这些层面或改善，或恶化。图左侧代表粮食损失和浪费减少的场景（情景A），右侧描绘损失或浪费增加的情形（情景B）。图最右侧和最左侧的箭头分别表示粮食损失和浪费的减少（或增加）在理论上可能对粮食安全每个层面产生的正面和负面影响。其中一些相互作用可能是因粮食损失和浪费减少（或增加）而造成的直接影响，另一些则可能是次生影响，而净影响则成为了一个实证问题，并且可能只有在一个整体经济框架中才能解决这个问题，其中需要适当反映供给侧和需求侧对价格变化的反应，从而估算净影响。例如，减少粮食损失和浪费，可能使更多粮食立即可获，从而使粮价下降。反过来，可

插文 21

粮食安全：重要定义

粮食安全 — 所有人始终都有获取充足、安全和营养的食物的物质、社会和经济手段，从而满足膳食需要和食物偏好，过上积极健康的生活。照此定义，可以确定粮食安全的四个纬度：

- ▶ **可供量** — 涉及食物是否实际或可能以物质形式存在，包括生产、粮食储备、市场和运输以及野生食物的方方面面。
- ▶ **获取** — 如果食物实际或可能以物质形式存在，接下来的问题是，家庭和个人能否充分获取这种食物。
- ▶ **利用** — 如果可以获取食物，并且家庭能够充分

获取食物，接下来的问题是，家庭是否最大限度摄入足够的营养和能量。个人充足的能量和营养素摄入，源于良好的照料和喂养方法、食物制备、膳食多样性和家庭内部食物分配。这与所食食物良好的生物利用一起，综合决定了个人的营养状况。

- ▶ **稳定性** — 如果可供量、获取和利用纬度得到充分满足，稳定性是整个系统稳定的条件，从而确保家庭始终具备粮食安全。稳定性问题可能涉及短期不稳定（可能导致重度粮食不安全）或中长期不稳定（可能导致长期粮食不安全）。气候、经济、社会和政治因素都有可能造成不稳定。

资料来源：粮农组织等，2018²。

能使生产者减少供应，而在整体经济环境下，消费者可以很好地对这种变化作出反应。图11表明了潜在影响，但经历的实际影响则视情况而定。此外，由于无法在一张图中囊括粮食损失和浪费的所有潜在整体经济影响，图11只能记录部分影响。最终如何产生后续影响，则是一个实证问题。

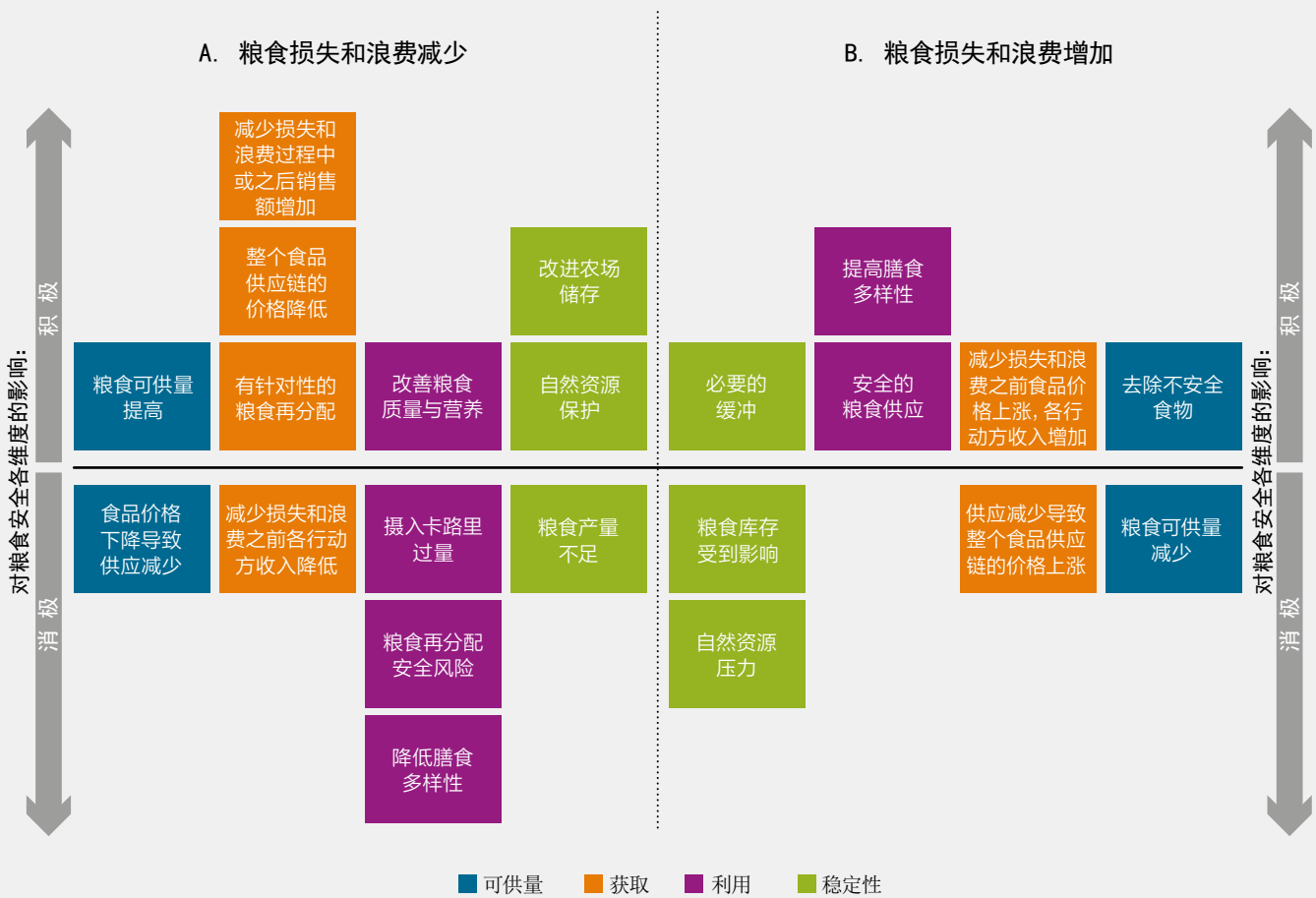
以下各节审议了粮食损失和浪费与上述粮食安全层面的理论联系。每一节都聚焦粮食安

全的一个层面，但也酌情突出与其他层面的联系。

粮食的可供量

通常认为，损失或浪费的粮食越少（图11情景A），可获的粮食就越多，从而可以改善粮食安全和营养（见上半部分蓝框）。然而，改善的效果取决于在哪个供应链环节及在哪个地理位置减少粮食损失或浪费，以及存在粮食不安全的主要地区。

图 11
粮食损失和浪费与粮食安全各维度之间的潜在相互作用



资料来源：粮农组织。

例如，高收入国家的消费者减少粮食浪费量，不一定意味着偏远低收入国家的贫困家庭就可以获取更多粮食。自足型或半自足型农民消费了全部或相当一部分自家产量。因此，减少农场损失，很有可能改善他们的粮食安全状况，例如，让他们能够贮粮以备农荒时期消费。同时，减少市售粮食的损失，可以提高农户以外群体的粮食可供量。⁹对于高度依赖粮

食进口的粮食安全国家，减少粮食损失和浪费被视为一项保证本国粮食供应的战略。¹⁰

图11A下方象限蓝框表明，减少粮食损失和浪费，也可能对粮食可供量产生负面影响。事实上，减少损失或浪费，从而提高粮食可供量，可能使粮价下跌。这可能会对供应产生负面影响，从而不利于最初提高的粮食可供量。净

影响是一个取决于若干因素的实证问题，包括供需的价格弹性、供应链价格传导的强度以及减少措施的财务成本效益分析。

尽管出于安全原因丢弃食物的做法减少了粮食的可获量，但也提高了剩余粮食供应的质量，从而预防了对营养产生不利影响的疾病，并有助于避免不利的贸易影响。因此，图11B认为，食品安全丢弃物是粮食损失和浪费的正面影响，因为可以改善粮食安全和营养。不应食用不安全的食品，并且需要采取积极主动的办法发现这类食品，从而确保食品安全。（有关食品安全的更多讨论，见下文“粮食的利用”。）可以采取提高整条供应链安全性的系统办法部分避免食品安全丢弃物。

粮食的获取

提高粮食的可供量，只是改善粮食安全和营养的第一步。减少损失或浪费后获得的任何额外粮食，也必须在实物和经济上易于弱势人口获取。

图11A横轴上方橙框表明，减少粮食损失和浪费，会对粮食的获取产生正面影响。然而，正如下方象限橙框所示，也可能产生负面影响。损失或浪费的减少对粮食获取产生正面还是负面的净影响，取决于减少措施对价格的影响，后者又相应地取决于减少措施的位置。反过来，这些价格影响如何先后影响家庭的收入和粮食安全状况，取决于家庭的收入来源。

例如，减少损失引起的价格下跌（图11A横轴上方第二个橙框），可以增加消费者获取粮食的机会，但也可能减损商业农户的粮食安全状况，使其产品售价下跌（图11A横轴下方橙框）。另一方面，减少农场损失可以增加农

户的粮食可获量，从而改善半自足型或自足型农民的粮食安全状况。减少供应链个人行为体造成的损失，可以增加个人行为体以及下游行为体的粮食可售量；正如最上方橙框所示，可以增加他们的收入，从而改善他们的粮食安全状况。如果消费者减少浪费，他们可以省钱购买更多或更好的食品。

食物回收和再分配的努力，把原本会损失或浪费的食物转到需要食物的人手中，无论他们处于供应链的哪个环节。¹¹同时，临近最佳食用期或保质期的食品价格打折，能够使临期食品的价格更亲民，从而可以防止临期食品浪费。

粮食的利用

避免整条食品供应链的粮食质量的损失和浪费（例如营养素损失或食品污染），能够确保消费者可以获取更多营养、健康的食品（见图11A上半部分紫框）。

不过，安全和健康的膳食需要一定程度的粮食损失和浪费。事实上，为了确保食品安全，需要丢弃不安全的食品。营养和多样的膳食包括极易变质的食品，例如容易腐败的果蔬和畜产品。图11B两个紫框说明了粮食的利用如何随着粮食损失或浪费的增加而提高。

正如图11A下方象限紫框所示，减少粮食损失或浪费，也可能对粮食安全和营养产生负面影响。例如，再分配食物可以提高粮食的获取，然而，如果不能保证再分配食物的安全性，也可能导致食品安全风险增加。减少粮食损失或浪费，可能缩小膳食多样性，或可能导致过量消费热量和过量摄入饱和脂肪酸。^{12、13}

粮食供应的稳定性

粮食的生产和消费水平因时间而异，因此粮食的贮藏对粮食的稳定性方面发挥了重要作用。就农户而言，改善农场贮藏条件，例如使用金属贮罐，可以减少损失，并使农民能够保住收成，留待当季晚些时候售价上涨，或用于全年家中粮食消费（见图11A减少情景下最上方绿框）。供应链各环节都需要一定程度的过量供应作为缓冲，确保即使产量下滑或消费增长，人们都能获取足够的粮食。⁹维持这类缓冲，难免造成一定数量的粮食损失或浪费（正如图11B最上方绿框所示）。减少这类损失或浪费，可能破坏粮食供应和价格的稳定性，并对粮食安全产生负面影响（图11A下半部分）。⁹

另一方面，粮食损失和浪费也可能对粮食稳定性产生不利影响。例如，贮藏不当造成的损失，无论是在农场，还是在其他地点（例如政府的谷物缓冲库存），都可能威胁粮食供应的稳定性（图11B下半部分）。

生产的粮食最后损失或浪费，对自然资源施加了过大的压力（反过来可能对粮食供应的稳定性构成风险，见图11B下半部分）。■

粮食损失和浪费及其对粮食安全和营养的影响

粮食生产系统的特点决定了粮食的可供量和可负担性，以及食品品种和膳食质量。¹⁴⁻¹⁸因此，粮食损失和浪费与粮食安全、营养和贫困可能密切联系，特别是在低收入国家；不过，个中联系尚未得到充分研究。¹⁹⁻²¹由于缺乏有关粮食损失和浪费影响的可靠、

一致的数据，因此难以进行区域间和国家间的比较。

2007年和2011年，全球粮价暴涨使人担心不断增长的世界人口未来能否为自己提供食物，因此人们对减少粮食损失和浪费的兴趣显著提高。^{22、23}在这两次粮价暴涨后做出的减少粮食损失和浪费的政治承诺中，包括非洲联盟的《马拉博宣言》（见插文22）。

必须铭记，出于一些原因，粮食安全和营养需要一定程度的粮食损失和浪费。表示损失或浪费增加的图11B横轴上方方框说明了这一点。首先，为了保证良好的营养，必须从粮食供应中清除不安全食品（图11B上方蓝框）。其次，正如图11B上半部分绿框所示，为了保证粮食供应和价格的稳定性，必须过量供应可获取和易获取的粮食作为缓冲。目前为止，鲜有研究鉴于多变的粮食生产方式和改变粮食消费习惯的膳食变化，探讨粮食系统的哪些特点能够确保粮食安全的稳定性层面。理解粮食损失和浪费的时候，应结合建立适当缓冲机制的必要性，这类机制应包含一定程度的过量供应，以便应对生产和消费有时非常大的时间和空间变数，⁹同时继续实施一项推销余粮的替代计划。

再次，正如图11B最上方紫框所示，随着各种富含营养素的食品可供量和获取的提高，粮食浪费也会增加。由于一些营养素最密集的食品（营养素含量高但热量较低的食品）货架期较短，粮食安全和营养的利用层面也要求以粮食损失和浪费的视角进行仔细审议。良好的营养需要多样的膳食，包括果蔬和动物源性食品。在美国进行的一项研究发现，膳食质量越高，粮食浪费就越多。²⁵不过，减少可能由维

插文 22

《马拉博宣言》与预防收获后损失

收获后损失会损害整条食品供应链的收入，并可能加剧贫困的农村社区的脆弱性。2014年，非洲联盟通过了《关于加快农业增长和转型、促进共同繁荣和改善生计的马拉博宣言》，根据消除非洲饥饿的承诺，该宣言列出了到2025年将目前收获后损失减半的目标。为此，非洲联盟制定

了《收获后损失管理战略》，该战略结合了整条食品供应链的所有干预行动，旨在减少粮食作物，包括谷物、果蔬和油籽以及畜和渔产品的收获后损失。《收获后损失管理战略》有望提高粮食供应的数量和质量，从而改善粮食安全的可供量、获取、利用和稳定性纬度。²⁴

生素或蛋白质衰减等原因造成的食品质量损失，能够提高消费者的粮食利用（营养）。一些加工方法，例如冷冻，能够防止保存食品的时候损失营养素。²⁶⁻²⁸

本节不限于理论范畴，审视了有关粮食损失和浪费与粮食安全和营养之间理论联系的实证证据。

粮食损失和浪费的减少对粮食可供量和获取的影响

减少整条供应链损失

供应商减少粮食损失，例如采用减少损失的技术，可以降低粮食的均衡价格，并提高粮食的供应量和消费量。这种场景可以提高供应商和消费者的福利（见图11A上半部分）。¹⁹要求供应商即使在没有经济回报的情况下也要减少损失的法规或税收，可能适得其反，也就是说，造成粮食供应量和消费量减少，以及均衡价格上涨。一些研究确认，减少粮食损失或浪费，能够提高粮食的可供

量和获取；然而，影响取决于减少措施的相近性。

一项研究借鉴粮农组织2011年粮食损失和浪费估计数据，审视了减少粮食损失和浪费的市场和贸易影响，估计发展中国家在10年的时间内减少20%的作物损失，可以增加供应并降低价格，从而同时惠及发展中国家和发达国家。例如，这两组国家的养殖户和奶农都会发现饲料投入品成本下降。一些发展中国家将增加饲料出口，另一些则将以更低的价格增加进口。全球大米产量将增加550万吨，同时国际价格将下降近10%。发展中国家间的大米贸易将出现增长。²⁹

一项基于一个整体经济建模框架的研究评估了欧洲联盟（欧盟）减少粮食损失和浪费对撒哈拉以南非洲生产者和消费者的影响。该项研究发现，欧盟减少农业损失意味着，生产者只需更少的投入品，就能生产更多的产量。结果是欧盟粮食供应增加，同时粮价下跌。粮价

的下跌部分传到了海外市场，包括撒哈拉以南非洲，该区域的消费者从价格更亲民的粮食进口中受益。同时，欧盟减少粮食损失对撒哈拉以南非洲生产者的影响有好有坏。他们从用作中间投入品的进口粮食价格下跌中受益，但受到来自较便宜的进口最终食品竞争的负面影响，被迫降低售价。此外，撒哈拉以南非洲对欧盟的出口，必须与欧盟各国价格较低的国产粮食竞争。由于国内外市场的竞争加剧，撒哈拉以南非洲农民的产量不及从前。³⁰一项采用相同建模框架的类似研究发现，欧盟零售商和家庭减少粮食浪费量，对撒哈拉以南非洲粮食安全的远距离影响是正面的，但较小。³¹

通过改善农场贮藏条件减少粮食损失，能够改善农户的粮食安全状况。小农往往被迫在收获后不久卖出所有谷物，原因是传统的贮藏设施不能保证预防有害生物和病原体。这可能迫使他们后来以可能较高的价格回购谷物用于自身消费。在非洲、亚洲和拉丁美洲进行的案例研究证明，使用金属贮罐可以预防谷物贮藏损失，并增强家庭粮食安全。³²一项研究发现，在肯尼亚，使用金属贮罐贮藏玉米的农民，粮食充足供给的时间比不用金属贮罐的农民多1.8个月，从而确保了他们全年粮食消费的稳定性。金属贮罐使农民能够只在必须满足紧急现金需求的情况下才急于卖粮，并在生产以后最长五个月内保住大部分收成。³³因此，正如表示损失减少的图11A最上方绿框所示，改善贮藏条件不仅有助于农场消费，还能够增加农民收入。

对世界粮食计划署“粮食零损失倡议”的影响评价也得出了类似的肯定结论。该项目通过对农民进行收获后处理改良技术方面的培训，并引进给予补贴的密封作物贮藏技术，旨

在减少乌干达收获后作物损失。³⁴使用密封作物袋、塑料贮罐、中号金属贮罐或大号金属贮罐以后，农民的收入出现增长，因为与传统的贮藏方法或根本不贮藏的做法相比，这使其能够在当季晚些时候以更高的价格卖出玉米。粮食安全也有改善，玉米的外部采购期因此缩短了1.5个月，菜豆则缩短了近1个月。由于采用的家庭更多消费了自家收获和贮藏的粮食，因此在财务上也趋于灵活，使其能够考虑其他花销和投资，例如子女教育。然而，无论是否采用相关技术，都有很大一部分受访家庭表示，只愿意支付比补贴价高，但比正常零售价低的价格，因此该研究估计，在加强技术供应链的同时分五年逐步取消补贴，对采用相关技术的影响大于十年补贴。在乌干达取得成功以后，该项目受到鼓舞，已向十多个其他非洲国家推广。

在很多情况下，向农民推广更好的贮藏技术，需要激励私营部门在方便小农前往的地点，着手制定、推销和出售农场贮藏解决方案。在肯尼亚，AgResults项目的一项创新战略在经营者中发起了一场竞赛，根据低成本贮藏产能的销量，给予现金销售奖金。结果，改善贮藏条件以后，销量约为460万袋90公斤装玉米，所售玉米得到了安全贮藏，未受虫害，从而避免了估计为12-20%之间的损失。通过改善商业联系，该竞赛将密封贮藏器具推广到底，使农民能够在邻近的农业经销商处找到此类器具。³⁵

食物回收和再分配

食物回收和再分配（也称为食物救济或捐赠）以及拾遗，都是把原本会损失或浪费的食物分配给粮食不安全人群的慈善行为。注意，食品供应链的任何节点都可以回收食物。

十年以前还被政策制定者忽略的回收和再分配计划，例如粮食库、社区商店、公益超市、食品储藏室式厨房或校园食品营养计划，现在发挥着越来越重要的作用，不仅作为解决粮食损失或浪费问题的方案，还作为促进食物权的手段。^{11、36}事实上，正如图11A“定向食物再分配”框所示，通过食物回收和再分配，有可能对粮食安全和营养产生正面影响。然而，这只能作为安全网，不是消除粮食不安全或粮食损失和浪费的解决方案。随着食物回收和再分配日益重要，也越来越有必要批判性地评估其影响。¹¹

食物再分配不一定意味着免费分发食物。例如，公益超市以折扣价格销售主流市场不予销售的食品（例如瑕疵果蔬或多余库存）。¹¹注意，制定食物回收和再分配计划的时候，应力求以不被接收者认为有损尊严的方式提供食物。¹¹再分配的食物也必须是文化上可接受的，并适合当地口味的。

大不列颠及北爱尔兰联合王国根据减少粮食浪费的“2020年考陶尔德承诺”做出的努力，证明了食物回收和再分配有可能产生影响。从承诺获得通过的2015年开始，直到2017年为止，每年额外再分配了3500万餐。2017年再分配了1.02亿餐，总金额几乎达1.3亿英镑。³⁷

一项对美国丹佛、纽约和纳什维尔的食物再分配研究发现，实际有可能每年额外再分配2400万餐。这将使三个城市能够额外弥补各自8-18%的餐食缺口。该项研究发现，就回收的食物总量而言，杂货店在食物回收方面尚未发掘的潜力最大。机构餐饮具有的优势是把大量食物集中在相对少量场地；因此，这是该项研究的一个重点目标。³⁸

作为美国波士顿低收入社区的一家非盈利杂货店，“每日餐桌”（Daily Table）回收零售商、种植户和分销商丢弃的食物，以能与快餐替代品竞争的定价销售健康餐。³⁹低廉的价格使人每天都能在“补充营养援助计划”这一政府针对低收入和无收入人群的粮食援助津贴预算内，购买三份营养均衡的健康餐和一份点心。⁴⁰创办“每日餐桌”的前提是，让人购买食品，而不是免费分发，可以避免让人感到任何羞愧。⁴¹

食物回收和再分配的做法正在全球快速推广。在社会安全体系资金不足、负担过重或尚未建立的国家，食物回收和再分配计划已经证明是一种有效的粮食援助形式，也是渐进式社会政策的一个关键要素。以巴西为例，2017年，国家粮食库网络Mesa Brasil SESC在500多个城市，通过公私伙伴关系为140多万巴西人提供了服务。⁴²2017年，“埃及粮食库”每月平均为25万人提供食物。从2011年起，“埃及粮食库”已在近东、非洲和南亚帮助发起了33个粮食库。2017年，“埃及粮食库”将其影响扩大到了拉丁美洲，在该区域参与发起了61个粮食库。⁴³在北马其顿，非政府组织Ajde Makedonija发起的一个网络平台把留有余粮的企业联系起来，向民间社会组织捐赠，以将食物再分配给粮食不安全人群。⁴⁴亚洲的一个食物再分配成功实例是印度的“不浪费粮食”倡议，该倡议将社会活动、酒店和餐馆的大量剩饭菜进行再分配。不过，总而言之，亚洲及太平洋区域的食物回收和再分配计划非常少见，并主要集中在该区域高收入国家。¹¹

粮食损失和浪费的减少以及粮食供应和价格的稳定性

粮食生产和消费水平因时间而异。因此，供应链各环节都需要一定程度的过量供应或缓

冲，用于确保粮食的可供量和获取，以防产量下降或消费增长。⁹维持此类缓冲必然会造成一定程度的粮食损失和浪费。另一方面，减少损失和浪费的措施，例如改善贮藏条件或改进保存方法，可以帮助抵消农产品的季节性，从而提高粮食供应的稳定性，继而有助于提高获取。²³图11描述了粮食损失和浪费与粮食稳定性的联系。

任何对粮食损失和浪费的研究，都必须适当考虑缓冲的必要性，以在生产和消费的时间和空间变化的背景下，确保粮食供应的稳定性。⁹需要探讨提倡任何过量供应的备选方案，以便配合此类缓冲。

大量浪费可能破坏粮食援助计划的连续性及其受众的粮食安全。例如，美国的“课堂早餐”计划存在大量浪费牛奶的情况。据估计，一个城市校区浪费的牛奶价值，占该计划在该校区全年食品支出的16%，其中还不包括填埋处理浪费牛奶的费用。⁴⁵

粮食损失和浪费的减少对营养的影响

粮食数量和质量的损失和浪费造成的营养素损失，可能导致错失减少营养不良和微量营养素缺乏的机会。¹²

最近一项基于粮农组织2011年粮食损失和浪费估计数据的研究发现，尽管所有可消化蛋白质、脂肪、热量、氨基酸以及必需维生素矿物质的供应量超过了平均要求，但整条食品供应链损失的大量粮食，加剧了国家内和国家间的膳食不平等。研究结果还表明，除了维生素B12，总微量营养素中有60%以上都是由于极易变质的食品，包括果蔬和动物源性食品的损失

和浪费而损失。该项研究的结果是，重点改善贮藏条件和分配管理的战略，更有可能提高微量营养素的可供量，而不是宏量营养素的可供量。⁴⁶

另一项同样基于粮农组织2011年粮食损失和浪费估计数据的研究发现，将粮食损失和浪费减半，到2030年可以大幅增加粮食系统的营养素供应。¹³在高收入和中等偏上收入国家，膳食铁的供应将增至推荐水平以上，而叶酸缺乏则将减少四倍，但仍保持在推荐值以下。在中等偏下收入国家，叶酸供应量将超过推荐摄入量，而核黄素（维生素B2）缺乏则将减少一半。在低收入国家，假设全民平等获取热量，热量的供应将使所有消费者能够将其摄入量增至最低推荐值以上。对预防非传染性疾病至关重要的维生素A、核黄素、叶酸、钙和多不饱和脂肪的供应，都将在当前不足的水平上，增加三分之一到二分之一。通过增加营养素的供应，将粮食损失和浪费减半，也将影响成人慢性非传染性疾病的风险因素，这类疾病包括在低收入和中等收入国家越来越普遍的冠心病和2型糖尿病。该项研究估计，200万人能够因粮食损失和浪费减半而免于死亡，主要原因是增加了果蔬的消费。

该项研究也估计了意外后果。2020年，由于过量消费热量和饱和脂肪酸，超重和肥胖引起的死亡人数可能增加50多万人。同时，粮食损失和浪费的增加会造成某些营养素的供应缺口。在中等偏下收入国家，叶酸和核黄素将供不应求，而在低收入国家，维生素A、核黄素、叶酸、钙和多不饱和脂肪酸的供应也将如此。重要的是，在低收入国家，甚至连热量都会供应不足。这些结果依据的基本假设是，营养素可供量的变化将提高获取，因此该项研

究只显示可能的变化。不过，这些结果是宝贵的，因为它们证明，粮食损失和浪费的减少，应与健康敏感型干预行动齐头并进，这类行动的目的正是最大化损失和浪费的减少对营养的影响。

粮农组织最近试用了一种方法，用于估计理论上可以通过减少粮食损失来满足维生素A、铁、锌和维生素C这些微量营养素要求的喀麦隆、印度和肯尼亚五岁以下儿童的百分比（见**插文23**）。该项研究表明，可预防的收获后损失造成了大量营养素损失。该项研究证明，减少部分作物的收获后损失，能够提高微量营养素的可供量，反过来就能够改善营养。⁴⁷ 该项研究率先估计了食品供应链营养素损失和儿童微量营养素缺乏的联系。不过，应谨慎解释其结果。该项研究假设，粮食损失减少了营养素缺乏人群摄入的食物及其营养素，同时微量营养素缺乏儿童将获取回收的营养素。实际上，儿童缺乏微量营养素的主导原因，不是缺少获取食物的机会，而是受到感染，导致食欲下降，营养素利用受阻。⁴⁸⁻⁵⁰

鱼和鱼制品是宝贵的营养素和微量营养素的来源，因此对健康、多样的膳食至关重要。鱼可能是相对便宜、就地可用的使低收入群体膳食多样化的手段。然而，鱼容易腐败，同时需要特别注意收获后处理、加工、包装、贮藏和运输，以便保持质量，避免损失和浪费。近几十年来，鱼制品消费不断增长，同时随着国家和国际卫生标准日趋严格，人们日益关注食品质量和安全。⁵²

在鱼投入品（通常不宜食用）中，多达55%在加工中损失。然而，即使是被普遍认为不宜食用的鱼件，也可以用作加工鱼制食品的

投入品。这将增加鱼制品供应商的收入，并为消费者提供更多的营养食品。⁵³

机械分鱼包括使用无销路鱼件生产加工食品（例如鱼肉汉堡）。意大利进行的一项研究发现，机械分离无销路鱼件并将其用于鱼制品（例如鱼肉汉堡），为渔业创造了新的机会，并为消费者提高了高营养食品的可供量。⁵³

食品安全及其对粮食安全和营养的影响

食品安全可能与粮食损失和浪费有关，或与减少粮食损失和浪费的干预行动有关，对于粮食安全和营养至关重要。例如，因消费受污染食品而引发的食源性疾病妨碍了营养摄入。由于必须从粮食系统中清除不安全的食品，因此造成了损失；但另一方面，减少粮食质量的损失，可以提高食品安全。**图11**两种情景中紫框说明了这些影响。

视情况而定，食品安全与粮食损失和浪费可能具有正反两种因果关系。首先，不安全食品的丢弃可能被认为是粮食损失。其次，很多防止粮食有形的损失和可见的质量损失的做法，也会提高食品安全。通常更容易动员粮食行动方限制可见的损失，原因是这类损失会产生财务影响；这样一来，食品安全的提高则成为减少损失的一种令人欣见的意外收获。再次，生产者和供应商可以对食物施用化学品，以便预防有害生物，或者保存食物。尽管此举可以防止粮食损失或浪费，但也可能威胁食品安全，并削弱消费者对其食品安全的信心。出于这个原因，**图11B**中“安全的粮食供应”框被认为是增加粮食损失和浪费产生的一种正面影响。

食品安全危害的发现可能导致食品损失。污染的性质和程度与食品安全法规的实效共同 »

插文 23
粮食损失对五岁以下儿童微量营养素缺乏的影响

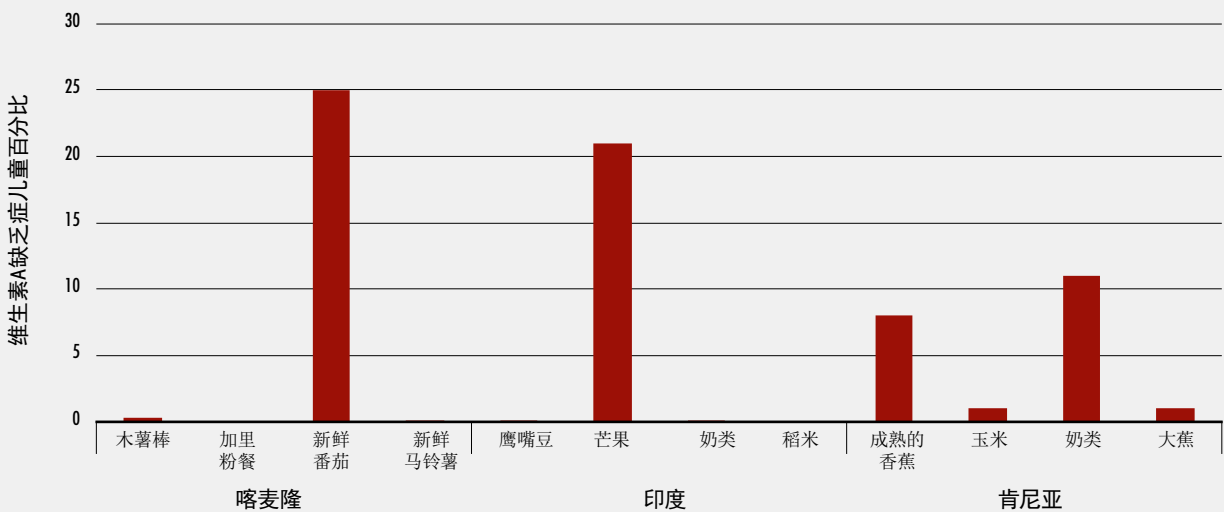
粮农组织在喀麦隆、印度和肯尼亚进行了一项试点研究，在一些食品（根据其膳食的重要性和最新营养素数据的掌握情况进行选取）的损失量和营养素损失量之间建立了联系。维生素A缺乏是发展中国家一个主要的健康和营养问题。这是儿童患可预防盲症的主导原因，增加了严重感染致病致死的风险。⁵¹粮农组织估计，理论上可以通过减少粮食损失，满足研究中三国近四分之一维生素A缺乏儿童的要求。本插文中下图显示了这方面潜力如何因食品而异。

由于缺少五岁以下儿童锌、铁和维生素C缺乏的国别数据，该项研究以百分比的形式，表示理论上可以通过减少粮食损失来满足营养需求的各国所有五岁以下儿童，不分营养状况如何。研究结果因国家和营养素而相去甚远。在肯尼亚，

认为减少粮食损失可以分别满足所有五岁以下儿童中24%和33%的铁和维生素C要求。在喀麦隆，减少损失可以满足所有五岁以下儿童中83%的维生素C要求。在印度，减少粮食损失无法满足几乎任何铁或锌要求；然而，该国23%的儿童将通过减少损失获得所需维生素C。

需注意的是研究结果的有效性取决于所用假设的数量，以及营养素缺乏和食品成分国别数据的差距。此外，估计不同国家和食品的收获后损失的方法不尽相同。该项研究也未能考虑通过减少粮食损失解决营养素缺乏问题的物流及其他成本。鉴于这些不足，该项研究提出的通过减少粮食损失解决儿童营养素缺乏问题的论据并不充分。

理论上可通过减少粮食损失来避免出现的五岁以下患维生素A缺乏症儿童的百分比
(按国家和食品分类)



资料来源：Lee等，2019。⁴⁷

插文 24

性别关系影响食品安全和粮食损失 — 以埃塞俄比亚农村地区为例

在妇女在农业中发挥主要作用的地区，减少损失的包容性干预行动可以提高粮食的可供量和获取。农村妇女对资源的获取和控制往往少于男性，因此可能造成粮食损失。此外，分给妇女的工作往往艰苦、费时、重复，其中大多在房子周围，同时兼顾家务和照料任务。这种双重或三重角色带来了沉重的时间和精力负担，并可能显著加剧粮食损失。⁶⁵

在埃塞俄比亚农村地区，妇女往往负责预防贮藏期间谷物损失，但她们对农业资产的获取和控制却少于男性。一项研究发现，由于丧失权能，妇女被迫采取不太有效的方法来预防损失。其中一些方法可能威胁食品安全。例如，以化学

品处理谷物，可能威胁人类健康，并影响谷物的营养价值。妇女表示会超过推荐剂量施用化学品，从而避免损失及与男性冲突。恶劣的贮藏条件提高了污染的可能性，从而进一步增加了化学品的使用，而妇女特别容易接触这些化学品。为了克服现金短缺和产量低下时期的粮食缺口，妇女表示，她们消费的谷物中受损比例高达50%。⁶⁶

在家庭生产的消费与销售中，提高妇女地位并加强妇女决策权的促进性别平等的干预行动，可以帮助减少粮食损失，从而加强粮食安全，特别是提高食品安全和膳食多样性（另见第6章）。⁶⁷⁻⁷⁰

» 决定了损失的程度。例如，2014年，由于黄曲霉毒素（作物真菌感染产生的一类霉菌毒素）污染，肯尼亚政府销毁了近14000吨玉米。⁵⁴霉菌毒素有毒，能对人类和动物健康造成重大损害。⁵⁵⁻⁵⁷未经专家核实的食品安全问题，可能导致预防性销毁，而在某些情况下，经与专家磋商，可以减小销毁范围。例如，由于担心芒果经过福尔马林处理，孟加拉国政府销毁了数百吨水果，而安全专家后来的结论是，这些水果不构成人类健康风险。⁵⁸同样，严格的食品安全法规造成了大量损失。

其他情况下，特别是在食品安全标准不严或执行不力的情况下，食品安全危害的发现可能降低食品的价值。供应商可能会将受污染食品转而卖给较贫困的购买者，例如非正规部门的购买者。这可能会造成经济损失，同时并未

消除食品安全风险。不安全的食品往往转到了身体和经济上易受疾病影响的较低收入群体手中。⁵⁹国家估计数据表明，发展中国家的霉菌毒素膳食暴露量比发达国家高得多。⁸以撒哈拉以南非洲国家为例，平均膳食暴露量比发达国家高100倍。⁶⁰一项对肯尼亚农村妇女的研究发现，大量的霉菌毒素暴露与贫困（特别是缺少可支配收入用于家庭支出）以及粮食不安全和严重饥饿密切相关。⁶¹一项在埃塞俄比亚进行的研究发现，妇女缺少对农业资产的控制，因此更容易消费被真菌或有害生物污染的谷物。**插文24**在妇女的赋权及其与粮食损失和粮食安全的联系这一大背景下，讨论了埃塞俄比亚的案例研究。

食品安全危害往往不为肉眼所见，不借助专业设备，就难以衡量。因此，供应商可能基

本没有动力去控制食品安全风险。如果食品安全法规执行不力，不安全的食品可能进入市场。供应商往往更积极地应对影响销量的数量损失或可见质量劣化。限制这类损失的措施也可以提高食品安全。例如，使用密封袋储存谷物，不仅可以大幅减少可见的数量损失，还可以防止真菌毒素污染。^{62、63}冷藏可以抑制大多数导致食品腐败和造成不利健康影响的细菌生长。

在法规缺位或未予执行的情况下，减少粮食损失的措施可能影响食品安全。例如，农药可以防止农场损失，但也可能危害人类健康；化学防腐剂可以防止食物腐败，但也可能产生危害。一个例子是以甲醛处理保存鱼、肉和奶。由于这些食品也会自然产生甲醛（作为分解的副产品，含量越来越高），因此难以发现掺入甲醛的做法。⁶⁴持续监测食品是否含有有害防腐剂，对于确保消费者食品安全信心至关重要。

最近食物回收和再分配举措的兴起，可能带来食品安全问题。尽管一些国家（例如美国、加拿大、新西兰和一些欧洲国家）制定了食物回收和再分配的相关法规和准则，但另一些国家仍未对这些往往自发、未分类的做法强制实行任何规则或控制。这种法规和监督的缺位构成了食品安全风险。¹¹

上述结论证明，需要制定包容性食品安全政策，确保没有人，尤其是最弱势群体，因无法获取安全的替代食品而被迫消费受污染食品。丢弃不安全的食品始终比消费这种食品更可取。真正需要的是减少食品中食品安全危害的发生，特别是对人类健康风险最大的危害。此外，应从食品供应链中清除不安全食品废弃物，同时确保它们最后不会被消费。■

粮食损失和浪费的减少以及位置的重要性

如上所述，减少粮食损失和浪费，可能以各种方式影响粮食安全和营养，并因减少措施和粮食不安全群体所处的地理位置和供应链环节而异。

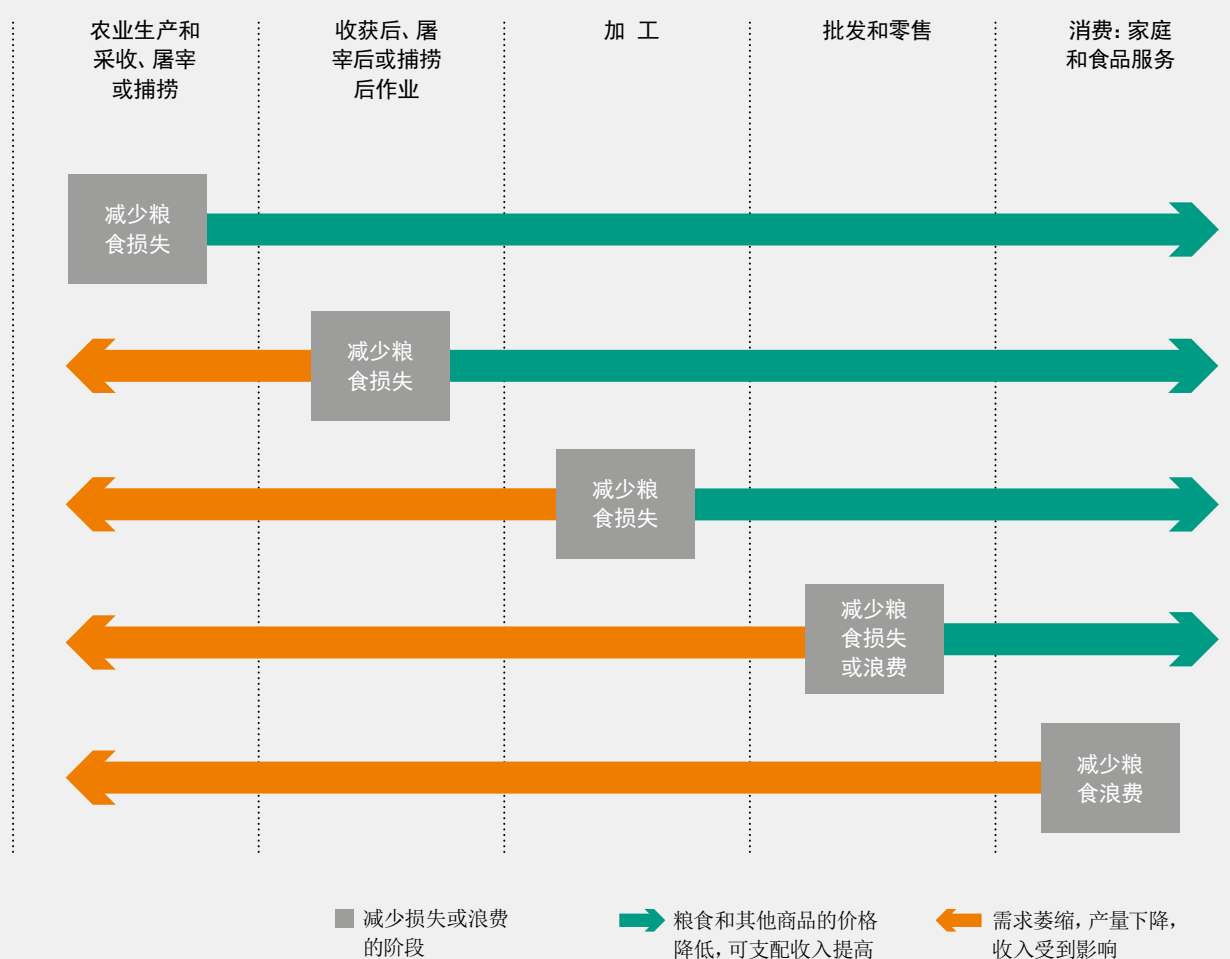
这些影响通过不同渠道产生作用。粮食损失和浪费会对粮食供应的数量和质量产生不利影响，也会影响粮价，从而影响粮食系统的均衡。反过来，这会影响供应链各环节行为体的收入，并最终波及受影响供应链以外的粮食安全（主要通过价格变化）。

减少供应链特定环节的粮食损失或浪费，可以增加后续环节的粮食供应量。这会降低利益相关方在这些环节支付的价格，从而增加他们的收入（正如图11A“减少节点或后续节点销量增加”框所示）。然而，对实现减少的利益相关方收入的影响，取决于销量的增幅和价格的跌幅。如果买方减少损失或浪费意味着产品需求下降和售价下跌，供应链上游行为体可能受到负面影响。结果是收入减少，并且这些上游行为体的粮食安全状况随之变差（见图11A横轴下方橙框）。

需注意的是降价可能吸引消费者升级食品购买行为，选择更贵、更优质的食品；这有助于抵消消费者减少浪费对供应商收入的负面影响。粮食损失和浪费的减少对下游供应商收入的负面影响，也可能被人口和收入的增长所抵消。

图12说明了食品供应链各环节粮食损失或浪费的减少对价格和收入的潜在影响。绿色箭

图 12
在食品供应链的不同阶段，减少粮食损失和浪费对价格和收入的潜在影响



资料来源：粮农组织。

头表示因减少损失或浪费而增加的粮食供应如何引起食品供应链下游粮价下跌，从而提高这些环节的粮食获取。

农场损失的减少可能会对粮食安全产生有力的正面影响。这对低收入国家的小农尤其如此，这类国家的自足型农民的粮食可供量因此得到了提高。对于销售部分产品的农民，他们可以

出售更多产品，从而可以提高收入和粮食安全，但前提是增产引起的降价不会抵消这种影响。

初级生产以外环节供应商减少损失或浪费，可以增加供应链下游的供应量并降低价格。不过，正如图12橙色箭头所示，农民可能发现对其产品的需求出现下降，自己的收入和粮食安全先后受到负面影响。

插文 25

初级生产和食品加工环节粮食损失的减少对粮食安全和营养的影响

瓦赫宁根农业经济研究院受粮农组织委托，基于粮农组织最近的粮食损失估计数据进行了一次模拟实验，评估全球粮食损失减少25%（以经济价值计）对初级生产和食品加工的影响。该模拟在MAGNET模型中进行，该模型是一个多部门、多区域的世界经济可计算一般均衡模型，广泛用于模拟农业、贸易、土地和生物燃料政策对全球经济的影响。⁷²该模拟旨在了解损失的减少如何通过价格影响粮食安全和营养。¹³ 25%的损失减少能够表示为生产率的变化，使全球粮食产量提高4.3%，其中2%出自初级生产环节，2.3%出自加工环节。本插文中下表表明损失的减少对全球以及普遍存在粮食不安全的撒哈拉以南非洲及中亚和南亚的经济以及粮食安全和营养指标的影响。

该模型的结果表明，全世界减少粮食损失，可以改善全球经济以及粮食安全和营养指标。世界国内生产总值作为一项指标，记录的是全球经济对损失的减少对效率影响的整体反应，随着损失的减少而（适度）增长。由于其对价格和收入的影响，在减少损失后，粮食的可供量（以初级粮食生产总量衡量）和获取（以私人消费者粮食购买量衡量）均有提高。该模型并不记录实际的摄入量：但却显示，全球食物摄入不足的三种微量营养素的营养素含量有所增加，从而说明粮食利用有所提高。⁷³

全球指标的改善不大，在0.1%到0.6%之间；不过，解释这些变化的时候，应考虑两个因素。首先，总的来说，粮食需求对价格变化的反应不太大。因此，尽管该模型预计，损失的减少和零售环节随之增加的粮食可供量将使全球粮价下跌4%，但粮食购买量并未显著增加（增加0.53%）。其次，各地指标变化的差异很大。发现在人均收入水平普遍较低的地区，国内生产总值和初级总

产量对损失的减少的反应普遍更大，原因是这些国家的农业和粮食部门往往在经济中占较大部分。

这些结果有助于确定减少损失的最佳切入点，从而力求改善粮食安全和营养。上表区分初级生产环节与加工环节的干预行动分别对国内生产总值变化和粮食安全三个层面的贡献。

损失减少干预行动对初级生产环节的粮食安全和营养指标的影响大于加工环节。可供量方面的差异特别显著：在撒哈拉以南非洲以及中亚和南亚，加工环节损失减少引起的价格下跌，导致初级产量下降。这些损失的减少可能对弱势农户的粮食安全产生负面影响，因为他们在生产环节增加产量，却在加工环节节省投入。

在供应链的这两个环节，损失的减少都对获取和利用产生了正面影响。在撒哈拉以南非洲，初级生产环节减少损失的影响约比加工环节强20倍，而在中亚和南亚，约比加工环节强10倍。这些结果确认，重点减少供应链前期环节损失的干预行动，能够更有效地实现更好的粮食安全和营养成果。

该建模实验的结果证明，损失的减少对国内粮食安全和营养的影响比国外大得多。结果表明，减少损失可以提高国内外的粮食获取和利用，然而，国外减少损失会对撒哈拉以南非洲以及中亚和南亚的粮食可供量产生负面影响。这一结果源于进口粮食取代了国产粮食这一事实。事实上，国外减少损失，导致进口粮价下跌，从而抑制了对国产粮食的需求，并倾向于价格更低的进口粮食。粮食获取和利用指标基于国产粮食和进口粮食的综合作用，价格下跌可以改善这两项指标。

资料来源：Kuiper和Cui，2019⁷²。

插文 25 (续)

在供应链的初级生产和加工阶段，减少25%的粮食损失对粮食安全和营养的影响 (百分比变化)

	经济影响	粮食安全和营养						
		可供量	获得	利用				
				宏量营养素		微量营养素		
				卡路里	蛋白质	维生素A	钙	锌
全 球	0.12	0.13	0.53	0.47	0.53	0.59	0.60	0.54
撒哈拉以南非洲 (合计)	0.57	1.02	0.67	0.75	0.70	0.62	0.96	0.74
初级生产的贡献	0.55	1.09	0.64	0.72	0.66	0.60	0.92	0.71
加工的贡献	0.02	-0.08	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03
国内减少损失和浪费 的贡献	0.57	1.85	0.56	0.63	0.59	0.53	0.82	0.62
国外减少损失和浪费 的贡献	0.00	-0.84	0.10	0.13	0.11	0.10	0.14	0.12
中亚和南亚(总计)	0.22	0.07	0.32	0.19	0.24	0.36	0.27	0.26
初级生产的贡献	0.20	0.15	0.29	0.17	0.22	0.33	0.24	0.24
加工的贡献	0.02	-0.09	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
国内减少损失和浪费 的贡献	0.22	0.62	0.25	0.16	0.20	0.24	0.20	0.20
国外减少损失和浪费 的贡献	0.00	-0.56	0.07	0.03	0.04	0.12	0.07	0.06

ⁱ 有关建模框架、场景设置和各地模拟结果，详见背景文件Kuiper和Cui，2019⁷²。

ⁱⁱ 粮农组织统计司提供按粮食组、国家组和供应链环节分列的粮食损失估计数据。在该模拟实验中，粮食损失的减少因食品、地区和供应链环节而异。不过，鉴于粮农组织粮食损失估计方法与MAGNET结构的差异，纳入模拟实验的供应链环节仅限初级生产和加工环节；并未涉及其他供应链环节，例如贮藏、运输、批发和零售。

» 消费者减少粮食浪费量，可以为消费者提高粮食的可供量和获取，但结果造成的消费者需求下降，可能让农民及其他供应链行为体的生活每况愈下。

消费者减少浪费即增加可支配收入，从而可以改变膳食结构，纳入更多有营养、易变质的食品，例如肉、鱼、果蔬。⁷¹以下结果很可能是浪费更多粮食，特别是环境足迹更大的粮食。³⁰

粮食损失和浪费的减少如何先后影响食品供应链利益相关方的收入和粮食安全状况，取决于价格变化如何在供应链上传导。地理相近性主要决定了这种价格传导的强度。减少损失或浪费从而改善远离减少节点的群体粮食安全状况的可能性很小。例如，高收入国家消费者减少粮食浪费，不一定意味着低收入国家的粮食不安全人口可以获得回收的食物，他们也未必会从减少浪费引起的价格下跌中受益。

插文25借鉴粮农组织新的粮食损失估计数据（引自第1章所述粮食损失指数），介绍了一次整体经济建模实验的结果，该实验旨在评估全球粮食损失或浪费减少25%，对供应链初级生产和食品加工环节及对各地的粮食安全和营养状况的影响传导情况。该插文表明，全世界减少粮食损失，可以略微改善全球经济和粮食安全指标。不过，结果证明，尽管发达国家减少损失或浪费引起的降价，可以提高发展中国家粮食购买家庭的粮食获取，但也可能使收入减少，从而影响这些国家农户的粮食安全和营养状况。■

粮食损失和浪费的减少以及粮食不安全的程度

粮食损失和浪费的减少在削弱粮食不安全方面的作用，也取决于不同国家的粮食不安全普遍程度。粮食不安全体验分级表（FIES）可以作为粮食不安全严重程度的一种全球衡量指标，^p用于衡量家庭或个人由于缺乏资源而在获取粮食方面受到的限制。答复者被问到了八个直接二项选择题，涉及过去12个月在获取粮食方面的经历。³基于答复内容，根据以下分级评估粮食不安全程度：

- 严重粮食不安全：一天或一天以上无粮；
- 中度粮食不安全：食品质量和品种不佳，或减食和跳餐；
- 轻微粮食不安全或粮食安全：获取粮食的能力具有潜在不确定性。

粮食不安全体验分级表有效地使人深入了解确保粮食获取的紧迫性，包括食品质量考虑因素。在普遍存在严重粮食不安全的地区，例如表1所示低收入和中等偏下收入国家，减少粮食损失和浪费，从而通过提高粮食的可供量和获取，促进减少饥饿的机会可能很大。防止可避免的粮食损失的干预行动，能够改善粮食短缺，特别是在地方小农生产中，因为这些地区未与市场建立良好联系，因此贸易极少。⁷⁴这可能增加农民收入，并提高粮食获取。如果减少的损失大到足以影响价格，城市粮食不安全人口也可能从中受益。总而言之，旨在减少

p 有关粮食不安全体验分级表的具体计算方式，见粮农组织等，2019。³

表 1

2016年按粮食不安全体验分级表和收入组划分的粮食不安全发生率（占总人口的百分比）

	重度 粮食不安全	中度 粮食不安全	轻度粮食不安全 或粮食安全
低收入	27	34	39
中等偏低收入	10	20	69
中等偏高收入	4	12	84
高收入	1	6	92

资料来源：粮农组织等，2019。³

粮食损失和浪费的战略，改善这类国家人口粮食安全的效果很有可能优于高收入国家，特别是通过重点减少农场层面和供应链前期环节的损失。

随着中等偏上收入国家，特别是高收入国家的严重粮食不安全状况趋缓，粮食损失和浪费的减少在改善粮食安全方面的重要性逐渐减小。另外，所需战略的性质也有所变化，因为需要更多针对性的办法以深入粮食不安全人口，例如在往往面临浪费日益加剧的城市地区，进行食物再分配。特别是在高收入国家，虽然中度粮食不安全人数依然较多，但粮食获取问题涉及的人口比例小得多。减少粮食浪费是高收入国家与粮食损失和浪费有关的最迫切问题，这方面的大规模运动不太可能惠及其余粮食不安全人口。针对性减少损失或浪费的干预行动，例如食物特别是均衡的餐食再分配给粮食不安全人口，可以进一步增加严重和中度粮食不安全人口获取高质量、有营养的食物的机会。不过，消除纠缠不去的粮食不安全，也需要实施各类解决根本原因的社会政策。

必须铭记，贫困和不平等是粮食不安全的诱因。³因此，直接以减少贫困和不平等为

目的的干预行动，改善粮食安全的效果可能优于减少粮食损失或浪费。后者可以做出贡献，但不能视作解决粮食不安全问题的方案。也要注意，粮食浪费程度和粮食不安全指标普遍不是同进同退。收入的增长往往造成粮食浪费的增加，原因是家庭会购买更多的食品，但食品在家庭总预算中的比例会下降，膳食也会转向更易变质的食品：肉和果蔬。因此，粮食浪费的增加可能是粮食安全加强的一种征兆。不过，粮食损失的增加表明，粮食的可供量受到结构性问题的不利影响，例如农业基础设施不足。⁷⁵ ■

粮食损失和浪费的减少在改善粮食安全和营养方面的相对（成本）效益

到目前为止，本章考察了能否通过减少供应链不同环节粮食损失和浪费来改善粮食安全和营养。本章认为，不一定产生正面影响，影响取决于损失或浪费措施以及粮食不安全人口所处的地理位置和供应链环节。讨论表明，如果在粮食不安全人口附近减少损失或浪费，最有可能改善粮食安全和营养。

本章考察了有关食品供应链不同环节损失和浪费干预行动在改善粮食安全和营养方面效益的证据。现有的有限数据表明，某些干预行动可能无法实现显著改善。特别是，高收入国家减少粮食浪费，很有可能只对低收入国家的粮食安全和营养产生微不足道的影响。低收入国家减少农场损失，更有可能对粮食安全产生显著的正面影响。

接下来的重要问题是，减少损失或浪费是否是一种具有成本效益的减轻粮食不安全的方式。事实上，减少粮食损失和浪费的成本，包括与改善粮食安全和营养的替代措施的成本相比，是确定这类减少措施可取性的一个重要因素。然而，鲜有研究审视各种损失或浪费减少措施的成本，因此需要展开进一步研究，为适当的政策决定提供指导。²⁹

一项创新研究发现，通过改善基础设施减少收获后粮食损失，可以降低粮价，并增加粮食可获量，从而改善粮食安全。不过，

这种方式的成本效益不及旨在减少收获后损失的农业研发投资。尽管这两种备选方案都能提供高额的投资经济回报，但农业研发的回报比改善基础设施的回报高得多。²²此外，有人认为，该项研究可能高估了减少收获后损失对粮食安全的改善效果，因为更好的基础设施也能够直接提高粮食生产率并降低零售价。总之，不清楚通过改善基础设施以减少收获后损失，从而改善粮食安全这种做法的成本效益。⁷⁶目前没有类似研究探讨粮食浪费减少措施的成本效益。

另一项对各种粮食安全措施满足2050年预计粮食需求的相对效益的研究发现，减少粮食损失或浪费在提高全球粮食可供量方面的效果最差。⁵该项研究发现，通过完善营养素供应和管理、加强灌溉效率及完善雨水管理弥补单产差距的做法，在增加国家粮食供应方面的效果最好，能够将国家粮食产量提高56-113%。据估计，膳食转向更多植物源性食品，能够将国家粮食供应提高28-36%，并能够将粮食损失和浪费减少7-14%。粮食损失或浪费的减少对粮食供应的影响在不同国家千差万别；按中度执行水平计算（损失和浪费减少25%），能够将供应提高2.5%到25%，按高度执行水平计算（损失和浪费减少50%），能够提高2.5%到100%。■

结论

粮食损失和浪费的减少对粮食安全和营养的影响并不简单。假设减少损失和浪费必然可以改善粮食安全和营养，或者消除饥饿，而不考虑位置和成本，是不正确的。事实上，影响取决于损失或浪费减少措施以及粮食不安全人口所处的地理位置和供应链环节。减少措施在

粮食安全和营养方面的可取性，取决于这些措施相比替代措施的成本效益。需注意的是一定程度的损失和浪费是储备足够的缓冲供应，从而保证不同时间和空间的粮食安全和充足营养的必然结果。过度减少这些缓冲供应，可能破坏粮食供应和价格的稳定性，从而削弱粮食的获取。

一个关键的问题是在何处减少粮食损失或浪费，才能在粮食安全和营养方面取得最大的影响。最佳干预切入点视情况而定；不过，一般原则可以提供一些指导。

在面临严重粮食不安全的低收入国家，粮食损失往往是比粮食浪费更紧迫的问题。因此，减少食品供应链前期环节的粮食损失，最有可能对粮食安全产生有力的正面影响，原因是供应链的其余环节都会感受到其影响。正如第2章所示，作为低收入国家一个关键的损失节点，农场损失的减少可以显著改善贫困小农的粮食安全状况，还可以增加当地或国内粮食市场的供应，从而改善总体的粮食安全。减少食品供应链其他环节的粮食损失或浪费，也能够对粮食安全产生正面影响。例如，减少家庭粮食浪费量，可以改善家庭的粮食安全状况，而改善的潜力则取决于粮食浪费的程度。

零售和消费环节是高收入国家典型的损失节点；不过，这类国家的总体粮食不安全状况并不普遍，减少粮食损失或浪费不太可能显著改善粮食安全。在这类国家，少数粮食不安全和营养不良的情况往往与贫困有关。食物的回收和再分配可以帮助减缓这些情况下的粮食不安全；不过，必须实施更广泛的社会政策，解决粮食不安全的根本原因。

高收入国家减少粮食损失量或浪费量，不太可能提高其他面临严重粮食不安全的国家粮食可供量。事实上，产生这种影响的条件是，能否将回收的损失或浪费食物运给国外的粮食不安全群体。高收入国家减少浪费引起的粮价下跌，可能通过国际市场传给较低收入国家；不过，影响可能不大，并取决于一系列因素。高收入国家减少损失，可以通过较低的价格，提高较低收入国家所进口粮食的竞争力；这可能对较低收入国家的粮食购买家庭有益，但也可能对粮食生产家庭产生负面影响。

目前，没有研究证明粮食损失或浪费的减少对人们营养素缺乏的影响，但现有一些研究估计了其潜在影响。不过，可能高估了粮食损失和浪费的减少对儿童微量营养素缺乏的影响，因为造成后者的原因往往是减少食欲和妨碍营养素利用的感染，而不是缺少食物。^{49、50} 尽管如此，随着优质、营养和安全的食物可供量的提高，减少整条供应链粮食质量的损失或浪费，很有可能对任何国家的营养产生有益影响。

减少粮食损失和浪费，不一定是最具成本效益的改善粮食安全和营养的方式。在这方面，通过研发提高农业生产率，被发现比减少收获后损失更具成本效益。同时，促进农业发展的广泛努力，可能在减少损失或浪费方面产生积极的副作用。■



卢旺达

恩戈马地区的农民们利用
可持续农业规范在玉米地
里作业。

©粮农组织/Ny You



第5章

粮食损失和浪费及环境可持续性

重要信息

1 减少粮食损失和浪费有助于以环境可持续的方式养活世界人口，因为其有助于提高资源利用效率并减少单位粮食消费产生的温室气体排放量。

2 为在环境方面切实有效，减少粮食损失和浪费的相关干预措施，应考虑粮食损失和浪费在何处产生最大环境影响，包括哪种食品及供应链哪个环节。

3 减少粮食损失和浪费的措施最终将通过降低粮食价格对环境产生影响，价格降低将减少产量及相关负面环境影响。

4 当价格信号在地域广泛的供应链中传播时，将难以确定减少粮食损失和浪费所带来的环境改善的地理位置。

5 关注在初级生产阶段集中出现的土地和水资源影响时，政策制定者必须意识到，其减少粮食损失和浪费的干预措施在供应链初始阶段以及在地理上与环境影响最接近的区域最为有效。

6 关注通过整个食品供应链积累的温室气体排放时，政策制定者必须意识到，其减少粮食损失和浪费的干预措施在消费和零售阶段最为有效，而与实施干预的位置无关。

粮食损失和浪费及环境可持续性

减少粮食损失和浪费包含在可持续发展目标12（关于可持续消费和生产）之中，尤其是目标12.3，呼吁到2030年将粮食浪费减半并减少粮食损失。减少粮食损失和浪费还与其他可持续发展目标的环境内容相关，包括关于水和卫生的可持续发展目标6（关于用水效率的目标6.4）、关于气候行动的可持续发展目标13（关于减少温室气体排放的目标13.2）、关于海洋资源的可持续发展目标14（关于保护海洋和沿海生态系统的目标14.2）、关于陆地生命的可持续发展目标15（关于生态系统保护的目标15.1）。将减少粮食损失和浪费纳入可持续发展目标，说明生产出的粮食没有被食用（无论是在田间损失，还是在盘中浪费），不仅减少了粮食供给数量，而且浪费了经济和环境资源。¹

本章探讨有关粮食损失和浪费对环境可持续性影响的现有证据，研究通过减少粮食损失和浪费实现环境目标的潜力。为此，本章首先分析减少粮食损失和浪费的潜在环境影响并讨论在制定出于环境目的的干预措施时应考虑的因素。本章之后介绍粮食损失和浪费究竟如何影响环境，取决于发生损失或浪费的供应链环节以及（在某些情况下）发生损失的地理位置。本章在讨论减少粮食损失和浪费以实现环境目标的潜力后，审议价格及价格变化传递在确定减少粮食损失和浪费所产生的实际环境影响中发挥的作用。本章认为制定减少损失或浪

费的干预措施时，应考虑发生环境损害的位置以及损害的发生范围（局部或全球）。最后，本章阐述为改进环境可持续性而减少粮食损失和浪费的成本效益，讨论与其他环境目标之间的可能权衡取舍关系。■

减少粮食损失和浪费及环境可持续性

未来几十年，以环境可持续的方式养活世界人口将变得日益富有挑战性。2012–2050年，随着人口和收入增长，全球农业产出需求量预计将增加35–50%。²满足这一需求将使世界自然资源愈加紧张，且可能造成相当大的环境破坏，包括气候变化、土地退化、水资源短缺、水污染和生物多样性损失（见插文26）。在此背景下，减少粮食损失和浪费被视为改进全球粮食系统环境可持续性的一种途径。

已尝试根据平均区域影响因素，量化因生产出的食物未被食用而导致的资源浪费量。

► Kummu等人使用2011年粮农组织研究数据以及粮农组织食物平衡表，估算粮食损失和浪费给自然资源造成的影响。^{3–5}该研究发现全球粮食作物产量（以卡路里计）的24%被损失或浪费掉了，占世界范围内粮食作物生产使用的自然资源的相似比例。»

插文 26

粮食损失和浪费最常见的环境足迹指标

粮食损失和浪费有三类普遍可量化的环境足迹：温室气体排放（碳足迹）；土地资源压力（土地足迹）；水资源压力（水足迹）。这些足迹反过来可能影响生物多样性。¹

碳足迹

食品碳足迹是在整个食品生命周期中排放的温室气体总量，以二氧化碳（CO₂）当量计。⁸该数量包括在生产、运输、加工、分配和消费过程中排放的所有温室气体以及废物处置排放的温室气体。实际上，在许多国家，多数被损失或浪费掉的食物未经处理被倾倒在受控或不受控的填埋场中，并释放出温室气体。一些垃圾管理系统，如厌氧发酵，实际上能够产生能量，从而间接减少温室气体排放。¹但垃圾管理问题不在本报告讨论范围之内。

在发达国家和发展中国家，大量温室气体排放发生在初级生产阶段；这也是使用农业投入品、饲养牲畜和耕种土地的阶段。随着食品在加工、运输、分销、制作和处置过程中完成其生命周期，温室气体排放进一步累积。⁹因此，被损失或浪费掉食品的碳足迹在越接近供应链末端（相对于此前供应链环节）可能包含更高水平的温室气体排放量。注意，不同类食品损失或浪费的碳足迹差异很大，¹这也主要取决于一个国家粮食生产系统的特点。¹

土地足迹

由于人口增长、饮食和消费模式改变、生物能源需求量不断增加，未来数十年，土地竞争预计将会加剧。历史上农区的多数扩张都以侵占森

林为代价，而森林在环境可持续性方面发挥至关重要的作用。¹⁰因此，土地使用在气候变化、生物多样性和生态系统服务方面尤为重要。

截至目前，还没有用于衡量粮食生产整个土地足迹的普遍适用的方法。本报告根据生产某食物所需的土地面积计算该食物的土地足迹。根据该定义，初级生产阶段几乎占土地使用量的全部，因为加工等食品生命周期其他阶段不会大面积占用土地。¹在碳足迹方面，粮食的土地足迹也在很大程度上取决于所生产粮食的类型以及生产系统的特点。

水足迹

从作物灌溉、牲畜饮水到水产养殖，农业约占全球总取水量的70%；¹¹其余30%用于工业生产和家庭供水。⁶

某食品的水足迹用以衡量在供应链的各阶段用于生产并向最终消费者供应食品使用的所有淡水。

- ▶ 水足迹由三部分组成，体现不同类型的水：
- ▶ 蓝水：地下水或地表水
- ▶ 绿水：雨水；
- ▶ 灰水：用于将污染物浓度稀释到可接受水平的水。⁸

关于食物水足迹的研究通常关注蓝水足迹，这取决于食物类型和生产系统特点。¹¹与土地足迹相似，大部分用于生产和供应粮食的水在农场上用于灌溉，即使某些食品的加工也可能需要大量的水。^{1、11}

ⁱ 关于各国单位农产品的温室气体排放量，参见粮农组织统计数据库，2019。¹²

ⁱⁱ 乳业、肉业和产后农产品工业加工用水列入工业取水量项下。⁶

ⁱⁱⁱ 不同食品和生产系统水足迹参见Mekonnen和Hoekstra。¹³

» 根据2011年粮农组织研究数据，2013年出版的另一个粮农研究估计，2013年¹：

- i. 粮食损失和浪费的全球碳足迹（不含土地用途变更）为3.3吉吨二氧化碳当量，约相当于温室气体排放总量的7%。
- ii. 损失或浪费掉的粮食所使用的地表水和地下水资源（蓝水）约为250立方千米，约占总取水量的6%。⁶
- iii. 损失或浪费掉的粮食需要近14亿公顷土地（约相当于世界农业土地的30%）进行生产。⁴

► Springmann等人研究了到2050年确保粮食生产环境可持续性的方式。⁷减少粮食损失和浪费是考虑的方案之一。^{4、5}根据2011年粮农组织研究报告的损失和浪费百分比，Springmann等人估计，从2010到2050年，将粮食损失和浪费减半，可将农业相关环境压力减少6–16%（相对于2050年预测值），具体比例取决于环境因素（温室气体排放、农田使用情况、蓝水使用情况、氮和磷的施用）。报告认为，减少粮食损失和浪费可作为一揽子干预措施的一部分，为实现环境可持续性发挥作用。其他措施包括饮食变化和技术进步等。

诸如此类的估计表明，减少粮食损失和浪费，可显著改进粮食系统的环境可持续性。但是，总体估算并未说明哪些减少损失或浪费的措施在环境方面最为有效，也未对粮食损失或浪费在具体情况下的具体影响与在更大甚至全球范围内的影响加以区分。例如，考虑水的可用性时，可能难以预见减少损失或浪费措施所产生的影响的地理位置。此外，损失或浪费掉的

粮食产生的温室气体排放带来的影响是全球性的，无论损失或浪费发生在哪里。■

减少粮食损失和浪费与环境 — 主要问题和考虑因素

与粮食安全一样，损失或浪费以及干预措施的地理位置和在供应链中所处环节，影响着干预措施在环境可持续性方面的效果。因此，在制定减少粮食损失和浪费的干预措施时，如能适当考虑各类食品所产生环境影响的性质和位置以及发生损失或浪费的供应链环节，则可能有助于实现可持续目标6、13、14和15。此外，应考虑不同干预措施的成本和利弊。

以下问题对于制定造福环境的减少粮食损失和浪费的适宜干预措施至关重要：

- **什么是环境目标？** 目标非常重要，因为碳、土地和水足迹受到粮食损失或浪费的不同影响，具体取决于食品如何生产以及发生损失或浪费的食品供应链环节。粮食的土地或水足迹集中于初级生产阶段，尽管加工中也可能大量用水，然而温室气体排放可能在整个供应链中发生和累积。因此，损失或浪费掉的单位粮食的温室气体排放量在供应链的零售和消费环节更高。
- **不同食品对粮食损失和浪费的贡献如何、环境足迹如何？** 由于生产、供应系统和社会经济条件的差异，这个问题的答案可能因国家和地区而存在巨大差异。其还将取决于所审查的环境方面。例如，虽然谷物和豆类可能需要大量水，但并不一定需要大量土地。

- ▶ 在食品供应链各环节粮食损失和浪费规模如何、削减潜力如何？食品供应链各环节粮食损失或浪费的规模越大，削减潜力就越大。⁴
- ▶ 该措施的目标是什么：提高资源利用效率或减少总体资源使用量？减少粮食损失或浪费可提高资源利用效率，使用相同数量资源可为消费者提供更多粮食。减少粮食损失或浪费可有助于可持续地满足世界日益增加的粮食需求。然而，提高资源利用效率并不一定意味着使用更少的资源，或排放更少的温室气体；这些影响取决于损失或浪费的削减如何影响粮食价格，进而影响粮食需求和供给。
- ▶ 减少粮食损失或浪费所产生的环境影响是否可追溯到特定地理位置，亦或范围更加分散？实际上可能难以预见减少损失或浪费对土地或水资源使用情况产生影响的地理位置。环境影响是间接的，取决于减少粮食损失和浪费的措施如何影响粮食价格，通过价格影响不同地点粮食生产所使用的土地或水。温室气体排放的影响是全球性的，无论发生在何处，因此与减排干预措施的地理位置无关。
- ▶ 在不同食品供应链的不同环节，减少粮食损失或浪费的成本如何？在食品供应链特定环节上减少粮食损失或浪费的可取性也取决于成本。一个相关问题是：不同环境目标之间是否存在任何权衡取舍关系？减少一种类型的足迹可能增加另一种类型的足迹。例如，改进包装可减少粮食损失和浪费及其对土地使用、水资源使用和温室气体排放的相关环境影响；然而，包装还

涉及温室气体排放和塑料用量的增加。设计尽可能趋利避害的解决方案，将是任何减少粮食损失和浪费战略的关键。■

量化粮食损失和浪费的环境影响

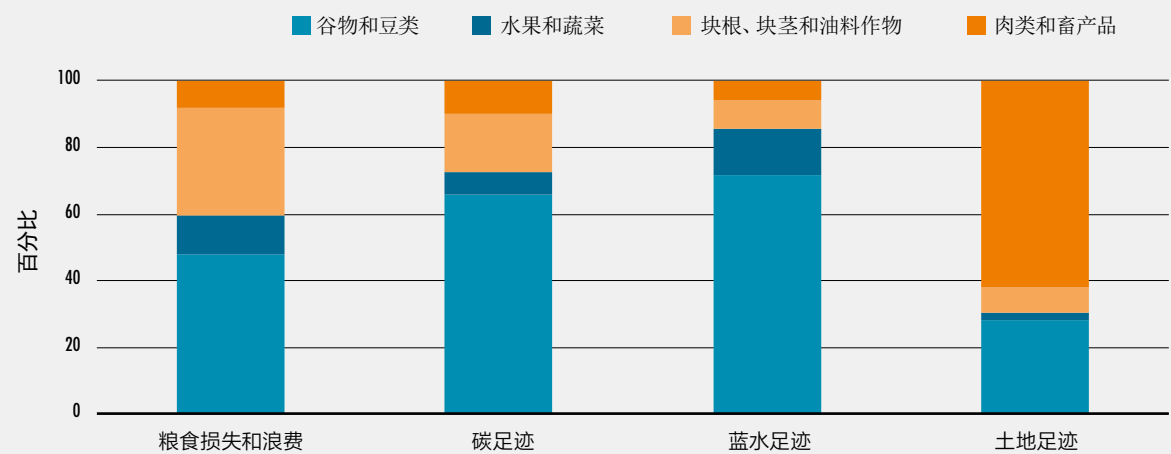
本节讨论与上节提出的前三个问题相关的实证证据。本节试图量化粮食损失和浪费针对各类食品和区域以及食品供应链不同环节所产生的环境影响。本节借此说明旨在减少粮食损失或浪费的干预措施在环境方面的有效性，取决于食品及造成环境损害的位置（包括地理区域及供应链环节）。

不同食品和区域的粮食损失和浪费的环境足迹

旨在减少粮食损失和浪费所产生环境影响的政策制定者，应首先考虑应关注环境的哪个方面（碳、土地或水）以及哪种食品一旦被损失或浪费对该方面碳足迹的影响最大。

图13显示主要食品类别对全球粮食损失和浪费总数量（左侧第一个条形）以及相关碳、土地和蓝水足迹（第二、三和四个条形）的相对贡献的估计。请注意，蓝水足迹仅考虑初级生产阶段，忽略了加工用水。估计涵盖从农场产后到零售层面（不含消费）的损失和浪费。不包括产前和产中损失。由于该图是基于全球平均值，因此特定供应链的具体国家数据可能与平均值不同。尽管如此，图13大体显示若要通过减少粮食损失和浪费推动实现环境可持续性，应针对哪类食品。

图 13
各主要食品组对粮食损失和浪费总量的相对贡献及其碳、蓝水和土地足迹



注：环境足迹的计算方法是用粮食损失和浪费数量乘以其环境影响因子。碳、蓝水和土地影响因子来自粮农组织（2013），包括不同产品、区域和供应链环节的环境影响因子。1影响因子按区域和食品分组的细分参见统计附件中的表A7-A9。碳影响因子表示排放的二氧化碳当量吨数，土地影响因子表示用地公顷数，蓝水影响因子表示用水立方米数，各系数均对应损失或浪费掉的每吨粮食。堆叠式条形显示一个食品组对粮食损失和浪费总量以及粮食损失或浪费各环境足迹的相对贡献。粮食损失和浪费估计与图4在以下方面有所不同：是否涵盖零售层面；粮食损失和浪费占比以数量计（而不是金额）；仅针对具备影响因子的商品使用损失和浪费数据。因此，由于缺少影响因子数据，不属于图中任何组的食品（如咖啡豆）被排除在图之外，尽管其约占粮食损失和浪费的20%。数据为2015年数据。

资料来源：粮农组织，2013，2019。^{1、14}

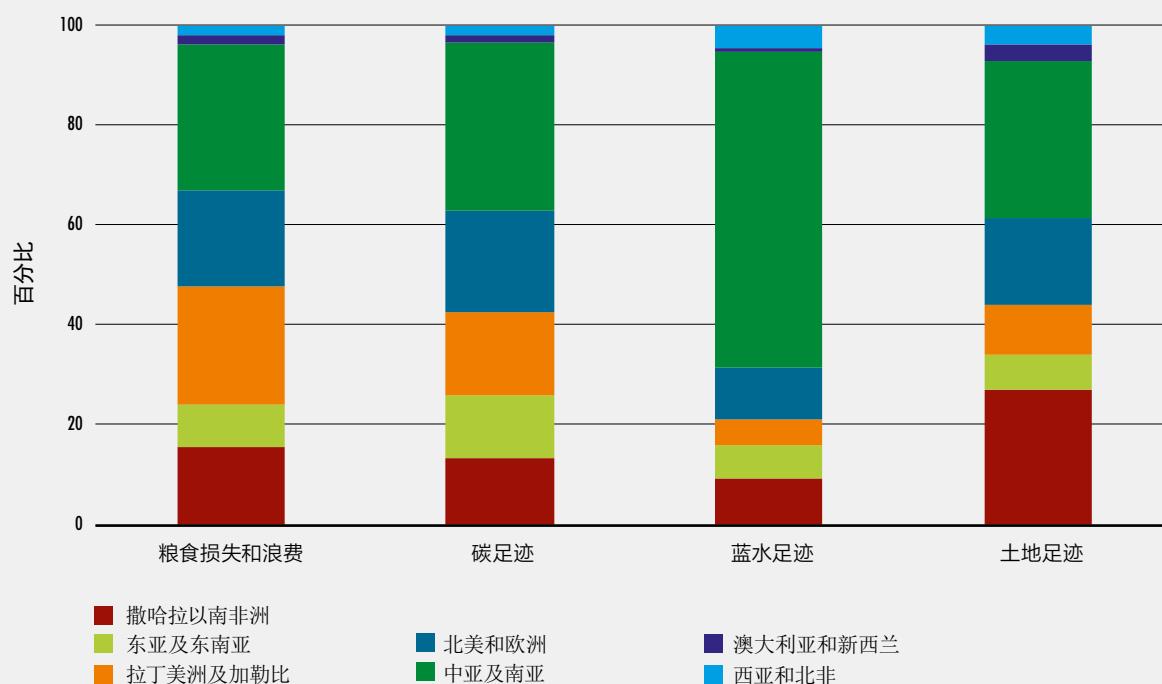
如图13左侧第一个条形所示，谷物和豆类占粮食损失和浪费数量的比例最大，其次是块根、块茎和油料作物，再次是水果和蔬菜。肉类和动物产品对总体粮食损失和浪费的贡献很小；但其对粮食损失和浪费土地足迹的贡献却不小。确实，肉类和动物产品占总土地足迹的60%以上（右侧最后一个条形）。该百分比说明畜牧业需要大量农业土地用于生产动物饲料或放牧。¹因此，任何旨在减少粮食损失或浪费土地足迹的干预措施都应重视这一产品组。

如一项干预措施旨在解决水资源短缺问题，则应关注谷物和豆类产品组，其次是水果和蔬菜产品组。这两组共计占总体粮食损失和浪费水足迹的近90%。该比例说明大量灌溉水用于生产这些作物，尤其是小麦、稻米和玉米。¹⁵

畜牧业对粮食损失和浪费蓝水足迹的贡献较小。这可能是因为：损失和浪费数据主要关注奶和蛋，而较少关注其他动物产品，而肉类其他动物产品的蓝水足迹可能更大。¹⁴全球平均蓝水足迹估计为：86立方米/吨奶；244立方

图 14

各区域对粮食损失和浪费总量的相对贡献及其碳、蓝水和土地足迹



注：图中数据涵盖以下食品分组：谷物和豆类；水果和蔬菜；块根、块茎和油料作物；肉类和其他动物产品；以及“其他”产品。堆叠式条形显示一个区域对粮食损失和浪费总量以及粮食损失或浪费各环境足迹的相对贡献。大洋洲（澳大利亚和新西兰除外）由于对粮食损失和浪费的贡献可忽略不计（不足1%），未在图中列入。粮食损失和浪费估计在以下方面不同于图3：涵盖零售环节且去除经济权重。数据为2015年数据。资料来源：粮农组织，2013，2019。^{1、14}






米/吨蛋；超过500立方米/吨牛肉或羊肉。¹³ 另一个原因是：肉类和动物产品的平均蓝水足迹包括不使用灌溉饲料粮的畜牧系统足迹。某系统如使用灌溉农田上生产的饲料，则来自该系统的肉类和动物产品可能比其他食品组产生更大的水足迹。⁸

肉类和动物产品对粮食损失和浪费相关温室气体排放总量的相对贡献有限，因为动物产品在粮食损失和浪费总量中所占比例有限，但

每吨肉类和动物产品的碳足迹是所有食品组（谷物和豆类除外）中最大的。确实，牛、绵羊和山羊等反刍动物的甲烷排放量占农业温室气体排放量（以二氧化碳当量计）的大部分，其次是饲料生产和粪便管理的排放量。

由于作物单产不同等原因，某食品的环境足迹因区域和国家而异（见图14）。水和土地足迹尤其如此。例如，中亚和南亚对总体粮食损失和浪费的贡献最大，占全球粮食损失和浪

图 15
2013年粮农组织粮食浪费足迹研究的主要成果概述

	最大足迹	受影响最严重的区域	主要结论
肉类 	碳和土地	高收入区域和拉丁美洲	整个区域的损失和浪费量较低，但肉类是主要的土地和碳热点。
谷物 	碳、土地和蓝水	亚洲	稻米是环境热点，因其生产过程中排放大量甲烷而且粮食损失和浪费水平很高。
水果 	蓝水	亚洲、拉丁美洲和欧洲	水果是蓝水热点，并非全部由其蓝水强度造成，而是由于水果损失或浪费比例很高。
蔬菜 	碳	亚洲工业化国家、欧洲和南亚及东南亚	蔬菜是碳热点，因其损失或浪费比例很高。蔬菜的碳强度因地区而异。
淀粉类根块作物 	淀粉类根块作物虽然在撒哈拉以南非洲、欧洲和亚洲工业化国家存在大量的损失和浪费，但由于其碳、水和土地强度低，淀粉类根块作物对环境的影响很小。		

注：由于数据限制，粮农组织统计数据库在食物平衡表中将大量水果归入“其他水果”一类；因此，无法更详细地分析热门“水果”组，如具体到单个作物。“工业化亚洲”包括中国、日本和韩国。
资料来源：粮农组织，2013¹。

费蓝水足迹的一半以上。另外，拉丁美洲及加勒比，尽管占粮食损失和浪费总量的20%以上，却仅占蓝水足迹的9%。上述结果与2013年粮农组织食物浪费足迹研究结果一致，该研究认为，谷物，尤其是小麦和稻米，是亚洲粮食损失和浪费蓝水足迹的主要贡献者（主要结果见图15）。¹

平均值掩盖了一个事实，即同一食品可能产生不同蓝水足迹，取决于生产系统类型，而类型因地理位置而异。通过灌溉种植的作物比雨育系统种植作物的蓝水足迹更大。因此，实

施旨在减少蓝水足迹的干预措施时，应重点考虑地理位置。

供应链不同环节粮食损失和浪费的环境足迹

减少粮食损失或浪费措施的环境有效性不仅取决于食品类型和地理位置，还取决于发生粮食损失或浪费的供应链环节。

事实上，尽管食品供应链各环节均存在减缓粮食损失和浪费环境影响的空间，但空间大小有别，取决于国家经济发展水平和针对的环

境方面。在工业化国家，由于多数粮食在食品供应链末端被浪费，关注消费者浪费可能会最大程度地减少粮食损失和浪费及其产生的环境损害。在发展中国家，针对农场损失的措施可能在减少粮食损失和浪费环境足迹方面最为有效。

针对粮食损失或浪费量最大的供应链环节实施干预，不见得能够最有效地减缓粮食损失和浪费的环境影响。下文说明干预措施还应考虑环境足迹最大的供应链环节。

例如，粮食损失和浪费碳足迹在食品供应链各环节的表现，明显不同于土地或水足迹。因此，原则上，在何处采取措施以减少碳足迹，应不同于针对水短缺或土地退化问题的措施。事实上，食品中嵌入的温室气体排放量往往随产品沿供应链移动而增加，供应链中各环节的累积贡献大于前一个环节。这意味着在批发或零售环节损失或浪费的单位食品，其碳足迹大于在农场损失的单位食品，在高收入国家尤其如此。土地和蓝水足迹的累积不那么明显，大部分环境影响发生在农业生产阶段。

由此可见，如减少粮食损失和浪费措施的主要目标是减少温室气体排放，则在消费环节，避免损失或浪费的单位食品，影响最大，因为产品涵盖此前各阶段的温室气体排放。此外，如主要目标是减少土地或水的使用，则越靠近初级生产阶段的干预措施可能证明最为有效，因为后续阶段的新增环境损害很小。

与温室气体排放相反，土地或水资源不可持续使用所造成的环境问题与地理位置最为相关。这也是为什么通常建议在初级生产阶段或

接近初级生产阶段采取干预措施。在供应链随后环节采取解决具体地点环境问题的措施可能收效欠佳，因为并非所有目标产品都来自问题区域。换言之，减少粮食损失或浪费的措施无论在哪里实施均将提升整个国家范围内的平均蓝水和土地利用效率。然而，若要在效果最显著的区域改进资源利用效率，则需要了解地理位置在多大程度上决定土地和水足迹，以及发生粮食损失或浪费的供应链环节。

插文27通过关注四个不同区域的同一种玉米产品，说明各环境足迹影响因素的变化。跨商品、国家和区域汇总数据，模糊了整个供应链上特定产品或地理位置的具体特征，如碳足迹的累积影响。关注单个产品可更详细地了解上述具体特征。■

对自然资源使用和温室气体排放的潜在和实际影响 — 价格的作用

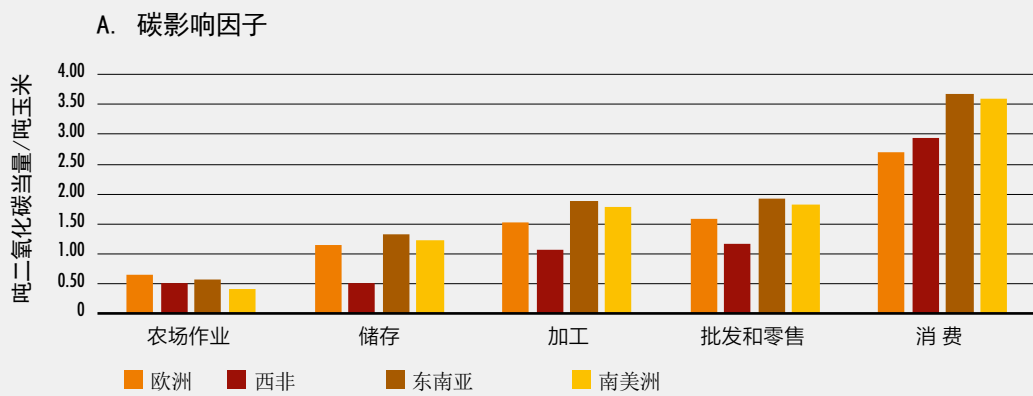
截至目前，本章根据在不同商品、地理位置及食品供应链环节粮食损失和浪费的规模和环境的影响，讨论了减少粮食损失和浪费不同环境足迹的潜力。减少粮食损失和浪费将在多大程度上以及在什么位置确实能够减少环境足迹，则是一个更为复杂的问题。因为在供应链某个环节减少粮食损失或浪费的干预措施将产生何种影响，取决于供应商价格和消费者价格沿供应链及在各地地理区域如何变化。这些价格传导效果对影响如何发生至关重要。

减少粮食损失和浪费意味着，消耗相同数量的自然资源和排放相同数量的温室气体，可以为消费者提供更多粮食。同样，这意味着消

插文 27
整个供应链上食品生产的环境足迹 — 以玉米为例

插文中数字显示欧洲、西非、东南亚和南美玉米的碳、水和土地影响因子。随着玉米沿食品供应链移动，温室气体排放量明显累积（图A）。因此，消费阶段碳足迹最大。这里整个供应链的全部排放都嵌入产品中。玉米损失或浪费的土地和水足迹在供应链各阶段均相同，假设土地和蓝水（图B和C）仅在初级生产阶段使用。

以下数字显示用于生产玉米的温室气体排放量和自然资源使用量因区域而异。生产一吨玉米在东南亚和南美产生的温室气体排放量高于其他区域。生产一吨玉米在西非需要最多土地，尤其是与欧洲相比，欧洲土地利用效率似乎最高。然而，欧洲玉米生产水资源强度更高，这很可能是因为欧洲大范围采用灌溉。

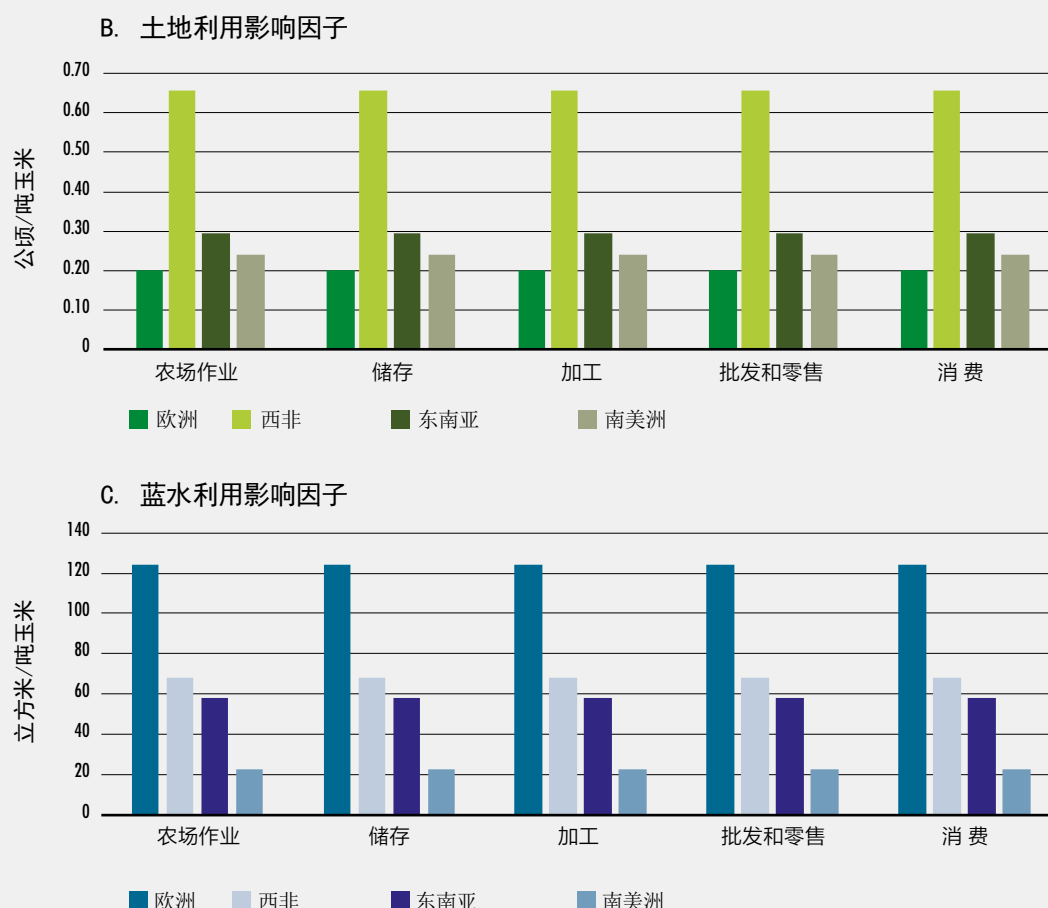


耗更少的自然资源和排放更少的温室气体，可以将同等数量的粮食提供给消费者。换言之，自然资源利用效率将会提高，消耗单位食品排放的温室气体将会减少。尽管如此，提高资源利用效率或降低温室气体排放强度，并不一定会转化为总资源使用量和总温室气体排放量的减少。减少资源使用量和温室气体排放量的程度，将取决于粮食损失和浪费减少后价格如何变化以及供应商和消费者对该价格变化如何反

应。理论上，生产者或供应商减少粮食损失量将增加粮食供应。同样，消费者减少粮食浪费量将抑制粮食需求。在这两种情况下，由于粮食供应量增加，粮食价格下跌。价格下跌信号通过食品供应链传导。

价格变化也将视市场一体化和依存程度或多或少地在不同地理位置之间传递。假设个体生产者无法影响价格，则价格下跌将促使生产

插文 27 (续)



注：根据是否具备具体区域的影响因子选取区域。在这种情况下，农场作业包括产前、产中和产后作业。
资料来源：粮农组织，2013。¹

者减少产量，最终减少自然资源使用量和温室气体排放量。但如果粮食价格下跌导致需求量增加，则可能出现第二轮抵消性影响。反过来，这将导致粮食价格上涨，粮食供应量和自然资源使用量再次增加。这可能抵消（至少部分抵消）最初的影响。确切结果将是一个实证问题。

相反，如减少损失措施是监管的结果，则因减少粮食损失和浪费而增加的成本以及价格

上涨可能对供给产生限制效应。随着产量下降，自然资源将得到保护，温室气体排放将会降低。

下节将重点分析价格变化及传导的作用，这对于根据环境目标确定在哪里采取干预措施以减少粮食损失和浪费具有重要意义。第一部分考察整个食品供应链的价格传导，第二部分侧重不同地理区域之间的价格传导。第三部分

提出实证证据。减少粮食损失或浪费的干预措施在环境方面是否有效，取决于发生环境损害的地理位置和供应链环节以及对投入品和产出价格的影响。

价格传导及发生环境损害的供应链环节

减少供应链某特定环节的粮食损失或浪费，会对该环节上游和下游的价格产生影响，前提是假设粮食损失或浪费的减少幅度足以对价格产生影响。价格变化在整个供应链如何传导并到达造成损害的经营者的，决定了减少粮食损失和浪费措施的环境成效。

粮食损失或浪费的大部分土地和蓝水足迹来自初级生产阶段（见**插图27**）。因此，粮食损失或浪费的减少，如果抑制农场价格，从而促使生产者缩减产量（进而减少自然资源使用量），将推动环境的改善，无论损失或浪费出现在供应链的哪个环节。

与来自初级生产阶段的土地和蓝水足迹不同，粮食损失或浪费的碳足迹随食品沿供应链移动而逐渐增加。位于初级生产阶段后的经营者仍可能产生大量温室气体排放。在供应链早期阶段减少粮食损失，从而帮助经营者降低投入品成本，可能会促使经营者扩大产量，而随着沿供应链移动的食品数量增加，温室气体排放量最终也会增加。

如**图16**所示。这里，食品中包含供应链之前各环节的累积排放，这意味着所避免的每单位粮食损失或浪费在零售和消费阶段对温室气体排放的影响最大。因此，旨在减少粮食损失和浪费碳足迹的措施应在供应链稍后环节实施。

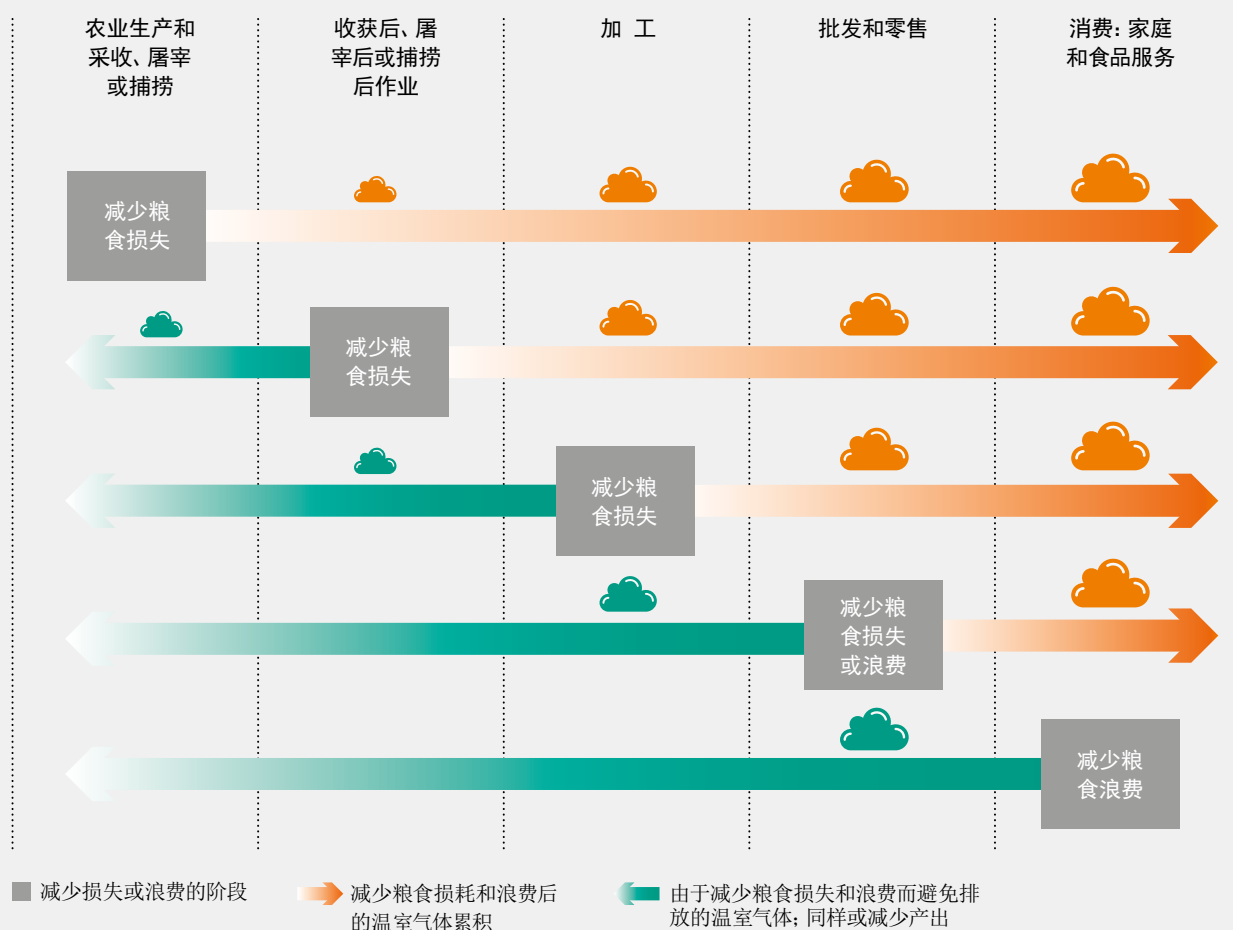
价格传导及环境破坏的地理位置

上文指出，减少粮食损失和浪费的相关价格变化如何沿供应链传导并达到造成环境损害的经营者，以及这如何决定粮食损失和浪费减少带来的环境成效。发生环境损害的地理位置也同样适用这一推理。

事实上，如粮食损失和浪费的减少接近造成环境损害的位置，则由此带来的价格变化更有可能以更有力的方式传导至造成损害的经营者；因此，促使这些行为体调整产出，进而调整资源使用量，将更加有效。例如，如旨在实现缓解水资源短缺的环境目标，则在接近或处于初级生产环节（大部分水资源在这一环节消耗）的缺水地区减少粮食损失，可能是实践证明最有效的方式。确实，使用该水资源的农民可能对价格下跌的感觉最为强烈，从而对生产和资源使用起到抑制作用。

相反，如干预措施与这些行为体相距较远，则价格效果必须通过供应链传导以到达这些行为体，而价格效果在传导过程中可能被削弱，从而降低了调整生产和资源使用的刺激。尽管，干预措施能够影响整个系统的自然资源使用，但可能无法针对特定关键区域。这对于高度当地化的环境危害十分重要，土地和水资源短缺往往具有高度当地化特征。同样以上文为例，如减少损失和浪费的措施在批发层面实施，则政策制定者可能面临无法减轻缺水区域水资源短缺压力的风险，因为食品可能来自许多地理位置分散的农民，而这些农民不一定遭受水资源短缺的困扰。因此，当价格传导至缺水区域农场时，被稀释的价格影响可能不够强，不足以促使农民调整生产和资源使用。彼此直接联系的供应

图 16
整个食品供应链中减少粮食损失和浪费的碳影响



资料来源：粮农组织。

商之间的价格传导很可能比通过其他中介间接联系的供应商之间的价格传导更强。

粮食损失或浪费减少带来的价格变化如何沿供应链传导，还取决于供应链的地理跨度。在地理上集中的供应链中，针对某个当地环境问题而减少的损失或浪费，很可能“击中”目标，因为价格变化在供应商和消费者之间明确且直接地传导。在地理跨度大的供应链中，

消费环节的食品可能来自许多不同地点，包括其他国家。因此，减少消费者浪费，无法解决具体地点的环境损害；这必须通过采取在地理上和供应链上接近损害地点的干预措施来实现。^q

^q 在某些情况下，如大规模流域污染，水问题将不再是“局部”问题。例如，流入密西西比河的农业径流，造成墨西哥湾的富营养化。考虑到密西西比河流域的规模，即使是非定向的减少粮食损失或浪费的活动也可能减缓环境损害。

减少损失或浪费所产生价格影响的稀释（如从消费者减少浪费到农民）对于温室气体排放等非针对具体地点的环境损害可能不是问题。在这种情况下，大量农民在接收到经稀释的价格信号后，即使小幅下调产量，也将有助于缓解气候变化。换言之，减少粮食损失或浪费的干预措施的地理位置对于旨在减少温室气体排放量的政策制定者而言无关紧要，因为温室气体排放是一个全球性问题。

总之，尽管对减少温室气体排放无关紧要，但位置对于旨在缓解局部环境损害的干预措施十分重要，如对土地或水资源造成的损害。然而，在这些情况下，直接针对相关问题采取措施，以解决特定地点的环境问题，可能比减少粮食损失或浪费更为可取。

价格跨部门和跨区域传导效果的实证证据

减少粮食损失或浪费通过价格对粮食供求产生的影响，取决于价格变化如何影响市场和内部及之间的行为体。**插文28**根据全经济体建模框架，展示这些效果的复杂性。插文显示全球将初级生产和加工阶段粮食损失减少25%如何减少土地使用，但没能显著减少全球层面温室气体排放量。该结果确认，在供应链早期采取干预措施可减少土地压力，而温室气体排放问题应在供应链后续环节加以解决。尽管建模框架并未考虑收入或人口增长，但鉴于预计未来数十年农产品需求量将继续增加，因此建模结果无疑非常重要。¹⁶

除在供应链哪个环节减少粮食损失的问题外，如考虑粮食系统不同部分以及与其他部门之间的相互作用，则问题就变得更加复杂。在

此方面，另一项研究发现，将假设粮食损失占产量的比重从20%减少到5%，将使农产品价格下降约4%，这反过来将刺激肉类和生物燃料的生产，因为肉类和生物燃料生产从农业投入品价格下降中受益。总体而言，减少损失和浪费将使农业土地的使用量减少4.5%，使2000–2020年温室气体排放增量从常规情景下的约25%下降到不足8%。然而，这项研究并未评估具体措施针对减少粮食损失或浪费的可行性，也未说明这些措施在实际中如何落实。¹⁶■

在可持续大背景下减少粮食损失和浪费——可比效果和权衡取舍

不断增加的世界人口对食品的需求量日益增加、收入增长带来饮食结构变化，这使全球粮食系统的环境可持续性面临风险。在此背景下，减少粮食损失和浪费是确保在2050年以环境可持续方式养活97亿人口的各项潜在干预措施之一。²减少粮食损失和浪费，通过提高资源利用效率，可有助于增加粮食供给，而不会加剧环境损害，即使总体资源使用量（或温室气体排放量）及环境影响没有减少（见**插文29**举例）。

减少粮食损失和浪费相对于其他可持续性干预措施的环境影响

现有证据显示，尽管减少粮食损失和浪费有利于环境可持续性，但必须辅之以其他干预措施，以便显著减轻粮食系统对环境造成的损害。其他可能的干预措施包括改进农业技术或推动饮食调整。¹⁸»

插文 28

全球粮食损失量减少25%对农业土地使用和温室气体排放的影响

减少粮食损失或浪费对土地和水的使用以及温室气体排放的影响，取决于减少带来的价格变化如何在整个供应链和更广泛的经济系统中传导。

瓦赫宁根大学与研究中心使用全球经济模型“MAGNET”，根据粮农组织最新粮食损失估计，模拟初级生产和加工阶段粮食损失减少25%的情景（另见插文25）。ⁱ

该损失的减少可表示为生产率变化，生产率变化使全球产量增加4.3%，其中2%处于初级生产阶段，2.3%处于加工阶段。插文中图表总结了减少农业土地使用量和温室气体排放量产生的影响。

该研究显示，将初级生产和加工阶段的损失减少25%，对全球温室气体排放量的影响非常有

限（-0.07%）。两个单独的现象可以解释该结果。首先，温室气体排放量随着食品沿供应链移动而累积。在供应链早期减少损失，意味着更多食品到达零售环节，这会增加温室气体排放总量。如模型模拟所示，与在供应链早期减少损失相比，减少消费者食品浪费预计将对温室气体排放量产生更大影响。其次，减少损失可能导致资源重新分配给其他部门。如这些部门的温室气体排放量高于所避免的粮食损失的温室气体排放量，则温室气体排放总量可能增加。

模拟显示，这两个过程是撒哈拉以南非洲以及拉丁美洲及加勒比区域温室气体排放量增加的根源。即使到达消费者的单位食品的资源使用强度降低，这种情况仍会出现。

在初级生产和加工阶段，减少25%的粮食损失对环境的影响（百分比变化）

	经济影响	环境影响					
	GDP	农业土地利用			温室气体排放		
全 球	0.12	-0.68			-0.07		
区 域		总体影响		贡献	总体影响		贡献
		内部	外部		内部	外部	
撒哈拉以南非洲	0.57	-1.29	-0.62	-0.67	0.26	0.58	-0.33
中亚和南亚	0.22	-0.41	-0.24	-0.17	-0.33	-0.06	-0.27
东亚及东南亚	0.19	-0.49	-0.29	-0.20	-0.10	-0.02	-0.07
西亚和北非	0.10	-0.33	-0.12	-0.22	-0.09	0.03	-0.12
拉丁美洲及加勒比	0.20	-1.18	-0.41	-0.77	0.10	0.36	-0.26
北美和欧洲	0.06	-0.30	-0.11	-0.19	-0.05	0.04	-0.08
大洋洲	0.09	-0.16	0.04	-0.19	-0.09	0.71	-0.80

注：“内部”是指在区域内减少损失对本区域的影响；“外部”是指其他区域减少损失对本区域的影响。

插文 28
(续)

损失减少后经济规模迅速扩张的区域，其温室气体排放量净增加的可能性更大（如撒哈拉以南非洲）。因部门之间资源转移导致的温室气体排放变化，通常超出了任何针对粮食系统的政策的范围且难以预测。

一个国家粮食损失减少可能会影响另一个国家的温室气体排放。海外损失的减少可能使进口食品更便宜，从而导致国产食品被替代，进而导致国内温室气体排放量下降。

该模型预测，在初级生产和加工阶段粮食损失减少25%后，农业用地减少了近0.7%。虽然仍然有限，但该影响远远大于温室气体排放，可能有助于抵消未来数十年随粮食需求增加而增加的农业用地需求。该研究的背景文件显示，越接近初级生产阶段采取的干预措施（与在加工阶段采取的干预措施相比）在减少农业用地需求方面越有效，因为价格变化在直接联系的生产者和购买者之间更强有力地传导（表中未显示）。

根据该模型，内部和外部损失的减少都会减少各区域农业土地的使用量，大洋洲除外，大洋洲内部粮食损失减少导致土地使用量小幅增加。减少外部损失往往对土地使用量产生更强有力的限制性影响；仅在中亚、南亚、东亚和东南亚，内部损失减少的影响更大。外部粮食损失减少对土地使用量的重大影响是由于进口替代国产食品（另见插文25表中“可供量”），从而减轻内部土地压力。另外，内部损失减少可能对土地使用

量产生相反影响。事实上，损失减少后生产率的提升，使本国食品比进口食品更具竞争力，这可能会刺激国内生产。由此产生的土地使用量的增加与最初内部粮食损失减少对土地使用量产生的限制性效果相反；在某些情况下，净结果可能是土地足迹更大。其政策影响是，减少一个区域的粮食损失更可能对该区域以外（而不是内部）的农业用地需求量产生影响。

出于政策目的，对模拟结果的解释有许多注意事项。首先，模型假设减少损失是自愿采取措施的结果，措施降低了生产成本，从而提高了利润。但某些减少损失的措施可能导致生产成本增加，如通过法律收税或实施禁令。这会对国产食品的竞争力产生负面影响，减少温室气体排放和国内土地使用，但可能会增加其他区域的环境破坏。

其次，模拟结果取决于价格变化跨区域传导的程度。传导决定了减少损失是否会对远离减少损失发生地点的温室气体排放和土地使用产生影响。价格变化在不同区域之间的传导程度取决于食品类型、将产品带给消费者的供应链结构以及产品是否在区域之间交易。价格变化如何跨区域传导不易预测。因此，关于减少损失内部影响的模型结果较减少损失外部影响的模型结果更具说服力。因此，包括内部影响和外部影响两方面的模型结果在表中分别列出。

ⁱ 粮农组织统计司提供了按食品组、国家组和供应链阶段划分的粮食损失估计值。在该模拟中，粮食损失减少量因不同食品、区域和供应链阶段而异。然而，由于粮农组织粮食损失估计方法与MAGNET结构的差异，模拟中涵盖的供应链阶段仅限于初级生产和加工阶段；模拟不包括供应链其他阶段，如储存、运输、批发和零售。

资料来源：Kuiper和Cui，2019年¹⁷。

插文 29

澳大利亚芒果生产用水 — 针对资源使用效率和实际用水量

澳大利亚芒果生产用水研究分析了三种可能的节水干预措施对环境造成的影响。²¹其中，减少损失和浪费在资源使用效率方面最为有效。在分配和消费阶段的浪费减半，将使1公斤新鲜芒果的水足迹从87升减少到57升，减少34%。将用于灌溉澳大利亚一半芒果园的水减少40%，将使1公斤芒果的水足迹减少18%。将水资源丰富地区

的芒果产量扩大20%，将使1公斤芒果的平均水足迹减少11%。这一有趣的例子说明资源使用效率与资源实际使用量之间的差异。减少浪费可以保证更有效地利用资源，但不一定可以减少使用量，同时减少灌溉直接影响灌溉用数量，但资源使用效率方面的改进较为有限。

» Springmann等人对旨在减少全球农业食品系统环境足迹的一系列可能干预措施的影响加以估计。^{7、19}该研究确定了直至2050年在全球粮食系统中温室气体排放、农田和蓝水使用以及氮和磷应用的基线轨迹。该研究还评估了到2050年一系列干预措施的影响：粮食损失和浪费分别减少50%和75%；农业技术的中速和高速进步；广泛采用含有更多植物（弹性素食）的膳食；适度和大力实施干预措施组合。干预措施性质不同。即使在这种情况下，如能考虑到实施措施的成本，则措施之间可能具有可比性，但本研究未提供成本信息。尽管不同干预措施的结果在实践中不具有可比性，但可大致了解在未来数十年有望实施的干预措施所产生环境效应的量级。

研究发现，在所分析的单一干预措施中，改进技术是减少农田、蓝水和肥料使用量的最有效干预措施。将粮食损失和浪费减少50%或75%，是这方面次有效的干预措施，可将农田使用量减少14-21%，蓝水使用量减少13-19%，

氮使用量减少16-24%，磷使用量减少15-23%。调整膳食在农田、蓝水和肥料使用方面效果最差。在气候变化影响方面，减少粮食损失和浪费在减少温室气体排放量方面效果最差，到2050年可减排6-9%。调整膳食可将全球温室气体排放量减少约29-52%，成为最有效的措施。

需注意到Springmann等人的模拟，除未考虑干预措施相关成本外，也未考虑制定和实施干预措施所必需的机构和组织变化。确实，促成某些变化可能遇到巨大阻碍，如采取技术和做法以缓解和适应气候变化的影响。²⁰另外，减少粮食损失和浪费相比其他方案，在实现环境目标方面可能具有一项优势，如技术变革或膳食调整：可以给人们省钱。如具备减少损失和浪费的私人动机，包括企业节约投入和消费者通过避免浪费节约资金，则可推动机构和组织变化。

总之，减少粮食损失和浪费将无法解决粮食生产所有相关环境问题，且必须辅之以其他

改进措施，如技术进步和膳食调整，以确保粮食系统的环境可持续性。尽管，全球层面的评估可说明这些改进所产生影响的量级，但需要更详细信息以确定最有效和最具成本效益的措施。收集此类详细信息将成为未来数年研究人员面临的一项主要挑战。

减少粮食损失和浪费所产生环境影响的权衡取舍

尽管减少粮食损失或浪费基本上对环境有益，但某些措施可能增加环境压力。例如，旨在减少损失或浪费的冷藏设施的改进，可能增加粮食系统中的能源使用量，进而增加温室气体排放量。²²

确保全世界获得安全和优质的食物，尤其是在气候变化背景下，需要足够的冷链设施。²²2009年，国际制冷学会估计，如果发展中国家具备与发达国家相同的冷链能力，则每年可节约超过2亿吨食物。这项研究指出，这大约相当于这些国家消费量的14%。²³

提高冷链技术能源使用效率，可有助于减少制冷产生的温室气体排放。例如，可使用更环保的方案替代当前制冷设备，包括家用冰箱。^r插文30显示实施清洁能源技术如何能够节约粮食，同时减少温室气体排放。

适当包装可通过保护食品及延长食品货架期，预防粮食损失或浪费。例如，菲律宾使用可重复使用的塑料周转箱代替木箱或竹筐运输水果和蔬菜，以较低的成本减少了损失。²⁷

^r 作为冷链一部分的家用冰箱往往被忽视，即使据估计全世界有10亿台家用冰箱。多数在工业化国家，尽管发展中国家的使用量正在稳步增加。^{22、24}据估计，家庭制冷约占制冷产生的温室气体排放总量的6%。商业、工业和交通运输制冷占其余的94%。²⁵

尽管包装有助于避免损失或浪费，但生产包装会排放温室气体。包装本身在其生命周期结束时也会成为废物，除非得到回收利用。²⁸包装占2015年4亿吨塑料总产量的36%，占3亿吨初级塑料垃圾的47%。²⁹据估计，2007年生产的所有塑料和其他包装材料的40%（以美元计）用于包装食品。³⁰

包装因在食品系统中产生最高的环境足迹而日益受到责备。然而，环境影响评估往往忽略了包装在减少粮食损失或浪费方面的好处。³¹⁻³³为充分评价食品包装带来的总体环境负担，必须考虑到通过包装而得以避免的损失或浪费所产生的环境足迹以及包装回收的潜力。净环境利弊因食品而异。使用包装以避免生产中环境足迹大的产品发生损失，与不使用包装而产生更大损失相比，可能带来更多环境好处。^{31、32、34}例如，避免肉类或奶类产品（环境足迹大）的损失或浪费，可能带来温室气体排放量净削减。插文31更详细讨论食品包装的环境足迹与通过食品包装所避免的粮食损失或浪费的环境足迹之间的权衡。通过优化形式或使用可循环材料等实现包装环境表现的最优化，尽管具有挑战性，但可带来重大环境益处。■

结论

减少粮食损失和浪费有助于以可持续方式满足日益增加和日渐富裕的世界人口今后的粮食需求。实现可持续性需要更高效地利用自然资源并减少所消耗的单位食品的温室气体排放量。减少粮食损失和浪费有助于实现该目标。

粮食损失和浪费与粮食系统可持续性之间的联系复杂且视情况而定；需要充分认识这一

插文 30

牛奶供应链中清洁能源技术的财务和经济评估

牛奶如不冷却则会很快变质，但许多农村地区缺少冷藏设施。离网冷却技术有助于防止牛奶损失，且不会增加温室气体排放。近期粮农组织的一项研究分析了肯尼亚、突尼斯ⁱ和坦桑尼亚沼气或太阳能驱动的牛奶冷却系统的财务和经济效益。

在肯尼亚和坦桑尼亚，采用由沼气驱动的家庭牛奶冷却器，需要1600美元的前期投资，但可直接带来私人效益，如提高牛奶品质和增加农民销售量。肯尼亚和坦桑尼亚的奶农通过冷藏晚间牛奶每天可以分别增收1.96美元和2.17美元的收益。同时，使用沼气驱动的牛奶冷却器每年可分别为肯尼亚和坦桑尼亚的供应链创造531美元和128美元的额外收益。使用冷却设备还可为熟练工人创造就业，并通过减少薪柴和木炭等传统固体燃料燃烧造成的室内空气污染，改善健康状况。在环境影响方面，通过替代固体生物质燃

料，每个冷却器每年约能实现1.68吨二氧化碳当量的温室气体减排。然而，由于用于驱动牛奶冷却器的沼气是通过沼气池产生，而每个沼气池系统每天需要50–100升水，用于混合粪便，每年约额外需要25000升水。

太阳能冷却设备是沼气动力系统的替代方案，尤其适用于阳光充足的区域。在肯尼亚，对已经拥有柴油发电机系统的农民来说，太阳能冷却器通过更快地冷却牛奶每年可额外带来876美元的收入。在突尼斯和坦桑尼亚，收入分别增加约10800美元和8400美元。ⁱⁱ太阳能冷却器还通过在三个国家的整个供应链创造就业和额外收入带来经济效益。通过减少牛奶损失，该技术还可每年分别为坦桑尼亚和突尼斯节约100万升和300万升水。然而，对肯尼亚的影响微乎其微。ⁱⁱⁱ尽管总体有益于环境，但所需40000美元的前期投资给技术的采纳造成巨大障碍。

ⁱ 针对突尼斯，仅提及太阳能冷却干预措施，因为未对该国的沼气家用牛奶冷却器开展分析。

ⁱⁱ 与肯尼亚不同，未假定柴油动力系统或其他冷却设施作为基准。

ⁱⁱⁱ 肯尼亚基准的用水量相似。

资料来源：粮农组织，2019²⁶。

联系，以制定有效政策，通过减少粮食损失或浪费解决环境关切。例如，提高供应链某个环节食品的资源利用效率可能抑制食品价格，从而刺激后续环节的需求量；这可导致总体资源使用量增加。

减少粮食损失和浪费会影响生产和消费决策，进而通过价格变化影响自然资源使用和温

室气体排放。这些变化在供应链内部和整个经济系统范围内如何传递，决定了其对粮食损失或浪费环境足迹的影响。

总之，本章讨论的理论和案例研究，为在供应链哪个环节以及什么地理位置，根据所要追求的环境目标实施干预以减少损失和浪费提供了指示。为解决具体地点的环境压力，旨在

插文 31 通过包装减少粮食损失和浪费的环境效益

食品包装有助于避免粮食损失和浪费，从而减轻环境负担；然而，包装的生产和处置也会损害环境。权衡取舍的结果取决于食品的环境足迹（因食品类型和地点而异）以及所使用的包装材料。³⁵玻璃、金属、塑料、纸张、纸板和可生物降解的聚合物各有利弊。³⁶食品/包装比用生产和加工1千克食品的温室气体排放量除以包装1千克该食品所产生的温室气体排放量计算。大量文献综述发现，食品包装比介于0.06至700之间，取决于食品和包装配置。³²一般而言，该比率越高

越好，说明通过包装减少损失而避免的温室气体排放量更多。虽然该研究仅考察了食品生产和包装对温室气体排放的影响，但展示了食品的资源强度如何决定其包装的环境表现。

通过包装技术减少粮食损失和浪费的合理而实用的方法考虑了与不同产品类别的环境足迹。与环境足迹更低的食物（如蔬菜和谷物）相比，通过包装环境足迹更高的食物（如肉类和乳制品）减少粮食损失和浪费，可以产生更大的环境效益。

减少损失的干预措施应在尽可能接近压力位置的供应链环节和地理位置实施。这将确保价格信号强有力地传递给引发损害的行为体。因此，旨在缓解土地或水资源压力的干预措施应在初级生产阶段实施，因为该阶段是粮食系统中多数土地和水足迹的集中地。鉴于温室气体排放随食品沿供应链移动而累积，减少粮食损失或浪费碳足迹的干预措施应针对供应链末端环节。由于温室气体排放量减少，无论发生在哪里，均有益于环境，因此，此类干预措施不应针对某个特定的地理位置。

制定干预措施时应考虑的其他要素包括：在特定地点减少粮食损失或浪费的潜力；特定干预措施的相关成本；这些干预措施与其他战略相比的成本有效性。一般建议在采取减少粮食损失和浪费措施的同时，辅之以其他措施。

政策制定者必须适当考虑，减少粮食损失或浪费的措施也可能对环境造成一定负面影响。例如，使用包装保护和保存食物，可能导致塑料污染增加。同样，制冷有助于预防粮食损失或浪费，但也会导致温室气体排放。

从更长期角度看，减少粮食损失和浪费将总是能够改进所消耗单位食品的自然资源使用效率和温室气体排放量。上述考虑因素可为减少粮食损失和浪费的应关注的重点领域提供初步指导。但是，减少粮食损失和浪费措施的成本和环境效益相关数据不足，使针对通过减少粮食损失和浪费以改进环境可持续性的效率和效果开展的任何评估都变得复杂。需要填补数据缺口，以便广泛采取减少粮食损失和浪费的措施，并将其作为实现土地、水和气候变化相关可持续发展目标战略的一部分。

最后，尽管非本章重点，但应意识到气候变化可能导致产后损失增加，尤其在初级生产阶段。³⁷极端天气事件，如干旱或洪水，会破坏作物和牲畜并损坏基础设施，同时不规律降雨可能造成减产，影响干燥工序并有利于霉菌毒素等依赖水分的病原体的滋生。^{38、39}此外，


更高的温度和更大的湿度可能有助于跨境作物和动物病害的传播。温度升高也会加速食物腐败，增加食品安全关切。气候诱发的粮食损失增加，可能导致农业用地扩张，侵占林地，进而阻碍温室气体封存。■



危地马拉

志愿者母亲们正在准备学校供餐。她们在营养、食品处理和制备以及良好卫生规范方面得到了培训。

©Pep Bonet/NOOR为粮农组织提供



第6章 减少粮食 损失和浪费 的政策制定 — 指导原则

重要信息

1 减少粮食损失和浪费在实现可持续发展目标（特别是与粮食安全和营养及环境可持续性有关的目标）方面可发挥重要作用。但是，减少粮食损失和浪费与这些目标之间的关系十分复杂。

2 在政策和基础设施投资方面实施公共干预措施可以创造有利环境，鼓励私营部门为减少粮食损失和浪费进行投资；应根据政策制定者的最终目标选择实施的干预措施，最终目标可以与经济效率有关，也可以与粮食安全和营养或者环境可持续性相关。

3 温室气体排放是全球性问题，无论在世界上任何地方，减少粮食损失和浪费的任何干预措施都可能有助于减排；但针对供应链最后阶段的干预措施可能会产生最大的影响。

4 粮食损失和浪费会对土地或水等自然资源带来压力，如果在这些压力的地理位置和供应链上所处的环节附近实施减少损失和浪费的措施，可能最有效地减轻对自然资源的压力。

5 为了加强粮食安全和营养，减损干预措施必须针对弱势群体。在粮食不安全程度最高的国家，决策者应尽早对供应链进行干预，因为供应链对粮食安全的影响最大。

6 为确保这些干预措施行之有效，需要大幅度改进目前的数据收集方法，以进行监测和影响评估。各国应分享实际经验，例如如何寻找关键损失点以及监测工作的成本。

减少粮食损失和浪费的政策制定 — 指导原则

本报告前几章讨论了私营部门对减少粮食损失和浪费进行投资的动机（商业案例），以及进行公共干预的依据。减少损失和浪费会给经济整体带来效益（经济案例），并可能有助于加强粮食安全和营养或环境可持续性，这可以作为进行公共干预的依据。本章讨论可以减少粮食损失和浪费的公共干预措施的类型，实施这些干预措施并非是目标所在，而是实现更广泛的社会或环境目标的手段。目前，缺少关于粮食损失和浪费的量和发生地点的可靠数据，并缺乏开展这项工作的成本信息，这是制定减少损失和浪费有效政策的主要阻碍。因此，本章还描绘了在全球收集可靠、可比数据的潜在路线图。■

鼓励私营部门减少粮食损失和浪费

食品供应链中的行动方主要受自身利益驱使：生产者的目标是实现利润最大化，而消费者的目标是获得自身利益。只要收益超过成本，理性决策者就会减少粮食损失和浪费。彻底消除粮食损失和浪费的成本过高，故而不现实。¹

第3章指出，私营部门减少粮食损失和浪费的商业案例可能存在。²虽然这一做法受到经济动机的驱使，但也可能有助于实现更广泛

的社会目标：提高生产效率、创造就业、加强粮食安全和营养和/或环境可持续性。例如，创新的减少损失技术可以显著提高生产效率并改善环境可持续性。

相反，在某些情况下，减少粮食损失和浪费的商业案例可能很少，即供应商和消费者在决定他们认为最佳的粮食损失或浪费水平时会面临限制。^{3、4}例如，虽然小农可能会通过减少产后损失获益，但他们往往缺乏必要的资金。⁵其他主要阻碍包括缺乏信息、到市场的距离、获得社会资本、权属保障薄弱以及面临风险和冲击。⁴妇女通常比男性更容易受到这些阻碍的影响。此外，即使私营利益相关方受到个人利益驱使，采取减少了粮食损失和浪费的解决方案，这对粮食损失和浪费水平的影响可能也有限。

由于减少粮食损失和浪费可能会促进经济增长并创造就业，可能有理由实施公共干预措施，以消除阻碍，鼓励行动方进一步减少损失和浪费。例如，经证实，向消费者和供应商提供减少粮食损失和浪费的备选方案信息是对决策者具有成本效益的策略（见插文18和32）。

影响粮食价格的公共干预措施也可以促使消费者和生产者避免损失和浪费，因为粮价越高，对供应商或消费者避免损失和浪费的经济激励就越大。但另一方面，人为压低粮价（例

插文 32

减少粮食损失的宣传活动 — 中国、土耳其、北马其顿和丹麦

2013年，中国的一个非政府组织发起了“光盘行动”，以提高消费者对粮食浪费的认识。北京有超过750家餐厅参加了该活动，大量公众也对此表示支持。在活动中，餐厅提供小盘菜肴，鼓励使用打包盒，或者为没有剩菜的顾客打折或开具证明。⁸第二年，中国政府采取了若干措施来减少粮食损失和浪费，推行“倡导厉行节约，反对铺张浪费”。产生影响的证据尚不明确。

土耳其于2013年开展了一项减少面包浪费的活动，以提高公众对浪费的认识，避免整条供应链上的损失，并促进全麦面包的消费。尽管该活动为自愿性质，但每天浪费的面包从2012年的590万条减少到了2013年的490万条。通过鼓励消费者只购买他们实际吃得下的面包，该活动使2013年的面包购买量减少10%，为消费者节省了11亿美元。^{9、10}

2011年，北马其顿建立了旨在减少国家有机和无机浪费情况的公民主导网络，该网络从2017年开始重点关注粮食浪费情况。¹¹采取的行动包括建立网络平台，使企业、农民和食品服务供应商可以在线发布食物捐赠信息，民间社会组织可以申请领取这些捐赠进行再分配。该组织进一步

倡导修改法律，扩大捐赠多余食物的规定，包括为食物捐赠者提供税收优惠。¹²另一项措施是针对中学生的食物浪费试点学习计划——“食物浪费实验学习计划”。¹³

丹麦提供了一个有趣范例，证明了提高公众认识可能对减少食物损失和浪费产生影响。在2010–2015年间，丹麦通过一系列举措减少了25%的食物浪费，包括教育消费者以及让超市给临近到期或外观有缺陷的食品打折。¹⁴引领这一运动的是私营部门和公共部门支持的“停止食品浪费”活动。^{14、15}该活动为消费者提供了关于如何制定最佳计划进行食品采购和准备膳食的技巧，还激励食品制造商和零售商在包装设计和食品尺寸等方面进行创新。由于消费者减少了食物浪费，节约了资金，一些与价格相关的举措也促使食品价格下降。^{16、17}负责处理垃圾的地方机构也从中获益，因为垃圾处理的费用降低了（主要指垃圾焚烧费用，因为丹麦的多数食物垃圾都是通过焚烧处理）。¹⁵参与活动的企业不仅提高了其社会和环境管理声誉，还通过销售原本会被丢弃的食品而增加了销售，降低了成本（例如处置成本）。¹⁷

如通过粮食补贴)的农业或粮食政策干预措施可能会起到反作用，反而鼓励粮食损失和浪费的出现(见插文33)。

促进整体经济发展的公共政策可能会附带额外好处，促使私营部门减少粮食损失和浪

费。例如，包括信贷和保险在内的包容性金融服务可能帮助供应商对技术进行投资，而这一技术则可能减少粮食损失和浪费。对经济发展进行干预带来减少粮食损失的附带好处的一个例子是，国际复兴开发银行通过融资改善了墨西哥粮食储备，提高了小农的竞争力。⁶

插文 33 近东的面包补贴改革

虽然食品补贴可能作为社会安全网的一个组成部分，改进粮食安全，但食品补贴也可能使消费者浪费更多的食物。¹⁸食品补贴政策的设计可能使之主要惠及高收入消费者，而未必为贫穷人口带来帮助。¹⁹

埃及在2014年改革之前，其面包补贴制度被认为鼓励消费者浪费面包，并导致供应商采取投机行为。⁹补贴面粉通常低价购买，高价转售、作为面包出售，或者在供应链上浪费。浪费出现在供应链的各个阶段，包括仓库、面粉厂和面包店。2014年的改革引入了一种智能卡系统，对面包而非面粉进行补贴，并限制每人每天可以购买的面包数量。未使用的补贴额度可用于购买其他补贴食品。因此，消费者有动力更有效地管理面包采购，供应商也因此有所改变。^{9、20、21}改革后，

由于消费者开始调整消费，面包需求量减少了15–20%。⁹

该区域的约旦等其他国家也采取了类似做法。在约旦，面包补贴被视为改善粮食安全的一种方式，并因此确保了稳定，特别是在1996年面包骚乱之后。不过，据估计，贫困人群仅消费了13%的补贴面包，而社会富裕阶层则消费了12%的补贴面包。²²低价补贴小麦面粉通常由面包师转售或用于生产非补贴面包；畜牧业主甚至将其用作动物饲料。^{22、23}为了减少公共开支并避免食物浪费，约旦政府于2018年用有针对性的援助制度取代了宽面包补贴计划，为面包设定了新的价格上限，而非直接补贴面包店。^{23、24}受益人通过电子福利转账卡获得补贴，以打击欺诈和浪费。这一新制度预计将减少约1.06亿美元的政府支出。²³

减少粮食损失和浪费的另一个战略是建立公私伙伴关系。协调公共和私营部门对基础设施和物流进行投资（例如通过世界银行可持续发展债券）可以改善生产者的市场准入机会，避免粮食损失。^s减少易腐食品跨境运输延误的国际贸易合作或自由贸易协定也有助于避免粮食损失。

公共干预措施必须考虑的一个重要方面是，减少粮食损失和浪费有赢家和输家。实施

干预措施的一方并不一定享受收益（或承担代价）。¹例如，加工商如果减少粮食损失可能会减少对农民产出的需求，导致农民收入缩减。在制定减少损失和浪费的政策时，食品供应链中的成本和收益分配至关重要。

私营部门发起减少粮食损失和浪费的倡议，除了可以为其带来经济效益外，也可能为更广泛的社会领域在粮食安全和营养（见第4章）和环境可持续性（见第5章）方面带来明显益处。减少损失和浪费与这些社会目标之间的具体关系并非始终直截了当，将在下一节具体讨论。■

^s 世界银行可持续发展债券允许投资者通过金融服务、专家咨询和发展相关学科知识库帮助借款成员国实现其发展目标。⁷

加强粮食安全和营养与 环境可持续性的公共干 预措施

上一节重点讨论了公共干预措施在减少粮食损失和浪费的商业案例中起到的作用，这可能会推动经济增长并创造就业，使私营部门和整个社会从中受益。除了生产者或消费者获得经济收益等相关目标外，该报告还重点关注与减少粮食损失和浪费有关的两个关键目标：粮食安全和营养（见第4章）以及环境可持续性（见第5章）。公共干预措施旨在通过减少损失和浪费带来这些社会效益，这可以通过减少市场失灵、市场缺失和私营部门带来的负面外部影响来实现。

如第4章和第5章所述，减少损失和浪费给粮食安全和营养以及环境可持续性带来的影响主要取决于这类措施实施的地理位置和在食品供应链中的位置。

- ▶ 如果关注供应链前期环节，减少损失和浪费预计将对粮食安全产生更大影响，这将通过提高整个供应链供给，降低粮价，尤其会使大部分弱势群体获益。
- ▶ 减少损失和浪费的干预措施可通过减少对土地或水资源的压力或温室气体减排，致力于改善粮食系统的环境可持续性。这可以通过在环境被破坏后进行干预来实现。这对于温室气体减排尤为重要，因为食品沿供应链移动会导致温室气体累积。

减少粮食损失和浪费的相关决策还取决于食品供应链中损失或浪费最严重的环节。实际

上，关注损失或浪费水平较低的环节几乎没有意义。但是，针对食品供应链中损失或浪费量最大的环节并不一定是实现社会目标的最有效策略。例如，旨在改善环境可持续性的政策还应考虑食品供应链中损失和浪费对环境产生最大影响的环节。

粮食不安全程度高的低收入国家可能会关注努力改善粮食安全和营养；同时，确保土地和水资源的可持续利用也可能对粮食安全和营养产生重大积极影响。具有这种特征的国家往往在供应链前期实施干预，通常在初级生产阶段，这一环节对粮食安全产生的影响可能最强，粮食损失也最大。

粮食不安全程度普遍较低、营养状况更好的高收入国家可能会关注环境目标，特别是温室气体减排。在供应链的晚期阶段，特别是零售和消费阶段，减少损失和浪费可以更有效实现减排。在这一环节，食品中蕴含的温室气体排放量最高；此外，在高收入国家，大部分食品浪费都发生在这一阶段。

不同目标之间也可能形成合力；例如，减少低收入国家的农场损失可以减轻对自然资源的压力，同时改善粮食安全。这也可能与更广泛的发展目标形成合力，包括有利的商业环境。实际上，旨在推动农业发展的投资（例如改善基础设施或储存设施、加强农村金融服务或增加市场机会）也可以带来减少粮食损失和浪费这一附带好处。

需要注意的是，不同目标之间可能需要权衡取舍，因为一项干预措施可能有助于实现一个目标，但会给另一个目标带来反作用。例如，改善多样化、富有营养的膳食供给会造成

一定程度的损失或浪费，且可能需要高环境足迹的食品。²⁵不同目标之间需要权衡取舍的另一个例子是提高冷链能力，这可能会加强粮食安全和营养，但会导致温室气体排放增多。使用可再生能源的制冷可持续解决方案提供了一个好方法，可以预防食物变质同时又不会增加温室气体排放。利用当地的离网或微电网是很不错的解决方案，因为目前这一技术的安装成本与连接电网的费用相当甚至更低（见插文30对肯尼亚、突尼斯和坦桑尼亚联合共和国离网制冷技术的可行性分析）。²⁶其他小规模、简单的自建制冷解决方案可为传统冷库提供价格合理且更具可持续性的替代方案。Coolbot就是一个很好的例子，这种装置可以将标准窗式空调组件改造为步入式冷库组件；同时由离网系统（例如使用太阳能）供电。据估计，这种方法的效率比传统制冷系统高约25%。肯尼亚的一项研究表明，与常温储存条件相比，Coolbot可以将芒果的保质期延长最多23天。²⁷■

公共干预措施的实施 — 将政策目标与食品 供应链的切入点联系 起来

本节详细阐述了旨在促进粮食安全和营养并同时改善环境可持续性的减少粮食损失和浪费措施之间的协同作用与权衡取舍，并讨论了鼓励私营部门为减少粮食损失和浪费进行投资的政策。

图17显示了减少损失和浪费的干预措施不同目标之间的关系及其在供应链中的切入点。

该图可以帮助政策制定者根据目标缩小干预范围，以重点关注最有可能实现该目标的干预措施（例如信息收集）。

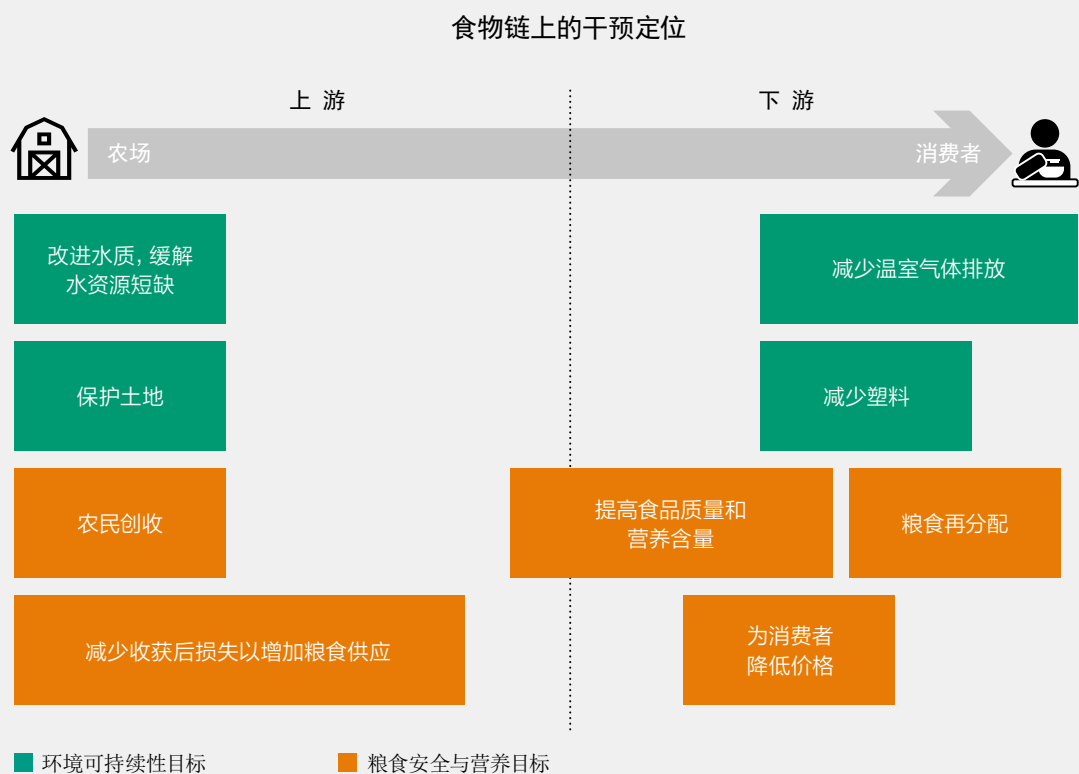
方框的颜色表明目标与粮食安全和营养有关（橙色）或与环境有关（绿色），方框的位置表明该措施在供应链中针对目标的最佳切入点。例如，提高农民收入的干预措施可能侧重于减少农场损失，而温室气体排放最好通过减少消费者浪费来解决。某些目标只能在供应链的后期实现，因为涉及成品或产品包装。

图17未区分全球目标和局限于某一区域的目标。但是，第4章和第5章提出了很多关于这方面的基本结论：

- 如果目标是温室气体减排，则减排干预措施的地理位置无关紧要；减少1吨二氧化碳排放的温室气体减排措施将在全球各地产生相同影响，无论该措施在何处实施。
- 旨在改善粮食安全和营养的干预措施应在地方一级实施，因为一个地方的干预措施不太可能给数千公里以外的粮食安全和营养带来影响。
- 在地方一级，通过供应链前期的干预措施，可以在改善粮食获取和减少环境足迹的目标之间形成协同作用。但是，减少粮食损失不太可能是解决当地环境问题的最有效方式。解决环境问题的最佳方式是直接提高资源利用效率。

表2列出了世界各地减少粮食损失和浪费干预措施的范例。包括公共干预措施以及私营部门实施的措施，公共干预措施旨在改善粮食安全和营养或环境可持续性，或为私营部门减少损失和浪费创造有利环境。干预措施可能有

图 17
减少损失和减少浪费措施的目标及其在食品供应链的切入点



资料来源：粮农组织。

不止一个目标，也可能带来附带效益。通过改进“最佳食用日期”和“保质期”标签，可以帮助零售商销售本来会浪费掉的食物，还可以帮助消费者使饮食多样化，改进营养。■

确保减少粮食损失和浪费政策的一致性

减少粮食损失和浪费不应仅被当作目标本身，还应被视为实现其他目标的手段，例如粮食营养和安全以及环境可持续性。旨在推动广泛农业或经济发展的政策可以促使食品供应链的供应商进行投资，产生减少粮食损失和浪费这一附带效益。



表 2
世界各地减少粮食损失和浪费干预措施范例

	目 标	共同效益	范 围	食品供应链 阶段
改进储存, 减少农场损失, 提高农民收入 适当的储存条件可以避免收获后损失, 并使小农以有利的价格在季后出售产品, 从而给小农带来稳定性。在莫桑比克和贝宁, 通过对玉米、菜豆和豇豆供应链开展成本效益分析, 发现对密封袋和金属筒仓进行投资对农民有利。结果表明, 两国农民可以实现高达11倍的投资回报。该回报在很大程度上取决于农民选择收获后立即出售还是在淡季出售、季后储粮价格以及特定背景下避免出现的收获后损失水平。但该分析存在限制, 分析的前提是金属筒仓和密封袋可以100%将粮食有效储存到淡季(即八个月后), 但实践中可能无法做到。初始投资成本也为采用该方法构成了很大阻碍, 特别是如果购入金属筒仓, 农民需要长达七年时间才能将投资回本。公共政策应该促进包容性金融服务的发展, 如信贷或降低进口税收, 方便农民获得现代技术。 ^{28、29}				
改进鱼类熏制和干燥方法, 避免损失 鱼类熏制和干燥是最常见的中小规模加工方法。这种方法的使用对产后损失水平、鱼类部门的环境足迹和消费者健康影响很大。粮农组织开创了鱼类熏制和干燥创新技术, 即粮农组织-第阿诺亚加工技术, 该技术极大改善了熏制和干燥过程。该技术可以在任何气候条件下使用, 扩大了可加工的物种范围, 从而增强了鱼类加工者的气候变化抵御能力。这一技术几乎完全消除了加工阶段的损失, 提高了成品的质量和安全性。据估计, 在科特迪瓦, 该技术每年可以减少价值170万美元的因食品安全或质量原因而被拒绝的烟熏鱼损失。 ³⁰	 			
气候友好型冷藏 在摩洛哥, 粮农组织和欧洲复兴开发银行 (EBRD) 评估了包括冷藏在内的更高效气候控制技术的潜力。在评估的所有12种技术和方法中, 可以把提高冷链效率作为出发点, 这种方法在减少温室气体排放、提高资源利用效率方面潜力最大。然而, 资金获取有限、投资经济回报不确定和监管问题构成了采用高效冷藏技术的障碍。气候变化金融和技术转让中心 (由欧洲复兴开发银行和全球环境基金供资) 主要通过赠款和技术支持, 帮助企业采用绿色制冷技术, 克服与气候技术市场失灵有关的问题。 ³¹				
使用非塑料和冷藏技术延长货架期 Apeel是一种创新的天然技术, 使用可食用植物材料为新鲜水果和蔬菜覆盖一层薄薄的涂层, 减缓水分流失和氧化, 而水分流失和氧化正是导致腐败的原因。 ³² 开发该技术的创业公司于2012年在美国成立。 ³³ 该公司称, 使用Apeel技术可以减少鳄梨30%的水分流失, 减缓60%的软化速度, 与未经处理的鳄梨相比, 使用Apeel技术处理的鳄梨保质期延长了近一周时间, 成熟期从两到四天增加了一倍。该技术开发者还表示, 这一技术使机械损伤减少了五倍。 ³⁴	  			

表 2
(续)

	目 标	共同效益	范 围	食品供应链阶段
打折临近过期产品 Wasteless是一种使用机器学习的创新定价技术，通过动态定价帮助零售商减少浪费并增加收入。该技术使食品在保质期临近时，通过电子货架标签实现自动打折。Wasteless可以根据产品有效期并与商店的销售点系统联系起来保证产品持续库存。西班牙一家领先的零售商通过试点使用该技术，将整体浪费水平平均降低32.7%，收入平均提高6.3%。在临近过期的打折产品和保质期更长的全价产品之间做出选择时，三分之二的消费者选择了打折产品。 ³⁵	■	■	◎	↓
欧盟粮食再分配的创新解决方案 近年来，欧盟国家一直在采取多个解决方案鼓励食品经营者捐赠多余食品。例如，意大利2016年通过了一项法律，简化食品再分配捐赠法规。该法律允许捐赠已过最佳食用日期或者标签有误的食品（只要不给食品安全带来任何风险），并允许农民向慈善机构捐赠未出售的产品而无需支付任何费用。 ³⁶ 比利时和法国还提供了其他范例，简化捐赠食品的行政要求，鼓励企业捐赠。 ¹²	■		□	↑ ↓
智利和阿根廷减少和预防粮食损失和浪费的国家战略 在拉丁美洲，一些国家已采取政策来遏制粮食损失和浪费。例如，智利于2017年成立了国家减少和预防粮食损失和浪费委员会，以促进并协调预防和减少粮食损失和浪费战略的实施。委员会由公共机构和私营组织组成，2018-2019年行动计划重点关注三大支柱领域：(i) 治理；(ii) 信息和沟通；(iii) 减少粮食损失和浪费所需的研究、技术和知识。 ³⁷ 同样，阿根廷于2015年制定了减少粮食损失和浪费国家计划；此后，80多家公共和私营机构组建了国家减少粮食损失和浪费网络。根据该计划，发起了一项名为“Valoremos los Alimentos”（让我们重视粮食）的全国性活动，提供关于预防粮食损失和浪费的信息和视频。 ³⁸	■		□	↑ ↓
目 标 ■ 粮食安全与营养目标 ■ 环境目标 ■ 商业支持目标	范 围 ◎ 某一地区 □ 国家或区域 ○ 全球	粮食供应链阶段 ↑ 上游 中游 ↓ 下游		

» 但是，减少损失和浪费并不能保证改善粮食安全和营养以及环境的可持续性。这些措施可能有助于实现一个目标，但给另一个目标带来反作用，具体取决于这些措施在供应链中实施的位置。因此，考虑所有减少损失和浪费方案的潜在和实际影响，确保政策一致性至关重要。

某些公共干预措施（特别是旨在提高粮食利用率和稳定性的措施）可能会导致粮食损失或浪费增加。例如，确保人人获得营养膳食的措施可能会加剧损失或浪费，因为大部分富含营养的食品都十分易腐。减少粮食损失和浪费的措施不应给粮食安全和营养带来不利影响。需要注意的是，随着收入的

插文 34
有效解决粮食损失和浪费的区域战略框架

非洲、拉丁美洲及加勒比政府和非政府之间的区域和国家平台将减少粮食损失和浪费的目标纳入了其战略框架中。

美洲开发银行创建了#SinDesperdicio平台，旨在促进创新并提高拉丁美洲及加勒比减少粮食损失和浪费的公共干预措施的质量。粮农组织、消费品论坛、全球食品银行网络、IBM及其他公司加入了该平台。

非洲联盟在粮农组织的支持下制定了减少产后损失的区域战略。该区域战略通过最大程度协调国家战略，帮助非盟各国实现《马拉博宣言》的目标，即到2025年将产后损失减半（见插文22）。该战略针对某些食品的供应链部分阶段实施干预。数据收集将重点关注成员国商定的产后损失指标以及监测和评估。

增加，消费者实际上可能会浪费越来越多的食物。

采取一致的战略可以保证在收集数据和执行实际干预措施时以最有效的方式利用资源。插文34和35分别列出了拉丁美洲及加勒比和非洲以及欧盟采取的减少粮食损失和浪费的区域战略实例。

为了保证减少粮食损失和浪费能产生长远效果，必须在制定和实施政策干预措施过程中考虑到性别这一因素。为确保实现这一目标，政策制定者应：

- ▶ 考虑性别敏感地图带来的结果和建议以及对食品供应链的分析；
- ▶ 寻找在食品供应链的关键损失点采取行动时面临的性别限制因素；
- ▶ 适当考虑男女在食品供应链中存在的需求、限制和偏好差异；
- ▶ 对提出的任何解决方案带来的性别和社会影响进行评估。

在制定注重性别的规划时，需要考虑的问题包括：

- ▶ 提议的解决方案是否会加剧性别不平等？
- ▶ 该方案是否适合供应链的文化和社会背景，是否可以广泛采用以对减少损失和浪费产生长远影响？⁴⁷

最后，必须准确评估这些干预措施是否能实现目标。这需要准确把握干预措施针对的问题，并对措施进行精准监测和评估，而这都需要粮食损失和浪费水平方面的可靠数据。目前，缺乏可靠数据是成功决策面临的重大阻碍。以下部分描绘了改进粮食损失和浪费数据收集的路线图。■

改进粮食损失和浪费数据收集—路线图

在整个食品供应链中，获取各种商品损失和浪费量的可靠信息具有挑战。过去40年

插文 35 欧洲联盟减少粮食损失和浪费

欧盟致力于在全球打击粮食损失和浪费。预防粮食浪费已列为欧盟2015年通过的“欧盟循环经济行动计划”优先领域，^{39、40}并要求欧盟委员会建立多利益相关方平台，以预防粮食浪费。ⁱ 2016年，“欧盟粮食损失和浪费平台”成立，涵盖了代表公共和私营利益的所有主要行动方，从农场到餐桌，推动欧盟实现可持续发展目标12.3的工作。平台成员包括国际组织（粮农组织、环境署、经合组织）、欧盟机构、欧盟成员国的专家以及食品供应链的利益相关方，包括食品银行和其他非政府组织。⁴¹

该平台旨在支持各方寻找预防粮食浪费的措施，包括为欧盟层面的可能行动提出建议、分享最佳做法并评估进展。在“欧盟粮食损失和浪费平台”的支持下，欧盟委员会通过了欧盟促进粮食捐赠以及将不再适合人类食用的食物转作饲料的指南，并制定了粮食浪费测算方法，同时在改进日期标签。^{42、43}

测算对于预防粮食浪费至关重要。2018年5月，欧盟通过了对浪费法规的修订，包括为欧盟

提供有关粮食浪费水平的新的、一致数据的具体措施。⁴⁴ 2019年5月3日，欧盟委员会通过了《授权法案》，提出了粮食浪费的共同测算方法，帮助成员国量化食品供应链各阶段的浪费情况。该方法将根据共同定义，确保对欧盟整体的粮食浪费情况连续监测。该《授权法案》预计将于2019年秋季生效。⁴⁵

欧盟成员国将据此分别为食品供应链的五个阶段提供数据：初级生产、加工和制造、零售和食品的其他销售、餐馆和食品服务以及家庭。该《授权法案》包括了衡量实现可持续发展目标12.3的进展而提出的两个子指标——粮食损失指数和粮食浪费指数的范围。收集的数据将为就两个指数提交报告做出重要贡献。

欧盟委员会的《反思文件》，“2030年实现可持续发展的欧洲”，强调了实施欧盟行动计划以应对粮食浪费以加强粮食系统可持续性的重要性。⁴⁶ 欧盟粮食损失和浪费平台将于2019年底前通过的“预防粮食浪费行动建议”将对重构欧盟粮食系统做出重要贡献。

ⁱ 欧盟法规不使用粮食损失的概念，其对粮食浪费的定义涵盖整个食品供应链。

来，虽然一直在对粮食损失和浪费进行研究，但仍然没有国际上使用的粮食损失和浪费标准、概念和定义；目前的测算方法在生成数据方面缺乏有效性；⁴⁸ 妥善调查往往成本高，耗时长。由于这些阻碍的存在，很少有国家能够准确测算出食品供应链中的损失和浪费总量。

但是，目前正在取得进展。虽然目前缺乏国家收集的粮食损失数据，粮农组织正在基于模型估算粮食损失，将其作为短期基准。第1章和第2章的数据正是来源于此。但从长远来看，致力于采用为粮食损失指数（FLI）制定的指南和方法，用数据取代模拟估计。活动将围绕：（i）方法方面；（ii）能力发展方面；»

插文 36 改进粮食损失的数据收集路线图

方法方面：估算粮食损失的国际概念和定义以及标准方法

国际上对粮食损失和浪费的准确定义没有达成共识，损失和浪费的概念经常互换使用。因此，各国的数据难以比较。粮农组织通过与外部伙伴合作以及内部磋商，从多个角度商定了粮食损失和浪费的定义。有关粮食损失和浪费概念的详细说明见本报告第一章（见插文1和2）。

测算粮食损失并非易事，因为粮食损失具有多重性质，不同食品的特征各异，供应链的种类和行动方的类型（从小型家庭农场到大型商业控股企业）多样化，供应链的多个环节都会出现粮食损失并需要测算，而且进行客观测算很困难。为此，2018年粮农组织和“改善农业和农村统计工作的全球战略”制定了《产中和产后损失测算准则》，涵盖了食品供应链的生产（产中）、产后和加工阶段。⁴⁹该《准则》提供了具有成本效益的统计方法，主要面向发展中国家，但不局限于此。粮食损失测算方法在撒哈拉以南非洲的三个国家进行了测试。此外，还制定了三份额外的指导文件，覆盖了水果和蔬菜、畜产品和渔品的损失测算。⁵⁰实地测试报告为该《准则》提供补充，并为某些情况提供实际经验和解决方案。

在国家内部和国家之间采用可比较的方法将有助于改进模拟估算，并提高对损失程度和原因的了解；使得在解决问题时做出更明智的决策。

能力发展方面：支持各国收集粮食损失数据

目前正在从提供在线资源着手，包括《准则》、实地测试报告、电子学习课程（粮食损失指数和数据收集准则）、标准问卷和培训材料。

各区域通过举办一系列国际培训班为这些资源提供补充，以传播知识并帮助各国解决测算的各方面问题。接下来的步骤是制定计划，支持重点国家通过新的或现有举措收集数据。以国家统计系统为基础，确保数据收集的可持续性并加强系统本身的能力。将提供其他工具（包括产后损失调查指南），以农业普查框架（旨在为各国开展国家农业普查提供支持和指导）为基础，或在农业综合调查（粮农组织提出的一项基于农场的多年调查方案，旨在改进农业和农村统计）中增加对农业损失的子调查。^{51、52}这些工具包括将用于或添加到现有调查中的样本设计问题以及问卷或问题。

如果短期内缺乏数据，将在食物平衡表框架内利用模型估算。由于利用计量经济模型估算损失有助于降低数据收集成本并提高数据质量，粮农组织制定了一个损失估算模型，各国可选择利用并调整，以改进粮食损失数据。^{49、50}

数据收集方面：挖掘现有信息，估算粮食损失

与能力发展方面同样，作为粮食损失指数的主管机构，粮农组织在收集其年度农业生产调查问卷的同时，也定期从各国收集粮食损失数据。

2016年开始收集数据，2019年以来对数据进行了改进：2019年春季向各国发出了关于粮食损失的独立调查问卷，以收集过去十年的所有现有数据，并对粮农组织迄今为其供给利用账户收集的历史数据进行验证。随后，独立调查问卷将与年度农业生产调查问卷合并，以减轻答复者的负担。

这样获得的数据将尽可能用于编制粮食损失指数，并改进基于模型的估计。

插文 36 (续)

让各国参与测算零售行业、食品服务部门和家庭中的食物浪费状况

虽然粮农组织大力行动，但没有任何一个机构可以单独应对粮食损失和浪费，也无法独立解决地方和全球一级的粮食损失和浪费的多重问

题。在国内和国际层面，与技术和政治利益相关方、私营和公共机构建立伙伴关系进行协调合作至关重要。这种伙伴关系应确保在政策制定、技术支持以及粮食损失和浪费的测算过程中采取一致、综合的粮食系统方法。

» (iii) 数据收集方面；(iv) 宣传和伙伴关系。详见插文36。

大家普遍认为，粮食浪费并不是发展中国家面临的主要问题，事实上，虽然这方面的数据还是空白，但粮食浪费这一问题可能比预期更加严重，特别是在新兴经济体。联合国环境规划署（环境署）正在采取双重方法制定粮食浪费指数，以衡量和监测全球粮食浪费状况。目前已经制定了方法草案，第一套方法以2016年6月出版的《粮食损失和浪费核算与报告标准》（FLW标准）为基础。由于缺乏国家一级的粮食浪费数据（据估计，目前的可用数据只覆盖全球10%的人口），环境署正在制定第二套方法，使用模型估算各国的粮食浪费量。粮食浪费的数据收集精确路线图将取决于当前正在开发、最终设计出来的粮食浪费指数。

为实现可持续发展目标12.3，粮农组织和环境署制定了粮食损失指数和粮食浪费指数，但还需要各国政府在国家甚至地方层面开展行动进行补充。设计干预行动时需要对潜在干预

措施进行事前评估，例如本报告建议的干预措施，或者对现有干预措施进行事后评估；这些评估首先需要进行测算。实际上，一些国家已经采取措施开始或改进粮食损失和浪费的测算方法（例如见插文34和35）。但是，承诺通常仅表现集体意图，还需要将其转化为行动，以监测损失和浪费的减少量。

在粮食损失和浪费的测算方面，私营部门也可发挥核心作用。商业级别的数据对于跟踪行业进展情况、寻找企业内的关键损失点、填补国家调查的数据缺口、分享最佳实践并进一步激励其他公司减少损失和浪费、推动实施干预措施和政策分析非常重要。虽然近年来，企业在测算和减少粮食损失和浪费方面取得了进展（见插文15），但如果要实现可持续发展目标12.3提出的减排规模，私营部门还需要加大努力。只有国家和企业开始建立更加坚实的基线，开发可靠的粮食损失和浪费监测和测算方法，将结果对外公布并使之易于获取，才能对可持续发展目标12.3的国家和全球进展进行评估。■

结 论

本报告讨论了减少粮食损失和浪费在实现可持续发展目标各具体目标中起到的作用，不仅包括明确提出减少粮食损失和浪费的可持续发展目标12.3，还包括其他具体目标（见图1）。私营利益相关方可能存在经济动机，为减少粮食损失和浪费进行投资，这一行为可能对粮食安全和营养以及环境可持续性的更广泛社会目标带来积极影响，这正是本报告的重点。公共干预措施可以激励私营部门减少粮食损失和浪费，并帮助他们克服阻碍。

报告提出，旨在推动广泛经济发展的公共干预措施可能会产生减少粮食损失或浪费的附带效益。必须根据决策者提高经济效率、加强粮食安全和营养或确保环境可持续性的最终目标，制定减少粮食损失和浪费的公共干预措施。

粮食不安全程度高的低收入国家可以将重点放在改善粮食安全和营养上。针对减少供应链前期损失的干预措施（特别是农场损失）可能产生最大影响。

粮食不安全情况普遍较低、营养状况更好的高收入国家可能会关注环境目标，特别是减少温室气体排放。如果在供应链后期实施减少

损失和浪费的措施，特别是在零售和消费阶段（这一阶段食品中蕴含的温室气体排放量最大），将产生更大的减排效果。

温室气体排放对全球各地都产生影响，无论发生在何处。因此，旨在通过减少粮食损失和浪费来减少温室气体排放的干预措施与措施所处的地理位置无关。如果在自然资源（如土地或水）所处的地理位置和供应链上所处的环节附近实施减少粮食损失和浪费的措施，可能最有效地减轻对这些自然资源的压力。需要注意，在这方面，直接针对提高自然资源利用效率或减少环境压力的措施通常比减少粮食损失和浪费的措施更有效。

高收入国家消费者减少粮食浪费对遥远的低收入国家弱势群体的粮食安全状况的影响微不足道。

制定有效减少粮食损失和浪费的政策需要全面了解地理上和供应链上的各种损失和浪费的量和发生地点。目前缺乏可比较和可靠的信息，这是制定减少粮食损失和浪费的有针对性、有效政策的主要阻碍。因此，改进粮食损失和浪费的统计工作是粮农组织的工作重点，同时也应该成为国际社会和各国政府的重点，尤其要监测实现可持续发展目标的进展情况。■

技术附件

粮食损失指数的方法

本报告所用损失估计数，基于粮农组织为在可持续发展目标的具体目标12.3“到2030年，将零售和消费环节的全球人均粮食浪费减半，减少生产和供应环节的粮食损失，包括收获后的损失”的范畴内，监测粮食损失而制定的方法。根据该具体目标，粮农组织编制了粮食损失指数（FLI），监测一篮子主要商品，涵盖作物、畜产品和渔产品，从收获开始到零售为止的全球粮食损失。该指数关注粮食链的供应环节，并衡量以粮食损失百分比（FLP）度量的百分比损失的长期变化。

粮食损失指数以基数100表示，从中可以看出与基期2015年相比粮食损失百分比的正负趋势，并评估各国在减少损失方面的进展。该指数由年度粮食损失百分比数据构成，这些数据被认为是没有到达零售环节的产量百分比。粮食损失百分比是一国粮食系统效率与其他国家相比的相对衡量标准。粮食损失百分比能够细分为商品和粮食供应链环节（前提是掌握环节层面的信息）的损失百分比。总体目标是，各国主动减少全国损失，同时详细制定政策并跟踪进展。作为主管机构，粮农组织将跟踪全球层面的收获后损失和可持续发展目标的具体目标12.3.1.a的进展，汇报全球粮食损失指数的变化，并协助各国汇编本国粮食损失指数。本附件将介绍为估计粮食损失百分比和粮食损失指数制定的方法要点。

1. 粮食损失指数和粮食损失百分比的设计

粮食损失指数使用传统的Laysperes固基方程，以基期产值（ $q_{ijt_0} * p_{jt_0}$ ）作为权重，比较当期（ t ）国家（ i ）的百分比损失和基期（ t_0 ）一篮子商品（ j ）的百分比损失。构成该指数的商品对国家农业生产或粮食系统至关重要，包括种植业、畜牧业和渔业。该指数跟踪损失占总供应（ I_{ijt} ）的百分比，以便把产量变化对以重量衡量的损失的影响排除在外。该指数方程如下：

$$FLI_{it} = \frac{\sum_j l_{ijt} * (q_{ijt_0} * p_{jt_0})}{\sum_j l_{ij0} * (q_{ijt_0} * p_{jt_0})} * 100$$

各项指数也相当于当期平均粮食损失百分比和基期粮食损失百分比之比（乘以100），能够代之以如下更简单的方程表示：

$$FLI_{it} = \frac{FLP_{it}}{FLP_{it_0}} * 100$$

其中， FLP_{it} 表示国家的粮食损失百分比，本身即每种商品 I_{ijt} 以其产值为权重的损失百分比的集结。本报告在若干集结层面上估计并汇报了粮食损失百分比。

$$FLP_{it} = \frac{\sum_j l_{ijt} * (q_{ijt_0} * p_{jt_0})}{\sum_j (q_{ijt_0} * p_{jt_0})}$$

粮食损失百分比 I_{ijt} 汇编了各项国家指数，且为最关键的信息，将是供应链上每种商品具

有国家代表性的损失百分比。如果数据不详，则以一个模型估计这些百分比。

2. 粮食损失指数和粮食损失百分比的构建

选择商品篮子

收获后损失的衡量特别复杂，并且耗资不菲，原因是损失源头众多，可能出现损失的供应链节点繁多，以及难以使用陈述性或实物衡量技术记录损失。此外，无法每年收集所有环节的所有商品的数据。一项对损失减少政策的审查表明，各国把投资和决策重点放在了能够发挥最大影响的领域，即少数战略性商品，同时，多样化膳食和粮食安全是与该指标有关的关键优先重点。

没有一份十种商品的清单能够与所有国家相关，而可比性正是一种重要的统计质量。为了提高一些国际可比性，同时确保相关性，该篮子由五个标准类目构成，以便涵盖全部膳食，其中每个类目名称中的两种商品，能够显示每个类目的类似供应链内每个国家的损失差异。在国家优先重点和资源允许的情况下，各国可以不落窠臼，借鉴本国在衡量这十种商品方面的经验。

以默认的方法设定商品篮子，并按经济价值（使用国际美元价格）对国家的初级商品产量排序，然后按五个类目对其分类：（i）谷物和豆类；（ii）水果和蔬菜；（iii）块根、块茎和油料作物；（iv）肉和畜产品；（v）鱼和鱼制品。针对每个类目，选取前两项商品。关于至少出现在一个国家的粮食损失指数篮子中的商品清单，见粮农组织（2018）。¹

为何关注粮食损失百分比，而不是损失数量？

粮食损失指数基于篮子中每种商品的损失百分比。之所以作此决定，是出于百分比将有助于隔离信号而不是噪声的假设，原因是产量年年不同，损失数量将因总产量而异，同时长期损失趋势将相对稳定，并将是其他相关指标（例如投资、技术、虫害发生率、供应链能力等）的一个因子。

当各国基于专家意见，应用固定损失因子来估计损失时，这点特别明显。在以下匿名实例中（图A1），所有年份的小麦损失统一设为供应量的15%，而总损失则逐渐随产量而变化。当不进行新数据的收集或建模时，传递因子通常用于并出现在食物平衡表的数据集中，以及非洲收获后损失信息系统（APHLIS）等其他数据源中。

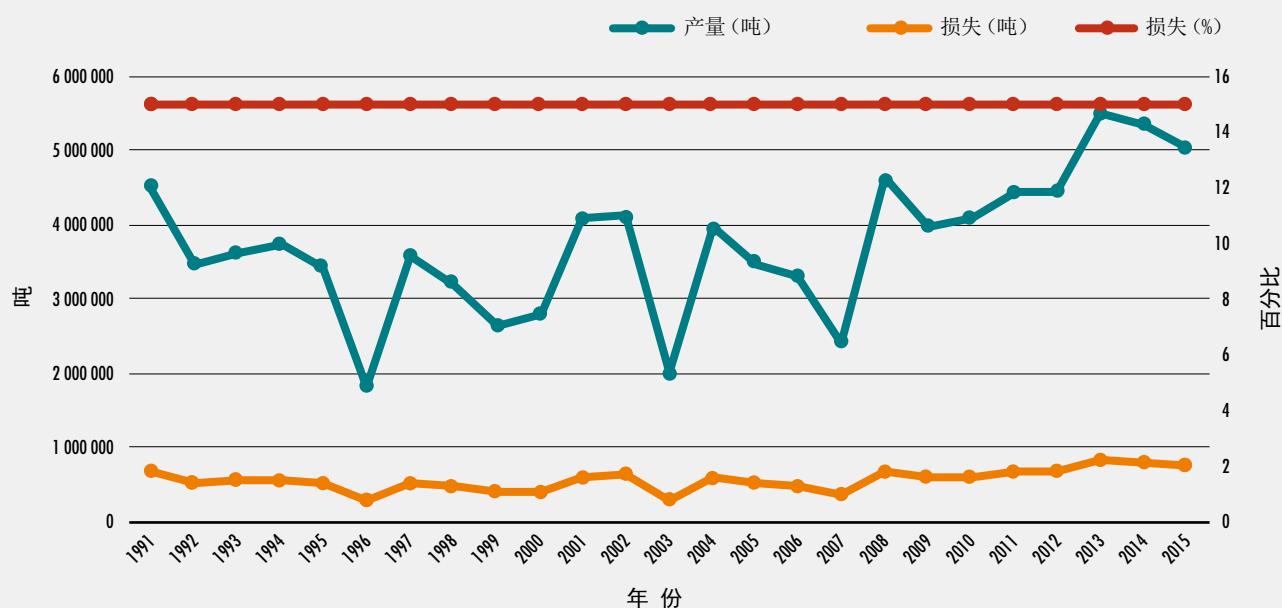
当基本的损失因子固定时，基于损失吨数的指数将显示年度变化和某种趋势。在该案例中，粮食损失百分比和粮食损失指数都是固定的，从而中和了产量和单产的年度变化产生的噪音。

粮食损失百分比的加权模式、基准期和范围

经过大量讨论，假设市场在对商品的重要性进行估值方面高效运作，选定以商品的经济产值作为权重。尽管在利用经济权重方面存在已知偏差，但这可能是潜在集结法中偏差最小的，可以为干预战略发挥成本效益创造条件。粮食损失指数和粮食损失百分比的权重，是基准年以国际美元计的按国际平均价格计算的商品篮子价值。

当把各国的损失百分比归入区域或全球损失时，则以各国相对于世界其他地区的始终以

图 A1
应用15%的不变损失因子估计的小麦产量和损失吨数



资料来源：粮农组织，2018。¹

国际美元计的农业总值对其进行权衡。换言之，价值最高的商品将对国家层面的粮食损失百分比产生更大影响，农业部门规模较大的国家将在区域和全球粮食损失百分比估计数中占据更大比重。然而，选定各个商品类目的商品以后，可以稍稍克服产量偏差，原因是不同区域均是不同商品的主产区。

就粮食供应链而言，粮食损失指数和粮食损失百分比的范围，始于收获后的农场，止于但不包括零售环节（见第1章）。其范围不同于粮农组织2011年研究，²后者包括收获损失以及粮食供应链的需求侧，这将体现在正在编

制的粮食浪费指数中。之所以分开指标和估计数，部分原因是，按单种商品和按量（如同消费环节的浪费一样）跟踪损失和浪费的能力和成本有别，以及关注将以国内不同利益相关方为目标的不同政策的能力不同。如果各国能够同时衡量两种指标，好的结果将是两项指标能否实现双降。

3. 估计粮食损失百分比

缺乏粮食损失数据，需要推算缺失数据

数据缺乏是本报告序篇和元分析中的一大问题。尽管距离联合国关于到1985年将收获后损失减半的第一项决议已经过了40多年，但依

然严重缺乏数据。这些长期存在的数据差距，在针对可持续发展目标设计粮食损失指数方法方面，推动了很多决定。过去，在衡量损失方面的主要局限性之一是，在复杂而深远的供应链上收集数据是耗资不菲的，而这仍是大多数国家在长期按商品获取粮食损失百分比方面的主要已知挑战。为了扩大可持续发展目标衡量和监测的信息基础，粮农组织采用了双管齐下的办法：

1. 采用各种可能的调查及其他统计工具，并将其纳入国家农业统计系统，从而在中长期改进供应链数据的收集。为此，粮农组织就具有成本效益的估计供应链粮食损失的方法，为各国制定了准则。
2. 如果短期数据不详，采用基于模型的损失估计数。为此，粮农组织开发了一个估计模型，基于对环节、国家和商品层面可用信息的审议，加进了解释变量。³对于设法减少损失并关注可以发挥最大影响的因子的国家，该模型将实现增值。该模型的简要介绍如下。

各国通过食物平衡表报告的数据，只占一套完整数据集所需必要商品、国家和年份的7%。此外，使用结转数据的国家估计数构成了一个建模挑战，说明损失不会因政策和干预行动而变化。由于背后缺乏基本的损失数据，该模型无法显示2011年以后的显著趋势，2011年为粮农组织此前模型的基准年。加进二手资料来源，提高了该模型估计一些区域和商品的损失的能力；然而，仍有未被发掘的可用资料来源，并且需要进一步改进衡量标准。因此，本报告中损失估计数参考了最近的可用年份，即2016年，该年有目前可用

的信息（将随本报告发布）和默认的商品篮子。

模型的依据

按国家、商品和年份估计损失因子的建模工作，早在2013年就已着手进行。前两次努力都使用了供应利用账户（SUA）/食物平衡表的损失数据，没有得出令人满意的结果，但为本报告使用的粮食损失模型得出的估计数开了头。

缺失数据证明既是自变量问题，也是因变量问题。在第一个模型中，Klaus Grünberger 采用了年度时间趋势、国内有路面道路百分比、人均国内生产总值以及每个区域、单种商品和商品组别的虚拟变量。在自变量中，只有商品和时间趋势被认为是合适、有效的。第二个模型是纯粹的统计层次混合效应模型，能够用于填补差距，但不能用于分析损失和解释因子之间的关系。

新模型的构建，是为没有掌握正式报告数据的国家创造一种可比、透明的方法，并在解决此前很多局限性的同时估计损失。该模型以现有努力为基础，并包含针对已知损失原因的更多政策相关变量和指标。此外，该模型旨在提供一种机制，把环节层面的损失归入整条供应链上每个国家/商品/年份的国家估计数，从而解决其中一个覆盖不全的问题。该模型促进了一种标准化、同质性的估计损失和选择解释变量的办法。

输入数据

该模型基于三套输入数据：（i）正式报告的损失数据；（ii）通过粮食损失文献审查

获得的信息；（iii）代表与文献中粮食损失之间因果关系的解释变量。

正式报告的损失数据

第2章全面介绍了数据收集的挑战，并在图9中使用热图分析了可用数据的密度（或缺乏）。正如该章所述，1990–2017年间，只有39个国家每年通过粮农组织年度农业生产问卷调查正式报告了损失数据。

在问卷中，各国关于一整段供应链的国家层面总损失的报告，界定了供应利用账户/食物平衡表的框架，但未按环节进行细分。这些国家估计数可以进行建模、衡量，或从各种内部渠道和专家意见中获得。从2019年起，各国可以通过经改进的正式损失情况问卷，提供掌握的原始材料。

对源于各国的损失百分比的初步分析表明，其低于科学文献和部门报告中的百分比，即便是在归入国家数据以后。从一方面来说，这是因为案例研究和实验是在据说损失数据有问题的情况下进行的，因此结果将高于国家平均数；从另一方面来说，这是因为供应利用账户/食物平衡表存在国家少报的问题，即在缺乏信息的情况下，将损失设为零，哪怕是极易变质的产品，另外还存在访谈调查估计不足的问题。^t因此，报告的损失势必会随着可用数据的改善而增加。

因此，该估计模型必须扩展输入数据，以便纳入其他可用来源中不同环节的损失百分

比。然而，这些信息不是用于取代正式报告数据，而是用于为损失模型进行估计提供信息。

从文献审议中获得的损失数据

2016–2017年对公共领域的文献进行了广泛审议，并且至今仍在进行。该审议从各种渠道（国家机构、学术机构以及世界银行、德国国际合作局、粮农组织、国际粮食政策研究所等国际组织）将近500份出版物和报告中收集了其他信息。

在一些案例中，进行的研究关注一小段粮食供应链，其中达到发展目标的供应链环节（例如，广泛分析了谷物和豆类的贮藏环节）或人口部分（例如小农）的比例也可能过高。相反，某些商品组别（鱼类和肉类）的比例过低，正如供应链的后期环节一样。此外，由于收获损失的关键损失节点是在衡量并报告产量的节点以前出现的，因此通常不予收集。

在很多情况下，补充数据有助于考虑各个环节的损失，然后将其归入国家层面。尽管这些补充研究并不完善，但给各国可能的损失估计数增加了必要的变化和可能的上限。然而，这些研究也是一国在时断时续的数据收集年份中总体损失估计战略的一部分，因此使用了不一致的数据源和方法。

这些数据被用于第2章中元分析和第3章中分环节分析，并为此进行了全面描述。这些数据被归入了一个拥有众多元数据维度和一个用户查询界面的数据库。原始材料的链接将在粮农组织网站上公布。^u

^t 在加纳进行的实地测试突显了农民系统性少报的问题。⁴

^u www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data

解释变量及其选择

利用各种国际数据库（国际能源署、世界银行、粮农组织等），创建了一个超过200个可能解释变量的数据集，用于代表文献中众多致因。作为一种衡量微观层面效应的手段，国家层面的不同指标能够归在由单独一个模型管理的共同专题之下。共同专题如下：能源、投入品及相关成本；投资和货币政策；社会和经济因素；贮藏、运输和物流；天气和作物周期。

“随机森林”算法被用于规范变量的选择，并按商品组别选择最重要的五个变量。正如Grünberger的办法遗留的挑战一样，其目的是，少设定无意义广泛应用的因子，从而更好地按国家/区域和商品记录损失原因的差异，而不限制潜力。

模型的规格

作为一种广泛应用的计量经济模型，选择随机效应模型，是为了长期发掘截面数据（分商品和国家）和纵向数据。该模型假设，特定指数的效应（即特定“国家-商品”组合的效应）是与所选解释变量无关的随机变量。该模型说明如下：

$$y_{ijt} = \alpha + x_{ijt}^T \beta + z_{ij}^T \gamma + u_{ijt}$$

其中：

y_{ijt} 表示时期 t 国家 i 特定商品 j 的粮食损失百分比

x_{ijt}^T 表示随时间和商品变化的解释变量的 k 维行向量

z_{ij}^T 表示不随时间变化的基于指数 i 和 j 的虚拟变量的 M 维行向量

u_{ijt} 表示特异误差项

α 表示截距

模型的假设

该模型基于若干主要假设：

估计缺失的解释变量数据

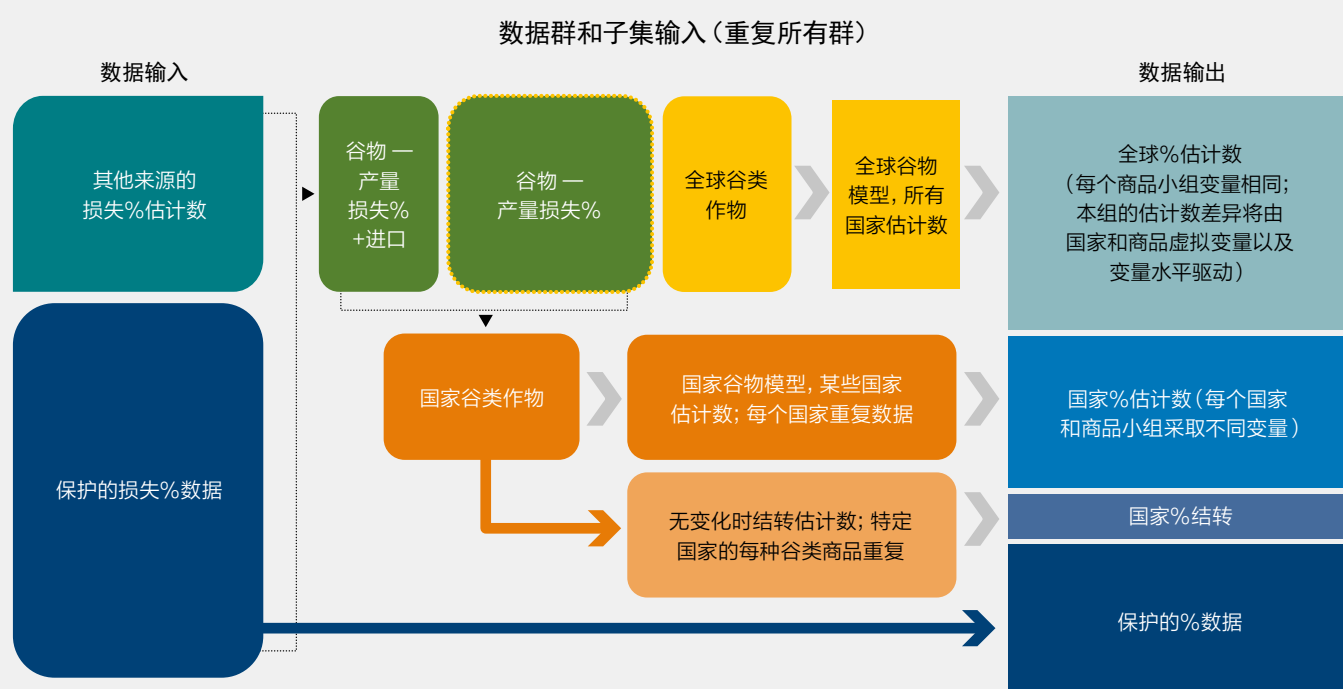
在某些情况下，解释变量时间序列是不完整或低频的。该模型仅在“随机森林”选定变量以后填充缺失数据，以免时间趋势因潜在的修匀操作而出现偏差。

使用商品组别集群和模型层次结构

在很多情况下，不同国家和商品的观察数少于三个，这被认为是对一个“国家-商品”组合运行该模型的最低限度。在所有这些情况下，假设组别内的损失原因和比率比组别间的更相近（例如，玉米与小扁豆的损失比玉米与鲜奶的损失更相近），按商品组别归集可用信息；对于价值链类型和解决方案，进行同样的假设。此外，归集稀缺数据，将使潜在离群值对结果的影响更加均衡。

由于国家层面的估计数和集群层面的估计数共存，需要一个模型层次结构填充结果矩阵。该过程可以保护国家层面的正式数据和结转数据（以前各国每年报告相同估计数的情况）不被该模型覆盖。

随后，如果掌握每个组别不同商品的损失数据，按国家和商品组别应用该模型，用于估计五个商品组别中每个组别的损失百分比。例如，如果A国需要小麦损失的估计数，则该模型利用A国的“谷物和豆类”篮子生成该估计数。如果掌握篮子中其他商品的信息，可以对所有“国家-商品”以及篮子组合重复该过程。其中每项估计都将基于该“国家-商品”篮子的相关情况，选用一套不同的解释变量。例

图 A2
模型图示资料来源: Fabi等, 2018。³

如, A国的损失可能与运输燃料的价格有关, 而在B国, 温度和湿度与损失百分比的相关性可能更高。

在其余情况下, 即一国没有整个商品类目的任何损失数据, 则由商品类目估计的一个全球模型生成损失估计数。这说明, C国的损失估计数可能取决于A国和B国的可用数据。在某些情况下, 由于没有因子能够与损失百分比形成关联, 该模式可能表现欠佳 (例如, 当大多数估计数都是固定的结转数据时)。在这些情况下, 按“国家-集群”应用可用损

失因子的简单平均数。图A2说明了该模型的流程。

把不同环节的损失因子归入整条供应链, 并推算缺失环节

尽管正式报告数据涵盖整条供应链, 但很少对粮食供应链的多个环节进行研究。为了集结供应链上的这些损失因子, 使用简化的马尔可夫过程, 假设每个节点的损失互不影响。尽管损失可能是上游行为引起的, 但衡量的每个环节的损失却是独立的: 例如, 加工操作不当造成的损失与运输期间发生的损失无关。该过

程需要加以规范，原因是相关研究往往会加入不同供应环节的损失百分比，而不会解释每个前期环节百分比减小的原因（由损失或自身消费引起）。

就一些商品而言，根本没有一些供应链环节的信息。例如，如果A国算出“玉米-贮藏-2000年”的损失为x%，但并未算出“玉米-贮藏-2001年”的百分比，则将认为2001年的贮藏损失为零。在这些案例中，由于长期覆盖不全，马尔可夫集结过程得出了有偏结果。因此，使用一个简单的普通最小二乘法模型，以基于国家、商品或集群以及时间的每个环节的损失，估计价值链缺失环节的损失，并将这些损失纳入缺失数值的马尔可夫链。

在其他案例中，相同的“年份-国家-商品-环节”或“年份-国家-集群-环节”组合都有一个以上损失百分比。在这些案例中，首先使用简单平均数，然后应用简化的马尔可夫过程。

最后的调整

在某些情况下，输入数据可能被认为是分布的上下两端的离群值。在整个数据集上下的三个标准差上设定了阈值，用于把这些离群值排除在该模型之外。

可以发现，进口依赖型国家的损失百分比非常高，这类国家的进口产品的损失数量堪比一小部分国内产量。已对粮食损失指数方法做了调整，在这些案例中，分母等于国内产量加上进口数量。在一些正式报告数据中，出现了非常低的百分比，其中整条供应链的损失低于2%。

演化的过程

尽管有其局限性，但粮食损失估计模型是在分析、描述和估计商品、国家和全球层面粮食损失方面迈出的重要一步。与粮农组织2011年进行的“粮食损失和浪费”研究相反，²该模型是完全开源的，并且估计数是可重复的。此外，该模型能够随时加进可用的新信息，包括从新的和可用的文献中获得的信息，并且能够在不改变结构的情况下满足各国的需要。文献审查仍在进行之中，从大量研究中获得的数据仍然有待加进输入数据集。肯定存在有关更多国家和商品的补充消息，只是尚未获得而已。该模型本身能够在一些方面加以改进，但可能过度调校，一直到在同样极其薄弱的信息基础上得出“预期”结果。

相反，粮食损失和浪费方面的利益相关方和社区，应尽力改进损失数据，支持各国收集数据以构建坚实的证据基础。高质量的数据将有助于做出知情决策，并实现国家和全球的可持续性目标。

统计附件

统计附件说明

符号说明

表中使用了以下习惯表达法：

.. = 不详

0或0.0 = 零或忽略不计

表A2–A6所列数字可以重现，为此应首先使用原始数据源，然后仿效通过根据要求提供的Stata软件执行的数据管理操作。整数和小数以小数点（.）隔开。

在表A2–A6中：

- ▶ **平均数**是指报告的每个变量（例如表A2所示商品组别）的所有粮食损失和浪费估计数相加，然后总数除以观察数，最后得到的数字。
- ▶ **中位数**是指隔开每个变量的粮食损失和浪费估计数的上半部分和下半部分的数值。
- ▶ **标准差**衡量粮食损失和浪费估计数的离散程度（即差异量）。标准差小，表示观察数趋于接近每个变量的平均数。
- ▶ **最小数和最大数**分别表示每个变量的最小和最大粮食损失和浪费估计数。
- ▶ **总数**归总全部粮食损失和浪费估计数的统计数据（观察数、平均数、中位数、标准差、最小数和最大数）。

表 A1

按每个商品组别商品数量分列的1990–2019年间至少有一年向粮农组织正式报告粮食损失数据的国家清单

资料来源：粮农组织。2019。作物和畜牧生产及利用问卷调查（2000–2017年）。罗马。作物和畜牧生产及利用问卷调查。

谷物和豆类是指各国在1990–2019年间至少有一年报告了损失数据的这些商品的数量。

水果和蔬菜是指各国在1990–2019年间至少有一年报告了损失数据的这些商品的数量。

肉类和畜产品是指各国在1990–2019年间至少有一年报告了损失数据的这些商品的数量。

块根、块茎和油料作物是指各国在1990–2019年间至少有一年报告了损失数据的块根、块茎和油料作物产品。

其他是指各国在1990–2019年间至少有一年报告了损失数据的其他商品的数量。

总数是指各国在1990–2019年间至少有一年报告了损失数据的商品总数。

关于至少出现在一个国家的粮食损失指数篮子中的商品清单，见：粮农组织。2018。监测可持续发展目标的具体目标12.3的方法建

议。全球粮食损失指数的设计、数据收集方法和挑战》。罗马。

表 A2

按商品组别分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

资料来源：粮农组织。2019。灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失估计数的数据集。用于计算损失的在线统计工作系统（参见 available at www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data）。

观察数统计灰色文献以及国家和部门报告中报告的每个商品组别的粮食损失和浪费数据点的数量，不包括正式报告的损失估计数。

谷物是指红苋菜、苋菜、御谷、大麦、籽粒、谷子、玉米、大米、黑麦、玫瑰茄、高粱、苔麸和小麦。

豆类是指长豇豆、菜豆、干菜豆、干鹰嘴豆、豇豆、豌豆、黑绿豆、绿豆、青豌豆、荚果和木豆。

水果是指苹果、杏、桃、李子、鳄梨、柑桔、无花果、新鲜水果、加工水果、葡萄、番石榴、菠萝蜜、金诺橘、猕猴桃、荔枝、柑橘、芒果、橙、番木瓜、梨、柿子、菠萝、大蕉、李子、野李、石榴、树莓、草莓和甜樱桃。

蔬菜是指西兰花、白菜、胡萝卜、花椰菜、大白菜、芥蓝、黄瓜、茄子、蒜苔、茼蒿、蘑菇、秋葵、洋葱、大葱、小白菜、萝卜、番茄、其他新鲜蔬菜和加工蔬菜。

肉类是指鸡肉、其他禽肉、猪肉和其他肉。

畜产品是指蛋、奶（液态及其他形态）及其他乳制品、鱼（内陆和海洋）和海产品。

油料作物是指椰子、棉籽、油脂、花生、红花、芝麻籽、大豆、葵花和葵花籽。

块根和块茎是指新鲜木薯、木薯干、甘薯、甘薯叶、木薯粉、山药和马铃薯。

其他商品是指香料（甜椒、黑胡椒、辣椒、中式辣椒、香菜、芥菜、青椒、姜黄）、糖和糖浆（甘蔗和人心果甜味剂）以及木本坚果和花生。

表 A3

按区域分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

资料来源：见表A2。

观察数统计灰色文献以及国家和部门报告中报告的每个区域的粮食损失和浪费数据点研究的数量，不包括正式报告的损失估计数。

没有西亚、北部及南部非洲、澳大利亚和新西兰、密克罗尼西亚和波利尼西亚以及东欧和南欧的数据。

在数据集中，北美洲仅指美利坚合众国。

表 A4

按粮食供应链环节分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

资料来源：见表A2。

观察数统计灰色文献以及国家和部门报告中报告的每个粮食供应链环节的粮食损失和浪费数据点的数量，不包括正式报告的损失估计数。

表 A5

按数据收集方法分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

资料来源：见表A2。

观察数统计灰色文献以及国家和部门报告中报告的每种数据收集方法的粮食损失和浪费数据点的数量，不包括正式报告的损失估计数。

使用的数据收集方法

使用最多的数据收集方法是**调查**，即按一套既定的问题进行访谈。在数据集中，考虑的调查有一套抽样方法和一个预先确定的信息收集框架。

文献审议方法是指从文献中发现损失或浪费数据。

专家意见方法是由专家就损失或浪费问题提供咨询、观点或评价。

快速评估数据收集方法能够描述为，通过一套视检损害标准评估产品，然后以一个简单的方程估计样本的重量损失或浪费。在数据库中，快速评估包括从各种利益相关方和渠道收集信息，例如半结构化访谈、审议现有估计数以及阐述一国某种商品的广阔结构和流动。快速评估能够关注具体的组别或供应链环节，并确定关键损失节点。未在更广泛的人口中进行直接衡量或系统调查。

案例研究审议一段时期内具体个人或群体的粮食损失或浪费。案例研究往往限于小范围内的参与者，他们可以或无法代表整个人口。

裁切包括直接衡量一块预先抽样的产区，并仿效当地的收获做法。这是一种成本密集型衡量方法，可以把“仅供调查访问使用的”问卷作为衡量标准。

田间试验在实地调查后通过随机分配估计损失。这类试验是在扩建农场上进行的实验，或是对与实验结果有关的方面进行半主动控制的实验，但不以实验室为基础。这类试验通常可以得出耕作/收获/捕获/屠宰做法或批发和零售阶段的损失因子。

实验室试验在非田间试验后通过随机分配评价损失或浪费。实验室试验在全控环境下进行，样本量通常较小，可能无法模拟会在正常实践情况下出现的条件。

建模估计数是指通过统计模型估计的损失或浪费。

《世界资源研究所协议》提供了损失和浪费估计数。然而，该协议并不预先确定数据收集方法，也不要求各实体在收集的数据内容方面保持一致。因此，使用该协议进行衡量的实体，今后可能得到可比结果，但结果可能无法扩展到更广泛的样本或人口。

表 A6

按国家分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

资料来源：见表A2。

观察数统计灰色文献以及国家和部门报告中报告的每个国家的粮食损失和浪费数据点的数量，不包括正式报告的损失估计数。

表 A7

图13和图14所用碳影响因子（二氧化碳当量吨/粮食损失吨数）

资料来源：数据基于为粮农组织编制的输入数据（根据要求提供）。2013。粮食浪费足迹：自然资源影响 — 概要报告。罗马。

碳影响因子衡量具体食品在粮食供应链每个环节上的碳足迹，以1吨二氧化碳当量表示1吨该食品。鉴于温室气体排放随粮食沿粮食供应链运动而累积，零售环节的碳影响因子最大。

然后，乘以为粮食损失指数开发的模型提供的粮食损失数量（以吨计）以及相应的碳影响因子，用以表示损失粮食的碳足迹。**最小数**和**最大数**表示每个具体区域和粮食组别的最低和最高影响因子，**平均数**是指粮食供应链上每个具体区域和粮食组别的平均影响因子。

表 A8

图13和图14所用水影响因子（立方米/粮食损失吨数）

资料来源：见**表A7**。

蓝水影响因子衡量具体食品在粮食供应链每个环节上的蓝水足迹，以生产1吨该食品所用蓝水立方米数表示1吨该食品。使用的影响因子涵盖从农场到零售环节（包括零售环节）的整个粮食供应链。假设蓝水仅在农业生产期间使用，蓝水影响因子在粮食供应链所有环节上保持不变。

然后，乘以为粮食损失指数开发的模型提供的粮食损失数量（以吨计）以及相应的蓝水影响因子，用以表示损失粮食的蓝水足迹。**最小数**和**最大数**表示每个具体区域和粮食组别的最低和最高影响因子，**平均数**是指粮食供应链上每个具体区域和粮食组别的平均影响因子。

表 A9

图13和图14所用土地影响因子（公顷/粮食损失吨数）

资料来源：见**表A7**。

土地影响因子衡量具体食品的土地足迹，以生产1吨该食品所用土地公顷数表示1吨该食品。使用的影响因子涵盖从农场到零售环节（包括零售环节）的整个粮食供应链。鉴于初级生产环节占几乎所有粮食生产用地，土地影响因子在粮食供应链所有环节上保持不变。

然后，乘以为粮食损失指数开发的模型提供的粮食损失数量（以吨计）以及相应的土地影响因子，用以表示损失粮食的土地足迹。**最小数**和**最大数**表示为粮农组织（2013）编制的输入数据使用的最低和最高影响因子，**平均数**是指粮食供应链上具体区域和粮食组别的平均影响因子。

国家组别和区域合计

区域组别和国家名称参照联合国统计司M49分类，可查阅：

<https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>

表 A1

按每个商品组别商品数量分列的1990–2019年间至少有一年向粮农组织正式报告粮食损失数据的国家清单

国家/领土	谷物和豆类	水果和蔬菜	肉类和畜产品	块根、块茎和油作物	其 他	总 数
非 洲						
撒哈拉以南非洲						
东 非						
厄立特里亚	6	0	0	0	0	6
埃塞俄比亚	2	0	0	0	0	2
马拉维	2	0	0	0	0	2
毛里求斯	1	6	1	1	0	9
卢旺达	4	0	0	3	0	7
赞比亚	2	0	0	0	0	2
中 非						
乍得	4	0	0	0	0	4
刚果民主共和国	1	0	0	0	0	1
南部非洲						
西 非						
马里	5	0	0	5	0	10
多哥	5	0	0	1	0	6
北 非						
阿尔及利亚	0	0	0	0	1	1
埃及	9	0	0	8	1	18
苏丹	5	0	0	0	0	5
亚 洲						
西 亚						
亚美尼亚	6	1	0	1	0	8
阿塞拜疆	6	1	0	1	0	8
塞浦路斯	1	0	0	0	0	1
格鲁吉亚	2	1	0	1	0	4
以色列	0	1	1	1	0	3
约旦	2	0	0	2	0	4
阿拉伯叙利亚共和国	1	0	0	0	0	1
中 亚						
哈萨克斯坦	5	0	3	2	1	11
吉尔吉斯斯坦	0	0	0	0	0	0
塔吉克斯坦	0	0	0	1	0	1
东 亚						
日本	4	0	2	3	0	9
大韩民国	2	0	0	1	0	3
东南亚						
印度尼西亚	2	1	1	4	0	8
缅甸	0	0	0	1	0	1
菲律宾	2	0	0	0	0	2
越南	1	0	0	0	0	1

表 A1
(续)

国家/领土	谷物和豆类	水果和蔬菜	肉类和畜产品	块根、块茎和油作物	其 他	总 数
南 亚						
阿富汗	4	0	0	0	0	4
印度	4	0	0	0	0	4
伊朗伊斯兰共和国	0	0	2	0	0	2
尼泊尔	3	0	0	1	0	4
巴基斯坦	2	0	0	0	0	2
斯里兰卡	3	0	0	3	0	6
欧 洲						
东 欧						
白俄罗斯	0	0	2	0	0	2
捷克	4	0	0	0	0	4
匈牙利	14	20	4	7	0	45
波兰	10	7	2	6	1	26
摩尔多瓦共和国	0	0	0	2	0	2
罗马尼亚	6	8	0	1	1	16
俄罗斯联邦	0	0	2	1	0	3
斯洛伐克	3	0	0	1	0	4
乌克兰	11	0	2	1	0	14
北 欧						
丹麦	7	0	0	0	0	7
爱沙尼亚	4	0	0	1	0	5
爱尔兰	3	0	0	0	0	3
拉脱维亚	4	0	1	0	0	5
立陶宛	10	0	1	1	0	12
挪威	0	0	0	1	0	1
瑞典	5	0	1	1	0	7
英国	3	6	1	0	0	10
南 欧						
阿尔巴尼亚	0	0	2	0	0	2
波斯尼亚和黑塞哥维那	0	1	0	0	0	1
克罗地亚	0	1	0	0	0	1
意大利	2	2	1	0	0	5
北马其顿	7	0	0	4	0	11
葡萄牙	1	0	0	0	0	1
塞尔维亚	2	0	5	0	0	7
西班牙	4	0	0	1	0	5
西 欧						
奥地利	12	15	3	6	0	36
比利时	2	0	1	1	0	4
法国	8	1	3	2	0	14
德国	9	0	1	5	0	15
卢森堡	2	0	0	1	0	3
荷兰	5	2	1	1	0	9
瑞士	6	0	0	1	0	7

表 A1
(续)

国家/领土	谷物和豆类	水果和蔬菜	肉类和畜产品	块根、块茎和油作物	其他	总 数
拉丁美洲及加勒比						
加勒比						
古巴	2	7	0	2	0	11
牙买加	4	1	0	3	0	8
中美洲						
危地马拉	5	5	1	0	2	13
墨西哥	2	0	0	0	0	2
尼加拉瓜	0	0	0	0	0	0
巴拿马	6	4	5	4	1	20
南美洲						
阿根廷	0	0	1	0	0	1
玻利维亚多民族国	1	0	0	3	0	4
厄瓜多尔	8	22	0	6	1	37
秘鲁	16	38	8	9	6	77
委内瑞拉玻利瓦尔共和国	7	10	6	7	2	32
北美洲						
加拿大	9	27	2	0	0	38
美利坚合众国	0	0	0	2	3	5
大洋洲						
澳大利亚/新西兰						
新西兰	2	0	0	0	0	2
美拉尼西亚						
斐济	3	1	0	4	0	8
新喀里多尼亚	2	0	0	0	0	2
密克罗尼西亚						
波利尼西亚						

表 A2

按商品组别分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

商品组别	观察数	平均数	中位数	标准差	最小数	最大数
谷物和豆类	650	4.6	1.3	8.3	0.0	89.5
水果和蔬菜	756	6.9	3.0	10.3	0.0	75.4
肉类和畜产品	215	2.6	0.8	5.4	0.0	37.0
块根、块茎和油料作物	364	4.1	1.0	8.4	0.0	72.0
其他	307	1.2	0.3	2.9	0.0	33.7
总 数	2 292	4.6	1.4	8.6	0.0	89.5

表 A3

按区域分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

可持续发展目标区域	观察数	平均数	中位数	标准差	最小数	最大数
中亚及南亚	1 524	2.2	0.6	5.4	0.0	75.4
东亚及东南亚	203	7.8	5.5	7.9	0.0	50.0
拉丁美洲及加勒比	40	9.9	8.8	7.3	0.8	42.5
北美洲和欧洲	141	9.8	7.0	9.5	0.0	69.4
大洋洲	3	5.1	6.4	4.5	0.1	8.8
撒哈拉以南非洲	381	10.1	5.0	13.3	0.0	89.5
总 数	2 292	4.6	1.4	8.6	0.0	89.5

表 A4

按粮食供应链环节分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

粮食供应链环节	观察数	平均数	中位数	标准差	最小数	最大数
农场收获后/屠宰	1 163	3.3	0.8	7.3	0.0	81.5
储存	507	4.9	1.1	9.5	0.0	89.5
运输	140	6.7	3.4	9.5	0.1	74.0
加工和包装	173	5.6	1.7	9.7	0.0	69.4
批发和零售	279	6.8	4.5	8.8	0.0	75.4
消费: 家庭和食品服务	30	14.9	15.0	9.1	1.0	37.0
总 数	2 292	4.6	1.4	8.6	0.0	89.5

表 A5

按数据收集方法分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

数据收集方法	观察数	平均数	中位数	标准差	最小数	最大数
案例研究	60	11.4	5.3	16.0	0.5	79.0
农田裁切	8	4.4	3.4	2.9	2.3	10.6
专家意见	142	7.5	4.7	9.1	0.0	50.0
田间试验	24	13.0	6.7	14.9	1.1	57.3
实验室试验	12	26.5	20.0	23.4	2.5	72.0
文献审议	454	4.8	1.2	8.6	0.0	74.0
建模	42	13.7	12.0	7.7	4.0	37.0
快速评估	105	13.5	9.5	14.9	0.2	89.5
调查	1 367	2.5	0.7	5.2	0.0	69.4
世界资源研究所协议	46	4.9	3.0	5.9	0.0	30.0
不详	32	9.3	6.1	8.0	0.5	26.7
总 数	2 292	4.6	1.4	8.6	0.0	89.5

表 A6

按国家分列的2000–2017年间灰色文献以及国家和部门报告中粮食损失和浪费估计数的数据集

国家/领土	观察数	平均数	中位数	标准差	最小数	最大数
非 洲						
撒哈拉以南非洲						
东 非						
埃塞俄比亚	10	6.0	4.6	4.7	0.1	14.9
肯尼亚	31	9.0	6.0	10.2	0.2	40.0
马达加斯加	8	1.8	1.6	0.6	1.0	2.5
马拉维	14	10.2	10.5	5.5	1.4	20.3
莫桑比克	8	14.0	14.5	13.5	0.0	43.0
卢旺达	16	14.9	14.8	7.0	4.9	26.7
乌干达	10	8.3	4.4	10.3	2.0	35.0
坦桑尼亚联合共和国	50	12.8	8.4	12.8	0.0	63.0
中部非洲						
喀麦隆	1	35.0	35.0	..	35.0	35.0
加蓬	1	35.0	35.0	..	35.0	35.0
北 非						
南部非洲						
西 非						
贝宁	21	29.6	22.0	26.3	1.6	89.5
布基纳法索	2	1.6	1.6	0.4	1.3	1.9
冈比亚	1	12.8	12.8	..	12.8	12.8
加纳	131	8.3	2.5	13.5	0.0	72.0
尼日尔	5	13.3	15.0	3.5	8.6	17.1
尼日利亚	67	6.1	4.4	6.3	0.1	28.0
塞拉利昂	5	6.6	6.6	1.1	5.0	8.0
亚 洲						
西 亚						
中 亚						
哈萨克斯坦	5	12.3	12.5	5.9	4.0	20.0
东 亚						
中国	106	8.1	5.0	9.5	0.0	50.0
大韩民国	29	13.8	14.0	3.9	8.0	24.0
东南亚						
柬埔寨	14	5.5	4.3	2.6	3.0	12.5
印度尼西亚	9	3.6	1.2	4.7	0.2	15.0
马来西亚	5	5.6	6.0	2.5	2.0	9.0
菲律宾	17	6.9	8.4	4.4	1.0	15.5
泰国	3	7.0	8.5	4.0	2.5	10.0
东帝汶	19	2.3	1.3	2.5	0.5	10.0
越南	1	2.0	2.0	..	2.0	2.0
南 亚						
孟加拉国	89	7.4	7.2	4.6	0.2	35.0
印度	1 296	1.0	0.4	2.9	0.0	62.5
伊朗伊斯兰共和国	69	4.8	3.0	4.4	1.0	16.5
尼泊尔	43	15.5	10.0	14.7	0.6	74.0
巴基斯坦	22	12.2	5.0	17.7	0.0	75.4

表 A6
(续)

国家/领土	观察数	平均数	中位数	标准差	最小数	最大数
欧 洲						
东欧						
北欧						
丹麦	13	9.4	5.6	6.7	0.0	21.0
芬兰	9	9.4	6.2	6.1	2.3	17.7
挪威	12	11.0	6.1	19.0	0.9	69.4
瑞典	16	14.2	14.3	10.5	0.2	33.5
英国	46	4.9	3.0	5.9	0.0	30.0
南 欧						
西 欧						
瑞士	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
拉丁美洲及加勒比						
加勒比						
海地	1	20.0	20.0	..	20.0	20.0
中美洲						
危地马拉	5	15.6	14.7	16.2	2.9	42.5
洪都拉斯	4	8.6	8.5	5.5	3.7	13.7
墨西哥	13	8.0	7.7	5.4	0.8	20.0
南美洲						
巴西	12	10.0	11.6	3.6	2.4	16.0
厄瓜多尔	2	6.5	6.5	5.7	2.5	10.5
秘鲁	3	8.8	9.6	6.2	2.3	14.5
北美洲						
美利坚合众国	43	13.7	12.0	7.6	4.0	37.0
大洋洲						
澳大利亚/新西兰						
美拉尼西亚						
斐济	3	5.1	6.4	4.5	0.1	8.8
密克罗尼西亚						
波利尼西亚						
总 数	2 292	4.6	1.4	8.6	0.0	89.5

表 A7
图13和图14所用碳影响因子（二氧化碳当量吨/粮食损失吨数）

可持续发展目标区域	谷物和豆类			水果和蔬菜			肉类和畜产品			块根、块茎和油料作物		
	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数
澳大利亚和新西兰	0.4	2.2	1.6	0.3	2.8	1.8	0.7	1.7	1.4	0.2	0.8	0.6
中亚及南亚	0.5	3.3	2.2	0.1	1.8	1.1	1.0	5.5	2.3	0.1	1.6	1.0
东亚及东南亚	0.6	3.7	2.6	0.2	1.2	1.0	4.5	6.5	5.6	0.4	1.1	1.0
拉丁美洲及加勒比	0.1	3.3	1.7	0.1	1.5	1.1	0.7	6.1	4.4	0.1	2.4	1.3
北美洲和欧洲	0.4	1.9	1.5	0.3	3.0	1.5	0.7	2.0	1.6	0.2	0.9	0.7
大洋洲（不包括澳大利亚和新西兰）	0.5	3.3	2.3	0.3	1.4	1.1	0.7	6.0	3.6	1.6	2.4	2.3
撒哈拉以南非洲	0.1	5.3	1.9	0.1	1.5	0.5	1.0	6.2	2.3	0.1	1.2	0.5
西亚和北非	0.8	2.7	2.0	0.5	1.7	1.3	1.0	5.6	4.2	0.1	1.7	1.1

表 A8
图13和图14所用蓝水影响因子（立方米/粮食损失吨数）

可持续发展目标区域	谷物和豆类			水果和蔬菜			肉类和畜产品			块根、块茎和油料作物		
	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数
澳大利亚和新西兰	16.5	98.1	57.3	124.1	301.8	212.9	82.0	82.0	82.0	96.7	96.7	96.7
中亚及南亚	77.5	1 177.8	609.1	95.9	301.8	266.7	212.1	1 018.6	564.6	50.6	3 100.5	741.8
东亚及东南亚	57.9	202.1	130.0	301.8	301.8	301.8	179.9	188.3	181.6	17.9	17.9	17.9
拉丁美洲及加勒比	22.4	383.4	146.9	72.1	301.8	271.8	46.0	268.8	168.1	8.5	74.3	28.0
北美洲和欧洲	38.9	124.4	64.3	33.3	301.8	242.3	61.1	77.3	65.2	9.0	158.6	39.7
大洋洲（不包括澳大利亚和新西兰）	21.3	687.3	354.3	301.8	301.8	301.8	92.7	256.6	174.7	14.0	14.0	14.0
撒哈拉以南非洲	7.0	631.3	146.7	44.8	301.8	239.9	59.3	218.6	161.5	1.3	339.7	147.9
西亚和北非	322.3	1 008.5	538.0	158.0	301.8	226.8	497.7	1 217.0	977.3	185.4	1 501.3	624.1

表 A9
图13和图14所用土地影响因子（公顷/粮食损失吨数）

可持续发展目标 区域	谷物和豆类			水果和蔬菜			肉类和畜产品			块根、块茎和油料作物		
	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数	最小数	最大数	平均数
澳大利亚 和新西兰	0.7	0.9	0.8	0.0	0.1	0.1	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0
中亚 及南亚	0.2	0.8	0.4	0.0	0.1	0.1	4.6	18.9	12.6	0.1	0.5	0.2
东亚及 东南亚	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	11.6	12.6	11.8	0.2	0.2	0.2
拉丁美洲 及加勒比	0.2	1.2	0.6	0.1	0.1	0.1	3.4	5.5	4.0	0.1	0.4	0.2
北美洲 和欧洲	0.1	0.4	0.3	0.0	0.1	0.1	0.7	2.5	1.2	0.0	0.3	0.1
大洋洲 （不包括澳大利 亚和新西兰）	0.3	0.8	0.5	0.1	0.1	0.1	3.4	5.5	4.5	0.3	0.3	0.3
撒哈拉 以南非洲	0.3	2.4	0.9	0.1	0.2	0.1	9.3	19.8	17.0	0.1	1.1	0.6
西亚 和北非	0.1	1.4	0.9	0.1	0.1	0.1	18.9	34.3	0.2	0.1	0.5	29.1

参考文献

第1章

1. Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., Ranganathan, J., Dumas, P. & Matthews, E. 2018. *Creating a sustainable food future – a menu of solutions to feed nearly 10 billion people by 2050*. Washington, DC, World Resources Institute. [also available at <https://www.wri.org/publication/creating-sustainable-food-future>].
2. Chaboud, G. & Daviron, B. 2017. Food losses and waste: navigating the inconsistencies. *Global Food Security*, 12: 1–7.
3. Bellemare, M.F., Çakir, M., Peterson, H.H., Novak, L. & Rudi, J. 2017. On the Measurement of Food Waste. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(5): 1148–1158.
4. Delgado, L., Schuster, M. & Torero, M. 2019. Quantity and quality food losses across the value chain: a comparative analysis. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. Washington, DC, IFPRI. Unpublished.
5. WHO & FAO. 2013. *Codex Alimentarius Commission – Procedural Manual*. Twenty-First edition. Rome, Secretariat of the Joint FAO/WHO Food Standards Programme.
6. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2014. *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. Rome.
7. Rutten, M.M. 2013. What economic theory tells us about the impacts of reducing food losses and/or waste: implications for research, policy and practice. *Agriculture & Food Security*, 2(1): 13.
8. United States Department of Agriculture (USDA). 2019. *Food Service Industry* [online]. [Cited 11 June 2019]. <https://www.ers.usda.gov/topics/food-markets-prices/food-service-industry.aspx>
9. Champions 12.3. 2017. *Guidance on Interpreting Sustainable Development Goal Target 12.3*. Washington, DC.
10. Inter-agency and Expert Group on SDG Indicators (IAEG-SDGs). 2019. *Tier Classification for Global SDG Indicators*. New York, USA, Inter-agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators (IAEG-SDGs) and United Nations Statistics Division.
11. UNSD. 2018. *Goal 12*. New York, USA, United Nations Statistics Division (UNSD).
12. FAO. 2019. *Food Loss Index. Online statistical working system for loss calculations* [available at <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data>].
13. FAO. 1998. *Storage and Processing of Roots and Tubers in the Tropics*. Rome.
14. FAO. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.
15. FAO. 2018. *Methodological proposal for monitoring SDG target 12.3: the Global Food Loss Index design, data collection methods and challenges*. Rome.
16. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. & Emanuelsson, A. 2013. *The methodology of the FAO study: “Global food losses and food waste – extent, causes and prevention”*. FAO, 2011. SIK report No. 857. Lund, Sweden, Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK).
17. Xue, L., Liu, G., Parfitt, J., Liu, X., Van Herpen, E., Stenmarck, Å., O'Connor, C., Östergren, K. & Cheng, S. 2017. Missing food, missing data? A critical review of global food losses and food waste data. *Environmental Science & Technology*, 51(12): 6618–6633.
18. Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. & Ward, P.J. 2012. Lost food, wasted resources: global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, 438: 477–489.
19. Segrè, A., Falasconi, L., Politano, A. & Vittuari, M. 2014. *Background paper on the economics of food loss and waste – working paper*. Save Food: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction – working paper. Rome, FAO.
20. Oxford Reference. 2019. *Opportunity cost* [online]. [Cited 9 May 2019]. <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110810105528518>
21. Anríquez, G., Foster, W., Santos-Rocha, J., Ortega, J. & Jansen, S. 2019. *Refining the definition of food loss and waste from an economic perspective: producers, intermediaries, and consumers as key decisionmakers*. Santiago, Department of Agricultural Economics, Pontifical Catholic University of Chile.

参考文献

22. Delgado, L., Schuster, M. & Torero, M. 2017. *Reality of food losses: a new measurement methodology*. IFPRI Discussion Paper 01686. Washington, DC, IFPRI.

23. The New Indian Express. 2018. Farmers dump tomatoes on roads as prices fall. In: *The New Indian Express* [online]. <http://www.newindianexpress.com/states/karnataka/2018/jun/26/farmers-dump-tomatoes-on-roads-as-prices-fall-1833732.html>

24. Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinjoja, L., Waite, R. & Searchinger, T. 2013. *Reducing food loss and waste. Installment Two of 'Creating a sustainable food future'*. Working Paper. Washington, DC, World Resources Institute.

25. Gromko, D. & Abdurasulova, G. 2018. *Climate change mitigation and food loss and waste reduction: exploring the business case*. Working Paper No. 246. Wageningen, The Netherlands, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

26. Gravelle, H. & Rees, R. 2004. *Microeconomics*. 3rd edition. Harlow, Financial Times/Prentice Hall.

27. Varian, H.R. 1992. *Microeconomic analysis*. 3rd edition. New York, USA, Norton.

28. Krugman, P.R. & Wells, R. 2013. *Economics*. 3rd edition. New York, USA, Worth Publishers.

29. Heller, W.P. 1999. Equilibrium market formation causes missing markets. *Markets, Information and Uncertainty: Essays in Economic Theory in Honor of Kenneth J. Arrow*: 235.

30. Burningham, D. & Davies, J. 2004. *Environmental Economics*. Oxford, UK, Heinemann.

31. Wijewardena, W.A. 2011. Why did the good-intentioned public intervention go wrong? In: *FT Online* [online]. <http://www.ft.lk/columns/why-did-the-good-intentioned-public-intervention-go-wrong/4-61137>

第2章

1. FAO. 2019. Food Loss Index. Online statistical working system for loss calculations [available at <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data>].

2. FAO. 2019. Dataset of food loss and waste estimates from grey literature, national and sectoral reports. Online statistical working system for loss calculations [available at <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data>].

3. Nanda, S.K., Vishwakarma, R., Bathla, H.V.L., Rai, A. & Chandra, P. 2012. *Harvest and post harvest losses of major crops and livestock produce in India*. Ludhiana, India.

4. FAO. 2018. State of Food and Agriculture in Asia and the Pacific Region, including Future Prospects and Emerging Issues. Thirty-fourth Session. Paper presented at Regional Conference for Asia and the Pacific (APRC), 9 April 2018, Nadi, Fiji.

5. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2014. *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. Rome.

6. FAO. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.

7. Goldsmith, P.D., Martins, A.G. & de Moura, A.D. 2015. The economics of post-harvest loss: a case study of the new large soybean – maize producers in tropical Brazil. *Food Security*, 7(4): 875–888.

8. Kitinjoja, L. & Kader, A.A. 2002. *Small-scale postharvest handling practices: a manual for horticultural crops*. 4th edition. University of California, Davis, Postharvest Technology Research and Information Center.

9. Kaaya, A., Kyamuhangire, W. & Kyamanywa, S. 2006. Factors affecting aflatoxin contamination of harvested maize in the three agroecological zones of Uganda. *Journal of Applied Sciences*, 6(11): 2401–2407.

10. FAO. 2018. *Étude diagnostique de la réduction des pertes après récolte de trois cultures: manioc – tomate – pomme de terre*. Rapport de synthèse: Cameroun. Rome.

11. Lewis, L., Onsongo, M., Njapau, H., Schurz-Rogers, H., Lubber, G., Kieszak, S., Nyamongo, J., Backer, L., Dahiye, A.M., Misore, A., DeCock, K. & Rubin, C. 2005. Aflatoxin contamination of commercial maize products during an outbreak of acute aflatoxicosis in eastern and central Kenya. *Environmental Health Perspectives*, 113(12): 1763–1767.

12. Kaaya, A.N., Warren, H.L., Kyamanywa, S. & Kyamuhangire, W. 2005. The effect of delayed harvest on moisture content, insect damage, moulds and aflatoxin contamination of maize in Mayuge district of Uganda. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(15): 2595–2599.

13. Delgado, L., Schuster, M. & Torero, M. 2017. *Reality of food losses: a new measurement methodology*. IFPRI Discussion Paper 01686. Washington, DC, IFPRI.

14. Delgado, L., Schuster, M. & Torero, M. 2019. Quantity and quality food losses across the value chain: a comparative analysis. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. Washington, DC, IFPRI. Unpublished.

15. Ambler, K., De Brauw, A. & Godlonton, S. 2018. Measuring postharvest losses at the farm level in Malawi. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 62(1): 139–160.

16. Abdoulaye, T., Ainembabazi, J.H., Alexander, C., Baributsa, D., Kadjo, D., Moussa, B., Omotilewa, O., Ricker-Gilbert, J. & Shiferaw, F. 2016. *Postharvest loss of maize and grain legumes in sub-Saharan Africa: insights from household survey data in seven countries*. West Lafayette, IN, USA, Purdue Extension Agricultural Economics.
17. John, A. 2014. Rodent outbreaks and rice pre-harvest losses in Southeast Asia. *Food Security*, 6(2): 249–260.
18. Tefera, T. 2012. Post-harvest losses in African maize in the face of increasing food shortage. *Food Security*, 4(2): 267–277.
19. HLPE. 2014. *Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Rome.
20. Diei-Ouadi, Y. & Mgawe, Y.I. 2011. *Post-harvest fish loss assessment in small-scale fisheries: a guide for the extension officer*. FAO fisheries and aquaculture technical paper No. 559. Rome, FAO.
21. FAO. 2014. *Food loss assessments: causes and solutions. Case studies in small-scale agriculture and fisheries subsectors. Kenya: banana, maize, milk, fish. Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction – Save Food*. Rome.
22. FAO. forthcoming. *Estudios de casos sobre la estimación de pérdidas de pescado en la cuenca amazónica*. Rome.
23. FAO. 2018. *The Republic of Rwanda: maize, potato, tomato, milk. Food loss analysis: causes and solutions. Case studies in the small-scale agriculture and fisheries subsectors*. Rome.
24. Nakasone, E., Delgado, L. & Vos, R. 2019. Determinants of farm post-harvest losses in developing countries. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. IFPRI.
25. World Bank. 2011. *Missing food: the case of postharvest grain losses in Sub-Saharan Africa*. World Bank, Other Operational Studies 2824. Washington, DC. [also available at <https://ideas.repec.org/p/wbk/wboper/2824.html>].
26. Bett, C. & Nguyo, R. 2007. Post-harvest storage practices and techniques used by farmers in semi-arid Eastern and Central Kenya. *8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27–31 October 2007*: 1023–1227.
27. Rolle, R.S. 2006. Improving postharvest management and marketing in the Asia-Pacific region: issues and challenges. *Postharvest management of fruit and vegetables in the Asia-Pacific region*, 1(1): 23–31.
28. IMechE (Institution of Mechanical Engineers). 2013. *Global food. Waste not, want not*. London.
29. Awono, A., Ingram, V., Schure, J. & Levang, P. 2013. *Guide for small and medium enterprises in the sustainable non-timber forest product trade in Central Africa*. Center for International Forestry Research (CIFOR). [also available at <http://www.cifor.org/library/4053/guide-for-small-and-medium-enterprises-in-the-sustainable-non-timber-forest-product-trade-in-central-africa>].
30. Kumar, D. & Kalita, P. 2017. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods*, 6(1). [also available at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5296677/>].
31. COMCEC Coordination Office. 2017. *Reducing food waste in the OIC countries*. Ankara, Standing Committee for Economic and Commercial Cooperation of the Organization of Islamic Cooperation (COMCEC).
32. Fonseca, J. & Vergara, N. 2015. *Logistics in the horticulture supply chain in Latin America and the Caribbean. Regional report based on five country assessments and findings from regional workshops*. Rome, FAO.
33. Parfitt, J., Barthel, M. & Macnaughton, S. 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554): 3065–3081.
34. Liu, G. 2014. *Food losses and food waste in China. A first estimate*. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 66. Paris, OECD Publishing.
35. FAO. 2016. *Developing the cold chain in the agrifood sector in Sub-Saharan Africa*. Agroindustry Policy Brief 2.
36. Kitinoja, L. 2013. Use of cold chains for reducing food losses in developing countries. No. 13-03. The Postharvest Education Foundation.
37. Salin, V. 2018. *2018 GCCA Cold storage capacity report*. Arlington, USA, Global Cold Chain Alliance.
38. Kitinoja, L. & AlHassan, H.Y. 2012. Identification of appropriate postharvest technologies for small scale horticultural farmers and marketers in Sub-Saharan Africa and South Asia – Part 1. Postharvest losses and quality assessments. *Acta Horticulturae*, 934(934): 31–40.
39. Rosegrant, M., Magalhaes, E., Valmonte-Santos, R. & Mason-D'Croz, D. 2015. *Returns to investment in reducing postharvest food losses and increasing agricultural productivity growth – Post-2015 consensus*. Food Security and Nutrition Assessment Paper. Copenhagen Consensus Center.
40. Martínez Z., N., Menacho P., Z. & Pachón-Ariza, F. 2014. Food loss in a hungry world, A problem? *Agronomía Colombiana*, 32(2): 283–293.
41. FAO. 2017. *Policy measures for managing quality and reducing post-harvest losses in fresh produce supply chains in South Asian Countries*. Rome. [also available at www.fao.org/3/a-i7954e.pdf].

参考文献

42. FAO. 2011. *Value chain development and post-harvest loss reduction for smallholders*. Rome. [also available at <http://www.fao.org/3/mc762e/mc762e.pdf>].
43. Rapusas, R. & Rolle, R. 2009. *Management of reusable plastic crates in fresh produce supply chains. A technical guide*. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific. [also available at www.fao.org/3/a-i0930e.pdf].
44. FAO. 2011. Packaging in fresh produce supply chains in Southeast Asia. Bangkok. [also available at www.fao.org/3/ba0135e/ba0135e00.htm].
45. FAO. 2018. Case studies on managing quality, assuring safety and reducing post-harvest losses in fruit and vegetable supply chains in South Asian Countries. Rome. [also available at www.fao.org/3/i8616en/i8616en.pdf].
46. Alavi, H.R. 2011. *Trusting trade and the private sector for food security in Southeast Asia*. Directions in Development – General. The World Bank. [also available at <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/978-0-8213-8626-2>].
47. Mena, C., Adenso-Diaz, B. & Yurt, O. 2011. The causes of food waste in the supplier–retailer interface: Evidences from the UK and Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6): 648–658.
48. FAO. 2018. *Methodological proposal for monitoring SDG target 12.3. The Global Food Loss Index design, data collection methods and challenges*. Rome, FAO Statistical Division.
49. Buzby, J.C., Farah-Wells, H. & Hyman, J. 2014. *The estimated amount, value, and calories of postharvest food losses at the retail and consumer levels in the United States*. No. ID 2501659. Rochester, NY, Social Science Research Network.
50. Hanssen, O. & Stensgård, A. 2016. Food waste in Norway 2010–2015 – Final report from the ForMat Project. Østfoldforskning. [also available at <https://www.ostfoldforskning.no/no/publikasjoner/Publication/?id=2011>].
51. Hodges, R.J., Buzby, J.C. & Bennett, B. 2011. Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S1): 37–45.
52. WRAP UK. 2017. *Household food waste in the UK, 2015*. Final report. Research date: September–October 2016 edition. Banbury, UK.
53. WRAP. 2013. *Household food and drink waste in UK*. Banbury, UK.
54. HISPACOOP. 2012. Estudio sobre el desperdicio de alimentos en los hogares. Confederación Española de Cooperativas de Consumidores y Usuarios (HISPACOOP).
55. Baptista, P., Campos, I., Pires, I. & Sofia, G. 2012. *Do campo ao garfo. Desperdício alimentar em Portugal*. Lisbon, Cestras.
56. Evans, D. 2011. Blaming the consumer – once again: the social and material contexts of everyday food waste practices in some English households. *Critical Public Health*, 21(4): 429–440.
57. Evans, D. 2012. Beyond the throwaway society: ordinary domestic practice and a sociological approach to household food waste. *Sociology*, 46(1): 41–56.
58. Quedsted, T., Marsh, E., Stunell, D. & Parry, A. 2013. Spaghetti soup: the complex world of food waste behaviours. *Resources, Conservation and Recycling*, 79: 43–51.
59. Soyex, A. 2010. La lutte contre le gaspillage. Quel rôle face aux défis alimentaires? *Futuribles*, 362: 57–67.
60. Williams, H., Wikström, F., Otterbring, T., Löfgren, M. & Gustafsson, A. 2012. Reasons for household food waste with special attention to packaging. *Journal of Cleaner Production*, 24: 141–148.
61. WRAP. 2008. *Research into consumer behaviour in relation to food dates and portion sizes*. Banbury, UK.
62. Esquerre, E.B., Del Carmen, D.R. & Rolle, R.S. 2017. Purchasing patterns and consumer level waste of fruits and vegetables in urban and peri-urban centers in the Philippines. *Food and Nutrition Sciences*, 08(10): 961–977.
63. Canali, M., Amani, P., Aramyan, L., Gheoldus, M., Moates, G., Östergren, K., Silvennoinen, K., Waldron, K. & Vittuari, M. 2016. Food waste drivers in Europe, from identification to possible interventions. *Sustainability*, 9(1): 37.
64. WRAP. 2011. *Investigation into the possible impact of promotions on food waste*. Banbury, UK.
65. Stuart, T. 2009. *Waste: uncovering the global food scandal*. New York, USA, W.W. Norton & Company.
66. Cohen, J.F.W., Richardson, S., Austin, S.B., Economos, C.D. & Rimm, E.B. 2013. School lunch waste among middle school students. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(2): 114–121.
67. Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R. & Searchinger, T. 2013. *Reducing food loss and waste. Installment Two of 'Creating a sustainable food future'*. Working Paper. Washington, DC, World Resources Institute.
68. Edwardson, B. 2018. Status report on critical loss points and underlying causes of food losses in selected crop supply chains in developing countries. Draft. FAO.

69. FAO. 2016. *Food loss analysis: causes and solutions. Case studies in the small-scale agriculture and fisheries subsectors. Methodology*. Rome, Save Food: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. (also available at www.fao.org/3/a-az568e.pdf).

70. Compton, J.A.F. & Sherington, J. 1999. Rapid assessment methods for stored maize cobs: weight losses due to insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 35(1): 77–87.

71. GSARS. 2018. *Guidelines on the measurement of harvest and post-harvest losses recommendations on the design of a harvest and post-harvest loss statistics system for food grains (cereals and pulses)*. Rome, FAO.

72. FAO. 2019. *Questionnaire on Crop and Livestock Production and Utilization (2000–2017)*. Rome.

73. Reynolds, C., Goucher, L., Quedsted, T., Bromley, S., Gillick, S., Wells, V.K., Evans, D., Koh, L., Carlsson Kanyama, A., Katzeff, C., Svenfelt, Å. & Jackson, P. 2019. Review: Consumption-stage food waste reduction interventions – What works and how to design better interventions. *Food Policy*, 83: 7–27.

74. Lebersorger, S. & Schneider, F. 2011. Discussion on the methodology for determining food waste in household waste composition studies. *Waste Management*, 31(9): 1924–1933.

75. Hanssen, O. & Møller, H. 2013. *Food wastage in Norway 2013. Status and trends 2009–13. ForMat Project*.

76. FLW Protocol (Food Loss and Waste Protocol). 2016. *The food loss and waste accounting and reporting standard*. Washington, DC.

77. World Resources Institute. Forthcoming. *Reducing food loss and waste: getting across the tipping point*. Washington, DC, World Resources Institute.

第3章

1. Hanson, C. & Mitchell, P. 2017. *The business case for reducing food loss and waste. A report on behalf of Champions 12.3*. Washington, DC, Champions 12.3.

2. Ellison, B., Muth, M.K. & Golan, E. 2019. Opportunities and challenges in conducting economic research on food loss and waste. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 41(1): 1–19.

3. Quedsted, T., Marsh, E., Stunell, D. & Parry, A. 2013. Spaghetti soup: the complex world of food waste behaviours. *Resources, Conservation and Recycling*, 79: 43–51.

4. Anríquez, G., Foster, W., Santos-Rocha, J., Ortega, J. & Jansen, S. 2019. *Refining the definition of food loss and waste from an economic perspective: producers, intermediaries, and consumers as key*

decisionmakers. Santiago, Department of Agricultural Economics, Pontifical Catholic University of Chile.

5. Chegere, M.J. 2018. Post-harvest losses reduction by small-scale maize farmers: The role of handling practices. *Food Policy*, 77: 103–115.

6. Gromko, D. & Abdurasulova, G. 2018. *Climate change mitigation and food loss and waste reduction: exploring the business case*. Working Paper No. 246. Wageningen, The Netherlands, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

7. World Bank. 2011. *Missing food: the case of postharvest grain losses in Sub-Saharan Africa*. World Bank, Other Operational Studies 2824. Washington, DC. (also available at <https://ideas.repec.org/p/wbk/wboper/2824.html>).

8. FAO, IFAD & WFP. 2019. *Food loss analysis for identification of critical loss points and solutions of maize, sunflowers and beans value chains in Uganda*. Rome.

9. Bediako, J.A., Nkegbe, P. & Iddrisu, A. 2005. *Establishing the future potential for the use of mud silos by smallholder farmers: an assessment of mud silo promotion in the Northern Region of Ghana*. Tamale, Northern Region, Ghana, University of Development Studies.

10. ReFED. 2016. *A roadmap to reduce US food waste by 20 percent*. Berkeley, USA. (also available at <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/refed-roadmap-to-reduce-us-food-waste.html>).

11. ICF. 2016. *Massachusetts Commercial Food Waste Ban Economic Impact Analysis*. Paper presented for the Massachusetts Department of Environmental Protection. Cambridge, USA.

12. WRAP. 2017. *Household food waste in the UK, 2015*. Final report. Research date: September–October 2016 edition. Banbury, UK.

13. Venkat, K. 2011. The climate change and economic impacts of food waste in the United States. *International Journal on Food System Dynamics*, 2(4): 431–446.

14. WRAP. 2013. *Household food and drink waste in the United Kingdom 2012*. Final report. Research date: May 2012–July 2013. Banbury, UK.

15. Rutten, M.M. & Kavallari, A. 2013. Can reductions in agricultural food losses avoid some of the trade-offs involved when safeguarding domestic food security? A case study of the Middle East and North Africa. Paper presented at 16th Annual Conference on Global Economic Analysis, June 2013, Shanghai, China.

16. Okawa, K. 2015. *Market and trade impacts of food loss and waste reduction*. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers 75. Paris, OECD.

参考文献

17. Rutten, M.M., Nowicki, P.L., Bogaardt, M.-J. & Aramyan, L.H. 2013. *Reducing food waste by households and in retail in the EU: a prioritisation using economic, land use and food security impacts*. IEI Report 2013-035. The Hague, IEI, Wageningen UR.
18. Fonseca, J. & Vergara, N. 2015. *Logistics in the horticulture supply chain in Latin America and the Caribbean. Regional report based on five country assessments and findings from regional workshops*. Rome, FAO.
19. FAO. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.
20. Hodges, R.J., Buzby, J.C. & Bennett, B. 2011. Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S1): 37–45.
21. WRAP. 2015. *Strategies to achieve economic and environmental gains by reducing food waste*. Banbury, UK.
22. WRAP. 2009. The economics of food waste. Unpublished conference paper prepared by Fathom Financial Consulting.
23. FAO. 2018. *Gender and food loss in sustainable food value chains – A guiding note*. Rome. [also available at <http://www.fao.org/3/i8620EN/i8620en.pdf>].
24. Delgado, L., Schuster, M. & Torero, M. 2019. Quantity and quality food losses across the value chain: a comparative analysis. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. Washington, DC, IFPRI. Unpublished.
25. FAO. 2018. *The Republic of Rwanda: maize, potato, tomato, milk. Food loss analysis: causes and solutions. Case studies in the small-scale agriculture and fisheries subsectors*. Rome.
26. Harvard Law School Food Law and Policy Clinic, Food Recovery Project & University of Arkansas. 2016. *Federal enhanced tax deduction for food donation: a legal guide*.
27. Shih-Hsun Hsu, T., Ching-Cheng, C. & Nguyen, T.T.T. 2018. *APEC survey report on feasible solutions for food loss and waste reduction*. Singapore, Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC).
28. International Monetary Fund (IMF). 2016. *World Economic Outlook: Subdued demand – symptoms and remedies*. Washington, DC.
29. Barilla Center for Food & Nutrition. 2017. *Food Sustainability Index 2017. Global Executive Summary*. Parma, Italy.
30. FAO. 2015. The FTT-Thiaroye processing technique, an innovation for post-harvest loss reduction in fisheries and aquaculture. Paper presented at the First International Congress on Food Loss Prevention, 2015, Rome. [also available at www.fao.org/food-loss-reduction/news/detail/en/c/359611/].

第4章

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2017. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security*. Rome. [also available at <http://www.fao.org/3/a-i7695e.pdf>].
2. FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2018. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition*. Rome. [also available at <http://www.fao.org/3/i9553en/i9553en.pdf>].
3. FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2019. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. Rome.
4. Neff, R.A., Kanter, R. & Vandevijvere, S. 2015. Reducing food loss and waste while improving the public's health. *Health Affairs*, 34(11): 1821–1829.
5. Kumm, M., Fader, M., Gerten, D., Guillaume, J.H., Jalava, M., Jägermeyr, J., Pfister, S., Porkka, M., Siebert, S. & Varis, O. 2017. Bringing it all together: linking measures to secure nations' food supply. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 29: 98–117.
6. Shafiee-Jood, M. & Cai, X. 2016. Reducing food loss and waste to enhance food security and environmental sustainability. *Environmental Science & Technology*, 50(16): 8432–8443.
7. Candel, J. & Tielens, J. 2014. *Reducing food wastage, improving food security?* The Hague, Food & Business Knowledge Platform.
8. Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P. & Borgemeister, C. 2015. Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: a meta-analysis. *World Development*, 66: 49–68.
9. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2014. *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. Rome.
10. COMCEC Coordination Office. 2017. *Reducing food waste in the OIC countries*. Ankara, Standing Committee for Economic and Commercial Cooperation of the Organization of Islamic Cooperation (COMCEC).
11. Gaiani, S., Rezaei, M., Liu, B., Nana Heyl, J. & Bucatariu, C. forthcoming. Guiding principles for recovery and redistribution of safe and nutritious food for human consumption. Draft. FAO.
12. Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GLOPAN). 2018. *Preventing nutrient loss and waste across the food system: policy actions for high-quality diets*. Policy Brief No. 12. London.
13. Springmann, M. 2018. Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GLOPAN) background paper on the nutritional aspects of food loss and waste. Oxford, UK, University of Oxford.

14. World Bank. 2007. *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Washington, DC.
15. FAO. 2013. *The State of Food and Agriculture 2013. Food systems for better nutrition*. Rome. (also available at <http://www.fao.org/3/i3300e/i3300e.pdf>).
16. FAO. 2016. *Influencing food environments for healthy diets*. Rome. (also available at www.fao.org/3/a-i6484e.pdf).
17. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2016. *Sustainable agricultural development for food security and nutrition: what roles for livestock?* Rome.
18. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2017. *Sustainable forestry for food security and nutrition*. Rome.
19. Rutten, M.M. 2013. What economic theory tells us about the impacts of reducing food losses and/or waste: implications for research, policy and practice. *Agriculture & Food Security*, 2(1): 13.
20. Chaboud, G. & Daviron, B. 2017. Food losses and waste: navigating the inconsistencies. *Global Food Security*, 12: 1–7.
21. Bahadur, K., Haque, I., Legwegoh, A. & Fraser, E. 2016. Strategies to reduce food loss in the global south. *Sustainability*, 8(7): 595.
22. Rosegrant, M., Magalhaes, E., Valmonte-Santos, R. & Mason-D'Croz, D. 2015. *Returns to investment in reducing postharvest food losses and increasing agricultural productivity growth – Post-2015 consensus*. Food Security and Nutrition Assessment Paper. Copenhagen Consensus Center.
23. Sheahan, M. & Barrett, C.B. 2017. Review: Food loss and waste in Sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 70: 1–12.
24. African Union Commission. 2018. *Post-harvest loss management strategy*. Addis Ababa.
25. Conrad, Z., Niles, M.T., Neher, D.A., Roy, E.D., Tichenor, N.E. & Jahns, L. 2018. Relationship between food waste, diet quality, and environmental sustainability. *PLOS ONE*, 13(4): e0195405.
26. FAO. 2017. *Nutrition-sensitive agriculture and food systems in practice – options for intervention*. Rome. (also available at www.fao.org/3/a-i7848e.pdf).
27. Barbosa-Cánovas, G., Altunakar, B. & Mejía-Lorio, D. 2005. *Freezing of fruits and vegetables – an agri-business alternative for rural and semi-rural areas*. Agricultural Services Bulletin 158. Rome, FAO. (also available at <http://www.fao.org/3/y5979e/y5979e00.htm#Contents>).
28. Miller, D. & Welch, R. 2013. *Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition*. ESA Working Paper No. 13-06. Rome, FAO. (also available at www.fao.org/3/CA2243EN/ca2243en.pdf).
29. Okawa, K. 2015. *Market and trade impacts of food loss and waste reduction*. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers 75. Paris, OECD.
30. Rutten, M., Verma, M., Mhlanga, N. & Bucatariu, C. 2015. *Potential impacts on sub-Saharan Africa of reducing food loss and waste in the European Union: a focus on food prices and price transmission effects*. Rome, FAO & LEI Wageningen UR.
31. Rutten, M.M., Nowicki, P.L., Bogaardt, M.-J. & Aramyan, L.H. 2013. *Reducing food waste by households and in retail in the EU: a prioritisation using economic, land use and food security impacts*. LEI Report 2013-035. The Hague, LEI, Wageningen UR.
32. Tefera, T., Kanampiu, F., De Groote, H., Hellin, J., Mugo, S., Kimenju, S., Beyene, Y., Boddupalli, P.M., Shiferaw, B. & Banziger, M. 2011. The metal silo: an effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. *Crop Protection*, 30(3): 240–245.
33. Gitonga, Z., De Groote, H. & Tefera, T. 2015. Metal silo grain storage technology and household food security in Kenya. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 7(6): 222–230.
34. Massachusetts Institute of Technology, The Comprehensive Initiative on Technology Evaluation (CITE). 2016. *Scaling adoption of hermetic post-harvest storage technologies in Uganda*. Full report. Cambridge, USA.
35. Tanager International. 2018. *AgResults Kenya On-Farm Storage Challenge Project – Summary Report*. Kenya.
36. FAO. 2018. *Food loss and waste and the right to adequate food: making the connection*. Rome.
37. WRAP. 2018. *Surplus food redistribution in the UK; 2015 to 2017*. Banbury, UK.
38. Berkenkamp, J. & Phillips, C. 2017. *Modeling the potential to increase food rescue: Denver, New York City and Nashville*. No. R-17-09-B. New York City, USA, Natural Resources Defense Council.
39. Daily Table. 2019. *FAQs* [online]. [Cited 9 January 2019]. <https://dailytable.org/faqs/>
40. Daily Table. 2019. *Daily Table SNAP Challenge* [online]. [Cited 9 January 2019]. <https://dailytable.org/snap/>
41. Adams, S. 2017. How Daily Table sells healthy food to the poor at junk food prices. *Forbes* [online]. [Cited 9 January 2019]. <https://www.forbes.com/sites/forbestreptalks/2017/04/26/how-daily-table-sells-healthy-food-to-the-poor-at-junk-food-prices/>
42. Mesa Brasil SESC. 2017. *Resultados – 2017/janeiro a maio* [online]. [Cited 15 April 2019]. <http://www.sesc.com.br/mesabrasil/resultados.html>

参考文献

43. **Egyptian FoodBank.** 2016. Experience and achievements. In: *Egyptian FoodBank* [online]. [Cited 17 April 2019]. <https://www.egyptianfoodbank.com/en/experience-and-achievements>
44. **FAO.** forthcoming. *Food recovery and redistribution: a practical guide for favourable policies and legal frameworks in Europe and Central Asia*. Draft working document. Budapest, Hungary, Save Food: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction and FAO.
45. **Blondin, S.A., Cash, S.B., Goldberg, J.P., Griffin, T.S. & Economos, C.D.** 2017. Nutritional, economic, and environmental costs of milk waste in a classroom school breakfast program. *American Journal of Public Health*, 107(4): 590–592.
46. **Ritchie, H., Reay, D.S. & Higgins, P.** 2018. Beyond calories: a holistic assessment of the global food system. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2: 57.
47. **Lee, W.T.K., Tung, J.Y.A. & Paratore, G.** 2019. *Evaluation of micronutrient losses from postharvest food losses (PHL) in Kenya, Cameroon and India – implications on micronutrient deficiencies in children under 5 years of age*. Rome, FAO.
48. **Katona, P. & Katona-Apte, J.** 2008. The interaction between nutrition and infection. *Clinical Infectious Diseases*, 46(10): 1582–1588.
49. **Bourke, C.D., Berkley, J.A. & Prendergast, A.J.** 2016. Immune dysfunction as a cause and consequence of malnutrition. *Trends in Immunology*, 37(6): 386–398.
50. **Syed, S., Ali, A. & Duggan, C.** 2016. Environmental enteric dysfunction in children: a review. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 63(1): 6–14.
51. **WHO.** 2018. Micronutrient deficiencies – vitamin A deficiency. In: *Nutrition* [online]. [Cited 10 January 2019]. <https://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/>.
52. **FAO.** 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*. Rome.
53. **Husein, Y., Secci, G., Dinnella, C., Parisi, G., Fusi, R., Monteleone, E. & Zanoni, B.** 2019. Enhanced utilisation of nonmarketable fish: physical, nutritional and sensory properties of ‘clean label’ fish burgers. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3): 593–601.
54. **East African Community.** 2017. *Disposal and alternative use of aflatoxin contaminated food*. Policy Brief No. 9.
55. **Smith, L.E., Prendergast, A.J., Turner, P.C., Mbuya, M.N.N., Mutasa, K., Kembo, G. & Stoltzfus, R.J.** 2015. The potential role of mycotoxins as a contributor to stunting in the SHINE trial. *Clinical Infectious Diseases*, 61(S7): S733–S737.
56. **Hoffmann, V., Jones, K. & Leroy, J.** 2015. Mitigating aflatoxin exposure to improve child growth in Eastern Kenya: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 16(1): 552.
57. **Hoffmann, V., Jones, K. & Leroy, J.L.** 2018. The impact of reducing dietary aflatoxin exposure on child linear growth: a cluster randomised controlled trial in Kenya. *BMJ Global Health*, 3(6): e000983.
58. **Hasib, N.I.** 2015. FAO expert tells Bangladesh formalin in food is not a health hazard. In: *bdnews24.com* [online]. [Cited 31 January 2019]. <http://bdnews24.com/health/2015/03/30/fao-expert-tells-bangladesh-formalin-in-food-is-not-a-health-hazard>
59. **Hoffmann, V. & Moser, C.** 2017. You get what you pay for: the link between price and food safety in Kenya. *Agricultural Economics*, 48(4): 449–458.
60. **WHO.** 2018. *Aflatoxins*. Food Safety Digest No. WHO/NHM/FOS/RAM/18.1. World Health Organization (WHO) Department of Food Safety and Zoonoses.
61. **Leroy, J.L., Wang, J.-S. & Jones, K.** 2015. Serum aflatoxin B1-lysine adduct level in adult women from Eastern Province in Kenya depends on household socio-economic status: a cross sectional study. *Social Science & Medicine*, 146: 104–110.
62. **De Groote, H., Kimenju, S.C., Likhayo, P., Kanampiu, F., Tefera, T. & Hellin, J.** 2013. Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in Kenya. *Journal of Stored Products Research*, 53: 27–36.
63. **Williams, S.B., Baributsa, D. & Woloshuk, C.** 2014. Assessing Purdue Improved Crop Storage (PICS) bags to mitigate fungal growth and aflatoxin contamination. *Journal of Stored Products Research*, 59: 190–196.
64. **Wahed, P., Razzaq, M.A., Dharmapuri, S. & Corrales, M.** 2016. Determination of formaldehyde in food and feed by an in-house validated HPLC method. *Food Chemistry*, 202: 476–483.
65. **FAO.** 2018. *Gender and food loss in sustainable food value chains – A guiding note*. Rome. (also available at <http://www.fao.org/3/i8620EN/i8620en.pdf>).
66. **Petros, S., Abay, F., Desta, G. & O'Brien, C.** 2018. Women Farmers' (dis)empowerment compared to men farmers in Ethiopia. *World Medical & Health Policy*, 10(3): 220–245.
67. **USAID/Strengthening Partnerships, Results, and Innovations in Nutrition Globally (SPRING) Project.** 2014. *Understanding the women's empowerment pathway*. Improving Nutrition through Agriculture Technical Brief Series No. 4. Arlington, USA.
68. **Malapit, H.J.L. & Quisumbing, A.R.** 2015. What dimensions of women's empowerment in agriculture matter for nutrition in Ghana? *Food Policy*, 52: 54–63.

69. Cunningham, K., Ploubidis, G.B., Menon, P., Ruel, M., Kadiyala, S., Uauy, R. & Ferguson, E. 2015. Women's empowerment in agriculture and child nutritional status in rural Nepal. *Public Health Nutrition*, 18(17): 3134–3145.
70. Ruel, M.T. & Alderman, H. 2013. Nutrition-sensitive interventions and programmes: how can they help to accelerate progress in improving maternal and child nutrition? *The Lancet*, 382(9891): 536–551.
71. FAO. 2013. *Toolkit: reducing the food wastage footprint*. Rome.
72. Kuiper, M. & Cui, H.D. 2019. Using food loss reductions to reach nutritional and environmental objectives – a search for promising leverage points. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. The Hague, Wageningen Economic Research.
73. Beal, T., Massiot, E., Arsenault, J.E., Smith, M.R. & Hijmans, R.J. 2017. Global trends in dietary micronutrient supplies and estimated prevalence of inadequate intakes. *PLOS ONE*, 12(4): e0175554.
74. FAO. 2019. Crop Market. In: *Family Farming Knowledge Platform* [online]. [Cited 16 May 2019]. <http://www.fao.org/family-farming/data-sources/dataportrait/crop-market/en/>
75. The Economist Intelligence Unit (EIU). 2014. *Food loss and its intersection with food security*. Global food security index 2014: Special report. London, The Economist.
76. Barrett, C. 2015. *Benefits and costs of the food security and nutrition targets for the post-2015 development agenda*. Copenhagen Consensus Center Food Security and Nutrition Perspective Paper.

第5章

1. FAO. 2013. *Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources – Summary Report*. Rome.
2. FAO. 2018. The future of food and agriculture. Alternative pathways to 2050. Rome.
3. Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. & Ward, P.J. 2012. Lost food, wasted resources: global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, 438: 477–489.
4. FAO. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.
5. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. & Emanuelsson, A. 2013. The methodology of the FAO study: “Global food losses and food waste – extent, causes and prevention”. FAO, 2011. SIK report No. 857. Lund, Sweden, Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK).

6. FAO. 2016. Water withdrawal by sector, around 2010. In: AQUASTAT database [online]. www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf
7. Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S.J., Herrero, M., Carlson, K.M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L.J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Rockström, J. & Willett, W. 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562(7728): 519–525.
8. FAO. 2013. *Toolkit: reducing the food wastage footprint*. Rome.
9. Wunderlich, S.M. & Martinez, N.M. 2018. Conserving natural resources through food loss reduction: Production and consumption stages of the food supply chain. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(4): 331–339.
10. de Ruiter, H., Macdiarmid, J.I., Matthews, R.B., Kastner, T., Lynd, L.R. & Smith, P. 2017. Total global agricultural land footprint associated with UK food supply 1986–2011. *Global Environmental Change*, 43: 72–81.
11. Chapagain, A. & James, K. 2011. *The water and carbon footprint of household food and drink waste in the UK*. Edinburgh, UK, World Wildlife Fund.
12. FAO. 2018. Online statistical database. In: FAOSTAT [online]. <http://faostat.fao.org>
13. Mekonnen, M. & Hoekstra, A.Y. 2010. *The green, blue and grey water footprint of animals and animal products*. Delft, Netherlands, UNESCO-IHE Institute for Water Education. (also available at <https://research.utwente.nl/en/publications/the-green-blue-and-grey-water-footprint-of-animals-and-animal-pro>).
14. FAO. 2019. *Food Loss Index. Online statistical working system for loss calculations* (available at <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data>).
15. Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 8(1): 763–809.
16. Westhoek, H., Rood, T., van den Berg, M., Janse, J., Nijdam, D., Reudink, M., Stehfest, E., Lesschen, J.P., Oenema, O. & Woltjer, G.B. 2011. The protein puzzle: the consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union. No. 500166001. The Hague, Netherlands Environmental Assessment Agency. (also available at <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/406619>).
17. Kuiper, M. & Cui, H.D. 2019. Using food loss reductions to reach nutritional and environmental objectives – a search for promising leverage points. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. The Hague, Wageningen Economic Research.

参考文献

18. Kummu, M., Fader, M., Gerten, D., Guillaume, J.H., Jalava, M., Jägermeyr, J., Pfister, S., Porkka, M., Siebert, S. & Varis, O. 2017. Bringing it all together: linking measures to secure nations' food supply. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 29: 98–117.
19. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S. & Murray, C.J.L. 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170): 447–492.
20. FAO. 2016. *The State of Food and Agriculture 2016. Climate change, agriculture and food security*. Rome.
21. Ridoutt, B.G., Juliano, P., Sanguansri, P. & Sellaheewa, J. 2010. The water footprint of food waste: case study of fresh mango in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 18(16): 1714–1721.
22. James, S.J. & James, C. 2010. The food cold-chain and climate change. *Food Research International*, 43(7): 1944–1956.
23. International Institute of Refrigeration. 2009. *The role of refrigeration in worldwide nutrition – 5th informative note on refrigeration and food*. Paris.
24. International Institute of Refrigeration. 2002. *Report on refrigeration sector achievements and challenges*. Paris.
25. IPCC & UNEP. 2005. *IPCC/TEAP special report on safeguarding the ozone layer and the global climate system: issues related to hydrofluorocarbons and perfluorocarbons*. Cambridge.
26. FAO & GIZ. 2019. *Measuring Impacts and Enabling Investments in Energy-smart Agrifood Chains. Findings from four country studies*. Rome, FAO.
27. Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R. & Searchinger, T. 2013. Reducing food loss and waste. Installment Two of 'Creating a sustainable food future'. Working Paper. Washington, DC, World Resources Institute.
28. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2014. *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. Rome.
29. Geyer, R., Jambeck, J.R. & Law, K.L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7): e1700782.
30. Schönrock, D. 2008. *Hochkonjunktur für Schweizer Verpackungen*. Pack Aktuell.
31. Licciardello, F. 2017. Packaging, blessing in disguise. Review on its diverse contribution to food sustainability. *Trends in Food Science & Technology*, 65: 32–39.
32. Heller, M.C., Selke, S.E.M. & Keoleian, G.A. 2019. Mapping the influence of food waste in food packaging environmental performance assessments. *Journal of Industrial Ecology*, 23(2): 480–495.
33. Wikström, F. & Williams, H. 2010. Potential environmental gains from reducing food losses through development of new packaging – a life-cycle model. *Packaging Technology and Science*, 23(7): 403–411.
34. Hellström, D. & Olsson, A. 2016. *Managing packaging design for sustainable development*. John Wiley & Sons, Ltd. (also available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119151036.fmatterl>).
35. Wikström, F., Verghese, K., Auras, R., Olsson, A., Williams, H., Wever, R., Grönman, K., Kvalvåg Pettersen, M., Møller, H. & Soukka, R. 2018. Packaging strategies that save food: a research agenda for 2030. *Journal of Industrial Ecology*, 23(3): 532–540.
36. Marsh, K. & Bugusu, B. 2007. Food packaging – roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3): R39–R55.
37. CDKN. 2014. The IPCCs Fifth Assessment Report – What's in it for Africa? In: *Climate and Development Knowledge Network* [online]. [Cited 21 March 2019]. <https://cdkn.org/resource/highlights-africa-ar5/>
38. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2012. *Food security and climate change*. Rome.
39. IPCC. 2015. Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Climate Change, Food, and Agriculture. M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, V.R. Barros, T.E. Bilir, D.J. Dokken, O. Edenhofer, C.B. Field, T. Hiraishi, S. Kadner & T. Krug, eds. Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization.

第6章

1. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (HLPE). 2014. *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. Rome.
2. Hanson, C. & Mitchell, P. 2017. *The business case for reducing food loss and waste. A report on behalf of Champions 12.3*. Washington, DC, Champions 12.3.
3. FAO. 2014. *The State of Food and Agriculture 2014. Innovation in family farming*. Rome.
4. FAO. 2016. *The State of Food and Agriculture 2016. Climate change, agriculture and food security*. Rome.

5. Lundqvist, J., de Fraiture, C. & Molden, D. 2008. *Saving water: from field to fork. Curbing losses and wastage in the food chain*. SIWI Policy Brief. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI). [also available at <http://hdl.handle.net/10535/5088>].
6. World Bank. 2017. *Mexico – Grain Storage and Information for Agricultural Competitiveness Project*. (English). Washington, D.C.
7. World Bank. 2018. Information Statement: International Bank for Reconstruction and Development. In: *The World Bank* [online]. [Cited 1 June 2019]. www.worldbank.org/en/who-we-are/ibrd
8. Miroso, M., Yip, R. & Lentz, G. 2018. Content analysis of the 'Clean Your Plate Campaign' on Sina Weibo. *Journal of Food Products Marketing*, 24(5): 539–562.
9. FAO & CIHEAM. 2016. *Mediterra 2016. Zero Waste in the Mediterranean. Natural Resources, Food and Knowledge*. Paris, Presses de Sciences Po.
10. Turkish Grain Board (TMO). 2014. The meeting held for the announcement of the results of the Campaign for Preventing Bread Waste. In: *TMO* [online]. [Cited 1 April 2019]. <http://www.tmo.gov.tr/Main.aspx?ID=1045>
11. Ajde Makedonija. 2019. Ajde Makedonija – History. In: *Ajde Makedonija* [online]. [Cited 13 June 2019]. <http://ajdemakedonija.mk/history/>
12. FAO. forthcoming. Food recovery and redistribution: a practical guide for favourable policies and legal frameworks in Europe and Central Asia. Draft working document. Budapest, Hungary, Save Food: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction and FAO.
13. Ajde Makedonija. 2019. *Food Waste Experiential Learning Program – Ajde Makedonija* [online]. [Cited 13 June 2019]. <http://ajdemakedonija.mk/campaign/food-waste-experiential-learning-program/>
14. FUSIONS. 2015. *Food waste in Denmark reduced by 25% and 4,4 billion DKK* [online]. [Cited 2 May 2019]. <https://www.eu-fusions.org/index.php/about-fusions/news-archives/238-food-waste-in-denmark-reduced-by-25-and-4-4-billion-dkk>
15. Halloran, A., Clement, J., Kornum, N., Bucatariu, C. & Magid, J. 2014. Addressing food waste reduction in Denmark. *Food Policy*, 49: 294–301.
16. Kulikovskaja, V. & Aschemann-Witzel, J. 2017. Food waste avoidance actions in food retailing: the case of Denmark. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 29(4): 328–345.
17. Kulikovskaja, V. & Aschemann-Witzel, J. 2016. *Food waste avoidance initiatives in Danish food retail*. No. WP6.2 Report. Aarhus, Denmark, Aarhus University, Department of Management.
18. Capone, R., Bilali, H.E., Debs, P., Bottalico, F., Cardone, G., Berjan, S., Elmenofi, G.A.G., Abouabdillah, A., Charbel, L., Arous, S.A. & Sassi, K. 2016. Bread and bakery products waste in selected Mediterranean Arab countries. *American Journal of Food and Nutrition*, 4(2): 40–50.
19. AFED. 2015. *Arab Environment: Sustainable Consumption. Annual Report of Arab Forum for Environment and Development, 2015*; Abdel Gelil, I. and Saab, N. (Eds.); Beirut, Lebanon. Technical Publication.
20. World Bank. 2015. Building resilience and opportunity: social protection reform in Egypt. In: *The World Bank* [online]. [Cited 11 March 2019]. <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/06/09/building-resilience-and-opportunity-social-protection-reform-in-egypt>
21. FAO. 2013. *Report of the Expert Consultation Meeting on Food Losses and Waste Reduction in the Near East Region. Towards a Regional Comprehensive Strategy*. Cairo.
22. Duwayri, M. 2016. Rethinking food subsidy in Jordan. In: *IFPRI* [online]
23. Khraishy, M. 2018. Jordan ends bread subsidies, implements USDA-style SNAP EBT program. No. JO18001. US Department of Agriculture, Economic Research Service.
24. FAO. 2019. *FAO GIEWS Country Brief on Jordan* [online]. [Cited 13 May 2019]. www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?code=JOR
25. Conrad, Z., Niles, M.T., Neher, D.A., Roy, E.D., Tichenor, N.E. & Jahns, L. 2018. Relationship between food waste, diet quality, and environmental sustainability. *PLOS ONE*, 13(4): e0195405.
26. IMechE. 2014. *A tank of cold: Cleantech leapfrog to a more food secure world*. London, Institute of Mechanical Engineers.
27. Ambuko, J., Karithi, E., Hutchinson, M. & Owino, W. 2018. Modified atmosphere packaging enhances the effectiveness of Coolbot™ cold storage to preserve postharvest quality of mango fruits. *Journal of Food Research*, 7(5): 7.
28. FANRPAN. 2017. Cost benefit analysis of post-harvest management innovations in Mozambique. Pretoria.
29. FANRPAN. 2017. Cost benefit analysis of post-harvest management innovations. Benin case study report. Pretoria.
30. FAO. 2015. The FTT-Thiaroye processing technique, an innovation for post-harvest loss reduction in fisheries and aquaculture. Paper presented at the First International Congress on Food Loss Prevention, 2015, Rome. [also available at www.fao.org/food-loss-reduction/news/detail/en/c/359611/].
31. FAO & EBRD. 2016. *Morocco – adoption of climate technologies in the agrifood sector*. Country Highlights edition. Rome, FAO Investment Centre.

参考文献

32. **Apeel Sciences**. 2018. Science. In: *Apeel* [online]. [Cited 12 March 2019]. <https://apeelsciences.com/science/>
33. **Pellman Rowland, M.** 2017. Apeel's invisible coating could be a game-changer. In: *Forbes* [online]. [Cited 13 March 2019]. <https://www.forbes.com/sites/michaelpellmanrowland/2017/10/19/apeel-sustainable-fruit-veggies/>
34. **Simon, M.** 2018. The amphiphilic liquid coating that keeps your avocados fresh. *Wired* [online]. [Cited 11 March 2019]. <https://www.wired.com/story/apeel/>
35. **Wasteless**. 2018. Case studies – leading Spanish retailer cuts a third of its food waste using Wasteless Dynamic Pricing. In: *Wasteless* [online]. [Cited 31 January 2019]. <https://www.wasteless.co/case-studies>
36. **Kirchgaessner, S.** 2016. Italy tackles food waste with law encouraging firms to donate food. *The Guardian*, 3 August 2016. [also available at <https://www.theguardian.com/world/2016/aug/03/italy-food-waste-law-donate-food>].
37. **ACHIPIA**. 2017. *Comité intersectorial presenta plan de acción para la reducción de desperdicios de alimentos en Chile* [online]. [Cited 13 June 2019]. <https://www.achipia.gob.cl/2017/12/13/comite-intersectorial-presenta-plan-de-accion-para-la-reduccion-de-desperdicios-de-alimentos-en-chile/>
38. **Ministerio de Agroindustria**. 2017. *Valoremos los alimentos – Guía integral para municipios*. Government of Argentina.
39. **European Commission**. 2015. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy. Brussels.
40. **European Commission**. 2016. Food Waste. In: *Commission and its priorities: Policies, information and services* [online]. [Cited 13 June 2019]. https://ec.europa.eu/food/safety/food_waste_en
41. **European Commission**. 2015. European Union Platform on Food Losses and Food Waste. Brussels. [also available at https://ec.europa.eu/food/safety/food_waste/eu_actions/eu-platform_en].
42. **European Commission**. 2017. European Union guidelines on food donation. Brussels.
43. **European Commission**. 2018. Guidelines for the feed use of food no longer intended for human consumption. Brussels. [also available at [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018XC0416\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018XC0416(01))].
44. **European Commission**. 2018. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste (Text with EEA relevance). Brussels. [also available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018L0851>].
45. **European Commission**. 2019. Commission Delegated Decision (EU) .../... of 3.5.2019 supplementing Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council as regards a common methodology and minimum quality requirements for the uniform measurement of levels of food waste. C(2019) 3211 final. Brussels.
46. **European Commission**. 2019. *Towards a sustainable Europe by 2030*. Reflection paper. COM(2019)22. Brussels.
47. **FAO**. 2018. *Gender and food loss in sustainable food value chains – A guiding note*. Rome. [also available at <http://www.fao.org/3/i8620EN/i8620en.pdf>].
48. **Fabi, C., English, A., Mingione, M. & Jona Lasinio, G.** 2018. SDG 12.3.1: Global Food Loss Index. Imputing Food Loss Percentages in the absence of data at the global level. Rome, FAO.
49. **GSARS**. 2018. *Guidelines on the measurement of harvest and post-harvest losses recommendations on the design of a harvest and post-harvest loss statistics system for food grains (cereals and pulses)*. Rome, FAO.
50. **FAO**. 2018. *Methodological proposal for monitoring SDG target 12.3: the Global Food Loss Index design, data collection methods and challenges*. Rome, FAO Statistical Division.
51. **Fonteneau, F.** 2017. The Agricultural Integrated Survey (AGRIS): rationale, methodology, implementation. ICAS VII 2016: *Seventh International Conference on Agriculture Statistics Proceedings*.
52. **FAO**. 2017. *World Programme for the Census of Agriculture 2020*. FAO Statistical Development Series No. 1. Rome.

技术附件

1. **FAO**. 2018. *Methodological proposal for monitoring SDG target 12.3: the Global Food Loss Index design, data collection methods and challenges*. Rome, FAO Statistical Division.
2. **FAO**. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.
3. **Fabi, C., English, A., Mingione, M. & Jona Lasinio, G.** 2018. SDG 12.3.1: *Global Food Loss Index. Imputing Food Loss Percentages in the absence of data at the global level*. Rome, FAO.
4. **Global Strategy to improve Agricultural and Rural Statistics (GSARS)**. 2017. *Field test report on the estimation of crop yields and post-harvest losses in Ghana*. Technical Report no. 29. Global Strategy Technical Report. Rome.

2019 粮食及农业状况

推进工作，减少粮食损失和浪费

减少粮食损失和浪费的必要性在《2030年可持续发展议程》中得到充分体现。减少粮食损失和浪费对于改善粮食安全和营养、提高环境可持续性和降低生产成本十分重要。然而，只有全面充分认识这一问题，减少粮食损失和浪费的努力方能奏效。

本报告重新估计了世界粮食从生产到零售环节的损失百分比。本报告还发现，现有的损失估计数相差悬殊，即使是同一种商品和同一个供应链环节也是如此。清晰地确定并理解具体供应链的关键损失节点，即很有可能减少粮食损失的环节，对于确定适当的措施至关重要。本报告为相关干预行动提供了一些指导原则，具体取决于希望通过减少粮食损失和浪费所追求的目标，无论是提高经济效率，改善粮食安全和营养，还是提高环境可持续性。



ISBN 978-92-5-131851-5 ISSN 1020-7619



9 789251 318515

CA6030ZH/1/11.19