

粮食安全和营养问题高级别专家组报告之十四

采用农业生态及其它创新方法，
打造有助于加强粮食安全和营养
的可持续农业和粮食系统

粮食安全和营养高级别专家组 2019年7月17日 报告

高专组报告系列

- #1 《价格波动与粮食安全》（2011）
- #2 《土地权属与国际农业投资》（2011）
- #3 《粮食安全与气候变化》（2012）
- #4 《社会保护促进粮食安全》（2012）
- #5 《生物燃料与粮食安全》（2013）
- #6 《投资小农农业，促进粮食安全》（2013）
- #7 《发展可持续渔业和水产养殖业，促进粮食安全和营养》（2014）
- #8 《可持续粮食系统背景下粮食损失与浪费》（2014）
- #9 《水资源与粮食安全和营养》（2015）
- #10 《可持续农业发展促进粮食安全和营养：畜牧业起何作用？》（2016）
- #11 《发展可持续林业，保障粮食安全和营养》（2017）
- #12 《营养和粮食系统》（2017）
- #13 《依托多利益相关方伙伴关系，在<2030 年议程>框架内为实现粮食安全和营养筹措资金并推动进展》（2018）
- #14 采用农业生态方法及其它创新方法，打造有助于加强粮食安全和营养的可持续农业和粮食系统

所有高专组报告均可通过以下网址查阅：www.fao.org/cfs/cfs-hlpe

高专组指导委员会成员（2017-2019）

Patrick Caron（主席）

Mahmoud El Solh（副主席）

Martin Cole

Louise O. Fresco

Alex Godoy-Faúndez

Maria Kadlečíková

Eileen Kennedy

Muhammad Khan

李先德

Paul Mapfum

Mohammad Saeid Noori Naeini

Elisabetta Recine

Shiney Varghese

Martin Yemefack

Rami Zurayk

高专组项目组成员

Fergus Lloyd Sinclair（项目组组长）

Mary Ann Augustin

Rachel Bezner Kerr

Dilfuza Egamberdieva

Oluwole Abiodun Fatunbi

Barbara Gemmill Herren

Abid Hussain

Florence Mtambanengwe

André Luiz Rodrigues Gonçalves

Alexander Wezel

高专组协调员

Évariste Nicolétis

粮食安全和营养问题高级别专家组报告已由高专组指导委员会批准通过。

本报告提出的观点不一定代表世界粮食安全委员会、其成员、与会代表或其秘书处的官方态度。提及具体的公司或厂商产品，无论是否获得专利，并不意味着这些公司或产品得到高专组认可或推荐，并不意味着优于未提及的其他类似公司或产品。

本报告向公众发布，欢迎复制和传播。非商业用途将根据申请予以免费授权。为转售或其他商业用途（包括教育目的）的复制行为可能需要付费。复制或传播本报告的申请，应发送电子邮件至：copyright@fao.org，同时抄送cfs-hlpe@fao.org。

本报告检索信息：

高专组。2019。采用农业生态方法及其它创新方法，打造有助于加强粮食安全和营养的可持续农业和粮食系统。世界粮食安全委员会粮食安全和营养问题高级别专家组报告，罗马。

目 录

前言	9
概要与建议	13
概要.....	14
农业生态学：通向可持续粮食系统的转型途径	14
打造可持续粮食系统所采用的相关创新	16
有关如何实现粮食系统变革的不同观点	17
设计有助于支持向可持续粮食系统转型的体制环境	20
结 语.....	22
建 议.....	23
引言	28
背景和目标	28
转型途径和粮食系统变革	30
报告结构	32
1 农业生态学：通向可持续粮食系统的转型途径.....	34
1.1 农业生态学：一门科学、一整套做法和一场社会运动.....	34
1.1.1 农业生态学作为一门科学	37
1.1.2 农业生态学作为一整套做法	40
1.1.3 农业生态学作为一场社会运动	42
1.1.4 农业生态学作为打造有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统的 一种创新方法	44
1.2 农业生态原则	44
1.3 农业生态方法为低收入国家农村消费者的粮食安全和营养做出贡献.....	49
1.4 农业生态学中的争议领域和知识空白	51
1.4.1 粮食生产在政治和社会方面的影响	51
1.4.2 标签难：与有机农业联手	52
1.4.3 靠农业生态做法能养活全世界吗？	53
1.4.4 知识体系	55
1.4.5 知识空白	56
1.5 通过农业生态转型实现更可持续的粮食系统	57

2 可持续粮食系统创新	61
2.1 创新：概念和定义	61
2.2 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法	66
2.3 向可持续粮食系统转型：新出现的概念	74
2.3.1 生态足迹	74
2.3.2 能动性	75
2.3.3 利用创新方法实现粮食安全和营养的框架	76
3 关于如何实现粮食系统转型的不同视角	78
3.1 创新方法在多大程度上同时适用于小型农场和大型农场？	82
3.1.1 重新审视规模经济	82
3.1.2 农场规模和对粮食安全和营养的贡献	83
3.1.3 农场规模、社会公平和农业社区的福祉	84
3.1.4 农场规模和营养	84
3.1.5 农场规模与创新	85
3.1.6 农场规模、经济风险和抵御能力	86
3.1.7 农场规模是政策重点	86
3.2 现代生物技术能在多大程度上促进粮食安全和营养 向可持续粮食系统转型？	87
3.2.1 现代生物技术、健康和营养	88
3.2.2 现代生物技术、健康和安全	89
3.2.3 现代生物技术、生计和公平	90
3.2.4 现代生物技术与环境	92
3.2.5 现代生物技术和农业生态	92
3.2.6 预测	93
3.3 数字技术能在多大程度上与促进粮食安全和营养 向可持续粮食系统转型相容？	94
3.3.1 精准农业	94
3.3.2 大数据	95
3.3.3 自动化和替代网络平台	96
3.3.4 数字鸿沟、权力集中以及数字技术的获取和控制	97
3.4 为向可持续粮食系统转型，是否应消除或明智地使用合成生产资料？ ——以肥料为例	98
3.5 生物强化在多大程度上能够成为促进粮食安全和营养 向可持续粮食系统转型战略的一部分？	101
3.5.1 生物强化、健康和营养	102
3.5.2 生物强化、生计和公平	102
3.6 是否应在农业中或只在野外保护生物多样性？	103
3.7 促进创新、推动向可持续粮食系统转型的方法	105

4 设计制度环境，支持向可持续粮食系统转型	109
4.1 制定绩效指标和监测框架	110
4.1.1 评估不同背景的农业做法及其对生计的影响	110
4.1.2 景观层面的整合以及管理生态系统服务之间的折衷和协同作用	112
4.1.3 制定指标和监测框架，将生产和消费整合到整个粮食系统	117
4.2 支持向多样化和有复原力的粮食系统转型	118
4.2.1 区域管理规划	120
4.2.2 获取遗传资源	121
4.2.3 营造适当的食物环境，促进健康和多样化饮食	122
4.2.4 支持公平、可持续的粮食价值链	123
4.2.5 减少粮食损失和浪费	125
4.2.6 知识的生成和共享	126
4.2.7 公共和私营研究投资	127
4.2.8 知识共享、培训和响应社区的优先事项	130
4.3 能动性 and 赋权	131
4.3.1 让年轻人参与农业和粮食系统	134
4.3.2 增强妇女权能，解决粮食系统中的性别不平等问题	135
结 论	138
致 谢	140
参考文献	141
附录	169
A1 采取创新办法实现可持续粮食系统，改善粮食安全和营养	169
A. 基于权利的方法，包括粮食主权、女性赋权和食物权	169
B. 有机农业	173
C. 农林混作	176
D. 永续栽培	177
E. 可持续集约化	178
F. 气候智能型农业	179
G. 营养敏感型农业	180
H. 可持续食品价值链	181
I. 各创新方法原则整理汇总	183
A2 高专组项目周期	187

插图目录

图 1 人权框架中的粮食安全和营养 31

图 2 农业生态学的历史演化过程..... 39

图 3 可持续粮食系统转型的五个层级以及农业生态学相关原则 60

图 4 农业系统的多种转型途径..... 73

图 5 利用创新方法实现粮食安全和营养的框架..... 77

图 6 粮食系统的不同方面、向可持续粮食系统转型的障碍以及争议问题 80

图 7 协调公共和私人利益相关方的知识生成和共同学习，以推动创新，
促进向可持续粮食系统转型..... 107

图 8 公共和私营部门治理机制对创新的影响..... 110

图 9 使用种植盆和传统种植做法的分工 111

图 10 红树林和养虾盈利能力比较：计入非市场化生态系统服务..... 114

图 11 全球有机农业用地的演变（2000-2017） 175

图 12 各大陆有机农业用地增长情况（2009-2017） 175

图 13 世界有机生产者数量的增长情况（2000-2017） 176

图 14 高专组项目周期 189

定义目录

定义 1 跨学科科学..... 36

定义 2 打造有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统所需的农业生态方法..... 44

定义 3 通过创新，推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型..... 63

定义 4 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法..... 67

定义 5 粮食系统的生态足迹..... 74

定义 6 能动性..... 75

等式目录

等式 1 土地当量比多功能指标，用于全面衡量景观层面的农业绩效..... 116

表格目录

表 1 13 条农业生态原则汇总..... 46

表 2 推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型的原则汇总..... 68

表 3 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法：多维度连续体 69

表 4 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统不同创新方法比较..... 72

表 5 促进粮食安全与营养的不同创新方法的综合原则汇总 184

插文目录

插文 1	将人权作为总框架	31
插文 2	粮食安全和营养以及可持续粮食系统	32
插文 3	农业生态学的多种定义	36
插文 4	城市农业	38
插文 5	非洲用于防治秋粘虫的农业生态做法	41
插文 6	中国西南部哈尼族梯田的传统稻田养鱼养鸭系统	42
插文 7	巴西南部的 Rede Ecovida 网络	43
插文 8	零预算自然农业－农业生态学在印度的推广	47
插文 9	马拉维为应对粮食安全和营养而开展的参与式农业生态研究	48
插文 10	采用区域方法打造可持续粮食系统：德龙迪瓦河谷（法国）	58
插文 11	布基纳法索高粱的参与式植物育种	66
插文 12	巴西零饥饿计划：将公共粮食采购计划与可持续农村发展联系起来	81
插文 13	加利福尼亚州合同放牧模式	85
插文 14	Bt 棉花的生计和公平影响	91
插文 15	利用信息和通信技术平台，加强城市粮食共享，减少浪费	96
插文 16	Zai	100
插文 17	肯尼亚采用种植盆带来不同的性别影响	111
插文 18	改变对泰国将红树林转化为对虾养殖场的经济可行性的看法	114
插文 19	案例研究：古巴农业生态转型	119
插文 20	巴西农业生态区域转型实例	120
插文 21	全球基因编辑观测站的三项拟议功能	121
插文 22	供养城市：解决城市可持续粮食系统问题	123
插文 23	厄瓜多尔基多城市农业生态方法：边缘化群体的就业与粮食	124
插文 24	坦桑尼亚联合共和国 Cholulu 村的农业生态气候变化适应工作	127
插文 25	利用生态农业保护孤生粮食作物－班巴拉花生	128
插文 26	生产者-科学家网络——以菲律宾的农民科学家发展伙伴关系为例	129
插文 27	中国案例：成功开展多方利益相关方合作，开发农业生态系统多功能， 维护生态农业景观	132
插文 28	欧洲案例：出台公共政策和举措，利用生态农业向可持续粮食系统转型	133
插文 29	参与农业生态方法的年轻人	134
插文 30	印度案例：采用性别敏感的可持续价值链方法生产小米	136
插文 31	美国青年的粮食正义和农业生态做法	173
插文 32	参与式保证制度	182

前言

粮食安全和营养高级别专家组（高专组）是世界粮食安全委员会（粮安委）为实现科学和政策之间的关联而设立的小组，是全球层面具有包容性、以科学依据为基础的首要粮食和营养国际性政府间平台。

高专组报告为多利益相关方在粮安委中实现政策一致性提供了一个基于实证的共同出发点。高专组努力以现有科学依据和不同形式的知识为基础，通过自身编写的报告，对粮安委选定的话题进行全面介绍。它努力澄清相互矛盾的信息和知识，指出争议背后的背景和原因，并发现新问题。高专组的报告是高专组各位专家（指导委员会、项目组、外部同行评审人员）与世界各地各类知识拥有者之间开展包容、持续性对话的结果，为不同区域和国家之间、不同学科和专业领域之间架起桥梁。

全球粮食系统正站在十字路口，需要在各级通过根本性变革来应对各项挑战，包括人口变化、可再生能源面临的日益增加的压力和竞争、气候变化带来的后果不断加重以及生物多样性流失等。要想在粮食安全和营养的四大支柱基础上实现可持续发展目标2，到2030年“消除饥饿和一切形式的营养不良”，就必须开展这场变革，改变我们生产何种食物的决定以及如何生产、加工、运输和消费的方式。

全球农业和粮食系统目前无法满足全世界对可持续性的期望。在粮食可供量时高时低、全球粮食可供量增加的背景下，饥饿人口数量在过去四十年里并未出现大幅变化。2018年世界范围内仍有8.21亿人民受到食物不足的困扰。更令人无法接受的是，他们中间大多数人是处于危险、艰苦条件下工作的粮食生产者和劳动者，直接或间接受到粮食系统所产生经济后果的影响。此外，各种形式的营养不良（营养不足、微量元素缺乏、超重和肥胖）目前也在影响着所有国家。每三人中就有一人营养不良，而如果当前趋势延续下去，那么到2030年，每两人中就可能有一人营养不良。

以上问题可能随着粮食系统继续面临复杂艰巨的各种挑战而变得愈发严重，这些挑战包括人口变化和气候变化、政局不稳、冲突、自然资源和生态系统功能（土地、水、生物多样性等）面临的压力加大等。

我们需要可持续粮食系统来保证粮食生产，减少损失与浪费，同时保障人类和环境健康，确保政局稳定，改善生计，减轻对环境的破坏。

同时，各方就粮食系统的政治维度也表示出更多关切，包括企业和零售业的不断集中、权力不平衡、缺乏民主治理、缺乏透明度和问责以及与土地、水、能源和遗传资源等自然资源的获取和掌控相关的问题。

因此，人们呼吁让农业生态方法及其它创新方法在实现全球粮食安全和营养过程中发挥更大的作用。由于这些方法有望在充分利用当地知识的基础上，通过为因地

制宜的解决方案提供支持，从而将环境可持续性与社会创新、生产及消费、全球关切和地方动态相互联系起来，因而在围绕可持续发展展开的辩论中正变得越来越重要。

在此背景下，联合国世界粮食安全委员会（粮安委）于2017年10月要求高专组编写一份题为“采用农业生态及其它创新方法，打造有助于加强粮食安全和营养的可持续农业和粮食系统”的报告，为2019年10月粮安委第四十六届全会提供讨论依据，同时有助于更好地了解农业生态方法及其它创新方法、做法和技术所能发挥的作用。

本报告及其建议旨在为不同“社会领域”的决策者们提供实证，说明农业生态方法及其它创新方法、做法和技术所能做出的潜在贡献，帮助决策者们设计和实施有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统。

本报告的关注重点是转型和变革等概念。高专组采用这一动态视角，探讨农业生态方法及其它创新方法、做法和技术可能做出的贡献。

要想实现粮食系统的根本性变革，就需要转型，改变与当前和未来预期越来越不匹配的经济、环境、政治、技术规范、规则、制度和做法，超越内在障碍和现状。

在以往报告中，高专组曾突出介绍过各国以及各国国内多种多样的粮食系统。这些粮食系统处于不同的环境、社会文化和经济背景下，并面临多种挑战。因此，粮食系统中各行动方必须因地制宜设计出转型途径，以便打造可持续粮食系统。正如高专组各份报告所强调的那样，此类因地制宜的途径应结合技术干预、投资以及有利的政策与工具，涉及到各级多个行动方。然而，要实现粮食系统变革，为粮食安全和营养以及可持续发展服务，就必须以协调、综合的方式，在地方层面实现逐步充分转型，在更高层面实现制度和规范的结构性改变。农业生态方法及其它创新方法因能对不同层级相互关联的过程做出贡献而吸引了各方关注。

为实现粮安委的雄心和期望，本报告将分析各种现有经验与实证，指出技术的潜力与局限以及知识空白。它还将就有争议的问题开展讨论，其目的并非解决问题，而是澄清其性质，突出展示不同的观点、论述和价值观在哪些方面能为实现共同目标提供不同看法。报告力求摆脱可能出现的无意义的二元对立争论，而是更好地提出选择方案。报告最终探讨如何通过设计制度环境，鼓励通过所需的转型途径去实现可持续粮食系统的根本性变革。

由于本报告汇集了各种有关人类未来的截然不同的看法，因此是高专组2010年成立以来最为复杂的编写任务之一。它应该被视为开放式过程中的一个里程碑，其目标是共同应对可持续性挑战。了解和评估引发辩论的问题，是决策者们设计和在各级实施具体可持续粮食系统措施的关键。我诚挚希望通过本报告编写过程中所凝聚的科学思考和专业知识的，能有效推动各级粮食安全和营养以及可持续发展。

本报告为高专组系列报告中的第14份，是对向2017年7月在联合国总部召开的高级别政治论坛提交的有关可持续发展目标2审查情况信息的进一步补充。它有助

于认识到全球议程和重点中最近出现的新变化：一方面有必要超越以往将重点放在粮食生产上的做法，在应对粮食安全和营养时考虑整个粮食系统；而另一方面也要重视将粮食系统作为一个有力杠杆，去全面实现《2030年可持续发展议程》。

由于我即将离开高专组指导委员会，我希望借此机会感谢我的几位前任以及我的同事们为编写报告做出的努力和贡献。离粮安委改革和高专组成立已经过去了十年，是时候就此进行评价和展望了。我最大的愿望就是在所有以往高专组出版物的启发下，利用集体力量和智慧提出具有前瞻性的视角。高专组报告对当前知识现状进行反思，突出强调存在共识和争议的主要领域以及主要的挑战、空白和不确定性，将成为我们留下的宝贵财富，印证高专组为实现粮食安全和营养以及可持续发展目标、在科学与政策之间建立独特关联的远大理想。

我谨代表高专组指导委员会，感谢所有为编写本报告付出辛勤劳动的各位专家，特别是项目组组长Fergus Lloyd Sinclair（英国）和各位组员：Mary Ann Augustin（澳大利亚）、Rachel Bezner-Kerr（加拿大）、Dilfuza Egamberdieva（乌兹别克斯坦）、Oluwole Abiodun Fatunbi（尼日利亚）、Barbara Gemmill Herren（美国、瑞士）、Abid Hussain（巴基斯坦）、Florence Mtambanengwe（津巴布韦）、André Luiz Rodrigues Gonçalves（巴西）和Alexander Wezel（德国）。

我还要赞赏和感谢高专组秘书处为高专组工作提供的宝贵支持。

本报告还收到了外部同行评审人员提供的建议和大批专家和机构提出的意见，使本报告无论就范围还是初稿而言都获益匪浅。

最后，我还要感谢各伙伴方无私为高专组工作提供有效、持续的资金支持，使我们的讨论和报告以公正、客观、优质的特点得到各方普遍认可。

在如此高级别的各位专家努力下，我相信本份内容丰富全面的报告将开启内容更为丰富的政策趋同过程，通过共同了解人类面临的关键挑战，最终消除各项内在障碍，启发各方探索更有前景的道路。

Patrick Caron



高专组指导委员会主席，2019年6月24日

概要与建议

粮食系统正站在十字路口。需要通过根本性变革来助力《2030 年议程》和实现粮食安全和营养四大维度：可供性、获取、利用和稳定，同时面对各种多维度、错综复杂的挑战，包括日益增长的世界人口和日益推进的城市化和气候变化，而这些都给自然资源带来了越来越大的压力，对土地、水和生物多样性产生影响。变革的必要性已在高专组以往报告中从不同视角做了阐述，目前已获得普遍认同。变革将对人们食用何种食物以及食物如何生产、加工、运输和销售产生深远影响。

在此背景下，联合国世界粮食安全委员会（粮安委）于 2017 年 10 月要求其粮食安全和营养问题高级别专家组（高专组）编写一份题为“采用农业生态及其它创新方法，打造有助于加强粮食安全和营养的可持续农业和粮食系统”的报告，为 2019 年 10 月粮安委第四十六届全会提供讨论依据。

在本报告中，高专组将探讨农业生态方法及其它创新方法的性质以及其在向有助于加强粮食安全和营养的可持续粮食系统的转型过程中可能做出的贡献。高专组将采用一种动态、多层面的视角，侧重于转型和变革等概念。各类生产系统和粮食价值链都需要多种转型，以便实现整个粮食系统的根本性变革。这些小规模的逐步积累型转型以及体制和规范的大规模结构性变化都需要以一种协调、综合的方式开展，只有这样才能实现全球粮食系统的预期变革。

正如高专组（2016）强调的那样，转型途径将需要结合技术干预、投资以及有利的政策与工具，涉及到大大小小多类行动方。在以往报告中，高专组（2016、2017）曾突出介绍过各国以及各国国内多种多样的粮食系统。这些粮食系统处于不同的环境、社会文化和经济背景下，并面临多种挑战。因此，粮食系统中各行动方必须因地制宜设计出转型途径，以便打造可持续粮食系统。除了注重因地制宜外，高专组（2016）还就在打造有助于加强粮食安全和营养的可持续粮食系统过程中如何确定此类转型途径提出了以下三条相互关联的操作原则：(i) 提高资源利用效率；(ii) 加强抵御能力；(iii) 保障社会公平/责任。

本报告首先承认人权是保障可持续粮食系统的基础。报告认为，参与、问责、非歧视、透明、人类尊严、赋权、法治这七项原则（PANTHER 原则）应成为应对粮食安全和营养四大维度相关问题而在不同层面采取个人和集体行动时所遵循的指导原则。

本报告及其建议旨在帮助各国政府和国际组织、研究机构、私营部门和民间社会组织的决策者们设计和实施具体转型途径，以便在从地方（农村、社区、景观）到国家、区域和全球层面等不同层级实现向可持续粮食系统的转型。

概要

农业生态学：通向可持续粮食系统的转型途径

1. 农业生态学是一个近年在科学、农业、政治界备受关注的动态概念。它之所以备受推崇，是因为它通过将生态原则应用到农业中和采用有利于循环再生的方式利用自然资源和提供生态系统服务，为粮食系统变革做出贡献，而同时还确保粮食系统的社会公平性，让人们有权选择食用何种食物以及如何、在何地生产食物。农业生态学是一门科学，是一整套做法，也是一场社会运动，过去几十年已不断扩大自己的范围，从侧重实地和农场，逐渐发展到包含整个农业和粮食系统。它目前代表着一个跨学科领域，包含粮食系统从生产到消费的所有方面，包括生态、社会文化、技术、经济、政治等方面。
2. 农业生态学是一门跨学科科学，综合运用不同科学原理，为现实世界中的各种问题寻求解决方案，与多个利益相关方开展合作，以反思、反复的方式利用当地知识和文化价值，推动研究人员和实践人员之间相互学习，实现知识在农民之间或在粮食价值链其它行动方之间的横向传播。最初，这门学科的重点研究对象是那些较少使用外部投入物、较多利用农业生物多样性、重视土壤再生和养护以及动物卫生的实地农作措施，包括对不同组成部分之间互动关系和经济多元化的管理。此后，重点研究范围逐渐扩大，将景观层面各项过程纳入其中，包括景观生态学以及相对较新的与公平、可持续粮食系统相关的社会科学和政治生态学。
3. 农业生态措施注重在农业生产过程中利用、保护和强化各种生物和生态过程，借此减少化石能源和农用化学品等投入物的购买使用量，打造更多样化、更具抵御力、更高产的农业生态系统。农业生态型农作系统特别重视：多样化；混种；间作；品种搭配；作物相关生物多样性的生境管理；病虫害生物防治；改善土壤结构和健康；生物固氮；养分、能量和废弃物回收。
4. 目前没有哪一类农业措施被明确确定为农业生态措施，有关哪些属于生态农业、哪些不属于生态农业也没有明确、公认的划分标准。但我们可以按照一定的标准，根据农业生态原则在当地的应用程度，将农业措施分类为较具生态农业特性或不具生态农业特性。在实践中，这最终取决于以下各项的程度如何：
(i) 依赖生态过程，而非购买投入物；
(ii) 公平，环保，适应当地条件，当地可控；
(iii) 采用系统方法，对不同组成部分的互动关系进行管理，而不是仅注重具体技术。
5. 与农业生态学相关的社会运动往往会在农业危机中应运而生，并与其它各方共同努力，大范围改变农业和粮食系统。农业生态学已成为一种重要的政治框架，世界各地的各类社会运动和农民组织都在这一框架下行使自己的集体权利，为小规模粮食生产者主导的、多种多样、适应当地条件的农业和粮食系统开展宣传倡导。社会运动强调有必要在农业生态学、食物权和粮食主权之间建立密切

的联系。它们将农业生态学视作一种政治斗争，要求人们挑战和改变当今社会的权力结构。

6. 大量科学文献都已努力尝试确立农业生态学相关原则。本报告共提出简明扼要的 13 条农业生态原则，涉及：循环利用；减少投入物使用量；土壤健康；动物卫生和福利；生物多样性；协同作用（管理互动关系）；经济多样化；知识共创（吸收当地知识和全球科研成果）；社会价值和膳食；公平；互联；土地和自然资源治理；参与。
7. 实现可持续粮食系统所采用的农业生态方法的特点被界定为提倡利用自然过程，限量使用外部投入物，推广封闭循环，避免对外界造成负面影响，强调当地知识以及通过经验和科学方法开发知识和做法的参与式过程的重要性，有必要解决社会不公平现象。这将对如何组织研究、教育、推广活动产生深远影响。可持续粮食系统采用的农业生态方法承认，农产品系统与社会生态系统从粮食生产到消费各环节均有着相互关联。在应对粮食安全和营养问题的过程中，涉及到农业生态学、农业生态措施、农业生态社会运动以及其之间的融合。
8. 世界各地的农民和其他粮食系统行动方在应用和推广农业生态方法时，采用了各种各样适应当地条件的方式。他们的经验为各方就农业生态方法在何种程度上有助于打造能在各层面实现粮食安全和营养的可持续粮食系统这一话题所开展的旷日持久的辩论提供了基础。这场辩论围绕以下三个关键问题展开：(i) 要想实现粮食安全和营养，需要生产多少粮食？粮食安全和营养到底主要是一个可供性问题，还是与获取和利用相关的问题？(ii) 农业生态农作系统能否生产出足够粮食来满足全球粮食需求？(iii) 如何在充分考虑以往对农业和粮食系统进行评估时往往被忽略的多种环境和社会外部因素的前提下衡量粮食系统的绩效？
9. 关于农业生态学各方并没有统一的定义，也未就这一概念所包含的各方面内容达成共识。虽然这使得各方很难确定到底哪些是农业生态学、哪些不是，但同时也提供了一定的灵活性，让农业生态方法能够以适应当地条件的方式得以发展。科学和社会运动之间可能就一些问题存在争议和分歧，如农业生态学要想有效带来变革，其社会和政治方面的内容是否起着关键作用，这些内容是否应该与实地和农村层面的农业生态做法和技术区分开来。还有人在做出新的尝试，对哪些农业措施属于农业生态措施进行界定，同时讨论它与有机农业之间的共性和差异，有机农业相比之下更具规定性，更侧重于开发和利用各种认证计划。
10. 与其他创新方法相比，对农业生态方法的研究投入相对较少，导致以下各方面存在较大知识空白：农业生态做法在不同背景下与其他做法相比之下的相对产量和绩效；如何将农业生态学与公共政策联系起来；采用农业生态方法带来的经济和社会影响；农业生态做法在多大程度上能提高面对气候变化时的抵御能力；如何为实现向农业生态粮食系统转型提供支持，包括克服各种内在障碍和应对可能阻碍转型的各种风险。

11. Gliessman（2007）提出通过农业生态方法实现更加可持续的粮食系统所需的五个阶段。前三个阶段涉及农业生态系统层面，包括：(i) 提高投入物利用效率；(ii) 用农业生态措施代替传统的投入物 and 传统措施；(iii) 在一整套新的生态过程基础上重新设计农业生态系统。剩余两个阶段涉及整个粮食系统，包括：(iv) 在生产者和消费者之间重新建立更加直接的联系；(v) 按照参与、当地、公平、公正的原则，打造全新的全球粮食系统。前两步注重逐步积累，后三步则注重变革。

打造可持续粮食系统所采用的相关创新

12. **创新**在本报告中指个人、社区或组织在商品及服务的设计、生产或循环再生等方面以及周围体制环境中产生变化的过程。创新还指这一过程所产生的变化本身。创新包括做法、规范、市场和体制安排方面的变化，可能会挑战当前现状，推动创建新的粮食生产、加工、流通和消费网络。
13. **创新系统**指产生和传播变化的组织、群体、企业和个人网络。**创新平台**指为多个利益相关方聚集在一起创建共同学习和集体行动空间而采取的举措或努力，以便为向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型提供支持。
14. 传统的农业创新观念往往侧重于新技术的引进、传播和应用。最近，它开始将更多关注放在推动以下各项：(i) 包容、参与式创新治理形式；(ii) 不同社区和网络之间的信息和知识共创和共享；(iii) 将创新与社会问题相结合的负责任创新。
15. 农业和粮食系统中的创新与很多其它部门有所不同，因为生态过程和社会互动在其中发挥着核心作用。因此，在创新过程中必须重视适应当地环境和社会条件。粮食生产者对自身所在的农业生态系统有着亲密的了解，因此粮农创新系统可在很大程度上利用当地知识和做法。
16. 本报告在介绍可持续粮食系统的多种创新方法时，将它们分成两大类：
(i) **生产系统可持续集约化及其相关方法**（包括气候智能型农业、营养敏感型农业和可持续粮食价值链），通常有助于实现向可持续粮食系统的逐步积累型转型；
(ii) **农业生态方法及其相关方法**（包括有机农业、农林兼作、永续农业），有些利益相关方认为此类更倾向于变革型。前一类所依据的前提是，为应对未来挑战，应以可持续的方式提高单位土地的生产率，即可持续集约化，而后一类则强调减少投入物的使用，推动多样化生产，同时开展社会和政治变革，侧重于改善生态和人类健康，解决平等和治理问题。
17. 报告突出不同创新方法之间的共性和差异，依据以下九项特征开展比较分析：
(i) 再生型生产、循环和效率；(ii) 生物多样性、协同和一体化；(iii) 经济多元化与专业化之间的选择；(iv) 气候变化适应和减缓；(v) 知识的产生和传播；(vi) 公平；(vii) 劳动密集型和资本密集型之间的选择；(viii) 互联和全球化之间的选择；(ix) 治理和参与。每项特征都在两个端点之间不同位置上呈动态变化。

18. 可持续集约化及其相关方法被视为对推动粮食安全和营养起着最重要的作用，因为它们有助于改善可供性和稳定这两个维度，同时还对提高资源利用效率和抵御能力这两条相关原则起着最重要的作用。相反，农业生态方法及其相关方法被视为更有助于推动粮食安全和营养的获取和利用两个维度，同时有助于社会平等/责任这第三条原则。对这类方法而言，参与和赋权是最重要的。
19. 本报告分析发现，有必要将生态足迹作为可持续粮食系统的第四条操作原则，以便更充分地反映消费方式如何影响人们生产何种产品，生态破坏型做法和再生型做法又如何比资源利用效率产生更大范围的影响，因为资源利用效率较高的做法也可能是破坏性的。生态足迹代表特定人群消费食物所产生的影响，用生产食物和吸收所产生的废弃物所需的具有生物生产能力的土地面积和水来计量。生态足迹有助于评估可持续性，其长期趋势能显示向可持续粮食系统的转型已经进行到何种程度。
20. 对各种方法的比较分析还发现，可能需要考虑将“能动性”这一新概念作为粮食安全和营养的第五大支柱，以便体现让人们参与有关自己所食用食物是如何生产、加工、储存、运输和销售的相关决策过程的重要性。“能动性”指个人或社区界定自己所期望的粮食系统和营养成果，并采取行动为保障实现这些期望而做出战略性生活选择的能力。

有关如何实现粮食系统变革的不同观点

21. 高专组在本报告中提出可能阻碍创新的五大类相互关联的因素：(i) 治理因素；(ii) 经济因素；(iii) 知识因素；(iv) 社会和文化因素；(v) 资源因素。
22. 虽然目前就农业和粮食系统变革正在逐渐形成全球共识，但各方尚未就推动这一变革需要推广哪些创新方法达成一致意见。本报告共提出六个存有争议的问题，本概要将在下文六段中逐一对其进行总结。这些问题突出展示不同创新方法之间的关键差异，会同时对创新推动者的行动以及转型可能面临的障碍产生影响。这六大问题分别为：(i) 农业企业的规模；(ii) 现代化生物技术的应用；(iii) 数据技术的应用；(iv) 化肥的使用；(v) 生物强化；(vi) 生物多样性保护战略。弄清这些争议性问题十分重要，有助于了解可能存在的障碍，并就如何找到最佳解决方案提出相关建议。
23. 越来越多的人认识到，农业规模经济实际上是因地制宜的，与绩效衡量指标中包含哪些环境和社会因素相关。小规模农场可能往往是劳动力密集型，而非资本密集型，虽然多元种植的总产量（以土地当量比为准）可能较高，但其中单项作物的产量往往低于大规模单一种植。规模经济可能只在目前的监管框架、补贴和避免其它外部因素带来成本（污染的影响、减少土壤中的碳量、农村劳动力减少）的前提下才可能实现，因此必须采取干预措施，避免导致市场失灵，最终使农业生态系统因经营规模不断扩大而持续退化。虽然多样化经营有时是较小规模农场的特征，但规模较大的农业企业也开始尝试通过多样化来提高绩

效和抵御能力，逐步向农业生态做法过渡。因此，那些被和农场规模放在一起讨论的话题实际上都涉及多样化，这一点适用于不同层面的各种支持性公共政策、科研和民间社会举措。

24. 尽管转基因技术已经被广泛采用，但人们就其安全性、其环境影响、粮食系统中的权力集中以及转基因技术的道德问题等依然存在截然不同的观点。有些人认为，现代生物技术带来的不确定性可以通过开展单项研究逐一加以解决。但大多数农业生态法倡导者并不认为现代生物技术有助于实现可持续粮食系统，因为从目前看，它在生态学、民主治理和社会文化多样化等方面均与农业生态的核心原则之间有着冲突。最近有人呼吁建立全球基因编辑观察站，建议加大力度就生物技术的使用开展审查、对话和讨论。在全球层面，现代生物技术被视为是向可持续粮食系统转型过程中的一部分内容，因为它已经成为一些国家农业系统中重要的组成部分。相反，在未采用投入密集型模式的农业生产系统中，就不一定靠其它地方所采用的生物技术来解决问题。所提议的观察站有助于分析情况的多样性。
25. 据可持续集约化的倡导者称，数字技术如果能得到更广泛的采用，就能提升粮食系统的可持续性。要想充分发挥数字技术的潜能，必要的方法就是通过技术转让、面向农民的教育以及所有各方（科研人员、农民、企业、政府）都能参与的跨学科方法。农业生态方法的倡导者强调有必要重视民主治理、能动性和知识系统，仔细审视谁正在利用数字技术试图做什么，通过数字技术将推动哪类未来粮食系统的发展。农业生态方法的倡导者并不反对数字技术，但往往对当前数字技术的利用和管控方式表示关切。可采用公共政策帮助各方更好地获取数字农业技术，以便更好地将生产者和消费者联系起来，同时在公民中普及科学知识。
26. 合成肥料的使用一直有助于农业增产，但同时化肥的生产及其在农业中的使用也带来了环境污染。在大量使用化肥的情况下，环境污染带来的经济成本往往超过了农业增产带来的经济价值。在很多情况下，通常与农药和现代作物品种配合使用的化肥过去和现在都在享受补贴。如果在未添加有机物的前提下使用无机肥料，土壤的结构和生物功能就可能被削弱，导致土地退化。大量使用外购投入物的小规模农民有时容易负债，尤其在气候变化加大作物歉收风险的背景下，但同时也有一些农民会借助化肥的使用实现脱贫。通过微剂量使用化肥以及将有机和无机改性剂相结合的综合土壤肥力管理措施，最近在提高肥料利用效率方面已取得较大进展。采用各种不同策略在高产农业生产中保持土壤肥力时，应注意因地制宜考虑土壤类型、农作系统的属性以及当地哪种肥料容易获取等因素。氮可以通过种植豆类作物实现生物固氮，养分也可以通过采用农业生态方法得以循环，但要补充被作物吸收走的磷却更具难度，尤其是当地没有磷矿石资源的情况下。目前在寻求既适合当地具体情况、具有环境可持续性，同时对农民而言又具有经济可行性的保持土壤肥力的合适策略方面仍存在知识空白。

27. 与多种作物混作相反的是主粮作物生物强化，这一方法可望解决营养缺乏问题。生物强化采用各种方法来提高作物的营养价值，这些方法包括传统植物育种（如富含 β -胡萝卜素的红肉甜薯；富含铁的豆类、大米和珍珠粟；富含优质蛋白的玉米）、转基因方法（如富含 β -胡萝卜素的“黄金”大米）或农艺措施（如富锌小麦）。生物强化在特定背景下已起到了改善营养成效的作用，但有关其对粮食安全和营养其它维度的影响目前仍缺少足够信息。多样化生产可通过产品直接消费以及销售产品提高收入继而保障粮食安全和营养这两种途径，起到改善粮食安全和营养的作用。持批评意见的人则认为，生物强化可能会加大对单一作物的依赖性，风险性较大，属于“低抵御力”型，相比之下更好的选择是保护多样化作物种植以及生产、加工、烹制和食用这些产品相关的知识。这两种策略可以混合采用，为生产者和消费者就选用生物强化作物或多样化生产或两者混用提供知情选择的机会。
28. 各方长期以来一直就一个问题不断开展争论，那就是农业领域中保护生物多样性（土地共享）的方法与通过在现有土地面积上最大限度提高产量来最大限度扩大专门用于保护目的的土地面积（土地节约）的方法相比，在多大程度上有助于实现保护目标。通过农业生态方法促进粮食安全和营养，挑战的是以上两种选择背后的各种假设。首先，有助于保护的农作措施是否一定是低产量，其次，大量使用化学投入物的农业对生物多样性带来的影响在多大程度上仅局限于所在区域。人们正逐步达成共识，承认农业对昆虫和其它生物多样性产生的整体影响即将达到令人震惊的水平，超越地球的环境安全界限。
29. 纵观这六个有争议的问题，就有可能围绕粮食系统绩效相关指标发现知识空白，为粮食系统的转型提供指导，同时明确需要做出哪些关键决策，其中包括一方面在设计解决方案的过程中重新考虑有争议的问题，另一方面在各种不同观点之间做出政治抉择。显然，市场力量本身不会自行实现向可持续粮食系统的转型，因为与粮食的生产、加工和流通相关的多项外部因素都难以用价格体现出来，还因为日益集中化的农产品投入物和零售部门所拥有的权力往往不利于解决这些外部因素。人们可以通过自己的购买决定来施加压力，解决市场失灵问题，但这种做法仅在以下前提下才有可能：(i) 产品价格让人承担得起并以可持续方式生产；(ii) 产品带有标签，有助于消费者做出选择；(iii) 能找到有关产品如何生产的信息，且信息可靠。私营部门正在着手升级价值链，并建立和参加各种中央管理型或自愿参与型的认证计划。在合适的条件下，这些计划有助于保障粮食价值链全过程的可持续性和公平性，并帮助消费者在一个合理的食物环境中选择可持续生产的食物（高专组，2017）。政府为实现准确定价而采纳的政策、规定和措施旨在将生产所带来的所有生态和社会影响全部内化在食物价格中，让市场发挥其功能，推动向可持续粮食系统转型。这就需要管理好能了解社会生态系统如何运作的跨学科研究与能诱发和维持向可持续粮食系统转型所需的变革的社会运动及民间社会组织之间的关系。

设计有助于支持向可持续粮食系统转型的体制环境

30. 当前的公共政策、组织结构、教育体系、消费者习惯和科研投资等方面均存在着很多惰性，偏好当前的主流农业和粮食系统，对转型构成一系列内在阻碍。在主流模式中，环境和社会外部因素并未得到合理考虑，因此未被纳入会对粮食系统的发展产生影响的各项决策中。为克服这种惰性，挑战现状，就必须打造公平的竞争环境，对不同方法进行公平的比较。这要求重新调整投资和行动的方向，设计和实施创新方法，包括农业生态方法，提供与主流模式不同的其它选项，开辟向可持续粮食系统的转型途径。
31. 要为推动向可持续粮食系统的转型而设计支持性公共政策，可能需要将公共支持措施转向更多样化的农作系统。鉴于很多小农极易陷入粮食不安全和营养不良的困境，因此通过合理的公共支持措施（高专组，2013a），鼓励他们采用农业生态方法，将会产生双重效果，能同时实现粮食安全和营养以及向可持续粮食系统的转型。有助于帮助大小各种经营规模的生产者更好地采用可持续粮食生产方法的公共支持措施可包括取消对合成投入物的补贴，同时鼓励采用可持续粮食生产方法，管理好多功能景观，包括野生物种。对可持续生产的食物实行优质优价面临的一大障碍就是，市场价格通常未包含生产造成的负面影响的成本，也未对带来良好生态益处的系统给予回报。
32. 有助于向可持续粮食系统转型的农业和粮食政策改革措施包含：更加重视对健康和营养的好处；实施真实成本会计的方法；集中在那些有实证证明对实现粮食安全和营养见效最快的领域开展工作，如教育，尤其是女童教育；支持创造体面、安全就业机会的措施，尤其是青年就业，同时也为农场劳动力和移民等边缘化群体创造就业机会；更加重视粮食系统中的加工、流通、市场和消费环节，包括创建参与式保障机制，加强生产者和消费者之间的社会经济联系。
33. 阻碍粮食系统多样化的因素包括知识产权保护和种子法规，可能需要根据各国法律背景对其进行大幅调整。其中，有助于包括传统作物在内的遗传异质性品种的种子交换和获取的法规是一项重要内容。其它障碍性因素包括大规模征地，会导致当地人群失去自然资源的使用权，并使小规模生产者和农村贫困人口的粮食安全和营养状况恶化。为小规模生产者的习惯土地权力提供支持，遵循2012年粮安委通过的《土地、渔业及森林权属负责任治理自愿准则》，都有助于强化小规模粮食生产者和农村贫困人口采用农业生态做法的能力，因为这些能帮助他们更好地获取土地、森林和水资源。
34. 涵盖农业和粮食系统产生的所有影响的综合性绩效指标是开展理性决策的关键前提。指标的相关性取决于不同层面。单项做法的绩效需要与其具体目的联系起来加以衡量，如在考虑到不同背景下绩效变化的前提下衡量作物产量、土壤有机碳含量或产品销售收入等量化指标。这些做法都已成为农场或生计系统的一部分，因此农场经营或小农生计的全要素生产率就成为家庭层面的一项关键综合指标。而在景观层面，可采用土地当量比这一概念来衡量生态系统服务，

从而衍生出一项多功能指标，以相对社会价值作为加权，对农业对当地的供给型、调节型和文化型生态系统服务所产生的所有影响进行汇总。要想在实践中采用这项指标，就必须制定适合在地方景观层面（10-1000 平方公里）实施的政策过程，这一层面是很多生态系统服务最先呈现的层面，也是土地使用者需要利用其社会资本来管理土地资源的层面。对整个粮食系统而言，生态足迹就是一项综合指标，能同时考虑到人们消费什么产品和产品是如何生产、加工、运输和消费的。

35. 各方已认识到生态足迹在制定国家和国际政策过程中的用途，虽然仍需对核算方法进行进一步微调，以便充分反映生物承载力这一概念，同时考虑到破坏型和再生型农业措施以及不同生态系统服务之间的权衡。之所以要区分生态足迹和资源利用率哪项应作为操作原则，原因在于农业生态方法和可持续集约化方法作为向可持续粮食系统转型的方法，二者之间有着根本差别，因为在高资源利用率的情况下也可能留下不良生态足迹。可持续农业生产的一项关键要求就是采用再生型而不是破坏型做法。在整个粮食系统中，膳食、资源利用和粮食价值链各环节的废弃物等因素都很重要，同样重要的还有那些能衡量替代性做法所产生的生态、社会、经济绩效的合理指标。
36. 重新调整正规科学研究与粮食价值链中农民、农村、城市社区及其它行动方（其中很多是私营部门行动方）的当地知识及经验之间的关系已被证实十分有用。采取措施将当地知识与科学知识相互结合，同时将粮食价值链各环节的知识相互结合，共包含两个关键方面。首先，要通过投资来强化对当地创新的支持能力；其次，要开展彻底调整，解决知识空白问题，并跨越各种社会运动与正规科研系统之间的界线，前者带着坚定信念在基层推进更加可持续的农业和粮食系统，后者有时被认为对决策所依据的知识基础持对立而非支持态度。
37. 对农业和粮食系统研发活动的投资已证实取得了效果。2000 年至 2009 年间，全球农业研发支出年均增长 3.1%（低收入国家年均增长仅 2.3%），从 250 亿美元增至 336 亿美元，增加额近一半来自中国 and 印度。粮农组织估计，农业研究与推广相关投资中的四分之三来自 20 国集团国家。全球研发投入集中于为数不多的大宗主粮作物，主要为谷物，而其它高营养作物（如豆类、水果和蔬菜以及所谓的孤儿作物）往往被忽略。私营部门也在大力度投资于粮食系统研发活动，并对价值链升级表示出越来越多的兴趣，意在确保供应链的环境和社会可持续性，与公共部门就包括气候变化适应在内的可持续性相关问题开展共同投资。
38. 年轻一代粮食生产者在向可持续粮食系统转型过程中的参与比例较低。缺乏直接收益、农业支持服务不足、有关适当技术和措施的相关信息缺乏、土地退化和基础设施薄弱等问题是阻碍年轻一代投身农业的几个原因。因此，必须认识到年轻一代在尝试建立多样化农作系统和食品企业时面临的具体限制因素和挑战，包括土地、信贷和信息的获取情况。数字技术为年轻一代投身农业提供了新机遇。

39. 倡导妇女正式权利的农业生态举措十分重要。它们有助于保证土地获取，维护更公平的家庭和社区关系，重新调整机构和组织，从而明确解决性别不平等问题。性别不平等在很多情况下是阻碍向可持续粮食系统转型的关键因素。政策领域目前正日益重视采取性别相关变革行动，以解决农业和粮食系统中的性别不平等问题。这些行动旨在挑战引发性别不平等现象的各种深层根源，如社会规范、家庭和社会中的性别关系、使歧视和不均衡问题迟迟无法解决的体制结构等，而不仅仅是解决表象。这些行动希望让妇女和女童更公平地参与决策，掌控资源及自身的劳动力和命运。要想确保结构性变革能够持久和普及，就必须让社区中有足够比例的人群能够参加行动。解决性别不平等问题要求各方认识到：(i) 女性在农业和粮食系统中的核心作用；(ii) 全盘式农业管理系统中对劳动力的需求通常较高，有助于让提供重要劳动力的人们更好地实行收入平等。
40. 采用民主、基层的方法开展公众教育和宣传是农业和粮食系统转型过程中的关键内容。它还可以与各类民间社会组织和私营部门积极参与各层面治理论坛活动结合起来。这样做有助于让公民个人和民间社会组织更好地利用能动性，对生产的生产、加工、运输和销售方式产生影响。发挥关键作用的全球机构，如各种全球贸易组织和国际金融机构，应该做到透明和民主问责，尤其在实行对边缘化城乡低收入人群的包容问题上。

结 语

41. 粮安委可成为民间社会和私营部门包容性参与的典范，同时也是实现向可持续粮食系统转型的出发点。在不同层面（地方、地区、国家、区域、全球）落实农业生态方法所采用的战略和规划有助于通过以下方法实行粮食系统的根本性变革：制定长期目标；确保各部门（农业、贸易、卫生、性别、教育、能源及环境）之间的政策一致性；通过多利益相关方协商过程，让所有相关方都能参与。

建议

要想为实现粮食安全和营养而在全球范围内实现粮食系统变革并没有“万能钥匙”，必须从不同出发点出发，通过不同途径，根据当地条件和不同人群在不同地方面临的挑战，因地制宜完成多项转型。从本报告中提炼出的以下建议旨在帮助决策者制定具体行动，鼓励和支持地方、地区、国家、区域和全球层面采取创新方法，通过适当的转型途径，实现向可持续粮食系统的转型，最终起到加强粮食安全和营养的作用。

1. 综合推广农业生态方法及其它创新方法，推动粮食系统变革

粮食系统中所有利益相关方（包括：国家、地方主管部门、政府间组织、民间社会和私营部门、科研和学术机构）都应从农业生态方法及其它创新方法中学习具体方法，通过提高资源利用率、强化抵御能力、保障社会公平/责任，推动粮食系统变革。

他们尤其应该：

- a) 在设计向可持续粮食系统的转型途径时，考虑并重视粮食系统的多样性以及不同层面的具体背景；
- b) 采用能考虑到粮食生产和消费所产生的所有环境、社会、经济影响的粮食系统相关绩效指标；
- c) 认识到将改善粮食系统生态足迹¹作为向可持续粮食系统转型的一条操作原则的重要性，从而鼓励在采用农业和其它粮食生产措施的同时注重合理消费，以维持或强化自然资本，而不是耗竭自然资本；
- d) 鼓励在粮食系统转型的参与式创新过程中将跨学科科学和当地（包括土著）知识相结合。

具体而言，粮安委应：

- e) 考虑到“能动性”概念不断提升的重要性，并寻求机会将其作为粮食安全和营养的第五大支柱，以便在逐步实现充足食物权方面取得进展。

2. 支持向多样化、有抵御能力的粮食系统转型

国家和政府间组织应：

- a) 为有助于保护和强化生物多样性以及自然资源基础的多样化、有抵御能力的生产系统（包括畜牧、水产养殖、作物、农林兼作等混合系统）提供支持，寻求：

¹ 生态足迹将特定人群消费的食物与生产食物和吸收相关废弃物所需的土地和水资源联系起来。生态足迹可通过减少消费量和废弃物以及提高生产效率得到改善。

- i. **重新调整**目前有利于不可持续生产方式的补贴和奖励措施，为向可持续粮食系统转型提供支持；
 - ii. **支持**采用参与式、包容式地区管理规划来发现和推广当地的可持续做法，并在不同层面（景观及社区、国家、区域、全球）保护共有自然资源；
 - iii. **调整**有关遗传资源和知识产权的国际协定和国家法规，以便考虑到农民对多样化、传统、适应当地条件的遗传资源的获取以及农民之间的种子交换；
 - iv. **加强**对农业和粮食系统中对人类健康和环境有害的化学品使用的监管，鼓励采用其它方法替代化学品，为不使用化学品的生产措施提供奖励；
 - v. **创建**地区景观层面（10-1000 平方公里）的社会资本和包容性公共机构，以便落实政策过程，对各项关键生态系统服务（提供型、调节型、支持型、文化型服务）的提供和相互之间的权衡取舍进行管理。
- b) **推广**健康、多样化的膳食，为向更加可持续、更加多样化、更具抵御能力的粮食系统转型提供支持，具体措施包括：
- i. 教育和提高认识；
 - ii. 适当的食品标签和认证；
 - iii. 为低收入消费者和公共采购政策提供支持，包括学校供膳计划。
- c) **支持**粮食价值链创新平台、孵化器和聚合机制²，让私营部门各方和公共机构对可持续粮食生产和公共产品生产进行投资和奖励，寻求：
- i. **支持**地方和区域市场、加工中心、运输基础设施的发展，提升中小规模农场经营者采用农业生态方法和其它创新方法对新鲜产品进行加工和处理的能力，更好地打入当地食品市场；
 - ii. **鼓励奖励**能在当地发掘价值并将其保留在当地的由年轻企业家、女性和社区主导的企业³，同时认识到它们的具体局限性和需求并加以解决；
 - iii. **利用**最新数字技术强化粮食生产者和消费者之间的联系，包括通过为可持续金融举措和市场激励机制充当中介角色；
 - iv. **调整支持措施**，鼓励当地粮食生产者、食品企业和社区通过将动物粪便、作物残茬和食品加工下脚料制成动物饲料、堆肥、沼气和地面覆盖物加以再利用的方式建立再生体系。

² 聚合机制指将产出或投入聚合起来，以便提高市场准入，例如合作社的做法。

³ 社区主导的企业直接与当地人民开展交往，由一个慈善、社会性、非营利性组织或会员制（合作社）组织牵头主导，采用可持续的业务模式，力求不依赖赠款或公共拨款来维持运作。

3. 加大对研究的支持，重新调整知识产生和共享结构，以推动共同学习

国家和政府间组织应与学术机构、民间社会和私营部门合作：

- a) 增加对公共和私营部门研发活动以及国家、国际科研系统的投资，为农业生态方法及其他创新方法相关计划提供支持，包括技术改进；
- b) 启动和支持通过创新平台开展的跨学科研究，促进实践人员和研究人员之间的共同学习，实现实践人员之间的经验横向传播（如农民和农民之间的网络、实践群组、农业生态灯塔）；
- c) 鼓励将“向可持续粮食系统转型”明确纳入学校和大学课程，包括通过亲手实践开展体验式学习；
- d) 确保面向农业推广人员和公共卫生工作者的培训计划能重视学习过程，充分采用技术，并更好地了解农业生态方法在营养和人类、动物、环境健康中发挥的作用；
- e) 建立和发展有效的技术转让机制，促使农民/生产者及粮食价值链各环节中其他利益相关方采纳农业生态及其它创新方法中的相关技术；
- f) 解决粮食生产和加工相关知识的产生、验证、传播过程中的权力不平衡和利益冲突问题，具体措施包括对不同来源的知识进行评价，将社会运动产生和传播的知识与科学界产生和传播的知识两者联系起来。

4. 加强能动性⁴和利益相关方的参与，为弱势和边缘化群体赋权，解决粮食系统中的权力不平等

国家、政府间组织和相关地方主管部门应：

- a) 制定战略促进向可持续粮食系统的转型，包括设定国家和区域层面的长期目标，确保不同层面各部门之间的政策一致性，让负责农业、林业、贸易、卫生、性别、教育、能源和环境的公共行政部门以及利益相关方共同行动；
- b) 探索方法，利用贸易协定和规则，更好地为向更加可持续的农业和粮食系统的转型提供支持；
- c) 为各级粮食系统中包容、民主的决策机制提供支持，并采取措施，确保那些面临粮食不安全和营养不良风险最大的边缘化、弱势群体⁵能够参与；

⁴ “能动性”指个人或社区界定自己所期望的粮食系统和营养成果，并采取行动为保障实现这些期望而做出战略性生活选择的能力。

⁵ 高专组（2017）将有着特殊营养需求的弱势群体（如幼儿、少女、孕妇及哺乳期妇女、老人、病人）与难以掌控自身膳食选择的边缘化群体（如城乡贫民和部分土著人民）做了区分。

- d) 为了鼓励在实现向可持续粮食系统转型的过程中采用农业生态方法及其它创新方法，确保通过符合国际法律框架⁶的正式文书和关于大规模征地的国家法规，为小规模粮食生产者和粮食不安全群体（小规模农民、牧民、渔民、以森林为生的人、土著人民）对土地和自然资源的习惯使用权和权属权利提供合法保护；
- e) 承认性别平等是推动农业生态方法及其它创新方法的关键因素，支持与性别相关的变革政策、计划和行动，解决导致粮食系统中性别不平等现象的与规范、关系和体制结构相关的深层根源，尤其要确保法律和政策能保障性别平等，解决性别相关的暴力问题；
- f) 加强城市社区和粮食生产系统之间的关系，以促进向可持续粮食系统的转型，尤其要涵盖消费者合作社和侧重于地方和区域市场的多利益相关方平台，并增加对食品回收工作的投资，将食品再分配给弱势群体；
- g) 强化粮食生产者和消费者协会、组织、合作社等，以便提高能力，产生和交流知识，为采纳农业生态方法及其它创新方法提供便利，最终推动向可持续粮食系统的转型。

5. 确立和利用粮食系统全面绩效衡量指标和监测框架

国家和政府间组织应与学术机构、民间社会和私营部门合作：

- a) 确立实用、科学、全面的农业和粮食系统绩效指标，作为评估、政策实施和投资决策的基础，包括生计全要素生产率、土地当量比、景观多功能性、粮食系统生态足迹以及对有益生物、膳食多样性及营养成效、女性赋权、收入稳定性、就业条件等因素的影响；
- b) 调整公共和私营部门的投资方向，尤其是农业补贴的方向，以便按照 5a 项下确立的全面绩效指标对农场的可持续性和其对粮食安全和营养产生的影响进行评估后，为农场提供支持；
- c) 认识到对粮食系统中积极和消极外部因素进行真实成本核算的重要性，并采取措施酌情加以有效落实；
- d) 认识到，如果农民/生产者和其它利益相关方都能遵守公共政策和安全标准，那么参与式保障系统就是一种为地方和国内市场上有机、生态、农业生态型生产者提供认证的有效手段，而这些市场正是低收入、小规模生产者最容易打入的市场；
- e) 鼓励对现代生物技术进行严格、透明、全方位评估，包括支持建立全球基因编辑观察站；

⁶ 例如：《联合国土著人民权利宣言》；粮安委《国家粮食安全范围内土地、渔业及森林权属负责任治理自愿准则》；《消除对妇女一切形式歧视公约》。

- f) 对农业中就业和劳动力的正面、负面特征进行全盘评估，为有利于向可持续粮食系统转型的政策和法规提供基础，同时确保为农业劳动力提供良好条件，保障农业和其它粮食系统劳动者的健康。

粮农组织应：

- g) 鼓励在国家层面收集数据，在各级记录经验教训和开展信息共享，以推广农业生态方法及其他创新方法的采纳，推动向可持续粮食系统的转型；
- h) 与成员国合作，对有助于在国家和国际层面实现粮食安全和营养的农业生态方法及其它创新方法进行评估和记录。

粮安委应：

- i) 建立透明、负责任、包容性机制，监测这些建议是否在规定时间内采用明确的指标得到落实、如何落实；
- j) 提高对农业生态方法及其它创新方法对实现大多数 2030 年可持续发展目标以及在国家、区域、全球层面推进“科罗尼维亚农业联合工作”所起的重要作用的 认识。

引言

背景和目标

在 8.21 亿人民依然受饥饿困扰（粮农组织等，2018）的背景下，显然全球农业和粮食系统目前无法满足全世界粮食需求。随着粮食系统继续面临多维度、错综复杂、不断增多的挑战，包括日益增长的人口、日益推进的城市化和气候变化以及自然资源（土地、水、生物多样性）和生态系统功能面临的日益加大的压力（Willet 等，2019）。虽然按卡路里计算，世界粮食产量的增长通常比人口增长更快，但当前的粮食系统仍带来了不同形式的营养不良（营养不足、微量元素缺乏、超重和肥胖），对所有国家均造成影响，无论是低收入、中等收入还是高收入国家。这些不同形式的营养不良会在同一个国家或社区内，甚至是同一个家庭内或同一个人身上同时存在（高专组，2017b）。当前的粮食系统还会通过对经济和健康的影响对粮食安全和营养产生间接影响，包括：很多粮食生产者（往往也是粮食净购买方）面临低收入和生计艰难；很多中小型粮食企业经济状况脆弱；很多农业劳动者和粮食行业劳动者的工作条件危险而艰苦（高专组，2016，2017b）。

同时，各方就粮食系统的政治维度表示出更多关切，包括：权力不平衡和粮食系统缺乏民主治理；缺乏透明度和问责；与土地、水、能源和遗传资源等自然资源的获取和掌控相关的问题（高专组，2015）；投入物和零售部门权力日益集中（可持续粮食系统国际专家组，2016；von Braun 和 Birner，2017；高专组，2016，2017）。

粮食系统正站在十字路口。粮食安全和营养高级别专家组（高专组）在其以往报告（尤其是高专组 2016，2017）中指出，应在农业和粮食系统中进行深入变革，以便在各级实现粮食安全和营养的四大维度（可供性、获取、利用、稳定）（Caron 等，2018）。要保证生产出充足的粮食，同时保护人类和环境健康以及维持社会经济水准，就需要打造更加可持续的粮食系统。

各方对农业生态方法及其它创新方法在实现全球粮食安全和营养过程中发挥更大作用的呼声越来越高，这些方法与“一切照常”的传统农业改进做法完全不同（De Schutter，2010；高专组，2015，2016，2017a,b）。农业生态方法正在围绕粮食安全和营养展开的辩论中占据日益重要的位置，因为它们同时从环境可持续性和社会创新的角度出发，将粮食生产与消费联系起来，在当地人民以及他们的知识充分参与的基础上，从因地制宜的解决方案中获得强有力的支持。

在此背景下，联合国世界粮食安全委员会（粮安委）于 2017 年 10 月要求高专组编写一份题为“采用农业生态及其它创新方法，打造有助于加强粮食安全和营养

的“可持续农业和粮食系统”的报告，为 2019 年 10 月粮安委第四十六届全会提供讨论依据。本报告目的在于探讨农业生态方法及其它创新方法、做法和技术对有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统能做出哪些潜在贡献。⁷本报告及其建议旨在为不同“社会领域”的决策者们设计和实施具体转型途径，以便在从地方（农村、社区、景观）到国家、区域和全球层面等不同层级实现向可持续粮食系统的转型。

⁷ 见：<http://www.fao.org/3/a-mu246e.pdf>

转型途径和粮食系统变革

高专组在本报告中采用一种动态视角。本报告的核心是**转型**和**变革**概念。

转型指特定地点在一段时间内发生的系统性变化（Marsden, 2013）。它往往是一种“从一种状态或状况向另一种状态或状况逐步、全面的转变”（Hinrichs, 2014），包括价值观、规范及规则、体制和做法方面的政治、社会文化、经济、环境和技术转变（Marsden, 2013; Pitt 和 Jones, 2016）。转型一开始可能（但不一定）是小规模、小范围的变化，被称为“转型种子”，在这一受到保护的空間里，企业、农民合作社、社会运动、地方政府或其它行动方将设计和实验创新型方法和做法，提供与主流方法不同的潜在方案（Wiskerke 和 Van der Ploeg 编, 2004; Geels, 2010; Marsden, 2013; Hinrichs, 2014）。此类转型随后可能带来粮食生产、加工、流通和消费方面的新模式，对主流的社会技术体系⁸形成挑战，被其所吸收或边缘化（Barbier, 2008; Brunori 等, 2011; Levidow 等, 2014）。在转型期，主流的经济、环境、政治和技术范式、规则、体制和做法会与新的期望越来越不匹配（Marsden, 2013）。从全球（如气候变化）到地方（如土壤侵蚀）等不同层级的外部压力以及政治体制、私营公司、社会运动或消费者期望等，都会推动主流模式走向转型，或制造会强化现状的“内在障碍”（Smith 和 Stirling, 2010; Fonte, 2013; Hinrichs, 2014; 可持续粮食系统国际专家组, 2016）。

要想实现涉及到生产何种食物以及如何生产、加工、运输和消费的方式等方面变化的粮食系统**变革**，就必须首先实现多种转型，尤其是生产措施和整个粮食价值链的转型。更加可持续的生产和消费方式可通过不同层级粮食生产企业创新、社会运动倡导、政策及文化改革等方面的动态互动逐步得以实现（Spaargaren 等, 2012; Hinrichs, 2014）。在审视可持续性转型，考虑不可预测、动态变化的流程和不同层级之间的互动关系如何在整个粮食系统中促进变革性改变时，人们普遍采用了多层次视角（Geels, 2010; Smith 等, 2010）。小规模逐步积累型转型以及体制和规范的大规模结构性变化都需要以一种协调、综合的方式开展，只有这样才能实现有助于全球粮食安全和营养的粮食系统预期变革（Elzen 等, 2017）。

在以往报告中，高专组（2016, 2017）曾突出介绍过各国之间以及各国内部各不相同的粮食系统。这些粮食系统处于不同的环境、社会文化和经济背景下，并面临多种挑战。因此，粮食系统中各行动方必须因地制宜设计出转型途径，以便打造可持续粮食系统（Sinclair 和 Coe, 2019）。正如高专组（2016）所指出的那样，因地制宜的转型途径应结合技术干预、投资和有利的政策和工具，并动员不同层级的多种行动方参与。这些途径可以相互不同的依据为基础，各自提出一系列备选方案。

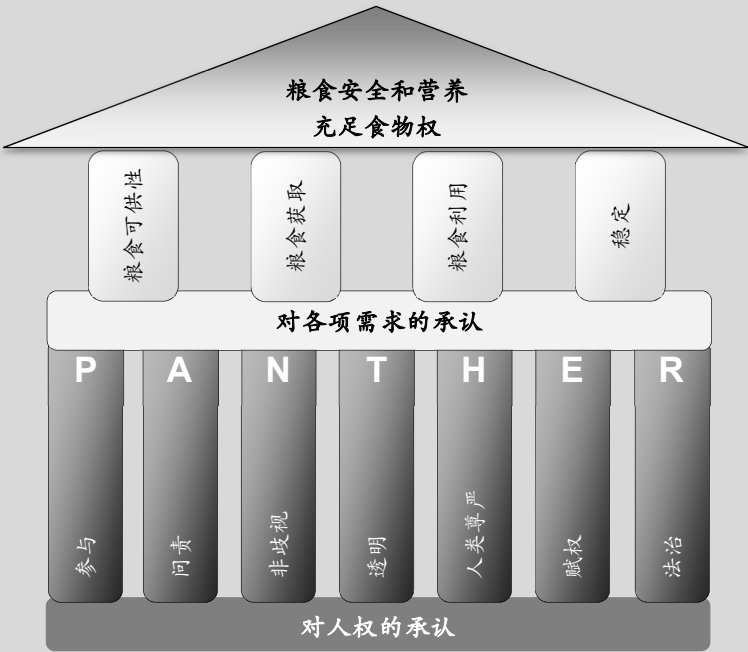
⁸ 社会技术体系指引导社会和技术创新方向的一整套规范、规则和制度（改编自：Possas 等, 1996; Vanloqueren 和 Baret, 2009）。

除了注重因地制宜外，高专组（2016）还就在打造有助于加强粮食安全和营养的可持续粮食系统过程中如何确定此类转型途径提出了以下三条相互关联的操作原则：（i）**提高资源利用效率**；（ii）**加强抵御能力**；（iii）**保障社会公平/责任**。这三条操作原则可在与气候变化做斗争以及将社会各方面的考虑更深入地纳入粮食系统的过程中，解决投入物和稀缺资源的合理利用问题。

插文 1 将人权作为总框架

本报告首先承认，无论现在还是将来，**人权**都是保障可持续粮食系统和实现人人享有粮食安全和营养的总基础。《经济、社会、文化权利国际公约》（联合国，1966）第 11 条明确承认，“人人有权为他和家庭获得相当的生活水准，包括足够的食物、衣着和住房，并能不断改善生活条件”这一条对所有缔约国而言都具有法律约束力。联合国大会（联大，2014）将充足食物权定义为每个人都有权“单独或在社区中与他人一道，在任何时候都能在物质和经济上获得足量且文化上可接受的食物，且食物以可持续方式生产和消费，同时保障子孙后代获得食物的权利”。

图 1 人权框架中的粮食安全和营养



资料来源：改编自 Ekwall 和 Rosales（2009）

缔约国尊重、保护和满足这一权利的法律义务在经济、社会、文化权利委员会第 12 号一般性意见中得到进一步说明（联合国经济、社会、文化权利委员会，1999）。各国有义务通过不采取任何阻碍食物获取的措施来尊重充足食物权。它们还必须通过确保不剥夺个人获取充足粮食的权利来保护充足食物权。最后，它们还必须通过积极参与有助于加强人们获取资源的能力和保证生计（包括粮食安全和营

养)的手段的各种活动来满足(促进)食物权。如人们无法享有充足食物权,国家必须直接满足(提供)此项权利,包括通过粮食援助做到这一点(联合国经济、社会、文化权利委员会,1999)。历史上人权更有可能受到侵犯的边缘化和弱势群体(包括小规模粮食生产者、土著人民、贫困家庭、妇女、儿童和难民)也更有可能经历粮食不安全和营养不良(Quisumbing 和 Smith, 2007; Ayala 和 Meier, 2017)。最近的《有关农民及其他农村地区劳动者权利的联合国宣言》(联大, 2018)也涉及这些问题,宣言承诺,联合国及其各专门机构、基金和署以及其他政府间组织要推动各方尊重该《宣言》并全面加以落实,并采取后续行动确保其有效性。

在人权框架下,参与、问责、非歧视、透明、人类尊严、赋权、法治这七条 PANTHER 原则应成为应对粮食安全和营养四大维度相关问题和逐步实现充足食物权而在不同层面采取个人和集体行动时所遵循的指导原则(见图 1)。

报告结构

本报告共四章。前两章阐述粮安委的要求中突出强调的两个核心概念,即农业生态方法(第 1 章)和创新方法(第 2 章)。第 3 章分析有关如何实现所需的粮食系统变革的争议性问题。其目的并非解决这些争议性问题,而是澄清其性质,突出展示不同的观点、论述和价值观在哪些方面能为实现共同目标提供不同看法。最后,第 4 章探讨如何设计制度环境,以便推动所需的转型途径,为实现全球粮食安全和营养所必需的可持续粮食系统深层变革提供基础。

插图 2 粮食安全和营养以及可持续粮食系统

“粮食安全指所有人在任何时候都能够在物质上和经济上获得足够、安全和富有营养的粮食来满足其积极和健康生活的膳食需要及食物喜好”(粮农组织, 1996)。从概念上看,粮食安全与营养两者之间存在重叠,粮食安全是营养安全的一个必要条件,而非充分条件(Jones 等, 2014a)。世界粮食安全首脑会议(世界粮食安全首脑会议, 2009)指出“营养是粮食安全概念中不可缺少的组成部分”。国际复兴开发银行和世界银行(2006)在以往工作基础上认为:“营养安全指粮食安全与卫生环境、充足的医疗服务以及合理的照料和喂养措施相互结合,确保所有家庭成员都能过上健康的生活”。“**粮食安全和营养**”一词已被广泛使用,包括在粮安委中,作为将上文介绍的粮食安全和营养这两个概念相互结合的方法(粮安委, 2012)。

粮食安全的四大维度(可供性、获取、利用和稳定)以及营养安全的三大主要决定因素(食物获取、照料及喂养、健康和卫生)目前已得到广泛认同(粮安委, 2012)。在粮农组织(2006)的基础上,以往的高专组报告(2016、2017、2018)对粮食安全和营养的四大支柱做如下描述:

1. **可供性**：通过国内生产或进口保证数量充足、质量适当的食物供给。
2. **获取**：个人对足量资源的获取（权利）⁹足以保证维持富含营养的膳食结构。¹⁰
3. **利用**：通过充足的膳食、洁净水、卫生设施和医疗服务实现良好的营养状况，使所有生理需求都得到满足。¹¹
4. **稳定**：一个人群、家庭或个人要想实现粮食安全，就必须保证在任何时候都能获取充足的食物并具备合理利用食物的可能性。¹²

高专组（2014）认为，**粮食系统**“包括与粮食生产、加工、销售、烹饪和消费相关的所有因素（环境、人、投入物、过程、基础设施、机构等）和活动，还包括这些活动带来的产出，包括社会经济和环境结果”。高专组（2014）还将**可持续粮食系统**界定为“在不牺牲子孙后代保障粮食安全和营养所必需的经济、社会、环境基础的前提下实现人人享有粮食安全和营养的粮食系统”。

高专组（2017b）确定了粮食系统的三个核心组成部分：(i) 食物供应链；(ii) 食物环境；(iii) 消费者行为。**食物供应链**涵盖从食物生产到消费再到废弃物处理的所有活动（生产、储存、流通、加工、包装、零售和营销¹³）以及参与这些活动的所有行为方。

食物环境指消费者参与粮食系统，在其中购买、烹煮、食用食物时所处的物理、经济、政治、社会文化背景。它是消费者与粮食系统之间的连接。它包括：

(i) “食物入口”，即获得食物的物理空间；(ii) “人造环境”，即让消费者进入这些空间的基础设施；(iii) 决定个人选择食物的因素（包括收入、受教育情况、价值观、技能等）；(iv) 以上互动关系背后的政治、社会、文化规范。食物环境中影响食物选择、食物可接受度和膳食的关键因素有：食物的物理、经济获取（距离远近和经济可承受度）；食物的推广、广告和信息；食物的质量和安全（高专组，2017b）。

消费者行为反映消费者在家庭或个人层面就购买、储存、烹饪和食用何种食物以及家庭内部如何分配食物做出的选择（包括性别差异、儿童喂养）。消费者行为不仅受各项个人喜好因素的影响（如口味、方便性、价值观、传统、文化和信仰），还很大程度上受当前食物环境的影响。

⁹ “权利”指一个人在所处社区的法律、政治、经济、社会安排下能够掌控的所有商品包（包括获取共有资源的传统权利）（粮农组织，2006）。

¹⁰ 此项支柱包括食物的物理获取条件（距离远近）和经济获取条件（经济可承受度）（高专组，2017）。

¹¹ 此项支柱突出非食物相关投入物在粮食安全和营养中的重要性，包含上文提及的与营养安全有关的几项决定因素。

¹² 人们不应在遇到自然、经济或社会冲击或周期性事件（如季节性波动）时面临失去获取充足食物机会的风险。因此，稳定既指可供性和获取，也指上文提及的非食物投入物的稳定性。

¹³ 还包括与这三步相关的废弃物管理和丢弃活动。

1 农业生态学：通向可持续粮食系统的转型途径

农业生态学是一个近年在科学、农业、政治界备受关注的动态概念（国际农业知识与科技促进发展评估，2009；可持续粮食系统国际专家组，2016）。在这一历史性演化过程中，农业生态学过去十年里已超越农田、农场和农业生态系统层面，逐渐扩大到包含整个粮食系统。农业生态方法明确将目标定为改变粮食和农业系统，解决造成问题的根源，提出全面、长期的解决方案（粮农组织，2018a），能在不同的社会、经济、生态背景下考虑到农作系统的复杂性（Petersen 和 Arbenz，2018）。农业生态方法正被越来越多的人视为能替代工业化农业发展模式，¹⁴为有助于加强粮食安全和营养的可持续粮食系统提出具体的转型途径（De Schutter，2010；高专组，2016，2017a,b）。

2014 年 9 月，粮农组织举办了一次“生态农业促进粮食安全和营养国际研讨会”，随后于 2015 年在拉丁美洲、非洲和亚洲举办了三次区域性会议（粮农组织，2015a,b；2016a），2016 年在拉丁美洲、中国和欧洲再次举办了三次区域性会议，最近一次是 2017 年在北非举办的会议（粮农组织，2018b）。粮农组织于 2018 年 4 月举办了第二次国际研讨会，会议的关键成果将在第 4 章做详细介绍，同时也为本报告提出的部分建议提供依据。

本章首先介绍农业生态学这一概念如何从农业和生态领域各组成部分中产生，成为一门跨学科科学、一整套做法和一场社会运动。本章随后介绍农业生态原则相关定义及其逐步发展情况，分析这些原则如何推动粮食安全和营养以及可持续发展目标的实现。最后，本章将突出介绍当前围绕农业生态学所开展辩论中的一些争议点以及存在的主要知识空白。

1.1 农业生态学：一门科学、一整套做法和一场社会运动

农业生态学的定义多种多样，因为不同机构和国家都根据自身的关切和优先重点给出自己的定义。本报告目的是界定和描述有助于加强粮食安全和营养的可持续农业和粮食系统所需的农业生态方法。

从历史上看，世界多地的传统农业系统都可被视为农业生态型，其中包括传统的农林兼作、在土壤中施用有机材料、农牧混合系统以及多种可食用作物的利用等（Altieri，2004a）。不断动态变化的当地知识体系为防治病虫害和保障适合当地文化、富含营养的食物供应开发出了复杂的做法（Altieri，2004a；Oteros-Rozas 等，

¹⁴ 工业化农业发展模式指由大规模农场主导的集约化农业系统，有时会大量使用化石燃料以及购买的、不可再生的合成投入物。这些系统备受农业生态学支持者的诟病，认为它会给社会、健康、环境方面带来负面影响（可持续粮食系统国际专家组，2016；高专组，2016）。

2013)。现代化农业生态学作为对所谓“工业化”农业模式所产生的社会、生态影响的一种应对方法，借鉴了多个当地概念和做法，但它同时也是一门不断处于动态变化的、活跃的科学研究领域（Migliorini 等，2018l；Montalba 等，2017；Vandermeer 和 Perfecto，2013）。

在有关可持续农业发展及畜牧的作用的报告中，高专组（2016b）从科学和技术视角对农业生态学进行描述，将其作为各项生态概念和原则在农业系统中的应用，侧重于植物、动物、人类以及环境之间的互动关系，借此推动可持续农业发展，保障当前和未来所有人的粮食安全和营养。报告承认，“今天更具变革性的农业生态学愿景将知识、农民的实践以及社会运动相结合，同时认识到它们之间相互依赖的关系”，并呼吁尝试拓宽对这一概念的理解。

这恰好与近年来农业生态方法范围不断扩大的情况一致，其重点已不仅在于农业系统，而是整个食用农产品系统（Thompson 和 Scoones，2009），同时采用跨学科视角，不再从社会和政治考虑出发，将农业生态学的科学和技术两个方面相互割裂开来。

农业生态学作为生态原则在农业中的应用，虽然看似简单，但实际却隐藏着复杂的现实问题，因为生态学和农业都是动态概念。

生态学是生物学的一个分支，既研究生物之间的互动关系及其与所在环境之间的互动关系（Tansley，1935），也研究与环境保护相关的社会运动（Sills，1974）。虽然生态学起初只是生物学的一个分支，但最近已发展成为一个跨学科领域，包含多个不同分支，如政治生态学（Robbins，2004），其中很多都将生物、物理和社会科学相互联系起来。

农业主要指人们用于生产食物的一整套做法（Spedding，1996）。农业作为一个概念也在不断演化，越来越多的人开始认识到，农业具有多种功能（Caron 等，2008；国际农业知识与科技促进发展评估，2009），农业生产不能与食物供应链、食物环境和消费等粮食系统的其他方面割裂开来（Jones 和 Street 编，1990；高专组，2017b）。

生态学和农业中的这些趋势最后集中体现在一门新兴跨学科研究中，侧重于在各方对人类活动（特别是农业）跨越地球安全红线表示出更多关切的大背景下（Steffen 等，2015；Campbell，2017），了解和管理相互关联的社会生态系统（Berkes 和 Folke 编，1998）。农业生态学之所以在实现粮食安全和营养的话语中备受推崇，其中一个关键原因是人们认为它能在面临气候变化和其他全球性挑战的背景下，在与具有抵御能力的粮食系统的发展相关联的生态和社会视角之间架起桥梁（Caron 等，2014）。

农业生态学正日益被视为是一种跨学科、参与式、行动导向型方法（Méndez 等，2013；Gliessman，2018），共包含三个方面：跨学科**科学**（**定义 1**）、一**整套做法**以及一场**社会运动**（Wezel 等，2009；Wezel 和 Silva，2017；欧洲农业生态协会，2017）（**插图 3**）。农业生态学的这三个方面、它们相互之间的关联以及共同演化共同构成了一种全盘式方法（如欧洲农业生态协会，2017；Gliessman，2018）。

插图 3 农业生态学的多种定义

作为一门**科学**，农业生态学是：(i) 对整个粮食系统生态的综合性研究，涵盖生态、经济、社会各方面，或简称粮食系统生态学（Francis 等，2003）；(ii) 将生态学概念和原则应用到可持续粮食系统的设计和管理中（Gliessman，2007）；而最近，(iii) 将研究、教育、行动和变化相互结合，给粮食系统的生态、经济、社会各方面带来可持续性（Gliessman，2018）。

农业生态**做法**旨在通过管理自然过程、在各组成部分之间打造有利的生物互动关系及协同关系（Gliessman 编，1990）以及优化利用生态过程和生态系统服务，促进各种做法的发展和实施（Wezel 等，2014）。

作为一场**社会运动**，农业生态学被视为是应对气候变化和营养不良等当前挑战的一个解决方案，与所谓的“工业化”模式正好相反，对农业进行变革，打造因地制宜的粮食系统，在缩短销售链、开展公平、安全的粮食生产的基础上加强农村地区经济生存能力。农业生态学支持小农粮食生产的多种形式以及家庭农业、农民和农村社区、粮食主权、当地知识、社会公正、地方认同及文化、土著人民对种子和品种的权利（Altieri 和 Toledo，2011；Rosset 等，2011；Nyéléni，2015）。农业生态学作为政治运动的这一特性正日益凸显（Gonzalez de Molina，2013；Toledo 和 Barrera-Bassols，2017）。

资料来源：粮农组织（2017a）、欧洲农业生态协会（2017）。

定义 1 跨学科科学

跨学科科学跨越不同学科之间的界线，力求通过以下各项产生变革性成果：

- (i) 对某个问题的侧重（研究源自“真实世界”问题并以此为背景）；
- (ii) 不断演化的方法（研究涉及到针对特定问题、背景和研究分组的重复、反思式过程）；
- (iii) 合作（包括跨学科研究人员、学科研究人员和对研究感兴趣的外部行动方）（Russel 等，2008）。

农业生态学认为应将不同学术学科和多种知识类型相互结合起来，包括经验、文化、精神知识（Méndez 等，2015）。

跨学科科学有别于“多学科”科学，后者指不同学科的人员相互合作，各自利用自己的学科知识，相互叠加，而不是相互综合，同时还有别于“学科间”（interdisciplinary）科学，即不同学科的知识和方法相互整合，包含不同方法的汇总，但不一定涉及其他利益相关方或侧重于产生变革性成果（Petrie, 1992）。

1.1.1 农业生态学作为一门科学

“农业生态学”一词于20世纪初首次出现在科学文献中，指生态方法和原则在动物学、农学、作物生理学等农业科学中的应用（图 2a）（Bensin, 1928, 1930; Friederichs, 1930; Klages, 1942; Gliessman, 1997; Dalgaard 等, 2003; Wezel 等, 2009; Wezel 和 Soldat, 2009）。在20世纪50年代和60年代，Tischler发表了几篇有关农业生态学研究的文章，就其不同组成部分（植物、动物、土壤、气候）和它们之间的互动关系以及人类管理活动对它们产生的影响进行了分析。他的书可能是首本以“农业生态学”为题的书（Tischler, 1965）。

“农业生态系统”的概念被视为是一种已驯化、由人类管理的生态系统，由Odum最早提出（1969）。二十年后，农业生态学开始超越农田和农场层面，扩大到涵盖整个农业生态系统（Altieri, 1987, 1989; Conway, 1987; Marten, 1988; Wezel 等, 2009; Wezel 和 Soldat, 2009）。墨西哥的科学家们也为此做出了重要贡献，他们强调通过跨文化过程构建农业生态知识，将生态学与当地人民的知识结合起来（如Hernández Xolocotzi, 1977）。

在以上研究基础上，Altieri（1995）将农业生态学界定为“生态概念和原则在可持续农业生态系统设计和管理中的应用”。粮农组织（粮农组织, 2016b）对这一定义进行了进一步调整，指出：“农业生态创新运用生态学原则，如循环利用、资源利用效率、减少外部投入物、多样化、一体化、土壤健康和协力等，设计可以加强植物、动物、人类和环境之间互动关系的农业系统，从而促进粮食安全和营养”。

在21世纪前十年里，农业生态学将自然科学和社会科学相互结合的跨学科性质变得日益重要（Wezel 等, 2015）。农业生态学被称为“包含农学、生态学、社会学和经济学内容的一门综合学科”（Dalgaard 等, 2003）。农业生态学的重点已有所扩大，涵盖整个食用农产品系统（Francis 等, 2003; Doré 等, 2006; Gliessman, 2007; Wezel 和 David, 2012; Côte 等编, 2019），同时还涵盖不同话题，如：替代性地方粮食网络；消费者和生产者之间的关系；社会农业网络；食品市场；公共食品采购。这一粮食系统方法还包含城乡关系，因而促成了城市农业生态学的发展（AS PTA, 2011; Almeida 和 Biazo, 2017; Renting, 2017; Morales 等, 2018; 另见插图 4）。

插文 4 城市农业

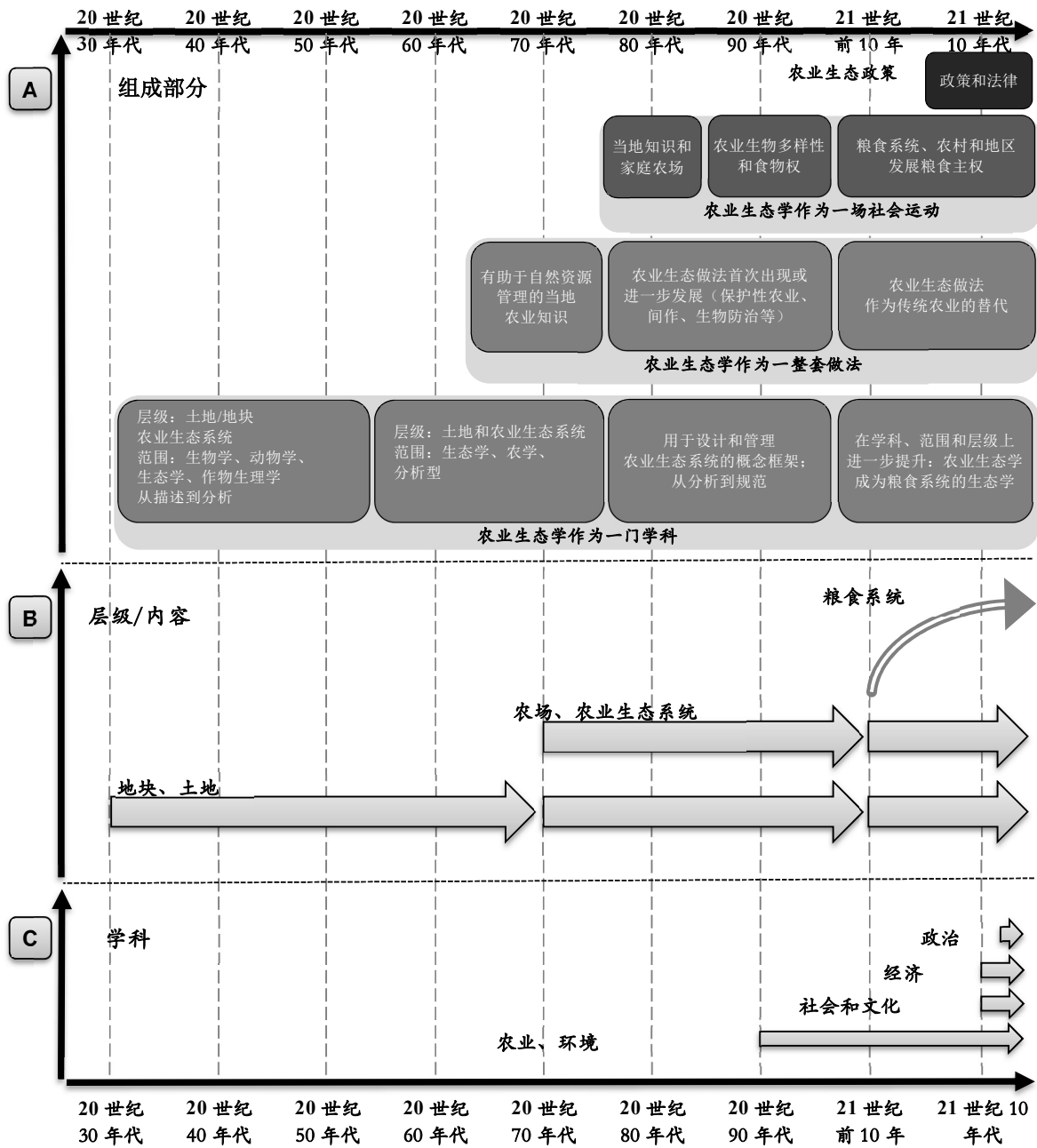
城市和城郊农业（UPA）有潜力通过粮食安全和减贫，在提升城市的社会和环境条件过程中发挥作用，虽然有些人提出警示，认为这一作用可能被夸大（Zezza 和 Tasciotti, 2010）。Lee-Smith（2010）发现，在非洲赤道地区，城市和城郊农业随着城市地区不断扩大而逐渐发展，对改善人类健康和消除饥饿和贫困起着有利作用。Mok 等（2014）发现，在全球层面，城市和城郊农业可能给粮食安全带来巨大贡献，但仍应就城市无序扩张等问题开展进一步研究。而另一方面，一些研究人员的结论是，由于在城市空间中开展生产投资时面临土地、水、资金等资源获取方面的局限，城市和城郊农业仅在发展中国家有一定可能对城市粮食安全起到促进作用（Badami 和 Ramankutty, 2015）。

城市和城郊农业之所以被重视，另一个原因是它可能对环境有利，因为它能促进生物多样性保护，缩短食物的运输距离，从而减少碳排放，还能增加城市的绿地面积。城市和城郊农业有着多种形式，如公共菜园、屋顶菜园、家庭果园、城市绿化、社区菜园等，有助于提供多项生态系统服务，如授粉、病虫害防治、气候抵御力和调节水资源（Lin 等, 2015）。事实上，城市本地生产的食物有助于缩短商品循环距离，减少运输环节，还有助于发展直销。

最后，城市和城郊农业历来有助于改善城市地区的生活条件，增加收入，减轻贫困，从而加强城市的抵御能力（Barthel 和 Isendahl, 2013）。在多数家庭以务农作为主要收入来源的很多非洲国家，城市和城郊农业可能带来一笔不小的额外收入，有助于改善家庭膳食，促进粮食安全和营养（Zezza 和 Tasciotti, 2010）。在墨西哥城，人们食用的食物约 20% 产自城市和城郊地区，但人们仍未对城市和城郊农业对经济和就业的重要性有充分的认识。城市和城郊农业在墨西哥的一个代表性案例就是西班牙殖民前由阿兹特克人开发的 *chinampas* 系统（水上漂浮菜园），在欧洲殖民开始之后便大幅减少（Dieleman, 2017）。莫桑比克的 *machambas* 则是城市和城郊地区的小块农地，由小规模经营者，通常为女性，种植蔬菜后在城市中售卖，成为马普托等城市中很多家庭重要的食物和收入来源（Sheldon, 1999）。

在农业生态学作为一门科学的历史演化过程（图 2b）中，农业生态学研究的范围和角度已从（i）地块、土地或动物层面扩大到（ii）农场或农业生态系统层面，最终到（iii）逐渐成为农业生态学关注点的整个粮食系统（Wezel 和 Soldat, 2009）。

图 2 农业生态学的历史演化过程



资料来源: (A) 改编自 Silici (2014), 基于 Wezel 等 ((2009)以及 Wezel 和 Soldat (2009);

(B) 改编自 Wezel 等 (2009)。

注: (C) 展示第 1.2 节介绍的农业生态学原则的学科基础。

1.1.2 农业生态学作为一整套做法

20 世纪 60 年代时，尤其在 Rachel Carson 的《寂静的春天》(Carson, 1962) 一书出版后，各方纷纷对农业中大量使用合成投入物对环境造成的始料未及的影响表示关切，尤其是农药残留通过食物链对猛禽造成的影响。

为此，在接下来的几十年中涌现出了一整套农业生态做法（见底 1.5 节图 3），目的在于实现从“工业化农业模式”向更为环保、更加可持续的农业系统转变，最大限度优化利用生物过程和生态系统功能（Hernández Xolocotzi, 1977; Rosset 和 Altieri, 1997; Wezel 等, 2009; Vanloqueren 和 Baret, 2009; Altieri 等, 2012a; Wibbelmann 等, 2013; Pimbert, 2015; 可持续粮食系统国际专家组, 2016; 粮农组织, 2016b; Wezel 等, 2014; Deguine 等编, 2017; Wezel, 2017）。农业生态学作为一整套做法，旨在设计出复杂、具有抵御力的农业生态系统，具体措施包括“将作物、动物、树木、土壤和其它要素整合到时空上多样化的项目中，充分利用自然过程和生物互动关系，最大程度实现协力，使多样化农场能提高自身的土壤肥力、作物保护水平和生产率”（Altieri, 2002）。

直到最近才有人尝试界定哪些具体做法属于农业生态做法。例如，Wezel 等（2014）将农业生态做法描述为“在重视生态过程和生态系统服务并将其作为基本要素的基础上生产出大量食物的农作做法”。Shiming 和 Gliessman（2016）认为，“农业生态做法是能够平衡农业生态系统提供的所有生态系统服务、从而推动可持续农业发展的良好生态方法”。

然而，没有哪一类农业措施被明确确定为农业生态做法，有关哪些属于农业生态做法，哪些不属于农业生态做法也没有明确、公认的划分标准（Wezel, 2017）。但我们可以按照一定的标准，将农业做法分类为较具农业生态特性或不具农业生态特性，具体取决于以下各项的程度如何：(i) 依赖生态过程，而非购买投入物；(ii) 公平，环保，适应当地条件，当地可控；(iii) 采用系统方法，而不是仅注重具体技术措施。

农业生态做法涉及多种过程，如：养分循环；生物固氮；改善土壤结构和健康；水资源养护；能促进作物相关生物多样性的生物多样性保护和生境管理技术；碳汇；虫害生物防治和病害自然调节；多样化、混种、间作、品种混合；废弃物管理、再利用和循环，将其用作生产过程的投入物，如利用粪便和堆肥（Reijntjes 等, 1992; Altieri 1995; Nicholls 等, 2016; Wezel 等, 2014; Wezel, 2017）。农业生态做法包括采用农业生态方法应对新爆发的虫害，如非洲最近的秋粘虫大面积爆发（插图 5），或亚洲传统的作物动物混作系统，如稻田养鸭养鱼混合系统（插图 6）。

其中有些做法几十年来一直在世界各地得到不同程度的应用，而有些则是最近涌现，实际应用较为有限（Wezel 等，2014；Wezel 和 Silva，2017）。例如，有机肥、分次施肥、少耕、滴灌、病虫害生物防治、病虫害综合防治、选用抗性强的品种应对生物压力（疾病、虫害、寄生杂草）等做法已在温带农业大大小小的农场中广泛应用。生物肥料、天然农药及生物农药、多样化轮作、间作及套作、农林兼作、化感植物、在活的覆盖作物或覆盖物上直接播种、在农田、农场和景观层面将半自然景观因素一体化等做法在温带农业中不太常见，但在有些热带地区则十分普遍（Leakey，2014）。一些农业生态做法，如有机施肥和间作，是 20 世纪 40 年代随着有机农业的兴起而涌现出来的。

插文 5 非洲用于防治秋粘虫的农业生态做法

秋粘虫（FAW）是源自北美洲和南美洲的一种大食量农业害虫，2016 年首次在非洲大陆被发现（Goergen 等，2016）。此后，秋粘虫迅速蔓延到撒哈拉以南非洲地区，对几千公顷农地造成影响，每年因作物减产带来的经济损失可高达 130 亿美元（Abrahams 等，2017），对几百万农民的生计造成威胁。由于急于应对秋粘虫，各国政府有时采用大量使用农药的办法，不仅可能对人类健康和环境带来风险，还可能对病虫害生物防治措施造成破坏（Abate 等，2000；van Huis 和 Meerman，1997；Wyckhuys 和 O’Neil，2010）。

农业生态做法能提供适应地方条件、低成本的病虫害生物防治方案，包括：

- 可持续土壤和土地管理（如地面覆盖），能提升作物健康和应对虫害的能力（Altieri 和 Nicholls，2003；Clark 等，1993；Rivers 等，2016）；
- 间作，能通过间作植物散发的挥发性化学物减少害虫产卵量（Midega 等，2018），吸引新孵化的秋粘虫幼虫，提高其死亡率（van Huis，1981），为农田中的天敌提供栖生地（Rivers 等，2016）；
- 作物轮作，能提高土壤肥力，使农场环境多样化（Wyckhuys 和 O’Neil，2007；Meagher 等，2016；Rivers 等，2016）；
- 在多个空间，如农田和田边管理好杂草、灌木、树木和（半）自然栖生地，为多种天敌提供栖生地（Bàrberi 等，2010；Maas 等，2013，2016；Meagher 等，2016；Wyckhuys 和 O’Neil，2007；Bàrberi 等，2010；Sisay 等，2018；Leakey，2014；Morris 等，2015；van Huis，1981；Offenberg，2015）；
- 农民定期巡查，发现害虫并评估损失程度，为虫害防治决策提供依据（McGrath 等，2018）。

农业生态做法目前正在撒哈拉以南非洲地区作为秋粘虫综合防治计划的一部分加以推广，与之配套的做法还有作物育种、传统生物防治和化学农药的选择性使用（Harrison 等，2019；Thierfelder 等，2018）。

插图 6 中国西南部哈尼族梯田的传统稻田养鱼养鸭系统

稻田养鱼养鸭系统是中国西南部云南省哈尼族梯田所采用的一种重要的传统农业生态系统。种养结合和循环经济是该系统的核心。鱼和鸭能吃掉杂草和害虫，疏松土壤，从而改良水稻的生长环境，而同时水稻能为鱼和鸭提供食物、遮荫和栖生处。

除虫剂和除草剂不能用在这一系统中，因为它们对鱼和鸭具有毒性。因此，稻田养鱼养鸭系统的产品在消费者市场上很受欢迎。其价格通常比常规产品高出好几倍。例如，哈尼族梯田出产的红米、鱼、鸭价格分别比常规产品价格高 5、3、2.5 倍。

哈尼梯田还一直在尝试一种改良版稻田养鱼养鸭系统，目前正在推广。这种农业生态系统能在作物生长季里高效利用稻田的三维空间（和季节性）开展稻田养鱼，而在冬季休耕期则开展养鸭。其经济价值估计是仅在夏季单一种植半年杂交稻、冬季休耕的常规模式的 7.8 倍（Zhang 等，2017）。

这就是全球重要农业遗产（GIAHS）中的一个良好典范，将生物多样性、具有抵御能力的生态系统、当地社区和宝贵的文化遗产相互结合在一起。¹⁵目前全世界共有 50 处全球重要农业遗产，分布在 20 个国家（粮农组织，2002；Koohafkan 和 Altieri，2010；Koohafkan 和 Cruz，2011；高专组，2017b）。

1.1.3 农业生态学作为一场社会运动

传统的农业系统尽管多种多样，但都是生态系统和人类社区一代代的共同演化结果。因此，农业生态系统不能与居住在系统中的人类社区相互隔离开来，社会和政治动态变化是农业生态学的核心（Altieri，2004b；Wibbelmann 等，2013；Ploeg 和 Ventura，2014）。

农业生态方法往往在农业危机时应运而生，并和更大范围的社会运动一道促成大规模的变革（Mier y Terán 等，2018；插图 7）。这些社会运动倡导在农业生态学与充足食物权及粮食主权之间建立紧密联系。

粮食主权的概念最初在 1996 年世界粮食首脑会议上开展的国际讨论中由“农民之路”国际组织提出。2007 年，各民间社会组织和社会运动在马里 Nyéléni 齐聚一堂，将**粮食主权**界定为“人们获取用对生态有利、可持续的方法生产出来的健康、文化上可接受的食物的权利以及决定自己的粮食和农业系统的权利”（Nyéléni，2007）。粮食主权最初的七条原则包括：(i) 食物权是一项基本人权；(ii) 有必要开展

¹⁵ 见：<http://www.fao.org/giahs/en/>

土地改革；(iii) 保护自然资源；(iv) 重新组织食品贸易，为当地食物生产提供支持；(v) 解决跨国企业权力集中问题；(vi) 促进和平；(vii) 加强粮食系统的民主监管（农民之路，1996）。

2015年2月，在首届粮食主权国际论坛召开八年后，各类社会运动和代表小规模食品生产者的组织再次云集 Nyéléni，参加农业生态学国际论坛（Nyéléni，2015）。在最后发表的宣言中，各方认为“农业生态学是粮食主权构建过程中的一项关键内容”。在他们看来，农业生态学不是单纯的“狭义技术类别”，而是一场政治斗争，要求人们“向社会中的权力结构发起挑战并加以改革”，解决权力不平衡和利益冲突问题，以便“产生当地知识，促进社会公正，培育认同感和文化，强化农村地区的经济生存能力”。

农业生态学因此已成为世界各地多个社会运动和农民组织捍卫自身集体权利和倡导不同地区小规模食品生产者建立适应当地条件的多种农业和粮食系统的政治框架（Anderson 等，2015；Nyéléni，2015）。农业生态学被视为是一种自下而上实现粮食主权的途径，它以传统知识体系为基础，以科学为支撑，但不受科学主导，在农业生态系统中，发挥核心作用的是小规模生产者及其社区和组织，而非农产品企业。农业生态方法旨在打造与所在地区和生态系统密切关联的、适应当地条件的有抵御能力、可持续的当地粮食系统（Varghese 和 Hansen-Kuhn，2013；Nyéléni，2015；Anderson 等，2015）。有些国家政府已经采用了包含农业生态原则和粮食主权内容的政策，以便对粮食系统进行改革（Altieri 等，2012b；Wezel 等，2009；Lambek 等，2014）。

插图 7 巴西南部的 Rede Ecovida 网络

Rede Ecovida，意为“生态生活网络”，是巴西南部三个州中 150 个市倡导农业生态方法的合作社、农民团体、非营利组织组成的一个地方性系统。该网络在 20 世纪 70 年代作为一个范围较大的社会运动发展起来，主要围绕农业造成环境破坏、社会不公平现象和土地分配不均等问题开展活动。

Ecovida 网络目前包括 29 个农民组织、2700 个农户、10 个合作社、25 个协会、180 个农民集市和 30 个农产品私营公司。该网络的目的不仅仅是营利，还在于促使当地市场中的生产者和消费者之间实现团结经济（包括门到门销售、社区食堂、农民集市和餐厅）。它采用参与式认证的方法，确保农作措施符合农业生态原则，强化农民和城市消费者之间的关系/关联/信任。总之，这一网络倡导相互学习的方法、团结、公正、保护自然等理念。

资料来源：Perez-Cassarino（2012）；Mier y Terán 等（2018）。

1.1.4 农业生态学作为打造有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统的一种创新方法

如上文所述，近年来有关农业生态学的定义不断涌现，不同学者、机构或民间社会组织依照自己的理解给出细节上不同的定义。但他们之间的共同之处就是以发展可持续粮食系统为目标。参照这些不同定义以及本报告对粮食安全和营养的特别关注，我们以本章中的分析和信息为基础，为可持续粮食系统所需的农业生态方法提出一个定义（**定义 2**），其目的不是就农业生态学本身提出又一个新的定义。

定义 2 打造有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统所需的农业生态方法

农业生态方法提倡利用自然过程，限量使用购买的投入物，推广封闭循环，尽量减少对外界的负面影响，强调当地知识以及通过经验和常规科学方法开发知识和做法的参与式过程的重要性，并解决社会不平等现象。农业生态做法承认，农产品系统与社会生态系统从粮食生产到消费各环节均有着相互联系，它通过科学、做法和社会运动以及它们之间的融合来应对粮食安全和营养问题。

1.2 农业生态原则

科学家们已提出不同的农业生态原则（Reijntjes 等，1992；Altieri，1995；Altieri 和 Nicolls，2005；Stassart 等，2012；Dumont 等，2013，2016；Nicholls 等，2016；Peeters 和 Wezel，2017；均汇总在 Migliorini 和 Wezel，2018）。民间社会网络也开展了类似的工作（如 Nyéléni，2015；国际发展团结合作联盟，2018）。今天，农业生态学与农产品系统中一整套农业和生态管理原则以及更广义的社会经济、文化和政治原则都有着关联（如国际发展团结合作联盟，2018）。后几条原则最近才因农业生态社会运动的活跃而在文献中出现（**图 2c**）。

粮农组织（2018c）曾指出农业生态学的十项元素，为向可持续粮食和农业系统的转型提供指导。¹⁶这十项元素参考了有关农业生态学的关键性科学文献（特别是 Altieri，1995；Gliessman，2007），同时还参考了首届粮农组织生态农业国际研讨会（2014 年 9 月）后在全球、区域、国家层面开展的国家、国际组织、民间社会组织和私营部门之间的大范围、包容性多利益相关方对话的结果。

高专组在以上各项工作的基础上，对三个主要来源的各项原则进行了汇总和重组，最终提出了 13 条原则（Nicholls 等，2016；国际发展团结合作联盟，2018；粮农组织，2018d），形成了一整套最基本、不重复但又十分全面的农业生态原则。

¹⁶ 多样性；知识共创和共享；协力；效率；循环；抵御能力；人类和社会价值；文化和食物传统；负责任治理；循环经济和团结经济

这些原则围绕引言中提出的可持续粮食系统三大操作原则，即提高资源利用效率，加强抵御能力，保障社会公平/责任（见表 1）。每条农业生态原则都对应着与之有着最明确关系的操作原则。但由于这三大类之间相互存在关联，因此这种分类方法并非无瑕可击。例如，原则 3、5 和 6 不仅有助于加强抵御能力，也有助于提高资源效率。各项原则还与粮农组织的十项元素相关联。¹⁷

不同原则可应用于从地方到全球、从农田到整个粮食系统的不同层级或对不同层级产生影响。在农业生态系统或景观层级，有些生态过程，如水流，会涉及到较长距离，因此，一地农民的行为可能会跨越行政界线和国界，对远处另一地的人产生积极影响（清洁水的供应）或消极影响（洪水或被污染的水）（Jackson 等，2013）。从一地流失的土壤可能在另一地沉积，为粮食生产提供支持。最新研究表明，不仅地表水流很重要，不同大洲之间的大气流动也很重要，东非高地的植被变化会影响降雨，从而对萨赫勒地区的农业生产率造成影响（van Noordwijk 等，2014）。

这意味着资源循环和流动的概念（原则 1 和 5）应与所在层级联系起来，很多生态系统服务，如授粉、供水量和水质、生物多样性保护所需的栖生地等，只能体现在景观层面，因此只能通过农民和其它利益相关方的集体行动才能得到管理（Pagella 和 Sinclair，2014）。农业生态原则的应用往往着眼于减少当前农业生产模式带来的外部影响。在不同层级衡量和估价生态系统服务是一个必要的创新领域，有助于通过触及粮食系统可持续性的方式来衡量粮食系统的绩效。这一点将在第 2 章和第 3 章进一步阐述。

所有这些农业生态原则都能对粮食安全和影响做出直接或间接贡献。例如，原则 2（减少对购买投入物的依赖）尤其有助于减轻小农和贫困农民的粮食不安全，因为他们不用花钱购买投入物，减轻了对信贷的依赖性，从而也就可能有更多资金购买食物（Snapp 等，2010；Kangmennaang 等，2017；Hwang 等，2016）。这正是印度的“零预算自然农业”农业生态运动的首要目的（插图 8）。原则 9（社会价值和膳食）与原则 5（生物多样性）会对营养产生直接影响（Jones 等，2014b；Powell 等，2015；Bellon 等，2016；Demeke 等，2017；Lachat 等，2018；高专组，2017a,b）。知识共创（原则 8）也会对粮食安全和营养产生间接的积极影响（插图 9）。原则 11（互联）有助于强化当地经济，提高农场自留的增值部分，促使生产者更好地满足当地消费者对食物的需求。强有力的社会组织有助于支持这一点，因为它们能鼓励当地食物生产者和消费者更好地参与决策（原则 13）。

¹⁷ 见：<http://www.fao.org/3/i9037en/I9037EN.pdf>

表 1 13 条农业生态原则汇总

原则	粮农组织的 十项元素	应用层级*
提高资源利用效率		
1. 循环利用。 最好能利用当地可再生资源以及养分和生物质资源封闭循环。	循环	FI, FA
2. 减少投入物。 减少或消除对购买投入物的依赖，提高自给自足能力。	效率	FA, FO
加强抵御能力		
3. 土壤健康。 保障和改善土壤健康状况和功能，以促进植物生长，尤其是通过对有机物的管理和提高土壤生物活性来实现这一目标。		FI
4. 动物健康。 保障动物健康和福利。		FI, FA
5. 生物多样性。 维护和加强物种多样性、功能多样性和遗传资源，从而在农田、农场和景观层级时空层面维护整体农业生态系统多样性。	多样性的一部分	FI, FA
6. 协同作用。 强化农业生态系统中各组成部分（动物、作物、树木、土壤和水）之间良好的生态互动、协力、一体化和互补关系。	协同作用	FI, FA
7. 经济多样化。 通过确保小规模农民拥有更好的资金独立性和增值机会来实现农场收入多样化，同时帮助他们更好地满足消费者需求。	多样性的一部分	FA, FO
保障社会公平/责任		
8. 知识共创。 加强知识共创和横向共享，包括地方科学创新，尤其通过农民和农民之间的交流实现这一目标。	知识共创和分享	FA, FO
9. 社会价值和膳食。 在当地社区的文化、认同感、传统、社会和性别平等的基础上，打造合适的粮食系统，提供健康、多样化、应季、符合文化习惯的膳食。	人类和社会价值以及文化和饮食传统的一部分	FA, FO
10. 公平。 本着公平贸易、公平就业、公平对待知识产权的原则，为粮食系统中所有行动方获得有尊严、良好的生计提供支持，尤其是小规模粮食生产者。		FA, FO
11. 互联。 通过推动公平、短距离的流通网络和将粮食系统重新融入当地经济，确保生产者和消费者之间的近距离和相互信任。	循环经济和团结经济	FA
12. 土地和自然资源治理。 加强体制安排，提高家庭农业经营者、小农、小规模粮食生产者作为自然资源和遗传资源可持续管理者的能力，包括承认他们的作用和为他们提供支持。	负责任治理	FA, FO
13. 参与。 鼓励全社会动员，鼓励粮食生产者和消费者积极参与农业和粮食系统的地方性治理以及因地制宜的管理。		FO

* 应用层级：FI = 农田；FA = 农场、农业生态系统；FO = 粮食系统

资料来源：改编自 Nicholls 等，2016；国际发展团结合作联盟，2018；粮农组织，2018c。

有人提出，农业生态学要想对粮食安全和营养产生影响并促进可持续膳食，¹⁸就必须解决各级粮食系统中各方面的权力不平等（高专组，2017a；Mier y Teran 等，2018；Pimbert 和 Lemke，2018）。横向教学方法（原则 8）可称为农业生态学解决社会不平等问题的备选方案；原则 10-13 说明如何在农业生态方法中解决其它不平等问题。

在每种特定背景下还必须考虑到各种权衡利弊。例如，减少投入物使用量（原则 2）可能会导致生产率下降、收入减少，从而加重粮食不安全，具体情况依据投入物的数量和类型会有所差别。此外，农业生态方法如果是劳动力密集型，就可能加重女性的工作量，如果家庭内部的性别关系未能改变的话，会导致儿童的营养状况恶化（原则 9）。

插图 8 零预算自然农业 – 农业生态学在印度的推广

“零预算自然农业”既是一整套农作方法，也是印度卡纳塔卡邦的一场基层农民运动。据估计，卡纳塔卡邦共有 10 万个农户采用了这一方法，全国范围内有几百万农户采用了这一方法。2015 年，安得拉邦政府宣布其目标是到 2020 年让 50 万农民采用这一做法。

人们之所以对零预算自然农业方法感兴趣，其中一个原因是农民由于肥料、种子、能源和设备（机械化和灌溉）成本而承受着高额债务，这一点与高自杀率也有一定关系。过去 20 年，印度超过 25 万农民自杀。

“零预算”意味着无需依赖贷款和购买投入物，因此有可能通过大幅降低生产成本而解决高额负债的问题。“自然农业”意味着利用自然开展农作，不需要购买化学投入物。“零预算自然农业”方法包括地面覆盖、间作、控制灌溉、等高堤坝、使用当地蚯蚓品种和发酵微生物培养物、利用牛粪、糖、豆粉、尿和土壤对种子进行混合处理。

在地方层面，零预算自然农业主要在该运动的创始人，曾出版多部有关零预算自然农业相关著作的名为 Subhash Palekar 的一位农学家的推动下，通过志愿者、农民组织成员和社区领导人加以实施。在邦一级，在志愿者和联盟组织的支持下，人们举办了为期 5 天的强化培训营。对 97 名参与该项目的农民进行的调查表明，该做法提高了产量、种子多样化程度、产品质量、家庭粮食自主权、收入及健康水平，同时还降低了农场支出和对贷款的需求。

¹⁸ “可持续膳食指对环境影响较小且有助于子孙后代粮食和营养安全及健康生活的各类膳食。它们能保护和尊重生物多样性和生态系统，文化上可接受，容易获取，经济上公平，价格平易近人，营养丰富，安全，健康，同时还能优化利用自然资源和人力资源”（粮农组织，2012a）。

印度“零预算自然农业”的成功实施离不开以下各项战略性因素：

- **有号召力的领导人。**Subhash Palekar 作为一位具有很强号召力的教师，在通过书本、培训班和其它公众场合上的露面对推动零预算自然农业法起到了关键作用。
- **横向教学法。**虽然 Palekar 采用的是纵向教学法，但多数时候采用的教学法是农民和农民之间的交流和辅导。
- **扶持性公共政策。**在多个印度邦中提供邦一级的培训。
- **有利的地方市场。**至少有八家商店在班加罗尔和迈索尔等城市中专门零售“零预算自然农业”相关产品，但产品销售仍是一项挑战。
- **强有力的社会动员。**各邦都组织了训练营，非正式网络与联盟组织一道为零预算自然农业相关培训提供支持。
- **高效农作措施。**农民报告称产量、食物质量和收入均有所提高，同时农场支出和贷款均有所减少。
- **文化相关性。**零预算自然农业法可通过符合社会、文化习惯的方式应对农民对信贷和负债的关切。

资料来源：Khadse 等（2018）；Kumar（2018）；农民之路（未注明日期）

插文 9 马拉维为应对粮食安全和营养而开展的参与式农业生态研究

在马拉维，通过参与式教育和农业生态方法，几千个农户已经在妇幼营养、粮食安全、作物多样性、土地管理和性别平等等方面得到了大幅改善。这一长期计划之所以取得成功，秘诀就在于采用了反复、参与式、跨学科的研究方法，采用多种衡量标准，和参与计划的农民一道去评估和推动农业和社会方面的变化（Bezner Kerr 和 Chirwa, 2004; Nyantakyi-Frimpong 等, 2017）。农业生态学教育与营养和社会平等问题被通过互动式、基于对话的方法相互结合，如烹饪日、讨论组、戏剧表演等方法（Satzinger 等, 2009; Bezner Kerr 等, 2016a; Bezner Kerr 等, 2018a）。通过由同伴驱动、农民主导的方法动员各社区去试验和采用农业生态做法，如豆类间作、堆肥、农林兼作和作物多样化（Bezner Kerr 等, 2007; Bezner Kerr 等, 2018b; Owoputi 等, 2018）。当农民菜园更具农业生态学特征的做法时，如将富含养分的豆科作物纳入以玉米为主的种植系统，他们的产量变得更具稳定，肥料支出有所减少，土被有所增加（Snapp 等, 2010; Kangmennaang 等, 2017; Owoputi 等, 2018）。参加社区教育项目的采用农业生态做法的农户在儿童发育、粮食安全、孕妇膳食多样化以及自我报告的健康状况等方面均取得大幅改善（Bezner Kerr 等, 2010; Nyantakyi-Frimpong 等, 2016a; Owoputi 等, 2018）。另有证据证明，性别平等以及有家庭成员携带艾滋病病毒的家庭在社区中的社会平等状况均有所改善（Bezner Kerr 等, 2016b, 2019; Nyantakyi-Frimpong 等, 2016b）。配偶之间就农作措施相互开展讨论的家庭通常有着较高的粮食安全和膳食

多样化水平。农民们开始为自己的试验活动、传统知识和辅导他人的能力感到自豪（Bezner Kerr 等，2018b）。一些社区组织了种子共享和农业生态知识共享活动，并报告称由于土壤质量提高，在降雨不利情况下的抵御能力有所提高（Bezner Kerr 等，2018b，2019）。

从案例中得到的关键发现：

- 农民和农民之间的教学和试验活动是主要的教学方式，对知识共享十分有效。
- 对包括性别不平等在内的不平等社会关系进行评估、讨论和逐步改善。
- 当地社区制定相关教育策略，以不断反复的方式解决不平等问题。
- 要将农业生态学与粮食安全和营养联系起来至少需要两年时间才能看到成果，并要求采取跨学科、参与式方法。

1.3 农业生态方法为低收入国家农村消费者的粮食安全和营养做出贡献

农业生态做法不仅有助于粮食安全和营养，还有助于通过跨领域的综合方式（粮农组织，2018a）实现可持续发展目标 10-17（联合国，2015），同时有助于解决贫困与饥饿、教育、性别平等、体面劳动及经济增长、减轻不平等、负责任消费与生产、气候行动、务农生活、和平与公正等问题。农业生态学与各项可持续发展目标一道，还有助于落实“科罗尼维亚农业联合工作”（KJWA）（St-Louis 等，2018）有关适应、土壤、养分利用、粪便管理和畜牧系统的内容（见第 2.c、2.d 和 2.e 点），并推动实现《巴黎气候协定》、《生物多样性公约》和《联合国防治荒漠化公约》的目标（粮农组织，2018a）。

除了关注单产和总产外，就农业生态方法对粮食安全和营养做出的贡献开展评估时，还应纳入多项指标，考虑到农业对社会、经济、环境的影响。

农业生态方法当前和未来都能为保障人人享有可持续膳食发挥重要作用，成为有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统中的一部分（De Schutter，2011，2012；可持续粮食系统国际专家组，2016，DeLonge 等，2016）。大量研究发现，多样化农作系统（一条关键的农业生态学原则）、家庭膳食多样化和营养之间有着正向关联（Talukder 等，2000；De Clerck，2013；Oyarzun 等，2013；Jones 等，2014b；Khoury 等，2014；Carletto 等，2015；Kumar 等，2015；Olney 等，2015；Shively 和 Sununtnasik，2015；Jones，2017）。

Bliss 等（2017）分析了尼加拉瓜 30 户家庭的多样化农作系统。对农民而言，膳食多样化是驱动农田多样化的一个因素，继而提高作物多样化程度，使收获时间各不相同，意味着全年的粮食供应有了更好的保障。Bellon 等（2016）发现，在贝

宁南部，农场多样化生产与女性的膳食多样化评分（DDS）¹⁹之间有着正向关联，因为农场生产的食物多数供自身消费，而非出售。Jones 等（2018）也发现，在秘鲁的安第斯山脉地区，农场农业生态多样化有助于促使女性享有更加多样化、更富含微量元素的膳食。

Becerril（2013）对墨西哥的 390 个农户进行调查后，发现采用传统多样化“milpa”系统（玉米、豆类、南瓜间作）的家庭与采用多样化程度较低的其它系统的农户相比，其体重指数有所改善。Luna-González 和 Sørensen（2018）在研究危地马拉玛雅 Achí 人时，发现营养功能多样化和膳食多样化评分都与作物和家畜品种多样化（源自传统 milpa 间作系统、家庭菜园、当地市场、野外采集）之间有着正向关联，但膳食多样化评分较高并不一定意味着儿童人体测量数据较理想。其它因素，如难以获取医疗服务或安全的水，可能会阻碍儿童生长。在马拉维北部开展的研究表明，豆类间作加上考虑文化价值的参与式方法以及加强性别平等等措施，使粮食和营养安全水平有所提升（Bezner Kerr 等，2016c；Nyantakyi-Frimpong 等，2016b；见插图 9）。很多马拉维家庭仍面临粮食不安全和营养不良（Ecker 和 Qaim，2011），导致健康受损，包括幼儿发育迟缓（粮农组织，2014a），因此以上结果就显得尤为重要。

Gotor 等（2018）在乌兹别克斯坦对一项有关水果品种保护和利用的项目开展了研究，结果表明，种植水果品种较多的家庭食用的水果数量较多，有助于提高膳食多样化程度。Dawson 等（2013）表示，农林兼作能充分利用果树品种的物候特性差异，补充关键养分（尤其是维生素 A、C、B6），全年保证膳食多样化。他们强调，即便在干旱环境以及草本植物无法在没有灌溉的季节生长的时候，果树发达的根系也能储存水分，实现高产，促进膳食多样化。在马查科斯（肯尼亚），普通家庭只需在农场各处分散种植 20 棵 10 个不同品种的果树（在地头、房屋四周或农田中）或集中种植在面积为 8×18 米²（0.015 公顷）的果园中，就能实现全年膳食多样化（Kehlenbeck 和 McMullin，2015）。Bacon 等（2017）对 368 个咖啡种植户进行调查后，发现如果开展农林兼作的农户自己种植大部分所需食物并将果树和红豆作物纳入多样化生产系统中，就能加强自身的粮食安全状况。然而，各位研究人员同时也提出警示，并非所有的多样化模式都对粮食安全和营养的各项指标产生同样的积极效果。一项荟萃分析表明，非洲 5 岁以下儿童的膳食质量指标与景观层级的树木覆盖率有着显著正向关联，树木覆盖率中等（45%）的情况下水果和蔬菜消费量最大，此后呈下降趋势（Ickowitz 等，2014）。

¹⁹ 有关膳食多样化评分（DDS）的详情参见 <http://www.fao.org/3/a-i1983e.pdf>

在家庭菜园中采用农业生态做法开展多样化生产有助于保障食物获取难的贫困家庭实现粮食安全和营养。加纳的家庭菜园种植者利用间作、留种、有机肥和作物残茬和生活垃圾等手段，提高了自己的食物可供性、获取和营养供给（Bagson 和 Naamwintome, 2012）。Vijayalakshmi 和 Thooyavathy（2012）在研究家庭菜园对女性营养状况的影响时，也发现了类似的结果。Ferdous 等（2016）在对孟加拉国 12 个家庭开展的一项小型研究中，发现接受过 Rangpur 模式（一种基于七种生产方式的 家庭种植战略，选择 14 种蔬菜进行全年种植，同时还有水果和适应当地条件的作物）培训的家庭会食用更多蔬菜。实施干预后，蔬菜摄入量几乎翻倍，达到 55–79 公斤/人/年，而干预前仅为 21–30 公斤/人/年。

多项研究表明，有机农作措施能对粮食安全和营养产生积极影响（Miyashita 和 Kayunze, 2016; da Silva 等，2018; Kamau 等，2018）。例如，Miyashita 和 Kayunze（2015）发现，坦桑尼亚的有机农业与常规农业相比，对粮食安全和营养造成的影响相差巨大。而 Kaufman（2015）在泰国北部对 139 个农户开展的研究则表明，有机农业与常规农业相比，对粮食安全产生的影响有所不同。虽然从事有机农业的农民与常规农民相比，平均粮食安全水平较高，负债水平较低，但研究结果并不具有统计学显著意义（Kaufman, 2015）。论文作者的结论是，应加大力度为有机产品市场建设提供支持，将有机生产者的成果转化为对粮食安全和营养的巨大贡献（Kaufman, 2015）。

相反，有些研究则未发现农业生态做法的应用与粮食安全和营养各项指标之间有着任何显著关联。例如，尼日利亚的农场多样化生产未对调查所涵盖的最贫困家庭的膳食多样化评分产生任何影响，虽然中等收入和高收入家庭膳食多样化水平的提高十分明显（Ayenew 等，2018）。Ng'endo 等（2015）发现在肯尼亚，农业生物多样性与家庭粮食安全和营养之间没有明显关联。

1.4 农业生态学中的争议领域和知识空白

关于农业生态方法各方（实践人员、研究人员、社会活动家）并没有统一的定义，同时也未就这些方法的各项复杂组成部分或它如何推动粮食系统转型达成共识。虽然这使得各方很难确定到底哪些是农业生态做法、哪些不是，但同时也提供了一定的灵活性，让农业生态方法能够以适应当地条件的方式得以发展。因此，本节认为有必要对关键争议领域和知识空白进行分析。

1.4.1 粮食生产在政治和社会方面的影响

一些研究人员、粮食系统行动方和社会运动就社会和政治方面的影响是否应该被视为农业生态学不可分割的一部分以及它们是否对农业生态学的变革属性起着决

定性作用存在分歧（Méndez 等，2013；Rosset 和 Altieri，2017；Sanderson Bellamy 和 Ioris，2017；Giraldo 和 Rosset，2018）。De Molina（2013）认为，如果不能认识到农业生态学的社会和政治方面的影响，可能会给边缘化群体在社会、环境、粮食安全和营养方面带来不利影响，因为他们习惯于“一切照常”的传统农业改进做法。这一观点与关于政治、社会、经济背景如何决定在应对粮食安全和营养时如何采用技术而开展的研究是一致的（Bezner Kerr，2012；Gómez 等，2013；Stone 和 Glover，2017）。

有些论文作者建议将在应对粮食安全和营养过程中考虑政治和社会因素的较广泛层级的政治或变革型农业生态学与农田层级的技术型农业生态学区分开来（Méndez 等，2013；Sanderson Bellamy and Ioris，2017）。

人们尤其关注通过农业生态方法解决性别和社会不平等以及相关的劳动力和经济问题的重要性（Batello 等，2019；Bezner Kerr 等，2019）。其他论文作者则指出，如果能将农业生态学纳入更广义的粮食系统政策干预计划或粮食主权计划中，就能对粮食安全和营养产生积极影响（Kanter 等，2015；Wittman and Blesh，2017）。

一种公正的粮食系统（Pimbert 和 Lemke，2018）应该解决好内部的薪酬和劳动条件（原则 10），以便直接与粮食安全和营养挂钩。通过改善农场劳动者、生产者、市场中介、企业家和加工者的生计状况，就能让他们增加收入，用于购买食物。缩短生产者和消费者之间的距离以及重振地方粮食系统（原则 11）则有助于改善地方经济。例如，如果在较长的供应链中减少被中介或其他行动方拿走的产品销售和流通费用，生产者就能获得更多利润。此外，当地食品企业和零售商也能提高自己的利润，与当地消费者建立起更好的联系，提升自身知名度。此处重要的一点是，生产者能更有效地满足当地消费者的真实食物需求。这一点得到社会组织的有力支持，它们有助于推动粮食生产者和消费者更好地参与决策过程（原则 13）。

1.4.2 标签难：与有机农业联手

正如很难就统一的定义达成共识一样，要想建立统一的标签和标识机制也同样困难。然而，一些利益相关方团体和公司正在采取措施。人们提议的其中一种认证形式是参与式保障制度（PGS），采用由生产者、研究人员、消费者共同参与的民主流程开展认证（见附件 1 中的插图 32）。

在与其他创新方法区分时可能会遇到困难。例如，人们正就有机农业和农业生态学之间的共同之处、不同之处以及相互之间的融合展开辩论（Migliorini 和 Wezel，2018）。人们还在就农业生态型生产是否应该禁用合成农药和化肥展开辩论，就像有机农业那样（少数例外），或只允许在一定程度上或在规定条件下使用。

1.4.3 靠农业生态做法能养活全世界吗？

有些人认为，农民无法靠农业生态做法养活全世界，另一些人则认为没有农业生态学就不可能在未来养活全世界。这种争论与有关有机农业是否能够养活全球人口的各种不同观点非常相似（De Ponti 等，2012，Muller 等，2017）。

各方普遍估计，要想养活 2050 年预计将达到 97 亿的全球人口，就必须增加农产品产量，这就要求在全球粮食系统中实现重大变革（高专组，2016；Berners-Lee 等，2018；Le Mouél 等编，2018），尤其在非洲（van Ittersum 等，2016）。在该建模过程中，最终的估计值取决于是否考虑到了粮食损失与浪费、城市化与不断变化的膳食、非食品用途（动物饲料、生物燃料等）（高专组，2013b，2014；Kahane 等，2013；Keating 等，2014；Berners-Lee 等，2018；Le Mouél 等，2018；Keating 和 Carberry，2010；Alexandratos 和 Bruinsma，2012；Valin，2014）。粮农组织（2017b）估计，全球农产品产量在 2012 年至 2050 年间必须增长近 50%。

然而，正如之前的假设受到质疑一样，需要农产品增产的观点也备受争议：有些估计结果表明，当前的食物产量已经足以养活 90 亿人（可持续粮食系统国际专家组，2016；高专组，2014，2017b；Chappell，2018），甚至 97.5 亿人（Berners-Lee 等，2018）。有关农业生态做法是否能够养活全世界的辩论可能建立在一个错误的前提上，因为即便在当今的高产量水平下，粮食不安全和营养不良问题依然久久无法得到解决（Chappell，2018；高专组，2016，2017b），哪怕是在巴西和南非这样的粮食出口国里（粮农组织等，2017）。今天，生产出来供人类食用的食物中近三分之一出现损失或浪费，而不同形式的营养不良在多数国家中同时存在（高专组，2014，2017b）。全球范围内，约有 8.2 亿人依然受到饥饿的困扰（粮农组织等，2018），约 20 亿人超重或肥胖（Ng 等，2014），预计 20 亿人因缺乏微量元素（铁、碘、维生素 A、叶酸和锌）而营养不良（高专组，2017b）。粮农组织（2018e）发现，即便农业总产量增长 50%，如果延续“一切照常”的做法，可能会导致 2050 年出现严重的食物不足现象。相反，即便农产品产量仅增长约 40%，如果采用“实现可持续性”的做法，那么通过更为均衡的膳食、更加可持续的生产和消费方式以及更加公平的食物和收入分配方式，加上采用农业生态方法，也有望大幅减少食物不足现象，提高营养安全水平。

因此，光靠增产可能不足以保障粮食安全和营养的所有四个维度（可供性、获取、利用、稳定性）（粮农组织，2018b）。越来越多的人已认识到，饥饿和营养不良可能不仅仅是粮食产量问题，而主要是因为所有权不同而导致对食物、自然资源（土地、水、遗传资源）、投入物、市场和服务的获取机会不平等（Sen，1981；Smith 和 Haddad，2015；高专组，2017b）。高专组以往报告已详细讨论过粮食和资

源获取不平等的问题（见：高专组，2011a,b, 2012, 2013a, 2015, 2016, 2017c）。因此，农业生态方法被认为是实现粮食安全和营养的有前景的途径，因为它不仅仅考虑生产率，同时还提出要解决社会不平等和权力不对称问题（Massett等，2011；Kanter等，2015；高专组，2018），包括性别不平等和少数族裔不平等问题（Massicotte，2014；Bezner Kerr等，2019）。

此外，“养活全世界”有时还涉及卡路里能量或产量，包括有关不同农作系统在营养方面的含义（高专组，2017b）。但满足千卡能量需求不一定就自动等同于营养安全（Pingali，2015；Traore等，2012；Keating等，2014），因为有些能量消费（如高糖、高盐或高脂肪食品）可能会使营养状况恶化（高专组，2017b）。粮食安全和营养指标目前已不仅仅包含卡路里数值，还包含有关儿童成长、膳食质量和个人及家庭层面报告的粮食不安全经历等指标（Arimond等，2010；Carletto等，2012）。

在世界上很多地方，所谓的“工业化”农业模式严重依赖化石燃料和化学投入物，在提高农业生产率的同时却造成了生物多样性丧失、土地退化、土壤肥力降低、土壤和水受到化学污染等问题，给人类、动物和地球健康带来严重后果（Kremen和Miles，2012）。最近一些研究表明，因为以上负面影响，工业化农业无法为有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统提供长远保障（Campbell等，2017；Frison等，2011；可持续粮食系统国际专家组，2016；Mahon等，2017；Kremen和Merenlender，2018）。此类生产系统造成的膳食不均衡问题已日益成为一个争议话题，需要引起消费者更多关注（高专组，2017b）。

此外，多项研究向常见观念提出了挑战，这种常见的观念认为，农业生态系统与“常规”或“工业化”农业模式（集约化和专业化）相比生产率较低，因此无法为养活全世界做出较大贡献。

例如，Poux和Aubert（2018）最近就农业生态方法（包括禁用农药和合成肥料、提倡更健康的膳食、利用树篱、林木、池塘和其它栖生地提高生物多样性）是否有潜力养活欧洲进行了建模。他们估计，这种方法可能会使产量减少35%，但仍可满足欧洲和出口市场对谷物、奶类、葡萄酒的需求，温室气体排放量将减少45%，生物多样性和自然资源将得到改善。Pretty等（2003）、De Schutter（2010, 2012）、Ponisio等（2015）以及Reganold和Wachter（2016）总结了主要来自热带和亚热带国家的众多案例，展示农业生态做法或有机农业带来的大幅增产效果。Pretty等（2003）表示，每个农场的加权平均增产幅度为37%，每公顷为48%，而d'Annolfo等（2017）在荟萃分析中显示，在采用农业生态做法后，61%的案例出现增产，20%的案例出现减产，而66%的案例看到了农场获利能力的提升。

由于下文将要提及的农业生态研究投资不足问题，因此有关目前记录的案例到底有多少代表性以及采用的农业生态方法中到底哪些方面有助于增产和盈利目前尚无定论。

1.4.4 知识体系

人们就土著和当地粮食生产者在知识创建中发挥的作用和做出的贡献以及此类知识背后的文化背景的重要性一直不断开展争论，争论内容包括女性、老人、仪式、社区组织所发挥的作用以及与科研人员的互动机会等（国际农业知识与科技促进发展评估，2009；Etkin，2006；Méndez 等，2013；Snapp 和 Pound 编，2017；国际环境与发展研究所，2018）。此处的当地知识指特定人群拥有的知识（Sinclair 和 Walker，1999）。它包括传统知识（代代相传）、与文化相关联的土著知识以及从当地观察和试验结果中获得的当代知识（Sinclair 和 Joshi，2004）。有人认为，传统知识较深入，但范围狭窄，而科学知识范围较广，但较肤浅，农业生态学要通过不同知识流之间的相互结合实现知识共创（Vandermeer 和 Perfecto，2013）。学者和土著人群还就当地知识是“新”科学知识这一理念展开了辩论，并警示避免将这类知识从其它社会生态知识中分离出来（Barthel 等，2013；Massicotte，2014；国际环境与发展研究所，2018）。越来越多的证据表明，很多当地农业生态知识都在不断动态变化，它以农民的日常观察和试验为基础，与全球科学知识相类似，并对其做出补充（Richards，1985；Sinclair 和 Walker，1999；Thorne 等，1999；国际农业知识与科技促进发展评估，2009；Cerdán 等，2012；Kuria 等，2018）。有些农业生态知识由生活在特定地点的人们普遍拥有（Joshi 等，2004），但有时候社区内部的不同人群可能有着不同兴趣和机遇去观察农业生态过程，结果因性别或其它社会差别而导致人们拥有的知识各不相同（Crossland 等，2018）。

有关农民和社会运动在农业生态知识和农业生态研究中的作用的辩论往往涉及是否能够有效“扩展”农业生态学（Pimbert 编，2018a）。属于“政治农业生态学”流派的一些学者和社会运动一直强调要通过民主过程创建农业生态知识，让由小规模粮食生产者主导的、权力下放型、自主的知识创造过程成为与通过更正规的科学方法创造的特定技术知识具有同样的重要性（Massicotte，2014）。研究人员还指出有必要让农业生态学明确关注性别、少数族裔和其它社会不平等问题，以便有效地对粮食安全和营养产生影响（Massicotte，2014；Bezner Kerr 等，2019）。

这些问题会造成社会运动和科研人员之间的紧张关系。如果不尊重科学创造知识和判断知识有效性时所采用的方式，不解决科学知识产生过程中的道德和社会监管问题，不考虑非学术行为方对知识产生所做出的贡献，就会出现这种情况，尤其是在做出投资决策和存在权力不平衡现象的情况下。由于考虑到这些情况，目前已明确做出努力在不同知识系统之间搭建桥梁（Mendez 等，2013；Tengö 等，2014）。

1.4.5 知识空白

对农业生态方法的公共投资严重短缺，估计仅占农业和援助预算的 1%至 1.5%，是导致遗留知识空白的原因之一（DeLonge 等，2016；Miles 等，2017；Pimbert 和 Moeller，2018）。过去 50 年对农业研究的大多数私人 and 公共投资主要用于“绿色革命”相关技术（包括农用化学品和机械化），尤其是遗传学（Vanloqueren 和 Baret，2009；DeLonge 等，2016；Miles 等，2017；Pimbert 和 Moeller 2018）。例如，在英国，自 2010 年以来，对农业生态项目的援助通常占农业援助总额的不到 5%，占援助预算总额不到 0.5%（Pimbert 和 Moeller，2018）。在美国，与多样化系统相关的研发经费（农业生态系统的主要途径）占公共农业研究经费总额不到 2%（Carlisle 和 Miles，2013）。粮农组织估计，2018-2019 年的工作中有 8%对农业生态转型有利（粮农组织，2018f）。

此外，大多数教学和研究机构以及推广服务机构都以所谓的“工业化”农业模式为导向，而不是推广农业生态技术。常见的农学教育项目多数着眼于常规农业中的单一解决方案。目前已经有越来越多的教育项目开始重视更加系统化、更加全面的方法以及体验式学习（Francis 等，2011，2017）。

因此，农业生态方法和占主导地位的“工业化”农业模式相比较时，需考虑农业生态研究、教育和推广在资金上的不利处境（DeLonge 等，2016；Pimbert 和 Moeller，2018）。

两项关键知识空白是如何有效将农业生态学与公共政策结合起来去解决粮食安全和营养问题（Sabourin 等，2018），农业生态学对社区中不同群体会产生哪些经济、社会影响，包括劳动力成本及粮食安全和营养（Sanderson Bellamy 和 Ioris，2017；Bezner Kerr 等，2019）。

对“工业化”系统和农业生态系统之间产量差距的评估是一个非常活跃的研究领域。虽然多项研究已经指出，农业生态方法的产量与前者基本持平，产量稳定性更高（尤其在极端天气条件下），且获利更多，但仍需在更宽泛的社会生态条件下开展进一步研究（d’Annolfo 等，2017；Sanderson Bellamy 和 Ioris，2017）。

有关如何采用有助于民主进程同时又能满足边缘化人民需求的方式推动农业生态方法的研究也相对欠缺，但有部分证据证明，如果能消除政治和经济障碍，那么采用因地制宜的方法就能有效地应对粮食安全和营养以及可持续粮食系统相关问题（可持续粮食系统国际专家组，2016；Mier y Terán 等，2018；Sinclair 和 Coe，2019）。

要应对气候变化、提高对气候的抵御能力，就必须设计出具有抵御能力的农业系统。抵御能力对于那些最容易遭受长期旱灾、洪灾和强风等极端天气事件的地区尤为重要（Ching 等编，2011；Koochafkan 等，2012；Rhodes，2013；Scialabba 和 Müller-Lindenlauf，2010；Altieri 等，2015）。Holt-Giménez（2002）指出，农业生态系统更适应于此类背景，甚至可能有助于减轻气候变化的影响。然而，要想更好地了解不同背景下能支持更具抵御能力的系统的相关进程仍需进一步开展研究。有关如何为此类转型提供支持以及需要克服哪些障碍，目前仍存在很多知识空白（Gliessman，2016；Côte 等，2019）。已认定某些“内在障碍”可能会阻碍向农业生态系统的转型，但仍需要进一步了解，这些障碍包括：途径依赖性²⁰；高劳动力成本；低能源成本；鼓励出口型农业以及大量使用化石燃料和化学投入物的贸易和农业政策；消费者对低价食品的期望及大众零售标准；科研、政治、商务领域里各自为政、目光短浅的思维方式；不合理的绩效指标（Vanloqueren 和 Baret，2009；可持续粮食系统国际专家组，2016；Roesch-McNally 等，2018）。粮食系统以及投入物、加工、零售部门中的权力集中是阻碍向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型的一项主要内在障碍（Howard，2015；可持续粮食系统国际专家组，2016，2017a，高专组，2017a），因为主要行动方会对科研、政策和商务领域中研究课题的形成和所提出的解决方案施加影响（可持续粮食系统国际专家组，2016）。长期以来“养活全世界”的专一理念就是这一影响的范例，因为它仅仅关注产量，而忽略了生态健康和粮食系统产生的社会影响（Bené 等，2019）。

1.5 通过农业生态转型实现更可持续的粮食系统

前几节认为，农业生态有望采用全面、系统的方法，为打造更加可持续的农业和粮食系统提供转型途径（可持续粮食系统国际专家组，2016；Elzen 等编，2017）。Gliessman（2007，2016）将农业生态转型分为五个不同层级，详情参见图 3。

在第 1 级，转型途径侧重于通过减少或避免使用高成本、不可再生、稀缺或破坏环境的投入物来提高资源效率。在第 2 级，希望利用生态过程来替代化学投入物，例如利用共存的生物群（如植物微生物群或天敌）或遗传学特征（如对生物应力因素具有抗性的品种）来提高植物的养分吸收、应激能力和抗病虫害能力（Singh 等，2018）。

第 1 级和第 2 级都属于逐步积累型，第 3 至第 5 级则属于变革性。第 3 级旨在重新设计农业系统，以加强其抵御能力，包括采用多样化、循环、改善土壤管理、自给自足和减少对购入投入物的依赖等措施（Côte 等，2019）。其中一个例子是加强农场结构和管理多样化，采用各种轮作、多茬耕作、农林兼作和农牧混合经营

²⁰ 据可持续粮食系统国际专家组（2016）称，“工业化”农业模式对高水平前期投资的要求使得农民很难在自身的生产系统中做出结构性变化。

等措施。在这一级，应重点关注农业生态系统中不同组成部分（畜牧、作物、树木、土壤和水）之间的融合，例如战略性利用作物残茬作为地面覆盖物或畜牧饲料，同时还需关注加强农场和景观层面的协作。

第 4 级和第 5 级将关注重点扩大至整个粮食系统。第 4 级旨在通过农民市场、社区支持的农业或粮食公平贸易等替代性粮食流通网络重新将生产者与消费者联系起来，为保障社会公平/责任做出贡献。最后，第 5 级涉及到建立一种新的全球粮食系统，不仅能够做到可持续，还能有助于恢复和保护地球的生命支撑系统。终极目标是设计出现在和将来都能够可持续保障所有人粮食安全和营养的粮食系统。插图 10 展示的是目前法国德龙河谷正在实施的向可持续粮食系统的转型模式。

插图 10 采用区域方法打造可持续粮食系统：德龙迪瓦河谷（法国）

位于法国东南部的德龙迪瓦河谷地区 2006 年约有 5.4 万名居民（法国国家统计局，2011），这里有着多种多样的农业生态系统，包括山区的畜牧养殖业、坡地上的酿酒业、谷物、水果和薰衣草生产以及地势较低的河谷地区的谷物、禽类、核桃和水果生产。有机农业已成为重要的生计手段，采用农民之间知识共享加上合作社和有机供应链相结合的办法，河谷地区有机农民占比约 40%（全国范围内这一比例仅 8%）。

Biovallée 项目旨在通过多管齐下的方法，将德龙河谷及其周边地区打造成为生态带头人，具体目标为：(i) 到 2025 年将能源消费量减少 20%，到 2040 年减少 50%，到 2025 年使本地可再生能源满足 25% 的本地需求，到 2040 年满足 100% 的需求；(ii) 到 2020 年将半数农民和耕地面积转为有机农业；(iii) 保护农村土地不被城市化侵占；(iv) 到 2025 年集体/机构餐饮部门 80% 的产品为有机产品或本地产品；(v) 到 2025 年将半数垃圾转运至处理中心；(vi) 到 2025 年在本地区各可持续部门创造 2500 个新岗位；(vii) 就与可持续发展相关的研究、教育和能力建设工作开展投资，创造就业机会。

该项目的一项是供应链基础设施和跨部门合作方面的一种社会创新。项目成立了一个迪瓦地区农业发展委员会，为有机农业试验、市场、技术进步和培训提供平台。项目建设了一个大型食品集散中心和蔬菜加工厂，便于对有机食品开展公共采购和配送至学校食堂和托儿中心。一个由生产者、消费者和雇员共同治理的社会企业 *La Carline* 将当地消费者与有机生产者联系起来，企业成员数已由 30 户增加至 600 户，2014 年年营业额为 120 万欧元。在 Biovallée 项目启动之前，这里的独立有机投入物供应商、合作社、工会和市政委员会已经建立了相关网络。²¹

由于新建了农业知识交流小组（CÉTA），加上有机农民参加当地合作社并有时成为行政委员会的领导，因此有助于推动有机农民和常规农民之间的互动。这些互

²¹ 见：<https://biovallee.net/>

动活动使得有机农业从一种小众的做法逐步发展成为一种体制化主流做法，开启了新的农业模式，同时鼓励农民采用最佳可持续做法。农会还设立了有机推广服务，目前该河谷地区有着全法国数量最多的有机推广咨询人员。德龙河谷还建立了多个可持续发展培训中心。

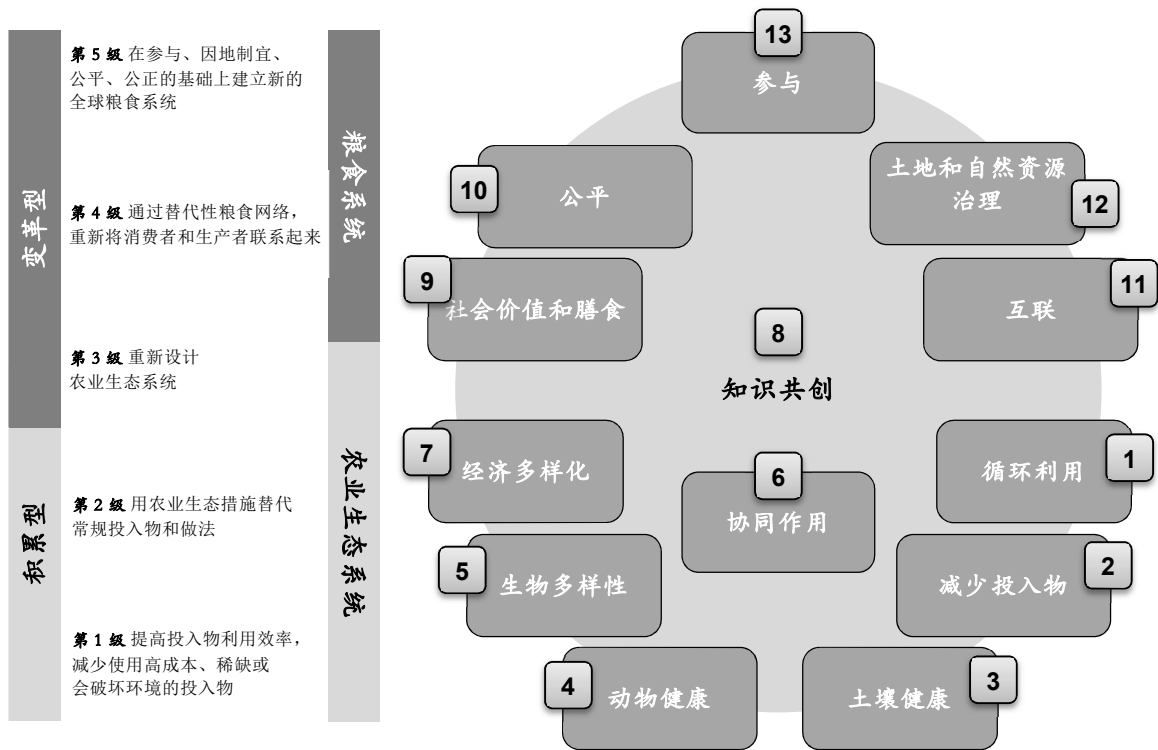
当地政府已加大了对合作社和供应链的支持，因为他们希望将整个河谷地区打造成一个优质生态生产和可持续发展区。2012 年法国有关农业生态项目的国家战略也为该河谷地区相关举措提供了支持。²²

总之，德龙河谷通过一系列有机农业研究和能力建设、公共采购和社会企业创新等活动，已大幅增加了多样化有机生产、消费和相关的商业机会。

资料来源：法国农业、食品、渔业、农村事务及土地整治部（2010）；法国国家统计局（2011）；Wezel 和 David（2012）；Bui（2015）；可持续粮食系统国际专家组（2018）。

²² 详情参见：法国国家生态转型战略：<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-transition-ecologique-vers-developpement-durable-2015-2020>

图3 可持续粮食系统转型的五个层级以及农业生态学相关原则



资料来源：左侧的转型内容改编自 Gliessman (2007)，右侧的圆角方块代表表1中的农业生态学原则汇总。

2 可持续粮食系统创新

以往高专组报告及其它主要报告已表明，农产品系统中“一切照常”的想法是行不通的，有必要对农业和粮食系统进行重大变革，以应对营养不良带来的多重负担，尤其就最脆弱和最边缘化人群而言，同时为实现《2030 年议程》做出贡献（高专组，2014，2016b，2017b；可持续粮食系统国际专家组，2016；农业和粮食系统促进营养全球专家组，2016a，2016b；粮农组织，2017b）。

如本报告引言所述，要实现变革，就要求粮食系统中各环节的逐步积累型转型和更具结构性的变化都以一种协调、综合的方式开展，也就是要涉及食物生产和供应链、食物环境和消费侧（高专组，2017b）。由于各国之间以及各国内部有着各不相同的粮食系统，且面临多种多样的挑战与局限，粮食系统中各行动方必须因地制宜设计出转型途径，打造可持续粮食系统（高专组，2016，2017b）。这些转型途径可以相互不同的依据为基础，各自提出一系列促成变化的备选方案。

本章首先简明介绍创新理论和相关概念，随后结合附件 1 的内容，提出和介绍向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型过程中的主要替代性创新方法。随后找出这些方法所遵循的共同原则和独有原则，并将其与实现粮食安全和营养结合起来进行评估，最终确定一项新要求，作为一条新的可持续粮食系统操作原则和粮食安全和营养的新支柱。

2.1 创新：概念和定义

创新对于实现粮食系统变革至关重要，因为它涉及到人们在未来如何采用与以往不同的方式开展工作。创新与研究发明有着明确差别（Schumpeter，1939），因此“创新完全可以无需发明，而发明不一定会带来创新”。世界银行（2010）对二者之间的差别进行了进一步解释，认为创新是“在特定背景下传播某种新的东西，但并非是绝对意义上的新”，因此“未经传播和使用的东西就不是创新”。粮农组织（2014b）进一步指出，创新包括“给使用者带来巨大的社会和/或经济益处的东西”，世界银行（2010）强调，从自身的立场看，“创新应最终惠及大批人民，包括最贫困群体”。

这说明不仅有必要开发新的技术、市场机制或体制安排，还需要通过让最贫困人群更好地承受现有创新的价格、更容易获得创新手段，同时让创新更适应不同地方条件，无论在政治、社会、文化、经济或环境各方面（Wyckoff 2016；粮农组织，2014b；高专组，2017a）。因此，创新不仅仅是新技术或新做法，而是挑战和改变现有规范、做法和关系的一种动态学习过程，通常需要多个行动方之间的互动以及新的体制安排（Nelson 和 Winter，1982；Smits，2002；经合组织和欧盟统计局，

2005; Vanloqueren 和 Baret, 2009; Struik 等, 2014; Loconto 等, 2017; Devaux 等, 2018; 粮农组织, 2018g)。这一创新过程不仅要求做出技术方面的变化, 还需要社会、市场和体制方面的变化 (Schumpeter, 1934; Smits, 2002; 经合组织和欧盟统计局, 2005; Klerkx 和 Leeuwis, 2009)。按照这一思路, 粮农组织 (2016b) 将创新定义为“个人或组织掌握和开展全新的产品及服务设计和生产方式的过程, 无论这些方式对于其竞争对手、国家或全世界而言是否新”。

Lundvall (1985) 认识到这一创新过程中多个行动方和机构之间互动关系的重要性, 首先提出了“创新系统”的概念, 即相互之间有着互动关系的行动方和机构, 或与生物系统一样运作的人类社会网络, 它们决定着某个社区的创新成效, 并提供成功创新所需的资源 (知识、人力、财力资源), 这一概念已得到了很多其它人的认同 (Lundvall 编, 1992; Freeman, 1988, 1995; Nelson, 1993; Patel 和 Pavitt, 1994; Metcalfe, 1995; 经合组织, 2001; 世界银行, 2010; Coudel 等编, 2013)。世界银行 (2012) 将创新系统定义为“注重开发新产品、新流程、新组织形式并对其进行经济利用的组织、企业和个人网络, 加上影响其行为和绩效的机构和政策”。这一理念可应用于从地方到国家、区域、全球等不同层级各经济部门内部或跨部门应用。创新平台是创新系统的组成部分, 专门用于“将有着不同背景、专长和利益的群体 (包括农民、贸易商、食品加工商、研究人员、政府官员) 聚集到一起, 并为他们提供学习、行动和变化的空间” (世界银行, 2007a)。

高专组将以上理念应用到本报告的话题——一向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型, 为有关创新的术语提出以下定义 (**定义 3**)。

人们普遍认为, 创新是过去一个世纪农业和粮食系统变革的主要引擎。有关农业创新的很多综述文章都会提及 Rogers (1962)。Rogers 在自己这本富有影响力的著作中, 将创新的不同阶段划分为涉及不同个人的前后连续的阶段: 从创新者、早期采用者和后期大多数采用者, 到反对变化的行动迟缓者。这种划分方法认定, 创新指采用从外部引入的技术, 它永远都是进步, 创新以技术为基础, 会扰乱以往的商业方式 (Joly, 2018)。

然而, 人们已开始逐步认识到, 很多农业技术创新已带来严重负面影响, 农业和粮食系统中的创新应应对重大的社会和环境挑战, 只有这样才能推动实现向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统的转型 (Coudel 等编, 2013; Campbell 等, 2017; Frison 等, 2011; 可持续粮食系统国际专家组, 2016; Mahon 等, 2017; Kremen 和 Merenlender, 2018; 欧盟生态系统和生物多样性经济学研究计划, 2018)。最近对农业创新的概念化过程中, 更加注重创新的社会过程、当地知识和因地制宜调整工作所发挥的根本作用、在延续过去做法的基础上让变化成为内在机

制等（Smits, 2002; Joly, 2018; van der Veen, 2010; Faure 等, 2018），同时还注重在当地社区（包括边缘化人群）中通过创新促成向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型（Kilelu 等, 2013; Elzen 等, 2017）。在以往报告中，高专组（2018）认定，农产品创新应采用系统化、跨学科的方法，动员多个利益相关方，将他们之间不同的观点和知识形式相互融合。经合组织已就创新、农业生产率和可持续性开展了一系列由国家主导的研究项目，明确强调有必要制定全面的农村发展政策来充分利用创新带来的社会益处（如经合组织, 2013; 2018）。

定义 3 通过创新，推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型

- **创新**用作动词时，指个人、社区或组织对商品及服务的设计、生产或循环再生过程中做出的变化以及对周围体制环境做出的变化，这种变化在各自背景下是全新的改变，有助于推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型。创新还可用作名词，指该过程产生的变化。创新包括做法、规范、市场、体制安排等方面的变化，可能有助于建立与现状不同的新的粮食生产、加工、流通、消费网络。
- **创新系统**指为推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型而做出变化并以过程、组织形式、知识传播或使用新产品等方式推广这些变化的组织、社区、企业和个人网络，加上影响其行为和绩效的机构和政策。
- **创新平台**指努力将有着不同观点、经验和利益的利益相关方聚集到一起，并为他们创造共同学习和采取集体行动的空间，为向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型提供支持。

农业和粮食系统创新与很多其它部门的创新不同，因为生态关系和社会互动在其中发挥着核心作用。某项农产品创新是否适合当地的环境和社会条件十分重要，因此因地制宜进行调整是创新过程中不可缺少的一环。粮食生产者以及粮食系统其它环节中涉及的各方对自身所在环境有着非常深入的了解，这是他们通过工作过程中直接接触和参与获得的知识，通常并未编写成文，而是在农民之间代代相传或由实践人员传给学徒（van der Veen, 2010; Coudel 等编, 2013）。这意味着农业创新系统往往很大程度上依赖当地知识和做法，确保能够在农场、社区、农业生态系统和景观各层级都能符合当地实情，适应当地的社会经济及生态条件（Coe 等, 2019）。按照这一原则，一些就农产品创新系统撰写论文的人最近将更多重点放在当地创新上（Saravanan 和 Suchiradipta, 2017），并加大了对通过多利益相关方过程开展制度创新和能力建设的关注，尤其关注来自基层的创新（Assefa 等, 2009; Loconto 等, 2017）。重视创新过程由当地主导并不会影响基础技术突破的重要性，如智能手机或遗传工程技术的发展，而是将重点放在如何和由谁使用这些技术并使其适应当地条件（Sinclair 和 Coe, 2019）。

食用农产品创新往往着眼于提高粮食产量和利润。但很多粮食生产者，尤其是资源有限的生产者，为确保家人的粮食安全和营养，可能宁愿选择最大限度降低风险，而不是最大限度扩大利润。无论目的如何，了解某项特定创新相关的风险和收益情况都十分重要，这样才能避免给边缘化或弱势群体或社区的粮食安全和营养状况造成潜在的负面影响（Glover 和 Poole，2019）。

有些人认为，在缺少劳动力的情况下，大型机械化农场可能在成本较高的条件下更高效地生产粮食（Jansen，2015）。然而，如果劳动力比资金更容易获得，例如在印度和撒哈拉以南非洲的许多地区，需要大量投资的劳动力节约型创新就不一定是理想选择（Dorin，2017）。劳动力节约型技术，如除草剂，可能会让低收入、边缘化农村劳动力失去重要的收入来源和就业机会，从而威胁他们的粮食安全和营养状况。相反，农业生态方法则更趋向劳动力密集型和知识密集型，鼓励农民开展试验、不断学习和知识共享，因而给他们提供更多体面²³和有意义的²⁴劳动机会，尤其是小农（Jansen，2015；Timmermann 和 Félix，2015；Bezner Kerr 等，2019；Deaconu 等，2019）。有些学者认为，农业生态学鼓励农民和农场劳动者提升自身技能，从而不容易被取代，因此它能带来更多自主权，而这正是有意义劳动的一项关键特征（Timmermann 和 Félix，2015；Deaconu 等，2019）。此外，农业生态学对价值链较短的地方经济的重视也会为那些一直面临高失业率和 high 迁徙率的农村地区带来更多的就业和商业机会（Jones 等，2012；Pimbert，2018b；Deaconu 等，2019）。

在很多方面正在出现一种“创新复兴”（Joly，2018），其中包括：（i）创新的民主化，倡导在不同网络的社区内部和社区之间开展知识共创和共享（von Hippel，2004；Schot 和 Steinmueller 2016）；（ii）负责任创新，重视集体或公共利益问题（高专组，2018），采用包容性、参与式治理形式（von Schomberg 编，2011；Guston，2006；Glover 和 Poole，2019）。“创新复兴”的另一个方面就是对创新进行新的概念化，称为“退出式创新”，即从主流粮食体制中退出，用创新替代方案取代当前的技术和做法，更好地为向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型

²³ 国际劳工组织指出，体面劳动汇总了人们劳动生涯中的所有期望。它包含从事能获得公平收入的生产性劳动的机会、劳动场所安全、家人社会保护、更好的个人发展前景和社会融入、表达自身关切的自由、组织与参加影响个人生活的决策、男女机会和待遇平等。参见：<https://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang--en/index.htm>

²⁴ 有意义的劳动是一个新涌现的涉及社会学、心理学和哲学的跨学科概念，用于人力资源管理。它往往被认为包含客观和主观两方面内容。客观内容指雇主/机构有道义责任提供有意义劳动所需的环境，包括：自愿加入、坦诚交流、公平、有尊重的待遇、智力挑战、选择劳动方法的更大自由权、民主参与决策、道德提升、正当程序、公正、非家长式、公平的补偿（Michaelson，2009）。主观内容包括个体劳动者认为自身劳动有意义，让人觉得自身的劳动和超越自我的人生价值之间有着真正的联系，它可以指个人认为自己的劳动能带来更大的社会或经济惠益，也可以认为自己的劳动为“更高的力量”服务，无论是神灵或宗教意义上看，还是从有神论、人文主义意义上看（Bailey and Madden，2017）。

提供支持（Goulet 和 Vinck，2012）。“退出式创新”要求所有相关行动方（决策者、农民、消费者）改变心态，不断开展试验，采用替代性做法，这意味着会带来复杂的动态变化，并需要长期的过程（Goulet 和 Vinck，2017）。这种创新的一个范例是，法国的农民通过退出合成化肥的使用，转而采用替代性有机肥料来重新打造土壤健康和生物活力（Le Velly 和 Goulet，2015）。法国旨在减少农药使用量的政策一直未能奏效，直到生物虫害防治法等一些有效的替代性措施得到推广后才开始被人接受（Aulagnier 和 Goulet，2017）。这证明了土地压力、政策变动、大众理念、农民开展的替代性小众试验等因素之间的复杂动态关系。这种动态变化延续了十年以上，最终才完成了向更加可持续的粮食系统的转型。有关农产品转型的研究已经展示新颖的消费方式、生产者与消费者之间的联系以及日常社会活动中的其它变化都加快了向可持续粮食系统的转型（Hinrichs，2014），如 Fonte（2013）对新的意大利团结采购团体的研究。

因此，从上文各节可以明显看出，农业和粮食系统中的创新可能主要是制度性的创新，或者可能与知识或做法有着更多关联（Smits，2002）。这些要素之间相互关联，可在一个创新系统内部产生，也可由外部引入，或通过一个适应性过程采用这两种方式合一的办法。有关农业和粮食系统创新的这一观点认为变化可能是技术性的，涉及到了解技术如何以及在何处才是合适的，或者变化也可能是体制性的，涉及到创新系统中的人们如何开展互动，它符合 Klerkx 和 Leeuwis（2009）在创新系统框架中提出和采用的硬件、软件以及软件分类法。促进向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型的不同创新方法往往将重点放在不同创新方式上，下一节将就此开展分析。

就创新系统的组织方面，国际农业研究界内部已经出现了重点转移，逐步趋向：（i）推动农民互联（Nelsondeng，2016）；（ii）利用公民科学，涉及信息通信技术的最新发展变化，以便让大批农民凝聚起来共享信息（van Etten 等，2019；Dehnen-Schmutz 等，2016），虽然人们仍在就这些由信息通信技术推动的创新到底是否能够让人们做到真正的参与展开辩论，这取决于农民对数据的掌控程度以及设计方案和反馈机制的属性（Sinclair 和 Coe，2019）；（iii）从“为”发展而研究转向发展“中”研究，通过发展活动扩展过程中“有计划的比较”²⁵，将研究植入发展活动中（Coe 等，2014）。这些新的发展变化都有助于推动农民参与，几十年来已被

²⁵ 有计划的比较指对各种背景下（生态、经济或社会）不同备选方案（技术、市场干预或政策）的绩效进行刻意计量。有计划的比较一旦被纳入发展举措，就能在人们未充分了解不同背景下不同方案的合理性的情况下（最常见的情形），让发展更快地产生影响。有计划的比较有助于鼓励农民共同学习不同方案在哪些情况下能良好运作，哪些情况下会运作失败，与简单地告诉农民最佳方案的做法形成鲜明对比，后者不利于农民更准确地了解背景条件会如何影响各种方案的绩效（Coe 等，2017）。

成功地运用于参与式品种选育和植物育种过程中（Tiwari 等，2009；Bonneuil 等，2006；插图 11）。这些方法的共同特点是采用多利益相关方创新平台（Schut 等，2018）。此类平台值得关注，因为它们能够催生会产生大范围影响的转型所需的创新。例如，乌干达卡普乔鲁瓦的村级土地管理小组联手创建了景观和区域层面的论坛，通过对地方和国家政府以及私营部门行动方产生影响来促成基础设施变革（Catacutan 等，2015）。

插图 11 布基纳法索高粱的参与式植物育种²⁶

参与式植物育种（PPB）在品种开发过程的各阶段中积极动员生产者参与。在布基纳法索，高粱和珍珠粟从面积看是主要的主粮作物，播种面积超过 150 万公顷。小农的高粱单产一直相对较低，约为 1 吨/公顷，虽然已开发出具有高产潜力的品种，但这些品种的使用率一直处于极低水平。

在 20 世纪 90 年代，布基纳法索环境和农业研究所（一家政府研究机构，简称 INERA）、农业研究促发展国际合作中心（一家法国公共机构，简称 CIRAD）以及国际半干旱热带作物研究所（ICRISAT）的研究人员开始采用参与式植物育种方法开发适应当地条件、文化上可接受的作物品种。其目的是利用传统品种的遗传多样性并采用参与式育种对其进行改良，开发出新的高粱品种。

通过这种方法开发出来的八个品种在 2002 年至 2018 年间推出并在国家目录中登记注册。这些品种与传统品种相比增产幅度约为 7-30%。影响评估显示，这八个品种的使用率和销售率均有大幅提升，使用这些品种的农民均获得高粱增产，其收入及粮食安全和营养状况得到提高。然而，新品种的使用也带来了一些弊端，例如储存过程中杀虫剂用量有所增加。虽然在一些地区通过参与式育种开发出来的品种取代了传统品种，从而减少了遗传多样性，但在多数地区，农民在使用新品种的同时，仍在继续种植本地品种。此外，参与式植物育种的方法提升了农民对植物育种的技术知识，同时加深了育种人员对当地农民需求和品种要求的了解。

资料来源：Trouche 等（2016）。

创新的风险和收益已同时构成挑战，与营养领域的情形类似（Glover 和 Poole，2019）。

2.2 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法

创新系统发源于现有社会秩序，受价值观的影响，因而会反映相关规范或世界观（Joly，2018）。由于认识到这一点，本报告分析了可持续农业和粮食系统所采用的不同方法会如何影响创新系统。因此创新被放在其整体方法²⁷背景下进行分析。

²⁶ 见：<https://www.cirad.fr/en/our-research/research-results/2016/participatory-sorghum-breeding-in-burkina-faso-production-of-new-varieties-with-and-for-the-farmers>

²⁷ 这种方法在本报告引言中被定义为“在一个总体理念下为加强粮食安全和营养而被人们普遍理解、推广和采用的一整套原则、做法和方法”。

在上一节提出的相关概念和定义的基础上，按照本报告引言中提出的转型和社会技术体系的理念，高专组为有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法提出以下定义（定义 4）。

定义 4 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法

有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法指一整套表述清晰、普遍采用的原则、做法和方法，能推动实现向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型，以一个总体理念和一个未来战略愿景为指导。

除了第 1 章中阐述的农业生态方法之外，高专组还提出了能推动实现向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型的其它创新方法。这些方法在附录 1 中有详细介绍，主要可分为两大类：(i) **可持续集约化及相关方法**（包括气候智能型农业、营养敏感型农业和可持续粮食价值链）；(ii) **农业生态方法及相关方法**（包括有机农业、农林兼作和永续农业）。有些文献中将农业生态方法与可持续集约化混淆起来，尽管它的前提并非增产，而集约化的目的就是增产（Pretty 等，2018）。虽然所涉范围相去甚远，但本报告还提到了基于人权的方法。本报告的出发点就是捍卫人类的食物权，认为保护人权的方法与侧重于产量的技术方法相比，可能会产生不同的结果。因此，报告提及的方法既包含侧重于农业生产做法的方法（图 3 Gleismann 转型框架的下层），也包含侧重于人与粮食系统之间互动关系而不是仅关注某种特定做法的方法（Gleismann 转型框架的上层）。

本节将从所有方法中提取出一整套原则，突出展示它们之间的共同点与不同点。为此，各项原则都包含具体陈述，作为指导决策和行为的理念或推理系统的基础。这些陈述既包括**规定性陈述**，确定其价值观（如粮食系统应该是公平的），也包括**因果性陈述**，用科学的方法解释相关关系（如更公平的粮食系统可能更可持续）。要想为决策和行动提供有用的指导，两类陈述都必须清晰明了。虽然不同方法涉及的原则多种多样，但我们仍提取出一整套原则，其中多数为多种方法所共有（表 2）。这一整套原则是从不同创新方法中整理而成（附录 1 表 A），然后酌情加以综合，最终提出相互不重复的一整套原则（表 2），这一做法与第 1 章中的农业生态原则整理过程相同。

有关有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法往往在文献中被作为规定性陈述，意在为行动提供明确的指导（如减少或消除对购买投入物的依赖），或作为规定性和因果性两种陈述的混合体。它们往往被放在某一理论中加以阐述，很少被从相关总原理中单独分离出来加以清晰阐述。将规定性和因果性陈述相互混合的做法以及在阐述原则的过程中纳入隐含利益或价值观的做法导致这些原则的诠释

和应用过程中出现模糊不清的现象。为避免这一问题，表 2 对每条原则既做出规定性陈述，又指出其背后隐含的因果关系。

表 2 推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型的原则汇总

标签	规定性陈述	因果性陈述
再生性生产	在生产过程中管理好生态系统服务和自然过程，优化利用当地可再生资源，尽量减少负面影响。	在农业和粮食系统中使用自然过程，而不是使用其它替代品（购买的投入物往往在生产过程中使用化石燃料），这有助于（通过管理土壤有机质和生物活性）改善土壤健康，从而使土地提供生态系统服务的能力得到再生。
循环和效率	提高资源利用效率，减少或消除对购买投入物的依赖	对有利于循环的农业和粮食系统进行刻意管理有助于减少对购买投入物的依赖以及与投入物使用相关的风险或债务问题，消除或减少关键资源（生物质和养分）的渗漏，也有助于提高资源利用效率和抵御能力。
动物健康	保障动物健康和福利	能保障动物健康和福利的粮食系统更高效、更可持续、更易被社会所接受。
协同作用	强化农业生态系统中不同组成部分之间积极的生态互动、一体化和协力	对农业生态系统不同组成部分之间互动和协力关系的刻意管理有助于建立更高效、更具抵御能力的系统。
多样性	保持和加强物种和遗传资源多样性，在农田、农场、景观层面上维护农业生态系统的时空生物多样性。	在农业和粮食系统中刻意加大对农业生物多样性的利用，比起单一作物系统更具生态、经济效率，抵御能力更强，有助于打造更健康、更多样化、更符合季节（文化）需要的膳食结构。
一体化	加大整个粮食系统中各组成部分之间的一体化，创造更多收益和机会。	对各层级粮食系统不同组成部分之间的互动关系进行刻意管理有助于更好地实现一体化，让整个粮食价值链变得更高效，取得更加可持续的绩效。
气候变化适应和减缓	设计和采用有助于气候变化适应和减缓的农业做法	采用气候智能型农业做法有助于在固碳和减少温室气体排放的同时，瞄准特定气候灾害和/或提高生计的抵御能力，从而提高对气候变化的适应能力。
知识的创造和传播	加强知识共创和横向共享，包括当地和科学知识及创新。	实践人员之间的经验式学习和知识共享以及多利益相关方之间的知识共创有助于强化知识的合理性，创造出符合当地条件的创新。
文化连贯性	在文化、认同感、社会及性别平等、创新和知识的基础上打造粮食系统，其中包括为当地社区建立健康、多样化、符合季节和文化的膳食结构	在当地文化和认同感基础上建立起来的、公平的、将生产者与消费者联系起来的粮食系统更有可能做到可持续。减少肉类、盐、过度加工的食品及其它不健康膳食习惯有助于加强营养和健康，促进可持续性。
人类和社会价值	本着公平贸易、公平就业和公平对待知识产权的原则，为粮食系统中所有行动方获得有尊严、良好的生计提供支持，尤其是小规模粮食生产者。	落实公平贸易、公平就业、公平知识产权（包括遗传资源）、自然资源获取以及社会和性别平等措施都有助于为粮食系统中所有行动方打造和维护公平、有尊严、良好的生计。

互联	通过公平、较短的流通网络将粮食系统纳入地方经济，缩短生产者和消费者之间的距离，增强他们的信心。为替代性生产和消费模式提供支持。	（通过缩短供应链、将粮食系统重新纳入地方经济、鼓励循环经济等途径）将生产者与消费者更好地联系起来，提升生产者和消费者对食品质量和安全性的信任和信心，减少粮食链中的浪费。
治理	承认食物权是一项基本人权，让创新过程和粮食系统的监管实现民主化。	承认食物权是一项基本人权，加强粮食系统的民主监管，是能对粮食安全和营养产生明确影响的关键措施。应在粮食系统中建立能在数量和本质上代表所有行动方的机构并参与决策过程，便于对所有行动方绩效公平、民主的治理。
赋权	认识到粮食系统中关键利益相关方的需求和利益并加以支持（尤其是家庭农场经营者、小农和贫困生产者以及消费者）	采取措施，为作为自然资源和遗传资源可持续管理者和监护者的小农和家庭农场经营者的利益提供支持，帮助他们在当前由规模经济占优势的情况下克服市场失灵带来的负面影响。
参与	鼓励粮食生产者和消费者成立社会组织并更多地参与粮食系统的运作，尤其要采取措施让边缘化群体得以参与。	鼓励粮食生产者成立社会组织并更多地参与决策将有助于将治理权下放，对粮食和农业系统进行因地制宜的管理。 创新民主化有助于让各社区在不同网络之间共享信息和知识，推动最适合当地条件的创新。

在对不同方法进行综述的基础上，可利用各项原则来概况共同点和不同点。为此，表 2 中的各项原则被合并，以便从中归纳出一组特征（表 3），对每一组都给出四个值，包括两个对立的极点值（如不购买投入物与使用购买的投入物开展集约化生产）和两极点之间的两个中间值，这四个值共同构成一个连续体上的不同位置，表中用颜色的深浅表示。

表 3 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统创新方法：多维度连续体

特征	每项特征在两个对立的极点之间值的分布
再生性生产、循环和效率	极点 1: 不再外购投入物，仅依靠自然过程，实现资源封闭循环。
	中间点 1: 最大限度减少外购投入物，优先利用自然过程，努力实现资源封闭循环。
	中间点 2: 刻意利用外购投入物来高效利用自然过程和资源循环
	极点 2: 利用外购投入物来提高土地单产，同时尽量将渗漏控制在最低水平
生物多样性、协同作用和一体化	极点 1: 对生产系统中的生物多样性和不同组成部分之间的互动关系进行刻意管理，以加强互补性，实现协同作用，包括农田、农场和景观层级生产目标与保护目标之间的互补与协力（土地共享）
	中间点 1: 对生产系统中某些组成部分的互动关系进行管理，仅努力维护生产所需的多样性
	中间点 2: 在生产系统各组成部分的一体化或相互隔离问题上持中立态度
	极点 2: 在高潜力土地上开展集约化生产，将其它土地用于保护目标（土地节约）
经济多样化相对于专业化	极点 1: 努力提高生产系统的经济多样化程度
	中间点 1: 按照功能阈值管理生产系统的经济多样化程度，以维持生态系统服务和经济抵御能力

特征	每项特征在两个对立的极点之间值的分布
	中间点 2: 在多样化或专业化问题上持中立态度 极点 2: 在生产系统对少数几项组成部分进行专业化生产，以简化管理，满足市场需求
气候变化 适应和减缓	极点 1: 明确将目标定为设计和采用有助于气候变化适应和减缓的做法 中间点 1: 在适应和减缓上同时取得较大效果 中间点 2: 在适应或减缓上取得较大效果 极点 2: 未明确做出努力为气候变化适应和减缓做出贡献
知识的 创造和传播	极点 1: 强调为当地创新和农民之间的知识交流提供支持 中间点 1: 强调共同学习，将地方和全球科学知识相互结合 中间点 2: 强调广泛传播参与式研究产生的创新成果 极点 2: 强调广泛传播国有和私人正规研究产生的创新成果
人类和社会价值： 公平	极点 1: 认识到粮食系统中的不平等是制约粮食安全和营养的一个主要问题 中间点 1: 认识到粮食系统中具体的不平等问题（如性别不平等）并努力加以克服 中间点 2: 不重视平等问题 极点 2: 认为靠市场力量会解决不平等问题
人类和社会价值： 劳动力密集相对于 资本密集	极点 1: 强调劳动力密集型生产、人人获得公平和劳动尊严 中间点 1: 强调劳动生产率，同时保留小农生产 中间点 2: 在集约化问题上持中立态度 极点 2: 强调资本密集型生产
互联（价值链/ 循环经济） 相对于全球化	极点 1: 重视当地市场、生产者和消费者之间的互联、循环经济 中间点 1: 混合型市场方法，必要时将国内市场准入与刺激当地市场结合起来 中间点 2: 在营销或价值链结构问题上持中立态度 极点 2: 重视大型当地市场和全球价值链的效率
治理：权利、 民主化、参与	极点 1: 首先确定基本权利，随后在此基础上确定如何实现粮食系统变革；努力发挥能动性，即让民间社会参与有关粮食如何生产、加工、储存、运输和消费的决策过程 中间点 1: 认识到，权利，包括获得准确信息的权利，是粮食系统变革的重要组成部分，并将其纳入考虑范围 中间点 2: 在权利问题上持中立态度 极点 2: 未明确承认权利是保障粮食安全和营养的根本要素；参与主要依靠市场力量

如果将表 3 的特征和值与创新方法（表 4）对照来看，就会发现两大类方法和每类中的单个方法有着明显的分布规律。表 3 中的特征是按照与之关系最密切的可持续粮食系统操作原则（资源效率、抵御能力和社会公平/责任）分配的，虽然相互之间存在相互关联和协力关系。

可持续集约化及相关方法主要侧重于第 1 章介绍的 Gliessman 农业生态转型第一级相对应的内容（图 3）。它们更偏好技术和生产率导向型创新，以便提高资源利用效率，同时减少当前粮食系统对环境和健康造成的负面影响（Béné 等，2019；

Foley等, 2011; Haddad等, 2016; Tilman和Clark, 2014; Bernard和Lux, 2017)。其出发点是, 需要提高土地单产(Pretty等, 2018), 即“可持续集约化”这一标签所包含的集约化内容。任何一种可持续集约化形式是否被视为农业生态转型的一部分, 将取决于它是否包含其它关键农业生态原则, 如知识共创、最大限度减少有毒投入物和维护农业生物多样性。

与之相反, 第1章介绍的农业生态方法及相关方法则更倾向于变革型。它们的最高目标是重新设计整个粮食系统(Gliessman转型的最高一级, 图3)。它们在考虑到特定地点的环境、健康、社会和文化各方面条件后, 提出更适合当地条件的愿景(Francis等, 2003; Gliessman, 2007; Wezel和Soldat, 2009; Wezel和David, 2012; Méndez等, 2013; Wezel等, 2018a)。它们在向可持续粮食系统转型的过程中将社会、文化和政治方面的内容放在核心位置, 突出动态变化和治理问题。它们不仅要解决粮食系统对生态和健康产生的影响, 还关注不对称问题和社会经济不平等问题((De Schutter, 2010; 可持续粮食系统国际专家组, 2016; Rosset和Martínez-Torres, 2012; Rosset等, 2011; Bernard和Lux, 2017; Wezel等, 2018b, 2018b)。因此, 它们深深植根于基于人权的框架中(如Misra, 2018)。

应该指出的是, 农业生态方法对劳动力密集型方法、消费者偏好、人口动态变化(包括迁徙和冲突的影响)所产生的经济影响关注十分有限。农业生态方法将重点放在治理、社会文化、知识等因素上, 借此推广环保做法(Rosset等, 2011; Bernard和Lux, 2017; Wezel等, 2018a, 2018b)。从农业生态视角看, 转型面临的关键障碍包括零售和投入物产业中的权力不平衡问题, 这一问题导致知识、资源获取不平等以及粮食系统治理不平等, 继而造成生态、健康、社会各方面的影响(可持续粮食系统国际专家组, 2016; Bernard和Lux, 2017)。

两类创新方法(可持续集约化和农业生态)以截然不同的粮食系统未来愿景作为基础, 即可持续粮食系统的主要特征是什么, 在如何实现向更可持续粮食系统转型问题上采用的战略也截然不同。因此, 它们反映出在转型重点、社会、技术创新的方向以及有助于推动这一转型的工具、做法和技术等问题上存在的不同理念。它们在很多方面还有着相互重叠, 因此有着共同点和互补性。

表 4 有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统不同创新方法比较

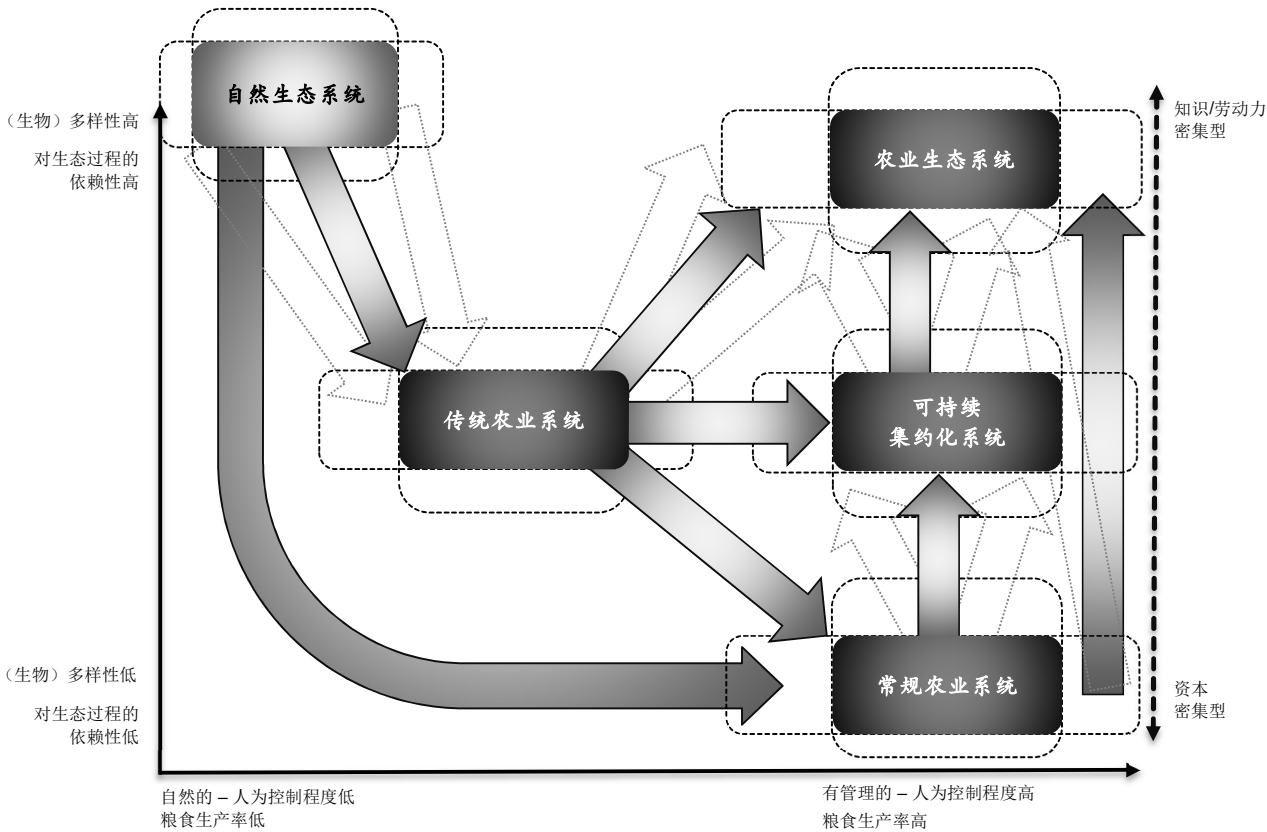
特征	农业生态方法及相关方法					可持续集约化及相关方法			
	农业生态学	有机农业	农林兼作	永续农业	粮食主权	可持续集约化	气候智能型农业	营养敏感型农业	可持续粮食价值链
资源效率									
再生性生产、循环和效率								无证据	无证据
生物多样性、协同作用和一体化									
抵御能力									
经济多样化相对于专业化									
气候变化适应和减缓									
社会公平/责任									
知识创造和技术转让									
人类和社会价值：公平									
人类和社会价值：劳动力密集相对于资本密集									
互联（价值链/循环经济）相对于全球化									
治理：权利、民主化和参与									

注：本表采用上文表 3 中确定的各项特征。空格中灰色的深浅代表高专组按照本章和附件 1 中列出的各项方法的相关证据对该项的评价结果。不同色度并不代表任何具体数值，仅表示每种方法在连续体中所处的位置。该方法简单明了，可由他人重复使用，或按照不同证据基础对不同空格给出不同的色度深浅。

如第 1 章所强调，人们就哪些方法属于农业生态方法、哪些不属于农业生态方法并未达成明确共识。同样，除了方法之间明确的差别外，它们之间也存在重叠，没有任何一种方法符合表 1 中列出的所有原则。因此，必须认识到，将各种方法分成上文提及的两大类，其本意并非是掩盖同一地区、甚至同一农场所采用方法的多样化。真正的意图并非要将这两类相互对立，而是从不同出发点出发，指出可采用的转型途径的多样化，以便在未来按照不同价值观和不同重点，设计出不同的可持续农业和粮食系统。

图 4 揭示了多种转型途径的概念，展现多维度空间中不同的转型轨迹，虚线表明出发点的不同和转型过程中的不确定性。它强调转型与所在背景的关系以及不同转型途径的选择与不同生产要素之间的关系。它侧重于不同农业做法，而不是整体粮食系统，后者将在下一节讨论。

图 4 农业系统的多种转型途径



注：本图展示了从自然生态系统到传统农业系统，再到主导的常规（主要为单一生产）农业系统，继而是到创新型集约化和农业生态系统的多种轨迹。节点周围的虚线代表不同类型系统在状态上的差异，虚线箭头代表不同状态之间多种不同的转型途径。灰色箭头代表主要转型。

资料来源：改编自 Griffon（2013）和 Hainzelin（2016）。

2.3 向可持续粮食系统转型：新出现的概念

前几节对各项方法的分析表明，有必要扩展可持续粮食系统的三条操作原则（提高资源利用效率、加强抵御能力和保障社会公平/责任；高专组，2016）以及粮食安全和营养的四大支柱（可供性、获取、利用和稳定），以便体现农业生态方法影响粮食系统可持续性的关键途径。**图 4** 对各种转型的描绘虽然十分有用，但只关注生产系统性质上的不同，而消费方式和粮食从农场到餐桌过程中发生的一切对于有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统而言也同样重要。高专组认识到有两个关键领域需要得到更多关注，即生态足迹概念（以扩展可持续粮食系统的操作原则框架）和能动性概念（以扩展粮食安全和营养的四大支柱）。这两个概念将在下文做介绍，随后在第 4 章进一步详细阐述。

2.3.1 生态足迹

农业生态方法引发了一个想法，认为与粮食系统绩效相关的一些关键内容需要进一步梳理：首先，有必要将消费和生产因素考虑进来；其次，发现如果将退化和恢复因素考虑进来，那么要想反映出当前生产对未来生产能力的影响，就必须超越“资源效率”这一概念。如果能做到这一点，就能大大扩展可持续粮食系统的操作原则。

最大限度减少对环境的影响有时被视为提高资源利用效率这一操作原则的一部分（高专组，2016）。然而，正如第 1 章和上文前几节所述，农业生态方法及相关方法（包括农林兼作、永续农业和有机农业）侧重于在设计和管理可持续粮食系统时采用生态概念及原则，以便管理好自然过程，在农业生态系统的不同组成部分（作物、动物、树木、土壤和水）之间建立起有益的生物互动和协力关系。正因为有着这一侧重点，我们就必须更深入考虑农业和粮食系统对环境产生的影响，无论是正面还是负面影响，不仅要考虑粮食是如何生产的，还要考虑有多少粮食被消费以及粮食如何被加工、运输和销售。因此，高专组提议有必要关注生态足迹这一概念（**定义 5**），并考虑将其作为可持续粮食系统的第四条操作原则，即**改善生态足迹**（见**图 5**）。

定义 5 粮食系统的生态足迹

粮食系统的生态足迹代表某一特定人群（一个个人、村庄、城市、国家或全世界人口）所消费的粮食产生的影响，表示为生产这部分被消费的粮食以及吸收所产生的废弃物所需要的具有生物生产能力的土地和水（改编自 Wackernagel 和 Rees，1996）。

作为评价农业和粮食系统绩效的一项指标，生态足迹的绝对值和随时间推移发生的变化都很重要（Wiedmann 和 Barrett，2010）。如果生态足迹的绝对值高于当时相关人群可用的土地和水资源，该系统就不可持续。足迹的变化说明某个系统随时间推移在不断改善还是不断退化，从而说明转型绩效如何（Lin 等，2018）。

生态足迹的轨迹会受到生产和消费方式变化的影响，因此效率的提高或土地恢复等再生性过程都将有助于逐步改善某一特定消费水平的生态足迹，而过程效率不高或土地退化则会导致对土地的需求量加大。但当前的全球核算框架由于缺乏有可比性的数据，并未将恢复或退化考虑在内（Blomqvist 等，2013；Rees 和 Wackenagel，2013），第 4 章将就此展开进一步讨论。

生态足迹的概念能有效就可可持续性开展宣传，但也受到一些批评，尤其是有关是否能有效引导决策以及将不同方面的内容综合到单个指标中可能产生的问题，因此具体计算方法仍需进一步开发、研究和调整（Fiala，2008；Kitzes 等，2009；Wiedmann 和 Barrett，2010）。面临的挑战是要确定生态足迹核算方法，其中包含将消费与生产联系起来的一项多维度指标框架，考虑到农业产生的再生性或破坏性影响。

2.3.2 能动性

粮食安全和营养的不同维度与粮食系统多个层级的公平、治理和权力动态变化有着关联（Sen，1981；De Schutter，2014；Bellows 等编，2016）。当前对各种方法的分析以及粮食安全和营养四大支柱自首次提出以来不断增多的证据表明，有必要采用更加清晰明了的方法来应对人权相关问题和加强社区的能力、权力和掌控力，为实现所有人的粮食安全和营养做出贡献（De Schutter，2014；Smith 和 Haddad，2015）。这种情况下，能动性（agency）这一新概念（定义 6）开始在有关粮食安全和营养的国际讨论中获得更多关注。

定义 6 能动性

能动性指个人或社区界定自身理想的粮食系统和营养成果并采取行动和做出战略性生活选择去实现理想的能力。它需要社会政治系统的保障，按照公民意愿制定政策和规范，并将其体现在治理结构中，促使所有人实现粮食安全和营养（改编自 Ganges，2006；Chappell，2018）。

根据有关赋权的科学文献，获取包含两个关键方面：其一基于资产，目前被作为粮食安全和营养的第二大支柱受到重视；其二为基于体制的机会结构（Chomba 等，2016），指现存体制环境以及不同人获取和影响这种环境的能力。后

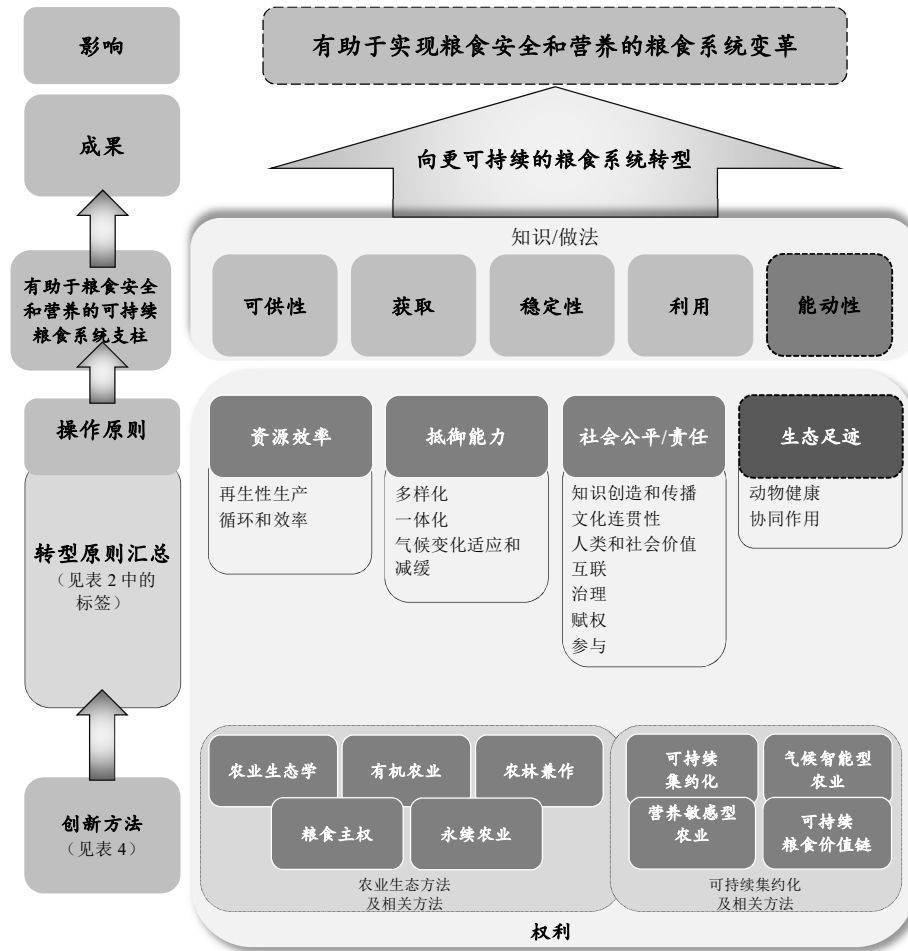
一个方面有着较长历史，可追溯到 Amartya Sen（1981）有关饥饿的重要著作，主要涉及粮食系统的民主化：谁控制、决定粮食系统并从中获益，如何确保人民能够获取对农业生产而言至关重要的关键公共产品，如水、土地、种子、森林和知识（von Braun 和 Birner，2017）。利用和稳定也会受到粮食系统民主治理（包括对医疗的影响）、农业和粮食系统投入物和零售部门不断集中化带来的影响、资源获取、国际贸易、冲突、歧视以及影响人民获取足量、营养食物的能力的其它政治、社会和经济条件等因素的影响（De Schutter，2014；Ottersen 等，2014；Ayala 和 Meier，2017）。各层级的性别平等也会影响人民对资源的获取和掌控，从而影响粮食安全和营养（Bellows 等，2015，2016）。

鉴于各方就需要采取何种行动来解决粮食不安全和营养不足已有了更多了解，高专组提议考虑新增粮食安全和营养第五大支柱“**能动性**”，将其作为粮食安全和营养的一个关键维度（Rocha，2009，Chappell，2018）。实现能动性意味着有必要获取准确的信息、获取此类信息及其它粮食安全内容的权利以及保障此类权利的能力，包括对粮食生产、收获和加工所需资源的获取和掌控（Chappell，2018）。

2.3.3 利用创新方法实现粮食安全和营养的框架

本报告介绍的不同方法都提出了实现变化的特定轨迹和机遇，有助于设计出粮食系统转型框架，推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型，实现充足食物权。图 5 中的框架展示了不同方法、原则、粮食安全和营养支柱、成果和影响如何汇集在一起，共同采用不同创新方法实现粮食系统的变革性转变。此框架的独特之处在于添加了生态足迹概念并将能动性作为粮食安全和营养的一个重要组成部分。

图 5 利用创新方法实现粮食安全和营养的框架



注：该框架展示用于实现有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统的不同创新方法如何影响可持续粮食系统各项操作原则以及粮食安全和营养各大支柱，并新增生态足迹和能动性，作为对各项原则和支柱的扩展。

不同方法的特征描述和分析突出显示，一方面的社会技术体系以及政策和体制环境中的结构性变革和另一方面的转型途径，包括技术，相互之间通过密切的互动在推动变化。

因此，为实现粮食系统变革所需的生态、人类和社会经济等方面的变化，就需要开展社会创新和政治经济转型，但必须首先克服现状中存在的多重问题、“内在障碍”和整体阻力。本报告第 3 章将讨论如何利用这一概念性框架去分析争议性问题，弄清如何解决和克服这些问题，促成向可持续粮食系统的转型。

3 关于如何实现粮食系统转型的不同视角

通过农业生态和其他创新方法，确定粮食安全和营养向可持续粮食系统转型的主要驱动因素和结构性挑战，对于了解哪些潜在因素会制约转型，以及确定该以什么方法克服这些障碍至关重要。（经合组织和欧统局，2005；可持续粮食系统国际专家小组，2016）。

创新有助于推动粮食安全和营养向可持续粮食系统转型。目前，已经确定了一系列可能阻碍或减缓创新的关键因素（经合组织和欧统局，2005；Clapp 和 Fughs，2009；Vanloqueren 和 Baret，2009；世界银行，2010；Smith 和 Haddad，2015；Avelino 和 Wittmayer，2016；粮农组织，2016b；可持续粮食系统国际专家小组，2016，2017b；农发基金，2017；Weze 等，2018a）。具体可分为五个主要方面，如下所示。

1. **治理因素**：短期和分化的政治制度；贸易政策、法律框架和激励措施不合理，加深粮食系统不可持续性、粮食不安全和营养不良；粮食系统缺乏民主，权力失衡，进而强化现状。
2. **经济因素**：路径依赖关系固化；公司日益整合；农村就业减少；不平等加剧；可持续食品市场选择有限；成本居高不下；与可持续转型创新相关的不确定性或感知的风险。
3. **资源因素**：土壤肥力低、技术差距、生产力差距、缺乏可用劳动力，以及获得土地、水、种子、遗传资源、信贷和信息的机会不足。
4. **社会和文化因素**：饮食变化；生产者和消费者的期望；占主导地位的话语；社会资本、社会文化规范和做法以及食物偏好。
5. **知识因素**：研究指标不涉及环境、卫生或社会外部效应；对研发的公共投资有偏颇；缺乏支持可持续粮食系统的创新知识或能力；缺乏关于现有或新技术的信息；缺乏其他知识，无法就供应链中不同参与者的市场选择的价值作出决定。

这些因素相互重叠、相互作用，妨碍创新，限制粮食安全和营养向可持续粮食系统转型，具体体现在以下五个方面：生计；人类健康所需的粮食安全和营养；生态足迹；民主治理；以及知识和文化多样性——所有这些都以权利为根本基础（图 6）。例如，治理、经济、资源、社会和文化因素会影响知识的获取机会。本章（3.1 至 3.6）讨论的六个有争议的问题按照与这些方面的相关性大小做了阐述。

虽然本报告第 2 章所讨论的创新方法中的关键因素和挑战有一些共同之处，但在特定创新的践行者和受益者的权力动态方面存在一些显著差异。也有人争论采用某些创新方法是否会影响其他创新的政治、社会和生态背景，或产生进一步的限制

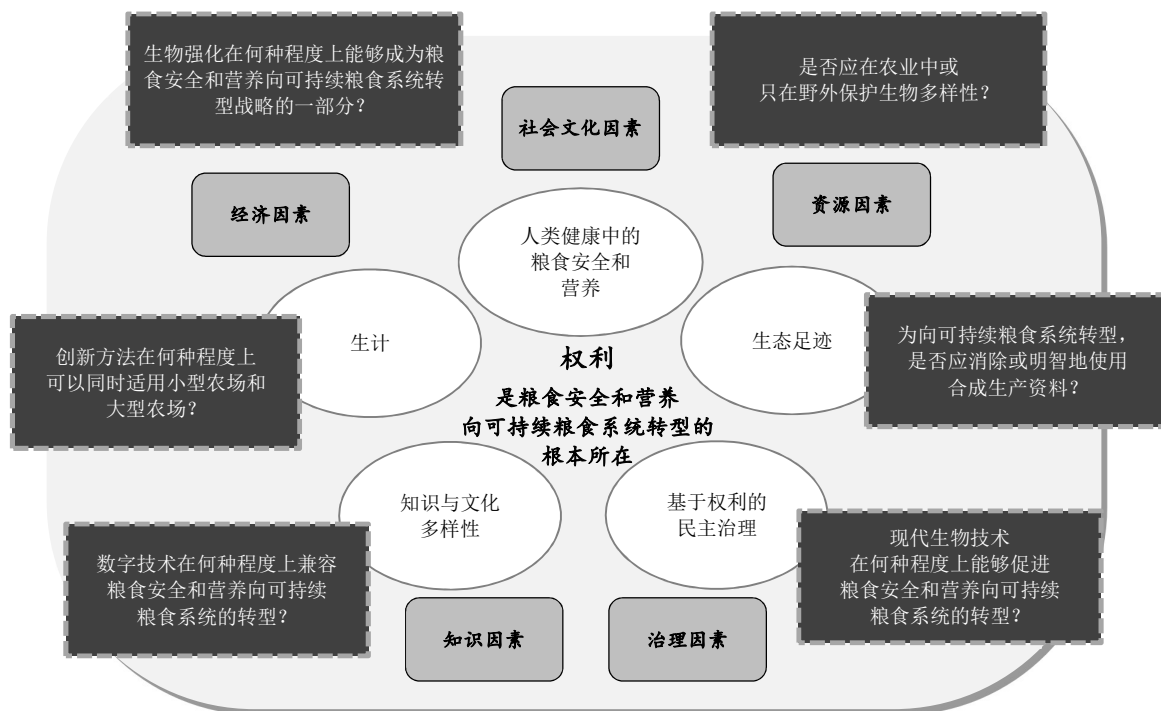
(Caron 等, 2018 年)。这引发了如何以创新提高地球、人民和社区健康的一些重要争议。

第 2 章概述的创新方法与所强调和涉及的因素以及许多共同视角有所不同。可持续集约化方法往往强调经济 and 资源因素, 侧重于生产力和技术解决方案 (Bernard 和 Lux, 2017 年), 以及自然资源的可持续利用。从这个角度看, 主要问题是人口增长、技术投资、市场运作不良和消费者偏好。从这个角度看, 国际贸易可以减轻生产者承受的冲击。农业生态方法更加强调考虑治理、社会文化和知识因素以及环境友好做法, 而不损害生产力 (Rosset 等, 2011; Bernard 和 Lux, 2017; Wezel 等, 2018b, 2018b)。从农业生态角度来看, 主要障碍包括零售行业和投入物农业食品行业内部权力不平衡, 以及市场结构不良, 导致粮食和贸易系统知识、资源和治理机会不平等, 并继而引发生态、健康和社会影响 (可持续粮食系统国际专家小组, 2016; Bernard 和 Lux, 2017)。

可持续集约化方法更加强调农业生产力, 以及创新面临的经济、资源和一些知识障碍, 在许多情况下迫切需要审视社会、文化和治理因素 (Gomiero 等, 2011 年)。可持续集约化方法侧重于可持续地管理可再生资源和生产资料, 提高资源效率进而提高利润率, 并改进技术, 包括改良作物和牲畜品种、出台政策促进这种变化, 等等。在强调可持续集约化的生产力和技术时, 有时缺乏一种可促进整个农产品系统 (包括生态、社会、政治和卫生方面) 可持续转型的充分整合办法 (Horton 等, 2016), 也未考虑应灵活动员人民和社区, 通过其知情的协作决策和更民主、更具生产力的农业粮食系统推动变革。农业生态方法越来越多地采用更具地域特色的全粮食系统观点 (插图 12), 同时考虑到环境、卫生和社会因素, 包括重视妇女的知识, 维护她们在特定地方的权利 (Francis 等, 2003; Gliessman, 2007; Wezel 和 Soldat, 2009; Wezel 和 David, 2012; Méndez 等, 2013; Weze 等, 2018a)。农业生态学方法对劳动密集型方法的经济影响、消费者偏好和人口变化动态 (包括迁徙和冲突影响) 的关注有限。

本章讨论了六个有争议的因素, 凸显创新方法在影响转型方式上的差异。澄清每个因素的争议性质和程度, 即: 谁在践行和宣传这些争议因素、哪些因素与可持续粮食系统相关、这些因素涉及粮食安全和营养的哪些方面, 以及它们所依据的是什么证据, 都有助于理解农业生态方法和其他创新方法可为增强粮食安全和营养, 进而促进可持续粮食系统作出哪些潜在贡献——因为粮食安全和营养现状仍然存在很多不确定性或根本的分歧, 同时也有助于理解可以采取哪些措施来消除结构性障碍, 并使粮食安全和营养能够向可持续粮食系统转型。

图 6 粮食系统的不同方面、向可持续粮食系统转型的障碍，以及争议问题



说明：转型的维度以椭圆形显示，转型的障碍因素以圆角矩形显示，本章以下各节中讨论的争议问题（作为问题提出）以锐角矩形显示。

不同方法之间的这些核心差异为探讨图 6 中提出的六个争议问题奠定了基础，本章以下各节将逐一讨论。这六个争议问题反映了当下的重要辩论，但并未穷尽争论的所有方面。选择这六大方面只是为了展示驱动因素的多样性和可持续粮食系统的不同维度。这些章节以高专组此前的报告以及其中提出的建议为依据而编制，那些报告列出了在营养、小规模农业、可持续农业促发展、粮食浪费方面的不同观点和争议问题（高专组，2013b，2014，2016，2017b，2018）。

插图 12 巴西零饥饿计划：将公共粮食采购计划与可持续农村发展联系起来²⁸

在过去几年中，巴西已逐渐成为主要的农业生产国；20 世纪 70 年代，巴西是农产品净进口国，现在是世界五大农产品生产国和出口国之一。巴西之所以能成为主要农业生产国，是因为出台了有力的政策，支持农业部门发展，培育活跃的民间社会，动员社会运动，同时采取了广泛的措施。作为“零饥饿战略”的一部分而实施的主要计划旨在促进获得适当的营养，支持农业发展，促进创收活动，并鼓励社会动员。作为这一战略的一部分，巴西实施了一系列措施，包括提供储存设施和家庭补助，拓宽信贷和保险渠道，实施价格管制，开展专业培训计划，并实施辅助计划，加强负责监测食品营养质量的控制系统和机构。

从 2000 年至 2006 年，巴西通过对农业家庭实施财政补贴，并开展社区项目（如学校供餐计划），将两岁以下儿童的营养不良率从 12.7%降至 3.5%，并将婴儿死亡率降低了 47%。

在巴西最贫困的东北部地区，总体营养不良率从 1996 年的 17.9%下降到 2005 年的 6.6%。在此期间，儿童营养不良造成的身心损害也减少一半，从 13.5%降至 6.8%。

“零饥饿战略”的一个重要部分是“家庭补助计划”，即通过分发现金补贴，帮助家庭获得收入来脱贫，这也有助于促进当地经济的发展。在巴西中部地区，该计划帮助许多农场工人成为拥有土地的自耕农。小规模生产者与学校建立联系，提供新鲜的营养餐。事实证明，这一联系是零饥饿战略取得成功的重要原因。

其他国家纷纷直接效仿，或者希望以某种方式采用该战略，包括安提瓜和巴布达、阿根廷、澳大利亚、孟加拉国、柬埔寨、中国、德国、加纳、印度、肯尼亚、马拉维、巴基斯坦、赞比亚和津巴布韦，充分证明该战略大获成功。

虽然巴西最近在通过出台公共政策促进粮食安全方面取得了进展，如机制健全的零饥饿计划大大减少了国内饥饿，并为世界各地的各种倡议提供了灵感，但营养不良现象依然存在。据国际粮食政策研究所的估计，巴西超过 300 万人口（占总人口的大约 1.6%）仍然处于饥饿状态（国际粮食政策研究所，2016），在当前经济危机背景下，这种情况很可能会恶化（英国广播公司，2016）。包括零饥饿在内的社会保障政策可能逆转，也可能改变粮食不安全的程度。本案例研究强调了社会运动和民间社会与各国政府合作解决营养不良问题的重要性，以及政治优先事项在解决营养不良问题方面的影响。

资料来源：Wittman 和 Blesh（2017）。

²⁸ 另见：<http://www.fao.org/3/a-i3023e.pdf>; <http://www.fao.org/docrep/016/i3023e/i3023e00.htm>; http://www.un.org/en/zerohunger/pdfs/Zero%20Hunger%20country%20actions%20Dec_2015.pdf; <https://www.wfp.org/stories/brazil-shows-world-how-beat-hunger-says-wfp-head>; <https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/cs-fighting-hunger-brazil-090611-en.pdf>

3.1 创新方法在多大程度上同时适用于小型农场和大型农场？

农场规模或经营规模问题之所以会产生，往往是因为强调比较优势、强调通过可持续集约化满足不断增长的人口的粮食需求（Godfray 等，2010），而非因为强调知识、资源和粮食系统控制不足是粮食不安全和营养不良的根本原因，而农业生态方法往往很关注这些原因（Loos 等，2014）。

农场规模是相对的，会因地而异，且取决于历史、社会、经济和生态条件。例如，美国的“小”农场在很多非洲国家可能要算作是“大”农场。然而，发达国家和发展中国家的家庭农场在创新、农业生物多样性、集约化战略和与各区域的联系方面可能有着共同的特点（Sourisseau，2014）。

3.1.1 重新审视规模经济

一种占主导地位的说法是，发展中国家的农场太小，无法证明投资一定合理，农业管理中的“规模经济”效益意味着农场规模越大，效率和生产力就越高（Hayami 和 Ruttan，1985）。然而，在农场整合的美国，并非农场规模较大，经济效率就越高（Kislev 和 Willis，1986）。经营成本最初可能会随着农场业务规模的扩大而降低，但规模经济效益的消散速度比一般认为的要快。规模经济论所青睐的大规模生产系统往往会对环境和农村社区产生消极影响（Duffy，2009）。有记录表明，农场规模和测得的生产力呈反比关系，小型农场的单位面积产出生产力很高，即使单位劳动力的生产力较低或可变，也是如此（Barrett 等，2010；Gollin，2018）。在考虑潜在规模经济对粮食安全和营养的贡献时，实际背景至关重要。正如第 2 章所强调的，转型路径将因劳动力、土地或资本的限制程度而异（Dorin，2017）。

在小型、多样化的种植系统中进行简单的产量测量，可能无法充分反映实际生产力。在撒哈拉以南非洲、拉丁美洲和亚洲部分地区许多小农农场，“混作”做法非常普遍，即在同一领域种植谷物、水果、蔬菜、动物饲料、树木和养殖牲畜，总产量一般超过单作，即使每种作物的产量低于大型农场的单作产量。如果考虑到所有作物，估计产量会提高 20%至 60%（Badgley 等，2007）。事实上，多样化的混作系统可能比单作系统更有效，因为可利用所有可用生长空间来抑制杂草，减少病虫害造成的损失，并将多个物种与不同的资源获取能力联系起来，利用利基差异化更有效地利用水和阳光（Francis，1986；Anderson 和 Sinclair，1993；Badgley 等，2007；Cardinale 等，2007；Prieto 等，2015）。最近的一些研究表明，与在某些情况下的多样化有机种植系统相比，传统的单作系统单产更高——高出 8%到 20%（Ponisio 等，2015；Reganold 和 Wachter，2016）。然而，两项全球研究发现，在发展中国家，多样化系统的效率比传统系统高出 80%（Pretty 等，2006；Badgley 等，2007）。鉴于第 1.4.5 节强调的对农业生态方法的公共投资有限，同时考虑到大多数

现代作物品种都在高投入的基础上进行培育和选择，这些研究结果表明，通过加大对农业生态研究的投资，很可能有助于可持续地解决产量差距问题。

农场规模和景观多样性与种植系统能否与生物及生态过程有效互动密切相关，例如生物质循环、提供虫害控制和授粉服务。例如，种植面积不到 2 公顷的小农的经验表明，可通过促进授粉动物对作物的授粉率，将产量中位数提高 24%（Garibaldi 等，2016）；较高的作物多样性水平可支持授粉动物种群，而采取相对简单的措施就可以加强这种支持。种植规模较大的农民不太容易获得这样的选择（Garibaldi 等，2016）。开展生态虫害防治，就是要利用栽培技术、促进农场多样性、选择适当的品种并引进天敌，恢复害虫与其天敌之间的平衡，以及移动障碍（见**插图 5**）。要实施这些措施，需要拥有复杂的农场知识，并开展精确的组织工作，在运作规模相对较小的情况下可以最有效地实施。在农场规模相对较小的情况下，鉴于劳作更密集，组织起来也更方便，为保持土壤健康和肥力，较为常见的做法是使用作物轮作和间作、覆土作物，以及施用堆肥和有机肥。

3.1.2 农场规模和对粮食安全和营养的贡献

必须了解目前是哪些类型的农场在“喂养世界”——不仅生产卡路里，而且也生产多样化和健康饮食的所有组成部分（如宏量营养素和微量营养素以及纤维）。

在上一份报告中，高专组指出，“小农农业存在于几乎所有国家和地区，大量小农是常态，而非例外”（高专组，2013b）。2015 年在尼也勒尼参加国际农业生态学论坛的民间社会组织声称，他们所代表的小规模粮食生产者共同生产了全球约 70% 的粮食。Herrero 等（2017）的研究显示，中小型农场（50 公顷以下）生产了全球几乎 51%至 77%的所有大宗农产品和营养成分（包括蔬菜、糖类作物、根茎和块茎、豆类、油料作物、牲畜、水果、纤维和谷物），实际比例存在地区差异。在大型农场占主导地位的“北美、南美、澳大利亚和新西兰”等地区，“中小型农场生产了 75%至 100%的谷物、牲畜和水果，其他农场类别的比例与此类似。相比之下，撒哈拉以南非洲、东南亚、南亚和中国，小农场（不超过 20 公顷）贡献了大部分农产品 75%以上的产量。在欧洲、西亚、北非和中美洲，中型农场（20-50 公顷）也大大促进了大多数粮食商品的生产”（Herrero 等，2017）。他们还发现，随着农场规模的扩大，农业和营养生产的多样性也有所减少，但无论农场规模如何，世界上农业多样性较高的地区生产的养分也较高。这一分析表明，小型农场和大型农场都是粮食供应的重要来源，但在世界上人口最多（和粮食不安全）的地区，微型和中小型农场生产的粮食和营养超过大型农场（Graub 等，2016）。Ricciardi 等（2018）结合微观数据与 55 个国家和 154 种作物的农业普查数据进行估算，发现 2 公顷以下的农场占总生产面积的 24%，却生产了 30-34%的粮食，其作物种类比大农场（超过 1000 公顷）更多样，收获后损失也低于大农场化。

粮食生产工作还必须关注小农和农场工人的需求，他们可能因为大规模农业生产活动增加而受到不利影响。集约化过程会增加经济作物生产，牺牲粮食作物的种植，导致水和土壤系统退化，并使小农更难与大农场竞争，进而加剧小规模农民的脆弱性和粮食安全和营养的不利处境（Rasmussen 等，2018）。在一些地方，大规模征地可能会排挤小农，侵犯他们的基本权利，使他们容易受到粮食不安全的影响（高专组，2011b；Nyantakyi-Frimpong，2017）。当集约化生产不可持续时，农场工人和较贫困农民的粮食安全和营养状况，以及他们赖以生存的环境资源（如森林和供水）都可能会恶化（Powell 等，2015；Rasmussen 等，2018）。

3.1.3 农场规模、社会公平和农业社区的福祉

农场规模可对社会公平和社区福祉产生影响（Lyson 等，2001；Deller 等，2003；Crowley 和 Roscigno，2004；Foltz 和 Zueli，2005；Jackson-Smith 和 Gillespie，2005；Donham 等，2007）。之所以应关注并提高小农的权益，是因为这些小农种植系统有助于确保公平、消除贫穷、保护森林资源、促进就业，和可持续管理自然资源（高专组，2013b；Gollin，2018；Sourisseau，2014）。小农在政治上也常常被边缘化，很难获得民主发声机会（Grindle，2004）。比较仅仅农场规模不同的社区，就可看出重要的社会成果（Pretty 和 Barucha，2014）。与农场规模有关的社会经济组织类型，如在外土地拥有人、合同农业、依赖农场管理人员而不是业主经营人，都是可能让社区面临风险的因素（Crowley 和 Roscigno，2004；Lyson 和 Welsh，2005；Jackson-Smith 和 Gillespie，2005）。一些学者的研究表明，在农场规模较小的情况下，社会联系、信任和社区生活参与度更高（Lobao，1990；Lyson 等，2001；Crowley 和 Roscigno，2004；Donham 等，2007）。

3.1.4 农场规模和营养

要填补可供食品和所需食品之间的营养缺口，需要考虑到对营养敏感的粮食和农业系统（Traore 等，2012）。小农和农场工人在粮食不安全和营养不良群体中占很大比例：全世界 75% 的最贫困家庭生活在农村地区，且以农业为生（粮农组织等，2015；2017）。许多研究发现，多样化的种植系统与小农的人类营养结果之间存在正相关（Jones 等，2014；Powell 等，2015；Bellon 等，2016；Demeke 等，2017 年）。物种丰富程度是衡量生物多样性的一项指标，研究表明，该指标与人类饮食中的微量营养素充足程度高度相关（高专组，2017b；Lachat 等，2018）。农场或农场附近的野生生物多样性在许多农村家庭饮食中也起着重要作用（Powell 等，2015；高专组，2017c）。在一些情况下，市场准入、汇款、妇女对收入的控制、族裔食物偏好或其他政治、经济和社会文化因素，是预测或调节饮食多样性的更有效因素（Lourme-Ruiz 等，2016；Ng'endo 等，2016；Nyantakyi-Frimpong，2017；Sibhatu

和 Qaim, 2018)。在促进小农场农业生物多样性和饮食多样性过程中, 必须考虑到社会文化和经济因素 (Keding 等, 2013; Jones 等, 2014; Ng'endo 等, 2016)。

3.1.5 农场规模与创新

农场规模可以影响技术的传播方式, 以及小农采取创新办法和管理相应风险的能力。农场规模较大的农民可能有更好的机会获得新技术, 这可能给小农带来压力, 他们可能会被迫失地退耕 (皇家学会, 2009 年)。在一些国家, 大型农场也通过补贴和其他国家计划获得大量支持, 导致小农失地退耕 (Dorward 和 Chirwa, 2013; Bruckner, 2016)。技术转让进程可能加剧、而非减轻贫穷和不平等 (Adesina, 2009 年)。

创新可以使各种规模的农场实现生产系统多样化。将种植业与畜牧业结合起来研究, 可清楚地理解这一结论 (插文 13)。

插文 13 加利福尼亚州合同放牧模式²⁹

在加利福尼亚和美国其他地区, 牧场主通过合同放牧模式建立综合农业和畜牧系统的运动正迅速兴起。牧场主和农民正在探索动物穿越农田的恰当时机, 以增强生态系统功能、增加利润、增加营养丰富的食物, 并提高质量的纤维。

例如, 在加利福尼亚州的沿海山麓丘陵地区, 牧场主正向多年种植系统 (如葡萄园) 提供合同放牧服务。生产者使用电栅栏在葡萄园内建造围场, 并在收获后和萌芽前酌情集中控制动物影响。牧场会频繁将畜群 (通常是绵羊) 转场, 每周至少两到三次, 具体取决于天气和牧场景观需要。在葡萄园里, 绵羊发挥割草机、除草机和修剪机的功能, 提供急需的土壤肥力, 从而减少或消除除草剂和合成肥料的使用, 节省修剪和割草以及使用拖拉机所花费的时间。

在一个大型葡萄园中, 平均节省了 173 美元/公顷, 并减少了化石燃料的使用。葡萄园管理人员还报告说, 葡萄病发病率下降, 葡萄活力增强, 葡萄质量提高。在啃食完葡萄园的杂草后, 羊群被转移到其他农田, 例如果园、苜蓿草地和麦茬地, 或到公共土地上放牧, 啃食柴草, 以减轻火灾风险。此举可营造由相互关联的景观、作物和产品组成的网络, 网络中的所有要素都受益于同一群羊的积极生态系统服务。加州大学戴维斯分校的科学家目前正在进行研究, 以更全面地记录其中一些生态系统的影响。总部位于加州的非盈利组织 Fibershed 已经建立一个对气候有益的验证模型, 借助该模型, 这些生产商可从支持减碳的农业系统品牌中获得更高的产品溢价。

²⁹ 参见: <https://www.fibershed.com>

3.1.6 农场规模、经济风险和抵御能力

关于气候变化抵御能力和适应能力，集约化（通常要求整合农场并向更大的规模转型）可能会改变生产者面临的经济风险的平衡（Garnett和Godfray，2012）。若只集中生产单一或少量农业产品，农民会面临跌价和恶劣天气的风险，这种损失需要在价格走高和风调雨顺的年份才能得到补偿。若依赖全球市场中的少数商品，会导致国民经济面临价格冲击，价格波动则可能造成“国际贫穷陷阱”，而穷人无法摆脱贫困（高专组，2011a；贸发会议，2002，2013）。面对不确定性，不同规模的大型农场有办法对冲种植选择。较大的农场也许能够投保作物歉收和跌价险，而小农则通过分散种植不同作物和增加收入来源，来应对不确定性。

3.1.7 农场规模是政策重点

农场规模仍然是施政的一大关键问题，因为许多国家都奉行促进较小或较大规模农场发展的政策。一些国家认为，农场规模越大就越能实现规模经济效益，对经济增长的贡献就越大，因此努力通过土地确权来推进土地合并和土地市场。其他国家努力通过限制土地市场和农场规模来限制合并（Gollin，2018年）。这就引发了这样的问题：“政府应该用什么方式解决农场规模问题，最好地为本国人民提供粮食安全和营养？”从本文提供的证据来看，更多地关注全球营养主要来源的中小型农场，发挥其规模小、具有内在多样性的优势，可能是一项合理的投资。

2013年，高专组建议，各国应根据小农农业的愿景，参与制定国家小农投资战略，并出台一系列配套政策和预算支持小农部门（高专组，2013b）。

需要支持农民、科学家和民间社会团体网络，以促进知识的分享和共同创造，管理农业与研究界以及两者之间多样、复杂的农业生态系统，而不是采取措施支持大型企业（Holt-Gimenez，2006；Brescia 编辑，2017；Nyantakyi-Frimpong 等，2017；Khadse 等，2018；Mier y Terán 等，2018；Nicholls 和 Altieri，2018）。

与此相反，一些大农场正与研究人员合作，探索采用更多农业生态做法的转型之路，恢复传统系统中早已丧失的多样性，从而提高产量和复原力（Helmerts 等，2012；Zhou 等，2014；Leibman 和 Schulte，2015）。例如，在法国和瑞士，在政府政策、非政府组织、学术界和社会运动的支持下，小型和大型农场采取了重大举措，向农业生态做法转型（Anderson 等，2019；Bellon 和 Ollivier，2018；Gonzalez 和 Chang，2018；经合组织，2017；Wezel 等，2018b）。总体而言，在推动粮食安全和营养向可持续粮食系统转型过程中，农场规模的影响并非只与作物多样性相关，而是密切相关。然而，作物多样化并非小型农场专有的特征，也并非所有小型农场的作物都具有多样化。这表明，可以通过支持性的公共政策、研究和民间社会举措，探索在各种规模的农场开展多样化种植。

分析小型和大型农场为可持续粮食系统做出贡献的个体能力及互补能力，有助于更好地认识到让每个农场类别实施转型的多样性，并认清因地制宜地设计和实施政策的能力，以妥善管理这种多样性，并在相关层面解决粮食安全和营养问题（Sourisseau, 2014）。

3.2 现代生物技术能在多大程度上促进粮食安全和营养向可持续粮食系统转型？

很多学者讨论了现代生物技术（Flavell, 2010）支持向可持续粮食系统转型的潜力（Lindblom 等, 2017），批评人士则提出了对治理、生态、社会和健康影响的关切，包括象征和道德层面的影响（Jacobsen 等, 2013; Quist 等, 2013; Heinemann 等, 2014; Hilbeck 等, 2015; Carolan, 2018a, b）。现代生物技术已在一些领域广泛传播。一些人将技术视为农业转型的主要引擎，认为其代表着应对未来发展挑战的希望，而在另一些人看来，技术是抵制过度以利润和技术驱动的发展模式的象征。后者因公众对转基因生物技术的不信任而加剧，部分原因是少数实力雄厚的跨国公司主导着整个行业（Andreasen, 2014 年）。这招致了许多领域的大量抵制，高专组继而承认这是粮食安全和营养领域新出现的重要问题（高专组, 2017a）。

现代生物技术在《卡塔赫纳生物安全议定书》（生物多样性公约秘书处, 2000）中定义为：（i）体外核酸技术，包括重组脱氧核糖核酸（rDNA）和将核酸直接注射到细胞或细胞器中；或（ii）应用非传统育种和选择中使用的技术，克服自然、生理生殖或重组障碍，在分类体系之外进行细胞融合。现代生物技术通过直接改变生物体的特性或特性来开发产品。

测序可提供可用于生物信息学的信息，供将基因与特征进行关联（Heinemann 等, 2019）。可通过合成用作理想特征标记的序列，产生分子探针来筛选生物体，使其具有所需的序列变异，并将其用于育种或克隆繁殖（Lidder 和 Sonnino, 2011）。此外，DNA 序列可用于验证来自受保护或当地珍贵物种的食物中的成分。

一种来自现代生物技术的产品被称为转基因或基因工程生物。转基因生物的商用实例是除草剂和/或抗虫害作物，如大豆、玉米、棉花、油菜籽和甜菜。这些作物是由通过插入来自其他物种的 DNA 而产生，有时称为转基因。使用生物除草剂和/或抗虫剂，就可以消除或减少化学农药的使用，及其对健康和环境的影响。转基因生物的其他例子包括辐射和化学诱变，以及基因/基因组编辑技术（Altpeter 等, 2016; Sauer 等, 2016）。用于编辑基因的位点导向核酸酶（如 CRISPR-Cas9、³⁰转

³⁰ 成簇规律间隔短回文重复序列/RNA 引导内切核酸酶关联蛋白 9。

录活化剂样效应素³¹和锌指核酸酶)有助于对植物和动物进行精确繁殖,并实现工业微生物工程(Pacher 和 Puchta, 2017; Salsman 和 Dallaire, 2017; Yin 等, 2017; Donohoue 等, 2018)。

代谢工程技术通过操控转录组³²和表观基因组³³,使代谢途径得到控制,使现代生物技术不局限于对 DNA 分子中核苷酸序列的操控。例如,目前正在开发和测试 RNAi 介导的基因沉默³⁴,以防止马铃薯块茎的冷致甜味,提高加工质量(Hameed 等, 2018),并控制作物中的霉菌毒素(Majumdar 等, 2017 年)。使用多基因构造设计在油籽中加入高多沙苯甲酸(DHA),是生物过程添加的一个例子,目前已被用于生产陆基长链多不饱和欧米茄-3 油类(Petric 等, 2014)。

3.2.1 现代生物技术、健康和营养

在不久的将来,富含 β -胡萝卜素的大米(“黄金大米”)有可能投放市场。这个重要例子表明,转基因作物有可能为解决营养不良问题作出贡献。黄金大米可以提供含量很高的 β -胡萝卜素,当被人体摄入时会转化为维生素 A。然而,目前仍存在很多推广障碍,导致难以广泛用于解决营养不良问题。首先,黄金大米涉及大约 70 项专利和 32 个专利持有人,只有经过他们所有人同意,才能使用其知识产权(Spielman, 2007)。这个过程繁琐、昂贵且难以推广。经过多年谈判,这些专利持有人同意发放人道主义许可证,允许在符合条件的国家自由使用黄金大米种子。如果黄金大米种子与出口大米混合,采用者可能会违反许可,并缴纳租金。由于水稻存在明显的基因流动风险,通过转基因增强营养的战略可能会给贫困农民带来负担(Heinemann, 2007, 2013)。其次,要达到足够高的 β -胡萝卜素水平,以有效改变黄金大米食用者的维生素 A 状态,仍需要克服重大的技术挑战(Brooks, 2013; Eisenstein, 2014; Glover 和 Poole, 2018)。此外,在一些水稻农业生态系统中,转基因黄金大米产量不佳(Bollinedi 等, 2017)。人们是否愿意种植和消费这些水稻新品种仍然是一个悬而未决的问题(Bongoni 和 Basu, 2016)。此外,很多多样化的生产系统往往提供一系列营养益处,且对生产者和当地市场都具有文化意义,而黄金大米无法完全取代这类生产系统(Stone 和 Glover, 2017; Ickowitz 等, 2019)。鉴于所有这些原因,黄金大米迄今都无法取代饮食多样化,尽管可以鼓励农业生态种植(Jacobsen 等, 2013; Ickowitz 等, 2019)。

³¹ “转录”是基于 DNA 的基因表达的第一步,其中 DNA 的特定片段被复制到 RNA 中。“转译”是指在细胞核中将 DNA 复制到 RNA 的过程之后,细胞质或内质神经质中的核糖体合成蛋白质的过程。整个过程称为“基因表达”。

³² 细胞或细胞群的转录组指所有 RNA 分子的组合,在基因编码、解码、调节和表达方面至关重要。

³³ 生物体的表观基因组是其基因组表达的可逆和可传播状态。

³⁴ RNA 干扰是指 RNA 分子通过中和靶向 mRNA 分子来抑制基因表达的一种生物过程。基因沉默(阻止某一基因的表达)可在转译或转录过程中发生。

使用转基因生物和基因工程生物的另一瓶颈，是缺乏关于可能意外影响的数据。例如，缺乏描述 CRISPR/Cas9 在植物中特异性的系统化研究（Yin 等，2017）。关于梅甘蔗酶、转录活化剂样效应素和锌指核酸酶脱靶效应的报告相互矛盾，且研究有限（Pacher 和 Puchta，2017）。有很多有据可查的脱靶编辑问题（Yanfang 等，2013），并报告了重大基因重组和缺失问题（Kosicki 等，2018）。一些转基因生物和基因工程生物技术可能导致产品不受转基因法规限制（Kershen，2015），尽管这已成为许多国家/地区积极讨论的领域。

3.2.2 现代生物技术、健康和安全

转基因食品须接受各国管辖区内监管机构的安全评估，其中大多数评估依据的是经合组织 1993 年提出的“实质等同性”比较框架，该框架“体现的精神是，在评估人类食用经改性或新食品成分的安全性时，可将现有用作食物或食物来源的生物体作为比较依据”（经合组织，1993）。《食品法典》指出：“实质等同性的概念是安全评估过程中的一个关键步骤。然而，此概念本身并不是一项安全评估；而是构建评估有别于传统食品的新食品安全性的起点。此概念用于确定新食品与传统食品之间的异同”（粮农组织和世卫组织，2009）。

世界卫生组织（世卫组织）确认，现行法规确保目前市场上的转基因食品不会造成经证实的健康危害，但告诫不要过度外推。世卫组织表示，“应逐案评估个别转基因食品及其安全性，目前不可能对所有转基因食品的安全性作出总体声明。目前在国际市场上销售的转基因食品已经通过安全评估，不太可能对人类健康构成风险。此外，没有任何证据表明在批准转基因食品的国家，公众因食用此类食品而影响身体影响”（世卫组织，2014）。

美国国家科学、工程和医学研究院（美国国家科学院，2016）在反思同一问题后得出结论，“未发现任何差异，能表明这些转基因食品对人类健康的风险高于非转基因食品。本委员会非常仔细地表述这一结果，确认任何新食品，无论是否为转基因食品，都可能产生一些微妙的有利或不利的健康影响，但即使经过仔细审查，目前尚未发现存在这些影响；同时也确认，健康影响可能会随着时间的推移而加剧”。然而，美国国家科学院特别告诫不要对来自现有转基因作物的未来转基因衍生食品进行外推，同时表示，“未来的转基因作物……可大大扩展农业生物技术在生物燃料开发、林业恢复和工业生物加工中的应用，从而可能导致新的风险评估和风险管理问题”（美国国家科学院，2016）。

美国医学协会（2012）“支持对生物工程食品进行强制性上市前系统化安全评估，并鼓励：（a）开发和验证用于检测和/或评估意外影响的其他技术；（b）继续使用各种方法检测生物工程食品中营养素或有毒物质水平的实质性变化，作为实质等

同性评价的一部分；(c) 开发并使用替代转化技术，以酌情避免使用抗生素抗性标记物作为临床相关抗生素的编码；(d) 应优先重视食品过敏症的基础研究，以支持开发改进方法，确定潜在过敏原”。

换言之，这些主要卫生主管机构都确认，有必要进一步对转基因食品进行逐案安全测试和评估。其他科学评估注意到，在转基因安全方面缺乏科学共识，并呼吁对生物技术粮食和食品进行持续、严格和公正的检测（Hilbeck 等，2015；Krimsky，2015）。

3.2.3 现代生物技术、生计和公平

在采用现代生物技术的国家，除了传统的育种和养护技术之外，有证据表明，农业生产资料行业市场极度集中，农场生产存在大农场化的趋势，导致小农流离失所，农民对育种的参与度降低，且种子价格大幅上涨（Mascarenhas 和 Busch，2006；世界银行，2007b；Glenna 和 Cahoy，2009；Heinemann 等，2014；Leguizamón，2014；可持续粮食系统国际专家小组，2017a）。种质和农业化学品的市场集中趋势因知识产权工具的变化而加速，例如推广有效地衍生自现代生物技术流程的新生物材料（Glenna 和 Cahoy，2009；Heinemann 等，2014；Howard，2015）。这些社会经济趋势直接影响到生计、公平、知识和文化。然而，至于这些趋势是否会让继续务农的人群处于不利地位，尚没有统一的证据。

Jost 等（2008）在美国对转基因和常规棉花进行了一项为期四年的研究，得出的结论是，“盈利能力与产量密切相关，与技术无关”。换言之，获得最新的种质和培训可能比转基因特性重要得多。高产量与高投入成本相抵，也会降低农场的盈利能力和/或增加农场债务，进而削弱风险抵御能力，小农场尤其如此。这种现象被称为“跑步机效应”，在主要看重产量的现代农业系统中已有充分记载（Tietz 等，2013；Carolan，2016）。农民保存种子的能力下降，加上市场集中度提高、选择较少，是造成种子成本增加的一个原因（Howard，2015）。

对非洲 Bt 棉花（即转 Bt 基因抗虫棉）的两项案例研究表明，生计和公平影响会因社会生态背景不同而迥异（**插图 14**）。

插图 14 Bt 棉花的生计和公平影响

南非 Bt 棉花

Schnurr (2012 年) 评估了南非马哈提尼平原小农的经验, 他们自 1998 年以来一直在种植 Bt 棉花。Bt 棉花在引进之后不久即得到推广, 进而说服其他非洲国家采用转基因作物。然而, 马哈提尼平原的做法虽然在学术文献和流行文学中被传为佳话, 但棉花种植者所面临的现实却截然不同。产量并没有显著增加, 而成本仍然很高, 种植 Bt 棉花的农民数量和种植面积已经缩减到最初最高水平的 10%。

资料来源: Schnurr (2012)。

布基纳法索的 Bt 棉花

布基纳法索不再种植 Bt 棉花。棉花部门的综合信贷拨备计划为所有社会经济群体种植 Bt 棉花提供了平台。然而, 尽管存在安全的信贷机构, 但种子价格居高不下, 可能会让资源贫乏的农民难以采用 Bt 棉花。腐败和付款延期等治理问题迫使大量生产者放弃各种形式的棉花生产。Bt 棉花控制了目标害虫, 但次生害虫的出现缩短了该技术的效益。这些结果表明, 布基纳法索种植 Bt 棉花之所以出现诸多问题, 根源在于相关的社会农业生态大背景, 而在农场为单位分析转基因作物结果时, 往往忽略了对这个大背景的研究。

资料来源: Dowd-Urbe (2014) 和 Fok (2016)。

美国国家科学院 (2016) 发现, “几乎没有证据” 表明转基因生物的引入导致产量增长超过传统作物的产量。与此相反, 对 76 项转基因玉米种植研究的元分析表明, 产量可增加 6-25%, 且转基因玉米的毒素含量较低 (Pellegrino 等, 2018)。Klömper 和 Qaim (2014) 发现, 采用转基因技术后, 化学杀虫剂³⁵的使用量减少了 37%, 作物产量提高了 22%, 农民的利润增加了 68%。然而, 方法上的重大局限性导致很难将测得的益处归因到转基因特性。许多有助于元分析的研究都基于农民对产量的回忆 (而不是实际测量数据), 且数据涵盖期限只有 1-2 年。此外, 未评估参与者选择和种植偏好的可能性 (Glover, 2010)。

采用转基因生物的农民也在采用最新的种质, 以及由种子销售者或研究人员设计的管理计划。转基因种子公司有资助率先采用此类种子的小农的计划 (Stone, 2011)。其他使用非转基因品种的农民往往得不到同等水平的外部支持。

这些元分析的局限性可以在未来得到克服, 并可以更加肯定地确定农场的经济效益是否因转基因特征而实现了净增长。需要采用标准协议, 涵盖产量变化的多因素来源, 并按作物、国家、特性和研究时间使用有代表性的研究。

³⁵ 即不包括由于转基因特性而制成的杀虫剂。

3.2.4 现代生物技术与环境

为了促进可持续粮食系统的发展，应查明、评估并减轻现代生物技术对环境的潜在长短期影响。

这种影响可能以不同形式发生。例如，环境合作委员会（2004）强调，转基因生物可能污染本地种子，包括陆地和作物野生亲缘种——在原产地和多样性中心尤其如此。

Mortensen 等（2012）指出了杂草抗药性的诸多问题，这些问题在较短的时间内显露出来，与大面积种植转基因玉米时广泛、反复施用草甘膦有关。类似的杂草抗药性和不利产量影响在美国有广泛记录（Heap, 2019）。为了应对杂草抗药性，农民可能被迫使用更多的有毒物质，或混合使用不同的除草剂，进而可能对人类健康和环境造成有害影响。

开发 Bt 技术旨在减少农药的使用，并让非目标生物体尽量少接触农药。迄今为止，转基因作物的种植在农药使用方面忧喜参半，棉花的农药施用量有所下降，但玉米的农药施用量没有大幅度下降；此外，事实证明，转基因种子对新烟碱种子涂层的广泛使用对非目标有益土壤生物体和授粉动物有显著影响（Hopwood 等, 2016; Pisa 等, 2017）。若从一开始就仔细考虑将现代生物技术作为整体系统的一部分，而不是作为“灵丹妙药”技术来防治一种害虫，则在特定情况下，可将其视为生物虫害控制的额外工具（Hokkanen 和 Menzler-Hokkanen, 2017）。

3.2.5 现代生物技术和农业生态

借助可持续集约化方法，可使现代生物技术成为推动粮食安全和营养向可持续粮食系统转型的备选工具（Montpellier 小组, 2013; Kuyper 和 Struik, 2014）。相反，鉴于集约化方法的实施和控制方式，许多学者认为，现代生物技术与可持续粮食系统的农业生态方法不相容（Holt-Gimenez 和 Altieri, 2013; Levidow, 2015; Vanloqueren 和 Baret, 2009; Hokkanen 和 Menzler-Hokkanen, 2017）。他们认为，现代生物技术不符合第 1 章强调的几项关键农业生态原则，例如，原则 5（生物多样性）、原则 6（协同作用）、原则 8（知识共创）、原则 9（社会价值观和饮食）、原则 10（公平）和在某些情况下，原则 2（减少投入）（Lin, 2011; Holt-Gimenez 和 Altieri, 2013; Levidow, 2015）。此外，经认证的有机农业不允许种植转基因作物，这意味着如果使用现代生物技术，则将消除有机认证带来的关键创收和增值机会。

与转基因作物种植相关的单一作物栽培的增加（Plourde 等, 2013）表明，转基因作物与农业生态方法缺乏兼容性；而且有人认为，多样化的种植系统将更有效地解决生态健康问题（Davis 等, 2012; Lechenet 等, 2014）。

除了侧重基于生态系统的农业做法，农业生态方法的核心是如何以由谁控制技术的问题。许多对生物技术持批评态度的人认为，现代生物技术的使用加速了生产资料市场的权力集中化，进而导致农民在粮食系统中失去自主权、技能和主动性（Mascarenhas 和 Busch, 2006; Vanloqueren 和 Baret, 2009; Holt-Gimenez 和 Altieri, 2013; Levidow, 2015; Rock, 2019）。粮食系统日益集中，并由少数几个公司主导，这与承认和支持传播知识来源的农业生态原则，以及尊重“农民、土著人民、渔民、牧民和森林居民的知识”是不可或缺的资源理念格格不入（Pimbert, 2015）。

将现代生物技术产品（但不是工具）应用于农业生态方法的障碍是，知识产权框架和创新政策可能与农民及其社区民主化和赋权存在根本性的冲突（McIntyre 等, 2009; Pimbert, 2015）。而在当下，赋权不仅被视为开展必要创新以促进粮食安全和营养的关键，而且是建立社区与农业的联系，改善经济保障、教育和卫生的重要举措。

3.2.6 预测

尽管转基因技术不断得到采用，但与之相关的争论继续呈两极分化之势：公众担忧会发生食品安全、潜在的负面环境影响、对农业公司化的抵制等问题，也担心基因改造会产生伦理问题（Bennett 等, 2013）。随着可持续集约化的推进，学者通过个案研究，分析了评估现代生物技术贡献过程中查明的不确定性。相反，农业生态方法的支持者一般不认为现代生物技术是促进粮食安全和营养向可持续粮食系统转型的一部分，因为就目前情况而言，现代生物技术与可持续粮食系统的生态、民主治理、社会文化和其他核心原则存在冲突。

显然需要在农业和粮食研究方面进作出更多的投资，包括认真评估现代生物技术，以改善粮食和营养安全，在气候变异和变化之后提供可持续的粮食系统（Altpeter 等, 2016; 美国国家科学院, 2016）。今后，可能还有从生态农业中吸取经验教训的余地。例如，杂草的除草剂耐药性已成为现代高投入农业的一大挑战。农业生态学方法不是通过生物技术开发更有针对性的除草剂和作物，而是利用抗杂草的种植系统，即通过覆盖土壤，创造间作或混作体系，来充分利用杂草可能生长的空间，并侧重于提高作物健康，而不是除草（Gbehounou 和 Barbieri, 2016; Smith 和 Mortenson, 2017）。

在全球范围内，现代生物技术产品将成为粮食安全和营养向可持续粮食系统转型的一部分。这类产品已成为一些国家农业系统的重要组成部分。目前没有确凿的证据表明需要将现代生物技术产品引入目前不依赖技术的农业生态系统中。一些农产品系统尚未采用投入集约型模式，且有可能以无需纳入现代生物技术产品的可持

续粮食系统为目标，推动粮食安全和营养的转型（Quist 等，2013）。相反，在使用转基因和基因工程的高投入模型是主流的情况下，为了促进粮食安全和营养向可持续粮食系统转型，可能需要重新审视用于促进广泛创新的工具，而不是侧重于特定技术。最近，有人呼吁建立全球基因编辑观察站，建议就现代生物技术的使用加强审查、对话和审议工作（Jasanoff 和 Hurlbut，2018）。

3.3 数字技术能在多大程度上与促进粮食安全和营养向可持续粮食系统转型相容？

数字技术颠覆了农业和粮食系统。然而，有时却因可能存在直接和间接的负面影响而受到质疑，特别是因为获取方面存在不平等，并可能产生路径依赖性。本文的“数字技术”是一个非常广泛的概念，涵盖农业和粮食系统中的以下一系列技术：精准农业、“大数据”、自动化、替代网络平台。前两个技术与可持续集约化方法的联系更为紧密，而后两个技术也已出现在农业生态方法和其他相关方法中。

3.3.1 精准农业

精准农业一般将农业设备中的传感器，与提供农场级历史数据（作物产量、产量、土壤、气候）和天气预报的软件平台结合起来应用。这些平台与农民的农机设备相连，可为农民提供作物管理建议：即应种植哪些作物和品种、在哪里种植、何时种植，以及何时收获。传感技术（如卫星遥感和无人机）的进步有助于提供和共享实时数据，以支持实时决策（Higgins 等，2017；Carolan，2017；Adeyemi 等，2018）。这些工具主要用于指导作物管理（Beloev，2016），但类似的工具也可用于监测农场动物，尽管迄今的应用有限（Barbedo 和 Koenigkan，2018）。

精准农业让农民能够根据具体地点的实际需要，适时调整生产投入（化肥、农药、灌溉用水），从而优化成本（Aubert 等，2012；Adeyemi 等，2017；Lovas 等，2018）。精准农业可应对田间营养矿化水平的变化；然而，相对于肥料投入水平，这种变化的规模相当小（Cambardella 等，1994）。精准农业不一定鼓励农民减少投入，进而可能对生物多样性或生态健康产生破坏性影响，而可能侧重于优化产量（Carolan，2017；Gkissakis 等，2017）。

精准农业可用于提高农业系统的效率和可持续性，减少产量差距（Lindblom 等，2017；Bucci 等，2018），具体手段包括综合管理虫害和杂草、改良土壤以及预测天气和气候（Robertson 等，2017，2018）。通过更好地将作物基因型与管理做法相匹配，可以提高产量和水资源生产力（Kirkegaard 和 Hunt，2010）。如果采用全农场精准农业方法，同时考虑作物的生理过程以及作物生长、环境和产量之间的关系，就可以提高生产力和农场利润（Monzon 等，2018）。将天气预报、虫害发生率、土

壤肥力和作物营养方面的信息与人工智能技术相结合，可为农民提供农业生态选择（Ye 等，2019）；再结合遥感技术，就有可能为多样化景观规划提供更准确的地表覆被信息（Fu，2018）。

在一些地区，精准农业技术的使用急剧增加。在美国，1997 年只有 17% 的玉米使用精准农业设备种植，而 2010 年为 72%（美国农业部，2015）。荷兰 65% 的可耕地采用精准农业技术，而 2007 年为 15%（Michalopoulos，2015，引用 Carolan，2018b）。2014 年，全球精准农业市场产值达到 23 亿美元（Michalopoulos，2015）。

3.3.2 大数据

大数据和高性能计算与全球定位卫星相结合，使农民能够为其农场定制生产资料的使用。使用作物管理数据（产量预测、疾病和杂草检测、作物质量、物种识别）、牲畜管理（畜牧生产和动物福利）、水管理（蒸散率和露点预测）和土壤管理（土壤干燥率、土壤条件、温度和湿度）进行机器学习，可为改进操作环境中的实际应用提供依据（Liakos 等，2018）。借助物联网以及信息和通信技术的进步，为农民提供决策支持系统，有助于农民利用证据实时做出更知情的决定。

在食品零售部门，正从第一方（如会员卡）、第二方（通过数据协议共享）和第三方（识别诸如教育背景、收入、种族、政治派别等用户特征的社交媒体平台）来源收集巨量数据集。综合利用预测分析和人工智能，可“推动”³⁶消费者作出特定的购买选择（Thaler 和 Sunstein，2009）。借助大数据，可以从多个来源引导信息进行分层，以创建非常强大的食品零售工具。公共部门开展相关工作时可使用大数据，通过提供信息，让食品零售商、公共卫生官员和食品系统的其他参与者能够塑造“选择架构”，即通过社会线索、规范、城市环境和营销，向消费者提供选择的方式，帮助消费者做出更可持续、更健康的食品选择（Thaler 和 Sunstein，2009）。相比之下，大数据和数字技术可塑造食品环境（高专组，2017b），也可根据食品系统中实力最强大的利益集团的利益影响消费者的选择，促进人们消费加工食品，鼓励不健康的饮食习惯，以牺牲传统和本地饮食、知识和技能为代价，提高食品工业公司的利润（Carolan，2018a）。目前还不清楚这些技术的效果如何，尽管选择架构遭到操纵——或是为了达到公共卫生目标，或是为了私营部门利润，但消费者仍可保持自主和选择自由（Johnson 等，2012）。

另一个新兴机会是利用大数据来跟踪供应链的来源（Kim 和 Laskowski，2018）。

³⁶ 这种推动可以是“选择架构的任何方面，指在不禁止任何选择或显著改变人们经济动机的情况下，以可预测的方式改变其行为”（Thaler 和 Sunstein，2009）

3.3.3 自动化和替代网络平台

预计自动化将在未来对生产力产生重大影响（Manyika等，2017）。农业自动化始于大型拖拉机取代人力，但随着机器人、无人机、自动收割机和人工智能的应用，农业的自动化正在加速发展，提高了生产力和效率（Shepon等，2018）。无人机已经用于作物监测、农药喷洒和田间状况分析。自动化可以使人们从琐碎而耗时的任务中解脱出来，让他们能够参与面向社区的多样化粮食生产系统（Shepon等，2018）。

然而，自动化也可能对就业产生重大负面影响，特别是在农业就业率占比很高的发展中国家，例如，印度的农业提供了44%的就业，而整个欧洲和美国的平均比例为1.5%（世界银行，2018；欧盟委员会，2018）。由于最近对自动化技术作出了大量投资，对农业就业的影响可能会突如其来，而非渐进发生（Shepon等，2018）。虽然生产力将有所提高，但若不对贫困和影响粮食安全和营养的其他因素，生产力的提高不太可能改善许多粮食不安全和营养不良群体的处境，包括农场工人。

可使用替代食品中心和数字平台来鼓励区域食品系统，将当地生产者与消费者和零售商店连接起来，并鼓励发展循环经济（Carolan，2017）。例如，已经开发了基于网络的平台，以便：将当地农业生态食品生产商与零售商联系起来，以努力促进区域性可持续粮食系统；将小规模有机食品企业家与可用的厨房空间联系起来（Carolan，2017）；制定粮食分享计划（Davies等，2017b）或平台，将愿意分享或出售土地的农民和很难获得土地的农民联系起来。

数字技术的使用也可以作为吸引年轻人参与农业生态工作的有益且重要的切入点（Hung，2004）。

信息和通信技术平台是粮食共享网络的重要工具，为公民参与城市食品系统提供了组织基础设施，这也有助于减少浪费，加强边缘化群体的粮食安全和营养（插文15）。

插文15 利用信息和通信技术平台，加强城市粮食共享，减少浪费

据记载，全球100多个城市发出了4000多项利用信通技术平台的粮食分享倡议。这些粮食共享倡议涉及企业、非盈利组织、市政当局和居民，包括社区花园、社区厨房的饮食和烹饪共享，以及教育性食物共享之旅。这些倡议都致力于解决粮食安全和营养问题，同时减少粮食损失和浪费。

例如，新加坡在实施45项粮食共享倡议，增加了居民获得当地食物的机会。在伦敦，集体烹饪班使用剩余食物作为材料，同时增加了社会互动。在柏林，通过大量使用公共冰箱建立起食品救援网络，提高了边缘化城市居民的粮食安全和营养。

资料来源：Davies等（2017），Marovelli（2018）和Morrow（2018）。

3.3.4 数字鸿沟、权力集中以及数字技术的获取和控制

数字农业可能增加人们对少数生产资料和零售公司的依赖（Carolan, 2017; Gkisakis 等, 2017），进而可能降低粮食系统的复原力和公平性（Higgins 等, 2016）。精准农业和自动化侧重于根据可持续集约化方法提高生产力和产量，相关技术主要由大型生产资料公司控制（Carolan, 2017）。

一些农民仍然难以对他们目前的做法进行数字化改造（Higgins 等, 2017）。然而，目前的主要模式是技术转让，而不是交流和试验；数字农业被定性为重视大数据，而不是对粮食生产者进行实地长期观察，并提高他们的知识（Carolan, 2017; Higgins 等, 2017）。这引发了关键的治理问题，即谁在控制信息和技术？谁又在控制信息的访问和使用权？（Carolan, 2017, 2018b; Higgins 等, 2017），背后的原因是，关于如何发展可持续粮食系统，存在社区导向与个人主义导向的不同价值观（Gkisakis 等, 2017; Carolan, 2018b）。

从这个意义上说，数字农业可能导致食品生产商和公民与拥有平台和设备并控制数据的大公司陷入不对称的权力关系中（Higgins 等, 2017; Carolan 2018a）。食品零售业高度集中，例如，在美国、澳大利亚、新西兰、芬兰、挪威和瑞典，60%、99%、99%、91%、91%和 91%的食品零售市场分别被五家最大的零售公司瓜分（Carolan, 2018c）。零售业日益控制着人们的食品选择，并掌握着消费者的大量个人资料以及他们的食品消费信息。这可能限制人们对食品种类的选择，进而可能削弱人们向可持续粮食系统转型的动力（Carolan, 2018a）。数字农业可能会淘汰不符合行业主要生产力和利润目标的替代食品选择，具体取决于使用方式（Carolan, 2017）。食品零售业中的大数据通常侧重于食品的外在属性³⁷——即将某些类型的食品消费作为个人成就和社会地位的标志。这会进一步加强对生产力和消费者便利的关注，而不是号召消费者采取集体行动，促进粮食生产和消费模式的社会变化（Carolan, 2018a）。

一个关键问题是，精准农业的推动方和获益方基本上都是大型农业生产资料公司；而要向可持续粮食系统转型，就必须从根本上减少化肥和农药的使用（可持续粮食系统国际专家小组, 2016），但这种转变可能不符合生产资料供应商的利益。大型农业生产资料公司专门销售平台和设备，而在大数据行业，有关精准农业的数据集中度越来越高（可持续粮食系统国际专家小组, 2017a）。为了采用精准农业技术，农民需要在时间和资本方面进行大量初始投资（Van Meensel 等, 2012），这正是欧洲采用率低于预期的主要原因（Reichardt 等, 2009）。精准农业的高成本可能

³⁷ 食品的外在属性是指与产品相关但不构成实物产品一部分的属性，例如品牌、标签和价格；外在属性有别于内在或感官属性，如颜色、风味、气味或外观（Li 等人, 2015）。

令小规模 and 低收入生产者望而却步 (Higgins 等, 2017), 进而扩大大规模和小规模农民之间的差距。随着农民年龄的增加和农场规模的缩小, 数字技术的采用率会不断降低, 因为固定的设备成本会降低小型农场精准农业的盈利能力 (Tamirat 等, 2018)。低收入国家许多小农无法使用计算机和互联网是采用精确农业的障碍 (Piwowar, 2018)。

使用昂贵的数字设备可能会使农民陷入不断加大投入的路径依赖, 而作出这种投入往往需要举债。评估使用精准农业对作物生产成本、农业利润和资源保护的影响, 可发现精准农业可以促进生态系统管理, 并增加利润, 尽管在某些情况下, 可能也会增加运营成本 (Schimmelpfennig, 2018)。

借助手机和因特网等工具, 数字信息系统可以促进一些国家 (包括低收入国家) 农民之间的交流, 并可以缩短食品链, 并在农民和消费者之间建立互信 (Si 和 Weiping, 2018)。如果缩小数字鸿沟³⁸, 中小型农场、企业、民间社会团体和政府就可以利用这些技术实现社会和生态目标。以中国的稻田养鱼系统为代表的传统和地方农业生态做法, 可以更容易地使用数字技术进行分享和应用, 从而增进农业生态知识, 建立更民主的信息系统 (Xin 和 Liangliang, 2018)。

3.4 为向可持续粮食系统转型, 是否应消除或明智地使用合成生产资料? ——以肥料为例

在向可持续粮食系统转型方面, 人们一直担忧合成生产资料 (化肥、除草剂和农药) 会产生环境、经济、健康和社会影响, 农业生态方法侧重于减少和逐步淘汰其使用, 而可持续集约化方法强调应更有效地加以利用 (Watts 和 Williamson, 2015; Baudry 等, 2018; Springmann 等, 2018)。虽然在使用除草剂和杀虫剂方面也提出了类似的问题, 但所关注的是具体的方面, 特别是人类健康方面。本节仅以化肥为例, 来说明问题。

在过去几十年中, 合成肥料的日益使用促进了各大洲主要作物产量的提高 (Everson 和 Gollin, 2003; Pingali, 2012), 大幅增加了农业生产和收入, 从而减少了全球粮食不安全。在许多国家, 合成肥料的广泛使用是国家补贴与支持的直接结果。在世界许多地区, 国家农业机构将合成肥料和杂交种子 (主要是玉米、水稻和小麦) 补贴纳入一揽子技术支持计划, 同时推动使用杀虫剂以保护作物 (Poulton 等, 2006; Minot 等, 2009)。

³⁸ 数字鸿沟是指任何数量的不同群体之间在获取、使用或影响信息和通信技术方面分布不均; 这些群体可以根据社会、地理或地缘政治标准来界定 (美国国家电信信息管理局, 1995)。

美国国家电信信息管理局 (NTIA) (1995)。掉队: 一项针对美国农村和城市贫困人口的投资。摘自 <http://www.ntia.doc.gov/ntiahome/fallingthru.html>。

最近，很明显，广泛使用合成肥料造成了高昂的环境代价，包括空气、水和土壤污染。合成肥料由于溶解度高，很容易污染地表和地下水，包括沿海和海洋流域，并引发有毒藻类繁殖，造成水生死亡区（Campbell 等，2017；Kirchmann 和 Bergström，2007；Howarth 等，2012；Swaney 等，2012）。其他研究还测量了因生产、运输和施用合成肥料导致全球环境污染，进而导致温室气体排放量增加的情况（Synder 等，2009）。对环境的影响程度取决于几个因素，包括肥料类型、形式和质量、土壤类型、降水量、分布和强度，以及田地位置和作物管理。

总体而言，过度施肥是超越“地球承载极限”的主要原因（Steffen 等，2015）。Sutton 等（2011 年）估计，欧洲氮素流失造成的环境成本超过了农业中施用氮肥带来的全部直接经济效益（Sutton 等，2011）。此外，在非洲和中国进行的长期实地试验表明，若持续大量使用合成肥料，而不添加有机改良剂，则可导致土壤退化和产量下降趋势（Waddington，编辑，2003；Miao 和 Zhang，2011；Mtangadura 等，2017）。

使用合成肥料也会带来社会经济代价。依赖采购的年度生产资料，增加了生产成本，在许多情况下导致农民债务增加、农业企业倒闭（美国农业部经济研究所，2010；可持续粮食系统国际专家小组，2016）。一般而言，使用合成肥料需要较高的购买力，因此，边缘化和处境不利的农民可能不太容易获得合成肥料。因此，若对购买生产资料的依赖度提高，则可能加剧社会不平等（Hooper 等，2002）。

有机农业、农林混作和永续栽培等农业生态方法主要依靠自然资源、生态系统服务和生态过程来改善土壤条件，促进植物生长，从直流养分管理转向营养循环管理模式，尽可能使用有机肥料而不是合成肥料（Gliessman，2007，2015，Maraux 等，2014；Migliorini 和 Wezel，2017）。农业生态方法力求减少或消除使用对人类健康和环境有害的合成和采购生产资料，并建立以可再生、当地可用的自然和生物资源为基础的循环、多样化的农业生态系统（Wezel 等，2014 年；Shiming，2016；Gliessman，2016，de Boer 和 van Ittersum，2018）。在此视角下，牲畜的作用至关重要（Mottet 等，2017；de Boer 和 van Ittersum，2018），因为牲畜可以锁定生物和环境循环，并锁定营养循环，确保恢复生态系统肥力（高专组，2016）。

若干研究表明，完全可以采取一系列因地制宜的有机管理做法，包括豆荚、堆肥、粪肥、农林混作和传统做法，也包括推出公共举措，支持农民转而使用有机肥，特别是在非洲（Snap 等，1998；Coulibaly 等，2019）。长期试验表明，在某些情况下，豆类的有机管理可以保持磷氮肥力（Gallaher 和 Snapp，2015 年）。在津巴布韦，使用改良的豆类休耕地改善了玉米生长，修复了土壤结构（Chikowo 等，2003）。在坦桑尼亚联合共和国，通过组合应用磷酸岩和肿柄菊（一种用于生物质转移系统的灌木），提高了玉米谷物产量和磷的肥力（Ikerra 等，2006）。这一战略使用当地

现有的磷酸岩，可视为一种农业生态方法。在马拉维，在小农种植条件下，豆类间种以及与玉米轮作大大提高了玉米产量和土壤质量（Snap 等，1998，2010）。布基纳法索使用堆肥和传统的 *zai* 土壤和水土保持方法（种植盆）提高了土壤矿化和土壤的整体质量（Coulibaly 等，2019）。

插图 16 *Zai*

Zai 是一种特殊的种植方式，指用短柄铲子挖出间距 80 厘米的小坑，放入微型种植盆（直径 30 至 40 厘米，深 10 至 15 厘米），添加水和粪肥（1 至 3 吨/公顷），然后播撒种子（高粱、小米等）。将挖出的土放置在小坑的下游，以限制水土流失，同时便于风所携带的沙、淤泥和有机物沉积到小坑中。小坑周围未动的土壤表面充当蓄水池，因此可增加小坑中保留的水量。雨季来临之前沉积在每个微型种植盆的有机物可吸引来白蚁，白蚁则会在地下筑巢，并连通到地表；白蚁的粪便富含矿物质，便于水渗透至地下，并形成深水孔洞，防止水分快速蒸发，旱季时刻滋养植物的根部。根据降雨情况，一季的产量可达 400 至 1000 公斤，且禾秆量丝毫不减，即使在最初非常贫瘠的土壤上也是如此。

资料来源：来自 <http://www.fao.org/3/i1861f/i1861f05.pdf>

有机肥料（如粪肥、堆肥和豆科作物）可以提供天然的养分来源，改善土壤结构并保持水分，提高土壤的生物活性，并起到固碳的效果。与矿物肥料相比，有机肥料释放营养物质的速度较慢、时间较长。妥善的管理做法可大大有助于固氮和磷活化，如在作物轮作中引入豆类和其他绿肥作物，作为间种作物或覆盖作物（Iverson 等，2014；Droppelmann 等，2017；Mapfumo，2011；Franke 等，2018；Scrase 等，2019）。一些长期实证研究表明，在使用粪肥、堆肥或豆科作物的有机系统中，土壤氮素和碳储量提高，氮素淋洗减少，虽然集约型粪肥系统必须谨慎对待，且需要进一步研究如何在有机种植系统中使用粪肥的问题（Drivewater 等，1998；Snapp 等，1998；Drinkwater 和 Snapp，2008；Snapp 等，2010；Miao 和 Zhang，2011；Tittonell 等，2007）。

有机肥料也有局限性。首先，一些农民，特别是小农，进行有机施肥的选择可能有限。在南部非洲等地区就是如此，因为南部非洲有些土壤本来就是贫瘠和退化的（Mapfumo 和 Giller，2001；Sommer 等，2013；Mafongoya 等，2007；国际热带半干旱地区作物研究所，2009；Mapfumo 等，2013）。磷是植物营养的关键元素，在撒哈拉以南非洲大部分地区的土壤资源基础中，天然磷素含量低，往往必须在作物生产系统中添加磷肥，以提高生产力。其次，小农可获得的一些有机营养来源可能质量较低或参差不齐，因此可能无法实现预期的施肥效果（Palm 等，2001；Mtambanengwe 和 Mapfumo，2006）。再次，有机营养素必须矿化，才能施用。这种生物过程需要时间，而且可能很难确保以适当的速率在适当的地点和适当的时间

施用适当的营养源（即“四个适当”原则）（Johnston 和 Bruulsema, 2014）。关键营养物质在作物需要时可以固定，或在无法吸收时释放，导致营养浸出。最后，有机物管理通常需要额外的工作，包括收获绿肥、准备粪肥和堆肥以及合并肥料。

为了采取替代施肥方法有效地将矿物和有机肥料结合在一起，必须投资开展研究、推广和教育工作，同时特别考虑到各种土壤、水和气候条件下种植系统的多样性（Oladele 和 Tekena, 2010; Titttonellp 等, 2007; Sinclair 和 Coe, 2019）。如果创新考虑到当地现有的资源和当地社会生态背景，则最有可能取得成功。例如，在非洲西南部低降雨量地区，微量施肥技术使谷物产量提高了 30%至 100%，同时将施肥量比建议量降低了 30%（ICRISAT, 2009; Twomlow 等, 2010）。在土壤肥力综合管理中，将大量矿物肥料与有机养分资源相结合，可减少矿物肥料的使用，增加土壤碳储量，提高产量（Mtangadura 等, 2017）。

为向可持续粮食系统转型，关于是否应消除或明智地使用合成生产资料的问题，人们日益赞同应减少和限制使用合成肥料。本报告分析的农业生态和其他创新方法提供了可行的办法。

3.5 生物强化在多大程度上能够成为促进粮食安全和营养向可持续粮食系统转型战略的一部分？

生物强化通常与种植和消费多种作物形成对比，作为解决饮食中营养不足的替代策略。然而，至于何种策略和做法可以最好地确保均衡饮食，目前还存在很多争议。

生物强化包括通过植物育种、转基因方法或农艺做法增加作物中矿物质和维生素的密度（Bouis 和 Saltzman, 2017）。这与粮食收获后强化（即在加工过程中向食品添加营养成分）形成对比。例如，常规植物育种包括开发富含 β -胡萝卜素、富含铁的豆类、大米和珍珠小米中的“橙肉红薯”（Finkelstein 等, 2017; Hotz 等, 2012a, 2012b; Mondal 等, 2016）。如本报告前文所述，同样富含 β -胡萝卜素的黄金大米是通过转基因育种进行生物强化的一个例子（Bouis 和 Saltzman, 2017; Finkelstein 等, 2017）。要通过农艺做法实现生物集约化，可能需要优化肥料应用，例如富含锌的小麦（Cakmak 和 Kutman, 2018），或需要为作物提供适当的根围微生物群（Goicochea 和 Antolin, 2017）。

相比之下，生产系统的多样化是农业生态方法的一部分，该方法要求在农场一级增加农业生物多样性，同时增加所种植作物和品种的数量，并在田间一级进行多样化轮作（Frison 等, 2011; Powell 等, 2015）。

3.5.1 生物强化、健康和营养

有证据表明，使用传统育种方法进行生物强化，会对营养产生影响；在社区教育和提高认识运动中，通常会展示这类证据（Finkelstein 等，2017；Hotz 等，2012a，2012b；Ruel 等，2018）。转基因生物强化的试验较少，因此有关营养影响的证据不多（Bouis 和 Saltzman，2017；Finkelstein 等，2017）。实验室测试显示，富锌小麦施肥可能会影响营养，但在田间条件下证据有限（Cakmak 和 Kutman，2018）。由于生物强化作为一种营养战略不能促进作物多样化，一些批评家认为，从长远来看，生物强化实际上可能会损害人们的粮食安全，因为粮食生产者失去了生产一系列健康食品选择的直接手段，转而依靠日益集中化的粮食系统（Bernard 和 Lux，2017 年）。

如前几章所述，通过农业生态方法增加多样性的手段包括：品种混合、混作、间作、农林混作、多样化作物轮作和混合牲畜养殖系统（Wezel 和 Silva，2017）以及采收野生物种，这些做法也是许多非洲和亚洲农民的传统做法（Smith Dumont 等，2014）。多项研究表明，多样化生产系统与粮食安全和营养之间存在显著的正相关关系——或是通过直接消费，或是通过销售多样化食品获得的收入显示出来（Bellon 等，2016；Demeke 等，2017；Girard 等，2012；Lachat 等，2018；Luna-González 和 Sørensen，2018；Jones 等，2014；Pandey 等，2016；Powell 等，2015）。

在传统种植系统下，一些富含微量营养素的作物可由粮食生产者自行培育，纳入这类作物符合农业生态方法，但应作为农业生物多样性选择的一部分加以纳入。例如，一些农业生态倡议已经使用橙肉红薯作为增加饮食中维生素 A 的一系列食物选择之一。

至于生物强化对超重和肥胖的影响如何，目前的了解较为有限（Herforth 等，2015）。

3.5.2 生物强化、生计和公平

生物强化的前提之一是增加特定富含营养作物的产量，为种植这些作物的农民提供新的市场机会，进而改善他们的粮食安全和营养（Rao，2018）。虽然一些传统培育的生物强化作物（如橙肉红薯）有助于增加生产者的收入，但这些影响会因市场机会、种子基础设施、投入成本、社会经济和体制等因素而异（Laurie 等，2015；Low 等，2017；Rao，2018）。转基因和农艺生物强化依赖资本密集型技术投入，因此更有可能增加农民对所购生产资料的依赖（可持续粮食系统国际专家小组，2016）。特定社会经济背景下的性别和其他不平等可能导致生物强化作物生产和销售的利益分化，并有可能加剧不平等（Stone 和 Glover，2016；Rao，2018）。

如前所述，增加生产系统的多样化可降低依赖少数食品作为收入来源的风险（Powell 等，2015）。有证据表明，多样化与小规模粮食生产者的家庭收入呈正相关关系（Scherr 和 McNeely，2007；Pelligrini 和 Tasciotti，2014；Córdova 等，2018），虽然仍需要在这方面开展更多的研究，而且这些影响也可能因市场供应以及其他社会经济和体制因素而异。

生物强化是一项专业、科学的战略，可能导致粮食生产者和消费者丧失技能和被边缘化（Brooks，2013；Kimura，2013；Stone 和 Glover，2016）。批评人士认为，这种“魅力作物”方法侧重于技术驱动的单一粮食解决方案，而不是支持向可持续粮食系统的转型，并将农业生物多样性作为一个关键特征（Brooks，2013；Kimura，2013）。相反，支持当地对农业生物多样性和野生物种的认识，是采取农业生态方法使生产系统多样化的关键组成部分（Torres 等，2018；Yang 等，2018）。要向当地社区提供采用生物强化作物的选择，提高其生产系统多样化，或者双管齐下，需要获得有关替代办法和需求的信息，以便向食品消费者和生产者提供。

3.6 是否应在农业中或只在野外保护生物多样性？

在如何保护生物多样性的问题上，存在两种观点。一是按照农业生态方法中十分重要的多样化种植办法，在农业景观内保护生物多样性（“土地共享”）；二是按照可持续集约化的重要方法，在农业用地上进行更密集的农业生产，使可用于养护的土地面积最大化（“土地节约”）。使用第一种办法能在多大程度上有助于实现保护目标？对于这一问题，历来存在诸多争议。土地共享与土地节约之争在高专组的两份报告——《2016 年可持续农业发展报告》（高专组，2016）和《2017 年可持续林业发展报告》（2017c）早有提及。

许多国家对生物多样性减少和自然保护的未感到忧心忡忡，对于这些国家而言，农业是主要的全球威胁，估计是导致约 70% 的陆地生物多样性丧失的原因（《生物多样性公约》，2014）。多项研究报告称，全球昆虫种群数量急剧减少，令人担忧，目前全球超过 40% 的昆虫物种面临灭绝威胁（Sanchez-Bayo 和 Wyckhuys，2019）。研究人员将其中一些下降归因于集约化农业中使用的杀虫剂类型，同时种子涂层对土壤和其他有益生物产生了有害影响。这些影响并不仅限于农业密集地区：几年前德国记录的数据表明，保护区的昆虫减少了 75%（Hallmann 等，2017）。据欧洲的其他例子报告，许多国家的生境和生物多样性在持续丧失，包括授粉动物、昆虫和鸟类种群，这在很大程度上可能与农业有关，（Kluser 和 Peduzzi，2007；Pe'er 等，2014；Potts 等，2015；欧盟委员会，2017；政府间生物多样性和生态系统服务科学政策平台，2018）。对于鸟类，15% 的状态是“近危”、“衰退”或“枯竭”，另有 17% 的鸟类“受威胁”（欧盟委员会，2017）。珍稀鸟类并不是唯一减少

的物种，因为常见和广为分布的鸟类也在急剧减少（Gross, 2015），农田鸟类的减少趋势也很明显（Pe'er 等, 2014）。考虑到欧洲三分之二的濒危或脆弱的鸟类只生活在农业生态系统中（Tucker 和 Heath, 1994），可持续农业管理对于防止其完全灭绝至关重要（Pe'er 等, 2014；欧盟委员会, 2017）。

这场争论关键是，世界许多地区目前的农业做法已导致估计四分之一的农业土壤退化，降低了未来的粮食生产能力（世界土壤信息中心）。很多可再生农业形式可保持并提高农业生态系统的生态健康和长期生产能力，对于保持现有农田的生产力至关重要。从这个意义上说，可通过减少对进一步转换的需求，保护野生生态系统。

就此而论，过去十年或更长时间以来，一个长期的争论是，应使农业更加有利于生物多样性（“土地共享”），还是应将生物多样性管理区域与高强度农业产出管理区域（“土地节约”）明确隔开，以实现生物多样性保护和粮食安全和营养目标（Green 等, 2005）。

节约土地的核心前提是，除了高强度、大规模商业化农业之外，任何替代形式的农业都会导致产量下降，因此需要将更多的土地分配给农业，缩减留给野生动物和生物多样性的土地面积。最近的研究表明，通过将自然区域与农业和其他人类用地分开，可改善特定鸟类和野生动物物种的生存状况（Phalan 等, 2011；Hulme 等, 2013；Williams 等, 2017）。

从生物多样性保护的角度来看，建立相对孤立的自然保护区，而周围却是一个不适合生物多样性的环境，到底能起到多大作用？这一点备受质疑（Kremen 和 Merenlender, 2018 年）。Phalan（2018）表明，采用“绿色革命”种植做法节省的土地远远低于预期——大约 2000 万公顷，而不是先前估计的 5.6 亿公顷；而提高的产能主要用于生产更多、更便宜的粮食，而不是退耕。澳大利亚最近的一项研究调查了濒危物种面临的主要威胁，得出的结论是，若仅仅对保护区加以保护，只能保护其中 3% 的濒危物种；而若保护区管理良好，且拥有足够的资源主动应对边界内的威胁，则可以保护大约一半的受威胁物种。然而，要保护另一半物种，需要将保护工作延伸到保护区以外（Kearney 等, 2018）。

另一种选择，正如辩论的“土地共享”一方所提出的，是创建管理景观，以便在自然保护区之间形成走廊，连接支持野生动物的地区、河流，以及农林混作、树篱或草场贯通地区（哈维等, 2006；Kremen 和 Merenlender, 2018）。由于减少了对合成肥料的使用，以这些方式管理的生产性土地能够维持许多生态系统服务，如授粉、自然虫害控制和流域管理，从而维持作物生产。

世界上许多生物多样性最丰富的地区也是粮食高度不安全的地区，若仅仅将“土地节约”所要求的生产区和生物多样性区分开，本身并不能解决饥饿和营养不

良问题，实际上可能严重剥夺当地社区及其获得自然资源的机会。“土地共享派”提出的相反观点是，应通过不同类型的生产相关企业，如小规模林业和渔业以及作物生产，对“工作景观”进行综合景观管理（Kremen 和 Merenlender，2018）。一些举措明确提出，要增加农业景观在粮食生产、生计改善和生态系统保护方面的综合功能，目前已经显示出积极成果，表明相关折衷并非不可避免，而且完全可能在土地管理方面一举多得（Perfecto 等，2009；Estrada-Carmona 等，2014）。

要通过工作景观管理促进生产与生物多样性，需借鉴社区的知识和专门知识，而这些知识往往源于几个世纪以来形成的做法和规范。一个新兴趋势是实施由社区驱动的倡议，如 Satoyama 倡议³⁹或 GIAHS 倡议⁴⁰，通过增进全球对其价值的认识，促进合作，保护并恢复受人类影响的自然景观和海景。尊重这些价值观有助于增强当地社区的能力，维持文化传统，同时保护生物多样性。

生物多样性保护工作历来与治理系统及当地社区互动，并涌现了许多经验教训。事实证明，严格规定自然保护区与邻近社区之间的界限往往会适得其反。例如，Kremen 和 Merenlender（2018）证明，限制与执行的刚性与可能的有效性之间存在折衷关系。社会公平和环境公正问题往往没有得到充分考虑（Scoones 等，2015）。虽然存在广泛和多样化的监管、自愿和市场手段，以支持将生物多样性养护纳入生产景观的概念，但最终这些手段取决于社区的承诺和参与，包括建立社会资本、建立跨景观和跨地区的利益相关方联盟（Pagella 和 Sinclair，2014）。建设民主治理结构的关键组成部分，是吸引社区参与决策、社会学习和适应性管理（Kremen 和 Merenlender，2018）。这些都是农业生态方法在实现环境可持续性和社会公平的共同目标时指出的关键要素。

如前几段以及高专组的 2016 年和 2017 年报告所示，这场争论没有普适性的标准答案，因为争论的起源是为了在全球一级解决由农业造成的毁林和环境相关问题。在地方一级，解决这些关切的途径（包括混合安排）及其影响，可能因具体的生物、生态和制度背景而异。

3.7 促进创新、推动向可持续粮食系统转型的方法

本报告选定了反映当今争论的六大争议问题，以展示关于未来如何改善农业和粮食系统的相关讨论，以及农业生态和其他创新方面的潜在贡献。

无论是什么问题，在证据的支撑下，辩论必须超越对复杂局势的简单二元表述。相关问题可能有多个解决方案，这些解决方案通常基于特定的背景和规模。在目前

³⁹ 参见：<https://satoyama-initiative.org>

⁴⁰ 参见：<http://www.fao.org/giahs/en/>

情况下，必须认识到向可持续粮食系统转型的途径多种多样。需要在区域一级进行渐进转型，同时需要在更大范围内对体制和规范进行结构性改革。因此，体制环境对于实现粮食系统所需的变革至关重要；第 4 章将作进一步阐述。

通过分析农业生态和其他创新方法（第 1 章和第 2 章）确定的一般原则能力，可能有助于设计适当的答案和解决方案。

通过严格、全面的分析，已查明分歧并确定其性质。意见分歧可能会妨碍利益相关方参与建设性辩论，使他们难以制定具体解决方案，难以为粮食安全和营养设计向可持续粮食系统转型的创新途径。

与本章讨论的六个问题有关的分歧往往是由视角和信念的差异而引起，而非由替代证据引起。这些分歧在某些情况下是不可调和的。然而，在大多数情况下，可以确定指导创新所需的粮食系统绩效指标的知识差距。这就是为什么科学可以发挥特别重要的作用，解决仍然存在的知识差距，提供可能有助于调和分歧的新证据，并作出关键决定，促进粮食安全和营养向可持续粮食系统转型。分析还表明，人们有兴趣重新拟订有争议的问题，以便设计基于权利的解决方案，以调和分歧，或在不同意见之间作出政治选择。

从前面的分析中可明显看出，为了推动创新、促进向可持续粮食系统转型，需要采取措施将个体行为者、民间社会团体、社会运动和公共和私营部门领域的机构联系起来，加强对话和共同学习，确保生产者和消费者积极参与有关粮食系统的决策（图 7）。

图 7 协调公共和私人利益相关方的知识生成和共同学习，以推动创新，促进向可持续粮食系统转型

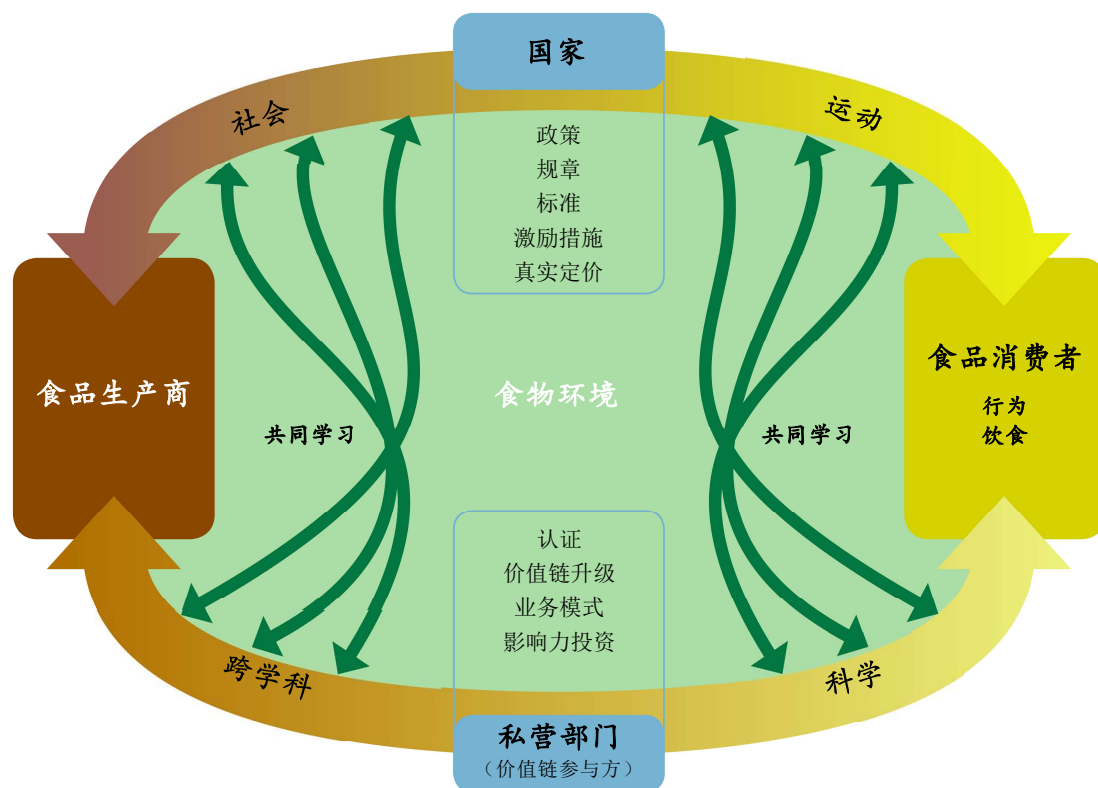


图 7 显示，为推动创新、促进粮食安全和营养向可持续粮食系统转型，所需的知識可能产生于社会运动和以问题为中心的跨学科科学之间的互动。前者有助于重新拟订需要解决的问题，促进知识的形成和传播，并通过支持地方创新，促进可持续农业做法和其他粮食体系创新的广泛传播。后者有助于通过共同学习来生成所需的知識。显然，社会运动和跨学科科学之间的互动越密切，就越有可能推动有效的共同学习进程，将科学纳入可塑造科学的社会运动中。

从图 7 还可以看出，公共和私营利益相关方（包括民间社会）之间的协调，对于塑造治理体系、影响创新、促进向可持续粮食系统转型至关重要。公共部门可通过一系列政策手段、激励措施、规章、标准和举措来纠正市场失灵的问题，例如实现真实定价，而私营部门则可以通过参与认证、价值链升级、创新业务模式和影响力投资进行干预。

因此，正如本报告前面所提出的那样，解决粮食系统内的机制问题至关重要，处理整个粮食系统的生态足迹问题也同样重要。若不加干预，仅凭市场力量不会促成向可持续粮食系统的转型，原因有二：一是食品的生产、加工和从生产者到消费者的转移等许多相关外部因素都没有定价（Costanza 等，2017）；二是来自日益集

中的农产品生产资料和零售部门的权力和相关利益冲突（高专组，2017b）抵消了应对这些外部性效应的努力（Howard，2015；可持续粮食系统国际专家小组，2017a）。

如果有生产的产品是可持续、负担得起，且经过适当贴标，便于消费者作出选择，如果提供有关粮食生产的可信信息，则个人消费者可以在一定程度上通过自己的购买决定施加压力，应对市场失灵（Huang 等，2005）。然而，要通过结构性变革促进粮食安全和营养向可持续粮食系统全面转型，个人消费者提供支持的能力非常有限。正如高专组关于多方利益有关方伙伴关系的报告（高专组，2018）所示，若在私营部门内部采取行动来提升价值链（如奥兰国际，2018），并制定并参与旨在保证食品链的可持续性和社会正义、进行集中式管理或在一开始较具参与性的认证计划，则可能有助于促成这种消费者选择（Mithoefer 等，2018）。

通过出台政府政策、实施监管和向真实定价转型，有望通过内化生产对食品价格的生态和社会影响，实施所需的结构性变革，使市场以期望的方式运作，促进向可持续粮食系统的转型（Sukhdev 等，2016）。下一章将探讨跨学科科学与社会运动和民间社会组织之间的联系如何促进这一转型，并营造体制环境，启动并促进粮食安全和营养向可持续粮食系统的转型。

4 设计制度环境，支持向可持续粮食系统转型

在此前的许多出版物中，⁴¹高专组从不同的角度展示，改善所有国家的粮食安全与营养，将其作为一项必要条件和跨部门挑战来看待，不仅对于在 2030 年前结束饥饿和所有形式的营养不良（可持续发展目标 2）至关重要，而且对于全面实现《2030 年可持续发展议程》也不可或缺（联合国，2015）。高专组（2017b）呼吁在不同范围内对粮食系统进行彻底改革，以消除营养不良的多重负担。有足够的证据表明应采取行动。行动的短期成本似乎很高，但不作为的代价可能更加高昂，而且会贻害后代（高专组，2017b）。

这一转型不易实现，因为政策、公司结构、教育系统、消费者习惯和研究投资都明显存在巨大的惰性，只愿固守目前占主导地位的农业和粮食系统模式。在这种模式下，环境和社会外部效应未得到充分考虑，因此，也未被适当纳入影响粮食系统制定工作的决策，以满足可持续发展期望（Tilman 和 Clark，2014）。

要克服这种惰性并挑战现状，就需要创造一个公平的竞争环境，以公平评估并比较其他备选办法。在前几章中，高专组提出了有助于开展这类评估的方法工具。这些比较以及基于其进行的决策有一个全球大背景：粮食问题日益道德化（Askegaard 等，2014），一方面让政策领域的粮食生产和消费问题日益突出，另一方面决策者仅凭相互冲突的信念进行决策，更难基于证据做出政策决定（Scott 等，2016）。

要开展创新，以克服普遍惰性并有效挑战现状，需要支持农业生态和其他创新方法，提供与主导模型并行的切实替代选择，以重新引导投资和相关工作。需要设计并实施纵向到底、横向到边的适当制度和政策环境（图 8），不仅消除反向激励和锁定，解决利益冲突问题，而且进一步纠正市场失灵问题，消除对可持续农业做法的投资限制。

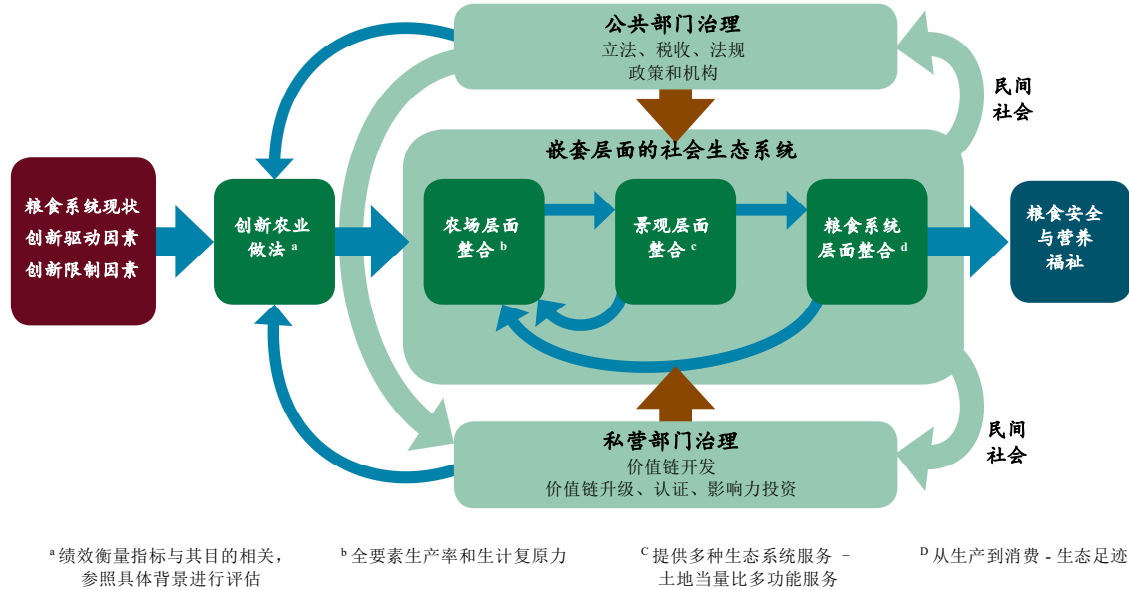
经济可行性是采用新做法的强大动力（Morel 等，2018）。公共和私营部门通过适当治理（包括民间社会的参与）与粮食价值链互动形成的体制环境，既可能鼓励创新，也可能妨碍创新。

互动的公共和私营部门治理机制共同创造了一系列“大棒”（法规和税收）和“胡萝卜”（价格溢价、获得信贷、资源和保险），可能影响粮食安全与营养向可持续粮食系统的转型（Börner 等，2015）。应认识到，这些治理机制和流程需要在以下四个不同整合层级发挥作用，因为不同类型的农业和粮食系统成效息息相关（图 8），分别是：实地的个性做法；在农场层面进行整合，这决定着生产者的生计

⁴¹ 参见：http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/CFS-Work/HLPE_contribution_to_CFS_for_SDG-2_2017.pdf, <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/reports/en/>

结果；在景观层面进行整合，这决定着生态系统服务的提供；最后，对整个粮食系统的创新进行整合，这决定着粮食系统的生态足迹和对可持续发展目标的贡献。

图 8 公共和私营部门治理机制对创新的影响



资料来源：改编自 Sinclair 等（2019）。

说明：本框架说明了公共和私营部门治理机制和流程如何影响制度环境，进而影响不同整合层级的创新。箭头代表决策方面的影响。

本章的以下各节将探讨相关具体步骤，帮助不同利益相关方向可持续粮食系统转型，进而加强粮食安全与营养。这些步骤可分为四类，可与制定建议互为补充：(i) 制定绩效指标和监测框架；(ii) 支持向多样化和有复原力的粮食系统转型；(iii) 生成和分享知识；(iv) 吸引利益相关方参与并赋权。

4.1 制定绩效指标和监测框架

显然，只有先为农业和粮食系统制定并应用适当的绩效指标和监测框架，才有可能权衡各种支持粮食安全与营养向可持续粮食系统转型的替代创新方案，并作出合理选择。目前的框架主要侧重于产量、数量和收入，未考虑需要重视粮食部门的多功能性（Caron 等，2008），以应对未来的挑战。因此，不同层面需要制定不同的绩效指标（图 8），以下三节将对此进行讨论。

4.1.1 评估不同背景的农业做法及其对生计的影响

图 8 中的前两个层面（即田地和农场或生计层面）的整合之间关系密切，因为农民决定是否采取特定做法，不仅取决于农田的生产效益，而且要考虑对整个生计

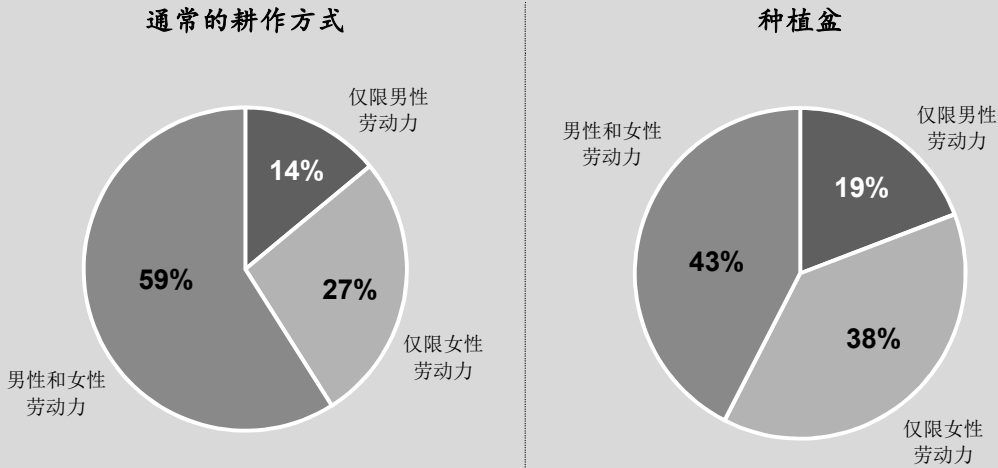
系统的影响（Sinclair，2017）。对许多小农而言，生计系统包括非农组成部分（如非农劳动力、产品加工和销售，以及汇款）和一些家庭成员之间的互动（Carney，2002）。这意味着，需要根据农业做法对生计的全要素生产力⁴²的影响，以及对妇女和儿童等不同家庭成员的不同影响来评估其绩效——因为创新可能对这些家庭成员造成不同的影响，包括劳动等方面的贡献，以及他们获得的回报，特别是可支配收入（插图 17）。

插图 17 肯尼亚采用种植盆带来不同的性别影响

种植盆是旱地农业的一种简单的水土保持技术，指在旱地上挖洞并种植作物。种植盆可减少地表水径流，增加作物的水量，从而提高作物的存活率和生长。在肯尼亚，500 多名农民一直在比较这些种植盆与传统耕作方法（使用耕牛和犁）的收成表现。有学者采用 INGENAES 工具包⁴³中的方法，来探讨采用种植盆在促进两性平等方面存在的风险和机会，并重点关注男性和妇女如何控制风险，并从中获益。

种植盆的采用改变了男女在整地活动中的分工。与使用牛拉犁的典型种植做法相比，仅见女性开挖种植盆的情况较多（图 9）。这表明男女之间的劳动分工变化既带来了风险，也创造了增强妇女权能的机会。例如，很多妇女表示，挖掘种植盆限制了她们执行其他任务的能力，如采集柴火和取水。另一方面，她们以前需要男性协助开展耕作活动（如犁地），如今使用种植盆后，增加了自主性。

图 9 使用种植盆和传统种植做法的分工



资料来源：Paez Valencia 等（2019）。

⁴² 全要素生产力往往在国家一级被应用，指总产出（如 GDP）与总投入（劳动力和资本）的比率，产出增长无法用投入解释的部分，即经济的增长效率。一般将全要素生产力用于评估生计，且采用适当的总产出和投入指标。全要素生产力的变化衡量生计是否在所有方面都有所改善（改编自 Sickles 和 Zelenyuk，2019 年）。

⁴³ 参见：<https://www.agrilinks.org/post/technology-assessment-toolkit>

要在实地评估创新技术或做法的绩效，关键是了解不同农场的差异情况，而不是依赖对照实验的平均结果（Coe 等，2019a），同时要了解绩效评估如何满足生产者和消费者的特定环境期望（Côte 等，2019）。通常，农艺创新的绩效与一系列复杂的社会、经济和生态背景因素和各农场的期望相关，包括农民在面对采用创新后带来的机遇时如何改变行为（Coe 等，2017b）。因此，绩效评估变得多维化，包括需要衡量多种绩效指标，如一般情况和极端气候条件下的产量、劳动力和其他投入要求，并涵盖多种背景下对土壤肥力和授粉动物的残余影响，如不同的农场和家庭规模、其他农业做法和现金流。已经开发多种方法进行有效的绩效评估，措施包括在发展举措推广活动中纳入计划的比较、利用农民网络、发挥公众科学的力量等（Sinclair 和 Coe，2019）。

4.1.2 景观层面的整合以及管理生态系统服务之间的折衷和协同作用

如本报告前几章所述，农业生产效率的评估往往仅限于狭义范畴，侧重于单位土地上主要作物的产量，而不考虑更广泛的生态系统服务和与替代生产方法相关的社会影响。本节首先探讨了一系列生态系统服务及其背后生物多样性的重要性，然后指出应扩大“产量差距”概念的外延，不仅要包括主要作物的产量，而且应包括生产对全系列（即分布于不同地方、且社会重视程度不同的）生态系统服务的影响。

生态系统发挥着支持生命的基本功能，是人类文明赖以存在的根基（MEA，2005；Kubiszewski 等，2017；高专组，2017c）。当生态系统通过支持人类生存、健康和繁荣而造福于人类时，就变成了生态系统服务（Haines-Young 和 Potschin，2009）。生态系统服务分为以下类别：供给服务（如生产粮食、纤维和清洁水）；控制服务（例如控制害虫和病菌或授粉动物）；文化服务（如精神和娱乐福利）；支持服务（例如营养循环）。支持服务支撑着其他三类服务，有时也归入其他三个类别。生物多样性对于生态系统服务的生产至关重要，因为生物在能源和物质循环、碳储存、土壤肥力维持和营养循环方面发挥着重要作用（MEA，2005；Power，2010）。生物多样性丧失对生态系统运作的潜在影响日益受到重视（Kubiszewski 等，2017）。

虽然传统市场环境中存在某些生态系统服务的测量系统，但许多生态系统的衡量标准仍处于起步阶段，因此现有框架很少包括全部环境成本，导致很多显著的“外部效应”未被纳入业绩指标（生态系统和生物多样性经济学倡议，2010；Kubiszewski 等，2017）。对有关粮食生产的用地用水决定开展经济估值，会产生截然不同的结果，具体取决于计算中纳入了哪些生态系统服务（**插图 18**）。

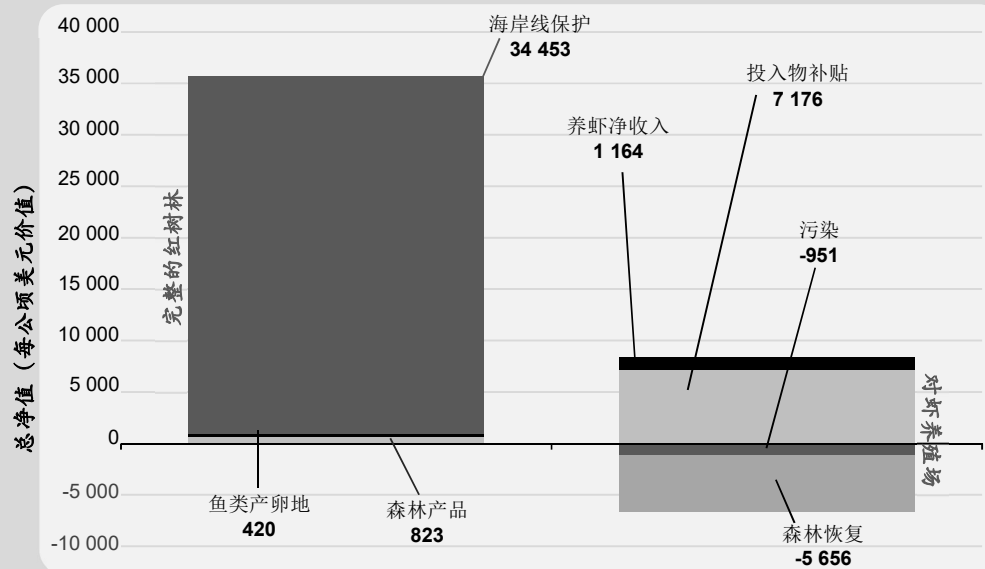
de Groot 等（2012）审查了生态系统服务价值估算数据，包括 320 多份出版物和 1350 份估值表，结果显示，公海的平均价值为 490 国际元⁴⁴/公顷/年，珊瑚礁为 352 915 国际元/公顷/年，热带森林为 5264 国际元/公顷/年，草地为 2871 国际元/公顷/年。因此，全球生态系统服务总价值估计为 125 万亿至 145 万亿国际元/年（Costanza 等，2014），但预计到 2050 年，由于生态系统退化，生态系统的价值将下降 51 万亿国际元/年；但若能作出重大转变，加大对地球生态系统的管理力度，则可能将服务总价值增加 30 万亿国际元/年（Kubiszewski 等，2017）。对生态系统服务进行货币估值虽然有助于指导决策，但并不意味着一个生态系统服务可以由另一个生态系统服务来代替，也不意味着生态系统服务可以或应该商品化，并投放市场进行交易。事实上，大多数奖励农民提供生态系统服务的计划都有一个条件：只有当农民采用相关用地做法维持生态系统服务功能，才会获得奖励；奖励并非基于他们自己购买或出售生态系统服务本身。

⁴⁴ 国际元是一种假设货币单位，其购买力平价与美元在给定时间点（此处引用的数字为 2007 年）相同。

插图 18 改变对泰国将红树林转化为对虾养殖场的经济可行性的看法

在上世纪 80 年代，泰国将红树林转变为对虾养殖场。当初的决策只看重水产养殖的单一生态系统服务：生产对虾，以发展日益增长的冷冻虾出口业。对虾的产值高于红树林中的可销售森林产品，而且因为养殖户获得投入物补贴，还提高了对虾养殖的盈利能力。然而，若将其他非市场化生态系统服务纳入更广泛的经济分析，就可以看出，毁林养虾并没有经济价值，因为红树林作为海岸线保护带和野生鱼类育苗场的价值大于养虾的收入。若再考虑到与养虾有关的污染和恢复费用，转换成本就更高昂。这说明了两个关键问题：第一，整体经济可行性取决于重视哪些生态系统服务；第二，由于市场干预机制的存在，养虾的盈利能力（对于养殖户的经济可行性）往往与社会的总体经济价值不同。

图 10 红树林和养虾盈利能力比较：计入非市场化生态系统服务



资料来源：Ranganathan 等（2008）汇总 Sathirathai 和 Barbier（2007）的数据。

从历史上看，人类已经改造了自然生态系统，只生产那些能产生直接经济效益的物种（如食物或木材），而通常忽视其他至关重要的隐性生态系统服务（如授粉、昆虫控制和侵蚀控制）。这些服务一旦丧失，将带来高昂的代价，有时甚至无法取代（Power, 2010）。一些生态系统服务直到最近才被发现，如调节和稳定气候、水流（对防洪至关重要）或养分循环；只因人类对这些服务的干扰加剧了气候变化、土壤侵蚀或富营养化，才引起地方、国家和全球决策者的注意（Mullon 等，2005）。由于生态系统服务的丧失会带来高昂的社会成本，例如需要恢复退化的河流系统，因此，了解和重视生态系统服务并将其纳入经济框架，是一项重点工作。因此，维持和恢复自然生态系统及其提供的服务，对于维持社区福祉、经济繁荣、农业生态

系统的效率和复原力都至关重要。生态系统的主要组成部分是阳光、土壤、养分和水源，而来自生态系统某一部分的废物可能成为其他部分的资源。当生态系统被人为改造，用以实现生产力和利润目标时，往往需要投入额外的生产资料，如化肥、农药或燃料，这些投入既有利，又有弊。益处包括生产商品，而弊端是营养物质或杀虫剂流入溪流会污染水质（TEEB，2010）。

生态系统服务至关重要，挑战了传统的增长和发展方法，同时为基于更广泛的福祉概念而采取不同的发展方法铺平了道路（Fioramonti，2017）。尽管生态系统服务在若干领域取得了进展，但除非重新界定目前的生产和资产的边界，纳入自然资本和社会资本，否则生态系统服务在更大范围的辩论中仍将处于边缘地位。因此，在从根本上变革经济理论和做法时，需要将生态系统服务对人类可持续福祉的重大贡献摆到核心位置，这样我们才能实现社会转型，实现可持续和预期的未来（Costanza 等，2017）。需要用指标来描述这些要素，以便将其纳入考虑范围。

农业激励措施往往不是从整体角度看待生态系统服务，而是注重实现单一成果，如化肥或农药补贴可提高产量，或农业环保计划可养护生境。有时甚至可能相互冲突，因此，管理土地利用对生态系统服务的各种影响之间的折衷，就变得至关重要（Jackson 等，2013）。在评估农业绩效时，显然需要通盘考虑农业对生态系统的供给、控制和文化三大功能的影响，并评估各种影响之间的折衷和协同作用（van Noordwijk 等，2018）。

等式 1 土地当量比多功能指标，用于全面衡量景观层面的农业绩效

衡量多功能土地利用的
地块到景观尺度指标，
S 为视角

$$LERM_s = \gamma_{P,s} \sum_i \frac{P_i}{P_{i,ref}} + \gamma_{R,s} \sum_j \frac{R_j}{R_{j,ref}} + \gamma_{C,s} \sum_k \frac{C_k}{C_{k,ref}}$$

供给服务的
社会权重 **P**
每单位土地的
当前与
参考服务
控制服务的
社会权重 **R**
每单位土地的
当前与
参考服务
文化服务的
社会权重 **C**
每单位土地的
当前与
参考服务

图例：

$LERM_s$ 是衡量多功能土地利用的地块到景观尺度指标，**S** 为视角

$\gamma_{P,s}$ 是供给服务 (**P**) 的社会权重

P_i 是当前每单位土地的供给服务 (**P**)

$P_{i,ref}$ 是每单位土地的参考 (**ref**) 供给服务 (**P**)

$\gamma_{R,s}$ 是控制服务 (**R**) 的社会权重

R_j 是当前每单位土地的控制服务 (**R**)

$R_{j,ref}$ 是每单位土地的参考 (**ref**) 控制服务 (**R**)

$\gamma_{C,s}$ 是文化服务 (**C**) 的社会权重

C_k 是当前每单位土地的文化服务 (**C**)

$C_{k,ref}$ 是当单位土地的参考 (**ref**) 文化服务 (**C**)

资料来源：van Noordwijk 等，2018

等式 1 中的“土地当量比多功能”指标基于产量差距概念，此指标反映单位土地面积能产出多少与实际产出的关系（即潜在产能），但不仅要考虑产量，还要考虑多个景观（或区域）土地面积可提供的一系列生态系统服务。该指标将任何特定情况下的所有生态系统服务汇总在一起，其权重是相关利益相关方给予的重视程度（“社会权重”）。可能需要协调不同的层面，以及对生态系统服务重视程度不同的各利益相关方群体。

要实施这种衡量标准，需要发展社会资本（农民和其他利益相关方之间的合作），并制定政策进程（激励机制和规章），供在当地景观层面（10-1 000 平方公里内）加以实施，其中有许多关键生态系统服务非常明显，因此可以进行管理（Pagella 和 Sinclair, 2014；Crossland 等，2018）。已制定旨在地方一级定义和评估多种生态系统服务的谈判工具，并将其用于国家一级的农业环境政策，供推动地方的适当实施工作（Jackson 等，2013）。

4.1.3 制定指标和监测框架，将生产和消费整合到整个粮食系统

全球人类饮食已被确定为人类健康和环境可持续发展的主要驱动因素（Willet 等，2019），人们吃什么和如何生产食物，现在被公认为是导致环境普遍恶化的主要原因（Springmann 等，2016；Tilman 和 Clark，2014）。如本报告第 1 章所述，对粮食安全与营养采取农业生态方法的一个核心原则是，要通过多样化、本地化的粮食生产来促进生态健康，而不是恶化环境，就是要尽可能避免以密集使用矿物燃料和投入来取代自然过程，包括使用合成肥料、除草剂和杀虫剂。

本报告第 2 章表明，可使用生态足迹的概念（Wackernagel 和 Rees，1996）来评估消费模式和农业做法或产品对环境的影响（Bouma，2010；Lillywhite，2008）。总体而言，用于计算生态足迹的生态核算方法把界定的消费单位（例如个人、社区或产品）所需的生物生产用地面积与现有生物容量联系起来，表明全球总消费量超过生物容量，因此，证明消耗自然资本或生态系统服务会导致环境退化（Pulselli 等，2016）。

此方法已获得认可，可供用于制定与可持续利用可再生资源有关的国家和国际政策（Best 等，2008），尽管仍需要进一步研究和改进核算方法，以充分涵盖生物容量的概念和上一节所述的不同生态系统服务之间的折衷（Wackernagel 等，2014）。

本报告第 2 章表明，农业生态方法和可持续集约化方法旨在减轻往往与农业集约化有关的环境破坏，具体是通过促进再生过程，恢复退化的生态系统功能（Pretty 等，2018），特别是通过改善长期土壤健康（Barrios 等，2012）来防止大范围的土地退化（Lal 等，2012）。可持续农业生产的一个关键实际要求，是采用再生而不是退化的做法（Elevitch 等，2018），但现有国家和全球范围的生态足迹核算方法未将退化或恢复纳入考虑范围，主要是因为未收集所需的全球比较数据（Blomqvist 等，2013；Rees 和 Wackernagel，2013）。

本报告第 2 章确定了把改善生态足迹作为向可持续粮食系统转型的第四个操作原则的效用。将其与资源效率区分开来，是农业生态和可持续集约化原则差异的核心所在，一个关键原因是不可持续的生态足迹也有可能具备很高的资源使用效率。

在为粮食安全与营养开发通往可持续粮食系统的转型路径时，还需要考虑粮食系统的其他社会层面因素。真实成本核算概念强调，应通过市场机制从整体上纳入所有这些因素。这是粮食和农业领域日益受到关注的政策杠杆（Sukdev 等，2016）。如上所述，目前的种植和畜牧生产和加工模式无法提供健康、有营养的食物，这在很大程度上是因为它们的外部效应未被计入价格中。实施农业真实成本核算，并制定生态补偿政策，可以创造“公平的竞争环境”，提高不同农业生产类型之间的公平性（Shiming，2018）。

在粮食系统转型方面，让农业生态方法和可持续集约化方法有所差异的另一个

重要方面与劳动力有关。与可持续集约化替代方法相比，有些（但不是全部）农业生态做法可定性为劳动力密集型，而非资本密集型，但正如本报告第 2 章所述，往往也因能够创造更有意义的就业机会而被推广。这表明，必须制定政策来支持创造体面、安全、有意义的就业形式，特别是关注年轻人、农场工人和流动人口等边缘化群体（劳工组织，2017）。在世界许多地区，一个经常出现的问题是农村年轻人为在城市地区寻找更好的生活机会而大量外流，随后导致农村家庭老龄化，阻碍制定创新和创造性解决办法，来促进向可持续、繁荣的社区转型（粮农组织，2014c）。迫切需要收集关于农业中积极和消极就业特点的数据，以支持制定政策和法规，支持向可持续粮食系统转型，包括为农场劳动力创造体面的工作条件，加强农场和其他粮食系统工人的健康。

政策制定者在决定整个粮食系统的适当指标时，面临一大两难境地，即在目前缺乏全面指标的情况下，具体该何去何从。在这种情况下，采用诸如生态足迹等指标似乎是审慎之举，这些指标虽然不完美，但至少试图将消费模式与生产方法联系起来。显然，在这样做的同时，必须承认需要继续完善这些指标，并建立能够以全球一致的方式跟踪土地退化和恢复的国家监测框架，确保恪守不会导致土地退化的承诺（Aynekulu 等，2017），并最终能将再生和退化性土地利用纳入生态足迹核算中。同时，有必要使用一套指标来显示粮食系统对社会和环境的影响，以补充生态足迹。这些指标本身应能反映实情，而无需依靠单一的会核算框架（Blomqvist 等，2013）。

4.2 支持向多样化和有复原力的粮食系统转型

许多重要的科学文献和政策报告概述了目前占主导地位的农业和粮食系统的环境、社会、健康和政治影响，以及其积重难返的原因（Campbell 等，2017；可持续粮食系统国际专家小组，2016；高专组，2017b；Vanloere 和 Baret，2009）。设计有利的条件和政策，部分需要吸引公众支持更加多样化的农业。多样化的农业系统鼓励畜牧、水产养殖、种植和农林业混作，既利用和保护生物多样性，又采用植被管理做法，如间作、轮种、轮作、覆盖作物、缓冲带、诱杀或驱虫植物、农田周围半天然植被和永久牧场。不仅需要在农业系统中承认多样性，而且需要在转型路径中予以承认，以便通过不同层面的集约化，同时考虑到不同的社会，经济和生态背景，从许多不同的起点过渡到更可持续的系统（Côte 等，2019）。

前几章概述了中小型农场在粮食供应和多样化作物种植方面如何作出重要贡献。遗憾的是，由于市场条件不完善，中小型农场的许多积极的社会和环境属性并未体现出货币价值。此外，政策往往支持高投入单作系统（例如生产投入补贴）。鉴于许多面临粮食不安全和营养不良的家庭和个人都是小农家庭，增加公共投入，协助小农采用农业生态方法，将产生双重影响：既可直接解决农村地区粮食安全和营养问题，也可促进向可持续粮食系统转型。

可采取很多公共支持措施，帮助中小型生产者更多地利用可持续粮食生产方法，包括取消对损害环境的做法的补贴；出台激励措施，鼓励采取可持续粮食生产方法；或管理包括野生物种在内的多功能景观（粮农组织和国家农艺研究所，2018；可持续粮食系统国际专家小组，2016）。应该指出，实现社会和环境效益的一大实质性障碍是市场失灵：即传统生产出现负面外部效应也无需付出代价，而具有积极生态影响的系统却得不到积极奖励。古巴为可持续粮食生产提供了大量支持，创造了扩大农业生态生产的一大范例（**插文 19**）。

为支持向多样化和有复原力的粮食系统转型，需要为不同的关注领域设计制度环境。以下各小节探讨了相关的领域，特别是区域管理规划、遗传资源获取、促进健康和多样化的饮食、支持公平和可持续的粮食价值链，以及减少粮食损失和浪费。

插文 19 案例研究：古巴农业生态转型

亮点：

- 超过 30 万名农民采用农业生态做法。
- 超过一半的蔬菜、玉米、豆类、水果和猪肉使用农业生态方法生产。
- “农民对农民”的方法是一项关键战略。
- 土地改革让 75 000 名新农民获得了土地，帮助解决了可持续粮食系统问题。
- 城市农业生产了大约 70% 的大城市蔬菜。
- 农业生态研究中心负责在全国各地因地制宜地开发解决方案。
- 农村职业高中教授农业生态学知识，包括日常的田间工作。
- 政府、大学研究人员和非政府组织向农民提供了技术支持。
- 粮食安全得到改善；但边缘化群体仍未解决营养问题。

几十年来，古巴农民一直使用集约型工业化粮食生产方法，化肥、农药使用率和机械化水平较高，但随着 1989-90 年苏联解体，加上美国的封锁，他们被迫替换这些生产资料。同时，全国小农协会汲取中美洲农民组织的经验，带头采用“农民对农民”的教学辅导方法。从 1997 年至 2010 年，古巴估计有三分之一的小农通过“农民对农民”的方法接受了农业生态知识培训。起初，小农只是采用有机肥料代替合成肥料（Gliessman，2007，称为向农业生态方法转型的“第一阶段”），但随着时间的推移，他们试验了一系列农业生态方法，例如间作、作物多样化、使用绿肥、农林业混作、病虫害生物防治，以及畜牧与种植业整合。城市农业也显著增长（Gliessman，2007），鉴于 70% 以上的古巴人口居住在城市，这一增长非常重要。估计有 30 万小农在 46-72% 的小型农场使用农业生态做法。据估计，农业生态方法贡献了古巴 60% 的蔬菜、玉米、豆类、水果和猪肉供应。城市农业也经常使用农业生态方法。据估计，农业生态方法贡献了古巴大城市高达 70% 的新鲜蔬菜供应。四个关键步骤推动了这一转型：(i) 开展农民对农民的横向培训和系统的知识交流；(ii) 在研究和交流活动中将农民尊为专家；(iii) 开发适合当地条件的作物品种和生物产品；(iv) 建立利益相关方之间的机构合作，包括农业生态学研究中心和咨询服务。研究中心遍布全国各地，提供因地制宜的生物病虫害管理解决方案，包括提供

有机肥料、在当地制造生物农药、养殖有益生物。虽然可持续粮食系统已显著发展，粮食安全也有所改善，但还需要采取更多举措，全面解决粮食安全和营养问题。本案例研究表明，通过采用“农民对农民”的农业生态学培训，同时建立科学网络，促进国家、社会运动和科学研究之间的合作，可极大地促进粮食安全与营养向可持续粮食系统转型，但还需开展进一步努力来满足边缘化群体的需求。

资料来源：Mier y Terán 等（2018）；可持续粮食系统国际专家小组（2018）；Roset 等（2011）；Gliessman（2007）。

4.2.1 区域管理规划

促进农业多样性的一个关键要素，是统筹不同用途的地块进行区域管理规划，包括保护可在区域一级统筹的水源、森林和其他资源所涵盖的共同区域（Caron 等，2018；**插图 20**）。上一节已经明确指出，必须在景观层面制定与需要保护的资源相关的社会资本和政策工具。对于生物多样性保护和生态系统服务，如水调节（洪水控制）或授粉，10-1000 平方公里的当地景观面积是适宜的规模，可管理土地利用各种影响之间的折衷和协同作用，但目前的规划工具或流程分辨率普遍很低，难以作为这一规模的管理决策提供参考（Pagella 和 Sinclair，2014）。

由于景观层面生态系统服务的提供往往是许多土地使用者与市场力量、政策杠杆和社会压力相互作用的临时产物，因此，影响结果日益被视为一个谈判过程。承认这一点后，人们对区域规划的认识也发生了变化，从认为需要为决策精英层提供决策支持工具，演变为认为需要开发谈判支持工具，为多个利益相关者的谈判过程提供证据（Jackson 等，2013）。得益于地理空间数据采集和处理方面的最新进展，现在已可以掌握景观层面的土地资源状况及政策影响的实时证据，这也是地方政府希望施加影响的层面（Vagen 等，2018）。地方一级已经设计出数据一览表，并将其应用于区域管理规划，例如在肯尼亚 Turkana 县（Chesterman 和 Neely，2015）。

插图 20 巴西农业生态区域转型实例

在巴西东北部一个半干旱地区，以前重点通过灌溉和生产来克服干旱，受益者都是政治和经济精英。多项社会运动共同发起了“东北论坛”，向巴西总统和各省政府提交了替代计划。他们提出了“与半干旱共存”的概念，强调应：(i) 养护和可持续利用自然和水资源；(ii) 取消对土地、水源和其他生产资料的垄断。这一新框架促成了地方资源管理和社会创新的重大转变。为了实现“与半干旱共存”的目标，对区域治理实施的社会创新实例包括：建立社区种子库、开展集体劳动、建立合作社、轮转团结基金、发展农贸市场、参与公共计划，如全国学校膳食计划和家庭农场计划。这些创新被归为“不同行为者之间的伙伴关系、组织和协同关系”类别。

资料来源：Pérez-Marin 等，2017。

4.2.2 获取遗传资源

让农民获得经常收归国有的自然资源，如土地、生物多样性或林木，可能对于确保农民投资于更可持续的生产形式至关重要。粮食系统多样化生产面临的障碍包括知识产权保护和种子立法，因此可能需要根据国家法律背景进行重大改变，以支持向多样化生产系统转型。通过立法来支持交换和获取从基因异质品种（包括传统作物）培育的种子，是这项工作的重要组成部分。146 个国家加入的《粮食和农业植物遗传资源国际条约》规定了农民的权利，并允许可持续地利用贡献了全球 80% 以上粮食产量的 64 个作物物种的遗传资源。然而，在区域一级协调的国家植物品种保护立法与培育农民管理的种子系统之间存在明显紧张关系（非洲粮食主权联盟，2017）。在很多情况下，育种者对政府的游说能力比农民强，归根到底，需要平衡育种者和农民的权利。

许多现代品种为农业的工业化生产模式而培育，对于更加多样化的生产系统而言，可能不是最佳选择。因此，若立法保护这些品种——特别是同时存在投入补贴的情况下，则可能形成机制固化或路径依赖，限制向更多样化的生产系统转型（可持续粮食系统国际专家小组，2016）。在某些情况下，参与式品种选择和植物育种已成功与国家管制的种子系统相结合。例如，在尼泊尔，农民为农林业混作选择了新玉米品种，该品种在全国分发，供在半山区种植。在梯田与树木混植后，其产量比与常规品种高 30%（Tiwari 等，2009）。

本报告第 3 章表明，关于在向可持续粮食系统转型时使用现代生物技术的争论，集中在如何控制和使用技术方面，而不是技术本身的基本性质。这反映了社会上关于基因工程应用的更广泛的辩论，而最近使用 CRISPR-Cas9 纠正有活力的人类胚胎的一个突变（Jasanoff 和 Hurlbut，2018）加剧了这种辩论。因此，有人呼吁建立一个类似于政府间气候变化专门委员会（气专委）的基因编辑全球观测站，以期就指导这一领域研究和利用技术的准则达成广泛社会共识（**插文 21**）。如果观测站具有足够的包容性，能够解决基因工程和转基因生物发展和应用方面的权力不对称问题，则可能有助于减少关于利用现代生物技术促进粮食安全与营养的争论的两极分化。

插文 21 全球基因编辑观测站的三项拟议功能

1. 充当信息交换所，整合全球对基因组编辑和相关技术的道德和政策响应，并使其可以广泛获取。具体包括民间社会团体的立场声明，特别是来自南半球的立场声明以及相关文献。观测站将报告正式生物伦理学机构（如英国 Nuffield 生物伦理学理事会或德国伦理委员会）、各类专业协会（如美国生殖医学学会），以及政府间机构（如欧洲委员会和世界卫生组织）的活动和成果。

2. 促进跟踪和分析关于基因编辑的重大概念进展、争论和新出现的共识领域。观测站将把关注重点从基因编辑的技术优缺点，扩大到往往被忽视的更广泛问题和关切。从设定研究议程到分配知识产权，对国际合作的社会动态开展相关研究，都可能有助于揭示科学中的隐性权力失衡，进而了解基因编辑研究的受益方和非受益方。同样，在观测站收集的资料有助于更详细地揭示人们自己及社会所希望的生物未来。例如，资料可以阐明不同文化间对社会和生物关系（例如残疾和疾病观念）的不同看法。
3. 定期召开会议，并利用从数据收集和分析中得出的见解促进国际讨论。

资料来源：Jasanoff 和 Hurlbut（2018）。

4.2.3 营造适当的食物环境，促进健康和多样化饮食

粮食系统的多样化不仅与生产系统有关，而且与消费模式有关。如本报告第 2 章和附录 1 所述，在营养敏感型农业和有机农业中，在制定政策时更加强调健康和营养益处。树立营养和健康认识，增进了对如何塑造粮食环境以确保粮食安全和可持续性益处的认识。改善营养的最重要促成条件之一，是关注性别平等和社会公平问题（见第 4.4 节）。正如第 3 章和高专组营养和粮食系统报告（2017b）所述，人们是否有机会选择健康、多样化饮食，取决于他们可获得的食物选择及其成本、食品标签和认证方式、标签可信程度，以及私营和公共机构引导消费者关注特定领域的程度。

关于促进粮食安全与营养向可持续粮食系统转型，需要在基层采用民主方法进行公共教育并提高认识，这是改变粮食系统的关键推动条件。要成功“推广”可持续粮食系统，包括采取生态农业方法，往往需要开展公众认识提高运动，努力改变关于粮食系统的主要舆情论调（粮农组织和国家农艺研究所，2018；Chappell，2018），同时需要不同社区开展行动。要提高公众认识，促进和推动可持续粮食系统领域的创新，应超越简单的认识提高运动，让公民参与“全民创新”——跨网络分享信息和知识，解决社会问题，并由社区和研究人员合作，共同制定解决方案（Schot 和 Steinmueller，2016）。粮食主权特别强调这些提高公众认识和分享知识的方法，包括需要承认、支持和保护关于保存和培育种子、粮食和牲畜的当地和土著知识（见第 4.3 节）。

利用现有的公共采购义务，可提供经济和政治机会来执行政策，并建立创新的新型社会经济关系，从而建立可持续粮食系统。例如，政府可以为学校、医院和其他公共机构的低收入和其他群体采购可持续生产的粮食，以建立相辅相成的良性循环。巴西的 Belo Horizonte 案例颇具启发意义：政府为学校和社区食堂采购农业生态食品，供提供给低收入居民，显著减少了饥饿（Chappell，2018）。若重点在当地

采购可持续生产的粮食，供学校实施供餐计划，或针对易受粮食不安全影响的群体，在地方和国家一级实现粮食主权，则可以有效地解决粮食安全问题，同时支持可持续粮食系统（**插文 22**）。这些举措还可以支持为边缘化群体，包括粮食系统内的年青人和低收入工人提供安全、体面、有意义的就业。

插文 22 供养城市：解决城市可持续粮食系统问题

农业生态学和可持续集约化方法都可以在城市环境中应用。美国洛杉矶创下了利用城市生态方法促进粮食安全与营养向可持续农业系统转型的范例。2012 年，美国制定了一项采购标准，即“良好食品采购计划”。⁴⁵当地中小型农场和食品加工企业可以根据一系列指标获得星级评定，包括环境上可持续的农场做法；安全、公平补偿、健康的工作条件；以健康和人道的方式照顾牲畜；以及扩大消费者获得优质营养食品的机会等。自 2012 起，洛杉矶所有市政部门和学区每天提供 75 万份膳食，都要求使用这一采购系统。据估计，目前约有 1 200 万美元的采购来自环境上可持续的当地生产商，他们同样要达到工作场所、动物福利和营养标准。在食品加工、制造和销售方面创造了至少 150 个新的就业岗位，160 名卡车司机提高了收入。这一采购系统是由洛杉矶食品政策委员会、食品链工人联盟和厨师合作开发的。美国其他几个城市正在制定自己的“良好食品采购计划”。在联合国世界未来政策理事会与粮农组织和国际有机农业运动联合会共同举办的 2018 未来政策奖活动中，这一采购政策获得了“嘉许奖”。

在丹麦，《2011-2020 年有机行动计划》⁴⁶旨在通过开发和增加有机生产和市场，支持多样化的农业生态种植，并确保生计。这项政策中这样做的一个关键方法是，为所有公共厨房（包括学校）设定 60% 有机食品的国家目标，刺激对有机产品的需求。从 2015 年至 2018 年，为培训厨房领导和职工并变更供应链和菜单拨出了总计 640 万欧元，以期实现这一目标。2015 年，哥本哈根市在公共厨房的有机食品率达到 90%，且餐饮价格没有上涨。

资料来源：Sørensen 等（2015）。

4.2.4 支持公平、可持续的粮食价值链

支持公平、可持续的粮食价值链，是促进粮食安全与营养向可持续粮食系统转型的关键条件。支持长期和短期供应链中质量标准的设计、控制和合规尤为重要。过去几来，人们尤其注重缩短价值链。农民通过适当的做法（如生态农业方法）生产出健康、可持续的粮食之后，希望获得市场的积极回馈，而消费者希望更便捷、

⁴⁵ 参见：<https://www.futurepolicy.org/healthy-ecosystems/los-angeles-good-food-purchasing-program/>

⁴⁶ 参见：<https://www.futurepolicy.org/healthy-ecosystems/denmarks-organic-action-plan-working-together-for-more-organics/>

可靠地获得此类产品。支持建立较短的价值链和替代零售基础设施，如农贸市场、集市、粮食政策委员会和地方交易所和贸易系统，可改善农民的生计，增加获得当地可持续生产出来的多样化粮食（Hebinck 等，2015，编辑）。经验表明，建立适应当地需要和条件的质量控制系统，以及公共、私营和民间社会行动者之间的伙伴关系，可极大地促进向可持续粮食系统转型（粮农组织和国家农艺研究所，2018）。支持当地建立巢状市场以改善生计的政策包括：

- 加强地方主管部门（例如市政当局）的能力，以制定合理的地方政策，支持多样化、可持续、公平的市场，加强生产者与消费者之间的联系；
- 为农业生态和其他多样化的可持续当地生产者提供公共设施，举办农贸市场、博览会和节日；
- 促进农业生态和其他可持续粮食生产商在贸易和粮食安全主管部门登记，以顾及其规模和生产能力；
- 支持建立可行的农民协会，分享知识并建立强有力的网络，以利用所需的投入（包括替代投入，如覆盖作物种子）；
- 认可并支持参与性保障制度，作为在更多当地和国内市场认证有机、生态和农业生态生产者的有效手段，因为对低收入、小规模生产者而言，当地和国内市场往往更为可行；
- 发展并加强城市社区与粮食生产系统之间的联系，特别是那些支持城市贫民加强粮食正义和粮食主权的联系，包括消费者合作社和专注于当地和区域市场的多方利益相关方平台（**插图 23**）。

插图 23 厄瓜多尔基多城市农业生态方法：边缘化群体的就业与粮食

继一项由妇女领导的社区协商进程之后，厄瓜多尔于2002年出台了“参与式城市农业计划”⁴⁷，旨在解决失业、难民、流动人口和土著人民等弱势群体的粮食安全需求。基多大都会区大力推动城市和城郊花园生产、加工和销售粮食。计划吸引了大约4500名参与者，他们每年在32公顷的土地上生产出超过87万公斤的粮食，支持380个有组织的团体。这一城市农业计划每举办超过15个有机产品销售会，销售这些当地生产的粮食，每年创造35万美元的收入，并创造了100家微型企业和330多个就业机会，估计人均收入为3300美元。城市花园有助于提高农业生物多样性，回收有机废物，并为大约17万消费者提供健康膳食。社会发展部提供了城市农业培训，并于2013年成立了第一个城市农民合作社，拥有3000名成员。基多市政府通过促进市政府、大学、商会、省和国家政府以及商业协会之间的合作，执行该政策。在联合国世界未来理事会与粮农组织和国际有机农业运动联合会合作举办的2018年未来政策奖活动中，该城市农业计划荣膺银奖。

⁴⁷ 参见：<https://www.futurepolicy.org/global/quito-agrupar/>

4.2.5 减少粮食损失和浪费

高专组（2014）的前一份报告重点介绍了可持续粮食系统背景下的粮食损失和浪费问题。由于粮食损失和浪费是向可持续粮食系统转型的一个重要因素，本文仅重点介绍一些关键方面，欲了解实质性细节，请参阅前一份报告。减少粮食损失和浪费是一个复杂的问题，因此面临着重大挑战。高专组报告（2014）指出，需要：

- 获得关于粮食损失和浪费数量和地点的更准确数据（Schanes 等，2018）；
- 制定适当战略，应对不同水平的粮食损失和浪费；
- 确保各利益相关方改善协调工作，采取适当的措施。

减少粮食损失和浪费被认为是向可持续粮食系统转型、改善粮食安全与营养的重要途径（Cole 等，2018）。据粮农组织估计，每年浪费的粮食总量高达约 13 亿吨，占为人类消费而生产的粮食的 1/3；按卡路里计算，占生产出来但因为损失或浪费而未成为人类食物的 1/4（粮农组织，2011；高专组，2014）。因此，制定适当战略，减少从农场到零售的粮食损失和消费渠道的浪费，不仅对于改善粮食安全与营养至关重要，而且对于减少环境承受的负面影响（Lipinski 等，2013）、降低粮食生产的能耗也非常重要（Cuéllar 等，2010）。

正如高专组报告（2014）所证明的，农场上、收获后、运输和分销期间、包装、零售和消费环节都会损失和浪费大量的粮食。食物链上的粮食损失和浪费数量因商品类别和地区而异。出于安全和质量方面的考虑，人类粮食供应中损失了大量食物。在发展中国家，由于缺乏适当处理粮食的知识和基础设施支持，粮食损失通常发生在供应链的生产和收获后阶段。在发达国家，粮食浪费通常发生在收获后分级、零售和零售后阶段（粮农组织，2011；高专组，2014）。此外，一些不符合卖相规格，但饮食质量可接受的产品由于其外观不佳而被拒绝（de Hooge 等，2018；White 等，2011）。不了解“此日期前食用”和“最佳使用日期”的消费者也在浪费粮食（Langen 等，2015）。在加工农产品的地方，可食用副产品的利用不足和食品加工的侧漏也可能造成粮食损失（Augustin 等，2016）。

然而，目前缺乏足够的研究来减少这些供应链中的粮食损失和浪费，特别是在南半球（Alamar 等，2018）。

开发相关技术非常重要，包括收获后储存、处理和销售、加工食物以延长保质期、实施废物增值，以从粮食损失和浪费中创造新的增值成分。可使用一系列保存和转化工艺，如冷冻、干燥、发酵、罐装、巴氏杀菌和灭菌（Langelaan 等，2013）。可使用分离工艺回收一系列生物活性化合物，作为食品成分或补充剂，从而创造增值流程，处理本来会浪费的粮食废物（Sagar 等，2018）。

然而，制定提高消费者理解的战略，将有助于促进消费者作出必要的行为改变，接受食品技术和加工干预措施。开展教育并将社区观点纳入政策（Benyam 等，

2018), 提高消费者认识, 建立标准制定组织 (Mattsson, 2015), 可帮助人们对现有的可持续食品做出健康的选择。减少粮食损失和浪费的方法必须涵盖食物链上的所有参与者。这需要通过教育和激励措施来改变个人和集体行为, 并辅之以制度激励机制 (Hertel, 2015)。

许多国家建立了向弱势社区分发食物的食品存取站, 帮助他们提高粮食安全。作为对高专组报告 (2014) 所分析经验的补充, 《节约粮食》(粮农组织) 为全球减少粮食损失和浪费举措提供了参考途径 (Michellini 等, 2018)⁴⁸。可以建立地方粮食集群 (Korhonen 等, 2017) 或区域加工中心, 将新鲜易腐的农产品加工成稳定的成分和食品。有人提议在粮食价值链中建立一个未来的虚拟和物理节点 (粮食损失库 TM), 以促进挽回粮食损失, 供加工成原料和产品 (Petkovic 等, 2017)。利用大数据和物联网实现粮食供应链的数字化, 可以为现有和新出现的粮食损失和浪费情景提供新的实用指导, 并有助于采取干预措施, 减少粮食损失 (Irani 等, 2018)。

4.2.6 知识的生成和共享

本报告中反复出现的一个主题是, 需要改变正式研究与学术成果, 与农民、农村和城市社区以及粮食价值链上其他行动者 (包括私营部门很多行动者) 的当地知识和经验之间的关系。要采取步骤使地方和科学知识 with 粮食链的知识进一步融合, 既需要在加强能力方面进行投资, 也需要对知识系统进行根本性的调整。在人们对虚假信息越发担忧和对科学越发不信任的背景下, 缩短知识差距, 打破不同行动者——特别是坚定信念指导下的社会运动之间的界限, 是一项基本挑战。当不同行动者持敌对立场, 或不同来源知识的合法性存疑, 导致难以进行有意义的对话和学习时, 尤其如此。

农业生态创新方法的一个主要特点是, 与参与式行动研究和“农民-科研人员网络”促进努力保持密切的联系; 这些网络将整个农业社区的需求和关切视为合作研究的出发点 (Méndez 等, 2015)。农民对当地自然资源管理以及当地文化和社会系统的认识和理解, 应构成农业生态学方法的基础, 这是农业生态学的核心原则之一。通过这些知识与科学理解相结合, 可以设计具有适应能力的复杂农业系统, 有效地推动向可持续粮食系统转型 (Côte 等, 2019)。农民组织和社区组织在很大程度上推动了农民组织和研究人员共同创造知识的作用, 为实现创新提供了独特途径, 进而为技术转让模式创造替代选项 (PKEC, 编辑, 2017; Pimbert, 2018a)。后者适用于传播统一的发明, 但不适用于设计特定环境解决方案所需的定制工作。

在马拉维案例研究 (插图 9)、PROLINNOVA、麦克奈特基金会的作物合作研究项目, 以及尼加拉瓜塞戈维亚项目的粮食安全和主权 (粮农组织, 即将出版) 中,

⁴⁸ 参见: <http://www.fao.org/save-food/background/en/>

都提供了这些方法的例子。这些方法已应用于坦桑尼亚联合共和国的气候变化适应工作（**插文 24**）以及菲律宾的农民科学家网络（**插文 26**）。

插文 24 坦桑尼亚联合共和国 Chololo 村的农业生态气候变化适应工作

Chololo 位于坦桑尼亚中部半干旱地区，是一个有 5 500 名居民的村庄。Chololo 村民以农牧业为生，历来遭受干旱、粮食不安全和森林砍伐之苦。2011 年，一个由政府农业研究机构、地区管理局和三个非政府组织组成的多学科小组在欧洲联盟的支持下发起了一个项目，以利用农业生态方法和参与性方法，创建“生态村”发展模式。项目成立了参与性的农民对农民的“技术小组”，对农业、畜牧、水、能源和林业中的 20 多个不同生态做法进行了试验和传播，包括使用雨水收集、节水措施、增加使用农场粪肥和最佳种植方法。增强妇女权能是项目活动的一个主要重点。还评估了几种畜牧做法，包括使用牛拉耕作法。此外，还实施了若干全社区举措，例如使用太阳能井筒、在屋顶上收集雨水、重新造林和建造沙坝。参与性评估方法包括举行社区讲习班和使用相关的当地指标。在两年期间，使用这些生态做法的家庭显著改善了粮食安全，包括增加每天的进餐次数，提高了粮食产量，并减少了家庭粮食短缺的月份数。村民中使用气候变化创新的农牧民人数也有所增加，达到一半以上。女性村民报告说，她们对家庭资源的决策和控制权有所增加，能更多地进入村庄的领导层。邻近村庄随后采取了举措，加大了对这些生态做法的使用力度。本案例研究表明，采用农业生态方法和增强妇女权能，有助于促进粮食安全与营养向可持续粮食系统转型。

资料来源：坦桑尼亚有机农业运动（2014）和可持续粮食系统国际专家小组（2018）。

4.2.7 公共和私营研究投资

需要加强对农业和粮食系统研发的投资（粮农组织，2016a）。2000 年至 2009 年，全球农业研发支出平均每增长 3.1%（低收入国家仅为 2.3%），从 250 亿美元增至 336 亿美元，其中近一半新增投入来自中国和印度（粮农组织，2017b）。粮农组织估计，全球四分之三的农业研究和推广投资来自 20 国集团国家（粮农组织，2016a）。全球研发投资基本集中在主要主粮作物，却往往忽略了其他营养更为丰富的作物，如豆类、水果和蔬菜以及所谓的“孤生作物”（GloPan，2016；高专组，2017b），尽管增加这类作物的研发投资可带来积极的粮食安全与营养结果（参见**插文 25**）。

插图 25 利用生态农业保护孤生粮食作物 - 班巴拉花生⁴⁹

在大多数小农种植系统中，本地品种的种植量显著下降，主要原因是气候变化、种子供应减少和杂交品种的引进。一个典型的例子是班巴拉花生。在世纪之交前，这是津巴布韦北部的 Mutoko 社区广泛种植的谷物豆类。Mutoko 农业生态基金推出了一项旨在增加班巴拉花生产量的举措，以促进该地区农户的粮食安全和风险抵御能力。更重要的是，该项目旨在帮助人们进一步认识到保护传统粮食作物和改善农业社区营养与种子安全的重要性。与花生和普通豆等其他谷物豆类一样，班巴拉花生通常被称为“妇女的作物”，传统上由女性农民在小块土地上种植，其蛋白质含量近 20%。种子从国家遗传资源库采购，供返还给农民。共种植了基因库的 102 种收集品和 100 种从农民自己保留的品种中原地保存的种子。农民和研究人员共同参与对班巴拉花生的特性描述，从而记录了这种豆类的传统名称，并促使人们更广泛地接受其为经济作物。农民通过手机收到生产者参考价格，最高价格为每（20 升）桶 80 美元，这对他们来说是很大的种植动力。现金收益激励男性农民也参与种植班巴拉花生。此外，国家遗传资源库向社区返还收集品后，增加了班巴拉花生地方品种的多样性。项目结束时，国家遗传资源库为异地保护收集的地方品种数量增加了 90% 以上。地方品种特征描述促进了对未充分利用但颇具价值的传统作物进行栽培和生物多样性保护，表明家庭和社区两级的粮食和营养安全有所改善。

资料来源：Mapfumo 等（2001）。

粮农组织（2014b）强调，需要对公共农业研发进行持续投资，从长远看，这些投资可让整个社会获益。然而，私营部门也是农业研发的一个重要参与方：从 1994 年至 2008 年，全球对农业和食品加工研发的投资从 129 亿美元增至 182 亿美元（Beintema 等，2012）。这些学者估计，2008 年，全球公私伙伴关系农业研发总支出约为 400 亿美元，其中 21% 由私营部门支付。私营农业研究主要发生在高收入国家，另外中国和印度等大型中等收入国家也发挥着越来越大的作用（Beintema 等，2012；Pardey 和 Beddow，2013）。

最近的评价表明，对国际农业研究的公共投资产生了很高的投资回报。在非洲，仅通过释放生物抑制剂来控制木薯粉虫，就获得了可观的经济回报，足以证明全球对农业研究的投资是值得的（Nweke，2009）。分析亚洲的虫害控制影响，不难发现，若在“危机”来袭之前对控制系统有良好的认识，则对于快速响应至关重要。因此，需要对“基础”研究开展公共投资，并对紧急出现的问题作出迅速响应（Wyckhuys 等，2018）。

⁴⁹ 参见：<http://afsafrica.org/wp-content/uploads/2015/10/Saving-The-Bambara-Nut-in-Zimbabwe.pdf>

世界银行（2010）认为，公共和私营部门在资助创新、促进发明走向商业化方面发挥着互补作用；⁵⁰建立适当的公私伙伴关系，在这一进程的中间阶段可以有所助益。粮农组织（2014b）认为：“私营部门可在某些类型的农业研发方面发挥主要作用，特别是在公共产品特征不太明显的研究中；但是，只有公共部门资助的研究才可能产生长期维持生产力增长所需的结果，这在许多低收入和中等收入国家尤其如此，因为这些国家私营部门对农业研究的积极性较低。”包括南南合作在内的国际合作可使研发能力较为有限的国家受益（粮农组织，2014b）。

除了公共和私营举措外，由社会运动牵头的自主管理、基层研究和创新举措在评估和促进农业生态方法和其他创新方法方面，发挥着日益重要的作用。这些由民众自发牵头的分散式研究和创新形式，可能与主流农业研发的组织和做法形成鲜明对比。不同类别的知识持有人之间会签订明确且平衡的合同，作为合作的依据。例如，中美洲及加勒比的“农民对农民”网络以及法国的农民种子网络（PKEC，编辑，2017；Pimbert，2018a）和菲律宾的农民科学家发展伙伴关系（**插文 26**）。

插文 26 生产者-科学家网络——以菲律宾的农民科学家发展伙伴关系为例⁵¹

菲律宾的“农民科学家发展伙伴关系”是一个农民主导的人民组织、非政府组织和科学家网络，通过农民控制遗传和生物资源、农业生产和相关知识，可持续地利用和管理生物多样性。该网络遍布菲律宾，由 500 多个农民组织组成——约 35000 个成员家庭。据估计，三倍于成员家庭的其他家庭在利用网络开发的种子。他们还组织了 180 多个试验农场、2 个国家备用农场和 8 个区域备用农场。最近，“农民科学家发展伙伴关系”的农民一直在实施参与性保证制度。这是一项立足当地的质量保证系统，旨在基于利益相关者的积极参与，以及在信任、社交网络和知识交流的基础上，对生产者进行认证（国际有机农业运动联合会，2019）。一项比较研究对比了 840 名采用农业生态做法的农民和来自全国各地未采用者的数据（Bachmann 等，2009），结果发现：

- 88%的农民在采用农业生态方法后，发现他们的粮食安全得到很大改善，而只有 44%的未采用者获得相同结果；
- 采取农业生态方法的农民增加了饮食的多样性，其中蔬菜多样性增加 68%，水果增加 56%，富含蛋白质的主粮增加 55%，肉类增加 40%；
- 采取农业生态方法的农民平均比普通农民多种植 50%的作物类型；
- 在全农业生态组中，85%的农民认为他们今天的健康状况比对照年份 2000 年更好或好得多。

⁵⁰ 世界银行指出，公共部门主要负责初期阶段的投入，私营部门可以在后期阶段发挥牵头作用。

⁵¹ 参见：<http://masipag.org>

“农民科学家发展伙伴关系”方法包括以下要素：

自下而上的方法：组织内的决策、规划和执行均由成员实施，通过农民团体和分散的组织结构进行协调。

农民-科学家-非政府组织伙伴关系：农民、科学家和非政府组织之间相互、持续学习。

农民主导的研究：所有研究由农民设计和实施，包括水稻新品种的育种。

农民对农民的推广模式：网络培训主要由农民培训人员使用各种技术进行，包括试验农场、交流日和文化活动。

反对技术性修复：实施整体变革，包括重视农民赋权和农民知识。

促进农民权利：“农民科学家发展伙伴关系”着眼于在更大范围内推进农民的权利。农民的权利包括与土地、种子和遗传资源、生产、生物多样性、政治和决策、文化和知识、信息和研究以及社会政治因素有关的权利。

需要重新平衡公共和私营部门供资对农业和粮食系统研发的相对贡献，并澄清公共和私营部门行动者在创新系统中的作用和责任。要扩大农业生态研发，取决于是否能获得足够的公共资金，并用于加强农民管理的分散实验、学习以及基层创新网络。更具体地说，需要投入公共资金支持若干相互加强的农业生态转型进程，包括：开展立足实地的学习；开展农民对农民的横向学习，促进集体知识的产生；扩大农民同行组织的规模，以验证和保护集体知识；加强地方组织，将农民管理的研究和基层创新扩展到更多的受众和地方（Pimbert, 2018c）。

应支持研发机构的重组，以便其更好地开展整个粮食系统和价值链上的跨学科研究。除了一如既往地关注农业生产和生产力，农业和粮食研发机构还应采用粮食系统观点，并涵盖可持续性的所有方面。

重新调整科学研究与地方知识系统之间的关系，有助于设计适应每种农业和粮食系统的创新转型途径（Côte 等，2019），因为承认情况的多样性和所有系统改造的必要性，可促进对知识系统进行隐性投资。采取参与性研发方法，吸引农民及其当地社区和组织加入，有助于确保结果满足他们的需要和期望，并考虑到他们的经验（粮农组织，2014b；粮农组织和国家农艺研究所，2016；高专组，2016，2017c）。

4.2.8 知识共享、培训和响应社区的优先事项

通过适当的教育、培训和推广系统，各国政府可以提高人口的创新能力和促进创新举措的制定和执行（经合组织和欧统局，2005；世界银行，2010；粮农组织，2014b）。改善小型粮食生产者（包括小农、牧民、渔民和森林依赖群体）特别是妇

女获得推广服务的机会，对于填补信息、知识和技术方面的空白至关重要，并可能有助于推动粮食安全与营养更全面、快速地向可持续粮食系统转型。生产者组织和社区预计将在实现这一目标方面发挥核心作用（粮农组织，2014b）。

终身持续学习可能需要采取新的学习模式，包括职业培训、定制学习、从实践中学习和团队合作，以挑战传统上由教师主导、强调死记硬背的教室传统垂直学习模式（世界银行，2010）。基于社区的学习系统，如农民田间学校⁵²或农民学习中心（即农民在田间共同解决问题）、农民志愿担任培训员、农民向农民提供推广服务，都是此类创新学习模式的范例。（Mapfumo 等，2013；粮农组织，2014b）。利用信息通信技术，并提供公开获得信息和知识的机会，也可以创造新的方式来生成和传播知识，进而在社区和部门之间架起桥梁。例如，移动电话和特定应用程序可能大大改善小型粮食生产者获取信息、服务和进入市场的机会（粮农组织，2014b，2016b，2017b）。

世界各地由农民和消费者主导的多样化举措为可持续粮食系统带来积极变化，增强了粮食安全与营养。对促进创新的计划和干预措施进行公共投资的一个关键领域，是民间社会团体和社会运动。应加强和支持这一领域，以进一步鼓励农业和粮食系统的转型。应向处于社会边缘的农村农民组织、妇女团体、土著和社区组织提供支持，通过这些组织倡导和培训其他人使用农业生态方法和其他创新办法，改善粮食安全与营养。可提供公共支持，制定农业计划和培训，以利用那些维持农业生产的生态过程和功能。应通过利益相关方的参与来共享公共支持，同时以当地知识为基础，引入新的做法和集体决策。这种培训和能力建设可提供更多的教育和信息，帮助解决农业生态学、有机农业和永续栽培的知识密集型问题。

具体措施可包括支持：(i) 建立“灯塔”，即旨在促进“农民对农民”的知识共享并创建实践社区的社团或培训中心（类似于所有大陆不同国家的许多永续栽培中心）；(ii) 在城市地区建立以可持续粮食系统为重点的小规模生产者和民间社会团体联盟；(iii) 根据社区表达的需要，对粮食价值链的关键方面进行投资。例如，发展小型加工厂或储存设施，可促进改变粮食系统，并扩大其范围，改善粮食安全与营养。

4.3 能动性和赋权

本报告第 2 章指出，确保能动性至关重要，是向可持续粮食系统转型的基本原则。所谓能动性，即所有人都能够选择自己吃什么以及如何生产、加工、运输和销售粮食。实现能动性意味着确保所有人都能获得准确的信息，享有食物权，并有可能

⁵² 参见：<http://www.fao.org/farmer-field-schools/en/>

力保障他们对生产、收获和制备食物所需资源的权利（Chappell, 2018）。农业生态方法强调，社区和人民向可持续粮食系统转型的一个关键有利条件，是通过处理现有的权力关系建立能动性，在其独特的文化价值体系内定义和保障自己的粮食安全。

为了促进可持续粮食系统，各国可以制定粮食政策，通过包容性进程在国家和区域各级制定长期目标，具体措施包括开展基层协商，吸引科学家、土著团体、农民合作社和其他利益相关方参与。**插图 28**中介绍的欧洲大型和小型农场实例表明，可以利用生态农业作为政策手段，遏制生物多样性的丧失。这些例子突出表明，为了扫清重大障碍，需要民间社会、政府、商业团体、社会运动和研究人員提供重要的支持（Anderson 等，2018；Wezel 等，2018b），从而说明将能动性视为关键维度至关重要。

在整个粮食系统层面制定和执行有效政策的一个关键制约因素，是各治理机构之间政策进程较为分散。应在国家一级利用部际机制，将农业、卫生、性别平等、环境和教育等各部委聚集在一起，并让农村贫困人口、妇女、青年和其他相关群体等各种利益相关方共同参与各项措施的规划和实施，为改善粮食安全与营养而构建可持续粮食系统。

在南半球发挥关键作用的全球机构，如全球贸易组织和国际金融机构，往往被认为缺乏透明度和民主问责制，特别是对于处于社会边缘地位的农村和城市低收入社区。在此方面，世界粮食安全委员会（粮安委）可以作为民间社会包容性参与的典范，和改善全球治理系统内权力关系的起点。

大规模征地导致当地居民无法获得可再生资源，使小规模生产者和农村贫困人口的粮食安全和营养状况日益恶化。支持小规模生产者的传统土地权，并尊重粮安委 2012 年通过的《土地、渔业和森林权属负责任治理自愿准则》，⁵³有望加强小规模生产者、渔民和农村贫困人口获得土地、森林和水源，以确保粮食安全与营养。良好的治理结构是确保农民获得土地、森林、种子和水源（**插图 27**），以及保护其中生物多样性的关键（**插图 28**）。

插图 27 中国案例：成功开展多方利益相关方合作，开发农业生态系统多功能，维护生态农业景观

2018 年，中国西南省份广西壮族自治区的龙脊梯田景观被粮农组织指定为“全球重要农业文化遗产”，这是一个由森林、村庄、水稻梯田和河流组成的多元化土地利用景观。山顶上的森林可以储水，满足水稻种植和居民生活用水之需。梯田可生产粮食，保持水土。村民坚持修建梯田，并用清洁生产模式来生产粮食。三者通常形成一个循环农业生态系统。随着城市化的深入，较低的经济效益对此系统的可行性提出了挑战。为了解决这个问题，当地农民与旅游公司合作发展旅游业，以秀

⁵³ 参见：<http://www.fao.org/3/i2801e/i2801e.pdf>

美的水稻梯田景观和清洁耕作方法吸引游客。他们共同就梯田景观保护和旅游业的可持续发展制定并签订了一系列合同。当地村民不仅可以从农业、为游客提供餐厅、酒店等服务中获得收入，还可以获得旅游收入分红，以及旅游业支付的维护梯田的补偿金。2017年，当地家庭平均总收入为78 131元。其中，农业收入仅占当地总收入的7%；游客服务占71%；旅游收入分红和梯田维护补偿金分别占19%和4%。总体而言，目标是发展由当地农民维持的农业生态系统多功能；农民有效保护了梯田景观，并提高了家庭收入。

资料来源：Zhang等（2017）

插图 28 欧洲案例：出台公共政策和举措，利用生态农业向可持续粮食系统转型

欧洲的生物多样性在加速丧失，授粉动物、栖息地、昆虫和鸟类的迅速减少便是明证，这在一定程度上与农业的工业化生产有关（政府间生物多样性和生态系统服务科学政策平台，2018；Pe'er等，2014；Potts等，2015）。不同欧洲国家的几项政策表明，可通过农业生态方法将生物多样性作为一种公益来发展。在瑞士，政府在出台农业补贴计划前，与农民工会、非营利组织、环境和商业团体进行了参与式协商。同时，还进行了影响评估，考虑到了补贴计划的经济、环境和社会影响。然后实施了新的农业政策（2014-2017），增加了农业部门的预算支出，并直接向那些在农业系统中纳入生物多样性友好做法的生产者提供补贴。经济预测表明，由于这些改革，生产者收入和生产力都将得到提高（经合组织，2017）。

在**法国**，法国农业部长发起了一部向生态农业转型的新法律，其中提出实施农业转型，以实现经济、环境和社会绩效目标（Bellon 和 Ollivier，2018；Gonzalez 和 Chang，2018）。这项倡议由许多利益相关方（公共服务机构、学术界、非政府组织、农民和教育机构）共同参与，开展了大量工作，以减少农药、抗生素和能源的使用，并增加有机农业。到2018年，共投资了1 000万欧元，约7 500个农场、9 000名农民加入了农业生态倡议，并通过“经济和环境利益分组”合作，增加了有机生产。这些分组都是政府认可的农民集体，他们参与一项为期多年的农业生态做法整改或整合项目。虽然迄今尚未对生物多样性产生重大影响，但法国日益认识到生态农业是改变农业生产模式和改变农业粮食系统的可行办法，并不断加大了动员力度（Bellon 和 Ollivier，2018；Gonzalez 和 Chang，2018）。

最近，一个由**德国**社会运动、研究人员、非政府组织和其他民间社会行动者组成的联合体倡议向德国政府提出了一套政策建议，也呼吁向生态农业转型。

资料来源：经合组织（2017）和农业和粮食部（2017）。

能动性和赋权有助于确保最脆弱群体在向可持续粮食系统转型过程中做出贡献，并利用这种转型的影响，改善其粮食安全与营养，这对轻人和妇女尤其重要。

4.3.1 让年轻人参与农业和粮食系统

为了创造支持向可持续粮食系统转型的环境，一个重要方面是出台政策，支持创造体面安全的就业形式，特别是面向年轻人，以及其他边缘化群体，如农场工人和流动人口。在世界许多地区，一个经常出现的问题是农村年轻人为在城市地区寻找更好的生活机会而大量外流，随后导致农村家庭老龄化，阻碍制定创新和创造性解决办法，来促进向可持续、繁荣的社区转型。

在全世界范围内，青年参与农业发展对于确保可持续发展和粮食安全与营养可能至关重要（Braun 等，2000）。农村缺乏城市可以提供的直接好处和视角、支持服务差、缺乏有关适当技术和做法的信息、土地退化、基础设施差，这些都是导致年轻人不愿参与农业的原因（Hung，2004，Nwaogwugwu 和 Obele，2017）。必须认识到并解决年轻人在努力建立多样化农业系统和食品企业（**插文 29**），包括获得土地、信贷和信息方面所面临的特殊限制和挑战。

插文 29 参与农业生态方法的年轻人

埃塞俄比亚北部提格雷的青年农业和食品企业

在埃塞俄比亚北部的提格雷地区，Abrha Weatsbha 社区一直在推动一系列创新解决办法，以改善其村民的生活条件。除了一些改善环境条件的基础设施发展项目外，例如在退化地区重新造林、建造小型水坝和集水塘，以及建造沟渠以恢复地下水功能，该社区还一直在开展投资，让年轻人参与农业企业。其中一项努力是支持青年建立自己的企业，特别是在内战和与厄立特里亚战争中阵亡军人的遗孤。当地政府为他们提供了 5 公顷土地，用于种植可销售的果树（芒果、鳄梨等）、一个接待潜在游客的休闲中心，以及一个生产有机蜂蜜的养蜂场。设在亚的斯亚贝巴的非政府组织——可持续发展研究所（ISD）提供培训和能力建设以及财政和物质资助，协助青年团体创业。2012 年，Abrha Weatsbha 社区被授予“赤道奖”，这是联合国开发计划署（开发署）的一项倡议，旨在表彰通过养护和可持续利用生物多样性减少贫困的杰出社区。

巴西土地改革定居点的第二代青年

巴西的“无地运动”一直在推动一系列倡议，旨在让青年继续从事农业，并保证全国许多住区的农村继承权。农业生态方法管理一直发挥着重要作用。一个例子是巴西最南端的州——南里奥格兰德州的农业生态水稻生产。参加“无地运动”的农民是拉丁美洲规模最大的农业生态水稻生产者，共有 616 个家庭，遍布 16 个城市的 22 个住区，种植面积达 5000 公顷（约占该州水稻总面积的 5%）。从整地到大米销售，所有活动都由一个农业生态水稻管理小组协调，许多年轻人参与其中。巴西为年轻人创造创收机会的另一个例子，是在东北部阿拉戈斯州的“无地运动”住区开展蜂蜜生产。在州府马塞埃，许多来自不同州住区的年轻人开始从事养蜂业，并在土地改革博览会上出售蜂蜜。

数字和其他信息通信技术，包括所有以计算机为基础的信息传播和管理的先进技术（Cooper，2000），可以成为青年参与农业的切入点。年轻人具有与信息通信技术部门合作的相对优势，该部门在过去 30 中发展迅速，有望帮助解决与农业相关的新挑战。许多发展中国家在信息通信技术方面取得了重大进展，可及时、准确、可靠地发布当地的气候信息和推广信息，津巴布韦的 Ecofarmer 平台⁵⁴便是一例。当今世界，至少 90% 的人能够使用手机，另有 40% 的人能够访问互联网，因此政府、非政府组织、社会运动和私营部门可以利用青年对信息通信技术的热情，推动农业生态学（Ayhan 等，2014）。

通过自动图像工具或数字化土壤健康自我评估，并借助网络相关平台和信息通信技术工具，如手机、平板电脑和笔记本电脑、台式电脑和地理定位系统接收器，可以很容易地向当代青年推送关于农业生态做法的信息和相关的实时所需信息，如天气预报、虫害压力外观或杂草或害虫的识别。

关于农业生态方法和其他创新方法的成功案例可以在社交媒体和短信服务等许多其他相关平台上分享，并以这种方式传播。只要制定明确的目标，包括经济回报率（Nwaogwuwu 等，2017），或者仅仅是希望看到作物生长（Hung，2004），信息通信技术就可以对年轻农民产生倍增效应。在肯尼亚，一群年轻人利用短信和社交媒体提出问题、讨论问题、开展互动（Irungu 等，2015），在农业企业运营中取得了可观的回报，他们得出的结论是，互联网是向年轻人营销和推广生态农业方法的最佳平台。

4.3.2 增强妇女权能，解决粮食系统中的性别不平等问题

在政策领域，解决性别不平等问题的气势日益强劲，通常被称为性别平等变革行动。这些行动的重点是治本，例如导致歧视和不平衡长期存在的规范、关系和体制结构，而不仅仅是治标，例如收入不平等、不同的需要和偏好，以便使妇女和女童更公平地参与决策、控制资源，并控制自己的劳动和命运（Hillenbrand 等，2015；Johnson 等，2016）。所寻求的变革是深刻、持久、普遍的，可促使社区中足够比例的人口达到临界点，确保变革能深入持续地进行。虽然性别问题在前几节中都有所涉及，而未单独论述，但在此有必要重申有关性别问题的四个关键方面，因为这些方面有助于拟订建议，营造体制环境，支持向可持续粮食系统转型，具体如下：

1. 承认妇女在农业和粮食系统中的核心作用，帮助在整体农业管理系统中建立往往更高的劳动力需求，并为劳动力争取更大的收入公平。

⁵⁴ 参见：<https://www.ecofarmer.co.zw>

2. 基于妇女在作物生产、粮食加工和粮食供应做法方面的知识，制定干预措施，提供战略与工具来发展营养敏感型农业，包括下一代农业和粮食系统，如印度案例所示（**插文 30**）。
3. 支持由农民主导的各项举措，倡导增强妇女权能，解决两性不平等问题，特别是借助农业生态办法和其他创新办法。
4. 调整机构和组织的方向，明确解决两性不平等问题。

插文 30 印度案例：采用性别敏感的可持续价值链方法生产小米

在非洲和亚洲干旱地区种植的小米品种，如龙爪稷、小颗粒小米、狐尾小米和谷仓小米，耐旱性高，营养丰富，用水少，投入低，且能够在边缘条件下生长。贫穷的农村家庭往往在干旱地区生产和消费小米，妇女在小米生产、加工和制备方面发挥着关键作用。尽管具有上述特点，小米在很大程度上被政府和研究机构所忽视。印度的小米总产量已降至 1950 年的四分之一左右，部分原因是农业政策侧重“玉米、小麦和大米”的生产，而忽略了其他作物。

印度的四个半干旱地区开展了一个参与式行动研究项目，旨在增加小米的产量。多个利益相关方开展了参与性品种选择，并对小米价值链采取整体办法，包括妇女作为小米生产者、加工者和消费者积极参与了该项目。一个关键办法是解决小米生产所有阶段的性别不平等问题。在需要妇女投入额外劳动开展密集型加工时，都会征询她们的意见，并吸引她们积极参加；同时，也会采用她们对小米生产、加工和烹饪方法中的关键特性的知识。此外，妇女的农村储蓄群体、农民团体和女企业家是研究进程的主要合作伙伴。

使用参与性品种选择方法确定并测试了适应当地条件的品种，并通过种子交易会与利益相关方平台建立联系，将强了对这些品种的保存。这些新品种的产量增幅从 4%到 74%不等，因具体作物而异。建立了 15 个社区基因库，以帮助保存和促进小米的多样性。

通过与小农的参与性研究，测试了一系列种植策略，包括与木豆间作、使用蚯蚓堆肥、成排种植和使用机械化除草，改进了小米的生产方法。对这些生产方法进行参与性农场试验后，产量增加了 39%到 173%。成本效益分析表明，与传统种植方法相比，综合采用间作和改善小米有机生产后，收入显著增加，达到 254 美元/公顷，而传统方法为 137 美元/公顷。

作为整体办法的一部分，还注重加工和消费。妇女协会、农民团体和其他社区组织测试了使用脱壳机和磨粉机等几种工具，来减少小米加工的繁琐劳动。其中一些工具将加工时间从每天几个小时将至不到 10 分钟。

设立了 15 个村小米资源中心来提供小米加工设备，以减少妇女在加工中的工作量，并增加消费。妇女报告说，小米加工方面的这些创新提高了她们的自尊和社会地位，减少了她们的工作量。

餐馆、食品企业、妇女合作社、学校和医院开发了全新的食品配方，并努力促进小米的多样化食品用途。一些增值产品得到开发，如麦芽和面粉，然后由妇女协会销售。以小米为基础的食谱已被列入若干学校的供餐计划。工作场所、食堂和医院也推广了以小米为基础的食谱。一项研究发现，与对照组相比，食用小米食谱的学生发育更快，铁营养状况得到改善，并且身体状况更好。

资料来源：Padulosi 等（2015）。

结 论

现在人们普遍认识到，需要对粮食系统进行重大改造，以改善全球粮食安全和营养，这将深刻地影响人们食用的粮食以及如何生产、加工、运输和销售粮食。如果不在国际、国家和地方各级作出重大政策转变，并积极鼓励这些层面的创新，就不可能实现向可持续粮食系统的转型，调和人类和生态系统健康与社会福利。

有足够的证据表明，农业生态方法有助于改变粮食系统，特别是有助于发展可再生农业，即在利用可再生资源 and 生态系统服务方面具有再生性。我们现在需要采取行动，基于农业生态原则消除转型道路上的障碍，并解决妨碍转型的僵化机制问题。

根据高专组往年的报告，本报告明确表明，应根据实际背景和当地期望，对不同类型的农业和粮食系统实施具体和独特的转型途径。考虑到这种多样性，以及当前和未来变革有关的变数和风险，转型将是知识密集型的。对于每一条转型路径，技术都发挥着至关重要的作用，是创新过程的一部分。

为了支持转型，必须认识到，各种办法之间都有异同之处，特别是在农业生态方法和其他可持续集约化方法之间。本报告描述了不同办法的性质，并介绍了其导致的转型形式，将有助于选择适合不同情况和预期转型途径的方法。

农业生态方法的发展日益包括社会公平和政治层面以及整个粮食系统，将消费和生产联系起来。因此，需要协调、综合地推进渐进转型，深化结构改革。解决所有这些方面显然是必要的，以促进田间和农场层面的转型，以及粮食系统的总体可持续性。然而，迄今为止，农业生态方法获得的私营和公共投资远远少于其他替代方法，因此需要重新平衡投资，以便恰当认识到农业生态方法的潜在贡献，并采取行动加以落实。

充分考虑到所有经济、社会和生态影响，开发和使用可全面衡量农业和粮食系统的绩效的综合指标，是至关重要的。不同的指标对于不同层面是相关且适当的。对于整个粮食系统，应开发和使用一种将消费模式与生产方法联系起来的精细生态足迹形式。

本报告对一些争议领域的分析表明，意见分歧可能是由争论引起的，加大了设计适当路径的难度。了解这些分歧的原因，可以突破僵化的机制，推进转型，促进决策。有关现代生物技术和数字农业应用的争论可以说明这一点，争论的焦点往往是如何控制和利用技术，而不是技术本身的基本性质。这表明需要解决粮食系统创新中的权力不对称问题，以及知识的产生和传播方式。迫切需要重新调整知识系统，转向共同学习模式，加深研究与推广的联系，更好地将国际和国家研究推广系统与本地知识及农民对农民的知识交流联系起来。

环境和社会驱动因素导致有关粮食辩论日益道德化，一方面使决策者的行动刻不容缓，但另一方面使政策更难超越反对一方的意见。这就要求加强知识系统，在决策中更好地利用其学习成果，而不仅仅是承认必须改变。创造公平的竞争环境，促进执行农业生态方法建议的原则，短期成本似乎很高，但不采取行动的代价可能高得多。

根据粮安委关于解决粮食安全和营养问题的承诺，分析农业生态和创新方法的重要性后表明，实现食物权需要更加注重新出现的“能动性”概念，以便在向可持续粮食系统转型的过程中实现更具包容性的进展。粮安委可以作为民间社会和私营部门包容性参与的典范，并成为实现向可持续粮食系统转型的起点。在不同层级（地方、地区、国家、区域和全球）实施农业生态和其他创新办法的战略和规划，有助于粮食系统实现这一根本转型。措施包括：确定长期目标；确保各部门（农业、贸易、卫生、性别、教育、能源和环境）的政策一致性；并通过多方利益相关方协商进程让所有相关行动方参与进来。

致 谢

高专组衷心感谢所有参与者向针对报告范围和预稿（零稿）所进行的两次公开磋商提供了十分宝贵的意见和建议。粮农组织全球粮食安全和营养论坛（粮食安全和营养论坛）传达了这些建议。这些建议以及本报告编写过程中产生的所有文件均可在高专组网站上查阅：

<http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/reports/report-14-elaboration-process/en/>

高专组感谢所有同行评审人员对报告定稿前的最终草案（一稿）所进行的评审工作。高专组同行评审人员清单见：www.fao.org/cfs/cfs-hlpe。

衷心感谢下列各位人员对于高专组工作的贡献、建议和意见：Colin Anderson、Kenneth Anokye、Emily A. Baker、Mathilde Baily、Philippe Baret、Maria Bohri、Kalena Bonnier-Cirone、Noelie Borghino、Evan Bowness、Marcela Cely、Jahi Chappell、Krystal Zwiesineyi Chindori-Chininga、Richard Coe、Clara Curmi、Mathilde d' Hoop、Laurie Drinkwater、Grégoire Dupont、Stephanie Enloe、Rafter Ferguson、Inés Figueiredo、Samuel Fornerod、Nils Gevaert、Jeanne Ghuysen、Guillaume E. Gillard、Liam Gonzalez、Garrett Graddy-Lovelace、Peter Gubbels、Etienne Hainzelin、Corentin Hallopeau、Rhett Harrison、Jack Heinemann、Dave Henry、Alastair Iles、Marcia Ishii-Eiteman、Dana James、Jean Jowa、Elsbeth L. Kane、Mary-Jude Kariuki、Susannae Klassen、Agnes Kwak、Pablo Laixhay、Mehdi Lassoued、Wilfrid Legg、Jeffrey Liebert、Allison Loconto、Raegan Loehide、Ricardo Lovatini、Shiming Luo、Sidney Madsen、Anne Mbuthia、Simon Mertens、Alexandre Meybeck、Jean-Baptiste Molina、Maywa Montenegro、Mélanie Nicolet、Francisco Munoz Perotti、Sophia Murphy、Daniel Munyao Mutyambai、Romain Octin、Anne Omollo、Phoebe Parros、Raj Patel、Capucine Pernelet、Michel Pimbert、Nathanaël Pingault、Brieuc Plas、Marie Prudhon、Rudy Rabbinge、Maryam Rahmanian、Adrian Radcliff、Suzanne Redfern、Fabio Ricci、Devon Sampson、Jehanne Seck、Annie Shattuck、Sieglinde Snapp、Camila Patricia de Souza Araujo、Moritz Stüber、Sawako Suzuki、Andreina Thielen Martin、Marco Trentin、Marianne V. Santoso、Noé Vandevoorde、Valentin Vanespen、Carley Van Osch、Anna-Sophie Wild、Hannah Wittman、Olivia Yambi。

高专组的工作全部由自愿捐款供资。高专组报告是根据粮安委全会提出的主题而独立完成的集体科学工作。高专组报告属于全球公益产品。高专组感谢自2010年以来向高专组信托基金提供捐款或实物捐赠的捐助方，这使得高专组工作进程得以完成，同时其独立性得到充分尊重。高专组自2010年成立以来，得到了多方支持，包括以下各国的实物捐赠：澳大利亚、中国、埃塞俄比亚、欧盟、芬兰、法国、德国、爱尔兰、摩纳哥、新西兰、挪威、俄罗斯、斯洛伐克、西班牙、苏丹、瑞典、瑞士、英国。

参考文献

- Abate, T., van Huis, A. & Ampofo, J.K.O. 2000. Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Annual Review of Entomology*, 45: 631–659.
- Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clottey, V., Cock, M., Colmenarez, Y., Corniani, N., Day, R. et al. 2017. *Fall armyworm: impacts and implications for Africa*. <https://www.invasive-species.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/Fall-Armyworm-Evidence-Note-September-2017.pdf>
- Adesina, A. 2009. *Taking advantage of science and partnerships to unlock growth in Africa's breadbaskets*. Speech by Dr Akinwumi Adesina, Vice President, Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA). Science Forum 2009, Wageningen, Netherlands, 17 June.
- Adeyemi, O., Grove, I., Peets, S., Domun, Y. & Norton, T. 2018. Dynamic neural network modelling of soil moisture content for predictive irrigation scheduling. *Sensors (Basel)*, 18(10): 3408.
- AFSA. (2017). Resisting corporate takeover of African seed systems and building farmer managed seed systems for food sovereignty in Africa. Kampala, Uganda.
- Agroecology Europe 2017. *Our understanding of agroecology*. <http://www.agroecology-europe.org/our-approach/our-understanding-of-agroecology/>
- Alamar, M.D., Falagan, N., Aktas, E. & Terry, L.A. 2018. Minimising food waste: a call for multidisciplinary research. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1): 8–11.
- Alexandratos, N. & Bruinsma, J. 2012. *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision*. ESA Working paper No.12-03. Rome, FAO.
- Almeida, D.A.O. de & de Biazio, A.R. 2017. Urban agroecology: for the city, in the city and from the city. *Urban Agriculture*, 33: 13–14. http://www.ruaf.org/sites/default/files/RUAF-UAM%2033_WEB.pdf
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.I. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 72: 203–211.
- Altieri, M.A. & Nicholls, C. 2005. *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture*. United Nations Environment Programme, Mexico. www.agroeco.org/doc/agroecology-engl-PNUMA.pdf
- Altieri, M.A. & Toledo, V.M. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38(3): 587–612.
- Altieri, M.A. 1987. *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Boulder, USA, Westview Press.
- Altieri, M.A. 1989. Agroecology: a new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27: 37–46.
- Altieri, M.A. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder, USA, Westview Press.
- Altieri, M.A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93(1–3): 1–24.
- Altieri, M.A. 2004a. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(1): 35–42.
- Altieri, M.A. 2004b. *Agroecology versus ecoagriculture: balancing food production and biodiversity conservation in the midst of social inequity*. Commission on Environmental, Economic and Social Policy Occasional Papers Issue 3. Gland, Switzerland, International Union for the Conservation of Nature.
- Altieri, M.A., Funes-Monzote, F.R. & Petersen, P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1): 1–13.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Henao, A. & Lana, M.A. 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (3): 869–890.
- Altpeter, F., Springer, N.M., Bartley, L.E., Blechl, A.E., Brutnell, T.P., Citovsky, V., Conrad, L.J. et al. 2016. Advancing crop transformation in the era of genome editing. *Plant Cell*, 28(7): 1510–1520.
- AMA (American Medical Association). 2012. *Bioengineered (genetically engineered) crops and foods H-480.958*. <https://policysearch.ama-assn.org/policyfinder/detail/biotechnology?uri=%2FAMADoc%2FHOD.xml-0-4359.xml>
- Anderson, C.R., Maughan, C. & Pimbert, M.P. 2019. Transformative agroecology learning in Europe: building consciousness, skills and collective capacity for food sovereignty. *Agriculture and Human Values*. doi: 10.1007/s10460-018-9894-0
- Anderson, K., Pimbert, M. & Kiss, C. 2015. *Building, defining and strengthening agroecology*. ILEIA and Centre for Agroecology, Water and Resilience, Coventry University, UK. <http://www.agroecologynow.com/wp-content/uploads/2015/05/Farming-Matters-Agroecology-EN.pdf>
- Anderson, L.S. & Sinclair, F.L. 1993. Ecological interactions in agroforestry systems. *Agroforestry Abstracts*, 6(2): 57–91 and *Forestry Abstracts*, 54(6): 489–523.
- Andreasen M. 2014. GM food in the public mind – facts are what they used to be. *Nature Biotechnology*, 32(1): 25.
- Arimond, M., Wiesmann, D., Becquey, E., Carriquiry, A., Daniels, M.C., Deitchler, M., Fanou-Fogny, N. et al. 2010. Simple food group diversity indicators predict micronutrient adequacy of women's diets in 5 diverse, resource-poor settings. *Journal of Nutrition*, 140(11): 2059S–2069S.
- AS PTA (Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, Brazil). 2011. *Promoção da agroecologia na cidade: reflexões a partir do programa de agricultura urbana da AS-PTA*. <http://aspta.org.br/2011/05/promocao-da-agroecologia-na-cidade-reflexoes-a-partir-do-programa-de-agricultura-urbana-da-as-pta/>

- Askegaard, S., Ordabayeva, N., Chandon, P., Cheung, T., Chytкова, Z., et al.** 2014. Moralities in food and health research. *Journal of Marketing Management*, 1800–1832 pp.
<http://dx.doi.org/10.1080/0267257X.2014.959034>
- Assefa, A., Waters-Bayer, A., Fincham, R. & Mudahara, M.** 2009. Comparison of frameworks for studying grassroots innovation: Agricultural Innovation Systems (AIS) and Agricultural Knowledge and Information Systems (AKIS). In: P. Sanginga, A. Waters-Bayer, S. Kaaria, J. Njuki & C. Wettasinha, eds. *Innovation Africa: enriching farmers livelihoods*, pp. 35–56. London, Earthscan.
- Aubert, B.A., Schroeder, A. & Grimaudo, J.** 2012. IT as enabler of sustainable farming: an empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54: 510–520.
- Augustin, M.A., Riley, M., Stockmann, R., Bennet, L., Kahl, A., Lockett, T., Osmond, M., Sanguansria, P., Stonehouse, W., Zajac, I., Cobiac, L.** 2016. Role of food processing in food and nutrition security. *Trends in Food Science & Technology* 56:115–125.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224415301886>
- Aulagnier A. & Goulet F.** 2017. Des technologies controversées et de leurs alternatives. Le cas des pesticides agricoles en France. *Sociologie du travail*, 59(3): 1–22.
- Avelino, F. & Wittmayer, J.M.** 2016. Shifting power relations in sustainability transitions: a multi-actor perspective. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 18(5): 628–649.
doi:10.1080/1523908X.2015.1112259
- Ayala, A. & Meier, B.M.** 2017. A human rights approach to the health implications of food and nutrition insecurity. *Public Health Reviews*, 38: 10. doi:<http://dx.doi.org.proxy.library.cornell.edu/10.1186/s40985-017-0056-5>
- Ayenew, H.Y., Biadgilign, S., Schickramm, L., Abate-Kassa, G. & Sauer, J.** 2018. Production diversification, dietary diversity and consumption seasonality: panel data evidence from Nigeria. *BMC Public Health*, 18(1): 988.
- Ayhan M., Kose, M.A. & Ozturk, O.** 2014. A World of Change, Finance and Development, September 2014, Vol. 51, No. 3 International Monetary Fund (IMF).
- Aynekulu E; Lohbeck M; Nijbroek R; Ordóñez JC; Turner KG; Vågen T; Winowiecki L.** 2017. Review of methodologies for land degradation neutrality baselines: Sub-national case studies from Costa Rica and Namibia. CIAT Publication No. 441. International Center for Tropical Agriculture (CIAT) and World Agroforestry Center (ICRAF), Nairobi, Kenya. 58 p. Available at: <http://hdl.handle.net/10568/80563>
- Bachmann, Lorenz, Cruzada, Elizabeth, Wright, Sarah.** 2009. Food Security and Farmer Empowerment - A study of the impacts of farmer-led sustainable agriculture in the Philippines. Los Baños.
<https://www.ifoam.bio/en/organic-policy-guarantee/participatory-guarantee-systems-pgs>
- Bacon, C.M., Sundstrom, W.A., Stewart, I.T. & Beezer, D.** 2017. Vulnerability to cumulative hazards: coping with the coffee leaf rust outbreak, drought, and food insecurity in Nicaragua. *World Development*, 93: 136–152.
- Badami, M.G. & Ramankutty, N.** 2015. Urban agriculture and food security: a critique based on an assessment of urban land constraints. *Global Food Security*, 4: 8–15.
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Aviles-Vazquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I.** 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22: 86–108.
- Bagson, E. & Naamwintome Beyuo, A.** 2012. Home gardening: the surviving food security strategy in the random traditional area-upper West Region Ghana. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 14(1): 124–136.
- Bailey C. & Madden A.** 2017. Time reclaimed: temporality and the experience of meaningful work. *Work, Employment and Society*, 31: 3–18.
- Barbedo, J.G.A. & Koenigkan, L.V.** 2018. Perspectives on the use of unmanned aerial systems to monitor cattle. *Outlook on Agriculture*, 47(3): 214–222.
- Bärberi, P., Burgio, G., Dinelli, G., Moonen, A.C., Otto, S., Vazzana, C. & Zanin, G.,** 2010. Functional biodiversity in the agricultural landscape: relationships between weeds and arthropod fauna: weed-arthropod interactions in the landscape. *Weed Research*, 50: 388–401.
- Barbier, M.** 2008. Bottling water, greening farmers: the socio-technical and managerial construction of a 'dispositif' for underground water quality protection. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 7: 174–197.
- Barrett, C.B., Bellemare, M. F. & Hou, J.Y.** 2010. Reconsidering conventional explanations of the inverse productivity-size relationship. *World Development*, 38(1): 88–97. <https://ssrn.com/abstract=1275353>.
- Barrios E, Sileshi GW, Shepherd K and Sinclair F.** 2012. Agroforestry and soil health: Linking trees, soil biota and ecosystem services. In Wall DH, Bardgett RD., Behan-Pelletier V, Herrick JE, Jones TH, Ritz K, Six J, Strong DR and van der Putten W, eds. *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford, UK: Oxford University Press. 315–330.
- Barthel, S. & Isendahl, C.** 2013. Urban gardens, agriculture, and water management: sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economics*, 86: 224–234.
- Barthel, S., Crumley, C. & Svedin, U.** 2013. Bio-cultural refugia - Safeguarding diversity of practices for food security and biodiversity. *Global Environmental Change*, 23: 1142–1152.
- Batello, C., Bezner Kerr, R., Owoputi, I. & Rahmanian, M.** 2019. Agroecology and nutrition: transformative possibilities and challenges. In: B. Burlingame & S. Dernini, eds. *Sustainable diets*, pp. 53–63. Wallingford, UK/Boston, USA, CABI.

- Baudry, J., Debrauwer, L., Durand, G., Limon, G., Delcambre, A., Vidal, R., Taupier-Latage, B. et al. 2018. Urinary pesticide concentrations in French adults with low and high organic food consumption: results from the general population-based NutriNet-Santé. *Journal of Exposure Science Environmental Epidemiology*, 29(3): 366–378. <https://doi.org/10.1038/s41370-018-0062-9>
- BBC. 2016. *Índice global vê Brasil como exemplo na redução da fome, mas adverte que crise pode reverter sucesso*. <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-37612972>
- Becerril, J. 2013. Agrobiodiversidad y nutrición en Yucatán: una mirada al mundo maya rural. *Región y sociedad*, 25(58): 123–163.
- Beintema, N., Stads, G., Fuglie, K. & Heisey, P. 2012. *ASTI global assessment of agricultural R&D spending. Developing countries accelerate investment*. Washington, DC and Rome, IFPRI (International Food Policy Research Institute), ASTI (Agricultural Science and Technology Indicators initiative) and GFAR (Global Forum on Agricultural Research). <http://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/127224/file/127435.pdf>
- Bellon, M.R., Ntandou-Bouzitou, G.D. & Caracciolo, F. 2016. On-farm diversity and market participation are positively associated with dietary diversity of rural mothers in Southern Benin, West Africa. *PLoS ONE*, 11(9): e0162535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162535>.
- Bellon, S. & Ollivier, G. 2018. Institutionalizing agroecology in France: social circulation changes the meaning of an idea. *Sustainability*, 10(5): 1380. <https://doi.org/10.3390/su10051380>
- Bellows, A.C., Lemke, S., Jenderedjian, A. & Scherbaum, V. 2015. Violence as an under-recognized barrier to women's realization of their right to adequate food and nutrition: case studies from Georgia and South Africa. *Violence Against Women*, 21(10): 1194–1217. <https://doi.org/10.1177/1077801215591631>
- Bellows, A.C., Valente, F.L.S., Lemke, S. & Núñez Burbara de Lara, M.D., eds. 2016. *Gender, nutrition, and the human right to adequate food: toward an inclusive framework*. New York, USA, Routledge.
- Beloev, I.H. 2016. A review on current and emerging application possibilities for unmanned aerial vehicles. *Acta Technologica, Agriculturae*, 19: 70–76.
- Béné, C., Oosterveer, P., Lamotte, L., Brouwer, I.D., de Haan, S., Prager, S.D., Talsma, L.F. & Khoury, C.K. 2019. When food systems meet sustainability – Current narratives and implications for actions. *World Development*, 113: 116–130. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.011>
- Bennett, A.B., Chi-Ham, C., Barrows, G., Sexton, S. & Zilberman, D. 2013. Agricultural biotechnology: economics, environment, ethics, and the future. *Annual Review of Environment and Resources*, 38: 249–279.
- Bensin, B.M. 1928. *Agroecological characteristics description and classification of the local corn varieties-chorotypes*. Prague. (Publisher unknown).
- Bensin, B.M. 1930. Possibilities for international cooperation in agroecological investigations. *Int. Rev. Agr. Mo. Bull. Agr. Sci. Pract.*, 21: 277–284.
- Benyam, A., Kinnear, S. & Rolfe, J. 2018. Integrating community perspectives into domestic food waste prevention and diversion policies. *Resources Conservation and Recycling*, 134: 174–183.
- Berkes, F. & Folke, C. eds. 1998. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Bernard, B. & Lux, A. 2017. How to feed the world sustainably: an overview of the discourse on agroecology and sustainable intensification. *Regional Environmental Change*, 17(5): 1279–1290.
- Berners-Lee, M., Kennelly, C., Watson, R. & Hewitt, C.N. 2018. Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. *Elementa Science of the Anthropocene*, 6: 52. doi: <https://doi.org/10.1525/elementa.310>
- Best, Aaron, Stefan Giljum, Craig Simmons, Daniel Blobel, Kevin Lewis, Mark Hammer, Sandra Cavalieri, Stephan Lutter and Cathy Maguire. 2008. Potential of the Ecological Footprint for monitoring environmental impacts from natural resource use: Analysis of the potential of the Ecological Footprint and related assessment tools for use in the EU's Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources. Report to the European Commission, DG Environment.
- Bezner Kerr, R. & Chirwa, M. 2004. Soils, food and healthy communities: participatory research approaches in Northern Malawi. *Ecohealth*, 1: 109–119.
- Bezner Kerr, R. 2012. Lessons from the old Green Revolution for the new: social, environmental and nutritional issues for agricultural change in Africa. *Progress in Development Studies*, 12: 213–229.
- Bezner Kerr, R., Berti, P.R. & Shumba, L. 2010. Effects of participatory agriculture and nutrition project on child growth in Northern Malawi. *Public Health Nutrition*, 14(8): 1466–1472.
- Bezner Kerr, R., Hickey, C., Lupafya, E. & Dakishoni, L. 2019. Repairing rifts or reproducing inequalities? Agroecology, food sovereignty, and gender justice in Malawi. *Journal of Peasant Studies*. doi.org/10.1080/03066150.2018.1547897
- Bezner Kerr, R., Lupafya, E., Shumba, L., Dakishoni, L., Msachi, R., Chitaya, A., Nkhonjera, P., Mkandawire, M., Gondwe, T. & Maona, E. 2016a. "Doing jenda deliberately" in a participatory agriculture and nutrition project in Malawi. 2016. In: J. Njuku, A. Kaler & J. Parkins, eds. *Transforming gender and food security in the Global South*, pp. 241–259. London, Routledge. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/55820/IDL-55820.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bezner Kerr, R., Nyantakyi-Frimpong, H., Dakishoni, L., Lupafya, E., Shumba, L., Luginaah, I. & Snapp, S.S. 2018b. Knowledge politics in participatory climate change adaptation research on agroecology in Malawi. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33: 238–251.
- Bezner Kerr, R., Snapp, S.S., Chirwa, M., Shumba, L. & Msachi, R. 2007. Participatory research on legume diversification with Malawian smallholder farmers for improved human nutrition and soil fertility. *Experimental Agriculture* 43 (4): 1–17.

- Bezner Kerr, R., Young, S., Young, C., Santoso, V., Magalasi, M., Entz, M., Lupafya, E. *et al.* 2018a. Farming for change: development of a farmer-engaged integrated agroecology, nutrition, climate change and social equity curriculum in Malawi and Tanzania, Revised and resubmitted to *Agriculture and Human Values* (AHUM-D-17-00097), 9 July 2018.
- Bezner-Kerr, R., Chilanga, E., Nyantakyi-Frimpong, H., Luginaah, I. & Lupafya, E. 2016b. Integrated agriculture programs to address malnutrition in northern Malawi. *BMC Public Health*, 16(1): 1197. <http://rdcu.be/y81w>
- Bliss, K. 2017. Cultivating biodiversity: a farmers view of the role of diversity in agroecosystems. *Biodiversity*, 18: 102–107.
- Blomqvist, L., Brook, B.W., Ellis, E.C., Kareiva, P.M. & Nordhaus T. & Schellenberger, M. 2013. Does the shoe fit? Real versus imagined ecological footprints. *PLoS Biology*, 11(11): e1001700. doi:10.1371/journal.pbio.1001700
- Boer, I.J.M. de & Ittersum, M.K. van. 2018. *Circularity in agricultural production*. Wageningen, Netherlands, Wageningen University & Research. https://www.wur.nl/upload_mm/7/5/5/14119893-7258-45e6-b4d0-e514a8b6316a_Circularity-in-agricultural-production-20122018.pdf
- Bollinedi, H.S.G.K., Prabhu, K.V., Singh, N.K., Mishra, S., Khurana, J.P. & Singh, A.K., 2017. Molecular and functional characterization of GR2-R1 event based backcross derived lines of Golden rice in the genetic background of a mega rice variety Swarna. *PLoS ONE*, 12(1): e0169600.
- Bongoni, R. & Basu, S. 2016. A multidisciplinary research agenda for the acceptance of Golden rice. *Nutrition & Food Science*, 46(5): 717–728.
- Bonneuil, C., Demeulenaere, E., Thomas, F., Joly, P.B., Allaire, G. & Goldringer, I. 2006. Innover autrement? La recherche agronomique face à l'avènement d'un nouveau régime de production et régulation des savoirs en génétique végétale, *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 30: 29–52.
- Börner J, Marinho E, Wunder S (2015) Mixing Carrots and Sticks to Conserve Forests in the Brazilian Amazon: A Spatial Probabilistic Modeling Approach. *PLoS ONE* 10(2): e0116846. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116846>
- Bouis, H.E. & Saltzman, A. 2017. Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. *Global Food Security*, 12: 49–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009>.
- Bouma, J. (2010). Implications of the Knowledge Paradox for Soil Science, In DONALD L. SPARKS editor: ADVANCES IN AGRONOMY, Vol. 106, Burlington: Academic Press, pp.143-171.
- Braun A.R., Thiele G. and Fernandez M. 2000. Farmer field schools and local agricultural research committees: Complementary platforms for integrated decision-making in sustainable agriculture. *Agricultural Research and Extension Network* 105: 1–19.
- Braun, J. & Birner, R. 2017. Designing global governance for agricultural development and food and nutrition security. *Review of Development Economics*, 21: 265–284. doi:[10.1111/rode.12261](https://doi.org/10.1111/rode.12261)
- Brescia, S., ed. 2017. *Fertile ground: agroecology from the ground up*. Oakland, USA, Food First Books.
- Brooks, S. 2013. Biofortification: lessons from the Golden Rice project. *Food Chain*, 3: 77–88.
- Bruckner, T. 2016. Agricultural subsidies and farm consolidation. *American Journal of Economics and Sociology*, 75(3): 623–648. <https://doi.org/10.1111/ajes.12151>
- Brunori, G., Rossi, A. & Malandrini, V. 2011. Co-producing transition: innovation processes in farms adhering to solidarity-based purchase groups (GAS) in Tuscany, Italy. *International Journal of Sociology of Agriculture and Food* 18(1): 28–53.
- Bucci, G., Bentivoglio, D. & Finco, A. 2018. Precision agriculture as a driver for sustainable farming systems: state of art in literature and research. *Quality – Access to Success*, 19: 114–121.
- Bui, S. 2015. *Pour une approche territoriale des transitions écologiques. Analyse de la transition vers l'agroécologie dans la Biovallée (1970-2015)*. Paris, AgroParisTech.
- Cakmak, I. & Kutman, U.B. 2018. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review: Agronomic zinc biofortification. *European Journal of Soil Science*, 69(1): 172–180. <https://doi.org/10.1111/ejss.12437>
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. & Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability in soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1501–1511.
- Campbell, B. M., Beare, D.J., Bennett, E. M., Hall-Spencer, J. M., Ingram, J. S. I., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J. A. and Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4).
- Campbell, B.M., Beare, D.J., Bennett, E.M., Hall-Spencer, J.M., Ingram, J.S.I., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J.A. & Shindell, D. 2017. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4): 8. doi.org/10.5751/ES-09595-220408.
- Cardinale, B.J., Wright, J.P., Cadotte, M.W., Carroll, I.T., Hector, A., Srivastava, D.S., Loreau, M. & Weis, J.J., 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *PNAS*, 104: 18123–18128.
- Carletto, G., Ruel, M., Winters, P. & Zezza, A. 2015. Farm-level pathways to improved nutritional status: Introduction to the special issue. *The Journal of Development Studies*, 51(8): 945–957.
- Carletto, G., Zezza, A. & Banerjee, R. 2012. Towards better measurement of household food security: harmonizing indicators and the role of household surveys. *Global Food Security*, 2(1): 30–40.
- Carlisle, L. & Miles A. 2013. Closing the knowledge gap: How the USDA could tap the potential of biologically diversified farming systems. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 3: 219–225.

- Carney, D.** 2002. *Sustainable Livelihoods Approaches: Progress and Possibilities for Change*, DFID.
- Carolan, M.** 2016. *The sociology of food and agriculture*. 2nd edition. New York, USA, Earthscan/Routledge.
- Carolan, M.** 2017. Publicising Food: Big Data, Precision Agriculture, and Co-Experimental Techniques of Addition. *Sociologia Ruralis*, 57(2): 135-154.
- Carolan, M.** 2018a. Big data and food retail: nudging out citizens by creating dependent consumers. *Geoforum*, 90: 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.006>
- Carolan, M.** 2018b. 'Smart' farming techniques as political ontology: access, sovereignty and the performance of neoliberal and not-so-neoliberal worlds. *Sociologia Ruralis*, 58(4), 745–764. <https://doi.org/10.1111/soru.12202>
- Carolan, M.** 2018c. *The real cost of cheap food*. 2nd edition. New York, USA, Routledge.
- Caron, P., Reig, E., Roep, D., Hediger, W., Le Cotty, T., Barthélemy, D., Hadynska, A., Hadynski, J., Oostindie, H. & Sabourin, E.** 2008. Multifunctionality : refocusing a spreading, loose and fashionable concept for looking at sustainability ? IJARGE special issue. Multifunctionality of agriculture and rural areas: From trade negotiations to contributing to sustainable development. New challenges for research.
- Caron, P., Biénabe, E. & Hainzelin, E.** 2014. Making transition towards ecological intensification of agriculture a reality: the gaps in and the role of scientific knowledge. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8: 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.004>
- Caron, P., Ferrero y de Loma-Osorio, G., Nabarro, D., Hainzelin, E., Guillou, M., Andersen, I., Arnold, T. et al.** 2018. Food systems for sustainable development: proposals for a profound four-part transformation. *Agronomy for Sustainable Development*, 38: 41. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0519-1>
- Caron, P., Reig, E., Roep, D., Hediger, W., Le Cotty, T., Barthélemy, D., Hadynska, A., Hadynski, J., Oostindie, H. & Sabourin, E.** 2008. Multifunctionality: refocusing a spreading, loose and fashionable concept for looking at sustainability? *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 7(4): 301–318.
- Carson, R.** 1962. *Silent spring*. New York and Boston, USA, Houghton Mifflin.
- Catacutan, D., Muller, C., Johnson, M. & Garrity, D.** 2015. Landcare – A landscape approach at scale. In: P.A. Minang, M. van Noordwijk, O.E. Freeman, C. Mbow, K. de Leuwe & D. Catacutan, eds. *Climate-smart landscapes: multifunctionality in practice*, pp. 151–160. Nairobi, World Agroforestry Centre.
- CBD (Convention on Biological Diversity).** 2014. Global Biodiversity Outlook 4. Montréal, Canada, Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 155 pp.
- CEC (Commission for Environmental Cooperation).** 2004. *Maize and biodiversity: the effects of transgenic maize in Mexico. Key findings and recommendations*. Montreal, Canada, Commission for Environmental Cooperation Secretariat. http://ctrc.sice.oas.org/TPD/NAFTA/Maize-and-Biodiversity_en.pdf
- Cerdán, C.R., Rebolledo, M.C., Soto, G., Rapidel, B. & Sinclair, F.L.** 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *Agricultural Systems*, 110: 119–130.
- CFS (Committee on World Food Security).** 2012. *Coming to terms with terminology: food security; nutrition security; food security and nutrition; food and nutrition security*. CFS 2012/39/4. Rome, FAO. <http://www.fao.org/3/MD776E/MD776E.pdf>
- Chappell, M. J.** 2018. *Beginning to End Hunger*. University of California Press, Berkeley, CA.
- Chappell, M.J.** 2018. *Beginning to end hunger: food and the environment in Belo Horizonte, Brazil, and beyond*. Oakland, USA, University of California Press.
- Chesterman, S. & Neely, C.** 2015. Evidence into decision making for resilience planning in Turkana County: Stakeholder Approach for Risk Informed and Evidence Based Decision Making (SHARED). World Agroforestry Centre, Nairobi. <http://www.worldagroforestry.org/sites/default/files/RESILIENCE-DIAGNOSTIC-DECISION-SUPPORT-TOOL.pdf>
- Ching, L.L., Edwards, S. & Scialabba, N.E. eds.** 2011. *Climate change and food systems resilience in sub-Saharan Africa*. Rome, FAO.
- Chikowo, R., Mapfumo, P., Nyamugafata, P., Nyamadzawo, G. & Giller, K.E.** 2003. Nitrate-N dynamics following improved fallows and spatial maize root development in a Zimbabwean sandy clay loam. *Agrofor Syst*, 59: 187–195.
- Chomba, S.W., Nathan, I., Minang, P.A. & Sinclair, F.** 2015. Illusions of empowerment? Questioning policy and practice of community forestry in Kenya. *Ecology and Society*, 20(3): 2. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07741-200302>
- CIDSE (Coopération Internationale pour le Développement et la Solidarité)** 2018. *The principles of agroecology. Towards just, resilient and sustainable food systems*. Brussels. 11 pp. <https://www.cidse.org/publications/just-food/food-and-climate/the-principles-of-agroecology.html>
- Clapp, J. & Fuchs, D.** 2009. Agrifood corporations, global governance, and sustainability: a framework for analysis. In: J. Clapp & D. Fuchs, eds. *Corporate power in global agrifood governance*, pp. 1–25. Cambridge, USA, MIT Press.
- Clark, S.** 1993. *Generalist predators in reduced tillage corn: predation on armyworm, habitat preferences and a method for measuring absolute densities*. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Clark, S., Stone, N.D., Luna, J.M. & Youngman, R.R.** 1993. Habitat preferences of generalist predators in reduced-tillage corn. *Journal of Entomological Science*, 28(4): 404–416.
- Coe, R., Hughes, K., Sola, P. & Sinclair, F.** 2017. *Planned comparisons demystified*. ICRAF Working Paper No, 263. Nairobi, World Agroforestry Centre. doi: <http://dx.doi.org/10.5716/WP17354.PDF>
- Coe R, Njoloma J, Sinclair F** (2017) To control or not to control: How do we learn more about how agronomic innovations perform on farms? *Experimental Agriculture* 55 (S1): 302-309.

- Coe, R., Njoloma, J. & Sinclair, F. 2019. Loading the dice in favour of the farmer: reducing the risk of adopting agronomic innovations. *Experimental Agriculture*, 55(S1): 67–83.
- Coe, R., Sinclair, F. & Barrios, E. 2014. Scaling up agroforestry requires research ‘in’ rather than ‘for’ development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 73–77.
- Cole, M.B., Augustin, M.A., Robertson, M., & Manners, J. 2018. The Science of Food Security. npj (Nature Partner Journals) Science of Food 2:14
- Conway, G.R. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems*, 24(2): 95–117.
- Cooper R.B. 2000. Information technology development creativity: A case study of attempted radical change. *Management Information Systems Quarterly* 24: 245–276. doi:10.2307/3250938.
- Córdova, R., Hogarth, N.J. & Kanninen, M. 2018. Sustainability of smallholder livelihoods in the Ecuadorian Highlands: a comparison of agroforestry and conventional agriculture systems in the indigenous territory of Kayambi people. *Land*, 7(2): 45.
- Costanza, R., Groot, R.D., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S. & Grasso, M. 2017. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28: 1–16.
- Costanza, R., Groot R.D., Braat L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S. & Grasso, M. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*. 28:1–16.
- Costanza, R., Groot R.D., Paul S., Ploeg S.V.B, Anderson S.J., Kubiszewski, I., Farber S., and Turner, K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. 26:152–158.
- Côte, F-X., Poirier-Magona, E., Perret, S., Roudier, P., Rapidel, B. & Thirion, M-C., eds. 2019. *Transition agro-écologique des agricultures du Sud*. Versailles, Éditions Quae.
- Côte, F.X., Poirier-Magona, E., Perret, S., Roudier, P., Rapidel, B., Thirion, M.C. (ed.), 2019. *La transition agro-écologique des agricultures du Sud*, Quae.
- Coudel, E., Devautour, H., Soulard, C.T., Faure, G. & Hubert, B. eds. 2013. *Renewing innovation systems in agriculture and food. How to go towards more sustainability?* Wageningen, Netherlands, Wageningen Academic Publishers. 240 pp.
- Coulibaly, A., Hien, E., Motelica-Heino, M. & Bourgerie, S. 2019. Effect of agroecological practices on cultivated lixisol fertility in eastern Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(5):1976–1992. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i5.2>
- Crossland, M., Winowiecki, L. A., Pagella, T., Hadgu, K., & Sinclair, F. (2018). Implications of variation in local perception of degradation and restoration processes for implementing land degradation neutrality. *Environmental Development*, 28, 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.09.005>
- Crossland, M., Winowiecki, L.A., Pagella, T., Hadgu, K. & Sinclair, F.L. 2018. Implications of variation in local perception of degradation and restoration processes for implementing land degradation neutrality. *Environmental Development*, 28: 42–54.
- Crowley, M. & Roscigno, V. 2004. Farm concentration, political economic process and stratification: the case of North Central US. *Journal of Political and Military Sociology* 31: 133–155.
- Cuellar, A.D. & Webber, M.E. 2010. Wasted food, wasted energy: the embedded energy in food waste in the United States, *Environ. Sci. Technol.*, 44: 6464–6469.
- D’Annolfo, R., Gemmill-Herren, B., Graeub, B. & Garibaldi, L.A. 2017. A review of social and economic performance of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 15 (6): 632–644.
- da Silva, S.D.P., Freitas, H.R., Gonçalves-Gervásio, R.D.C.R., de Carvalho Neto, M.F. & Marinho, C.M., 2018. Agricultura urbana e periurbana: dinâmica socioprodutiva em hortas comunitárias de petrolina/pe semiarido Brasileiro. *Nucleus*, 15(1): 483–492.
- Dalgaard, T., Hutchings, N.J. & Porter, J.R. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100(1): 39–51.
- Davies, A., Edwards, F., Marovelli, B., Morrow, O., Rut, M. & Weymes, M. 2017. Making visible: interrogating the performance of food sharing across 100 urban areas. *Geoforum*, 86: 136–149. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.09.007>
- Davis, A.S., Hill, J.D., Chase, C.A., Johanns, A.M. & Liebman, M. 2012. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. *PLoS ONE*, 7(10) : e47149. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047149>
- Dawson, I.K., Place, P., Torquebiau, E., Malézieux, E., Iiyama, M., Sileshi, G.W., Kehlenbeck, K., Masters, E., McMullin, S. & Jamnadas, R. 2013. *Agroforestry, food and nutritional security*. Background paper for the International Conference on Forests for Food Security and Nutrition, FAO, Rome, 13–15 May 2013. Rome, FAO.
- De Clerck, F. 2013. Harnessing biodiversity: from diets to landscapes. In: J. Fanzo, D. Hunter, T. Borelli & F. Mattei, eds. *Diversifying food and diets: using agricultural biodiversity to improve nutrition and health*, pp. 17–34. Issues in Agricultural Biodiversity. London and New York, USA, Earthscan.
- de Groot, R. Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., et al. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units, *Ecosystem Services*, 1(1): 50–61, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>.
- de Hooge, I.E., van Dum, E., van Trijp, H.C.M. 2018. Cosmetic specifications in the food waste issue: Supply chain considerations and practices concerning suboptimal food products. *Journal of Cleaner Production* 183 : 698-709
- de Molina, M.G. 2013. Agroecology and politics. How to get sustainability? About the necessity for a political agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1): 45–59.

- De Ponti, T., Rijk, B. & van Ittersum, M.K. 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agriculture Systems*, 108: 1–9.
- De Schutter, O. 2010. *Agro-ecology and the right to food*. Report presented to the Human Rights Council A/HRC/16/49, Sixteenth Session. New York, USA, United Nations. http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20110308_a-hrc-16-49_agroecology_en.pdf
- De Schutter, O. 2011. *Agroecology and the right to food*. Report of the Special Rapporteur on the right to food. United Nations. http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20110308_a-hrc-16-49_agroecology_en.pdf.
- De Schutter, O. 2012. Agroecology, a tool for the realization of the right to food. In: E. Lichtfouse, ed. *Agroecology and strategies for climate change*, pp 1–16. Sustainable Agriculture Reviews, 8. Dordrecht, Netherlands, Springer.
- De Schutter, O. 2014. The right to adequate nutrition. *Development*, 57(2): 147–154. doi:<http://dx.doi.org.proxy.library.cornell.edu/10.1057/dev.2014.64>
- Deaconu, S., Mercille, G. & Batal, M. 2019. The agroecological farmer's pathways from agriculture to nutrition: a practice-based case from Ecuador's Highlands. *Ecology of Food and Nutrition*, 58(2): 142–165.
- Deguine, J.-P., Gloanec, C., Laurent, P., Ratnadass, A. & Aubertot, J.-N., eds 2017. *Agroecological crop protection*. Versailles, France, Editions Quae/Springer. 249 pp.
- Dehnen-Schmutz, K., Foster, G.L., Owen, L. & Persello, P. 2016. Exploring the role of smartphone technology for citizen science in agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 36: 25. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0359-9>
- Deller, S., Gould, B., & Jones, B. 2003. Agriculture and Rural Economic Growth. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 35(3): 517–527. doi:10.1017/S107407080002825X.
- DeLonge, M.S., Miles, A. & Carlisle, L. 2016. Investing in the transition to sustainable agriculture. *Environmental Science & Policy*, 55(2016): 266–273.
- Demeke, M., Meerman, J., Scognamiglio, A., Romeo, A. & Asfaw, S. 2017. *Linking farm diversification to household diet diversification: evidence from a sample of Kenyan ultrapoor farmers*. ESA Working Paper No. 17–01. Rome, FAO.
- Devaux, A., Torero, M., Donovan, J. & Horton, D. 2018. Agricultural innovation and inclusive value-chain development: a review. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 8(1): 99–123
- Dieleman, H. 2017. Urban agriculture in Mexico City; balancing between ecological, economic, social and symbolic value. *Journal of Cleaner Production*, 163(Suppl. 1): S156–S163.
- Donham, K., Wing, S., Osterberg, D., Flora, J., Hodne, C., Thu, K. & Thorne, P. 2007. Community health and socioeconomic issues surrounding animal feeding operations. *Environmental Health Perspectives*, 115(2): 317–320.
- Donohoue, P.D., Barrangou, R. & May, A.P. 2018. Advances in industrial biotechnology using CRISPR-Cas systems. *Trends in Biotechnology*, 36(2): 134–146.
- Doré, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B. & Roger-Estrade, J. 2006. *L'agronomie aujourd'hui*. Versailles, France, Editions Quae. 367 pp.
- Dorin, B. 2017. India and Africa in the global agricultural system (1961–2050): towards a new sociotechnical regime. *Review of Rural Affairs*, 52(25&26): 5–13.
- Dorward, A. & Chirwa, E. 2013. *Agricultural subsidies: the recent Malawian experience*. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Dowd-Urbe, B. 2014. Engineering yields and inequality? How institutions and agro-ecology shape Bt cotton outcomes in Burkina Faso. *Geoforum*, 53, 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.02.010>
- Drinkwater, L.E. & Snapp, S.S. 2008. Nutrients in agroecosystems: rethinking the management paradigm. *Advances in Agronomy*. 92: 163–186.
- Drinkwater, L.E., Wagoner, P. & Sarrantonio, M. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, 396(6708): 262–265. <http://dx.doi.org/10.1038/24376>
- Droppelmann, K.J., Snapp, S.S. & Waddington, S.R. 2017. Sustainable intensification options for smallholder maize-based farming systems in sub-Saharan Africa. *Food Security*, 9(1): 133–150. <https://doi.org/10.1007/s12571-016-0636-0>
- Duffy, M. 2009. Economies of size in production agriculture. *Journal of Hunger and Environmental Nutrition*, 4(3–4): 375–392.
- Dumont, A.M., Vanloqueren, G., Stassart, P.M. & Baret, P.V. 2016. Clarifying the socioeconomic dimensions of agroecology: between principles and practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(1): 24–47.
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M. & Tichit, M. 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 7(6): 1028–1043.
- EC (European Commission). 2017. *The EU Environmental Implementation Review – Common challenges and how to combine efforts to deliver better results*. Brussels, 802 pp. http://ec.europa.eu/environment/eir/pdf/full_report_en.pdf
- EC. 2018. Eurostat. <http://ec.europa.eu/eurostat>
- Ecker, O. & Qaim, M. 2011. Analyzing nutritional impacts of policies: an empirical study for Malawi. *World Development*, 39(3): 412–428.
- Eisenstein, M. 2014. Biotechnology: against the grain. *Nature*, 514: S55–S57.
- Ekwall, B. & Rosales, M. 2009. *A human right obligations and responsibilities – PANTHER*. Rome, FAO. http://www.fao.org/docs/up/easypol/772/rfp_panther_233en.pdf
- Elevitch, C.R., Mazaroli, D.N., & Ragone, D. 2018. Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture. *Sustainability*, 10(9): 3337.

- Elzen, B., Augustyn, A., Barbier, M. & van Mierlo, B. 2017. Agroecological transitions: changes and breakthroughs in the making. In: B. Elzen, A. Augustyn, M. Barbier & B. van Mierlo, eds. *AgroEcological transitions*, pp. 9–16. Wageningen, Netherlands, Wageningen University & Research. doi: <http://dx.doi.org/10.18174/407609>
- Estrada-Carmona, N., Hart, A.K., DeClerck, F.A.J., Harvey, C.A. & Milder, J.C. 2014. Integrated landscape management for agriculture, rural livelihoods and ecosystem conservation: an assessment of experience from Latin America and the Caribbean. *Landscape and Urban Planning*, 129: 1–11.
- Etkin, N.L. 2006. *Edible medicines: an ethnopharmacology of food*. Tucson, USA, University of Arizona Press.
- Evenson, R.E. & Gollin, D. 2003. Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*, 300(5620): 758–762.
- FAO. 1996. *Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action*. Rome. <http://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm>
- FAO. 2006. *Food security*. FAO Policy Briefs 2. Rome. <http://www.fao.org/forestry/13128-0e6f36f27e0091055bec28ebe830f46b3.pdf>
- FAO. 2012a. *Sustainable diets and biodiversity. Directions and solutions for policy, research and action*. B. Burlingame & S. Dernini, eds. Rome. <http://www.fao.org/3/i3004e/i3004e.pdf>
- FAO. 2014a. *FAO Statistical Yearbook 2014: Africa food and agriculture*. Accra, Ghana, FAO Regional Office for Africa
- FAO. 2014b. *The State of Food and Agriculture. Innovation in family farming*. Rome. 161 pp. <http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>
- FAO. 2014c. *The State of Food and Agriculture. Innovation in family farming*. Rome. 161pp.
- FAO, 2014. Youth and agriculture: key challenges and concrete solutions. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in collaboration with the Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA) and the International Fund for Agricultural Development (IFAD). <http://www.fao.org/3/a-i3947e.pdf>
- FAO 2015a. *Agroecology for food security and nutrition. Proceedings of the FAO international symposium*. 18–19 September 2014. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4729e.pdf>
- FAO. 2015b. *Final report for the international symposium on agroecology for food security and nutrition*. 18–19 September 2014. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4327e.pdf>
- FAO. 2016a. *Outcomes of the international symposium and regional meetings on agroecology for food security and nutrition*. COAG 25th Session, 26–30 September 2016. COAG 2016/INF/4. Rome. <http://www.fao.org/3/a-mr319e.pdf>
- FAO. 2016b. *Achieving sustainable rural development through agricultural innovation*. COAG 25th Session. 26–30 September 2016. COAG/2016/6. Rome. <http://www.fao.org/3/a-mr236e.pdf>
- FAO. 2016c. *Report of the Regional Meeting on Agroecology in Sub-Saharan Africa, Dakar, Senegal, 5–6 November 2015*. Rome, FAO.
- FAO. 2017a. *Agroecology Knowledge Hub. Agroecology definitions*. Rome. [http://www.fao.org/agroecology/knowledge/definitions/en/?page=1&ipp=6&no_cache=1&tx_dynalist_pi1\[par\]=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MT0iMCI7fQ](http://www.fao.org/agroecology/knowledge/definitions/en/?page=1&ipp=6&no_cache=1&tx_dynalist_pi1[par]=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MT0iMCI7fQ) (accessed April 2018).
- FAO 2017b. *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>
- FAO. 2018a. *FAO's work on agroecology. A pathway to achieving the SDGs*. Rome. 27 pp. <http://www.fao.org/3/i9021en/i9021en.pdf>
- FAO. 2018b. *Catalysing dialogue and cooperation to scale up agroecology: outcomes of the FAO regional seminars on agroecology*. Rome. <http://www.fao.org/3/i8992EN/i8992en.pdf>
- FAO. 2018c. *The 10 elements of agroecology: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems*. Rome. <http://www.fao.org/3/i9037en/i9037en.pdf>
- FAO. 2018d. *Agroecology Knowledge Hub. The 10 elements of agroecology*. Rome, <http://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements>.
- FAO. 2018e. *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050*. Rome. 224 pp. <http://www.fao.org/3/i8429EN/i8429en.pdf>
- FAO. 2018f. *Transition towards sustainable food and agriculture: an analysis of FAO's 2018-2019 Work Plan*. Rome. 4 pp. <http://www.fao.org/3/i9007EN/i9007en.pdf>
- FAO. 2018g. *International Symposium on Agricultural Innovation for Family Farmers: Unlocking the potential of agricultural innovation to achieve the Sustainable Development Goals*. 21–23 November 2018. Rome. <http://www.fao.org/about/meetings/agricultural-innovation-family-farmers-symposium/en/>
- FAO. (in publication). *Farmers working together, working with researchers: Scoping study on farmer research networks for Agroecology*. Rome.
- FAO & INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). 2016. *Innovative markets for sustainable agriculture: How innovations in market institutions encourage sustainable agriculture in developing countries*. Rome, FAO.
- FAO & WHO. 2009. *Foods derived from modern biotechnology*. Rome, FAO.
- FAO, IFAD & WFP. 2015. *The State of Food Insecurity and Nutrition*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>
- 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, FAO. <http://www.fao.org/3/a-i7695e.pdf>
- 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, FAO. <http://www.fao.org/3/i9553EN/i9553en.pdf>

- Farrelly, M. 2014. *Chololo Ecovillage. A model of good practice in climate change adaptation and mitigation*. Tanzania Organic Agriculture Movement (TOAM), Dodoma, Tanzania.
- Faure, G., Chiffolleau, Y., Goulet, F., Temple, L. & Touzard, J.-M., eds. 2018. *Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires*. Versailles, Editions Quae.
- Ferdous, Z., Datta, A., Anal, A.K., Anwar, M. & Mahbubur Rahman Kham A.S.M. 2016. Development of home garden model for year round production and consumption for improving resource-poor household food security in Bangladesh. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 78: 103–110.
- Fiala, N. 2008. Measuring sustainability: why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics*, 67(4): 519–525.
- FiBL & IFOAM Organics International. 2019. The World of Organic Agriculture. Statistics & Emerging Trends 2019. <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2019.html>
- Finkelstein, J. L., Haas, J. D., & Mehta, S. 2017. Iron-biofortified staple food crops for improving iron status: a review of the current evidence. *Current Opinion in Biotechnology*, 44: 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.01.003>
- Fioramonti, L. 2017. *Wellbeing economy: Success in a world without growth*. Pan Macmillan, South Africa.
- Flavell, R. 2010. Knowledge and technologies for sustainable intensification of food production. *New Biotechnology*, 27(5): 505–516.
- Fok, M. 2016. Impacts du coton-Bt sur les bilans financiers des sociétés cotonnières et des paysans au Burkina Faso (Financial impacts of Bt-cotton on cotton companies and producers in Burkina Faso). *Cahiers Agricultures*, 25: 35001
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D. et al. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337–342.
- Foltz, J. & Zuili, K. 2005. The Role of Community and Farm Characteristics in Farm Input Purchasing Patterns. *Review of Agricultural Economics*, 27: 508–25. <https://aee.wisc.edu/jdfoltz/RAE%20Foltz%20Zeuli.pdf>
- Fonte, M. 2013. Food consumption as social practice: solidarity purchasing groups in Rome, Italy. *Journal of Rural Studies*, 32: 230–239.
- Francis, C.A. 1986. *Multiple cropping systems*. New York, USA, MacMillan.
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L. et al. 2003. Agroecology: the ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22(3): 99–118.
- Francis, C.A., Jordan, N., Porter, P., Breland, T.A., Lieblein, G., Salomonsson, L., Sriskandarajah, N., Wiedenhoef, M., DeHaan, R., Braden, I. & Langer, V. 2011. Innovative education in agroecology: experiential learning for a sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Science*, 30(1–2), 226–237.
- Francis, C. Wiedenhoef, M., Dehaan, R. & Porter, P. 2017. Education in agroecological learning: holistic context for learning farming and food systems. In: A. Wezel, ed. *Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, applications, and making the transition*, pp. 395–418. Hackensack, USA, World Scientific Publishing.
- Franke, A.C., van den Brand, G. J., Vanlauwe, B. & Giller, K.E. 2018. Sustainable intensification through rotations with grain legumes in Sub-Saharan Africa: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 261: 172–185. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.029>
- Freeman, C. 1988. *Japan: a new institutional system of innovation?* In: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, G. & L. Soete, eds. *Technical change and economic theory*. London, Pinter.
- Freeman, C. 1995. The “National System of Innovation” in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19: 5–24.
- Friederichs K. 1930. *Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie*. Vol. 1: Ökologischer Teil, Vol. 2: Wirtschaftlicher Teil. Berlin, Germany, Verlagsbuchhandlung Paul Parey. 417 and 443 pp.
- Frison, E.A., Cherfas, J. & Hodgkin, T. 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability*, 3(1): 238–253. doi:10.3390/su3010238
- Fu, X. 2018. 遥感技术在土地资源方面的应用及展望 (The application of remote sensing technique on land resources and its expectation). *Industrial & Science Tribune*, 17(7): 40–41. https://caod.orioprobe.com/articles/55068769/yao_gan_ji_shu_zai_tu_di_zi_yuan_fang_mian_de_ying.htm
- Gallaher, C. & Snapp, S. S. 2015. Organic management and legume presence maintained phosphorus bioavailability in a 17-year field crop experiment. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(3): 211–222.
- Ganges, S. 2016. From agency to capabilities; Sen and sociological theory. *Current Sociology*, 64(1): 22–40. <https://doi.org/10.1177/0011392115602521>
- Garibaldi, L.A., Carvalho, L.G., Vaissière, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B.M., Ngo, H.T., Azzu, N., Sáez, A., Åström, J. & An, J. 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351(6271): 388–391.
- Garnett, T. & Godfray, C. 2012. *Sustainable intensification in agriculture, navigating a course through competing food system priorities*. Food Climate Research Network and the Oxford Martin Programme on the Future of Food, University of Oxford, UK.
- Gbehounou, G. & Barbieri, P. 2016. Weed management. In: FAO. *Mainstreaming ecosystem services and biodiversity into agricultural production and management in East Africa*, pp. 29–45. Rome, FAO.
- Geels, F.W. 2010. Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy*, 39(4): 495–510.
- Giraldo, O.F. & Rosset, P.M. 2018. Agroecology as a territory in dispute: between institutionality and social movements. *The Journal of Peasant Studies*, 45(3): 545–564.

- Girard, A. W., Self, J. L., McAuliffe, C., & Olude, O. 2012. The effects of household food production strategies on the health and nutrition outcomes of women and young children: a systematic review. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 26: 205–222. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2012.01282.x>
- Gkisakis, V., Lazzaro, M., Ortolani, L. & Sinoir, N. 2017. Digital revolution in agriculture: fitting in the agroecological approach? *Agroecology Greece*. www.agroecology.gr/ictagroecologyEN.html
- Glenna, L.L. & Cahoy, D.R. 2009. Agribusiness concentration, intellectual property, and the prospects for rural economic benefits from the emerging biofuel economy. *Southern Rural Sociology*, 24: 111–129.
- Gliessman, S.R., ed. 1990. *Agroecology: researching the basis for sustainable agriculture*. New York, USA, Springer.
- Gliessman, S.R. 1997. *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Boca Raton, USA, CRC Press.
- Gliessman, S.R. 2007. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. 2nd edition. Boca Raton, USA, CRC Press. 384 pp.
- Gliessman S.R. 2015. Agroecology: a global movement for food security and sovereignty. In: *Agroecology for food security and nutrition. Biodiversity and ecosystem services in agricultural production systems*, pp. 1–14. Proceedings of the FAO International Symposium. 18–19 September 2014. Rome, FAO.
- Gliessman, S.R. 2016. Transforming food systems with agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(3): 187–189.
- Gliessman, S.R. 2018. Defining agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6): 599–600.
- GloPan (Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition). 2016a. *Food systems and diets: facing the challenges of the 21st century*. Foresight Report. London. <https://www.glopan.org/sites/default/files/Downloads/Foresight%20Report.pdf>
- GloPan. 2016b. *The cost of malnutrition: why policy action is urgent*. Technical Brief No. 3. <http://www.glopan.org/sites/default/files/pictures/CostOfMalnutrition.pdf>
- Glover, D. 2010. Is Bt cotton a pro-poor technology. *Journal of Agrarian Change*, 10(4): 482–509.
- Glover, D., & Poole, N. 2019. Principles of innovation to build nutrition-sensitive food systems in South Asia. *Food Policy*, 82: 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.10.010>
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. & Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967): 812–818.
- Goergen, G., Kumar, P.L., Sankung, S.B., Togola, A. & Tamò, M. 2016. First report of outbreaks of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS ONE*, 11(10): e0165632.
- Goicoechea, N. & Antolin, M.C. 2017. Increased nutritional value in food crops. *Microbial Biotechnology*, 10(5): 1004–1007.
- Gollin, D. 2018. *Farm size and productivity; lessons from recent literature*. FAO, IFAD, ISPC/CGIAR and the World Bank Expert Consultation: Focusing Agricultural and Rural Development Research and Investment on Achieving SDGs 1 and 2. 11 January 2018. <https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/files/events/Joint%20Initiative%202018/Gollin.pdf>
- Gómez, M.I., Barrett, C.B., Raney, T., Pinstrup-Andersen, P., Meerman, J., Croppenstedt, A., Carisma, B. & Thompson, B. 2013. Post-green revolution food systems and the triple burden of malnutrition. *Food Policy*, 42: 129–138.
- Gomiero, T., Pimental, D. & Paoletti, M.G. 2011. Is there a need for a more sustainable agriculture? *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1–2): 6–23.
- Gonzalez de Molina, M. 2013. Agroecology and politics. How to get sustainability? About the necessity for a political agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1): 45–59.
- Gonzalez, R A., Thomas, J. & Chang, M. 2018. Translating agroecology into policy: The case of France and the United Kingdom. *Sustainability*, 10(8). <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2930>
- Gotor, E., Bellon, M.R., Turdieva, M., Baymetov, K., Nazarov, P., Dorohova-Shreder, E., Arzumanov, V., Dzavakyants, M., Abdurasulov, A., Chernova, G. & Butkov, E. 2018. Livelihood implications of in situ-on farm conservation strategies of fruit species in Uzbekistan. *Agroforestry Systems*, 92(5): 1253–1266.
- Goulet, F. & Vinck, D. 2012. Innovation through withdrawal. Contribution to a sociology of detachment. *Revue Française de Sociologie*, 53(2): 117–146.
- Goulet, F. & Vinck, D. 2017. Moving towards innovation through withdrawal: the neglect of destruction. In: B. Godin & D. Vinck, eds. *Critical studies of innovation: alternative approaches to the pro-innovation bias*, pp. 97–114. Cheltenham, UK, and Northampton, USA, Edward Elgar Publishing.
- Graeb, B.E., M.J. Chappell, M.J., Wittman, H., Ledermann, S., Bezner Kerr, R. & Gemmill-Herren, B. 2016. The state of family farms in the world. *World Development*, 87: 1–15. doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.012
- Green, R.E. Cornell, S.J., Scharlemann, J.P. & Balmford, A. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307(5709): 550–555.
- Griffon, M. 2013. *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?* Versailles, Édition Quae. 224 pp
- Grindle, M. 2004. Good enough governance: poverty reduction and reform in developing countries. *Governance*, 17(4): 525–548.
- Gross, M. 2015. Europe's bird populations in decline. *Current Biology*, 25(12): R483–R485.
- GSA ERS (Government of South Africa Economic Services, Economic Research Division). 2010. *Increasing farm debt amid decreasing interest rates: an explanation*. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, South Africa. https://www.nda.agric.za/docs/Economic_analysis/IncreasingFarmDebt.pdf

- Gustavsson, J., Cederberg, C. Sonesson, U.** 2011. Global Food Losses and Food Waste, Study conducted for the International Congress. Rome, FAO.
- Guston, D.** 2006. Responsible knowledge-based innovation. *Society*, 43(4): 19–21. doi:10.1007/bf02687530
- Haddad, L., Hawkes, C, Webb, P., Thomas, S., Beddington, J., Waage, J. & Flynn, D.** 2016. A new global research agenda for food. *Nature*, 540: 30–32.
- Haines-Young R, Potschin M** (2009) The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli D, Frid C (eds) *Ecosystem ecology: a new synthesis*. BES ecological reviews series. CUP, Cambridge
- Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmens, W. et al.** 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*, 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hameed, A., Bilal, R., Latif, F., Van Eck, J., Jander, G. & Mansoor, S.** 2018. RNAi-mediated silencing of endogenous Vlnv gene confers stable reduction of cold-induced sweetening in potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Désirée). *Plant Biotechnology Reports*, 12(3): 175–185
- Harrison, R.D., Thierfelder, C., Baudron, F., Chinwada, P., Midega, C., Schaffner, U. & van den Berg, J.** 2019. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Journal of Environmental Management*, 243: 318–330.
- Harvey, C.A., Medina, A., Sanchez, D.M., Vilchez, S., Hernandez, B., Saenz, J.C., Maes, J.M., Casanoves, F. & Sinclair, F.L.** 2006 Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, 16: 1986–1999.
- Hayami, Y. & Ruttan, V.W.** 1985. *Agricultural development: an international perspective*. 2nd edition. Baltimore, USA, Johns Hopkins University Press.
- Heap, I.** 2019. *The international survey of herbicide resistant weeds*. www.weedscience.com, accessed 17 February 2019.
- Hebinck, P., S. Schneider, and J. D. Van Der Ploeg.** 2014. Rural development and the construction of new markets, vol. 12. London: Routledge.
- Heinemann, J.** 2007. *A typology of the effects of (trans)gene flow on the conservation and sustainable use of genetic resources*. Background Study Paper 35 (Rev. 1). Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO. <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/meeting/014/k0153e.pdf>
- Heinemann, J. A.** 2013. *Genetic engineering and biotechnology for food security and for climate change mitigation and adaptation: potential and risks*. Penang, Malaysia, Third World Network. <https://www.twn.my/title2/biosafety/bio17.htm>
- Heinemann, J.A., Massaro, M., Coray, D.S., Agapito-Tenfen, S.Z. & Wen, J.D.** 2014. Sustainability and innovation in staple crop production in the US Midwest. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 12: 71–88. doi:10.1080/14735903.2013.806408.
- Heinemann, J.A., Coray, D.S. & Thaler, D.S.** 2019. *Exploratory fact-finding scoping study on “digital sequence information” on genetic resources for food and agriculture*. Background Study Paper 68. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO. <http://www.fao.org/CA2359EN/ca2359en.pdf>
- Helmets, M.J., Zhou, X., Asbjornsen, H., Kolka, R., Tomer, M.D. & Cruse, R.M.** 2012. Sediment removal by prairie filter strips in row-cropped ephemeral watersheds. *Journal of Environmental Quality*, 41(5): 1531–1539. doi: 10.2134/jeq2011.0473
- Herforth, A., Lidder, P. & Gill, M.** 2015. Strengthening the links between nutrition and health outcomes and agricultural research. *Food Security*, 7(3): 457–461.
- Hernández Xolocotzi, E.** 1977. *Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola*. Chapingo, Mexico, Colegio de Postgraduados.
- Herrero, M., Thornton, P.K., Power, B., Bogard, J.R., Remans, R., Fritz, S., Gerber, J.S. et al.** 2017. Farming and the geography of nutrient production for human use: a transdisciplinary analysis. *The Lancet Planetary Health*, 1(1): e33–e42.
- Hertel, T.W.** 2015. The challenges of sustainably feeding a growing planet. *Food Security* 7 (2) 185–198.
- Higgins, V., Bryant, M., Howell, A. & Battersby, J.** 2017. Ordering adoption: materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies. *Journal of Rural Studies*, 55: 193–202.
- Hilbeck, A., Binimelis, R., Defarge, N., Steinbrecher, R., Székács, A., Wickson, F., Antoniou, M. et al.** 2015. No scientific consensus on GMO safety. *Environmental Sciences Europe*, 27 (1):4. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0034-1>
- Hillenbrand, E., Karim, N., Mohanraj, P. & Wu, D.** 2015. Measuring gendertransformative change: A review of literature and promising practices. CARE USA. Working Paper.
- Hinrichs, C.C.** 2014. Transitions to sustainability: a change in thinking about food systems change? *Agriculture and Human Values*, 31: 143–155.
- HLPE.** 2011a. *Price volatility and food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/a-mb737e.pdf>
- HLPE.** 2011b. *Land tenure and international investments in agriculture*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/a-mb766e.pdf>
- HLPE.** 2012. *Social protection for food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/a-me422e.pdf>

- HLPE. 2013a. *Investing in smallholder agriculture for food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i2953e.pdf>
- HLPE. 2013b. *Biofuels and food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i2952e.pdf>
- HLPE. 2014. *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i3901e.pdf>
- HLPE. 2015. *Water 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. <http://www.fao.org/3/a-av045e.pdf>
- HLPE. 2016. *Sustainable agricultural development for food security and nutrition: what roles for livestock?* A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5795e.pdf>
- HLPE. 2017a. *2nd Note on critical and emerging issues for food security and nutrition*. A note by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome. <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/critical-and-emerging-issues/en/>
- HLPE. 2017b. *Nutrition and food systems*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome. <http://www.fao.org/3/a-i7846e.pdf>
- HLPE. 2017c. *Sustainable forestry 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. <http://www.fao.org/3/a-i7395e.pdf>
- HLPE. 2018. *Multi-stakeholder partnerships to finance and improve food security and nutrition in the framework of the 2030 Agenda*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. <http://www.fao.org/3/CA0156EN/CA0156en.pdf>
- Hokkanen, H. & Menzler-Hokkanen, I. 2017. Integration of GM crop traits in agroecological practices in Europe: a critical review. In: A. Wezel, ed. *Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, applications, and making the transition*, pp. 155–181. Hackensack, USA, World Scientific Publishing.
- Holt-Giménez, E. 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1–3): 87–105.
- Holt-Giménez, E. 2006. *Campesino a campesino: voices from Latin America's farmer to farmer movement for sustainable agriculture*. Oakland, USA, Food First Books
- Holt-Gimenez, E. & Altieri, M.A. 2013. Agroecology, food sovereignty, and the new Green Revolution. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1): 90–102. <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.716388>
- Hooper, S., Martin, P. & Love G. 2002. 'Get big or get out': Is this mantra still appropriate for the new century? *Animal Production in Australia*, 24: 500–507.
- Hopwood, J., Code, A., Vaughan, M., Biddinger, D., Shepherd, M., Black, S.H., Lee-Mäder, E. & Mazzacano, C. 2016. *How neonicotinoids can kill bees: the science behind the role these insecticides play in harming bees*. 2nd edition. 76 pp. Portland, USA, The Xerces Society for Invertebrate Conservation.
- Horton, P., Koh, L. & Guang, V.S. 2016. An integrated theoretical framework to enhance resource efficiency, sustainability and human health in agri-food systems. *Journal of Cleaner Production*, 120: 164–169.
- Hotz, C., Loechl, C., Lubowa, A., Ndeezi, G., Nandutu Masawi, A., Baingana, R., et al. 2012a. Introduction of beta-carotene-rich orange sweet potato in rural Uganda resulted in increased vitamin A intakes among children and women and improved vitamin A status among children. *Journal of Nutrition*, 142(10): 1871–1880.
- Hotz, C., Loechl, C., de Brauw, A., Eozenou, P., Gilligan, D., Moursi, M., Munhau, B., Jaarsveld, P., Carriquiry, A. & Meenakshi, J.V. 2012b. A large-scale intervention to introduce orange sweet potato in rural Mozambique increases vitamin A intakes among children and women. *British Journal of Nutrition*, 108(1): 163–176.
- Howard, P. 2015. Intellectual property and consolidation in the seed industry. *Crop Science*, 55: 2489–2495. doi: 10.2135/cropsci2014.09.0669
- Howarth, R., Swaney, D., Billen, G., Garnier, J., Hong, B., Humborg, C., Johnes, P., Mörtz, C-M. & Marino, R. 2012. Nitrogen fluxes from the landscape are controlled by net anthropogenic nitrogen inputs and by climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(1): 37–43. <https://doi.org/10.1890/100178>
- Huang, B., Shi, X., Dongsheng, Y., Öborn, I., Blombäck, K., Pagella, T.F., Wang, H., Sun, W. & Sinclair, F.L. 2006. Environmental assessment of small-scale vegetable farming systems in peri-urban areas of the Yangtze River delta region, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112(4): 391–402.
- Hulme, M.F., Vickery, J.A., Green, R.E., Phalan, B., Chamberlain, D.E., Pomeroy, D.E., Nalwanga, D. et al. 2013. Conserving the birds of Uganda's banana-coffee arc: land sparing and land sharing compared. *PLoS ONE*, 8(2): e54597. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054597>
- Hung, Y. 2004. East New York farms: youth participation in community development and urban agriculture. *Children, Youth and Environments*, 14(1): 56–85.
- Hwang, T., Ndolo, V. U., Katundu, M., Nyirenda, B., Bezner Kerr, R., Arntfield, S., & Beta, T. 2016. Provitamin A potential of landrace orange maize variety (*Zea mays* L.) grown in different geographical locations of central Malawi. *Food Chemistry*, 196: 1315–1324. doi:10.1016/j.foodchem.2015.10.067.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development) 2009. *Agriculture at a crossroads: global report*. B.D. MacIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu, R.T. Watson, eds. Washington, DC, Island Press.

- Ickowitz, A., Powell, B., Salim, M. & Sunderland, T. 2014. Dietary quality and tree cover in Africa. *Global Environmental Change*, 24: 287–294.
- Ickowitz, A., Powell, B., Rowland, D., Jones, A. & Sunderland, T. 2019. Agricultural intensification, dietary diversity, and markets in the global food security narrative. *Global Food Security*, 20: 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.11.002>
- ICRISAT (International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics). 2009. Fertilizer microdosing: boosting production in unproductive lands, documentation. Patancheru, Andhra Pradesh, India.
- IFAD (International Fund for Agricultural Development). 2017. *Promoting integrated and inclusive rural-urban dynamics and food systems*. Rome. <https://www.ifad.org/web/knowledge/publication/asset/39320230>
- IFPRI (International Food Policy Research Institute). 2016. *2016 Global hunger index: getting to zero hunger*. Washington, DC.
- IIED (International Institute for Environment and Development). 2018. *Biocultural innovation: the key to global food security?* Briefing paper. London. <http://pubs.iied.org/17465IIED/>
- Ikerra, S.T., Temu E. & Mrema, J.P. 2006. Combining *Tithonia diversifolia* and minjingu phosphate rock for improvement of P availability and maize grain yields on a chromic acrisol in Morogoro, Tanzania. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76: 249–260.
- INSEE. 2011. *Synthèse de territoire Vallée de la Drôme-Diois*. https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/1292672/SL_Vallee_Drome_Diois.pdf
- International Labour Office (Undated). Decent and productive work in agriculture: decent work in the rural economy. Policy guidance notes. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_policy/documents/publication/wcms_437173.pdf
- IPES-Food (International Panel of Experts on Sustainable Food Systems). 2016. *From uniformity to diversity. A paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems*. E.A. Frison. Louvain-la-Neuve, Belgium http://www.ipes-food.org/images/Reports/UniformityToDiversity_FullReport.pdf
- IPES-Food. 2017a. *Too big to feed: exploring the impact of mega-mergers, consolidation and concentration of power in the agri-food sector*. Brussels. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/Concentration_FullReport.pdf
- IPES-Food. 2017b. *Unravelling the food–health nexus: addressing practices, political economy, and power relations to build healthier food systems*. The Global Alliance for the Future of Food and IPES-Food.
- IPES-Food. 2018. *Breaking away from industrial food and farming systems – Seven case studies of agroecological transition*. Brussels. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/CS2_web.pdf
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2018a. *Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran and L. Willemen, eds. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 44 pp. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_3bi_ldr_digital.pdf?file=1&type=node&id=28335
- IPBES. 2018b. *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Fischer, M., Rounsevell, M., Torre-Marín Rando, A., Mader, A., Church, A., Elbakidze, M., Elias, V., Hahn, T., Harrison, P.A., Hauck, J., et al., eds.; IPBES Secretariat: Bonn, Germany, <http://www.db.zs-intern.de/uploads/1523006347-IPBESregionalsummaryEurope.pdf>
- Irani, Z., Sharif, A.M., Lee, H., Aktas, E., Topaloğlu, Z., van't Wout, T., Huda, S. 2018 Managing food security through food waste and loss: Small data to big data. *Computers and Operations Research* 98: 367–383
- Irungu, K.R.G., Mbugua, D. & Muia, J. 2015. Information and Communication Technologies (ICTs) Attract Youth into Profitable Agriculture in Kenya, *East African Agricultural and Forestry Journal*, 81:1, 24–33, DOI: 10.1080/00128325.2015.1040645
- ISRIC (International Soil Reference and Information Centre). 2013. *World Soil Information 2013*. <http://www.isric.org/>, accessed 23 January 2013.
- Iverson, A.L., Marín, L.E., Ennis, K K., Gonthier, D.J., Connor-Barrie, B.T., Remfert, J.L. & Perfecto, I. 2014. Review: Do polycultures promote win-wins or trade-offs in agricultural ecosystem services? A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(6): 1593–1602. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12334>
- Jackson, B., Pagella, T., Sinclair, F., Orellana, B., Henshaw, A., Reynolds, B., McIntyre, N. Wheeler, H. & Eycott, A. 2013. Polyscape: a GIS mapping toolbox providing efficient and spatially explicit landscape-scale evaluation of multiple ecosystem services. *Landscape and Urban Planning*, 112: 74–88.
- Jackson-Smith, D. & Gillespie, G. 2005. Impacts of farm structural change on farmers' social ties. *Society and Natural Resources*, 18: 215–40.
- Jacobsen, S.-E., Sorensen, M., Pedersen, S. M. & Weiner, J. 2013. Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 33: 651–662. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0138-9>
- Jansen, K. 2015. The debate on food sovereignty theory: agrarian capitalism, dispossession and agroecology. *The Journal of Peasant Studies*, 42(1): 213–232.
- Jasanoff, S. & Hurlbut, J.B. 2018. A global observatory for gene editing. *Nature*, 555(7697): 435–437. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-03270-w>
- Johnston, A.M. & Bruulsema, T.W. 2014. 4R nutrient stewardship for improved nutrient use efficiency. *Procedia Engineering*, 83: 365–370. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.029>

- Johnson, E.J., Shu, S.B., Dellaert, B.G.C., Fox, C., Goldstein, D.G., Haubl, G., Larrick, R.P., Payne, J.W., Schkade, D., Wansink, B. & Weber, E.U. 2012. Beyond nudges: tools of a choice architecture. *Marketing Letters*, 23: 487–504.
- Johnson, N.L., Kovarik, C., Meinzen-Dick, R., Njuki, J. & Quisumbing, A. 2016. Gender, Assets, and Agricultural Development: Lessons from Eight Projects, *World Development*, 83: 295–311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.009>
- Joly, P-B. 2018. *Innovation and the problem of values*. Note de recherche 6. Institut Francilien Recherche Innovation Société (IFRIS).
- Jones, A.D. 2017. Critical review of the emerging research evidence on agricultural biodiversity, diet diversity, and nutritional status in low- and middle-income countries. *Nutrition Reviews*, 75(10): 769–782.
- Jones, J.G.W. & Street, P.R. eds. 1990. *Systems theory applied to agriculture and the food chain*. London and New York, USA, Elsevier Science Publishing. 365 pp.
- Jones, A., Pimbert, M. & Jiggin, J. 2012. *Virtuous circles: values, systems, sustainability*. London, IUCN and IIED. 169 pp.
- Jones, A.D., Ickes, S.B., Smith, L.E., Mbuya, M.N.N., Chasekwa, B., Heidkamp, R.A., Menon, P., Zongrone, A.A. & Stoltzfus, R.J. 2014a. World Health Organization infant and young child feeding indicators and their associations with child anthropometry: a synthesis of recent findings: Associations of feeding indicators with growth. *Maternal & Child Nutrition*, 10(1): 1–17. <https://doi.org/10.1111/mcn.12070>
- Jones, A.D., Shrinivas, A. & Bezner Kerr, R. 2014b. Farm production diversity is associated with greater household dietary diversity in Malawi: findings from nationally representative data. *Food Policy*, 46: 1–12.
- Jones, A.D., Creed-Kanashiro, H., Zimmerer, K.S., De Haan, S., Carrasco, M., Meza, K., Cruz-Garcia, G.S., Tello, M., Plasencia Amaya, F., Marin, R.M. & Ganoza, L. 2018. Farm-level agricultural biodiversity in the Peruvian Andes is associated with greater odds of women achieving a minimally diverse and micronutrient adequate diet. *Journal of Nutrition*, 148(10): 1625–1637.
- Joshi, L., Shrestha, P.K., Moss, C. & Sinclair, F.L. 2004. Locally derived knowledge of soil fertility and its emerging role in integrated natural resource management. In: M. van Noordwijk, G. Cadisch & C. Ong, eds. *Below-ground interactions in tropical agroecosystems: concepts and models with multiple plant components*, pp. 17–39. Wallingford, UK, CABI.
- Jost, P., Shurley, D., Culpepper, S., Roberts, P., Nichols, R., Reeves, J. & Anthony, S. 2008. Economic comparison of transgenic and nontransgenic cotton production systems in Georgia. *Agronomy Journal*, 100: 42–51.
- Kahane, R., Hodgkin, T., Jaenicke, H., Hoogendoorn, C., Hermann, M., Keatinge, J.D.H., Hughes, J.D., Padulosi, S. & Looney, N. 2013. Agrobiodiversity for food security, health and income. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4): 671–693
- Kamau, J.W., Stellmacher, T., Biber-Freudenberger, L. & Borgemeister, C. 2018. Organic and conventional agriculture in Kenya: A typology of smallholder farms in Kajiado and Murang'a counties. *Journal of Rural Studies*, 57: 171–185.
- Kangmennaang, J., Bezner Kerr, R., Lupafya, E., Dakishoni, L., Katundu, M. & Luginaahm I. 2017. Impact of a participatory agroecological development project on household wealth and food security in Malawi. *Food Security*, 9(3): 561–576.
- Kanter, R., Walls, H.L., Tak, M., Roberts, F. & Waage, J. 2015. A conceptual framework for understanding the impacts of agriculture and food system policies on nutrition and health. *Food Security*, 7(4): 767–777.
- Kaufman, A.H. 2015. Unraveling the differences between organic and non-organic Thai rice farmers' environmental views and perceptions of well-being. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 5(4): 29–47.
- Kearney, S.G., Adams, V.M., Fuller, R.A. & Possingham, H.P. 2018. Estimating the benefit of well-managed protected areas for threatened species conservation, *Oryx*. <https://doi.org/10.1017/S0030605317001739>
- Keating, B.A. & Carberry, P.S. 2010. Sustainable production, food security and supply chain implications. *Aspects in Applied Biology*, 102: 7–20.
- Keating, B.A., Herrero, M., Carberry, P.S., Gardner, J. & Cole, M.B. 2014. Food wedges: framing the global food demand and supply challenge towards 2050. *Global Food Security*, 3: 125–132.
- Keding, G.B., Msuya, J.M., Maass, B.L. & Krawinkel, M.B. 2013. Obesity as a public health problem among adult women in rural Tanzania. *Global Health: Science and Practice*, 1(3): 359–371.
- Kehlenbeck, K. & McMullin, S. 2015. *Fruit tree portfolios for improved diets and nutrition. How to use the diversity of different fruit tree species available in Machakos county to provide better nutrition for smallholder farming families*. Nairobi, World Agroforestry Centre.
- Kershen, D.L. 2015. Sustainability Council of New Zealand Trust v. The Environmental Protection Authority: gene editing technologies and the law. *GM Crops Food*, 6: 216–222.
- Khadse, A., Rosset, P.M., Morales, H. & Ferguson, B.G. (2018). Taking agroecology to scale: the Zero Budget Natural Farming peasant movement in Karnataka, India. *The Journal of Peasant Studies*, 45(1): 192–219. <https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1276450>
- Khoury, C.K., Bjorkman, A.D. Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis A., Rieseberg, L.H. & Striik, P.C. 2014. Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *PNAS*, 111(11): 4001–4006.
- Kilelu, C.W., Klerkx, L. & Leeuwis, C. 2013. Unravelling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural Systems*, 118: 65–77.

- Kim, H. & Laskowski, M. 2018. Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. *Intelligent Systems in Accounting, Finance & Management*, 25(1): 18–27.
- Kimura, A.H. 2013. Hidden hunger: gender and the politics of smarter foods. New York, USA, Cornell University Press.
- Kirchmann, H. & Bergström, L. 2007. Do organic farming practices reduce nitrate leaching? *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7–8): 997–1028. doi: 10.1081/CSS-100104101.
- Kirkegaard, A.J. & Hunt, J.R. 2010. Increasing productivity by matching farming system management and genotype in water-limited environments. *Journal of Experimental Botany*, 61: 4129–4143.
- Kislev, Y. & Peterson, W. 1986. *Economies of scale in agriculture: a survey of the evidence*. Development Research Department Discussion Paper No. DRD 203. Washington, DC, World Bank.
- Kitzes, J., Moran, D., Galli, A., Wada, Y. & Wackernagel, M. 2009. Interpretation and application of the ecological footprint: a reply to Fiala (2008). *Ecological Economics*, 68(2): 929–930.
- Klages, K.H.W. 1942. *Ecological crop geography*. New York, USA, MacMillan. 615 pp.
- Klerkx, L. & Leeuwis, C. 2009. Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting & Social Change*, 76(6): 849–860.
- Klümper, W. & Qaim, M. 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PLoS ONE*, 9(11): e111629.
- Kluser, S. & Peduzzi, P. 2007. *Global pollinator decline: a literature review*. Geneva, Switzerland, UNEP/GRID-Europe.
- Koohafkhan, P. & Altieri, M.A. 2011. *Globally Important Agricultural Heritage Systems: a legacy for the future*. Rome. <http://www.fao.org/3/i2232e/i2232e00.pdf>
- Koohafkan, P., Altieri, M.A. & Holt Gimenez, E. 2012. Green agriculture: foundations for biodiverse, resilient and productive agricultural systems. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 10(1): 61–75.
- Korhonen, K., Kotavaara, O., Muilu, T., Rusanen, J. 2017. Accessibility of local food production to regional markets – Case of berry production in Northern Ostrobothnia, Finland. *European Countryside* 9(4): 709–728.
- Kosicki, M., Tomberg, K. & Bradley, A. 2018. Repair of double-strand breaks induced by CRISPR–Cas9 leads to large deletions and complex rearrangements. *Nature Biotechnology*, 36: 765–771. <https://doi.org/10.1038/nbt.4192>
- Kremen, C. & Merenlender, A.M. 2018. Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412): eaau6020. <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>
- Kremen, C. & Miles, A. 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, 17(4): 40.
- Krimsky, S. 2015. An illusory consensus behind GMO health assessment. *Science, Technology, & Human Values*, 40(6): 883–914.
- Kubiszewski, I., Costanza, R., Anderson, S. & Sutton, P. 2017. The future value of ecosystem services: global scenarios and national implications. *Ecosystem Services*, 26: 289–301. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.004>
- Kumar, V. 2018. Engineering transformation through Zero Budget Natural Farming (ZBNF). In: *Second International Symposium on Agroecology: scaling-up agroecology to achieve the sustainable development goals*. FAO, Rome, 3–5 April 2018. <http://www.fao.org/3/BU710EN/bu710en.pdf>
- Kumar, N., Harris, J. & Rawat, R., 2015. If they grow it, will they eat and grow? Evidence from Zambia on agricultural diversity and child undernutrition. *The Journal of Development Studies*, 51: 1060–1077.
- Kuria, A.W., Barrios, E., Pagella, T., Muthuri, C.W., Mukuralinda, A. & Sinclair, F.L. 2018. Farmers' knowledge of soil quality indicators along a land degradation gradient in Rwanda. *Geoderma Regional*, 16: e00199
- Kutter, T., Tiemann, S., Siebert, R. & Fountas, S. 2011. The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture*, 12: 2–17.
- Kuyper, T.W. & Struik, P.C. 2014. Epilogue: global food security, rhetoric, and the sustainable intensification debate. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8: 71–79. doi: 10.1016/j.cosust.2014.09.004
- La Via Campesina (undated). *Zero Budget Natural Farming in India. 52 profiles on agroecology*. <http://www.fao.org/3/a-bl990e.pdf>
- La Via Campesina. 1996. *Food sovereignty principles*. Harare. www.viacampesina.org
- Lachat, C., Ranieri, J.E., Walker Smith, K., Kolsteren, P., Van Damme, P., Verzelen, K., Penafiel, D. *et al.* 2018. Dietary species richness as a measure of food biodiversity and nutritional quality of diets. *PNAS*, 115: 127–132.
- Lal, R., Safriel, U., Boer, B., 2012. Zero Net Land Degradation: A New Sustainable Development Goal for Rio+ 20. A report prepared for the Secretariat of the United Nations Convention to combat Desertification. United Nations Convention to combat Desertification, Bonn.
- Lambek, N., Claeys, P., Wong, A. & Brilmayer, L., eds. 2014. *Rethinking food systems*. Dordrecht, Netherlands, Springer Science & Business Media. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-7778-1>
- Langelaan, H.C., Pereira da Silva, F., Thoden van Velzen, U., Broeze, J., Matser, A.M., Vollebregt, M., Wageningen UR Food & Biobased Research. 2013. Technology options for feeding 10 billion people. Options for sustainable food processing. State of the art report. Science and Technology Options Assessment. Brussels: European Parliament. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513533/IPOL-JOIN_ET\(2013\)513533_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513533/IPOL-JOIN_ET(2013)513533_EN.pdf)

- Langen, N., Gobel, C., Waskow, F.** 2015. The effectiveness of advice and actions in reducing food waste. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management* 168(2): Article No. 1300036
- Laurie, S., Faber, M., Adebola, P. & Belete, A.** 2015. Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa. *Food Research International*, 76: 962–970.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.001>
- Le Mouél, Ch., De Lattre-Gasquet, M. & Mora, O.** eds. 2018. Land and use and food security in 2050: a narrow road. Agrimonde-Terra. Editions Quae, Versailles, France, 398 p.
- Le Velly, R. & Goulet, F.** 2015. Revisiting the importance of detachment in the dynamics of competition. *Journal of Cultural Economy*, 8(6): 689–704.
- Leakey, R.R.B.** 2014. The role of trees in agroecology and sustainable agriculture in the tropics. *Annual Review of Phytopathology*, 52: 113–133.
- Lechenet, M., Bretagnolle, V., Bockstaller, C., Boissinot, F., Petit, M.-S., Petit, S., & Munier-Jolain, N.M.** 2014. Reconciling pesticide reduction with economic and environmental sustainability in arable farming. *PLoS ONE*, 9(6): e97922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097922>
- Lee-Smith, D.** 2010. Cities feeding people: an update on urban agriculture in equatorial Africa. *Environment and Urbanization*, 22(2): 83–499.
- Leguizamón, A.** 2014. Modifying Argentina: GM soy and socio-environmental change. *Geoforum*, 53: 149–160.
- Levidow, L.** 2015. European transitions towards a corporate-environmental food regime: agroecological incorporation or contestation? *Journal of Rural Studies*, 40: 76–89.
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.06.001>
- Levidow, L., Pimbert, M. & Vanloqueren, G.** 2014. Agroecological research: Conforming-or transforming the dominant agro-food regime? *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38(10): 1127–1155.
doi: 10.1080/21683565.2014.951459
- Li, X.E., Jervis, S.M. & Drake, M.A.** 2015. Examining extrinsic factors that influence product acceptance: a review. *Journal of Food Science*, 80(5): 901–909.
- Liakos, K.G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S. & Bochtis, D.** 2018. Machine learning in agriculture: a review. *Sensors (Basel)*, 18(8): e2674
- Lidder, P. & Sonnino, A.** 2011. *Biotechnologies for the management of genetic resources for food and agriculture*. Background Study Paper 52. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO.
- Liebman, M., & Schulte L.A.** 2015. Enhancing agroecosystem performance and resilience through increased diversification of landscapes and cropping systems. *Elementa Science of the Anthropocene*, 3: 000041. doi: <http://doi.org/10.12952/journal.elementa.000041>
- Lin, B.B.** 2011. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *Bioscience*, 61(3): 183–193.
- Lin, B.B., Philpott, S.M. & Jha, S.** 2015. The future of urban agriculture and biodiversity-ecosystem services: Challenges and next steps. *Basic and Applied Ecology*, 16(3): 189–201.
- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M. et al.** 2018. Ecological footprint accounting for countries: updates and results of the national footprint accounts. 2012–2018. *Resources*, 7(3): 58.
- Lindblom, J., Lundström, C., Ljung, M., & Jonsson, A.** 2017. Promoting sustainable intensification in precision agriculture : review of decision support systems development and strategies. *Precision Agriculture*, 18(3): 309–331. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9491-4>
- Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R. & Searchinger, T.** 2013. Reducing Food Loss and Waste. Working Paper, Installment 2 of Creating a Sustainable Food Future. pp. 1–40. Washington, DC: World Resources Institute.
- Lobao, L.** 1990. *Locality and inequality: farm and industry structure and socioeconomic conditions*. New York, USA, State University of New York Press.
- Loconto, A., Poisot, A.S. & Santacoloma, P.** 2017. Sustainable practices, sustainable markets? Institutional innovations in agri-food systems. In: B. Elzen, A. Augustyn, M. Barbier & B. van Mierlo, eds. *AgroEcological transitions: changes and breakthroughs in the making*, pp. 176–194. Wageningen, Netherlands, Wageningen University & Research. doi: <http://dx.doi.org/10.18174/407609>
- Loconto, A., A. Jimenez & E. Vandecastelaere.** 2018. Constructing markets for agroecology – an analysis of diverse options for marketing products from agroecology. Rome, FAO/INRA.
- Loos, J., Abson, D.K., Jahn Chappell, M., Hanspach, J., Mikulcak, F., Tichit, M. & Fischer, J.** 2014. Putting meaning back into “sustainable intensification”. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(6): 356–361.
- Lourme-Ruiz, A., Dury, S. & Martin-Prevel, Y.** 2016. Do you eat what you sow? Linkages between farm production diversity, agricultural income and dietary diversity in Burkina Faso. *Cahiers Agricultures*, 25(6).
<https://doi.org/10.1051/cagri/2016038>
- Lovas, R., Koplányi, K. & Elő, G.** 2018. Agrodát: a knowledge centre and decision support system for precision farming based on IoT and big data technologies. *ERCIM News*, 113: 22–23.
- Low, J. W., Mwanga, R. O. M., Andrade, M., Carey, E., & Ball, A-M.** 2017. Tackling vitamin A deficiency with biofortified sweetpotato in sub-Saharan Africa. *Global Food Security*, 14: 23–30.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.004>
- Luna-González, D.V. & Sørensen, M.** 2018. Higher agrobiodiversity is associated with improved dietary diversity, but not child anthropometric status, of Mayan Achí people of Guatemala. *Public Health Nutrition*, 21(11): 2128–2141.

- Lundvall, B.Å.** 1985. *Product innovation and user-producer interaction, industrial development*. Research Series 31. Aalborg, Denmark, Aalborg University Press.
- Lundvall, B.Å., ed.** 1992. *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. London, Pinter Publishers.
- Lyson, T. & Welsh, R.** 2005. Agricultural industrialization, anticorporate farming laws and rural community welfare. *Social Forces*, 80: 311–327.
- Lyson, T., Torres, R. & Welsh, R.** 2001. Scale of agricultural production, civic engagement and community welfare. *Social Forces*, 80: 311–327.
- Maas, B., Clough, Y. & Tschardt, T.** 2013. Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology Letters*, 16: 1480–1487.
- Maas, B., Karp, D.S., Bumrungsri, S., Darras, K., Gonthier, D., Huang, J.C.-C., Lindell, C.A. et al.** 2016. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes: ecosystem services provided by tropical birds and bats. *Biological Reviews*, 91: 1081–1101.
- Mafongoya, P.L., Bationo, A., Kihara, J. & Waswa, B.S.** 2007. Appropriate technologies to replenish soil fertility in southern Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76(2–3): 137–151.
<https://doi.org/10.1007/s10705-006-9049-3>
- Mahon, N., Crute, I., Simmons, E. & Islam, M.M.** 2017. Sustainable intensification – “oxymoron” or “third-way”? A systematic review. *EcolIndic*, 74: 73–97. doi:10.1016/j.ecolind.2016.11.001
- Majumdar, R., Rajasekaran, K. & Cary, J.W.** 2017. RNA Interference (RNAi) as a potential tool for control of mycotoxin contamination in crop plants: concepts and considerations. *Frontiers in Plant Science*, 8. doi: 10.3389/fpls.2017.00200.
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K. & Willmott, P.** 2017. *A future that works: automation, employment, and productivity*.
<https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>
- Mapfumo, P.** 2011. Comparative Analysis of the Current and Potential Role of Legumes in Integrated Soil Fertility Management in Southern Africa. Chapter 8 In: A. Bationo, B. Waswa, J.M. Okeyo, F. Maina, J. Kihara, U. Mokwunye, eds. *Fighting Poverty in Sub-Saharan Africa: The Multiple Roles of Legumes in Integrated Soil Fertility Management*. 1st Edition. Springer, NY, USA. Pp 175–200. ISBN: 978-94-007-1535-6.
- Mapfumo, P. & Giller, K.E.** 2001. *Soil fertility management strategies and practices by smallholder farmers in semi-arid areas of Zimbabwe*. Pancheru, India, ICRISAT/FAO.
- Mapfumo P., Campbell B.M., Mpeperekhi S. & Mafongoya, P.** 2001. Legumes in soil fertility management: The case of pigeonpea in smallholder farming systems of Zimbabwe. *African Crop Science Journal* 9: 629–644.
- Mapfumo, P., Adjei-Nsiah, S., Mtambanengwe, F., Chikowo, R. & Giller, K.** 2013. Participatory action research (PAR) as an entry point for supporting climate change adaptation by smallholder farmers in Africa. *Environmental Development*, 5: 6–22.
- Maraux, F., Malezieux, E. & Gary, C.** 2014. From artificialization to the ecologization of cropping systems In: E. Hainzelin, ed. *Cultivating biodiversity to transform agriculture*, pp. 45–90. Dordrecht, Netherlands, Springer. .
- Marovelli, B.** 2018. Cooking and eating together in London: food sharing initiatives as collective spaces of encounter. *Geoforum*, 99: 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.09.006>
- Marsden, T.** 2013. From post-productionism to reflexive governance: contested transitions in security more sustainable food futures. *Journal of Rural Studies*, 29: 123–134. doi: 10.1016/j.rurstud.2011.10.001
- Marten, G.G.** 1988. Productivity, stability, sustainability, equitability and autonomy as properties for agroecosystem assessment. *Agricultural Systems*, 26(4): 291–316.
- Mascarenhas, M. & Busch, L.** 2006. Seeds of change: intellectual property rights, genetically modified soybeans and seed saving in the United States. *Sociologia Ruralis* 46(2): 122–138,
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2006.00406.x>
- Masset, E., Haddad, L., Cornelius, A. & Isaza-Castro, J.** 2012. Effectiveness of agricultural interventions that aim to improve nutritional status of children: systematic review. *BMJ*, 344: d8222–d8222.
<https://doi.org/10.1136/bmj.d8222>
- Massicotte, M.J.** 2014. Feminist political ecology and La Vía Campesina's struggle for food sovereignty through the experience of the Escola Latino-Americana de Agroecologia (ELAA). In: P. Andrée, J. Ayres, M.J. Bosia & M. Massicotte, eds. eds. *Globalization and food sovereignty: global and local change in the new politics of food*, pp. 255–275, Toronto, Canada, University of Toronto Press.
- Mattsson, K.** 2015. Standards for Fresh Fruit and Vegetables - for Trading in High Quality Products. 6th International Conference on Managing Quality in Chains. Cranfield, England. Edited by: Terry, LA; Cools, K; Alamar, MC Acta Horticulturae 1091:73-79
- McGrath, D., Beiriger, R., Nuessly, G.S., Tepa-Yotto, T.G., Hodson, D., Kimathi, E., Elias, F. et al.** 2018. Monitoring, surveillance and scouting for fall armyworm, In: B.M. Prasanna, J.E. Huesing, R. Eddy & V.M. Peschke, eds. *Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management*, pp. 11–27. Mexico, CDMX: CIMMYT.
- McIntyre, B.D., Herren, H.R., Wakhungu, J. & Watson, R.T.** 2009. *International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development*. Washington, DC, Island Press.
- Meagher, R.L., Nuessly, G.S., Nagoshi, R.N. & Hay-Roe, M.M.** 2016. Parasitoids attacking fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn habitats. *Biological Control*, 95: 66–72.
- Méndez, V.E., Bacon, C.M. & Cohen, R.** 2013. Agroecology as a transdisciplinary, participatory, and action-oriented approach. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1): 3–18,

- Méndez, V.E., Bacon C.M. & Cohen, R.** 2015. Introduction: agroecology as a transdisciplinary, participatory, and action-oriented approach. In: V.E. Méndez, C.M. Bacon, R. Cohen & S. Gliessman, eds. *Agroecology: a transdisciplinary, participatory and action-oriented approach*, pp. 1–22. Advances in Agroecology Series. Boca Raton, USA, CRC Press.
- Metcalfe, S.** 1995. The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives. In: P. Stoneman, ed. *Handbook of the economics of innovation and technological change*, pp. 409–512. Oxford, UK, and Cambridge, USA, Blackwell.
- Miao, Y., Stewart, B.A. & Zhang, F.** 2011. Long-term experiments for sustainable nutrient management in China. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(2): 397–414.
- Michaelson, C.** 2009. Meaningful work and moral worth. *Business and Professional Ethics Journal*, 28(1/4): 27–48.
- Michalopoulos, S.** 2015. Europe entering the era of 'precision agriculture'. EurActiv. <http://www.euractiv.com/sections/innovation-feeding-world/europe-entering-era-precision-agriculture-318794>
- Michelini, L., Principato, L., Iasevoli, G.** 2018. Understanding Food Sharing Models to Tackle Sustainability Challenges. *Ecological Economics* 145:205–217
- Midega, C.A.O., Pittchar, J.O., Pickett, J.A., Hailu, G.W. & Khan, Z.R.** 2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105, 10–15.
- Mier y Terán Giménez Cacho, M., Giraldo, O.F., Aldasoro, M., Morales, H., Ferguson, B.G., Rosset, P., Khadse, A. et al.** 2018. Bringing agroecology to scale: key drivers and emblematic cases. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 637–665. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1443313>;
- Migliorini, P. & Wezel, A.** 2018. Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37: 63. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0472-4>
- Migliorini, P., Gkisakis, V., Gonzalez, V., Ma, D.R. & Bàrberi, P.** 2018. Agroecology in mediterranean Europe: genesis, state and perspectives. *Sustainability*, 10(8): 2724–2727. doi:<http://dx.doi.org.proxy.library.cornell.edu/10.3390/su10082724>.
- Miles, A., DeLonge, M.S. & Carlisle, L.** 2017. Triggering a positive research and policy feedback cycle to support a transition to agroecology and sustainable food systems. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(7): 855–879.
- Millennium Ecosystem Assessment** 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resource Institute, Washington, D.C., USA
- Ministère français de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire.** 2010. *La BioVallée de la Drôme*. <http://agriculture.gouv.fr/ministere/la-biovallee-de-la-drome>
- Minot, N. & Benson, T.** 2009. *Fertilizer subsidies in Africa. Are vouchers the answer?* IFPRI Issue Brief 60. Washington, DC, International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://www.ifpri.org/publication/fertilizer-subsidies-africa>
- Misra, M.** 2018. Moving away from technocratic framing: agroecology and food sovereignty as possible alternatives to alleviate rural malnutrition in Bangladesh. *Agriculture and Human Values*, 35(2): 473–487. <https://doi.org/10.1007/s10460-017-9843-3>
- Mithöfer, D., Méndez, V.E., Bose, A. & Vaast, P.** 2018. Harnessing local strength for sustainable coffee value chains in India and Nicaragua: reevaluating certification to global sustainability standards. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1): 471–496.
- Miyashita, C. & Kayunze, K.A.** 2015. Can organic farming be an alternative to improve well-being of smallholder farmers in disadvantaged areas? A case study of Morogoro region, Tanzania. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 7(1): 160–166.
- Mok, H.-F., Williamson, V.G., Grove, J.R., Burry, K., Barker, S.F. & Hamilton, A.J.** 2014. Strawberry fields forever? Urban agriculture in developed countries: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1): 21–43. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0156-7>
- Mondal, S., Rutkoski, J.E., Velu, G., Singh, P.K., Crespo-Herrero, L.A., Guzmán, C., Bhavani, S., Lan, C., He, X. & Singh, R.P.** 2016. Harnessing diversity in wheat to enhance grain yield, climate resilience, disease and insect pest resistance and nutrition through conventional and modern breeding approaches. *Frontiers in Plant Science*, 7: 991. doi: 10.3389/fpls.2016.00991.
- Montalba, R., Infante, A., Contreras, A. & Vieli, L.** 2017. Agroecology in Chile: precursors, pioneers, and their legacy. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3–4): 416–428.
- Montpellier Panel.** 2013. *Sustainable intensification: a new paradigm for African agriculture*. Agriculture for Impact, Imperial College, London.
- Monzon, J.P., Calvino, P.A., Sadras, V.O., Zubiaurre, J.B. & Andrade, F.H.** 2018. Precision agriculture based on crop physiological principles improves whole-farm yield and profit: a case study. *European Journal of Agronomy*, 99: 62–71.
- Morales, H., Ferguson, B., Marín, L., Gutiérrez, D., Bichier, P. & Philpott, S.** 2018. Agroecological pest management in the city: experiences from California and Chiapas. *Sustainability*, 10(6): 2068. <https://doi.org/10.3390/su10062068>
- Morel, K., San Cristobal, M. & Gilbert Léger, F.** Simulating incomes of radical organic farms with MERLIN: A grounded modeling approach for French microfarms, *Agricultural Systems*, 161: 89–101.
- Morris, J.R., Vandermeer, J. & Perfecto, I.** 2015. A keystone ant species provides robust biological control of the coffee berry borer under varying pest densities. *PLoS ONE*, 10(11): e0142850.

- Morrow, O.** 2018. Sharing food and risk in Berlin's urban food commons. *Geoforum*, 99: 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.09.003>
- Mortensen, D.A., Egan, J.F., Maxwell, B.D., Ryan, M.R. & Smith, R.G.** 2012. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*, 62(1): 75–84.
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. & Gerber, P.** 2017. Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14: 1–8. [10.1016/j.gfs.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001).
- Mtambanengwe, F. & Mapfumo, P.** 2006. Effects of organic resource quality on soil profile N dynamics and maize yields on sandy soils in Zimbabwe. *Plant and Soil*, 281: 173–190.
- Mtangadura, T.J., Mtambanengwe, F., Nezomba, H., Rurinda, J. & Mapfumo, P.** 2017. Why organic resources and current fertilizer formulations in Southern Africa cannot sustain maize productivity: evidence from a long-term experiment in Zimbabwe. *PLoS ONE*, 12(8): e0182840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182840>
- Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.H., Smith, P., Klocke, P., Leiber, F., Stolze, M. & Niggli, U.** 2017. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications*, 8(1): 1290. doi: 10.1038/s41467-017-01410-w
- Mullon, C., Fréon, P. & Cury, P.** 2005. 'The dynamics of collapse in world fisheries', *Fish and Fisheries* 6(2):111–120.
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine).** 2016. *Genetically engineered crops: experiences and prospects*. Washington, DC, The National Academies Press. doi: 10.17226/23395
- Nelson, R. & Winter, S.** 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, USA, Belknap Press of Harvard University Press.
- Nelson, R.** 1993. *National Innovation Systems*. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Nelson, R., Coe, R. & Haussmann, B.** 2016. Farmer research networks as a strategy for matching diverse options and contexts in smallholder agriculture. *Experimental Agriculture*, 55(S1): 124–144. doi:10.1017/S0014479716000454
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E.C. et al.** 2014. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the global burden of disease study 2013. *Lancet*, 384(9945): 766–781.
- Ng'endo, M., Bhagwat, S. & Keding, G.B.** 2016. Influence of seasonal on-farm diversity on dietary diversity: a case study of smallholder farming households in Western Kenya. *Ecology of Food and Nutrition*, 55(5): 403–427, DOI: [10.1080/03670244.2016.1200037](https://doi.org/10.1080/03670244.2016.1200037)
- Ng'endo, M., Keding, G.B., Bhagwat, S. & Kehlenbeck, K.**, 2015. Variability of on-farm food plant diversity and its contribution to food security: a case study of smallholder farming households in Western Kenya. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(10): 1071–1103.
- Nicholls, C., Altieri, M.A. & Vazquez, L.** 2016. Agroecology: principles for the conversion and redesign of farming systems. *Journal of Ecosystem & Ecography*, S5: 010. doi:10.4172/2157-7625.S5-010
- Nicholls, C.I. & Altieri, M.A.** 2018. Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10): 1170–1193. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>
- NTIA (National Telecommunications and Information Administration).** 1995. *Falling through the net: A survey of the "have nots" in rural and urban America*. US Department of Commerce. <http://www.ntia.doc.gov/ntiahome/fallingthru.html>
- Nwaogwugwu O.N. & Obele K.N.** 2017. Factors limiting youth participation in agriculture-based livelihoods in Eleme local government area of the Niger Delta, Nigeria. *Scientia Agriculturae*, 17(3): 105–111. DOI: 10.15192/PSCP.SA.2017.17.3.105111.
- Nweke, F.** 2009. Controlling Cassava Mosaic Virus and Cassava Mealybug in Sub-Saharan Africa. IFPRI Discussion Paper 00912, IFPRI, Washington.
- Nyantakyi-Frimpong, H.** 2017. Agricultural diversification and dietary diversity: A feminist political ecology of the everyday experiences of landless and smallholder households in northern Ghana. *Geoforum*, 86: 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.09.003>
- Nyantakyi-Frimpong, H., Kangmennaang, J., Bezner Kerr, R., Luginaah, I., Dakishoni, L., Lupafya, E., Shumba, L. & Katundu, M.** 2016a. Agroecology and healthy food systems in semi-humid tropical Africa: participatory research with vulnerable farming households in Malawi. *Acta Tropica* 175: 42-49.
- Nyantakyi-Frimpong, H., Mambulu, F.N., Kerr, R.B., Luginaah, I., Lupafya, E.** 2016b. Agroecology and sustainable food systems: Participatory research to improve food security among HIV-affected households in northern Malawi. *Social Science & Medicine*, 164: 89–99.
- Nyantakyi-Frimpong, H., Hickey, C., Lupafya, E., Dakishoni, L., Bezner Kerr, R., Nyirenda, B., Nkhonya, Z., Katundu, M. & Gondwe, G.** 2017. A farmer-to-farmer agroecological approach to addressing food security in Malawi. In: People's Knowledge Editorial Collective, eds. *Everyday experts: how people's knowledge can transform the food system*, pp. 121–138. Coventry, UK, Center for Agroecology, Water and Resilience, Coventry University.
- Nyéleni.** 2007. *Forum for Food Sovereignty*. Sélingué, Mali. 23–27 February 2007. https://nyeleni.org/DOWNLOADS/Nyelni_EN.pdf
- Nyéleni** 2015. *International Forum for Agroecology*. Nyéleni Center, Sélingué, Mali. 24–27 February 2015. <http://www.foodsovereignty.org/wp-content/uploads/2015/10/NYELENI-2015-ENGLISH-FINAL-WEB.pdf>
- Odum, E.P.** 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*, 164(3877): 262–270.

- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1993. *Safety evaluation of foods derived by modern technologies. Concepts and principles*. Paris.
<http://www.oecd.org/science/biotrack/41036698.pdf>
- OECD 2001. *Innovative networks: co-operation in national innovation systems*. Paris.
- OECD. 2013. *Agricultural innovation systems: a framework for analysing the role of government*. Paris.
- OECD, 2017. *Reforming agricultural subsidies to support biodiversity in Switzerland*.
<http://www.oecd.org/environment/resources/Policy-Paper-Reforming-agricultural-subsidies-to-support-biodiversity-in-Switzerland.pdf>
- OECD. 2018. *Innovation, agricultural productivity and sustainability in Korea*. OECD Food and Agricultural Reviews. Paris.
- OECD & Eurostat. 2005. *Oslo manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data*. 3rd edition. Paris, OECD Publishing. 166 pp. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual_9789264013100-en
- Offenberg, J. 2015. Ants as tools in sustainable agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 52: 1197–1205.
- Oladele, O.I. & Tekena, S.S. 2010. Factors influencing agricultural extension officers' knowledge on practice and marketing of organic agriculture in North West Province, South Africa. *Life Science Journal*, 7(3): 91–98.
- Olam International Limited. 2018. *Olam Living Landscapes Policy*, April.
- Olney, D.K., Pedehombga, A., Ruel, M.T. & Dillon, A. 2015. A 2-year integrated agriculture and nutrition and health behavior change communication program targeted to women in Burkina Faso reduces anemia, wasting, and diarrhea in children 3–12.9 months of age at baseline: a cluster-randomized controlled trial. *Journal of Nutrition*, 145(6): 1317–1324.
- Oteros-Rozas, E., Ontillera-Sánchez, R., Sanosa, P., Gómez-Baggethun, E., Reyes-García, V. & González José, A. 2013. Traditional ecological knowledge among transhumant pastoralists in Mediterranean Spain. *Ecology and Society*, 18: 33. doi: 10.5751/ES-05597-180333.
- Ottersen, O.P., Dasgupta, J., Blouin, C., Buss, P., Chongsuvivatwong, V., Frenk, J., Fakuda-Parr, S. et al. 2014. The political origins of health inequity: prospects for change. *Lancet*, 383(9917): 630–667. doi:10.1016/S0140-6736(13)62407-1.
- Owoputi, I., Booth, M., Luginaah, I., Nyantakyi-Frimpong, H., Shumba, L., Dakishoni, L., Lupafya, E. et al. 2018. Farmer to farmer agroecological training and crop diversity improve children's intake of vitamin A rich foods and household food security in Malawi. Poster presentation at the *Agriculture, Nutrition and Health Academy Week*, Accra, Ghana, June 2018. https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/2/5237/files/2018/07/SLM_ANH_v8-1fdmpi0.pdf
- Oyarzun, P.J., Borja, R.M., Sherwood, S. & Parra, V. 2013. Making sense of agrobiodiversity, diet, and intensification of smallholder family farming in the Highland Andes of Ecuador. *Ecology of Food and Nutrition*, 52(6): 515–541.
- Pacher, M. & Puchta, H. 2017. From classical mutagenesis to nuclease-based breeding - directing natural DNA repair for a natural end-product. *Plant Journal*, 90(4): 819–833.
- Padulosi, S., Mal, B., King, O., & Gotor, E. 2015. Minor Millets as a Central Element for Sustainably Enhanced Incomes, Empowerment, and Nutrition in Rural India. *Sustainability*, 7(7), 8904–8933. <https://doi.org/10.3390/su7078904>
- Paez Valencia, A.M., & Crossland, M. 2019. Understanding landscape options in Kenya: risks and opportunities for advancing gender equality. *Lessons for gender-responsive landscape restoration*, GLF Brief 8. https://www.globallandscapesforum.org/wp-content/uploads/2018/11/GLF-Brief-8_new1.pdf
- Pagella, T.F. & Sinclair, F.L. 2014. Development and use of a new typology of mapping tools to assess their fitness for supporting management of ecosystem service provision. *Landscape Ecology*, 29(3): 383–99
- Palm, C.A., Gachengo, C.N., Delve, R.J., Cadisch, G. & Giller, K.E. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 83: 27–42.
- Pandey, V.L., Mahendra Dev, S. & Jayachandran, U. 2016. Impact of agricultural interventions on the nutritional status in South Asia: a review. *Food Policy*, 62: 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.05.002>
- Pardey, P. & Beddow, J. 2013. *Agricultural innovation: the United States in a changing global reality*. Chicago, USA, The Chicago Council on Global Affairs. https://www.thechicagocouncil.org/sites/default/files/Agricultural_Innovation_Final%281%29.pdf
- Patel, P. & Pavitt, K. 1994. National innovation systems: why they are important and how they might be measured and compared. *Economics of Innovation and New Technology*, 3(1): 77–95.
- Pe'er, G., Dicks, L.V., Visconti, P., Arlettaz, R., Baldi, A., Benton, T.G., Collins, S. et al. 2014. EU agricultural reform fails on biodiversity. *Science*, 344(6188): 1090–1092.
- Peeters, A. & Wezel, A. 2017. Agroecological principles and practices for grass-based farming systems. In: A. Wezel, ed. *Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, applications, and making the transition*, pp. 293–354. Hackensack, USA, World Scientific Publishing.
- Pellegrini, L. & Tasciotti, L. 2014. Crop diversification, dietary diversity and agricultural income: empirical evidence from eight developing countries. *Canadian Journal of Development Studies/Revue canadienne d'études du développement*, 35 : 211–227.
- Pellegrino, E., Bedini S., Nuti, M. & Ercoli, L. 2018. Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental and toxicological traits: a meta-analysis of 21 years of field data. *Scientific Reports*, 8. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21284-2>

- People's Knowledge Editorial Collective** (Eds), 2017. *Everyday Experts: How people's knowledge can transform the food system. Reclaiming Diversity and Citizenship Series*. Coventry: Coventry University. Available at: www.coventry.ac.uk/everyday-experts
- Perez-Cassarino, J.** 2012. *A construção social de mecanismos alternativos de mercados no âmbito da Rede Ecovida de agroecologia*, PhD diss., Universidade Federal do Paraná. <http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/27480> and the website: <https://www.ecovida.org.br>
- Pérez-Marin, A. M., Rogé, P., Altieri, M. A., Forer, L. F. U., Silveira, L., Oliveira, V. M., & Domingues-Leiva, B. E.** (2017). Agroecological and Social Transformations for Coexistence with Semi-Aridity in Brazil. *Sustainability*, 9(6), 990. <https://doi.org/10.3390/su9060990>
- Perfecto, I., Vandermeer, J. & Wright, A.** 2009. *Nature's matrix. Linking agriculture, conservation and food sovereignty*. London and New York, USA, Earthscan. 242 pp.
- Petersen, P. & Arbenz, M.** 2018. Scaling up agroecology to achieve the SDGs: a political matter. *Farming Matters*, 3/2018: 6–9. http://www.cultivatecollective.org/wp-content/uploads/2018/03/Farming_Matters_special_maaart_2018_final.pdf
- Petkovic, K., Fox, E., García-Flores, R., Chandry, S., Sangwan, P., Sanguansri, P., Augustin, M.A.,** 2017. The food loss bank - A concept that could transform the food supply chain. *Food Australia* 69: 42–44.
- Petrie, H.G.** 1992. Interdisciplinarity education: are we faced with insurmountable opportunities. *Review of Research in Education*, 18: 299–333.
- Petrie, J.R., Shrestha, P., Belide, S., Kennedy, Y., Lester, G., Liu, Q., Divi, U.K. et al.** 2014. Metabolic engineering *Camelina sativa* with fish oil-like levels of DHA. *PLoS ONE*, 9(1): e85061.
- Phalan, B., Onial, M., Balmford, A. & Green, R.G.** 2011. Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science*, 333: 1289–1291.
- Phalan, B.T.** 2018. What have we learned from the land sparing-sharing model? *Sustainability*, 10: 1760.
- Pimbert, M.P.** 2015. Agroecology as an alternative vision to conventional development and climate-smart agriculture. *Development*, 58(2–3): 286–298.
- Pimbert, M.P., ed.** 2018a. *Food sovereignty, agroecology and biocultural diversity. Constructing and contesting knowledge*. Abingdon, UK, and New York, USA, Routledge.
- Pimbert, M.P.** 2018b. Global status of agroecology, a perspective on current practices, potential and challenges. *Review of environment and development. Economic and Political Weekly*, 53(41): 52–57.
- Pimbert, M.P.** 2018c. Democratizing knowledge and ways of knowing for food sovereignty, agroecology and biocultural diversity. In: Pimbert, M.P (Ed) *Food Sovereignty, Agroecology and Biocultural Diversity. Constructing and contesting knowledge*. Routledge, London. pp. 259–321.
- Pimbert, M. & Lemke, S.** 2018. Food environments: using agroecology to enhance dietary diversity. In: *UNSCN Report 43: Addressing equity, equality and non-discrimination in the food system: pathways to reform*, pp. 33–42. New York, USA, United Nations System Standing Committee on Nutrition. <https://www.unscn.org/uploads/web/news/UNSCN-News43.pdf>
- Pimbert, M. & Moeller, N.** 2018. Absent agroecology aid: on UK agricultural development assistance since 2010. *Sustainability*, 10(2): 505. doi: 10.3390/su10020505.
- Pingali, P.** 2015. Agricultural policy and nutrition outcomes – getting beyond the preoccupation with staple grains. *Food Security*, 7(3): 583–591.
- Pingali, P.L.** 2012. Green Revolution: impacts, limits, and the path ahead. *PNAS*, 109(31): 12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
- Piwoar, A.** 2018. *Opportunities and barriers to the development of Agriculture*. Double blind peer-reviewed proceedings part II. of the International Scientific Conference Hradec Economic Days, 8(2): 169–178.
- Pisa, L., Goulson, D., Yang, E.-C., Gibbons, D., Sánchez-Bayo, F., Mitchell, E., Aebi, A. et al.** 2017. An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: impacts on organisms and ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0341-3>
- Pitt, H. & Jones, M.** 2016. Scaling up and out as a pathway for food system transitions. *Sustainability*, 8(10): 1025. doi: 10.3390/su8101025.
- Ploeg, J.D. van der & Ventura, F.** 2014. Heterogeneity reconsidered. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8: 23–28.
- Plourde, J.D., Pijanowski, B.C. & Pekin, B. K.** 2013. Evidence for increased monoculture cropping in the Central United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 165: 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.11.011>
- Ponisio, L.C., M'Gonigle, L.K., Mace, K. C., Palomino, J., de Valpine, P. & Kremen, C.** 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society, B*, 282. 20141396, doi:doi:10.1098/rspb.2014.1396.
- Possas, M.L., Salles, S. & de Silveira, J.M.** 1996. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. *Research Policy*, 25: 933–945.
- Potts, S., Biesmeijer, K., Bommarco, R., Breeze, T., Carvalho, L., Franzén, M., González-Varo, J.P. et al.** 2015. *Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project*. Sofia, Pensoft Publishers. 72 pp. <http://step-project.net/img/uplf/STEP%20brochure%20online-1.pdf>
- Poulton, C., Kydd, J. & Dorward, A.** 2006. *Increasing fertilizer use in Africa: what have we learned?* Agriculture and Rural Development Discussion Paper 25. Washington, DC, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- Poux, X. & Aubert, P.-M.** 2018. *An agro-ecological Europe: a desirable, credible option to address food and environmental challenges*. IDDRI Issue Brief No 10/18. https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20iddri/D%C3%A9cryptage/201809-IB1018-TYFAEN_0.pdf

- Powell, B., Thilsted, S.H., Ickowitz, A., Termote, C., Sunderland, T. & Herforth, A.** 2015. Improving diets with wild and cultivated biodiversity from across the landscape. *Food Security*, 7(3): 535–554. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0466-5>
- Power, AG.** 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 2959–2971. doi:10.1098/rstb.2010.0143
- Pretty, J. & Bharucha, Z.P.** 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114(8): 1571–1596.
- Pretty, J.N., Morison, J.I.L. & Hine, R.E.** 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 95: 217–234. doi: 10.1016/S0167-8809(02)00087-7.
- Pretty, J.N., Noble, A.D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R.E., Penning de Vries, F.W.T. & Morison, J.I.L.** 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science & Technology*, 40(4): 1114–1119.
- Pretty, J., Benton, T.G., Bharucha, Z.P., Dicks, L.V., Flora, C.B., Godfray, H.C.J., Goulson, D. et al.** 2018. Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1: 441–446. doi:10.1038/s41893-018-0114-0
- Prieto, I., Violle, C., Barre, P., Durand, J.-L., Ghesquiere, M. & Litrico, I.** 2015. Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. *Nature Plants*, 1: 15033.
- Pulselli, F.M., Moreno Pires, S., Galli, A.** 2016. The Need for an Integrated Assessment Framework to Account for Humanity's Pressure on the Earth System. In *The Safe Operating Space Treaty: A New Approach to Managing Our Use of the Earth System*. Magalhães, P., Steffen, W., Bosselmann, K., Aragão, A., Soromenho-Marques, V. (eds), pp. 213-245. Cambridge Scholars Publishing, Cambridge, UK. ISBN-13: 978-1-4438-8903-2.
- Qian, Y., Sun, J., Li, B., Peng, L., Sheng, Y. & Sheng, Q.** 2019. Development strategy and path of intelligent agriculture in China under big data environment. *Journal of Yunnan Agricultural University (Social Science)*, 13(1): 6–10.
- Quist, D., Heinemann, J.A., Myhre, A.I., Aslaksen, J. & Funtowicz, S.** 2013. Hungry for innovation: from GM crops to agroecology. In: D. Gee, ed. *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*, pp. 490–517. Copenhagen, European Environment Agency.
- Quisumbing, A.R. & L. Smith.** 2007. Intrahousehold allocation, gender relations, and food security in developing countries. In: P. Pinstrip-Andersen & F. Cheng, eds. *Food policy for developing countries: case studies*. New York, USA, Cornell University
- Ranganathan, J. Raudsepp-Hearne, C., Lucas, N., Irwin, F., Zurek, M., Bennett, K., Ash, N. & West, P.** 2008. *Ecosystem Services: A Guide for Decision Makers*; World Resources Institute: Washington, DC, USA.
- Rao, S.** 2018. *Sweet success? Interrogating nutritionism in biofortified sweet potato promotion in Mwasonga, Tanzania*. PhD Dissertation. Ottawa. Carleton University. 274 pp.
- Rasmussen, L.V., Coolsaet, B., Martin, A., Mertz, O., Pascual, U., Corbera, E., Dawson, M., Fisher, J.A., Franks, P. & Ryan, C.M.** 2018. Social-ecological outcomes of agricultural intensification. *Nature Sustainability*, 1(6): 275–282. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0070-8>
- Rees, W.E. & Wackernagel, M.** 2013. The shoe fits, but the footprint is larger than Earth. *PLoS Biology*, 11(11): e1001701. doi:10.1371/journal.pbio.1001701.
- Reganold, J.P. & Wachter, J.M.** 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2). 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- Reichardt, M., Jürgens, C., Klöble, U., Hüter, J. & Moser, K.** 2009. Dissemination of precision farming in Germany: acceptance, adoption, obstacles, knowledge transfer and training activities. *Precision Agriculture*, 10: 525–545.
- Reijntjes, C., Haverkort, B. & Waters-Bayer, A.** 1992. *Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture*. London, Macmillan Press.
- Renting, H.** 2017. Exploring urban agroecology as a framework for transitions to sustainable and equitable regional food systems. *Urban Agriculture*, 33: 11–12. http://www.ruaf.org/sites/default/files/RUAF-UAM%2033_WEB.pdf
- Rhodes, C.J.** 2013. Feeding and healing the world: through regenerative agriculture and permaculture. *Science Progress*, 95(4): 345–446. doi.org/10.3184/003685012X13504990668392.
- Ricciardi, V., Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Jarvis, L. & Chookolingo, B.** 2018. How much of the world's food do smallholders produce? *Global Food Security*, 17: 64–72.
- Richards, P.** 1985. *Indigenous agricultural revolution: ecology and food production in West Africa*. London, Hutchinson Education. 192 pp.
- Rivers, A., Barbercheck, M., Govaerts, B. & Verhulst, N.** 2016. Conservation agriculture affects arthropod community composition in a rainfed maize–wheat system in central Mexico. *Applied Soil Ecology*, 100: 81–90.
- Robbins, P.** 2004. *Political ecology: a critical introduction*. Oxford, UK, Blackwell Publishing.
- Robertson, M., Moore, A., Henry, D. & Barry, S.** 2018. *Digital agriculture: what's all the fuss about*. <https://blog.csiro.au/digital-agriculture-whats-all-the-fuss-about/>
- Robertson, M.J., Preston, N.P. & Bonnett, G.D.** 2017. New technologies: costs and benefits for food production in contrasting agro ecological production systems. In: I. Gordon I., H. Prins & G. Squire, eds. *Food production and nature conservation: conflicts and solutions*. London, Routledge.
- Rocha, C.** 2009. Developments in national policies for food and nutrition security in Brazil. *Development Policy Review*, 27(1): 51–66.

- Rock, J. 2019. "We are not starving": challenging genetically modified seeds and development in Ghana. *Culture, Agriculture, Food and Environment*, 41(1): 15–23. doi:doi:10.1111/cuag.12147.
- Roesch-McNally, G.E., Arbuckle, J.G. & Tyndall, J.C. 2018. Barriers to implementing climate resilient agricultural strategies: the case of crop diversification in the U.S. Corn Belt. *Global Environmental Change*, 48: 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.12.002>
- Rogers, E.M. 1962. *Diffusion of innovations*, New York, The Free Press. 412pp.
- Rosset, P.M. & Altieri, M. 2017. *Agroecology: science and politics*. Rugby, UK, Practical Action Publishing.
- Rosset, P.M. & Altieri, M.A. 1997. Agroecology versus input substitution: a fundamental contradiction of sustainable agriculture. *Society & Natural Resources*, 10(3): 283–295.
- Rosset, P.M. & Martinez-Torres, M.E. 2012. Rural social movements and agroecology: context, theory, and process. *Ecology and Society*, 17(3): 17.
- Rosset, P.M., Sosa, B.M., Jaime, A.M.R. & Lozano, D.R.A. 2011. The *Campesino-to-Campesino* agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *The Journal of Peasant Studies*, 38(1): 161–191. doi:10.1080/03066150.2010.538584
- Royal Society. 2009. *Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture*. London. 72 pp.
- Ruel, M.T., Quisumbing, A.R., & Balagamwala, M. 2018. Nutrition-sensitive agriculture: What have we learned so far? *Global Food Security*, 17: 128–153. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.01.002>
- Russell, A.W., Wickson, F. & Carew, A.L. 2008. Transdisciplinary: context, contradictions and capacity. *Futures*, 40(5): 460–472.
- Sabourin, E., Le Coq J.-F., Fréguin-Gresh S., Marzin J., Bonin M., Patrouilleau M. M., Vázquez L. & Niderle P. 2018. Quelles politiques publiques d'appui à l'agroécologie en Amérique latine et dans les Caraïbes ? *Perspective-Cirad*, 45: 1–4. <https://doi.org/10.19182/agritrop/00019>
- Sagar, N.A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E.M., Lobo, M.G. 2018. Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety* 17(3): 512–531.
- Salsman, J. & Deltaire, G. 2017. Precision genome editing in the CRISPR Era. *Biochemistry and Cell Biology*, 95(2): 187–201. <https://doi.org/10.1139/bcb-2016-0137>
- Sanchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation*, 232: 8–27.
- Sanderson Bellamy, A. & Ioris, A. 2017. Addressing the knowledge gaps in agroecology and identifying guiding principles for transforming conventional agri-food systems. *Sustainability*, 9(3): 330.
- Saravanan, R. & Suchiradipta, B. 2017. Agricultural innovation systems: fostering convergence for extension. *MANAGE Bulletin 2*. Hyderabad, India, National Institute of Agricultural Extension Management.
- Sathirathai, S. & Barbier, E.B. 2001. Valuing mangrove conservation in Southern Thailand, *Contemporary Economic Policy, Western Economic Association International*, 19(2): 109–122.
- Satzinger, F.R., Bezner Kerr, R. & Shumba, L. 2009. Farmers integrate nutrition, social issues and agriculture through knowledge exchange in northern Malawi. *Ecology of Food and Nutrition*, 48(5): 369–382.
- Sauer, N.J., Mozoruk, J., Miller, R.B., Warburg, Z.I., Walker, K.A., Beetham, P.R., Schöpke, C.R. & Gocal, G.F. 2016. Oligonucleotide-directed mutagenesis for precision gene editing. *Plant Biotechnology Journal*, 14(2): 496–502.
- Schanes, K., Dobernig, K., Gözet, B. 2018. Food waste matters - A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *Journal of Cleaner Production* 182: 978-991
- Scherr, S.J. & McNeely, J.A. 2007. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of "ecoagriculture" landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 363: 477–494. doi:10.1098/rstb.2007.2165
- Schimmelpfennig, D. 2018. Cost production costs, profits, and ecosystem stewardship with precision agriculture. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 50(1): 81–103.
- Schnurr, M.A. 2012. Inventing Makhathini: creating a prototype for the dissemination of genetically modified crops into Africa. *Geoforum*, 43(4): 784–792. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2012.01.005>
- Schot, J. & Steinmuller E. 2016. *Framing innovation policy for transformative change: innovation policy 3.0*. Brighton, UK, Science Policy Research Unit, University of Sussex. Draft, 4/9/201
- Schot, J. & Steinmuller E. 2016. Framing innovation policy for transformative change : innovation policy 3.0, Brighton: SPRU, Draft, 4/9/201
- Schumpeter, J.A. 1934. *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle*. Cambridge, USA, Harvard University Press.
- Schumpeter, J.A. 1939. *Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*. New York, USA, McGraw-Hill.
- Schut, M., Kamanda, J., Gramzow, A., Dubois, T., Stoian, D., Andersson, J., Dror, I. et al. 2018. Innovation platforms for agricultural research for development: ex-ante appraisal of the purposes and conditions under which innovation platforms can contribute to agricultural development outcomes. *Experimental Agriculture*, 55(4): 575–596.
- Scialabba, N.E. & Müller-Lindenlauf, M. 2010. Organic agriculture and climate change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(2): 158–169.
- Scoones, I., Newell, P. & Leach, M. 2015. The politics of green transformations. In: I. Scoones, M. Leach & P. Newell, eds. *The politics of green transformations*, pp. 1–24. Abingdon, UK, and New York, USA, Routledge.

- Scott, S., Inbar, Y., & Rozin, P.** (2016). Evidence for absolute moral opposition to genetically modified food in the United States. *Perspectives on Psychological Science*, 11, 315–324.
- Scrase, F., Sinclair, F.L., Farrar, J., Pavinato, P. & Jones, D.L.** 2019. Mycorrhizas improve the absorption of non-available phosphorus by the green manure *Tithonia diversifolia* in poor soils. *Rhizosphere*, 9: 27–33.
- Secretariat of the CBD.** 2000. *Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity: text and annexes*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
<https://www.cbd.int/doc/legal/cartagena-protocol-en.pdf>
- Sen, A.** 1981. *Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation*. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Sheldon, K.** 1999. Machambas in the city: urban women and agricultural work in Mozambique. *Lusotopie*, 6: 121–140.
- Shepon, A., Henriksson, P.J.G. & Tong W.** 2018. Conceptualizing a sustainable food system in an automated world: toward a “eudaimonian” future. *Frontiers in Nutrition*, 5(104): 1–13. doi: 10.3389/fnut.2018.00104
- Shiming, L. & Gliessman, S.R., eds.** 2016. *Agroecology in China*. New York, USA, CRC Press. 448 pp.
- Shiming, L.** 2016. Agroecology development in China. In: L. Shiming & S. Gliessman, ed. *Agroecology in China: science, practice, and sustainable management*, pp. 3–35. New York, USA, CRC Press.
- Shiming, L.** 2018. The Setting Up of Institution for the Eco-transition of Agriculture in China. *Democratic and Science*. (173) 4:15–17.
- Shively, G. & Sununtnasik, C.** 2015. Agricultural diversity and child stunting in Nepal. *The Journal of Development Studies*, 51(8): 1078–1096.
- Sibhatu, K.T. & Qaim, M.** 2018. Farm production diversity and dietary quality: linkages and measurement issues. *Food Security*, 10(1): 47–59. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0762-3>
- Sickles, R., & Zelenyuk, V.** 2019. *Measurement of Productivity and Efficiency: Theory and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781139565981.
- Silici, L.** 2014. *Agroecology - what it is and what it has to offer*. London, IIED. 28 pp.
<http://pubs.iied.org/pdfs/14629IIED.pdf>
- Sills, D.L.** 1974. The environment movement and its critics. *Human Ecology*, 3(1): 1–41
- Sinclair, F.L.** (2017). Systems science at the scale of impact: reconciling bottom-up participation with the production of widely applicable research outputs. In: I. Oborn, B. Vanlauwe, M. Phillips, R. Thomas, W. Brooijmans, & K. Atta-Krah, eds. *Sustainable Intensification in Smallholder Agriculture: An Integrated Systems Research Approach*, 43–57. London: Earthscan.
- Sinclair, F. & Coe, R.** 2019. The options by context approach: a paradigm shift in agronomy. *Experimental Agriculture*, 55(S1): 1–13.
- Sinclair, F.L. & Joshi, L.** 2000. Taking local knowledge about trees seriously. In: A Lawrence, ed. *Forestry, forest users and research: new ways of learning*, pp. 45–61. Wageningen, Netherlands, European Tropical Forest Research Network.
- Sinclair, F.L. & Walker, D.H.** 1999. A utilitarian approach to the incorporation of local knowledge in agroforestry research and extension. In: L.E. Buck, J.P. Lassoie & E.C.M. Fernandes, eds. *Agroforestry in sustainable agricultural systems*, pp. 245–275. Boca Raton, USA, CRC Press.
- Sinclair, F., Wezel, A., Mbow, C., Robiglio, V., Harrison, R. and Chomba, C.** (2019). The contribution of agroecological approaches to realizing climate-resilient agriculture. Background Paper. Global Commission on Adaptation. Rotterdam.
- Singh, B.K., Trivedi, P., Singh, S., Macdonald, C.A. & Verma, J.P.** 2018. Emerging microbiome technologies for sustainable increase in farm productivity and environmental security. *Microbiology Australia*, 39(1): 17–23.
- Sisay, B., Simiyu, J., Malusi, P., Likhayo, P., Mendesil, E., Elibarik, N., Wakgari, M., Ayalew, G. & Tefera, T.** 2018. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. *Journal of Applied Entomology*, 142(8): 800–804.
- Smith Dumont, E., Gnahou, G.M., Ohouo, L., Sinclair, F.L. & Vaast, P.** 2014. Farmers in Côte d'Ivoire value integrating tree diversity in cocoa for the provision of ecosystem services. *Agroforestry Systems*, 88(6): 1047–1066.
- Smith, A. & Stirling, A.** 2010. The politics of social-ecological resilience and sustainable socio-technical transition. *Ecology and Society*, 15(1): 11.
- Smith, A., Voss, J.P. & Grin, J.** 2010. Innovation studies and sustainability transitions: the allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39(4): 435–448.
- Smith, L.C. & Haddad, L.** 2015. Reducing child undernutrition: past drivers and priorities for the post-MDG era. *World Development*, 68: 180–204.
- Smith, R.G. & Mortenson, D.** 2017. A disturbance-based framework for understanding weed community assembly in agroecosystems: challenges and opportunities for agroecological weed management. In: A. Wezel, ed. *Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, applications, and making the transition*, pp. 127–154. Hackensack, USA, World Scientific.
- Smits, R.** 2002. Innovation studies in the 21st century: questions from a user's perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 69(9): 861–883.
- Snapp, S.S. & Pound, B. eds.** 2017. *Agricultural systems: agroecology and rural development*. 2nd edition. Burlington, USA, Elsevier.
- Snapp, S.S., Blackie, M.J., Gilbert, R.A., Bezner Kerr, R. & Kanyama-Phiri, G.Y.** 2010. Biodiversity can support a greener revolution in Africa. *PNAS*, 107(48): 20840–20845 doi:10.1073/pnas.1007199107.

- Snapp, S.S., Mafongoya, P.L. & Waddington, S.** 1998. Organic matter technologies for integrated nutrient management in smallholder cropping systems of southern Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 71(1–3): 185–200. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(98\)00140-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(98)00140-6)
- Sommer, R., Bossio, D., Desta, L., Dimes, J., Kihara, J., Koala, S., Mango, N., Rodriguez, C., Thierfelder, C. & Winowiecki, L.** 2013. *Profitable and sustainable nutrient management systems for East and Southern African smallholder farming systems – challenges and opportunities. A synthesis of the Eastern and Southern African situation in terms of past, experiences, present and future opportunities in promoting nutrient use in Africa*. CIAT/The University of Queensland/QAAFI/CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/4035>
- Sorensen, N.N., Lassen, A.D., Loje, H. & Tetens, I.** 2015. The Danish Organic Action Plan 2020: Assessment method and baseline status of organic procurement in public kitchens. *Public Health Nutrition*, 18(13): 2350–2357. <http://doi.org/10.1017/S1368980015001421>
- Sourisseau, J.-M.** ed 2014 *Family farming and the worlds to come*. Springer.
- Spaargaren, G.** 2011. Theories of practice: agency, technology and culture: exploring the relevance of practice theories for the governance of sustainable consumption practices in the new world-order. *Global Environmental Change* 21(3): 813–822.
- Spedding, C.R.W.** 1996. *Agriculture and the citizen*. London, Chapman and Hall. 282 pp.
- Spielman, D. J.** 2007. Pro-poor agricultural biotechnology: can the international research system deliver the goods? *Food Policy*, 32, 189–204.
- Springmann, M., Godfray, H.C., Rayner, M. & Scarborough, P.** 2016. Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proc Natl Acad Sci USA*, 113: 4146–4151.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., de Vries, W. et al.** 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562(7728): 519–525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>
- St-Louis, M., Schlickerrieder, J. & Bernoux, M.** 2018. *The Koronivia Joint Work on Agriculture and the convention bodies: an overview*. Rome, FAO. 19 pp.
- Stassart, P.M., Baret, P.V., Grégoire, J.C., Hance, T., Mormont, M., Reheul, D., Stilmant, D., Vanloqueren, G. & Visser, M.** 2012. L'agroécologie: trajectoire et potentiel. Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. In: D. Van Dam, M. Streith, J. Nizet & P.M. Stassart, eds. *Agroécologie, entre pratiques et sciences sociales*, pp. 27–51. Dijon, France, Educagri.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R. et al.** 2015. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223): 1259855. doi:10.1126/science.1259855
- Stone, G.D. & Glover, D.** 2017. Disembedding grain: Golden Rice, the Green Revolution, and heirloom seeds in the Philippines. *Agriculture and Human Values*, 34 1): 87–102. <https://doi.org/10.1007/s10460-016-9696-1>
- Stone, G.D.** 2011. Field versus farm in Warangal: Bt cotton, higher yields, and larger questions. *World Development*, 39(3): 387–398.
- Struik, P.C., Klerkx, L., van Huis, A. & Röling, N.G.**, 2014. Institutional change towards sustainable agriculture in West Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 12(3): 203–213.
- Sukhdev, P.P., May, P. & Müller, A.** 2016. Fixing food metrics. *Nature*, 540(7631): 33–34.
- Sutton, M.A., Oenema, O., Erisman, J.W., Leip, A., van Grinsven, H. & Winiwarter, W.** 2011. Too much of a good thing. *Nature*, 472(7342): 159–161. <http://dx.doi.org/10.1038/472159a>
- Swaney, D.P., Hong, B., Ti, C., Howarth, R.W. & Humborg, C.** 2012. Net anthropogenic nitrogen inputs to watersheds and riverine N export to coastal waters: a brief overview. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(2): 203–211. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2012.03.004>
- sWezel, A. & David, C.** 2012. Agroecology and the food system. In: E. Lichtfouse, ed. *Agroecology and strategies for climate change*, pp 17–34. Sustainable Agriculture Reviews, 8. Dordrecht, Netherlands, Springer.
- Synder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L. & Fixen, P.** 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133(3–4): 247–266. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.021>
- Talukder, A., Kiess, L., Huq, N., Pee, S. de, Darnton-Hill, I. & Bloem, M.W.** 2000. Increasing the production and consumption of Vitamin A-rich fruits and vegetables: lessons learned in taking the Bangladesh homestead gardening programme to a national scale. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(2): 165–172.
- Tamirat, T.W., Pedersen, S.M. & Lind, K.M.** 2018. Farm and operator characteristics affecting adoption of precision agriculture in Denmark and Germany. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil & Plant Sci.*, 68(4): 349–357. doi:10.1080/09064710.2017.140 2949.
- Tan, S. & Chen, W.** 2018. How to build consumers' trust in community supported agriculture – the case of four seasons share organic farm in Huizhou, Guangdong Province. *China Agricultural University Journal of Social Sciences Edition*, 35(4): 103–116.
- Tansley, A.G.** 1935. The use and abuse of vegetational terms and concepts. *Ecology*, 16(3): 284–307. doi:10.2307/1930070
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity).** 2018. *TEEB for agriculture & food: scientific and economic foundations*. Geneva, Switzerland, UN Environment.
- TEEB.** 2010. *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. P. Kumar, ed. London, Earthscan. 456 pp.
- Tengö, M., Brondizio, E.S., Elmqvist, T., Malmer, P. & Spierenburg, M.** 2014. Connecting diverse knowledge systems for enhanced ecosystem governance: the multiple evidence base approach. *AMBIO*, 43(5): 579–591.

- Thaler, R. & Sunstein, C. 2009. *Nudge – Improving decisions about health, wealth and happiness*. London, Penguin.
- Thierfelder, C., Niassy, S., Midega, C., Sevgan, S., van den Burg, J., Prasanna, B.M., Baudron, F. & Harrison, R.D. 2018. Low-cost agronomic practices and landscape management approaches to control FAW. In: B.M. Prasanna, J.E. Huesing, R. Eddy & V.M. Peschke, eds. *Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management*, pp. 89–96. Mexico, CDMX: CIMMYT.
- Thompson, J. & Scoones, I. 2009. Addressing the dynamics of agri-food systems: an emerging agenda for social science research. *Environmental Science and Policy*, 12(4): 386–397.
- Thorne, P.J., Subba, D.B., Walker, D.H., Thapa, B., Wood, C.D. & Sinclair, F.L. 1999. The basis of indigenous knowledge of tree fodder quality and its implications for improving the use of tree fodder in developing countries. *Animal Feed Science and Technology*, 81(1–2): 119–131.
- Tietz, A., Forstner, B. & Weingarten, P. 2013. Non-agricultural and supra-regional investors on the German agricultural land market: an empirical analysis of their significance and impacts. *German Journal of Agricultural Economics*, 62(2): 86–98.
- Tilman, D. & Clark, M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515: 518–522.
- Timmermann, C. & Félix, G.F. 2015. Agroecology as a vehicle for contributive justice. *Agriculture and Human Values*, 32(3): 523–538. <https://doi.org/10.1007/s10460-014-9581-8>
- Tischler, W. 1965. *Agrarökologie*. Jena, Germany, Gustav Fischer Verlag. 499 pp.
- Tittonell, P., Zingore, S., van Wijk, M.T., Corbeels, M. & Giller, K. E. 2007. Nutrient use efficiencies and crop responses to N, P and manure applications in Zimbabwean soils: exploring management strategies across soil fertility gradients. *Field Crops Research*, 100(2–3): 348–368. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.09.003>
- Tiwari, T.P., Virk, D.S. & Sinclair, F.L. 2009. Rapid gains in yield and adoption of new maize varieties for complex hillside environments through farmer participation. I. Improving options through participatory varietal selection (PVS). *Field Crops Research*, 111: 137–143.
- Toledo, V.M. & Barrera-Bassols, N. 2017. Political agroecology in Mexico: a path toward sustainability. *Sustainability*, 9(2): 268. doi:10.3390/su9020268
- Torres, B., Vasco, C., Günter, S. & Knoke, T. 2018. Determinants of agricultural diversification in a hotspot area: evidence from colonist and indigenous communities in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Sustainability*, 10: 1432.
- Traore, M., Thompson, B. & Thomas, G. 2012. *Sustainable nutrition security. Restoring the bridge between agriculture and health*. Rome, FAO.
- Traore, M., Thompson, B. & Thomas, G. 2012. *Sustainable nutrition security. Restoring the bridge between agriculture and health*. Rome, FAO.
- Trouche, G., Vom Brocke, K., Temple, L. & Guillet, M. 2016. *Analyse de l'impact des programmes de sélection participative du sorgho conduits au Burkina Faso de 1995 à 2015*. Rapport final validé par le chantier ImpresS. Montpellier, France, CIRAD. 205 p. <http://agritrop.cirad.fr/5809>
- Tucker, G.M. & Heath, M.F. 1994. *Birds in Europe. Their conservation status*. Birdlife Conservation Series No. 3. Cambridge, UK, Birdlife International.
- Twomlow, S., Rohrbach, D., Dimes, J., Rusike, J., Mupangwa, W., Ncube, B., Hove, L., Moyo, M., Mashigaidze, N. & Mahposa, P. 2010. Micro-dosing as a pathway to Africa's Green Revolution: evidence from broad-scale on-farm trials. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 88: 3–15.
- UN (United Nations). 1966. International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights. <http://www.ohchr.org/EN/ProfessionalInterest/Pages/CESCR.aspx>
- UN. 2015. *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. A/RES/70/1. New York, USA. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- UN. 2015. *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. A/RES/70/1. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- UNCESCR (UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights). 1999. General Comment No. 12, on the Right to Adequate Food. UN doc. E/C/12/1999/5. <http://www.ohchr.org/EN/Issues/Food/Pages/FoodIndex.aspx>
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2002. *Escaping the poverty trap. The least developed countries report*. New York, USA, United Nations.
- UNCTAD. 2013. *Commodities and development report: perennial problems, new challenges and evolving perspectives*. UNCTAD/SUC/2011/9. <https://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=503>
- UNGA (United Nations General Assembly). 2014. *Final report: the transformative potential of the right to food*. Report of the Special Rapporteur on the right to food, Olivier De Schutter, A/HRC/25/57. New York, USA. www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20140310_finalreport_en.pdf
- UNGA. 2018. *United Nations Declaration on the Rights of Peasants and Other People Working in Rural Areas*. Resolution adopted by the General Assembly on 17 December 2018, A/RES/73/165. New York, USA. <https://undocs.org/en/A/RES/73/165>
- USDA (United States Department of Agriculture). 2015. *Crop production practices for corn*. Washington, DC.
- Vagen, T-G, Winowiecki, L.A., Neely, C., Chesterman, S. and Bourne, M. (2018). Spatial assessments of soil organic carbon for stakeholder decision making – a case study from Kenya. *Soil*, 4: 259-266. <https://doi.org/10.5194/soil-4-259-2018>

- Valin, H., Sands, R.D., van der Mensbrugghe, D., Nelson, G.C., Ahammad, H., Blanc, E., Bodirsky, B. et al.** 2014. The future of food demand: understanding differences in global economic models. *Agricultural Economics*, 45(1): 51–67.
- van der Veen, M.** 2010. Agricultural innovation: invention and adoption or change and adaptation? *World Archaeology*, 42(1): 1–12.
- van Etten, J., Beza, E., Calderer, L., van Duijvendijk, K., Fadda, C., Fantahun, B., Kidane, Y.G. et al.** 2019. First experiences with a novel farmer citizen science approach: crowdsourcing participatory variety selection through on-farm triadic comparisons of technologies. *Experimental Agriculture*, 55(S1): 275–296.
- van Huis, A. & Meerman, F.** 1997. Can we make IPM work for resource-poor farmers in sub-Saharan Africa? *International Journal of Pest Management*, 43(4): 313–320.
- van Huis, A.** 1981. *Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua*. PhD Thesis. Wageningen University.
- van Ittersum, M.K., van Bussel, L.G.J., Wolf, J., Grassini, P., van Wart, J., Guilpart, N., Claessens, L. et al.** 2016. Can sub-Saharan Africa feed itself? *PNAS*, 113(52): 14964–14969. https://www.klv.nl/media/uploads/van_ittersum.pdf
- Van Meensel, J., Lauwers, L., Kempen, I., Dessein, J. & van Huylenbroeck, G.** 2012. Effect of a participatory approach on the successful development of agricultural decision support systems: The case of Pigs2win. *Decision Support Systems*, 54(1): 164–172.
- van Noordwijk, M., Namirembe, S., Catacutan, D., Williamson, D. & Gebrekirstos A.** 2014. Pricing rainbow, green, blue and grey water: tree cover and geopolitics of climatic teleconnections. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 41–47.
- van Noordwijk, M., Duguma, L. A., Dewi, S., Leimona, B., Catacutan, D. C., Lusiana, B., ... Minang, P. A.** (2018). SDG synergy between agriculture and forestry in the food, energy, water and income nexus: reinventing agroforestry? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 34, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.09.003>
- Vandermeer, J. & Perfecto, I.** 2013. Complex traditions: intersecting theoretical frameworks in agroecological research. *Journal of Sustainable Agriculture*, 37(1): 76–89. <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.717904>
- Vanloqueren, G. & Baret, P.V.** 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy*, 38(6): 971–983. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.02.008>
- Varghese, S. & Hansen-Kuhn, K.** 2013. *Scaling up agroecology*. IATP. https://www.iatp.org/sites/default/files/2013_10_09_ScalingUpAgroecology_SV_0.pdf
- Vijayalakshmi, K. & Thooyavathy, R.A.** 2012. Nutritional and health security through integrated gardens for women's empowerment: the ClKS experience. *Universitas Forum*, 3(1).
- Von Braun, J. & Birner, R.** 2017. Designing global governance for agricultural development and food and nutrition security. *Rev. Dev. Econ.*, 21: 265–284. doi:[10.1111/rode.12261](https://doi.org/10.1111/rode.12261)
- von Hippel, E.** 2004. *Democratizing innovation*. Cambridge, USA, MIT Press.
- von Schomberg R., ed.** 2011. *Towards responsible research and innovation in the information and communication technologies and security technologies fields*. Luxembourg, Publications Office of the European Union. doi: 10.2777/58723 <https://philpapers.org/archive/VONTRR.pdf>
- Wackernagel, M. & Rees, W.** 1996. *Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth*. Philadelphia, USA, New Society Publishers. 160 pp.
- Wackernagel, M. et al.** 2014. "Chapter 24: Ecological footprint accounts: from research question to application," in *Handbook of Sustainable Development: Second Revised Edition*, eds G. Atkinson, S. Dietz, E. Neumayer, and M. Agarwala (Cheltenham: Edward Elgar Publishing), 371–396.)
- Waddington, S. ed.** 2003. *Grain legumes and green manures for soil fertility in Southern Africa: taking stock of progress*. Proceedings of a Conference held 8–11 October, 2002 at the Leopard Rock Hotel, Vumba, Zimbabwe. Harare, Soil Fert Net and CIMMYT-Zimbabwe.
- Watts, M. & Williamson, S.** 2015. *Replacing chemicals with biology: phasing out highly hazardous pesticides with agroecology*. Penang, Malaysia, PAN Asia Pacific. 208 pp.
- Wezel, A. & Silva, E.** 2017. Agroecology and agroecological cropping practices. In: A. Wezel, ed. *Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, applications, and making the transition*, pp. 19–51. Hackensack, USA, World Scientific Publishing.
- Wezel, A. & Soldat, V.** 2009. A quantitative and qualitative historical analysis of the discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1): 3–18.
- Wezel, A.** 2017. *Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, applications, and making the transition*. Hackensack, USA, World Scientific Publishing. 485 pp.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. & David, C.** 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4): 503–515.
- Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J.F., Ferrer, A. & Peigné, J.** 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1): 1–20.
- Wezel, A., Fleury, Ph., David, C. & Mundler, P.** 2015. The food system approach in agroecology supported by natural and social sciences: topics, concepts, applications. In: N. Benkeblia, ed. *Agroecology, ecosystems and sustainability*, pp. 181–199. Boca Raton, USA, CRC Press.
- Wezel, A., Goette, J., Lagneaux, E., Passuello, G., Reisman, E., Rodier, C., & Turpin, G.** 2018b. Agroecology in Europe: research, education, collective action networks, and alternative food systems. *Sustainability*, 10(4), 1214. doi:10.3390/su10041214.

- Wezel, A., Goris, M., Bruil, J., Félix, G.F., Peeters, A., Bàrberi, P., Bellon, S. & Migliorini, P. 2018a. Challenges and actions points to amplify agroecology in Europe. *Sustainability* 10(5): 1598. <https://doi.org/10.3390/su10051598>
- White, A., Gallegos, D. & Hundloe, T. 2011. The impact of fresh produce specifications on the Australian food and nutrition system: a case study of the north Queensland banana industry. *Public Health Nutrition*, 14(8): 1489–1495.
- WHO (World Health Organization). *Food safety website*. https://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/
- Wibbelmann, M., Schmutz, U., Wright, J., Udall, D., Rayns, F., Kneafsey, M., Trenchard, L., Bennett, J. & Lennartsson, M. 2013. *Mainstreaming agroecology: implications for global food and farming systems*. Centre for Agroecology and Food Security Discussion Paper. Coventry, UK, Centre for Agroecology and Food Security.
- Wiedmann, T. & Barrett, J. 2010. A Review of the Ecological Footprint Indicator—Perceptions and Methods, *Sustainability*, 2: 1645–1693. <https://www.mdpi.com/2071-1050/2/6/1645/pdf>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T. *et al.* 2019. Food in the anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet Commissions*, 393(10170): 447–492. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Williams, D.R., Alvarado, F., Green, R.E., Manica, A., Phalan, B. & Balmford, A. 2017. Land-use strategies to balance livestock production, biodiversity conservation and carbon storage in Yucatan, Mexico. *Global Change Biology*, 23: 5260–5272.
- Wiskerke, J.S.C. & van der Ploeg, J.D., eds. 2004. *Seeds of transition: essays on novelty production, niches and regimes in agriculture*. Assen, Netherlands, Van Gorcum.
- Wittman, H. & Blesh, J. 2017. Food sovereignty and *Fome Zero*: connecting public food procurement programmes to sustainable rural development in Brazil. *Journal of Agrarian Change*, 17(1): 81–105.
- Wittman, H., & Blesh, J. 2017. Food sovereignty and *Fome Zero*: connecting public food procurement programmes to sustainable rural development in Brazil. *Journal of Agrarian Change*, 17(1): 81–105. <https://doi.org/10.1111/joac.12131>
- World Bank. 2006. *Repositioning nutrition as central to development: a strategy for large-scale action*. Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7409>
- World Bank. 2007a. *Enhancing agricultural innovation: how to go beyond the strengthening of research systems*. Washington DC.
- World Bank. 2007b. *World Development Report 2008: Agriculture for development*. Washington, DC.
- World Bank. 2010. *Innovation policy: a guide for developing countries*. Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2460>
- World Bank. 2012. *Agricultural innovation systems: an investment sourcebook: Main report*. Agricultural and rural development (ARD) case study. Washington, DC. 660 pp.
- World Bank. 2018. *The World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org/>
- WSFS (World Summit on Food Security). 2009. *Declaration of the World Summit on Food Security*. Rome, 16–18 November 2009. WSFS 2009/2. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final_Declaration/WSFS09_Declaration.pdf
- Wyckhuys, K.A.G. & O'Neil, R.J. 2007. Local agro-ecological knowledge and its relationship to farmers' pest management decision making in rural Honduras. *Agriculture and Human Values*, 24(3): 307–321.
- Wyckhuys, K.A.G., Zhang, W., Prager, S.D., Kramer, D.B., Delaquis, E., Gonzalez, C.E. & van der Werf, W. 2018. Biological control of an invasive pest eases pressures on global commodity markets. *Environmental Research Letters*, 13(9).
- Wyckhuys, K.A.G. & O'Neil, R.J. 2010. Social and ecological facets of pest management in Honduran subsistence agriculture: implications for IPM extension and natural resource management. *Environment, Development and Sustainability*, 12(3), 297–311.
- Wyckoff, A. 2016. *Measuring science, technology and innovation*. Paris, OECD. 40 pp. <https://www.oecd.org/sti/STI-Stats-Brochure.pdf>
- Xin, C. & Liangliang, H. 2018. Rice-fish co-culture system. In: L. Shiming, ed. *Agroecological rice production in China: restoring biodiversity interaction*, pp. 47–62. Rome, FAO.
- Yanfang, F., Foden, J.A., Khayter, C., Maeder, M.M., Reyon, D., Joung, J.K. & Sander, J.D. 2013. High-frequency off-target mutagenesis induced by CRISPR-Cas nucleases in human cells. *Nature Biotechnology*, 31(9): 822–826. <https://doi.org/10.1038/nbt.2623>
- Yang L., Liu, M., Lun, F., Min, Q., Zhang, C. & Li, H. 2018. Livelihood assets and strategies among rural households: comparative analysis of rice and dryland terrace systems in China. *Sustainability*, 10(7): 2525.
- Yin, K.Q., Gao, C.X. & Qiu, J.L. 2017. Progress and prospects in plant genome editing. *Nature Plants*, 3(8): 17107.
- Zeza, A. & Tasciotti, L. 2010. Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*, 35(4): 265–273.
- Zhang Y., Min, Q., Li, H., He, L., Zhang, C. & Yang, L. 2017. A conservation approach of Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS): improving traditional agricultural patterns and promoting scale-production. *Sustainability*, 9(2): 295.
- Zhou, X., Helmers, M.J., Asbjornsen, H., Kolka, R., Tomer, M.D. & Cruse, R.M. 2014. Nutrient removal by prairie filter strips in agricultural landscapes. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69: 54–64.

附录

A1 采取创新办法实现可持续粮食系统，改善粮食安全和营养

本附录简要介绍了第 2 章中提及的每种选定方法，希望受众能认识其独特优势和显著特征，并以此为范例制定其他方法。无论是在文献中还是在实践中，有很多方法都声称涵盖粮食安全和营养的各个方面（高专组，2016），但有很多重叠之处。没有一种方法能涵盖粮食安全与营养向可持续粮食系统转型的所有方面，本文也未介绍这种所谓全面的方法，来暗示存在所谓“品牌”之争。相反，本文认为，这些方法之间的对话可以促进相互学习，使各自变得更有效、更全面。从这个意义上说，我们并非在按等级进行分层或分类。

相关方法可能截然不同，涉及粮食链的不同方面，并纳入关于如何最好地实现可持续粮食系统来改善粮食安全与营养的不同观点。为了对这些方法进行分类，本文首先以促进粮食安全与营养为筛选标准，编制了一份广为宣传的创新方法清单。然后，通过将非常类似的方法（如可持续集约化，包括养护性农业）结合起来，然后将有区别的方法进行拆分，反复完善了这份清单。

本文列入了一类基于权利的办法，因为从基于权利的角度出发，产生的结果显然与基于其他方法所产生的结果截然不同（Wittman，2011 年）。

另一方面，考虑到减少粮食浪费和损失是一个跨部门的重要问题，第 4 章就此问题介绍了相关举措的各个方面，因此本附录不再赘述。

A. 基于权利的方法，包括粮食主权、女性赋权和食物权

若干改善粮食安全与营养的方法可归为基于权利的方法。这些方法涵盖政治、社会、经济和文化权利，包括粮食主权、食物权、粮食正义和增强妇女赋权，这些权利被视为实现可持续粮食系统、改善粮食安全与营养的关键领域。

粮食主权

“粮食主权”是 1996 年在联合国世界粮食首脑会议上首次由“农民之路”⁵⁵的小规模生产者领导的社会运动首次提出的概念。此概念的外延广泛，强调人们控制由谁生产粮食、如何生产粮食和生产何种粮食的权利。粮食主权作为一种概念框架的关键要素包括：建立更公平的贸易关系；实施土地改革；保护知识产权和土著土地权利；采取农业生态生产做法；促进两性平等（Wittman，2011 年）。粮食主权的概念旨在确保贸易和市场安排透明、民主、公平（Windfuhr 和 Jonsón，2005；

⁵⁵ “农民之路”是一个国际运动，旨在协调来自亚洲、非洲、美洲和欧洲的中小型农民组织、农业工人、农村妇女以及土著和黑人社区。“农民之路”的主要政策之一是捍卫粮食主权。

Fairbairn, 2012)。粮食主权的概念还强调人民参与制定农业政策，并承认农村妇女在农业生产与粮食问题所有方面的基本作用（Burity 等，2010 年）。粮食主权与食物权概念有着许多相互重叠的主题和方法，两者均将食物权视为一项人权，即人们有权选择粮食的生产方式和生产者（Wittman, 2011 年）。粮食主权创新最有可能来自基层进程，通常是通过社会运动的倡导而实现，其明确的受益者是当地居民。

粮食主权原则：粮食主权的七项初步原则包括：(i) 食物权是一项基本人权；(ii) 需要进行农业改革；(iii) 保护自然资源；(iv) 重新组织粮食贸易，支持当地粮食生产；(v) 减少权力的多国集中；(vi) 促进和平；(vii) 加强粮食系统的民主控制（“农民之路”，1996）。

妇女赋权

在许多情况下，性别不平等现象很常见，因为男性对资源、性权利、权威地位和对政治进程拥有更大的控制权，而且在许多文化中，男性具有性别优越感（Lorber, 2005）。增强妇女权能是解决这种不平等的一种办法。这是一个多层面的概念，涵盖社会、经济、心理和政治方面，包括妇女的地位、主动性和自主性（Pratley, 2016）。Kabeer（1999）提出的一般定义是：

“那些被剥夺了作出战略人生选择能力的人获得这种能力的过程。”

“交叉性”一词对于理解妇女赋权非常重要，因为它反映的是种族、性、阶级、性别和其他类别的差异可以以多重、重叠和互动的方式，成为个人、社会和体制层面多种形式的的不平等（Davis, 2008）。

衡量两性平等和妇女赋权的相关概念是复杂和多层面的（Kabeer, 1999）。鉴于全球性别动态的差异、性别关系的多维性质，以及全球不同的社会文化背景，目前没有公认的衡量标准（Hawken 和 Munck, 2013；Hawken 和 Munck, 2007）。尽管如此，很多机构已经制定了许多措施来评估性别平等和妇女赋权（Hawken 和 Munck, 2013）。联合国开发计划署（开发署）制定了“性别相关发展指数”。该指数关注的是那些影响人类在教育、卫生和经济方面能力的性别不平等问题，但不包括若干与可持续发展有关的公平问题，包括时间使用、政治参与和社会机构（开发署，1995；Fukada-Parr, 2003）。开发署还制定了一个“两性平等指数”，其中考虑了三个领域：(i) 收入和就业方面的性别差异；(ii) 教育程度；(iii) 议会、高级行政人员和高资质职位中的性别差距（White, 1997）。“性别差距指数”由世界经济论坛制定，包括与教育、经济、政治和卫生方面有关的指标。这一国家级评价指数综合了工资数据、高技能就业机会、教育程度、政治代表性、预期寿命和性别比数据，指数的范围为 0 到 1，其中 1 表示不存在不平等（Haussman 等，2007）。1997 年，经济合作与发展组织（经合组织）制定了“社会机构和性别指数”，从五个不同方

面评估法律、规范和社会制度中的性别歧视：歧视性家规；身体残疾；重男轻女，资源和资产受限；公民自由受限。“社会机构和性别指数”考虑到了继承权不平等、早婚、对妇女的暴力行为，以及土地和财产权不平等问题。与“性别差距指数”或“两性平等指数”不同的是，得分越低，表明对妇女的歧视越少（Jütting 等，2006，2008）。最后，具体针对农业的指数是“妇女农业权能指数”，这是一项基于调查的指数，通过对妇女和男性进行访谈，评估妇女在农业生产、对生产资源的获取和决策、收入控制和使用、社区领导和时间使用等方面的权能（Alkire 等，2013）。“妇女农业权能指数”已在众多社会背景中得到测试和应用。在孟加拉国、加纳和尼泊尔等国家的实践证明，增强妇女权能有助于改善粮食安全与营养成果（Malapit 等，2017；Sraboni 等，2014；Tsiboe 等，2018）。该指数被认为是一个有效且相对简单的指标，有可能被应用于有关两性平等与农业之间联系的研究、政策和计划（Alkire 等，2013）。

妇女赋权方面的创新和创新制度：有关妇女赋权的创新制度可能侧重于如何增加知识的分享和维护，例如让妇女参与农民研究团队、参与式作物育种，或加大对农业生物多样性和食物制备传统知识的共享（Galié，2014；Humphries 等，2012；Hoffmann，2003；Belahsen 等，2017；Stein 等，2018）。其他创新系统侧重于促进家庭内建立对话、改变性别分工的社区倡议（Bezner Kerr 等，2016）。围绕拉丁美洲粮食主权而动员的社会运动在加强妇女正式获取土地权方面，取得了显著进展，并提高了巴西和玻利维亚妇女的土地所有权比例（Deere，2017）。拉丁美洲农民主导的粮食主权和农业生态倡议开展了多项工作，其中包括建立更公平的家庭和社区关系（Oliver，2017；Rosset 等，2011）。系统的研究发现，增强妇女权能对妇女和儿童的营养有重大、积极的影响（Carlson 等，2015；Cunningham 等，2015；Pratley，2016）。在研究妇女赋权对粮食安全影响的证据后发现，通过开展创新，增加妇女对种子、土地和公共土地等自然资源的获取和控制权，辅以基于权利的教育，就可以显著改善粮食安全与营养（Linares，2009；Sraboni 等，2014）。一项对加纳 4 000 多个家庭的跨部门研究发现，采取措施加强妇女在收入、粮食生产和领导力方面的权能，与粮食安全成果之间有着显著的正相关关系（Tsido 等，2017）。坦桑尼亚联合共和国、贝宁、尼加拉瓜、孟加拉国和南非等国家也发现了类似的正相关关系（Mason 等，2015；Alaofè 等，2017；Schmeer 等，2015；Sharauanga 等，2016；Sraboni 等，2014）。通过建立合作社、种子库或其他社会机制，为妇女创造更公平的市场机会，是另一个对粮食安全与营养有着影响的创新制度（Oumer 等，2014；Linares，2009；Naughton 等，2017）。在诸如生产者和消费者之间存在本地、内嵌关系的市场，能更有效地改善粮食安全与营养（Ávila，2011；Naughton 等，2017）。增加妇女收入机会的一个关键方面，是开展社区对话、让妇女在合作社中担任领导职务，并进行权利教育，改变粮食收入控制权方面的不平等权力关系

（Bezner Kerr 等，2016；Naughton 等，2017）。解决两性在收入决策和控制方面的冲突，是确保取得积极粮食安全成果的关键（Hebo，2014）。增加妇女获取和分享粮食生产知识的机会，是增强妇女权能、促进粮食安全成果的另一种方式（Galié，2014；Humphries 等，2012；Hoffmann，2003；Belahsen 等，2017；Stein 等，2018）。

食物权

各国负有责任和义务根据国际法实现各项人权，包括食物权。《经济、社会及文化权利国际公约》（1966，联合国）规定了这一义务。第 11 条规定，人人享有充足生活水准的权利，包括食物权，以及免于饥饿的权利。第 12 条规定，人人有权享有最高的身心健康标准。各国负有义务尊重食物权，不得采取任何措施妨碍人民获取食物；各国必须保护食物权，确保个人不被剥夺获得充足食物的机会；必须积极开展活动，增加人民获取资源和工具的机会，以确保粮食安全和营养。在人们不能享有食物权的情况下，各国负有义务直接通过粮食援助提供这一权利，但应促进未来的自力更生和粮食安全（联合国经济社会及文化权利委员会，1999）。

食物权方面的创新和创新制度：与食物权有关的创新制度往往侧重于改变国家法律、政策和计划，以确保人民平等获取食物。许多国家一级的“食物权”举措侧重于向无法安全获取食物的人群提供社会援助（Claeys，2015）。一些团体将食物权与影响人们获取和控制粮食的结构性因素联系起来，例如贸易规则或土地获取机会（Claeys，2015）。在印度，宪法保障人民的生命安全，并要求国家提高所有公民的营养水平。2001 年，民间社会团体向法院提起诉讼，要求承认所有公民的食物权，最高法院最终支持他们的诉求。因此，国家颁布的各种粮食、社会保障和生计计划已成为一项法定权利，而不是福利计划；国家还制定了新的计划，供监测这些计划的遵守情况。此外，国家规定所有学校膳食计划必须在当地烹饪热餐，并特别关注最容易受粮食不安全影响的人群（Mander，2012）。

粮食正义

粮食正义是城市贫民提出的概念和社会运动方法，与城市粮食安全与营养关切之间具有重要联系。粮食正义可以定义为“在粮食系统内发生的反对种族主义、剥削和压迫的斗争，旨在解决食物链内外不平等的根源问题”（Hislop，2014）。作为一项社会运动，粮食正义与现行粮食系统产生的不平等和不对称作斗争，以解决粮食安全与营养问题。

粮食正义的原则或关键方面：解决粮食安全与营养问题的粮食正义方法包括：承认本地粮食生产的重要性；重视边缘化群体的做法和知识，如美国的有色人种；批判霸权粮食模式；关注超加工食品的激增；支持替代生产和消费模式。

粮食正义方面的创新和创新制度：粮食正义方法将解决社会不平等问题、社会创新与粮食系统多个点的可持续粮食生产合为一体。粮食正义创新包括开展社会动员、建立新的组织模式，以及建立网络，以解决系统性不平等问题。工人建立食品合作社、食品行业工人争取公平工资、以及禁止使用影响农民工健康的有毒农药，都是将粮食主权与粮食正义联系起来的粮食正义范例（Alkon，2014）。若干学者指出，粮食主权与粮食正义在概念上有着密切的联系，并指出，由边缘化群体领导的农业生态方法和城市农业，是在城市背景下创建公平粮食制度的途径（Alkon 和 Mares，2012；Chappell 和 Schneider，2016；Heynen 等，2012，参见插图 31）。

插图 31 美国青年的粮食正义和农业生态做法

美国的若干组织和有关社会运动将农业生态方法与解决种族和其他社会不平等问题、社会创新与粮食系统多个点的可持续粮食生产合为一体。粮食正义创新包括开展社会动员、建立新的组织模式，以及建立网络，以解决系统性不平等问题。工人建立食品合作社、食品行业工人争取公平工资、以及禁止使用影响农民工健康的有毒农药，都是将粮食主权与粮食正义联系起来的粮食正义范例（Alkon，2014）。若干学者指出，粮食主权与粮食正义在概念上有着密切的联系，并指出，由边缘化群体领导的农业生态方法和城市农业，是在城市背景下创建公平粮食制度的途径（Alkon 和 Mares，2012；Chappell 和 Schneider，2016；Heynen 等，2012，参见插图 31）。

B. 有机农业

有机农业是一种依靠生态系统管理的生产系统，不允许使用合成化学投入物（无机肥料和农药）。有机农业依靠生态过程和天然养分来源（如堆肥、作物残渣和粪肥），被认为是替代传统农业的环保、经济生产方式（Leifeld，2012），可降低外部投入成本（Jouzi 等，2017）。关于有机农产品的价格溢价，目前有一些禁止和要求的做法和完善的认证程序，尽管发展中国家的一些小规模生产者可能难以获得这些做法（Lyngbaek 等，2002）。

对现有系统的最近研究表明，在某些情况下，与多样化的有机系统相比，传统生产系统的产量较高（Ponisio 等，2015；Reganold 和 Wachter，2016），产量差距从 8%到 20%不等。然而，两项全球研究却发现，在发展中国家，多样化系统的产量比传统系统高出多达 80%（Badgley 等，2007）。有机农业的好处包括生物多样性

和土壤有机质肥力较高，土壤特性较好，但产量不一定更高（Gattinger 等，2012）。有机农业可确保土壤特性的长期稳定，并为农民提供了提高土壤质量的办法，但要缩小有机农业和传统农业之间的产量差距，可能需要相当长的时间（Shrama 等，2018）。最近的建模研究表明，发展有机农业，并在作物组合中纳入足够多的豆类，可在 2050 年以可持续的方式为 90 多亿人提供粮食，并减轻农业对环境的负面影响（Müller 等，2017）。

有机农业原则

欧盟委员会理事会第 834/2007 号条例（EC 2007）列出了其有机农业的总体原则：

- (a) 基于生态系统，利用系统内部的自然资源，适当设计和管理生物过程；
- (b) 限制使用外部投入物；⁵⁶
- (c) 严格规定只有在例外情况下才能使用化学合成投入物（另见 Migliorini 和 Wezel，2017）；⁵⁷
- (d) 必要时根据欧盟委员会第 834/2007 号条例调整有机生产规则，同时考虑到卫生状况、区域气候和地方条件差异、发展阶段和具体的畜牧做法。

以前，国际有机农业运动联合会以四项原则为基础发展有机农业：⁵⁸

- (a) 健康（土壤、植物、动物、人类和地球是一体的，不可分割）；
- (b) 生态（以生物生态系统和周期为基础，将其作为合作、模仿、以及维持的对象）；
- (c) 公平（关于共同的环境和人生机会）；
- (d) 养护（以预防性和负责任的方式管理），以保护后世后代和环境的健康和福祉（国际有机农业运动联合会，2014；Migliorini 和 Wezel，2017）。

2005 年，国际有机农业运动联合会大会通过了一项动议，提议确立更为紧凑的有机农业定义。该定义最终在澳大利亚阿德莱德通过，对上述原则进行了浓缩：

“有机农业是维持土壤、生态系统和人类健康的生产系统。它依靠适应当地条件的生态过程、生物多样性及周期，而不是使用有负面影响的投入物。有机农业将传统、创新和科学相结合，有利于让人们共享的环境受益，促进公平关系，并提高

⁵⁶ 如果需要外部投入物或不存在适当的管理做法和方法，则限于：(i) 有机生产的投入；(ii) 天然或天然衍生物；(iii) 低溶解矿物肥料。

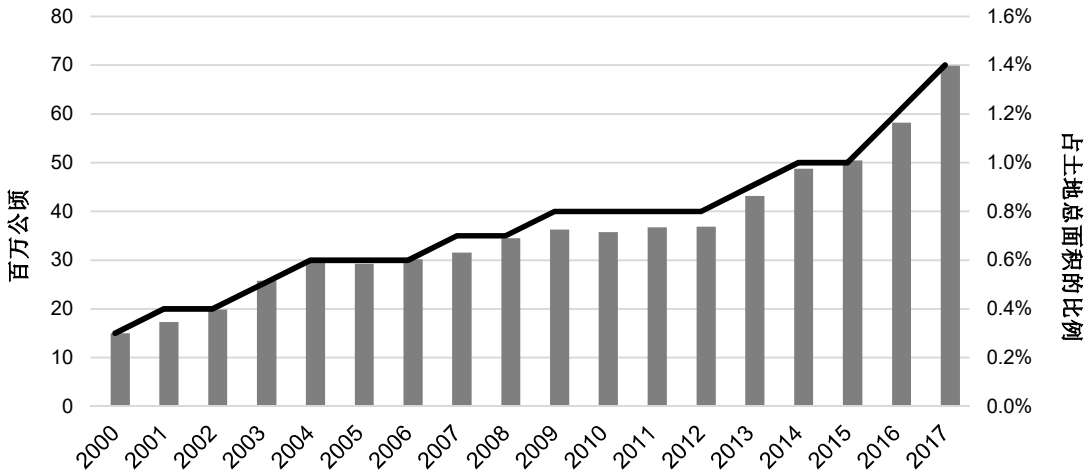
⁵⁷ 例外情况包括：(i) 不存在适当管理做法；(ii) 如果市场上没有（b）款所述的外部投入物；或(iii) 使用第（b）款所述的外部投入物会造成不可接受的环境影响。

⁵⁸ 参见 https://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_english_web.pdf

所有参与者的生活质量。”⁵⁹

有机农业在全球呈兴起之势（Willer 和 Lernoud，编辑，2019）。下图清楚地表明了这一趋势：

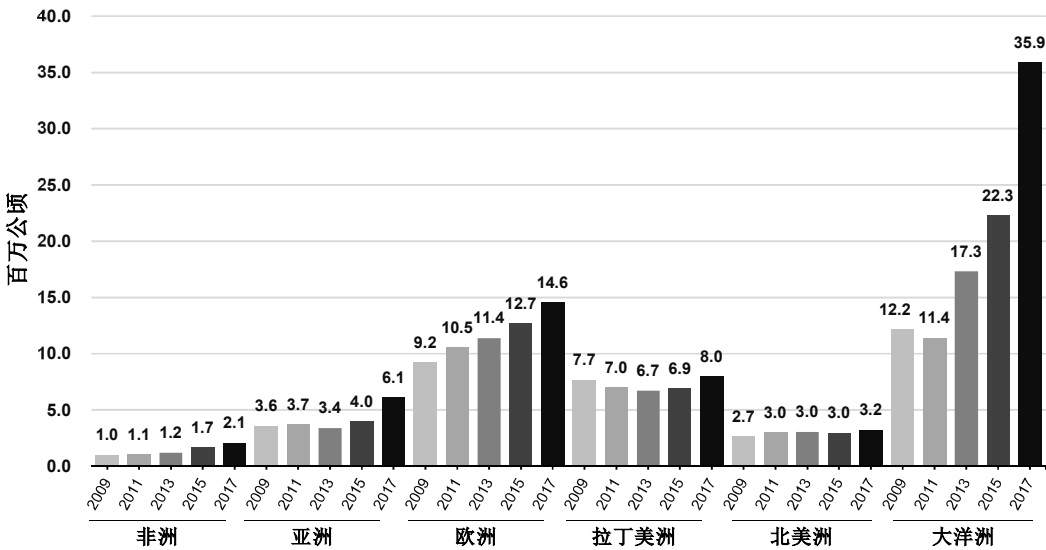
图 11 全球有机农业用地的演变（2000-2017）



资料来源：有机农业研究所和国际有机农业运动联合会，2019 年。另见：

<https://statistics.fibl.org/world/key-indicators-world.html>

图 12 各大陆有机农业用地增长情况（2009-2017）

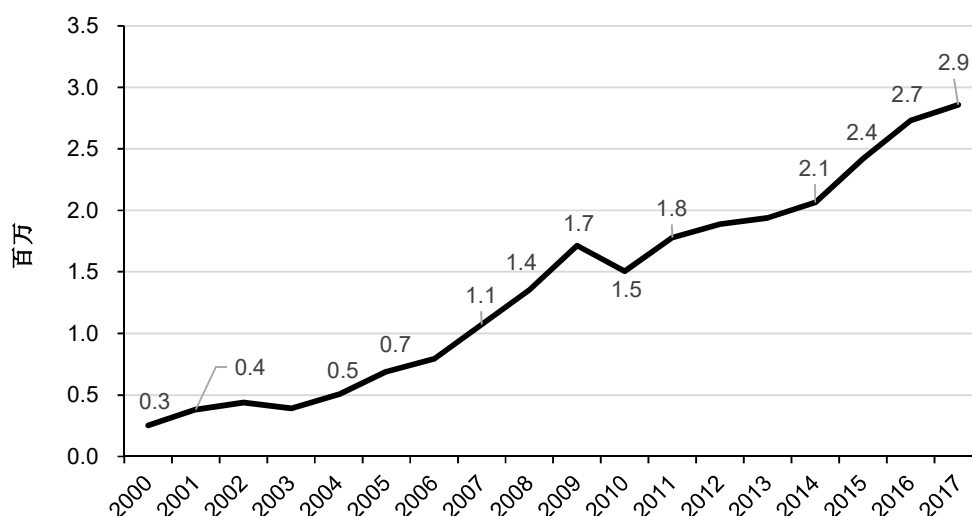


资料来源：有机农业研究所和国际有机农业运动联合会，2019 年。另见：

<https://statistics.fibl.org/world/key-indicators-world.html>

⁵⁹ 参见 <https://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>

图 13 世界有机生产者数量的增长情况（2000-2017）



资料来源：有机农业研究所和国际有机农业运动联合会，2019 年。另见：

<https://statistics.fibl.org/world/key-indicators-world.html>

C. 农林混作

农林混作指林业与农业混合种植的做法（Sinclair, 2004）。农林混作可能发生在田间、农场、生计、景观或全球各层面，是利用树木提供的生态系统服务，实现农业可持续发展和改善营养的一种办法（van Noordwijk 等，2018）。主要的农林混作类型包括农田复合种植业（农田中种植林木）、林牧复合（牧场上种植林木）、种植伴生林木或在多生作物生产系统中种植农作物（如咖啡、可可、茶、橡胶、油棕树和椰子）、森林农业（包括森林放牧和非木材森林产品的有意和控制开发）、多地层生产做法（包括家庭花园）、农场林地，以及农业景观中树木影响农业和农村生计的其他方式（Sinclair, 1999）。

农林混作原则：农林混作做法的基本原则是，利用农业系统中树木提供的生态系统服务，可以在不造成环境退化的情况下，保持高水平的生产力（Anderson 和 Sinclair, 1993），甚至恢复退化的土地（Crossland 等，2018）。这可带来积极的生态和经济影响，与功能更多样的生产做法相关，能增强复原力（Dumont 等，2017），并协调联合国可持续发展目标 1 和 2（结束贫穷和饥饿）与可持续发展目标 14（保护环境）的实现。具体机制包括改善养分和水循环；增加有益土壤生物的数量和活性（Barrios 等，2012）；缓解气候冲击，维持作物产量（Rahn 等，2018；Sida 等，2017）；提高植被和土壤中的碳储量（Mbow 等，2014b）；种植树木产品，促进收入和饮食多样化（Dawson 等，2013）。树木的控制和使用往往因性别而异，性别不平等往往是农林混作发展的一个主要制约因素，因此，人们越来越重视采取性别平等变革行动（Baxter, 2018）。

创新：从 40 前农林混作科学问世开始，地方知识就被公认为一种关键资源，因为虽然关于林木-作物-动物相互作用的科学知识很少，但农民却拥有丰富的经验。他们一直在将林木纳入其农业系统，有时需要经过几代人的努力，有时为了顺应当代变革驱动力而进行混作（Sinclair 和 Walker，1999）。自那以来，一直保持了重视地方知识的传统，并持续开展方法创新，在科学家、农民和决策者的知识系统之间建立联系（Cerdan 等，2012；Dumont 等，2018a，2018b）。在农林混作范式演变的早期，非常强调参与式研究，以了解农民的需求（Raintree，1987），同时在研究站进行对照实验，以了解生态相互作用（Ong 和 Huxley，编辑，1996）。最近，这些努力作为一项发展范式中的研究（而非促进手段）被更加紧密地联系到一起，且研究被应用到了发展实践中（Coe 等，2014）。目前的做法，不再是广泛推广一两个标志性的树种和做法，而是以获取地方知识为框架，吸引利益相关方参与，以确定一系列更加多样、更具包容性、可以适应本地背景的物种和做法（Dumont 等，2017）。通过采用共同学习方法，对大量农民在各种背景下尝试的不同备选方案进行有计划的比较，进而将这种对比学习纳入发展举措的推广活动中，以支持适应工作，并提高其效率（Coe 等，2017）。这一方法通过多方利益相关方创新平台得到促进，并通过生计轨迹建模提供支持，以评估在不同背景下采用不同备选方案是否可能促成根本性变革（Sinclair，2017）。

D. 永续栽培

永续栽培旨在设计以自然结构和功能模式为主要指导原则的生产系统（Baldwin，2005）。永续栽培理念考虑到自然生态系统本质上是复杂的，本质上也可以定义为“与自然共处”，而不是用简单化的观点对任何农业系统进行概念化的描述（Baldwin，2005；Mollison，1988）。“永续栽培”一词还扩展为另外两种表达方式——“永久栽培”和“永久农业”，因为人们广泛认识到，社会价值是粮食系统的必要条件，而且所有形式的农业不可避免地都基于文化价值观。

永续栽培的概念还包括景观设计、水资源综合管理、可持续建筑，以及开发可再生和可自我维持生境的整个概念（Holmgren，2002，2013）。永续栽培最初由澳大利亚的生态学家、塔斯马尼亚大学教授比尔·莫利森（Bill Mollison）和他的研究生大卫·霍尔姆格伦（David Holmgren）基于他们对大自然的观察在 20 世纪 70 年代提出，目前，这种种植方法遍布世界各地（Ferguson 和 Lovell，2014）。各大洲不同国家有许多永久栽培中心（**插图 11**）。

永续栽培原则：永续栽培系统以三个核心原则和十二项设计原则为基础（Mollison，1988；Holmgren，2002）。核心原则是：

- 爱护地球；

- 关爱人民；
- 公平分享：管理我们的需要，并将剩余产品和废物返还到栽培系统中。

根据农业生态方法的包容性概念（Guzmán 和 Woodgate, 2013），永续栽培强调人类与环境之间的道德关系（Veteto 和 Lockyer, 2008; Holmgren, 2002; Ferguson 和 Lovell, 2015），可归为多种替代性农业流派（Veteto 和 Lockyer, 2008; Holmgren, 2002; Ferguson 和 Lovell, 2015）。与设计和管理农业生态系统的农业生态方法类似，永续栽培基本上强调利用生态原则来生产粮食。其中一些原则强调尽量减少能源和水的使用、整合畜牧和种植业、回收养分、避免使用农药和化肥等化学品、最大限度地增加生物多样性，并改善土壤健康（Hathaway, 2016）。提出在设计整个生产系统时应基于强调景观模式、功能和物种一体化的整体方法，是向可持续粮食系统转型过程中取得的一大进步。永续栽培原则非常明确地指出，应在其组成部分（植物、动物、土壤、气候、人类劳动和知识）之间产生协同作用，从而最大限度地加强联系和协作，而不是竞争。

E. 可持续集约化

自 2009 年以来，“可持续集约化”一词在科学出版物中的使用和出现频率日益增加，自 2013 年以来更是显著增加。Pretty 等（1996）和 Pretty（1997）最初将其定义为：

“在目前未改善或已退化的地区，产量大幅度增长，同时保护甚至再造自然资源”。

粮农组织（2011）将可持续作物生产集约化描述为“在节约资源、减少对环境的负面影响、加强自然资本和生态系统服务流动的同时，在同一地区生产更多作物”。

虽然大多数国际和国家研究和政策组织都渴望开展可持续集约化对话，但许多行为者都阐明了对话的原则，而且并不总是一致（Wezel 等，2015）。这遭来了一些批评，认为其实际组成要素难以确定，可能被农业工业集约化支持者用作“一切照旧”的幌子（Loos 等，2014）。有人建议，可持续集约化的支持者需要澄清可持续集约化与工业化农业的不同之处，解决不加区别地进行集约化的问题，并更加注重折衷取舍（Kuyper 和 Struik, 2014）。

已明确阐述的**可持续集约化原则**包括：

- 增加产量，尽可能不转换土地用途，增加使用劳动力、自然光和知识等可再生资源（Flavell, 2010; Godfray 等，2010; Pretty 等，2011; Firbank 等，2013）。

- 提高资源利用效率，优化外部投入的应用（粮农组织，2011；Bos 等，2013；Friedrich 等，2012；Matson 等，1997；McCune 等，2011；Pretty 1997，2007）。
- 尽量减少粮食生产对环境的直接负面影响（皇家学会，2009；Pretty 等，2011；Firbank 等，2013）。
- 弥补现有产量不佳农田的产量缺口（Bos 等，2013；Garnett 等，2013；Mueller 等，2012）。
- 提高作物品种和牲畜品种的利用率（Carswell，1997；McCune 等，2011；Pretty，2007；Ruben 和 Lee，2000）。
- 改变人类饮食，减少粮食浪费（Bos 等，2013；Garnett 等，2013），以社会可以接受的方式提高生产力（Garnett 等，2013）也是被提及的目标，尽管并非一贯如此。

得到推广的具体可持续集约化做法包括：合成肥料的微量施用、精准农业、土壤试验、水土保持、种子间隔、水源保护、保护性耕作、改良作物轮作，以及使用残留的活覆盖物来覆盖土壤；使用豆类，覆盖作物和填闲作物轮作，以及经济植物篱、农林混作和病虫害综合管理；植物育种、杂交、生物强化、标记添加选择、组织培养、DNA 重组、牲畜杂交、人工授精、胚胎移植、包容性农业产业链、小额保险、农业金融、价值链、农业合作社、培训、教育和推广（Wezel 等，2015；Kuyper 和 Struik，2014；Montpellier 小组，2013）。还特别提到使用蚯蚓堆肥、农场机械化、使用精准技术提高灌溉和养分使用效率、使用包括转基因作物在内的高产品种，以及牲畜作物生产一体化。

创新：可持续集约化的创新方法着眼于通过提高生产力解决饥饿和营养不良问题，但与过去的“绿色革命”方法不同的是，创新以此为目标，强调提高限定地块上的种植效率，并减少环境影响（土地节约，而不是土地共享）。可持续集约化主要支持来自科研界的技术创新，如先进的育种技术和精准的投入。范例之一是开发抗/耐生物和非生物胁迫的改良作物品种。在创新传播方面，可持续集约化强调提高经济或生产率的好处（Mockshell 和 Kamanda，2017），并和市场解决方案建立密切的联系，作为扩大创新的途径。

F. 气候智能型农业

近年来，农业研究和发展的方向已转向推广最佳做法，在气候变化和多变性变幻莫测的大背景下，提高农业和自然生态系统功能的生产力和复原力。粮农组织（2010）指出，气候智能型农业是指在保持和改善自然资源基础的同时，可持续地增加农业生产的技术、做法和方法。气候智能型农业涵盖可持续发展的所有三大支柱（环境、经济和社会），并在气候不断变化的背景下，满足人们对粮食、饲料、

燃料和纤维日益增长的需求。

气候智能型农业原则：气候智能型农业的概念因其“三赢”支柱，日益被公认为适应气候变化的主要切入点。“三赢”支柱强调：

- i. 通过可持续地提高农场生产力，应对粮食安全挑战；
- ii. 通过培养抵御能力，提高农民的适应能力；
- iii. 在可能的情况下，带头减少农业中的温室气体排放（粮农组织，2010，Lipper 等，2014）。

在生产力“支柱”下，气候智能型农业的目标是提高作物产量，增加土壤生产潜力，增加收入，减少环境压力。从这个意义上说，其方向与可持续集约化基本相同；然而，气候智能型农业通过其余两个“支柱”强调与气候变化有关的方面，因此有所不同。在适应“支柱”下，气候智能型农业的目标是减少短期风险，增强适应能力，增强复原力，加强生态系统服务的提供和保护。在减缓“支柱”下，目标是减少温室气体排放，减少农业对气候变化的影响（粮农组织，2010；Lipper 等，2014）

创新：气候智能型农业不是一种新的单一规范性方法，也不是一套做法，而是通常需要通过实地评估，来确定适当合宜的生产技术和做法（Williams 等，2015）。气候智能化的驱动因素有很多，而且往往因当地生物物理梯度而异，包括气候和土壤所定义的梯度，以及以社会经济因素和农业企业为核心的梯度。与可持续集约化类似，气候智能型农业做法和方法会考虑到对自然资源基础的可持续管理及社会生态复原力的贡献（Lipper 等，2014）。然而，气候智能型农业一般不提出具体的实施蓝图，而是非常注重技术、政策和供资（Saj 等，2017）。围绕气候变化的科学辩论集中在两个方面：三大支柱是否确实能够同时实现？或者这些目标之间是否存在差异？（Saj 等，2017）

G. 营养敏感型农业

营养敏感型农业是“以粮食为基础的农业发展方法，将营养丰富的食物、饮食多样性和食品强化作为克服营养不良和微量营养素缺乏的核心”（粮农组织，2014a）。营养敏感型农业承认营养食品对人类发展至关重要，承认粮食和农业对农村社区的社会、文化和经济意义，以及营养教育有助于实现健康成果。具体包括一系列战略，包括生物强化、家庭粮食生产系统、水产养殖、乳业、牲畜养殖和灌溉计划、营养食品价值链和观察性研究（Ruel 等，2018）。过去十年来，政策一级（例如粮农组织，2013；世界银行，2007）更加关注农业与营养之间的联系，导致为实施对营养敏感的农业而开展的研究激增，且往往与对性别问题的关注有关（Hawkes 等，2012；Ruel 等，2018）。

创新：最有效地解决营养问题的营养敏感方法考虑到不同弱势群体主动性水平的差异问题，包括性别动态（Ruel 等，2013；Glover 和 Poole，2019）。例如，很多创新社会保护计划通过出台公共政策，加强生产者和消费者的粮食安全与营养，巴西“家庭补助计划”下的现金补助就是如此（Rocha，2009；Chappell，2018）。

扩大教育可以通过多种途径（迄今仅有少数经过实际检验）改善粮食安全与营养：教授健康和营养知识；教授算术和识字，从而让人们更多地学习营养和农业信息；让人们接触新的想法，让他们愿意承担新技术（如医学）的风险；增强自信心，进而影响妇女赋权（Ruel 等，2013）。目前已实施采用参与式方法的创新教育战略，将农业、社会公平和营养与积极的粮食安全、营养和可持续性成果结合起来（Bezner Kerr 等，2010），但在此情况下，需要考虑社区领导者和维护者之间的权力平衡（Glover 和 Poole，2019）。

H. 可持续食品价值链

粮农组织对可持续食品价值链的定义是：“各类农场、企业及其连续的协同增值活动，包括以盈利方式生产特定农业原料，将其转化为特定食品，销售给最终消费者，以及使用后进行处置，具有广泛的社会效益，并且不会对自然资源持续造成掠夺性消耗”（粮农组织，2014b）。加工、储存和运输农产品，均可增加其价值。农产品经储存后，其价值会随着时间的推移而增加；而运输后，价值随着空间转移而增加，或者随着时间的推移成为“反季产品”，而身价上涨。可持续食品价值链方法是世界各地小农和私营部门的许多倡议所实行的一种做法。价值链通常覆盖一个国家的整个产品分部门（如牛肉、玉米或鲑鱼）。

创新：目前与其他阶段相比，生产阶段创造的价值最小，部分原因是农业投入和食品零售高度集中（可持续粮食系统国际专家小组，2016；Howard，2016）。工业化农业生产的高投入成本给农民带来了问题，他们往往严重依赖信贷和基于风险的保险，来抵消农场收入的风险和不稳定性。对于工业化农业系统中的大多数农民而言，农场收入仍然不稳定、没保证，只有大型农场能够承担工业化农业的高额成本（可持续粮食系统国际专家小组，2016）。生产者可持续性的改善取决于价值链中的联系，以及特定行业内的集中程度（Howard，2016）。因此，要发展低收入小农的可持续价值链，可能需要支持农民组织和合作社来培养建立和谈判更公平市场的能力（Bacon，2010；粮农组织和国家农艺研究所，2018）。这些农民可能具备建立有效网络所需的系统思维，但缺乏时间、资源和主动性。因此，创新和传播有赖于农业食品价值链中的多方利益相关方开展协作，才能集体实现竞争优势，从而取得更好的环境、商业和社会成果。需要制定包容性的商业模式来解决公平问题，其中可能包括将市场重新纳入社区、开展参与式决策，并采取具体的包容性举措，例

如支付货到付款或接受小额托运（粮农组织和国家农艺研究所，2018）。良好的治理结构是建立可持续价值链的一个关键要素；具体指价值链中特定阶段（横向联系）和整个价值链（纵向联系）上行动方之间的联系性质（粮农组织，2014b）。可持续食品价值链的一项关键创新是参与性保证制度，这是标准方面的一项创新，通过由生产者、专家和消费者参与的民主进程建立认证监督制度，确保标准为所有人所接受（国际有机农业运动联合会，2016）（**插文 32**）。

插文 32 参与式保证制度

参与式保证制度是一项立足当地的质量保证系统，旨在基于利益相关方的积极参与，以及在信任、社交网络和知识交流的基础上，对生产者进行认证（国际有机农业运动联合会，2013）。该制度最初在巴西开发，作为有机产品第三方认证计划的替代办法，随后迅速传播到世界各地。目前，70 多个国家都在实施参与性保证制度，涉及数百个地方和区域计划，特别是在南美洲（农业文化网，2016；国际有机农业运动联合会，2013）。⁶⁰在拉丁美洲许多国家，如玻利维亚、巴西、智利、哥斯达黎加、墨西哥和秘鲁，政府当局正式承认这一认证制度。通常，在涉及有机和农业生态保障系统，也会同时提及这些类型的系统（Abreu 等，2012；Boeckmann 和 Caporal，2011）。外部专业人员一般以对各项申请和检查的调查为基础，开展第三方有机认证，而参与性保障制度认可农民和其他利益相关方之间的互动，并使用不同的机制来建立公信力。整个过程基于社会网络，所有利益相关方——生产商、小型加工业、零售商和消费者共同承担责任，积极参与，以确保产品质量。合作治理有助于增强农民的权能，同时也以团结和透明的联系为基础。参与式保证制度可带来若干好处，包括拓宽进入有机市场的渠道，特别是帮助未经认证和采取农业生态方法的农民、受排斥和社会弱势农民群体；提高消费者的教育程度和认识；鼓励缩短供应链和在当地开展营销工作；赋予农民和消费者权能，因为合格性评定系统主要靠他们实施。这种创新制度可在某些方面积极促进粮食安全和营养。改善市场准入有助于农民增加收入，并最终销售一些被忽视的非常规产品，从而促进创收。由于这一制度的基础是成员之间的长期交流，其中团结和信任是核心价值观，因此有助于建立安全网络，防止粮食不安全的情况，并有助于增强贫困农民的权能。

乌干达案例：新鲜蔬菜参与式保证制度

乌干达于 2009 年推出了新鲜蔬菜参与式保证制度，这是一项基于直接接触、信任和长期关系的私营部门农业生态生产和营销倡议（粮农组织和国家农艺研究所，2018）。该倡议以现有的妇女储蓄和信贷合作社为基础，旨在促进其成员的健康饮食、可行收入和可持续生产。80 多个粮食生产者商定了一份内部生产标准清单，他们不断接受培训，并定期举行会议，以提高采用农业生态方法的能力。消费者可以参加会议，以确保公开对话，深入了解农业生态生产面临的挑战。消费者包括 80 多个家庭、当地餐馆、有机农产品商店、公司、农贸市场和超市。生产者通过销售蔬

菜，在六个月内平均每月赚取 200 美元——对于这些低收入生产者而言，这是不菲的额外收入。

资料来源：Abreu 等（2012），Boeckmann 和 Caporal（2011），国际有机农业运动联合会（2013）以及粮农组织和国家农艺研究所（2018）。

I. 各创新方法原则整理汇总

本节以表格形式（表 5）整理了不同方法原则的内容，在这些内容的基础上，得出了第 2 章中的组合原则（表 2）。营养敏感型农业和可持续食品价值链没有一套明确界定的原则；然而，表 5 中阐述的其他方法的原则很好地反映了这两项举措的关键点。为了便于演示，本表将气候智能型农业和可持续集约化一同汇总。

表 5 促进粮食安全与营养的不同创新方法的综合原则汇总

农业生态原则	基于权利	可持续集约化+ 气候智能型农业	有机农业	农林混作	永续栽培
循环利用。 优化利用当地可再生资源，促进营养物质和生物量的资源循环。		尽量减少粮食生产对环境的直接负面影响。 增加产量，尽可能不转换土地用途，增加使用劳动力、自然光和知识等可再生资源。	基于生态系统，利用系统内部的自然资源，适当设计和管理生物过程；	农业系统中的林木通常可以固氮，收紧营养和水分循环。	优先考虑系统内营养物质、水分和能源的循环利用。
减少投入。 减少或消除对外部投入物的依赖。		提高资源利用效率，优化外部投入物的施用。 弥补现有产量不佳农田的产量缺口。 提高作物品种和牲畜品种的利用率。	限制使用化学品。 严格限制在特殊情况下使用合成化学品。		
土壤健康。 确保和增强土壤健康，以改善植物生长，措施尤其包括管理有机物、增强土壤生物活性。			增强土壤健康。	农业系统中的林木可以增加有益土壤生物的丰度和活性	增强土壤健康。
动物健康。 确保动物健康和福利。			保障动物健康和福利。	树荫可以减少动物在炎热条件下的热应激，减少寒冷条件下的风寒，并在草本植物无法提供营养饲料时提供营养饲料。	
协同作用。 加强农业生态系统要素（植物、动物、林木、土壤、水分）之间的积极生态互动、协同、整合和互补。			生态（以生物生态系统和周期为基础，将其作为合作、模仿、以及维持的对象）。	林木和作物之间的生态区位分化为管理林木与作物组合、利用不同时空内的资源获取差异提供了巨大的空间。	增加系统不同部分（包括植物、土壤、水）之间的协同作用。

农业生态原则	基于权利	可持续集约化+ 气候智能型农业	有机农业	农林混作	永续栽培
多样性。 保持和加强物种和遗传资源的多样性，在田间、农场和景观层面保持农业生态系统的生物多样性。	粮食主权。 保护自然资源。	通过提高农田的单位产量，适当退耕腾地，供保护野生动物		农业系统中的林木既增加了功能性农业生物多样性，又增加了保护野生动物的生态位。	爱护地球。
多样化。 使小农获得更大的经济独立和增值机会，使他们能够对消费者的需求作出反应，从而使农场收入多样化。				农业土地上的林木产品可以使农业收入多样化。	
共创知识。 加强地方、土著、传统和科学知识和创新知识的共同创造和横向共享，特别是农民与农民之间的交流。				当地的农业生态知识一般是详细、解释性的，并且在很大程度上是对科学知识的补充，因此综合知识比单独知识更丰富。	
社会价值观和膳食。 建立以文化、身份、传统、社会和性别平等、创新和知识为基础的粮食系统，其中包括当地社区健康、多样化、季节和文化上适当的饮食和生计。	粮食正义。 关注超加工食品的激增	改变饮食， 提高可持续性。		林木资源的使用和控制往往因性别而异，性别不平等可能是制约农林混作发展的一个主要因素。果树可以增加膳食多样性。	
公平。 支持在公平贸易、公平就业和公平对待知识产权的基础上，为从事粮食系统的所有行动者，特别是小规模粮食生产者，提供有尊严且稳健的生计。			公平（关于共同的环境和人生机会）。		关爱人民。
连通性。 通过促进公平且较短的分销网络，以及通过将粮食	粮食主权。 重组粮食贸易，支持当地	支持替代生产和消费模式。			

农业生态原则	基于权利	可持续集约化+ 气候智能型农业	有机农业	农林混作	永续栽培
系统重新纳入地方经济，缩小生产者和消费者之间的距离，并增强他们的信心。	粮食生产。 粮食正义。 认识到本地粮食生产的重要性				
土地和自然资源治理。 承认并支持家庭农民、小农和农民粮食生产者作为自然和遗传资源的可持续管理者和守护者的需求和利益。	粮食主权。 食物权是一项基本人权。 减少权力的多国集中。加强粮食系统的民主控制。 强调土地改革的必要性。 粮食正义。 批评霸权主义的粮食模式。			制定农林混作政策，将政策制定和执行纳入各部门和层面，促成更合理和综合的土地使用决策。	
参与。 鼓励粮食生产者和消费者组建社会组织，提高参与水平和决策能力，以支持粮食和农业系统的权力下放治理和地方适应性管理。	粮食正义。 重视边缘化群体的做法和知识。				
不符合上述结构的原则源自 13 项综合的农业生态原则	粮食主权。 促进和平。	采用气候智能型农业做法，可以应对具体的气候危害和（或）提高生计复原力，同时封存碳和减少温室气体排放，从而增强对气候变化的适应能力。	养护（以预防性和负责任的方式管理土地，以保护今世后代和环境的健康和福祉）。	农业系统中的林木可以通过增加土壤固碳，直接增加林木本身的碳储存量，并通过缓解气候冲击直接促进对气候变化的适应，并通过提高生计复原力间接促进适应工作。	设定人口和消费限制。

A2 高专组项目周期

粮食安全和营养问题高级别专家组（高专组）于 2009 年 10 月设立，是联合国世界粮食安全委员会（粮安委）的科学政策互动平台。

世界粮食安全委员会（粮安委）是最具包容性的、循证的国际和政府间粮食安全和营养平台，供作出承诺的广大利益相关方以协调一致的方式展开合作，支持国家主导的各项进程，消除饥饿，确保人人获得粮食安全和营养⁶¹。

高专组从粮安委接受工作任务。这确保所开展研究的合理性和相关性，并确保将这些研究列入国际层面的具体政治议程。报告编制过程确保科学包容性和高专组独立性。

高专组编制科学、政策型报告，包括进行分析和提出建议，作为粮安委进行政策讨论的一个综合、循证的起点。高专组的目的是，使人们在处理粮食和营养不安全问题时更加清楚地了解各种问题和理由。高专组努力阐明不一致的信息和知识，弄清之所以不一致的背景和原因，查明新出现的问题。

高专组的任务并非开展新研究。高专组的研究借助现有研究成果和知识，这些研究成果和知识由提供专业知识的各类机构（大学、研究所、国际组织等）得出，并因全球、多部门、多学科分析而增值。

高专组的研究通过一个十分严格的过程使科学知识与实地检验相结合。高专组将许多行为方利用当地和全球来源得到的各种形式、内容丰富的专业知识（当地实施工作知识、全球研究得出的知识、“最佳实践”知识）变成政策相关知识形式。

为确保具体过程的科学合理性和可信度，以及各种形式知识的透明公开，高专组依据粮安委商定的具体规则运作。

高专组设有二级架构：

1. 指导委员会由 15 名来自不同粮食安全和营养领域的国际知名专家组成，专家由粮安委主席团任命。高专组指导委员会成员以个人身份参与相关工作，而不作为各自政府、机构或组织的代表。
2. 项目组，由指导委员会选聘和管理，以具体项目为依托，针对具体问题进行分析/报告。

编制报告的项目周期（见图 14）明确划分为各个不同阶段，粮安委提出政治性问题和相关要求为最初阶段。高专组建立了科学对话，借助各个学科、各种背景、

⁶¹ 粮安委改革文件，见 www.fao.org/cfs

各个知识体系、其各指导委员会和项目组、开放式电子磋商会。设定时限的分主题项目组在指导委员会的科学方法指导和监督下开展工作。

高专组针对每份报告都要安排两次开放式磋商会：第一次，针对研究范围；第二次，针对零版“进行中的工作”草案。通过这种安排，该过程可向所有感兴趣的专家以及作为知识所有人的所有利益相关方开放。磋商会使高专组能够更加清楚地了解相关问题，丰富知识基础，其中包括社会知识，整合各种不同科学观点和意见。

这包括对定稿前之最终草案进行外部同行科学评议。报告由指导委员会在面对面的会议上最终确定和通过。

高专组报告以联合国六种官方语言（阿拉伯文、中文、英文、法文、俄文、西班牙文）发布，为粮安委讨论和辩论提供信息。

高专组、工作流程以及之前报告的所有相关信息都可从以下高专组网站获取：
www.fao.org/cfs/cfs-hlpe。

图 14 高专组项目周期



CFS 世界粮食安全委员会
HLPE 粮食安全和营养问题高级别专家组
StC 高专组指导委员会
PT 高专组项目组



粮食系统和农业正站在十字路口，需要在各级实现根本性变革，这不仅有助于到2030年实现可持续目标2“消除饥饿和一切形式营养不良”，还有助于全面落实《2030年议程》，包括人类和环境健康、气候变化、公平和社会责任。如果我们在不久的将来无法设计和实施有助于保障粮食安全和营养并应对所有可持续性相关挑战的粮食系统，那么当前的各种趋势，如2014年以来食物不足人口数量再次增加、各种形式营养不良发生率在所有国家均处于高位以及相关的紧张局势，都将进一步恶化。由于农业生态方法及其它农业创新方法具有推动实现这些关键目标的潜力，目前正备受推崇。本报告采用动态视角，聚焦转型和变革这两大关键概念。本报告内容丰富全面，其终极目标是推动开展一个令人振奋的政策趋同过程，促使各方就这些问题取得一致认识，消除内在障碍，使具体转型途径能在从农场、社区、景观到国家、区域、全球各级得到落实。



粮安委

HLPE

世界粮食安全委员会

高级别
专家组

HLPE Secretariat c/o FAO
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Roma, Italia

网站: www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/zh
电子邮件: cfs-hlpe@fao.org

CA5602ZH/1/10.19