



联合国
粮食及
农业组织

2022

介绍《农业粮食体系 技术和创新展望》



引用格式要求：
粮农组织。2023。《介绍〈农业粮食体系技术和创新展望〉》。罗马。
<https://doi.org/10.4060/cc2506zh>

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

ISBN 978-92-5-137811-3
©粮农组织，2023 年



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

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

除非另有规定，本许可下产生的争议，如通过调解无法友好解决，则按本许可第8条之规定，通过仲裁解决。适用的调解规则为世界知识产权组织调解规则（<https://www.wipo.int/amc/zh/mediation/rules>），任何仲裁将遵循联合国国际贸易法委员会（贸法委）的仲裁规则进行仲裁。

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

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

封面图片：
粮农组织/Luis Tato

2022

介绍《农业粮食体系 技术和创新展望》

联合国粮食及农业组织
罗马，2023年

目录

前言	IV		
致谢	V		
缩略语	VI		
术语	VII		
内容提要	VIII		
第1章			
为何编写《农业粮食体系技术和创新展望》？	1		
1.1 《农业粮食体系技术和创新展望》的变革理论	3		
第2章			
《农业粮食体系技术和创新展望》 的范围和农业粮食体系转型所涉及的科技创新	7		
第3章			
农业粮食体系科技创新的发展与扩散动态	11		
第4章			
数据需求和方法	17		
第5章			
农业粮食体系科技创新投入指标	21		
第6章			
萌芽期科技创新指标	27		
6.1 创建潜在创新数据库	29		
6.2 确定相关专长	31		
6.3 发现和挑选专家	31		
6.4 《农业粮食体系技术和创新展望》 的结构化专家调查	34		
第7章			
新涌现科技创新指标	37		
7.1 指标和数据源	37		
7.2 数据获取和现有数据源	39		
7.3 利用人工智能从非结构化数据中发现新技术	41		
7.4 讨论	42		
7.5 让《农业粮食体系技术和创新展望》 更好地利用人工智能	43		
第8章			
成熟科技创新	45		
8.1 加快萌芽期和新涌现创新的应用	47		
第9章			
为综合影响评估开展实证汇总	53		
第10章			
各国的概括性指标	57		
10.1 概括性指数构建方法	57		
第11章			
2024年及之后 《农业粮食体系技术和创新展望》 的联合编写设计	61		
第12章			
《农业粮食体系技术和创新展望》 的出版频率和内容	65		
附录A			
查阅过的指标详情	67		
附录B			
有关农业粮食体系初创企业的潜在信息源	74		
附录C			
结构化专家调查方法	77		
附录D			
新涌现科技创新	80		
参考文献	86		

表

1 各类农业粮食体系科技创新投入数据盘点	23
2 快速确定有关农业粮食创新的会议以及可能参与调查的专家	33
3A 商业可行性数据源	40
3B 趋势数据源	40
3C 科技影响数据源	41
4 农业粮食体系各环节成熟科技创新数据概览	46
5 作物品种数据库对不同利益相关方的用途和益处	49
A1 被列为重点的科技创新投入数据系列	67
A2 被列为重点的成熟科技创新数据系列	69
A3 未列为重点的科技创新投入数据系列	71
A4 未列为重点的成熟科技创新数据系列	72
B1 查阅过的初创企业投资方分类	75
B2 界定早期融资轮次	76
C1 调查类型	78

图

1 《农业粮食体系技术和创新展望》的变革理论	4
2 科技创新的发展和扩散动态变化以及数据类别和相关的评估方法	13
3 反复采用数据收集方法和专家调查混合的办法发现和评估萌芽期创新	28
4 技术准备度指数各维度	30
5 评估萌芽期创新的建议工作流程	35
6 农业粮食体系概念图	38
7 指标及其数据源	39
8 人工智能流程	42
9 农业粮食体系转型加速因素	48
D1 与专利数据相关的主题	81
D2 2021 年每月每个主题文件数量	82
D3 主题权重分布情况	83
D4 已发现的干预和已确定主题之间的关联度	84
D5 专利数据源及各主题模型的一致性指标	85

插文

A 经合组织、联合国教科文组织、世界知识产权组织和联合国贸发会议的科技创新报告主题	8
B 数据挑战	19
C 评估技术成熟度和准备度	29
D 评估应用潜力	30
E 发展中国家的众筹	32
F 作物品种数据库案例	49
C1 专家调查工作流程范例	79

前言

当今世界面临各种错综复杂的挑战，包括冲突、人道主义紧急情况、气候危机以及2019冠状病毒病疫情带来的影响，随之而来的是经济冲击和衰退以及国际物质供应受阻。这些危机导致世界上的饥饿与不平等现象大幅加剧，最弱势群体的生活水平急剧下降。随着地球变暖和自然资源逐渐枯竭，我们为实现可持续发展目标所做的努力正面临风险。

《粮农组织2022–2031年战略框架》反映了我们为实现《2030年可持续发展议程》而做出的承诺，详细阐述实现向更高效、更包容、更具韧性、更可持续的农业粮食体系的转型为何如此重要。唯有转型，才能让所有人实现“四个更好”：更好生产、更好营养、更好环境和更好生活。但既要生产更多食物，又要减少投入物用量，满足不断增长的需求，同时还要应对当前在获取经济上可负担的健康膳食、创造生计机遇以及消除贫困和饥饿等问题上面临的多重障碍，绝非易事。

农业粮食体系转型离不开科学、技术和创新（科技创新）的合理应用。的确，在我看来，科技创新是重振粮农组织不可或缺的核心要素，也是打造更美好未来的关键要素。粮农组织最近提出的《科学与创新战略》再次突出科学和创新应用在全组织技术工作中的重要性及其提供的规范性指导作用。

然而，技术和创新的普及率目前在许多低收入和中等收入国家依然不甚理想。解决这一问题的关键之举之一就是推出一项全新的知识产品——《农业粮食体系技术和创新展望》。这份出版物由粮农组织及其伙伴方每两年度推出一期，全面介绍有关科技创新全球状况的最新信息。它将在提供宝贵数据的基础上，对目前各类科技创新活动可能产生的影响开展前景扫描与预测，同时汇集有关科技创新所产生影响的现有实证。《农业粮食体系技术和创新展望》将作为一份旗舰出版物，介绍来自不同源头的数据与分析，成为世界各地农业粮食体系决策者的好帮手。

有关农业粮食体系众多组成部分的数据和科学分析材料依然不足，有关如何通过科技创新的应用来弥补这一不足的数据和科学分析材料也有待补充。《农业粮食体系技术和创新展望》将为之做出重要贡献，我希望它能成为一项宝贵工具，助力打造一个更公平的世界。本报告将帮助大家了解《农业粮食体系技术和创新展望》，并介绍该出版物的基本内容。



屈冬玉
粮农组织总干事

致谢

本报告由康奈尔大学牵头的一个多学科团队在粮农组织首席科学家办公室高级顾问Mona Chaya和技术顾问Preetmoninder Lidder指导下完成编写。粮农组织首席科学家Ismahane Elouafi负责全面指导。

研究与编写团队：

Christopher B. Barrett¹、Shamaila Ashraf²、Jessica Fanzo³、Mario Herrero¹、Daniel Mason-D'Croz¹、Sudha Narayanan⁴、Jaron Porciello^{1,2}、Medha Bulumulla¹、Jackson Hart¹、Jasmin Higo¹、Cody Kugler¹、Jialu Li¹、Claire Lynch¹、Shivanshu Sharma¹、Juan Vergara¹和Hongdi Zhao¹。

粮农组织投入：

Valerie Bizier、Henry Burgsteden、Delgermaa Chuluunbaatar、Pietro Conforti、Beth Crawford、José Rosero Moncayo和Atef Swelam。

其他投入：

Channing Arndt、Phil Campbell、Julia Compton、Soumitra Dutta、Keith Fuglie、Doug Gollin、Greg Graff、Mark Kahn、Theo Kargere、Ed Mabaya、Phil Pardey、Prabhu Pingali、Roseline Remans、Gert-Jan Stads、Keith Wiebe和Heather Zornetzer。

特别感谢Ludovica Mei (粮农组织) 完成出版协调，感谢Jonathan Robinson (粮农组织) 完成文本编辑。

¹ 康奈尔大学

² Havos.ai

³ 约翰·霍普金斯大学

⁴ 国际食物政策研究所

缩略语

3ie	国际影响评估倡议	ISNAR	国家农业研究国际服务中心
AFS	农业粮食体系	LMICs	低收入和中等收入国家
AI	人工智能	ML	机器学习
ASTI	农业科技指标网络	NASA	美国国家航空航天局
ATIO	《农业粮食体系技术和创新展望》	NER	命名实体识别
CoSAI	可持续农业集约化委员会	NLP	自然语言处理
DEI	多样化、公平性和包容性	PCT	专利合作条约
DIME	世界银行发展影响评估团队	R&D	研发
EPO	欧洲专利局	RCT	随机对照试验
GDP	国内生产总值	RFT	前沿技术准备度
GII	全球创新指数	SME	中小型企业
GINA	全球营养行动实施数据库	SPEED	经济发展公共支出统计
GPS	全球定位系统	SPIA	影响评估常设专家组
HDI	人类发展指数	STI	科技创新
HERS	健康、公平、有韧性、可持续的	SYREAF	有关动物和食物的系统性综述项目
HICs	高收入国家	TASAI	非洲种子获取指数
HLPE	高级别专家组（高专组）	TASAI	非洲种子获取指数
IFPRI	国际食物政策研究所	TFP	全要素生产率
IFSS	创新粮食体系解决方案	UNCTAD	联合国贸易和发展会议
InStePP	国际科技实践与政策研究中心	WCRF	世界癌症研究基金会
ISAAA	国际农业生物技术应用服务组织	WIPO	世界知识产权组织

术语

农业粮食体系 (Agrifood systems) 包含参与食物和非食物农产品的初级生产以及包括非农产品类食物在内的所有食物的储存、汇集、产后处理、运输、加工、流通、销售、丢弃和消费等活动的行为主体以及他们相互关联的增值活动。

农业创新 (Agricultural innovation) 指个人或组织将新产品或现有产品、过程或组织方式首次用于特定背景的过程，以便提高有效性、竞争力、面对冲突时的韧性或环境可持续性，从而为粮食安全和营养、经济发展或自然资源可持续管理做出贡献（粮农组织，2019）。

前景扫描 (Horizon-scanning) 指探索和研究当前变化迹象及其潜在的未来影响。

指标 (Indicator) 指能反映所关注的某一现象的状况或水平的一项衡量标准。

创新 (Innovation) 指新的、不同的做法，可用新方法解决老问题，用老方法解决新问题，或新方法解决新问题¹。创新可分为技术、社会、政策、体制、金融类创新以及将老（土著）方法经过调整后加以推广应用，例如某些可持续农业方法（如生态农业）。就农业粮食体系而言，创新可用作动词，指个人、社区或组织改变商品和服务的设计、生产或再循环以及周围体制环境的过程，这一过程对它们所处背景而言是新的，有助于推动向可持续农业粮食体系的转型，促进粮食安全和营养。创新也可用作名词，指这一过程所带来的变化。创新包括做法、规范、市场和体制安排的变化，可催生新的粮食生产、加工、营销、消费网络，对现状构成挑战（高专组，2019）。

科学 (Science) 系指人类通过个人或集体行动，组织有序地做出努力，通过客观研究所观察到的现象并通过分享研究结果和数据以及同行评审，发现和掌握一连串因果关系、关联或相互作用；通过系统思考和概念生成，以协调的方式将知识子体系汇集到一起；从而使自己有可能从理解自然界和社会中所发生的某些过程和现象中得益²。正如经济、社会及文化权利委员会指出的那样，其他知识体系和了解

知识的方式与科学并存，其中包括地方、传统和土著知识，在全球科学对话中可以发挥重要作用³。

情景 (Scenarios) 指用来探究未来新途径以及当前干预措施可能产生的多重未来影响的多个未来故事或模型。

技术 (Technology) 指运用科学和知识来开发技术，以交付某种新产品和/或新服务，或采用某种新流程交付某种老产品或老服务⁴。技术有时是意外出现的，但更多情况下是刻意开发的，因而根植于社会、经济、环境关系中并对其产生影响。

1 联合国创新工具箱，2019。
<https://www.uninnovation.network/un-innovation-toolkit>

2 联合国教科文组织大会，“关于科学和科学人员的建议书”，2017（第1.a.i段）

3 经济、社会及文化权利委员会，“关于《经济、社会及文化权利国际公约》中科学与经济、社会、文化权利的第25号一般性意见”，2020（第39段）。

4 改编自A/74/238。《农业技术促进可持续发展》。秘书长报告。联大第七十四届会议。

内容提要

人们越来越普遍地意识到，世界必须加快速度，重新调整转型方向，如《粮农组织2022–2031年战略框架》所强调的那样，打造更高效、更包容、更具韧性、更可持续的农业粮食体系，实现更好生产、更好营养、更好环境、更好生活，不让任何人掉队。“四个更好”反映了农业粮食体系可持续发展内在的几个相互关联的维度，即经济、社会、环境维度，而农业粮食体系则不仅仅包含农业、渔业、森林等初级生产，还包含在消费者食品支出增值部分占比70%的生产和服务、消费者膳食对营养和健康的影响以及对为农业粮食体系中所有人类和自然功能提供支持的自然环境的影响。农业粮食体系转型的目的是少投入，大产出，满足不断增长的需求，同时减少乃至逆转农业粮食体系对气候、生物多样性、森林、土壤与水产生的负面环境影响，减少粮食损失和浪费，降低价格，确保人们获取经济上可负担、健康的膳食，打造生计机遇，促进社会包容，消除极端贫困。

要想通过农业粮食体系转型实现“四个更好”，就必须加大力度关注有影响力的科技创新的开发、改良和传播。科技创新当前的普及水平和方式仍存在不足，无法推动农业粮食体系转型，尤其在低收入和中等收入国家。此外，当前对有关农业粮食体系科技创新的描述性和评价性实证也同样缺乏足够了解，难以就此开展有针对性的管理，以实现科技创新的多重未来目标，即高效、包容、有韧性、可持续。对于技术、社会、政策、金融和体制类创新而言尤为如此，因为它们是在挖掘工程技术和科学技术潜力的必要手段。鉴于科技创新需要较长时间才能对社会产生影响，因此必须马上行动起来，重新调整科技创新的方向，而不仅仅是巩固以往做法。

本报告介绍粮农组织即将推出的新知识产品的愿景、依据、范围和方法，作为新的《农业粮食体系技术和创新展望》的一部分。《农业粮食体系技术和创新展望》将成为一项重要任务，一项由粮农组织牵头、得到全球多个关键伙伴方支持的突破性举措。它将是一个反复过程，目的是编写一份每两年度出版一期的粮农组织新出版物，由少量有侧重点的出版物作为补充，并配套一个定期更新的开放数据库。《农业粮食体系技术和创新展望》的目标是整理有关科技创新当前可衡量现状及其未来变化和颠覆性潜力的现有信息，为循证政策对话和决策提供依据，包括有关投资的对话和决策。政策制定者以及他们的顾问，加上对农业粮食体系科技创新相关研发工作进行投资的公共投资者、私人投资者以及慈善投资者，都需要由有力的科学实证支撑的清晰、非技术型信息，包括开展决策和投资规划时所需的开放数据。但数据和分析材料目前分散在各地，难以汇总和获取，而决策者们需

要的则是对整个农业粮食体系的全面了解，包括当前现状和未来前景。《农业粮食体系技术和创新展望》将汇总来自各种来源的现有数据和分析材料，为世界各地农业粮食体系关键决策者提供综合性、可供利用的实证库。这样做必定需要时间，以便寻找开放数据源并对其获取途径进行标准化处理和开展谈判，随后对数据源进行整理，使其可供利用，同时确保数据的高质量。

通过以上工作，《农业粮食体系技术和创新展望》还将提醒各方关注重要数据和实证不足的问题，有助于共同开展新的努力。《农业粮食体系技术和创新展望》将有助于开展宣传倡导，如开展更多形式或不同形式的农业粮食体系研发投资，开展体制和政策改革，并协助引导私营部门和公共部门实体确定重点。我们希望《农业粮食体系技术和创新展望》能成为一个重要的开放性参考数据源，帮助人们定期了解科技创新如何改变当前的农业粮食体系，使其更高效、更包容、更具韧性、更可持续。也许最重要的是，《农业粮食体系技术和创新展望》将挖掘粮农组织在全球农业粮食体系中无与伦比的召集能力，帮助推动就科技创新在农业粮食体系转型中所发挥的作用开展建设性社会对话，加强当今人人赖以生存的这一社会经济领域的包容性和透明度。

《农业粮食体系技术和创新展望》与众不同的特征将是开发出能共同涵盖全世界农业粮食体系科技创新从头到尾整个生命周期的知识产品。科技创新的生命周期分为四个关键阶段。第一阶段为科技创新投入期，涉及投资、人员、政策以及能催生新科技创新的其他因素。第二阶段为科技创新萌芽期，此时基础科学和应用科学的进步催生了具有前景的新创意、新材料、新方法和新流程，但暂时无法不加管控地应用到现实世界中。第三阶段为科技创新涌现期，此时新的科技创新开始在没有研究人员管控的情况下，在农业粮食体系相关人员和企业日常使用过程中涌现，但此时科技创新依然是新事物，对其扩散情况尚未有任何系统性了解。最后阶段为科技创新成熟期，即成熟的科技创新已经在现实世界中长时间、大范围使用，可对其扩散情况进行系统性跟踪。很多成熟的科技创新最终都会过时，被下一代科技创新所取代。

科技创新生命周期的每个阶段都需要不同的数据收集、分析和整理方法，涉及不同的实证汇总方法，以便开展影响评估。一旦从科学和业界文献中明显看到一项新技术或新创新开始进入农业粮食体系，哪怕只是作为假设中的应用领域，或进入现实世界实践，《农业粮食体系技术和创新展望》就将对其实行跟踪。我们面临的挑战是，《农业粮食体系技术和创新

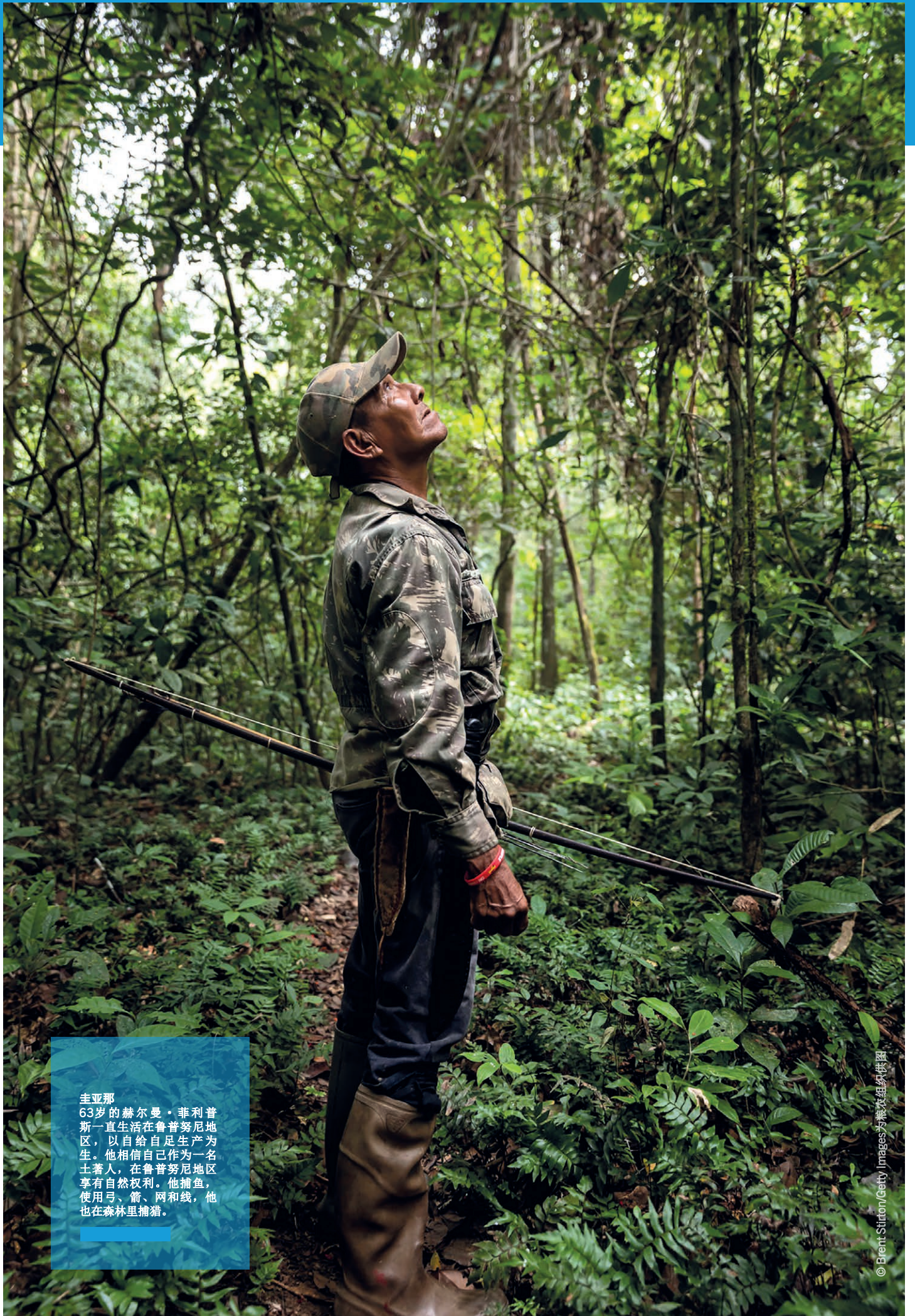
展望》仅仅整理和分析已经存在的数据，而不会开启任何新的初级数据收集工作，因此必须依赖于现有数据系统。所以，《农业粮食体系技术和创新展望》相关知识产品系列中另外一项宝贵功能就是寻找关键实证空白，探索是否有可能通过新的初级数据收集系统填补这些空白，然后将结果吸收到《农业粮食体系技术和创新展望》中去。对符合一系列关键入选标准的数据源进行全面审查后，可以看出有关农民主导的创新、有关社会和政策创新（有别于科学或工程技术）以及有关农业粮食价值链中中间和消费者相关环节的系统化数据和实证有多么稀缺。因此，《农业粮食体系技术和创新展望》不仅能够为投资和政策决定提供依据，也同样能为研究和政策机构做出数据收集和分析决定提供依据。

一个产品具备能全面涵盖农业粮食体系科技创新整个生命周期的优点，就会同时带来一个重大难点。目前，符合入选标准的现有的、合适的科技创新投入数据库和成熟科技创新数据库相对稀缺，尤其是与基于自然科学和工程的初级生产技术相比，有关产后技术以及金融、体制、社会和政策类创新的数据库更为稀缺，而且其中很少包含来自非正规研究渠道的科技创新。《农业粮食体系技术和创新展望》有助于对关键指标进行扩充、标准化和更新，以更好方式展示数据信息，帮助公共、私人 and 慈善机构从容应对农业粮食体系相关挑战与机遇。此外，现有数据集主要关注第一阶段和第四阶段，即科技创新投入期和成熟期，而萌芽期和涌现期则存在明显空白。要加速农业粮食体系转型，就必须加大对这些关键中间阶段的关注，还要努力缩短从起初的研发投资到向全球各地农业粮食体系主体推广有影响力的新科技创新之间较长的时间间隔。最后，关于农业粮食体系科技创新的现有影响评估实证汇总材料十分稀缺，很难查找。

《农业粮食体系技术和创新展望》还将成为农业粮食体系科技创新影响评估的关键实证汇总库，从萌芽期技术的事前评估，到新涌现技术和成熟技术的事后影响评价，都将根据具体情况量身定制，开展单独评估和分组评估。《农业粮食体系技术和创新展望》将成为一个门户网站，其内容包括对影响评价相关实证进行概况性综述、系统性综述和统计元分析，了解哪些技术预计可行或已被证实可行，在何处可行，在何种条件下可行。此类数据对于资源有限的机构十分有用，尤其是那些在低收入和中等收入国家开展工作的机构。《农业粮食体系技术和创新展望》还有助于寻找继续开展影响评估的关键实证空白，以便对可利用的实证进行汇总，努力发掘稀缺的关键国际公共产品。

《农业粮食体系技术和创新展望》的编写周期为两年，每两年出版一期。等到确定了核心团队、规则和电子平台，并正式出版首期出版物后，可能会临时出版增刊，用较短篇幅回应重要补充性问题。开放性数据和实证汇总门户网站将保持每年及时更新。

作为联合国牵头抗击饥饿的专门机构，粮农组织肩负重任，为公共和私营部门的决策者提供信息和咨询意见，以加快推动全球农业粮食体系转型，特别是在低收入和中等收入国家。当今的农业粮食体系必定需要转型，但转型的速度、方向和影响可能并应该受到可利用实证的影响。目前，世界上仍缺少有关农业粮食体系科技创新整个生命周期的、涵盖全球的综合性优质数据和科学分析材料，去推动开展有建设性的政策对话，为农业粮食体系科技创新吸引急需的增量投资，尤其是对低收入和中等收入国家的投资。《农业粮食体系技术和创新展望》将为此做出重要贡献。



圭亚那

63岁的赫尔曼·菲利普斯一直生活在鲁普努尼地区，以自给自足生产为生。他相信自己作为一名土著人，在鲁普努尼地区享有自然权利。他捕鱼，使用弓、箭、网和线，他也在森林里捕猎。

第1章 为何编写 《农业粮食体系技术和创新展望》？

至少从一万年前的开始，人类就一直在不断改变大自然，以便生产出更多食物，为不断增长的人口改善生活，在农业和经济方面均已获得巨大成功。过去半个世纪里，全球农业产量约增加了四倍，远超人口增长速度，而同期全要素生产率（即单位投入产出）在受气候变化严重影响的情况下近乎翻番（Keating等, 2014; Ortiz-Bobea等, 2021）。假如没有二十世纪六十年代到八十年代的“绿色革命”，估计今天发展中国家的人均收入至多只有当前的一半（Gollin等, 2021）。国际农业研究磋商组织作为全球农业研究中心网络，过去半个世纪投资于研发活动的约600亿美元已产生了十倍以上的收益/成本比，远超大多数其他类型投资（Alston等, 2022）。经济和农业生产率大幅提升不仅要归功于生物物理学和工程学方面的进步，还应归功于体制和政策创新，因为这些创新能激发人力、自然、物质和社会资本的积累，减少风险，促进交流，避免经济和政治权力集中在少数人手中（Acemoglu、Johnson和Robinson, 2005）。

但这些收益的背后是不断增加的成本，表现为对气候、自然环境、公共卫生和营养以及社会公正等方面产生的负面溢出效应。一味追求农业生产率提升所造成的意外结果以及各方对采用“一切照旧”模式获取农业和经济收益这种做法的可持续性所产生的疑问，已经促使越来越多的人发出呼吁，要加快推进农业粮食体系转型并调整其转型方向。一连串高级别报告和会议，直至后来的2021年联合国粮食体系峰会，已发出呼吁，要通过加速向健康、公平、有韧性和可持续的农业粮食体系转型，来满足人类和地球的迫切需求（全球农业和粮食体系促进营养专家组, 2016, 2020; Haddad等, 2016; 政府间气候变化专门委员会, 2019; 生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台, 2019; Messerli等, 2019; Willett等, 2019; Herrero等, 2020; 粮农组织, 2021, 2022; 高专组, 2020; Barrett, 2021a; von Braun等, 2021; Barrett等, 2022a）。

作为负责粮食和农业事务的联合国专门机构，粮农组织在《2022–2031年战略框架》中承诺要通过“向更高效、更包容、更有韧性、更可持续

的农业粮食体系转型，实现更好生产、更好营养、更好环境、更好生活，不让任何人掉队”（粮农组织, 2021）。“四个更好”反映出农业粮食体系固有的相互关联以及可持续性三大支柱（经济、社会、环境）。农业粮食体系涵盖参与食物和非食物农产品的初级生产以及包括非农产品类食物在内的所有食物的储存、汇集、产后处理、运输、加工、流通、销售、丢弃和消费等活动的所有行为主体以及他们相互关联的增值活动。农业粮食体系会产生多种影响，直接或间接地触及每项可持续发展目标（Herrero等, 2021）。

科技创新的战略性发展和部署是促进农业粮食体系转型的核心推动因素，最终会对《2030年可持续发展议程》以及可持续性三个相互关联的维度做出贡献（粮农组织, 2021）。现有的科技创新具有影响力，但它们仍未得到有效利用，在合理性、可获性和经济可负担性问题上均面临挑战。利用农业粮食体系科技创新时所面临的其他挑战包括缺少有关现有技术、社会、政策、金融、体制类创新的全方位信息，对研究和对关键投入的投资不足，对很多农业粮食体系中小型企业（包括小规模生产者和其他资源有限的人员和企业）而言技术不匹配，科学和实证在决策中得不到充分利用，低收入和中等收入国家⁵用于确定政策重点的相关信息不足。

粮农组织认识到，不同国家在科技创新方面有着不同挑战、需求和能力，包括在基础设施、教育水平和技术能力方面。同时，国家、区域和全球层面也存在重大的共同挑战。要应对这些挑战，各方必须开展协同合作，由粮农组织在提供全球公共产品、知识、指导、协同和政策一致性方面发挥关键作用。因此，粮农组织推出了《科学与创新战略》（粮农组织, 2022），作为一项关键工具，为实现《2022–2031年战略框架》提供支持（粮农组织, 2021）。

5 参照世界银行的低收入和中等收入国家清单，参见<https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>。

其中最迫切的一项协调任务就是对科技创新进行更大范围、及时的监测和评估。科技创新的当前水平和现状仍不足以推动农业粮食体系转型，而对有关科技创新水平和现状的描述性实证也缺乏足够了解，无法对科技创新进行有针对性的管理，以实现农业粮食体系的多重未来目标——高效、包容、有韧性、可持续，尤其是在低收入和中等收入国家。鉴于科技创新需要较长时间才能对社会产生影响，因此必须马上行动起来，重新调整科技创新的方向，而不仅仅是巩固以往做法。要想监测农业粮食体系转型相关目标的进展，就必须对推动体系转型的科技创新进行跟踪。但目前能跟踪农业粮食体系科技创新的综合性优质数据和跟踪农业粮食体系科技创新所产生影响的科学分析材料十分缺乏，或者无法涵盖科技创新整个生命周期，而即便有数据，数据在飞速扩大的数据世界里也相对分散、不完整，往往很难查找。有关来自工程和自然科学正规研究体系之外的创新（包括社会、体制、政策类创新）以及源自土著知识或农民、企业家、社区等非正式试验的发现和数据分析材料短缺现象尤为突出。

因此我们提议开发新的知识产品，目的在于涵盖农业粮食体系科技创新整个生命周期。粮农组织的作用是支持各国寻找、试验和推广适应各国需求和国情的技术和创新，同时认识到由于世界上为数众多的小规模生产者，包括女性，面临着特定障碍，此项工作颇具难度。为此，粮农组织将编写并推出题为《农业粮食体系技术和创新展望》的新出版物，侧重于更好地了解技术和创新的普及情况。

将要推出的《农业粮食体系技术和创新展望》有几点值得特别说明。第一，由于各国的科技创新需求、重点和能力存在巨大差异，因此《农业粮食体系技术和创新展望》必须在国家层面对其进展进行跟踪。此外，由于最迫切需要农业粮食体系转型的是当今的低收入和中等收入国家，监测工作必须特别关注低收入和中等收入国家。收入和人口增长，加上城市化，是推高未来粮食需求增长的主要因素。世界各区域这些方面的当前和预测增长率均存在差异，且初始收入水平较低，亚洲是近期粮食需求增长幅度最大的区域（Fukase和Martin, 2020），而从长远看，全球粮食需求增量的一半以上将出现在撒哈拉以南非洲（Valin等, 2014; Barrett, 2021a; Barrett等, 2022a）。由于食物消费70%以上依赖本国生产（d'Odorico等, 2014），粮食需求增量的地域分布必定会推动低收入和中等收入国家农业粮食体系整体发生转型，从初级生产到加工和流通，再到最终的消费者食物环境。

大量农业粮食体系科技创新来自高收入国家，然后流入低收入和中等收入国家。二十国集团成员

国目前在研究经费支出、出版物和专利总量上占比约90%，而80%的国家对研发工作的投入还不到国内生产总值的1%，其中多数为低收入和中等收入国家（教科文组织, 2021）。此外，高收入国家的创新，例如会影响贸易的私人或公共产品标准以及政治或公众对特定新技术的抵制态度，都可能影响与低收入和中等收入国家息息相关的市场和政策，尽管这些国家的贸易量一直相对较低，多数年份在全球食品消费总量中占比不到四分之一（d'Odorico等, 2014）。由于科技创新的跨境影响，我们有必要用全球视野审视所有国家，而不仅仅是国家层面的情况。因此，《农业粮食体系技术和创新展望》必须即刻重视国家层面的数据，尤其是低收入和中等收入国家的数据，因为他们在数据方面面临的挑战尤为严峻（见第4章），同时也要重视世界任何地方出现的相关科技创新。

第二，粮农组织不会采用“...状况”报告的形式，因为这样的报告只能对农业粮食体系当前状况相关描述性实证进行盘点。对单个国家农业粮食体系科技创新当前状况的评估毫无疑问是十分宝贵和必要的，但因为数据不完整、不统一，要想完成这样的评估难度很大（见第8章）。由于颠覆性影响需要较长时间才有可能显现，因此对科技创新当前可衡量现状的描述寥寥无几。农业粮食体系科技创新通常需要十年或二十年，甚至更长，才能从创意，到试验，到推广，产生大范围可衡量的影响（Alston和Pardey, 2021）。为了支持加快推广有影响潜力的科技创新（Herrero等, 2020; Barrett等, 2022a），政策制定者必须有能力预测未来变化并做出相应规划。

因此，《农业粮食体系技术和创新展望》要超越粮农组织统计数据库目前就可观察到的成熟的科技创新现状或就对未来成熟的农业粮食体系科技创新相关研发工作的投资现状开展的宝贵的数据整理工作。《农业粮食体系技术和创新展望》必须为我们所熟知的数据整理活动提供补充，扩大关于农场产后科技创新以及金融、体制、社会、政策类创新的数据覆盖面，因为这些领域的现有优质数据十分稀缺。同样，我们还必须扩大覆盖面，开展对新萌芽和新涌现科技创新的前景扫描工作，对农业粮食体系未来的不确定性以及多种科技创新产生影响的潜在路径进行预测。

前景扫描和预测工作十分必要，因为人类和自然体系之间存在复杂的相互作用，同时相互关联的农业粮食体系中的决策工作具有分散和相互不协调的特点，势必会造成未来的多种不确定性（Barrett等, 2021a, 2022a）。预测和基于情景的方法能帮助利益相关方探索哪些方法有助于实现预想结果，避免不良后果（O'Neill等, 2014; Fricko等, 2017; Barrett

等, 2021a; Lentz, 2021; Zurek等, 2021)。因此, 《农业粮食体系技术和创新展望》不仅要强调认真研究用于开发有影响力的未来农业粮食体系科技创新所需的可衡量的投入(见第5章), 如农业研发投入, 或认真研究现有科技创新的推广。《农业粮食体系技术和创新展望》还必须发现、记录和评估处于萌芽期的科技创新(第6节)和新涌现的科技创新(第7章), 这些比科技创新投入或成熟的科技创新(第8章)衡量起来更有难度。

历史一再证明, 人类能大幅改变农业粮食体系的发展轨迹。但只有先做好监测, 才能做好管理。因此, 能为公共和私有部门关键行动方提供参考依据十分重要。《农业粮食体系技术和创新展望》的重点就是整理优质数据, 为决策者提供参考依据。

第三, 既要开展国家层面预测和情景分析, 又要开展全球评估, 就意味着《农业粮食体系技术和创新展望》必须明确应对不同国家之间和不同国家内部农业粮食体系的巨大差异。特别要关注小规模生产者、妇女以及其他边缘化群体的需求。这些群体在科技创新方面的利益往往被忽视, 尽管他们是农业粮食体系中最主要的利益相关方, 以从事农业粮食价值链相关活动为生, 且食物在贫困消费者的预算中占有重要位置。《农业粮食体系技术和创新展望》必须因地制宜地关注科技创新可预见、可观察的(哪怕有时是意料之外的)适宜性、改良和推广以及新涌现的科技创新在农业粮食体系中产生的不同影响、风险和意外后果。这势必要求我们关注国家、区域和全球层面的监管、伦理、性别、社会、环境和政策事项。

1.1 《农业粮食体系技术和创新展望》的变革理论

《农业粮食体系技术和创新展望》将成为实现粮农组织《科学与创新战略》(粮农组织, 2022)中所提出愿景的关键推动力量。《农业粮食体系技术和创新展望》的总体目标是就科技创新的当前可衡量现状、潜在的未来变化以及颠覆性潜力提供相关信息, 为循证政策对话和决策提供依据, 包括为有关投资的对话和决策提供依据。《农业粮食体系技术和创新展望》将跟踪科技创新在国家层面的进展, 特别关注低收入和中等收入国家, 因为他们在数据方面的需求最为紧迫。由于科技创新的跨境影响, 我们有必要审视全球所有国家, 而不仅仅是国家层面的情况。因此,

《农业粮食体系技术和创新展望》的重点将是世界任何地方涌现的相关科技创新。

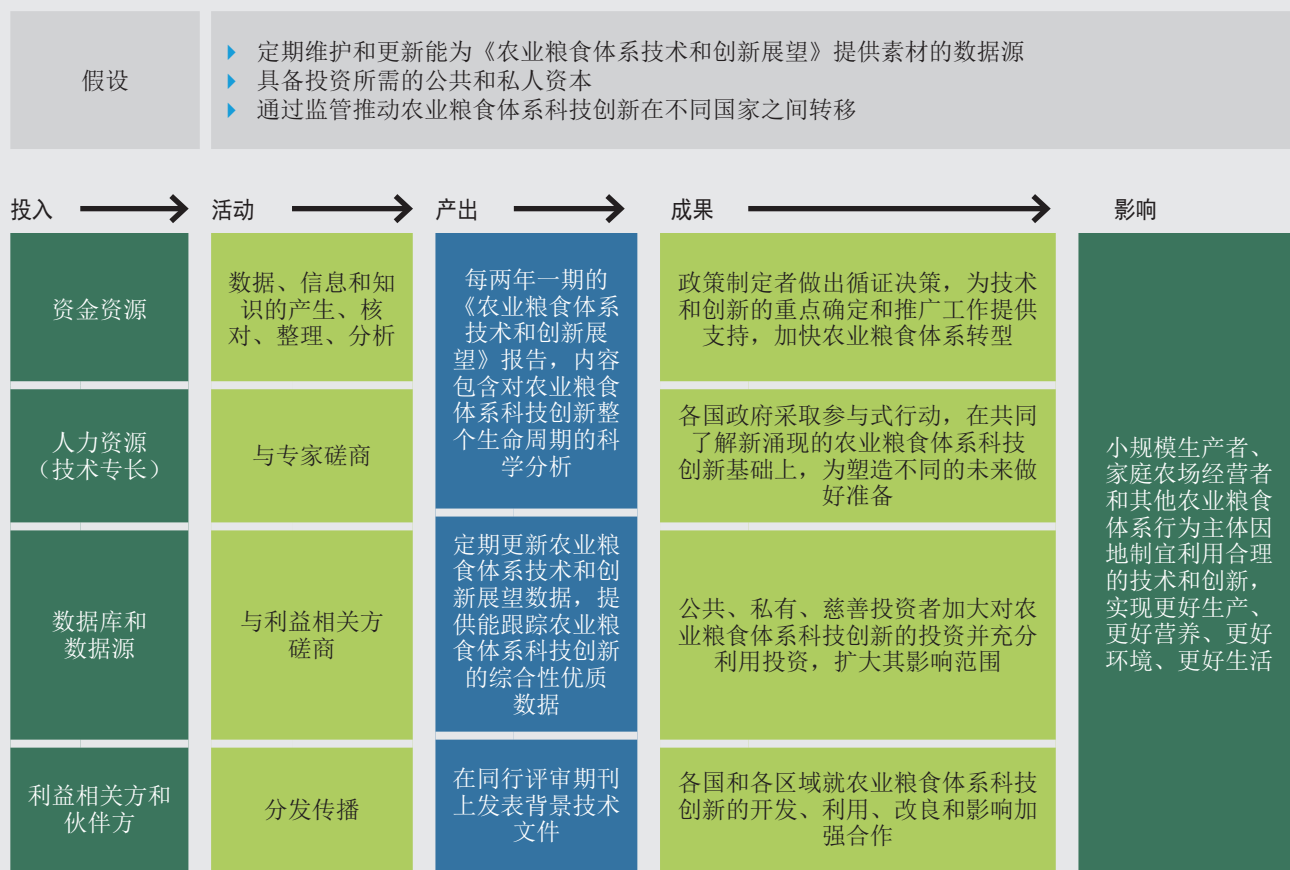
要做出有充分依据的决策, 就需要能覆盖农业粮食体系科技创新整个生命周期的指标, 从初始投资(对研发资金、科研人员、物质[如实验室、遗传收集品、农民田间学校或科技小院等农民平台]的投资), 到初始创意的提炼和改进, 再到试验、成型和推广, 最终成为至少在某些地区广泛采用的成熟的科技创新。《农业粮食体系技术和创新展望》将为政策制定者、科研管理人员、捐助组织、民间社会和私营部门相关方持续提供可靠的、及时更新的开放数据, 其中包括有关处于不同阶段的农业粮食体系科技创新的现状、方向和影响以及有关全球/区域/国家农业粮食科技创新未来潜在变化的信息, 以便发现关键空白和被忽视领域, 并确定未来投资重点。《农业粮食体系技术和创新展望》将通过对新萌芽和新涌现的农业粮食体系科技创新进行前景扫描, 对多种科技创新产生影响的潜在路径进行预测, 对科技创新相关影响的现有实证进行汇总, 为宝贵的数据整理工作提供补充。这些分析工作将帮助各利益相关方开展有意义的讨论, 最终就农业粮食体系科技创新及其潜在未来方向达成共识。

《农业粮食体系技术和创新展望》将对数据、实证汇总材料、专家调查和经过同行评审的技术研究结果进行协调和整理, 共同建立一个方便用户使用的数据和分析材料库, 为相关方提供更好的参考依据, 运用科技创新加速农业粮食体系转型。它还将助力推动围绕科技创新开展南南合作和三方合作。除了《农业粮食体系技术和创新展望》相关产出的价值外, 编写和更新《农业粮食体系技术和创新展望》所需的整个研究过程也能促使专家们更好地与关键利益相关方互动, 提高各方对农业粮食体系科技创新相关事务的认识, 刺激各方加大投资和行动力度, 打造更高效、更包容、更具韧性、更可持续的农业粮食体系。

《农业粮食体系技术和创新展望》的变革理论将展示《农业粮食体系技术和创新展望》如何助力加速全球农业粮食体系转型, 尤其在低收入和中等收入国家, 如何帮助利益相关方克服科技创新相关数据、分析、认知度、协调和专家咨询等方面存在的障碍, 如何确定哪些成果有助于这一转型(见图1)。

我们将尽力掌控好《农业粮食体系技术和创新展望》的影响路径, 确保定期报告的内容、定期更新的数据以及编写过程中经过同行评审的技术背景材料, 作为推动变革的《农业粮食体系技术和创新展望》产出, 能够方便各方获取并加以利用, 让潜在用户能够了解如何使用相关产品以及产品的优缺

图1 《农业粮食体系技术和创新展望》的变革理论



点。通过直接分发数据和出版物、与相关方磋商、与专家磋商，有助于提出具体、有时限的流程，将《农业粮食体系技术和创新展望》相关产品转化为成果，同时利用数据展示板，随时根据利益相关方的需求提供数字资源。

《农业粮食体系技术和创新展望》将为粮农组织《科学与创新战略》的三大支柱做出贡献：

支柱 1

加强以科学和实证为基础的决策工作。

支柱 2

支持区域和国家层面的创新和技术。

支柱 3

通过强化粮农组织能力，更好地为成员国服务。

《农业粮食体系技术和创新展望》将通过改善数据收集和整理工作为决策提供依据、积累有关新技术和创新的知识以及与农业粮食体系创新生态系统中的利益相关方和行为主体开展互动，直接为支柱1做出贡献。《农业粮食体系技术和创新展望》相关活动将通过为国家层面技术和创新的开发和采用提供关键投入以及通过相互学习和就共同感兴趣的关键主题强化区域间合作，为支柱2做出贡献。《农业粮食体系技术和创新展望》还将通过促进知识管理、推广以及与利益相关方和专家开展磋商，在农业粮食体系行为主体和普通大众内部和相互之间建立和加强合作网络，为支柱3做出贡献。

要想实现这些成果和影响，除《农业粮食体系技术和创新展望》外还必须做出更多努力。还需要具备很多因素（用变革理论的语言讲就是各种假设），才能收集《农业粮食体系技术和创新展望》相关数据，

最终促成目标成果和预想影响的实现。这些因素包括《农业粮食体系技术和创新展望》所需要的、定期维护和更新的数据源等内部因素和现有的公共和私人投资资本以及合理的监管环境等外部因素，以便促成农业粮食体系科技创新在不同国家之间转移。这有助于在各层面（区域、国家、国内各地区等）保障创新环境。我们的假设是，决策者将认真考虑《农业粮食体系技术和创新展望》所收集和产生的实证，并在此基础上采取行动。

那么粮农组织为何要投资定期出版《农业粮食体系技术和创新展望》呢？原因是作为联合国牵头抗击饥饿的专门机构，粮农组织具备超凡的召集能力，能汇总和开发数据源并对数据进行分析，为公共和私营部门决策者提供信息依据。当今的农业粮食体系无疑需要转型，但转型的速度、方向和影响可能也应该受到可利用实证的影响。目前，世界上缺乏能涵盖农业粮食体系科技创新整个生命周期的综合性优质数据和科学分析材料，无法推动建设性政策对话和吸引农业粮食体系科技创新急需的新增投资，尤其是在低收入和中等收入国家。《农业粮食体系技术和创新展望》有助于为此做出贡献。



塞内加尔
社区里的男男女女在“绿
色长城倡议”创建的村苗
圃中劳动。

第2章

《农业粮食体系技术和创新展望》的范围和农业粮食体系转型所涉及的科技创新

《农业粮食体系技术和创新展望》不可能面面俱到，包罗万象，必须在深思熟虑后划定范围。在划定范围时考虑到了以下三个关键领域。

第一，要侧重于农业粮食体系。目前已有一些针对性产品在审视各国的科技创新现状，例如经合组织每两年一期的《科技创新展望》（经合组织，无日期）、联合国贸易和发展会议每三年一期的《技术与创新报告》（联合国贸发会议，无日期）、联合国教科文组织通常每五年一期的《科学报告》（联合国教科文组织，无日期）以及世界知识产权组织每年一期的《全球创新指数报告》（世界知识产权组织，无日期）。然而，由于这些主办机构都承担着全社会使命，这些报告很少会将农业粮食体系作为自己的重点（见**插文A**）。虽然这些报告的确有一定相关度，因为未来的农业粮食体系科技创新往往源自其他部门（Moser, 2021），但农业粮食体系的规模之大以及它对于可持续发展目标和更长远的社会目标而言的重要性，决定了有必要定期出版《农业粮食体系技术和创新展望》这份产品，更明确地侧重于专门应对农业粮食体系相关机遇/挑战的科技创新，尤其是当今低收入和中等收入国家所面临的机遇/挑战，因为他们对农业粮食体系的经济依赖性尤为严重。

为了突出重点，提议每期《农业粮食体系技术和创新展望》只涉及一项新技术或新创新，条件是科学文献和业界文献明确表明此项技术或创新已经进入农业粮食体系，哪怕只是作为一个假定应用领域。例如，假设《农业粮食体系技术和创新展望》在上世纪六十年代就已存在，那么它选择的主题就不可能是被作为机密的空基无线电导航技术，因为该项技术此前一直仅限美国军方使用，后来美国政府才批准让全球定位系统（GPS）技术进入商业化应用⁶。相反，《农业粮食体系技术和创新展望》可能会选择在科学和业界文献中刚刚出现的精准农业机械和数字网络管理技术（包括在一些有关全球定位系统潜在新应用前景的论文中以及专利申请和风险投资数据库中提及的

技术），这些技术当时尚未由农业设备公司和食品销售公司积极公开采用。《农业粮食体系技术和创新展望》随后将对技术的涌现、改良（如融入面向消费者的食品配送应用程序）以及成为成熟技术后的推广进行跟踪。《农业粮食体系技术和创新展望》必须将前景扫描作为日常工作，以便及时发现有意识进入农业粮食体系的科技创新。

第二，《农业粮食体系技术和创新展望》必须超越自然科学和工程学领域，涵盖社会、经济领域中与政策和体制相关的科技创新。报告全程在提及科技创新时，都将遵循这一更宽泛的定义。农业粮食体系转型从根本上看是一项跨学科任务。当今农业粮食体系面临的挑战与机遇都与人类密切关联，也就是说，它们直接源自人类的消费、交流和生产行为以及不同价值观和观念。人类的行为不仅能塑造自然过程或工程学进步并反过来为之所塑造，同时还能塑造文化、体制和政策并反过来为之所塑造，而文化、体制和政策既能带来社会政治障碍，又能带来推动或阻碍行动的文化或经济刺激因素。事实上，农业粮食体系转型面临的最大的挑战就是必须让几十亿个人各自采取行动。公共政策制定者和私营企业能影响行为，但无法控制行为。政策、体制和文化的变革是领导人用来影响行为的部分关键工具。

因此《农业粮食体系技术和创新展望》必须不局限于与工程学或自然科学相关的新技术新创新，还应包含多种多样颠覆性的社会、政策、体制、金融和文化类创新。这样做并不会削弱农业生态学、生物化学、数字、机械和其他自然科学和工程学领域技术进步的重要性，反而有助于认识到，这些创新只有与有助于推广的体制、市场或政策创新结合起来，才可能取得成功（Barrett等, 2022a）。由于农业粮食体系转型包含种类繁多的人类活动和组织，必须对这些社会创新进行跟踪与研究，同时如果证实这些社会创新能有效促进农业粮食体系转型各项主要目标的实现，就应像人们更熟知的工程学和自然科学类科技创新一样，对其进行宣传推广。遗憾的是，农业粮食体系科技创新的数据收集系统一直将重点放在可衡量的科学和金融指标上，几乎未对体制或政策相关数据进行系统化收集，后几章将介

6 Roblin (2017) 简要而精彩地介绍了1983年大韩航空007号航班空难事件如何加快了全球定位系统技术在全球进入大范围商业化应用。

插文 A 经合组织、联合国教科文组织、世界知识产权组织和联合国贸发会议的科技创新报告主题

经合组织的《科学、技术与创新展望》

- 2021 危机与机遇并存的时代
- 2018 适应颠覆性的技术和社会
- 2016 全面分析用于推动科技创新为增长和应对全球社会挑战做贡献的新政策和新书
- 2014 总体创新效果和政策趋势
- 2012 科技创新将继续发挥推动作用，助力摆脱经济危机“大趋势”，实现可持续、长久的复苏
- 2010 科学和创新的绩效、国家科技创新政策趋势以及创新政策的设计与评估，包括政策互动关系和“政策构成”
- 2008 科学和创新的绩效；国家科技创新政策趋势；对公共研究所产生的社会经济影响的评估
- 2006 知识产权和技术许可市场在创新中的作用、提升商业研发全球化所产生效益的政策、科技所需的人力资源、对创新政策的评价
- 2004 公共/私营伙伴关系对刺激创新的作用、服务行业创新的决定因素、与科技人力资源供给相关的全球挑战、跨国企业对生产率提升和创新的贡献
- 2002 改变商务战略促进研发、创新过程中的竞争与合作、国家科研体系治理改革、公共科研机构中对知识产权的战略性利用、工业全球化与科学家和工程师的跨国流动

联合国贸发会议的《技术和创新报告》

- 2021 追赶技术浪潮：公平创新
- 2018 利用前沿技术促进可持续发展
- 2015 利用创新政策促进工业发展
- 2012 创新、技术和南南合作
- 2011 可再生能源技术在应对减少能源贫困和减缓气候变化双重挑战中的重要作用
- 2010 提高非洲农业绩效面临的挑战以及技术和创新在提高农业产量和包括小农在内农民收入方面发挥的作用

联合国教科文组织的《科学报告》

- 2021 与时间赛跑，实现更智能化的发展：向数字化“绿色”社会转型
- 2015 面向 2030 年：有效的增长战略、创新和流动性趋势
- 2010 世界科学发展现状：技术在全球经济中的作用日益突出
- 2005 打造知识型社会：大学、技术人员和研发投入
- 1998 科学和技术全球化：科学和技术在人口和环境压力下如何保障粮食和水资源
- 1996 与科技和性别相关的挑战
- 1993 全球科学、科技体系和合作现状

世界知识产权组织的《创新指数》

- 2021 2019冠状病毒病疫情对创新的影响
- 2020 谁为创新出资？
- 2019 打造健康生活 — 医学创新的未来
- 2018 世界能源 创新为要（能源创新）
- 2017 创新养育世界（农业）
- 2016 全球创新 致胜之道（全球投资和合作）
- 2015 促进发展的有效创新政策
- 2014 创新中的人才要素（知识型经济）
- 2013 创新的本地活力
- 2012 加强创新联系 促进全球增长
- 2011 加速增长和发展（创新的衡量和可持续性）

绍这些体制或政策相关数据情况。《农业粮食体系技术和创新展望》有助于吸引各方加大关注，系统化收集优质数据，以填补这一严重空白。

第三，《农业粮食体系技术和创新展望》必须涵盖农业粮食体系整个周期，从投入到初级生产，再到消费者所处食物环境。几十年来，人们一直认为，农业粮食体系的中心任务就是在自然资源有限的前提下，生产出足够的健康食物，满足日益增长的人口日益扩大的需求。这种对供给侧的重视势必让各方将重点放在监测农业、渔业和林业的投入和产出以及提高生产率上。这几项工作无疑十分重要，且十分必要。但光做到这些还远远不够。

《农业粮食体系技术和创新展望》不能仅局限于农场层面的生产，道理很简单，那就是全球消费者食物支出的增值部分，70%以上来自产后活动（Yi等, 2021）。此外，一味单纯地追求高效率，会在农业、渔业和林业等初级生产部门以及下游的加工、制造和流通环节，对环境和人类健康、抵御冲击的能力以及劳动条件产生可预见的（可能是意料之外的）后果（Herrero等, 2021）。

要收集关于农场层面生产的优质、全面数据并非易事，而要想扩大数据范围，涵盖整条价值链，则会进一步加大难度。一开始覆盖面必定不全，随后会随时间推移逐步加大。但《农业粮食体系技术和创新展望》的最大贡献就是拓宽政策制定者为农

业粮食体系转型制定的愿景，涵盖整条价值链，从投入到初级生产（包括采用非常规农业方法的食物生产（如人造肉、立体农业））、加工和包装、制造、流通（包括餐饮服务），再到食物环境（由个人在其中做出膳食选择）。例如，有关食物损失和浪费的最新研究得出一项关键结论，那就是，只有采取全盘方法，我们才有可能了解和应对农业粮食体系相关挑战（Cattaneo等, 2021; Hamilton等, 2022; Van Zanten等, 2019）。

《农业粮食体系技术和创新展望》将以现有数据源为基础，但有别于现有数据源。相较于经合组织、联合国教科文组织或世界知识产权组织等多边组织出版的现有科技创新展望产品，《农业粮食体系技术和创新展望》将更精准地侧重于农业粮食体系，更深入地探讨农业粮食体系科技创新及其相关影响。相较于粮农组织现有出版物和数据产品，《农业粮食体系技术和创新展望》将有助于刺激和协调相关投资，填补从初级生产者到终端消费者的关键数据空白，同时扩大对就农业粮食体系转型而言十分重要的政策和体制的覆盖面以及前景扫描和预测分析的覆盖面。要想做到这一点，可能最有效的方法是采用联合作战的模式，与某个或多个在相关领域具有专长的其他重要组织开展合作（第11章）。但这是一项庞大的工程，必须先给《农业粮食体系技术和创新展望》相关活动划好清晰的范围，提升其价值，加强关键空间内的合作和协调，提供有针对性的数据和分析。



意大利
马匹在弗洛索罗内一个风力发电场山坡上的风力发电机下吃草。

第3章

农业粮食体系科技创新的发展与扩散动态

在所有领域，技术的发展和扩散都遵循一种标准化的动态变化规则。由于《农业粮食体系技术和创新展望》力求为农业粮食体系科技创新整个生命周期公共和私营部门的决策工作提供参考依据，它就应该收集有关科技创新发展和扩散四个不同阶段的数据和分析材料，时间跨度可能是几年，甚至几十年。这四个阶段始于（i）对农业粮食体系科技创新的投入（如研发资金投入、人力、物力和社会资本），继而产生（ii）萌芽期的科技创新，即正在积极开发但尚未在除开发方之外的领域进入应用的科技创新，其中一部分发展速度加快，成为（iii）新涌现的科技创新，在研究人员管控范围之外进入应用，最终成为（iv）成熟的科技创新，很多情况下会逐渐过时。

首先，知识的创造并非凭空而来。相反，知识会产生知识，因为创新根本上是一种组合行为。重大新创新和有影响力的创新都是将以往各种发现进行有意识组合的结果，其明确目的就是满足人类的某一项新需求（Usher, 1929; Weitzman, 1998; Arthur, 2009; Feinstein, 2011）。同样，体制创新十分重要，有助于降低交流的交易成本以及资本投资和创新的成本（North, 1991, 2008; Platteau, 1994a, b; Barrett, 1997）。

因此，颠覆性创新离不开现有知识与材料，也离不开对现有想法和材料进行组合和再组合的科学家、农民、生产者、创业者和社会企业家以及农业粮食体系其他主体，还离不开开展工作所必需的新资源投入，如研发资金、实验室、试验地点、计算机、农田等。这一创意初始阶段（基础科学）以及后续的应用和适应性研究都会受到体制和政策的影响，如知识产权制度、生物安全协议、有关创造力和试验的文化规范以及对研究伦理的体制保障等，都会影响财力和物力投入转化为有用的新发现的效率。这些财力、人力、体制和物力资源就是对科技创新的投入。科技创新的产生离不开这些关键投入，而这些投入分布在大学实验室里、创新型农民的田地里、创业者的车库里以及有创意的厨师的厨房里。虽然多数人在谈及科技创新投入时，重点都放在国家农业粮食体系研发计划等项目下的正规研

究体系上，但开展试验工作的人力资本和自然资本也同样存在于非正规领域。那才是人类几千年前最早开始驯化野生动植物时所采用的方法，并沿用这种准试验方法至今。

科技创新发展和扩散动态变化的第二阶段是在科技创新投入的推动下开展创意、再组合和提炼的过程。第二阶段是基础科学和应用科学进步的阶段，此时研究人员、农民、生产者、政策分析人员、创业者等各类人群开始提出新想法、新材料和新方法，测试新假设，开展基础设计和原型构建工作，最终目的都是开发出值得在现实世界中引入和测试的某种新产品或流程。这些参与正规或非正规研发工作的科学家、管理人员和创新人员不断地改良、组合、提炼处于萌芽期的新科技创新，直至这些科技创新被首次向公众（商业化或非商业化）推出。此时在正规研究体系之外同样出现了很多活动，但往往被人们视而不见，直至新的科技创新涌现并不断有组织扩散，因为农业粮食体系的变革既是技术性的，也是社会性的⁷。

在这一阶段，前景扫描十分必要，它可以在最终能影响农业粮食体系的新的科技创新在现实世界得到应用之前及时发现它们。这一萌芽期可能是最难监测的阶段，因为必须在一些创意尚未转化为进入实际应用的新产品或新流程之前就对其进行跟踪。但同时这也是一个关键阶段，政策制定者在此期间能通过多种体制和政策加速因素施加影响，加快（或减慢）创新出现的速度（Herrero等，2020）。此外，政策制定者必须为新科技创新带来的可预见的，也可能是意料之外的（正面或负面）溢出效应做好规划，因为这些溢出效应无处不在，有必要对其进行密切跟踪，关注其利弊与协同效应（Herrero等，2021）。

7 一个绝佳例子就是水稻集约化系统。水稻集约化系统最早于20世纪80年代起源于马达加斯加的小农社区，随后原开发者创建了一个叫做Tefy Saina协会的地方性非政府组织，将这一整套创新做法推广给其他农民，目前世界各地有50多个国家采用这种做法（Stoop等，2002; Glover, 2011; Barrett等，2022b）。

第二阶段通常需要花费数年。从科技创新投入，如农业粮食体系研发投资，到科技创新的涌现产生可衡量的大范围影响，又需要花费数年，往往数十年时间（Chavas等, 1997; Ahmadpoor和Jones, 2017; Alston和Pardey, 2021）⁸。鉴于迫切需要解决气候问题，且实现《2030年议程》的进展不一，因此必须加快进展，需要以比以往更大的力度，对科技创新的整个生命周期进行监测和管理，尤其在农业粮食体系中。

第三阶段是科技创新的涌现期，即一项创新从起源（往往是研究站、实验室和学术期刊）进入现实世界，不受管控地被未参与初始开发工作的人员所利用。新的科技创新最初由正规研究体系对外公开时，通常要在谨慎选取的少数地点开展试点，测试相关概念并收集初始数据，用于适应性研究，对产品或流程进行进一步提炼。随着新的科技创新进入农业粮食体系，它们会被监测和评价。但它们也可能开始在新接触这些科技创新的人群中自动扩散或适应，促进学习。这是一个关键阶段，期间新创新要么加快速度扩散和进入大面积应用，要么消退后被封存在档案和图书馆中，要么继续长时间处于技术可行性不确定状态，无法得到大面积采用，直至最终出现某些变化，让它们比初期更具吸引力（Rogers, 1962）。政策、体制和市场创造的激励因素和制约因素发挥着重要作用，决定着新的科技创新最终是走向成熟，还是夭折在摇篮中。有助于新的科技创新与辅助性创新之间相互结合的体制和政策尤为宝贵，因为没有任何一项科技创新能够单靠一己之力扩散，都需要与其他创新相结合（Barrett等, 2022a）。

一些新科技创新能充分适应和扩散，走向成熟（第四阶段），也就是在不断扩散的过程中得到广泛采用，变化的幅度和频率逐渐变小。由于开发或利用一项新科技创新所产生的效益通常取决于其扩散规模，一定程度上与网络外部性⁹有关，因此要想产生可观效益，就必须通过宣传倡导来压倒现有科技创新的固有优势（Katz和Shapiro, 1986）。最终，很多成熟技术，甚至是已经（暂时）处于主导地位的技术，会慢慢被闲置，甚至过时，逐渐被更新颖的技术所取代，或随着农业粮食体系不断演化，成熟的科技创新变得不再有效或理想（如一些疾病防治方法或由马匹牵引的运输或耕地方法）。

8 不同学科所需时间长短各不相同，数学等基础科学产生影响所需的时间要比计算机科学等应用科学更长（Ahmadpoor和Jones, 2017），而私人研发投入往往在短期内（5至10年）就能产生效益，公共研发活动则需要15至25年才能产生效益（Chavas等, 1997）。

9 网络外部性指一个用户对一种产品或服务的估值取决于有多少个其他人在使用同一种（或有可比性的）产品。与人们更熟悉的源自供给侧的技术外部性（如污染）相比，网络外部性来自需求侧。

因此，扩散曲线一开始通常缓慢上升，然后随着人们快速了解并试验某项新技术，扩散曲线加速上升，随后当达到应用饱和点后，技术的采用速度逐渐放慢，呈现S型曲线。这种现象频繁出现在对各种科技创新扩散情况的研究中，出现在农业粮食体系以及社会其他领域中。

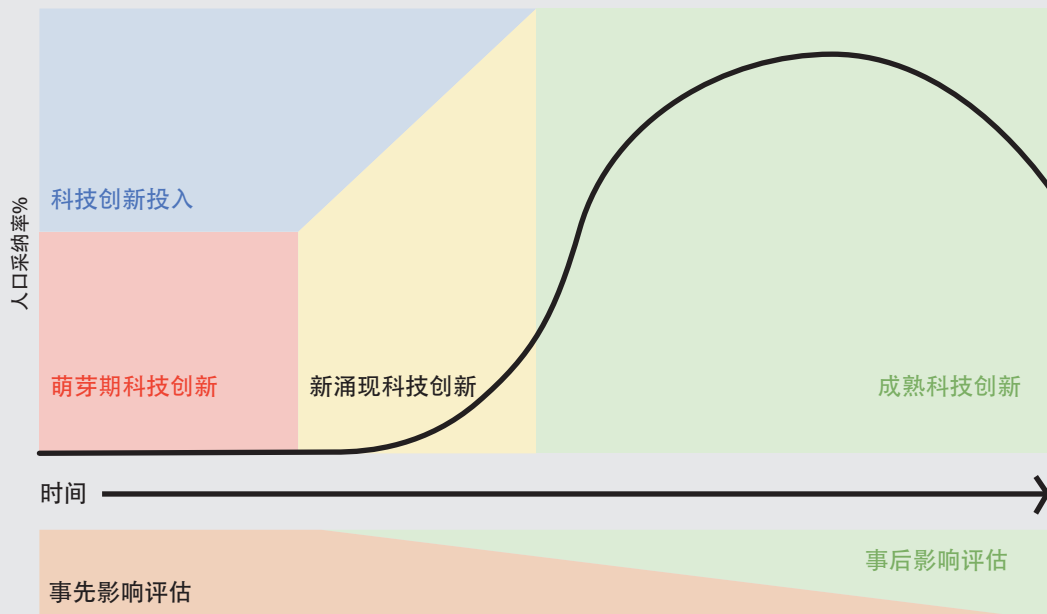
需注意，国家层面或全球层面的扩散曲线反映的必定是总体趋势，可能会掩盖较小分析单位之间存在的巨大差异。一项科技创新在某些农业粮食体系中可能是比较成熟的，但在其他农业粮食体系中却属于新涌现的，甚至是尚处于萌芽期的。采用这些技术时，也可能因结构性条件，导致出现空间差异，使得某项特定科技创新在一些地方更适宜，导致其在各国的稳定采纳率存在巨大差异。空间差异也会因为序列跨界溢出效应而出现差异（Aghion和Jaravel, 2015; Mason-D'Croz等, 2019）。一旦有可能对数据进行分类分析，《农业粮食体系技术和创新展望》就能探讨不同农业生态系统、市场或区域背景下科技创新的扩散差异。

科技创新涌现期的一个关键决定性特征是，创新尚未得到足够广泛的应用，没有任何组织对其采纳情况进行系统化、可复制的跟踪，并向公众提供相关数据。个人和组织对新涌现的科技创新的了解在逐步增加，但通常仍在纠结于采纳程度或速度。新科技创新的涌现受到不确定性的影响。

但一项科技创新会在某一时间点变得成熟，进入第四阶段，此时科技创新已获得充足的动力，其适应速度也开始放慢，有人开始定期对其不断扩散的影响进行监测。新涌现的科技创新（第三阶段）和成熟的科技创新（第四阶段）之间的界线很难精确划定。有些成熟的科技创新并未在不同国家中得到系统化的监测。但得到系统化监测的农业粮食体系所有科技创新都是成熟的。有时，成熟之后带来的是过时。当某项更强的新技术涌现后，它就会取代上一代技术，例如马匹在牵引和运输中所发挥的作用最终被取代。演化带来的压力也会导致技术过时，例如，病原体、有害生物和野草在不断适应的过程中会削弱原本有效的除草剂、除虫剂或良种的作用。

这四个阶段会逐渐产生不同的数据需求，详情将在下文几章中加以解释，并展示在图2中。科技创新的发展和扩散动态变化会催生四个不同的数据类别，分别对应科技创新投入、萌芽期科技创新、新涌现的科技创新和成熟的科技创新，目前有关这四个类别的数据齐备程度各不相同。目前虽然具备有关投入的数据，例如公共、私营部门和慈善机构对研发的投资、科研人员和基础设施、农民试验平台

图2 科技创新的发展和扩散动态变化以及数据类别和相关的评估方法



（如农民田间学校和科技小院）等相关数据，但仍存在严重空缺，详情参见第5章。有关成熟科技创新的数据相比之下较为齐备，但主要局限于农业粮食体系中的初级生产，而有关产后活动的数据则相对不够全面、可靠和及时，详情参见第8章。有关萌芽期科技创新和新涌现科技创新的数据基本缺失，两者需要不同的数据收集和处理方法，详情参见第6章和第7章。对这些数据源和相关分析材料进行汇总是《农业粮食体系技术和创新展望》面临的一项重要挑战和价值所在，根据上文提及的变革理论，完成此项工作有助于在上游加大对农业粮食体系科技创新研发工作的投资，同时刺激科技创新的扩散和适应，尤其在低收入和中等收入国家。

农业粮食体系转型需要多个领域同时转型。科技创新很少会在农业粮食体系和价值链各环节同时出现。科技创新在一个领域的扩散往往与另一个领域相互依赖，例如，高产品种只有在市场体制同时演化，在商品价格未出现暴跌的前提下吸收剩余的增量农产品时，才能得到快速推广，这就突出了农业粮食体系治理的重要性。因此，《农业粮食体系技术和创新展望》必须综合审视不同农业粮食体系，因为某个农业粮食体系中出现的创新很容易经过适应后扩散到另一个农业粮食体系中，同时还必须采

用长期视角审视农业粮食体系全过程。此项工作面临的一项重大挑战就是数据，详情参见下一章。

科技创新的不同发展阶段也需要采用不同的方法对影响进行评估。《农业粮食体系技术和创新展望》着眼于加快推进农业粮食体系转型，以实现以下多重目标：高效、可持续地利用稀缺资源，为农业粮食体系中所有生产者、劳动者和企业主提供繁荣、公平的生计机会，为所有人提供健康安全的膳食，提高面对冲击和压力时的韧性。必须对照以上各项预期影响，对科技创新进行评估。正如图2最底部所示，在科技创新走出实验室、试验站、农民的田地以及其他结构性试验源之前，必须根据模拟建模，对采纳科技创新后可能带来的影响进行事先评估，无论是直接的数字模型还是间接的构思模型，最终都可以用到专家定性评估中。即便在科技创新涌现后，事先影响评估也十分必要，最起码可以作为预测工作的一部分，去了解可能会对农业粮食体系的未来产生哪些不同的影响（Thornton等，2018；Wiebe等，2018；Barrett等，2022a）。

随着新的科技创新离开研究人员管控的试点进入实际应用，事后影响评估开始发挥重要作用，它有助于对某项（或某组）特定科技创新在现实世界中

产生的成果进行严格评价。严格的事后影响评估近年备受关注，无论是各种组织和调查人员开展的一次性评价，还是通过更大范围的研究项目开展的评价，详情参见第9章。抽样和计量误差难免让人们单次评价研究的普遍适用性和可靠性存疑，哪怕是完成得不错的研究，因此需要反复开展研究，以便打好令人信服的实证基础。通过概况性综述、系统性综述、统计元分析和其他方法，对大量影响评估实证进行汇总，有助于了解哪些做法、在哪里、在何种条件下可以产生可靠的效果。综合性影响评估工作能产生有说服力的实证，为政策制定者提供有关农业粮食体系科技创新的实证，例如Ceres2030项目（Laborde等，2020）在《自然杂志》上发表了一系列实证综述研究论文(<https://www.nature.com/collections/dhiggjeagd/>)。

农业粮食体系转型会带来多种预期影响，这也意味着有必要明确关注不同目标之间的权衡利弊。没有哪项科技创新能够对所有领域都产生积极影响，而由于农业粮食体系的两极性，所有科技创新都可能给其他预期成果带来积极和消极的溢出效应

（Herrero等，2021）。因此，应该在事先和事后影响评估中开展明确的利弊分析（Kanter等，2018；Antle和Valdivia，2021），从全球性评估（Hasegawa等，2018；van Meijl等，2018，Rosegrant等，2017）到全国性评估（Sain等，2017），再到地方性评估（Valdivia等，2017），各层面评估都应如此。影响的多样性还使得我们有必要尽量考虑到多种观点，以便了解潜在挑战，进一步扩大范围，同时了解弱势群体对不良后果的敏感度。此项工作应建立在参与式预测方法的基础上，力求系统化地考虑到尽量多的替代方案和更大范围的不确定性（Trutnevte等，2016；Vervoort等，2014；Zurek和Henrichs，2007）。

《农业粮食体系技术和创新展望》的愿景是成为一个与全球和国家层面农业粮食体系相关的、涵盖科技创新整个生命周期的描述性实证和影响评估实证开放性资源，这有着极大的吸引力。但它同时也需要开展大量的投资与工作，不仅要整理数据，还要设计新型数据收集方法和构建代用指标，以填补当前农业粮食体系科技创新数据领域存在的关键空白。



加蓬
野味动物基因正在加蓬弗朗斯维尔的国际医学研究中心实验室被处理。实地研究人员提供的几百份样本被送进实验室处理，用以防治人畜共患病。

第4章

数据需求和方法

要了解科技创新如何对农业粮食体系和各社区产生影响，就必须对保存有关这些科技创新的信息和指标的数据库进行绘图和评价。数据，尤其是与农业粮食相关的技术和创新数据，从数据可获性、质量和完整度来看，可分为四大类。

第一类为易获取、优质、完整、标准化的数据。这一类数据源被称为**结构化**数据源，内容很容易量化，分析起来效率较高。大数据，包括卫星图像和遥感数据，正越来越多地被用于监测区域或全球农业体系（Fritz等，2019）。

第二类为仍可获取的**半结构化**数据，存储在有关联的数据库中。从名称上可以看出，半结构化数据具备一定的结构，但缺少一致性，与结构化数据相比，分析起来更有难度。

但大多数数据为**非结构化**数据，如文本和图像。非结构化数据给标准化和分析工作带来较大难度，因为此类数据缺少预定义结构，无法采用指标来衡量，以创建一个更全面、更一致的数据集。但通过充分利用建立在专家调查基础上的数据代用指标和分析框架，非结构性数据集也能在整理后用于未来的分析工作。

最后，最具挑战性的第四类数据包括目前**缺失**的数据。显然，在数据缺失的情况下，要想从中获取信息是不可能的。但缺失的数据分两类。一类是可以直接观察和衡量的数据，但却未做到。这就是数据空白，一旦对数据的需求达到一定水平，有充分理由花费成本和精力去收集数据，这些空白就能得到填补。

另一类缺失数据是隐性的、本质上无法观察（因而也无法直接衡量）的现象，例如粮食安全、贫困、韧性或可持续性概念，为此人们花费了大量精力去创建带有合理信息内容的可行的代用指标（Barrett, 2010; Barrett等, 2021b）。但我们一定要避免简单地认为这些代用指标能够真正地反映这些

隐性概念¹⁰。所有代用指标，与直接衡量可观察现象的指标一样，都需要验证。很多科技创新目前尚未具备有形的、可衡量的形式，属于最后一类隐性缺失数据，至少原则上我们只能提出代用指标。

除了数据分为不同类别之外，数据的分析应用也可分为至少三个不同类别。**描述性分析**指简单地报告某些衡量数据或指标的现状和/或过去状况。农业粮食体系科技创新数据的描述性分析实例包括有关研发支出或技术的时空扩散情况的报告。描述性分析是其他类型数据分析的事实基础。粮农组织统计数据库是结构化数据集（数据集的收集）领域的突出榜样，被广泛应用于（但不限于）描述性分析中。

预测性分析指利用模型对未来现象进行预测。预测性分析往往采用统计或数学模型完成，与更详尽的基于情景的预见性分析一样。但预测性分析也可以是定性分析，例如专家们在努力探究新的科技创新会在哪里、在何时出现在日常应用中。预测性分析对预见性分析而言尤为重要，因为后者需要设想一系列不同的未来情景并考虑其出现的可能性以及未来影响，而所有这些都离不开预测性模型，无论是正式的或非正式的，明确的或隐含的。

最后，**推断性分析**利用数据了解因果关系。《农业粮食体系技术和创新展望》的大目标是为公共部门和私营部门政策提供依据，加快农业粮食体系转型，最终实现各项可持续发展目标和相关社会目标。因此，有必要了解哪些科技创新能给关键绩效指标带来有意义的改善，也就是用实验性评价的语言来讲，哪些科技创新能产生大的“效应规模”。但严密的因果推断需要高质量的数据和优秀的研究设计。要想利用现实世界中复杂的农业粮食体系相关观察数据做到这一点绝非易事。

《农业粮食体系技术和创新展望》的首要重点是描述性分析。首要理由是有必要先了解科技创新的现在和过去，然后才能预测其未来，或严谨地推断

10 代用衡量指标的一个范例就是越来越常用的家庭层面抵御冲击和压力的韧性，有关这一概念的详情参见Upton等（即将出版）。

是什么引发了所观察到的现象。好的预测性分析和推断性分析总是建立在可靠的结构化数据或半结构化数据以及隐性现象指标的基础上。次要理由是，正如下文各章将要阐述的那样，农业粮食体系科技创新领域中存在着大量数据空白，可能是数据缺失造成的，也可能是对结构化、半结构化和非结构化数据的收集、处理和整理工作投资不足造成的。

虽然《农业粮食体系技术和创新展望》的首要数据目标是收集和整理高质量描述性实证，但同时还要推动做好预测性和推断性分析。最理想的结果是，《农业粮食体系技术和创新展望》除了收集描述性实证外，还能利用充足的资源，整理预测性影响评估材料。**插文B**将介绍《农业粮食体系技术和创新展望》在数据方面所面临的最紧迫、最突出的几项挑战。

最后，这些方法都侧重于发现正在涌现或最近刚刚涌现的创新，将其视为一种社会技术过程。《农业粮食体系技术和创新展望》将来自不同源头的信息视为机遇，作为创新的一部分，认识到发现创新实证的地方，不一定是创新或相关技术发源或最终获得蓬勃发展的同一地方。更多定性信息，如案例研究、访谈和农民焦点讨论小组等，都是资源丰富数据源，应该被视作《农业粮食体系技术和创新展望》的组成部分。当然，我们面临的挑战是将此类数据整合在一起，而不同国家的这些数据往往不是标准化的，也不易获取，很难符合针对现有数据系列确定的入选标准。定性信息很可能将通过专家和相关方调查后被纳入《农业粮食体系技术和创新展望》，详情参见第6章。

展望必须建立在实证基础之上。但农业粮食体系的规模之大、多样化程度之高，决定了不可能创建一个面面俱到的数据库。相反，本报告将介绍能代表《农业粮食体系技术和创新展望》现状的指标，同时选取可能支持未来《农业粮食体系技术和创新展望》的指标。本报告将利用科技创新的投入期、萌芽期、涌现期和成熟期等几个阶段，探究和评价科技创新趋势，以便更好地了解趋势与农业粮食体系之间的关系以及趋势对农业粮食体系的影响。通过这些工作，《农业粮食体系技术和创新展望》希望将定期更新的高质量数据与有助于对科技创新进行监测和评估的一系列相关指标相互匹配起来。对数据和指标的整合工作非常有用，能帮助我们发现未来趋势和当前不足，同时对不同时间段的进展做出评价。

科技创新投入数据（第5章）已由多个团队收集，如国家农业研究国际服务中心(ISNAR)、农业科技指标网络(ASTI)、国际科技实践与政策研究中心(InSTePP)等，他们采用的是结构化和半结构化

数据源，如有关农业粮食体系研发支出或博士级别科学家的数据。有些团队，如世界知识产权组织的全球创新指数团队，提出了有关隐性概念的指标，如私营部门创新的政策环境。大多数对科技创新投入的数据分析工作都是描述性分析，但有些是推断性分析，如对农业粮食体系研发投资回报率的估计(Pardey等, 2018)。

萌芽期科技创新数据（第6章）最具挑战性。通常有必要填补缺失数据造成的空白。这往往涉及隐性变量（如某项科技创新是否做好准备）以及非结构化或半结构化数据，其中很多本质上是无法量化的。对处于萌芽期的科技创新而言，描述性分析几乎总是与未来展望（哪些科技创新可能会涌现，何时、何地？）及推断性分析（哪些科技创新具有足够好的前景，能走出实验室进一步扩散，带来预期变化？）联系在一起。要想描述处于萌芽期的农业粮食体系科技创新，势必离不开其他数据分析工作，而要想报告农业粮食体系研发水平则无需其他数据分析工作。

就**新涌现科技创新**（第7章）而言，用于发现创新的关键指标包括：专利权指标、文献计量指标、投资指标和服务指标。第7章将对这些指标做更详细的介绍。采用结构化专家调查的办法有助于了解并汇总有关新涌现科技创新的知识（无论是已发表还是未发表的），而对颠覆性潜力开展事先评估则有助于缩小《农业粮食体系技术和创新展望》的重点范围。

成熟科技创新数据（第8章）是最齐全的，特别是结构化数据，因为监测系统一直在收集和发布数据。各国国家统计办公室、企业集团和其他机构都在定期开展统计调查和普查。其中一部分内容涉及农业粮食体系科技创新，如农田肥料使用量或某个行业使用的先进机械数量。但有关成熟科技创新的很多数据依然缺失，或至多属于半结构化数据，因为即便数据存在（如在作物品种改良批文登记册上），但各年份、作物或国家的数据并未得到系统化报告和标准化处理。特别是在低收入和中等收入国家，很多数据依然缺失，简单的原因就是缺少提供此项公共产品所需的财力、人力和其他资源。

对所有指标而言，有必要特别关注可能会影响指标整体质量的一系列因素。就技术和创新而言，这些因素包括所处环境的准备程度、适宜性、接受度、采纳率、影响、及时性以及利益集团对指标的操控度、通过三方合作对衡量指标进行验证以及对准确度/精准度的评估等。同时还要区分简单的描述性指标和可付诸行动的指标（如政策调节措施、影响路线图）。

插文 B 数据挑战

必须重点关注会影响《农业粮食体系技术和创新展望》入选标准的确定和执行的一系列数据挑战。

低收入和中等收入国家的数据可获性。来自低收入和中等收入国家的科技创新数据更难及时获取，而且存在数据质量的问题，因此将低收入和中等收入国家的数据与其他数据集相互整合更有难度。由于无法获取来自低收入和中等收入国家的现有数据，因此很难确定专门针对低收入和中等收入国家的农业粮食相关创新。虽然来自非低收入和中等收入国家的技术和创新也可应用在低收入和中等收入国家，但必须加大力气研究如何和为什么此项技术和创新能在不同国情下发挥作用。反过来，低收入和中等收入国家因为付费要求、数据储存问题以及缺少数据共享和互操作性所需的架构，很难从数据资源丰富的国家获取数据。

有关政策环境和农业粮食价值链“缺失的中间环节”的数据稀缺性。系统化、标准化的农业粮食体系数据收集工作历来侧重于农民、渔民和其他初级生产者，或食品消费者。虽然产后活动在全球消费者食品支出增值部分中占比超过70%(Yi等, 2021)，但有关产后活动的系统化数据系列却十分稀缺，难以涵盖食品服务、制造、加工、零售、储藏、运输和批发等多种活动。同样，虽然各国不同的政策环境比家庭、农业生态系统或市场层面现象能更好地解释为何在农业粮食体系技术家庭采纳率上观察到差异(Sheahan和Barrett, 2017)，但有关全面影响农业粮食体系的政策的跨国可比数据却十分稀缺。

重复计算。要考虑的另一项挑战就是在实证分析中出现重复计算数据的频率，尤其是在分析科技创新数据时。例如，有关农业粮食体系新科技创新的信息可在新涌现科技创新数据源（如专利数据）中查找到，但也可能在与某位部门专家就萌芽期科技创新开展结构化访谈时被提及。整合数据时可能会导致重复计算问题，给该项科技创新增加了权重。虽然科技创新的归类方法很多，但《农业粮食体系技术和创新展望》必须尽早明确界定应如何对数据进行归类和计算。

影响评估滞后。采用代用指标开展影响评估时，可能会遇到难以衡量某项创新或技术效果的问题。由于创新或早期技术刚刚涌现，要想确定并评价其对农业粮食体系的效果或影响可能需要花费较长时间。而要想就尚未投入使用的农业科技创意得出结论和提出建议，都是一件难事。科研成果从涌现到投入实际应用会有一个时间差(Fritz等, 2019)。

要应对上文所述数据挑战有多种途径。采用除英语以外其他语言的数据有助于增加可供整理和分析的现有数据量，这样做也有助于吸收来自更多低收入和中等收入国家的数据。随着来自不同数据源的数据越来越多，需要明确设定更一致的校准和数据验证规则，解决或减少重复计算等误差问题。还应该为数据收集和验证过程中采用的每个名称确立清晰的定义。《农业粮食体系技术和创新展望》的一个关键成果必定是发现重要的数据和实证空白，以便做出努力去填补这些空白。



俄罗斯
奶类加工厂。工人在沃罗
涅日斯基一家奶类加工厂
生产线上工作。

第5章

农业粮食体系科技创新投入指标

能逐步推进农业粮食体系转型的科技创新不会自动出现。很多都是源自为改善农业粮食体系而刻意开展的非正规活动。例如，大约一万年人们最初开始对野生动植物进行驯化，此类活动一直延续至今天，有很多农民、生产者、加工者、数字应用程序开发者等个人或小型团体在参与广泛的创新活动。很多正规的科技创新活动也在对研发工作结构化投资的推动下不断涌现，期间起到推动作用的还有研发生态系统中必要的科学基础设施及投入（有资质、训练有素的专家、设备齐全的设施以及遗传学进步所带来的遗传材料等必要原材料的保障），体制和政策在研发生态系统中发挥着推动新实验、新发现、新改良和推广活动的作用，以便及时发现哪些科技创新有助于推动农业粮食体系转型。人们也可能在动手实践和适应的过程中学习到很多，因此并非所有有影响力的创新都来自实验室¹¹。虽然在科技创新投入与这些技术的最终实际推广之间存在较大的时间差，但有充分实证证明，科技创新投入能加快农业粮食体系全要素生产率的提升，尽管这一时间差往往超过十年（Alston和Pardey, 2021）。因此，有充分理由将对科技创新投入的跟踪作为农业粮食体系科技创新展望的主要指标之一。

一些机构已经开始在生成或整理有关农业粮食体系科技创新投入的不同类别数据¹²。它们通常遵循一种系统化过程，首先确定哪些现有数据可能有助于最大程度减少不必要、高成本的重复劳动。他们开展大范围研究，在内部进行头脑风暴，以便发现哪些数据系列是研究人员共同熟知的，他们还向同行了解线索，并在全网络搜索，通过滚雪球式方法开展采样，确定哪些数据集可以用作跟踪农业粮食体系科技创新投入的有用指标。有些系列未能引起人们的注意，尤其是非公开数据系列。事实上，要想填补空白，就必须首先确定有哪些查阅权受限的数据系列本来是符合《农业粮食体系技术和创新展望》入选标准的。

11 农业粮食体系中一个可能有争议的典型案例是水稻集约化生态系统，这一系统源自一名传教士（曾接受过农学培训）在马达加斯加开展的后院试验，目前已推广至50多个低收入和中等收入国家。

12 同样的方法也用于收集和评估成熟科技创新相关数据（如肥料、良种），详情参见第8章。

数据量相对充足。我们发现了很多候选数据集和数据系列，最终对41个科技创新投入数据系列进行了深入研究。开放性数据源包括从粮农组织、教科文组织和世界知识产权组织等联合国各机构，到经合组织或世界银行等其它多边组织，到国际农业研究磋商组织和国际食物政策研究所等非营利性组织，到私人基金会（如福特基金会、盖茨基金会、洛克菲勒基金会），再到全球农业研究论坛、Gramene网站、全球种质资源信息网络、OPENICPSR网站等多方平台。

然而，仅仅因为数据充足，不能说明所有数据系列都有用。目前面临的挑战是找到适用的数据，以便提出既能针对目前主题、又具备全球各国覆盖能力的高质量最新衡量指标，尤其是能覆盖低收入和中等收入国家的指标。能入选《农业粮食体系技术和创新展望》的开放性数据系列需符合下列六项基本标准：

1. 国家层面具备数据，能开展跨国分类分析。
2. 具备最新数据，即数据系列中至少包括一个涉及较多（>50）国家2016年至今的数据点。
3. 数据系列的覆盖面广，即覆盖较多（不一定全部）低收入和中等收入国家。
4. 数据源是可靠的，即它建立在可接受的科学理论与实践基础之上，采用同行评审流程，来自受尊敬的/可信任的组织，不包含来自利益集团或新闻报道的材料。
5. 数据系列与农业粮食体系科技创新投入之间有着明确的概念性关联。
6. 数据源对变量提出了清晰、可靠、可解读的、合理的定义。

注意，目前受版权保护的数据不在考虑之列。

针对找到的每个数据系列，我们都对数据进行了整合，介绍变量、其名称及定义、来源、至少具备2016年至今一个观察项数据的国家数量以及关于

特定变量和数据源的其他重要信息等¹³。随后对数据系列进行评估，判定其是否符合上文提及的**全部六条**入选标准。如果符合，该系列就被确定优先入选《农业粮食体系技术和创新展望》。接下来是对每次评估重复进行第二轮评估，以便确认、调整或质疑前一轮评估结果，再次确认数据系列是高质量的，可入选《农业粮食体系技术和创新展望》。万一有多个相互之间十分类似的数据系列都符合这六条标准，则优先选择由粮农组织整理的数据系列。

如**表1**所示，在找到的41个不同科技创新投入数据系列中，仅14个符合基本入选标准¹⁴。主要的问题在于难以获取及时、优质、覆盖面广的数据。最稀缺的是向公众开放的科技创新投入数据系列，尤其是涉及公共和私营部门营利性研发资金和研发人员的数据。这一发现与国际农业研究磋商组织可持续农业集约化委员会最近开展的一项研究得出的结论不谋而合，即“全球各地需要协同合作，创建一个覆盖面比目前更广的统一的开放性信息源”（可持续农业集约化委员会，2021，第4页）。目前这方面的努力大多集中在科技创新投入上，正如该委员会的结论所述，科技创新投入是最重要的跟踪指标，因为大家相信投入是最明确、最容易被影响的指标。我们需要更全面、更细化、更透明的科技创新投入数据。

此外，应加大力度重视创建有关私营部门科技创新投入的可靠数据资料。私营部门对农业粮食体系研发活动的投资在上二代已有大幅增加，其中一个原因是知识产权制度出现了变化（Clancy和Moschini，2017；Alston和Pardey，2021）。无论在低收入和中等收入国家，还是在高收入国家，情况都是如此。例如，中国私营部门在农业研发活动上的支出不仅超过公共部门对农业研发活动的支出，也超过美国公共部门和私营部门对农业研发活动的支出（Chai等，2019）。中国的案例还显示，与美国的研发活动相比，中国私营部门的研发活动更多集中在产后价值链环节（Chai等，2019）。要想获取有关私营部门农业粮食体系科技创新的数据显然有难度，尤其是在低收入和中等收入国家，但此类

数据的重要性一直在不断提升¹⁵。一些数据源，如AgFunder，在跟踪风险投资相关数据方面做得十分出色，但却系统化地漏掉了已成熟公司的研发支出数据，而后的投资量几乎肯定超过投给新公司的资金。

目前符合六条入选标准的14个数据系列中，有一些可能不可持续（如植物品种保护覆盖指数是一个有时限的研究项目的产物）。还有一些本来有吸引力的数据系列随着世界银行《营商环境》年度报告的终止，将不复存在，而世界知识产权组织的《全球创新指数》历来很大程度上依赖这份年度报告获取数据系列。因此，目前找到的14个投入数据系列不仅在数量上不足，而且显得比较薄弱，难以作为基础来评估国家层面对农业粮食体系科技创新的投入现状。由于科技创新投入是有关未来科技创新及其对农业粮食体系转型影响的关键指标，编写《农业粮食体系技术和创新展望》时必须做出相应承诺，保证更好、更可持续地涵盖科技创新投入关键指标。

扩大数据覆盖面不必从零开始。现有数据原则上可以填补这一空白，只是需要做出适当安排，让人们可以持续、可靠地获取这些数据，用到《农业粮食体系技术和创新展望》中。例如，国际食物政策研究所多年来主持开展的农业科技指标项目，就一直在不懈努力，生成有关低收入和中等收入国家农业研发活动的详细跨国可比数据。目前，这是有关低收入和中等收入国家最全面的数据库，虽然它的覆盖面（尤其是更新程度）仍不符合《农业粮食体系技术和创新展望》的数据入选标准。明尼苏达大学国际科技实践与政策研究中心已创建了可观的数据库，涉及公共、私营和慈善机构对农业研发活动的投资与支出、生命科学中有关遗传和基因组创新的专利数量和专利族数据、植物品种权和作物品种创新¹⁶。国际科技实践与政策研究中心的数据包括农业科技指标相关数据并以此为基础。与农业科技指标项目的密切合作将有助于《农业粮食体系技术和创新展望》加强与各国及其伙伴方（如国际科技实践与政策研究中心）的合作，以便扩大和更有规律

13 有关同一变量的不同变体被视为同一个数据系列。也就是说，某项衡量指标（如农业研发支出）的美元现值、美元不变价、本地货币现值均被视为同一个数据系列的变体，对反映农业产量、农业人口或土地规模的衡量指标的变体也是如此处理。所有这些变体都来自同一个核心衡量指标，即一个国家特定年份的农业研发名义支出。由于该变量的变体数量太多，因此仅使用一个根变量。

14 附件A更详细地介绍符合入选标准的各项衡量指标以及经过我们审核后不符合入选标准的衡量指标。

15 一个有说服力的实例是可持续农业集约化委员会委托达博咨询公司亚洲分公司（2021）最近完成的一份报告。他们采用来自仅仅四个国家（巴西、中国、印度、肯尼亚）的数据，推算出低收入和中等收入国家的整体情况，并采用仅仅21家公司（其中6家[阿彻丹尼尔森德兰公司、邦吉公司、BRF食品公司、日本水产株式会社、泰万盛公司、泰森公司]为产后加工公司）的数据估算出有关私营部门的数值。此外，数据中不包括从事食品制造、批发、零售或餐饮服务的企业，尽管这些面向消费者的公司中有很多都是生产流程相关产品标准制定工作的牵头方，包括新产品和新流程（如沃尔玛最近对立体农业初创企业Plenty进行了投资）。

16 有关研发支出记录情况参见Pardey等（2016a），目前涵盖158个国家的公共支出情况（自2015年至今通常每年记录一次）、很多国家（包括中国和美国等大国）的私营部门研发支出、专利权、植物品种保护和品种利用数据集以及对投资回报率的估计，所有数据均定期更新（Pardey的个人信函）。Pardey等（2016b，2018）、Chai等（2019）、Dehmer等（2019）、Graff和Pardey（2020）都是利用这些数据集开展分析的范例。

表 1 各类农业粮食体系科技创新投入数据盘点

(指标/系列/列为重点的数量)

研发资金	相关的指标（数据源）
公共 (11/4/1)	政府的国内研发总支出 — 农业和兽医学(联合国教科文组织)
慈善 (4,4,0)	
私营 (2,2,2)	非营利性私营机构的国内研发总支出 — 农业科学（联合国教科文组织） 国内提供给私营部门的信贷（在国内生产总值中所占百分比）（世界银行）
高校 (2,2,1)	高校的国内研发总支出 — 农业科学（联合国教科文组织）
研发人员	
博士级别科学家 (2/2/0)	
推广官员	
技术人员和同等人员 (4/2/0)	
科技创新政策环境	
知识产权制度 (7/3/5)	批准国际植物新品种保护联盟各公约（OPENICPSR网站） 农民豁免权（OPENICPSR网站） 育种者豁免权（OPENICPSR网站） 保护时长（OPENICPSR网站） 专利范围（OPENICPSR网站）
监管能力 (1/1/1)	监管质量指标（世界知识产权组织全球创新指数）
创业环境 (4/3/1)	《赋能农业》（世界银行）
研发物质投入	
高科技进口 (1/1/1)	高科技进口（世界知识产权组织全球创新指数）
科学出版物 (1/1/1)	有关前沿科技的科学出版物数量（SCOPUS数据库）
遗传收集品 (2/2/1)	每个国家的收集品数量（Genesys数据库）

图例

	有相关指标
	无相关指标
	搜索无结果

地更新重要、优质科技创新投入数据的地域和部门覆盖面。

此外，还必须认识到，即便是最新的数据集，如农业科技指标网络或国际科技实践与政策研究中心的数据集，目前都不符合《农业粮食体系技术和创新展望》的入选标准（它们的覆盖面和更新程度不足，而且/或者不是开放性数据），同时主要侧重于农业粮食体系上游初级生产环节。而有关下游各环节、食品制造、加工、零售和餐饮服务以及对会

影响消费者膳食选择的食物环境的调整而做出的投入，却严重缺少相关数据，亟待解决。

有关专利权的数据可以纳入科技创新投入数据，因为专利申请中公开的新发现是对农业粮食体系科技创新的重要投入。这是创新内在的组合性质（Arthur, 2009）。专利权数据将作为可用于发现和跟踪萌芽期科技创新和新涌现科技创新的重要信息来源，在第6章和第7章详细介绍。

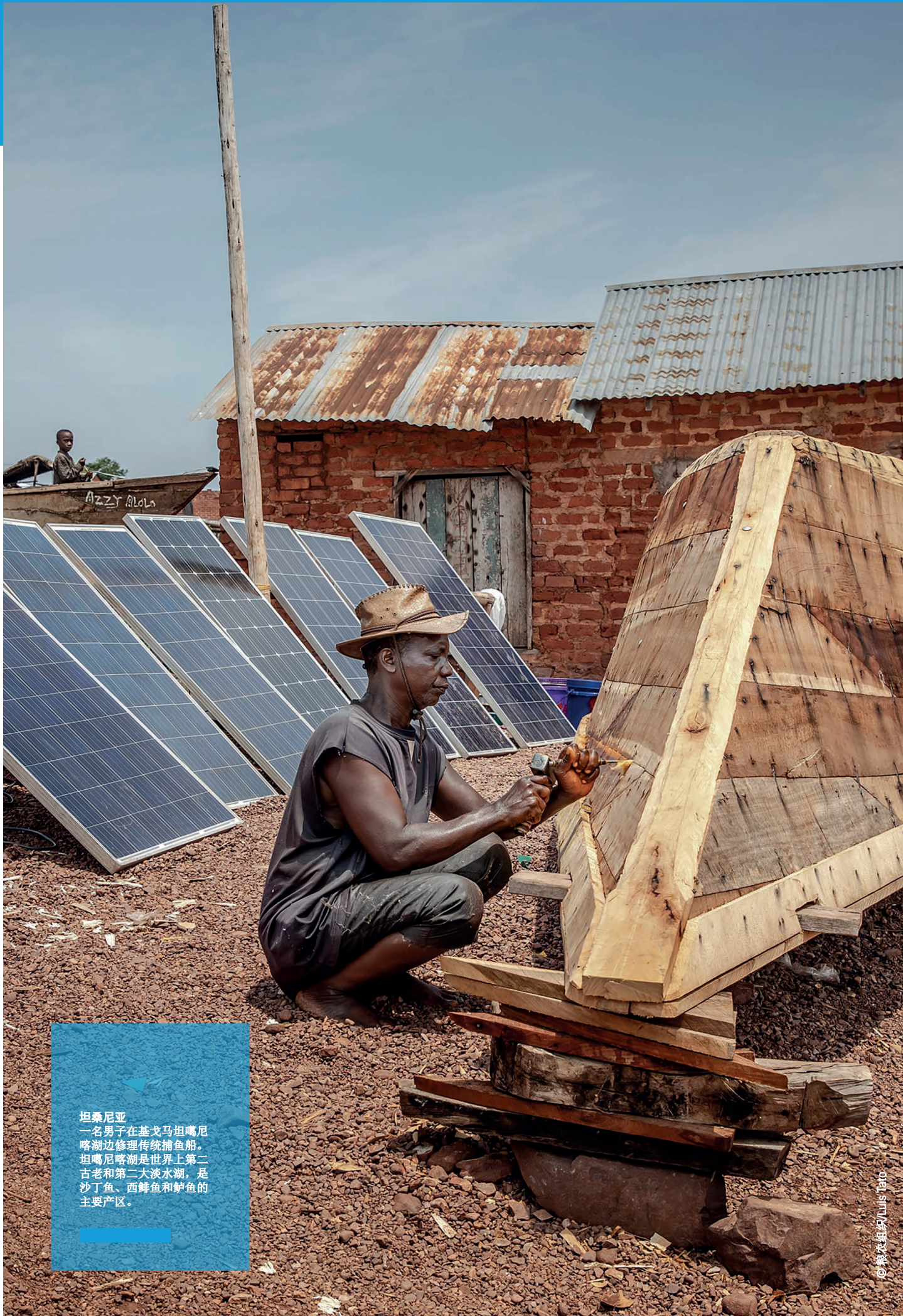
然而，专利权数据是一项复杂的科技创新投入指标，因此最终未能入选，具体原因有多个。其中最重要的原因是目前缺少经过处理的全球专利权数据集，尤其是未经过滤的数据集，无法直接与农业粮食体系科技创新直接挂钩。很多国家的政府都不向公众开放专利权相关数据。但可以找到单个国家的专利权数据集，它是有关萌芽期科技创新和新涌现科技创新的宝贵数据源，详情参见第6章和第7章。因此专利权数据目前依然是一种不完整、带噪声的科技创新投入指标。

第一个问题是，发明人通常会在多个辖区为同一项发明申请专利。因此，同一个发现可能重复出现在不同国家的专利权数据集中。而由于不同辖区之间的专利申请要求有所不同，此类重复计算的问题有时很难察觉。

第二个问题是，很多相关的科技创新发现从未申请专利权。根据科技创新和行业的不同性质，各公司

往往决定采用贸易秘密策略来维护自己在该项科技创新中的竞争力优势，而不是在专利申请中公开自己的发现，希望借此保证自己对专利发现具有临时性合法垄断权。由此导致部分科技创新未被纳入专利数据，这种情况经常出现，可能造成巨大偏差。

第三个问题是，大多数专利一直未能实现商业化，因此完全失去价值，要么被视为一项新型发现，最终无法证明自己的用途，要么主要用来阻碍竞争对手取得进展或用来从他人的发现中挖掘价值（Lerner, 1995; Shapiro, 2001）。因此，专利数据用于《农业粮食体系技术和创新展望》时会有较高的噪声信号比。这就会引发“专利困惑”，即专利数量的增加似乎与创新能力或全要素生产率的提高没有关联，甚至成反比（Boldrin和Levine, 2013）。因此我们倾向于将专利数据作为研究萌芽期科技创新和新涌现科技创新的一个数据源，详情参见第6章和第7章。



坦桑尼亚
一名男子在基戈马坦噶尼喀湖边修理传统捕鱼船。坦噶尼喀湖是世界上第二古老和第二大淡水湖，是沙丁鱼、西鲱鱼和鲈鱼的主要产区。

第6章

萌芽期科技创新指标

对颠覆性技术开展事先评估的历史较为复杂，其中夹杂着很多对颠覆性技术范式缺乏预测能力的批评（Danneels, 2004; Ganguly等, 2010; King和Baartogtokh, 2015; Markides, 2006; Paap和Katz, 2004; Yu和Hang, 2010）。对体制变化和创新的预测能力也同样受到质疑，因为这是复杂的社会进程带来的结果，这种进程会调动不同层级的制度企业家和社会相关方在现有体制中引发颠覆性变革（如制定新法规），促成更具革命性的创新，如创建新体制（Hargrave和van de Ven, 2006）。这些创新往往应社会变革而生，而社会变革可能是技术创新的结果，也可能是认识提高和共同社会价值观改变的结果。众所周知，预测未来是一件难事，尤其是涉及创新这类本质上会带来不稳定因素的活动，它可能引发范式变化，创建新市场，改变人类与人类活动之间的历史联系（例如从以往无用的材料中发现价值）。

鉴于目前的预测模型不够理想，同时缺少足量有关萌芽期技术的已发表文献，很多人在尝试通过专家调查去评估萌芽期技术，而专家不仅仅限于技术专题专家（如研究型科学家），还可能包括地方专家（如社区领袖、农民、土著领袖）等人。专家调查法采用的是展望未来的做法，在合理性可评估的透明、清晰的假设基础上，努力做出有条件的预测（Bell, 1996）。结构化专家调查的做法还有助于汇总现有知识，无论它已发表还是未发表（Knol等, 2010），而且最好经过完善的设计，以便减少语言带来的不确定性，确保专家们都能以同样的方式回答问题，明确说明他们做出评估时所采用的假设（Hemming等, 2017; Bojke等, 2021），同时能提高知识的质量、透明度和可重复性（Knol等, 2010）。

为更系统地评估萌芽期创新及其对农业粮食体系转型的潜在影响，我们提出了一种反复数据收集和专家调查的模式。先尝试发现潜在创新，再通过专家调查去仔细挑选和评估相关度最高、最有颠覆性潜力的创新。并不是所有类型的创新都有同等机会出现在文献和网络信息源中，因此要想发现各种萌芽期创新颇具难度。《农业粮食体系技术和创新展望》采用多种搜索工具并用的方法去发现萌芽期创新，其中包括常规的搜索方法和先进的搜索方法（如自然语言处理）

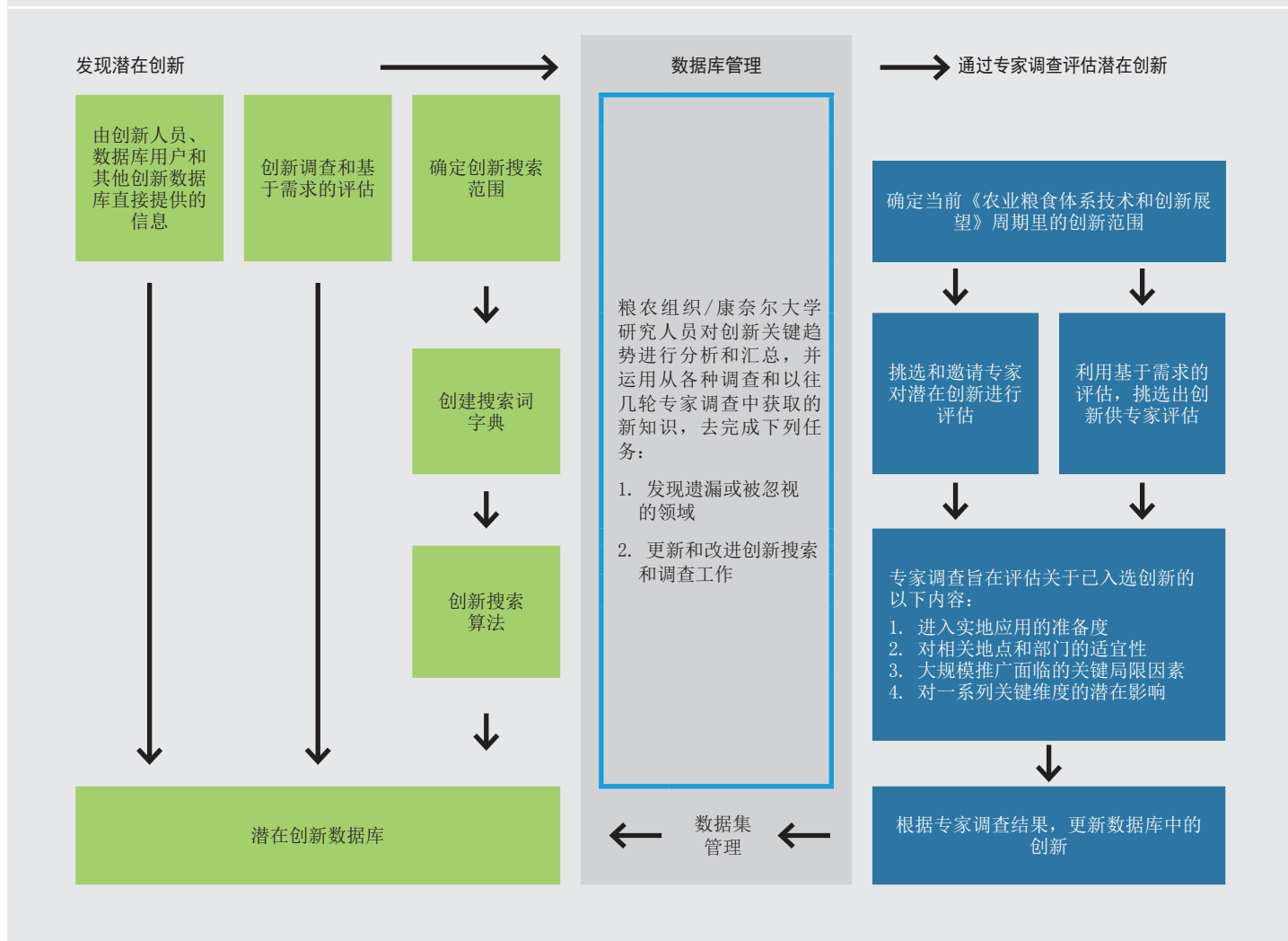
，再加上接受由创新人员和创新数据库直接提供的材料，从公众科学中吸取经验，采用众包的办法收集创新创意，同时开展创新和农业粮食体系需求评估调查，借此发现关键问题领域，从而找出解决方案。这种方法可用于发现相关技术（正如Herrero等 [2020, 2021]和创新粮食体系解决方案[IFSS]网站所采用的方法）以及体制和政策创新。

利用专家的需求评估有助于发现和重视农业粮食体系面临的关键挑战，因为社会、体制、政策类创新历来都是在发现社会问题和社会价值观变化之后应运而生的。此外，这些专家调查还能为适宜性和准备度指标提供补充，了解社会和机构是否做好准备，实现潜在变化和改革，满足需求（Selinske等, 2020）。对萌芽期的研究在不断演化，不可能涵盖所有潜在科技创新。但如果这些活动能够持续、反复地进行，让专家和普遍大众的参与反过来通过搜索算法更新（扩大或缩小搜索参数）纳入这一发现过程，就能逐渐了解正在萌芽的关键科技创新。

图3突出介绍其中几种可用于发现萌芽期创新的不同数据收集方法及其与专家和相关部门的关联，为发现和评估科技创新这一反复过程提供依据。

专家在评估已入选的创新时，有必要先厘清几项关键条件。技术与文化规范的创新以及新的政策与监管环境只是创新的一部分，而想要更好地评估潜在创新，就应该先判断创新的成熟度（即是否已准备好进入应用？）、创新在特定背景下的适宜性（即是否适用、可推广？）以及创新大规模推广后干扰和改变各种体系的可能性。因此，必须考虑到能推动或阻碍潜在创新进入应用的关键局限因素和有利环境，同时认识到创新应用的组合性本质，并找到重要的辅助性创新，无论是技术、社会或政策类创新，因为这对于推广应用十分必要。专家有关萌芽期创新的意见可用于现有指数和分类法并在此基础上进一步扩大，这些指数和分类法包括美国航空航天局的技术成熟度等级（见**插图C**）、技术准备度指数（见**插图D**）或联合国贸发会议的国家前沿技术准备度指数（联合国贸发会议, 2021）。

图3 反复采用数据收集方法和专家调查混合的办法发现和评估萌芽期创新



《农业粮食体系技术和创新展望》在Herrero等(2020, 2021)所采用的方法基础上，扩大了相关农业粮食体系科技创新的搜索参数，确保《农业粮食体系技术和创新展望》的潜在创新数据库不仅包含技术创新，还包含社会文化规范和做法的重大变化、政策和监管创新、组织创新以及来自土著人民、小规模生产者和所有非正规农业粮食体系企业家未得到充分利用、被忽视的知识。此外，《农业粮食体系技术和创新展望》还将更系统化地将最佳做法与结构化专家调查相结合，并更明确地让专家们评估上文提及的制约因素，以便更严谨地评估已入选的科技创新。为此，专家调查应着力了解下列四个关键问题。

1. 确定一项潜在创新的成熟度，判断其是否可应用于现实世界，去解决特定时间段（如未来五年）内某个问题。
2. 评估此项创新的适宜性，判断其是否能在特定背景下和时间段内加以应用，判断的标准不仅仅是此项创新本身的特征，还有个人和社会文化因素。
3. 评估创新在特定背景下和时间段内的可推广性，了解大规模应用所面临的关键局限因素和所需的辅助性变化（如政策、文化、技术）。
4. 评估潜在创新大规模应用后的颠覆性能力，要考虑应用后可能带来的积极和消极结果，同时尽力避免出现阿玛拉定律所提及的结果¹⁷。

17 由R. Amara提出的一条定律，认为人们总是高估一项创新所带来的短期效益，却又低估它的长期影响。

插文 C 评估技术成熟度和准备度

为更好地评估技术成熟度以及被采用和推广的潜力，人们已开发出各种模型。从技术面看，美国国家航空航天局（1991）已提出“技术成熟度等级（TRLs）”，用于确定和描述处于不同成熟度等级的各种技术，其等级从基础研究成果的公布（等级1）到已得到验证的应用（等级9）不等。

这种等级法所预见的是技术未来的线性发展过程，提倡通过评估这些技术目前处于发展途径中的哪个环节来预测技术发展情况。专家组利用这些等级提出短期和中期项目时间线，并重点利用投资来推进尚未做好充分准备的关键技术。

美国国家航空航天局的九个技术成熟度等级

基础研究	等级1：观察到基本原理并形成报告
研究可行性	等级2：已形成技术概念和/或应用方案
	等级3：已完成概念验证
技术发展	等级4：已在实验室环境中得到验证
技术演示	等级5：已在相关环境中得到验证
	等级6：在相关环境中部分样机演示
系统发展	等级7：在相关环境中全系统样机演示
系统应用	等级8：通过测试和演示完成系统
	等级9：技术应用和部署

确定特定技术成熟度等级时，可以由不同研究人员评分，或通过专家调查去评估和确定技术和创新组合的成熟度。另外也可通过查询有关风险资本投资

的数据库，寻找有关各类技术成熟度的信息，区分技术的发展阶段（下文将就此事做详细介绍）。

资料来源：美国国家航空航天局（1991）和Héder（2017）

专家调查面临的挑战不仅仅在于结构性设计，还在于如何寻找并挑选数量充足且背景多样化的专家，确保能获得尽可能多样化的观点和相关专业。要想可持续地获得专家意见，为《农业粮食体系技术和创新展望》提供依据，所面临的其他挑战就是让专家们在较长时间内持续参与，而不是仅仅一次性参加调查。

本章接下来将讨论创建和扩大萌芽期创新数据库所需的潜在资源和数据源，随后讨论为评估萌芽期创新而确立结构化专家调查流程时面临的挑战和可用的方法。

6.1 创建潜在创新数据库

新创新的本质决定着已发表的学术文献少之又少，而现有的灰色文献由于缺乏具体应用或保护新生知识产权的原因难免模糊不清。但我们可以尝试将萌芽期农业粮食相关创新系统化地汇编成册，形成一个汇集各种潜在创新的大数据库。

为有前景的技术编制目录时，可采用的方法包括编制可能采用新技术和新方法的农业粮食初创企业名单，并收集关于他们正在应用的创新的相关信息。除了查阅初创企业数据库外，还可以在编制目

插文 D 评估应用潜力

对应用潜力的事先评估需要考虑个人在决定是否采用一项新方法时面对的多个推动因素和制约因素。认识到这一点后，Parasuraman (2000) 提出了“技术准备度指数 (TRI)”，对个人准备好采用一项新技术的可能性进行量化，期间考虑到能代表

个人采用新技术的意愿的一系列个人特征和因素 (Blut和 Wang, 2020)。这一指数采用5分制李克特量表，从四个主要维度 (技术乐观度、创新性、不舒适度和不安全感) 通过一系列问题完成量化，详情参见图4。

图 4 技术准备度指数各维度



资料来源: Parasuraman (2000)

技术准备度指数主要侧重于个人，而其他因素，包括有利环境，也是评估一项新技术、新做法或新规范如何被系统化采用和推广时非常重要的考虑因素。和技术成熟度等级一样，技术准备度指数可通

过专家调查来估算，也可能通过众包的方式面向更多受众。技术准备度指数应加以扩大，以便考虑到会制约个人选择的社会文化、经济、政治影响，如 Afshin等 (2014) 的膳食选择多层次影响模型。

录时，搜索为农业粮食初创企业提供资金的资金来源信息，作为补充（有关农业粮食初创企业及其资金来源相关数据源信息见附录B）。

同样，对政策创新领域开展研究时，可采用的方法包括对有影响力的政策智库（如布鲁金斯研究所、查塔姆研究所、南非食品、农业和自然资源政策分析网络）、学术机构和开发银行等有关潜在政策和体制创新的产出（如白皮书）进行评估。

更具挑战性的任务是找到关于未得到充分利用和经常被忽视的创新，因为它们已在已发表的文献（灰色文献和经过同行评审的文献）中留下的印迹十分有限。可能需要做出更多努力，采用有针对性的调查和快速公开征集活动去积极收集此类信息，让来自不同领域的专家在线上填写一份简短的表格，指出各自领域中有前景的科技创新。公开征集活动让专家们有机会在无需做出多大承诺的前提下参与《农业粮食体系技术和创新展望》相关工作。还可尝试采用众包和公众科学方式来发现更多种类的科技创新。所有这些方法都不仅有助于发现关键的科技创新，还有助于为搜索算法提供依据，在自然语言处理系统中利用独特的描述性词汇作为关键词。要想寻找有关被忽视的创业者的信息，另一个潜在信息源是推动股权众筹的平台（[插图E](#)）。

6.2 确定相关专长

专家调查的目的在于从各种不同观点中了解不易获取的知识和专长，以便更好地帮助我们理解极具不确定性但又很重要的问题。由谁参与调查将很大程度上影响调查结果，同时也会影响公众对调查结论的接受程度（Knol等, 2010）。因此，必须挑选能代表各种不同相关领域观点和知识的专家。此外，还应让不同专家参与《农业粮食体系技术和创新展望》的反复验证过程，确保专家组所代表的知识领域能够充分体现《农业粮食体系技术和创新展望》反复验证过程所关注的主要领域。由于大范围农业粮食体系转型可能产生多重溢出效应，因此除了关注侧重于传统技术和生产率的观点外，还必须考虑对环境、生计、公平、正义、消费方式、膳食以及健康与营养等方面的影响。

按照Knol等（2010）的观点，在对萌芽期创新进行专家评估时，可考虑挑选以下几类专家：

1. 专题/技术专家，他们对于评估技术性问题非常重

要，尤其是涉及创新成熟度以及应用所需投入和预期成果。

2. 通才型专家，他们具备相关学科知识以及对创新的开发、应用和扩散大背景的了解。这些专家能突出指出推广所面临的挑战，还能指出特定背景下大规模推广所面临的关键局限因素。
3. 实地实践人员（如农民、生产者、食品加工者、贸易商），他们具备实地专业知识，对于评估大规模推广所面临的潜在挑战十分重要，也有助于重点关注可能被遗忘的地方性创新。他们对创新和社会变革带来的潜在不良后果比较熟悉，能提出不同的前瞻性想法。这些专家能就创新应用可能带来的不良后果提出问题和担忧，同时认识到大规模推广过程中可能出现的严重非线性现象。
4. 专家调查方面的专家。这些专家很重要，有助于对专家调查结果进行整理和汇总。

虽然以往开展专家调查时，都往往侧重于挑选技术专家和学术专家（如从属于某个相关研究机构、政府机构或技术机构），但创新带来的变革可能是全社会的，因此必须为专长确定一个宽泛的定义，以便尽可能收集到更多的相关观点。有关萌芽期创新的大量知识不一定能从已发表的学术资源中轻易找到，说明有必要为专长确定一个更宽泛的定义，将实地实践人员（如初级生产者、食品加工者、商品贸易商）、企业、政府、民间社会以及了解健康与营养的专家包括进来，同时保证地域、文化、性别多样性。

6.3 发现和挑选专家

所需要的专家数量应根据想要专家回答的问题的不确定程度而定，同时认识到管理大型专家组可能面临的挑战。

为进一步提高《农业粮食体系技术和创新展望》专家调查流程的效率，应考虑让多个调查流程同时进行。我们知道，农业粮食体系科技创新范围很广，要想通过单个专家组获取专家知识是不可能的。多个专家组同时开展工作的做法有助于探究多样化的主题和问题。成立多个专家组有多项优势。如果将专家分成不同小组，就能让他们集中回答更有针对性的问题，加大专家答复的权重（库克法）。专家组调查还可包含更有针对性的问题，以便提升答复的准确度，鼓励提出更具启发性的答复。此外，所有专家组调查中都包含每个专家组都可回答的一般性问题，有助于对参与研究的所有专家进

插文 E 发展中国家的众筹

早期创业者主要采用自筹资金的办法，或由亲友提供支持（Spiegel等，2016）。此类安排往往是非正规的，很难从中全面了解农业粮食体系的创业资金来源。但众筹方式最近的新发展为了解创业资金提供了全新的信息渠道。这些平台通过在创业者和投资人之间牵线搭桥，帮助提升品牌知名度，并将初创企业与潜在客户联系在一起。

股权众筹模式的发展与《农业粮食体系技术和创新展望》尤为相关，因为《农业粮食体系技术和创新展望》旨在提高投资和捐赠的透明度，并帮助各方更好地获得融资，包括历史上很难获得资金和创业支持的边缘化群体。

众筹平台一直在快速扩张，已涌现出各种国际、区域、国家众筹平台。此外，还出现了更加专业化的众筹平台，专门针对处于特定发展阶段的初创企业（即早期投资），或针对特定经济部门，如农业粮食初创企业。区域性众筹平台也在非洲、亚洲和拉丁美洲层出不穷，其中一些主要在国家层面运作，另一些则在本区域内跨国运作。虽然众筹平台之间存在巨大差异，但它们都有一个共同主题，那就是努力帮助以往难以获得融资的群体拓宽融资渠道。

下文介绍各类众筹平台的案例，可借此了解有关农业粮食创业活动的宝贵信息。

部分可能相关的全球众筹平台

一般性投资	早期平台	侧重农业粮食的
Kickstarter	Crowdcube	Foodhack
Indiegogo	Seedrs	Vegan Launch
Crowdfunder	Ourcrowd	Sustainable Food Ventures
Wefunder	Fundify	
Angellist Venture	Funding Societies	
Kiva		

部分可能相关的区域众筹平台

非洲	亚洲	拉丁美洲
Farmcrowdy (尼日利亚)	Oporajoy (孟加拉国)	PlayBusiness (墨西哥)
Sokaab (索马里各区)	SeedOut (巴基斯坦)	Kickante (巴西)
Fundkiss Technologies Limited (毛里求斯)	Wadiz (大韩民国)	GreenCrowds (厄瓜多尔)
Backabuddy (南非)	Sinwattana (泰国)	Patrociner (秘鲁)
M-Changa (肯尼亚、南非)	LetsVenture (印度)	Broota (智利)
Zidicircle (埃塞俄比亚、肯尼亚、加纳)	Tanifund (印度尼西亚)	Idea.me (阿根廷、巴西、智利、哥伦比亚、墨西哥、乌拉圭、美国)

表 2 快速确定有关农业粮食创新的会议以及可能参与调查的专家

会议类型	学术	行业	公共政策	风险资本
要讨论的问题类型	气候适应、 循环经济、 粮食浪费、 生物多样性、 健康膳食	替代蛋白、 数字化、 作物生物保护、 供应链、 循环设计	小型农场扩大/机械化、 减少碳排放、韧性、 粮食体系转型、 气候适应/减缓、 健康膳食	替代蛋白、 杂货店创新、 供应链、数字化
重点关注的创新	全球预测系统、 对数字化和数据解决方案的关注、 指数型保险、 农业数据、 治理/所有权模式	作物遥感、 人工智能、 区块链、 大数据、 植物蛋白、 机器人	病虫害有机防治、 循环堆肥、 开放数据平台、 水培技术进步	水培、植物肉、 替代奶制品、 功能食品、 机器人、数据和分析、 替代性植物投入品
讨论的是谁的问题?	全球、低收入国家、 中等收入国家	高收入国家	全球、低收入国家、 中等收入国家	高收入国家
从本类型中挑选专家的好处	有关相关研究的信息	有关新涌现创新的信息，侧重于规模、产量和现有市场等信息	有关应用潜力、现有模式、以往的成功干预、农业粮食体系现状的信息	有关新创新（哪些已获得融资、哪些没有）、产值和市值的信息
可挑选的专家	演讲人、专家评论人	参展商、演讲人、专家评论人、咨询委员会	演讲人、专家评论人、咨询委员会	演讲人、专家评论人、咨询委员会

行交叉对比 (Aspinall 等, 2016)。另外, 让多个专家组同时开展工作有助于减少专家的个人负担, 提高他们持续参与的可能性。

由于评估萌芽期创新时面临较高的不确定性, 专家之间可能存在较大分歧, 《农业粮食体系技术和创新展望》可能需要规模较大的专家组, 每组有15-20名成员 (Aspinall, 2010)。但挑选专家时应谨慎从事, 确保他们能够针对整个农业粮食体系提出独特的观点, 因为如果专家的观点和看法类似的话, 数量再多也没有多少价值, 可能会带来虚假共识。

传统上, 专家是通过一系列通用标准挑选出来的, 其中包括他们在相关领域展示出来的知识与经验, 同行和公众对他们的认可度以及他们对研究成果的贡献 (Bojke等, 2021)。也可采用一些指标来简化挑选专家的流程, 缩短所需时间。挑选专家时常用的指标包括年龄、在相关领域工作年限、专长范围 (专家的专业领域广或窄)、发表论文数量以及在特定研究领域或行业的经历 (Antonelli等, 2019)。虽然这些基础指标更多地代表着他们的名声而非真正的专长 (Burgman等, 2011), 但最终的入选门槛应该是这些专家在调查中能理解和回答相关问题。最后一步是启动会, 让入选专家在同意参与调查之前, 有机会了解调查的设计和目的并提出澄清式问题 (Hemming等, 2017)。

为进一步改进专家遴选工作, 研究人员应尽可能让专家储备库多样化。“多样化应体现在年龄、性别、文化背景、生活经历、受教育背景和专业背景。这些都可作为认知多样化的代用指标” (Page, 2008, 引自Hemming等, 2017)。由于有必要在传统专家的基础上扩大专家的挑选范围, 因此有必要在传统专家遴选方法的基础上做出努力, 从非传统、未受足够重视的观点 (如小规模生产者、土著人民的观点) 中获取有关农业粮食体系的观点。

专家的一个潜在来源是世界各地各种农业粮食峰会和会议上的演讲人和参会人。由于2019冠状病毒病疫情的影响, 这些峰会更多地以线上形式举行, 这有时有助于让更多人有机会参会。农业粮食相关国际会议从规模、目的、重点和关联等方面看各不相同。为了对这些会议有更广泛的了解, 最初要搜索的是任何与农业粮食体系创新、技术、投资或转型相关的会议。快速盘点最近举行的会议后, 我们将其分为四大类: 学术会议、行业会议、公共政策会议、风险资本会议。这种分类方法并不全面, 但有助于强调不同类型的会议有着不同目的, 继而有助于挑选具有不同背景的专家, 因为参加这些不同会议的人员可能熟悉不同领域的总体创新情况。例如, 投资人可能更了解市场大形势和融资障碍, 行业专家则可能更具体地了解技术成熟度和产品特性, 而公共政策专家则更可能了解不良后果并提出公平和公正相关问题。表2对不同类型会议的主要特征进行了汇总。

6.4 《农业粮食体系技术和创新展望》的结构化专家调查

为《农业粮食体系技术和创新展望》设计和执行专家调查流程时，必须确保参与流程的专家以及参与收集和汇总信息的研究人员的长期可持续性。为此，对可持续流程的定义是，能频繁开展，意识到并最大限度减少参与专家和研究人员需要付出的时间，防止参与专家因劳累过度而退出，同时仍保持产出可靠、有效的数据。要做到这一点，就必须创建一个专家调查研究数据平台，便于将调查表发送给各位专家，随后以一种简便易懂的格式收集和汇总专家意见，为专家讨论提供参考依据，最终推动《农业粮食体系技术和创新展望》对结果进行分析和汇总。

关于专家调查模式，目前尚无公认的标准，但IDEA规则正在成为各方公认的适用于专家调查流程的灵活方法，能提高流程的实用性和用户体验。这些规则综合了各种德尔菲法（Delphi）和专家调查法采用的最佳做法（Hemming等，2017；有关专家调查法的更多细节参见附录C），将其分为以下四个关键步骤：

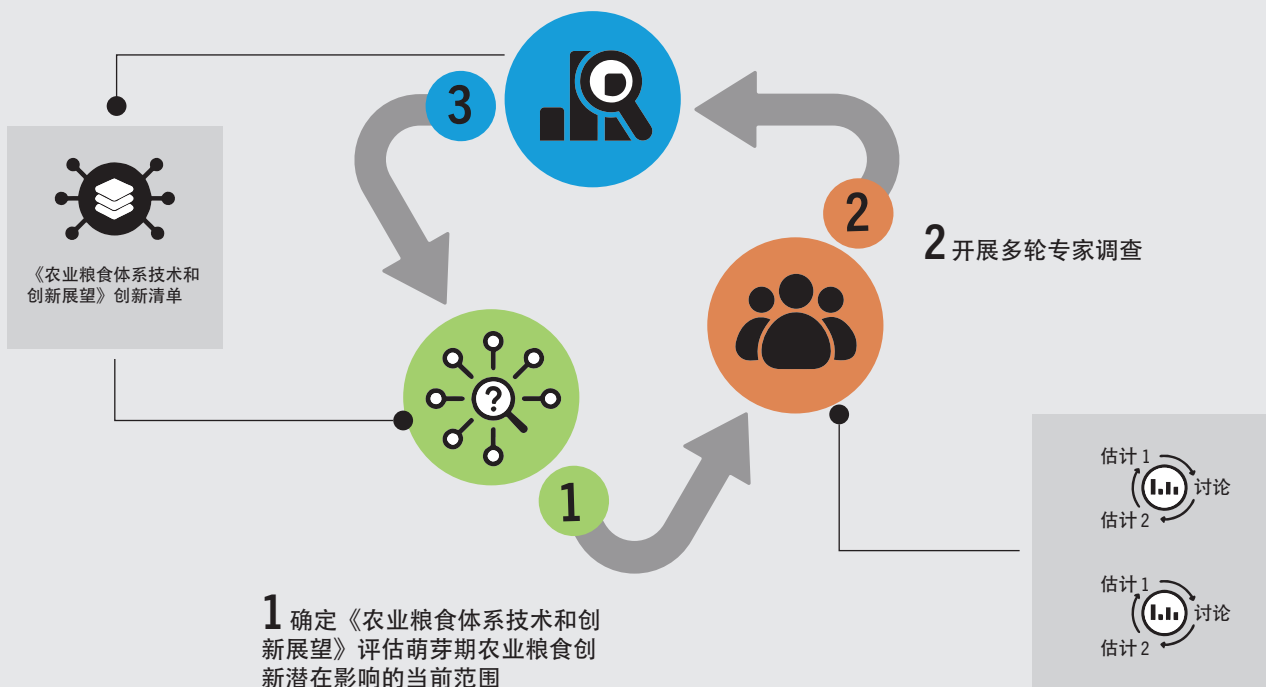
1. (I) 调查 – 所有专家各自单独回答问题并说明理由。
2. (D) 讨论 – 专家们就首轮回答结果展开匿名讨论，并有机会提出问题并分享相关信息。
3. (E) 估计 – 所有专家再次单独回答问题，必要时根据从讨论阶段获得的启发，修改和更新自己的估计结果。
4. (A) 汇总 – 将各项个人结果进行汇总，总结专家们的答复意见。

《农业粮食体系技术和创新展望》采用IDEA规则并参考传统的德尔菲法，利用多轮次调查，让专家们审核和讨论前几轮专家的答复汇总结果，并有机会根据专家们相互交流的实证，调整和更新自己的估计结果，解决语言模糊不清的问题（Hemming等，2017）。传统的德尔菲法采用这些步骤帮助专家们达成共识（Cole、Donohoe和Stellefson，2013），但共识并非是《农业粮食体系技术和创新展望》开展专家调查的目的，因为能达成共识的结果诚然重要，但仍存在较多不确定性和各种观点之间分歧的结果也同样重要。与Chrysafi等（2022）用来估计地球系统各进程之间关联的方法一样，《农业粮食体系技术和创新展望》的专家调查将各组平行的专家调查纳入同一个工作流程，希望持续、反复地汇总有关萌芽期创新观点，每次反复过程得出的结果都被纳入有关萌芽期创新的数据库中，同时突出未来几轮调查中需要专门针对的关键空白（图5）。附录C将对《农业粮食体系技术和创新展望》的专家调查流程逐个步骤做详细介绍。

图5 评估萌芽期创新的建议工作流程

3 汇总和分析专家的估计结果

- 总结关键局限因素和挑战
- 重点关注有前景的萌芽期创新
- 为《农业粮食体系技术和创新展望》确定创新清单和搜索算法提供参考依据，为未来反复开展《农业粮食体系技术和创新展望》相关活动做准备
- 确定存在哪些空白，为未来搜索工作提供参考依据





马达加斯加
鱼贩拉霍娃在船旁守着自己早些时候从渔民手中收购的鱼。

第7章 新涌现科技创新指标

新涌现科技创新指一项现有技术的新趋势、新创新、新应用或过去几年里出现的新技术、新政策、新体制或离开研究人员管控的试验阶段进入现实世界应用的其他创新。这些新涌现科技创新最初可能是社交媒体上的热点话题、创业者申请了专利的创意、风险资本最新投资的公司或农民、渔民、牧民或农业粮食体系中其他小规模非正规创新者群体开启的实地创新活动。不同领域新涌现科技创新的相关数据往往相互关联，不同领域相关指标之间的界线也往往模糊不清。此外，一项科技创新可能先在一个地点出现，之后再在另一个地点出现，也可能以不同形式出现在不同地点。所有这些因素使得跟踪新涌现科技创新变得尤为困难。

必须考虑如何将科技创新和基础设施驱动因素反映在有关农业粮食体系的大范围讨论中。Fanzo等（2021）发现了涌现创新两个空间（图6）：粮食体系供应链以及生产体系、储存和流通、加工和包装、零售和市场等不同领域；食物环境、粮食可供性和物质获取能力、经济获取能力、促销、广告和信息以及食品质量与安全。要想知道科技创新在农业粮食体系中的所处位置，可利用人工智能来发现不同类型的技术和创新，并将其纳入一个框架，重点关注技术、社会、政治、经济、生态系统等方面的创新。

有关适用于低收入和中等收入国家的新技术的信息不会来自单个数据源。要想发现任何一项技术或服务，无论它多有前景，都需要将其与国家层面的可行性数据进行对比，同时与现有连通性、电气化水平和道路及基础设施状况等指标进行比较。

7.1 指标和数据源

共对六十五个数据源进行了评估，以确定其相关性。然后将这些数据源进行分类，归入指标大组（见图7）。注意，这样做仅仅是为了展示《农业粮食

体系技术和创新展望》是如何通过这些方法收集数据，这种方法如果用于其他类型的创新，则可能需要先做小幅调整。

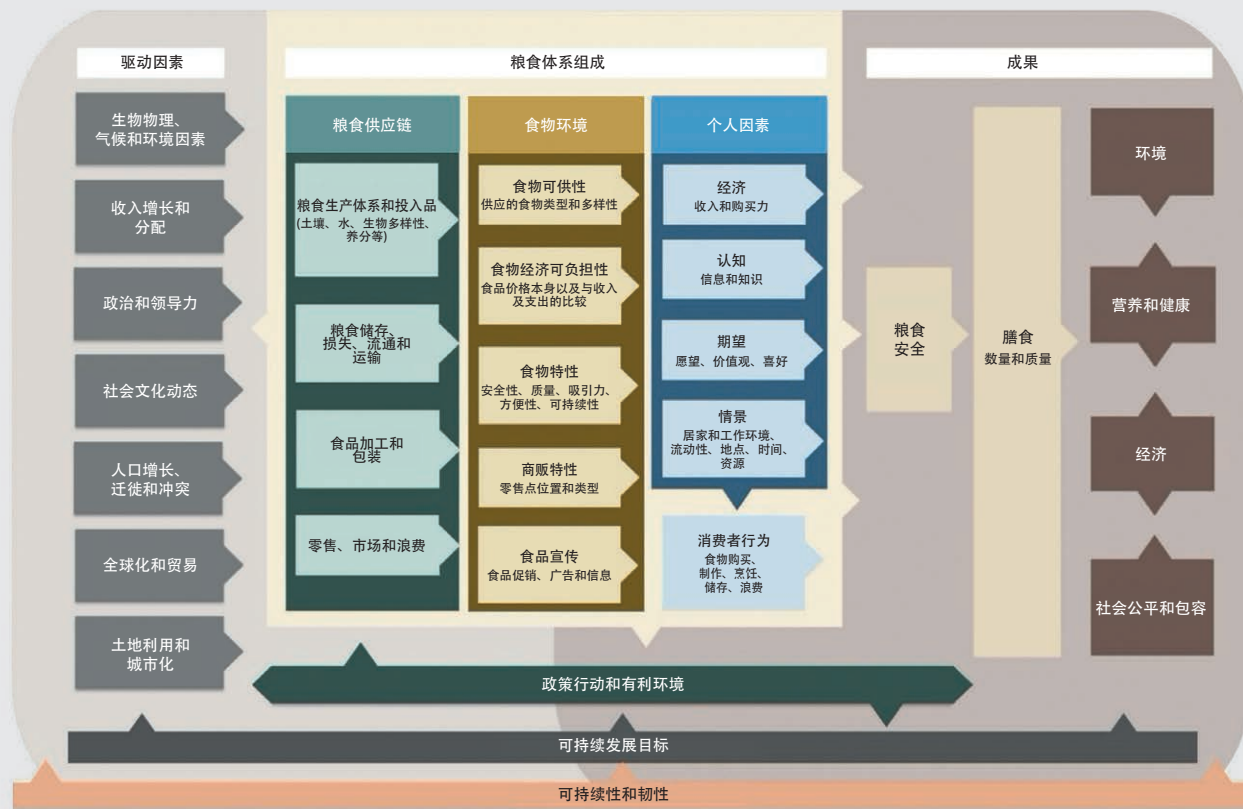
商业可行性：第一组指标围绕商业可行性概念，侧重于该创意满足消费者需求或发挥自身应有作用的市场活力和能力（昆士兰州政府，2019，<https://www.business.qld.gov.au/starting-business/planning/idea/feasibility>）。商业可行性可通过查阅一系列不同类型的数据源加以评估，包括专利数据和投资数据。

- ▶ 专利数据能提供大量有关创新的信息，一直被广泛用作一项创新指标（Sampson，2007）。有些研究人员认为，专利权数量是用来衡量创新的统一一致、客观的指标，专利数据能同时保证一致性和客观性（Boone等，2019）。
- ▶ 公共和私人投资数据能让我们看到新兴服务和产品，展示在创意过程中尚未完全成熟、但已具备吸引部分外部投资的商业计划的新科技创新。
- ▶ 谷歌商店提供一个公开市场，能让大家看到商业可行性已得到验证的应用程序。对这些数据库进行新的探索可能在一定程度上有助于发现低收入和中等收入国家正在涌现的非正式服务。

按此项指标去查找科技创新时，可采用的办法包括跟踪新专利权、投资（公共和私人）公告及更新信息，还可通过谷歌商店里有关数据挖掘应用程序的更新消息去发现新增应用程序。此外，商业可行性相关新信息与有关下列指标的数据和信息如何整理有着密切关系，例如有关新增重大投资的消息也可能出现在趋势指标相关数据源中。

趋势：第二组数据源可在趋势数据大类中进一步细分。这些数据源是基于文本的数据源，提供有关科技创新的信息。对最新技术消息进行摘要提取、分组和分析有助于提供有关当前市场上农业粮食体系技术的最新信息。这种信息可与其他大组的指标相互结合起来使用，让专家和机构就正在讨论的新涌现科技创新做出决定。

图6 农业粮食体系概念图



资料来源: Fanzo等, 2021。

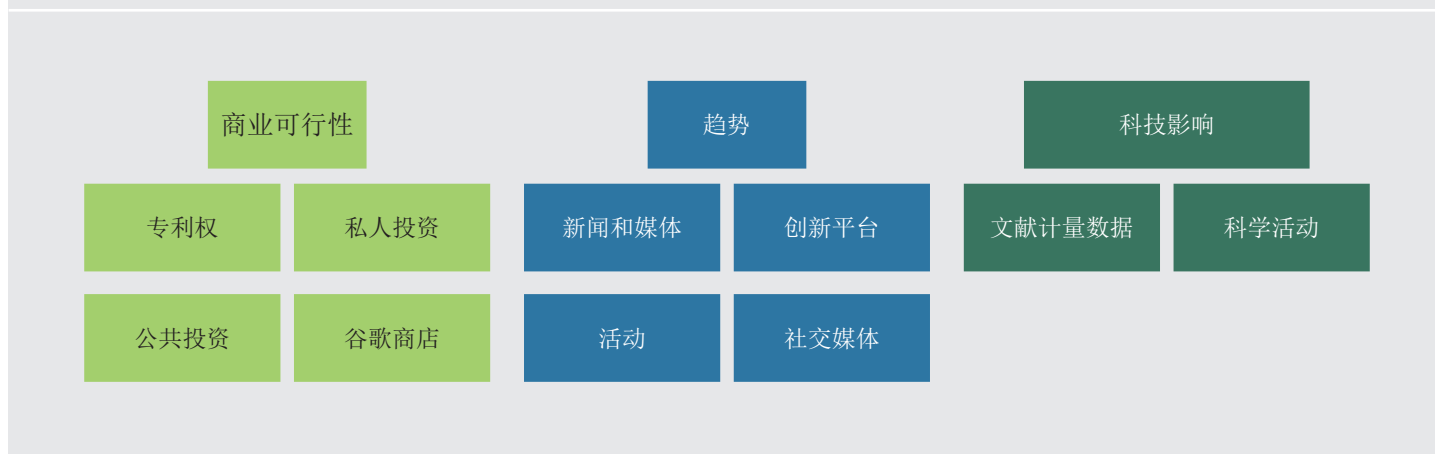
▶ 创新平台是发现科技创新趋势的强有力的代用指标。这些平台提供学习和变革空间，成为支撑开放性创新进程的工具。它们将生态系统中不同主体召集到一起，去寻求解决方案或实现共同目标（Tui 等, 2013）。

要跟踪此项指标，最主要就是要定期查阅新闻、媒体以及创新活动/平台更新消息，确保各种信息源和语言都能被纳入《农业粮食体系技术和创新展望》。关注高级别活动议程也有助于发现有关新涌现科技创新趋势的新信息。在为《农业粮食体系技术和创新展望》查阅媒体信息的过程中，应与一名交流/媒体专家保持联系，确保查阅结果和所做的研究是有意义的（例如如何确定权重、情感、避免重复计算、有针对性地开展工作）。

科技影响: 该大类中的数据源主要涉及对农业粮食体系技术所产生的影响开展的科学研究、对技术应用的评估以及对数据/数字生态系统的分析。例如，Sott等（2021）指出，增强现实技术几乎未在农业中得到应用，而相关技术在大数据、区块链和模拟/数学建模等其他领域则已得到广泛应用。此外，Silva和Silva-Mann（2021）采用文献计量分析的方法来研究科学出版物中最受关注的农业科技创新相关主题，并对具备较长生命力且能促进对科学指标和技术有更多了解的技术进行分类。

和商业可行性和趋势一样，此项指标也需要一个统一一致的监测计划，以便整理和更新有关科技影响的信息。通过利用新闻和媒体信息源、搜寻出版商和期刊信息以及参加会议/活动和查阅会议/活动材料，就能发现和跟踪有关科技影响的新信息。

图7 指标及其数据源



7.2 数据获取和现有数据源

任何类型的数据，无论是结构化、半结构化或非结构化数据，要用在《农业粮食体系技术和创新展望》中，就必须先获取数据。但要想维护好网上资源，就必须具备大量的计算基础设施和管理资源。利用自然语言处理案例和机器学习模型，从学术数据库和超过25个灰色文献源中寻找创新的做法已经得到测试和验证，最终于2020年发表在《自然研究》期刊的一份专辑“[Ceres2030项目：消除饥饿的可持续解决方案](#)”中（Acevedo等, 2020; Baltenweck等, 2020; Bizikova等, 2020; Liverpool-Tasie等, 2020; Maïga等, 2020; Piñeiro等, 2020; Porciello等, 2020; Ricciardi等, 2020; Stathers等, 2020）。《农业粮食体系技术和创新展望》对来自各种相关新数据源的这些方法进行了验证，以便了解科技创新整个生命周期的各项创新，包括专利权、新闻源、社交媒体和其他非结构化数据。

应用程序编程接口(API)是一种中间软件，能让两个应用程序实现相互通信。第三方可利用这种接口打开数据和利用其功能。这些服务往往要求数据是定期更新的（有些数据，如天气数据，应该是实时的），允许在其他程序中对数据进行再利用和汇总，所提取的数据是标准化的，所有这些都是考虑如何利用多个数据源开展持续分析时所关注的重要特征。

为了对概念进行验证，我们还开展了一系列简单磋商，以便征求建议，了解在哪里能搜寻到有关低收入和中等收入国家行业趋势的数据，同时了解有哪些类似活动在侧重于寻找农业领域的创新和技术数据。我们共找到采用现有应用程序编程接口的65个可用数据源（附录D），可用于确定如何在未来利用类似的自然语言处理技术，将这些新数据源与从学术文献和灰色文献资源中获得的知识结合起来充分利用。根据对以下各项的评估结果，最终有19个数据源入选：

- 是否能够采用自然语言处理技术。
- 数据的可获性，是否设有收费墙。
- 确认数据的展示和分类方式。
- 数据源的更新频率。
- 对数据质量的个人/专业看法。

表3列出了可供《农业粮食体系技术和创新展望》参考的各种（不完全统计）数据源，可用于确定在哪里可能会出现获取方面的问题，无论是需要订阅，还是是否有应用程序编程接口。重要的是，标注需要订阅的很多资源或网站都需要在输入管道和数据训练环节做更多的照管工作和提供更多资源。评价过程包括检查某个数据源是否具备应用程序编程接口，如果没有，那么它是否方便使用一种叫做网页抓取的技术，利用自定义码，从网站上采集信息。其他评价标准包括是否能提供元数据、数据源更新频率、是否可以采用人工智能得出结论。附录D对这些资源做了更详细的介绍。

表 3A 商业可行性数据源

数据源	数据源描述
商业可行性	
谷歌专利公共数据集	谷歌专利公共数据集是一组从政府、研究机构和私营公司那里收集到的可比BigQuery数据库表格，用于对专利数据进行统计分析。
世界知识产权组织	联合国世界知识产权组织作为联合国15家专门机构之一，在自身网站上向研究人员发布专利权和知识产权数据源数量清单。
经合组织REGPAT区域专利数据库	经合组织REGPAT数据库包含各区域向欧洲专利局和专利合作条约提交的专利申请数据。该数据库利用发明人/申请人地址，将专利申请分别归类到5500多个区域。
Wellspring Worldwide 搜索平台	Wellspring是一家在全球各地提供技术转让解决方案的大型公司。它收购了全球最大的早期技术网上交易平台Flintbox。
AgFunder	AgFunder是一家农业科技风险投资公司，他们每年就农业食品技术相关投资情况发布一份报告。
S2G Ventures	由一家农业粮食投资公司发布的报告，跟踪可持续粮食体系宏观趋势、市场动态和创新。
Pitchbook	PitchBook是一家金融数据和软件公司，总部设在西雅图。它的付费数据库提供有关全球风险投资和初创企业生态系统的相关信息和商业分析材料。

表 3B 趋势数据源

数据源	数据源描述
趋势	
世界农业技术创新峰会 (2022年3月22-23日)	世界农业技术创新峰会是每年一度的全球农业技术生态系统会议，农业粮食相关企业、投资者和技术开创者在会上交流看法，寻找灵感，寻求未来伙伴。
Techcrunch	一家重点关注高科技和初创公司的报社，创立于2005年6月。
创新新闻网 (Innovations News Network)	一份数字出版物，每日更新全球科研、新技术、政策和创新相关信息。
粮食体系成功农业技术新闻 (FS Successful Farming Technology News)	一家网上新闻网站。它的技术新闻版块重点介绍精准农业生产信息，发现有有助于农民更高效管理农场的最新农业技术。
Contxto	Contxto是拉丁美洲最主要的技术、初创企业、风险资本相关新闻和数据网站之一。它是一家媒体技术和数据公司，报道从墨西哥到阿根廷的最新、最相关技术和创业故事。
粮食和农业技术 (Food and Farming Technology)	一家网上新闻网站，介绍粮食种植、收获、运输、制造和零售领域的技术突破。网站每天向全球读者介绍农业、食品生产、机械、软件、电子、工程、金融服务等方面的可持续解决方案。
《明天的农业技术》 (Agri Tech Tomorrow)	一份网上贸易杂志，介绍农业技术和精准农业行业的相关产品、公司、新闻、文章和活动，侧重点是可能获得商业化的新技术。

表 3C 科技影响数据源

数据源	数据源描述
	科技影响
美国农业部研究战略 — 仪表盘	美国农业部的研究、教育和经济职能决定着它在联邦中牵头负责推动与农业相关的科学知识进步。
巴西国家农业研究所 (EMBRAPA)	Radar Agtech 2020/2021是介绍巴西农业科技和食品科技概况的第二版。文件提供有关国家农业创新环境的重要定量、定性信息。
以色列创新局	以色列政府用于为特定项目/解决方案招标的一个开放性创新平台。
巴伐利亚投资促进局	巴伐利亚投资促进局是巴伐利亚州和巴伐利亚国际 (Bayern International GmbH) 的商业促进机构。它提供一份互动地图, 上面列出德国巴伐利亚州所有公司、集群和初创企业。
伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校	由伊利诺伊大学人员创建的一份初创企业众包清单。
美国农业部	美国农业部有关农业技术的新闻、公告和博客。
哈佛大学量化社会科学研究所	发表了两份内容包含专利数据的研究论文。
数字化食品实验室	数字化食品实验室是一家面向食品和饮料公司的食品科技预测和战略咨询公司。

7.3 利用人工智能从非结构化数据中发现新技术

及早发现农业领域的新技术对于设计和调整新的市场、政策、研发项目、基础设施和教育十分重要。能发现新的农业技术, 就意味着有更多机会去讨论潜在影响。众所周知, 多年的研究才有可能带来创新, 它们往往需要应用较长时间之后, 才能充分实现直接和间接效益。此外, 创新在设计时所处的时代往往与最终应用这些创新的时代有很大差别, 例如, 农业粮食体系技术往往需要长达20年的时间, 才能从最初的创意转化为大规模可衡量的影响。我们能发现越多有关早期技术创新的相关信息, 就越有可能为未来做好准备。

要想从目前不断增加的海量非结构化数据中发现新技术, 就必须采用一种多步骤流程: 了解问题, 发现并清洗可用数据, 创建或寻找分析工具, 开展分析, 对模型进行标杆分析和改良。

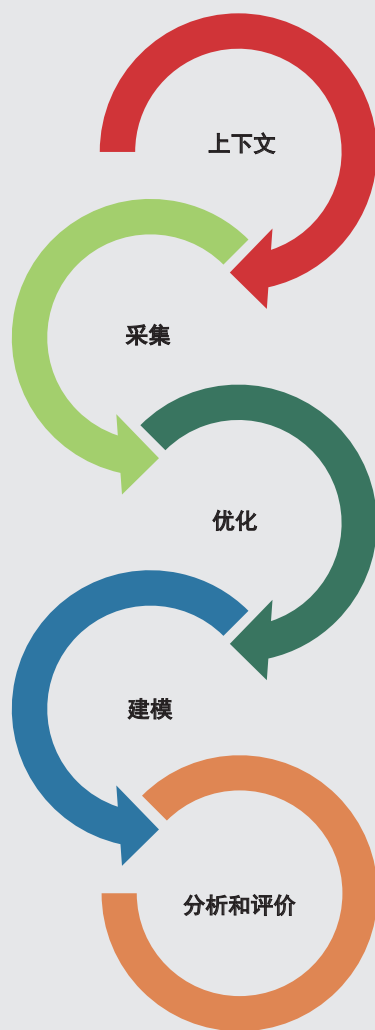
此项工作需要将分散在各种个人研究、新闻报道、专利文件、报告等材料中的现有科技信息和宣传信息汇总到一起。此项工作极具难度, 因为人类科学研究的广度和深度大约每九年就会翻一番 (Bornmann和Mutz, 2015)。

新方法, 如人工智能, 能帮助人们发现规律并做出预测, 为开放性问题和分析提供参考 (见图8)。机器学习/计算机视觉等应用程序也被频繁用于加快大数据处理速度, 对于数据分类和聚类、图像和语音识别、预测性分析以及信息提取等任务而言尤为有用。自然语言处理技术属于机器学习的一个领域, 主要是训练计算机去理解文本和口语。

在完成此项工作时, 我们采用的是由康奈尔大学创办的初创公司Havos开发的现有人工智能模型。这些方法已成功加快了系统性综述和概况性综述流程, 根据战略计划从组织自身的实证库和项目文件中找到相关影响和存在的空白, 并助力从社交媒体资源中寻找有关接种疫苗犹豫态度的错误信息 (Porciello等, 2020; Porciello等, 2021a; Porciello等, 2021b)。这些模型的一个关键特征就是能从非结构化文本中找出农业粮食体系干预, 从中识别出离散技术、社会或经济计划、生态系统服务等特定短语, 随后将它们整理归类到干预大类中去。模型利用最先进的转换模型NER-BERT, 在发现特定干预之前甚至都不一定看到过它 (Liu等, 2021)。除了发现新科技创新外, 对模型做细微调整后, 其他命名实体识别 (NER) 内容, 如组织、国家、人群、动植物等, 也都能与干预一起提取出来。这有助于创建一个前所未有的海量结构化数据库用于分析。

干预与新涌现科技创新十分相近, 相互之间可互补, 仅需通过少量数据训练 (每个数据源), 对模型进行改良后, 就能将其用在《农业粮食体系技术和创新展望》中。我们将这些模型用在之前从未用

图8 人工智能流程



过的数据源和数据架构上，包括没有应用程序编程接口的专利权、推特和网络新闻源，测试是否有可能、有机会利用机器学习为《农业粮食体系技术和创新展望》发现新技术提供支持。指标表格中介绍的其他资源，如私人投资/高级别报告、创新平台、公共投资数据和谷歌商店等，都已被成功用于测试并对类似参数（如数字化农业干预）进行了评价。唯一未经过充分测试的资源是私人投资者数据库，例如设置了付费墙的Crunchbase和Pitchbook。如能准许获取并利用数据，这些数据库在结构上与其他索引数据库类似，相对容易整合。

7.4 讨论

从多个源头收集现实世界数据是一件令人兴奋且具备良好成本效益的事情，有助于对新涌现技术进行监测和评估。在汇集大型数据集和指标框架、将其与新的或其他框架协调统一方面，人工智能一直未得到充分利用。对《农业粮食体系技术和创新展望》而言，人工智能最能发挥作用的一点是确保

使农业科技指标（ASTI）和创新粮食体系解决方案（IFSS）门户网站等项目之间保持技术上的协调。

此项概念验证工作通过对现有分组数据进行评价，展示在《农业粮食体系技术和创新展望》编写过程中利用人工智能/机器学习的价值。它能利用自动化数据整合流程，不断为《农业粮食体系技术和创新展望》查阅信息。

这种方法是可推广的。随着《农业粮食体系技术和创新展望》不断演化，新数据源可作为备选。已经利用来自不同数据源的非结构化数据对这种方法进行了测试，以节约时间和研究资源，同时提高所发现并接受评价的数据的客观性和分析价值。因此，建议采用人工智能/机器学习辅助方法为未来《农业粮食体系技术和创新展望》的编写工作提供帮助。

发现、评估相关数据源并建立备选清单，展示如何利用机器学习开展主题建模和信息提取工作，是重要的几个早期步骤。但为了获得理想的清晰度，还需要调动更多资源对模型进行微调 and 训练。

最后，对于这样一个没有特定侧重点的一般性试验而言，这些主题只能找到对事物的一般性描述，而无法找到一组重点关注的新创新。随着每期《农业粮食体系技术和创新展望》报告更加专注于特定主题或地域范围，情况会有所改善。此处介绍的概念验证只是确定如何取得成效的步骤，展示如何节约时间，同时提高能查阅的科技创新数据的多样性和数量。

7.5 让《农业粮食体系技术和创新展望》更好地利用人工智能

人工智能的利用有其局限性，下文重点介绍其局限性并指出调整方向的机遇。

首先，来自专利权等数据源的高质量数据往往注重新涌现科技创新指标，主要围绕储藏和流通、加工和包装技术等群组，也涉及一些关于食品质量和安全以及零售和市场创新的信息，而新闻媒体和社交媒体则似乎更加注重相关趋势和社会关注热点。附录D列出了相关结果。

这一点十分重要，因为数据集不是中立的，而是代表特定社会、政治规范，会对特定边缘化群体产生影响。应采取措施减少数据集里和模型输入-输出过程中的偏见，例如不断从经过专家训练（经过多样化、公平性和包容性训练）的标记中获得反馈，不断添加新的数据源。反馈有助于不断提升模型的性能和准确度，同时减少偏见。《农业粮食体系技术和创新展望》的运作方式必须完全符合《人工智能伦理罗马倡议》的要求¹⁸。

机器学习模型需要利用大量数据集进行预训练。人们对认识和记录机器学习领域已知偏见的兴趣正在与日俱增。当建模人员利用这些数据集时，他们必须认识到训练数据集可能带来的问题，并通过利用更多训练数据来纠正这些问题。机器学习的方法有助于揭示无法仅凭人脑发现的规律，但规律的“可解读性”则取决于领域专长（Murdoch等, 2019）。机器学习几乎总能发现某种“规律”，但所发现的规律是否具有启发性却无法通过发现规律这件事本身就能解决（Bishop和Nasrabadi, 2006; Marsland, 2015）。

最后，机器学习要求通过训练来提高总体准确度。训练的方法通常是由人类采用一种叫做有监督的学习方式，给数据加上标签，提供少量反馈。为了测试过程的准确度，数据从模型中提取出来后，被随机分成批次，其中一些数据会接受审核和修正，另一些会放在一边接受测试。这一过程将在附录D中做介绍。

能将各种数据源整合在一起的稳健数据策略有助于减少输入和输出过程中的偏见。减少风险的其他机会包括采用半监督学习方式，让人类专家不定期去审核和修正数据，并将经过修正后的数据返回到模型中。需要考虑的重要一点是，必须保证人类审核人员要在多样性、公平性和包容性方面经过充分培训，能发现数据集和模型输出结果中存在的问题。

18 <https://www.romecall.org/>



吉尔吉斯斯坦
人们在离比什凯克25公里
远的乌奇昆村温室农场里
种植菜苗和收获蔬菜。

第8章 成熟科技创新

由于创新速度和在各国的大范围推广，可能很快就会看到多种多样的成熟科技创新。《农业粮食体系技术和创新展望》将成熟科技创新分成几大组类，包括初级生产；产后技术；加工、制造和包装；劳动力；消费者所处食物环境。要注意，成熟科技创新不仅包括新产品，同时还包括政策、体制、金融或其他社会类创新。表4中列出了每个领域的各项组成成分，展示解决农业粮食体系所面临的多样化、与具体背景相关联的各项挑战的多种备选方案（Herrero等，2020）。虽然这些内容并不全面，但它们代表着整个农业粮食体系科技创新领域中现有数据收集工作的主要内容（全球农业和粮食体系促进营养小组，2016；世界银行集团，2019）。跟踪成熟科技创新有助于了解农业粮食体系中的可持续性和公平性问题，但仍需进一步开展分析，评估这些科技创新在不同背景下、在不同用户中以及在不同政治经济形势下的采纳率和覆盖率。FAIR（可发现、可获取、可互操作、可再利用的）数据原则十分重要，尤其在记录成熟科技创新的扩散情况时。

我们已对那些从发展和应用看可能已经成熟的各类技术和创新的各类数据进行了一次盘点。这是（或至少应该是）人们公认的关于各国各时间段农业粮食体系科技创新应用情况现有数据最丰富的领域。然而，这里仍存在严重的数据空白，而且多数成熟科技创新依然尚未充分扩散。被判定为有相关性、可获取、高质量的数据源大多数局限在初级生产组类。相反，在消费者所处食物环境和消费者行为组类中根本没有符合《农业粮食体系技术和创新展望》要求的数据源。在调查过的产后、加工和劳动力组类各种数据源中，仅发现三个符合入选标准（见上文第5章）的数据源。

此处再次重申未来《农业粮食体系技术和创新展望》挑选数据系列时采用的六条基本标准：

1. 国家层面具备数据，能开展跨国分类分析。
2. 具备最新数据，即数据系列中至少包括一个涉及较多（>50）国家2016年至今的数据点。
3. 数据系列的覆盖面广，即覆盖较多（不一定全部）低收入和中等收入国家。

4. 数据源是可靠的，即它建立在可接受的科学理论与实践基础之上，采用同行评审流程，来自受尊敬的/可信任的组织，不包含来自利益集团或新闻报道的材料。
5. 数据系列与农业粮食体系科技创新投入之间有着明确的概念性关联。
6. 数据源对变量提出了清晰、可解读的、合理的定义。

同时还要求数据是免费向公众开放的。

对每个入选的数据系列，都要对数据进行汇总，描述变量、其名称和定义、其来源、具备观察数据的国家数量、至少包括2016年至今一个观察项的国家数量以及有关特定变量和数据源的其他重要信息¹⁹。随后要评估该数据系列是否符合上文所述的所有六条入选标准。如果符合标准，该系列就可列为重点入选《农业粮食体系技术和创新展望》。随后要进行第二轮评估，以确认、调整或质疑上一轮评估结果，以便再次确认该数据系列为高质量数据，可入选《农业粮食体系技术和创新展望》。分析工作并不围绕农业粮食体系成果展开，因为要想在科技创新与营养、环境可持续性、生计等特定成果之间建立因果关系有很大难度。

就成熟科技创新而言，从粮农组织统计数据库、经合组织、世界银行和其他公共和私营部门数据库等各种数据源共找到57个指标和50个数据系列。如表4所示，仅有17个农业粮食体系子领域具备可用数据集或符合入选标准的数据集。多数数据集属于“初级生产”和“加工、制造和包装”组类。仅一个可用数据集属于“消费者所处食物环境”组类。在57个指标中，仅17个符合《农业粮食体系技术和创新展望》的重点标准。在初级生产组类中，有几个由粮农组织主办的数据集，包括肥料和农药

19 有关同一变量的不同变体被视为同一个数据系列。也就是说，某项衡量指标（如农业研发支出）的美元现值、美元不变价、本地货币现值均被视为同一个数据系列的变体，对反映农业产量、农业人口或土地规模的衡量指标的变体也是如此处理。所有这些变体都来自同一个核心衡量指标，即一个国家特定年份的农业研发名义支出。由于该变量的变体数量太多，因此仅使用一个根变量。

表 4 农业粮食体系各环节成熟科技创新数据概览

初级生产	产后	加工、制造和包装	劳动力	消费者所处食物环境	膳食和营养
经过改良的种子 (1, 1, 1)	经过改良的储藏袋 (2, 2, 0)	食品强化法规 (1, 1, 1)	职业健康和安全保护	电子化食品援助 (3, 3, 0)	对昆虫的接受度
肥料 (2, 2, 2)	经过改良的储藏设施	重新配方法规 (5, 2, 1)	农业劳动力就业 (1, 1, 0)	营养标签	跟踪膳食的手机应用程序
农药 (2, 2, 1)	商品交易所	可持续/可再生包装	最低薪酬法律应用 (3, 3, 1)	现代杂货店零售商和超市 (1, 1, 1)	
少耕 (2, 2, 1)	生物柴油生产 (1, 1, 1)	运输 (1, 1, 0)	强迫劳动	无现金零售 (1, 1, 0)	
立体农业	供应链和基础设施 (1, 1, 1)	节能型废弃物处理 (1, 1, 0)		农场到餐桌销售应用程序	
植物/人造肉和蛋白 (1, 1, 1)	互联网接入 (2, 1, 2)			食品回收计划	
配备灌溉设施的耕地 (2, 2, 1)				食品传感技术	
水产养殖 (2, 2, 1)					
动物卫生/遗传学/营养 (2, 2, 1)					
家畜饲料添加剂					
推广服务 (1, 1, 0)					
精准农业机械 (1, 1, 0)					
激光平整土地技术					
覆盖作物种植面积 (3, 3, 0)					
植物蛋白 (3, 3, 0)					
电力灌溉 (2, 1, 0)					
能源使用 (1, 1, 0)					
水资源改良和质量 (3, 2, 0)					
土质改良 (3, 2, 0)					
林业 (1, 1, 0)					
物质投入 (1, 1, 1)					
全要素生产率 (1, 1, 1)					

图例

有相关指标

无相关指标

搜索无结果

注：括号内数字分别代表（指标/数据系列/重点指标）数量。

使用、农药和水产养殖所用土地面积。有些与植物蛋白和替代蛋白以及控制环境农业相关的数据集是值得关注的、感兴趣的技术领域。在产后领域，经合组织有一个关于生物柴油生产的数据集。还有多个关于食品强化和重新配方技术的数据集以及粮农组织有关运输和废弃物处理的两个数据集。全球薪酬指标（The Global Wage Indicator）、经合组织和国际劳工组织有关于最低薪酬法律的数据集，但缺少符合标准的有关农业粮食体系需求侧的数据集或数据，说明有必要开展更多研发工作，跟踪这些领域正在开发的各种技术。多数增值活动发生在农场外产后环节（Yi等，2021），但多数数据却涉及农场内初级生产²⁰。

科技创新数据中存在严重空白，尤其是有关农业粮食体系中产后环节的数据。加工、包装和零售环节有很多潜在技术，但无论在数据库和指标方面都存在严重空白。例如，有关食物环境有不少成熟技术，如利用众包技术跟踪食品购买情况、利用二维码查询配料、利用用户界面营养和环保标签等。此外，还存在各种有关膳食、营养和健康的科技创新，例如个性化营养应用程序和新型环保技术。就正规的“建造”食物环境（如特大型超市、超市和其他不断涌现的零售类型）而言，面向消费者的成熟科技创新种类繁多，但未得到系统化跟踪（Downs等，2020）。但这些面向消费者的成熟技术是低收入群体无法获取的。此外存在空白的还有以下领域：政策接口、生态系统和体制；金融创新；涉及性别问题和赋权的科技创新。事实上，科技创新的衡量指标几乎都无法分类，让获取方面的公平性更加难以保证。

另一项空白是有些实质性数据无法达到一定规模，因为缺少能推动数据应用的平台、基础设施和数据共享服务，即难以完成“数据化”进程。数据可获取并不一定等于数据能利用，因为要将数据用于决策，首先需要实现某种形式的互操作性。Porciello等（2021a）强调，“由于基础设施薄弱、资源有限，多数国家无法将建立和维护网上资源列为重点”。

例如，作物品种年度信息对于农业价值链中各主体和农民而言都是宝贵的数据。但目前撒哈拉以南非洲地区农民在做种植决策时所参考的包含国家层面数据的大多数国家作物品种目录都是纸质版。虽然要做的第一件事情就是将作物品种目录数字化，但这样做也不一定就能让更多人有机会采用新品种。要想做到这一点，就需要将一个有关品种、

其特性和库存情况的信息平台与种子供应链和/或农民连接起来。插图F详细介绍创建和投资于作物品种数据库的可能性²¹。《农业粮食体系技术和创新展望》有助于发现此类数据需求和机遇，便于利益相关方重视。

要想采用一种关注整个农业粮食体系的全局式方法，而不是仅关注有关农业生产的科技创新，就必须重视能反映出整个农业粮食体系中所有科技创新的数据。这就需要在《农业粮食体系技术和创新展望》之外的领域做出努力，填补重要数据空白。粮农组织可在其中发挥重要作用，与各伙伴方一起填补这些空白，例如，与各国政府相关部委以及独立研究团体联手在全球开展合作，不仅要与零售公司和包装及加工公司合作，更好地了解消费者如何在食物环境中、手机上以及健康和粮食体系发生联系的地方利用这些技术，同时还要共同建设基础设施，提供数据共享服务。

8.1 加快萌芽期和新涌现创新的应用

农业粮食体系转型离不开对科技创新应用和扩散过程中社会许可和接受度问题的积极处理，也离不开进一步加大力度采用负责任创新原则和加大力度对公共对话进行投资。这种社会对话十分重要，能确保不同利益相关方的价值观和动机都是透明的，因为来自消费者、雇员、投资者和政府的不同压力可能将创新推向不同方向，有时甚至带来反向结果。如果不关注负责任创新问题，一些有潜力的科技创新就可能被束之高阁，虽然可能会产生巨大影响，却得不到应用和推广。有些科技创新也可能在不经意间（但可预见）让需要解决的问题变得更糟。应对社会性大挑战所需的农业粮食体系转型可能受到那些希望保持现状的人的阻碍。

Herrero等（2020）提出八项行动来加快萌芽期和新涌现技术的可持续、负责任应用，详情参见图9。其中三项（建立信任、转变观念、推动社会许可）涉及到利益相关方个人和集体的社会性，也可能会加大对创新的需求。这些都与确立“游戏规则”有着密切关系，需要提高创新提供方和创新使用方价值观的开放度以及对对方价值观的接受度，同时认

20 在各研究团队的努力下，新数据集偶尔会出现，至少暂时可用，但缺少制度化平台用于日常数据维护，以便让数据系列及时得到更新。本报告起草完成后出现的一个例子是Ludemann等（2022）有关各国作物施肥情况的数据集。

21 感谢康奈尔大学的E. Mabaya博士和非洲种子获取指数机构起草了本报告的插图F内容。

图9 农业粮食体系转型加速因素



资料来源: Herrero等, 2020

识到创新的应用可能会带来截然不同的未来前景。还迫切需要提高对技术的潜在影响以及后果的社会许可度和透明度。

新技术和创新的应用势必会带来弊端和不良后果 (Herrero等, 2021)。需要刻意做出规划, 去预测和解决好给农业粮食体系带来的多重影响, 以便消除农业粮食体系科技创新带来的负面不良影响。

需要打造一个强有力的有利环境, 为农业粮食体系转型所需的新科技创新的发现、测试和应用提

供支持。这个有利环境的三个代表性特征是能减少创新市场入门障碍的灵活市场激励机制以及有利的政策和法规。由于很多创新都需要持续投资, 而不仅仅是短期投资, 因此需要稳定持续的资金来保障创新最终能够取得成果。发现互补性创新并将其汇集在一起, 包括农业粮食体系各方面取得成功所需的所有技术和社会要素, 对于规划好转型途径、加快农业粮食体系创新和转型起着至关重要的作用 (Herrero等, 2020; Barrett等, 2022a)。

插文 F 作物品种数据库案例

在一个作物新品种实现商业化之前，它在多数国家里都必须先按照国家种子监管框架，完成一个正式的“品种审批流程”。该流程包括通过一个指定试验制度对该品种进行评价，由一个品种审批技术委员会对数据进行认真审核，再将品种登记在官方品种目录中。这些“国家性状试验”的目的是测试作物新品种的性状，将其与市场上的现有品种进行对比，从而证明其“种植和利用价值”。完成品种审批流程后，每个可商业化推出的品种都会有公开记录，介绍其特性以及多项性状指标。但遗憾的是关键数据源一直深陷困境。有关现有品种的信息十分稀缺，很少上网，大多只能从不定期国家品种

纸质目录上查到，或只能靠口口相传的方法获取信息。这一数据空白对《农业粮食体系技术和创新展望》而言是个机遇，可创建一个作物品种数据库，作为一个动态、多语言、互动性网络平台，让所有人都能查询到有关低收入和中等收入国家主要谷物、豆类、蔬菜和无性繁殖作物的可靠品种信息，尤其是被忽视、利用不足的物种。当前，对于可持续农业粮食体系而言，获取有关经过改良作物的及时、全面信息比以往任何时候都更加重要。它让农民能够快速适应气候变化，应对有害生物、病害和杂草带来的威胁。**表5**简要介绍该数据库对不同利益相关方的潜在用途。

表5 作物品种数据库对不同利益相关方的用途和益处

群体	用户如何利用平台并从中获益？
小规模生产者和消费者	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 寻找符合自身需求的合适品种 ▶ 将品种信息与农民咨询服务联系起来 ▶ 与其他农民和研究人员分享品种使用体验
研究机构	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 有关品种登记和商业化的最新信息 ▶ 共享有关最新推出的品种和尚在开发品种（产品开发）的信息 ▶ 有关农业研发的研究参考数据库和出版物
种子公司	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 共享有关现有商业化品种的信息 ▶ 有关品种性状的用户（农民和消费者）反馈 ▶ 为自己的品种了解潜在新市场
政府和发展伙伴	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 有关现有作物品种的实时情报 ▶ 可利用信息去设计和实施投入品补贴计划 ▶ 网上推广：宣传针对特定品种的作物栽培信息

当前覆盖范围

目前可靠的作物品种信息资源十分稀缺，而侧重非洲的则更少。与非洲有关的网上资源，如东南非共同市场植物品种目录和南部非洲发展共同体品种目录，拥有的品种数据十分有限，缺少2016年之前的历史数据，而且收取高昂的登记费。造成这种状况的其中一个原因是这些目录的设计初衷是通过品种登记来保护植物育种者的权利。其他系统，如欧盟植物品种数据库，不包含有关低收入和中等收入

国家的信息。国际农业生物技术应用服务组织仅跟踪转基因品种。而我们计划设立的作物品种数据库将侧重于被现有实体忽视的领域，创建一个数据中心，让所有相关方都能获取有关作物品种的相关信息。非洲种子获取指数机构已与康奈尔大学合作，着手对国家品种审批目录中的现有作物品种信息进行数字化（见<https://tasai.org/> for details）。但这一项目的范围目前仅限于22个撒哈拉以南非洲国家，每个国家重点选择四种主粮谷物和豆类。



插文 F (续)

在全球范围内收集/整理数据的方法

如上文所述，通过品种审批流程收集到的有关商业化作物品种的数据和信息通常可通过国家品种目录供公众查阅。但这一信息既没有数字化，也没有标准化。此外，各国采用的语言也不相同。鉴于资源有限，《农业粮食体系技术和创新展望》可创建一个互动性通用数据库，收集每个作物品种的详细

信息，详情参见下文。信息可来自下列网络、机构或团体：国家品种审批委员会、国际农业研究磋商组织各中心、植物育种者、公共推广官员、种子公司、种子贸易协会、涉农贸易商网络等。创建完成后，该数据库可由指定编辑人员通过一个维基平台维护，保证其长期可持续性。

用户可从作物品种数据库中找到有关某一豆类品种的何种信息

- ▶ **名称：**品种的正式名称、农民使用的本地名称、品种原产地。
- ▶ **表型特征：**有关植株、豆荚、种子的大小、颜色、形状、气味等识别特征的图像和文字描述。
- ▶ **性状表现：**产量水平、固氮能力、叶片作为家畜饲料的适口性。
- ▶ **生物和非生物胁迫：**抗病性（根腐病、叶枯病、豆类普通花叶病毒、黄瓜花叶病毒）、水分要求、耐热性、抗冻性。
- ▶ **作物栽培：**最优间距、因地制宜的种植时间安排、施肥建议等。
- ▶ **营养数据：**营养（蛋白质、生物强化、微量元素）、烹饪时间。
- ▶ **商业化：**品种商业化推出的年数、销售某个品种的公司名称。



蒙古
牧民一生都在应对蒙古气候带来的挑战——夏季酷热，冬季酷寒。但在过去二十年里，气候变化使得被称为dzud的极寒冰雪灾害变得更为严重、更为频繁。

第9章

为综合影响评估开展实证汇总

囊括农业粮食体系科技创新从投入到大规模推广全程所有信息并非《农业粮食体系技术和创新展望》的本意。要想为颠覆性投资和政策提供引导，就有必要收集有关农业粮食体系科技创新整个生命周期现状的描述性实证，即前四章介绍的那类实证。但由于资源有限，描述性实证往往不足，无法在缺乏有关农业粮食体系科技创新可能产生的影响的可信预测性或推断性实证的前提下引导投资。值得评估的不仅仅是哪些科技创新值得扩散和推广，还有扩散和推广后可能产生的影响或观察到的影响。

《农业粮食体系技术和创新展望》的愿景是推动加快农业粮食体系转型，以实现以下多重目标：高效、可持续地利用稀缺资源，为农业粮食体系中所有生产者、劳动者和企业主提供繁荣、公平的生计机会，为所有人提供健康安全的膳食，提高面对冲击和压力时的韧性。评估科技创新时，必须参考其预期影响。特别是在低收入和中等收入国家，由于稀缺的财力和人力资源限制了投资，而且相互竞争的目标之间可能存在激烈的权衡取舍关系，影响评估相关实证可能会带来更多投资，引导公共部门和私营部门做出更明智、更有影响力的决策。

遗憾的是，影响评估是复杂、高成本、耗时的的工作，因此并不常见。各类研究人员和机构各自采用各种方法开展影响评估，并通过多种渠道（和语言）发表自己的研究成果，相互之间缺乏协调。影响评估质量不一的本质会给各方就农业粮食体系科技创新做出有依据的决策带来挑战。

因此，《农业粮食体系技术和创新展望》的最后一项关键内容是为综合影响评估开展实证汇总工作。正如第6章明确阐述的那样，在讨论萌芽期科技创新时，每期《农业粮食体系技术和创新展望》报告的编写过程都应推动利益相关方网络就农业粮食体系科技创新的潜在影响或所展示的实际影响积极开展讨论。这就需要就特定科技创新，无论是单项或符合实际需求的组别，收集和整理现有实证。但正如第4章和第7章所述，克服语言、学科、组织障碍和出版格式等方面的困难，从各类数据源收集信息是一件复杂的任务，因为每天都会产生数量庞大

的新科技实证。信息和图书馆学研究人员已经开发出一系列正规的实证汇总方法，便于对来自多个源头的数据进行无偏见的识别、收集和汇总，同时还在不断继续调整这些方法²²。

虽然实证汇总工作在生物医学与健康政策、社会政策和环境管理等各种领域都已十分常见，但将这些方法应用在农业粮食体系中却是最近才发生的新事物。在该领域已开展了几件备受关注、有时限的活动。Ceres2030项目（Laborde等, 2020）在《自然》杂志上发表了一系列实证汇总研究论文(<https://www.nature.com/collections/dhiggjeagd/>)。有关动物和食物的系统性综述项目 (<https://syreaf.org/>) 对各种系统性综述进行了整理，尤其是涉及动物和兽医学领域的综述，甚至还包括一些“活的系统性综述”，即频繁更新的基于网络的系统性综述，不断吸收新涌现的实证。国际农业研究磋商组织的影响评估常设专家组负责协调和主办针对与国际农业研究磋商组织科研活动相关的农业粮食体系科技创新的一系列影响评估。由麻省理工学院的阿卜杜勒·拉蒂夫·贾米尔贫困行动实验室与加州大学伯克利分校的有效全球行动中心合办的“农业技术应用倡议”已经为多个与农业科技相关的学术影响评估项目提供了资金资助。华盛顿大学的ICONICS项目在尝试加大力度记录全球情景（共享社会经济路径—SSPs）的应用情况，这一工具受政府间气候变化专门委员会委托开发，已用于各种全球农业粮食评估中。但目前仍缺少对农业粮食体系科技创新大类的实证汇总。

如第3章中所解释的那样（图2），科技创新生命周期各阶段与评估影响所用的方法相互匹配。在一项科技创新从实验室、试验站、农田、社区或其他源头涌现之前，我们都有必要在应用之前先开展事先影响评估，即在模拟建模基础上，评估该模型是显性还是隐性（即脑子里的抽象模型），是定量还是定性。事先影响评估甚至在科技创新涌现之后也很有用，不仅有助于作为一种预测，了解对农业粮食体系不同未来情景如何产生不同影响（Thornton

22 康奈尔大学图书馆是实证汇总研究方面的全球带头人，对此做了全面介绍<https://guides.library.cornell.edu/evidence-synthesis>。

等, 2018; Wiebe等, 2018; Barrett 等, 2021a), 还有助于探究意料之外的后果以及辅助性政策和法规的影响。

随着新的科技创新超越研究人员管控的试验范围在实践中不断涌现, 事后影响评估开始发挥重要作用, 对某项(或某组)特定科技创新给现实世界带来的结果进行严格评价。对成熟科技创新而言, 事后评估方法是可行的, 甚至是最理想的, 通常采用随机对照试验等严格研究设计方法, 尽管并非所有科技创新都适合采用随机对照试验或准试验方法开展严格事后影响评估(Barrett和Carter, 2010, 2020; Barrett, 2021b)。严格事后影响评估近年备受关注, 无论是各种组织和调查人员开展的一次性评价, 还是作为大型研究项目的一部分开展评价。一些团体专门从事事后影响评估, 包括国际影响评估倡议(3ie)、世界银行发展影响评估团队(DIME)以及坎贝尔协作组织。但这些活动都未将重点放在农业粮食体系科技创新上, 通常仅零散地偶尔涉及农业粮食体系科技创新。此外, 由于抽样和计量方面的误差难免让人们人们对单次评价研究的普遍适用性和可靠性存疑, 哪怕是完成得不错的研究, 因此需要重复开展研究, 以便确立令人信服的实证基础。实证汇总产品, 包括对大量影响评估实证进行的概况性综述或系统性综述或统计元分析, 有助于了解哪些做法、在哪里、在何种条件下可以产生可靠的效果。

农业粮食体系转型会带来多种预期影响, 这也意味着有必要明确关注不同目标之间的权衡利弊。没有哪项科技创新能够对所有领域都产生积极影响, 而由于农业粮食体系的两极性, 所有科技创新都可能给其他预期成果带来积极和消极的溢出效应(Herrero等, 2021)。因此, 应该在事先和事后影响评估中开展明确的利弊分析(Kanter等, 2018; Antle和Valdivia, 2021), 从全球性评估(Hasegawa等, 2018; van Meijl等, 2018, Rosegrant等, 2017)到全国性评估(Sain等, 2017), 再到地方性评估(Valdivia等, 2017), 各层面评估都应如此。农业粮食体系科技创新所产生影响的多样性(对从生产率到性别再到营养成果的影响), 还使得我们有必要尽量考虑到多种观点, 以便了解潜在挑战, 进一步扩大范围, 同时了解弱势群体对不良后果的敏感度。实证汇总工作应建立在参与式预测方法的基础上, 力求系统化地考虑到尽量多的替代方案和更大范围的不确定性(Trutnevyte等, 2016; Vervoort等, 2014; Zurek和Henrichs, 2007)。

特别是与事先影响评估结合起来后, 综合影响评估就能产生强有力的实证, 为政策制定者制定农业粮食体系科技创新相关方案提供依据。萌芽期和新涌现科技创新数据的这种参与式发展过程创造了一种自然途径, 将那些看起来特别具有价值的实证汇总工作列为优先重点。《农业粮食体系技术和创新展望》将推动围绕农业粮食体系科技创新开展战略性实证汇总, 而不仅仅是机会主义式的实证汇总。



坦桑尼亚
一名坦桑尼亚科学家在莫罗戈罗坦桑尼亚林业局树苗和树种中心实验室里使用显微镜分析各种种子。

第10章

各国的概括性指标

《农业粮食体系技术和创新展望》将科技创新整个生命周期的数据整合起来的做法意味着此项工作有一定复杂性，给有效收集数据和开展分析从而影响政策带来难度。有关为催生科技创新而开展的初始投入目前有很多指标，从跟踪萌芽期和新涌现科技创新的演化和潜在影响的前景扫描和预测工作，到对成熟科技创新大规模扩散的监测和评价。有一些指标专门针对某个国家，但更多指标（尤其是有关萌芽期和新涌现科技创新的指标）却缺少地域针对性。

要想在众多指标的基础上对一国政策做出评价并对其进行引导，有时颇具难度，涉及多个问题，例如主观选择自身所偏好的指标。因此人们经常使用指数、评分值等带有标量值（即单个数字）的概括性指标，作为多项变量的综合指标，为用户提供更简便的单项参数，用于评价进展，并与其他国家比较。之所以这样做，是希望将错综复杂的大量实证浓缩成单项指标，反映所感兴趣的隐性概念，而对《农业粮食体系技术和创新展望》而言，这就是该国农业粮食体系技术和创新展望。

有关此类指标在各领域有许多典型例子。例如：

联合国开发计划署的人类发展指数衡量的是人类发展关键维度的平均成就，包括：长寿健康的一生、有知识、体面的生活水准。该指数由这三项内容各自的归一化指数构成，涉及多项具体衡量指标。圣母全球适应指数将177个国家按照气候适应方面的表现进行排名。与人类发展指数一样，圣母全球适应指数是由在几十项指标基础上确立的一组分项指数构成的一个衡量指标。另外还构建了其他指数，用于评估与农业粮食体系绩效或展望相关的多项隐性概念，其中包括一国兽医服务能力（世界动物卫生组织的VSI）或小农面对气候变化时的脆弱性（Thornton等, 2018）。

世界知识产权组织的全球创新指数和联合国贸发会议的前沿技术准备度指数是与全球创新直接关联的少数指数中的两项。虽然这两项指数并非专门针对农业粮食体系，但它们对世界各经济体在创新和前沿技术方面的表现分别进行评价。这些都是单

数值衡量指标。全球创新指数是80项归一化指标的算术平均值，其中包括政治环境、教育、基础设施和知识创造等方面的指标。前沿技术准备度指数排名则在信息通信技术、技能、研发、行业和金融等子领域排行榜基础上完成。

10.1 概括性指数构建方法

从文献中可找到构建概括性指数的各种方法，主要包括：

简单的排名或评分制：这是最常用的方法，通常由一组专家对特定变量从高到低进行排名。随后将不同专家的排名结果相加，变量的累积排名位次就是最终指数，可用于对比。Herrero等（2020, 2021）采用这一方法对农业粮食体系创新对可持续发展目标的潜在影响进行排名。同样，美国国家航空航天局的技术成熟度指数也是一个简单的9级评分法。

简单的运算系统：采用的评分制涉及到计算多项归一化变量的算术或几何平均值。最简单的方法是赋予所有变量组同样的权重。但在很多情况下，人们会采用权重来提高一组变量的相关性，具体取决于该项指数用于回答哪类问题。这种方法的一个典型例子就是联合国开发计划署的人类发展指数。

基于先进统计方法的指数：采用简单指数时，很多情况下其前提是各项变量之间存在高度关联。因此，在构建归一化指数时，采用的是因子或主成分分析等较先进的统计方法。这些方法能通过将多组相互关联的变量整合成少数几个新的相互无关联的变量，降低问题的复杂性。对这些新变量的归一化评分随后被用来为每项观察项或每个国家构建一项指数。这种方法的典型例子包括联合国贸发会议的前沿技术准备度指数和Thornton等（2018）提出的气候脆弱性指数。

优点	缺点
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 对多项变量进行简单概括 ▶ 可简便地用于对标和排名 ▶ 被多方广泛使用 ▶ 标准化的构建和数据输入 ▶ 有助于提高可比性和透明度 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 指数可能受1-2项关键变量的推动 ▶ 大量信息丢失，细节被剔除 ▶ 必须对许多用户而言是可评估的 ▶ 非加权指数无法反映各项变量的重要性，但加权则具有主观性 ▶ 统计指标往往很复杂，很难解释

《农业粮食体系技术和创新展望》 是否应该包含一项农业粮食技术和创新指数？

利用现有数据、指标和方法推算出一项农业粮食技术和创新指数在技术上是可行的。文献中有大量有关此类指数的构建和实施的范例，但在后续应用过程中成功程度则各不相同。

《农业粮食体系技术和创新展望》应该包含一项此类概括性指数吗？利用一项概括性指数，作为单项衡量指标来评估一国农业粮食体系科技创新展望的做法既有优点，也有缺点。

此类指数的主要缺点是需要将大量信息和指标浓缩到单个数字中，同时这些概括性指标可能被人操控。有着不同价值观和不同查询方法的不同相关方需要不同的指标和信息。要想商定一种适合各种衡量指标的加权方法很有难度，因为不同用户的需求各不相同。尤其对农业粮食体系创新而言，它涉及从生产到消费全过程，期间受该体系特有的复杂反馈作用影响，因此提出概括性绩效指标可能毫无意义，因为要想确定指标专门针对农业粮食体系中哪个组成成分有一定难度。要想制定可执行的解决方案来加快某些国家农业粮食体系科技创新的进展，就必须强调针对性。概括性排名对寻求单项指标的政策制定者而言显然颇具吸引力，但这种简单化的做法同时也往往具有误导性。因此，不建议专门为《农业粮食体系技术和创新展望》构建一项概括性指数，相反应该重视具体、可衡量、可采取行动的绩效与展望。



阿富汗
阿富汗楠格哈尔省库兹库
纳尔县的农民们将成捆小
麦送进脱粒机。

第11章

2024年及之后

《农业粮食体系技术和创新展望》 的联合编写设计

《农业粮食体系技术和创新展望》是一项艰巨任务。目前已有各方在同时开展各种数据收集、整理和分析活动，详情已在本报告前几章做了介绍。但迄今为止，尚未有人端到端全程跟踪农业粮食体系科技创新整个生命周期，涵盖从对研发的投入，到科技创新萌芽期和涌现期（往往持续几年，甚至几十年），再到成熟科技创新的扩散和影响。要想创建管理有素的农业粮食体系科技创新端到端数据源这一全球公共产品，就需要有一个可持续的合作架构，将整个农业粮食体系和全世界拥有专长的伙伴方召集到一起。

联合编写模式具备多个优点。首先，它可以利用有关农业粮食体系科技创新的全球科研界现有的分散专长。其次，联合编写模式有助于减少因《农业粮食体系技术和创新展望》将要推出的全球公共产品中活跃在某个环节的各方之间缺乏充分协调造成重复劳动而导致浪费以及给终端用户带来混乱。

作为联合国负责粮食和农业的专门机构，粮农组织最适合承担在各伙伴方之间开展协调的工作，以推出高质量、科学严谨、公众可获取的开放数据产品和分析资料，为公共和私营部门决策者提供依据。但粮农组织仅凭一己之力是无法完成此项艰巨任务的。它需要各科学伙伴方的助力，尤其是在涉及到《农业粮食体系技术和创新展望》中的技术性内容时。很多组织已经在大力度投资于组建数据收集和分析团队并制定规则，与非结构化或半结构化数据提供方建立联系，或投资于其他有价值的固定成本，因为如果这些平台未能充分纳入《农业粮食体系技术和创新展望》编写过程，将是一大损失。但仍需加大力度开展工作，去填补关键数据空白，为本质上非结构化的数据制定可信的指标并加以验证，同时让更多数据系列摆脱原来的半结构化或非结构化状态，因为有很多组织拥有具备结构化数据格式的相关数据，可向各种受众提供简便可用的信息，特别是供那些技术团队不足的组织对数据开展分析，如很多低收入和中等收入国家、非营利组织和民间社会组织。

采用联合编写模式的另一个理由是：创建防火墙来保护产品的完整性。成功的《农业粮食体系技术和创新展望》必然会影响全球公共和私人投资模式。出于政治和经济原因，有权势的行为主体可能希望对《农业粮食体系技术和创新展望》介绍的评估活动施加影响。世界知识产权组织的《全球创新指数》为了防范此类问题就做出了特殊设计。它是一个联名打造的品牌，由联合国专门机构世界知识产权组织内一个单位负责集中管理和资助，但相关技术工作则分包给联合体中各伙伴方，主要由一个研究伙伴方牵头。联合开展技术工作并将其与一个面向公众的本质政治上（联合国）的组织分离开来，有助于最大限度发挥两个领域的优势：打造一个优势品牌和保护外部专长。由于以上几个原因，世界知识产权组织的《全球创新指数》在设计模式上有其优点。

图2按科技创新生命周期中不同阶段列出了不同类型数据，各伙伴方预计将专门侧重于至少两组不同类别的活动：

1. **收集、整理和分析有关科技创新投入和成熟科技创新的相关数据：**鉴于粮农组织最容易从各国政府统计系统获取相关信息并在该领域具有优势，因此粮农组织将牵头开展此项活动。

除粮农组织之外，目前还有多个科技创新投入数据收集活动，可作为《农业粮食体系技术和创新展望》的基础。必须维持目前对重要科技创新投入数据的汇编工作。一旦失去现有数据收集平台和专长，例如农业科技指标网络内的平台和专长，将是一项重大损失。如第5章所述，经合组织为其成员国汇编此类数据，同时汇编有关主要新兴市场的数据。明尼苏达大学国际科技实践与政策研究中心已在该领域收集了大量信息，特别是有关科技创新投资回报率的信息。但这些数据并未向公众公布，也无法公开查阅。因此，第5章介绍的农业粮食体系科技创新指标中未包含国际科技实践与政策研究中心的数据系列，虽然是否有可能利用这些数据仍值得探讨。随着改革后的国际农业研究磋

商组织启动新的研究活动，包括可能围绕“预测与指标”这一话题启动新的研究活动，可能有机会重新振兴有关科技创新投入的及时、开放、结构化数据的收集、整理和分析工作以及对其潜在影响的事先评估工作。

此项工作曾经主要由国家农业研究国际服务中心（ISNAR）负责。该国际服务中心2004年关闭后，一些活动在国际食物政策研究所主持下继续开展。今天，这些活动成果多数体现在国际食物政策研究所的农业科技指标项目中，该项目是有关低收入和中等收入国家科技创新投入的最大数据库。《农业粮食体系技术和创新展望》可提供机会，利用粮农组织与各机构的关系、数据收集和产生协议以及关键人员，扩大农业科技指标网络数据和更新系列的地域和指标覆盖面。

粮农组织已开始对粮农组织统计数据库中的多项成熟科技创新以及自身推出的类似开放数据产品开展跟踪。这些数据有很多源自各国政府统计办公室或部委开展的各种普查或国家代表性调查。在很多低收入和中等收入国家，世界银行在此类数据收集工作中发挥着关键的技术咨询作用。

要想填补各国的空白以及解决现有系列（如有关农民对经过改良的作物品种、肥料、机械等的使用情况）中的抽样和计量误差问题，仍有很多工作要做。卫星遥感技术的进步也带来了新的机遇，可对从空间可见的农业粮食体系科技创新的推广情况进行低成本、合理的实时估计，如农田上的灌溉或可再生能源设施（如太阳能电池板阵列、风力发电机）等。

2. 跟踪和评估萌芽期和新涌现农业粮食体系科技创新并开展实证汇总：

十年以后最有可能产生颠覆性影响的几乎肯定是目前仍处于萌芽期到中等成熟阶段的科技创新，它们目前尚未完全成熟，尚未在农业粮食体系中大规模推广。而这些就是《农业粮食体系技术和创新展望》在方法论上面临的最复杂的任务，而且必然会随着信息学的进步不断演化。由澳大利亚联邦科学与工业研究组织启动、目前设在康奈尔大学的野生动物未来项目一直是研究农业粮食体系萌芽期科技创新及其潜在影响的领跑者（Herrero等，2020，2021），而康奈尔大学的实证汇总专家们也已通过Ceres2030项目率先利用机器学习方法发现新科技的涌现规律和实证空白（Porciello, 2020; Porciello, 2021a; Porciello, 2021b）。其中一部分工作是与其它一些振奋

人心的项目合作开展的，如创新粮食体系解决方案网站(<https://nutritionconnect.org/ifss>)，这是一个由国际农业研究磋商组织和全球改善营养联盟牵头、与康奈尔大学、瓦赫宁根大学和其他大学等多个团队合作开展的多机构合作项目。这一用户群体正在探索创新方法，重新思考农业粮食体系如何才能发挥作用，如何促使不同主体针对特定挑战与机遇寻求解决方案。此项工作一定程度上涉及发现潜在科技创新并对其进行专家评估，但同时还涉及开发和利用各种工具，帮助用户从预期最终效果反推至当前，确定采纳和推广农业粮食体系新科技创新的可行影响途径和预期成果。由于萌芽期科技创新和新涌现科技创新之间的界线比较模糊（以及缺乏有关科技创新生命周期中这两个阶段的完善数据收集系统），因此最好能利用第6章和第7章介绍的方法和数据，将这两项工作合二为一。

可考虑寻找一个全球领先的研究伙伴为粮农组织该领域工作提供支持。这也是动员私营部门和民间社会参与的最可行、最有价值的领域。私营部门对农业粮食体系科技创新的投资正在快速增加，重点在于萌芽期和涌现期。同样，许多社会、政治、体制类创新都源自民间社会组织（如农民或社区团体）。传统上，私营部门对农业粮食体系科技创新的投资多集中在新的动植物遗传材料、农用化学品、机械等。但目前越来越多的投资开始侧重于产后活动、食品加工和制造、物流，特别是零售和餐饮服务（Barrett等，2022c; AgFunder网，2022）。与私营部门实体（全国性行业团体、风险资本监测服务机构等）加强合作十分重要，有助于成功跟踪和评估萌芽期和新涌现农业粮食体系科技创新。这在传统上不属于粮农组织、国际农业研究磋商组织或其他公共部门实体的领域，需要开展更有创新、更细致的工作，明确将重点放在竞争前问题上，在这些问题上所有各方都应积极开展合作和共享数据。

上文介绍的萌芽期和新涌现科技创新工作流程可与包括农业粮食体系科技创新事先和事后影响评估在内的实证汇总工作直接结合起来。国际农业研究磋商组织、康奈尔大学和国际影响评估计划在推动农业粮食体系中影响评估的方法进步和实证汇总方面都具备丰富的经验。

主题活动可按照下一期或最近一期《农业粮食体系技术和创新展望》的主题与其他有着类似关注点的组织相互协调。例如，可围绕每期《农业粮食体系技术和创新展望》的主题举办活动，可与多项定期活动同时举办，包括一年一度的粮农组织科学与

创新论坛 (<https://www.fao.org/science-technology-and-innovation/science-innovation-forum/en>)、国际农业研究磋商组织的科学论坛、国际应用生物经济研究联合体 (<https://icabr.net/>) 的年会或美国农业部的农业研究影响分析与决策战略跨州研究项目 (<https://www.nimss.org/projects/view/mrp/outline/18787>)。

《农业粮食体系技术和创新展望》可能还需要一个有知名度的科学出版社伙伴。一份优秀的《农业粮食体系技术和创新展望》报告必然需要参考大量技术背景材料，尽管这些材料最终不直接进入最终报告，因为报告并非面向技术型受众。这些背景材料往往在学术界和研究界有着巨大价值，无论是传播新知识，还是吸引顶尖科学家的参与，因为这些科学家而言，科学出版物就是硬通货。粮农组织过去已与科学出版社建立了伙伴关系，例如将背景论文集作为同行评审专刊或领先期刊的一部分内容发表²³。同样，由康奈尔大学和国际食物政策研究所牵头的Ceres2030项目在《自然》杂志上发表了一系列有知名度的论文²⁴。

然而，这些都是典型的一次性安排，并不是一个长期平台。可考虑与一家大科学出版社合作，推出一系列高质量的、经过同行评审的、开放查阅的书或期刊特刊或论文集，这些材料本身就能逐渐成为有关农业粮食体系科技创新的核心参考材料，可与每期《农业粮食体系技术和创新展望》的主题相关的专题会议/研讨会挂钩，例如由一家有知名度的科学出版社合作伙伴出版一期可开放获取的技术背景论文集。目前粮农组织已与斯普林格出版社签署了出版协议，由粮农组织工作人员向斯普林格自然出版社的“开放获取图书”投稿。

23 例如，《粮食政策》2013年10月期和2021年1月期在《粮食和农业状况》报告的背景论文基础上分别将“粮食体系和营养不良的三重负担”和“粮食损失和浪费：为有效政策提供依据”作为主题。

24 完整论文集参见<https://www.nature.com/collections/dhiggjeagd/>，概要参见Laborde等（2020）。



埃及
一名街头商贩在开罗售卖
蔬菜。

第12章

《农业粮食体系技术和创新展望》 的出版频率和内容

《农业粮食体系技术和创新展望》如果能够抓住关键受众并影响他们，就能成为有力的工具，推动农业粮食体系加快转型。

《农业粮食体系技术和创新展望》面向各国和各多边机构高级别政策制定者及其顾问以及为农业粮食体系科技创新研发工作提供融资的公共、私人慈善投资者，特别是在低收入和中等收入国家。这些受众需要的是清晰的非技术性信息，有强有力的科学实证支撑，包括开放性数据。《农业粮食体系技术和创新展望》的愿景是成为帮助人们了解科技创新如何改变当今农业粮食体系并使其更高效、更包容、更具韧性、更可持续的核心定期参考资料和开放性数据源。《农业粮食体系技术和创新展望》将被用于开展倡导活动，如用于吸引更多形式的农业粮食体系研发投资，同时引导私营和公共部门实体确定重点。

此项产品的吸引力在于能全面涵盖农业粮食体系科技创新整个生命周期，但也因此带来一项巨大挑战。符合第5章和第8章介绍的入选标准的现有数据集相对有限，尤其是缺少有关产后技术以及金融、体制和政策类创新的数据集。此外，现有数据集主要侧重于第一和第二阶段，即科技创新投入期和成熟期，而有关萌芽期和涌现期农业粮食体系科技创新的数据集却严重不足。要想加快农业粮食体系转型，就必须加大力度关注这些关键的中间阶段，这至少有助于缩短从初始研发投入到将有影响力的新科技创新推广给全球范围内农业粮食体系各行为主体所需的较长时间间隔。

由于第6章和第7章中强调的原因，要想每年完全涵盖所有萌芽期和新涌现科技创新是不可行的。使涵盖范围可控的一个自然做法就是每两年定期出版一期《农业粮食体系技术和创新展望》。美国国家科学基金会、经合组织、联合国贸发会议和联合国教科文组织的科技创新展望产品以每两到五年一期的频率推出。世界知识产权组织的全球创新指数每年发布一次，但仅依赖于二手数据。《农业粮食体系技术和创新展望》相关规则确立后，会逐步在两年间隔期内推出增刊，采用较简短的格式回答关键

补充性问题。每两年出版一期的目标看起来既有挑战性又有可行性，适当偏向质量，而非速度。

每期《农业粮食体系技术和创新展望》都有一个主题，并由大量背景研究作为支撑。2024年首期《农业粮食体系技术和创新展望》的主题是面向小规模生产者的农业粮食体系科技创新，同时还涵盖农业粮食体系中的中小型企业。这一主题瞄准的是粮农组织《科学与创新战略》支柱2的一项成果：“**促进小规模生产者、家庭农民和农业粮食体系其他主体获取和利用包容、可持续、可负担、因地制宜的创新和技术，打造可持续农业粮食体系。**”小规模生产者更多依赖于公共和慈善性投入，而不是农业粮食体系中大型跨国公司的投入。本期《农业粮食体系技术和创新展望》将探讨创新在推广后产生的优势和劣势以及相关方如何最有效地加快科技创新在全球小规模生产者中的开发、适应、扩散和影响。

《农业粮食体系技术和创新展望》2026年及之后的主题可从科技创新不同领域（如数字、遗传、机械、新型食品、政策）与预期成果或影响（如土地和水资源保护、食品安全、改善营养、改善农业粮食体系劳动者条件、面对冲击和压力因素加强韧性）两大类之间轮流选择，甚至可以选择更宽泛的主题，如农业粮食体系科技创新影响评估，或未来农业粮食体系预测和权衡利弊。围绕科技创新各领域开展的工作自然将有助于为注重关键目标成果和影响的、更具综合性内容的各期出版物提供参考依据。

《农业粮食体系技术和创新展望》文后附有大量数据附录，不仅介绍与当期主题相关的材料，还采用表格形式定期介绍有关特定国家和/或指标的经验性实证。

支撑每期《农业粮食体系技术和创新展望》的开放数据系列将持续向公众开放并定期更新。这些数据将成为一项重要的公共产品，因此需要认真思考如何管理好这一产品。应充分利用粮食体系仪表盘和创新粮食体系解决方案网站等现有平台，或至少与它们建立联系和共享数据。

最宝贵的数据将来自农业粮食体系科技创新影响评估汇总。严格影响评估需要高成本。《农业粮食体系技术和创新展望》可为大量影响评估实证的概况性综述、系统性综述以及统计元分析工作提供一个门户网站，揭示哪些科技创新在何处和何种条件下能可靠地产生效果。此类数据对于低收入和中等收入国家里资源有限的机构而言最为有用。这些数据可采用多种形式，不仅仅是统计性评估，也可能是描述性/定性评估。一些最有影响力的评估将侧重于不同创新和技术的整合捆绑，而正规影响评估尚未充分涵盖这一领域。《农业粮食体系技术和创新展望》的实证汇总活动将是一项持续开展的工作，不与某一期《农业粮食体系技术和创新展望》单独挂钩。

《农业粮食体系技术和创新展望》将是一项艰巨的开创性工作。粮农组织和《农业粮食体系技术和创新展望》投资方及伙伴方面面临的一项关键决定就是对有关农业粮食体系科技创新整个生命周期的数据收集、分析、整理和传播工作进行优先排序。《农业粮食体系技术和创新展望》必定需要分阶段推进，首先侧重于整理和传播现有数据系列，随后逐步扩大范围，更多地关注产后价值链以及体制和政策，后者决定着消费者做出膳食选择时所处的食物环境。

就哪些是数据收集、分析和整理工作的重点，专家们之间存在极大分歧。多边组织的专家们大多建议将重点明确放在科技创新投入上，而私营部门的代表们则强调最需要推进的领域是萌芽期和新涌现科技创新。《农业粮食体系技术和创新展望》团队认为两种说法都有道理，但对萌芽期和新涌现科技创新可靠数据的收集、分析和整理可能更有助于加快农业粮食体系转型，尤其是在低收入和中等收入国家。私营部门近年已大幅加快了行动步伐，包括在低收入和中等收入国家²⁵。

由于与公共投资相比，私营部门对农业粮食体系科技创新的融资增速更快，因此更有必要鼓励私营部门参与。他们的利益大多在于萌芽期和涌现期等中间阶段。正因为《农业粮食体系技术和创新展望》有助于推动私营部门参与（这对于《农业粮食体系技术和创新展望》的成功与否十分关键），还因为它能填补当前农业粮食体系科技创新领域存在的巨大空白，它将首先着手加大对萌芽期和涌现期的认识，尤其是与低收入和中等收入国家相关的了解。

但《农业粮食体系技术和创新展望》作为一个大项目，应推动启动新举措，在更大范围内填补农业粮食体系中的数据 and 实证空白，利用《农业粮食体系技术和创新展望》整理和产生的数据和分析材料为政策制定工作提供依据。正如第1章中变革理论所述，《农业粮食体系技术和创新展望》有望大力推进数据和实证的产生以及循证决策工作，助力加快在各国实现农业粮食体系转型，尤其是在当今的低收入和中等收入国家。我们希望《农业粮食体系技术和创新展望》能逐步吸引各联合伙伴方，创建一个利益相关方生态系统，让各实践群组都能参与对农业粮食体系科技创新动态的跟踪和衡量工作，以巩固农业粮食体系循证决策和投资方面的最佳做法。

25 一个绝佳例子是两家非洲初创企业——肯尼亚的阿波罗农业公司和尼日利亚的ThriveAgric公司，分别于2022年3月底在一周内新增融资4000万美元和5600万美元（<https://agfundernews.com/thriveagric-apollo-ag-score-nearly-100m-in-big-week-for-african-agtech>）。2021年各粮农科技公司至少新增融资520亿美元，比2020年增加75%，融资数额最大的几笔交易出现在新兴市场（中国、印度和巴西是2021年全球粮农科技投资最多的前六个国家中的三个）和价值链下游环节，如食品快递和创新型食品（如人造食品、发酵食品或植物源性食品）（AgFunder网, 2022）。

附录A

查阅过的指标详情

我们采用第5章详细介绍的入选标准，将我们查阅过的有关科技创新投入（第5章）和成熟科技创新（第8章）的结构化数据分成两类：重点数据（即符合所有入选标准）和非重点数据（即不符合一条或多条入选标准）。这些指标详情参见下文表格（表A1-A4）。

可应要求提供有关数据库中每项指标的详情，包括所涵盖国家总数和低收入和中等收入国家总数、至少具备2016年以来一项观察项数据的国家所占比例以及对相关数据集的说明。

表 A1 被列为重点的科技创新投入数据系列

指标	子指标	定义	来源
研发投资			
政府	政府的国内研发总支出 — 农业和兽医学	政府在农业和兽医学领域的国内研发总支出。	联合国教科文组织
私营	非营利性私营机构的国内研发总支出 — 农业科学	此项指标涉及私营部门非营利性机构每年对农业科学研发工作的国内资金投入总量。	联合国教科文组织
	给私营部门的国内信贷（占国内生产总值百分比）	指金融公司提供给私营部门的资金资源，如通过贷款、购买非股权证券、贸易信用和可索还的其他应收款项等提供的资金。此项指标反映私营部门为科技创新发展做出贡献的能力。	世界银行
高校	高校的国内研发总支出 — 农业科学	该项指标涉及高校每年对农业科学研发工作的国内资金投入总量。	联合国教科文组织



指标	子指标	定义	来源
科技创新政策环境			
知识产权制度	批准国际植物新品种保护联盟各公约（OPENICPSR网站）	Mercedes campi数据库将正在执行植物品种保护法规的104个国家 1961–2018年的年度评分汇编成指数。数据包括国际植物新品种保护联盟各公约的批准情况、农民豁免权、育种者豁免权、保护时长和专利范围。	1961–2018年各国植物品种和组成成分知识产权保护指数
	农民豁免权	此项内容涉及所谓的农民留种权利，即农民有权利用自己收获的某个受保护植物品种的种子在自家农场再次繁育。	1961–2018年各国植物品种和组成成分知识产权保护指数
	育种者豁免权	此项内容涉及所谓的育种者豁免权，即专利权不包括其他育种者将植物品种用于试验或研究目的。	各国1961–2018年植物品种和组成成分知识产权保护指数
	保护时长	此项内容涉及权利的时长。	各国1961–2018年植物品种和组成成分知识产权保护指数
	专利范围	此项内容涉及在以下与植物育种和农业相关的五个领域是否具有专利权：(i) 食品，利用农产品开展加工；(ii) 微生物，与生物技术及其在植物育种中的应用密切相关；(iii) 药品，该行业也依赖于生物多样性和遗传资源；(iv) 动植物，发明不限于某个特定品种；(v) 植物品种（有性或无性繁殖的特定植物品种）。（定义引自Campi和Nuvolari [2021]）。	各国1961–2018年植物品种和组成成分知识产权保护指数
监管能力	监管质量指数	指数反映对政府制定和执行有助于私营部门发展的合理政策和法规的能力的判断。采用标准化评分。	世界知识产权组织全球创新指数（引自 http://info.worldbank.org/governance/wgi/#home ）
创业环境	赋能农业	赋能农业指数评估政府是在助力还是阻碍农民从事农业生产。	世界银行
研发物质投入			
高科技进口	高科技进口	“高科技进口在贸易总额中所占百分比。高科技出口和进口产品指研发含量较高的技术产品，以欧盟统计局分类法为准，而欧盟统计局的依据是《国际贸易标准分类第四次修订版》和经合组织定义。属于以下部门的商品：航天；计算机和办公设备；电子通讯产品；医药；科学仪器；电动机械；化学；非电动机械；武器。”	世界知识产权组织全球指数
科学出版物	有关农业前沿技术的科学出版物数量	有关农业前沿科技的科学出版物数量，反映技术创新的科学进展情况，尤其是萌芽期和新涌现科技创新的进展。	SCOPUS数据库
遗传收集品	每个国家的收集品数量	该项变量是新构建的（不确定是否有效），代表一国的作物多样性程度。	Genesys数据库

表 A2 被列为重点的成熟科技创新数据系列

指标	子指标	定义	来源
初级生产			
经过改良的种子	已获得批准的转基因作物	准予商品化/种植和进口的生物技术/转基因作物（食品及饲料）。	国际农业生物技术应用服务组织 (ISAAA)
肥料	农用量	当年用于农业的量。单位为吨。	粮农组织统计数据库
	肥料	用在土壤中的无机肥所含的氮、磷、钾以及有机肥所含的氮，以千吨计。	1961–2019年国际农业全要素生产率指数
农药	农药用量	包括主要农药组类（杀虫剂、除草剂、杀真菌剂、植物生长调节剂、杀鼠剂）和相关化学品的用量数据。数据反映用于或出售给农业部门作物和种子生产的农药用量（活性成分吨数）。	粮农组织统计数据库
耕种方式	采用保护性耕种方式的耕地面积	采用将植物残茬（至少30–35%）留在土壤表面防止水土流失和保持水分的耕种方式的耕地面积（千公顷）。	联合国数据库-粮农组织
植物肉/人造肉和蛋白	替代蛋白制造商和品牌	数据涵盖世界各地所有现有替代蛋白/植物源性食品公司，并跟踪各项变量，如所在国家、运营所在区域、创建年份、创始人。	优质食品研究所
耕地面积	配备灌溉设施的耕地面积	配备灌溉设施的面积包括采用地表灌溉、喷灌或局部灌溉等任何全控制灌溉方法的面积。设备无需在参考年份中使用。其中还包括采用引洪灌溉（利用洪水灌溉作物）、带有设施的湿地和内陆谷地以及带有设施的洪水退落等部分控制灌溉方法的面积，不包括采用水桶、水罐或其他用具手动浇灌的面积。	粮农组织统计数据库
水产养殖	水产养殖生产	此项指标代表特定国家渔业部门捕捞到的某个鱼类物种的总磅重（即5000吨鲑鱼 — 美国）。	粮农组织FishStatJ渔业和水产养殖统计软件
加强动物卫生/遗传学/营养工作	监管措施	有助于治疗特定国家中特定动物疾病的监管类型。	世界动物卫生组织
物质投资	净资本存量	农业、林业和渔业物质投资资本存量，数据已考虑折旧。	粮农组织
全要素生产率	全要素生产率	总产出指数与总投入指数之比	1961–2019年国际农业全要素生产率指数
产后技术			
生物柴油生产	生物柴油生产	所生产的生物柴油（千吨油当量）。生物柴油是从收获的农产品中提炼的一种能源，能替代柴油。	经合组织OECD.Stat数据库
供应链和基础设施	农业基础设施	该项指数衡量一个国家储藏作物并将其运输到市场的能力，衡量的依据是对以下几项的评估：i) 对作物储藏设施的投资；ii) 道路设施；iii) 航空、港口、铁路基础设施；iv) 灌溉基础设施。	全球粮食安全指数
互联网接入	使用互联网的個人所占百分比 (%)	使用互联网的個人占总人口中所占百分比，因为新的农业技术会通过互联网传播。	国际电联
	能在家接入互联网的家庭所占百分比 (%)	能在家接入互联网的家庭所占百分比，因为这涉及到家庭是否能够获得新的农业技术。	国际电联



指标	子指标	定义	来源
加工、制造和包装			
食品强化法规	强制性强化	国家有法律文件规定，要求对相关食品进行一种或多种维生素或矿物质强制性强化处理，即文件规定要对所有或部分食品进行强制性强化。	全球食品强化数据交换中心
重新配方法规	食品和饮料重新配方	已颁布有关脂肪、盐/钠和/或糖相关政策的国家数量	营养行动实施情况全球数据库
劳动力问题			
最低薪酬法律应用	最低薪酬	法定最低月薪美元总额（按汇率转换），最近年份	国际劳工组织数据库有关薪酬的统计数据
消费者所处食物环境			
现代化杂货店零售商和超市	为每10万人配套的现代化杂货店零售商和超市	为每10万人配套的超市数量。欧睿信息咨询公司将超市定义为“营业面积介于400至2500平方米的售卖杂货的零售店，不包括折扣店、便利店和独立杂货店”。注意，一些国家的数据是欧睿根据地域、社会人口和宏观经济条件相似国家的估计数建模得出。人口根据世界银行估计数确定。	粮食体系仪表盘

表 A3 未列为重点的科技创新投入数据系列

部门	名称	链接
公共研发投入	农业科技指标网络 (ASTI)	https://www.asti.cgiar.org/pdf/GlobalAssessmentDataTables.pdf
	国际科技实践与政策研究中心 (INSTePP)	
	国际食物政策研究所 (IFPRI) — 2019 年经济发展公共支出统计	https://doi.org/10.7910/DVN/MKX1TU
	粮农组织 — 政府农业支出	https://www.fao.org/faostat/en/#data/IG
	经合组织	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=DV_DCD_PPFD
慈善	经合组织	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=DV_DCD_PPFD
	比尔和梅琳达·盖茨基金会	https://www.gatesfoundation.org/about/committed-grants
	福特基金会	https://www.fordfoundation.org/work/our-grants/grants-database/grants-all
	洛克菲勒基金会	https://www.rockefellerfoundation.org/grants/
高校	世界知识产权组织2021年全球创新指数 (引自: 世界经济论坛, 2020年高管意见调查 (2018–20年), 《2020年全球竞争力报告》附录C。 (https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020))	https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf
研发人员	联合国教科文组织 — 联合国教科文组织统计研究所	http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN_DS&lang=en
	农业科技指标网络	https://www.asti.cgiar.org/pdf/GlobalAssessmentDataTables.pdf
	联合国教科文组织	http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN_DS&lang=en
	全球农业研究论坛 (GFAR) — 全球农业研究与创新论坛	https://www.gfar.net/information-gateway
知识产权制度	PLUTO植物品种数据库	https://pluto.upov.int/search
	全球优惠贸易协定数据库	https://wits.worldbank.org/gptad/database_search_results.aspx?show=1
创业环境	世界银行	https://www.doingbusiness.org/en/data
	“世界知识产权组织全球创新指数 (引自世界银行, 《2020年营商环境报告》, 190个国家商业法规比较)”	https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf
基因收集	全球种质资源信息网络项目	https://www.grin-global.org/
基因收集	Gramene网站	https://www.gramene.org/

表 A4 未列为重点的成熟科技创新数据系列

部门	名称	链接
初级生产 - 农药	经合组织OECD.Stat数据库	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN
初级生产 - 少耕	Nature.com期刊	https://www.nature.com/articles/s41597-021-00817-x
初级生产 - 配套灌溉设施的耕地所占比例%	世界银行世界发展指标	https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.IRIG.AG.ZS?end=2018&start=2001&view=chart
初级生产 - 水产养殖	经合组织OECD.Stat数据库	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN
初级生产 - 加强动物卫生/遗传学/营养	经合组织OECD.Stat数据库	https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=77269
初级生产 - #农场/推广人员	国际食物政策研究中心	https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/JEQ9BO
初级生产 - 精准农业机械	智能农业	https://www-statista-com.proxy.library.cornell.edu/study/46794/smart-agriculture/
初级生产 - 覆盖作物种植面积所占比例%	覆盖作物信息图	https://gocovercrops.com/
	永久性耕地 (在土地面积中所占比例%)	https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.CROP.ZS
	覆盖作物数据库	https://sarep.ucdavis.edu/covercrop
初级生产 - 植物蛋白	优质食品研究所	https://gfi.org/resource/alternative-protein-company-database/
	蛋白目录	https://proteindirectory.com/alt-protein-database/
	亚洲替代蛋白初创企业目录	https://www.greenqueen.com.hk/asia-alt-protein-directory-database/
初级生产 - 电力灌溉	粮农组织全球水与农业信息系统	https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en
初级生产 - 能源利用	经合组织OECD.Stat数据库	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN#
初级生产 - 改善水资源和质量	粮农组织全球水与农业信息系统	https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en
初级生产 - 改善水资源和质量	经合组织OECD.Stat数据库	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN#
初级生产 - 改善土壤质量	经合组织OECD.Stat数据库	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN#
初级生产 - 改善土壤质量	粮农组织统计数据库	https://www.fao.org/faostat/en/#data/GV
初级生产 - 林业	联合国数据库 - 粮农组织	https://www.fao.org/faostat/en/#data/GV
产后技术 - 经过改良的储藏袋	Engineering for change组织 — 农业解决方案数据库	https://www.engineeringforchange.org/solutions/products/?category=agriculture
	经合组织	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=DV_DCD_PPFD
加工、制造和包装 - 重新配方法规	成员国在食品重新配方领域的最佳实践	https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/nutrition_physical_activity/docs/2016euskpresidency_bestpractices_en.pdf



加工、制造和包装—运输	粮农组织全球水与农业信息系统	https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en
加工、制造和包装—节能型 废弃物处理	粮农组织统计数据库	https://www.fao.org/faostat/en/#data/RFB
劳动力问题—农业劳动力 就业	1961—2019年国际农业全要素生产率 指数	https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/
劳动力问题—最低薪酬法 律应用	全球薪酬指标最低薪酬数据库	https://wageindicator.org/salary/minimum-wage
	经合组织实际最低薪酬	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=RMW
消费者所处食物环境—电子 食品援助	世界银行社会保护部门	https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Event/social-protection/Gentilini%20-%20Food%20assistance%20as%20a%20safety%20net.pdf
	数字食品实验室	https://www.digitalfoodlab.com/en/foodtech-database/
消费者所处食物环境—无现 金零售	世界银行二十国集团金融包容性指标	https://databank.worldbank.org/source/g20-financial-inclusion-indicators/Series/GPSS_2

附录B

有关农业粮食体系初创企业的潜在信息源

初创企业数据库汇总

目前有多个初创企业数据库可帮助我们列出农业粮食初创企业清单。这些数据库的开放性各异，其中很多可免费注册。用户注册后，查阅数据的便利度也可能相差甚远。例如，农业粮食合作社平台（Agrifood Cooperative Platform）无需登录，打开网页后可按国别、组织类型、农业粮食领域组织类型、所提供服务以及农业和粮食生产类型等过滤信息，结果随后会显示在一张地图上，提供详细的组织信息以及网站链接（创新技术集群，无日期）。该平台能提供近一千家各种农业粮食组织的相关信息。而相比之下，CompassList网站则需要免费注册，提供七千多家初创企业的信息（CompassList，无日期）。该网站可按国别、总部、融资阶段、部门、技术和公司现状过滤信息。在融资阶段一项中，搜索创新技术时首要关注点是自我融资/种子前阶段和天使/种子融资，也可能对A轮融资有一定兴趣。在部门一项中，属于农业粮食类的有无数选项，如水产养殖、替代蛋白、农业及渔业、城市农业、食品科技、循环经济等。各数据库的关注点各不相同，有些数据库关注早期初创企业，有些数据库在公司成熟度方面关注范围更广。另一个重要的创新数据库是**全球创新学院网站**，用可下载的开源excel格式提供有关七千多项全球发展相关创新的信息（全球创新学院，无日期）。具体内容包括已采纳创新技术的国家、受影响的人口、更新日期、孵化方、单行、URL地址、阶段等多项。虽然Excel表格依然可查阅，但从2021年秋季开始因资金短缺，该表格已不再更新。

支持农业粮食体系初创企业的投资方数据库

要想列出农业粮食初创企业清单，可参考的潜在投资资源很多。为了将投资资源分门别类，我们在创新平台大类下创建了分组（**表B1**）。

早期投资公司的投资组合可帮助我们找到新创新，而投资轮次可帮助我们确定创新的成熟度。例如，不同融资轮次通常被标为种子前轮、种子轮、A轮。各公司通常会将自己的投资组合公布在自己的公司网站上（**表3**）。

在本文中，投资方指为其他组织提供资金的个人或组织（通常是公司），以帮助该组织成长并期望从中获取资金回报。我们的重点是公司，而不是个人。查阅投资方数据库有助于通过投资方清单去了解它们的投资组合。此外，有些平台上既有初创企业信息，也有投资方信息，目的是在二者中间牵线搭桥。例如，该领域一些知名平台有CrunchBase (<https://www.crunchbase.com/hub/startups-founded-in-2021>)、TechCrunch (<https://techcrunch.com/startups/>)、Pitchbook (<https://pitchbook.com/solutions/startups>)、Plug and Play (<https://www.plugandplaytechcenter.com/startups/our-startups/>)、Deal Room (<https://app.dealroom.co/companies.startups>)和CB Insights (<https://www.cbinsights.com/>)。这些全部都是综合投资平台，但由于它们最知名，因此最常用，对初创企业的汇总也很全面。此外，还有一些资源也在提供airtable清单（便于持续更新），其中一些可导出CSV文件，一些则无法导出。例如，Foodhack列出一百多家在食品科技领域积极投资的投资方清单（Foodhack,无日期），另一份清单则列出215家早期风险投资基金的名称、网站详情等，可下载为CSV文件（Goldman,无日期）。利用这些清单去查找风险资本公司公布在自家网站上的投资组合，有助于了解被投资方认为潜力较大的早期组织（**表B2**）。

查找早期农业粮食公司的另一个渠道就是招募赛、实验赛、挑战赛或大奖赛。寻求创意的投资方通常会通过招募赛，吸引参赛者参与解决特定问题或综合性问题。这些渠道能帮助我们找到其中一些最新创意。有些平台会向公众或直接向其他参赛者公开信息。我们不仅可以从中找到获奖者信息，还能找到所有参赛者信息，同时还能找到尚未获得投资的早期公司的信息。例如，粮农游戏改变者实验室是由EAT、IDEO、Thought For Food、洛克菲勒基

表 B1 查阅过的初创企业投资方分类

创新平台	初创企业数据库	主要为初创企业上市而创建的平台或数据库
	投资方	寻求为成长型组织提供资金而从中获取回报的组织或个人
	投资方数据库	为罗列活跃投资方清单或为给投资方与被投资方之间牵线搭桥而创建的平台
	招募赛/大奖赛/ 挑战赛	创新者分享自己的创意以吸引关注和机会
	加速器/孵化器	为帮助各组织寻求增长发展而设计的项目
	基金会	由捐助方个人或团体设立、向各种组织和非营利组织提供资金的非营利性组织
	捐助数据库	为创建捐助目录而设立的数据库，有时在捐赠方和获赠方之间牵线搭桥
	众筹	方便普通大众向各组织投资的平台
	生态系统	为创造和获得知识而围绕某一共同点创建的网络

金会、未来论坛、子午线研究所、SecondMuse 和 Intention 2 Impact 联手开展的一个项目，它向所有参赛者开放，并创建了24个关注点相近的创新团队去开发创新解决方案（de Haas, 2021）。这些团队的类别跨度很广，从食品和材料的升级回收，到减少食物浪费，到创新型包装，再到改善土壤健康。另外，公开赛也会发布最佳创意和获奖者名单。创业者世界杯(<https://platform.entrepreneurshipworldcup.com/display/IN/2021+EWC+100>)公布了年度竞赛的前100名获奖创新。招募赛往往以每年一次、两次或四次的频率定期举行，便于相互对比。大奖赛和挑战赛也往往作为一种激励机制，吸引创新想法，获奖者将受到表彰和奖励。例如，UpLink有一个挑战赛平台，上面会公布挑战赛主题，如蓝碳、全球气候塑造者和循环经济（世界经济论坛，无日期）。该平台允许查阅所有参赛材料以及获奖创新的相关信息。麻省理工学院主办可持续粮食体系挑战赛并公布了七位获奖者、另外八位决赛选手以及250多位参赛者（麻省理工学院，2021）。另一个渠道就是与不公开所有参赛者材料但具备创新数据集的某个平台开展合作。

查找初创企业的其他定期渠道往往是各种加速器、孵化器和基金会。他们都已各自形成固定群组，选择符合自己专业领域的最有前景的组织，这些群组包括斯科尔基金会 (<https://skoll.org/community/emerging-leaders-initiative/>)、穆拉戈基金会 (<https://www.mulagofoundation.org/henry-arnhold-fellows>)、Acumen (<https://acumen.org/fellowships/>)、EIT Food (<https://eit.europa.eu/our-activities/opportunities/eit-food-ris-fellowships-2021>)等。据福布斯2019年发布的国际商业创新协会数据，全球共有约七千个商业加速器计划和孵化器（Cremades, 2019）。这是一份很长的清单，但可以按具体行业或发展阶段缩小范围。加速器、孵

化器和基金会通常会将自己的投资组合详情公布在自己的网站上。有些着眼于全球，如YCombinator (<https://www.ycombinator.com/>)，有些则专门针对特定区域或类别，如专门针对东南亚区域农业粮食类企业的GROW加速器(<https://www.gogrow.co/>)。

还有一些捐助管理平台可在捐赠方和申请方之间牵线搭桥。虽然这些资源中有一些是非营利性组织，但越来越多具备创新技术的社会企业也在寻求捐助机会。这些平台各不相同，但共同点是需要登录，有些免费，有些提供免费试用机会，随后需要付费。联合国将自己的捐助目录公布在一个平台上，方便人们申请捐赠款（联合国，无日期）。相比之下，Fluxx是个非营利平台，免费向用户开放，而Instrumental则允许用户或组织试用14天，随后需要付费（Fluxx Grantseeker,无日期）。有些平台采用可下载格式，方便数据使用。

初创企业最早期通常由创始人、家族和朋友提供资金（Spiegel等，2016，421–449页）。这意味着很难找到它们，因为无法通过融资源头找到它们。但目前已涌现出一大批众筹组织，因为这有助于吸引家人和朋友投资并让投资变得更容易。众筹网站已成为创建公司、吸引早期客户、宣传品牌的新渠道，同时也让普通人更有机会投资。很快，众筹就已演化出众多模式，本文探讨的最主要模式是股权众筹。很多网站还希望保证捐赠的透明度，同时还希望让一些无法获得融资的边缘化社区获得资金。因此，众筹网站是了解一批立足社区的新创新组织的好地方。综合性国际众筹平台包括GoFundMe(<https://www.gofundme.com/>)、Kickstarter(<https://www.kickstarter.com/>)、Indiegogo(<https://www.indiegogo.com/>)、Crowdfunder(<https://www>

表 B2 界定早期融资轮次

早期融资轮次	定义
自我融资或种子前轮	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 产品初步成型 ▶ 已确定市场 ▶ 市场途径
种子或天使轮	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 开始销售产品 ▶ 已创建优质团队创立公司
A轮	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 已确立市场契合度 ▶ 销售额持续增长 ▶ 具有销售额持续增长的潜力

crowdfunder.co.uk/)、Wefunder(<https://wefunder.com/>)、Angellist Venture(<https://www.angellist.com/>)。另一些网站则更有针对性，例如专注于早期融资的Crowdcube(<https://www.crowdcube.com/>)、Seedrs(<https://www.seedrs.com/>)、OurCrowd(<https://www.ourcrowd.com/>)、Fundify(<https://fundify.com/>)、Funding Societies(<https://fundingsocieties.com/>)等。还有一些平台则专注于农业粮食公司，如FoodHack(<https://foodhack.global/>)、Vegan Launch(<https://veganlaunch.com/>)和Sustainable Food Ventures(<https://www.sustainablefoodventures.com/>)。另外也有一些区域性关注重点，以适应不同法规要求。

众筹这种主要为科技创新提供资源的金融创新方式正在全球各地快速发展，而非局限于高收入国家（**插图E**）。例如，非洲众筹协会正在努力提高非洲众筹活动的透明度，使其遵守协会所提倡的“最佳实践”（非洲众筹协会，无日期）。该协会已列出了需要遵守这些规则的在非洲运营的众筹平台清单（非洲众筹协会，无日期）。众筹在亚洲各国也越来越受欢迎，各国政府已就P2P网络借贷颁布了相关法律。众筹在拉丁美洲也已获得大范围发展。例如，巴西众筹平台筹集的资金总量已从2016年的820万美元增至2019年的7880万美元（Nery, 2020）。

生态系统也是另一种渠道，即希望围绕某个特定共同点（如食用农产品）创建一个网络便于个人利用网络获得知识和准入的平台。其目的是在同一个地方储存尽量多的信息。其中一个例子是阿斯潘发展创业者网络(ANDE)。这一全球性网络设有各区域办事处，只有付费会员才能获取有关投资方、专家、培训和具有类似想法的初创企业的信息（阿斯潘发展创业者网络，无日期）。另一个例子是Feed 9 B创新平台，专注于鼓励在亚洲食品生态系统中开展合作与创新（Feed 9 B,无日期）。

新兴技术不仅存在于新公司中，还往往存在于有能力开展研发工作的大公司中。直接去这些公司网站查阅年度报告，就能了解到有关新兴创新技术的信息。查阅这些材料时，搜索量可能巨大，因为网站上各种信息的有用程度各不相同，而且只能查到无专利保护的知识。值得注意的是，这些组织控制着共享信息的叙述方式。但查阅公司的最新产品发布或测试信息有助于了解其最新创新技术。例如，阿彻丹尼尔斯米德兰公司共有55处创新中心，足以说明其研究工作范围之广、种类之多（阿彻丹尼尔斯米德兰公司，2020）。此外，还可查阅大公司自己的媒体渠道上公布的趋势，虽然有些工作可能在保密情况下开展，这种情况下需要查阅知识产权数据库。查阅收购和拆分信息也是了解新兴技术的重要渠道，虽然这些技术可能已经较为成熟，发展规模较大。

附录C

结构化专家调查方法

确定专家调查中的最佳实践

设计《农业粮食体系技术和创新展望》采用的专家调查模式时，需要考虑调查设计方案和工作流程中的多项关键变量。研究人员必须确定：

- ▶ 将采用哪类调查方法。
- ▶ 挑选谁参与调查。
- ▶ 界定“专家”有哪些标准。
- ▶ 是否对所有专家的意见同等加权或是根据专长水平按比例加权。
- ▶ 每次调查最少需要几位专家。
- ▶ 专家们是否会被分组或作为整体参与调查。
- ▶ 将采用哪些规则和最佳实践。

“采用IDEA规则开展结构化专家调查实用指南”(Hemming等, 2017)是一份值得注意的关于专家调查最佳操作规则的指南。该份指南在选择《农业粮食体系技术和创新展望》专家调查方法时发挥着十分重要的作用。之所以采用IDEA规则来设计《农业粮食体系技术和创新展望》的专家调查，是因为有关这一规则已经开展了大量研究，并已克服了德尔菲法的主要缺点。IDEA规则能帮助研究人员大幅减少完成专家调查所需的时间、金钱和资源。该模式已被专家调查专业人员普遍采用。表C1将对IDEA规则做总结，同时介绍几种其他专家调查方法。

针对萌芽期技术的专家调查初步设想

插文C1是为《农业粮食体系技术和创新展望》专家调查设计的工作流程范本。《农业粮食体系技术和创新展望》专家调查全程通过一个线上调查平台远程完成。启动会结束后，所有调查步骤非同步完成。各专家组的调查同时平行开展。

为《农业粮食体系技术和创新展望》专家调查设想的每个阶段简要介绍如下。

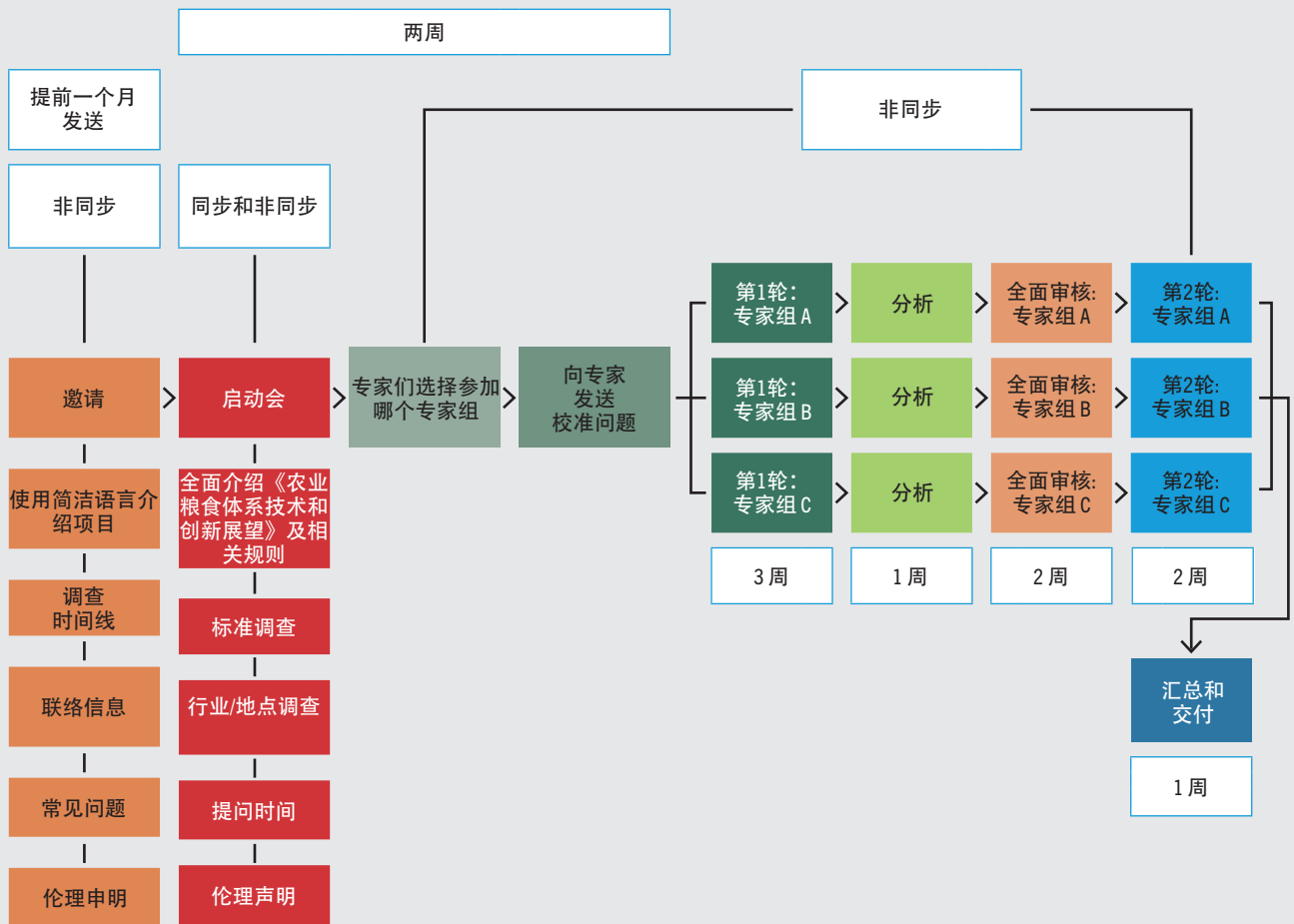
1. **邀请。**在启动会前，先通过电子邮件发送邀请函。邀请函采用简洁的语言介绍《农业粮食体系技术和创新展望》的研究及报告的目的、时间线和联络信息。将告知受邀人他们可自愿参加，并有权在任何时候退出。邀请函中还将包含一项伦理申明，解释匿名保护、代号和加密数据的使用等问题。
2. **启动会。**启动会是为受邀参加调查的专家举办的介绍会。其目的是介绍调查背景和方法。应特别关注会上不同语言之间的交流，可能的话应采用远程直播的方法，让参与人最大程度参与，更好地帮助参与人了解调查目的（McBride等, 2012,引自Hemming等, 2017）。启动会应在首轮调查开始至少两周前举办（Hemming等, 2017）
 - a. 会议将说明允许参与人“从小组以外任何人那里获取信息并讨论信息”，但不允许“与任何未参与调查的人讨论相关内容”，以便降低专家调查工作的挑战性和局限性（即群体思维）。
 - b. 专家们随后提出澄清式问题，会议方将预览问题的类型（如多项选择、指标）并预先准备如何回答这些问题。
 - c. 应对启动会最后的提问环节做好记录，并保证专家在调查过程中任何时候都可查阅记录内容。
3. **专家调查第1轮。**第1轮调查将采用线上调查形式通过URL 链接发送给专家。第1轮将采用非同步形式。专家们有三周时间完成第1轮调查。此轮调查包括对调查的说明，并让专家们有机会创建一个无法识别的用户名。专家们在三周内任何时间点均可提出澄清式问题。专家调查专用网站上将附有通向粮农组织网页的链接（Hemmings等, 2017）。

表 C1 调查类型

	描述
传统德尔菲法	通过多轮调查（三或四轮）征求专家意见，由一名负责人全程公正引导，最终达成集体共识。德尔菲法调查传统上采取面对面调查的方式，对所有参与方而言极为费时，且成本较高。
经过调整的德尔菲法	与传统德尔菲法类似，但工作流程有各种调整，目的是减少参与者所需的时间和调查成本。很多经过调整的德尔菲法设计方案有两轮调查，但没有标准格式。经过调整的德尔菲法让研究人员能增加参加调查的专家人数，也更有可能会采用远程调查的方式。世卫组织和美国国家航空航天局等机构都采用经过调整的德尔菲模式。
IDEA 规则	<p>IDEA规则是专家调查常用的经过充分研究的一整套最佳做法。IDEA主要有两种模式：三步和四步模式。三步模式仅用于估计单项事件的概率，即用于“估计数字性数量或概率，以获取有关事实的近似值，这些近似值可交叉验证，可用于为决策和模型提供依据（Morgan, 2014, 引自Hemming等, 2017）”。</p> <p>三步模式指对每个调查问题都有三项估计值：(1) 最低概率；(2) 最高概率；(3) 最可信概率。</p> <p>与此不同的是，四步模式可估计多项事件的预计数量和频率：(1) 最低可信值；(2) 最高可信值；(3) 最佳猜测值；(4) 估计值置信水平评定（50-100%置信水平）。</p> <p>IDEA专家调查的设计与经过调整的德尔菲法类似，但无需刻意追求多数一致的结果（Speirs-Bridge等, 2010, 引自Hemming等, 2017）。</p>
库克法（加权）	与给所有专家意见同等权重相反，这种方法首先确定每位专家的专长水平，随后对其意见赋予相应权重。首轮调查前先让专家完成一项小测试，以确定汇总时赋予专家意见的“权重”。已证明库克法有助于区分哪些专家理论实力强，哪些专家实践经验和应用知识强（Aspinall, 2010）。可根据专家调查进程的不同阶段确定不同专家的权重。

4. **分析和反馈。** 研究人员将用一周时间整理第1轮得到的数据，对数据进行标准化处理，将估计值相加，创建可视化数据图和汇总表，同时创建一份反馈文件，可就文件任何内容添加评论（Hemmings等, 2017）。
5. **全面审核。** 全面审核阶段是一项非同步进行的活动。在两周内，专家们可查阅第1轮收集到的所有数据（所有内容均以匿名方式展示）。研究人员还将制作一份视频录像，对第1轮调查结果做简要介绍，侧重于相互冲突的观点，并提出启发性问题。必要时，他们还将澄清或重新界定调查中采用的任何用词或结果（Hemmings等, 2017）。
6. **专家调查第2轮。** 专家们有两周时间就数据的任何部分发表评论，调整自己原有答复内容，或进一步阐述自己的答复内容。他们也可回复其他专家的评论，或进一步阐述其他专家的评论。专家们在第2轮开始前三天和截至日期前三天都会收到提醒信息（Hemmings等, 2017）。
7. **汇总。** 将核对所有数据中是否存在错误，确定标准置信区间，汇总数据，并将最终估计值转化为图表和评论文字。数据将被上传至《农业粮食体系技术和创新展望》专家调查网站，供所有专家查阅和签字（Hemmings等, 2017）。完成这一步大约需要一周时间，具体取决于参与调查的专家人数以及所创建的专家组数量。将所有专家组的结果进行汇总并交叉比较则需要更长时间。

插文 C1 专家调查工作流程范例



附录D

新涌现科技创新

如上文所述，在自然语言处理基础上为新涌现科技创新制定指标，第一步就是确定数据源并为每个数据源设定明确目标。目标要与项目整体愿景或最终的数据分析保持一致，以便减少数据中的噪声。随后要通过应用程序编程接口，或者采用网络服务器应用程序通过一个网页抓取自定义码，将数据导入一个数据储存和处理总库中。数据先经过一个预处理过程，评价其结构（针对通过应用程序编程接口获取的数据），在进入富集管道之前还要经过数据清洗。富集管道的第一步是人工智能过程。该项目的模型都已经过优化处理，只负责采用无监督和半监督方法完成分类和信息提取。建模过程将在下文做详细介绍。一旦给数据加上了一系列标签，信息提取和分类过程就完成了。

结果

第一步：主题建模

在潜在狄利克雷分布(LDA)、潜在语义分析(LSA/pLSA)和非负矩阵分解(NMF)的基础上开展主题建模的做法已经在数据集分析语义学中有着较长历史(Jelodar 等, 2019)。这些模型中包含同义性（不同词描述同一意思）和多义性（同一词描述不同意思）等特征。主题提取包含多个步骤，其中包括预处理（文本标准化、词形还原和短语抽取）、向量化(TF-IDF) 和剔除停用词（and、the、thereof），随后采用非负矩阵分解等方法去构建一个主题模型。

主题提取主要是机器学习中的一个无监督过程，这意味着整个过程中除了数据输入和统计码，无需人力投入。主题模型要采用超参数或用于控制机器学习流程的一个值进行评估。目前没有可以参照对比的金标准，因为模型的可解读性依然无法计量，因此采用一致性指标去确定模型的性能。一致性指标指主题（例如点互信息）中词的匹配相似度平均/中位数得分。一致性越高，主题模型的性能越好（Röder等, 2015）。我们采用一项一致性指标，针对不同主题数量构建和评价了多个模型，最后确定20个主题数量得到的一致性评分最高。

图D1按2021年每月发表的文件数量列出这20个主题，有助于更详细了解年度趋势以及趋势之间的比较。最后，**图D2**按每个主题权重的文件数量计算出主题权重分布情况，有助于在同一语料库中对主题性能进行比较。

图D3展示主题权重分布情况，通过每个主题权重的文件数量计算而来。它有助于人们了解有多少文档与这个三字一组的字符串有着关联，为评价主题模型的准确性提供另一个数据点。

第二步：发现新涌现科技创新

转换模型需要采用一种半监督学习法，让人类专家不定时去审核和修正数据，并将修正后的数据返还到模型中。半监督干预模型与无监督主题模型结合在一起，就能加快速度发现新涌现科技创新。**图D4**展示如何将干预提取模型与主题模型结合起来，用于确定主题模型中是否包含相关干预。该模型从文本中提取带有“原始标签”的干预（列在图中“已发现的原始干预”一栏），随后在模型的大知识图谱中探究该模型之前是否看到过此项干预或任何与之相近的措施（列在“已提取的干预”）。已发现的干预与主题之间的关联度很高，就说明在开始更加费时且成本更高的干预提取步骤之前，可先完成对新数据的主题标记工作。

第三步：源分析和信息提取

分析前的最后一步是找到数据源审阅的候选对象。例如，下文介绍的案例（**图D5**）列出了各专利权数据源和各主题模型的一致性指标。接下来会按照第二步的做法，重点关注原始干预和所提取干预的一致性。

将选取相关度较高的数据源开展更深入的分析，以便提取特定干预和其他参数。各项专利权结果电子表格可应要求以补充数字文档的形式提供。

第四步：线上资源审阅

数据将被整理成线上资源供审阅、分析和调整。这是一个反复过程，需要来自研究团队的反馈。

图 D1 与专利数据相关的主题

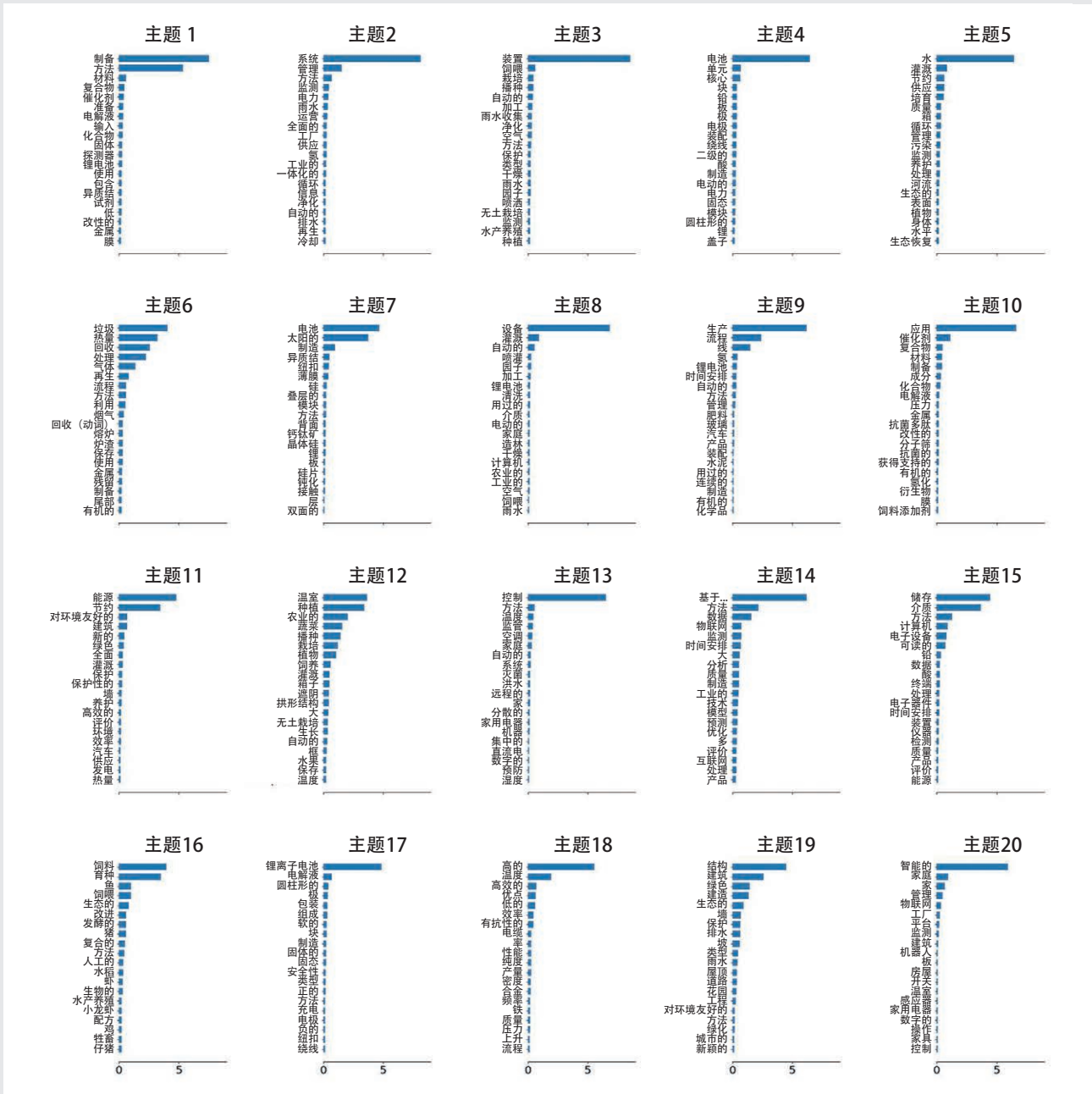


图 D2 2021 年每月每个主题文件数量

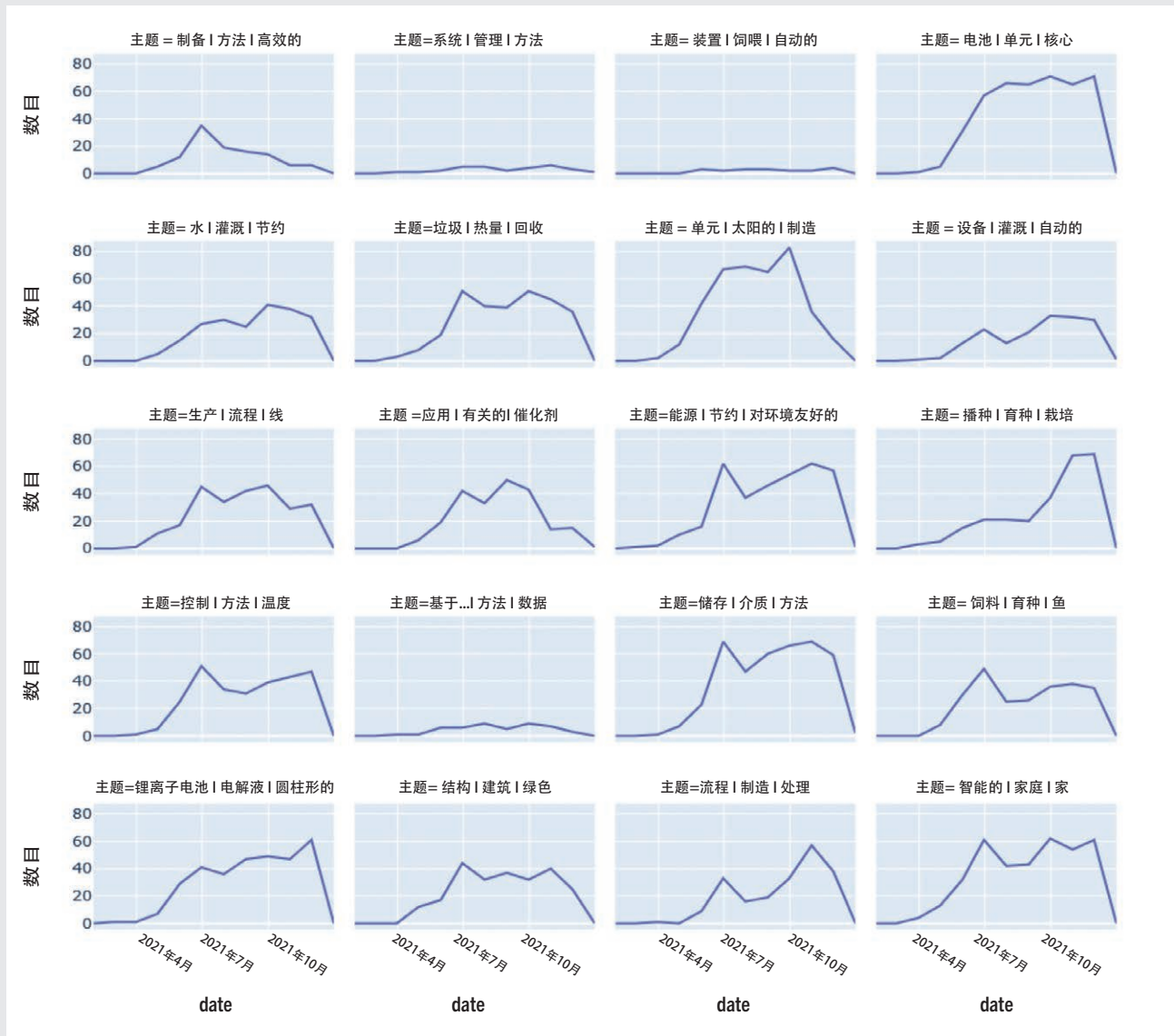


图 D3 主题权重分布情况

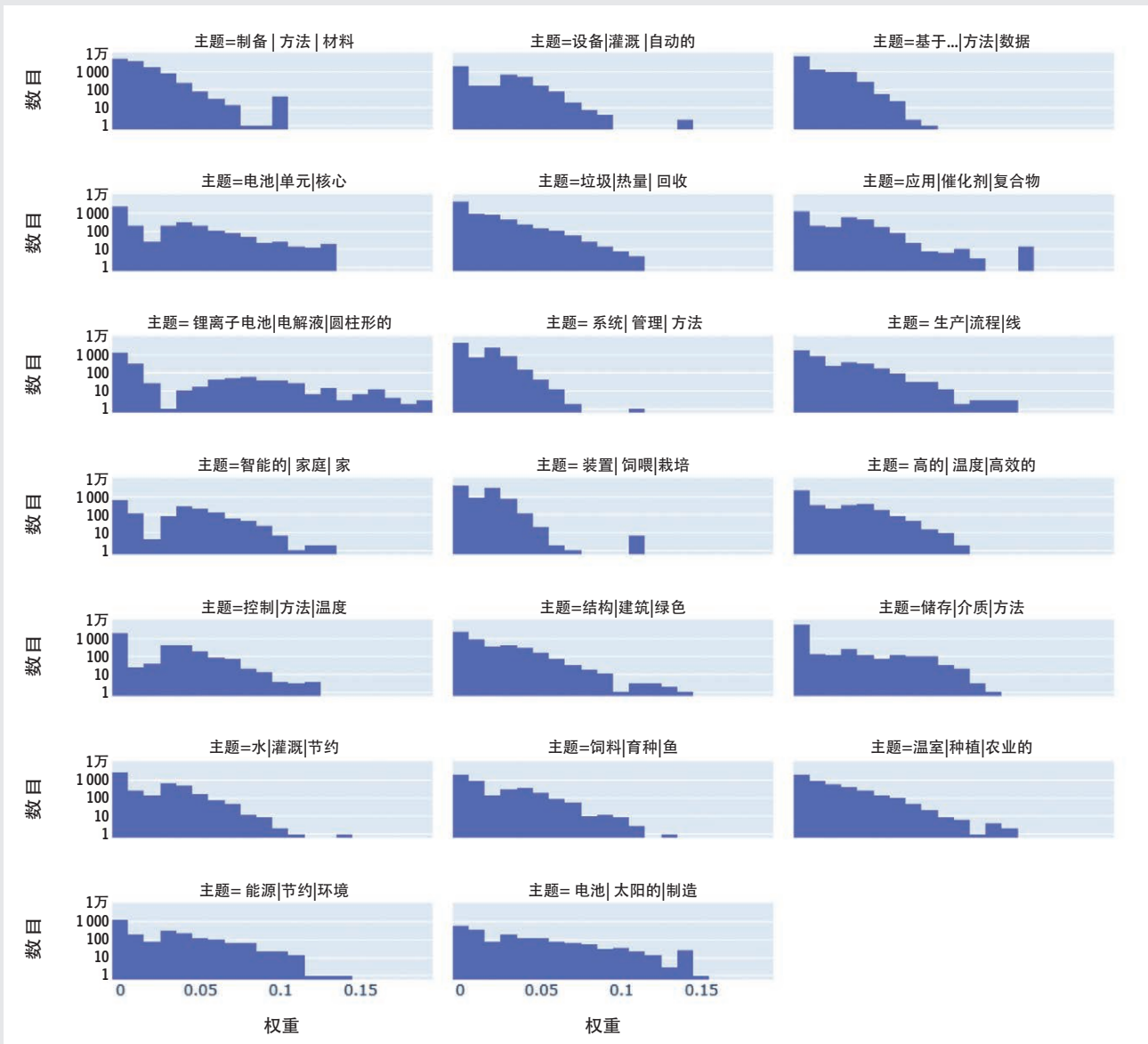


图 D4 已发现的干预和已确定主题之间的关联度

已确定主题表示为字符串，而已发现的原始干预与已提取的干预表示为主题与干预之间的关联度，数值介于0和1之间。数值越高，例如“播种、育种、栽培”的0.25数值表明存在特定相关干预的可能性较高。

简单主题模型	已发现的干预	已提取的干预
饲料 育种 鱼	0,012	0,026
锂离子电池 电解液 圆柱形的	0,065	0,079
高的 温度 高效的	0,003	0,007
结构 建筑 绿色	0,078	0,041
制备 方法 有关的	0,165	0,105
系统 管理 方法	0,061	0,089
装置 饲喂 自动的	0,029	0,062
电池 单元 核心	0,008	0
水 灌溉 节约	0,052	0,065
垃圾 热量 回收	0,076	0,066
设备 灌溉 自动的	0,047	0,045
电池 太阳的 制造	0,004	0,025
生产 线 自动的	0,068	0,052
应用 催化剂 成本	0,088	0,02
能源 节约 对环境友好的	0,03	0,033
播种 育种 栽培	0,254	0,159
控制 智能的 家庭	0,137	0,113
基于... 方法 数据	0,134	0,099
储存 介质 方法	0,104	0,056
温室 种植 农业	0,186	0,097

图 D5 专利数据源及各主题模型的一致性指标

专利号	结果链接	标题	日期	准备 方法 材料	系统 管理 方法	装置 网络 方法	电池 单元 核心	水 灌溉 节约	垃圾 回收 回收	电池 太阳 的 制造	设备 灌溉 自动的	生产 流程 改进	应用 量化 剂 复合物	能源 节约 对环境友好	温室 种植 农业的	控制 方法 温度	基于 二 方 法 数据	储存 媒介 方法	饲料 育种 热	锂离子电池 电解液 添加剂的	高的 温度 高效的	结构 建筑 绿色	智能的 家庭 农业
CN-11368953-A	https://patents.google.com/patent/CN11368953A/en	一种基于决策规则的复杂装备交付中典型问题的筛选方法	#####	0.00108878	0	0	0	0	0	0	0.02091297	0	0	0	0	0	0.02031319	0	0	0	0	0	0
CN-11369040-A	https://patents.google.com/patent/CN11369040A/en	一种有机磷肥料-硅铝复合转化膜改性金属有机膜及其制备方法与应用	#####	0.01632681	0	0	0.00250071	0	7.35886	05	0	0	0.02510971	0	0	0	0	0	0	0.0006797	0	0	0
CN-11368789-A	https://patents.google.com/patent/CN11368789A/en	一种预防降水天气雷达健康管理方法	#####	0	0.027355371	0	0	0	0	0	0	0.00021627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00231612
CN-11368786-A	https://patents.google.com/patent/CN11368786A/en	一种基于空时阵列探测技术的多目标探测处理方法	#####	0.0003992	0	0.00058707	0	0	0	0	0.00047871	0	0	0	0	0	0.02639696	0	0	0	0.00020926	0	0
CN-11368640-A	https://patents.google.com/patent/CN11368640A/en	一种锂离子电池注液用的称量系统	#####	0	0.020559187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02683467	0	0	0
CN-11368780-A	https://patents.google.com/patent/CN11368780A/en	一种适合民航航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略	#####	0	0	0.00023426	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.021542216	0	0	0	0	0	0	0
CN-11367997-A	https://patents.google.com/patent/CN11367997A/en	一种基于工厂设备类型和位置的管理匹配方法	#####	0.00241344	0	0	0	0	0	0	0.033951	0	0	0	0	0	0.03055389	0	0	0	0	0.00160353	0.04771856
CN-11367934-A	https://patents.google.com/patent/CN11367934A/en	DCS 实时值设置方法和系统、设备及存储介质	#####	0.00021006	0.018063293	0	0	0	0	0	0.02852871	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05906117	0	0	0
CN-11367971-A	https://patents.google.com/patent/CN11367971A/en	一种基于工厂位置的人力供需智能匹配方法	#####	0.00190218	0.000593015	0	0	0.00324165	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02791787	0	0	0	0	0	0.04252202
CN-11368769-A	https://patents.google.com/patent/CN11368769A/en	一种初级机械智能故障预警方法及系统	#####	0.00449092	0.017542236	0	0	0	0	0	0.0292433	0	0	0	0	0	0.00145373	6.6425E-05	0	0	0	0	0.03818407
CN-11368950-A	https://patents.google.com/patent/CN11368950A/en	一种数据电子商务平台的供应链管理方法和系统	#####	0.00592111	0.032972411	0	0	0	0	0	0.00094569	0	0	0	0	0	0.00203274	0.00143715	0	0	0	0	0.00271493
KR-2021013453-A	https://patents.google.com/patent/KR2021013453A/en	用于净化被污染土石废物以资回收的系统	#####	0	0.016288602	0	0	0	0.02533394	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CN-11367915-A	https://patents.google.com/patent/CN11367915A/en	基于生产周期跟踪的聚丙烯酰胺液量监测分析系统	#####	0	0.013428597	0	0	0.00117027	0	0	0	0.02080249	0	0	0	0	0.02009634	0	0	0	0	0	0
CN-11365780-A	https://patents.google.com/patent/CN11365780A/en	产线配料方法、装置、设备及可读存储介质	#####	0	0	0.01625051	0	0	0	0	0.03197525	0.04417188	0	0	0	0	0	0.07601188	0	0	0	0	0
CN-11367549-A	https://patents.google.com/patent/CN11367549A/en	一种凝胶锂电池的制备工艺及应用	#####	0.02256814	0	0	0	0	0.0006305	0	0.00057064	0.02038795	0.04888466	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CN-11367547-A	https://patents.google.com/patent/CN11367547A/en	锂离子电池电解液及其制备方法、以及锂离子电池	#####	0.01253384	0	0.00016504	0.00027178	0	0	0	0.00222106	0.00510978	0	0	0	0	0	0	0	0.01248496	0	0.00114216	0
CN-11365768-A	https://patents.google.com/patent/CN11365768A/en	适配直率控制方法、设备及可读存储介质	#####	0	0	0	0.00043042	0	0	0	0.03229965	0	0	0	0	0	0.036693694	0	0.08348763	0	0	0.00052029	0
DE-202021105731-U1	https://patents.google.com/patent/DE202021105731U1/en	水联动闸阀阀体	#####	0	0	0	0	0.00042103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.2992E-05	0	0	0	0

参考文献

- Acemoglu, D.S., Johnson, S. & Robinson, J.A.** 2005. Institutions as a fundamental cause of long-run growth. In: P. Aghion & S.N. Durlauf, eds., *Handbook of Economic Growth*, volume 1 part A: 385–472.
- Acevedo, M., Pixley, K., Zinyengere, N., Meng, S., Tufan, H., Cichy, K., Bizikova, L., Isaacs, K., Ghezzi-Kopel, K. & Porciello, J.** 2020. A scoping review of adoption of climate-resilient crops by small-scale producers in low- and middle-income countries. *Nature Plants*, 6(10), 1231–1241. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00783-z>
- African Crowdfunding Association.** n.d. Members Directory. Accessed January 21, 2022. <https://africancrowd.org/members-directory/>
- Afshin, A., Micha, R., Khatibzadeh, S., Schmidt, L.A. & Mozaffarian, D.** 2014. Dietary Policies to Reduce Non-Communicable Diseases. In: *The Handbook of Global Health Policy*, pp. 175–193. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118509623.ch9>
- AgFunder Network.** 2022. AgFunder AgriFoodTech Investment Report. <https://agfundernews.com/agfunder-agrifoodtech-investment-report-startups-net-52bn-in-2021-doubling-2020-total>
- Aghion, P. & Jaravel, X.** 2015. Knowledge spillovers, innovation and growth. *Economic Journal*, 125(583): 533–573.
- Ahmadpoor, M. & Jones, B.F.** 2017. The dual frontier: Patented inventions and prior scientific advance. *Science*, 357(6351): 583–587.
- Alston, J.M. & Pardey, P.G.** 2021. The economics of agricultural innovation. In: C.B. Barrett & D.R. Just, eds., *Handbook of Agricultural Economics*, 5: 3895–3980. Amsterdam, North Holland.
- Alston, J.M., Pardey, P.G. & Rao, X.** 2022. Payoffs to a half century of CGIAR research. *American Journal of Agricultural Economics*, 104(2): 502–529.
- ANDE.** n.d. Aspen Network of Development Entrepreneurs. Accessed January 24, 2022. <https://www.andeglobal.org/>
- Antle, J.M. & Valdivia, R.O.** 2021. Trade-off analysis of agrifood systems for sustainable research and development. *Q Open*, 1(1): q0aa005.
- Antonelli, M., Basile, L., Gagliardi, F., Riccaboni, A. & Isernia, P.** 2019. 2019 AGRIFOODMED DELPHI. Trends challenges and policy options for Water Management, Farming Systems and Agrifood Value Chains in 2020–2030. <https://www.researchgate.net/publication/333872330>
- Archer Daniels Midland Company.** 2020. Annual Report 2019. https://s1.q4cdn.com/365366812/files/doc_financials/2019/ar/ADM-Proxy-Materials.pdf
- Arthur, W.B.** 2009. *The Nature of Technology: What it is and how it evolves*. New York, NY: Simon and Schuster.
- Aspen Network of Development Entrepreneurs.** n.d. The leading voice of the small and growing business sector. Accessed February 21, 2022. <https://www.andeglobal.org/>
- Aspinall, W.** 2010. A Route to More Tractable Expert Advice. *Nature*, 463(7279): 294–295. <https://doi.org/10.1038/463294a>
- Aspinall, W.P., Cooke, R.M., Havelaar, A.H., Hoffmann, S. & Hald, T.** 2016. Evaluation of a Performance-Based Expert Elicitation: WHO Global Attribution of Foodborne Diseases. *PLoS ONE*, 11(3): e0149817. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149817>
- Baltenweck, I., Cherney, D., Duncan, A., Eldermire, E., Lwoga, E.T., Labarta, R., Rao, E.J.O., Staal, S. & Teufel, N.** 2020. A scoping review of feed interventions and livelihoods of small-scale livestock keepers. *Nature Plants*, 6(10): 1242–1249. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00786-w>
- Barrett, C. B.** 1997. Idea gaps, object gaps, and trust gaps in economic development. *Journal of Developing Areas*, 31(4): 553–568.
- Barrett, C.B.** 2010. Measuring food insecurity. *Science*, 327, no. 5967: 825–828.
- Barrett, C.B.** 2021a. Overcoming global food security challenges through science and solidarity. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(2): 422–447.
- Barrett, C.B.** 2021b. On design-based empirical research and its interpretation and ethics in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(29): e2023343118.
- Barrett, C.B., Beaudreault, A.R., Meinke, H., Ash, A., Ghezze, N., Kadiyala, S., Nigussie, M., Smith, A.G. & Torrance, L.** 2021a. Foresight and trade-off analyses: Tools for science strategy development in agriculture and food systems research. *Q Open*, 1(1): q0aa002.
- Barrett, C.B. & Carter, M.R.** 2020. Finding our balance? Revisiting the randomization revolution in development economics ten years further on. *World Development*, 127: 104789.

Barrett, C.B. & Carter, M.R. 2010. The power and pitfalls of experiments in development economics: Some non-random reflections. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(4): 515–548.

Barrett, C.B., Ghezzi-Kopel, K., Hoddinott, J., Homami, N., Tennant, T., Upton, J. & Wu, T. 2021b. A scoping review of the development resilience literature: Theory, methods and evidence. *World Development*, 146: 105612.

Barrett, C.B., Benton, T., Fanzo, J., Herrero, M., Nelson, R.J., Bageant, E., Buckler, E., Cooper, K., Culotta, I., Fan, S., Gandhi, R., James, S., Kahn, M., Lawson-Lartego, L., Liu, J., Marshall, Q., Mason-D’Croz, D., Mathys, A., Mathys, C., Mazariegos-Anastassiou, V., Miller, A., Misra, K., Mude, A.G., Shen, J., Sibanda, L.M., Song, C., Steiner, R., Thornton, P. & Wood, S. 2022a. *Socio-technical Innovation Bundles for Agrifood Systems Transformation*, London. Palgrave Macmillan.

Barrett, C.B., Islam, A., Malek, A.M., Pakrashi, D. & Ruthbah, U. 2022b. Experimental evidence on adoption and impact of the system of rice intensification. *American Journal of Agricultural Economics*, 104(1): 4–32.

Barrett, C.B., Reardon, T., Swinnen, J. & Zilberman, D. 2022c. Agrifood value chain revolutions in low-and middle-income countries, *Journal of Economic Literature*, 60(4): in press.

Bell, W. 1996. An Overview of Futures Studies., pp. 28–56 and 290, 1996. https://www.researchgate.net/publication/265186494_An_overview_of_futures_studies

Bishop, C.M. & Nasrabadi, N.M. 2006. *Pattern recognition and machine learning* (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York, Springer.

Bizikova, L., Nkonya, E., Minah, M., Hanisch, M., Turaga, R.M.R., Speranza, C., Karthikeyan, M., Tang, L., Ghezzi-Kopel, K., Kelly, J., Celestin, A.C. & Timmers, B. 2020. A scoping review of the contributions of farmers’ organizations to smallholder agriculture. *Nature Food*, 1(10): 620–630. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00164-x>

Blut, M. & Wang, C. 2020. Technology readiness: A meta-analysis of conceptualizations of the construct and its impact on technology usage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48(4): 649–69. <https://doi.org/10.1007/s11747-019-00680-8>

Bojke, L., Soares, M., Claxton, K., Colson, A., Fox, A., Jackson, C., Jankovic, D., Morton, A., Sharples, L. & Taylor, L. 2021.

Good practice in structured expert elicitation: Learning from the available guidance. Developing a reference protocol for structured expert elicitation in health-care decision-making: A mixed-methods study. *NIHR Journals Library*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK571059/>

Boldrin, M. & Levine, D.K. 2013. The case against patents. *Journal of Economic Perspectives*, 27(1): 3–22.

Boone, C., Lokshin, B., Guenter, H. & Belderbos, R. 2019. Top management team nationality diversity, corporate entrepreneurship, and innovation in multinational firms. *Strategic Management Journal*, 40(2): 277–302. <https://doi.org/10.1002/smj.2976>

Bornmann, L. & Mutz, R. 2015. Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66: 2215–2222.

Burgman, M.A., McBride, M., Ashton, R., Speirs-Bridge, A., Flander, L., Wintle, B., Fidler, F., Rumpff, L. & Twardy, C. 2011. Expert Status and Performance. *PLoS ONE*, 6(7), e22998. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022998>

Campi, M. & Nuvolari, A. 2021. Intellectual property rights and agricultural development: Evidence from a worldwide index of IPRs in agriculture (1961–2018). *Journal of Development Studies*, 57(4), 650–668.

Cattaneo, A., Sánchez, M.V., Torero, M. & Vos, R. 2021. Reducing food loss and waste: Five challenges for policy and research. *Food Policy*, 98: 101974.

Chai, Y., Pardey, P.G., Chan-Kang, C., Huang, J., Lee, K. & Dong, W. 2019. Passing the food and agricultural R&D buck? The United States and China. *Food Policy*, 86: 101729.

Chavas, J.-P., Aliber, M. & Cox, T.L. 1997. An analysis of the source and nature of technical change: the case of US agriculture. *Review of Economics and Statistics*, 79(3): 482–492.

Chrysafi, A. et al. 2022. Quantifying Earth system interactions for sustainable food production via expert elicitation. *Nature Sustainability*, <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00940-6>

Clancy, M.S. & Moschini, G. 2017. Intellectual property rights and the ascent of proprietary innovation in agriculture. *Annual Review of Resource Economics*, 9: 53–74.

- Commission on Sustainable Agriculture Intensification (CoSAI).** 2021. Reorienting funding for research and innovation is an urgent step to transform agrifood systems. Policy Brief #1.
- Cole, Z.D., Donohoe, H.M. & Stollefson, M.L.** 2013. Internet-based Delphi research: Case based discussion. *Environmental Management*, 51(3): 511–523. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-0005-5>
- CompassList.** n.d. Startups. Accessed February 15, 2022. <https://www.compasslist.com/startups>
- Cremades, A.** 2019. How Startup Accelerators Work. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/alejandrocremades/2019/01/10/how-startup-accelerators-work/>
- Danneels, E.** 2004. Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, 21(4): 246–258. <https://doi.org/10.1111/j.0737-6782.2004.00076.x>
- de Haas, J.** 2021. Food System Game Changers Lab. Thought for Food. <https://thoughtforfood.org/gamechangerslab/>
- Dehmer, S.P., Pardey, P.G., Beddow, J.M. & Chai, Y.** 2019. Reshuffling the global R&D deck, 1980-2050. *PLoS ONE* 14(3): e0213801.
- d’Odorico, P., Carr, J.A., Laio, F., Ridolfi, L. & Vandoni, S.** 2014. Feeding humanity through global food trade. *Earth’s Future* 2(9): 458–69.
- Downs, S.M., Ahmed, S., Fanzo, J. & Herforth, A.** 2020. Food environment typology: advancing an expanded definition, framework, and methodological approach for improved characterization of wild, cultivated, and built food environments toward sustainable diets. *Foods*, 9(4), 532.
- Fanzo, J., Haddad, L., Schneider, K.R., Béné, C., Covic, N.M., Guarin, A., Herforth, A.W. et al.** 2021. Rigorous monitoring is necessary to guide food system transformation in the countdown to the 2030 global goals. *Food Policy*, 104: 102163.
- FAO.** 2019. *Proceedings of the International Symposium on Agricultural Innovation for Family Farmers - Unlocking the potential of agricultural innovation to achieve the Sustainable Development Goals*. Rome, FAO.
- FAO.** 2021. *Strategic Framework 2022–2031*. Rome, FAO. <https://www.fao.org/3/cb7099en/cb7099en.pdf>
- FAO.** 2022. *FAO Science and Innovation Strategy*, Hundred and Seventieth Session 13–17 June 2022. Rome, FAO.
- Feed 9 B.** n.d. Asia’s ecosystem platform promoting collaboration, innovation and sustainability to feed 9.8 billion people by 2050. Accessed February 6, 2022. <https://feed9b.asia/>
- Feinstein, J.** 2011. Optimal learning patterns for creativity generation in a Field. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 101(3): 227–232.
- Fluxx Grantseeker.** n.d. Free Grants Management for Nonprofits. Accessed February 4, 2022. <https://grantseeker.fluxx.io/>
- FoodHack.** n.d. Global Community for Food Innovators. Accessed February 5, 2022. <https://foodhack.global/database/investors>
- Food Systems Dashboard.** 2020. Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN) and Johns Hopkins University. Geneva, Switzerland. DOI: <https://doi.org/10.36072/db>
- Fricko, O., Havlik, P., Rogelj, J., Klimont, Z., Gusti, M., Johnson, N., Kolp, P., Strubegger, M., Valin, H., Amann, M. & Ermolieva, T.** 2017. The marker quantification of the shared socioeconomic pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century. *Global Environmental Change*, 42: 251–267.
- Fritz, S., See, L., Bayas, J. C. L., Waldner, F., Jacques, D., Becker-Reshef, I., Whitcraft, A., Baruth, B., Bonifacio, R., Crutchfield, J., Rembold, F., Rojas, O., Schucknecht, A., Van der Velde, M., Verdin, J., Wu, B., Yan, N., You, L., Gilliams, S. & McCallum, I.** 2019. A comparison of global agricultural monitoring systems and current gaps. *Agricultural Systems*, 168: 258–272. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.05.010>
- Fukase, E. & Martin, W.** 2020. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development*, 132: 104954.
- Ganguly, A., Nilchiani, R. & Farr, J.V.** 2010. Defining a set of metrics to evaluate the potential disruptiveness of a technology. *Engineering Management Journal*, 22(1): 34–44. <https://doi.org/10.1080/10429247.2010.11431851>
- Global Innovation Exchange. Results for Development.** n.d. Retrieved September 9, 2022, <https://r4d.org/resources/global-innovations-exchange-public-good-export/>
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GloPan).** 2016. *Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century*. London, UK.

Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GloPan). 2020. *Future food systems: For people, our planet, and prosperity*. London, UK.

Glover, D. 2011. The system of rice intensification: time for an empirical turn. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 57(3-4): 217–224.

Goldman, S. n.d. VC Fund Database for Early-Stage Startups. Accessed January 10, 2022. <https://www.airtable.com/universe/expFo1yNQPYwhey5n/vc-funds-for-early-stage-startups>

Gollin, D., Hansen, C.W. & Wingender, A.M. 2021. Two blades of grass: The impact of the green revolution. *Journal of Political Economy*, 129(8): 2344–2384.

Graff, G.D. & Pardey, P.G. 2020. Inventions and patenting in Africa: empirical trends from 1970 to 2010. *Journal of World Intellectual Property*, 23(1-2): 40–64.

Haddad, L., Hawkes, C., Waage, J., Webb, P., Godfray, C. & Toulmin, C. 2016. *Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century*. Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. London, UK.

Hamilton, S.F., Richards, T.J. & Roe, B. 2022. Food waste: Farms, distributors, retailers, and households. In: C. B. Barrett & D.R. Just, eds. *Handbook of Agricultural Economics, volume 6*. Amsterdam, Elsevier.

Hargrave, T. J. & van de Ven, A.H. 2006. A collective action model of institutional innovation. *Academy of Management Review*, 31(4): 864–888. <https://doi.org/10.5465/amr.2006.22527458>

Hasegawa, T. et al. 2018. Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 8(8): 699–703. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>

Héder, M. 2017. From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 22(2): 3–23.

Hemming, V., Burgman, M.A., Hanea, A.M., McBride, M.F. & Wintle, B.C. 2017. A practical guide to structured expert elicitation using the IDEA protocol. *Methods in Ecology and Evolution*, 9 (1): 169–180. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12857>

Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D’Croz, D., Palmer, J., Benton, T.G., Bodirsky, B.L., Bogard, J.R., Hall, A., Lee, B., Nyborg, K. & Pradhan, P. 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*, 1(5): 266–272.

Herrero, M., Thornton, P.K., D’Croz, D.M., Palmer, J., Bodirsky, B.L., Pradhan, P., Barrett, C.B., Benton, T.G., Hall, A., Pikaar, I., Bogard, I.J., Bonnet, G.D., Bryan, B.A., Campbell, B.M., Christensen, S., Clark, M., Fanzo, J., Godde, C.M. & Rockström, J. 2021. Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals. *The Lancet Planetary Health* 5, no. 1: e50–e62.

High Level Panel of Experts (HLPE). 2019. *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition*. Rome. <https://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf>

High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (HLPE). 2020. *Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030*. Rome.

Innovation Technology Cluster. n.d. Agrifood Cooperation Platform. Agrifood Digital Innovation Hub. Accessed February 4, 2022. <https://mapping.dih-agrifood.com/>

IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. eds. S. Díaz, J. Settele, E.S. Brondizio E.S., H.T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneeth, P. Balvanera, K.A. Brauman, S.H.M. Butchart, K.M.A. Chan, L.A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G.F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R.R. Chowdhury, Y.J. Shin, I.J. Visseren-Hamakers, K.J. Willis & C.N. Zayas. IPBES Secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.

IPCC. 2019. Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Eds. P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J.P. Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi & J. Malley.

Jelodar, H., Wang, Y., Rabbani, M. & Ayobi, S. 2019. Natural Language Processing via LDA Topic Model in Recommendation Systems. arXiv preprint arXiv:1909.09551.

Jones, J.W., Antle, J.M., Basso, B., Boote, K.J., Conant, R.T., Foster, I., Godfray, H.C.J., Herrero, M., Howitt, R.E., Janssen, S. & Keating, B.A. 2017. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*, 155: 269–288.

- Kanter, D.R., Musumba, M., Wood, S.L.R., Palm, C., Antle, J., Balvanera, P., Dale, V.H. et al.** 2018. Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. *Agricultural Systems*, 163: 73–88.
- Katz, M.L. & Shapiro, C.** 1986. Technology adoption in the presence of network externalities. *Journal of Political Economy*, 94(4): 822–841.
- 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(3–4): 125–132.
- King, A.A. & Baatartogtokh, B.** 2015. How useful is the theory of disruptive innovation? *MIT Sloan Management Review*, 57(1): 77–90. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Knol, A.B., Slottje, P., van der Sluijs, J.P. & Lebrecht, E.** 2010. The use of expert elicitation in environmental health impact assessment: A seven step procedure. *Environmental Health*, 9(1): 19. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-19>
- Laborde, D., Porciello, J., Smaller, C., Murphy, S. & Parent, M.** 2020. Ceres2030: Sustainable Solutions to End Hunger Summary Report.
- Lentz, E.C.** 2021. Food and agriculture systems foresight study: implications for gender, poverty, and nutrition. *Q Open* 1(1): q0aa003.
- Lerner, J.** 1995. Patenting in the shadow of competitors. *Journal of Law and Economics*, 38(2): 463–495.
- Liu, Z., Jiang, F., Hu, Y., Shi, C. & Fung, P.** 2021. NER-BERT: A Pre-trained Model for Low-Resource Entity Tagging. ArXiv:2112.00405 [Cs]. <http://arxiv.org/abs/2112.00405>
- Liverpool-Tasie, L.S.O., Wineman, A., Young, S., Tambo, J., Vargas, C., Reardon, T., Adjognon, G.S., Porciello, J., Gathoni, N., Bizikova, L., Galiè, A. & Celestin, A.** 2020. A scoping review of market links between value chain actors and small-scale producers in developing regions. *Nature Sustainability*, 3(10): 799–808. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00621-2>
- Ludemann, C.I., Gruere, A., Heffer, P. & Dobermann, A.** 2022. Global data on fertilizer use by crop and by country. *Sci Data*, 9: 501. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01592-z>
- Maïga, W.H.E., Porgo, M., Zahonogo, P., Amegnaglo, C.J., Coulibaly, D.A., Flynn, J., Seogo, W., Traoré, S., Kelly, J.A. & Chimwaza, G.** 2020. A systematic review of employment outcomes from youth skills training programmes in agriculture in low- and middle-income countries. *Nature Food*, 1(10), 605–619. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00172-x>
- Markides, C.** 2006. Disruptive innovation: In need of better theory. *Journal of Product Innovation Management*, 23(1): 19–25. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2005.00177.x>
- Marsland, S.** 2015. *Machine Learning: An Algorithmic Perspective*, Second Edition. Chapman & Hall/CRC.
- Mason-D’Croz, D., Sulser, T.B., Wiebe, K., Rosegrant, M.W., Lowder, S.K., Nin-Pratt, A., Willenbockel, D., Robinson, S., Zhu, T., Cenacchi, N. & Dunston, S.** 2019. Agricultural investments and hunger in Africa modeling potential contributions to SDG2—Zero Hunger. *World Development*, 116: 38–53.
- McBride, M.F., Garnett, S.T., Szabo, J.K., Burbidge, A.H., Butchart, S.H., Christidis, L., Dutson, G. et al.** 2012. Structured elicitation of expert judgments for threatened species assessment: A case study on a continental scale using Email. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(5): 906–920. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00221.x>
- Messerli, P., Murniningtyas, E., Eloundou-Enyegue, P., Foli, E.G., Furman, E., Glassman, A., Licona, G.H. et al.** 2019. Global sustainable development report 2019: the future is now—science for achieving sustainable development. New York, UN.
- MIT.** 2021. Implementing Sustainable Food Systems. SOLVE. <https://solve.mit.edu/challenges/sustainable-food-systems/solutions#challenge-subnav-offset>
- Morgan, M.** 2014. Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111: 7176–7184.
- Moser, P.** 2021. ed. *Economics of Research and Innovation in Agriculture*. University of Chicago Press.
- Murdoch, W.J., Singh, C., Kumbier, K., Abbasi-Asl, R. & Yu, B.** 2019. Interpretable machine learning: definitions, methods, and applications. arXiv preprint arXiv:1901.04592.
- NASA.** 1991. Integrated Technology Plan for the Civil Space Program. https://www.lpi.usra.edu/lunar/strategies/NASALunarArchitecture/exp_tech_plan.pdf

Nery, C. 2020. Crowdfunding platforms raised \$18.6 million for startups in Brazil last year. *Latin America Business Stories*. <https://labsnews.com/en/articles/technology/crowdfunding-platforms-startups-brazil/>

North, D.C. 1991. Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1): 97–112.

North, D.C. 2008. Institutions and the performance of economies over time. In: *Handbook of New Institutional Economics*, pp. 21–30. Berlin, Springer.

O’Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K. et al. 2014. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*, 122: 387–400. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) n.d. OECD Science, Technology and Innovation Outlook. <https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm>

Ortiz-Bobea, A., Ault, T.R., Carrillo, C.M., Chambers, R.G. & Lobell, D.B. 2021. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, 11(4): 306–312.

Paap, J. & Katz, R. 2004. Anticipating Disruptive Innovation. *Research-Technology Management*, 47(5): 13–22. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671647>

Page, S. 2008. *The Difference: The Difference. How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms*. Princeton University Press.

Parasuraman, A. 2000. Technology Readiness Index (Tri): A multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. *Journal of Service Research*, 2(4): 307–320. <https://doi.org/10.1177/109467050024001>

Pardey, P.G., Chan-Kang, C., Beddow, J.M. & Dehmer, S.M. 2016a. InSTePP International Innovation Accounts: Research and Development Spending, version 3.5. St. Paul.

Pardey, P.G., Chan-Kang, C., Dehmer, S.P. & Beddow, S.M. 2016b. Agricultural R&D is on the move. *Nature*, 537(7620): 301–303.

Pardey, P.G., Alston, J.M., Chan-Kang, C., Hurley, T.M., Andrade, R.S., Dehmer, S.P., Lee, K. & Rao, X. 2018. The shifting structure of agricultural R&D: Worldwide investment patterns and payoffs. In: N. Kalaitzandonakes, E.G. Carayannis, E. Grigoroudis & S. Rozakis. *From Agriscience to Agribusiness*, Springer.

Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A. M., Kinengyere, A., Opazo, C.M., Owoo, N., Page, J.R., Prager, S.D. & Torero, M. 2020. A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10): 809–820. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>

Platteau, J.-P. 1994a. Behind the market stage where real societies exist-part I: The role of public and private order institutions. *Journal of Development Studies*, 30(3): 533–577.

Platteau, J.-P. 1994b. Behind the market stage where real societies exist-part II: The role of moral norms. *Journal of Development Studies* 30(4): 753–817.

Porciello, J., Ivanina, M., Islam, M., Einarson, S. & Hirsh, H. 2020. Accelerating evidence-informed decision-making for the Sustainable Development Goals using machine learning. *Nature Machine Intelligence*, 2(10): 559–565. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-00235-5>

Porciello, J. & Ivanina, M. 2021a. The Role of Machine Learning in Programmatic Assessment: A Case Study from USAID’s Center for Water Security, Sanitation, and Hygiene. [USAID Research Technical Assistance Center \(RTAC\)](https://www.usaid.gov/learning-center/technical-assistance-center-rtac)

Porciello, J., Ivanina, M., Bourne, T. & Lipper, L. 2021b. Mining the Gaps: Using Machine Learning to Map a Million Data Points from Agricultural Research from the Global South. <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/110705>

Ricciardi, V., Wane, A., Sidhu, B.S., Godde, C., Solomon, D., McCullough, E., Diekmann, F., Porciello, J., Jain, M., Randall, N. & Mehrabi, Z. 2020. A scoping review of research funding for small-scale farmers in water scarce regions. *Nature Sustainability*, 3(10): 836–844. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00623-0>

Roblin, S. 2017. How an Airline Tragedy Brought GPS to the Masses. *Vice*, April 17, 2017. <https://www.vice.com/en/article/pg97km/how-an-airline-tragedy-brought-gps-to-the-masses-ronald-reagan>

Röder, M., Both, A. & Hinneburg, A. 2015. Exploring the space of topic coherence measures. *Proceedings of the eighth ACM international conference on web search and data mining*, ACM.

Rogers, E.M. 1962. *Diffusion of innovations*. New York, NY: Simon and Schuster.

- Rosegrant, M.W. et al.** 2017. Quantitative foresight modeling to inform the CGIAR research portfolio. <http://ebrary.ifpri.org/cdm/singleitem/collection/p15738coll2/id/131144>
- Sain, G. et al.** 2017. Costs and benefits of climate-smart agriculture: The case of the Dry Corridor in Guatemala. *Agricultural Systems*, 151: 163–173.
- Sampson, R.C.** 2007. R&D alliances and firm performance: the Impact of technological diversity and alliance organization on innovation. *Academy of Management Journal*, 50(2): 364–386. <https://doi.org/10.2307/20159859>
- Selinske, M., Fidler, F., Gordon, A., Garrard, G.E., Kusmanoff, A.M. & Bekessy, S.A.** 2020. We have a steak in it: Eliciting interventions to reduce beef consumption and its impact on biodiversity. *Conservation Letters*, 13(5): e12721. <https://doi.org/10.1111/conl.12721>
- Shapiro, C.** 2001. Navigating the patent thicket: cross licenses, patent pools, and standard setting In: A. Jaffe, J. Lerner & S. Stern, eds. *Innovation Policy and the Economy*, vol. 1. Cambridge, MA, MIT Press.
- Sheahan, M. & Barrett C.B.** 2017. Ten striking facts about agricultural input use in sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 67: 12–25.
- Silva, W. de V.R. & Silva-Mann, R.** 2021. Precision Agriculture under a bibliometric view. *International Journal for Innovation Education and Research*, 9(11): 422–442. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol9.iss11.3533>
- Soll, J.B. & Klayman, J.** 2004. Overconfidence in Interval Estimates. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2): 299–314. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.299>
- Sott, M.K., Nascimento, L. da S., Foguesatto, C.R., Furstenuau, L.B., Faccin, K., Zawislak, P.A., Mellado, B., Kong, J.D. & Bragazzi, N.L.** 2021. A bibliometric network analysis of recent publications on digital agriculture to depict strategic themes and evolution structure. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(23): 7889. <https://doi.org/10.3390/s21237889>
- Spiegel, O., Abbassi, P., Zylka, M.P., Schlagwein, D., Fischbach, K. & Schoder, D.** 2016. Business model development, founders' social capital and the success of early stage internet start-ups: A mixed-method study. *Information Systems Journal*, 26(5): 421–449. <https://doi.org/10.1111/isj.12073>
- Speirs-Bridge, A., Fidler, F., McBride, M., Flander, L., Cumming, G. & Burgman, M.** 2010. Reducing overconfidence in the interval judgments of experts. *Risk Analysis*, 30(3): 512–523. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01337.x>
- Stathers, T., Holcroft, D., Kitinoja, L., Mvumi, B.M., English, A., Omotilewa, O., Kocher, M., Ault, J. & Torero, M.** 2020. A scoping review of interventions for crop postharvest loss reduction in sub-Saharan Africa and South Asia. *Nature Sustainability*, 3(10): 821–835. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00622-1>
- Stoop, W.A., Uphoff, N. & Kassam, A.** 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. *Agricultural Systems*, 71(3): 249-274.
- Thornton, P.K., Whitbread, A., Baedeker, T., Cairns, J., Claessens, L., Baethgen, W., Bunn, C., Friedmann, M., Giller, K.E., Herrero, M. & Howden, M.** 2018. A framework for priority-setting in climate smart agriculture research. *Agricultural Systems*, 167: 161–175.
- Trutnevyte, E. et al.** 2016. Reinvigorating the scenario technique to expand uncertainty consideration. *Climatic Change*, 135(3–4): 373–379. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1585-x>
- Tui, S. H.-K., Adekunle, S.A.A., Lundy, M., Tucker, J., Birachi, E.A., Schut, M., Klerkx, L. et al.** 2013. What are innovation platforms? *Innovation Platforms Practice Brief*. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08a2840f0b652dd0005bc/Brief1.pdf>
- UNCTAD.** n.d. Technology and innovation report. <https://unctad.org/topic/science-technology-and-innovation/technology-innovation-report>
- UNCTAD, Technology and Innovation Report.** 2021. Catching technological waves. New York.
- UNESCO.** n.d. UNESCO Science Report Series. <https://www.unesco.org/reports/science/2021/en/report-series>
- UNESCO Science Report.** 2012. The race against time for smarter development. New York.
- United Nations.** n.d. United Nations Democracy Fund. Accessed February 12, 2022. <http://projects.undemocracyfund.org/>

- Upton, J., Constenla-Villoslada, S. & Barrett, C.B.** *Caveat utilitor: A comparative assessment of resilience measurement approaches. Journal of Development Economics.* (forthcoming)
- Usher, A.P.** 1929. *A History of Mechanical Inventions.* New York, NY, McGraw-Hill.
- Valdivia, R.O., Antle, J.M. & Stoorvogel, J.J.** 2017. Designing and evaluating sustainable development pathways for semi-subsistence crop–livestock systems: lessons from Kenya. *Agricultural Economics*, 48(S1): 11–26.
- Valin, H., Sands, R.D., Van der Mensbrugge, D., Nelson, G.C., Ahammad, H., Blanc, E., Bodirsky, B., Fujimori, S., Hasegawa, T., Havlik, P. & Heyhoe, E.** 2014. The future of food demand: understanding differences in global economic models. *Agricultural Economics*, 45(1): 51–67.
- van Meijl, H. et al.** 2018. Comparing impacts of climate change and mitigation on global agriculture by 2050. *Environmental Research Letters*, 13(6): 064021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabdc4>
- Van Zanten, H.H.E, Van Ittersum, M.K. & De Boer, I.J.M.** 2019. The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security*, 21: 18–22.
- Vervoort, J.M. et al.** 2014. Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change*, 28: 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.001>
- von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L.O. & Hassan, M.** 2021. Science and Innovations for Food Systems Transformation and Summit Actions. Rome: Scientific Group for the UN Food System Summit.
- Weitzman, M.L.** 1998. Recombinant growth. *Quarterly Journal of Economics*, 113(2): 331–360.
- Wiebe, K., Zurek, M., Lord, S., Brzezina, N., Gabrielyan, G., Libertini, J., Loch, A., Thapa-Parajuli, R., Vervoort, J. & Westhoek, H.** 2018. Scenario development and foresight analysis: exploring options to inform choices. *Annual Review of Environment and Resources*, 43: 545–570.
- Willet, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S.J., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., de Vries, W., Majele Sibanda, L. & Murray, C.J.L.** 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 6736(18): 3–49. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- WIPO.** n.d. Global Innovation Index (GII). https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/
- World Bank Group.** 2019. *Future of Food: Harnessing Digital Technologies to Improve Food System Outcomes.* World Bank, Washington, DC.
- World Economic Forum.** n.d. Challenge List. UpLink. Accessed February 8, 2022. https://uplink.weforum.org/uplink/s/uplink-issue/Uplink_Issue__c/00B2o0000A1qleEAL
- Yi, J., Meemken, E.-M., Mazariegos-Anastassiou, V., Liu, J., Kim, E., Gómez, M.I., Canning, P. & Barrett, C.B.** 2021. Post-farmgate food value chains make up most of consumer food expenditures globally. *Nature Food*, 2(6): 417–425.
- Yu, D. & Hang, C.C.** 2010. A reflective review of disruptive innovation theory. *International Journal of Management Reviews*, 12(4): 435–452. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2009.00272.x>
- Zurek, M., Hebinck, A. & Selomane, O.** 2021. Looking across diverse food system futures: Implications for climate change and the environment. *Q Open*, 1(1): q0aa001.
- Zurek, M.B. & Henrichs, T.** 2007. Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(8): 1282–1295. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.11.005>

2022

介绍《农业粮食体系 技术和创新展望》

ISBN 978-92-5-137811-3



9 789251 378113

CC2506ZH/1/04.23