



大会

Distr.: General
29 July 2019
Chinese
Original: English

第七十四届会议

临时议程* 项目 19

可持续发展

农业技术促进可持续发展

秘书长的报告

摘要

为实现可持续发展目标，消除饥饿，实现粮食安全，改善营养状况和促进可持续农业，广泛的政策、办法和投入是必要的。运用科学技术研发可持续农业做法，可以在加快实现《2030 年可持续发展议程》方面发挥重要作用。技术可以支持小农和农户努力可持续地提高生产力和收入，推动建立可持续粮食生产系统，并以整体和变革的方式协同实现其他目标和具体目标。

* A/74/150。



一. 导言

1. 本报告系根据大会第 72/215 号决议编写。大会在该项决议中请秘书长向其第七十四届会议提交关于该项决议执行情况的报告。
2. 秘书长在报告中审查了农业技术的当前趋势和关键进展，提供了关于大规模变革性使用技术的例证，并就前进方向提出了建议。
3. 就本报告而言，“农业”包含种植业、畜牧业、渔业和林业，“农业技术”的定义是运用科学知识开发技术，以提供能够提高农业生产力和可持续性的产品和(或)服务。

二. 概览

4. 农业是《2030 年可持续发展议程》的核心，也是“不让任何一个人掉队”承诺的关键。大部分贫困和饥饿人口生活在农村地区，主要以农业为生。在全球总计 5.7 亿个农场中，超过 5 亿个是家庭农场，按价值计算，其生产的粮食占世界粮食的 80% 以上。¹ 除了生产粮食，农业还为世界上 40% 的人口提供生计。在低收入国家，农业对国内生产总值的贡献约为 30%。² 然而，农业系统面临重大风险，气候变化对农业生产和生计的影响预计将随着时间的推移而加剧。
5. 要改造粮食和农业系统，在可持续发展目标之间促进协同增效、减少消极反应，就要建立满足以下目标的可持续粮食和农业系统：提高资源利用和粮食生产效率；养护、保护并增强自然生态系统；支持农村生计、适足营养和社会福祉；提高人民、社区和生态系统的复原力；促进自然及人类系统的良好治理。³ 难点在于，没有一刀切的做法来解决复杂的农业问题。
6. 农业技术利用可持续发展目标之间的协同作用，最大限度地实现目标之间的共同利益，来应对各种可持续发展挑战。此类技术有助于利用更少的资源生产更多、更健康、更安全的粮食，同时减少对包括森林和湿地在内的自然生态系统的侵蚀。但是，必须对农业技术的应用进行评估，评估它们如何帮助农户满足提高生产力和收入的需求，如何促进可持续发展。
7. 贫困人口、边缘化群体和农村地区人口能够获得并使用农业技术，有助于增加收入，提高生产力，让生计更有抵御能力。还需要用技术来支持可持续成果，比如获得土地和其他自然资源的机会；可持续资源管理能力；获得金融服务、基础设施、其他资产和劳动力的机会；培训、教育(包括数字素养)和卫生保健服务。

¹ 联合国粮食及农业组织(粮农组织)，《2014 粮食及农业状况：家庭农业中的创新》(罗马，2014 年)。

² Navin Ramankutty and others, “Trends in global agricultural land use: implications for environmental health and food security”, *Annual Review of Plant Biology*, vol. 69 (2018)。

³ 粮农组织，《可持续粮食和农业：一种综合性办法》，Clayton Campanhola 和 Shivaji Pandey 编(伦敦，爱思唯尔，2019 年)。

8. 需要采用一种“系统”观，不局限于生产的个别方面，在整个价值链中引入适当的农业技术。最重要的是，这些技术需要服务于包容的目标，考虑对性别平等以及对文化和社会价值观念的影响，纳入传统知识和土著知识，并切合当地需求和背景。

9. 需要一系列机制创新、多利益攸关方参与、新伙伴关系和得到加强的伙伴关系、新的投资安排，以确保应用农业技术，促进实现更加公平、更具包容性和更加可持续的生产和分配系统。

三. 挑战

10. 到 2050 年，全球人口预计将增至约 100 亿，农业生产的粮食、饲料和生物能源需要比 2012 年增加 50% 左右。⁴ 2017 年，约 8.21 亿人营养不良，这是饥饿人口在长期下降后连续第三年上升，⁵ 38.9% 的成年人超重或肥胖，20 多亿人患有微营养素缺乏症，⁶ 反映出粮食系统未能满足所有人的需求。此外，城市化快速发展，中低收入国家收入增长，正在使饮食加速转变，动物产品、水果和蔬菜相对于谷物的消耗量更高，需要在产出方面做出与之相称的转变，增加了对自然资源的压力。

11. 气候发生变化、自然危害加剧，威胁到农作物、水生动植物和畜牧业生产，但这样的影响并不均衡，低纬度地区更加贫困、已无粮食保障的国家和社区面临的风险更大，抗灾能力较低，用来应对的资源也更少。人为温室气体排放，包括源自全球粮食系统的排放不断增加，正加剧气候变化。受国际贸易、全球人口流动和气候变化推动，跨界病虫害正以惊人的速度蔓延。据估计，仅植物病害每年就会给全球经济造成 2 200 亿美元的损失。抗微生物药物耐药性加剧了这一挑战。抗微生物药物对于治疗家畜发挥了重要作用，但滥用这些药物损害食品安全，威胁到人畜健康。

12. 自然资源面临压力，存在过度开发和不可持续利用的风险。农业用地扩张继续是毁林的主要驱动因素，森林面积每年净减少 330 万公顷，其中 80% 是由于转化为农业用地造成的。许多地区的缺水情况日益严重，由于包括农业在内的种种原因，水质恶化明显。土地退化和荒漠化加剧，29% 的地球陆地面积退化。⁷ 生物

⁴ 粮农组织，《粮食与农业的未来：趋势与挑战》（2017 年，罗马）。

⁵ 粮农组织、国际农业发展基金、联合国儿童基金会、世界粮食计划署和世界卫生组织，《2018 世界粮食安全和营养状况：增强气候抵御能力，促进粮食安全和营养》（罗马，粮农组织，2018 年）。

⁶ Development Initiatives, 2018 Global Nutrition Report: Shining a light to spur action on nutrition (Bristol, United Kingdom, 2018).

⁷ 联合国环境规划署（环境署），《全球环境展望 6：健康星球，健康人类》，Paul Ekins、Joyeeta Gupta 和 Pierre Boileau 编（剑桥，剑桥大学出版社，2019 年）。

多样性受到严重威胁，进一步危及生态系统的复原力，主要原因是陆地和水生生态系统退化以及农业边界不断扩大。⁸

13. 要喂饱全球人口，食物就要有营养，更好地进行分配，还要维护或提高食品安全。在全球范围内，已知不安全食品会导致 200 多种急性和慢性疾病，弱势和边缘化群体受到的影响尤甚。此外，高收入国家每年损失或浪费约 6.7 亿吨粮食(主要在零售和消费层面)，中低收入国家损失或浪费 6.3 亿吨(主要在收获后和加工阶段)。⁹ 这相当于原计划供人类消费的粮食总量的三分之一。粮食浪费助长了营养不良问题，而且食品废物在分解过程中释放甲烷，产生温室气体排放。

14. 在全球范围内，粮食供应链消耗大约三分之一的可用能源，以化石燃料为主。与此同时，能源贫困的问题存在于发展中国家众多粮食供应链中，限制了产量和生产力。一项关键挑战是，在不妨碍粮食安全或发展高效包容的粮食系统的情况下，使粮食供应链与化石燃料能源的使用脱钩。

15. 据估计，全世界有 7.36 亿人生活在极端贫困线以下，其中农村人口占 79%。¹⁰ 在许多国家，不平等正在加剧，跟其他群体相比，妇女、青年、土著人民得到的机会和渠道更有可能受到限制。在撒哈拉以南非洲和南亚，青年人口正在增长；然而，低收入国家农村地区的年轻人往往不愿务农，认为农业生产力低下，是正在走向衰落的职业。在缺乏体面工作机会、无法获得社会服务和保障的情况下，他们加入了境内移民和国际移民的大军。

16. 男性更有可能先从农村地区和农业部门转移出来，导致农业中女性劳动力占比不断上升。与此同时，亚太地区老龄化速度空前。从 1990 年到 2014 年，老年人口几乎翻了一番；预计到 2034 年，该区域老年人口会再次翻倍，儿童人口将持续减少。¹¹

17. 脆弱、冲突和暴力给粮食安全带来挑战，对饥饿问题和营养问题造成不利影响。全球生活在冲突局势下的极端贫困人口所占比例正在上升，导致人口大规模流离失所、农村人口大规模迁往城市。冲突和暴力导致粮食供应减少，干扰获得粮食的机会，并导致弱势群体无法获得粮食生产和农业生产所需的各种资源。

18. 这些挑战在各种时间和空间范围内呈现，贯穿各个部门和领域，产生各种复杂的、有时难以预见的关联和影响。要确定和评估各个目标的利弊得失，需要深度结合具体情况，进行综合分析，灵敏把握各个领域间关键的相互依存关系。可以在这方面对农业技术进行评估，评估它们创造的机会，也评估它们对利益攸关方需求和利益的不同影响。要实现可持续发展，有效行动的关键是改变技术干预办法，从侧重于单一方面的农业创新转向采用一体化、全方位的“系统处理办法”。

⁸ 粮农组织，《世界粮食及农业生物多样性状况》，J. Bélanger 和 D. Pilling 编(罗马，2019 年)。

⁹ www.fao.org/save-food/resources/keyfindings。

¹⁰ 世界银行，《2018 年贫困与共享繁荣：拼出贫困的拼图》(2018 年，华盛顿特区)。

¹¹ 亚洲及太平洋经济社会委员会，《2014 年亚洲及太平洋统计年鉴》(联合国出版物，ST/ESCAP/2704，2014)，第 1 和 16 页。

19. 以下两节中将详细介绍现有的一系列农业技术，这些技术有助于推动粮食及农业系统摆脱常规选项，提供整个粮食供应链的一体化解决方案，对可持续发展目标产生重大影响。

四. 技术趋势及关键进展

20. 气候变化及其他挑战阻碍各国实现粮食安全、改善营养状况、建设可持续的粮食和农业体系，要克服这些影响，利用科技至关重要。还需要应用技术来减少粮食系统对生物多样性造成的压力，减少温室气体排放。

A. 生物技术

21. 生物技术提高农业生产力的潜力巨大。根据《生物多样性公约》第 2 条对生物技术的定义，¹² “农业生物技术”一词包含各种广泛技术，既有低技术含量的做法，如采用人工受精、发酵工艺和生物肥料，也有包括先进分子技术在内的高技术含量做法，如转基因、全基因组测序和基因编辑。这些技术用于多种不同目的，例如对动植物进行遗传改良以提高其产量、效率或抗灾能力；鉴定和保护粮食和农业遗传资源；诊断动植物疾病；研制疫苗；制作发酵食品。

22. 使用转基因生物的成本和效益，以及获取方面存在的困难，引发了关于其应对农业挑战可行性的辩论。在几个发展中经济体和新兴经济体，小户农民已采用转基因作物，以使植物获得除草剂耐受性和(或)抗虫能力，但转基因种子的成本可能成为限制因素。此外，落实必要的管理做法，以便长期安全种植转基因作物，也是小农面临的一个挑战。关于转基因生物的辩论围绕其潜在影响而展开，如对粮食安全、环境、生物多样性、人畜健康以及全球粮食系统控制的潜在影响，以及对伦理、监管和知识产权产生的相应影响。许多国家已经制定了生物安全框架，以控制与转基因生物有关的潜在使用风险。

23. 基因组编辑(或基因编辑)，特别是 CRISPR-Cas 技术，¹³ 是一套可以精准改变生物体基因组成的技术，而且不会跨越物种转移转基因。这类技术已经用来加速开发新的作物品种和改良家畜品种(例如抗病害普通小麦、无角牛，后者有助于改善该行业的动物福利)。基因组编辑的成本相对较低，因此已被采纳为对作物、家畜和鱼类进行基因改良的首选方法，在发展中国家也是如此。但在缺乏监管干预的情况下，存在各种风险，比如基因组可能发生脱靶突变，导致意想不到的后果。此外，授权政策制度的发展步伐滞后于推动该技术的科学进步。经基因组编辑的生物体是否属于转基因生物还没有定论，答案若为是，还存在这些生物供人类食用和(或)进入环境是否受《生物多样性公约卡塔赫纳生物安全议定书》管辖

¹² “使用生物系统、生物体或其衍生物的任何技术应用，以制作或改进特定用途的产品或工艺过程。”

¹³ 环境署，《2018/19 前沿报告：全球新兴的环境问题》(内罗毕，2019 年)。

的问题。虽然少数高收入国家已就这一专题作出决策，¹⁴ 但大多数中低收入国家仍处在制定基因组编辑生物体监管规章的早期阶段。

24. 由于分子生物学、辅助工程和计算机科学快速发展，人的能力和机构能力不断提高，基因图谱绘制成本显著降低，正在产生大量 DNA 序列数据。现在全基因组测序的速度比过去更快，并且与 20 年前相比，用极小的成本就可以收集整理所产生的数据。这使得基因测序成为一项更容易利用的技术。再加上高通量自动表型技术的发展，可以进一步加快育种过程，来培育作物及家畜有更好适应能力的改良品种。食品中的病原体和其他微生物的 DNA 序列数据可用于监测流行病，跟踪抗微生物药物耐药性。

25. 数字序列信息没有公认的定义，但思路是不必实际拥有遗传物质才能从中获取价值。目前数字序列信息的用途包括：提高饲料效率并减少家畜产生的温室气体排放，通过预测基因组学保护树木，在基因组学辅助下规划作物育种方案，以及检测杂种鱼。15 粮食和农业遗传资源信息的所有权是一个引起激烈辩论的话题。虽然私人持有的数字序列信息数量未知，但可公开获取的信息包括约 1700 个在线数据库，其基础设施主要设在发达国家。有人认为，有了合成生物学技术后，可以在实验室中用数字序列信息创造整个有机体或仅创造用于商业产品的基因，由此产生了对生物剽窃的担忧。一方面，有呼声要求免费提供数据，以支持研究、开发和创新，而另一方面的呼声是对数字序列信息的获取进行监管。目前没有达成共识。

B. 数字技术

26. 新兴的数字技术让人们有机会以甚至在十年前都无法想象的规模，提高粮食和农业系统的可持续性，弥合关键信息和咨询差距。这些统称为“农业 4.0”的技术，具有的潜力包括：优化投入，支持动植物病虫害预警系统，更有效地管理机械化，提高粮食贮存技术，减少粮食损失和浪费，以及提供更好、更及时的市场需求和季节波动信息。¹⁶ 数字技术还为低收入和中等收入国家提供了避免或绕过现有低效技术的“跨越式”机会。¹⁷

27. 农业中的大数据正在迅速生成，以收集关于整个农业价值链的生产、加工、分销和储存的条件和特征的数据，便于进行实时监测。通过使用统计模型，这些数据还能用于准确预测何时何地需要浇水或施肥。大数据可以用于数据驱动的农业应用，如农民决策支持、精准农业和保险。

¹⁴ Syed Shan-e-Ali Zaidi and others, “New plant breeding technologies for food security”, *Science*, vol. 363, No. 6434 (March 2019).

¹⁵ J. A. Heinemann, D. S. Coray and D. S. Thaler, “Exploratory fact-finding scoping study on ‘digital sequence information’ on genetic resources for food and agriculture”, 粮食和农业遗传资源委员会背景研究文件(2018 年)。

¹⁶ 世界银行集团，“粮食的未来：利用数字技术改善粮食系统成果”(华盛顿特区，2019 年 4 月)。

¹⁷ 《2018 年世界经济和社会概览：前沿技术促进可持续发展》(联合国出版物，出售品编号：E.18.II.C.1)。

28. 人工智能和机器学习是促进依据数据决策的分析工具，可以在支持可持续粮食和农业系统方面发挥关键作用。基于预测的作物改良利用人工智能和机器学习，结合植物基因组、表型、农艺和气候数据来预测新品种的表现。¹⁸ 人工智能和机器学习正被用来识别和预测抗微生物药物耐药性的遗传特征。¹⁹

29. 包括区块链技术在内的分布式账本技术，可用于减少效率低下和腐败现象，提高食品供应链的问责制、透明度和可追溯性。这些技术还可以加强贸易便利，为土地保有制度提供更高的法律确定性，并就遵守农业相关国际协定加强问责制。²⁰

30. 虽然数字技术在农业领域前景广阔，但也存在风险。这包括市场势力过度集中在数据和服务提供商之间；与农业数据及数据验证和存储技术有关的隐私和安全问题；数据收集集中可能的系统误差；有关数据所有权和透明度的政治问题；技术依赖和计划淘汰；而且，在也许是最重要的不让任何一个人掉队方面，由于农村地区有限的数字连通性以及女性与男性相比互联网访问率低，存在获取技术的机会不平等问题。最强大的应用程序需要高水平的移动覆盖率、互联网接入率、技能和知识。

C. 机械化

31. 机械化农业和食品加工系统可以提高生产力和工资。机械化包括结合适当工具、器具和机器，应用各种不同的农业动力源。这既包括简单的手动工具，也包括机动设备(固定和移动的，例如拖拉机、机械除草机、联合收割机、水稻打谷机和脱壳机、耕整机等)，以及太阳能、风能和水力发电设备。最近的机械化创新出现在精准农业技术甚至自主设备(无人机、机器人和软件机器人)方面，这些设备能够更智能、更有针对性和更精确地施用农药和化肥，可以减少农用化学品的使用，改善人类健康和环境卫生。

32. 为实现可持续发展，机械化进程必须满足农民及农民组织的需求，特别是农户和小农的需求，并且便于利用、由需求驱动，以创造新的商业机会。可持续农业机械化可以帮助解决劳动力短缺，减轻艰苦枯燥的劳动，增加收入，提高生产率和农业活动的及时性，促进有效利用资源，改善市场准入，并支持减轻气候相关危害的措施。²¹ 收获、干燥、加工及储存的机械和设施可以在减少农业损失方面发挥重要作用，从而提高单位土地面积的产量和营养。机械化还有可能在农业价值链中创造新的高薪就业机会，使农村地区对年轻人更有吸引力，并鼓励他们留下来。

¹⁸ <https://qaafi.uq.edu.au/article/2019/04/new-breeding-technology-draws-genomics-paddock-realities-and-computer-power>.

¹⁹ Erol S. Kavvas and others, “Machine learning and structural analysis of *Mycobacterium tuberculosis* pan-genome identifies genetic signatures of antibiotic resistance”, *Nature Communications*, vol. 9, No. 1 (October 2018).

²⁰ Mischa Tripoli 和 Josef Schmidhuber, “区块链在农业食品工业中应用的新机会”，议题文件(罗马，粮农组织，日内瓦，国际贸易与可持续发展中心，2018 年)。

²¹ www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization.

D. 可再生能源技术

33. 可再生能源技术利用风能、海洋、太阳能、水文、地热和生物质能源来产生能源。在因为获得能源的机会较少而导致粮食损失较高的地方，提高获得清洁能源的机会有很大潜力促成成本效益高、气候友好型的收获后作业活动，以减少粮食损失。扩大农业系统中可再生能源的使用将减少农产工业的碳足迹，使能源部门能够为农业生产提供能源，并通过减少粮食损失来增加农民的收入。

34. 在农业中推广可再生能源技术需要综合考虑水和能源使用之间可能的权衡取舍。此外，必须结合当地粮食安全和获得土地资源的情况考虑生物物质的食品和非食品用途。如果管理得当，生物物质使用的多样化可以带来创收机会，从而促进粮食安全和地方发展。在此方面，“投资农粮部门可持续能源技术”(INVESTA)等方法支持对食物链中的可再生能源进行财务、经济、环境和社会(包括性别方面)成本效益分析。²²

五. 利用农业技术促进实现可持续发展目标

35. 本节重点介绍农业技术的使用对整个《2030 年可持续发展议程》的影响，并应对第三节中确定的挑战。此处例子仅供参考，并非详尽无遗。

A. 粮食不安全、营养不良和不健康饮食

36. 迫切需要变革我们生产、分配和消费营养食品的方式，以促进饮食健康。²³ 新技术和现有技术可以在解决这些问题方面发挥作用。

37. 生物技术可以提高主要粮食品种的营养价值，以及蔬菜、牲畜和鱼类等高营养食品的生产率。亚洲、非洲和拉丁美洲的 30 个国家发布了 150 多种微量营养素生物强化作物，这些作物能提供更多的浓缩维生素 A、铁和(或)锌元素。²⁴ 经过基因改良的养殖罗非鱼及其衍生品系比其他鱼类生长更快，抗病能力更强，小规模和商业水产养殖皆宜。²⁵ 改良后的品系已在 16 个国家传播。埃及养鱼者使用改良品系后，产量提高了 5%。²⁶ 在畜牧生产方面，已广泛采用人工受精和基于当地的选育方案以及牛群保健服务，以提高乳制品部门的产奶量。例如在 2014 年，孟加拉国成功授精 140 万头牛，生产出更多零售价值更高的牛奶。²⁷

²² 粮农组织，《投资农粮部门可持续能源技术(INVESTA)》(2018 年)。

²³ Walter Willett and others, “Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems”, *The Lancet*, vol. 393, No. 10170 (February 2019).

²⁴ Howard Bouis and Amy Saltzman, “Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016”, *Global Food Security*, vol. 12 (March 2017).

²⁵ www.worldfishcenter.org/pages/gift/.

²⁶ <http://blog.worldfishcenter.org/2016/12/improved-tilapia-breeding-program-in-egypt-a-year-in-review/>.

²⁷ BRAC, “Artificial insemination: maximising genetic potential of cattle population in Bangladesh” (June 2015).可查阅：www.brac.net/images/Artificial_Insemination.pdf。

38. 精准农业综合使用各种技术，如地球空间系统、具有先进光学、卫星信息和巨大计算能力的无人驾驶飞行器，优化农业产量和盈利能力，保护资源，并检测营养缺乏和病虫害侵染。这些应用可增加产量，提高整体投入利用效率，促进延长生长期，提高种植强度(每年更多的作物)，改进管理措施。例如，精准畜牧业可以让农民更好地监测个别动物的营养需求，并相应地调整饲料，从而提升整个畜群的健康状态。

39. 案例研究。在中国，一项为期 10 年的全国举措吸引了全国各农业生态区近 2 100 万小农参与。在该举措中制定了土壤-作物综合管理综合决策支持方案，该方案包括一个根据作物模型模拟确定种植战略的作物模块，以及一个优化利用养分和水资源的资源供应模块。在进行实地试验以确定适合地方具体情况的应用办法之后，由政府协调的伙伴关系推动在 452 个县采用了强化管理做法。平均单位面积产量增加了 10.8%至 11.5%，而氮肥使用量平均减少了 14.7%至 18.1%，温室气体排放量平均减少了 4.6%至 13.2%。²⁸

40. 智能农场是完全控制气候的封闭式或半封闭式温室，可以全年运营，以非常高的产量生产高营养食物，如水果和蔬菜。与传统的露天系统相比，产量至少可以提高 300%。²⁹ 利用传感器能更精确地控制投入和环境条件，从而优化集约化举措并减少水和化肥的浪费。智能农场在为城市生产食品方面正变得越来越成功(供应链更短)，并在自然生长条件恶劣的地区蓬勃发展。然而，在受保护的環境中，一旦引入微生物污染物，可能会迅速繁殖。

41. 垂直耕作采用土培、水培或雾培方法，在垂直堆叠的层级中种植粮食，以便更有效地利用空间。水培需要在没有土壤的情况下，使用水溶剂中的矿物质营养液使植物生长。水培植物生长所需的水和空间最多可减少 90%和 75%，这在城市地区很有用。H2Grow 项目帮助脆弱社群在干旱环境中使用低技术水培单位种植植物。³⁰ 该项目正在 9 个国家实施，惠及包括难民和境内流离失所者在内的 5000 人。在阿尔及利亚，难民营中的动物饲料水培生产使山羊产奶量增加了 250%，为撒哈拉难民创造了收入。鱼菜共生技术将水培与水产养殖相结合，将鱼类废弃物用作水培作物的肥料，满足城市农业和沙漠地区的需求。

42. 移动应用程序让人们能够便捷地查阅营养内容及食品处理和储存信息，食品生产商和消费者正越来越多地使用这类程序来加强营养、促进健康的饮食习惯及改善食品安全状况。例如，“电子食物营养(e-NutriFood)”提供了关于食品基本营养价值的质量和搭配的信息。

²⁸ Zhenling Cui and others, “Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers”, *Nature*, vol. 555, No. 7696 (March 2018).

²⁹ Matthieu De Clercq, Anshu Vats and Alvaro Biel, “Agriculture 4.0: The future of farming technology”. 可查阅：www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/feb/agriculture-4-0--the-future-of-farming-technology.html。

³⁰ <https://innovation.wfp.org/project/h2grow-hydroponics>.

B. 气候变化，包括新出现的跨界病虫害

43. 快速、实时的信息是作好准备，采取及时行动应对不稳定天气和气候条件的关键。预测服务和产品使农民能够更好地规划农业活动、优化生产、管理与气候有关的风险，并在决策时考虑适应气候变化的因素。

44. 气象机构利用数字技术收集、传播和分析农业气象和农业气候数据和信息。在通过短信提供基本天气信息之外，可以补充提供更复杂的关于作物生产和保护、水、土壤和植被以及预警和备灾的信息。可以向受灾国家提供虫害和疾病的监测和预警，以便它们能够迅速有效地对新出现的情况作出反应。对于牲畜而言，使用单个微芯片可以实现可追溯原产地、疫苗接种状况等，从而促进牲畜的贸易和流动。

45. 案例研究。秋粘虫是非洲的一种新害虫，在亚洲正迅速蔓延，联合国粮食及农业组织就此开发并建立了秋粘虫监测和预警系统(FAMEWS)。³¹ 该系统使用一个手机应用程序来帮助农民、社区和推广代理收集和记录秋季粘虫的信息，并提供一个显示地图和田间数据分析的全球平台。人工智能模块 Nuru 是对秋粘虫监测与预警系统的补充，以帮助农民诊断虫害侵染并立即采取行动。这些数据和地图提供了关于秋粘虫种群如何随时间变化的宝贵信息，以便更好地了解它们的行为并指导管理实践。自 2018 年 3 月发布以来，秋粘虫监测与预警系统移动应用程序已经收集了来自 40 多个受灾国家的 55 000 多份报告。粮农组织沙漠蝗虫情报处提供类似的服务。³² 所有受蝗虫影响的国家都将蝗虫数据传送给粮农组织，粮农组织结合天气、栖息地数据和卫星图像对这些信息进行分析，以评估一个区域目前的蝗虫情况，最多提前六周提供预报，并临时发出警告。

46. 昆虫不育术使用辐射对大规模饲养的昆虫进行绝育，以便在区域范围内预防、根除、抑制和(或)遏制农作物和牲畜的主要害虫，最大限度地减少对当地和区域粮食生产的损害。³³ 在塞内加尔，这项技术的使用大大减少了锥虫病的传播，使高产牛品种茁壮成长。在多米尼加共和国，地中海果蝇的暴发导致美利坚合众国、海地和日本等主要贸易伙伴禁止从该国进口，据估计仅在 2015 年就导致该国水果和蔬菜出口损失 4 200 万美元。通过释放 40 多亿只不育雄蝇，成功根除了这种害虫，重新打开了利润丰厚的出口市场。

47. 农民必须能够获得各种适应力强的作物和品种的优质种子和种植材料，包括那些培育出病虫害耐抗性并适应更严酷气候条件的作物。遗传资源解决作物生产限制的潜力已经通过育种技术释放出来。例如，与使用易受干旱影响的品种相比，非洲耐旱玉米种子扩展项目使津巴布韦农民每公顷多收获玉米 600 多公斤，转化为每公顷 240 美元的额外收入。³⁴

³¹ www.fao.org/fall-armyworm/monitoring-tools.

³² www.fao.org/ag/locusts/en/publicat/meeting/topic/1978/index.html.

³³ www.iaea.org/topics/sterile-insect-technique.

³⁴ Rodney Lunduka and others, "Impact of adoption of drought-tolerant maize varieties on total maize production in south Eastern Zimbabwe", *Climate and Development*, vol. 11, No. 1 (September 2019).

C. 日益缩小的自然资源基础

48. 利用卫星图像和地面或无人机传感器的人工智能正在改变各国的土地使用规划,包括监测毁林、荒漠化、生物物质火灾和泥炭地退化。这些数据可以优化农业和自然资源管理的土地共享方式,并有助于规划水产养殖发展或沿海地区管理。如果各国政府能够最大限度地利用人工智能来监测非法采伐和森林损害,到2030年,全球可保护3 200万公顷森林,估计可减排290亿吨等量二氧化碳。³⁵

49. 在线监测系统 Terra-i 使用卫星数据和人工智能,实时跟踪拉丁美洲的植被变化和林木植被损失。³⁶ 全球森林观察是另一个森林监测和警报系统,使当地社区能够报告和防止非法采伐活动。³⁷ 通过 Open Foris 举措促进对地理空间数据和分析的获取,使拥有智能手机的小农能够更好地测量和监测小到一英亩的土地,以评估毁林和森林退化情况。³⁸ Open Foris 还被用于哈萨克斯坦的乳品业数据收集,乍得和蒙古牧民社区的动物生产,以及塔吉克斯坦的牲畜和牧场发展。

50. 现有稳健可行的方法以及节约水和养分的技术,可以通过开放使用遥感信息,例如水生产率开放门户网站(WaPOR),持续监测土地和水生产率。³⁹ 通过提供几乎实时的信息,显示消耗每立方米的水产生多少生物量和产量,该方法框架帮助农民获得更可靠的产量,并向灌溉当局提供信息,使他们的灌溉方案现代化。定制的终端产品满足国际、国家和实地各级用户的需求。

51. 能够实现保护性农业⁴⁰ 机械化的技术(如两轮拖拉机、单盘或双盘播种机等)有可能极大地改善土壤健康,这在实践中意味着土壤使用期更长,土壤有机质含量更高,土壤储存水分和保持降雨/地表水的能力更强。

52. 案例研究。核技术和同位素技术可以提高农业用水效率。例如,中子传感器可以评估区域范围内的土壤湿度,并校准卫星图像,以改善洪水和干旱管理的预警系统。氮同位素可以用来识别影响氮肥使用效率和水质的因素。在许多非洲国家,通过根据作物的具体需要和生长阶段定制浇水时间表,使用小规模滴灌技术提高了蔬菜等高价作物的生产率。⁴¹ 在苏丹,这一做法改善了数以千计的贫困农民、特别是妇女(其中多数是难民)的生计,加强了粮食安全,为每个家庭带来了总计约550美元的额外收入。在利比亚,滴灌技术使马铃薯作物的用水量减少了60%,同时产量增加了一倍多,因此用水效率比喷灌高出7倍。

³⁵ Microsoft and PwC, “How AI can enable a sustainable future”(2019). 可查阅：
www.pwc.co.uk/sustainability-climate-change/assets/pdf/how-ai-can-enable-a-sustainable-future.pdf。

³⁶ www.terra-i.org/terra-i.html.

³⁷ www.globalforestwatch.org/.

³⁸ www.openforis.org/.

³⁹ <https://wapor.apps.fao.org>.

⁴⁰ 一种能促进维持永久土壤覆盖、最小土壤干扰(即不耕作)和植物物种多样化的农作制度。

⁴¹ www.naweb.iaea.org/nafa/swmn/soils-progress-report.html.

D. 在高效的价值链中生产安全食物

53. 天然产生的物质、人为活动、肥料或植保产品对农产品的污染会导致食物不适合人类食用。改善食品安全的技术范例包括食品辐照、更新食品包装、更新保存方法、改进食品加工、推出含有较低天然毒性物质的新品种以及不吸收土壤或水中有毒重金属的品种。尽管如此，技术并不能取代良好的处理方式和卫生标准，后者必须是确保食品安全有效管理战略不可分割的一部分。

54. **案例研究。**玉米作物(和其他主食)可能受到真菌毒素污染，真菌毒素是一种由天然真菌产生的有毒代谢物，其中最突出的是一种强效肝脏致癌物——黄曲霉毒素。在以玉米为主要作物的国家，人们长期接触黄曲霉毒素，导致急性黄曲霉毒素中毒事件频发。技术可以帮助管控黄曲霉毒素，包括改善处理和储存条件以减少昆虫和水造成的损害；改进谷物分拣；使用生物防控技术 **Aflasafe**，利用竞争排斥来促进不产黄曲霉毒素菌株的增殖；培育黄曲霉毒素耐抗性；以及利用快速检测包进行筛检。

55. 电子认证系统可以确保安全食物实现有效流动。食品监测和疫情调查需要对远端的供应链进行追踪，以识别、预防或限制受污染食品对公共卫生造成的任何威胁。需要在国际层面上对合适的数据库进行整合，以支持跨国界的食品安全监测。区块链技术和分布式账本技术这些颇具前景的创新可能有助于实现这一目标。虽然已经有报告称在个别情况下取得了进展，能进行垂直整合，但仍需做出更多努力，以实现跨平台、跨国的连通性，确保能进行安全监测，同时也能保护各方的隐私和知识产权。

56. 全基因组测序是进行食品监测和疫情调查的有效工具。如果在整个价值链上实施追踪制度，该技术的成效将会倍增。整合仍处于初始阶段，挑战依然存在，包括建立适当的扶持性政策，特别是在数据共用方面。这些政策需要平衡关键的国际协定，例如《生物多样性公约关于获取遗传资源和公正和公平分享其利用所产生惠益的名古屋议定书》和其他与国家主权利益相关的适用知识产权和隐私权。

57. 靠近或毗邻人类住区的农业系统应利用技术来最大限度地提升复原力、可持续性和健康。可利用技术从城市有机废物中获取营养源，可采用不会对土壤和水体的健康或对生物多样性和人类健康产生负面影响的病虫害和杂草控制技术。

E. 不可持续的能源使用

58. 智能能源粮食系统是向可持续粮食和农业过渡的关键组成部分。可以在粮食供应链的各个环节，从农场机械化、粮食运输、储存和处理到粮食的增值加工和配送，实施可再生和高效的能源技术。通过合作分配农产品以减少与运输相关的排放，以及通过城乡生产和加工一体化，有机会提高能源效率。

59. 例如，沼气驱动的牛奶冷却器、用于研磨谷物和豆类的风车、太阳能灌溉泵、用于超低量喷洒器(用于农药)的可充电电池以及用于传播关于农业和农村生活实地信息的太阳能收音机和电视。在水产养殖中，太阳能是诸如陆上养虾场等能源

密集型作业重要的能源来源。目前正在测试水产-太阳能综合养殖场,这种养殖场能带来双重效益,包括减少加热农业用水所需的能源和产生可再生能源。⁴²

60. **案例研究。**获取使用沼气池所需的淡水对农民来说是一个巨大的障碍,特别是在缺水的地区。泥浆分离系统已被证明可以大大减少沼气生产所需用水(高达80%),同时利用弃置废物为农田制造肥料。⁴³ 乌干达、莫桑比克、多哥、埃塞俄比亚和海地安装了 800 多个沼气池。水的副产品在加工过程中被分离出来,然后在系统中再次利用,与有机废物混合。在乌干达、卢旺达和埃塞俄比亚,人们使用这种方法在三年内回收利用了 11 000 吨水。⁴⁴

F. 农村发展

61. 数字技术虽然可能导致农村社区被进一步边缘化,但如果得到有效利用,可以成为支持小农、提供移民替代办法和促进青年创业的有力工具。

62. 安全和正规的产权对于农户和农村社区至关重要,但传统的土地登记系统往往技术含量低、效率低且容易出现错误和欺诈现象。分布式账本技术提供了一种安全、廉价和快速的土地所有权登记方法。不变的土地所有权能帮助小农建立资产禀赋,获得银行担保和正规信贷,而这些往往是其所缺乏的。

63. 数字技术还可以通过提供天气、市场和信贷风险评估的方法,以及通过解决与指数保险和传统保险相关的高交易成本,极大地促进农村社区的金融普惠。改善获取市场信息的途径可以帮助农民增加销售量和提高农产品价格,并减少市场之间的价格离散现象。粮食价格监测和分析⁴⁵ 工具支持通过 AgriMarketplace 移动应用程序向农民和贸易商传播价格信息,从而实现跨市场、跨商品和跨季节的比较。

64. 电子商务是一种越来越重要的市场机制,2016 年的估值为 27.7 万亿美元。电子商务拉近了城市、近郊及农村地区的生产者和消费者之间的距离,并有助于减少库存。在中国,有两家公司在农村设立了服务站,帮助当地消费者在线购物。然而,农村家庭可能不愿意通过互联网来销售产品,这主要是因为他们缺乏知识以及不太信任在线交易。再例如赞比亚的“虚拟农民市场”,这是一个基于应用程序的电子商务平台,有农作物盈余的农民及其求购者在该平台上进行广告宣传和交易。⁴⁶ 自 2017 年以来,这款应用已经惠及 1 000 多个赞比亚农户,农产品交易量达 150 吨,价值达 50 000 美元。

65. 低收入和中等收入国家正在部署电子推广服务,让农民克服障碍以获取相关、定制和实时信息;同时降低推广访问的成本,与农民进行更频繁的互动。例如,“数字绿色”通过以 50 多种语言制作和传播 5 000 多个与当地有关的视

⁴² www.akuoenergy.com/fr/les-cedres.

⁴³ <https://securingswaterforfood.org/innovators/green-heat-slurry-separation-system>.

⁴⁴ www.greenheatinternational.com/projects/decentralised-biogas-systems-for-africa/.

⁴⁵ www.fao.org/gIEWS/food-prices/tool/public/#/home.

⁴⁶ <https://innovation.wfp.org/project/virtual-farmers-market>.

频，让农民能够互相分享知识。仅在印度，就有来自 10 个邦的 15 000 个村庄和 110 万农民获益。⁴⁷

66. **案例研究。**农民可以凭借短信收到的电子凭单直接获得农业投入品补助。在 2017-2018 年期间，马里、几内亚和尼日尔启动了电子凭单试点方案。马里有 74.3% 的目标农民从供应商那里用凭单取货，在四个地区分发了 10 207 吨化肥。几内亚分发了大约 5 000 套内含种子、化肥和除草剂的物资包；小农占到了受益者人数的 39%。尼日尔共有 20 个市实施了该方案，惠及 30838 个住户，其中女户主占到了 26%。对这些方案进行的审查重点指出了几个经验教训，包括必须确定目标，需要丰富电子凭单物资包的内容以满足当地的需求，需要提高私营部门的参与度，必须促进对该方案的了解，以及需要确保农民在农季适当的时间获得农业投入品。⁴⁸

67. 男性和女性往往不能平等地获得、使用和控制技术。为了解决性别鸿沟，需要以满足务农女性需求和偏好的方式来定制和传播信息。乌干达妇女网络及其合作伙伴实施的各种项目增强了务农女性使用数字工具的信心，从而增加了优质种子的产量，并相应地对家庭收入产生了积极影响。⁴⁹

68. 自营职业妇女协会在印度 14 个邦和其他 7 个亚洲国家共拥有 190 万会员。该协会在了解小规模 and 边缘化务农女性及非正规经济部门工人资金需求的基础上，通过自下而上、需求驱动的社区办法，改善其生计并提高其自力更生能力。⁵⁰ 该协会的城乡分销倡议网络已经启动，旨在为最边缘的成员建立包容性的地方价值链，并定期向他们提供关于市场趋势和价格、改良的种子品种以及正确使用化肥和农药的最新信息。该系统通过一个在线平台实现数字化，2018 年该倡议的产品销售总额达 566 000 美元。

69. 粮农组织与国际电信联盟正在一起领导一项全球倡议，让年轻的创新者和企业家通过黑客马拉松和挑战参与进来。例如，2018 年“黑客抗击饥饿”项目在加勒比、埃及、卢旺达和瑞士帮助年轻企业家确定切实可行的干预措施和办法，以应对与粮食和农业有关的挑战。⁵¹

六. 建议

70. 除非技术适应中小型农户的需要，并与大量投资农村基础设施以及培训和教育最大受益者相结合，否则农业技术可能会带来差距扩大和现存社会经济不平等现象加剧的风险。

⁴⁷ www.digitalgreen.org/india/.

⁴⁸ World Bank, “Digitizing agriculture: evidence from e-voucher programs in Mali, Chad, Niger, and Guinea”, AFCW3 Economic Update working paper (Spring 2019).

⁴⁹ ICT update, issue 90 (February 2019). 可查阅：<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/99720/ictUpdate90E.pdf>。

⁵⁰ www.sewa.org/.

⁵¹ 粮农组织，“通过数字创新解决贫困和饥饿”(2018 年 8 月)。

71. 必须采取系统方法进行农业创新，才能确保包括技术在内的创新与共同目标保持一致，促进突破部门界限的合作、解决与农民相关的问题以及提供激励措施和办法以加快小农采用技术至关重要。这种方法对于促进农业创新系统中不同利益攸关方之间的互动和知识流动也至关重要，这些利益攸关方包括农民组织、研究机构、推广服务机构、政府、国际组织、私营部门和民间社会。

72. 需要发动和加强发展中国家的国家农业创新系统，以克服技术、经济、体制、法律和行为障碍，解决伦理和知识产权问题、私营部门能力、贸易关税和其他问题。各国应该能够在提升技能、专业知识和能力的同时作出明智的决策，以获得农业技术带来的好处并减轻其带来的意外风险。因此，必须进行国别评估，根据当地情况确定小农和农户的特殊需求，明确现存的差距和脆弱性，并对技术和(或)数字准备情况进行评估。在这种分析的基础上，各国应采取循证行动，确定和推广对规模没有要求、考虑到传统和本土知识、可获得和负担得起的技术。

73. 需要制定连贯一致且的全面政策，促进多功能农业发展(包括电子农业)，改善政策和监管环境，并适合当地具体情况。为配合这些政策，需要扭转粮食和农业创新系统投资不足的历史局面。这些政策还必须与以下措施并行：发展有形基础设施和强化体制，特别是在乡和村一级；投资优质保健和教育服务；将促进性别平等和包容青年的政策纳入主流；保障土地、渔场及林地的保有权和使用机会；解决土壤和水的限制；具备有效的农村金融机构；实施社会保障方案。

74. 国家政策应制定激励措施，将技术纳入到例如农业生态学、复合农林业、生产系统多样化、气候智能型农业、保护性耕作和生态系统农业方法等整体和可持续的方法之中，这些方法也应以本土知识和传统知识为基础。最好的方法可能是将适当技术与传统知识进行有效结合和协调，例如将精准农业与农业生态学联系起来。⁵² 制订提供生态系统服务的激励措施也能为农村地区创造额外的收入来源。

75. 应通过解决供给(如农村网络覆盖)和需求(如技能、知识和承受能力)方面的制约因素，推动人们更多地采用数字技术。应增加掌握多技能和学习新技能的机会和培训以适应行业转型，特别是针对小农、妇女和其他弱势群体而言。

76. 加强对需求最迫切的国家的技术转让至关重要，这能够确保技术应用在最需要的地方，以提高粮食安全和减轻脆弱环境的压力。多利益攸关方进程能在整个农业价值链中实现技术转让和适应，这可以改善农村地区人民的生计，特别是对妇女而言，并限制农村人口向城市迁移。技术的应用和传播视具体情况而定，任何技术转让举措都需要考虑这一点。

77. 鉴于许多国家依赖于进口农业机械，因此必须推动促进贸易和投资的体制举措。有必要鼓励采取措施，以减少区域间和区域内农业机械贸易的障碍。应鼓励机械租赁服务，以实现农业食品链作业的可持续机械化。鉴于农村地区缺乏售后服务和备件所带来的限制，应向制造商和经销商提供援助，以在偏远地区发展维

⁵² Véronique Bellon Maurel and Christian Huyghe, "Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology", *OCL*, vol. 24, No. 3 (May-June 2017).

修网络。有利的国家政策环境对于加强私营部门的作用以及增强和扩大当地的制造能力至关重要。必须注重推广安全、高效、可靠和无害环境的机具及设备。

78. 在分析工作方面，需要进一步评估和分析当前农业技术和做法分别对经济、社会和环境方面可持续性的促进作用。需要定期开展前瞻性和情景预测活动，以评估和预测各种规模农业技术的影响。这些活动有助于识别“热点问题”或不可持续的技术。此外还可以为“绿色机械化”技术的发展提供依据，以支持保护性农业。必须提高农业技术数据的可获得性和质量，因为这些数据是开发和采用适当技术的关键。

79. 技术创新必须与金融创新相联系，例如去风险战略、混合融资方案和其他创新。混合融资机制是一种新的体制模式，能促使私营部门投资影响巨大的发展项目，这些项目本来可能被视为高风险项目。这些工具，包括耐心资本和股本投资，可以用来更有效地向小型企业和生产者分配投资。这些机制可以帮助确定公共部门行动的切入点和私人资源“涌入”的方式。

80. 必须明确数据所有权，并制定开放数据的治理安排。数据治理安排应提高透明度，有助于贫困农民建立信心和信任。例如，全球农业和营养开放数据倡议聚焦于开放数据所有权和治理的益处，并特别关注发展中国家基层倡议的能力建设。⁵³

联合国在制定全球集体行动方面的作用

81. 联合国具有合法性并得到了全球授权，可以发挥有意义的催化作用，促进全球在监管和伦理标准方面达成共识以指导技术的研发，确保管理这些技术的国际合作在《2030 年可持续发展议程》指导下进行。本组织众多制定规范的机构，包括专门机构、条约组织和政府间委员会，在全球粮食系统治理和各种标准及监管框架的协调统一方面发挥着核心作用，这一作用应得到进一步加强。

82. 联合国应继续利用其召集力举行多利益攸关方对话和建立共识活动。粮农组织加强了其作为一个中立论坛的作用，以便就农业生物技术⁵⁴、农业生态学⁵⁵、食品安全⁵⁶、农业创新⁵⁷、数字农业⁵⁸等各种主题进行公开和建设性的对话及知识交流。在区域层面上，亚洲及太平洋经济社会委员会可持续农业机械化中心每年举办可持续农业机械化区域论坛，以促进区域合作并探索协同行动的潜力。必须通过此类论坛认识到农户的多样性及其在不同情况下对扩大创新的不同需求。特别是需要利用需求驱动进程来增强农户的创新能力。

⁵³ www.godan.info/.

⁵⁴ www.fao.org/biotech.

⁵⁵ www.fao.org/about/meetings/second-international-agroecology-symposium.

⁵⁶ www.who.int/food-safety/international-food-safety-conference.

⁵⁷ www.fao.org/about/meetings/agricultural-innovation-family-farmers-symposium.

⁵⁸ www.fao.org/about/meetings/digital-agriculture-transformation.

83. 联合国应以其各种平台和机制为基础，促进这些平台和机制之间协调一致，确保与技术有关的行动和政策以造福全球为宗旨。这些平台和机制包括技术促进机制、互联网治理论坛、信息社会世界峰会论坛、人工智能造福人类全球峰会、全球脉动倡议、科学和技术促进发展委员会等。

84. 数字合作高级别小组对数字技术如何能促进实现可持续发展目标进行了审议。在最近的一份报告中，高级别小组确定了优先行动，包括：建立包容性数字经济和社会；⁵⁹ 发展人力和机构能力；保护人权和人的能动性；促进数字信任、安全和稳定；促进全球数字合作。

85. 最后，为了有效支持多利益攸关方参与利用新技术，必须加强本组织的内部能力、公信力和一致性。秘书长提出的新技术战略⁶⁰ 承诺加快对新技术影响的深入分析；增进了解、宣传和对话；支持关于规范和合作框架的对话；加强联合国系统对政府能力发展的支持。

⁵⁹ 数字合作高级别小组，“数字相互依存的时代”(2019 年 6 月)。可查阅：www.un.org/en/pdfs/DigitalCooperation-report-for%20web.pdf。

⁶⁰ www.un.org/en/newtechnologies/。