



联合国
粮农组织

灾害对农业和 粮食安全的影响

通过投资提高韧性以避免和减少损失

2023

引用格式要求:

粮农组织。2024。《2023年灾害对农业和粮食安全的影响: 通过投资提高韧性以避免和减少损失》。罗马。

<https://doi.org/10.4060/cc7900zh>

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。地图上的虚线表示可能尚未完全达成一致的大致边界线。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 978-92-5-138677-4

©粮农组织, 2024年



保留部分权利。本作品根据知识共享署名4.0国际公共许可(CC BY 4.0:<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.zh-hans>)公开。

根据该许可条款, 本作品可被复制、再次传播和改编, 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。如翻译本作品, 必须包含所要求的引用和下述免责声明: “本译文并非由联合国粮食及农业组织(粮农组织)生成。粮农组织不对本译文的内容或准确性负责。原英文版本应为权威版本。”

本许可产生或与之相关的争议和争端均应友好解决。如果无法就争端问题或仲裁之外的解决方式达成协议, 相关各方应有权要求根据联合国国际贸易法委员会(贸法委)的仲裁规定进行仲裁。根据上述规定作出的仲裁裁决为任何争议的最终裁决, 对各方具有约束力。

第三方材料和照片。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。本作品中可能包含的照片不属于上文公共许可范围。所有照片的使用征询应递交至:photo-library@fao.org。

销售、权利和授权。粮农组织信息产品可在粮农组织网站(<https://www.fao.org/publications/zh>)获得, 也可通过publicationssales@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: ©Toon de Vos/Pexels.com

荷兰王国。平均有1.2万公顷的棉花、玉米和核桃等作物受到降雨和河水泛滥的影响。

灾害对农业和 粮食安全的影响

通过投资提高韧性以避免和减少损失

2023

联合国粮食及农业组织
罗马，2024年

目录

前言	v
编写方法	vii
致谢	viii
缩略语	x
关键信息	xii
内容提要	xiv



第1部分 引言

1.1 灾害风险概念框架与本报告结构	4
--------------------	---



第2部分 灾害对农业的影响

关键信息	10
2.1 灾害对农业的多重影响	11
2.2 努力评估全球农业损失	17
2.3 收集种植业和畜牧业的数据和实证	21
2.4 衡量对林业和渔业及水产养殖业的影响	43



第3部分 灾害风险驱动因素和连锁影响

关键信息	58
3.1 气候变化与农业生产损失的关联	60
3.2 疫情和地方流行病:2019冠状病毒病和非洲猪瘟	65
3.3 武装冲突对农业的影响	73



第4部分 农业领域的减灾方案

关键信息	80
4.1 农场层面减灾措施的效益	82
4.2 投资前瞻型行动的回报	89
4.3 防控措施和前瞻型行动相结合的案例 — 非洲之角防控沙漠蝗虫	94



第5部分 结语

技术附件	104
术语表	117
注释	122

表

1 本报告涉及的危害类型	4
2 中国的松材线虫病	48
3 灾害对林业产生的各方面影响	50
4 洪阿哈阿帕伊火山喷发及其海啸对渔业及水产养殖业造成的损失和损害	54
5 归因结果概览	63
6 粮农组织前瞻型行动干预措施的效益成本比	90
7 2020-2021 年沙漠蝗虫应急行动和成果简介	96
8 用于作物统计建模的气候指数库, 随后根据独立性和解释能力进行缩减	109
9 成本和效益	111
10 户均成本和效益	114

图

1 按国际灾害数据库危害分组分列的灾害次数和经济损失总额(1972-2022年)	3	16 全球低收入国家和小岛屿发展中国家农业损失总额占估计虚拟产量的百分比, 按商品组别分列(1991-2021 年)	29
2 报告概念框架	5	17 每次事件给作物和牲畜造成的产量损失, 按危害类型分列(1991-2021 年)	30
3 巴基斯坦男性和女性农业就业状况	15	18 旱灾对养殖户的影响	31
4 各部门损失份额	17	19 牲畜数量与旱灾前年份相比相对差异	32
5 农业损失份额(百分比), 按危害类型分列	19	20 牲畜销售量与旱灾前年份相比相对差异	32
6 农业各子部门具体损失(2007-2022 年)	19	21 奶类销售量与旱灾前年份相比相对差异	33
7 仙台框架指标 C2 公布的危害类型(2015-2021 年)	20	22 旱灾前、旱灾中和旱灾后各年份优质山羊和驼奶当地平均市场价格(美元)(图上方)和贸易条件(图下方)	34
8 影响份额, 按仙台框架指标 C2 公布的危害类型分列(2015-2022 年)	20	23 牲畜和奶类估计销售量与旱灾前年份相比相对差异	35
9 农业生产损失估算总值	23	24 全球草地贪夜蛾成灾图	36
10 主要产品组别估计损失值(1991-2021 年)	23	25 产量损失总量(比例)按植株损害等级回归时的最佳拟合线	38
11 3.8 万亿美元估计损失总值在各区域的分布情况(1991-2021 年)	26	26 玉米产量损失(比例)回归时植株损害等级大于 3 的最佳拟合线	38
12 损失占农业总产值份额(1991-2021 年)	26	27 各类食品人均能量和营养素估计每日损失总值(1991-2021 年)	40
13 各次区域农业损失总额占农业总产值份额(1991-2021 年)	26	28 能量和营养素估计每日损失值占人类需求量比例(1991-2021 年)	40
14 不同国家组别农业损失总额(上)和农业损失总额占农业总产值份额(下)(1991-2021 年)	28	29 各区域能量和营养素估计每日损失值占男性需求量比例(1991-2021 年)	41
15 各次区域农业损失总额占估计虚拟产量的百分比(1991-2021 年)	28		

30 各区域能量和营养素估计每日损失值占女性需求量比例(1991-2021 年)	41
31 野火造成的过火面积、火灾次数和二氧化碳排放相关历史数据(2000-2021年)	45
32 台风雷伊给渔业及水产养殖部门造成的损害和损失	54
33 气候对农业粮食体系的影响以及相关归因概念	60
34 估算气候变化迄今对作物单产的影响:四个案例	64
35 报告称在产品运输和投入品获取方面面临困难的农民所占百分比	68
36 乌克兰种植业和畜牧业的损害和损失情况(百万美元、百分比)	77
37 乌干达香蕉种植业通过覆盖土壤、挖掘沟渠、使用有机堆肥和种植改良品种每英亩 11 年累积的净现值	84
38 模拟结果 — 不同灾害频率下乌干达中部地区香蕉生产的年均净现值:大规模推广减灾做法	84
39 玻利维亚美洲驼减灾做法的累积净效益和效益成本比	85
40 巴基斯坦穆扎法尔格尔区 2021 年雨季棉花垄作结合病虫害综合防治的减灾做法效益成本比和净现值	87
41 菲律宾比科尔地区绿色超级稻和当地水稻品种在非危害和危害条件下的效益成本比和净现值	87

42 水稻生产的收益差异:推广绿色超级稻与传统做法的比较	88
43 前瞻型行动的关键特征	89
44 干预行动每公顷效益	95

插文

1 近期影响农业的事件	13
2 灾害导致的流离失所及其对农业和粮食安全的影响	14
3 揭示性别脆弱性:灾害如何影响巴基斯坦女性在农业领域的就业	15
4 估算灾害造成的全球作物和牲畜损失的方法	22
5 动物卫生:2016/17 年旱灾对索马里牧民的影响	31
6 实地作物损失情况:草地贪夜蛾案例	36
7 估算灾害导致的营养素可供量减少	42
8 影响森林的两种害虫	48
9 松甲虫在洪都拉斯造成的破坏	49
10 将产量变化归因于气候变化的方法	61
11 利用粮农组织紧急情况数据系统 DIEM 估算 2019 冠状病毒病疫情对农业影响的方法	69
12 农场层面减灾措施的成本效益分析法	83
13 基于风险的沙漠蝗虫干预措施所避免的损失的估算方法	94

安全的影响 前言 害对农业和粮食安全的影响

灾害正在世界各地造成前所未有的破坏,我们必须用全新方法来减少风险,加强应对措施,发展抵御能力。

地球正在日益变暖,2023年的高温天气更是打破了所有的历史记录。极端洪水、风暴、干旱、野火、虫害和疫情接踵而至,日复一日充斥着全球媒体的头版头条。气候危机的影响逐渐显现,与气候相关的灾害日趋频繁和严峻,世界各地的社区都为此付出高昂代价,人们的生计也受到严重影响。农业发展高度依赖自然资源和气候条件,因此在面对灾害时,是风险最高和最为脆弱的部门之一。灾害频繁发生,有可能侵蚀在粮食安全方面已经取得的成果,并破坏农业粮食体系的可持续性。

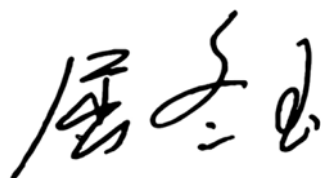
联合国粮食及农业组织(粮农组织)通过本份报告收集突破性实证,揭示过去三十年间灾害如何影响全球农业和粮食安全。粮农组织致力于投资有据可循的减灾解决方案,帮助建设更高效、更包容、更有韧性且更可持续的农业粮食体系,惠及世界上的每一个人。为了体现这份决心,我决定将本份报告升格为粮农组织旗舰出版物。

报告结论触目惊心。过去三十年来,灾害事件造成的全球农作物和牲畜产量损失约为3.8万亿美元,相当于年度全球农业总产值的5%以上。这个数字其实被大为低估,因为渔业及水产养殖业、林业这两个子部门缺乏系统性数据。当务之急是完善农业各子部门的灾害影响数据,以创建数据体系,将其作为制定有效行动的基础和依据,同时满足《仙台减灾框架》和《2030年可持续发展议程》的监测要求。

从某种意义上说,灾害事件只是冰山一角。在灾害背后,各种社会和环境条件形成深层次的挑战和脆弱问题,从而导致灾难性结局,并引发农业粮食体系一系列连锁反应。贫困、获取资源的不平等和治理架构都甚为关键,足以决定灾害和危机的影响。各种因素中,气候危机具有放大现有风险的显著效应,而近年暴发的疫情和武装冲突也使农业粮食部门受到重创。要减少灾害影响,不仅需要了解其直接影响,还必须探究导致风险的综合因素,以及灾害影响如何在各部门、系统和地理区域之间传导。

世界上的资源并非取之不尽,我们需要另辟蹊径,通过创新和推广可扩展的解决方案增加投资,加强韧性建设,从而避免和减少灾害造成的损失。报告发挥粮农组织的技术优势,展示了在农业领域应如何主动抓住机会应对风险,以及如何将减灾思维贯穿于农业实践和政策的方方面面。报告还呼吁深入了解各国国情,因地制宜实施解决方案,并与所有相关伙伴紧密配合,加强协作。

粮农组织一直支持农业粮食体系加强风险意识,报告是对现有知识储备的有益补充,有助于加速创新方法的采用和推广,加强农业的韧性和可持续性,进而实现更好生产、更好营养、更好环境和更好生活,不让任何人掉队。



屈冬玉
联合国粮农组织总干事



编写方法

《2023年灾害对农业和粮食安全的影响》由粮农组织统计司和应急行动及抵御能力办公室编写。

气候变化、生物多样性及环境办公室、自然资源及可持续生产部门的渔业及水产养殖司、林业司、畜牧生产及动物卫生司、植物生产及保护司为报告的编写提供了技术投入。

参与编写的粮农组织各司和办公室的负责人组成协调小组,指导报告的编写。协调小组确定了报告的大纲和主题,并对编写小组进行监督。编写小组由来自粮农组织各部门的专家组成,负责报告的技术分析内容。

为了支持报告各个章节的研究和数据分析,我们编写了相关技术背景文件。编写小组取得了若干项阶段性成果,包括附加注释的大纲、报告初稿和终稿。

在编写过程中,举行了两次研讨会,请外部专家对报告草稿进行了评审和验证。粮农组织高层管理人员、各司和办公室的技术专家以及独立外部评审人员对报告终稿进行了严格的技术审核。最后,本报告征得粮农组织内部各方同意,包括参与报告编写的各司和办公室负责人、首席经济学家、主管应急行动及抵御能力的副总干事以及总干事办公室。

致谢

《2023年灾害对农业和粮食安全的影响》是联合国粮食及农业组织(粮农组织)多个技术司和办公室广泛合作的成果, 主要包括经济及社会发展部门、应急行动及抵御能力办公室、气候变化、生物多样性及环境办公室、自然资源及可持续生产部门。

报告由粮农组织统计司和应急行动及抵御能力办公室联合编写, Laurent Thomas和Maximo Torrero Cullen担任总负责人, José Rosero Moncayo和Rein Paulsen负责日常管理。报告编写协调小组由Zehra Zaidi(总编)、Wirya Khim、Piero Conforti、Stephan Baas、Laurel Hanson和Veronica Boero组成。Piero Conforti、Shukri Ahmed、Fleur Wouterse和Dunja Dujanovic提供了行政支持。

多位粮农组织专家编写和修订的技术文件和背景材料对报告编写起了至关重要的作用。粮农组织各司负责人和资深人员提供了宝贵的意见, 并批准了最终报告。

报告第1部分由Zehra Zaidi和Piero Conforti编写, Wirya Khim和Laurel Hanson提供了意见和建议。

报告第2部分由Zehra Zaidi担任协调人。第2.1节由Zehra Zaidi编写。境内流离失所问题监测中心的Sylvain Ponserre和Vicente Anzellini编写了关于流离失所问题的插文2, Giulia Caivano和Priti Rajagopalan编写了第2.1节中关于性别问题的插文3。Zehra Zaidi在Piero Conforti的支持下编写了第2.2节。联合国减少灾害风险办公室的Rahul Sengupta和Xuan Che为分析仙台框架指标C2提供了数据和建议。第2.3节由Piero Conforti、Zehra Zaidi、Veronica Boero、Priti Rajagopalan和Esther Laske编写。Priti Rajagopalan、Esther Laske和Veronica Boero就灾害损失估算提供了重要意见和建议, Antonio Scognamillo、Nidhi Chaudhary和Xinman Liu提供了支持和建议。关于营养的第2.3.2节由Esther Laske与Nancy Aburto、Bridget Holmes和Victoria Padula de Quadro联合编写。第2.4节由Zehra Zaidi担任协调人, Esther Laske提供了重要资料。第2.3节和第2.4节的背景文件和技术意见由下列人员提供: 畜牧生产及动物卫生司的Joachim Otte和Dominik Wisser、植物保护及生产司的Charles Midega(独立顾问)、Buyung Hadi和Shawn McGuire、林业司的Lara Steil、Shiroma Sathyapala、Peter Moore、William John de Groot、Erik Lindquist和Amy Duchelle、渔业及水产养殖司的Stefania Savore、Iris Monnereau、Silke Pietzsch(粮农组织亚太区域办事处)和James McCafferty(独立顾问)和Latu 'Aisea(汤加渔业部)。

报告第3部分由Wirya Khim、Laurel Hanson和Stephan Baas担任协调人。第3.1节由Wirya Khim、Stephan Baas、Laurel Hanson和Julia Wolf负责总体协调和指导, Piero Conforti和Zehra Zaidi提供了意见和建议。政策发展变化部分由Makie Yoshida和Silvia Santato编写。归因和影响研究由Sabine Undorf(波茨坦气候影响研究所)、Bernhard Schauburger(波茨坦气候影响研究所/魏恩施蒂芬-特里斯多夫应用科学大学)、Lennart Jansen(波茨坦气候影响研究所/卡塞尔大学)、Paula Romanovska(波茨坦气候影响研究所)和Christoph Gornott(波茨坦气候影响研究所/卡塞尔大学)编写, Hideki Kanamaru、Wirya Khim、Laurel Hanson和Stephan Baas提供了意见和建议。第3.2.1节由Amandine Poncin、Neil Marsland和Josselin Gauny编写, Wirya Khim和Laurel Hanson提供

了意见和建议。第3. 2. 2节由Damian Tago Pacheco、Bouda Vosough Ahmadi、Andriy Rozstalnyy、Madhur Dhingra和Keith Sumption编写, Wirya Khim、Laurel Hanson和Stephan Baas提供了意见和建议。第3. 3节由Laurel Hanson、Julius Jackson和Neil Marsland编写, Daniele Barelli和Josselin Gauny提供了意见和建议。

报告第4部分由Wirya Khim、Stephan Baas和Laurel Hanson担任协调人。第4. 1节由Wirya Khim、Tamara Van't Wout和Laurel Hanson编写, Stephan Baas和Niccolò Lombardi提供了意见和建议。第4. 2节由Nicholas Bodanac和Niccolò Lombardi编写, Wirya Khim和Laurel Hanson提供了意见和建议。第4. 3节由Sergio Innocente、Wirya Khim和Laurel Hanson编写, Keith Cressman、Cyril Ferrand、Shoki Al Dobai、Stephan Baas和Shukri Ahmed提供了意见和建议。

第5部分由Zehra Zaidi和Piero Conforti共同编写, Esther Laske、Wirya Khim、Laurel Hanson和Stephan Baas提供了意见和建议。

多位外部专家审阅了报告, 并提供了全面和宝贵的意见。Julio Serje(联合国减少灾害风险办公室前雇员)对报告全文进行了同行评审。

对报告第2部分, 欧盟委员会联合研究中心的Sepehr Marzi和欧洲-地中海气候变化中心的Jeremy Pal对报告采用的方法进行了评审。第2. 4节的具体评审由Yacob Aklilu(农业发展风险管理论坛)负责关于畜牧的部分, 由Kris Wykhuis(粮农组织)、Roger Day(国际农业和生物科学中心)、Anna Szyniszewska(国际农业和生物科学中心)、Bryony Taylor(国际农业和生物科学中心)和Fazil Dusunceli 负责关于草地贪夜蛾的部分, 由Ane Alencar(亚马逊环境研究所)、Brett Hurley(比勒陀利亚大学)、Gary Man、Simon Lawson、Robert Rabaglia(美国农业部林务局)、Jesus San-Miguel-Ayanz(联合研究中心)负责关于林业的部分, Denis Lacroix(法国海洋开发研究所)负责关于渔业的部分。

第3. 1节由Carlos Dionisio Perez Blanco(萨拉曼卡大学)、Elisa Calliari(国际应用系统分析研究所)、Andrea Toretti(联合研究中心)、Rupert Stuart-Smith(牛津大学)、James Douris(世界气象组织)、Veronica Grasso(世界气象组织)、Sihan Li(谢菲尔德大学)和Toshichika Iizumi(日本国家农业和食品研究组织)评审。关于2019冠状病毒病疫情的第3. 2. 1节由Mark Alexander Conostas(康奈尔大学)和John M. Ulimwengu(国际粮食政策研究所)评审, 关于非洲猪瘟的第3. 2. 2节由Manon Schuppers(SAFOSO农业)和Karl Rich(俄克拉荷马州立大学)评审。关于武装冲突对农业的影响的第3. 3节由 Dominique Blariaux(危机后评估和恢复规划: 欧洲联盟支持办公室)、Iryna Vysotska(优质粮食贸易项目)和Igor Kravchenko(优质粮食贸易项目)评审。

Olivier Lavagne d'Ortigue和Chiara Gnetti为报告的出版制作提供了支持。粮农组织新闻传播办公室出版物和图书馆处为所有六种官方语言版本提供了编辑支持、设计和排版服务, 并协调了制作过程。粮农组织治理机构服务司会务处和语言服务处完成了翻译工作。

缩略语

AA	前瞻型行动
ASEAN	东南亚国家联盟（东盟）
ASF	非洲猪瘟
BCR	效益成本比
BFAR	（菲律宾）渔业和水产资源局
BMI	体重指数
CMIP6	耦合模型比对项目第6阶段
COP	缔约方大会
CRED	灾害流行病学研究中心
DAMIP	检测和归因模型比对项目
DFEE	（南非）林业、渔业和环境部
DIEM	粮农组织紧急情况数据系统
DINA	索马里旱灾影响和需求评估
DLIS	沙漠蝗信息服务处
DRR	减少灾害风险
EAR	估计平均需求量
ECS	平衡气候敏感性
EFSA	欧洲食品安全局
EM-DAT	国际灾害数据库
ENSO	厄尔尼诺-南方涛动现象
FAW	草地贪夜蛾
FCT	食品成分表
FSNAU	（索马里）粮食安全和营养分析处
GDP	国内生产总值
GFDRR	全球减灾和灾后恢复基金
GSR	绿色超级稻
GWIS	全球野火信息系统
HABs	有害藻华
HT-HH	洪阿哈阿帕伊火山
IDMC	境内流离失所问题监测中心
IDP	境内流离失所者
IFAD	国际农业发展基金
IFM	综合火灾管理

IFRC	国际红十字会和红新月会联合会
IOM	国际移民组织
IPC	粮食安全阶段综合分类法
IPCC	政府间气候变化专门委员会
MIROC6	气候跨学科研究模型
MPB	山地松甲虫
NAP	《国家适应计划》
NDC	国家自主贡献
NPV	净现值
IRC	国际救援委员会
ISC	国际科学理事会
ISIMIP3	部门间模型相互比较项目
MODIS	中分辨率成像光谱仪
NOAA	国家海洋和大气管理局
OECD	经济合作与发展组织
OIEWG	不限成员名额的政府间专家工作组
PAL	体力活动水平
PDNA	灾后需求评估
PPP	购买力平价
RoI	投资回报率
SDGs	联合国可持续发展目标
SIDS	小岛屿发展中国家
SPB	南方松甲虫
TAD	跨境动物疫病
TCR	瞬态气候响应
TFP	全要素生产率
UNDP	联合国开发计划署
UNDRR	联合国减少灾害风险办公室
UNFCCC	《联合国气候变化框架公约》
USAID	美国国际开发署
USDA	美国农业部
WFP	世界粮食计划署
WHO	世界卫生组织
WIM	华沙国际机制
WMO	世界气象组织
WWA	世界天气归因组织

关键信息

- ➔ 灾害的定义是导致社区或社会正常运行受到严重破坏的事件。灾害正在对各国农业造成前所未有的损害和损失。灾害日益频繁和严重，从20世纪70年代每年约100起增加到过去20年每年约400起，从多个层面冲击农业粮食体系，危及粮食安全和农业部门的可持续性。
- ➔ 反映灾害对农业和农业粮食体系影响的数据并不完整，也缺少一致性，在渔业及水产养殖业、林业这两个子部门更是如此。收集数据的工具和系统亟待改进，方可确保政策、措施和解决方案有据可循，以减少农业风险和建设韧性。本份新的旗舰报告克服了数据局限性，首次就灾害如何影响农业进行全球评估。
- ➔ 过去30年，灾害事件造成的作物和牲畜产量损失约为3.8万亿美元，相当于平均每年损失1230亿美元，即全球年度农业总产值的5%。相较而言，过去30年的损失总额大致相当于巴西2022年国内生产总值。
- ➔ 过去30年，灾害给低收入和中等偏下收入国家造成的相对损失最大，分别占其农业总产值的10%到15%。灾害也对小岛屿发展中国家产生了重大影响，导致这些国家损失近7%的农业总产值。

- ➔ 要增强农业粮食体系的韧性，关键在于了解各种系统性风险如何相互作用，以及各种深层次因素如何驱动灾害风险。气候变化、疫情、地方流行病、武装冲突都会影响农业生产、价值链和粮食安全。因此，只有增进对这些因素及其相互作用的了解，才有可能全面把握当前的风险状况。
- ➔ 针对气候变化对农业影响的研究表明，气候变化可能导致产量异常和农业减产现象更为地频繁发生。2019冠状病毒病疫情等全球危机此起彼伏，武装冲突持续不断，不仅影响了农业生产，也影响了投入品市场和农产品销售市场，危及整个农业粮食体系和整体粮食安全。
- ➔ 主动及时采取干预措施可以预防和减少农业风险，增强韧性。现有信息表明，在农场层面投资于减灾措施能带来可量化的切实效益。一些国家通过预警系统采取前瞻型行动，例如非洲之角2020-2021年对沙漠蝗虫进行综合防治，证明投资开展防灾和抗灾工作具有优越的成本效益比。
- ➔ 当务之急是提高多部门和多危害减灾战略的优先度，将其纳入农业政策和计划，为此需要完善现有实证，推广现有创新，在农场层面实施可扩展的风险管理解决方案，加强前瞻型行动所依赖的预警系统。

内容提要

随着地球变暖,生物资源和生态资源日渐枯竭,人类面临的风险难以把控,灾害事件不仅变得更加频繁和严重,其影响还很可能会继续恶化。灾害流行病学研究中心的国际灾害数据库(EM-DAT)显示,全球灾害事件的次数从20世纪70年代的每年100起增加到过去20年间的每年约400起。

联合国粮食及农业组织(粮农组织)此次发布的题为《灾害对农业和粮食安全的影响》的新旗舰报告,承载着粮农组织一如既往的承诺,即未来的农业应更具包容性、韧性和可持续性。粮农组织先前已就该主题编写了三份出版物,在此基础上,本报告旨在整理并传播有关灾害对农业影响的现有知识,以推动有据可循的减灾投资。

灾害风险由物理环境(自然环境和人为环境)和社会(如行为、功能、组织和发展)之间极其复杂的相互作用构成。灾害风险是由危害因素、暴露程度、脆弱性和能力水平综合决定的发生概率,而灾害则是危害事

件与暴露程度、脆弱性和能力水平相互作用的结果,导致社区或社会正常运行受到一定规模的严重破坏,并出现以下一种或多种情形:人员、物质、经济或环境受到损失或影响。

农业主要受到气象和水文危害、地质危害、环境危害和生物危害的影响,但武装冲突等社会危害以及技术危害和化学危害也会构成潜在威胁。一场灾害会造成多大损失和损害,取决于某种危害与脆弱性和既有风险相互作用的速度和空间范围,也取决于有多少资产或生计暴露在风险之下。

灾害影响还会受到当今风险形势的系统性和相互关联性等特性的影响。危害显露之时,它们可能会引发连锁反应,影响到国内外多个系统和部门。深层次灾害风险驱动因素包括气候变化、贫困和不平等、人口增长、疫情引发的公共卫生紧急情况、不可持续的土地利用和管理方式、武装冲突和环境退化。

极端事件对农业的影响

灾害对农业的多重影响

世界各国的农业正面临众多危害和多重威胁,如洪水、缺水、干旱、农产品产量下降、渔业资源枯竭、生物多样性丧失、环境退化等,风险与日俱增。供水量变化和极端气温是直接和间接影响农业生产的两大因素。洪水和强降雨对农业体系和生产率既有正面影响,也有负面影响。农业受旱灾影响是降雨不足(气象干旱)、土壤缺水、灌溉用地下水或蓄水量减少(水文干旱)的综合结果。极端气温事件也会对农业生产产生负面影响,就畜牧业而言,热应激会影响动物的死亡率、增重、产奶量和繁殖能力。

实证表明,当前全球变暖的趋势已经对农业产生了影响。最近一项研究发现,热浪和干旱对作物产量的影响从1964年至1990年间的2.2%升至1991年至2015年间的7.3%,大约增加了两倍。灾害也会影响生计、粮食安全和营养。灾害会造成农村失业,导致农民和农业劳动者收入下降,并减少当地市场的粮食供应。

极端情况下,灾害会导致农村人口流离失所和向外迁移。巴基斯坦南部的信德省是一个典型例子,展示缓发性和突发性危害如何相互结合,进而引发流离失所,破坏粮食体系,危及粮食安全。

如插图3所示,女性往往是受灾害影响最重的群体。资源和结构性限制因素是导致

灾害对不同性别产生不同影响的主要原因。女性很难获得充分的信息和资源,例如预警系统服务和安全庇护所,因此很难有效参与备灾、救灾和灾后重建活动,难以享受到社会和经济保护政策,另谋生计也面临困难。

努力评估全球农业损失

要制定减灾和气候适应战略,首先要了解异常天气和极端事件影响农业的范围和程度。虽然目前已有多个数据库对灾害影响进行记录,但在现有多灾害全球数据库中,往往只能看到经济损失总量,而农业及其各子部门遭受的损失并没有被单列进行全面评估或报告。各国际数据库普遍存在缺陷,包括数据缺失和不一致,例如国际灾害数据库EM-DAT、DesInventar、世界银行、国际红十字会与红新月会联合会、全球各大再保险集团的数据库以及各国的国家级数据库。

收集有关农业灾害损失信息目前有两种方法,第一种方法是开展灾后需求评估调查,第二种方法由粮农组织与联合国减少灾害风险办公室联合开发,用于衡量《仙台减灾框架》要求监测的C2指标。

灾后需求评估调查数据显示,平均而言,在所有部门灾害总损失中,农业损失占比为23%。干旱造成的损失65%以上发生在农业部门,而洪水、风暴、旋风和火山活动等灾害事件造成的损失约20%发生在农业部门,说明干旱对农业的影响异常显著。就各子部门而言,种植业和畜牧业遭受的损失最严重,但这也有可能是因为渔业及水产养

殖业和林业在此类评估中并没有得到足够重视。

在195个国家中,有82个国家报告了《2015–2030年仙台减灾框架》所要求的分项指标C2数据,即灾害造成的直接农业损失,其中38个国家还报告了农业各子部门的数据。根据仙台框架监测机制收到的数据,灾害造成的农业损失总额平均为每年130亿美元,主要是洪水(16%)、火灾和野火(13%)以及干旱(12%)。鉴于报告数据的局限性和延迟性,灾后需求评估和C2指标报告的实际数字很可能被严重低估。

收集种植业和畜牧业的数据和实证

目前并没有系统性地收集有关损失和损害的数据。为解决数据缺失问题,我们利用国际灾害数据库和粮农组织统计数据库,首次对灾害对全球农业生产的影响进行量化,重点是种植业和畜牧业,随后将未发生灾害的虚拟情境作为基准,计算出各国各种农产品平均减产幅度。

1992–2021年间,全球累计损失高达3.8万亿美元,平均每年约1230亿美元,相当于全球农业年总产值的5%,意味着每年损失将近3亿吨农产品,3.8万亿美元也相当于2022年巴西的实际国内生产总值。与20世纪90年代初相比,虽然总体损失上升幅度不大,但发生损失的国家和农产品种类显著增加。导致世界各地农作物和牲畜发生损失的极端事件的频率和相关性看来呈上升趋势。

各大类主要农产品的损失都呈上升趋势。过去三十年,谷物损失平均每年高达6900万吨,相当于法国2021年谷物总产量,其次是水果蔬菜和糖料作物,这两类产品平均每年损失都接近4000万吨,水果蔬菜的损失相当于日本和越南2021年水果蔬菜总产量。肉类、奶类和蛋类平均每年损失1600万吨,相当于墨西哥和印度2021年肉类、奶类和蛋类总产量。

透过全球损失,可以看到各区域、次区域和国家组别之间存在显著差异。亚洲一直在全球总经济损失中占据最大份额,几乎与非洲、欧洲和美洲的损失之和相当。然而,亚洲的损失仅占其农业总产值(附加值)的4%,而非洲的损失则占其农业总产值近8%。从绝对值来看,高收入国家、中等偏下收入国家和中等偏上收入国家的损失更高,但在低收入国家(最不发达国家)和小岛屿发展中国家,损失在农业总产值中的占比最高。与假设灾害未发生的虚拟情境下的估算产值相比,非洲几个地区(主要是东部、北部和西部非洲)、密克罗尼西亚和加勒比的损失似乎尤为严重。

估算作物和牲畜损失数据时,并不能将其确切归因为某类具体危害,这主要是因为同一年内可能发生了多种灾害,很难对其影响进行分类统计。混合效应回归模型结果显示,从全球层面看,极端温度和干旱是影响最大的单一事件,其次是洪水、风暴和野火。

全球农作物和牲畜的损失可换算为相应的人类消耗的能量和九种微量元素损失

值。全球营养换算表提供主要食品的等效营养值,可用于将因灾损失的农产品转化为相应的营养值。必须强调的是,此处的侧重点是灾害导致的营养素和能量可供量变化,而不是消费模式的变化。据估算,过去31年,灾害导致人均每日损失约147千卡能量,相当于约4亿男性或5亿女性一天的膳食需求。对照每日膳食需求量,铁、磷、镁和维生素B1等营养素的损失似乎尤为突出。就各区域而言,在灾害减产导致的营养素损失估算值中,亚洲和美洲各占约31%,欧洲占24%,非洲占11%,大洋洲占3%。

对各子部门的不同影响:林业、渔业及水产养殖业

对林业、渔业及水产养殖业而言,由于数据不足,无法进行类似于对种植业和畜牧业的评估。因此,要了解灾害对这两个子部门的影响,只能借助历史文献和从具体案例分析中获得的实证。

森林在面临灾害和气候变化时极为脆弱,但与此同时,它在减少和缓解风险方面又发挥着关键作用。野火和虫害是林业面临的两大危害。给林业部门带来危害的主要原因是气象因素、长期气候变化和人为影响,包括土地利用方式的改变、土地管理方式和入侵物种的引入。然而,根据《2020年全球森林资源评估》,目前只有58个国家在监测砍伐、野火和病虫害导致的森林退化,这些国家仅占全球森林面积的38%。收集灾害如何影响森林的数据并非易事,原因包括评估

损失和损害的方法并不统一,系统性方法应用并不充分,覆盖面不足,难以涵盖灾害对森林造成的所有影响。

随着荒野和城市结合部人口密度不断加大,野火的破坏性也日益显现,危及环境、野生动物、人类健康和基础设施。每年被野火烧毁的地表面积约为3.4亿至3.7亿公顷,仅2021年就有2500万公顷林地被烧毁。根据政府间气候变化专门委员会最近的调查结果,在一些地区,更热、更干燥和更多风的天气越来越频繁,如果各国不履行和超额完成其在《巴黎协定》中做出的承诺,此类天气将继续增加。非洲的野火数据明显高于其他大洲,约占全球野火总数的70%,其次是澳大利亚和南美洲,占21%。与此同时,2002年至2019年,59%的火灾发生在最不发达国家,表明火灾风险、低收入和资源管理模式之间存在关联。必须针对造成火灾的根本原因采取减灾措施,从而避免巨大损失和损害。

入侵物种有可能破坏森林,造成巨额经济损失。森林承受虫害有一个阈值,一旦超过就会造成严重后果,但这个阈值很难确定。目前在报告病虫害造成的损害时,所采用的依据是受损土地面积、死亡树木数量或经济损失,尚未形成统一的报告体系。总体而言,关于病虫害影响的数据相对有限,在发展中国家更是如此。高收入国家报告的损失颇为惊人。一些研究认为,预计到2070年,新西兰虫害造成的净经济损失将高达38亿至203亿新西兰元。据估算,入侵物种每年给英国经济造成的损失超过22亿美元。

评估灾害对森林的影响需要多种多样的数据和指标,包括衡量对生产性资产的直接影响和对木材生产的影响,并采用标准化方法评估对生态系统服务的影响。林业部门发生大规模灾害后,在评估木材损失时需要意识到,大部分受损木材通常都可以进行一定程度的抢救再利用。灾后发现一些林木被毁,并不意味着木材产量会自动相应下降。相反,灾害发生后,由于会有比平时更多的木材投放市场,木材的销量短时间内反而会有所增长。

粮农组织一直在推广采用统一的方法收集数据和计算损失和损害,以改进林业灾害损失的评估工作,并使之标准化。这种方法会对林木资源进行区分评估,将受损时已成材的商用材林(立木)与尚未达到轮伐年龄的林木分开估值。

野生捕捞业和水产养殖业容易受到多种灾害的影响,包括突发性灾害和缓发性灾害,例如风暴、海啸、洪水、干旱、热浪、海洋变暖、酸化、缺氧、降水或淡水供应中断、沿海地区盐分入侵。捕捞渔业面临的一个重大生态系统风险是海洋热浪的强度和频率不断增加,这会威胁到海洋生物多样性和生态系统,提高极端天气发生的概率,不利于渔业和水产养殖业。水产养殖业往往还会经历各种短期冲击,例如生产设备和基础设施受到破坏,疾病、寄生虫和藻华暴发风险增加。

极端事件和气候变化会直接影响野生鱼类的分布、数量和健康,也会影响养殖模式和养殖品种是否可行。气候变化、多变性

和极端天气事件正使局势变得更加错综复杂,进一步威胁海洋和淡水环境中捕捞和养殖活动的可持续性。与此同时,捕捞渔业往往在灾后可以迅速复苏,重新为社区提供有营养的食物和就业机会,加快经济活动回归常态的进程。

有害藻华指藻类(生活在海洋和淡水中的简单光合生物)生长失控,会对人类、鱼类、贝类、海洋哺乳动物和鸟类产生有毒或有害影响。例如,2021年3月,南非西海岸500吨龙虾“集体出逃”。同样,针对菲律宾过去五年遭遇的三次台风(2019年北冕、2020年高尼、2021年雷伊)进行的需求评估报告充分表明渔业和水产养殖业受到的影响不容忽视,必须关注该部门的特殊需求和优先事项。另一个更有说服力的例子是汤加洪阿哈阿帕伊岛海底火山2022年1月15日的喷发。汤加渔业部2022年2月发布的灾害初步评估报告突出强调渔业资产所遭受的严重损害,包括小型金枪鱼和笛鲷捕捞船及其引擎和渔具。渔业及水产养殖业遭受的损害总价值估计为460万美元。

灾害风险驱动因素和连锁影响

风险无处不在且迅速增长,我们即使全力以赴,也应接不暇。气候变化、环境退化和生物多样性丧失等全球性风险事关生死存亡,是导致灾害风险不断增加的原因。除了直接影响之外,灾害的间接的和连锁影响也不容忽视,甚至可能波及全球。应对风险不仅需要评估灾害的直接影响,还需要了解灾

害的影响如何在部门内部、部门之间和地理区域之间连锁传导以及受灾系统的各个要素在危害事件中如何相互作用,并如何与驱动风险的系统性因素相互作用。报告第3部分重点关注气候变化和生物危害(2019冠状病毒病疫情和非洲猪瘟流行)的影响以及武装冲突如何加剧灾害风险并使农业和农业粮食体系遭受重大损害和损失。

气候变化与农业生产损失的关联

气候变化正导致危害日益频繁,增加了个人和系统的脆弱性和暴露程度,并削弱了应对能力。归因学旨在分析和宣传与气候变化相关的种种关联,可以将其作为切入点,评估气候变化对作物产量的影响以及极端事件和缓发性事件影响农业生产的程度。我们选择阿根廷的大豆、哈萨克斯坦和摩洛哥的小麦、南非的玉米,估算假设灾害未发生的虚拟产量,并将其与实际观测到的产量进行比较,以评估气候变化如何影响产量。关于分析结果需要申明的是,这种归因估算有很大的不确定性。在评估中并未尝试对不确定性进行量化,所有结果都应仅被视为近似值。

在阿根廷,模型显示,在大豆产量最高的省份,造成产量变化的原因是观测到的气温高低、降雨强度和干旱的变化。结果表明,2000-2019年,气候变化导致平均单产增加近0.1吨/公顷,相当于期间平均观测单产的约3%。结果还表明,气候变化导致单产与

2018年持平或更低的异常情况发生的概率可能是50%,但存在不确定性。需要说明的是,产量模型只能反映出一部分记录的产量异常情况。

在哈萨克斯坦,分析结果表明小麦产量最高的州^a记录的单产变化很大一部分可以用生长温度天数^b、温度变化、寒潮、降水变化和干旱来解释。2000-2019年,气候变化导致期间平均单产下降约0.1吨/公顷,相当于期间平均观测单产的10%以上。

在摩洛哥,模型显示小麦单产变化大部分可以用温度变化、高温、干旱和高降雨量来解释。分析表明,气候变化导致2000-2019年平均单产下降近0.1吨/公顷,相当于期间平均观测单产的约2%。

在南非,模型显示玉米生产大省的单产变化大部分可以用生长温度天数差异、温度变化、寒潮、干旱和高降雨量来解释。从统计学角度看,气候变化已经对南非玉米单产产生了显著不利影响。根据该模型,气候变化导致2000-2019年平均单产下降超过0.2吨/公顷,相当于期间平均观测单产的5%以上,而且气候变化的不利影响在单产水平最低的年份更为显著。总之,分析表明,气候变化可能已经使农业损失问题加剧,突显出投资加强减损措施的重要性。

^a 行政区划,相当于州或省。

^b 用来预测作物生长速度的热量累积计量单位。

疫情和地方流行病:2019冠状病毒病和非洲猪瘟

本节将就2019冠状病毒病疫情和非洲猪瘟流行对农业和粮食安全的影响进行分析。对粮农组织紧急数据系统的调查数据进行初步评估后,结果显示2019冠状病毒病疫情使劳动力季节性流动受阻,造成劳动力短缺,进而破坏粮食体系,劳动密集型生产体系受到的冲击尤为严重。对11个粮食不安全问题开展的跨国分析结果显示,疫情对粮食安全和生计造成的冲击堪比冲突或自然灾害引发的冲击。畜牧养殖户和经济作物种植户受到的影响最为严重,他们报告称无法采购投入品或销售农产品、因行动受限无法前往牧场、无法进入国际市场。对各国与疫情有关的防控措施进行补充评估后证实,农业投入品供应不足,劳动力短缺,兽医服务也有所减少。

运输和物流中断导致农产品批发价下跌。与此同时,农产品零售价格上涨,农民生活成本上升,收入也因此被蚕食。农民往往首先选择减少谷物和蔬菜的种植面积,而不是水果或经济作物,对于经济作物来说尤其如此,因为农民种植经济作物是为了出售,而非供自身消费。如果实施疫情防控措施时恰逢农业生产旺季,种植面积有明显减少。限制人员聚集导致农民们报告称种植面积减少或大幅减少,无聚集限制时约为22%,而有严格聚集限制时约为50%。同样,在收获季节,与无聚集限制的地区相比,有聚集限制的地区农民报告增产的概率仅有56%。

农民报告称难以获得农业投入品的概率也有显著上升。

在各类跨境动物疫病中,非洲猪瘟造成的影响尤为惨重。2020年1月以来,已有五大洲35个国家报告了非洲猪瘟疫情,亚洲蒙受的损失最为严重。2018年8月3日,中国首次爆发非洲猪瘟,截至2022年7月1日,世界动物卫生组织的世界动物卫生信息系统共报告了218起疫情。截至2019年,共120万头猪被扑杀,经济损失惨重。2019年底,猪肉在全国范围内明显供不应求,生猪和猪肉平均价格飙升,分别比非洲猪瘟暴发前高161%和141%。

利用OutCosT工具的分析结果可以估算出,2019年越南老街省暴发非洲猪瘟所导致的损失为860万美元。在菲律宾,2019年有10个省受到非洲猪瘟影响,到2020年底,疫情已扩散到32个省。2020年的非洲猪瘟疫情导致菲律宾损失大约1.94亿到5.07亿美元。

武装冲突对农业的影响

当前,武装冲突非常活跃,处于第二次世界大战以来的最高水平,包括暴动、政变、国家之间的冲突和内战。虽然《2015-2030年仙台减灾框架》并不涉及武装冲突风险,但仍有必要进一步研究冲突和灾害风险之间的相互作用,包括其与损害和损失的关系。越来越多国家、区域和部门在制定减灾战略和计划时,都会考虑社会危害因素,例

如中非共和国的《国家战略》草案以及伊拉克和阿富汗的《国家减灾战略》。

武装冲突期间,基础设施遭到破坏,贫困加剧,各方不再重视对减灾进行长期投资,也缺乏投资资金,导致社会面对灾害时显得尤为脆弱。武装冲突会导致生计中断或失去生计,迫使人们采取不可持续的农业做法,而这会进一步加剧灾害风险。鉴于武装冲突会导致人们有地却不能耕种,被迫离开家园,医疗和社会保障无从谈起,因此我们必须认识到武装冲突造成的更大范围的损害和损失。此外,灾害事件可能导致当前冲突持续时间更加漫长,尤其是在灾害事件导致资源匮乏的情况下。

一项对非洲和亚洲的综合研究重点关注灾害如何影响冲突形势,并指出关注背景差异和地方差异的重要性。研究发现,在干旱条件下,赤贫国家以农业为生的群体和政治上被排斥的群体遭受持续暴力的可能性增加。宏观地缘政治背景会影响农业粮食体系的运作,因为这往往会影响到武装冲突在地方层面的形态,而且由于全球贸易具有互联互通性,也会从宏观上影响贸易流量。不断承受冲突压力的农业粮食体系往往会变得难以预测。

评估武装冲突对农业的影响,需要计算设备和基础设施遭受的损害和破坏以及牲畜等生产性资产的损失。然而,武装冲突对农业还有其他更为深远的影响,例如人口被迫流离失所和劳动力短缺。为确保灾后需求评估能适应各种复杂的实际环境,包括发生

武装冲突的地区,已经开发出了相应的工具和指南。指南提供信息,以确保灾后活动和应对行动不会加剧冲突。

索马里近几十年来似乎已陷入一个恶性循环,干旱、粮食不安全和接踵而至的饥荒反复发生,形势越来越难以为继。从2011年的饥荒到2016-2017年的大旱期间,为拯救生命,用于应急响应的资金投入估计约为45亿美元。2017年,联合国开发计划署牵头对索马里进行多部门损害和损失评估,结果显示,农业部门蒙受的损害和损失总计接近20亿美元。

阿拉伯叙利亚共和国继2011年发生暴动之后,整个国家不久就陷入一系列错综复杂的冲突。危机进入第五年时,粮农组织开展了一次全面的损害和损失评估。结果显示,危机暴发后的前五年里,农业部门的总损失高达160亿美元,相当于该国2016年国内生产总值的三分之一。其中最严重的是损失值,为92.1亿美元,而损害值则为68.3亿美元。

2022年9至10月,对乌克兰的22个州进行了武装冲突影响评估。结果显示,农村家庭、畜牧养殖户、渔民以及水产养殖户因战争遭受的损害和损失接近23亿美元。全国平均25%的农村人口停止或缩减了农业生产,而在前线,超过38%的受访者称停止了农业生产。2022年战争爆发后的前八个月,乌克兰水产养殖业及渔业总计蒙受了497万美元的损害和1660万美元的损失(根据资金流变化计算),相当于该国水产养殖业年度总产值(3400万美元)的63%。

农业领域的减灾方案

报告这一部分对前三部分进行补充,重点分析投资减灾的可行性,包括在农业粮食体系中积极主动采取措施来减少灾害风险和采取前瞻型行动来提高生计面对灾害时的韧性。为此,我们要分析为减少灾害影响和深层次风险而采取的行动所带来的效益和实施成本。我们将通过几个案例展示减灾措施和前瞻型行动的实际效果,供不同金额投资决策参照。

农场层面减灾措施的效益

农民,特别是从事雨养农业的小农,是农业粮食体系中最为弱势的利益相关方,往往首当其冲受到灾害的影响。农民、政策制定者、发展和人道主义行动方都可以通过多种途径降低小农的脆弱性,包括在农场层面推广预防性减灾措施和技术。这些技术方案适用于不同规模的农业生产,而且都已经过危害情境和非危害情境测试,证实的确有助于避免或减少自然或生物危害造成的农业生产损失。

例如,乌干达为降低持续干旱的影响,推广种植高产耐旱香蕉品种,并辅之以多种水土保持措施,如覆盖土壤、挖掘沟渠和使用有机堆肥。研究表明,受干旱影响的农场通过一揽子良好做法,11年来实现每英亩土地累计净收益比当地传统做法高出约10倍。良好做法的效益成本比为2.15,而当地传统做法为1.16。

在玻利维亚的高地,为降低美洲驼因霜冻、降雪、暴雨和冰雹的死亡率,人们尝试了一系列良好措施,包括修建半遮蔽畜舍和设立兽药站。这些做法具有良好的效益成本比,11年来累积净效益与当地传统做法相比高出17%。模拟分析还表明,如果能系统性推广这些成功做法,驼科动物的死亡率可能比以前下降12倍。

巴基斯坦的旁遮普省和信德省极易受到气候变化的影响,是印度河流域最脆弱的地区之一。当地有两个主要作物季节,即旱季和雨季。减灾措施作为试点被应用于小麦、棉花、水稻、甘蔗、蔬菜和油料作物(如秋葵和向日葵)。连续六季的成本效益分析显示,每投资1美元用于减灾措施,在危害情境和无危害情境中,将分别产生8.18美元和6.78美元的回报。

在菲律宾的比科尔大区,绿色超级稻的种植试验连续进行了三季(2015年旱季和雨季、2016年旱季)。结果表明,与当地品种相比,在危害和无危害情境下种植具有多重抗性的作物品种,都可取得确切的经济效益,产量显著提高。无论在雨季还是旱季,种植绿色超级稻的效益成本比都高于种植当地品种。

要充分发挥此处所述的主动减灾措施的潜力,就必须大规模推广和普及。因此需要着手解决农民在采用这些措施时面临的问题和障碍,例如出台鼓励政策。尝试把减灾措施和社会保护计划相结合,也有助于减灾措施的广泛采用。

投资前瞻型行动的回报

前瞻型行动指在预测到的危害发生之前采取行动,以预防或降低人道主义灾害的严重影响。采取前瞻型行动的机会窗口是从预警被触发到危害产生影响之间的时间段。需要开发预警系统,并提前划拨专项资金,一旦达到预先商定的阈值时可以快速拨付。开发预警系统所需的依据包括各种相关预报数值(如降雨量、温度、土壤湿度、植被状况和其他气候灾害涉及的指标)以及季节性观测结果和脆弱性信息。

前瞻型行动已被证实是一种极具效益成本比的措施,能有效减轻灾害影响,大幅提高韧性。前瞻型行动在危机发生前就能高效和及时地发挥作用,可遏制粮食安全,减少人道主义需求,缓解本已紧张的人道主义资源所承受的压力。因地制宜设置的预警系统被触发后,前瞻型行动作为短期干预措施,旨在保护减灾措施和韧性免受预测冲击的直接影响。本节对10项前瞻型干预措施的效益成本比进行分析后,发现数值大多为正值,从0.46到7.1不等。

实践证明,在预测危害到来之前采取前瞻型行动保护牲畜,可有效降低牲畜死亡率,维持牲畜身体指标和生产率以及畜群繁殖能力。用于作物的前瞻型行动也取得了良好效果。在不同情况下,干预措施可包括选用抗性强的种子、提前采收、针对危害引发的病虫害开展植保工作、种植速生作物或添置小型灌溉设备。

相关事例证明,前瞻型行动也可以降低既有风险,在危害产生影响后能长时间保护生计。前瞻型行动过程中开展的培训有助于提高人们的减灾意识,强化减灾技能。另外,有效的预警系统可保证干预的及时性,而进一步将前瞻型行动纳入减灾政策、计划和财政框架以及人道主义和发展框架,则有助于加强各国的韧性,减少灾害风险。

防控措施和前瞻型行动相结合的案例 — 非洲之角防控沙漠蝗虫

大非洲之角2020年和2021年暴发沙漠蝗虫灾害,是该区域迄今最严重的蝗灾之一,对粮食安全和生计构成了前所未有的威胁,极有可能造成大面积灾害、流离失所和冲突。在2020-2021年防控沙漠蝗虫行动相关经验的基础上,目前已形成了一种与时俱进的新方法,可用于计算粮农组织基于风险的干预行动的投资回报情况。实地报告为我们提供了各项详细信息,诸如防控措施属于空中防治还是地面防治以及蝗群的蝗虫密度。粮农组织沙漠蝗信息处提供的预警和预报信息贯穿整个蝗灾周期,及时而准确,使基于风险进行战略部署成为可能。在非洲之角和也门,干预措施覆盖了多达230万公顷的面积。此举所避免的谷物和奶类损失的商业价值总计约为17.7亿美元。基于风险大规模部署沙漠蝗虫防控干预措施的投资回报比高达1:15,意味着干预措施每投入1美元,就可以在大非洲之角避免大约15美元的损失。粮农组织及其合作伙伴通过共同努力,共避免了450万吨作物和9亿升奶的损失,保障了近4200万人的粮食安全。

还必须指出,沙漠蝗虫激增并不是2020-2021年影响非洲之角的唯一灾害。非洲之角的农民已经遭受了洪水、干旱和风暴等其他灾害,加上2019冠状病毒病疫情相关防控措施,农民很难获得农业投入品,只能减少种植面积。如果没有针对沙漠蝗虫的防控措施,2020年和2021年的玉米和高粱产量可能更低。这也要求各方采取多危害减灾方法,确保在实地实施的干预措施足以解决各种相互交织的灾害风险及其连锁影响。

总结经验可以发现,在蝗虫肆虐的情况下,基于风险采取干预行动,能大幅减轻蝗灾对农业粮食体系和相关生计的潜在不利影响,减少对作物和牧场的破坏,最大限度避免开展不利于人类健康和环境的农药喷洒作业,同时降低经济成本。

结语

有关灾害如何影响农业的数据和信息亟待完善是首个关键主题,贯穿本报告各个章节。投资于能加强数据监测、报告和收集工作的方法和工具,是建设各国能力的首要工作,是了解和减少农业和整个农业粮食体系中灾害风险的前提。本份报告是迄今首个对灾害如何影响种植业和畜牧业的全球评估,丰富了我们的知识储备。

具有部门针对性的评估脆弱性、评价影响和减少风险的方法必不可少。即使在信息较为完善的子部门,也需要开发标准化工具来衡量灾害的影响,以便评估损害和损失情况,在各级开展能力建设,支持预防和响应

协调机制,并将损失估算范围扩展到全国或全球层面。渔业和林业这两个子部门由于缺乏反映生产、资产、活动和生计的全面信息,在灾后影响需求评估中经常被忽视。新技术和遥感技术的进步为完善农业灾害影响相关信息提供了新途径。在政策层面,《仙台减灾框架》的C2指标涉及农业直接经济损失,与联合国可持续发展目标指标1.5.2相对应,加强C2指标的数据报告工作也有助于形成系统化、全面的农业灾害损失数据库。

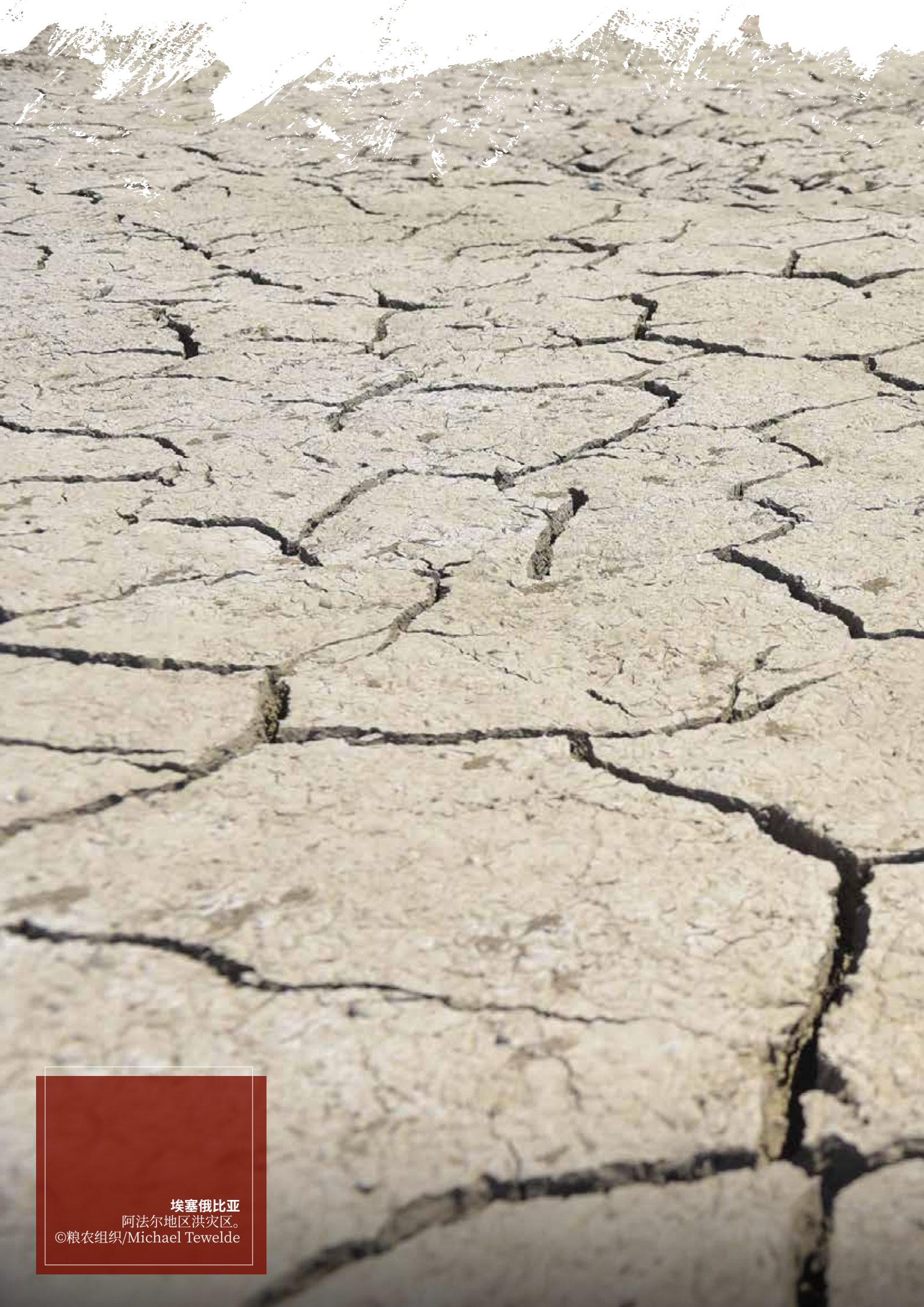
本报告的第二项关键结论是,需要开发多部门、多危害减灾方法,并将其纳入政策和决策主流。多重因素相互交织,危机相互叠加,会加剧灾害影响,并产生连锁和复合效应,民众、生态系统和经济的风险和脆弱性因此被放大。如本报告所述,气候变化、2019冠状病毒病疫情、非洲猪瘟和武装冲突等因素相互叠加,使农业粮食体系承受的灾害风险及其影响进一步加重。就气候变化而言,运用归因法可获得有关气候变化在多大程度上加重农业损失的新信息。

减少灾害和气候风险的战略要行之有效,必须从整体和系统性的视角出发,审视造成农业粮食体系损失的不同驱动因素及其影响路径。这一点对于弱势群体或社区数量众多的国家、备灾或救灾能力或资源不足的国家以及粮食安全易受农业生产波动影响的国家而言,尤为重要。更好地了解农业部门和整个农业粮食体系减灾行动的好处至关重要。必须建立一个健全的实证数据库,为在更大范围内扩大和推广干预行动和措施提供依据。

报告得出的第三项主要结论是, 需要对加强韧性进行投资, 这有利于减少农业粮食体系的灾害风险, 改善农业生产和生计。在农场层面因地制宜采取减灾措施, 是具有较高成本效益的解决方案, 可提高生计和农业粮食体系面对自然和生物危害时的韧性。本报告中的案例表明, 良好的减灾措施不仅可以减少灾害风险, 还能产生显著的额外效益。为此, 迫切需要采取行动, 鼓励采用现有创新技术, 推动形成更便于推广的风险管理解决方案, 并加强早期预警和前瞻型行动。

现有实证尽管尚不够全面, 但足以表明必须采取一系列行动, 完善灾害影响评估,

强化减灾政策。国家、部门和地方层面的减灾战略是实现农业粮食体系包容性和韧性的基石。联合国系统应成为得力的合作伙伴, 协助各国将减灾工作主流化, 纳入国家和部门政策、计划和供资机制。然而, 有必要扩大与研究相关的知识储备, 借此为政策和决策提供依据, 提升农业和整个农业粮食体系的韧性。这是将多重减灾工作纳入农业政策、农技推广以及国家和地方减灾战略的必不可少的第一步。



埃塞俄比亚

阿法尔地区洪灾区。

©粮农组织/Michael Tewelde



第1部分

引言

与国际发展目标恰恰相反, 2023年是有记录以来最热十年即将结束之际, 其特征是出现了前所未有的极端天气事件和大规模灾害, 而这些影响又因持续不断的冲突和2019冠状病毒病疫情进一步加剧。近年来, 国际社会经历了大范围的人员、经济、基础设施损失、供应链中断以及重要的环境生态系统退化等问题。灾害事件(联合国大会将其定义为“由于危害事件与暴露程度、脆弱性和能力水平相互作用, 导致社区或社会正常运行受到不同规模的严重破坏, 出现以下一种或多种情形: 人员、物质、经济或环境蒙受损失或受到影响”^c)的发生频率及其强度正在不断升级, 预计将在地球气候变暖导致有限的生物和生态资源面临不确定风险的背景下进一步恶化。

2023年是评估灾害对农业造成损失的绝好机会, 因为整个国际社会正处于全球性重要节点, 为打造更可持续的未来而评估目前已取得的进展。审议《2030年可持续发展议程》实施情况的2023年可持续发展目标峰会以及《2015-2030年仙台减灾框架》中期审查为我们提供了一个重要平台, 可以评估在减少风险、增强韧性、打造更可持续世界等方面取得的进展。展望未来, 2023年底的《巴黎气候变化协定》全球盘点活动以及2024年的未来峰会都将带来新的机遇, 可以继续评估全球发展进度。

据灾害流行病学研究中心国际灾害数据库(EM-DAT)的大量极端事件记录统计^c, 仅在2022年, 灾害就导致31000人死亡, 预计经济损失达2238亿美元, 受影响人数超过1.85亿。²灾害事件的次数已从20世纪70年代的每年100起增至过去二十年间的每年约400起(图1)^d。

一般情况下, 影响农业的风险无处不在, 我们在减灾方面做出的努力远不及风险的增加速度。要想增强社区或社会生态系统的韧性(其宽泛定义为应对干扰或不利事件影响的能力)和应对能力, 就必须大幅改变现有做法, 并改进资源的获取和筹措方式。加强影响和风险信息工作, 使各层级信息保持相互一致和适当整合, 有助于地方和国家层级的农业相关社区确定最佳策略, 去减缓或减轻未来事件产生的影响。同时, 必须大范围采取措施, 预防新风险的产生, 在灾害事件发生之前减少现有风险, 增强灾害过程中的应对能力, 制定灾后应对措施, 只有这样才能实现《2030年可持续发展议程》、

^c 参见国际灾害数据库(EM-DAT) <https://public.emdat.be/>

^d “其他”危害类别包括生物危害、地外危害和复杂型危害。此外, 灾害数量增加的一部分原因是数据报告工作有所改进, 但主要原因是天气和气候相关危害(如洪水、干旱、极端温度)引起灾害数量增加。相反, 地震、火山喷发和块体运动等地球物理事件的数量则在一段时间内相对保持稳定。虽然近几十年事件的总体数量已趋向平稳, 但随着大气中温室气体继续积聚, 预计数量仍会上升。

《巴黎协定》和《仙台减灾框架》。要做到这一点,就必须在农业活动、计划、政策和融资中开展跨部门改革,营造主动预防和减轻风险的文化。

粮农组织即将推出最新旗舰出版物《灾害对农业和粮食安全的影响》,为未来打造更包容、更具韧性、更可持续的农业做出努力。粮农组织先前已就该主题编写了三份出版物^e,在此基础上,本报告旨在整理并传播有关灾害对农业影响的现有知识,以推动有据可循的减灾投资。本报告力求展示各种方法,以改进有关农业相关风险及其影响

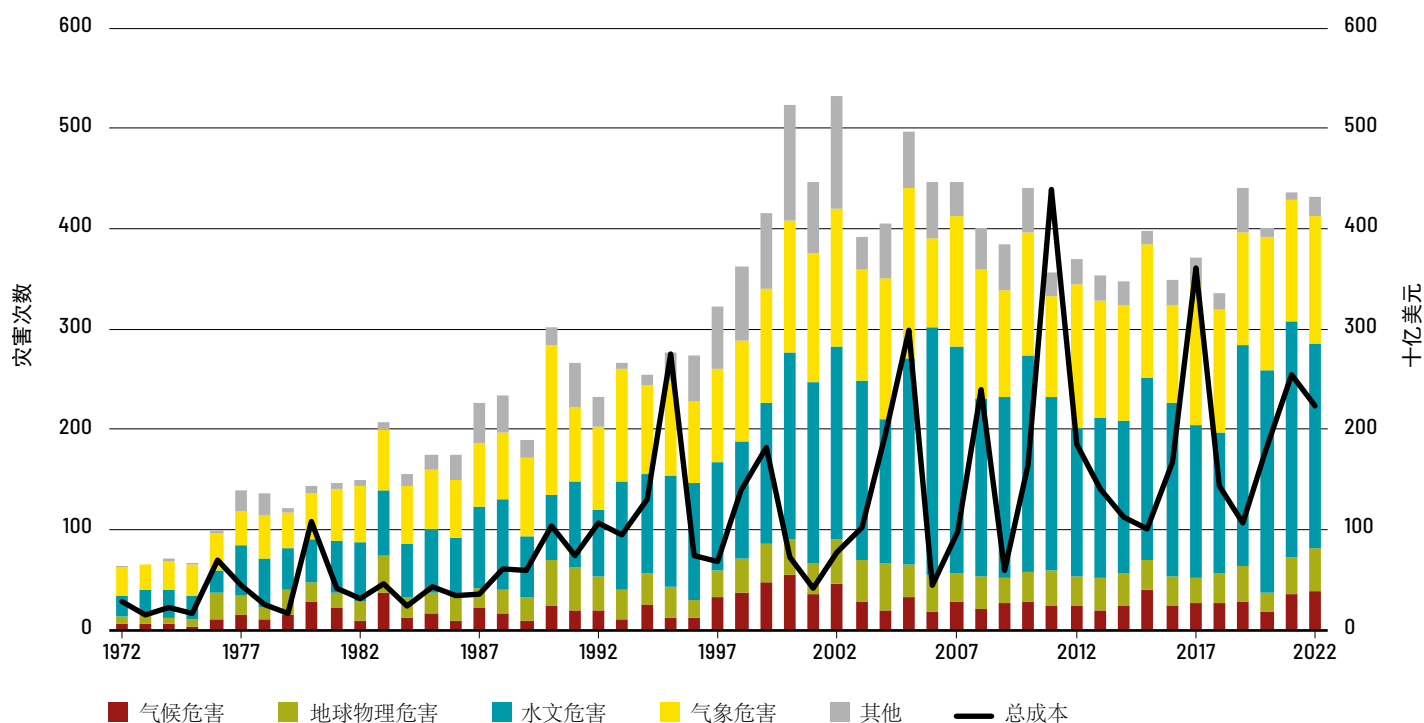
^e 先前的出版物于2015年、2017年和2021年发布。

的数据收集和研究工作,吸引国际社会关注减灾,并给予政治、经济支持与承诺。

为满足人们了解和应对灾害对农业影响的迫切需求,本报告采用以下两种方式汇总有关该话题的现有知识并提供新数据:第一,收集并汇总有关灾害对农业影响的现有实证,可能的情况下采用各种工具和方法揭示和量化灾害给农业造成的损失;第二,分析投资于减灾解决方案能带来的潜在收益,如在农场层面采取主动减灾措施和前瞻型行动,以增强农业生计的韧性。

下文介绍的框架将农业减灾相关关键概念与报告各部分内容联系起来。

图1
按国际灾害数据库危害分组列的灾害
次数和经济损失总额(1972-2022年)



资料来源：国际灾害数据库EM-DAT。2023。国际灾害公开数据。见：国际灾害数据库。布鲁塞尔。[2023年1月引用]。 <https://public.emdat.be/>

1.1
灾害风险概念框架与本报告结构

联大通过第A/RES/69/284号决议设立的一个关于减少灾害风险的指标和术语的政府间专家工作组已开展工作,不限成员名额,工作组阐释了本报告探讨的部分定义和概念。随后联大通过第A/RES/71/276号决议采纳了这些定义。按照此项工作做出的定义,灾害风险指“在特定时段内,系统、社会或社区可能发生的潜在生命损失、伤害或资产被毁或损坏,其发生概率可由危害因素、暴露程度、脆弱性和能力综合决定。”。

危害一词指在一段时间内和特定区域里“可能导致死亡、伤害或其他健康影响、财产损失、社会和经济破坏或环境退化的过程、现象或人类活动”¹。国际科学理事会和联合国减少灾害风险办公室已提出一整套国际参照组,包含302种危害,分成八组:气象和水文危害、地外危害、地质危害、环境危害、化学危害、生物危害、技术危害和社会危害,这些组别还可在特定灾害背景下进一步细分或调整。³影响农业的主要是气象和水文危害、地质危害、环境危害和生物危害,但

武装冲突等社会危害以及技术危害和化学危害也会给农业带来潜在威胁(表1)。

暴露程度指“位于危害易发地区的人员、基础设施、住房、生产能力和其他有形人力资产的状况”。¹在农业中,受暴露影响的物品包括作物、牲畜、渔业和水产养殖产品、林产品以及生产和运输基础设施等资产或为农业生产和相关生计活动提供支持的土地、水和其他生态资源。脆弱性则指“由物理、社会、经济和环境因素或过程决定的各种条件,会增加个人、社区、资产或系统对危害影响的敏感性。”¹其中包括可能受影响的社会或系统固有的经济、社会和环境特征。灾害风险定义中最后一个维度是能力,指“一个组织、社区或社会内所有可用的优势、属性和资源的组合,可管理和降低灾害风险并加强抗灾能力”。¹

图2展示的是本报告的概念框架,描述农业灾害风险之间的相互作用,并将其与本报告结构及各部分联系起来。灾害风险的各个组成部分,如脆弱性、暴露程度和应对能力,是一个连续体,并随着时间的推移不断变化。灾害造成的损失和损害数量取决于危害与各灾害风险相互作用的速度和空间尺度。在农业领域,与其他领域一样,危害和它

表1
本报告涉及的危害类型

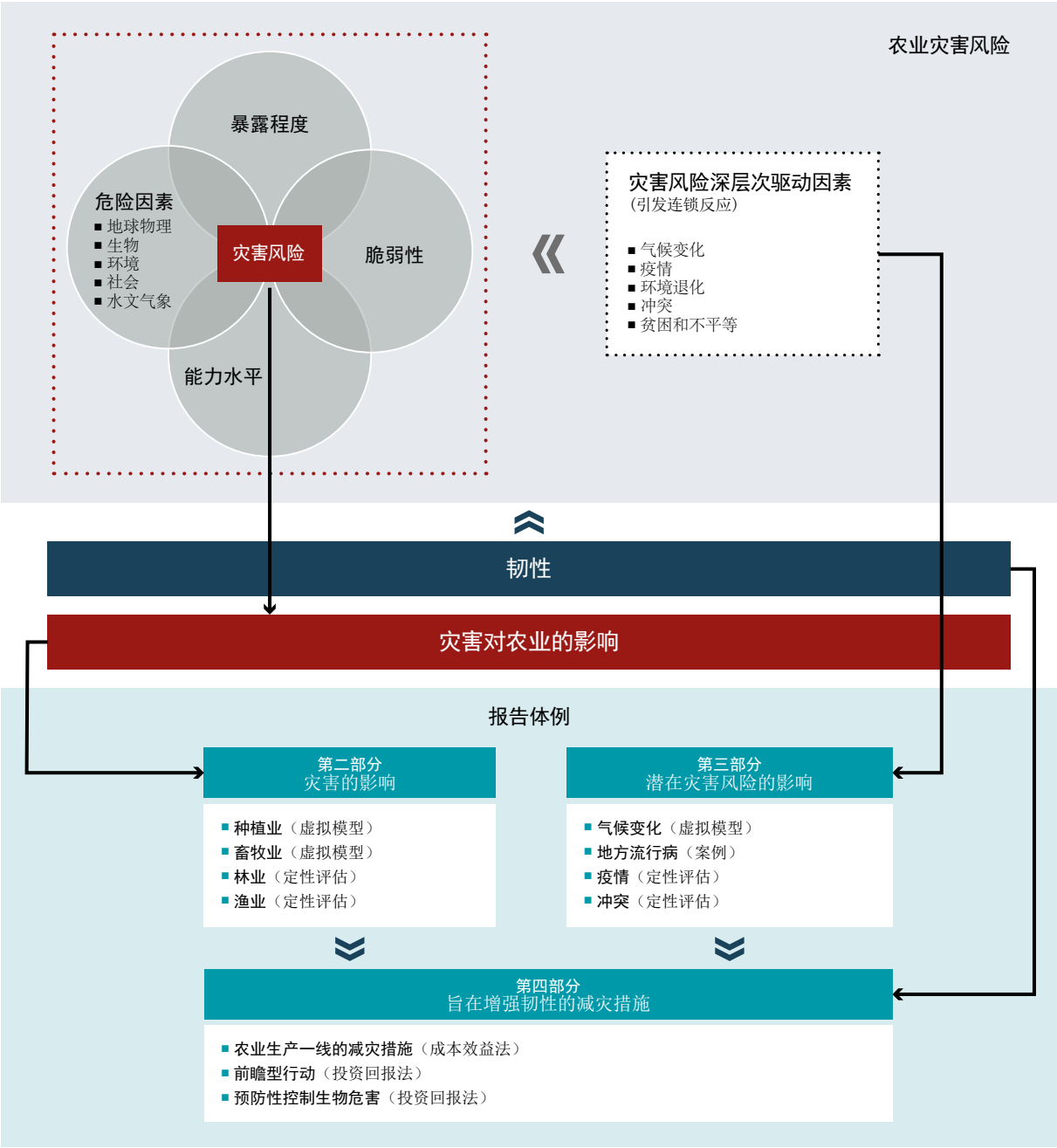
水文气象危害	地球物理危害	生物危害	环境危害	社会危害
洪水、干旱、旋风、风暴、极端温度	地震、火山活动、海啸、滑坡	动植物病虫害(非洲猪瘟)、虫害(沙漠蝗虫、草地贪夜蛾)、有害藻华	野火和林火	武装冲突

资料来源:作者本人解读。

所造成的灾害事件都可能在不同时间和空间尺度上展开。热浪、干旱或病虫害等危害以及它们造成的影响会持续较长时间,通常被称为缓发性事件。而风暴、洪水和地震是突发性事件,其影响在时间和空间尺度上相对有限,因此所造成的损失和损害更容易衡

量。对实物资产或结构性资产的最初破坏会累积成直接损害,而直接经济损失则指这些被破坏资产的货币价值。灾害还会产生二次或间接损失,意味着由于直接经济损失以及人类和环境影响,导致经济增加值有所下降。⁴

图2
报告概念框架



资料来源:作者本人解读。

如图2所示,危害与灾害风险其他组成部分之间的动态相互作用还会受到深层次风险驱动因素和冲击的影响,会引发连锁反应,影响到国内外多个系统和部门。这些灾害风险驱动因素指“因暴露程度和脆弱性上升或能力降低对灾害风险水平产生影响的过程或条件,通常与发展有关”⁴,包括气候变化、贫困和不平等、人口增长,但也包括流行病、不可持续的土地利用和管理方式、武装冲突和环境退化。也许对农业而言,最紧迫的风险是气候变化带来的威胁日益加重,因为农业离不开气候条件以及环境和生态资源的健康程度。随着气候变化进程不断加剧,各种极端气候的影响将变得越来越重要。气候变化会导致天气和气候相关危害的频率、强度、空间范围和持续时间发生变化²。据政府间气候变化专门委员会称,高度脆弱性加上更严重、更频繁的极端天气和气候,可能导致世界上部分地区变得越来越不适宜生活和种植粮食。⁵

在图2展示的风险、暴露程度、脆弱性、能力和危害之间相互作用的基础上,本报告第2部分对灾害对农业及其子部门(作物、畜牧、渔业及水产养殖、林业)的影响进行了量化。

历史损失数据对于量化和验证灾害影响估计值至关重要。在不同的灾害背景、评估对象或主题、机构和利益相关方的需求以及影响评价的社会、物理和时间维度背景下,可采用多种方法来衡量灾害损失和损害。最重要的是,是否具备相关而可靠的数据,是确定影响评价方法的唯一最主要因素。

目前没有专门的数据库记录灾害对农业粮食体系的影响。此外,现有国际灾害数据库中的数据要么无法全面覆盖各部门,要么无法提供易于细分的信息,难以确定和评

估与农业粮食体系相关的各种风险和后果。如第2.1节所述,记录灾害对农业造成的损失是一项复杂挑战,其中一个原因是农业各子部门内部固有的多样性,包含多种多样的产品、资产、活动和生计,都可能受到多种危害事件的影响。迫切需要通过实现通用定义、数据指标和衡量方法的标准化,作为长期战略的一部分,通过改进信息收集工作来加强减灾工作。

粮农组织一直致力于改进数据收集的覆盖率和标准化,以评估极端事件对农业的影响,并致力于为各国和国内各级部门开发定期监测和报告的工具和方法。⁶粮农组织支持了《仙台减灾框架》的“C2指标:灾害造成的直接农业损失”(见本报告第2.2节)制定标准化方法和定义,该指标用于记录联合国成员国农业及其子部门的损失和损害数据(对应可持续发展目标指标1.5.2)。然而,由于各国在数据收集和报告方面存在滞后,C2指标下已获取的数据需要进一步加强。在数据可用性不足的情况下,需要从其他来源,如灾后需求评估,获得有关农业部门与其他生产部门相比所承受损失的相对份额的实证。

在缺少数据的情况下,人们提出了不同方法来估计灾害对农业的影响。其中一种方法就是利用基于灾害事件和农业产量历史数据之间关系的概率和统计模型。本报告第2.3节就利用模型对过去三十年间灾害事件造成的全球作物和牲畜损失进行首次评估。有关危害次数的信息来自国际灾害数据库(EM-DAT),而有关产量、价格和收获面积的信息则用于计算产量波动,反映农业风险暴露程度和脆弱性。该分析利用虚拟情景对受灾和未受灾情景进行对比,揭示不同地区和灾害类型在不同年份的损失规模和损失负担。

当数据的产生和报告工作达到较高水准时,如种植业和畜牧业子部门,就可以通过评估得出有关生产和相关农业活动的详细实地损失估算值。东非草地贪夜蛾入侵造成的作物损失评估和索马里干旱对牲畜的影响评估都能深入到地方一级,并采用量身定制的指标和方法,考虑不同危害和风险对农业生产的具体影响。这些评估突出展示了数据的齐备程度如何左右对灾害影响的准确评估,并提出可用于满足不同背景下影响评估具体需求的策略和方法。

相比之下,由于缺少林业和渔业及水产养殖子部门的标准化指标和数据,很难对灾害影响开展微观和宏观层面的分析。本报告第2.4节将全面介绍在这两个子部门开展灾害影响评估时面临的挑战。一些危害和灾害事件凸显出数据不足的问题,同时也突出说明影响评估工作对渔业及水产养殖和林业部门的重要性。

报告第3部分通过更具全局性的方法,分析灾害风险深层次驱动因素(气候变化、流行病、环境退化和武装冲突)如何对农业产生影响。该部分以第2部分的分析结果为基础,深入探讨灾害风险深层次驱动因素及其对农业产生的连锁影响(见图2)。首先,该节将介绍气候变化影响归因学的新应用,展示气候变化在四个不同国家对作

物生产率的影响。其次,本节将讨论2019冠状病毒病疫情和非洲猪瘟暴发相关案例,突出疫情和地方流行病对农业部门的影响,包括对全球市场的连锁影响。最后,该节还将探讨武装冲突对农业的影响以及危机背景下深层次风险驱动因素之间的相互作用和放大效应。

最后,第4部分利用现有实证,分析通过在农场层面应用减灾良好做法来预防危害和灾害风险引发全面灾害的好处以及如何通过前瞻型行动和对多风险抵御能力的投资来减缓灾害风险,从而限制或减少农业领域的损害和损失。积极制定减灾措施,支持农场层面采用良好做法和技术,增加面向粮食不安全和弱势群体的灾害和气候融资,明显有助于减少灾害对男性和女性造成冲击。这些良好做法不仅能带来更高的经济回报,还能产生更广泛的社会经济和环境效益,有助于加强农村生计,提高农民和务农人员的韧性。该部分通过具体范例,对预测会发生危害时农场层面减灾良好做法、技术和基于风险的前瞻型行动所产生的成本效益开展分析,这是一种已被证实具有较好成本效益的挽救生命和生计的解决方案。最后,讨论了为遏制沙漠蝗虫的蔓延和保护非洲之角农业生计而部署的一整套解决方案。■



坦桑尼亚

人工放火烧林。粮农组织正在开发培训模块，加强世界各地的森林可持续管理。

©粮农组织/Luis Tato



第2部分

灾害对农业的影响

关键信息

- 过去三十年，灾害事件造成的种植业和畜牧业产值损失估计约为3.8万亿美元，相当于每年平均损失1230亿美元，相当于全球农业年总产值的5%。三十年的损失总额大约等于巴西2022年国内生产总值。
- 各大类主要农产品过去三十年的平均损失都呈上升趋势，其中因极端事件造成谷物平均每年损失6900万吨，水果蔬菜4000万吨，肉、奶、蛋类1600万吨。这些损失数额极大，分别略高于2021年法国的谷物总产量、日本和越南2021年的水果蔬菜总产量、墨西哥和印度2021年肉、奶、蛋类总产量。
- 灾后需求评估数据显示，在灾害所致经济损失总量中，农业部门所占份额接近23%。
- 低收入和中等偏下收入国家因极端事件承受的损失最大，可高达其农业总产值的10%。小岛屿发展中国家的损失约为其农业总产值的7%。
- 极端温度、干旱、洪水和风暴是给世界各地农业造成损失的主要危害类型。
- 农业减产会导致营养素可供量显著减少，1991年至2021年全球膳食能量损失估计为每人每日147千卡。损失总量相当于约4亿男性或5亿女性一整年的平均需求。
- 有关灾害对农业影响的数据存在片面和不一致的问题，尤其在渔业及水产养殖业和林业子部门。迫切需要改进数据收集工作，为循证政策、做法和解决方案提供支持，减少农业领域中的风险和提升韧性。

在现代社会全球化背景下,极端事件的影响是多维度、相互关联和连锁的。农业位于人类、社会和环境系统的交叉点,极易受到重大破坏和冲击的影响。要想减少这些冲击的不利影响,并通过制定和实施减少风险和抗灾战略来提高该部门的抗灾能力,就有必要首先确定和衡量农业活动如何受到灾害的影响。

第2部分将进一步阐述灾害对农业的影响。第2部分第1节和第2节概述极端事件对农业的潜在影响轨迹,并重点展示记录这些影响所需的数据产生和收集工作现状。这些影响可能由多种危害引起,并可表现为不良物理、经济和社会后果。这两节还将概述农业灾害造成的社会影响的两个方面,即对女性农民的影响以及对流离失所和移民问题的影响。

第2部分第3节介绍对历史农业损失的全球评估结果,揭示过去三十年来种植业和畜牧业两个子部门在不同年份、区域和事件类型方面所遭受的不同损失负担。损失表示为农产品损失单位(吨)及其总经济价值。产量损失随后被转换成营养素和能量,突显健康膳食方面的潜在损失。插图从实地视角出发,介绍2016/17年索马里干旱

后的牲畜损失情况以及草地贪夜蛾暴发对作物的影响。

第2部分第4节重点介绍渔业及水产养殖和林业这两个农业子部门所遭受的灾害影响,通过两项评估,详细说明特定部门的危害或影响,包括野火和虫害对林业的影响以及三个国家不同灾害对渔业及水产养殖业的不同影响。该节强调计算渔业及水产养殖业和林业灾害损失的复杂性,并深入介绍更优秀的数据收集和影响评估系统。■

2.1 灾害对农业的多重影响

农业活动和生计以及它们所支撑的农业粮食生产体系很大程度上依赖环境条件、自然资源和生态系统。气候条件和天气相关事件会直接影响种植业、畜牧业、渔业和林业的可持续性。⁷由于洪水、缺水、干旱、农业产量及渔业资源减少、生物多样性丧失和环境退化等多重危害和威胁,世界各地的农业遭受破坏的风险与日俱增。地震、火山喷发和板块运动等地球物理危害则会毁坏基础设施,并对农业所依赖的服务和网络(如运输和市场准入)造成大范围破坏。

供水变化和极端温度是直接和间接影响农业生产的最主要因素中的两个。洪水和强降水对农业体系和生产率既有积极影响,也有消极影响。例如,强降雨和田地受淹会推迟春季种植活动,促使土壤板结,并因缺氧和根系疾病导致作物减产。相反,洪水也会对下一季作物产生积极影响。此外,与季风和旋风相关的强降雨对生态系统大有裨益,有助于恢复水库水位,为季节性农业生产提供支持,缓解干旱地区的夏季旱情。尽管如此,降雨波动仍是造成作物减产的最主要原因之一。在巴基斯坦,2022年过量季风降雨及其引发的洪水给农业部门造成了近40亿美元的损失。⁸

据美国国家海洋和大气管理局估计,仅2022年一年,美国的重大天气和气候事件给作物和牧场造成的损失就超过214亿美元。⁹其中干旱和野火造成的作物损失总值超过204亿美元,其余10.8亿美元则与飓风、冰雹、洪水和其他恶劣天气事件有关。干旱会导致缺水 and 作物歉收,最终在脆弱的环境中引发饥荒。在洪都拉斯,干旱和2020年风暴的综合影响导致农业产量减半,粮食不安全加剧,许多人被迫逃亡。^{10,11,12}

农业干旱是由降雨不足(气象干旱)、土壤缺水和灌溉所需的地下水或蓄水水平降低(水文干旱)共同造成的。尤其是在生长季节,干旱会导致降水不足,从而影响作物生产或生态系统功能。土壤水分不足和土壤退化会影响除农业以外的其他生产系统,特别是其他自然生态系统或人工生态系统,包括森林和牧场。例如,干旱、高温和北欧云杉松林小蠹虫害发生率之间有着密切关联。¹³

极端温度事件也会对农业生产产生不利影响。在畜牧子部门,热应激会影响动物

的死亡率、增重、产奶量和生育能力。¹⁴一旦气温高于动物热中性区温度,动物福利也可能受到不利影响,使之更容易患上某些疾病。某些品种的牛在温度高于20°C时会出现热应激,从而影响乳牛和肉牛生产系统的经济效益。¹⁵许多作物对极端高温特别敏感,会降低玉米等谷物作物的产量,并增加牲畜的应激反应。当夜间温度从27°C升至32°C时,水稻产量最多可能会下降90%,¹⁶而超过30°C的温度被认为对玉米生产有害。¹⁷小麦籽粒发育过程中如出现高温,会改变籽粒中的蛋白质含量,而灌浆过程中的高温则会成为影响小麦产量和面粉质量的最重要因素之一。¹⁸

作物种植后发生极端事件也会影响生产。例如,在2019/20年火灾季,澳大利亚东南部的野火摧毁了超过1000万公顷土地,其中约四分之一为农地。¹⁹此外,频繁出现的高温天气也可能增加务农人员、动物和植物的热应激。在西欧一些地区,尽管农业技术已在大规模农业生产和食品加工业中广泛应用,但2022年的严重干旱仍导致作物减产45%,而小麦和水稻则减产30%。²⁰

实证表明,当前的全球变暖趋势已经对农业产生了影响。海洋温度升高正在导致海洋热浪的发生率上升,给海洋生态系统带来威胁,并对渔业和水产养殖业产生不利影响。与未发生变暖情况下的预期产量相比,一些地区的作物产量已经因气候变暖而开始减少。最近一项研究发现,热浪和干旱对作物生产的影响幅度大约增加了两倍,从1964年至1990年的2.2%升至1991年至2015年的7.3%。²¹总体而言,历史上干旱和热浪曾导致欧洲的谷物产量平均分别下降了9%和7.3%,而同期非谷物产量则分别下降了3.8%和3.1%。寒潮也曾导致谷物和非谷物产量分别下降1.3%和2.6%。

这些日益加剧的趋势令人担忧。农业在保障粮食供应、实现健康膳食方面发挥着至关重要的作用,同时也是创造就业机会、保障粮食安全和减少贫困的重要驱动力。亚洲47.5亿人口中有半数以上居住在农村地区,以务农为生。²⁷同样,非洲近50%的人口以务农为生,农业在该区域国内生产总值中占比35%。²⁸农业部门在灾害面前的潜在脆弱性令人震惊,特别是在全球人口不断增长和粮食需求持续增加的背景下。

除了对农业生产和库存产生直接影响外,灾害还会影响生计、粮食安全和营养,导致农村人口失业,农民和农业劳动者收入下降,减少当地市场的粮食供应。而灾害对粮食供应和营养的次要影响,如食品价格飙升、因生计受损或资产被毁导致用于购买食品的资金减少、因流离失所或市场和基础设施受阻而无法获取食品、社会援助计划中断以及缺少清洁的水和卫生设施,都可能减少直接受灾社区获得食品的»

插文1

近期影响农业的事件

- 热带气旋伊代于2019年在马拉维、莫桑比克和津巴布韦登陆。这场风暴被称为南部非洲最致命的旋风,共造成95388人流离失所,598人死亡,摧毁了莫桑比克71.5万公顷的作物,使该国的粮食安全状况进一步恶化。²²
- 2022年夏天,欧盟超过80万公顷森林被野火烧毁。据估计,火灾造成的损害超过20亿欧元,葡萄牙、罗马尼亚和西班牙受灾最为严重。²³
- 2018年开始在中国暴发的非洲猪瘟严重影响了该国养猪业。这场流行病导致约1112亿美元的损失,相当于中国国内生产总值的0.78%。²⁴
- 2022年,美国经历了18次天气和气候灾害,每次造成的损害均超过10亿美元。美国国家海洋和大气管理局称,2022年已超过2021年,成为历史上第三大灾害损失年,共造成470人死亡,经济损失总额约为1650亿美元,其中仅农作物损失就接近220亿美元。⁹
- 巴基斯坦2022年的季风降雨超过历年平均水平,随之又发生了世界上最为致命的洪水之一,3300多万人受灾,经济损失高达300亿美元。农业是受灾最严重的经济部门之一,棉花、椰枣、甘蔗和水稻遭受重大损失,大约120万头牲畜死亡。该国粮食不安全人口因此估计增加了760万。²⁵
- 2023年2月,一场毁灭性地震袭击了土耳其南部。受灾地区是土壤肥沃的新月地带,占农业国内生产总值近15%,占农产品出口量近20%。地震对11个农业大省造成严重冲击,1573万人和全国20%以上的粮食生产受到影响。粮农组织的初步评估表明,地震对土耳其农业造成严重影响。经初步测算,农业部门承受的损害额达13亿美元,损失额达51亿美元。²⁶

资料来源:作者本人解读。

插文2

灾害导致的流离失所及其对农业和粮食安全的影响

评估灾害导致的流离失所对农业部门的影响仍然很困难。然而,来自世界各地的实证证实,流离失所是灾害最明显的后果之一,对粮食安全和粮食体系的可持续性具有短期和长期影响。

突发性灾害每年都会引发大规模流离失所,而缓发性灾害也会导致整个地区不再适合农作,迫使社区人口搬迁。当这两种灾害结合在一起时,其影响可能是毁灭性的,流离失所可能会进一步延长。境内流离失所问题监测中心的最新数据显示,2008年至2022年,灾害共造成3.76亿人境内流离失所,而截至2022年底,仍有870万人流离失所。

农村人口流离失所时,他们不仅要放弃自己的土地和生计,他们的离开也意味着粮食减产,会对粮食体系的可持续性产生连锁效应。从哥伦比亚到埃塞俄比亚再到索马里,洪水和干旱迫使许多农村人口迁往城市地区,很多时候并没有明确归期。在一些地区,灾害的影响与冲突和暴力的影响交织在一起,意味着依赖农业生产和贸易维持生计的流离失所人口无法生产和出售粮食,而行动受限和冲突的其他影响也进一步加剧了他们的粮食不安全状况。

巴基斯坦南部信德省是一个典型例子,展示缓发性和突发性危害如何相互交织,进而引发流离失所,严重破坏粮食体系,加剧粮食安全。信德省是巴基斯坦的农业大省,2021年和2022年初遭受了严重干旱。形势严峻迫使政府发出警报,因为水资源短缺已严重威胁棉花和小麦等作物的生产,危及数百万农民的生计。^{30,31}2022年8月的季风洪水淹没了信德省18%的地区,引发大规模流离失所,作物受损

严重。³²全国农业部门的损失高达92亿美元,其中72%发生在信德省。³³

事实证明,关于洪水可能引发粮食危机的多次预警是准确的。^{34,35}在7月和8月季风峰期,巴基斯坦各地近600万人的粮食不安全等级为粮食安全阶段综合分类3+级别,其中半数以上在信德省。根据记录,信德省和俾路支省是洪水导致流离失所人口最多的省份。³⁶2022年季风给巴基斯坦带来了破纪录的降雨量,引发了820万人次迁移,成为近十年世界上规模最大的因灾流离失所事件。³⁷

同样,在接连发生灾害后,洪都拉斯也发生了严重的流离失所和农业损失。2020年11月,飓风埃塔和艾奥特在两周内迫使91.8万人境内流离失所。许多农民受到影响,大范围波及16个省的农业生产。咖啡和香蕉等在该国出口和国内生产总值中占很大比例的作物受损。³⁸

洪都拉斯位于中美洲的干旱走廊,近年来干旱导致收成减少,削弱了农民的韧性。干旱和2020年风暴的综合影响使农业产量减半,加剧了粮食不安全,许多人被迫逃往国内其他地区 and 国外。^{10,39,40}

以上例子表明,我们不应忽视灾害导致的流离失所对农业的影响。相反,我们需要更多数据来全面评估这一现象的范围和规模,同时研究粮食和农业部门如何寻求持久性解决方案,以解决流离失所问题。³⁷

资料来源:作者本人解读。

插文3

揭示性别脆弱性：灾害如何影响巴基斯坦女性在农业领域的就业

现有的性别不平等问题会加剧各行各业女性的灾害风险，并削弱社区整体的韧性。观察发现，灾害对巴基斯坦农业部门男性和女性产生的经济影响大相径庭。

农业是巴基斯坦最大的经济部门，占其国内生产总值的24%，⁴⁴雇用总劳动力的37%（图3）。⁴⁵女性占巴基斯坦农业劳动大军的70%以上。由于各种社会、经济和文化因素长期阻碍女性非农部门就业，自20世纪90年代以来，女性在农业劳动大军中的占比一直保持稳定。相比之下，更多男性则纷纷转移到制造业和服务业，使经济中长期存在的性别差异进一步加剧。

分析巴基斯坦的数据后可以发现，洪水对农业就业产生了影响，而且总体而言，灾害事件发生后，农业部门的有偿就业有所减少。

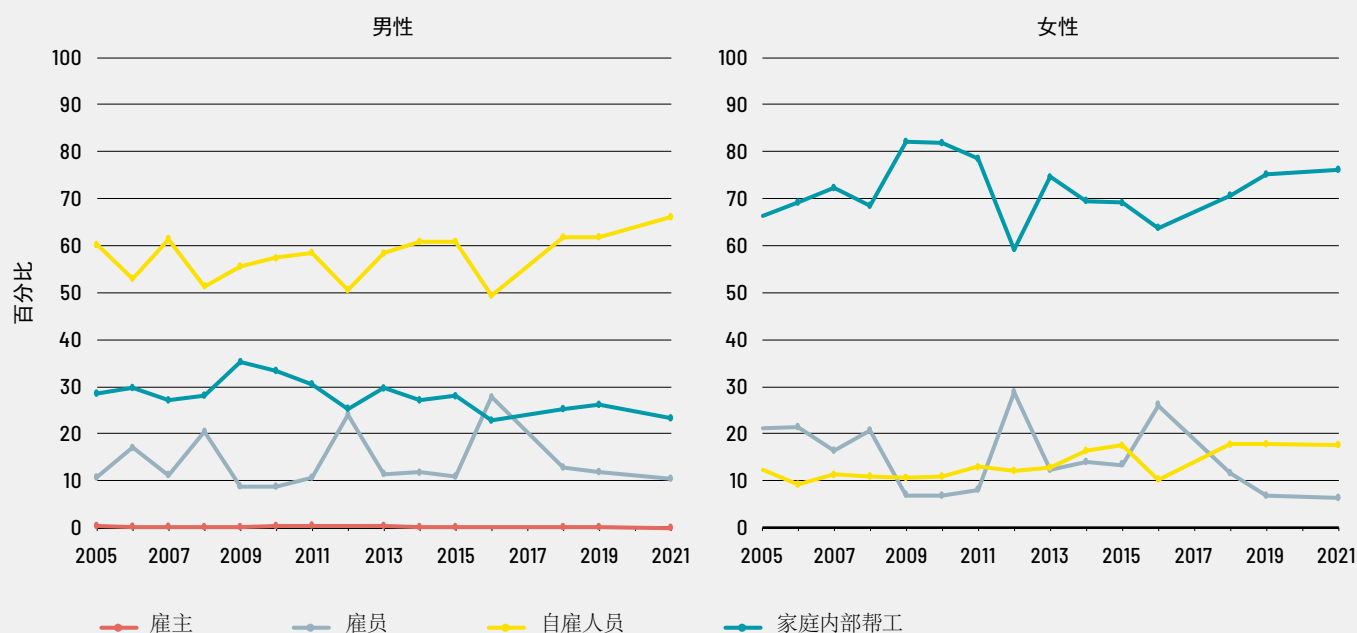
资料来源：作者本人解读。

劳动者采取了各种应对策略来适应这种变化，而可供选择的就业机会受到了性别因素的影响（图3）。男性可以转而经营自己的企业或农场，但女性失业后则往往只能留在家里从事无偿劳动。这一趋势在2007年、2011年、2018年和2019年的洪灾之后非常明显。

一场大洪水过后，随着男性转向自营农业活动，农业部门受雇从事有薪酬劳动的男性人数减少。另一方面，从事有薪酬农业劳动的女性人数也会减少，但参与无报酬家庭农业活动的女性人数则有所增加。这表明，从长远来看，洪灾对女性就业条件和薪酬保障的负面影响大于男性。⁴⁶总体而言，分析结果表明，洪灾对巴基斯坦农业领域就业状况产生的影响因性别而异，女性灾后受到的影响更大，具体表现为她们的经济机会减少，不得不更加依赖家庭内部的劳动安排。

图3

巴基斯坦男性和女性农业就业状况



资料来源：国际劳工组织。2023。国际劳工组织建模估算数据库。见：国际劳工组织统计数据库。[2023年5月引用]。 <https://ilostat.ilo.org/data/>

- » 机会。这种压力会降低家庭购买力, 增加债务, 加深贫困, 加剧性别不平等。在极端情况下, 它还可能导致农村人口流离失所和向外迁徙(见插文2)。最终, 食品消费从数量和质量上都会受到影响, 粮食不安全和营养不良现象加剧, 特别是在最脆弱家庭中。据估计, 全球范围内2022年有6.91亿至7.83亿人面临长期饥饿, 如按中间值计算, 共约7.35亿人。²⁹

这些影响在受灾地区的地方和家庭一级最为严重, 而女性往往首当其冲地受到不利影响。尽管在全球范围内, 务农的男性人数多于女性, 但在中等偏低收入国家, 农业仍是女性就业的最主要经济部门, 而且在农业领域就业的女性比例通常高于男性。⁴¹从经济上看, 灾害对农业部门男性和女性产生的影响有所不同, 这种差异在发展中国家尤为明显, 那里的女性农民与男性农民相比, 往往更容易受到灾害的影响。⁴²资源和结构性限制因素是导致灾害对不同性别产生不同影响的主要原因。女性很难获得所需的信息和资源, 例如预警系统服务和安全庇护所等, 因此很难有效参与备灾、救灾和灾后重建活动, 难以享受到社会和资金保护政策, 另谋生计也面临困难(见插文3)。

除社会和经济影响外, 灾害还会对整个农业粮食价值链造成不利影响, 包括导致种子和肥料等农业投入品流动以及食品加工和分销等下游活动中断。它们会扰乱食品供应、市场准入和贸易, 还可能导致出口额和收入减少。这会对国际收支产生负面影响, 并影响农业部门的长期增长以及各国国内生产总值。⁴³

在气候变化背景下, 极端事件对农业的影响也将影响高收入和低收入国家农业的可持续性。例如, 在澳大利亚南部, 气候变

化可能会改变土地利用方式, 因为降雨量减少可能会让人无法在干旱的边际土地上开展作物和畜牧生产, 即便二氧化碳增加所带来的增产可能会部分抵消这一影响。但在那些弱势人口较多的低收入国家, 日益频繁的灾害将产生更加明显的影响, 因为这些国家的应对能力有限, 同时获得资源的机会也同样有限, 难以减少风险和适应气候和环境条件的变化。

小岛屿发展中国家, 特别是环礁国家, 将越来越容易受到气候变化的影响, 侵蚀、洪水和盐水入侵已经导致农业生产率下降。⁴⁷撒哈拉以南非洲一些国家已经面临高度脆弱性和粮食不安全, 并预计将更容易受到气候极端事件的影响。⁴⁸例如, 纳米比亚预计由于气候对自然资源的影响, 每年造成的损失占国内生产总值的1%至6%, 导致畜牧业、小规模农业和渔业遭受重大经济损失。喀麦隆高度依赖雨养农业, 但由于降雨量减少14%, 预计将遭受重大经济损失。⁴⁹ ■

2.2 努力评估全球农业损失

要制定减灾和气候适应战略,首先要了解异常天气和极端事件影响农业的范围和程度。虽然目前已有多个数据库对灾害事件造成的损失和损害进行记录,但在现有多灾害全球数据库中,往往只能看到经济损失总量,农业及其子部门的损失并没有被单列进行全面评估或报告。即便在经济损失估算值中包含农业损失的情况下,通常很少或根本没有与其他经济部门相关的货币损失明细,也没有关于特定事件后发生的农业损失类型的信息。灾害对农业的影响很少细分到国家以下层级,也很少或根本不会提供关于土地利用和受影响农地总面积的信息。

这些数据系统普遍面临数据不足以及有关危害和数据指标的定义和分类相互不一致的挑战,且各大国际数据库都面临这一局限性,例如国际灾害数据库(EM-DAT)^f、DesInventar^g、世界银行^h、国际红十字会与红新月会联合会ⁱ、全球各大再保险集团的数据库^j和各国数据库。⁵⁰

要想监测和衡量在实现可持续发展目标、《仙台框架》和《巴黎协定》相关目标和指标方面取得的进展,就需要首先解决全球、区域、国家和国家以下各级存在的

f <https://www.emdat.be/>

g <https://www.desinventar.net/>

h <https://www.gfdr.org/en/disaster-risk-analytics>

i <https://www.ifrc.org/document/world-disasters-report-2022>

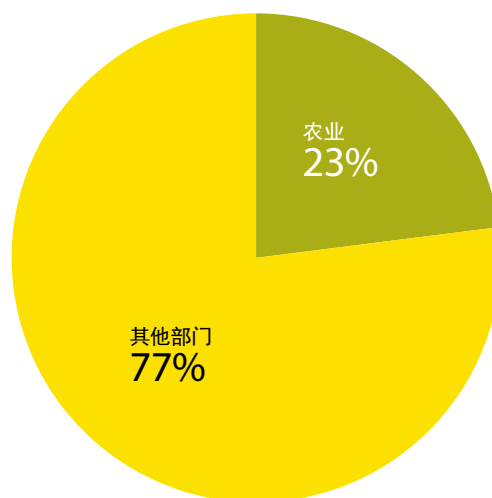
j <https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research/data-explorer.html>; <https://www.munichre.com/en/solutions/for-industry-clients/natcatservice.html>

严重数据缺失问题。粮农组织一直致力于提升覆盖率和实现数据收集技术标准化,以评估极端事件对农业的影响,同时努力在国家和国家以下各级建立定期监测和报告机制。目前主要采用两组方法来收集有关农业灾害损失的相关信息。第一组方法是灾后需求评估调查的一部分,由各国政府和国际机构在灾后进行,以评估所有主要受灾部门损失和损害的货币价值和重置成本。第二组方法由粮农组织与联合国减少灾害风险办公室联合开发,用于遵照《仙台减灾框架》要求监测的C2指标,衡量灾害对农业造成的直接经济损失。通过以上两种方法收集的数据被用于估算农业与其他生产部门相比较遭受的损失额。

2.2.1 灾后需求评估

灾后需求评估调查通常包含有关灾害对以下各部门影响的信息:农业、商业、工业、贸易、旅游业和生计等生产部门;教育、卫生、住房、文化和营养等社会部门;交通和电信、水和环境卫生、能源和电力等基础

图4
各部门损失份额



注:参见技术附件1。

资料来源:作者本人对灾后需求评估调查数据的解读。

设施。灾后需求评估中包含的信息很详细,但同时范围有限,因为评估活动是在为数不多的事件之后进行的,而且评估所在国家的应对能力相对较弱。因此,由于灾后需求评估的局限性,我们必须谨慎使用评估所产生的数据。

目前具备2007-2022年期间在60个国家开展的88次灾后需求评估数据(见技术附件1)。调查结果显示,农业损失平均占各部门灾害总影响的23%(图4)。但由于目前灾后需求评估数量有限,仅在低收入国家和最具破坏性的极端事件之后才进行,因此相关数据也较为有限。目前仍缺少有关所有经济部门全球经济损失程度的更全面、更可靠的量化估算数据。

灾后需求评估数据还可用于评估不同种类的危害对农业的影响程度。然而,这些信息需谨慎使用,因为农业损失可能因危害的类型、规模、所在位置和生态系统而异。危害发生的时间段与农业生产日历的关系、开展的活动类型和生产过程的其他细节都很重要。灾后需求评估数据表明,总体而言,干旱造成的损失65%以上发生在农业部门。洪水、风暴、旋风和火山活动各为20%左右,突显出干旱对该行业的严重影响(图5)。

虽然样本量有限,但灾后需求评估可提供有关农业各子部门损失的信息。在总共80次评估中,有50次提供了此类信息(图6)。大部分损失发生在种植业和畜牧业中,占比均为50%左右。之所以种植业和畜牧业在损失中所占比例明显较高,是因为渔业及水产养殖业和林业在这些评估中并未获得足够重视。

2.2.2

《仙台框架》监测指标C2

《2015-2030年仙台减灾框架》是2015年后发展议程的首份重要协议,旨在监测联合国成员国为保护发展成果不受灾害风险影响而采取的行动。该框架的总目标是预防新风险,减少现有风险,同时提高韧性。该框架以四项优先行动以及从A到G的七项全球目标为指导,为评估全球在实现《仙台框架》方面的进展提供支持。

《仙台框架》通过后,联合国大会设立了一个不限成员名额政府间专家工作组,旨在制定一套指标,衡量《仙台框架》七项全球目标的相关进展情况,并商定与减灾相关的术语。⁵¹该专家工作组在关于减灾相关术语和指标的报告中就评估《仙台框架》七项目标的进展情况共提出38项指标,指标随后在联合国大会上获得通过^k。

在《仙台框架》的全球目标C中,分项指标C2对应的是灾害造成的直接农业损失,其中包括与作物、牲畜、渔业、养蜂业、水产养殖业和森林子部门及其相关设施和基础设施相关的损失。应联合国大会的要求,粮农组织已支持制定出一种用于衡量C2分项指标的方法。与框架所有其他指标一样,报告工作为自愿性质,成员国可自行根据本国或其他计量和计算制度对提出的方法进行调整。汇编后的数据参见“仙台框架监测”线上平台,该平台上包括所有农业子部门数据,并按商品类型进一步细分。

自根据《仙台框架》启动报告工作以来,在向仙台框架监测平台提交报告的195个国家中,有82个国家就指标C2至少报告了一次。各国报告数量最多的是2019年

^k 参见联合国大会第A/RES/71/276号决议。

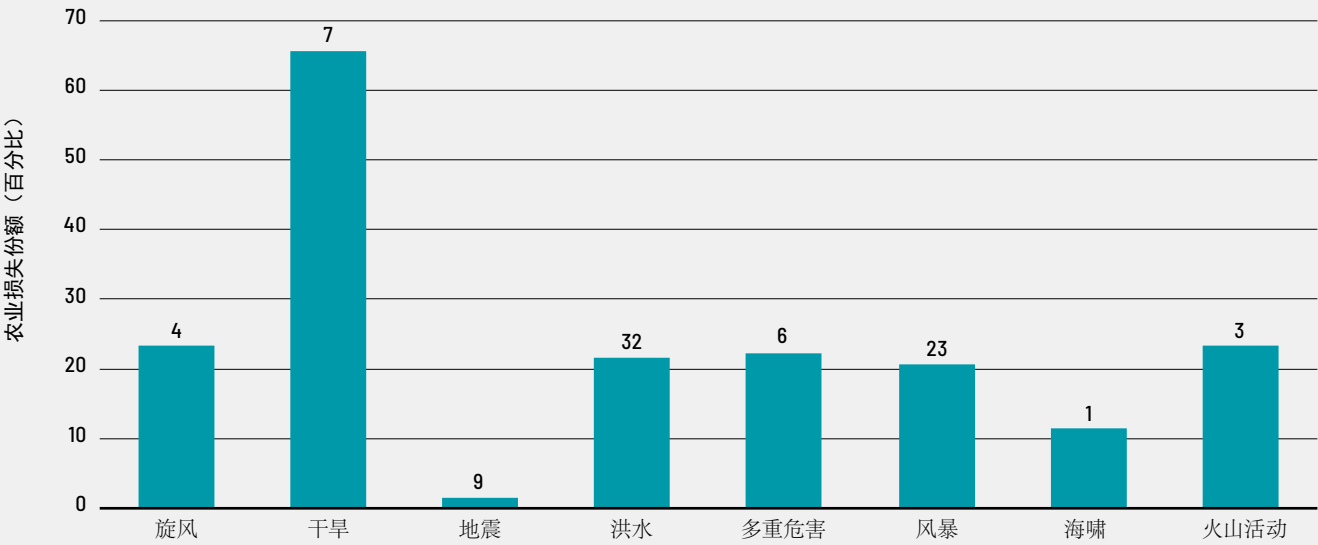
(图7)。在这82个国家中, 38个国家包含了子部门数据, 其中31个国家报告了按作物分列的农业损失, 24个国家报告了按牲畜分列的农业损失。值得注意的是, 2020年和2021年观察到数字下降的原因是进行报告的成员国数量有所减少, 而不是2020年和2021年发生的事件实际有所减少。随着各

国扩大数据报告工作, 包括在国家和国家以下各层级按农业子部门分类, 预计将获得更完整的农业损失相关信息。由于子部门和商品类型的数据报告工作为自愿性, 因此仍存在严重的信息缺失问题, 不利于详细了解灾害对农业、生计和粮食安全产生的影响。

»

图5

农业损失份额(百分比), 按危害类型分列



注: 柱上方数字代表事件总次数。参见技术附件1。
资料来源: 作者本人对灾后需求评估调查数据的解读。

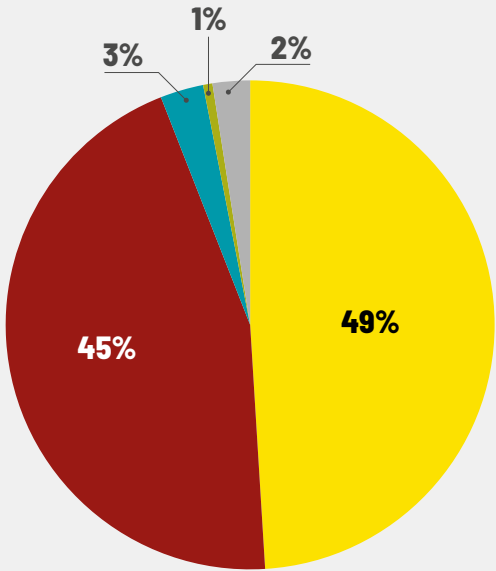


图6

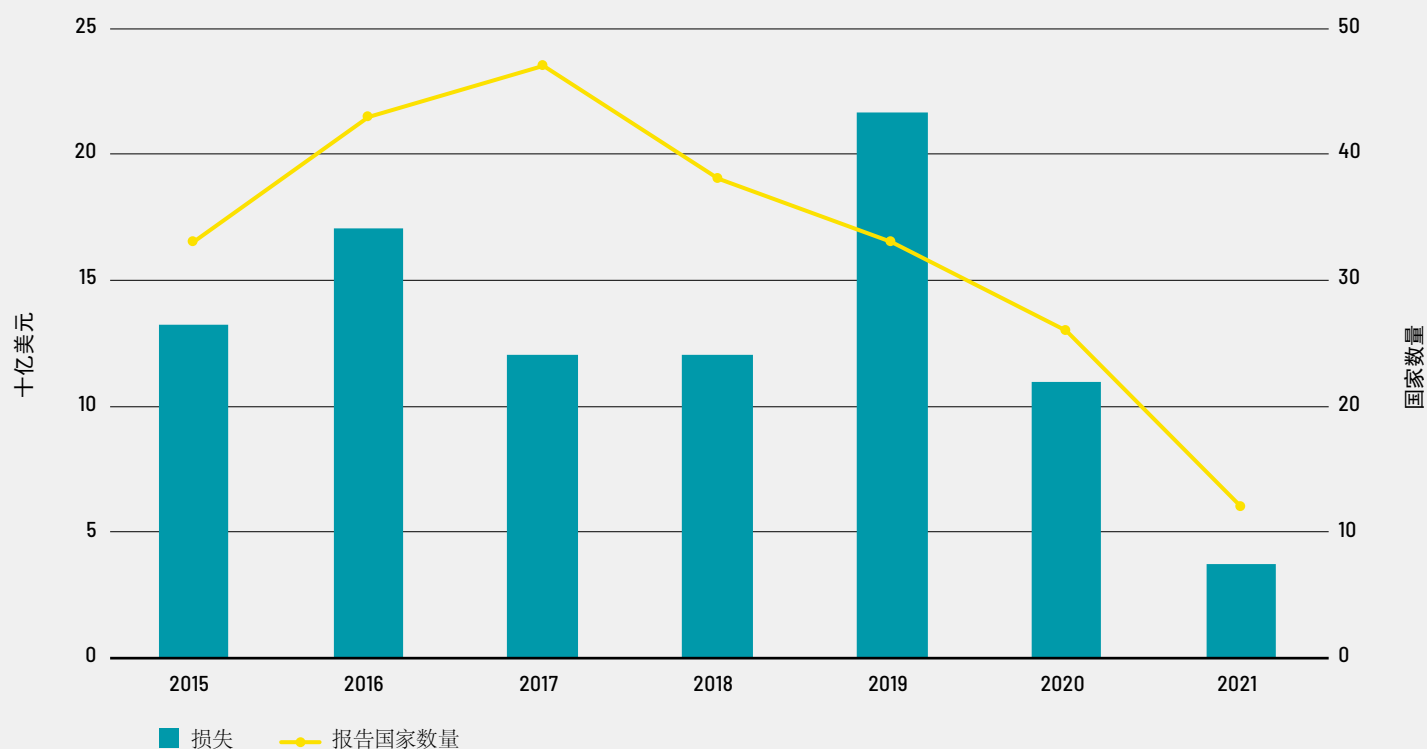
农业各子部门具体损失 (2007-2022年)

种植业 畜牧业
渔业及水产养殖业 林业 其他

注: 参见技术附件1。
资料来源: 作者本人对灾后需求评估调查数据的解读。

图7

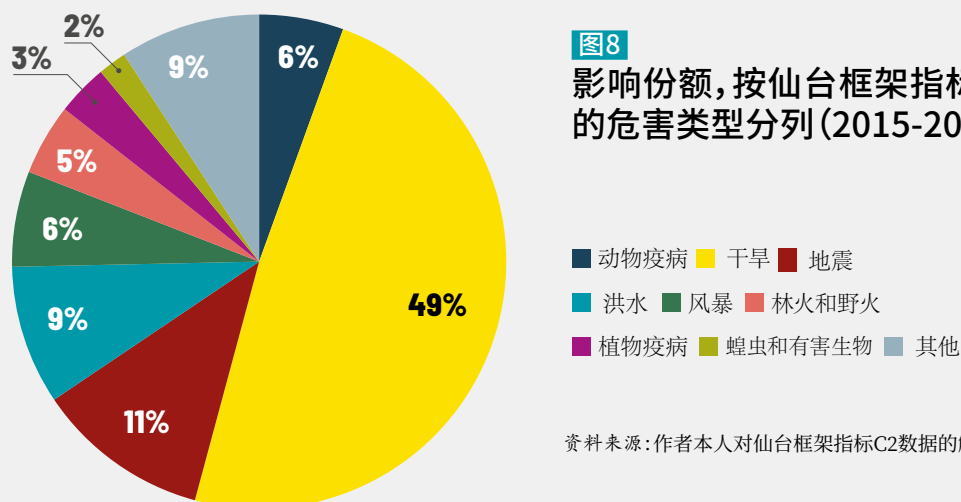
仙台框架指标C2公布的危害类型 (2015-2021年)



资料来源:作者本人对仙台框架指标C2数据的解读。

图8

影响份额,按仙台框架指标C2公布的 危害类型分列(2015-2022年)



资料来源:作者本人对仙台框架指标C2数据的解读。

» 据仙台框架监测平台报告,灾害造成的农业损失总值年均达130亿美元。从31个国家所报告的按危害分类的农业损失信息看,最常见的灾害类型是洪水(16%)、火灾和野火(13%)以及干旱(12%)。而相比之下,该数据集所报告的所有农业损失中,近半数由干旱造成,再次突显出此类灾害对农业的重大影响(图8)。

由于报告的国家数量有限,又因2019冠状病毒病疫情造成报告延后,这些数字可能严重低估了农业损失。我们需要更及时的数据来预测和减轻可能影响农业的灾害,并以风险为依据确定最佳措施。

更好地提供有关灾害损失的信息,有助于更好地了解农业部门如何受到影响,并根据农业受影响的途径做出应对。此类信息还将为制定和采纳有助于保护农业部门发展免受冲击和危机影响的政策、计划和金融机制提供依据,从而加强其韧性。为应对缺乏相关、精细的数据来描述灾害对农业和粮食安全的确切影响的问题,本报告采用宏观层面的方法,利用国家层面的农业生产和灾害发生数据来估算农业损失。下一节将概要介绍一种创新性方法,可用于估算1991年至2021年极端事件造成的全球农业损失。该项评估首次概要介绍全球范围内所有国家以往31年里大、中、小型灾害造成的农业损失。■

2.3 收集种植业和畜牧业的数据和实证

减灾和气候变化适应政策是保障可持续发展的关键。然而,要想有能力做出准确而有效的决策,首先需要有一个可靠的知识框架。尽管迫切需要了解灾害对农业生产的全面影响,但有关损失和损害的数据却没有得到系统性收集或报告,且覆盖范围依然有限。为解决这一问题,下文各节将利用二手数据,特别是国际灾害数据库EM-DAT和粮农组织数据库FAOSTAT的生产数据,对灾害给农业生产造成的影响进行量化,重点是种植业和畜牧业生产。

EM-DAT数据库提供有关历史灾害事件的最全面信息,包括风暴、洪水、干旱、极端温度、虫害、野火、地震、山体滑坡、板块运动和火山活动。这些危害类型是评估工作的基础¹。我们采用FAOSTAT数据库提供的有关1991-2021年期间192种作物和牲畜的生产数据,估算出了这些灾害造成的直接损失,随后将按不同项目分列的全国平均生产率下降情况与根据全要素生产率增长情况估算得出的未发生灾害事件的虚拟情境进行比较(详情参见技术附件2),最后采用按2017年美元购买力平价扣除通胀因素后的价格,对不同产品的损失进行汇总。为估算与每种危害类型相关的损失,在缺乏关于其差异性潜在影响的可靠信息的情况下,我们使用混合效应回归模型的参数来计算权重。

需要注意的是,在这项工作采用的各种假设中,由于缺乏更精细的数据,因此与虚拟情境相比较出现的生产率下降都被归因

¹ EM-DAT数据库中还包括非本报告讨论范围的其他灾害相关数据。详情参见技术附件2。

于灾害。此外,当灾害来临时,它们会与原本的气候条件、社会经济因素和制度背景结合在一起,产生负面后果。这些影响还来自于种植业和畜牧业这两个子部门之间的动态相互作用。例如,干旱会导致缺水,影响作物的生长和牲畜的水合状态。洪水可造成农作物减产、土壤侵蚀和畜牧基础设施受损。同样,野火也会对作物、牧场和牲畜饲料造成破坏,对作物生产和牲畜健康构成风险。⁵²然而,在我们的估算过程中,灾害对种植业和畜牧业生产的影响被视为独立和瞬时发生的事件,并没有考虑它们之间相互依存的动态属性。

2.3.1

作物和畜牧产品全球损失情况

估算结果显示,过去三十年中,种植业和畜牧业子部门的估计损失一直呈缓慢增加趋势。如将过去31年全球发生的极端事件造成的损失相加,估计损失总额达3.8万亿美元,相当于年均损失约1230亿美元(图9),相当于全球农业产值的5%。相比较看,31年的美元损失总额约相当于巴西2022年的国内生产总值。

大约相当于1500亿美元的大峰值出现在1993年、2002年、2004年、2010年、2012年和2020年。由于此处介绍的估算值是所有已记录的不同强度事件所产生负面影响 »

插文4

估算灾害造成的全球作物和牲畜损失的方法

为估算1991年至2021年全球灾害造成的农业损失,我们对186种农产品和197个国家/领土受灾年份的虚拟单产进行了估算(见技术附件2)。经显著性水平过滤后,估算出的虚拟单产和实际单产之间的差异相当于灾害引起的产量损失。采用国家层面特定农产品的单产损失估计值,我们就可以计算以吨为单位的产量损失和以2017年美元为单位的货币损失值。

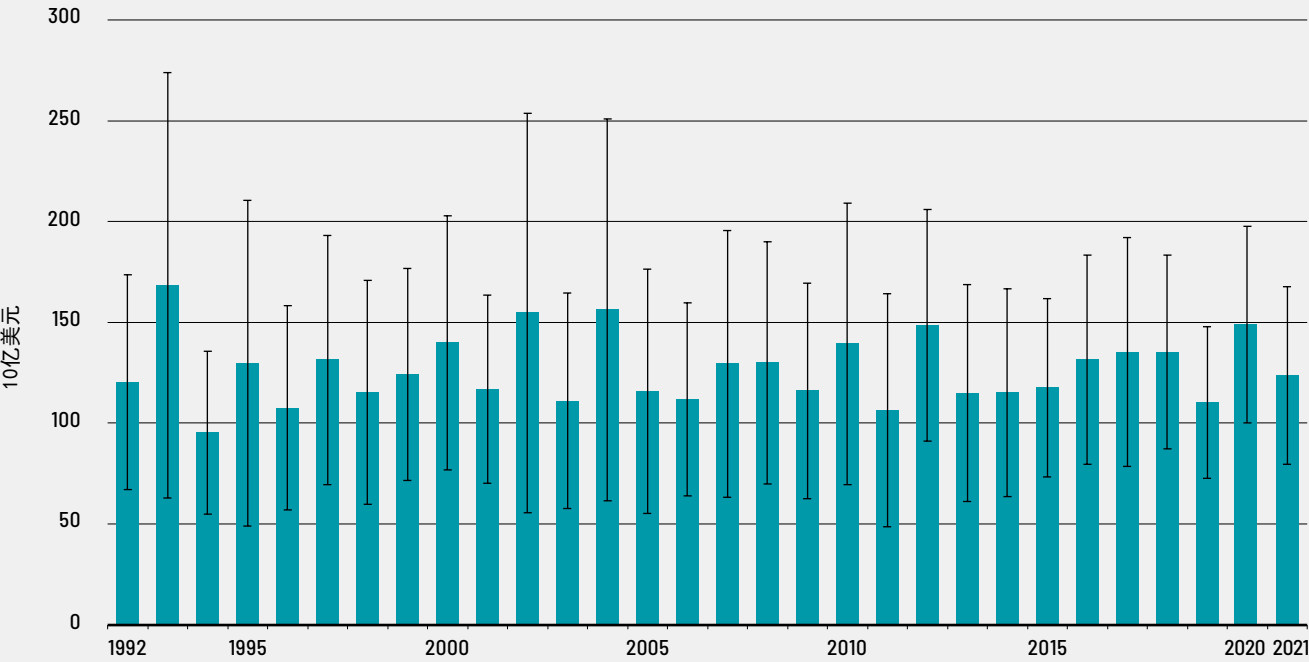
灾害数据来自国际灾害数据库EM-DAT,产量和价格数据来自粮农组织统计数

据库FAOSTAT,部分农业全要素生产率数据来自美国农业部。对不同国家和农产品时间序列,我们采用了三种虚拟估算方法:卡尔曼滤波的结构模型(58%)、基于全要素生产率聚类的统计法(39%)和基于全要素生产率数据的回归法(3%)。估算出虚拟产量和实际产量之间的差异后,同样的估算需重复1000次,其中包括各种随机灾害事件,形成零分布,从而确定显著性水平,并过滤掉严重产量损失事件。

资料来源:作者本人解读。

图9

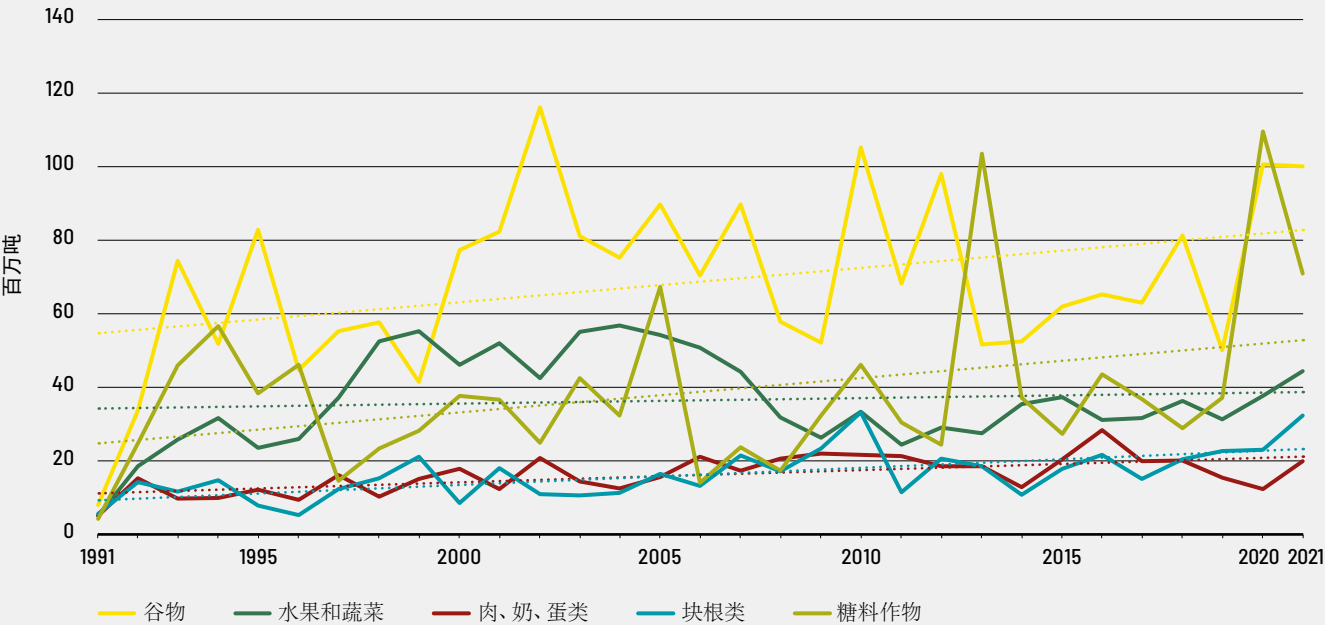
农业生产损失估算总值



资料来源: 作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

图10

主要产品组别估计损失值(1991-2021年)



资料来源: 作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

» 的汇总, 因此很难将这些巨额损失与特定灾害事件联系起来。但我们仍可观察到与某些已记录灾害事件的相关性。例如, 损失水平急剧上升反映了1993年影响北美洲谷物和大豆生产的大规模洪灾、2002年南亚和非洲发生的大规模干旱、2010年影响中国并在萨赫勒地区造成大面积饥荒的严重干旱以及俄罗斯同时遭遇的热浪、2012年影响南亚的季风受阻现象、2020年分别袭击中国和印度的洪水和旋风以及肆虐北美洲的破纪录大西洋飓风季。

全球损失总值掩盖了各国在遭受影响方面存在的巨大差异。从图9中标准差的大小就可以看出一些局部事件或不同国家发生的多个事件造成的损失程度。与早些时候相比, 最近几年的标准差普遍较小。例如, 1991年至1993年围绕中间值上下平均变化幅度约为 $\pm 35\%$, 但在过去三年中, 这一平均值降至 $\pm 17\%$ 。而相反, 1991年至1993年世界各地平均报告156起灾害, 而2019年至2021年这一数字高达397起^m。这表明, 随着时间的推移, 损失的集中度有所下降, 原因是每年造成损失的极端事件在不同国家和不同产品中分布得越来越普遍。因此, 与20世纪90年代初相比, 虽然总体损失(以价值为准)增加不多, 但就其所影响的国家和产品而言, 损失变得更加普遍。造成世界各地作物和牲畜损失的极端事件的协变性质似乎正在增强, 其发生频率也在上升。

所有主要作物和畜牧产品组别的损失都呈增加趋势(图10)。过去三十年, 谷物估计累计损失达年均6900万吨, 其次是水果蔬菜以及糖料作物, 两者各年均损失近4000万吨。

^m 注意, 报告机制的发展变化会影响这些数字。与20世纪90年代初相比, EM-DAT数据库目前报告的事件更多, 导致总数会略有偏差。

肉、奶、蛋类估计年均损失1600万吨, 块根类也是如此, 这两个组别的产品都呈现出明显增长趋势。这些数字巨大, 略高于2021年法国的谷物总产量、日本和越南的水果蔬菜总产量以及墨西哥和印度的肉、奶、蛋类总产量。

为估算种植业和畜牧业相对于其他部门的损失, 让我们查看一下灾后需求评估情况。如第2.2节所示, 农业看起来在经济损失总量中占比23%, 但借助这些数据仍不足以评估总体损失。世界气象组织最近公布, 1970年至2021年间经济损失估计为4.3万亿美元,⁵³该估算值采用EM-DAT数据库中3612次水文气象灾害事件计算得出。这些事件仅代表带有经济损失信息的灾害中的一小部分, 仅相当于本节作物和牲畜损失估算值中包含的10000多起灾害中的35%。尽管EM-DAT数据库能提供有关总体经济损失的信息, 但该数据库所记录的灾害事件中有40%以上并未包含损失值。⁵⁴根据灾害流行病学研究中心和联合国减少灾害风险办公室的一份联合报告, 研究结果表明在灾害报告工作上存在巨大差异。具体而言, 1998年至2017年间, 高收入国家有53%的事件报告了损失情况, 而低收入国家仅13%的灾害事件报告了损失情况。报告特别强调, 低收入国家约87%的灾害缺乏损失相关数据。⁵⁵联合国减轻灾害风险办公室的一份最新报告指出, 由于许多国家缺少数据, 而且跟踪机制中遗漏了中长期经济损失, EM-DAT数据库中记录的经济损失数字很可能被低估。⁵⁶

国家层面现有实证证明, 采用EM-DAT数据库的数据集得出的经济损失总量估算值被低估了。例如, 根据美国国家海洋和大气管理局的数据, 美国发生的极端事件2018年至2022年间每年造成的经济损失超过1220亿美元, 2000年至2022年

间每年超过1490亿美元,且自20世纪80年代以来,这些数字一直在系统性地增加。⁹同样,仅2019年中国暴发的非洲猪瘟造成的损失和损害估计介于600亿美元至2970亿美元之间。²⁴

虽然极端事件造成经济损失的绝对总值仍未可知,但本文估算的种植业和畜牧业损失值似乎与这些案例中提及的数额以及通过灾后需求评估得出的金额相一致,详情参见第2.2节。

世界各地损失情况

全球农业损失估算值掩盖了各区域、次区域和国家组别之间的巨大差异。由于原本存在的社会和环境条件以及农业和农业界在应对灾害风险方面的脆弱性或韧性,灾害对不同地区和国家会产生不同影响。由于适应力、韧性、减少风险和恢复的能力各异,因此各国受灾害影响的程度各不相同。虽然高收入国家和区域遭受的经济损失可能更大(这些国家和地区的农业所生产的商品和资产价值更高,且基础设施更普遍和发达),但由于农民和其他受影响的利益相关方应对损失或获得社会保护的能力相对较高,因此灾害所造成的社会后果可能相对较轻。而在低收入国家,与农业相关的商品、资产和基础设施往往价值较低,使得损失的净经济价值相对较低。但由于低收入国家在这种情况下从冲击中恢复的能力通常较弱,会对脆弱性产生连锁影响,并对生计造成破坏,最终对贫困和粮食安全产生严重的长期后果。

可以预见的是,整个1991-2021年间各区域的损失总值分布情况能反映出各区域的总地域面积(图11)。亚洲到目前为止遭受的经济损失总量最大。而非洲、欧洲和美洲的损失总量相近,尽管它们在土地利用

和农业实践方面存在巨大差异。而作为最小的区域,大洋洲的损失总值最低。

为客观看待这些损失,应将其与每个区域的农业总增加值进行对比(图12),因为产量损失会对每个区域的经济产生不同影响,具体取决于农业部门的重要性以及相对损失值。虽然亚洲在全球绝对损失值中所占份额最大(45%),但损失在其农业总产值中所占份额最小(4%)。而相比之下,非洲的损失总值约为亚洲的四分之一,但在其农业总增加值中占比近8%,是亚洲的两倍。欧洲和美洲的损失占比约为7.5%,大洋洲约为5%。

在次区域层面,经济损失的相对重要性揭示了更加微妙的情况(图13)。东非的情况十分突出,其农业增加值由于极端事件对作物和牲畜造成影响而损失近15%,这与21世纪10年代以及近年来非洲之角发生的大规模干旱所具有的破坏力有关。

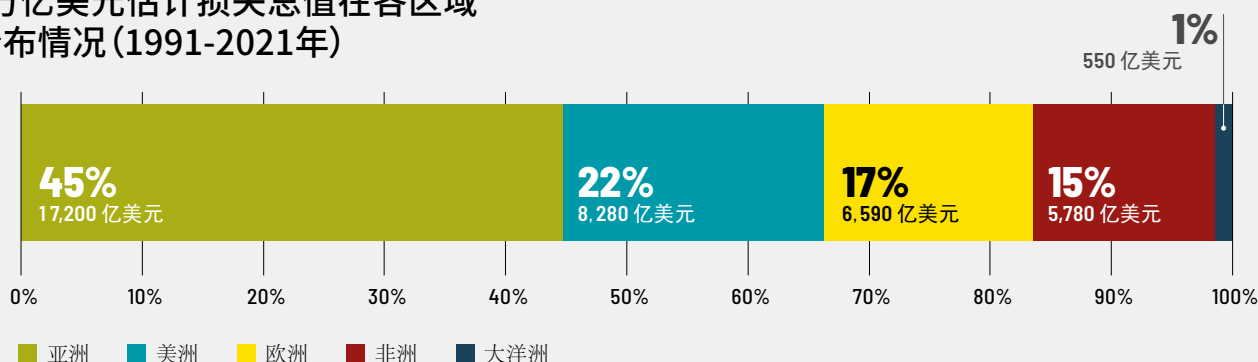
同样,在拉丁美洲和加勒比区域,尽管原因不同,极端事件也造成了巨大损失,占农业增加值近10%。相反,亚洲各次区域看似遭受了重大损失,但损失在农业增加值中所占份额较小,尽管所经历的极端事件十分严重,如南亚的几次洪水,或受灾范围很广,如中国暴发的非洲猪瘟。同样值得注意的是,过去三十年中,北美洲也遭受了洪水、飓风和其他灾害带来的巨大损失(图13)。

如果超越区域界线来看按人均收入水平划分的国家组别,就能对情况有进一步的见解。本报告专门考虑了极易受到破坏性极端事件影响的小岛屿发展中国家。正如预期的那样,从绝对值看,高收入国家、中等偏下收入国家和中等偏上收入国家的损失值较

»

图11

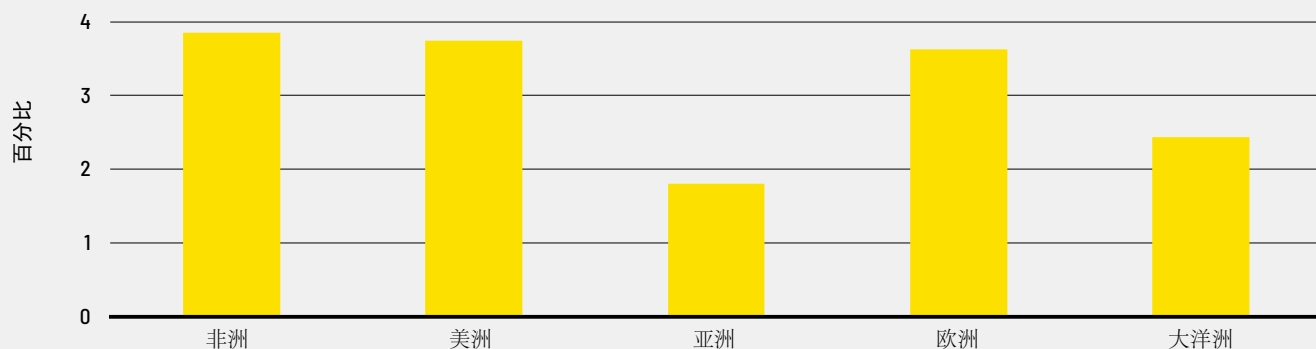
3.8万亿美元估计损失总值在各区域的分布情况(1991-2021年)



资料来源：作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

图12

损失占农业总产值份额(1991-2021年)

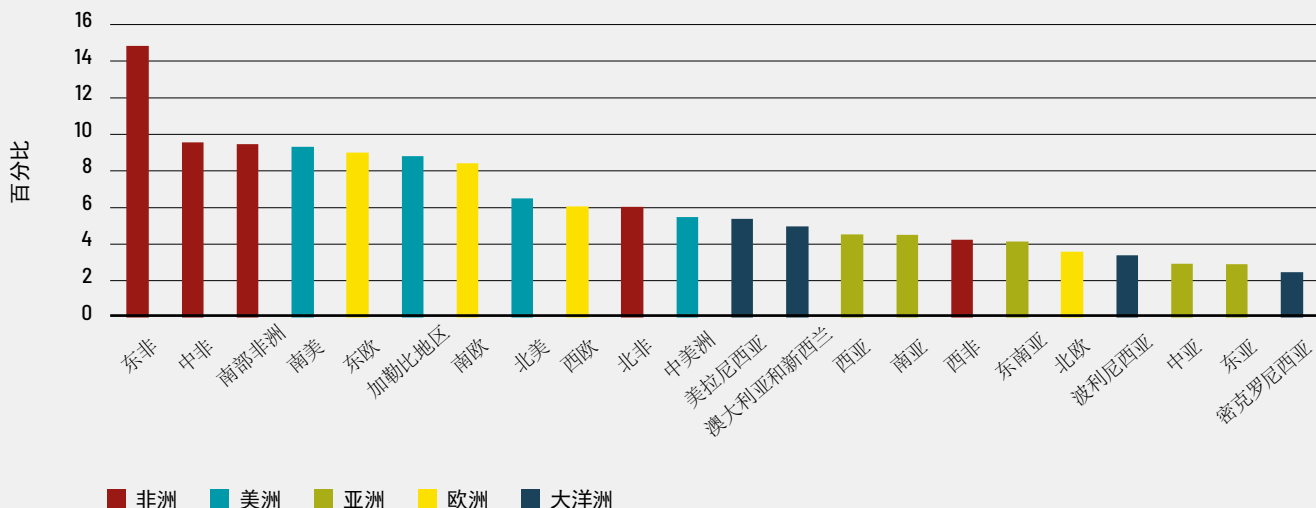


注：损失占农业总产值的份额指三十年里次区域损失总额占次区域农业总产值的比例。

资料来源：作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

图13

各次区域农业损失总额占农业总产值份额(1991-2021年)



注：损失占农业总产值的份额指三十年里次区域损失总额占次区域农业总产值的比例。

资料来源：作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

» 高(图14上方)。相反,低收入国家和小岛屿发展中国家的绝对损失值极低。这反映出每组中这些国家加在一起所占实际面积较小,且所涉产品的单位价格较低。小岛屿发展中国家报告数值较低,其原因是实际面积小。而低收入国家报告数值低,则主要是因为作物和畜牧产品的单位价值低。

如考虑这些组别的损失值在农业增加值中所占相对份额,情况就会发生显著变化(图14下方)。从份额可以很明显看到,低收入国家遭受的损失平均是中等偏上收入国家损失的两倍多。在小岛屿发展中国家也可以看到类似情况,由于农业产量基数较小,导致其损失相对较大。高收入和中等偏下收入国家看起来处于中间地位,因为其农业产量基数较大且所记录的极端事件数量巨大。

同时也应该将种植业和畜牧业子部门的损失与产量做比较。报告每个主要产品组的估算损失时,先估算未发生极端事件的虚拟情境下的产量(详情参见技术附件2)。这种数据处理方法有助于了解有关每个主要产品组因灾害而损失的潜在产量的信息,并对世界各区域和不同国家经济组别的这一可能性进行定性。

采用按2017年美元购买力平价扣除通胀因素后的价格ⁿ,可以观察到所有作物和畜牧产品的整体损失与虚拟产量相比较的情况(图15)。结果突出显示了非洲几个地区损失的重要性,主要是非洲东部、北部和西部地区。极端事件的影响在东亚、南亚和东南亚看起来并不严重,尽管它们的绝对数值很大。这是由于这些地区的生产规模

ⁿ 值得注意的是,此处所用指标是两组实物数量(以吨表示)乘以相同价格后的比率。这意味着该比率仅反映数量。价格的唯一作用是计算总量,否则就无法比较。

巨大,能吸收灾害频发带来的影响。

尽管不同年份之间差异很大,但看起来极端事件造成的损失大约是全球虚拟产量的10%左右。此外,从这几个方面研究单个产品组,也有助于从一个有趣的视角了解其状态(图16)^o。大多数产品组都呈现出这一比例,仅肉类除外,其比例略低。过去几年谷物的损失看起来在不断增加,而水果蔬菜的损失过去十年似乎有所减少。然而,自21世纪10年代中期以来,块根类的损失似乎一直在增加。

同样,从这些方面看,全球数字也掩盖了各区域和次区域之间的显著差异。在低收入国家(图16),过去三十年谷物的估算损失介于虚拟产量的10%至20%之间;也就是说,它们看起来是全球总比例的两倍。总的来说,所有产品组中似乎都存在极大差异,尤其是作为主粮的块根类。就小岛屿发展中国家而言(图16),损失在虚拟产量中所占比例似乎变化很大,且比例很高。谷物损失几乎每隔一年变化幅度就高达20%以上,尤其是在20世纪90年代,接下来的几十年里也是如此。水果蔬菜的损失也在频繁出现峰值。

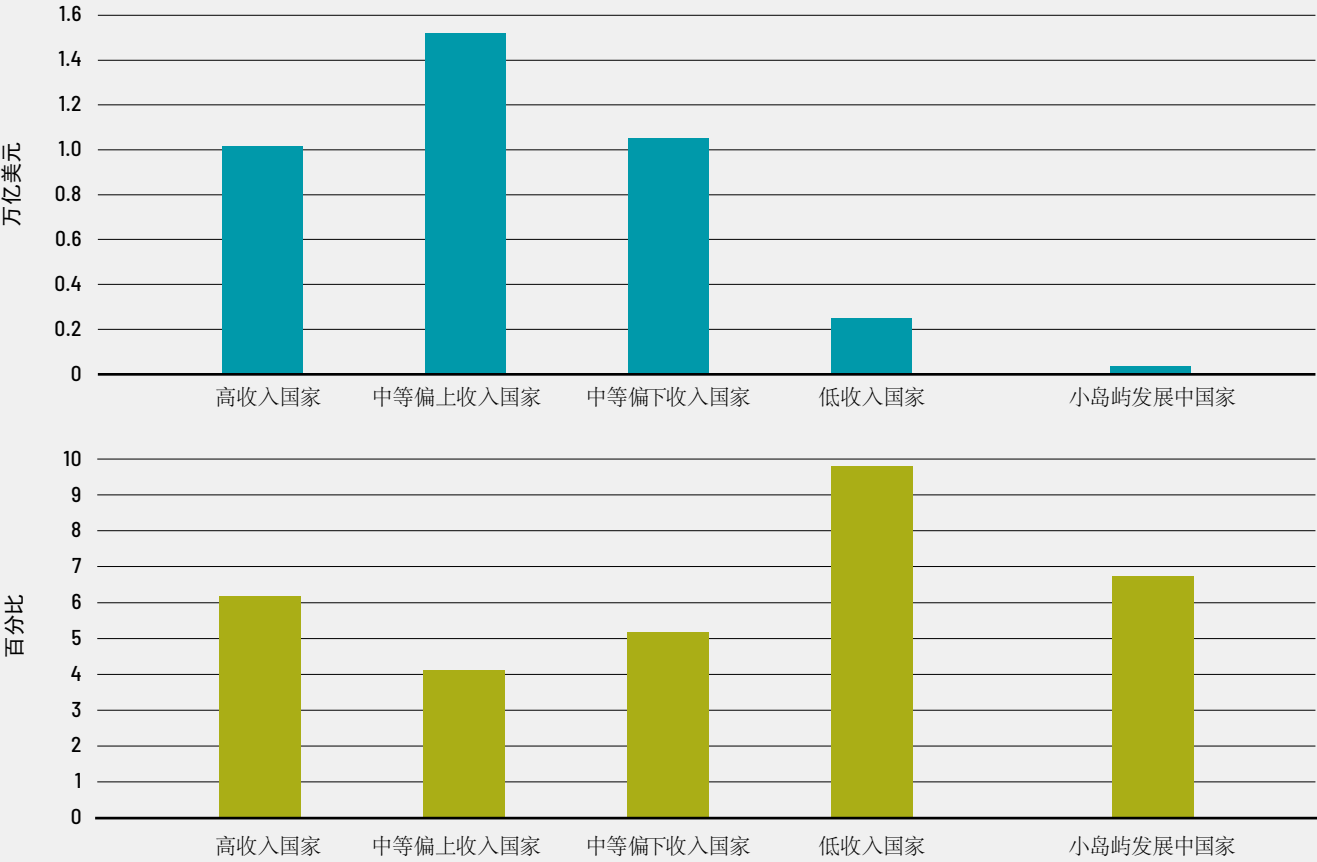
特定危害对农业的影响

由于难以区分一年内发生的多起灾害的影响,因此无法通过上一节介绍的损失评估方法将损失归因于某些特定灾害类型。尽管第2.2节介绍的灾后需求评估覆盖范围有限,但借助它能更好地了解不同灾害类型对农业造成的损失分布情况。虽然每个数据集在范围和参数方面存在差异,但灾后需求评估和EM-DAT数据库对不同

^o 这种情况下,损失与虚拟产量的比率直接以吨为基准,假设产量具有足够的均一性,可以累加。

图14

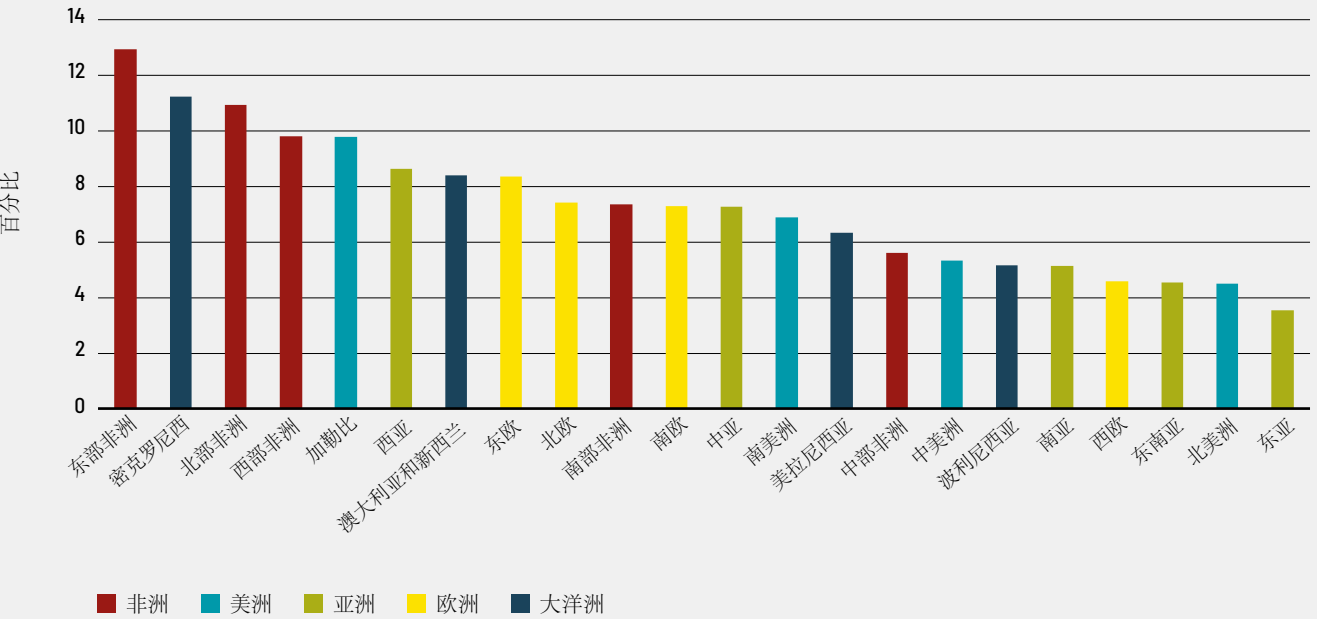
不同国家组别农业损失总额(上)和农业损失总额占农业总产值份额(下) (1991-2021年)



资料来源：作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

图15

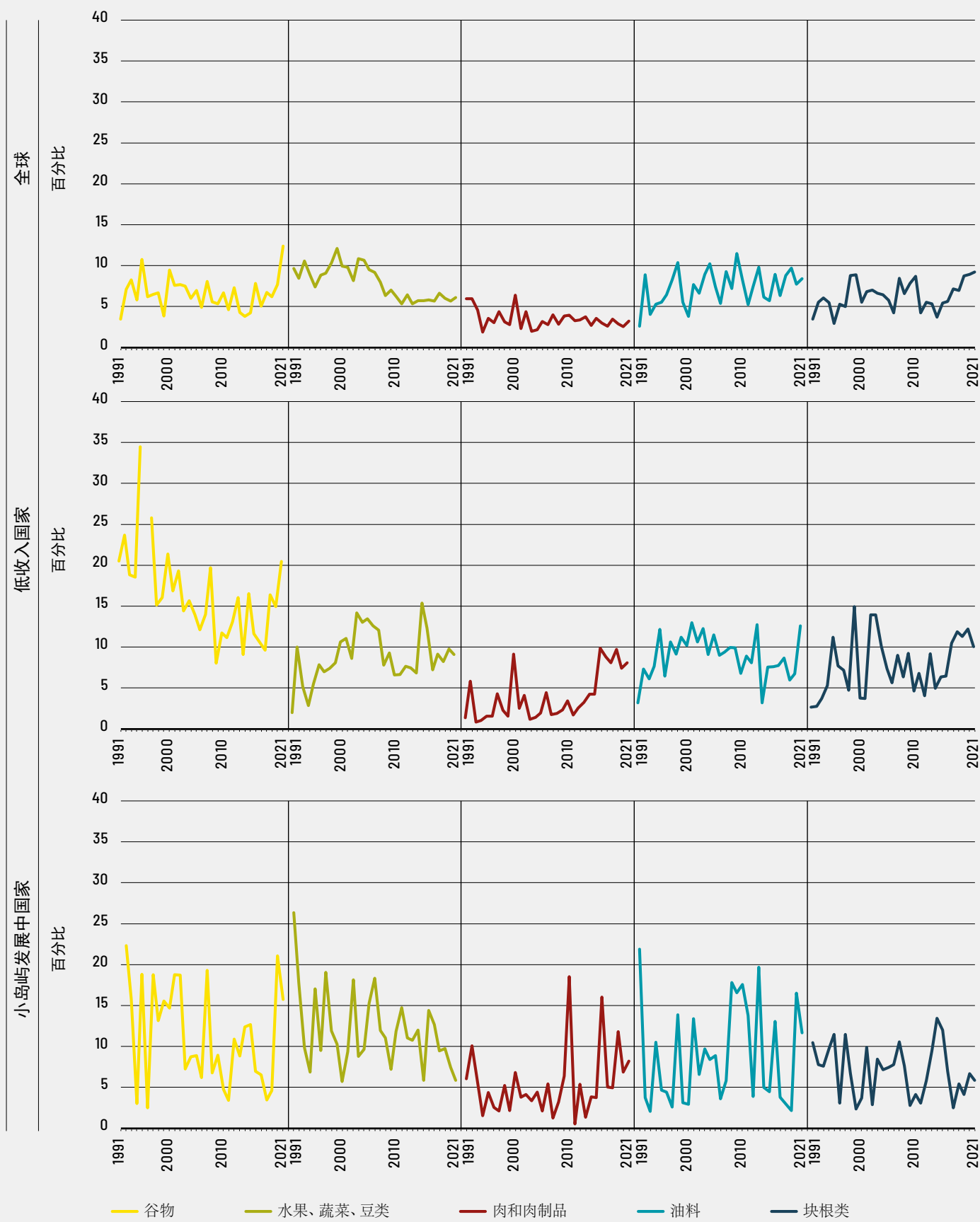
各次区域农业损失总额占估计虚拟产量的百分比 (1991-2021年)



资料来源：作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

图16

全球低收入国家和小岛屿发展中国家农业损失总额占估计虚拟产量的百分比,按商品组别分列(1991-2021年)



资料来源: 作者本人对粮农组织和国际灾害数据库数据的解读。

» 危害类型造成的损失分布情况的研究结果也与此类似。

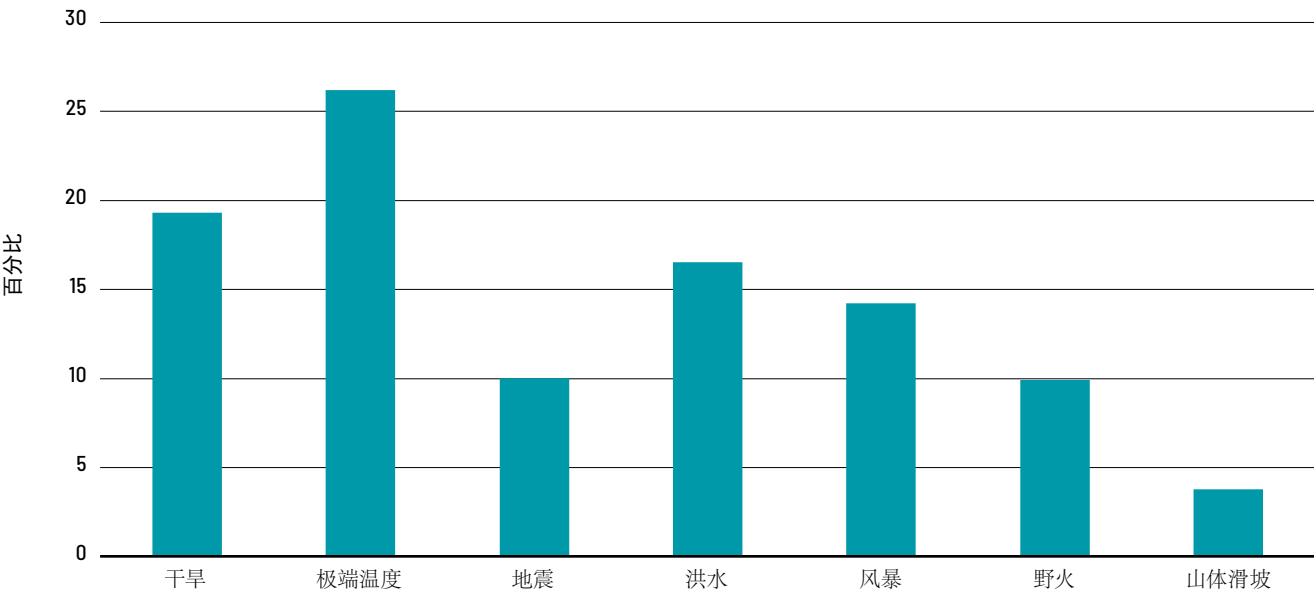
根据灾后需求评估报告的数据,干旱似乎是2006-2022年间对农业造成损害最严重的灾害类型,其次是旋风和洪水。虽然干旱占2017年农业估算损失的80%以上,⁵⁷但洪水与风暴和旋风一起造成的损失最大。随着气候变化相关风险不断增加,洪水和风暴等气象灾害以及干旱和极端温度的频率和强度预计将有所增加。^{56,5}

为详细说明不同灾害类型对农业的影响程度,我们开展了进一步研究,评估

1991-2021年间每种危害类型造成的平均产量损失。具体做法是采用混合效应回归模型,对特定国家特定产品在特定年份的损失(吨)与同一国家同一年份每种类型灾害所报告的事件数量进行回归处理。其结果为全球估算值,同时采用各种参数来计算每个区域每种危害类型的权重和单位损失。本次分析详情参见技术附件2a。

分析结果以每种危害类型在农业平均损失总额中所占百分比表示(图17)。在全球范围内,极端温度和干旱是单次事件造成影响最大的危害,其次是洪水、风暴和野火。

图17
每次事件给作物和牲畜造成的产量损失,按危害类型分列(1991-2021年)



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

插文5

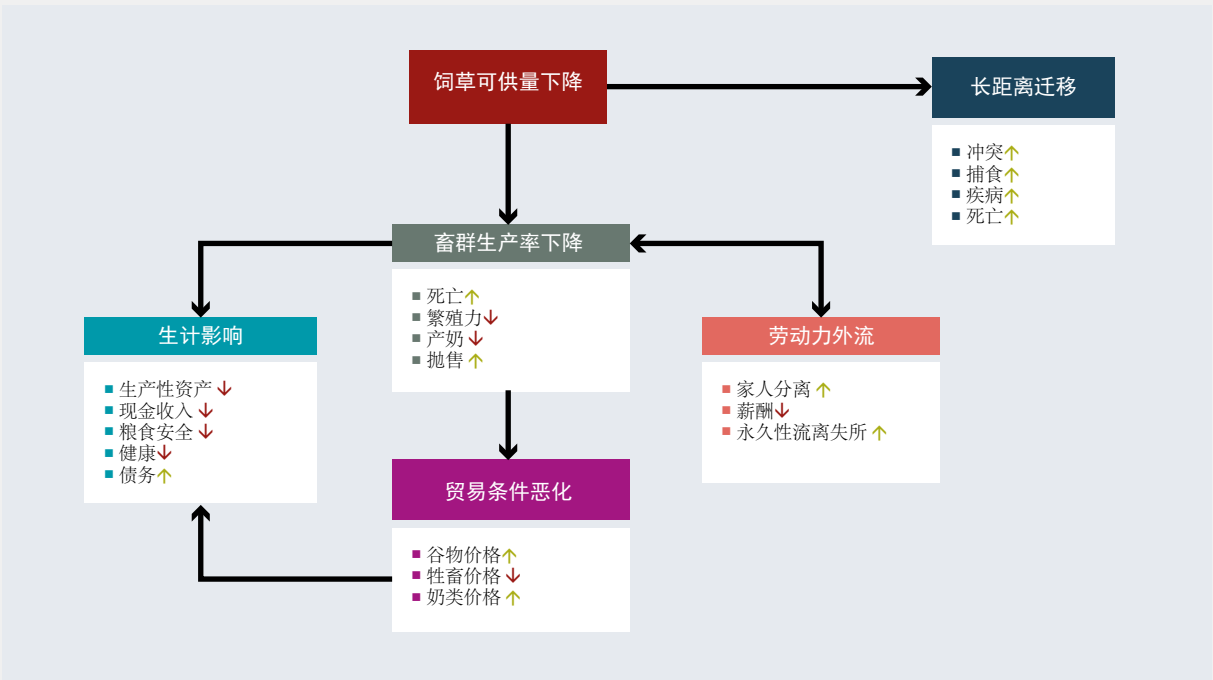
动物卫生:2016/17年旱灾对索马里牧民的影响

因降雨量低于平均水平和高温,埃塞俄比亚、肯尼亚和索马里目前正在经历严重缺水和牧场退化问题,近2300万人受到影响。与2011年、2016-2017年和2020/2022年的旱情相似,本次旱情也与食品价格上涨和其他经济冲击叠加在一起。索马里在连续三季降雨不足后,于2017年宣布全国进入灾难状态。由于降水量有限,畜牧业是索马里主要的土地利用方式,2013-2016年间畜牧业占其国内生产总值的60%。⁵⁸畜牧业的作用至关重要,为人们提供奶类、肉类、就业和生计,占索马里出口收入的80%。索马里严重依赖粮食援助和进口,即使在丰年,本国谷物产量平均也只能满足国内22%的需求。旱灾期间,牧民被迫出售牲畜,以购买食物和照料剩余牲畜,结果导致牲畜供应激增,价格下跌。为应对这种情况,一些牧民将家人送到其他地方,以减少对自家畜群的依赖,而另一些人则迁往城镇谋生(图18)。旱灾的影响因财富和资源而异,往往会加大贫富差

距,规模较大的牧民仍有可能保留种畜,而规模较小的牧民则连生存都很困难。

与未发生旱灾的基准情境相比,旱灾的影响导致牲畜数量大幅减少(图19)。牲畜数量从旱灾前的5290万头减至旱灾年份年底的3610万头,降幅达32%。各类牲畜均受到影响,无一幸免,其中绵羊和山羊减少了30%以上,骆驼和牛减少了近20%。减少的原因既包括旱灾引起死亡率上升,也包括繁殖力下降,小型反刍动物尤其如此。在旱灾年份,死亡的牲畜多达400万头,而新出生的牲畜则较常年减少了1480万头,主要是山羊(减少1050万头)和绵羊(减少400万头),使得形势更为严峻。相比之下,高死亡率是旱灾年份骆驼和牛数量下降的主要原因,而生育率下降主要在旱灾后的年份才会体现出来。牲畜出栏量减少了约200万头,进一步加剧了死亡超量和出生减少(共1880万头)的叠加影响。在

图18
旱灾对养殖户的影响



资料来源:改编自Toulmin, C..1985。《撒哈拉以南非洲牲畜损失和旱灾后恢复》。畜牧政策组工作论文第9号。非洲国际畜牧中心。
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/4452>

插文5

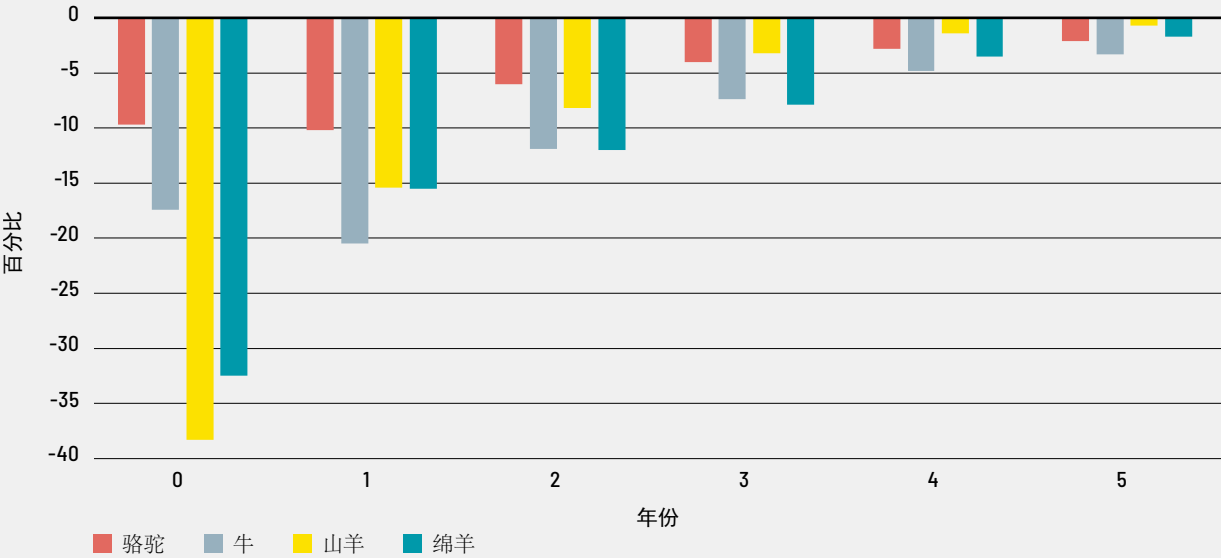
(续)

模型涵盖的时间段内,四个物种均未完全恢复到旱灾前的数量,牛的数量仍然比基准线少10万头(3%)。

在旱灾结束后的第一年,活畜出栏量从灾前的1570万头大幅下降至820万头(图20),大幅下降的主要原因是前一年小型反刍动物的出生数减少。骆驼和牛的出栏量也显著下降,

图19

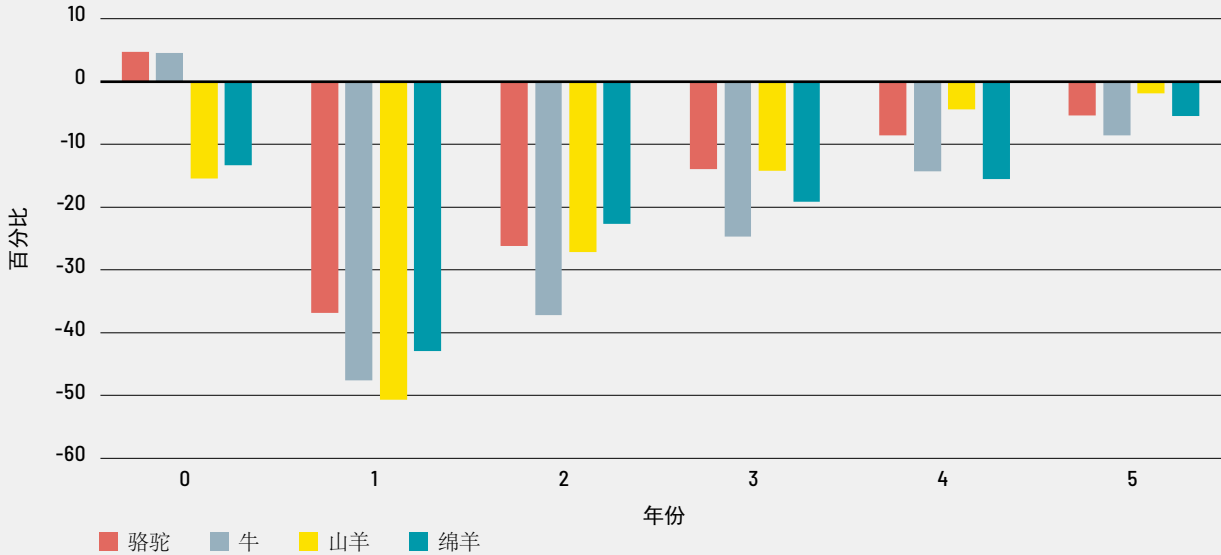
牲畜数量与旱灾前年份相比相对差异



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

图20

牲畜销售量与旱灾前年份相比相对差异



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

插文5
(续)

主要原因是旱灾年份死亡率升高。重建畜群的计划进一步导致出栏量下降。由于牲畜数量即使在五年后也未完全恢复至灾前水平, 预计牲畜出栏量仍将略低于灾前水平。

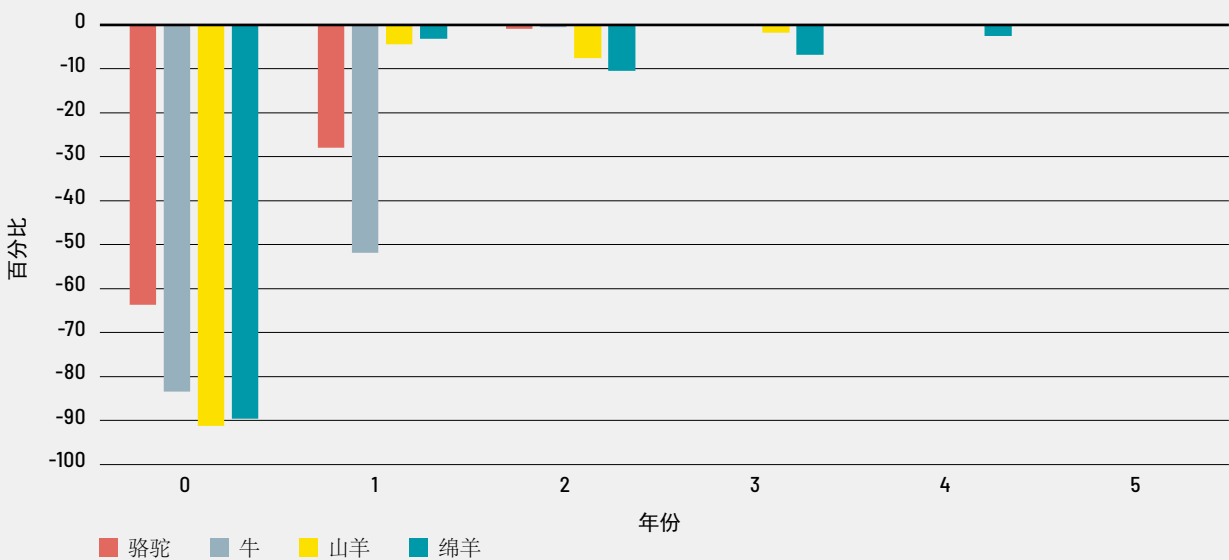
在旱灾年份, 奶类产量骤减了约175万吨, 与灾前的240万吨相比减少了75% (图21)。灾后第一年里, 奶类产量保持在170万吨左右, 比灾前减少30%。随着饲料供应有所改善, 小型反刍动物的产奶量出现反弹, 而由于产犊率下降, 牛和骆驼的产奶量仍然不足。尽管耐旱的骆驼是索马里产奶牲畜的重要组成部分, 但在旱灾年份, 奶类减产导致的损失占收入损失的近90%。在旱灾后的第一年, 损失主要体现为活畜出栏量减少, 原因既包括旱灾年份小反刍动物出生率急剧下降, 也包括重建畜群的需要。重建需要时间, 即使在灾后五年后, 牲畜数量仍比基准线低近5%。

图22展示的是旱灾前、旱灾中和旱灾后本地优质谷物、山羊和驼奶的农村市场价格和贸易条件, 从中可以看出旱灾引发的价格波动。粮食安全和营养分析结果表明, 在旱灾年份, 活牛价格没有明显下降, 而骆驼、山羊和绵羊价格下降了10%至15%。相反, 奶价在旱灾年份上涨了20%至25%。灾后第一年, 小型反刍动物价格出现反弹, 比基准线上涨10%以上, 而骆驼和牛的价格保持稳定。灾后小型反刍动物价格上涨, 原因是需要用它们作为“种畜”用于种群繁育, 而且对于普通消费者来说, 其价格相对便宜。尽管奶类产量在灾后第一年翻了一番, 但奶价仍略有上涨。

与谷物相比, 牲畜贸易条件的波动比牲畜价格的变化更为明显。在旱灾年份用牲畜交换谷物, 能交换到的谷物数量下降了20%至40%, 甚至更多, 而在灾后年份, 用山羊和绵羊交换谷物, 能交换到的谷物数量增加了15%至20%。



图21
奶类销售量与旱灾前年份相比相对差异



资料来源: 作者本人对粮农组织数据的解读。

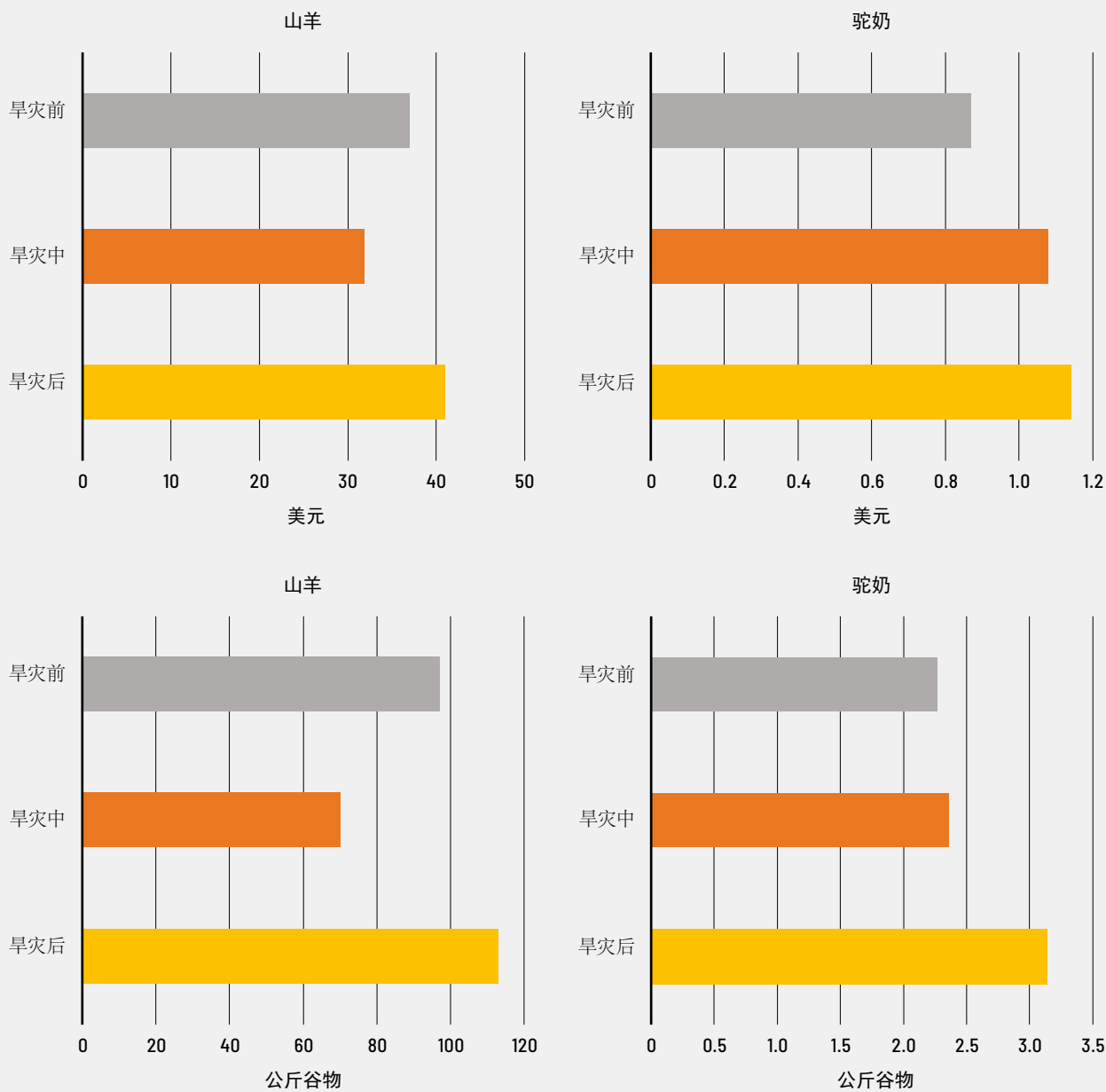
插文5
(续)

就奶类而言, 旱灾年份奶价上涨幅度与谷物平均价格上涨幅度相似, 奶类与谷物之间的贸易条件相对未受影响。然而, 在灾后第一年, 奶价继续上涨, 而谷物价格下降, 导致奶类与谷物之间的贸易条件逐渐向有能力向市场供

奶的牧民倾斜。这反映出典型的旱灾/灾后情境及其对收入分配的影响。

按照当时的农村市场价格, 牲畜和奶类价值从旱灾前一年的30亿美元下降至

图22
旱灾前、旱灾中和旱灾后各年份优质山羊和驼奶当地平均市场价格(美元)(图上方)和贸易条件(图下方)



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

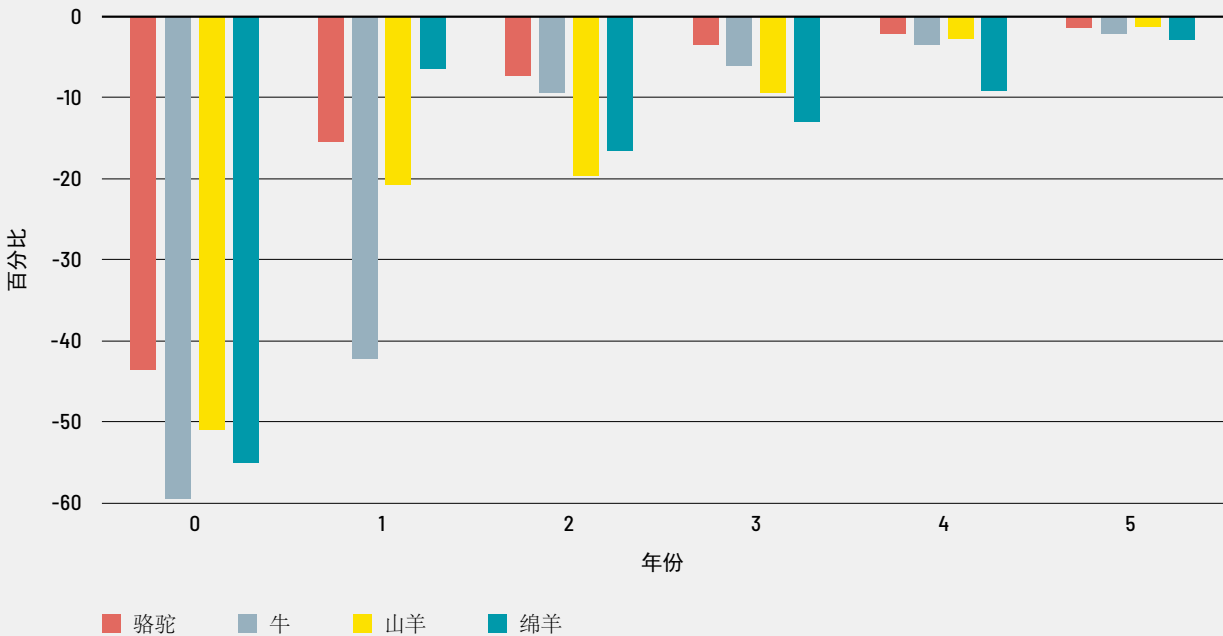
插文5
(续)

旱灾年份的15亿美元。养牛收入受影响最大,原因是牛奶收入大幅减少,降幅约70%(图23);其次是小型反刍动物带来的收入,降幅约50%;骆驼带来的收入降幅约40%。在灾后第一年,养牛收入仍比灾前低40%以上,而其他牲畜带来的收入仅比灾前低20%或更少,部分原因是灾后第一年小型反刍动物和奶类的价格出现上涨。直到灾后第四年,所有种类牲畜的估算收入损失才降至10%以下。在旱灾年份,牲畜与谷物相比较的贸易条件恶化,以千克-谷物当量计算,收入损失又额外增加了10%。

资料来源:作者本人解读。

总之,在旱灾年份,据估算大约超过400万头牲畜死亡,主要是小型反刍动物,造成的损失值约为2.9亿美元。旱灾年份奶类产量损失估计近13亿美元,因牲畜出栏量减少和降价造成的损失为1.6亿美元。灾后第一年,奶类减产造成的损失降至1.5亿美元,而牲畜减产造成的损失升至4.6亿美元,主要是因为旱灾年份幼崽和羔羊数量减少。由于牲畜存栏量一直低于灾前水平,牲畜出栏量未恢复到灾前水平,灾后第二至第五年又损失了6.4亿美元。

图23
牲畜和奶类估计销售量与旱灾前年份相比相对差异



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

插文6

实地作物损失情况:草地贪夜蛾案例

跨境虫害是缓发性灾害,给世界上许多地方造成了越来越大的农业损失。随着贸易和旅游业不断发展以及气候变化和生物多样性丧失等环境压力日益加剧,这一挑战在未来几年可能会恶化。⁵⁹

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith)原产于美洲热带和亚热带地区,几十年来一直是当地的主要作物害虫。2016年1月,草地贪夜蛾首次在美国洲以外地区出现,当时西非报告暴发了严重疫情。⁶⁰目前已证实,撒哈拉以南非洲大部分地区都出现了草地贪夜蛾。草地贪夜蛾具有极强的侵入性、流动性和破坏性,给全球农业造成严重损失,威胁到各国的农业发展,必须重点应对。2018年,印度卡纳塔克邦报告出现草地贪夜蛾,这是亚洲首次发现这种害虫。近期,澳大利亚、加那利群岛和新喀里多尼亚也报告发现了草地贪夜蛾(图24)。⁶¹

草地贪夜蛾之所以能迅速扩散,特别是在非洲,原因有很多,包括草地贪夜蛾能够利用各种多年生植物作为宿主,温暖的气候条件适于其繁殖。虽然草地贪夜蛾可食用的作物多种多样,能吃的植物更是多达350多种,⁶²但玉米

(*Zea mays* L.)是其首选,而玉米是非洲的主要谷物作物,也是亚洲第二重要的谷物作物。

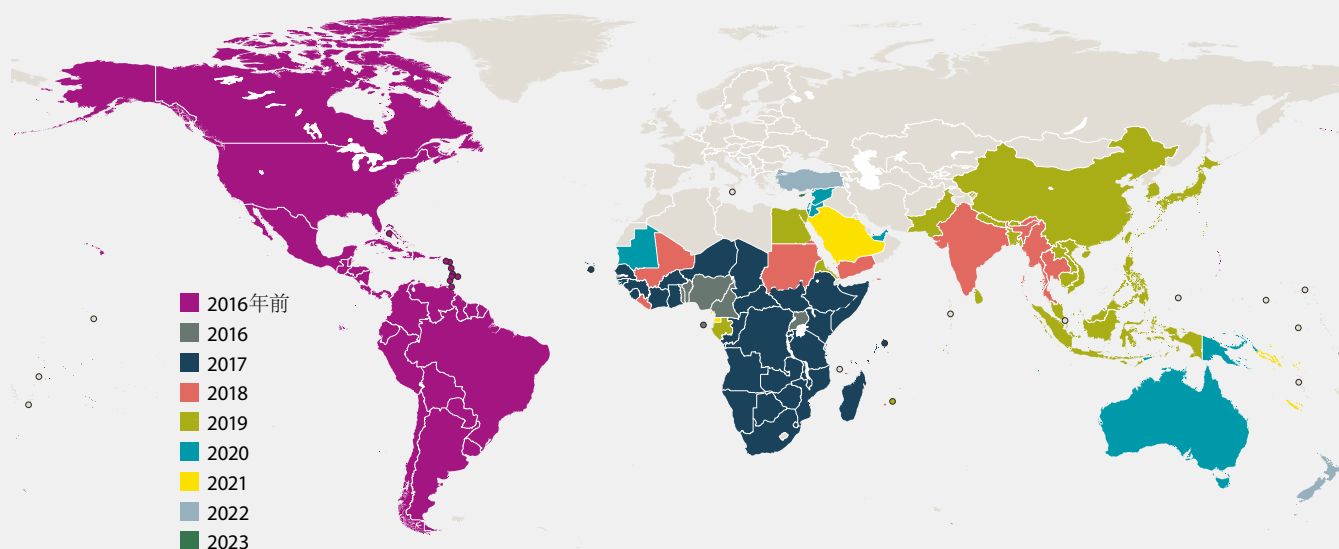
草地贪夜蛾导致的损失既包括可收获产量减少,也包括因虫害防控而增加的生产成本。据估计,巴西2009年共花费6亿美元用于防控草地贪夜蛾。在非洲,2017年加纳和赞比亚的玉米产量损失分别约为2.84亿美元和1.98亿美元,以此推导12个非洲国家的损失总额为25亿至63亿美元。⁶³随着草地贪夜蛾的扩散,整个撒哈拉以南非洲地区的玉米、水稻、高粱和甘蔗损失约为每年130亿美元。⁶⁴

测算草地贪夜蛾疫情及其对作物造成的损害

由于作物种类、品种、生长周期、害虫生命阶段各异,再叠加天气、土壤健康和影响草地贪夜蛾的生态力量等其他混杂因素,很难将作物损失和损害归因于草地贪夜蛾。查阅公开文献、机构报告和其他数据来源,可以发现越来越多的研究开始评估草地贪夜蛾在非洲和亚洲的影响,尤其是对其对玉米的影响已进行了多次评估。这些评估主要针对单个地块,而全面评估或建模工作仍处于初始阶段。

图24

全球草地贪夜蛾成灾图



资料来源:作者本人对粮农组织数据和联合国地理空间数据的解读。联合国地理空间网络。2020。地图地理数据[shapefiles]。美国纽约,联合国。

插文6

(续)

分析文献数据后发现,草地贪夜蛾直接导致的玉米产量损失在0.4%至94.8%之间。各国的平均产量损失存在差异,从厄瓜多尔的15.7%到印度的45.7%不等。值得注意的是,这些损失并不包括品质下降,采用从大小不一的地块获得的测量数据,而且各国的观测次数也不尽相同。不同的产量损失估算方法会生成不同的结果。例如,在津巴布韦,根据农民的感受估算2017年玉米产量损失为58%,⁶⁵而根据对2018年实地数据的严谨分析,结果则为12%。⁶⁶这意味着农民可能高估了产量损失。⁶⁷然而,目前尚无同一时空内此类估算结果可供对比。此外,由于地块大小不一,差异巨大,难以采用地块数据推导出整个国家的产量损失,因此测算草地贪夜蛾造成的全国损失十分困难。显而易见,有必要开发和应用标准化方法,纳入更多变量,有针对性地対大小不一的地块进行采样,并创建适当的作物模型,以支持针对草地贪夜蛾的有效干预。

用损害等级量表进行测算,结果显示,玉米籽粒产量损失往往随着植物损害严重程度的增加而增加,损害等级评分每增加一个单位,产量损失就增加约10% (图25)。一些研究报告了损害等级大于3的植株所占比例,从中能观察到更强且具有统计显著性的关系 (图26)。⁶⁸这意味着一旦植株损害达到一定水平,产量可能会受到重大影响。此外,产量损失似乎还会受虫害侵袭水平的影响,即每株植株上的草地贪夜蛾幼虫数量。虽然这些结果依据的是地块层面数据,但说明不管地块大小如何,衡量草地贪夜蛾对产量损失的影响时,还应测量作物受损程度,可能的情况下,还应测量害虫种群水平。

就草地贪夜蛾的影响建模,以估算减产可能导致的直接经济损失

为准确估算草地贪夜蛾可能造成的经济损失,必须考虑到草地贪夜蛾可能攻击的所有大宗作物,而且不仅要考虑质量和数量上的损失,还要考虑贸易机会的损失。^{63,69}

资料来源:作者本人解读。

以下是推荐的一个计算框架,用于估算草地贪夜蛾在无管理情况下可能造成的直接经济损失。⁶⁷

$$ELP_{(FAW)} = YL_{\Sigma(Cr1, Cr2, \dots, Crn)} +$$

$$FC_{\Sigma Cr1 + \Sigma Cr2, \dots + \Sigma Crn} + QL_{\Sigma(Cr1, Cr2, \dots, Crn)}$$

ELP = 草地贪夜蛾入侵造成的潜在经济损失

YL = 草地贪夜蛾造成的作物产量损失的货币价值(Cr) 1, 2...n

FC = 草地贪夜蛾的防控成本(Cr) 1, 2...n, 即应用于每种作物的各种防控方案的成本

QL = 草地贪夜蛾对作物造成的质量损失(Cr) 1, 2...n, 即作物因其质量降低或丧失而损失的经济价值

该模型通过估算不同作物产量损失的货币价值、防控措施的成本以及作物质量下降对应的价值,计算草地贪夜蛾入侵造成的损失。

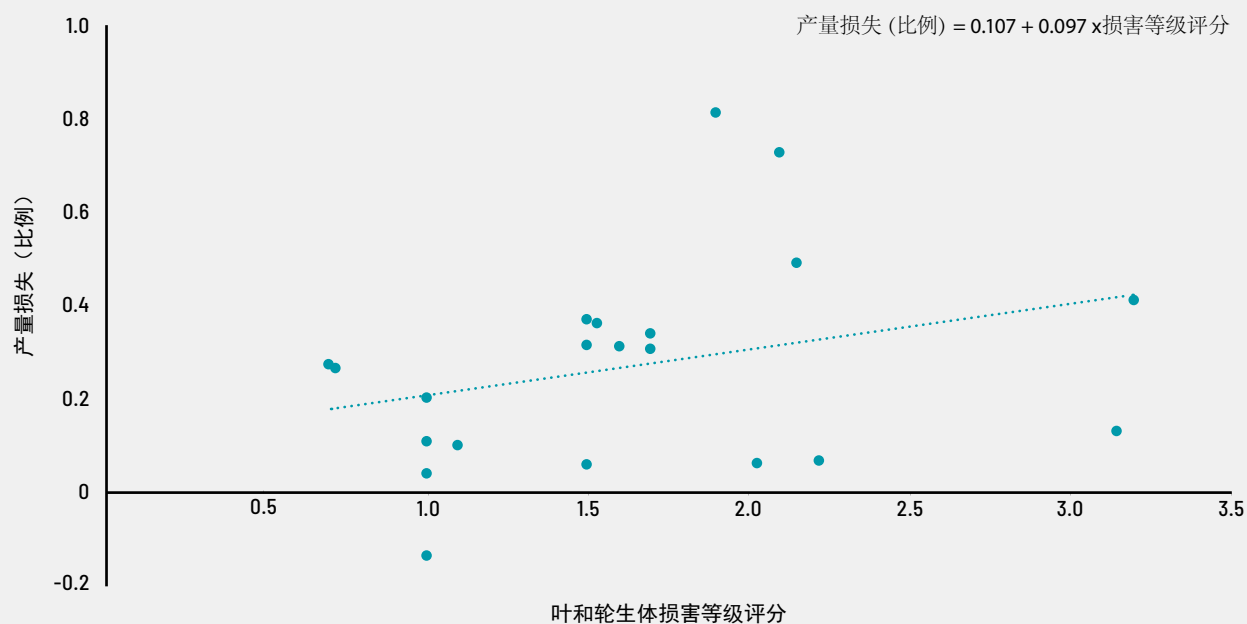
事实上,草地贪夜蛾入侵仍继续对生产率产生不利影响,小农耕作系统受到的影响尤其大,大批非洲和亚洲小农的脆弱性因此加剧。草地贪夜蛾对人类健康也会产生间接不利影响,尽管目前还没有进行过任何系统性测算。草地贪夜蛾入侵造成的其他影响包括合成杀虫剂用量增加,虫害防治成本增加,作物减产及农场收入减少,环境和福利问题恶化。

气候预测表明,草地贪夜蛾对农业的影响可能会在未来几十年进一步加重。^{70,71}这突显出建立有效且协调有序的管理系统的必要性,包括监督、监测和响应系统。在非洲和亚洲防控草地贪夜蛾时,人们提到和用到最多的方法依然是使用合成杀虫剂。^{72,73}然而,使用合成杀虫剂有种种隐患,我们需要的防控策略必须既能有效抑制害虫,又不会损害人类健康、农业粮食生产体系的韧性和自然环境,其中包括综合病虫害防治框架内的基于自然的解决方案,如对草地贪夜蛾采用生物防控法。

»

图25

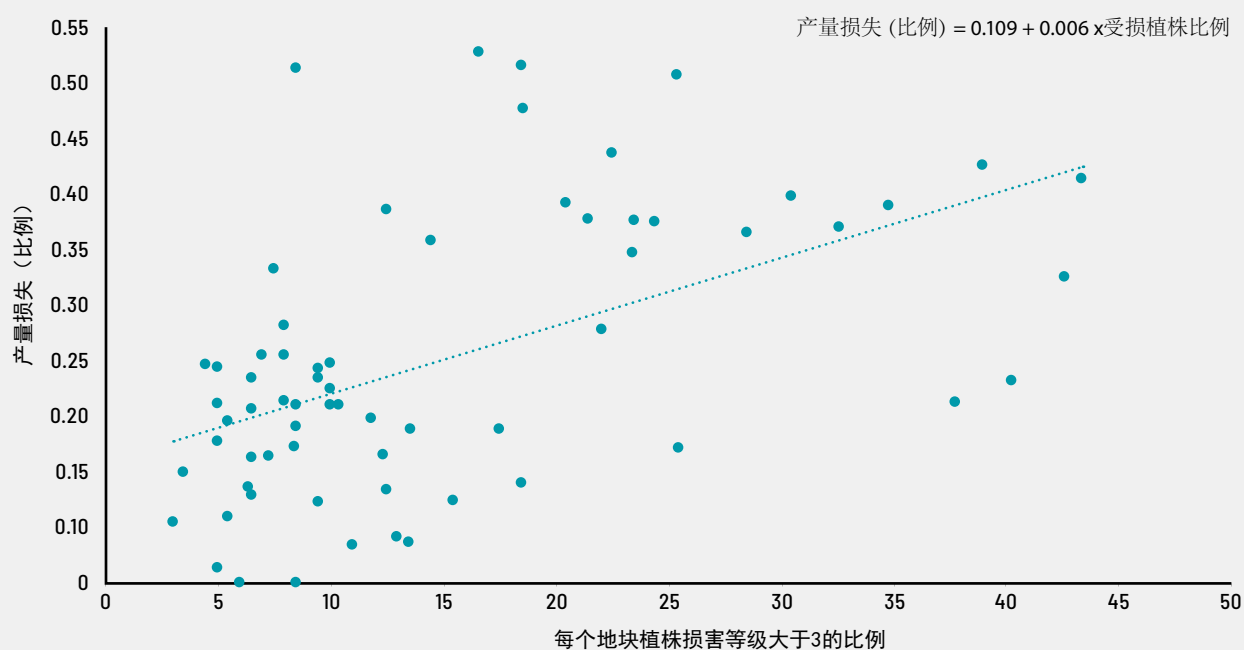
产量损失总量(比例)按植株损害等级回归时的最佳拟合线



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

图26

玉米产量损失(比例)回归时植株损害等级大于3的最佳拟合线



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

如上文所述, 本节介绍的灾害损失估算是采用二手数据进行概率建模得出的。在理想的情况下, 可通过问卷收集此类信息, 以便获得国家和国家以下各层级关于灾害损失的统一信息。此类评估有一些成功经验(见**插图5**和**插图6**)。虽然目前没有标准化规则, 但以下插图中的案例研究可提供参考信息, 用于制定相关规则。

2.3.2
灾害导致粮食供给中营养素损失

众所周知, 灾害和危机会对粮食安全产生影响, 对营养的影响更是巨大。它们还会通过其他途径影响营养, 特别是给食物及其所含营养素造成损失, 因而不利于健康膳食。种植业和畜牧业的全球损失可转换成人类所损失的相对应的能量和九种微量元素数值。将损失表示为在总需求量中所占百分比的做法有助于了解灾害和危机造成的粮食供给不足问题可能在多大程度上影响我们满足人口营养需求的能力。

必须强调, 此处的重点是可供量, 而不是因灾害造成的消费模式变化。要评估消费量损失了多少, 需要有全面和具体的数据, 但目前此类数据十分有限。必须认识到, 粮食供给中的能量和营养素量并不一定等于个人摄入量。

为衡量能量和营养素损失情况, 我们采用食物成分数据,⁷⁴将农业生产中的估算损失转换为九种维生素和矿物质(钙、铁、锌、维生素A、维生素B1、维生素B2、维生素C、镁和磷)以及能量的营养素损失, 随后采用人口估计值将这些值转换为人均日均营养素损失值。我们依据每种营养素的每日平

均需求估算量^p, 将损失值表示为占成人需求量的百分比。^{q 75,76,77,78}

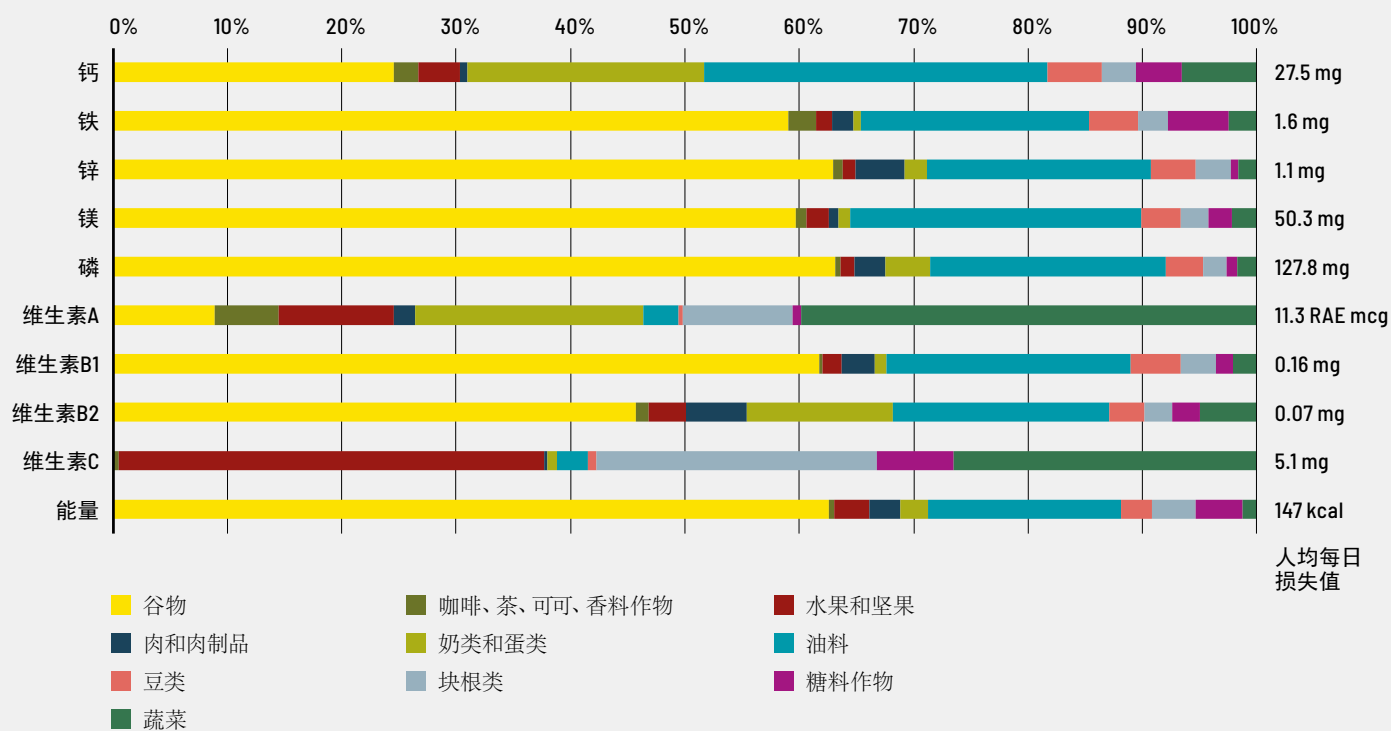
图27显示, 在全球范围内, 过去31年种植业和畜牧业子部门的灾害估算损失平均约为人均日均147千卡, 分别相当于男性和女性平均能量需求量的约6%至7%(**图28**)。过去三十年, 能量减少量相当于约4.55亿人(约4亿男性或5亿女性)的年需求量。

谷物的能量和多种营养素损失最多(**图27**), 包括铁、锌、镁、磷、维生素B1和维生素B2。谷物制品是许多地区的主食, 也是这些营养素的重要来源。蔬菜损失的主要是维生素A。这突出说明蔬菜是这种必需维生素的重要来源, 而这种维生素对视力、免疫功能和整体健康至关重要。水果和坚果, 还有块根类, 损失的主要是维生素C。这些食物组被公认富含维生素C, 而维生素C是一种对免疫功能和胶原蛋白合成很重要的抗氧化营养素。奶类和蛋类损失的是钙、维生素A和维生素B2。这几类食物以其钙含量闻名, 对强健骨骼和牙齿至关重要。奶类和蛋类还能提供对视力和免疫功能至关重要的维生素A以及对能量的产生至关重要的维生素B2。

与需求量相比, 铁、磷、镁和维生素B1的营养损失似乎特别突出(**图28**)。钙、磷和维生素A的损失百分比对男女而言是相似的, 但其他营养素的情况则不同。考虑到女性的需求量更大, 锌、镁、维生素B1、维生素

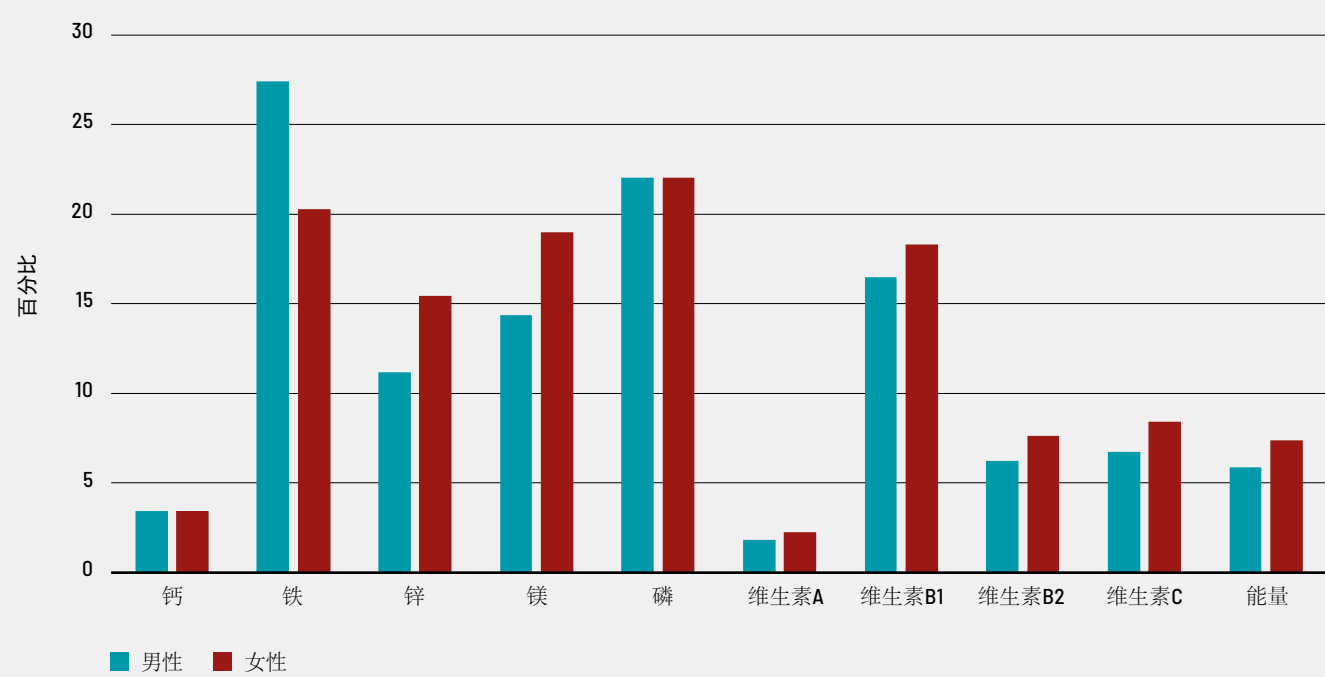
^p 估计平均需求量指能满足50%健康人群(每日)需求所需的量。
^q 具体需求量如下: 钙: 男女均为800毫克; 铁: 男6毫克, 女8.1毫克; 锌: 男9.4毫克, 女6.8毫克; 镁: 男350毫克, 女265毫克; 磷: 男女均为580毫克; 维生素A, 视黄醇活性当量: 男625微克, 女500微克; 维生素B1: 男1.0 毫克, 女0.9毫克; 维生素B2: 男1.1毫克, 女0.9毫克; 维生素C: 男75毫克, 女60毫克。

图27
各类食品人均能量和营养素估计
每日损失总值(1991-2021年)



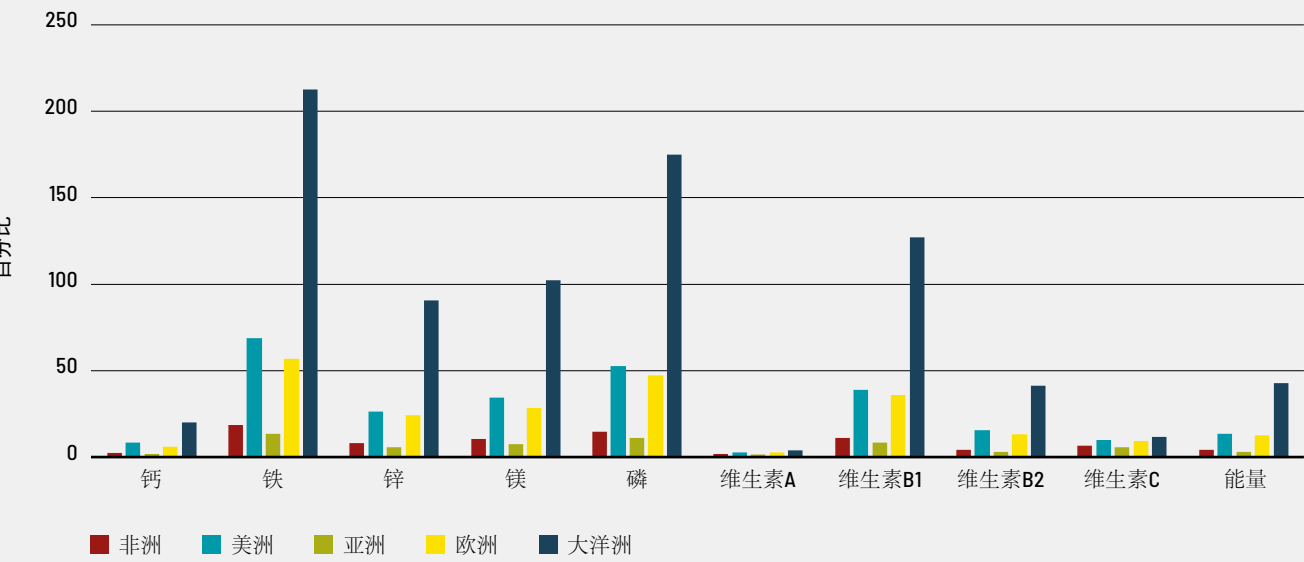
资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

图28
能量和营养素估计每日损失值占人类
需求量比例(1991-2021年)



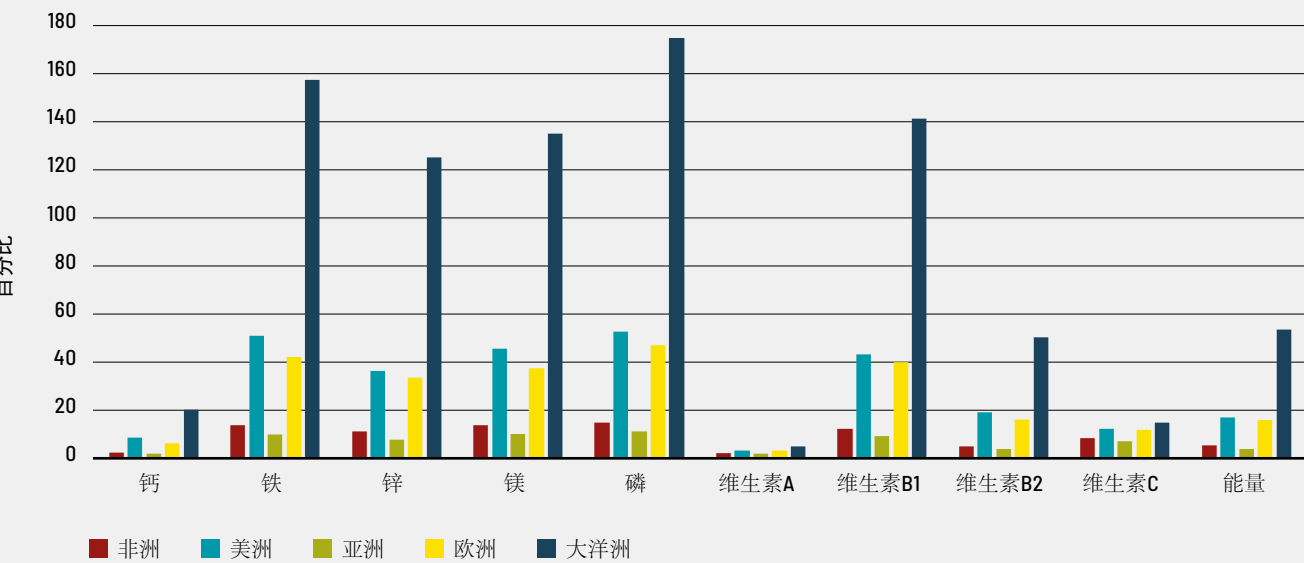
资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

图29
各区域能量和营养素估计每日损失值占男性
需求量比例(1991-2021年)



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

图30
各区域能量和营养素估计每日损失值占女性
需求量比例(1991-2021年)



资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

- » B2和维生素C对女性的潜在营养影响更为重要, 这些营养素的损失在估算平均需求量中所占百分比要比男性高1%至5%。铁是唯一一种潜在损失对男性的影响比女性大7%的营养素。

在区域层面, 估计因灾害减产而造成的营养损失在亚洲和美洲约为31%, 在欧洲约为24%, 在非洲约为11%, 在大洋洲约为3%。但结合各区域人口的能量需求量来看, 损失在大洋洲尤为突出, 约占50%, 其次是美洲, 约占15%, 欧洲约占13%。在非洲和亚洲, 灾害造成的需求损失比例要低得多, 分别约为3.5%和4.5%。值得注意的是, 仅非洲的估算损失就相当于4350多万男性或5440多万女性的日均能量需求量。

如图29和图30所示, 大洋洲的损失占日均需求估算量的百分比最大, 男性和女性的铁、镁、磷、维生素B1的损失占日均需求估算量的百分比均超过100%, 女性的锌损失百分比也超过100%。这里考虑的

是营养素可供量损失, 而非实际摄入量损失。虽然大洋洲的营养损失低于其他区域, 但其人口相比之下较少, 而且粮食出口量很大。这导致大洋洲人均日均营养素损失较高, 因此损失在平均需求估算量中所占百分比极高。以铁为例, 大洋洲的人均日均损失估计为12.7毫克。损失绝对值似乎并不令人担忧, 但它对男性而言为需求量的212.5%(6毫克/日需求量), 对女性而言则为157.4%(8.1毫克/日需求量)。

最后, 由于缺乏对损失的系统性估算, 在评估可供量减少时未包括鱼类和水生食物, 这一点可能非常重要, 因为此类食物是特定营养素的重要来源。同时, 如果具备此类细分数据, 那么在评估特定国家的粮食供给可供性时, 就能顾及具体背景^r。■

^r 例如, 如果具备更精细的数据, 就有可能评估当特定背景下某种营养素供应充足时, 出现一定比例的损失是否属于轻微损失, 或者当这种营养素在当地饮食结构中较为稀缺, 是否会构成严重的公共卫生问题。

插图7

估算灾害导致的营养素可供量减少

根据1991-2021年灾害对全球农业生产造成损失的估算结果, 我们可以计算出卡路里和九种微量元素的营养损失, 即全球食品供应量中减少的可供量。我们将因灾造成的作物和牲畜产品损失与全球营养价值换算表(包括钙、铁、锌、维生素A、维生素B1、维生素B2、维生素C、镁和磷)中相应的营养价值进行比较, 同时考虑到可食用系数, 再将1991年至2021年的

营养损失总量除以世界人口和该时间段的天数, 就能将数值转换为每人每天因灾损失的量和营养素平均数值。所采用的国家人口数据来自粮农统计数据库。用每种营养素的每日人均损失量除以成年男性和女性的每日平均需要量, 可以将结果表示为人体对这些营养素的需求量的百分比。

资料来源: 作者本人解读。

2.4 衡量对林业和渔业及水产 养殖业的影响

本节介绍有关林业和渔业及水产养殖业子部门的案例研究,而由于可用数据有限,无法对极端事件造成的损失开展类似于第2.3.1节中针对种植业和畜牧业的系统性评估。数据不足的原因是缺乏基准数据,且这两个子部门中灾害与生产率之间存在复杂的关系,因此很难确立一个无灾害的虚拟情境。就海洋渔业而言,要将各国产区与灾害发生地联系起来也是一项挑战。因此,只能借助已发表的文献和具体案例分析中的传闻实证了解林业、水产养殖业和渔业灾害损失的重要性和相关性。

下一小节将概述对世界各地森林的健康和可持续性构成威胁的两种最严重危害——野火和虫害。它将简要介绍该子部门在数据收集方面面临的挑战,并提出一种可用的损失估算方法。最后一小节审视渔业及水产养殖业子部门遭受的损失,概述这方面灾害影响的特性。

2.4.1 林业:野火和虫害对森林的影响

森林极易受到灾害和气候变化的影响,但也在减少和减缓风险方面发挥着关键作用。停止砍伐森林和扩大森林覆盖率是具有成本效益的解决方案,可减缓气候变化,每年减排50亿吨二氧化碳当量(约占年总排放量的11%)。这种做法还有助于增强生物多样性,同时提供生态系统服务,从而提高人类和生态系统面临极端事件时的适应能力和韧性。⁵与此同时,世界各地的森林还受到多种自然危害的威胁,包括野火、虫害、疫病、干旱、风暴、洪水和滑坡。频发而严重的灾害可

能导致森林退化和损失,削弱森林储存碳、适应气候变化和支持脆弱生计的能力。

影响林业部门的大多数危害由气象因素(如温度和降水模式)、长期气候变异以及人类影响(土地利用方式变化、土地管理做法和通过国际贸易引入入侵物种)造成。评估和减少森林风险对于帮助各国实现气候减缓和适应目标至关重要,但目前对森林退化的有效监测仍处于早期阶段。在《2020年全球森林资源评估》报告中,仅58个国家(占全球森林面积的38%)报告了对森林退化面积的监测情况。⁷⁹由于各国采用的损失和损害评估方法不一致、方法应用不足以及缺乏对所有影响的全面覆盖,收集有关森林影响的数据颇具挑战性。很显然,我们需要更好的数据和综合风险管理方法。

以下各节将阐述影响森林部门的两种最重要危害:野火和虫害。火灾是许多陆地生态系统的重要组成部分,其影响可能是有益的,也可能是不利的。与气候条件一样,火灾也是影响全球植被状况的主要因素,^{80,81}也会构成严重威胁。失控的荒野火灾(野火)会产生严重负面影响,包括二氧化碳排放、林产品和生产率破坏、景观退化、人类生命、建筑资产、生物多样性和栖息地遭受损失以及生计遭到破坏。⁸²任何一个有植被覆盖的区域或国家都无法避免这种风险。⁸¹降低野火风险和管控其破坏性影响是全球范围内一个越来越重要的问题。

贸易、运输和人类的流动一直呈指数级增长,而与此同时,害虫、病原体、脊椎动物和植物等非本土入侵物种已对森林构成了越来越大的威胁。入侵物种目前被认为是导致生物多样性丧失的最主要原因之一,特别是在某些岛国。⁸³虫害每年破坏大约3500万公顷森林。⁸³入侵物种,特别是害虫和疾病病原体,会

影响树木生长和生存,降低木材质量,并对其他生态系统服务造成影响。入侵植物物种会与本土物种竞争并阻碍后者的再生,从而对森林造成危害。本地物种也会在气候变化诱导下或由于寄主植物防御能力减弱而加重影响。这会改变植物群的组成和结构。由于气候变化和森林管理不善的影响,许多国家正在面临小蠹等本土害虫的暴发。

火灾和森林

在荒野和城市结合部人口密度不断上升的情况下,野火正对环境、野生动物、人类健康和基础设施造成越来越大的破坏。⁸⁴每年约有3.4亿至3.7亿公顷的地球表面被野火烧毁。^{85,86}数据显示,仅2021年就有近3.91亿公顷土地(包括2500万公顷林地)被烧毁。⁸⁷受传感器分辨率(意味着小型火灾可能无法被发现)、时间段覆盖问题和云层等技术限制,实际过火面积往往被低估。Chuvieco等人利用20米空间分辨率的哨兵2号卫星数据,计算出撒哈拉以南非洲的过火面积要比中分辨率成像光谱仪(MODIS)(500米)估计的大120%。⁸⁸这意味着,全球过火面积分析中尚未考虑到中分辨率成像光谱仪未能涵盖的火灾。

人口结构、气候和土地利用方式的变化正在促使野火变得愈加频繁和猛烈,以往未受野火影响的地区也正面临野火的威胁。⁸⁹与2000年相比,预计2030年全球极端火灾事件的发生率将增加14%,到2050年将增加30%,到3000年将增加50%。气候变化和未来的火灾气象将是加剧野火的最主要因素,其次是土地覆盖情况变化、闪电活动和土地利用方式。⁹⁰

气候变化主要由化石燃料燃烧释放的温室气体引起,对火灾环境产生了重大

影响。⁹¹野火会加快碳循环的正反馈环,让我们更难阻止气温上升。根据卫星对活跃火灾的观测,2021年野火在全球共排放了64.5亿吨二氧化碳,比2020年欧盟化石燃料总排放量高出148%。根据政府间气候变化专门委员会最近的调查结果,在一些区域,更热、更干燥、更多风的天气越来越频繁,如果各国不履行并超过他们根据《巴黎协定》做出的承诺,这种天气将继续增加。⁵国际消防界中许多成员已认识到,在越来越困难的火灾天气条件和在气候变化影响下火灾季节延长的情况下,火灾管理已成为一个日益严重的问题。⁸³

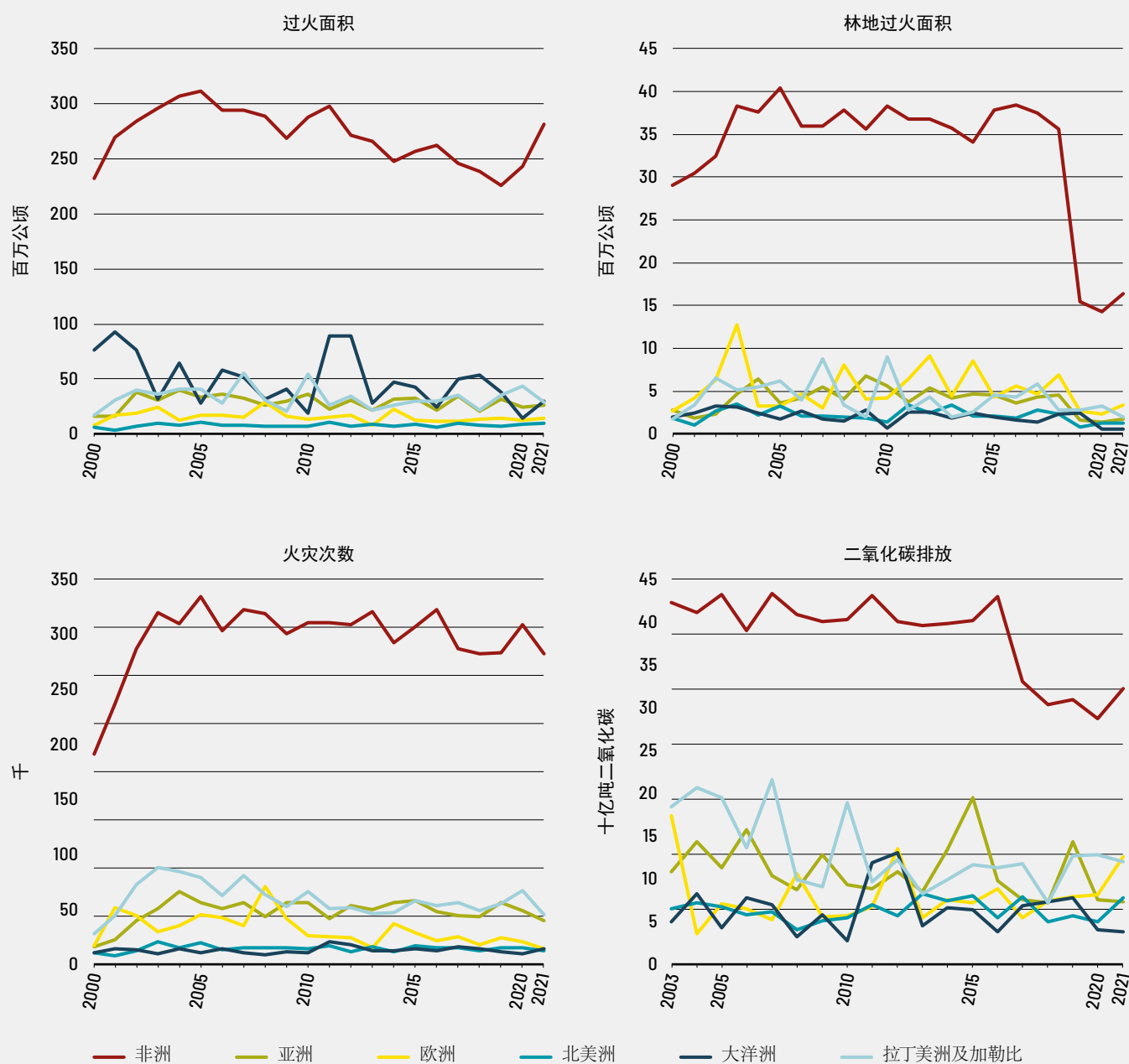
图31显示的是2000-2021年间的过火面积、火灾次数和二氧化碳排放量。图中无法看出明确趋势,但值得注意的是,全球野火信息系统(GWIS)数据集以MODIS传感器(500米分辨率)为准,而全球数据分析中并没有反映地面的具体情况。图中显示,非洲的火灾数据明显高于其他各大洲,全球约70%的野火发生在撒哈拉以南非洲地区,其次是澳大利亚和南美洲,占比21%。⁸⁵

此前各国报告的年均森林过火面积(2002-2012年)估计约为6700万公顷,相当于全球森林总面积的1.7%。⁸⁶然而,全球野火信息系统的2002-2019年92全球火灾数据集显示,平均有1.769亿公顷森林被烧毁,占全球森林总面积的3.6%,占全球过火面积的42.9%。据Van Lierop等人称,⁸⁶森林过火面积的全球分布情况以及各区域被烧毁的林地占总林地的百分比如下:

- 南美洲, 3500万公顷 (4%)
- 非洲, 1700万公顷 (2.5%)
- 大洋洲, 700万公顷 (4%)
- 北美洲和中美洲, 500万公顷 (0.7%)
- 欧洲和亚洲北部, <500万公顷 (0.3%)⁸⁶ »

图 31

野火造成的过火面积、火灾次数和二氧化碳排放相关历史数据(2000-2021年)



资料来源:全球野火信息系统, <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/>

» 2002-2019年(国家层面火灾统计的最新时段),近58.6%的火灾发生在46个最不发达国家,尽管它们仅占全球植被面积的14.2%,包括农田和自然植被。这表明火灾风险、低收入和资源管理状况之间存在关联。从其中33个最不发达国家看,似乎非洲的贫困与火灾关联度最明显,尽管中美洲和南美洲国家也有这种情况。

2002-2019年全球野火信息系统数据集显示,非洲最不发达国家有1.46亿公顷森林被归类为被烧毁林地(包括开放和封闭的森林),占全球所有森林火灾的82.6%。这可能是土地覆盖分类法造成的假象(例如,有树的稀树草原被归类为开放森林)。但毫无疑问,其中包括一些由草原/灌木林和农田上的火蔓延到森林而烧毁的森林覆盖物。

与野火有关的损害和损失包括负面生态影响(植被和生物多样性丧失、土壤流失、土壤肥力下降)和社会经济损失(死亡、生计、农业、生产率、粮食安全、人类健康、水安全和基础设施/资产等方面的损失)。⁹³ 目前没有统一一致的全球数据库对火灾的社会经济影响甚至灭火成本进行报告,而许多政府也没有定期评估和记录此类信息或公布此类信息。⁹⁴

通过减灾行动来解决发生火灾的根源有助于避免重大损失。综合火灾管理(IFM)旨在让景观和生计具有韧性和可持续性。为实现这一目标,这种方法要全面考虑火灾管理的生态、社会经济和技术各方面。将重点放在减少野火风险是正确的方法,但必须将火灾本身作为一种管理工具。在一些火灾报告中,美国一些被归类为极端野火事件的火灾被认为是由于在已适应火灾的生物群落中实行灭火政策而导致

森林过密的结果。⁹⁴类似的情况也发生在其他国家。我们应抓住机会,利用当地的传统火灾管理知识和经验来建立更健康的火灾管理制度。

一个有助于系统性评估、规划和管理火灾的综合火灾管理框架目前已经形成,成为粮农组织林火管理战略的一部分。⁹⁵该框架侧重于五个R,即:审查和分析、减少风险、防备、应对和恢复。采用综合火灾管理方法和五个R,同时利用研究人员、从业人员、土著和传统社区的经验、知识和良好做法促进对话,有助于降低人类和景观的脆弱性。

森林入侵物种和本土虫害暴发造成的影响

入侵物种对森林的破坏可能是个经济灾难,但由于相关信息缺失,无法量化其对全球经济的影响。⁹⁶数据不足的一个主要原因是难以确立阈值,用于判断本来可容忍的害虫水平何时演变为虫害。其他问题包括计算森林的破坏程度和估算受损树木和植物种群的货币价值。

经济成本包括木材损失、树木更新、生态系统服务变化、蓄水、管理成本以及减缓气候和碳相关损失。此外还有社会经济影响,如对公共卫生的影响、依赖生产性森林的当地社区的收入损失以及森林的文化和社会意义,这些都很难从经济角度量化。然而,目前很少有人研究如何量化病虫害对森林生态系统服务和当地社区造成的影响。当前有关病虫害造成破坏的报告均基于受损土地面积、树木死亡数量或经济影响,缺少统一一致的影响报告系统。就大规模疫情而言,依据土地面积评估小蠹等害虫造成的损害相对容易。但这种方法不适

用于导致被非宿主包围的单颗树木死亡的害虫和病原体。

总体而言,关于虫害和疾病暴发的数据十分有限,特别是在发展中国家。此外,现有数据主要集中在人造林上。尽管许多国家都报告过森林减少和枯死的问题,但仍缺乏准确的调查数据。澳大利亚、中国、一些中美洲国家、新西兰、美国和英国都报告过最近由入侵物种、本土害虫和病原体造成的损失。

美国农业部林业局在年度报告中介绍了美国主要森林病虫害状况。森林病虫害造成的树木死亡率每年都在变化,但2009年报告的死亡面积超过1180万英亩(480万公顷)。⁹⁷相比之下,同年受林火影响的有590万英亩(240万公顷)。2018年,美国有600多万英亩(240万公顷)树木死于病虫害,比2017年报告的数字减少了约260万英亩(100多万公顷)。

据美国估计,全国所有入侵性森林害虫每年造成的经济损失为42亿美元。⁹⁸最近对特定物种组的研究表明,实际成本甚至更高。美国估计2019年由15种最具破坏性的非本土森林害虫导致树木死亡率上升,从而带来生物量损失。该研究发现,树木的总死亡量相当于每年553万吨碳。⁹⁹

在其他地方,Turner等人得出结论,预计到2070年新西兰一种新的森林害虫带来的相关经济损失净值为38亿至203亿新西兰元。¹⁰⁰英国由入侵物种造成的经济损失估计每年为17亿英镑(超过22亿美元)。¹⁰¹在伊朗,黄杨蛾(*Cydalima perspectalis*)和黄杨枯萎病(*Calonectria pseudonaviculata*)影响了约8万公顷的天然黄杨林

(*Buxus hyrcana*)。⁷⁹2015年,澳大利亚卡奔塔利亚湾南部海岸的红树林枯死面积约为7000至10000公顷,分布在长达700公里的海岸线上。这是红树林生态系统有史以来与气候异常有关的最大规模枯死事件之一。¹⁰²

其他值得注意的例子是瘤蛾毛虫(*Uraba lugens*)2010年至2011年间大规模暴发使澳大利亚西部约25万公顷的赤桉(*E. marginata*)严重落叶,尽管此后森林已经恢复。¹⁰³在维多利亚州东北部,2011年以来每年有高达3000公顷的人造林因松针褐斑病(由松针褐斑病菌引起)而需要开展防治。2016年底,澳大利亚西部受疫霉菌影响枯死的公有原生森林累计总面积达27.4万公顷。¹⁰²据估计,澳大利亚软木林场因树蜂造成的损失和防治成本约为3500万澳元。¹⁰⁴自2004年发现家天牛以来,在根除和防治家天牛方面也投入了类似金额。¹⁰⁵在南非,每年有12301公顷人造林受到害虫和/或病原体的影响。

南方松甲虫(*Dendroctonus frontalis*)是美国东南部、墨西哥和中美洲松林中最具破坏性的本土害虫。¹⁰⁹2002年美国南部和东北部地区526万公顷松林受到这一虫害影响,而此后其传播率一直保持在低水平。在墨西哥和中美洲,最近一次的暴发发生在洪都拉斯(可能与中美洲松甲虫有关),2014/15年共造成约50万公顷树木死亡。¹¹⁰2019年,多米尼加暴发了前所未有的美雕齿小蠹(*Ips calligraphus*)疫情,¹¹¹影响了8000多公顷本土和外来品种松林。¹¹²

然而,2000年以来造成北美松林损失最多的小蠹类物种一直是山地松甲虫。据加拿大政府记录,始于20世纪90年代初的山地松

甲虫疫情已影响了不列颠哥伦比亚省1800多万公顷松林。截至2012年,可销售松木量共减少了约7.23亿立方米(53%)。¹⁰⁸2010年,调查发现,山地松甲虫导致美国西部各州超过680万英亩森林死亡。⁹⁷

与所有计划一样,此项工作中也难免存在不足和需要改进的地方。如上文所述,一

个主要问题是缺乏统一一致的数据,不仅是关于入侵物种和本土物种所造成损失的数据,还有关于各国如何减轻损失和损害的数据。为了更好地评估、重视和应对入侵物种和本土物种对森林的影响,必须通过实地调查、问卷调查以及卫星和远程图像等技术收集全球、国家和地方各层级的统一信息。

插文8
影响森林的两种害虫

松材线虫

松材线虫被认为是最具破坏性的松树害虫之一,¹⁰⁶对葡萄牙的人工林以及中国、日本和韩国的原生林造成了严重破坏。韩国林务局称,1988年至2022年间,韩国共有1200万棵松树因松材线虫死亡。日本林业局报告称,日本每年因松树萎蔫病损失约30万立方米松树。¹⁰⁷

同样,中国受松材线虫病影响最大的地区是东部和南部,这两个地区的经济损失占全国经济损失的79.9%(表2)。

松甲虫

松甲虫是存在于世界各地林区的一个自然物种,同时也可能是主要的破坏因素,特别是在树种多样性低、密度高和环境压力大的针叶林中。近几十年来,在中美洲和北美洲以及欧洲,数百万公顷树木因松甲虫而死亡。在白俄罗斯,2016至2021年间,松甲虫共造成3600万立方米的松木损失。在加拿大,受山地松甲虫(*Dendroctonus ponderosae*)侵扰的森林面积持续减少,从2009年的近900万公顷减至2019年的35.7万公顷。¹⁰⁸

表2
中国的松材线虫病

省份	经济价值(十亿元人民币)	占全国总经济损失的比例%
浙江	2.14	26.8
广东	1.81	22.7
江苏	1.22	15.3

资料来源:Zhao, J., Huang, J., Yan, J. 和Fang, G., 2020。“1998-2017年间中国大陆松材线虫病造成的经济损失”。《森林》,第11(10)期:第1042页。
doi.org/10.3390/f11101042

资料来源:作者本人解读。

估算林业的损失和损害

灾害会对森林产生多方面的影响,需要收集各种各样的数据和指标,才能从各个方面评估损失和损害(表3)。与估算对木材生产的影响相比,对生产性资产(如设备)的直接影响最容易衡量,因为估算对木材产量的影响需要区分受影响木材的成熟度和价值。在一些国家,小规模生产者的生计可能会因森林资源相关收入减少而受影响,包括木材生产以及薪材、水果、蘑菇、鲜花和娱乐活动等非木材林产品。¹¹⁷

要了解对生计的次级影响,需要对家庭层面调查问卷获取的记录和数据进行评估。如上文所述,目前缺乏用于评估灾害对生态系统服务影响的标准化方法。一些灾

后需求评估试图通过制定指标和针对生态系统损失确定货币价值来填补此项空白。¹¹⁸某些危害的影响,如虫害造成的贸易中断,不仅仅会影响林业,还会对森林相关收入产生直接影响。

评估林业部门大规模灾害后木材损失时,一个重要方面是很大一部分受损木材通常可以抢救利用。灾后树木被毁不一定会导致木材产量下降。相反,由于市场供应的木材比平时更多,木材销量在灾后会立即增加。

对多个国家和年份的灾害和木材生产进行大规模回归分析时,损失延后的问题会带来挑战。在被抢救利用的木材被出售且木材产量未能恢复正常之后,才可能在更长的时间段内观察到灾难给木材生产

插文9

松甲虫在洪都拉斯造成的破坏

过去20年,史无前例的南方松甲虫疫情导致洪都拉斯超过58万公顷的树木死亡。¹⁰⁹洪都拉斯的土地面积约为1100万公顷,其中450万公顷(占国土面积41%)为森林,约60%的森林面积为松树林。1962年至1965年,超过200万公顷森林受灾,原因是林木过度蓄积导致南方松甲虫暴发、野火和长期干旱。据估算,1964年的南方松甲虫疫情以每月15万公顷的速度蔓延,¹¹³迄今为止仍是洪都拉斯最具破坏性的一次南方松甲虫疫情。

1982年至1983年,洪都拉斯暴发了一次严重的南方松甲虫疫情,主要集中在约罗地区的卵果松(*P. oocarpa*)次生林,¹¹⁴超过8000公顷的幼龄松树受灾死亡。1982年疫情暴发后,

洪都拉斯针对松甲虫制定了有效的森林害虫防治方案。1984年至1998年,通过及早发现和及时采取防治措施,特别是“砍伐后留下”法,将损失保持在最低水平。¹¹⁵

然而,1998年至2003年,南方松甲虫疫情再次暴发,导致约45885公顷的松林死亡。¹¹⁶疫情造成240万立方米木材死亡,其中仅17%(403000立方米)有残余利用价值。2014年暴发了另一次南方松甲虫严重疫情,由于防治行动不够及时,最终有50万公顷卵果松松林受灾,¹¹⁰疫情在2017年才有所缓解。北美洲和中美洲本土松甲虫和加勒比地区外来松甲虫疫情预计会定期发生,特别是在树龄较老且无人管理的森林和人工林中。

资料来源:作者本人解读。

带来的实际损失。要估算对森林生产率的这种长期影响, 需要根据具体情况下的供求特征进行产量分析。这种方法并非在全球各地均可适用, 正因为如此, 目前大多数研究在评估灾害对林业的影响时, 都侧重于特定灾害, 而有关这些灾害的精确数据都是事后根据能获取的本地数据收集的(表3)。

粮农组织一直在推广一种收集数据和计算损失和损害的具体方法, 以更好地估算灾害对林业造成的损失并使之标准化。

这一方法为我们提供了评估森林资源的工具, 可区分成熟的可销售用材林(立木)和受损时尚未达到轮伐年龄的用材林的价值。

木材的单位市场价值可用于计算可销售木材遭受的损失, 而四种估价技术可用于估算销售前木材损失的价值, 即可比销售额、重置成本、内部收益率和收入法。非木材林产品产生的收入是森林资源的第三个方面, 包括所有与旅游、狩猎或其他林产品相关的活动。在这一类别产生的年收入

表3
灾害对林业产生的各方面影响

影响类别	受损害/损失	数据和指标
直接影响	木材生产	- 受影响或受损的所有成熟木材或立木价值 - 受损时所有未达到特定轮伐年龄的用材林现值 - 火灾后被抢救利用和销售的木材现值
	生产性资产	- 受损的资产存量(围栏、设备) - 受损资产现值
	生计	- 受损的房屋、道路和其他基础设施 - 森林所有人/管理人保存的非木材林产品相关历史记录, 如薪材、水果、蘑菇、鲜花和娱乐活动¹¹⁷
	森林生态系统和生物多样性	- 受影响的生态系统面积 - 受损的生态系统资产估值 - 生态系统恢复时间 - 对该时段生态系统服务所受损失的确定和估值 - 环境资产有效恢复的重建需求(病虫害防治、清理残留物、生态调查等)
间接影响	人类健康(野火)	吸入烟气造成过早死亡
	对社会进程和功能的破坏(野火)	- 陆运和空运中断 - 火灾中和火灾后停工停产 - 从长远看降低景观的旅游和美学价值或住房价值
	出口市场贸易量损失以及进口限制(虫害)	实行贸易限制措施

资料来源:作者本人解读。

基础上,可通过评估受损森林面积的比例和用材林的轮伐年龄来计算损失估算值。考虑到一部分森林资源可以在灾害后被抢救利用,这部分估算值将从收入损失估算值中扣除。

2.4.2

渔业及水产养殖业:多种风险和灾害影响

世界各地渔业及水产养殖业的可持续性正因灾害频率和强度不断增加而受到威胁。渔业及水产养殖业具有重要意义,能为世界上一些最脆弱和处境不利的社区保障粮食安全、营养和生计。截至2020年,全球有5850万人从事捕捞渔业(3800万人)和水产养殖业(2050万人)。¹¹⁹其中84%在亚洲,21%是女性。¹¹⁹约6亿人,包括自给生产和次级部门劳动者及其家属,至少在一定程度上以渔业和水产养殖业为生,约占全球人口的7.5%。

野生捕捞渔业和水产养殖业容易受到多种突发性和缓发性灾害的影响,包括风暴、海啸、洪水、干旱、热浪、海洋变暖、酸化、缺氧、降水及淡水供应中断以及海岸地区盐水入侵。¹²⁰捕捞渔业面临的一个关键生态系统风险因素是海洋热浪的强度和频率不断增加,威胁到海洋生物多样性和生态系统,使极端天气更有可能发生,也对渔业及水产养殖业产生不利影响。在水产养殖业中,短期影响可能包括生产和基础设施受损、疾病、寄生虫和有害藻华风险增加。长期影响可能包括野生鱼种减少以及降水量减少导致对淡水的竞争加剧。动物健康面临的风险也在增加,例如病原体的发生和毒力发生变化,或正在养殖的生物体对病原体和感染的易感性发生变化。

极端事件和气候变化会直接影响野生鱼类的分布、丰度和健康以及水产养殖过程的可行性和种群。它们会加剧过度捕捞等人类活动带来的其他压力,从而进一步影响渔业的环境和经济可持续性。除自然危害外,技术灾害(如化学品和石油泄漏)、冲突和复杂的紧急情况也会影响渔业和捕鱼社区的生存能力。渔业还面临灾害造成的各种直接和间接影响,包括人口流离失所和迁徙、海平面上升对沿海社区和基础设施的影响以及热带风暴频率、分布或强度的变化。

所有这些紧急情况都会对鱼类生产构成严重挑战,并导致价值链中断,对人们的福祉和生计产生不利影响。渔业部门正受到燃料等投入品价格上涨、食品成本上升、人口变化和贸易限制措施(如2019冠状病毒病疫情期实施的贸易限制措施)的严重影响。影响渔业的灾害发生在陆地和水的交界处,可单独、连续(例如2021年汤加火山喷发引发的海啸)或同时发生,并且往往具有相互放大的作用。

渔业社区、港口、市场基础设施和水产养殖设施通常位于海岸以及河流和湖泊沿岸,很容易受到各种水文和气象威胁的影响。气候变化、变异和极端天气事件正在进一步加剧海洋和淡水环境中捕捞渔业和水产养殖业的发展可持续性所面临的威胁。

与此同时,灾后迅速恢复捕捞渔业活动可以提供营养丰富的食物和就业机会,同时还可快速让社区恢复正常经济活动。灾难发生后,渔船经常被用来交易粮食、材料和运送保障粮食安全和生计的人员。在发生冲突和复杂紧急情况时,渔业可以在国

内流离失所者和难民流动时,发挥重要作用,保障他们以及当地居民的粮食安全和生计。

由于缺乏有针对性的脆弱性评估,同时并不确定对商业化渔业的影响,渔业适应极端事件和气候变化所带来影响的能力因此受到阻碍,特别是对身处热带的国家而言。气候变化预计将对关键粮食生产部门产生深远影响,而热带地区预计将遭受损失,特别是在渔业部门。例如,到2100年,预计一些热带地区海洋中的可捕捞生物量可能会减少40%。模拟研究表明,气候变化已使近一半研究对象海域中的鱼类种群有所减少。升温1.8°C带来的影响将导致鱼类种群无法自我修复,再加上过度捕捞已超过可持续水平,其结果估计将导致全球鱼类种群减少35%以上。

下文各节将讨论灾害对渔业及水产养殖部门的影响,同时介绍有关灾害对渔业及水产养殖部门所造成影响的各国案例。

南非的干旱、洪水和有害藻华

南非的渔业和水产养殖部门面临着气候变化和相关灾害事件带来的巨大影响,危及到无数民众的生计,尤其是那些易受粮食不安全影响、生活贫困或依赖该部门谋生的人。^{121,122}

藻类是生活在海洋和淡水中的简单光合生物,一旦生长失控,就会形成有害藻华,对人类、鱼类、贝类、海洋哺乳动物和鸟类产生有毒或有害影响。全球范围内有多种藻华,由带有不同毒素的各种藻类引起。南非沿海水域缺氧促使赤潮或藻华形成,对渔业和水产养殖业构成严重威胁。有害藻华是由于一组被称为甲藻的浮游藻类不

断积累和腐烂而形成。腐烂会导致缺氧,从而导致海洋物种死亡。¹²³在南非西海岸,赤潮会定期出现,而在该国东海岸,赤潮则较难预测。¹²⁴

2021年3月,南非西海岸发生了500吨西海岸岩龙虾“集体出逃”事件。¹²⁵出逃是一种经常发生的事件,其特征是龙虾因当地赤潮造成缺氧而逃离海洋,死在海滩上。¹²⁶虽然1997年龙虾逃离数量估计为2000吨,¹²⁷但考虑到该物种的种群状况(估计为原始水平的1.9%),2021年的事件仍被视为影响巨大。¹²⁸鉴于当地小规模渔民发现大多数死亡的龙虾体型较小,因此这一事件尤其令人担忧。除赤潮引发龙虾出逃外,人们还发现有几种鱼类搁浅或出现在它们常见栖息地以外的浅水区。此外,大多数龙虾捕捞者、传统延绳钓渔民和商业化延绳钓渔民都无法进入近岸渔场。虽然一些渔民成功捕获到出逃的龙虾,完成他们的许可总捕捞配额,很多渔民却由于赤潮导致捕捞天数减少,在捕捞季结束前无法完成配额。因此,赤潮已导致许多家庭收入减少,这一事件可被视为给小规模渔民带来了经济损失。

菲律宾台风影响相关数据

1990年以来,菲律宾共遭受了565起灾害事件的影响,造成的损失估计为230亿美元。据报道,该国约85%的生产极易受灾害影响,而50%的领土面临经济风险。沿海居民,特别是小规模贫困创业者,如渔民和贝采集者,最容易受到沿海洪水、海岸侵蚀和盐水入侵的影响。

尽管渔业和水产资源局收集了有关灾害对渔业部门影响的具体信息,但与其他农业子部门相比,渔业和水产养殖部门在国民经济中的重要性以及作为许多民众重

要生计来源的重要性并没有充分体现在政府的拨款数额中。例如,对于受台风奥德特(2021年12月)影响的四个地区,渔业和水产养殖部门得到的拨款仅相当于用于救济一个地区稻农的资金的四分之一。因此,渔业和水产资源局经常不得不填补渔业和水产养殖部门所需财政救济金的缺口。

此外,现有数据似乎未充分反映在需求评估报告中。从过去五年里袭击菲律宾的三次大台风,即2019年的台风北冕¹²⁹、2020年的台风天鹅¹³⁰和2021年的台风雷伊¹³¹的需求评估报告中,就可以看出有必要更好地突出对渔业和水产养殖界的影响,包括该部门的特定需求和优先重点。虽然评估给出了作物的损害和损失估算值,但没有或很少报告渔业和水产养殖部门的相关数字。报告提供了一些有关台风雷伊给渔业带来影响的信息,可能说明人们正在努力重视对该部门的影响。在水产养殖业中,网箱占损失总值的63%,而在捕捞业中,渔船遭受的损失最为严重(图32)。对渔业而言,三个地区共2126名渔民因海藻、遮目鱼、罗非鱼和虾类生产(网箱和池塘)受灾而遭受了350万美元的损失。对渔业及水产养殖业而言,渔民在台风过后无法继续捕鱼,因为他们失去了设备和渔具。¹³²粮农组织观察到的渔业及水产养殖业损失更为严重,达39.7亿菲律宾比索(7940万美元)。¹³¹

汤加火山喷发

2022年1月15日,汤加的洪阿哈阿帕伊海底火山喷发,全世界都有震感。火山喷发导致两个事件:火山灰云的沉降和海啸,两者都对渔业生产和生计产生了潜在影响。

汤加渔业部于2022年2月编写的初步灾害评估报告重点关注的是对小型金枪鱼和笛鲷捕捞船及其发动机和设备等渔业相关资产的损害。渔业及水产养殖子部门的损失总额估计为460万美元。由于该报告只分析了损害情况,渔业部和粮农组织又合作开展了第二次评估,以进一步调查所造成的损失、经济损失和恢复需求。

如果将经济损失包括在内,那么2022年1月的洪阿哈阿帕伊火山喷发以及相关海啸估计给汤加渔业及水产养殖部门造成了730万美元的损失(表4)。本次评估未考虑火山灰沉降的影响,因为火山灰云沉降物造成的物理影响估计相对较小。

2020-2021年,渔业部门在汤加国内生产总值中占比2.1%。¹³³根据世界银行数据,2020年其国内生产总值为4.8883亿美元,¹³⁴因此渔业部门产值约为1030万美元。据估计,渔业及水产养殖部门的损失和损害总额约为730万美元,约占渔业部门产值的71%,表明这场灾难对渔业部门影响极大。

受此次事件影响最大的类别是手工/小规模渔业,其损失和损害估计为350万美元,占损失总值的48%。根据2015年农业普查结果显示,¹³⁵在接受调查的所有家庭中,仅15%的家庭参与了捕鱼活动。其中,54%的家庭从事自给型捕鱼,供家庭自身消费,约42%的家庭从事半自给型捕鱼(主要用于自身消费,部分用于销售),仅4%的家庭从事商业化捕鱼,捕鱼是他们主要的收入或生计来源。尽管他们只占汤加家庭总数的一小部分,但他们的损失是最高的,表明他们受到了严重影响。此外,2015/16年家

庭收入和支出调查显示,¹³⁸从粮食安全角度看,鱼和海产品分别占埃瓦、汤加塔布和哈派地区总食物支出的10%、11%和13%。约10%的鱼类和海产品来自自给型活动(即家庭捕鱼活动)。总体而言,鱼类和海产品的获取和消费对汤加大多数家庭的粮食安全和营养而言至关重要。

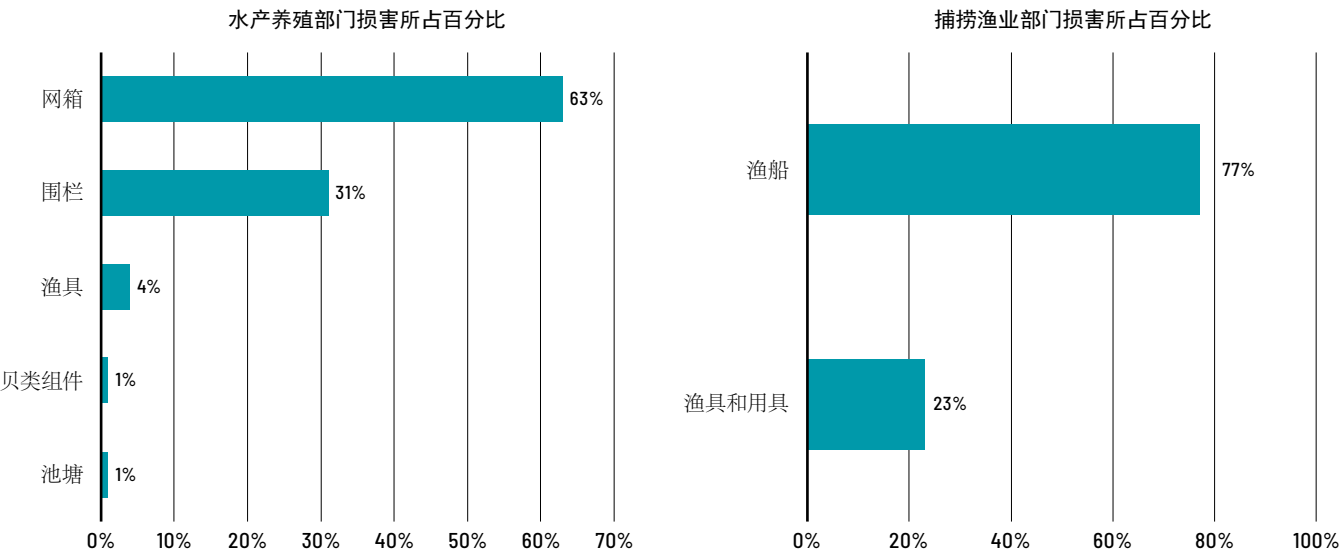
水产养殖和海水养殖部门的损失总额估计为130万美元,约占整个部门损失总额的18.2%。在这些部门中,由于可收获量减少,经济损失在估算的损失总额中占主导地位。经济损失最大的是国内商业化捕鱼。幸运的是,由于汤加对亲鱼采取了捕捞后要释放的方式,因此对亲鱼种群的损害很小。但

表4
洪阿哈阿帕伊火山喷发及其海啸对渔业及水产养殖业造成的损失和损害

类别	损害 (美元)	损失 (美元)	恢复成本(美元)	估计总额(美元)
手工 / 小规模渔业	3 445 006	29 998	53 190	3 534 202
国内商业化捕鱼	254 859	1 425 076	-	1 680 379
国外金枪鱼捕鱼	-	560 790	-	560 790
水产养殖 / 海水养殖	185 985	918 665	234 872	1 339 847
基础设施 / 设施	231 496	-	-	231 900
总计	4 124 528	2 934 529	288 062	7 347 118

资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

图 32
台风雷伊给渔业及水产养殖部门造成的损害和损失



资料来源:粮农组织。2022。《菲律宾: 超级台风雷伊给第八区和第十三区部分省份的家庭造成的损害和需求评估》。粮农组织。
doi.org/10.4060/cc0207en

目前缺少关于捕捞亲鱼到水产养殖场产卵的做法对海洋环境所产生影响的信息。除观赏性热带鱼类生产外, 试点养殖场和项目也

遭到了各类损失。海参生产遭受了巨大经济损失, 原因是海啸导致估计6000条成熟且即将采收的糙海参遭受损失。■



肯尼亚

科莱瓦的一块玉米旱地, 粮农组织及其合作伙伴在此地采用了一项性别平等措施, 以实现商业化农业中女性平等和赋权。

©粮农组织/Patrick Meinhardt



第3部分

灾害风险驱动因素 和连锁影响

关键信息

→ 要增强农业粮食体系的韧性，关键在于了解各种系统性灾害风险驱动因素，如气候变化、疫情、地方流行病和武装冲突及其对农业生产、价值链和粮食安全造成的连锁影响。

→ 可通过归因分析来展示气候变化在多大程度上增加了产量异常问题的发生，从而减少了农业产量。尽管该项分析有着高度不确定性，但就四个国家作物（阿根廷的大豆、哈萨克斯坦和摩洛哥的小麦以及南非的玉米）的损失和损害估算显示，对产量的负面影响大多介于2%至10%之间。

→ 2019冠状病毒病相关紧急情况等疫情可能对农业产生重大影响。从粮食不安全问题获得的数据显示，2019冠状病毒病疫情在投入品获取和市场准入方面给农民带来了严重问题，例如难以获得机械化设

备、劳动力短缺等，某些情况下种植面积最多减少了50%。

→ 2019-2020年非洲猪瘟的传播在全球范围内产生了广泛负面影响，造成了巨大的社会经济损失。2020年，中国的猪肉产量与2017年相比下降了26%，美国、巴西、墨西哥、加拿大和菲律宾等国也出现了对产量和价格的连锁反应。

→ 最近在索马里、叙利亚和乌克兰进行的评估表明，武装冲突会对农业和粮食安全产生重大影响。尽管冲突背景下的灾后需求评估有助于估计损失和损害，但应进一步完善这一框架，以提供更好的信息，促进在武装冲突期间减少风险，同时在冲突背景下更系统地开展灾后需求评估。

在这个互联互通的世界上,相互交织、错综复杂的风险会给农业带来直接和间接的影响。风险无处不在且迅速增长,我们即使全力以赴,也应接不暇。气候变化、环境退化和生物多样性丧失等全球性风险事关生死存亡,是导致灾害风险不断增加的原因。除直接影响外,灾害的间接、连锁影响也不容忽视,甚至可能波及全球。本节将从农业部门视角出发,讨论风险的系统性本质。

要应对风险,不仅需要评估灾害的直接影响,还需要了解灾害的影响在部门内部、部门之间和跨地域如何相互关联、受影响系统中各要素在危害事件期间如何相互作用以及驱动风险的系统性因素。这取决于风险出现时的所处背景,包括政策和行动产生的不利或有利结果。除非能够系统性地解决脆弱性和危害暴露以及其他同时发生的危机,否则损害和损失的未来成本将继续上升。

本部分以第2部分的分析为基础,帮助各方进一步了解农业领域系统性风险的驱动因素和日益增加的风险暴露度,具体做法是根据以下四项标准选择了一系列案例研究:i)影响的范围;ii)数据可用性;iii)最近发生的事件;以及iv)从危害源头到全球范围影响相关实证。本部分介绍的研究案例反映出主要的潜在风险驱动因素,即气候变化、疫情和地方流行病以及冲突。由于

可用的案例研究和数据集有限,导致可利用的实证数量有限,同时,尽管灾害和危机会对女性、老人、残疾人、移民或土著人民等弱势群体产生影响,但现阶段不可能在以下案例研究中详细分析这些细分内容。

第3部分第一节侧重于作为农业风险驱动因素之一的气候变化。在归因分析基础上,我们采用了一种影响建模方法,以厘清气候变化对农业产量和灾害风险增加的影响。如果气候变化的影响进一步增加,一些极端事件可能会变得更加频繁,更可能出现前所未有的强度、持续时间或空间范围。本节分析所涵盖的地域和产品范围有限,但建模方法向人们展示了一种可扩展和扩大的方法。推动人们了解受灾害影响的产量过去如何受到气候变化的影响十分重要,有助于在不断变化的风险现状中更好地理解这一因素。

在下一节中,讨论将转向生物危害的影响,即疫情和地方流行病,它们也会对农业和农业粮食体系造成重大损害和损失。2019冠状病毒病紧急情况被确定为一个大规模疫情案例,而非洲猪瘟暴发则被列为一个地方流行病案例。该节将分析生物危害造成的这些灾害在全球范围内产生的连锁影响及其与深层风险驱动因素之间的相互作用。本节还将补充介绍有关叙利亚、索马里和乌克兰武装冲突的信息,作为此类危害及其影响的一个重要实例。

这些案例研究有助于我们了解风险以及系统性风险的连锁属性。气候变化正在导致自然灾害的频率和强度不断上升。2019冠状病毒病疫情最初是一场公共卫生灾难,但由于它阻碍人们获得资源和服务,因此加剧了现有风险和脆弱性,加重了农业损失。非洲猪瘟就是一个绝佳的实例,向我们展示了不会传播给人类的跨界动物疾病是如何产生广泛的系统性影响,包括与2019冠状病毒病等其他灾难同时发生时所产生的影响。在冲突背景下,武装冲突、多重危害、气候变化和自然资源枯竭等问题相互交织在一起,正在加剧灾害风险。武装冲突会加剧一国的潜在风险暴露度和脆弱性,同时削弱其应对各种危害的能力。

这三小节共同提供了实证,帮助我们了解风险的系统性属性以及多个国家农业目前面临的日益加剧的脆弱性和灾害暴

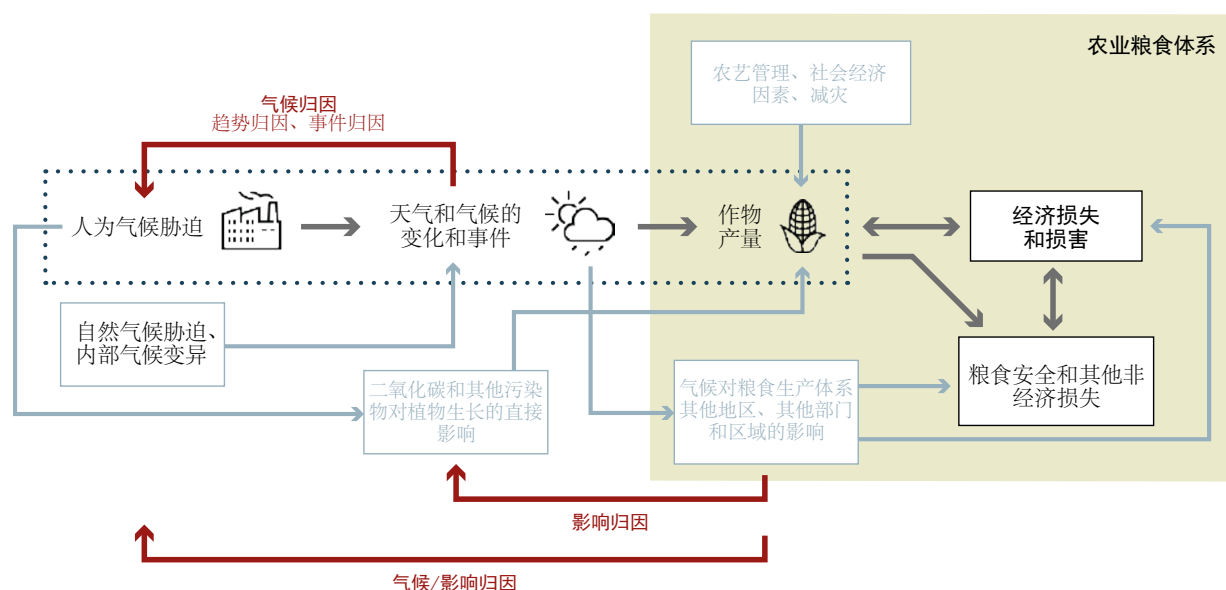
露度。从这些研究中汲取的经验教训和它们提出的建议告诉我们,政策、计划、方案和投资都应进一步调整方向,着眼于增强韧性。■

3.1. 气候变化与农业生产损失的关联

气候变化正导致危害日益频繁,增加了个人和系统的脆弱性和风险,并削弱了应对能力。⁵其后果不仅体现为作物和农业减产,还体现为对农业生计的破坏,继而产生负面连锁反应,在国内、社区、国家、区域甚至国际层面产生长期影响。

农业特别容易受气候系统中各种变化和事件的影响,从而影响农业生产、粮食安全和农业生计(图33)。与其他灾害和危机

图33
气候对农业粮食体系的影响以及相关归因概念



资料来源：作者本人解读，依据为O' Neill, B., van Aalst, M., Zaiton Ibrahim, Z., Berrang Ford, L., Bhadwal, S., Buhaug, H., Diaz, D.等人的扩展概念。2022。“各部门和各区域的关键风险”。见：《2022年气候变化：影响、适应和脆弱性》。英国剑桥大学出版社及相关文献。

同时发生时,如生物危害和冲突(在第3部分后半段中讨论),气候变化风险将变得愈加复杂和难以管理。与气候和天气有关的危害已经对粮食安全产生了影响,特别是在低纬度地区。据估计,随着全球不断变暖,很可能会出现突发性和不可逆转的变化并产生影响。据政府间气候变化专门委员会报告,到2050年,气候变化将导致谷物价格上涨1-29%,面临饥饿风险的人数新增1百万至1.83亿。¹³⁷更好地了解气候变化如何给粮食体系带来灾难风险十分重要,这有助于了解粮食体系将如何受到影响,同时影响政策、计划和融资机制的设计工作,以加强农业和农业粮食体系的韧性。

本章介绍的分析方法侧重于农作物。它在考虑多种气候危害相互作用的同时,分离出气候变化所起的作用,并对其影响进行建模。

3.1.1

有关气候变化对农业影响的归因分析

归因学^s为我们提供了一个切入点,可估计气候变化对作物产量的影响,并评估极端

^s “归因指采用置信度评估方法来评价多个因果因素对某种变化或事件所起的相对作用的过程”。见政府间气候变化专门委员会。2021。附件 VII: 术语表。摘自: Matthews, J.B.R., V. Möller, R. van Diemen, J.S. Fuglestedt, V. Masson-Delmotte, C. Méndez, S. Semenov, A. Reisinger编。《2021年气候变化:物理学依据》。政府间气候变化专门委员会第一工作组为第六次评估报告提供的材料。Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu和B. Zhou编。剑桥大学出版社, 英国剑桥, 美国纽约, 第2215-2256页。
www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_AnnexVII.pdf

插图10

将产量变化归因于气候变化的方法

此项分析旨在评估气候变化在不同背景下如何影响产量水平。研究人员选择阿根廷大豆、哈萨克斯坦和摩洛哥小麦、南非玉米,将观测到的产量与估算的虚拟和实际作物产量分布进行比较,得出分析结果(有关所用方法和数据的详细说明参见技术附件3)。

实际产量是模拟气候实际演变进程中的产量,虚拟产量则是模拟没有温室气体增加和其他人为气候胁迫因素时的产量。为此,研究人员建立了一个多变量作物产量统计模型,其依据是作物单产观测数据现有全部记录¹⁴⁰和观测得出的气候数据(20CRv3-W5E5)。

资料来源:作者本人解读。

接下来,他们将产量统计模型应用于一组实际和虚拟气候数据,这些数据取自耦合模型比对项目第6阶段(CMIP6)的探测和归因模型比对项目(DAMIP)。¹⁴¹开展的一系列历史模拟活动包括各种历史变化,既包括人为气候胁迫因素(温室气体、臭氧、气溶胶、土地利用等),也包括自然气候胁迫因素(太阳辐照度、火山气溶胶)。使用基于观测的统计模型中所选的变量和模型参数,可以得出实际和虚拟产量的分布,并由此推演出与特定极端事件相关的可能产量水平。

和缓发性事件因气候变化加剧后对农业生产的影响程度。归因学旨在评估和宣传与气候变化相关的种种关联,^{43,138}例如温室气体排放与气候和极端天气事件之间的关联以及对人类和自然系统的影响。将这些关联汇总在一起,有助于全面了解迄今为止气候变化对特定区域中特定危害类型的影响以及与不同危害和不同区域相关的不确定性。¹³⁹

为证明这一方法的有效性,该方法被用于估计以下四个国家的作物损失和损害:阿根廷的大豆、哈萨克斯坦和摩洛哥的小麦以及南非的玉米,都是这几个国家在经济和粮食安全方面最重要的作物。表5总结了气候变化对产量异常的影响,包括缓发性变化以及不同类型的极端天气和气候事件。“历史归因”结果表明,前工业时代以来的气候变化估计对2000-2019年间的总体产量产生了影响。这种影响对四个国家中的三个而言是负面的。影响的大小通过对气候变化对平均产量的影响给出最接近的估计来证明。“事件归因”结果补充说明气候变化有多大可能性对特定年份记录的产量水平产生影响。为此,我们选择了产量特别低的最近年份,记录这一年的重大社会经济影响。关于结果必须要注意的是,这些归因估计存在很大程度的不确定性,虽然未对该评估进行不确定性量化,但所有结果都应被视为近似值。

归因分析结果

在阿根廷,模型显示,观测到的气温高低、降雨强度和干旱的变化能解释为何阿根廷产量最高省份所记录的大豆产量变化幅度较高。该模型表明,迄今为止,气候变化在统计学意义上对阿根廷的大豆产量产生了显著的益处(图34)。结果表明,气候变化使2000-2009年间平均产量增加了近0.1吨/公顷,占期间观测到的平均产量的约

3%。2018年记录到的低产量是一个值得研究的案例,因为它所产生的持久性影响使其成为坏年景的参考点,罗萨里奥谷物交易所在2022年称之为“2018年的产量灾难幽灵”。^{2,142}结果还表明,气候变化导致阿根廷发生低于2018年水平的产量异常现象的可能性可能只有一半左右,但存在不确定性。但需注意的是,产量模型仅反映了记录到的产量异常现象中的一部分。

在哈萨克斯坦,结果表明,在产量最高的州,记录到的小麦产量变化中很大一部分可以用生长温度天数、气温变化、寒冷、降水变化和干旱等因素来解释。尽管产量模型的鲁棒性比不上其他案例,但该模型仍表明,迄今为止气候变化在统计学意义上对哈萨克斯坦这一地区的小麦产量产生了显著的不利影响(图34)。这表明,气候变化使2000-2009年间的平均产量下降了约0.1吨/公顷,占期间观测到的平均产量的10%以上。2010年记录到的低产量是一个有意思的案例,因为该年哈萨克斯坦北部的小麦产量创下了低于800万吨的历史新低。¹⁴³模型结果还表明,气候变化导致哈萨克斯坦该地区出现低于2010年水平的产量异常现象的可能性可能是目前的2.5倍,但存在不确定性。

在摩洛哥,模型表明,产量最高地区所记录的小麦产量变化中很大一部分可以用气温变化、高温、干旱和降水量高来解释。模型表明,迄今为止气候变化在统计学意义上对摩洛哥的小麦产量产生了显著不利影响(图34)。这表明,气候变化使2000-2009年间的平均产量下降了近0.1吨/公顷,约占期间观测到的平均产量的2%。2019年记录到的低产量水平是一个有意思的案例,因为它引起了摩洛哥中央银行¹⁴⁴的反应,接下来2020年的产量更低,¹⁴⁵进一步加剧了影响。模型表明,气候变化导致摩洛

哥发生低于2019年水平的产量异常现象的可能性可能稍有所提高,但存在不确定性。

在南非,模型表明,在产量最高的几个省份,记录到的玉米产量变化很大一部分可以用生长温度天数、温度变化、寒冷、干

旱和高降水的变化来解释。迄今为止气候变化在统计学意义上对南非的玉米产量产生了显著的不利影响(图34)。这表明,气候变化使2000-2019年间的平均产量下降了0.2吨/公顷以上,占期间观测到的平均产量的5%以上,且气候变化的不利影响在产 »

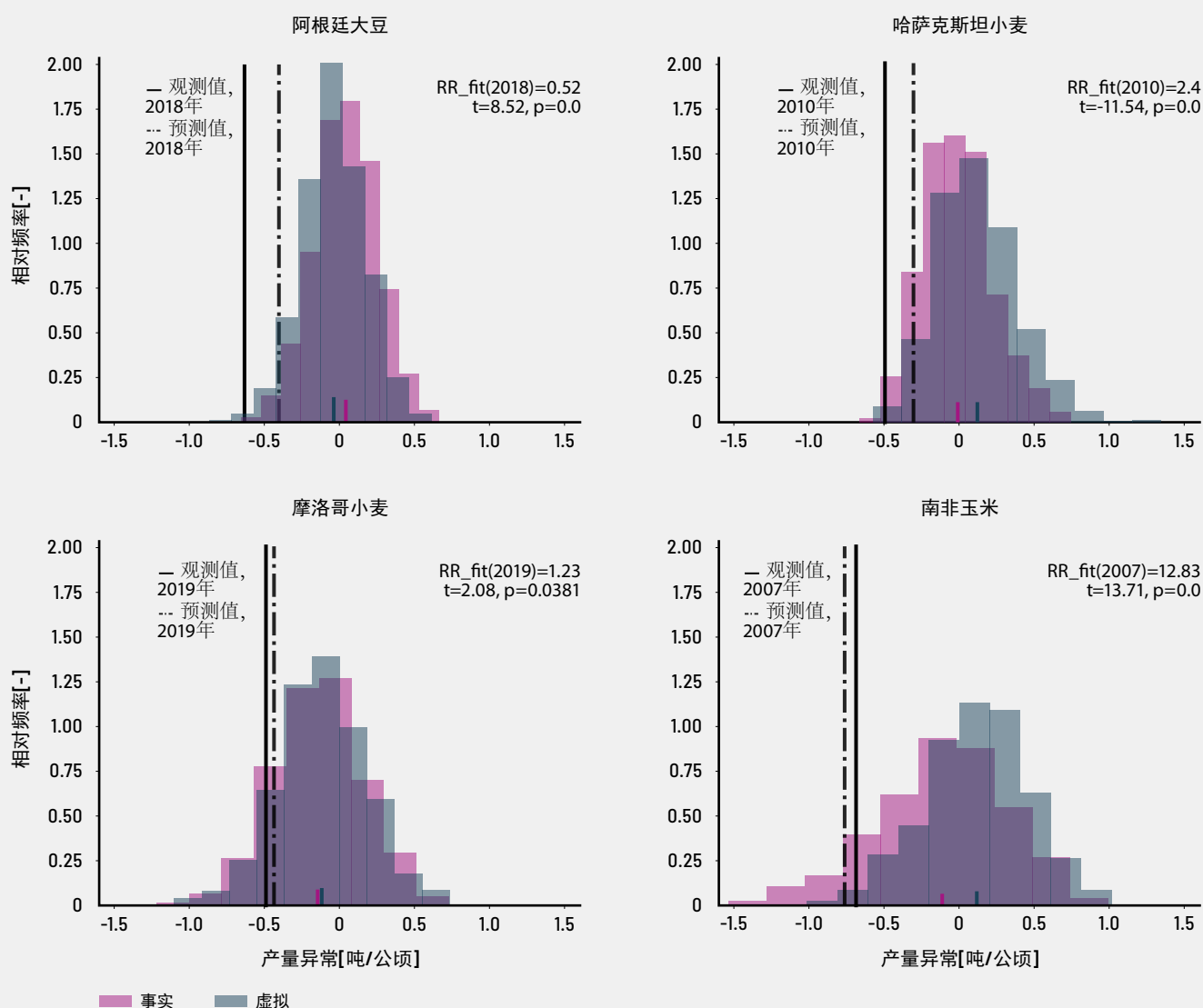
表5
归因结果概览

国家	作物	历史归因 过去二十年里人为引发的气候变化(包括缓发性事件和极端事件)对作物总产量产生的影响	事件归因 人为引发的气候变化对与最近观测到的某次极端事件相关的产量水平产生影响的可能性
阿根廷	大豆	从历史上看,估计气候变化对阿根廷的产量产生了有利影响。在气候变化情境下,模拟平均产量要比2000-2019年观测到的约2.7吨/公顷的平均产量高近0.1吨/公顷。  由于气候变化,2000-2019年间的大豆年产量平均增长了约3%。	在气候变化情境下,阿根廷2000-2019年因气候变化发生低于2018年水平的产量异常现象的可能性大约为50%。
哈萨克斯坦	小麦	从历史上看,估计气候变化造成了减产。在气候变化情境下,模拟平均产量要比2000-2019年观测到的约1.0吨/公顷的平均产量低约0.1吨/公顷。  由于气候变化,2000-2019年间的小麦年产量平均下降了超过10%。	在气候变化情境下,哈萨克斯坦北部地区2000-2019年因气候变化发生低于2010年水平的产量异常现象的可能性大约高2.5倍。
摩洛哥	小麦	从历史上看,估计气候变化造成了减产。在气候变化情境下,模拟平均产量要比2000-2019年观测到的约1.6吨/公顷的平均产量低近0.1吨/公顷。  由于气候变化,2000-2019年间的小麦年产量平均下降了约2%。	在气候变化情境下,摩洛哥2000-2019年因气候变化发生低于2019年水平的产量异常现象的可能性稍有所提高。
南非	玉米	从历史上看,估计气候变化造成了减产。在气候变化情境下,模拟平均产量要比2000-2019年观测到的约4.0吨/公顷的平均产量低0.2吨/公顷以上。  由于气候变化,2000-2019年间的玉米年产量平均下降了超过5%。	在气候变化情境下,南非2000-2019年因气候变化发生低于2007年水平的产量异常现象的可能性约增加十倍以上。

资料来源:作者本人解读。
注:结果存在不确定性,未量化。

图34

估算气候变化迄今对作物单产的影响:四个案例



注: 红 = 2000-2019年实际产量分布, 基于将产量统计模型应用于耦合模型比对项目第6阶段-检测和归因模型比对项目 (CMIP6-DAMIP) 的MIROC6气候跨学科研究模型的50个真实历史气候模拟结果。蓝 = 虚拟产量分布, 基于相对应的虚拟气候模拟结果, 其中温室气体和其他人为因素被设定为工业化前数值。从t检验结果上可以看出, 实际分布和虚拟分布在每个案例中均呈现出统计学意义上的显著差异。黑实线= 特定年份观测到的产量异常, 详情参见图中说明。黑虚线=统计模型预测的产量异常, 基于同年气候观测数据。RR fit 值展示如何估计该特定年份的预测值因气候变化而出现变化。

资料来源: 作者本人对粮农组织统计数据库作物产量数据的解读。2023。阿根廷、摩洛哥、南非。见: 粮农组织。罗马。[2023年6月引用]。 <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> 和哈萨克斯坦国家统计局。2022。《农业、林业、狩猎和渔业统计》; 气候再分析数据, 来自Frieler, K., Volkholz, J.; Lange, S., Schewe, J., Mengel, M., del Rocio Rivas López, M., Otto, C.等。2023。“第三轮部门间模型相互比较项目 (ISIMIP3a) 期间为影响模型评估和影响归因设定情境和胁迫数据”。预印本。见: EGU sphere。[2023年7月引用]。doi:10.5194/egusphere-2023-281; Lange, S., Mengel, M., Triu, S.和Büchner, M.。2022。ISIMIP3a 大气气候输入数据 (1.0版)。见: ISIMIP。[2023年7月引用]。doi:10.48364/ISIMIP.982724 和其中的参考文献; MIROC6气候模型输出数据, 来自Tatebe, H., Ogura, T., Nitta, T., Komuro, Y., Oguchi, K., Takemura, T., Sudo, K. 等人。2019。“对模拟平均状态、内部变率和气候敏感性的描述和基本评估”。《地球科学模型开发》, 第12(7)期: 第2727-2765页。doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019, 属于CMIP6/DAMIP的一部分 (Eyring, V., Bony, S., Meehl, G.A., Senior, C.A., Stevens, B., Stouffer, R.J. 和Taylor, K.E.)。2016。“耦合模型比对项目第6阶段 (CMIP6) 实验设计和组织概述”。《地球科学模型开发》, 第9(5)期: 第1937-1958页。doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016; Gillett, N.P., Shiogama, H., Funke, B., Hegerl, G., Knutti, R., Matthes, K., Santer, B.D.等。2016。“检测和归因模型比对项目 (DAMIP 1.0版) 对CMIP6的贡献”。《地球科学模型开发》, 第9期: 第3685-3697页。doi:10.5194/gmd-9-3685-2016; 偏差校正代码, 来自Lange S.。2019。“采用ISIMIP3BASD (1.0版) 进行趋势保持偏差调整和统计降尺度”。《地球科学模型开发》, 第12期: 第3055-3070页。doi:10.5194/gmd-12-3055-2019为ISIMIP3开发, 方法根据气候归因和影响建模文献进行了调整和组合。

» 量最低的年份更严重。2007年记录到的低产量水平是一个特别有意思的案例,因为它随后引发了粮食不安全问题。再加上邻国莱索托的玉米产量出现了类似的异常现象(该国的天气和气候条件基本相同),南非该年的低产量可能与莱索托的粮食短缺有一定关系。^{146,5}模型表明,迄今为止气候变化使南非发生低于2007年水平的玉米产量异常现象的可能性增加十倍以上,但不存在不确定性。

结果显示,在四个案例中,有三个显示气候变化产生了不利影响,人为引发的气候变化给不同作物类型和国家造成了最高可达10%的减产,但存在尚未量化的不确定性。展望未来,重要的是应进一步评估气候变化给农业粮食体系中其他产量造成了多大影响。作物的营养含量也被认为受到了气候变化的影响,^{9, 5,147}作物价值链其他环节(食品加工、聚集、运输、分销)、需求侧和其他农业部门,如动物和牲畜健康和生产力,或渔业产量和水产养殖等,也已受到气候变化的影响。⁵

总之,结果表明,气候变化可能已经在加重农业损失。结果还强调了投资于减少损失和损害的措施的重要性。如果采用此处介绍的方法来预测未来的气候,与虚拟的以往情境进行对比,同时对经济损失进行量化并考虑非经济损失,这些实证就能成为有用的依据,有助于开展全面的气候和灾害风险管理,同时还有助于开展损失和损害相关谈判,包括在联合国气候变化框架公约框架下就农业部门各方面开展谈判。

结果表明,气候变化可能已经加剧了农业损失,强调应投资于缓解、适应和减少灾害风险等措施的重要性,以避免、最大限度地减少和应对损失和损害。■

3.2

疫情和地方流行病:2019冠状病毒病和非洲猪瘟

本小节介绍并分析对农业和粮食安全造成影响的最近两次生物灾害,即2019冠状病毒病和非洲猪瘟。这两次灾害不仅对人类和动物健康产生了广泛影响,还对农业粮食体系产生了连锁影响,同时加剧了整个社会面临的灾害风险。本节将概述灾害对19个^t被列为面临粮食危机^u的国家中农业和农业生产者产生的影响,随后集中对11个粮食不安全国家进行跨国分析,以深入了解疫情防控措施如何对这些国家本已岌岌可危的农业生产和粮食安全状况产生影响。本节的分析结果参考并基于有关疫情对农业部门影响的现有文献,来自2020年至2022年粮农组织紧急情况数据系统对19个国家44000多个农户开展的监测调查^v。研究结果为决策者和从业人员提供了见解和建议,帮助他们了解如何将经验教训纳入未来多危害减灾和应对计划、战略和灾害风险融资安排。

有关非洲猪瘟大流行的小节介绍的是跨境动物疫病对经济和粮食安全造成严重

^t 本次研究所选择的对象是《2019冠状病毒病全球人道主义应对计划》(人道主义事务协调办公室, 2020)或《全球粮食危机报告》(世界粮食计划署, 2020、2021)中的重点国家,包括:阿富汗、中非共和国、乍得、哥伦比亚、海地、伊拉克、黎巴嫩、利比里亚、利比亚、马里、莫桑比克、缅甸、尼日尔、巴基斯坦、菲律宾、塞拉利昂、索马里、多哥、津巴布韦。

^u 这些国家包括:阿富汗、中非共和国、哥伦比亚、刚果民主共和国、利比里亚、马里、尼日尔、塞拉利昂、索马里、也门、津巴布韦。

^v 本次研究所选择的对象是《2019冠状病毒病全球人道主义应对计划》(人道主义事务协调办公室, 2020)或《全球粮食危机报告》(世界粮食计划署, 2020、2021)中的重点国家。以往的研究在时间和范围上都存在局限,而本次分析的是三年时间内重复进行的跨国调查结果,能展示防控措施对农业生产的滞后影响。

影响的实证。非洲猪瘟是家猪和野猪均可感染的一种病毒性疾病,被认为是有史以来最严重的动物健康威胁之一。2019-2020年非洲猪瘟的传播在全球范围产生了大范围负面影响,给整个养猪价值链造成了巨大的社会经济损失,威胁到生产、粮食安全和生计,同时影响了全球市场。尽管非洲猪瘟不会传播给人类,但它会对粮食安全和可持续发展构成重大威胁。本节还将介绍通过以风险为依据的预防性、前瞻性方法去解决和管理跨境动物疫病的解决方案和未来方向,包括在全球、区域、国家和地方各层面采用“同一个健康”方法。

3.2.1

2019冠状病毒病防控措施对作物生产的影响

据估计,2022年全球有6.91亿至7.83亿人面临饥饿,与2019冠状病毒病疫情前的2019年相比增加了1.22亿人。¹⁴⁸生活在面临粮食危机的国家里的人口2020年受到了疫情防控措施带来的严重影响,各经济部门中家庭收入均受到影响。尽管疫情主要是一场健康危机,但它给生计、农业粮食体系、投入品、服务和生产均带来了连锁影响。

虽然许多国家在实施疫情防控措施时,对农业部门有所豁免,但粮农组织紧急情况数据系统调查的初步评估显示,疫情防控措施对农民的生计产生了负面影响。疫情造成的劳动力短缺扰乱了粮食体系,阻碍了劳动力季节性流动,尤其是在劳动力密集型生产体系中。在零售价格上涨的同时,农产品运输和物流服务的中断也压低了农场批发价,随着生活成本的上升影响了农民的收入。

紧急情况数据系统调查报告强调,尽管农业部门享有豁免,但疫情对农业的直接影响仍对农民的生计产生了不利影响。在孟加拉国,大米和食品价格上涨了35%以上,而由于运输和市场准入受限,农场批发价有所下降,尤其是保质期较短的产品。¹⁴⁹在尼日尔,农户们报告称,由于运输成本增加、农产品批发价处于低位以及贸易商因无法前往农场而造成需求低迷,农户在产品销售方面异常困难。¹⁵⁰在印度也观察到了类似的趋势。¹⁵¹

粮农组织对11个粮食不安全国家^w的农业部门开展的一项跨国分析发现,疫情对粮食安全和生计造成的冲击与冲突或自然灾害引发的灾难相当。¹⁵²该项研究以2020年6月至11月收集的数据为依据,展示出在农业部门中防控措施对各子部门的影响有所不同。影响途径在很大程度上取决于家庭获取所需生产投入品的频率、供应链受限情况以及在无法去往市场时储存或保存农产品的能力。

畜牧业和种植业生产者受到的影响最为严重,据称其在获取投入品、销售产品、进入牧场(由于行动受限)和进入国际市场等方面均面临困难。为避免全面损失,他们采取了各种应对机制,包括推迟销售或在饲养牲畜成本过高的情况下开始亏本出售。对于鱼类和蔬菜小商贩和小型生产者而言,无法进入市场使易腐商品彻底损失,即刻对收入造成了冲击。紧急情况数据系统的其他监测调查报告发现,几乎每个接受调查的国家都面临投入品获取难的问题。^{153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163}

^w 阿富汗、中非共和国、哥伦比亚、刚果民主共和国、利比里亚、马里、尼日尔、塞拉利昂、索马里、也门、津巴布韦。

对各国疫情防控措施开展进一步评估后证实,农业投入品供应减少,劳动力短缺,兽医服务减少。¹⁶⁴ 2021年在南非调查发现,绝大多数小农户无法购买种子和种苗,75%以上的农户在2020/21年种植季难以用上机械设备。¹⁶⁵ 孟加拉国、印度和巴基斯坦的农民因劳动力和投入品短缺而受到影响,包括肥料、农药、种子、饲料甚至供电,特别是在秋收作物季。¹⁶⁶ 在孟加拉国,90%以上的农民难以获得农业投入品、水稻种植、收割和脱粒所需的人力和机械,60%以上的农民面临产品销售难的问题,致使食品价格上涨。¹⁶⁷ 在印度,50%以上的农民报告至少有一种农业投入品断供,三分之一以上的农民报告称肥料价格上涨,而农场批发价下降和生产成本上升导致农民难以偿还债务,从而加剧了供应链紧张状况,削弱了应对能力。¹⁶⁸

随着封控措施的放松,各国食品价格飙升的情况有所缓解,价格趋向稳定,^{168,169}但并未恢复到疫情前水平,农场批发价下降或减产造成的收入冲击则通过降低农民的购买力对粮食安全造成了影响。疫情对农业部门的影响一直挥之不去,导致供应链危机,在2021年全球经济出现复苏的情况下仍继续推高价格。

尽管在封控结束时,各国内部的运输已正常化,但由于跨国流动受限,导致高度集约化的化肥贸易受到影响。这推高了农业投入品价格,因此经合组织警告称,这“可能会影响2020年和2021年的作物单产和总产,尤其是在发展中国家”。¹⁷⁰ 后续几波病毒变种导致的疫情又促使各国采取了新的防控措施,特别是在难以获取疫苗的区域。如图35所示,交通运输困难问题在2020年十分突出,在2021年达到峰值,然后在2022年普遍缓解。相反,在2021年和2022年,许多地区获得投入品的机会急剧增加。

2022年,在疫情防控措施解除很久之后,许多国家的农民仍报告称难以获取化学投入品和种子。在缅甸,这一困难导致种植面积减少和产量下降。¹⁵⁸ 获取肥料难是导致巴基斯坦小麦种植面积减少的主要原因。¹⁷¹ 在近东,黎巴嫩和伊拉克的货币贬值导致投入品的获取更具难度。^{172,173}

2019冠状病毒病和种植面积

回归分析结果表明,谷物和蔬菜作物的种植面积比水果或经济作物更有可能减少,因为后者是为其商业价值而生产,而不是供种植者自用。模型考虑到了降雨异常、户主性别和冲突的影响。正如预期的那样,模型发现这些因素均对种植面积的减少产生了影响。

结果表明,在主要种植季实施疫情防控措施时,种植面积明显减少。限制人员聚集措施的对数几率系数为-0.157,置信区间为95%^x,这意味着如果聚集限制措施非常严格(禁止10人或10人以下聚集),农民报告种植面积减少或大幅减少的平均预测概率从没有聚集限制措施时的约22%升至约50%。如果种植作物是水稻,那么聚集限制措施的负面影响还会延伸到生长期,因为水稻须在首个种植期之后再次移植。

除了居家令外还考虑到企业停工停产,在保持聚集限制措施不变时,种植面积减少的概率从没有居家令时的约三分之一上升到有居家令时的50%,对数几率系数为-0.127,在保持其他限制条件不变的情况下,企业停工停产使种植面积减少的概率增加了一倍多,从29%到64%,因为这使得农民难以获得土地整理所需的投入品和设备或牲畜。

^x 本章引述的所有对数几率系数的置信区间均为95%。

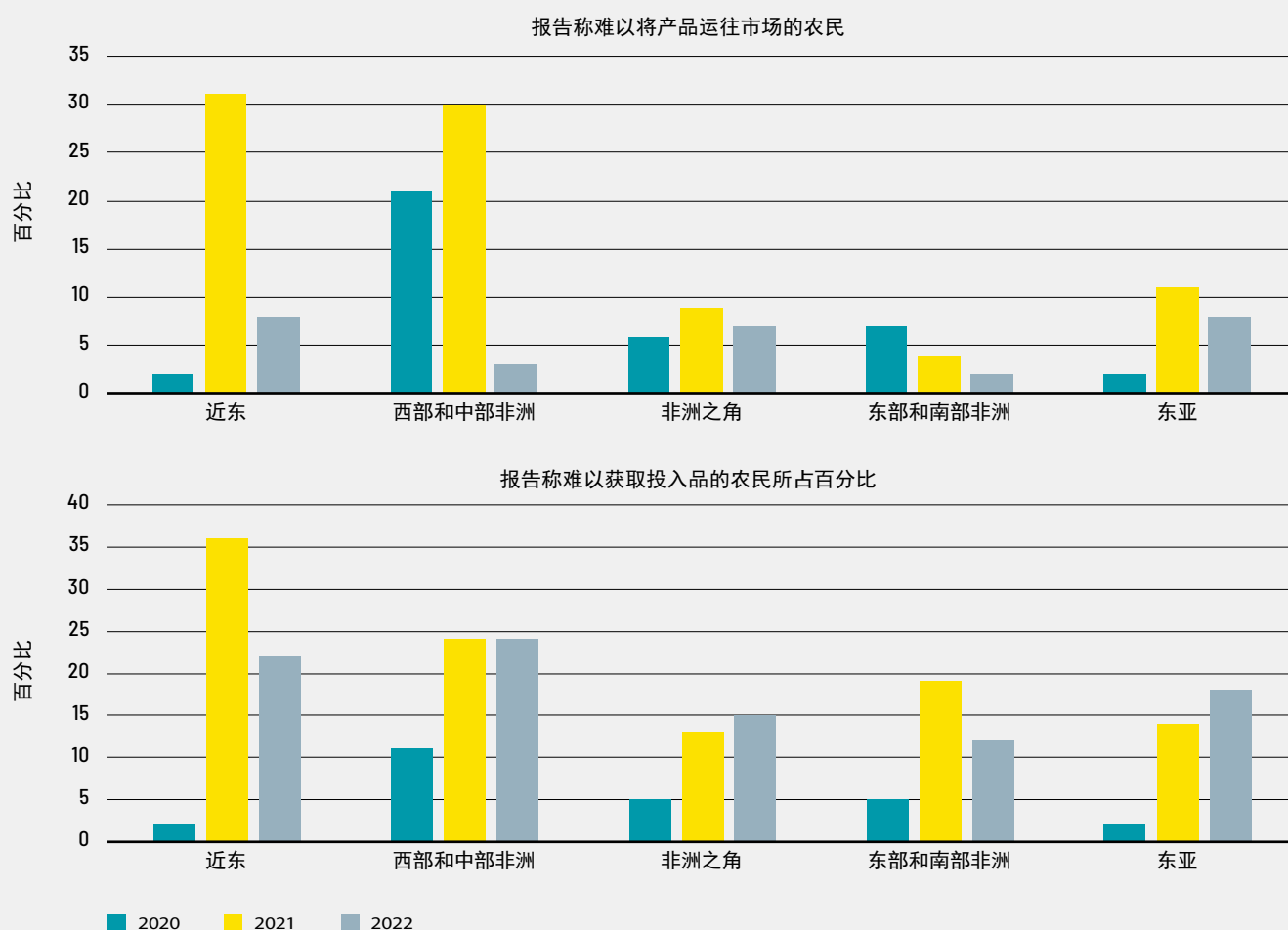
2019冠状病毒病和人们感受到的收成变化

与种植面积变化分析的结果一样,水果和经济作物生产者受到的影响相对小于主粮(谷物和豆类)生产者。收成减少主要是因为种植面积有所变化,种植期间受劳动场所关闭影响的农民报告收成减少的平均预测概率达到97%(而无停工停产情况下为40%)。

在收获期,我们发现在封控情况下仅73%未受限制的人有可能报告收成增加。换言之,在保持其他条件不变的情况下,如果农民在收获期未被封控,报告收成减少的平均预测概率为55%,而如果他们在这关键时期被封控,这一概率则高达75%。

同样,与收获期未封控的地方相比,实施人员聚集限制措施时仅56%的人有可能报告收成增加。如果保持其他条件不变,这

图35
报告称在产品运输和投入品获取方面面临困难的农民所占百分比



资料来源：紧急情况监测数据元分析数据(粮农组织, 2022年9月)。粮农组织。2022。紧急情况数据系统-监测：重点国家冲击和农业生计监测。
见：粮农组织。罗马。[2023年7月引用]。<https://data-in-emergencies.fao.org/pages/monitoring>

意味着在收获期对人员聚集的限制使报告收成减少的概率几乎增加了一倍,为77%。收获期劳动场所关闭也使报告收成增加的概率降低了64%,增加了农民报告收成减少的概率,在其他条件不变的情况下从大约一半增加到84%。

2019冠状病毒病防疫措施和投入品获取

最后,分析表明,疫情防疫措施与农民报告难以获取农业投入品的概率之间存在关联。因投入品获取难而最容易受到影响的是谷物和豆类生产者,而水果和经济作物生产者报告面临此类困难的概率要低得多,特别是经济作物。

结果表明,生长季期间限制内部流动大大增加了报告此类困难的概率,可能是因为发展中国家的小农户在生长季也要靠副业获得收入,而副业更容易受疫情防疫措施的影响。

从大米价格管控可以看出,占受访者多数的小农户的投入品获取是以是否能够进入粮食市场为条件的。这提醒我们,疫情防疫措施不仅通过供给冲击影响到投入品获取,而且还因阻碍农民获取粮食和进入劳动力市场给收入带来直接的不利影响,影响到投入品获取。^{y 174}

在这些国家,种植季实施居家令和国际贸易限制措施对投入品获取产生的影响最严重,使报告称难以获取投入品的几率分别增加了33%和53%。种植季限制内部流动也降低了农民抱怨难以获取投入品的概率,其中简单的一个原因就是这种限制措施使得种植面积有所减少。

y 参见对原本粮食不安全水平较高的11个国家的家庭调查结果。粮农组织。2021。《2019冠状病毒病背景下的农业生计和粮食安全》,跨国监测报告。罗马。
<https://www.fao.org/3/cb4747en/cb4747en.pdf>

插图11

利用粮农组织紧急情况数据系统DIEM估算2019冠状病毒病疫情对农业影响的方法

利用关于11个粮食不安全国家的DIEM调查数据和DIEM调查报告,我们可以了解2019冠状病毒病疫情通过何种渠道影响农业生产。农业生产受到了投入品减少或劳动力短缺的影响。农产品运输和物流中断,导致农场批发价格下降。与此同时,随着零售价格上涨,生活成本上升蚕食了农民的收入。

有序逻辑回归法可用于评估2019冠状病毒病疫情防疫措施与种植面积变化、感知的收

成变化和投入品获取之间的关联。研究人员评估了疫情对谷物、蔬菜、水果和经济作物生产者的不同影响。模型还考虑到了降雨量异常、户主性别和冲突带来的影响。评估疫情防疫措施的影响时,研究人员考虑到了措施实施时间(种植期、生长期、收获期)和措施类型(停业、居家令、限制境内流动和人员聚集)。

资料来源:作者本人解读。

农民在种植季迫切需要获得种子等投入品,此时实施限制措施是最有害的,缺乏这些投入品对农业生产的破坏性最大。许多调查报告都支持这一结论。例如,在塞拉利昂,据报道,疫情防控措施导致种子,特别是蔬菜种子供应紧缺。在索马里,2021年,种植面积有所减少,农民们解释说,减少的主要原因是无法防治病虫害、难以获得种子、投入品价格普遍上涨。¹⁷⁵另据报道,由于无法进口农机零备件,使得人们难以用上必需的机械设备,导致种植面积减少。

在种植季,从量级看,停工停产、居家令、限制人员聚集和内部流动措施对农业的破坏最大。在收获期,劳动力供应、人员聚集禁令和劳动场所关闭阻碍了农业生产,包括使劳动者无法进入需要额外劳动力的田地。

上述因素带来的结果是种植面积减少和农业产量下降。这对于低收入和中等偏下收入国家而言尤其令人担忧,因为这些国家很大一部分人口依赖自给农业,对于粮食安全状况很容易受到农业产量波动威胁的国家而言也是如此。

本节介绍的结果应与其他关于2019冠状病毒病疫情对农业部门影响的跨国评估结果结合起来分析。尽管需要开展更多研究来评估粮食安全冲击与2019冠状病毒病引起的疾病和死亡相比较对健康的持久影响,但维持正常运转对农业生产和粮食安全至关重要。

3.2.2

地方流行病:非洲猪瘟作为跨境动物疫病案例

非洲猪瘟等跨境动物疾病可能对可持续发展产生灾难性影响,影响畜牧价值链相关人员的生计和粮食安全,同时影响全球市场。尽管非洲猪瘟历史上是东非的地方病,¹⁷⁶但2020年1月至2022年3月间,非洲、美洲、亚洲、欧洲和大洋洲均报告出现非洲猪瘟。100多万头家猪染病,染病家畜死亡以及因防控措施而扑杀和处置后,共造成180万头家畜损失。¹⁷⁷

非洲猪瘟是影响家猪和野猪的最复杂的病毒性疾病之一,被认为是有史以来最严重的全球动物健康威胁之一,其致死率接近100%,且目前尚不具备有效、安全的商业化疫苗或治疗方法。¹⁷⁸病毒可通过直接接触染病的猪、食用猪肉或其他受污染的猪肉产品、传染媒介、车辆、鞋子以及通过钝缘蜱属(Ornithodoros)软蜱等节肢动物媒介传播。¹⁷⁹非洲猪瘟传播的主要途径是贸易、出售受感染的肉类、通过农场或兽医工具等传染媒介以及放养的猪传播。

人类作为媒介引发的非洲猪瘟传播是导致该疾病全球传播的主要原因,长距离传播之后,该疾病在一些地方持续存在,并传播到邻近地区和国家。自2020年1月以来,已有五大洲35个国家报告出现非洲猪瘟^z。由于中国有着全世界最大的猪肉市场,自非洲猪瘟传播到亚洲以来,其全球后果最为明显。中国约占全球猪肉生产和消费量的45%,非洲猪瘟传入中国导致了供应短缺,影响到全球生猪市场。¹⁸⁰2018年至2019年间,中国爆发的非洲猪瘟导致120多万头猪被扑杀。¹⁸¹

^z 非洲、美洲、亚洲、欧洲和大洋洲。

非洲猪瘟对中国和全球生产和市场的影响

自2018年8月3日中国首次暴发非洲猪瘟到2022年7月1日,世界动物卫生组织世界动物卫生信息系统共报告了218起疫情。事实证明扑杀可以将非洲猪瘟病例的峰值和累计数减少99%,再加上提高染病猪的检测率和加强生物安全措施,这是中国对抗非洲猪瘟的有效措施。¹⁸²但截至2019年,扑杀120万头猪已造成重大经济损失。¹⁸¹

虽然2018年全国生猪平均价格并未发生大幅变化(2018年8月1日为12.2元/公斤,2018年12月28日为13.1元/公斤),但同期跨省生猪价差^{aa}从2.01元/公斤升至8.1元/公斤^{ab}。

截至2019年底,全国的猪肉需求显然已经无法得到满足,这一点可以从生猪和猪肉的平均价格上看出,二者分别比疫情前水平高出161%和141%。非洲猪瘟和2019冠状病毒病疫情的影响相互交织在一起,导致2020年中国猪肉产量比2017年下降了25.8%。¹⁸³

就产量而言,如将2017年与2019年相比,中国的猪肉产量减少了22%。¹⁸⁴但同期种母猪数量收缩了35%。作为预防非洲猪瘟的一项措施,人们出售种母猪,这使国内猪肉供应量暂时增加了约25%。

aa 跨省生猪价差指价格最高省份的生猪价格减去价格最低省份的生猪价格。所有省份已包括在内,仅青海省因数据限制除外。

ab 非洲猪瘟的影响是通过查阅文献和使用粮农组织OutCosT工具计算直接损失和应对成本来评估的。OutCosT工具已完成了试点,以回顾性地确定越南老街省(2020年)和菲律宾(2019年)暴发非洲猪瘟造成的成本,包括疾病造成的减产、对贸易的影响以及防治成本,包括治疗、监测和宣传活动。估计受影响的每家农场和每头猪的成本有助于预测疾病传播的影响。¹⁸³

虽然中国政府试图通过向市场投放储备肉来稳定猪肉价格,但储备所弥补的缺口仍不足以对价格产生实质性影响。例如,2019年和2020年政府投放的储备肉分别仅占国内猪肉产量的0.4%和1.8%。

中国还试图通过进口猪肉来弥补部分缺口,其猪肉进口量从150.1万吨增加到528.1万吨。中国的猪肉进口量占全球猪肉贸易量的比例从2017年的20%上升到2020年的45%。与国内猪肉产量相比,进口量占比从2017年的2.8%上升到2020年的14.5%,其中部分原因是上文所述的国内生产收缩。进口量增加具有全球性影响,使国际市场上的猪肉价格大幅上涨。这为出口国提供了新机遇,但也影响了进口国,使他们在采购猪肉时不得不与中国竞争。

由于人员和货物的不断流动,非洲猪瘟会在高度互联的区域之间迅速传播,这一点已在亚洲得到证实。自海地和多米尼加发现非洲猪瘟以来,美洲正在合作应对非洲猪瘟。¹⁸⁵粮农组织通过最近一项风险评估发现,如果该疾病在整个美洲传播,可能会损失4800多万头猪,相当于78亿美元的直接损失,包括对死亡率、猪肉生产、贸易及市场价格、就业的影响。¹⁸⁶这些损失主要发生在四个养猪大国,即美国、巴西、墨西哥和加拿大。2019年,四国共向100多个国家出口猪肉,占全球猪肉出口的27%。¹⁸⁷

除直接成本之外,非洲猪瘟还会对那些将猪肉作为重要蛋白质来源的国家的粮食安全产生巨大影响。在美洲,伯利兹、古巴、厄瓜多尔、海地和巴拉圭就是如此,它们的粮食不安全程度高于区域平均水平。在海地, Jean-Pierre Hagerman和Rich报告称,非洲猪瘟引发的涨价导致消费者支出在疫情期间最高增加了200%。¹⁸⁸随着消费者对替代品

的需求增加,它还可能導致其他动物蛋白的价格上涨,具体取决于疫情的严重程度。据观察,2019年中国的鸡肉和牛肉价格同比上涨了20%以上,给粮食安全和营养带来了新的挑战。粮农组织的风险评估对非洲猪瘟给美洲带来的影响进行了全面分析和讨论。¹⁸⁶

OutCosT工具估计2020年越南老街省非洲猪瘟暴发带来的成本为826911美元,相当于每头猪损失234美元。在同一省份,2019年的生猪损失头数比2020年多十倍。采用OutCosT工具2020年的调查结果,可以估计出2019年同一省份暴发非洲猪瘟造成的成本为860万美元^{ac}。2019年和2020年之间的成本差异反映出非洲猪瘟初始阶段的快速传播以及后期防控措施的有效性。

在菲律宾,2019年有10个省受到非洲猪瘟影响,但到2020年底,影响扩大到32个省。2019年每头猪因非洲猪瘟而损失的成本为281美元,¹⁸⁹可用这一结果评估2020年非洲猪瘟暴发造成的成本,即采用屠宰生猪数最可能减少比例(方法A)和采用屠宰生猪数减少比例上限(方法B)。详情如下:

- a. 以2019年为参考年份,计算非洲猪瘟造成的生猪损失数,表示为占屠宰生猪数最可能减少的比例(38%)^{ad}。采用这种方法计算出来的生猪损失头数为689000头^{ae}。
- b. 采用2019年至2020年间屠宰生猪减少数(180万头)来估计屠宰生猪数减少比

^{ac} 推断时,我们假设两个时期实施了完全相同的防控政策,即用于校准工具的时期和用于生成成本估计数的时期。

^{ad} 因非洲猪瘟而死亡的生猪208594头/屠宰生猪545729头 = 38%。

^{ae} $38\% \times 1804246 \text{ 头屠宰生猪} = 2020 \text{ 年估计因非洲猪瘟损失的 } 689637 \text{ 头生猪}。$

例上限。但减少的原因也可能是我们无法计量的除非洲猪瘟之外的其他因素^{af}。

从这些估计值可以看出,2020年菲律宾因非洲猪瘟暴发造成的大致成本介于1.94亿美元至5.07亿美元之间,比2019年高3.3至8.7倍。考虑到2020年非洲猪瘟大范围蔓延,造成巨额成本并不奇怪。在越南和菲律宾,损失估计主要涉及家猪和国内损失,而在德国,疫情发生在野猪身上,损失主要涉及出口市场。

OutCosT等工具可帮助各国评估不同疫病传播造成的成本,并指导决策,包括用于疾病防控和预防进一步传播的资源配置。虽然结果很容易推断,但必须先校准工具,使结果符合当地市场条件和现行政策。

估计间接损失

评估非洲猪瘟的间接影响需要价值链分析等方法,因为价值链特定环节(在本例中指生产环节)中断会产生上下游溢出效应。有证据表明,非洲猪瘟对饲料供应商产生了重大影响,尽管转向其他畜牧品种可部分抵消这种影响。¹⁹⁰下游的溢出效应更为明显,因为生产性资产的使用效率较低,从而使价值链下游主体难以获得生产资源和投入物。在越南,非洲猪瘟导致的失业近35%发生在养猪业,其余分布在批发和零售、饲料和兽医服务等其他相关部门。¹⁹¹

在高度集约型体系中,非洲猪瘟等应上报的动物疫病暴发带来的间接成本通常大大高于直接成本,但因其复杂性一直很难确定其特征。Savioli等人¹⁹²最近开展了一项建模研究,报告称,在瑞士发生非洲猪瘟

^{af} 例如2019冠状病毒病疫情相关因素。

时,最重要的防控措施涉及运输和屠宰物流、消费者需求以及防止野猪和家猪之间的接触。防止接触相关的最大成本在于假设育肥养猪场为了遵守模拟防控规定,需减少或清空现有生猪。■

3.3 武装冲突对农业的影响

当前,武装冲突^{ag}非常活跃,处于第二次世界大战以来的最高水平。2015年以来,每年发生的武装冲突超过50起,2019年发生54起,¹⁹³2020年发生56起^{ah}。在各方呼吁加强减灾、气候变化和人道主义工作之间的协同合作之后,武装冲突已被作为一种社会危害列入国际科学理事会-联合国减灾办危害清单。¹⁹⁴虽然武装冲突相关风险不属于《2015-2030年仙台减灾框架》范畴,但冲突与灾害风险之间的相互作用是一个需要进一步研究的领域,包括与损害和损失相关的领域。冲突与灾害风险交织在一起产生的复杂危机就是我们越来越多提及的多重危机。¹⁹⁵在其他条件相同的情况下,此类危机的影响可能远远大于单一灾害事件,并随着对农业及依赖农业的各部门产生连锁影响而进一步加剧。¹⁹⁶

ag 对“冲突”一词进行定性十分重要。粮农组织认识到,冲突不一定是武装冲突或暴力冲突,因此采用以下定义(例如在以下出版物中采用的定义:粮农组织。2022。《〈2030年议程〉背景下维持和平操作方法-实用指南》。罗马。参见:<https://doi.org/10.4060/cc1021en>):“冲突是人类互动的一个不可避免的方面,当两个或两个以上个人或团体追求互不相容的目标时,就会出现冲突。冲突可以是暴力的,就像战争中的那样,也可以是非暴力的,就像选举或对抗性法律程序中的那样。如能建设性地引导冲突进入解决进程,冲突可能是有益的。”。引自:Snodderly (编)。(2018年)。《冲突管理和和平建设术语集》。第二版。美国和平研究所。华盛顿特区。参见<https://www.usip.org/publications/usip-peace-terms-glossary>

ah <https://www.prio.org/news/2736>

《2015-2030年仙台减少灾害风险框架2023年中期审查》表明,各成员国“在考虑如何打造韧性时,经常将冲突、暴力和不稳定性与其他类型的风险区分开来,既视其为脆弱性的催化剂,也将其本身视为危害”,¹⁹⁷并报告称在落实框架优先事项1时“已对长期危机中风险的系统性属性有了更全面的了解”。¹⁹⁸

目前越来越多的国家、区域和部门减灾战略和计划^{ai}已将社会危害纳入考虑范围。例如,中非共和国的《国家战略》草案明确谈到了武装冲突,而伊拉克的《国家减灾战略》则介绍了应对除洪水和干旱风险外有毒和无毒的战争残余物带来的风险。阿富汗的《国家减灾战略》指出冲突会破坏应对机制并导致公共服务交付受阻和基础设施受损。在莫桑比克,《国家国内流离失所问题管理政策和战略》涉及《仙台框架》目标B,并涵盖因气候相关危害和冲突造成的流离失所问题,同时重点关注韧性建设、寻求持久解决方案和风险预防。¹⁹⁹

关于武装冲突与灾害之间关系的研究大致可分为两个领域:武装冲突对灾害风险的影响和灾害对武装冲突动态的影响。就前者而言,研究表明,新的灾害风险可能通过复杂多样的途径出现,这些途径不是线性或一成不变的,会对风险暴露、脆弱性和应对能力产生影响。在这方面,随着基础设施遭到破坏,贫困加剧,用于减灾的长期投资不再受重视或无法落实资金,战事可能会增加社会在灾害面前的脆弱性。由于武装冲突导致人们生计中断和/或失去生计,人们可能会采用不可持续的农作做法,从而增加灾害风险。而相反,

ai 落实《仙台框架》目标E。注意,并非所有战略都使用“武装冲突”字眼且仅指“冲突”。此处也使用战略原文中使用的提法。

也有证据表明,冲突可以提高当地的应对能力。²⁰⁰例如,最近针对罗兴亚难民的一项研究分析了孟加拉国库图帕隆罗兴亚难民营如何在个人和集体层面制定和采用应对策略。²⁰¹鉴于武装冲突还会导致人们难以获得土地,引发人口流动,让人们难以获得医疗服务和社会保护,我们必须认识到武装冲突造成的更大范围的损害和损失。

一些分析人士²⁰²认为,灾难后更有可能在国内武装冲突过程中实现停火和谈判,这表明灾难至少有可能暂时阻止局势升级的作用。之所以有这种作用,是因为灾难可能会促使地方和国家层面团结起来应对灾难,武装团体希望展现积极的形象,或者武装团体的运作受阻,包括移动能力受限。2004年海啸发生仅几个月后,印度尼西亚政府和亚齐的武装独立团体就签署了一项全面、持续的和平协议,应该就是此类例子。²⁰³

然而,灾害也可能导致冲突或延长冲突的持续时间,包括造成资源短缺。²⁰⁴例如,2004年的海啸也对斯里兰卡产生了影响。但那里的武装冲突却有所加剧,原因可能是更多援助进入该国。总体而言,2019年一项研究对有关气候与冲突之间关系的相关文献进行综述²⁰⁵后得出结论,认为尽管气候变异、危害和趋势确实对各国内部的武装冲突产生了影响,但与其他更具影响力的冲突驱动因素相比,其关联度相对较弱。

von Uexkull等人²⁰⁶对非洲和亚洲进行了一项全面研究,突出背景和地方层面的差异在灾害如何影响冲突动态方面发挥的重要作用,研究发现,在非常贫穷的国家里,当地干旱问题会增加务农群体和政治上受排斥群体遭受持续暴力的可能性。有案例研究表明,2010年巴基斯坦洪灾让伊斯兰组织

更容易招募到人员,因为他们迅速做出了人道主义响应,而政府却未能提供足够支持,结果其升级武装冲突的能力得以增强,²⁰⁷不过这一观点也受到了其他人的质疑。

最近对36起重大灾害案例进行的定性比较分析^{aj}发现,在所有案例中,有50%对武装冲突动态产生了影响,其中冲突升级和降级各占一半。面对灾害时的脆弱性以及灾害对至少一个武装冲突方的重大影响是两个关键的背景因素。Tobias指出,“当反叛组织在灾难期间获得比政府更大的力量时,或者当反叛组织在受灾人口遭受苦难时加大活动力度而强大的政府开始反击时,武装冲突就会升级。灾难会削弱至少一个冲突方的力量,而另一方又无法利用这一弱点,从而促使武装冲突走向缓和。”²⁰⁸

地缘政治大背景会对粮食体系的运作产生影响,因为它往往会影响武装冲突在地方层面的形成方式,并通过全球贸易的相互关联性对贸易流量产生更宏观层面的影响,同时影响如何出于政治原因对此进行操纵。一再因冲突遭受压力的粮食体系往往逐步失去其可预测性,取而代之的是不稳定性和波动性。粮食供应链在旷日持久的长期冲突中可能依然能够运作,例如在也门,各方的粮食进口商在复杂和政治化的环境中都采取了动态的运作方法。但这种运作方式是有代价的。例如,也门的食物价格2015年至2019年间翻了一番,且此后一直在上涨。²⁰⁹

就武装冲突如何影响灾害风险以及灾害如何影响武装冲突动态方面,研究结果

aj 实证来自21个国家:阿富汗、阿尔及利亚、孟加拉国、布隆迪、哥伦比亚、埃及、印度、印度尼西亚、伊朗、缅甸、尼泊尔、巴基斯坦、秘鲁、菲律宾、俄罗斯、索马里、斯里兰卡、塔吉克斯坦、泰国、土耳其、乌干达。

各不相同。就后者而言,在特定条件下灾害可能会影响武装冲突的走势,这种影响可以是正面的,也可以是负面的。

衡量武装冲突背景下的损害和损失

就武装冲突对农业的影响开展评估时,要计算对设备和基础设施的损害和破坏以及牲畜等生产性资产的损失。但对农业的其他影响也会产生长期后果,包括被迫流离失所和农业劳动力的可供性。已经开发出让灾后需求评估能适应复杂操作环境的工具和指南,包括出现武装冲突的环境。欧盟、世界银行和联合国已在联合国开发计划署的牵头下,联合制定了一份有关在冲突背景下开展灾后需求评估的指南,其中概述了如何在人们对冲突与灾害之间的联系有了更多认识的背景下开展能考虑冲突因素的灾后需求评估。该份指南介绍如何确保灾后活动和应对行动不会加剧冲突动态。²¹⁰虽然该份指南并未对冲突与灾害之间的联系进行详细研究,但它突出展示了对这一问题的思考是如何不断演变和走向成熟的。

事实上,目前仍没有一个全面的概念和分析框架来界定和分析所有相关的相互关联。除了《冲突背景下灾后需求评估指南》²¹¹中列出的内容外,还有很多内容需要考虑。建议制定一个此类框架,作为改进对武装冲突背景下灾后评估相关思路和减少灾害风险的下一步措施之一。进行实地损害和损失评估正变得越来越有难度。而遥感技术的进步,如图像采集频率的提高、高分辨率图像的大幅增加以及处理和解析速度的重大进步,都有助于量化武装冲突背景下农业部门遭受的损害和损失。现有技术不仅可以了解对土地获取和土地利用类型的影响,还可以了解作物类型和准确的牲畜估计数据。

为应对潜在灾害风险而增加投资对于增强韧性至关重要,应作为人道主义和发展干预措施的一部分。备灾和重建工作必须考虑到一个地区所面临的各种危害,包括多层次或复合型危害,如武装冲突和自然危害,其组合影响可能大于单项危害。²¹²

索马里:干旱的影响因长期武装冲突、流离失所和不安全而不断加剧

近几十年来,索马里反复发生的干旱、粮食不安全和随之而来的饥荒风险已成为具有破坏性且越来越不可持续的循环。自1991年内战开始以来,这些问题变得比以前更具破坏性。在2011年饥荒和2016-2017年严重干旱事件之间,估计用于应急响应以拯救生命的资金共约45亿美元^{ak}。在计算损害和损失时,导致索马里一再发生紧急情况的各种因素交织在一起(包括多层次冲突、贫困和流离失所问题)造成了极其复杂的局面。2017年,在开发署、世行、欧盟和索马里政府的全面协调下,开展了一次多部门损害和损失评估。“索马里干旱影响和需求评估”对干旱造成的损害和损失进行了影响评估,并对恢复和韧性需求做出了估计。评估旨在为政府牵头开展灾后恢复提供重要信息。评估还旨在就索马里摆脱长期应急响应、实现复苏并最终建设韧性所需的措施提出建议。

评估的总体结果是,农业部门(雨养灌溉作物、畜牧和渔业)的损害和损失总额近20亿美元。与其他干旱情况一样,农业的损失最大(15亿美元),占有部门损失总额的68%。有趣的是,这些农业损害和损失数字到底在多大程度上受到国内长期不稳定的影响。干旱影响和需求评估中从未对此

^{ak} 《索马里干旱影响和需求评估》(2017年)。

进行过量化, 但有人指出, 安全局势是造成牧场退化、大规模毁林和农业基础设施退化的一项重要因素, 特别是灌溉系统退化, 最终导致了该部门的损害和损失总量。

叙利亚: 大范围快速加剧的动荡和冲突产生的影响

2011年危机爆发前, 叙利亚是该区域唯一一个能实现粮食自给自足的国家, 尤其是小麦、大麦等主要农作物。它已经成为该区域的一个出口国, 直至2008-2009年一场大范围干旱迫使该国多年来首次进口大量小麦。在2011年之前的几年里, 随着土地和作物管理措施的改善, 叙利亚的产量有所提高, 这帮助它占领了邻国和海湾地区的主要市场。此外, 该国拥有大量小麦战略储备, 这是复兴党粮食安全政策的基石, 目标是实现自给自足。

2011年发生首批暴动后, 国家很快陷入了一系列复杂冲突。危机开始五年后, 粮农组织开展了一次全面损害和损失评估, 以了解五年武装冲突对农业部门的影响。“叙利亚损害、损失和需求评估”于2016年至2017年间开展, 旨在量化影响, 并分析对生计的影响和恢复相关优先事项。

评估结果表明, 在危机爆发后的最初五年, 农业部门的损失总额达160亿美元, 相当于2016年叙利亚国内生产总值的三分之一。与索马里一样, 最大的影响是造成的损失(92.1亿美元), 尽管在本案例中, 损害水平为68.3亿美元(相当于损失总值的75%), 而在索马里案例研究中这一比例为33%。其中的原因是武装冲突直接导致农业资产和基础设施遭到大面积破坏。在本案例中, 冲突对农业的影响非常直接, 而在索马里, 影响则是间接的。

乌克兰: 武装冲突对农业产生的局部和全球影响

乌克兰的案例能说明武装冲突对该国农业生产和粮食安全的影响及其全球影响。乌克兰是世界上最大的农产品生产国和出口国之一, 在向全球市场供应油料和谷物方面发挥着关键作用。然而, 乌克兰战争给生产带来了严重影响。战前, 农业是乌克兰经济的关键推动力, 对该国国内生产总值的贡献率为10%, 为14%的劳动力提供了就业机会, 并创造了该国24%的出口总额。^{213,214,215}

下文列举的武装冲突影响是2022年9月至10月在22个州开展评估的结果,²¹⁶显示战争给农户、养殖户、渔民和水产养殖户造成的损害和损失近23亿美元。平均而言, 25%的农村人口停止或减少了农业生产活动, 但在交战线上, 超过38%的受访者报告称停止了农业生产。妨碍或阻止农业生产因素包括生产设备和基础设施受损(5%的受访户报告)、国内生产成本平均增加25%、获得购买投入品所需金融服务的机会减少、地雷和未爆弹药污染土地^{al}。自2020年2月武装冲突爆发以来, 六分之一(15.7%)的作物储存设施受到了武装冲突的影响。²¹⁷下文数字分列了种植业和畜牧业部门遭受的损害和损失。2022年战争最初八个月里, 乌克兰渔业及水产养殖部门遭受的总体影响包括497万美元的损害, 同时还有1660万美元的损失(资金流变化), 占乌克兰水产养殖部门年总产值(3400万美元)的63%。

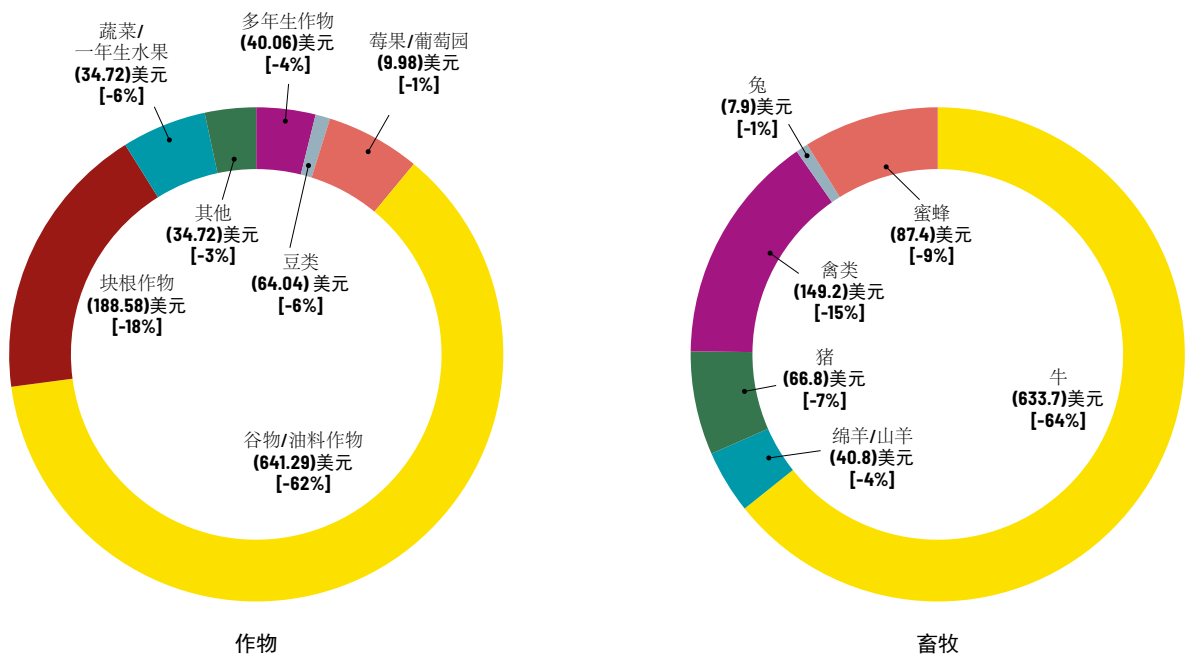
^{al} 乌克兰政府估计, 约6.2万平方英里领土(160579平方公里)可能已被地雷和未爆弹药所污染, 包括该国10%的农田。

由于分析对象仅限于乌克兰战争最初八个月, 分析并未考虑到卡霍夫卡大坝坍塌造成的损害。卡霍夫卡水库和整个第聂伯罗河水系是该地区的主要农业用水水源。在撰写本报告时, 灾后需求评估仍在进行中。这些损害和损失数字可能会大幅增加, 具体取决于武装冲突的演变情况以及给予农业部门和相关子部门的战后恢复重建支持水平。

乌克兰容易发生各种可能影响农业部门的危害, 如洪水、干旱、山体滑坡和风暴

等自然危害以及技术和生物危害。如果其中一种危害与武装冲突同时发生, 就可能对全球农业造成进一步冲击, 使系统性灾难风险复杂化。战争本身对环境的影响从长期看也造成了重大灾难风险, 包括对化学工业场所的破坏可能造成近期和长期生态危害。²¹⁸为提高乌克兰农业部门的韧性, 恢复工作必须充分考虑风险, 重建所需的成本可能超出灾后需求评估所预计的水平。■

图36
乌克兰种植业和畜牧业的损害和损失情况
(百万美元、百分比)



资料来源: 粮农组织2022年9月在22个州(卢甘斯克和赫尔松两个被占领的州除外)开展的全国家庭评估。数据参见<https://data-in-emergencies.fao.org/apps/c5e28e7c958b4748bb806e1fe28ccf7b/explor>



肯尼亚

伊索洛县的沙漠蝗群表明东非蝗灾极为严重。粮农组织正扩大其应急响应行动，以应对这一前所未有的威胁。

©粮农组织/Sven Torfinn

A dramatic, low-angle shot looking up at a sky filled with hundreds of locusts in flight. The insects are silhouetted against a bright, sunlit sky with scattered white clouds. The locusts are in various stages of flight, with wings spread, creating a sense of intense movement and overwhelming numbers. Below the swarm, the ground is dry and dusty, with sparse, low-lying green shrubs and trees in the distance, suggesting an arid environment.

第4部分

农业领域的 减灾方案

关键信息

- ➔ 迫切需要采取行动，鼓励采用现有创新技术，推动形成规模更为灵活的风险管理解决方案，并加强早期预警和前瞻型行动。需要将多危害减灾方法纳入政策和决策的主流，将减灾作为各部门和各地区的优先事项。
- ➔ 技术干预和农场层面的良好做法可积极主动地预防和减少农业风险，从而加强韧性。实证表明，这些做法的效益比传统方法平均高出2.2倍。
- ➔ 技术解决方案可应对农业风险和保护生计，但相关知识储备有限。若要以风险

为依据制定政策和采取行动，必须扩大和完善有关投资建设韧性所带来回报的相关知识储备。

- ➔ 前瞻型行动具有极高的效益成本比，若与早期预警系统相结合减轻灾害影响，效果尤为明显，在亚洲、非洲和拉丁美洲的一些国家，效益成本比可高达7.1。
- ➔ 在非洲之角2020-2021年沙漠蝗虫案例中，将防控措施和前瞻型行动相结合，效果极为明显，相关投资避免了450万吨作物和9亿升奶的损失，保障了近4200万受灾民众的粮食安全。

灾害不一定每天都会发生,但如果我们想要实现《2030年可持续发展议程》、《巴黎协定》和《仙台框架》的目标,预防危害引发灾害必须成为我们的日常工作。正如《2015-2030年仙台减少灾害风险框架》所述,可以通过以下行动实现这一点:(1)生成更好的和可付诸行动的风险信息和分析结果,为决策和行动提供依据;(2)加强灾害和气候风险治理;(3)增加投资,以降低风险和增强韧性;(4)加强备灾和前瞻型行动能力。

报告引言部分图2的概念框架展示了报告第4部分如何对前三部分形成补充。第2和第3部分探讨了灾害影响农业的现有实证,本章节则侧重于探讨投资农业减灾行动和前瞻型行动的可行性,以提高生计面对灾害时的韧性。本章节将分析旨在减少灾害潜在影响和深层次风险的各种行动,将其在减灾方面所带来的效益与实施成本进行对比。

本章节将提供多个分析案例,展示减灾措施和前瞻型行动带来的效益,供不同背景下对不同规模投资进行比较时参照。这些案例可作为参考,用于开展类似的更具具体评估,为基于风险的决策工作提供支持。

如第2和第3部分所示,关于灾害影响的系统化全面信息至今仍然相当匮乏,也缺少标准化的方法对减灾措施和前瞻型行动进行定义并估算其实施成本。因此,要想分析减灾措施和前瞻型行动的效益,只能在缺乏系统化数据和标准化信息的情况下进行。一项干预措施的效果很大程度上取决于其所处的经济、社会和自然环境以及体制和政策框架,而这一切都因地而异。因此开展全球性评估或制定大规模解决方案仍然困难重重,因为投资降低和缓解风险的措施必须依据因地制宜的分析和评估。

第4部分第1节重点介绍农业领域可以采取的积极主动减灾措施。量化数据可展示灾害来袭时投资于基于风险的农业措施能产生多大效益。如本节所述,基于风险的农业干预措施可带来广泛的社会经济效益和环境效益,两者相辅相成。本节采用的是成本效益分析法,通过比较基于灾害风险的农业措施与传统做法,展示前者的巨大潜力。

第4部分第2节说明在预报冲击或压力到来之前,采取前瞻型行动可以带来哪些效益。前瞻型行动有助于增强弱势社区的韧性,从而保护生计,同时减少采取成本更

高的灾后恢复措施的必要性。通过这种方式, 前瞻型行动可补充和保护基于风险的措施(如第4.2节所示)所取得的成果, 例如保护粮食安全和营养, 缓解本已紧张的人道主义资源承受的压力。²¹⁹ 前瞻型行动的分析框架同样也采用了效益成本比。

第4部分第3节将介绍另一个有关基于风险的行动与防控行动和前瞻型行动相结合的案例。该案例为2020-2021年间大非洲之角沙漠蝗虫的防控案例。分析同样也采用了成本效益法, 突显将监测和前瞻型行动相结合可避免损失。

在比较效益和成本时, 我们强调并考虑了若干主要假设, 对贴现率和评估时间框架也采用了同样的处理方式。为了给政策决策提供合理依据, 成本效益评估需要证明结果对这些参数具有敏感性。

第四部分除了以上内容外, 还包括一些意见和建议, 涉及如何通过推广在农场层面普及减灾良好做法以及如何将减灾措施和前瞻型行动制度化, 并在决策中广泛采用。

4.1 农场层面减灾措施的效益

农民, 特别是从事雨养农业的小农, 是农业粮食体系中最弱势的利益相关方, 往往首当其冲受到灾害的影响。农民、官员、发展和人道主义行动方可通过多种途径降低小农的脆弱性, 包括在农场层面推广减灾措施和技术。这些技术解决方案适用于不同规模的农业生产, 而且都已进行并通过了危害情境和非危害情境下的测试, 的确有助于避免或减少自然或生物危害造成的农业生产损失。

多项研究可证明农业部门采取预防性行动的好处, 这样做的确可以避免灾害造成损失。^{220,221,222} 其中一些研究突显了减灾农业措施的效益成本比, 主要侧重于种植业和畜牧业, 如改良作物品种(耐旱/耐盐碱/耐涝)、实现作物多元化、开展保护性农业、调整种植时间表、保育饲草、改善畜舍、接种疫苗和防控疾病, 而关于林业和渔业的研究相对较少。^{223,224,225} 由于计算成本效益所依据的假设和情境各不相同, 这些研究的具体结论也有所不同, 但我们仍然可以发现一些相似之处。

首先, 在农场层面将多种减灾措施相互结合, 与单独实施某项措施相比, 效益成本比更高。这意味着良好做法往往相辅相成, 同时实施多种措施的潜在效益要高于实施单一措施的效益。第二, 与基于自然的解决方案相比, 如改良作物品种和以人为本的方法, 发展农业领域灰色基础设施相关干预措施的效益成本比较低, 这很大程度上是因为与建设基础设施相比, 基于自然的解决方案所需的投入较低。

2016-2021年间, 粮农组织就农场层面减灾措施开展了一系列为期多年的试点, 涉及10个国家的1112个农场, 从中获得了更多实证^{am}。研究人员对实地数据进行了分析, 这些来自基层的数据涉及农场层面减少灾害和气候风险的做法和技术, 分析的目的是统计和量化单个农场实施这些做法和技术后所避免的损害和损失, 并测算推而广之后的效果。这些良好做法已完成并通过了危害情境和非危害情境下的测试, 事实证明可减少灾害风险, 应纳入发展和

^{am} 粮农组织。2019。《农场层面减少灾害风险: 多重惠益, 不留遗憾》。罗马。www.fao.org/3/ca4429en/CA4429EN.pdf。该研究报告收集了来自玻利维亚、柬埔寨、哥伦比亚、圭亚那、海地、牙买加、老挝、巴基斯坦、菲律宾和乌干达的实证。

长期人道主义行动,包括灾后恢复工作,以实现更好地重建。

乌干达为降低持续干旱的影响,推广种植高产耐旱香蕉品种,并辅之以多种水土保持措施,例如覆盖土壤、挖掘沟渠和使用有机堆肥。这些做法已在乌干达的养牛地带实施。香蕉正逐渐成为乌干达的主要经济作物,估计约有24%的农户种植香蕉。香蕉的最佳生长条件是相对湿度大于60%,且年平均降雨量为1500毫米至2500毫米。然而,由于气候变化,干旱越来越频繁和严重,雨季姗姗来迟,小农的生计因此受到影响,因为香蕉是他们种植的主要作物,而且户均土地不到0.5公顷。^{226,227}

该项研究发现,受干旱影响的农场通过采取一揽子良好做法,11年来每英亩土

地(约0.4公顷)与当地传统做法相比,累计净收益高出约10倍。良好做法的效益成本比为2.15,而当地传统做法为1.16(图37)。一揽子良好做法的低成本高回报特点使其非常适合乌干达所在的农业生态区。

与传统香蕉种植方法相比,一揽子良好做法回报更高^{an},且成本低廉,可复制性强,研究人员为此对推广后的效果进行了模拟分析。分析结果表明,年平均净效益的差异可谓有天壤之别。与传统做法相比,良好做法的效益要高出95%到695%,具体取决于危害发生频率的高低。据估算,平均而言,在低、中、高三种情境下,中部地区的蕉»

^{an} 虽然不可能单独分析减灾良好做法中每项干预措施的每个要素对香蕉产量和回报的影响,但各种干预措施之间的协同效应可能发挥了关键作用,提高了香蕉种植系统对降雨不足和干旱的抗御能力。

插图12

农场层面减灾措施的成本效益分析法

成本效益分析法是一种有效手段,可对农场层面采取农业减灾干预措施的成本和效益进行严谨的评估,重点关注小农户的具体需求和挑战。

此项研究利用几个季度收集的数据开展事后效益成本比计算,时间跨度为11年。研究人员利用观测数据预测评估期内的成本和效益,而不是像事前评估那样利用假设的输入数据进行分析,结论因此更具说服力。11年的评估期有助于我们分析较长期效益是否足以补偿干预开始时的资本投资。之所以选择相对较短的时间段,是为了降低长期分析通常存在的不确定性,因为本项研究分析的农场层面措施并不涉及大额资本支出。

为开展有用的虚拟分析,研究区分了危害和非危害两种条件,并比较了在危害和非危害条件下进行干预和不进行干预之间的差异。此外,本研究将定量评估与定性访谈和推广模拟相结合,从各种角度评估农场层面减灾措施的成本和效益。这有助于全面分析各项已付诸实施的良好措施,为农民大规模采用、政策制定和减灾措施进一步完善提供重要实证(同上)。

详情参见技术附件4。

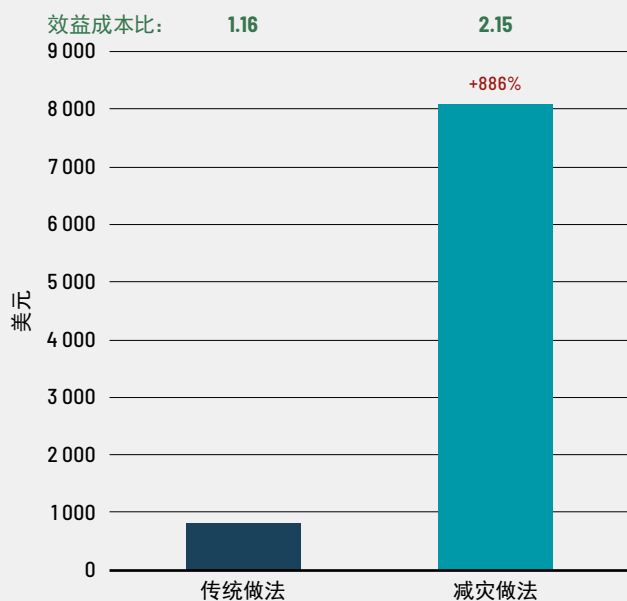


图37

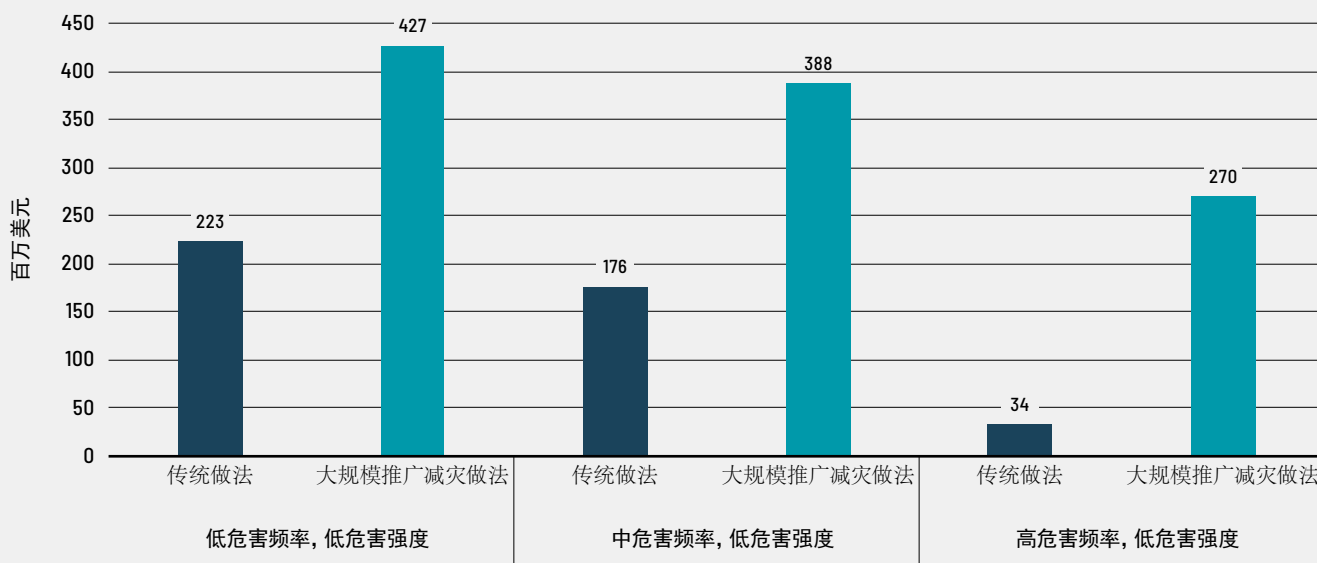
乌干达香蕉种植业通过覆盖土壤、挖掘沟渠、使用有机堆肥和种植改良品种每英亩11年累积的净现值

注：一英亩约为0.4公顷。

资料来源：粮农组织。2019。《农场层面减少灾害风险：多重效益，不留遗憾》。罗马。www.fao.org/3/ca4429en/CA4429EN.pdf

图38

模拟结果 — 不同灾害频率下乌干达中部地区香蕉生产的年均净现值：大规模推广减灾做法



注：评估期：11年；贴现率：10%；敏感性分析采用15%和5%的贴现率。

资料来源：粮农组织。2019。《农场层面减少灾害风险：多重效益，不留遗憾》。罗马。www.fao.org/3/ca4429en/CA4429EN.pdf

» 农如果能系统性地普及这些一揽子措施,包括农户带动农户和政府由上至下推广,每年可避免损失和增加收益2.12亿至2.36亿美元(图38)。

一揽子良好做法具有低成本高回报的特点,意味着农民之间的口口相传是一个可行的推广途径。在受访农民中,85%表示这些措施提高了香蕉产量,约70%报告称自己的收入有所增加。如以5分制进行评分,农民给这些做法在干旱时期的表现打了4.4分。大多数农民表示,他们将在下一季继续沿用这些做法,因为这有助于实现高产,对收入和粮食安全产生积极影响。与此同时,大多数农民建议,有必要进一步开展香蕉种植园管理方面的培训,作为一项重要的配套措施。

在玻利维亚的高地,霜冻、降雪、暴雨和冰雹造成美洲驼频繁死亡。为降低美洲驼的死亡率,人们尝试了一系列措施,包括修建半遮蔽畜舍,设立兽药站。因为这些做法因地制宜并适应当地的农业生态,再加上广大养殖户踊跃采纳,这些综合性做法受到高度重视。

这些做法的效益成本比很高,11年来累积净效益与当地传统做法相比高出17%(图39)。分析还表明,如果能系统地推广这些良好做法,驼科动物的死亡率可能比以前低十二倍。除了减少驼科动物死亡外,这些做法同时还可避免由于长期严重极端天气造成的相关损害和损失。²²⁸

巴基斯坦的旁遮普省和信德省极易受到气候变化的影响,是印度河流域最脆弱的地区之一。当地有两个主要作物季,即旱季和雨季。减灾措施作为试点应用于小麦、棉花、水稻、甘蔗、蔬菜和油料作物,如秋葵

和向日葵。人们连续六个季节开展了成本效益分析,对七种农场层面减灾措施^{ao}进行了危害情境^{ap}和非危害情境下的测试,结果显示,在危害和非危害情境下,表现最好的做法包括蔬菜多茬种植、垄作、农家肥和病虫害综合防治。

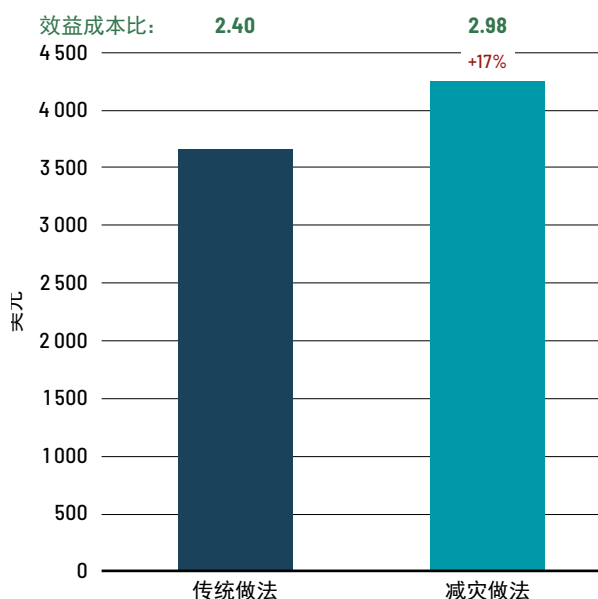
结果显示,每投资1美元用于一揽子减灾措施,在危害情境和非危害情境下,将分别产生8.18美元和6.78美元的收益。其他具有较高效益成本比的做法包括棉花种植

ao (1)水稻种植采用行播和干湿交替法;(2)小麦种植采用农家肥和堆肥;(3)蔬菜种植采用垄作、农家肥、多茬种植和病虫害综合防治;(4)小麦种植采用平整土地和病虫害综合防治;(5)棉花种植采用激光平整、垄作、病虫害综合防治和堆肥;(6)小麦种植采用免耕(条播)栽培和病虫害综合防治;(7)棉花种植采用垄作和病虫害综合防治。

ap 包括暴雨、干旱、高温、有害生物和杂草。

图39

玻利维亚美洲驼减灾做法的累积净效益和效益成本比



注:评估期:11年;贴现率:10%;敏感性分析采用15%和5%的贴现率。
资料来源:粮农组织。2019。《农场层面减少灾害风险:多重效益,不留遗憾》。罗马。www.fao.org/3/ca4429en/CA4429EN.pdf

采用激光平整、垄作、病虫害综合防治和施用堆肥等做法以及小麦种植采用平整土地和病虫害综合防治。运用这些方法,在棉花和小麦种植方法上每投资1美元,在危害情境和非危害情境中,棉花将分别获得4.69美元和3.89美元的收益,小麦将分别获得3.22美元和2.67美元的收益。

就净现值而言,良好做法经测试也显示出喜人结果,增幅从3%到99%不等。在巴基斯坦,水稻种植采用干湿交替法的净现值增幅最大,在危害和非危害情境下分别为86%和85%;其次是小麦种植采用平整土地和综合虫害管理法,在危害和非危害情境下,净现值分别增加了54%和53%。这些有利结果深刻地表明,农民如果投资于这些经过测试的良好做法,就可以获得极为可观的收益。例如,干湿交替法不需要消耗过多水分,能节约水资源,并且还有其他好处,如减少甲烷排放和提高土壤肥力。

此外,棉花种植采用垄作并辅之以病虫害综合防治的实验结果表明,与传统做法相比,危害情境下减灾措施的净现值最高增加了99%,非危害情境下净现值增加了3% (图40)。6月是巴基斯坦最炎热的月份,适逢棉花的开花期,高温可能导致大面积落花,植株生长迟缓,棉铃数量和重量减少,从而造成严重减产。受访农民在实验之后也表示,使用黄卡双面捕虫器有助于以最低的成本防治虫害。除了增加产量和收入之外,这种做法还减少了作物灌溉所需的劳动力和时间,通过提高效率 and 节约用水节省了成本。

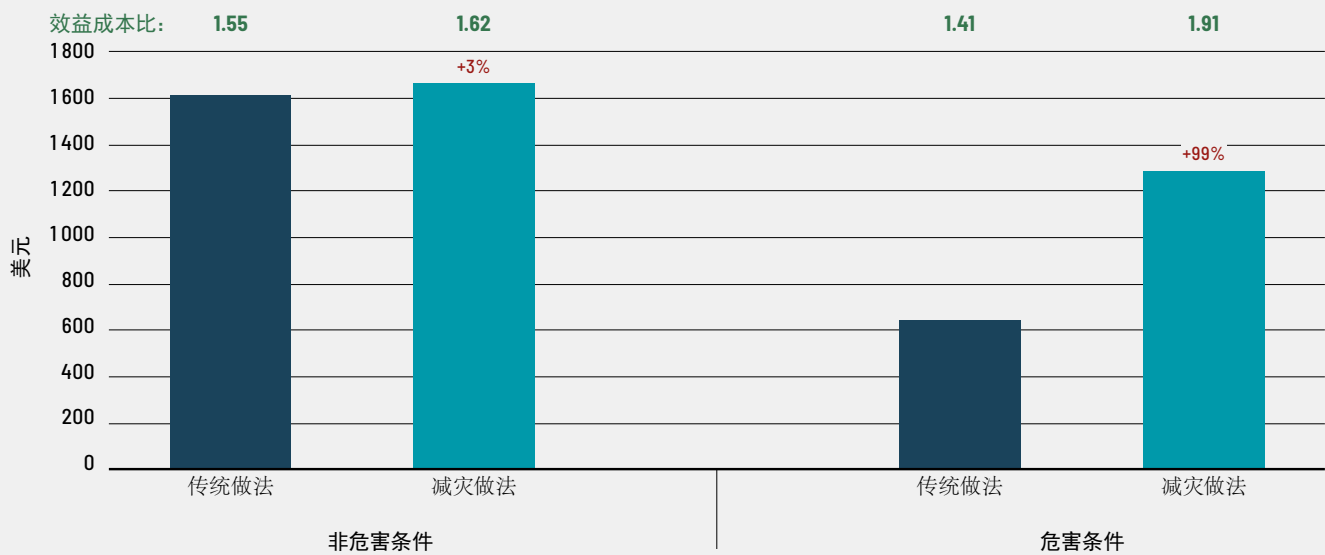
就农民的反馈和推广潜力而言,三种良好做法获得了满分5分,即水稻种植采用干湿交替法、小麦种植采用平整土地和病虫害综合防治以及蔬菜种植采用垄作、农家肥、多茬种植和病虫害综合防治。农民表示,这些良好做法产生了更高的效益,例如用更少的劳动力获得了更高的产量和收入,提高了农产品品质及品种的多样化程度,增强了对干旱、暴雨和洪涝等不利气候条件的抵御能力,防虫能力也因采用病虫害综合防治技术得以提高。他们纷纷表示愿意在未来反复采用这些良好做法。

在菲律宾的比科尔大区,绿色超级稻的种植试验连续进行了三个季节(2015年旱季和雨季、2016年旱季)。结果表明,与当地品种相比,在危害和非危害条件下种植具有多重抗性的作物品种,其经济效益都更为突出,产量显著提高。无论是雨季还是旱季,种植绿色超级稻的效益成本比都高于种植当地品种。图41展示了在雨季非危害条件下选种绿色超级稻获得的高收益。与种植当地水稻品种的农场相比,种植绿色超级稻的农场净收益增加了近60%。种植绿色超级稻的效益成本比为6.1,而种植当地水稻品种的效益成本比为4.6。在旱季危害条件下,种植适应性更强的绿色超级稻的效益成本比为3.5,远高于种植当地水稻品种的2.8,而选种绿色超级稻的农场的净收益比其他农场高50%以上。²²⁸

鉴于累积净收益如此之高,研究人员对大规模推广后的效果也进行了模拟分析。结果表明,在比科尔地区推广绿色超级稻种 »

图40

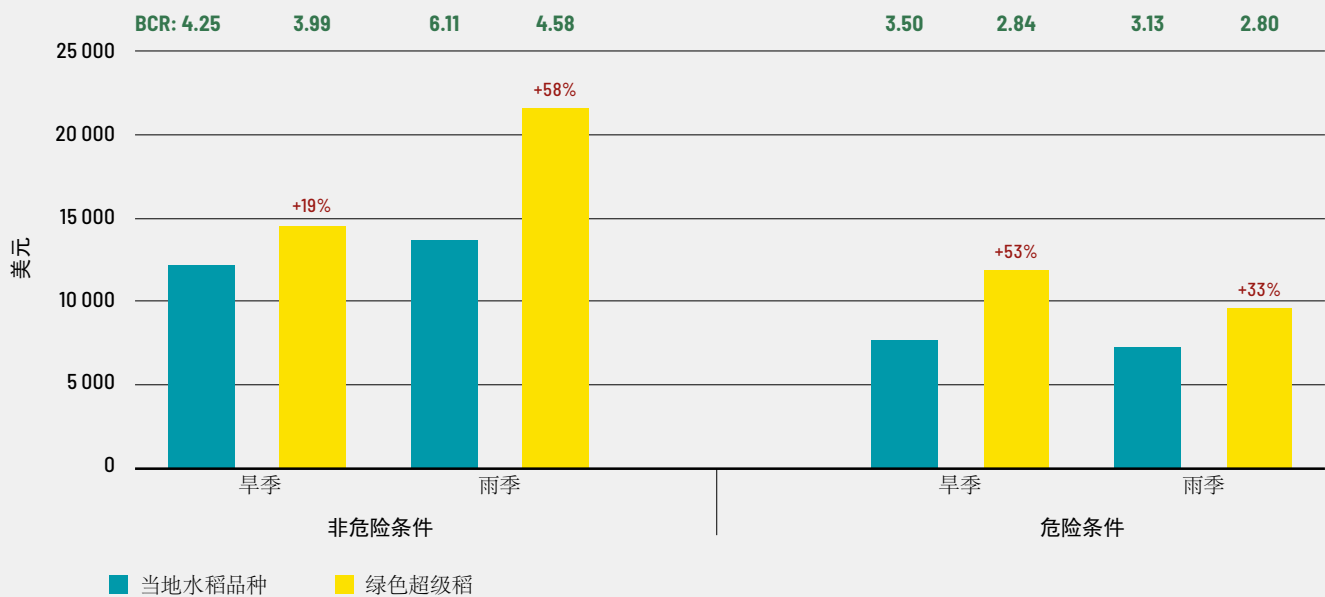
巴基斯坦穆扎法尔格尔区2021年雨季棉花
垄作结合病虫害综合防治的减灾做法效益成
本比和净现值



注:评估期:11年;贴现率:10%;敏感性分析采用15%和5%的贴现率。
资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

图41

菲律宾比科尔地区绿色超级稻和当地水稻
品种在非危害和危害条件下的效益成本比
和净现值



注:评估期:11年;贴现率:10%;敏感性分析采用15%和5%的贴现率。
资料来源:作者本人对粮农组织数据的解读。

» 植,无论在旱季还是雨季,年均净收益均高于现状。通过选种绿色超级稻,在危害发生频率较高的情况下,比科尔地区水稻生产的年平均净收益在旱季最大增幅为71 %,在雨季为42% (图42)。

与常规作物相比,绿色超级稻种系在危害条件下的表现明显更好,而当农场遭遇干旱时,则可以大幅度防止损失。如果得以大规模推广,比科尔地区每年可避免3300万至1.29亿美元的潜在损失。

研究人员建议由政府出面在比科尔推广绿色超级稻,因此菲律宾政府已选定了若干目标地区开展推广工作,并已将其纳入本国示范水稻计划。必须指出的是,之前在比科尔地区已经形成了庞大的政府农技服务体系,这对于逐步转向由政府接手主导推广工作是一个关键的有利因素。

在对1112个农场进行分析后,整体结果表明,平均而言,在农场层面采用减灾做法具有良好的经济意义,并且实践证明,即使在非危害条件下,这些做法也能产生可观的附加值。在危害条件下(危害强度低,但频率高),减灾做法的表现比常规做法平均好2.2倍。几乎所有的减灾做法都能实现正净现值,不仅如此,与常规做法相比,

大多数情况下减灾做法还能大幅度增加净现值。从货币(美元)价值看,危害条件下效益成本比为3.6,非危害条件下增至4.3 (图41)。

为了充分发挥本节所述减灾措施的潜力,必须大规模推广和复制这些措施,因此需要出台扶持性政策,以解决农民在采用这些措施时面临的问题和障碍。

同样,还必须明确指出,良好做法和技术只有能为农民带来可行的商业机会,才有可能推广,尤其是对小农和从事农业的脆弱社区而言。这些群体的生产经营条件往往十分艰苦,没有市场,也很难获取关键投入品。创新技术和良好做法必须能证明自己具有经济和社会可行性,才能确保在特定激励政策或项目结束之后,仍能长期得到推广。

为了大规模推广减灾措施,有关政府机构必须充分了解情况,并做好准备认同这些措施的社会、经济和环境效益,包括使其在捐助方结束资助之后还能延续下去。培训和宣传活动是很有效的工具,有助于讨论和展示所提议的措施在具体背景下的可行性。将减灾做法和技术纳入面向农民的农技推广服务,也是一种行之有效的办法。

图42
水稻生产的收益差异:推广绿色超级稻与传统做法的比较

	低危害频率	中危害频率	高危害频率
旱季	+ 25.1%	+26.7%	+71.2%
雨季	+ 29.5%	+28.6%	+41.6%

资料来源:粮农组织。2019。《农场层面减少灾害风险:多重效益,不留遗憾》。罗马。www.fao.org/3/ca4429en/CA4429EN.pdf

将减灾措施和社会保护计划结合起来，也能带来重要机遇。社会保护可通过以下方式支持全面、包容、具有良好成本效益比的灾害风险管理工作：(1)分配资源用于未雨绸缪或救灾赈灾；(2)支持灾后恢复和重建，例如实施公共设施建设项目；(3)支持政府的备灾工作，特别是确保各系统做好准备，随时应对冲击。

例如，在埃塞俄比亚，社会保护计划的内容包括建设公共设施，通过解决环境退化和其他问题，降低民众、社区和地方生计的脆弱性和风险暴露程度。其他地区也可以效仿这种整合方式。

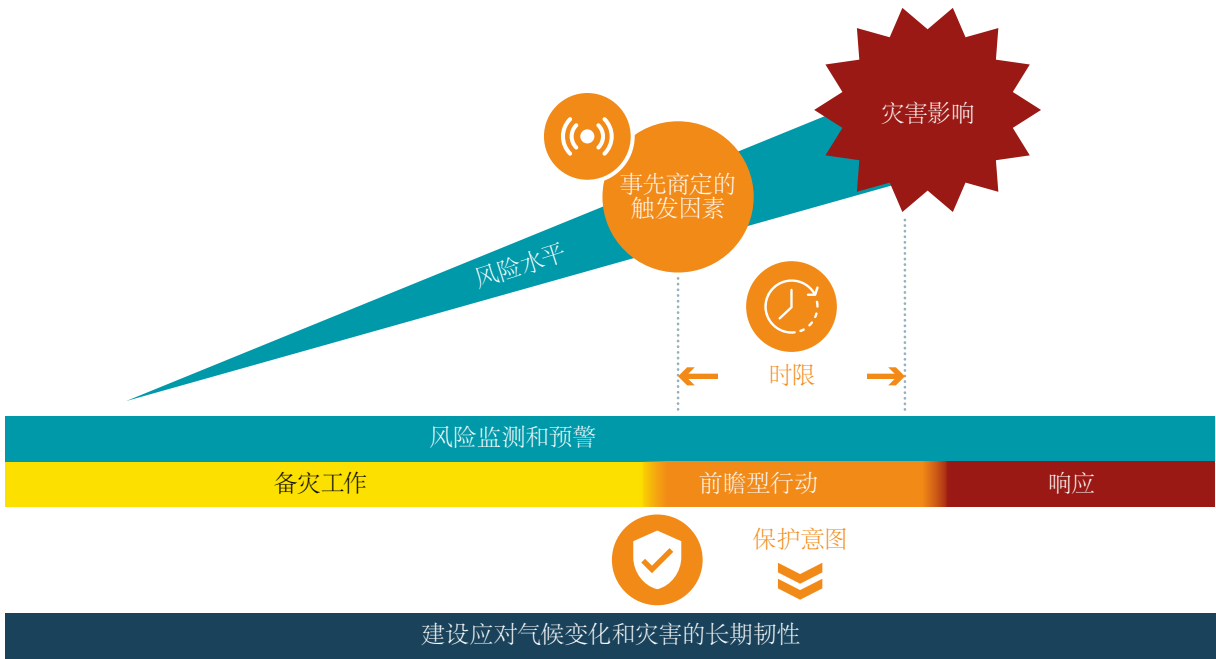
总体而言，必须在政策和体制环境中制定减灾措施，并将其纳入主流。通过治理

分析，了解减灾和气候变化适应工作背后的政治经济学，包括在适当时候支持政策整合，以克服瓶颈，抓住机会采取综合行动，减少灾害和气候变化导致的农业产量损失。

4.2
投资前瞻型行动的回报

前瞻型行动指在预测到的危害发生之前采取行动，以预防或降低人道主义灾害的严重影响。采取前瞻型行动的机会窗口是从预警被触发（预测显示未来很可能发生危害的时间点）到危害对人们的生命和生计产生实际影响之间的时间段。需要开发预警系统，并提前划拨专项资金，一旦达到预先商定的阈值时可以快速拨付。开发

图43
前瞻型行动的关键特征



资料来源：东盟。2022。《东盟灾害管理预期行动框架》，雅加达，东盟秘书处。<https://asean.org/book/asean-framework-on-anticipatory-action-in-disaster-management-2/>

预警系统所需的依据包括各种相关预报数值(例如降雨量、温度、土壤湿度、植被状况和其他气候灾害涉及的指标)以及季节性观测结果和脆弱性信息。

前瞻型行动已被证实是一种极具成本效益比的措施,能有效减轻灾害影响,大幅提高韧性。前瞻型行动在危机发生前就能高效和及时地发挥作用,可遏制粮食安全,减少人道主义需求,缓解本已紧张的人道主义资源所承受的压力。因地制宜设置的预警系统被触发后,前瞻型行动作为短期干预措施,旨在保护来之不易的发展成果免受预测冲击的直接影响。²²⁹

在冲击发生前为农业生计提供支持,这是对农民、牧民和渔民粮食安全的直接投资,进而也是对农业部门韧性的直接投资。事实证明,当灾害来袭时,前瞻型行动作为干预手段有助于社区维持膳食多样性和高水平的能量摄入,并避免动用不良应对机制。前瞻型行动还会产生连锁效应,帮助农户寻求经济机遇和加强资金实力,并使之多元化。

本节将具体量化前瞻型行动所能避免的损害和损失以及带来的额外收益。自2016年以来,粮农组织联合各国政府和合作伙伴,在拉丁美洲和加勒比、非洲、近东和亚洲各区域实施了50多项前瞻型行动干预措施,以预测和减轻意料之中的各种危害和冲击的影响,例如干旱、寒潮、2019冠状病毒病疫情、植物虫害和动物疫病。本节介绍的结果对应十项此类干预措施。

用于衡量前瞻型行动的直接经济效益的方法之一就是投资回报率。投资回报率主要反映为效益成本比,它有助于了解在预测到的危害发生之前采取行动,预防或

减轻对受灾社区生计的影响时,为此花费的资金是否物有所值。本节利用通过与受益家庭和对照家庭进行结构化访谈获得的数据,对十项干预措施进行分析。将两组样本一正一反进行对比,可以体现前瞻型行动干预的结果,随后再进一步计算干预带来的额外收益和避免的损失。

如表6所示,对十项前瞻型干预措施的效益成本比进行分析后,结果大多为正值,最高可达7.1。在埃塞尔比亚和蒙古的案例中,效益成本比最高,对前瞻型行动每投资1美元,可为受益人避免超过7美元的损失,并且还有额外收益。作者计算的收益十分广泛,包括与牲畜健康和死亡率、作物产量以及奶类等畜产品相关的收益。虽然效益成本比有助于了解前瞻型行动的性价比,但仍有必要具体分析各项收益对农户的影响。

孟加拉国和越南的前瞻型行动的效益成本比远低于其他国家。在粮农组织开展

表6
粮农组织前瞻型行动干预措施的效益成本比

国家	效益成本比
阿富汗	1.42
孟加拉国	0.83
哥伦比亚	2.6
肯尼亚	3.5
埃塞俄比亚	7.0
马达加斯加	2.5
蒙古	7.1
菲律宾	4.4
苏丹	6.7
越南	0.46 ³⁹

资料来源:作者本人的计算结果。

的分析中,只有这两个国家是侧重于针对突发性危害的前瞻型行动,突发性危害通常会即刻造成影响,比缓发性危害更难预防。效益成本比之所以存在差异,可能是由于要在短时间内向偏远地区交通不便的社区配送物资,运营成本较高;或者是由于计算的收益的类型有所不同。例如,在突发性危害发生之前分发防水桶可能会带来能持续多年的未来收益,而这些收益并未计算在内。因此,不应认为投资回报存在差异的原因是备灾能力较强或较弱。

实践证明,在预测危害到来之前采取前瞻型行动保护牲畜,可有效降低牲畜死亡率,维持牲畜身体指标和生产力以及畜群繁殖能力。在哥伦比亚、肯尼亚、蒙古和苏丹,在干旱或寒潮来临之前分发饲料和开展动物卫生工作,可对牲畜健康和生产力产生显著影响,并对营养状况产生连带的积极影响。

在蒙古,在冬季暴风雪来临之前及早分发饲料避免了损失,牲畜死亡率得以降低,相当于避免每户四头牛的损失,同时增加了产奶量,而这是影响儿童营养的关键。²³⁰在哥伦比亚,牲畜死亡率降低所带来的价值量化后相当于每户11头绵羊或山羊。²³¹

在苏丹,在干旱来临之前采取行动显著降低了牲畜死亡率,山羊的死亡率降低了11%。²³²在肯尼亚,前瞻型行动侧重于保护半游牧社区的牲畜资产,显著改善了动物健康状况,并提高了产奶量。奶牛每天的产奶量多出近1升,其中80%供自家消费,主要供5岁以下儿童饮用。²³³在阿富汗,在2021年拉尼娜引发干旱之前采取行动,分发饲料和开展动物卫生服务,改善了动物健康状况,并增加了产奶量。在各类牲畜中,奶牛、绵羊和山羊身体状况恶化的比例

较低,幼崽死亡率也有所降低。奶牛产奶量平均每户增加近10升,绵羊产奶量增加3.3升。据部分受益农户反映,动物健康状况改善后,他们能够以更高的价格出售牲畜。

针对作物的前瞻型行动也已取得良好效果。在不同情况下,干预措施包括选用抗性强的种子、提前采收、针对危害引发的病虫害开展植保工作、种植速生作物或添置小型灌溉设备。

历史上,厄尔尼诺曾对菲律宾的农业生产造成毁灭性影响。例如,在2015/16年厄尔尼诺期间,菲律宾农民损失了150万吨作物,超过40万人需要援助。以此为鉴,菲律宾在厄尔尼诺在棉兰老岛引发干旱之前,于2019年启动了前瞻型行动。因此,作物歉收事件不再频发,农户扩大了自己的耕种面积,种植的蔬菜种类更为多样化^{aq}。农民能保证膳食质量达到可接受水平,也能在当地市场出售蔬菜,帮助自己度过干旱期,大概率避免了采用不良应对策略。

在哥伦比亚,通过在干旱之前采取前瞻型行动,受益农户扩大了种植面积,提高了农业产量。所采取的行动包括划定社区田地种植速生作物,分发种子和农具,提供动物卫生服务,修复水利基础设施。如果没有这些前瞻型行动,粮食不安全状况和经济困境可能会恶化,因为来自邻国委内瑞拉的大量移民涌入哥伦比亚,给当地农户带来了更大的压力,加剧了资源短缺。²³¹

在马达加斯加,人们在发生干旱之前采取了分发蔬菜种子和微灌设备等前瞻型行动。这些干预措施对增加蔬菜产量和减少

^{aq} 分发家禽、种子、储水桶和设备,以工代赈,修复小型灌溉系统,培训蔬菜生产技术,发展女性领导的农民合作社。

作物损失有显著效果,部分蔬菜的产量甚至提高了六倍。²³⁴

前瞻型行动干预还能带来其他好处,例如,一些家庭因此避免陷入债务恶性循环。在菲律宾,分发耐旱种子后,受益农户无需以高达15%利息赊账购买种子。农民可以用买种子时节省下来的钱供子女继续上学,避免了失学可能引发的负面后果。

据各个项目和地区报道,前瞻型行动的积极影响还体现为加强粮食安全。前瞻型行动能帮助农户和社区在危害来袭时维持膳食多样性和高水平的能量摄入,避免采用减少进餐次数等不良应对机制。虽然各种干预措施均取得了积极成果,但效果并不均一。

在马达加斯加,通过前瞻型行动支持蔬菜生产,结果是提高了当地粮食产量,并保护农民免受干旱影响。²³⁴得到前瞻型行动支持的农户中只有约16%报告食物不足,而相比之下,未得到前瞻型行动支持的农户中则这一比例超过了40%。²³⁴在孟加拉国,就能够维持基本食物消费而言,受益于洪水前的前瞻型行动的农户比对照组高出10%,但在采取不良应对策略方面并未发现显著差异。

在阿富汗,2021年采取的前瞻型行动干预措施包括发放现金、支持畜牧和农业生产以及开展培训。受益农户的食物消费量出现显著增加:食物消费量达到可接受水平的农户在干预前为6%,干预后增加到50%以上。

在采取前瞻型行动进行干预后,苏丹也于2017-2018年干旱后报告了类似的发现。²³⁵分发饲料和开展动物卫生服务对产奶量产

生了显著影响。平均而言,每个农户每日奶类消费量增加了0.8升,相当于每日多摄入528千卡。每日饮用半升奶就能让一个五岁儿童获得健康成长和发育所需能量的25%和蛋白质的65%。总体而言,受益农户减少每日进餐量或进餐次数的可能性降低了12%。同样,在蒙古,暴风雪期间,受益农户的奶牛每日产奶量比非受益农户高六倍。²³⁰

2022年9月,越南在台风诺鲁到来之前分发了防水桶,用于保存家中贵重物品。具体而言,57%的受益人表示,他们用防水桶储存食物免受损失,相当于平均每户减少价值约9美元的损失。

对韧性的影响

有关采取前瞻型行动进行干预对韧性有多大影响,虽然这方面的定量研究很有限,但定性实证表明,在前瞻型行动干预后,农户的韧性水平的确有所提高。避免因饲料短缺或经济不稳定而抛售牲畜,无需举债,留存种子用于今后播种,增加收入并将其用于购买资产或提高生产力,这些都是前瞻型行动提高韧性的例子。

在菲律宾,由于在2019年干旱之前采取了前瞻型行动进行干预,农户得以避免抛售有价值的资产或让子女辍学^{ar}。在2016-2017年非洲之角的旱灾期间,受益于前瞻型行动干预措施的农户手里有余钱,其中包括产奶量增加带来的收益,他们将这些钱用于教育、医疗、食品和动物饲料。一些农户还反映说他们终于能够存下钱了。

^{ar} 向妇女农民合作社分发鸭子和山羊,举办培训,开展以工代赈项目清理年久失修的水渠。

采取前瞻型行动进行干预还可减少现有风险,在最初的危害影响过后仍能长期保护生计。例如,在孟加拉国洪水来临之前和越南台风来临之前分发的防水桶可以使用十年以上,在未来发生洪水时仍可派上用场。哥伦比亚的受益农户表示,他们通过滴灌系统和技术实现了一年收获多茬,粮食产量大幅提高。

通过前瞻型行动进行干预时,组织培训活动可提高人们的减灾意识和传授减灾技能。哥伦比亚在实施前瞻型行动期间,同步开展了水资源管理培训,帮助基层社区建设适应干旱的能力。社区如何形成和利用这些新的技能和资产,这方面需要进行更多的研究。

理想的情况是,未来重新走访曾经接受前瞻型行动干预的地区,评估当地社区如何形成和利用这些新技能和资产,这有助于进一步深入了解相关方案对社区韧性的积极影响。此项工作应该成为未来研究和分析的重点,以进一步了解实施前瞻型行动的长期效果。

实现前瞻型行动体系的制度化

有效的预警系统有助于及时采取干预措施,并进一步将前瞻型行动纳入减灾政策、计划和财政框架以及人道主义和发展框架,使各国能够加强抗灾能力和减少灾害风险。^{236,237}将前瞻型行动干预纳入灾害风险管理立法和各个部门立法,是加强机构能力的另一个步骤。

要想获得政府的大力支持,关键在于不断补充实证来证明前瞻型行动计划带来的惠益,如前瞻型行动的性价比、及时在实地实施干预可以避免的损失以及这些惠益如

何对个人和社区产生长期影响。国际组织和主要利益相关方必须与各国政府合作,强化相关内部体制和政策,以提供一个平台,让由地方机构管理和主导的前瞻型行动能够进一步制度化。

前瞻型行动效果显著,意味着这种方法应大规模推广,在气候变化导致危害发生频率和强度上升的情况下更应如此。²³⁸迄今为止,实施的前瞻型行动主要针对自然灾害。^{239,240}然而,严重的粮食不安全往往是多重因素共同作用的结果,包括冲突、经济冲击、自然灾害和食物供应链危机等。前瞻型行动可为积极主动管理残余风险提供极佳的操作空间,在某些情况下还能减少现有风险。

为可持续地扩大针对危机的前瞻型方法的规模和范围,不能将前瞻型行动仅仅视为应由人道主义行动方实施的主动应对措施。相反,前瞻型行动可提供机会,让人道主义、发展、和平、气候等行动方以及相关计划和筹资框架加强彼此之间的协调。²⁴¹在同一目标下结合不同工具进行分层次筹资,这一方法为保护广大弱势群体免受冲击提供了前所未有的机会。与私营部门结成伙伴关系也有助于提高在冲击发生前及时采取有效行动的能力。²⁴²

在前瞻型行动领域,一个特别有潜力的发展方向是人们开始加大对社会保护与前瞻型行动方法之间联系的关注,尤其是关注有适应性或针对应对冲击的社会保护制度,这很有可能填补人道主义和发展工作之间的空白。肯尼亚、索马里、埃塞俄比亚以及近期马拉维的大规模案例有助于为我们提供越来越多的扎实实证,证明当社会保护制度在预测到冲击即将到来时,开展前瞻型行动,为特定人群提供援助。事

实上, 社会保护在解决易受气候影响的弱势群体所面临的风险方面所发挥的作用已得到广泛宣传, 被称为潜在的“游戏规则改变者”。

最重要的是, 前瞻型行动要想持之以恒, 就必须在国家层面形成责任意识 and 能力。为此, 需要支持各国政府将前瞻型行动纳入国家灾害风险管理政策、流程和金融工具, 并提供必要的资源和机制, 增强地方合作伙伴、社区和所有一线应急人员实施前瞻型行动的能力。一些国家缺乏相应的政策、法律框架和流程, 导致难以获取资金实施前瞻型行动。提供实证证明前瞻型行动的影响和惠益, 对于提高计划编制工作的质量和推动这一方法的制度化至关重要。为此, 生成的实证必须准确和透明, 且方法严谨。总体而言, 必须更好地了解导致政府不踊跃参与前瞻型行动的不利政治因素和障碍。

从事发展、人道主义、气候与和平工作的各行动方及其活动有着广阔的协作空间, 应认识到相互之间能够相辅相成。要想推广前瞻型行动, 就必须将前瞻型行动系统化地纳入灾害和气候风险管理建设工作, 增强民众和国家抵御危机的能力。

4.3 防控措施和前瞻型行动相结合的案例 — 非洲之角防控沙漠蝗虫

大非洲之角2020和2021年暴发了沙漠蝗虫疫情, 这是该区域迄今为止最严重的蝗灾之一, 对粮食安全和生计构成了前所未有的威胁, 极有可能造成大面积灾害、流离失所和冲突。为此, 已采取了一套基于风险的干预措施, 包括防控措施和前瞻型行动, 以应对蝗灾, 这些措施被认为在很大程度上避免了损失, 尤其是保护了谷物和牲畜生产。研究人员

插文13

基于风险的沙漠蝗虫干预措施所避免的损失的估算方法

在2020-2021年非洲之角大区防控沙漠蝗虫行动相关经验基础上, 已形成了一种新的与时俱进的方法, 可用于计算粮农组织基于风险的干预行动的投资回报情况。

根据虫群和虫带的平均密度, 先估算出每公顷虫群和虫带的进食需求。实地报告为我们提供了各项详细信息, 诸如采用空中防治行动还是地面防治行动以及蝗群的蝗虫密度。根据这些信息, 可以算出每处理一公顷土地, 就有大约30吨绿色物质和植被免于被沙漠蝗虫吞食(受到保护)。为了评估直接避免的损失和对生产性生计的影响(农民、农牧民和牧民), 已

提出关于沙漠蝗虫食用的生产性绿色物质和植被来源的假设。根据这些假设和相关文献, 可以计算出一公顷沙漠蝗虫(幼虫和成虫群)在生命周期内(即移动情况)可以摧毁多少牧场和农田。

该项分析可以估算出到收获季前可避免的作物损失、获得保护的作物的价值、年度谷物需求得以满足的人数以及有能力养活其牲畜的牧民家庭数量。

关于基于风险的蝗虫干预措施所避免的损失的计算方法, 更多详情参见技术附件5。

资料来源: 作者本人解读。

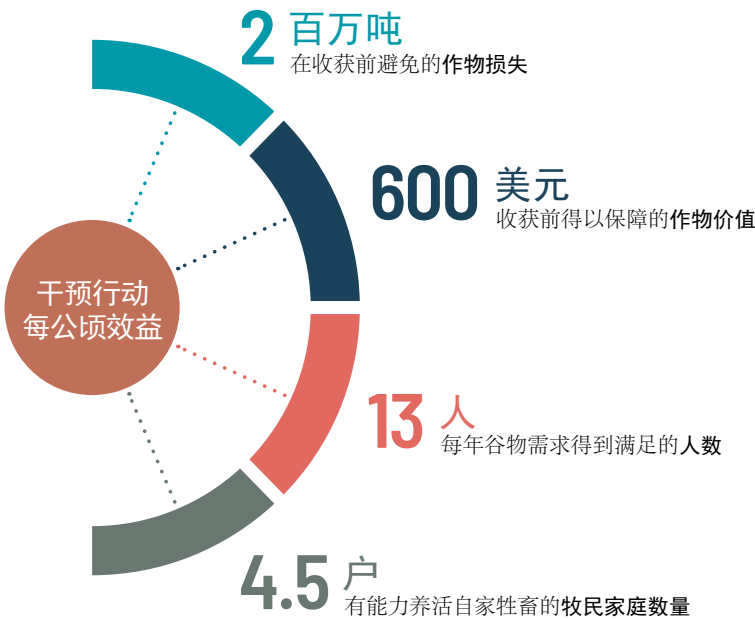
对相关经验进行了报告和分析, 形成一个案例, 便于在未来应对虫灾时推而广之。

应该指出的是, 2020-2021年暴发蝗灾的非洲之角面临各种危害。本节所分析的基于风险的行动与当地部分地区的洪水、干旱、冲突及不安全状况相叠加, 而这些危害也造成了严重的经济损失。有些灾害与气候变化的影响有关或因其而加剧, 它们相互叠加后, 进一步加深民众、系统和经济的暴露程度和脆弱性, 导致整个区域出现极为严重的急性粮食不安全^{as 243}。

as 《全球粮食危机报告》2021年将伊加特区域作为重点, 指出2020年期间, 埃塞俄比亚(860万人)、肯尼亚(190万人)和索马里(210万人)共有1260万人面临重度粮食不安全(粮食安全阶段综合分类第3阶段或以上)⁴²。鉴于非洲之角面临深层次灾害风险, 必须采取基于风险的行动来应对各种危害, 以保障生计和粮食安全。

总的来说, 沙漠蝗虫的风险管理需要采取防控战略, 其基础是在蝗虫发育的关键阶段对其生境进行监测, 及早发现蝗虫数量的增加和行为变化。在非洲之角, 沙漠蝗虫防控措施和前瞻型行动计划于2020年1月24日启动, 最终于2022年6月结束。该项计划有两个主要目标。首先是扩大监测和防控范围, 以降低对作物生产和牧场承载能力的影响; 其次是采取前瞻型生计干预措施, 这是因为即使开展了监测行动, 沙漠蝗虫的扩散在一定程度上仍不可避免。由于实施了这些干预措施, 农户最终没有陷入重度粮食不安全(即粮食安全阶段综合分类第3阶段及以上), 因此避免了采取不良应对策略, 无需变卖资产, 也无需为寻找牧场而带着畜群迁徙。

图44
干预行动每公顷效益



资料来源：作者本人对粮农组织数据的解读。

在蝗虫暴发期间,粮农组织的沙漠蝗信息处自始至终提供了及时和准确的预警和预报信息,使得基于风险的战略得以部署。该处根据蝗灾第三级方案^{at},与由众多专业人士组成的团队开展合作,包括学术界、研究机构和私营部门伙伴。该团队提出的16项创新措施已被纳入该处和各国的蝗虫防控方案,以进一步改善监测和预警工作。此外,在非洲之角中部和西部地区沙漠蝗虫区域委员会的支持下,使用无人机调查一些国家的蝗虫情况。政府工作人员组成实地监测小组,深入偏远地区,及早发现蝗虫,尤其在所谓的“虫带阶段”,对无人机的监测形成了有益的补充^{au}。

在非洲之角和也门,干预措施覆盖了多达230万公顷的面积。据估算,每监测和控制一公顷受灾土地,就有大约2吨谷物得到保护,平均价值为600美元。如图44所示,相当于4.5头热带牲畜单位所需的牧草同时得到了保护。230万公顷土地总计避免了价值约17.7亿美元的谷物和奶类损失。基于这一结果,同时根据技术附件5中介绍的

^{at} 需要集体应对的大规模突发性灾害和危机。
^{au} 在该阶段,不会飞的幼虫聚集成连贯整齐的虫群,被称为虫带。

方法测算,基于风险的大规模沙漠蝗虫防控干预措施的投资回报率高达1:15。这意味着干预措施每投入1美元,可以在大非洲之角避免大约15美元的损失。

从2020年5月到2021年底,粮农组织共投入了近9千万美元,向超过30.5万个农户和畜牧养殖户分发生计物资包(表7)。种植作物的农民领到了农业投入品,并通过以工代赈活动获得现金,而农牧民和牧民则领到了饲料、饲草和现金。

粮农组织及其合作伙伴通过共同努力,避免了450万吨作物和9亿升奶类的损失,保障了近4200万人的粮食安全。此外,对干旱和半干旱土地进行防控,使牧民和农牧民能够顺畅进入牧区放牧反刍动物。据粮农组织估算,如果换算成热带牲畜单位和每热带牲畜单位的年产奶量,防控干预措施为300多万个热带牲畜单位提供了保障。与其他前瞻型行动机制一样,为了体现干预措施的结果,我们对得以避免的生计影响和损失进行了分析。

值得一提的是,沙漠蝗虫疫情并不是2020-2021年间影响非洲之角的唯一灾害,

表7
2020-2021年沙漠蝗虫应急行动和成果简介

	饲料和矿物块供应	农资包	现金转移
实施的行动	为 749500 头牲畜提供了饲料	生产了 230132 吨谷物	1400 万美元
产生的结果	保障了≥ 85000 名 5 岁以下儿童一年的奶类需求	农产品的商业价值为 6900 万美元,足以为 149927 个家庭供应一年多的谷物,实现自给自足	满足 107500 个家庭的基本需求 (平均三个月)

资料来源:作者本人解读。

当地农民还经历了洪水、干旱和风暴等其他灾害,2019冠状病毒病疫情防控措施也导致农民难以获得农业投入品和减少种植面积(见第3.2.1节)。

结果表明,如果没有针对沙漠蝗虫疫情开展防控,2020年和2021年的玉米和高粱产量可能会更低。这也要求各方采取多危害减灾方法,确保实地实施的干预措施能解决相互关联的灾害风险及其连锁影响。

总的经验教训是,暴发蝗灾时,采取基于风险的行动可大幅减少冲击对农业粮食体系和相关生计的潜在不利影响,减少作物和牧场受到的破坏,避免大量喷洒农药影响人类健康和环境,降低经济成本。这种方法有助于降低蝗灾的发生频率和强度,并防止蝗群进一步发展成大规模虫灾。几十年来,实践证明这一战略是最有效的,在沙漠蝗虫数量大幅增加之前就采取行动是完全可行的。蝗虫是跨境植物害虫,所以这一战略还有赖于全球或区域合作。

还应指出的是,只有继续支持非洲之角各国,使2020至2021年虫灾时部署的监测和控制体系具有可持续性,这些国家才能依靠此类体系应对未来的蝗灾。此外,有必要提高现场调查的频率,这有助于降低未察觉蝗虫繁殖的风险。在条件不利于蝗虫繁殖的年份,如干旱年份,各国仍需维持必要的能力,为沙漠蝗虫可能带来的冲击做好准备,即使面临干旱和洪水等其他需要优先处理的事项时也应如此。

在由于安全局势而无法监控的地区,如也门的大部分地区和索马里的部分地区,未察觉蝗虫繁殖的风险极高。这要求我们针对沙漠蝗虫开展大范围积极专项行动。如果牧民得不到保护,任由沙漠蝗虫或干旱之类的危害肆虐,那么牧场和牲畜将遭受惨重损失。因此,应逐步实现持续监测制度化,并制定措施应对未来的虫灾,本节介绍的减灾战略、基于风险的行动以及高风险国家应对未来沙漠蝗虫的计划都堪称成功经验,可以借鉴。■



巴基斯坦

受洪水影响的灾民迁往
未受灾地区。

©粮农组织/Asim Hafeez



第5部分

结语

灾害事件日益频繁和严重,给世界各地的农业造成了前所未有的损害和损失。这些负面影响沿着价值链逐级传播,在多个层面影响农业粮食体系,危及粮食安全,破坏农业部门的可持续性。当前农业粮食体系日益全球化和相互关联,农业严重依赖天气和气候条件,这进一步加剧了农业的脆弱性。气候变化的威胁日益严峻,各种危机层出不穷,例如近年的2019冠状病毒病疫情和持续不断的冲突,给农业带来了越来越严重的影响。面对这些挑战,要想实现《仙台减灾框架》、《2030年可持续发展议程》和《巴黎气候变化协定》确立的目标,必须以数据为基础制定政策和战略,并采取针对多重危害、积极主动的方法来减少农业灾害风险。

一个贯穿本报告各个章节的关键主题是有关灾害如何影响农业的数据和信息亟待完善。投资于能加强数据监测、报告和收集工作的方法和工具,是建设各国能力的首要工作,是了解和减少农业和整个农业粮食体系中灾害风险的前提。本份报告是迄今首个对灾害如何影响种植业和畜牧业的全球评估,丰富了我们的知识储备。过去三十年中,由于灾害的影响,农业遭受的损失近3.8万亿美元,相当于平均每年损失1230亿美元,占全球农业生产总值的5%。产量损失导致全球营养供应量减少,膳食能量损失约为人均每日148千卡。这一数字

表明,尽管我们力争实现所有人享有粮食安全和营养,打造包容、有韧性和可持续的农业生计,但灾害使我们的努力遭遇严重挫折。

世界农业产量损失在逐年稳步上升,在弱势人口众多的国家,形势尤为严峻。低收入国家和小岛屿发展中国家受到的冲击最大,这一点从损失在其农业生产总值中所占份额可见一斑。提供进一步的支持势在必行,以增强农业在这些国家和全世界的韧性,首先是要完善信息,并使之本土化,从而反映农业和相关粮食体系中灾害影响的规模和维度。使用二手数据进行概率建模固然能生成一些结果,本报告估算全球损失时采用的就是这种方法,但理想情况下,最好采用在国家和地方层面收集的关于灾害损失的统一信息。

评估脆弱性和暴露程度、分析灾害影响、减少风险时,具体方法必须因部门和子部门而异。同样的危害因素,例如植物或动物疾病,会以完全不同的轨迹和时间线对种植业、畜牧业、林业、渔业和水产养殖业产生不利影响。在估算索马里2016-2017年旱灾后的牲畜损失情况以及实地评估草地贪夜蛾虫灾情造成的影响时,都对损失进行了详细量化。在种植业和畜牧业有可能做到这一点,是因为数据相对齐备,并且可按不同地区和危害进行细分。然而,即使在信息相

对完善的子部门,仍有必要开发标准化工具来衡量灾害的影响,以测算损害和损失,在各级开展能力建设,为防灾和救灾机制的协调提供支持,并将损失评估扩展到全国或全球层面。从对索马里牲畜损失的评估中可以看出,数据记录工作还必须有一定的时间跨度,以反映生产周期,并灾害造成的持续多年的影响进行详细分析。

林业和渔业活动往往空间辽阔,且位置偏远,生态资源也更为丰富多样,因此需要采用不同于种植业和畜牧业的方法来评估资产价值和灾害影响。渔业和林业作为两个子部门,由于缺乏反映生产、资产、活动和生计的全面信息,在灾后影响和需求评估中经常受到忽视。目前尚没有系统化的方法来监测影响渔业及水产养殖业和林业的灾害和紧急情况,或跟踪随后发生的损害和损失。虽然数据和统计信息正在改善,但由于缺乏标准化的数据收集方法和工具,哪怕大致估计灾害对这两个子部门的影响都难以做到,而这两个子部门对于维持世界各地众多民众的粮食安全和生计至关重要,它们是否能保持健康,对于维护生态系统的生物多样性和减缓气候变化也同样至关重要。

技术在不断推陈出新,尤其是遥感技术的进步,为完善农业灾害影响数据收集工作提供了新思路。地球观测系统、卫星成像和算力在机器学习和人工智能平台的助力下,精确度和性能不断提高,可完善各国的统计数据,补充现场调查等传统数据收集工具,能更好地反映危害、暴露程度、脆弱性和风险导致的灾害影响。《仙台减灾框架》的C2指标涉及农业直接经济损失,与可持续发展目标指标1.5.2相对应,促进和加强其数据报告,既有利于监测《2030年议程》和《仙台减灾框架》的进展,也

有助于形成系统和全面的农业灾害损失数据库。

本报告的第二项关键结论是,需要开发多部门、多危害减灾方法,并将其纳入各级政策和决策主流。多重因素相互交织,危机相互叠加,会加剧灾害影响,并产生连锁和复合效应,民众、生态系统和经济的风险和脆弱性会因此被放大,应对能力被削弱。如本报告所述,气候变化、2019冠状病毒病疫情、非洲猪瘟和武装冲突等因素相互叠加,使农业粮食体系承受的灾害风险及其影响进一步加重。各项风险驱动因素会造成损害和损失,并对农业生产、价值链和粮食安全产生不利影响和连锁影响,但造成影响的方式和程度不尽相同,因此对其进行拆解有助于揭示农业风险相互关联的性质。针对特定的灾害情境制定减灾战略和干预措施时,首先必须更深入地考虑总体风险状况,包括跨部门和跨边界的相互依存关系。

就气候变化而言,采用归因学方法可以获取新信息,了解气候变化加剧农业损失的程度。对阿根廷、哈萨克斯坦、摩洛哥和南非进行的评估证实,气候变化大大增加了产量异常现象的发生率,摩洛哥是小幅增加,而南非则增加了10倍。同样,2019冠状病毒病疫情防控措施也是一个例子,说明全球危机会对农业生产和粮食安全产生长期不利影响。尽管一些运输活动可以享受豁免,但种植季节实施封控措施,如居家令和限制贸易,导致受调查国家的农民普遍反映很难获取农业投入品。同样,尽管非洲猪瘟很大程度上只发生在中国局部地区,却影响了世界各国的猪肉和生猪的产量和价格。灾害风险还有另一个深层次驱动因素,即世界各地日益频繁的武装冲突事件。冲突不仅对农业和粮食体系造成直接损害和损失,还会破坏发展进程,加剧灾

害风险。与气候变化和疫情一样,武装冲突也会产生长期不利影响,可能波及整个区域或全球。

因此,减少灾害和气候风险的战略要想行之有效,就必须从整体和系统性的视角出发,审视造成农业粮食体系损失的不同驱动因素及其影响路径。对于弱势群体或社区数量众多的国家、备灾或救灾能力或资源不足的国家以及粮食安全易受农业生产波动影响的国家而言,这一点尤为重要。气候变化、2019冠状病毒病疫情、非洲猪瘟和武装冲突会对农业部门产生连锁影响,意味着必须采取真正多部门、多危害、预防性方法,同时要考虑到各项干预措施之间的协同和相互制约作用。然而,我们对相互关联的系统性风险仍知之甚少,相关数据也很匮乏。另外还必须认识到,我们要更好地了解农业减灾行动的惠益,并收集和整理可以扩大推广的干预和措施,建立起一个扎实的实证数据库。

如报告第4部分所述,目前虽然有限但越来越多的实证证明,需要对加强韧性进行投资,这有利于减少农业粮食体系的灾害风险,改善农业生产和生计。在农场层面因地制宜采取减灾措施,是具有较高成本效益的解决方案,可提高生计和农业粮食体系面对自然和生物危害时的韧性。报告介绍的案例表明,良好的减灾措施不仅可以减少灾害风险,还能产生显著的额外效益。现有实证尽管有限,但足以表明,为管理农业风险而实施的技术解决方案、前瞻型行动和生计保护措施能产生显著效益。然而,这些解决方案尚未被广泛采用或大规模推广。为此,迫切需要采取行动,鼓励采用现有的创新技术,推动更便于推广的风险管理解决方案,并加强预警,为前瞻型行动提供依据。

在农业领域推广农场层面减灾措施有两条可行且相辅相成的途径。第一条是农民与农民之间的口口相传,规模较小但在不断增加,无需太多投资和机构支持。第二条是大规模推广,需要政府和私营部门的大力支持,以促使减灾措施被广泛和迅速采纳。两条路径都需要对农民进行激励和能力建设,可同步进行。至关重要的是,两条路径都离不开良好的基础设施和有利的环境。这意味着新的措施、激励机制和投资必不可少,以满足推广所需要的关键条件。

要想充分发挥前瞻型行动的潜力,目光不能仅局限于自然危害因素,需要去投资建设能够应对多重危害的综合系统。为确保这些系统重点明确和行之有效,需要采用标准化定量和定性工具去收集地方、国家和全球数据。必须改进风险信息系统,包括农业气候服务、风险分析、风险监测和预警系统,以便能够采取前瞻型行动,扩大减灾干预措施的规模。必须在国家和地方层面进行投资,加强各国在这些系统和服务方面的能力,包括监测、数据收集、向用户发送可付诸行动的预警和建议、协助农民以风险为依据开展决策和行动。基于气候信息提供及时的建议和预警,可以帮助农民为应对气候影响做好准备。据估算,预警系统,包括粮食和农业部门的预警系统,能挽救的生命和资产的价值可高达其成本的七倍。技术进步和创新能带来新的机遇,向农民和农村社区发送预警和建议,确保信息能传达给最弱势群体,包括妇女、女童和青年。要想建立全球监测、风险评估和预警系统,就必须开展国际合作,并在各级建立伙伴关系。

监测农业部门的风险也是减灾工作的一个重要方面,需要给予更多的关注,并加强协调。在农场、地方、国家和国际各个层

面加强监测、追踪和快速诊断工作,可预防大多数缓发性事件造成重大损失,如索马里的干旱、草地贪夜蛾、2019冠状病毒病疫情和非洲猪瘟。东非基于风险的沙漠蝗虫干预措施表明,通过协调监测、预警和国际行动可以取得良好成效。据估算,这些以风险为依据的行动共避免了超过450万吨的作物损失,保障了3060万人的谷物需求。该项干预措施为我们提供了重要的经验,有助于减轻未来沙漠蝗虫疫情的影响,避免和减少农户采取不良应对策略,防止粮食安全状况恶化。

现有实证尽管尚不够全面,但足以表明必须采取一系列干预措施完善灾害影响评估,并在各级加强减灾行动。国家、部门和地方层面制定的减灾战略,是实现农业粮食体系包容性和韧性的基石。联合国系统是强有力的合作伙伴,可协助各国将减灾工作主流化,纳入国家和部门的政策制定、方案编制和资金安排。联合国大会已

经认识到,必须为减少灾害风险提供可持续和可预测的资金。投资于预防和减少风险的方法以及对减少灾害风险进行有针对性的专项投资时,必须有足够强的商业说服力,为此应建立机制,对预算进行专项安排,并追踪部门内和部门间的经费支出。

整理并记录减灾的良好做法,并将其纳入发展工作和人道主义干预措施,对于构建扎实的实证基础以实施基于风险的解决方案至关重要。对积极主动的减灾做法进行试点,并通过计算其效益成本比来模拟其在危害和非危害情境下的效益,是推广这些做法的重要步骤。如本报告所示,减灾做法在危害条件下产生了3.6美元的额外收益,在非危害条件下产生了4.3美元的额外收益。因此,即便在没有危害因素的情况下,减灾做法也能产生显著效益,应系统地加以记录和推广。当务之急是将针对多重危害的减灾措施纳入农业政策、农技推广以及国家和地方减灾战略。■

技术附件

技术附件1

根据灾后需求评估计算损害和损失

灾后需求评估结果已公布在网上, 可从防灾网(PreventionWeb)^{av}、救济网(ReliefWeb)^{aw}、全球减灾和灾后恢复基金^{ax}和世界银行^{ay}的网站下载。本报告所采用数据的时间跨度为2007年至2022年。

具体而言, 数据来自于七个区域和次区域的60个国家开展的88次灾后评估活动, 包括: 非洲30次、亚洲24次、加勒比10次、东欧8次、近东1次、大洋洲10次、南美洲5次。这些数据涵盖八类危害: 旋风4次、干旱7次、地震9次、洪水32次、多重危害6次(包括1次拉尼娜)、风暴23次、海啸1次、火山活动3次。这批评估涉及多种类型, 主要是损害和损失及需求评估、灾后需求评估、快速损害和需求评估。

^{av} 见防灾网, 2023。灾后需求评估, 防灾网, 2023年6月引用。<https://recovery.preventionweb.net/build-back-better/post-disaster-needs-assessments/country-pdnas>

^{aw} 见救济网, 2023。仅有报告, 救济网, 2023年6月引用。<https://reliefweb.int/updates?view=reports>

^{ax} 见全球减灾和灾后恢复基金, 2023。灾后需求评估, 全球减灾和灾后恢复基金, 2023年6月引用。www.gfdr.org/en/post-disaster-needs-assessments

^{ay} 见世界银行, 2023。世界银行开放知识库, 世界银行, 2023年6月引用。<https://openknowledge.worldbank.org/home>

灾后需求评估按经济部门估算损害和损失, 以便比较灾害对不同经济部门的影响。所有报告的损害和损失值都按世界银行消费者价格指数数据, 从当前美元或当地货币单位换算为2017年美元值。

为估算各类灾害造成的农业损失总额, 报告的损害和损失值按危害类别进行汇总。报告的工业事故并不涉及对农业部门的影响, 因此并未作为一个类别显示在结果中。

农业损失在生产性部门损失中所占份额, 即所有灾后需求评估所报告的农业损害和损失除以所有灾后需求评估按灾害类别所报告的所有生产性部门(包括农业、工业、商业和贸易、旅游业)的总损害和损失。

同样, 农业损失额在损失总额中所占份额的计算方法是, 用所有灾后需求评估所报告的农业损害和损失除以所有灾后需求评估按灾害类别所报告的所有损害和损失。

其中50次灾后需求评估对所报告的损害和损失按子部门进行了分列, 占样本的56%。对于这一子样本, 以2017年美元为单位对农业各子部门的损害和损失进行了汇总, 计算出各子部分所占份额。

技术附件2

根据二手数据估算全球损失

估算1991年至2021年灾害对种植业和畜牧业造成的损失时,依据的是灾害年份的虚拟生产情境,将其与报告的产量进行比较,以评估灾害的影响。

数据来源

估算模型不同参数时共采用了四个数据源。

- **灾害数据:**灾害发生情况来自国际灾害数据库(EM-DAT),该数据库关于历史灾害事件的数据最为全面。入选该数据库的灾害符合以下标准之一:10人以上死亡、100人以上受伤、宣布进入紧急状态或呼吁国际援助。该数据库包括小型、中型和大型各种规模的灾害事件,按以下危害类别分类:风暴、洪水、干旱、极端温度、虫害、野火、地震、滑坡、块体运动和火山活动。1991年至2021年,全球共发生了10190起灾害事件。
- **生产和价格数据:**197个国家或地区的年度总产量、单产、种植面积、牲畜头数和价格数据来自粮农组织统计数据库。共分析了186种商品,分为以下11个商品组:谷物、豆类、咖啡、茶叶、可可和香料作物、水果和坚果、油料、块根类、糖料作物、烟草、橡胶和纤维作物、蔬菜以及肉和肉制品、奶类、蛋类等主要畜产品。
- **美国农业部检索到的1991年至2020年农业全要素生产率数据。**

灾害年份的虚拟情境产量即假设未发生灾害的产量。以粮农组织统计数据库中按国家分列的1.27万多种商品的单产时间序

列数据为基础推导出单产数值。灾害年份的单产数值用基于EM-DAT报告的灾害事件的虚拟数据代替。

分析主要采用矩阵列表,其中包含单产时间序列,从中分离出非灾害年份的报告值和灾害年份的单产数值,即单产 (j,t,i,d) ,其中 j 为国家或地区, t 为年份(1991-2021年), i 为商品, $d=0$ 为非灾害年份。根据每个时间序列非灾害年份的数量,采用三种插值方法来计算灾害年份的虚拟单产。

- 对于在1991年至2021年期间连续五年未发生灾害的时间序列,即58%的样本,缺失的单产数值通过插入非灾害年份的单产来估算。此项计算采用卡尔曼平滑法拟合最大似然的结构模型进行。结构模型将时间序列分解为状态空间模型分量,首先通过单产变量的测量方程定义状态向量 α :

$$yield_t = F_t \alpha_t + S_t \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim i.i.d. N(0, V_\varepsilon)$$

其中 α 是维数为 m 个状态变量的向量($m \times 1$), F_t 和 S_t 是维数为 $N \times m$ 和 $N \times r$ 的固定系数矩阵, r 是扰动向量的维数, ε_t 是具有零均值和协方差矩阵 V_ε 的 $r \times 1$ 向量。

状态向量可以用状态方程描述如下:

$$\alpha_{t+1} = G_t \alpha_t + R_t \eta_t, \quad \eta_t \sim i.i.d. N(0, W_\eta)$$

其中 G_t 是 $m \times m$ 矩阵, R_t 是固定系数的 $m \times g$ 矩阵, g 是扰动向量的维数, η_t 是平均零和协方差矩阵 W_η 的 $g \times 1$ 向量。

递归卡尔曼滤波器允许使用以下方程以迭代方式测算模型:

$$\alpha_{t+1} = \alpha_t + K_t (yield_t - F_t' \alpha_t)$$

卡尔曼增益(K_t)平衡了过去观测值和新信息之间的不确定性。如果过去的观测并不确定, K_t 会倾向于赋予新信息更大权重。如果观测变量和估计变量之间的差异不稳定, K_t 接近零。

- 对于1991年至2021年期间无灾害时间少于五年的时间序列:
 - 估算基于国家聚类, 适用于39%的样本。在分析农业全要素生产率增长和所有产品单产水平因素的基础上, 进行动态时间归整, 将所有国家分为20组, 采用霍普金斯统计法评估数据的聚类趋势。²⁴⁴对197个国家的196个变量进行因子分析, 然后对得到的10个主成分进行主成分层次聚类。再采用沃德标准, 对各国进行渐进分组, 而对对应下列方程的最后一项的惯性增长被最小化, 以形成可能的最同质聚类:

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C \sum_{j=1}^{N_c} (v_{jck} - \bar{v}_k)^2 = \\ & = \sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C I_c (\bar{v}_{ck} - \bar{v}_k)^2 + \\ & + \sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C \sum_{j=1}^{N_c} (v_{jck} - \bar{v}_{ck})^2 \end{aligned}$$

v 是聚类 c 国家 j 变量 k 的值, 来自于10个主成分变量。

对于每个聚类 c 中的每项产品 i 和每个年份 t , 计算平均年单产变化率:

$$\begin{aligned} Yield\ change\ rate_{cit} &= \\ &= \frac{\sum_{j=1}^{N_c} (yield_{ijt} - yield_{ij(t-1)}) / yield_{ij(t-1)}}{n} \end{aligned}$$

其中 N_c 是每个聚类 c 中的国家数量。

从1990年开始, 将变化率应用于每个国家和每项产品的单产, 得出1991年至2021年的虚拟时间序列。随后估算年份 t 国家 j 产品 i 的虚拟单产, 计算公式如下:

$$\hat{y}_{ijt} = \hat{y}_{ij(t-1)} \times (1 + Yield\ change\ rate_{cit})$$

- 聚类中的观测对象只有五个国家(中国、圭亚那、墨西哥、秘鲁和乌兹别克斯坦)。对这些国家采用基于全要素生产率和滞后单产的普通最小二乘回归模型进行测算, 公式如下:

$$yield_{ijt} = a \times yield_{ij(t-1)} + b \times agTFP_{jt} + u_{ijt}$$

$yield_{ijt}$ 是产品 i 在国家 j 和时间 t 的单产
 $agTFP_{jt}$ 是国家 j 在时间 t 的农业全要素生产率

u_{ijt} 是误差项

通过估算的预测因子计算虚拟单产时间序列, 如下所示:

$$\hat{y}_{ijt} = \hat{a} \times \hat{y}_{ij(t-1)} + \hat{b} \times agTFP_{jt}$$

估算出虚拟单产后, 再通过估算的虚拟单产和粮农组织统计数据库所报告的单产数值之间的差异来计算单产偏差。

为找出非灾害相关影响造成的差异, 并消除单产变化中的背景噪声, 按国家和产品计算零分布。对1万个模拟灾害矩阵进行了模拟, 以得出单产偏差估计值的分布。分布中低于5%四分位数的单产偏差从估算损失中移除。

从单产损失到产量损失, 用特定年份的单产乘以收获公顷数、肉用畜禽屠宰数量或产蛋或产奶畜禽数量。

用公吨数乘以粮农组织统计数据库中的生产者价格,以2017年购买力平价美元计价,则可以得出产量损失的价值。处理20世纪90年代早期的时间序列难度颇大,这是由于当时的价格报告工作不如现在可靠。如果没有国家价格数据,则采用次区域中值、区域中值或世界中值(12%的样本缺失价格)。本地价格比世界中值高三倍时,采用世界中值。

技术附件2A 将损失归因于灾害事件

估算每个国家每年的损失,并按产品分列。然而,85%的灾害年份被认为发生了多重灾害。为了将这些损失归因于同一年发生的不同灾害,采用了混合效应回归模型,将每个国家每年每项产品的正产量损失作为因变量,将年份和每种灾害的数量作为固定效应,将产品和国家作为随机效应,如下所示:

$$y_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{2jt} + \beta_3 x_{3jt} + \beta_4 x_{4jt} + \beta_5 x_{5jt} + \beta_6 x_{6jt} + \beta_7 x_{7jt} + \beta_8 x_{8jt} + y_i + y_j + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

其中, y_{ijt} 为国家j产品i在年份t的产量损失; β_i 是固定效应参数; x_t 是年份t,为1991年至2021年中的某一年; x_{2jt} 是国家j年份t的干旱次数; x_{3jt} 是国家j年份t的洪水次数; x_{4jt} 是国家j年份t的风暴次数; x_{5jt} 是国家j年份t的地震次数; x_{6jt} 是国家j年份t的极端温度次数; x_{7jt} 是国家j年份t的滑坡次数; x_{8jt} 是国家j年份t的野火次数; y_i 是产品i的随机效应; y_j 是国家j的随机效应; ε_{ijt} 是残差,独立且正态分布。该模型的参数采用限制最大似然测算。

在EM-DAT数据库中,由于与其他类型的事件相比,虫害、块体运动和火山爆发的观测项太少(分别为38、19和151),

因此在归因分析中将其删除。但采用技术附件2中的虚拟模型估算损失时,则包含了这几类灾害的损失。每类事件的参数被用作权重,将每年每个国家每项产品的产量损失归因于该年该国发生的每种类型的灾害,如下所示:

$$w_{djt} = \frac{\beta_d X_{djt}}{\sum_{d=2}^8 \beta_d X_{djt}}$$

其中, w_{dt} 是d类灾害在国家j年份t的权重; β_d 是d类灾害的模型(1)参数; X_{djt} 是d类灾害在国家j年份t的数量。因此国家j产品i在年份t因d类灾害造成的损失计算如下:

$$l_{ijdt} = L_{ijt} w_{djt}$$

其中 L_{ijt} 是产品i在国家j年份t的损失总值。

将这些损失按产品、国家和年份相加,就得出按灾害类型分列的损失总值:

$$L_d = \sum_i \sum_j \sum_t l_{ijdt}$$

然后除以该类灾害的总数,得出每类灾害的平均损失:

$$a_d = \frac{L_d}{\sum_j \sum_t X_{jdt}}$$

最后,计算每种灾害类型的每次灾害平均损失 a_d ,即所有类型灾害平均损失总值的百分比 p_d :

$$p_d = \frac{a_d}{\sum_d a_d} \times 100$$

技术附件3

气候归因数据和方法

四个案例(阿根廷大豆单产、哈萨克斯坦和摩洛哥小麦单产、南非玉米单产)的详细信息已发表在配套的补充技术论文中。本节介绍第3.1节中采用的数据和方法。

此处介绍的归因结果通过比较观测到的单产记录与估算的虚拟和实际作物单产分布后得出。实际单产指模拟气候实际演变的单产,而虚拟单产指模拟没有温室气体增加和其他人为气候胁迫因素的气候条件下的单产。为此,我们建立了一个多变量的作物产量统计模型,该模型基于完整记录中观测到的作物单产数据²⁴⁵和观测到的气候数据(20CRv3-W5E5)。^{246,247}

这种建模方法可普遍适用于案例所涉各个国家和作物。为此,基于专家的判断,选定了一组潜在相关的气候指数(表8),考量的因素包括生物物理因素、作物统计建模经验和相关文献。^{248,249,250}利用现有网格气候数据中的最高产量(1.4 x 1.4度分辨率),针对特定次区域和作物的生长季节计算这些指标。从所有数据(观测的气候指标和作物单产)中,针对非线性趋势提取异常,以说明农业管理方法的变化(如施肥)所产生的混杂影响。然后,通过类似于Laudien等人的两步法选择用于线性回归模型的变量。²⁵¹首先,找到与单产数据有较高相关性的变量,并剔除与之相关度为 ± 0.7 或更高的变量,以消除回归变量之间的相互依赖性。缩减后的变量池被传递到Lasso回归中,筛选出最多五个能最好地解释单产数据的变量。线性拟合给出模型参数,并执行样本外验证。

随后将单产统计模型应用于一组实际和虚拟气候数据,这些数据取自耦合模型比对项目第6阶段(CMIP6)的探测和归因模型比对项目(DAMIP)²⁵²部分。对气候胁迫因素的历史变化进行了一系列历史模拟,包括人为因素(温室气体、臭氧、气溶胶、土地利用等)和自然因素(太阳辐照度、火山气溶胶),并将人为因素保持在工业化前的水平,对仅包括自然因素的历史变化进行一系列模拟(hist-NAT)。DAMIP唯一具有每日数据的大型集合可提供50个历史模拟和50个hist-NAT模拟,为此还采用ISIMIP3方法(v3.0.2)对气候跨学科研究模型第六版(MIROC6)²⁵³进行了偏差校正。²⁵⁴模型评估^{255,256}显示,除了气候影响模型研究中普遍接受的偏差之外,没有明显的偏差。特别是对于案例所涉地区,模型能很好地表现哈萨克斯坦北部的降水情况,²⁵⁷对于摩洛哥的降水情况也是如此,至少在我们感兴趣的摩洛哥沿海和北部²⁵⁸是如此。这一模型的早期版本之前也曾被用于生成影响归因研究数据集,^{259,260}其中包括农业。^{261,262}

MIROC6的平衡气候敏感性(ECS)和瞬态气候响应(TCR)为2.60°C和1.58°C,位于CMIP6区间的低端,CMIP6区间为3.78°C $\pm$ 1.12°C(ECS)和1.98°C $\pm$ 0.48°C(TCR)(中位数 $\pm$ 一个标准偏差)。²⁶³更重要的是,这符合政府间气候变化专门委员会的平衡气候敏感性2.5°C至5.1°C的区间(中心值:3.4°C;极有可能的区间:2.1°C至7.7°C),而根据对多条实证的评估,气候变化专门委员会的数值是迄今为止的最佳估算值。这略低于测算的1.6°C至2.7°C的可能区间(中心值:2.0°C),但仍处于1.3°C至3.1°C的极有可能区间之内。该模型的总气溶胶有效辐射作用力为-0.99W/m²,处 »

表8

用于作物统计建模的气候指数库，随后根据独立性和解释能力进行缩减

gdd{0,8,10}degC30degC	生长季中高于作物特定基准温度(T_base)和低于最佳温度(T_opt)的的累积温度天数。T_base=8deg(玉米), T_base=0deg(小麦), T_base=10deg(大豆); T_opt = 30degC
n5daydry	每个生长季节出现连续 5 天或以上干旱日事件(干旱期)次数(干旱日 = 降水量 <0.5 毫米的日子), 连续 7 天的干旱期只算作一次事件, 而不是三次
n5daywet	每个生长季节出现连续 5 天或以上雨天事件次数(雨天 = 降水量 >=0.5 毫米的日子),连续 7 天的事件只算作一次, 而不是三次
ncverywet	生长季节降水量 >= 50 毫米 / 天的最多连续天数
ncxdry	生长季节降水量 <0.5 毫米的最多连续天数(干旱期)
ndry	每个生长季节降水量 <0.5 毫米 / 天的天数(干旱天数)
nfrost	每个生长季节日近地面最低温度低于 0 摄氏度的天数(霜冻日)
nprge30mm	每个生长季节降水量 >=30 毫米 / 天的天数
nprge50mm	每个生长季节降水量 >=50 毫米 / 天的天数
nprgtp95	参照期内, 每个生长季节降水量大于该年该日第 95 百分位的天数
nprlt15mm	每个生长季节降水量 <15 毫米 / 天的天数
nprlt5mm	每个生长季节降水量 <5 毫米 / 天的天数
nTgt30degC	每个生长季节日均温度高于 30 ° C 的天数(极热日)
nTNgtp95	参照期内, 每个生长季节日近地面最低温度 > 该年该日第 95 百分位的天数
nTNltp05	参照期内, 每个生长季节日近地面最低温度 < 该年该日第 5 百分位的天数
nTXgtp95	参照期内, 每个生长季节日近地面最高温度 > 该年该日第 95 百分位的天数
nTXltp05	参照期内, 每个生长季节日近地面最高温度 < 该年该日第 5 百分位的天数
pr5x	生长季节中任何连续五天期间的最大日均降水量
prstd	生长季节中所有日子的降水量标准偏差
prsum	生长季节所有日子的降水量总和
prwetmean	降雨强度指生长季总降雨量(prsum)与降雨天数(雨天 = 降水量 > = 0.5 毫米的日子)之间的比率
Tmean	生长季节日均近地面温度平均值
TNstd	生长季节中所有日子的日近地面最低温度的标准偏差
TX5x	生长季节任何连续五天期间日近地面最高温度
TXstd	生长季节所有日子的日近地面最高温度的标准偏差

资料来源：作者本人解读。

- » 于CMIP6的 $-1.23 \text{ W/m}^2 \pm 0.48 \text{ W/m}^2$ 范围之内(中位数 $\pm 5\%$ 置信区间),也处于气候变化专门委员会测算的 -2.0 W/m^2 至 -0.6 W/m^2 区间之内(中心值: -1.3 W/m^2) (中等置信度)。²⁶⁴总之,这些数字意味着模型对温室气体和其他胁迫因素的应答是可信的。全球温度位于应答区间低端进一步表明,获得的归因结果可能偏低而不是偏高,这意味着估算结果相对保守。

在两次实验中,50项模拟在内部气候变异方面彼此不同,即每项模拟实现的天气都各不相同,共同构成了有和没有温室气体和其他人为气候胁迫因素的气候图。实际气候模型数据的处理方式与观测气候数据的处理方式相同。虚拟气候模型数据也用类似方法处理,只是在基于百分位数的阈值中,用于计算指数的阈值取自相应的实际气候数据。同样,计算虚拟指数的异常值时,采用的是相应的实际数据,而不是虚拟数据中的非线性趋势。采用从观测得到的统计模型中选择的变量和模型参数,得出实际单产和虚拟单产的分佈。

技术附件4

关于效益成本分析计算方法的说明

本说明旨在介绍第4部分有关效益成本分析一节中采用的不同计算方法,并展示防控沙漠蝗灾采用的三种方法如何相辅相成地助力增强韧性,这三种方法分别是预防/减少灾害风险、前瞻型行动和基于风险的行动(预防和前瞻型行动相结合)。粮农组织开发了各种方法对其一系列项目进行评估,以计算在农场层面实施减灾良好做法和前瞻型行动干预的效益。虽然这些方法仍在完善中,以便适用于更多项目活动,但其步骤和结构已经成形,可以体现粮农组织如何通过分析效益成本,对在农场层面实施减灾良好做法和前瞻型行动干预措施进行评估。

第1节:以粮农组织2019年出版物《在农场层面减少灾害风险:多重惠益,不留遗憾》为基础评估减少灾害和气候风险良好做法所产生效益的方法

概要:效益成本分析根据每个季节收集的农场层面一手原始数据,计算并比较推荐的农业(种植业、畜牧业、渔业和林业)减灾良好做法和当地现有做法的效益和成本。在各农场,减灾良好做法和当地现有做法分别在相邻地块实施,并进行监测。监测期间未受危害影响的地块为无危害情境,而监测期间受危害影响的地块为危害情境。为了进行效益成本分析收集的农场层面数据包括成本数据(投入品、劳动力、维护和资金成本)和效益数据(生产总值)。效益成本分析选定一个时间段进行观测,比较推荐的减灾良好做法和当地现有做法的净投资回报,即净效益,随后将其推导至更长时间段(此处是11年)。

评估减少灾害和气候风险良好做法的效益时, 流程分为三步: 收集数据、实地评估和推广分析。

第1步: 收集数据

第一步是收集特定基准数据, 包括对背景情况的书面检索, 了解目标村庄、农户及其农业生产活动情况以及过去五年中影响他们的危害、极端天气事件和灾害相关信息。由一个专家团队挑选出待分析的减灾做法, 同时在当地生态农业区的基础上挑选出最初预选地点和参与研究的村庄。这些信息随后要经过验证, 包括确定有兴趣参与实地评估的农户。

参与研究的农民的入选土地被分为两类, 一类用于测试创新性减灾良好做法, 另一类则作为对照地块, 即原先采用的耕作做法保持不变。在某些情况下, 由于土地不够或土地上种植的是多年生作物, 则在邻近场地选定对照地块, 场地条件与测试减灾做法的地块相同, 以确保传统做法和良好做法的测试条件相同。

首先对测试地块和对照地块在非危害年份(未发生灾害)的表现进行逐季分析, 并与危害条件下(发生一次或多次危害)的表现进行比较, 以确定减灾做法:

- 在危害条件下表现最佳;
- 在非危害条件下表现至少不亚于原先采用的传统农艺做法。

第2步: 通过效益成本分析进行实地评估

第二步是开始效益成本分析, 定量评估在危害和非危害条件下与原先采用的做法相比, 新的减灾做法产生的净效益(可行性和有效性)。效益成本分析包括在危害和非危害条件下, 以货币价值的形式, 确定实施良好做法和传统做法各自的成本、额外收益和所避免的成本。对于未定价的商品或服务, 如家庭内部劳动力或公用水源, 则用市场同类商品的价格替代估值。表9显示, 成本和效益的类型因做法类型而异。

效益成本比可用于对各种做法进行比较, 并表明成本与效益之间的关系, 表示为效益的贴现现值与成本的贴现现值之比。

表9
成本和效益

成本	效益
前期资本支出(如机械和材料成本、安装设备 / 结构的成本)	农业生产收入
运营和维护成本	农业资产的价值, 即牲畜的价值
投入品成本(如劳动力、能源、水、肥料、杀虫剂、种子、饲料)	

资料来源: 作者本人解读。

还可以通过计算良好做法和原先采用的或惯常的做法的净现值来评估净收益,然后对其进行比较,以评估良好做法带来的额外收益(如提高生产率)以及所避免的损害和损失。评估期为11年,采用10%的贴现率,并进行5%和15%的敏感性测试。总体而言,一方面,正净现值表明在评估期内收益现值超过了成本现值。另一方面,负净现值表明前期和运营成本无法通过长期积累收益完全收回。若某项做法净现值较高,则被视为能带来更大收益。

除了实地评估的定量分析外,还对农民感受到的良好做法的社会和环境综合效益进行了定性分析。这些信息通过半结构化访谈收集,可行的情况下也开展了焦点小组讨论。访谈和讨论的内容涵盖该做法的社会经济可行性、可持续性以及相关的社会和环境效益。这些效益包括减少脆弱性、增加收入和生计机会、缓解灾害期间和灾后临时粮食短缺问题的潜力以及改善营养。访谈还探讨了这些效益是否有助于减轻对环境的不利影响。通过这种方式,研究对额外收益、始料未及的影响和障碍进行了定性分析和评估。而如果仅进行定量评估,这些信息可能不会为人所知。

第3步:推广分析

第三步是粮农组织2019年开展的研究的一部分,即对选定的良好做法的推广潜力进行评估。为此,通过系统动态方法定制模拟模型,用于模拟推广三种非常有潜力的良好做法的潜在影响。通过系统动态方法,生物物理变量可以被纳入货币模型,反之亦然。这有助于在关键因果关系和各项指标之间的反馈回路,更好地了解复杂的系统在一

段时间内的动态非线性行为。所开发的模拟模型以实地评估的结果为基础,还考虑到了特定背景下的潜在障碍(如农业生态和社会经济制约因素)。

针对两种主要情境建立了模拟模型:(1)良好做法推广情境,假设被评估的减灾良好做法被农民广泛采用;(2)“一切照旧”情境,在为期11年的模拟期内,仅采用原先的做法,不采用任何其他减灾良好做法。此外,还模拟了三种危害频率:(1)低频率,假设危害每三年发生一次;(2)中高频率,假设危害每两年发生一次;(3)高频率,假设危害每年都会发生。

第2节:前瞻型行动效益成本分析方法

本说明介绍可用于对实施前瞻型行动干预措施进行效益成本分析的计算方法。粮农组织已制定了框架,用于计算一系列项目中前瞻型行动干预措施的直接效益。虽然这些方法仍在完善之中,以便能适用于更多项目活动,但其步骤和结构已经成形,可以帮助人们概要了解粮农组织针对前瞻型行动的效益成本分析步骤和结构。

效益成本分析的主要产物是前瞻型行动干预措施的效益成本比。效益成本比可衡量前瞻型行动产生的直接效益与设计 and 实施前瞻型行动的成本之间的比率,全部以现值表示。因此,效益成本比可以简明扼要地反映为预防或减轻危害对相关社区生计的影响,在预测危害即将发生之前采取行动所带来的价值。为此,粮农组织通过与受益农户和对照农户进行结构化访谈收集定量数据,两个样本之间的对比有助于了解前瞻型行动干预的结果,随后按照一系列公式计算

干预带来的额外收益和所避免的损失。计算前瞻型行动效益成本比的关键步骤如下。

第1步:收集数据

前瞻型行动项目的效益成本分析基于在农户层面收集的受益样本和对照样本一手数据。两个样本群体之间的差异是计算收益的基础。

为确保所收集数据的准确性,需要实施几项措施:

1. 收集受益组和对照组的样本,并根据若干社会、人口统计和经济特征进行分层,以确保对照组和样本人群情况尽可能接近,从而避免数据收集中可能扭曲结果的任何偏差。通过统计学测试以确认样本的可比性。
2. 妥善安排数据收集时间,以确保收集到最准确的数据,正在实施的各类干预措施也被纳入考虑范围,要足以代表项目成果。
3. 在计算之前,对数据进行核查,以评估任何可能由调查人员人为引起的数据不准确问题。尽早评估这些问题可以极大提高分析质量,移除或限制可能妨碍分析的数据收集误差。

第2步:计算干预措施的成本

评估受益农户实施干预措施的平均成本,是计算前瞻型行动的效益成本比的一个基本步骤。与所分析的活动相关的所有成本都需纳入在内,包括直接成本(如采购物资)、物流、管理和其他支持成本。根据粮农组织财务报告系统实地项目管理信息系统(FPMIS)所报告的支出明细,可计算出项目成本。

所考虑的成本分为两类:

- a. 项目成本,包括采购物品、物流和与执行伙伴所签订协议的费用;
- b. 支持成本,即实施项目的日常支出,包括行政管理、实地监测、业务执行费用和技术支持服务等。

第3步:计算前瞻型行动的效益

效益成本分析仅考虑前瞻型行动的直接收益,即粮农组织援助直接产生的收益。

应该分析两类直接收益:

1. 额外收益:由于及早采取行动,使农业产量或农业产值有所增加;
2. 所避免的损失:由于及早采取行动,避免或减少了危害对农业资产和/或生产遭受的损害和损失。

通过分析受益组和对照组之间结果变量的差异来计算收益,并进行统计学测试,以评估观测到的差异是否具有显著性。

重要的是,还通过焦点小组讨论和对关键人员进行访谈收集定性数据,并进行分析,以深入了解受灾社区的感受。对定量结果进行多方比对,评估将预警与前瞻型行动联系起来的决策和业务程序的优缺点,深入总结经验以改进未来的项目设计。

实例:计算所避免动物死亡相关损失的方法

本实例介绍如何计算所避免的动物死亡相关损失额。

计算每户拥有的山羊总数,包括项目干预开始前拥有的山羊,加上项目期间购买的山羊。

$$\text{Animal}_{\text{total}} = \text{animal}_{\text{to}} + \text{animal}_{\text{bought}}$$

将报告的因干旱死亡的山羊数量除以拥有的山羊总数, 计算每个农户的山羊死亡率(MR):

$$\text{MR}_{\text{animal}} = \frac{\text{animal}_{\text{dead}}}{\text{animal}_{\text{total}}}$$

计算全部受益样本和全部对照样本的山羊平均死亡率。注: 计算平均山羊死亡率时, 未养殖山羊的农户不应包括在内。

计算受益样本和对照样本之间平均山羊死亡率的差异。

$$\text{DMR}_{\text{animal}} = \text{MR}_{\text{animal}_{\text{benef}}} - \text{MR}_{\text{animal}_{\text{control}}}$$

计算整个项目期间额外存活(或死亡)的山羊总数。乘以受益农户拥有的山羊总数。

$$\text{TotalDMR}_{\text{animal}} = \text{DMR}_{\text{animal}} \times \sum_{b=1}^n \text{animal}_{\text{total}_b}$$

采用项目实施期间山羊的平均市场价格, 计算整个项目期间额外存活(或死亡)的山羊的价值。

$$\text{ValueTotalDMR}_{\text{animal}} = \text{TotalDMR}_{\text{animal}} \times p_{\text{animal}}$$

计算每户所挽救的山羊的价值。

$$\text{ValueTotalDMR}_{\text{animal per HH}} = \frac{\text{ValueTotalDMR}_{\text{animal}}}{\text{n. of sampled beneficiary HHs}}$$

第4步: 效益成本比

计算效益成本比时, 先计算每个受益农户的总成本, 再根据受益农户和对照农户的答复计算出所有具有统计意义的额外收益和所避免的损失之和, 两者的比率就是效益成本比。通过改变效益成本比计算中采用的

表10
户均成本和效益

户均成本	
项目成本	245.5
支持成本	39.3
总成本	284.8
户均收益	
所避免的畜群价值损失(身体状况)	1 110
被挽救的牲畜(成年)	778
被挽救的牲畜(新出生)	57
所避免的羊绒生产价值的损失	37
产奶量增加	26
总收益	2 008
效益成本比	7.1
“最坏情况”情境	5.1
“最佳情况”情境	12.1

资料来源: 作者本人解读。

一些关键假设, 评估结果发生的变化, 就是敏感性分析, 尤其是需要模拟最坏情况和最好情况。

表10展示的实例可演示如何通过项目成本、总累积收益和所避免的损失来计算效益成本比。

技术附件5

基于风险的沙漠蝗虫干预行动所避免损失的计算方法

在总结实施沙漠蝗虫防控行动经验的基础上, 已开发出一种与时俱进的新方法, 利用各种考虑因素和假设来计算粮农组织基于风险的干预措施的投资回报情况。期间参考《粮农组织蝗虫防控手册》和《粮农组织沙漠蝗虫预测手册》, 以便了解沙漠蝗虫的进食需求、虫群和虫带的平均密度。随后利用从中了解到的防控工作特点, 确定虫群规模、受影响地区和防控地区以及防控区内所避免的绿色物质/植被损失。

沙漠蝗虫进食需求(《粮农组织蝗虫防控手册》和《粮农组织沙漠蝗虫预测手册》):

- 1只成虫的消耗量(一生)= 60克绿色物质/植物
- 1只幼虫的消耗量(一生)= 3.7克绿色物质/植物

考虑到虫群和虫带的平均密度(《粮农组织沙漠蝗虫预测手册》和《粮农组织沙漠蝗虫准则一: 生理和行为》), 估计每公顷的消耗量为:

- 虫群的消耗量(一生)/公顷= 36吨绿色物质/植被
- 幼虫带的消耗量(一生)/公顷= 4吨绿色物质/植被

防控行动概要:

实地报告介绍了关于防控行动性质(空中和地面)的详细信息以及蝗群蝗虫密度。根据为期两年的防控行动的报告, 防控区80%被未成熟和成熟的虫群感染, 20%被处于不同生长阶段的若虫(1龄到5龄)感染。

根据这些信息, 每防控一公顷土地, 就有大约30吨绿色物质和植被得到保护, 避免被沙漠蝗虫吃掉。

生产性绿色物质:

为估计农民、农牧民和牧民的生产和生计所遭受的损失和影响, 需要引入(采用)生产性绿色物质和植被的概念, 即牧场和农场中任何适口的物种(对动物而言)以及任何直接用作食物的物种(对人类而言)。

- 假设1: 据估算, 在沙漠蝗虫一生中, 从生产性绿色物质和植物中仅能获得50%的食物需求, 而剩下的一半则来自不适口的或非生产食物的物种的叶子。
- 假设2: 根据当前沙漠蝗虫虫群最集中地区的土地覆盖平均情况, 估计在其消耗的全部生产性绿色物质和植被中, 70%来自牧场, 30%来自农田。

从沙漠蝗虫消耗到牧场和作物损失:

根据这些假设和随后的考虑因素, 我们可以计算出一公顷沙漠蝗虫(若虫和成虫)在其生命周期中能在牧场和农田中造成多大破坏。

考虑因素1: 东非牧场的平均生产率值为0.75吨/公顷。²⁶⁵

考虑因素2: 非洲之角得到保护的农田平均青饲料产量为3吨/公顷, 叶/茎比率为0.49。

考虑因素3:谷物(干旱和半干旱地区的主要作物)平均产量为1.3吨,由于沙漠蝗虫的影响,产量估计减少50%。

考虑因素4:牧场的载畜量为1 TLU/公顷,由于沙漠蝗虫的影响,载畜量估计减少60%。根据实地观察,载畜量在沙漠蝗灾的影响下估计减少了60 %。

考虑因素5:将4.5 TLU/HH作为该区域的平均值。

考虑因素6:每吨谷物的平均价格为300美元。

考虑因素7:每人每年平均谷物需求量为150公斤。

农业资产：储存的投入品和产品（种子、肥料、饲料、储存的作物和畜牧产品、捕获的鱼类、储存的木材等）以及种植业和畜牧业、林业、渔业及水产养殖业生产中使用的机械设备，其中包含多种类品，包括但不限于：拖拉机、打捆机、联合收割机、脱粒机、撒肥机、犁、块根块茎收获机、播种机、土壤耕作机械、灌溉设施、耕作机具、履带式拖拉机、挤奶机、乳业机械、专用轮式设备、便携式链锯、渔船、渔具、水产养殖投料机、泵、增氧机和水产养殖辅助船舶。

农业产量损失：因灾害导致作物、畜牧（以及林业、渔业、水产养殖）产量与灾前预期水平相比有所下降。

农业粮食体系：农业粮食体系涵盖食物和非食物农产品的初级生产以及食物的储存、聚集、产后处理、运输、加工、分销、营销、处置和消费。在农业粮食体系内部，粮食体系包括源自作物和畜牧生产、林业、渔业和水产养殖的所有食物以及源自其他来源的食物，如利用合成生物技术生产出来供人类食用的食物。

人为气候胁迫：即对气候系统内部动态产生影响的人为胁迫因素。人为胁迫因素包括温室气体排放、气溶胶、消耗臭氧层的物质、土地利用方式变化等。¹³⁹

归因：采用置信度评估来评价多个因果因素对某一变化或事件的相对影响的过程。¹³⁹

生物危害：有机危害或生物媒介传播的危害，包括病原微生物、毒素和生物活性物

质，例如细菌、病毒或寄生虫以及有毒野生动物和昆虫、有毒植物和携带致病物质的蚊子。

气候：气候狭义上通常定义为平均天气状况，或者更严格地说，是对几个月到几千年或几百万年不等的一段时期内相关数量平均值和变化值的统计描述。¹³⁹

气候变化：气候变化指持续很长一段时间（往往几十年或更长时间）的气候状态变化，可通过气候特征平均值和/或变化值来确定。气候变化可由自然内部过程或外部胁迫因素引起，如太阳周期变化、火山喷发以及人为造成的大气组成或土地利用方式的持续改变等。¹³⁹《联合国气候变化框架公约》第1条将气候变化定义为“除在类似时期内所观察的气候的自然变异之外，由于直接或间接的人类活动改变了地球大气的组成而造成的气候变化”。

气候变化适应：在人类系统中，适应活动力图减缓或避免伤害或利用有利机会。在一些自然系统中，人类的干预可能有助于适应预期气候及其影响。¹³⁹

气候韧性：社会、经济和环境系统应对当前或预期气候变异和不断变化的平均气候条件的能力，以能够保持其基本功能、特性和结构的方式进行应对或重组，并保持适应、学习和转型的能力。¹³⁹

气候变异：指气候在所有时空尺度上的平均状态和其他统计数据发生变化（标准差、极端事件发生等），超出单个天气事件的变

化范围。变异可能是气候系统内的自然内部过程(内部变异),也可能是受自然或人为外部胁迫发生的变化(外部变异)。

气候灾害:由从季节内到几十年的气候变异等中尺度到大尺度长期大气过程引起的灾难。¹

应对能力:人、组织和系统利用现有技能和资源管理逆境、风险或灾害的能力。无论在正常时段还是灾害或逆境中,应对能力都需要持续的认识、资源和良好的管理。应对能力有助于减轻灾害风险。¹

损害:受灾地区物质资产和基础设施全部或部分损毁的货币价值,表示为重置和/或维修费用。在农业中,考虑的损害包括未收获的作物、农机、灌溉系统、畜舍、渔船、围栏和池塘等。¹

灾害:由于危害事件与暴露程度、脆弱性和能力水平相互作用,导致社区或社会正常运行受到不同规模的严重破坏,出现以下一种或多种情形:人员、物质、经济或环境蒙受损失或受到影响。¹

灾害风险:在特定时段内,系统、社会或社区可能发生的潜在生命损失、伤害或资产被毁或损坏,其发生概率可由危害因素、暴露程度、脆弱性和能力综合决定。灾害风险的定义反映出危害事件和灾害是持续存在的风险条件所产生的结果。¹

减少灾害风险:灾害风险管理的政策目标。灾害风险减轻战略和计划旨在预防出现新

的灾害风险,减少现有风险,并有效管理任何残余风险。这些努力可共同增强韧性,并符合促进可持续发展的总体目标。¹

流离失所:由于灾害或为避免眼前和可预见的自然危害的影响,人们被迫离开家园或惯常居住地的情况。流离失所的原因是面临自然危害的个人处于异常脆弱的境地,缺乏抵御危害影响所需的韧性。自然危害的影响,包括气候变化的不利影响,可能会破坏受影响社区或社会的韧性或适应能力,从而引发可能导致流离失所的灾难。灾难导致的流离失所可能有各种形式,包括自发逃亡、当局下令或强制疏散或非自愿性的有计划搬迁。这种流离失所可以发生在一个国家内,称为境内流离失所,也可以跨越国际边界,称为因灾跨境流离失所。²⁶⁸

早期预警系统:由危害监测、预报和预测、灾害风险评估、沟通和防备活动、系统和流程组成的综合系统,让个人、社区、政府、企业等能及时采取行动,在危害事件发生之前减轻灾害影响。¹

极端事件(极端天气事件或气候极端事件):特定地区和一年内特定时间发生的罕见事件。罕见的定义各不相同,但极端天气事件指的是天气变量的天气或气候值高于或低于该变量观测值范围的上限或下限附近的阈值。按照定义,极端天气的特征因地区不同而不同。当一种类型的极端天气持续一季或更长,就可以归类为一次极端气候事件,尤其是如果该事件产生的平均值或总值本身达到了极端状态(如:持续一季的干旱或强降雨)。¹³⁹

食品链危机：对人类食品链的威胁，如跨境植物、森林、动物、水生生物和人畜共患病虫害、食品安全事件、放射性和核紧急事件、大坝溃塌、工业污染、石油泄漏等。这些都有可能对粮食安全、生计、人类健康、国民经济和全球市场产生重大影响。²⁶⁸

粮食不安全：当人们无法安全地获得足够的和营养的食物来满足正常生长和发展以及积极健康的生活所需时，就会出现这种情况。导致粮食不安全的原因可能是家庭层面没有食物、购买力不足、食物分配不当或利用不当。粮食不安全、健康和卫生条件差、照料和喂养措施不当是造成营养状况差的主要原因。粮食不安全可能是长期的、季节性的或暂时性的。²⁶⁷

粮食安全：所有人在任何时候都能通过物质、社会及经济渠道获得充足、安全和富有营养的食物，满足其积极、健康生活的膳食需求和膳食偏好。根据这一定义，可以确定粮食安全四个维度：粮食供应、粮食获取的经济和物质手段、粮食利用和长期稳定性。²⁶⁸

地球物理灾害：源自地球内部过程的灾害，如地震、火山活动和气体排放以及相关的地球物理过程，如块体运动、滑坡、岩石滑坡、地表塌陷和泥石流。水文和气象因素对其中一些过程很重要。海啸很难归类，因为它由海底地震和其他地质事件引发，但它本质上是一种海洋过程，表现为沿海地区与水相关的危害。¹

危害：可能导致死亡、伤害或其他健康影响、财产损失、社会和经济破坏或环境退化

的过程、现象或人类活动。造成危害的源头可能是自然、人为或社会自然原因。自然灾害主要与自然过程和现象有关。¹

饥饿：由膳食能量摄入不足引起的不适或疼痛的生理感觉。²⁶⁸

水文灾害：由地表和地下淡水和盐水的出现、移动和分布引发的灾害。¹

损失：灾害导致的经济流量变化。在农业领域，损失可能包括作物减产、畜产品收入下降、投入品涨价、农业总收入减少和运营成本上升以及为满足灾后紧急需求而增加的意外支出。¹

损失和损害：损失和损害一词（英文大写）指2013年华沙损失和损害机制建立后，根据《联合国气候变化框架公约》开展的政治辩论，该机制旨在“解决特别容易受到气候变化不利影响的发展中国家与气候变化影响（包括极端事件和缓发性事件）相关的损失和损害。”损失和损害一词（英文小写）则泛指（观察到的）影响和（预测的）风险造成的伤害，可以是经济性，也可以是非经济性。在本报告中，损失和损害一词指本术语表中对损害和损失定义的单独描述。⁵

气象灾害：由短期和/或中小型大气过程（从几分钟到几天）引起的事件。¹

微量元素：微量元素包括人体需要的维生素、矿物质和其他物质，所需数量极少，但必须达到一定数量。微量元素的计量单位为毫克或微克。²⁶⁸

迁徙：一个人或一群人跨越国际边界或在一个国家内的流动。它是一种人口流动，包括任何类型的人口流动，无论其长度、构成和原因如何，包括难民、流离失所者、经济移民和出于家庭团聚等其他目的而搬迁的人的迁徙行为。²⁶⁹

减缓(灾害风险和灾害)：为减少危害事件的潜在不利影响而做出的努力，包括人类活动造成的不利影响，通过降低危害、暴露程度和脆弱性的行动来实现。¹

防备：政府、应急和恢复组织、社区和个人为有效预测、应对可能发生的、迫在眉睫的或当前的灾难的影响并从中恢复而开发的知识和能力。¹

预防：为避免现有和新发灾害风险而采取的活动和措施。防灾表达的是完全避免危害事件潜在不利影响的概念和意图。¹

预测：一个量或一组量未来的潜在演变，通常借助模型进行计算。与预估不同，预测以假设为前提条件，例如假设未来社会经济和技术发展可能实现，也可能不会实现。⁵

恢复：恢复或改善受灾社区或社会的生计和健康以及经济、物质、社会、文化和环境资产、系统和活动，符合可持续发展和“重建更美好”的原则，以避免或减少未来的灾害风险。¹

重建：恢复受灾社区或社会正常运行所需的基本服务和设施。¹

韧性：一个系统、社区或社会在面临危害时及时、高效地抵御、吸收、适应、改变危害造成的影响并从中恢复的能力，包括通过风险管理保存和恢复自身必不可少的基本结构和功能。¹

残余风险：即使采取了有效的灾害风险减轻措施，仍无法消除的灾害风险，必须保持应急响应和恢复能力。残余风险的存在意味着持续需要开发和支持有效能力，以便开展应急服务、备灾、应对和恢复行动，同时配套安全网和风险转移机制等社会经济政策，作为全局方法的组成部分。¹

重度粮食不安全：按照“粮食不安全体验分级表”衡量的粮食不安全严重程度，处于该级别时，人们可能没有食物，挨饿，甚至多日未能进食，健康和福祉面临严重风险。²⁶⁸

缓发性灾难：随着时间的推移逐渐出现的灾害。缓发性灾害可能与干旱、荒漠化、海平面上升、流行病等有关。¹

社会危害：完全或主要由人类活动和选择带来的危害，可能会危及所涉人群和环境。这些危害源自社会政治、经济活动、文化活动、人口流动和技术应用，也源自社会行为，无论是有意还是无意。³

安全的影响

的影响 灾害对农业和粮食安全的影响

突发性灾害：由迅速或意外发生的危害事件引发的灾难。突发性灾害可能与地震、火山喷发、山洪暴发、化学爆炸、关键基础设施故障、交通事故等有关。¹

脆弱性：由物理、社会、经济和环境因素或过程决定的各种条件，会增加个人、社区、资产或系统对危害影响的敏感性。¹

注释

1 General Assembly of the United Nations. 2017. *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*. Seventy-first session Agenda item 19(c) Sustainable development: disaster risk reduction. New York, United Nations.

<https://digitallibrary.un.org/record/852089?ln=en>

2 EM-DAT. 2023. Disasters in numbers 2022. In: CRED. Brussels. https://cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf

3 UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) & ISC (International Science Council). 2020. *Hazard Definition & Classification Review. Technical Report*. Geneva, UNDRR and Paris, ISC. www.preventionweb.net/media/47681/download?startDownload=true

4 General Assembly of the United Nations. 2016. *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*. Seventy-first session Agenda item 19(c) Sustainable development: disaster risk reduction. New York, United Nations. <https://digitallibrary.un.org/record/852089?ln=fr>

5 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2022. *Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama, eds. pp. 3056. Cambridge, UK and New York, USA, Cambridge University Press. doi.org/10.1017/9781009325844

6 Conforti, P., Markova, G. & Tochkov, D. 2020. *FAO's Methodology for Damage and Loss Assessment in Agriculture*. FAO Statistics Division Working Paper Series/19-17. Rome, FAO. <http://www.fao.org/3/ca6990en/CA6990EN.pdf>.

7 Holleman, C., Rembold, F., Crespo, O. & Conti, V. 2020. *The impact of climate variability and extremes on agriculture and food security – An analysis of the evidence and case studies*. Background paper for The State of Food Security and Nutrition in the World 2018.

FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 4. Rome, FAO. doi.org/10.4060/cb2415en

8 World Bank. 2022. *Pakistan: Flood Damages and Economic Losses Over USD 30 billion and Reconstruction Needs Over USD 16 billion – New Assessment*. In: *The World Bank*. Washington, DC. [Cited May 2023]. www.worldbank.org/en/news/press-release/2022/10/28/pakistan-flood-damages-and-economic-losses-over-usd-30-billion-and-reconstruction-needs-over-usd-16-billion-new-assessme

9 NCEI (National Centers for Environmental Information). 2020. U.S. Billion-dollar Weather and Climate Disasters, 1980–present (NCEI Accession 0209268). In: *NOAA*. Washington, DC. [Cited 13 May 2023]. doi.org/10.25921/stkw-7w73

10 IOM (International Organization for Migration). 2021. *Corredor seco Honduras 2021: Línea base vulnerabilidad y sequía*. In: *IOM*. Grand-Saconnex, Switzerland. [Cited 5 May 2022]. <https://dtm.iom.int/reports/I%C3%ADnea-base-vulnerabilidad-y-sequ%C3%ADa-corredor-seco-honduras-noviembre-2020>

11 WFP (World Food Programme). 2021. *Charting a New Regional Course of Action: The Complex Motivations and Costs of Central American Migration*. Rome. www.wfp.org/publications/complex-motivations-and-costs-central-american-migration

12 UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees). 2021. *Cambio climático, otro factor que provoca desplazamiento en Honduras*. In: *UNHCR*. Geneva. [Cited November 2021]. www.acnur.org/noticias/stories/cambio-climatico-otro-factor-que-provoca-desplazamiento-en-honduras

13 Netherer, S., Panassiti, B., Pennerstorfer, J. & Matthews, B. 2019. Acute Drought Is an Important Driver of Bark Beetle Infestation in Austrian Norway Spruce Stands. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2: 39. doi.org/10.3389/ffgc.2019.00039

14 Valadez, M. & de la Lama, G.M. 2023. Heat Stress in Cattle. *Animal Behaviour and Welfare Cases*. [Cited 31 March 2023]. doi.org/10.1079/abwcases.2023.0005

- 15 Thornton, P., Nelson, G., Mayberry, D. & Herrero, M.** 2022. Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 6(3): e192–e201. doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00002-X
- 16 Peng, S., Huang, J., Sheehy, J.E., Laza, R.C., Visperas, R.M., Zhong, X., Centeno, G.S., Khush, G.S. & Cassman, K.G.** 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(27): 9971–9975. doi.org/10.1073/pnas.0403720101
- 17 Schlenker, W. & Roberts, M.J.** 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37): 15594–15598. doi.org/10.1073/pnas.0906865106
- 18 Fernie, E., Tan, D.K.Y., Liu, S.Y., Ullah, N. & Khoddami, A.** 2022. Post-Anthesis Heat Influences Grain Yield, Physical and Nutritional Quality in Wheat: A Review. *Agriculture*, 12(6): 886. doi.org/10.3390/agriculture12060886
- 19 Bishop, J., Bell, T., Huang, C. & Ward, M.** 2021. *Fire on the Farm: Assessing the impacts of the 2019-2020 bushfires on food and agricultures in Australia*. World Wildlife Fund for Nature (WWF). https://assets.wwf.org.au/image/upload/v1/website-media/resources/WWF_Report-Fire_on_the_Farm_converted
- 20 Banca d'Italia.** 2022. *Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia italiana*. Questioni di Economia e Finanza. No. 728. Rome. www.bancaditalia.it/pubblicazioni/qef/2022-0728/QEF_728_22.pdf
- 21 Brás, T.A., Seixas, J., Carvalhais, N. & Jägermeyr, J.** 2021. Severity of drought and heatwave crop losses tripled over the last five decades in Europe. *Environmental Research Letters*, 16(6): 065012. doi.org/10.1088/1748-9326/abf004
- 22 IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies).** 2022. Mozambique: Tropical Cyclones Idai and Kenneth – Emergency Appeal n° MDRMZ014, Final Report. In: *ReliefWeb*. [Cited July 2023]. <https://reliefweb.int/report/mozambique/mozambique-tropical-cyclones-idai-and-kenneth-emergency-appeal-ndeg-mdrmz014-final-report>
- 23 EU Science Hub.** 2023. The EU 2022 wildfire season was the second worst on record. In: *European Commission*. [Cited 10 March 2023]. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/eu-2022-wildfire-season-was-second-worst-record-2023-05-02_en
- 24 You, S., Liu, T., Zhang, M., Zhao, X., Dong, Y., Wu, B., Wang, Y., Li, J., Wei, X. & Shi, B.** 2021. African swine fever outbreaks in China led to gross domestic product and economic losses. *Nature Food*, 2021(10): 802–808. doi.org/10.1038/s43016-021-00362-1
- 25 WFP (World Food Programme).** 2022. *Pakistan Country Brief, October 2022*. Rome. <https://reliefweb.int/report/pakistan/wfp-pakistan-country-brief-october-2022>
- 26 FAO.** 2023. Türkiye earthquakes: initial assessment indicates losses of more than 20 percent in food production. In: *FAO*. Rome. [Cited 10 March 2023]. www.fao.org/newsroom/detail/turkiye-earthquakes-initial-assessment-indicates-losses-of-more-than-20-percent-in-food-production/en
- 27 Asian Development Bank.** 2021. *Asian Development Outlook 2021 Update: Transforming Agriculture in Asia*. Manila. www.adb.org/sites/default/files/publication/726556/ado2021-update.pdf
- 28 African Development Bank Group.** 2016. *Feed Africa: Strategy for Agricultural Transformation in Africa. 2016-2025*. Abidjan. www.afdb.org/en/documents/document/feed-africa-strategy-for-agricultural-transformation-in-africa-2016-2025-89888

29 FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2023. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, agrifood systems transformations and healthy diets across the rural-urban continuum*. Rome, FAO. doi.org/10.4060/cc3017en

30 Kunbhar, Z. 2022. Floods after drought devastate Sindh's Agriculture. In: *The Third Pole*. [Cited 26 August 2022]. www.thethirdpole.net/en/food/floods-after-drought-devastate-sindh-agriculture/

31 Government of Pakistan. 2022. *Pakistan Meteorological Department: Drought Alert-1* (16 May 2022). In: Reliefweb. [Cited May 2023]. <https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-meteorological-department-drought-alert-i-16-may-2022>

32 Mushtaq, F., Ali, M., Ghosh, A., Jalal, R., Asghar, A., Dadhich, G., Chiozza, F. et al. 2022. *A rapid geospatial flood impact assessment in Pakistan*. Rome, FAO. <https://www.fao.org/geospatial/resources/detail/en/c/1629466/>

33 Government of Pakistan. 2022. *Pakistan Floods 2022: Post-Disaster Needs Assessment*. In: Reliefweb. [Cited May 2023]. <https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-floods-2022-post-disaster-needs-assessment>

34 Kugelman, M. 2022. Foreign Policy, Pakistan's Flood Crisis Could Become a Food Crisis. *Foreign Policy*. 8 September 2022. <https://foreignpolicy.com/2022/09/08/pakistan-floods-food-security-crisis/>

35 IRC (International Rescue Committee). 2023. *Six months on since the Pakistan floods, 8.6 million people are facing hunger: IRC calls for world leaders to address the imbalance of climate change*. In: IRC. [Cited May 2023]. www.rescue.org/press-release/six-months-pakistan-floods-86-million-people-are-facing-hunger-irc-calls-world

36 IPC (Integrated Food Security Phase Classification). 2022. *Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan: IPC Acute Food Insecurity Analysis July – December 2022*. In: Reliefweb. [Cited May 2023]. <https://reliefweb.int/report/pakistan/khyber-pakhtunkhwa-pakistan-ipc-acute-food-insecurity-analysis-july-december-2022-published-december-30-2022>

37 IDMC (Internal Displacement Monitoring Centre). 2023. *2023 Global Report on Internal Displacement*. Geneva, IDMC. www.internal-displacement.org/global-report/grid2023/

38 IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies). 2022. *Central America: Hurricanes Eta & Iota – Final Report* (MDR43007). IFRC. <https://reliefweb.int/report/guatemala/central-america-hurricanes-eta-iota-final-report-mdr43007>

39 Ruiz Soto, A.G., Bottone, R., Waters, J., Williams, S., Louie, A. & Wang, Y. 2021. *Charting a New Regional Course of Action: The Complex Motivations and Costs of Central American Migration*. Migration Policy Institute. www.migrationpolicy.org/sites/default/files/publications/mpi-wfp-mit_migration-motivations-costs_final.pdf

40 Rubi, M. & Gaynor, T. 2021. In Honduras, climate change is one more factor sparking displacement. In: *UNHCR*. Geneva. [Cited March 2023]. <https://www.unhcr.org/news/stories/honduras-climate-change-one-more-factor-sparking-displacement>

41 ILO. 2023. *Employment by sex and age (thousands) – Annual*. In: *ILOSTAT*. Geneva. [Cited March 2023]. www.ilo.org/shinyapps/bulkexplorer53/?lang=en&segment=indicator&id=EMP_TEMP_SEX_AGE_NB_A

42 Botreau, H. & Cohen, M.J. 2019. *Gender inequalities and food insecurity: Ten years after the food price crisis, why are women farmers still food-insecure?* Oxfam. <http://hdl.handle.net/10546/620841>

43 FAO. 2021. *The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021*. Rome. doi.org/10.4060/cb3673en

44 Government of Pakistan. 2023. *Introduction*. In: *Pakistan Bureau of Statistics*. [Cited March 2023]. www.pbs.gov.pk/content/agriculture-statistics#:~:text=It%20contributes%20about%2024%20percent,source%20of%20foreign%20exchange%20earnings

- 45 ILO.** 2023. Employment by sex and age (thousands) – Annual. In: *ILOSTAT*. Geneva. [Cited March 2023]. www.ilo.org/shinyapps/bulkexplorer53/?lang=en&segment=indicator&id=EMP_TEMP_SEX_AGE_NB_A
- 46 Chowdhury, J.R., Parida, Y. & Agarwal, P.** 2022. How flood affects rural employment in India: A gender analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73: 102881. doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102881
- 47 UNDP (United Nations Development Programme).** 2023. Multidimensional Vulnerability Index. In: *UNDP*. New York. [Cited July 2023]. <https://data.undp.org/sids/app/vulnerability/mvi-index/spider>
- 48 Maino, R. & Emrullahu, D.** 2022. Climate Change in sub-Saharan Africa Fragile States: Evidence from Panel Estimations. *IMF Working Papers*, 2022(054): 1. doi.org/10.5089/9798400204869.001
- 49 Molua, E.L.** 2009. An empirical assessment of the impact of climate change on smallholder agriculture in Cameroon. *Global and Planetary Change*, 67(3-4): 205-208. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2009.02.006
- 50 Mazhin, S.A., Farrokhi, M., Noroozi, M., Roudini, J., Hosseini, S.A., Motlagh, M.E., Kolivand, P. & Khankeh, H.** Worldwide disaster loss and damage databases: A systematic review. *J Educ Health Promot.* 2021 Sep 30;10:329. doi: 10.4103/jehp.jehp_1525_20. PMID: 34761015; PMCID: PMC8552254 https://doi.org/10.4103%2Fjehp.jehp_1525_20
- 51 UNDRR.** 2016. *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*. UNDRR. www.preventionweb.net/publication/report-open-ended-intergovernmental-expert-working-group-indicators-and-terminology
- 52 Abbade, E.B.** 2015. Environmental impacts of food supply and obesogenic severity worldwide. *British Food Journal*, 117(12): 2863-2879. doi.org/10.1108/BFJ-12-2014-0404
- 53 WMO (World Meteorological Organization).** 2023. Economic costs of weather-related disasters soars but early warnings save lives. In: *WMO*. Geneva. March 2023. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/economic-costs-of-weather-related-disasters-soars-early-warnings-save-lives>
- 54 Jones, R.L., Guha-Sapir, D. & Tubeuf, S.** 2022. Human and economic impacts of natural disasters: can we trust the global data? *Scientific Data*, 9(1): 572. doi.org/10.1038/s41597-022-01667-x
- 55 CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) & UNDRR.** 2018. *Economic Losses, Poverty & Disasters 1998-2017*. <https://reliefweb.int/report/world/economic-losses-poverty-disasters-1998-2017>
- 56 UNDRR.** 2022. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction – Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future*. Geneva. www.undrr.org/GAR2022
- 57 FAO.** 2018. *The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017*. Rome. <https://www.fao.org/3/I8656EN/i8656en.pdf>
- 58 World Bank & FAO.** 2018. *Rebuilding Resilient and Sustainable Agriculture in Somalia (Overview)*. Somalia Country Economic Memorandum Volume 1. Rome, FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=18842EN%2f>
- 59 IPPC Secretariat.** 2021. *Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems*. FAO on behalf of the IPPC Secretariat. doi.org/10.4060/cb4769en
- 60 Goergen, G., Kumar, P.L., Sankung, S.B., Togola, A. & Tamò, M.** 2016. First Report of Outbreaks of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a New Alien Invasive Pest in West and Central Africa. *PLOS ONE*, 11(10): e0165632. doi.org/10.1371/journal.pone.0165632
- 61 Kenis, M., Benelli, G., Biondi, A., Calatayud, P.-A., Day, R., Desneux, N., Harrison, R.D. et al.** 2022. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Generalis*, 102198. doi.org/10.1127/entomologia/2022/1659

- 62** Montezano, D.G., Specht, A., Sosa-Gómez, D.R., Roque-Specht, V.F., Sousa-Silva, J.C., Paula-Moraes, S.V., Peterson, J.A. & Hunt, T.E. 2018. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2): 286-300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- 63** Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotney, V., Cock, M., Colmenarez, Y. et al. 2017. Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28(5): 196-201. doi.org/10.1564/v28_oct_02
- 64** Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotney, V., Cock, M., Colemanarez, Y., Corniani, N. et al. 2017. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. Evidence Note. 2. CABI. www.invasive-species.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/FAW-Evidence-Note-October-2018.pdf
- 65** Chimweta, M., Nyakudya, I.W., Jimu, L. & Bray Mashingaidze, A. 2020. Fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)] damage in maize: management options for flood-recession cropping smallholder farmers. *International Journal of Pest Management*, 66(2): 142-154. doi.org/10.1080/09670874.2019.1577514
- 66** Baudron, F., Zaman-Allah, M.A., Chaipa, I., Chari, N. & Chinwada, P. 2019. Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop Protection*, 120: 141-150. doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.028
- 67** Overton, K., Maino, J.L., Day, R., Umina, P.A., Bett, B., Carnovale, D., Ekesi, S., Meagher, R. & Reynolds, O.L. 2021. Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. *Crop Protection*, 145: 105641. doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105641
- 68** Davis, F.M., Ng, S.S. & Williams, W.P. 1992. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. *Technical bulletin - Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station (USA)*, 186:9.
- 69** Murray, D.A.H., Clarke, M.B. & Ronning, D.A. 2013. *The Current and Potential Costs of Invertebrate Pests in Grain Crops*. Grains Research and Development Corporation. https://grdc.com.au/_data/assets/pdf_file/0026/159281/grdcreportcurrentpotentialcostsinvertebratepests-feb2013pdf.pdf-QR-code-editpdf.pdf
- 70** Zacarias, D.A. 2020. Global bioclimatic suitability for the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), and potential co-occurrence with major host crops under climate change scenarios. *Climatic Change*, 161(4): 555-566. doi.org/10.1007/s10584-020-02722-5
- 71** Ramasamy, M., Das, B. & Ramesh, R. 2022. Predicting climate change impacts on potential worldwide distribution of fall armyworm based on CMIP6 projections. *Journal of Pest Science*, 95(2): 841-854. doi.org/10.1007/s10340-021-01411-1
- 72** Tambo, J.A., Kansiime, M.K., Rwomushana, I., Mugambi, I., Nunda, W., Mloza Banda, C., Nyamutukwa, S., Makale, F. & Day, R. 2021. Impact of fall armyworm invasion on household income and food security in Zimbabwe. *Food and Energy Security*, 10(2): 299-312. doi.org/10.1002/fes3.281
- 73** Deshmukh, S., Pavithra, H.B., Kalleshwaraswamy, C.M., Shivanna, B.K., Maruthi, M.S. & Mota-Sanchez, D. 2020. Field Efficacy of Insecticides for Management of Invasive Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize in India. *Florida Entomologist*, 103(2): 221-227. doi.org/10.1653/024.103.0211
- 74** Grande, F., Ueda, Y., Masangwi, S., Moltedo, A., Brivio, R., Selek, A., Vannuccini, S., Tayyib, S. & Holmes, B. 2023. *Global Nutrient Conversion Table for FAO Supply Utilization Accounts*. Rome, FAO.
- 75** Institute of Medicine. 1997. *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride*. Washington, DC., The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/5776/dietary-reference-intakes-for-calcium-phosphorus-magnesium-vitamin-d-and-fluoride>

- 76 Institute of Medicine.** 1998. *Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline*. Washington, DC., The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/6015/dietary-reference-intakes-for-thiamin-riboflavin-niacin-vitamin-b6-folate-vitamin-b12-pantothenic-acid-biotin-and-choline>
- 77 Institute of Medicine.** 2000. *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. Washington, DC., The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/9810/dietary-reference-intakes-for-vitamin-c-vitamin-e-selenium-and-carotenoids>
- 78 Institute of Medicine.** 2001. *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Washington, DC., The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/10026/dietary-reference-intakes-for-vitamin-a-vitamin-k-arsenic-boron-chromium-copper-iodine-iron-manganese-molybdenum-nickel-silicon-vanadium-and-zinc>
- 79 FAO.** 2020. *Global Forest Resources Assessment: 2020 Key Findings*. Rome. www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf
- 80 Bond, W.J., Woodward, F.I. & Midgley, G.F.** 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, 165(2): 525–538. doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x
- 81 Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M. et al.** 2009. Fire in the Earth System. *Science*, 324(5926): 481–484. doi.org/10.1126/science.1163886
- 82 FAO.** 2018. *The State of the World's Forests 2018: Forest pathways to sustainable development*. Rome. www.fao.org/publications/card/fr/c/I9535EN
- 83 FAO & UNEP (United Nations Environment Programme).** 2020. *The State of the World's Forests 2020: Forests, biodiversity and people*. Rome, FAO and Nairobi, UNEP. doi.org/10.4060/ca8642en
- 84 Doerr, S.H. & Santín, C.** 2016. Global trends in wildfire and its impacts: perceptions versus realities in a changing world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696): 20150345. doi.org/10.1098/rstb.2015.0345
- 85 Giglio, L., Randerson, J.T., Van Der Werf, G.R., Kasibhatla, P.S., Collatz, G.J., Morton, D.C. & DeFries, R.S.** 2010. Assessing variability and long-term trends in burned area by merging multiple satellite fire products. *Biogeosciences*, 7(3): 1171–1186. doi.org/10.5194/bg-7-1171-2010
- 86 van Lierop, P., Lindquist, E., Sathypala, S. & Franceschini, G.** 2015. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management*, 352: 78–88. doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010
- 87 GWIS (Global Wildfire Information System).** 2022. Country Profile. In: GWIS. [Cited January 2023]. <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/country.profile>
- 88 Chuvieco, E., Roteta, E., Sali, M., Stroppiana, D., Boettcher, M., Kirches, G., Storm, T. et al.** 2022. Building a small fire database for Sub-Saharan Africa from Sentinel-2 high-resolution images. *Science of The Total Environment*, 845: 157139. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157139
- 89 UNEP & GRID-Arendal.** 2022. *Spreading like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires*. www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires
- 90 IPCC.** 2019. *Special Report: Climate Change and Land*. Special Report. Geneva. www.ipcc.ch/srccl/
- 91 Flannigan, M.D., Krawchuk, M.A., De Groot, W.J., Wotton, B.M. & Gowman, L.M.** 2009. Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, 18(5): 483. doi.org/10.1071/WF08187

- 92 Boschetti, L., Sparks, A., Roy, D.P., Giglio, L. & San-Miguel-Ayanz, J.** 2020. GWIS national and sub-national fire activity data from the NASA MODIS Collection 6 Burned Area Product in support of policy making, carbon inventories and natural resource management, developed under NASA Applied Sciences grant #80NSSC18K0400. Using the NASA Polar Orbiting Fire Product Record to Enhance and Expand the Global Wildfire Information System (GWIS). <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/country.profile/downloads>
- 93 European Commission, Joint Research Centre.** 2022. *Pan-European wildfire risk assessment*. EU Publications. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/9429>
- 94 Bowman, D.M.J.S., Williamson, G.J., Abatzoglou, J.T., Kolden, C.A., Cochrane, M.A. & Smith, A.M.S.** 2017. Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature Ecology & Evolution*, 1(3): 1-6. doi.org/10.1038/s41559-016-0058
- 95 FAO.** 2019. *FAO Strategy on Forest Fire Management*. Rome. www.fao.org/forestry/49772-0e64392e1b16124967bab33b6cbd84417.pdf
- 96 Haubrock, P.J., Turbelin, A.J., Cuthbert, R.N., Novoa, A., Taylor, N.G., Angulo, E., Ballesteros-Mejia, L. et al.** 2021. Economic costs of invasive alien species across Europe. *NeoBiota*, 67: 153-190. doi.org/10.3897/neobiota.67.58196
- 97 USDA (United States Department of Agriculture) Forest Service.** 2009. *Major Forest Insect and Disease Conditions in the United States: 2009 Update*. USDA Forest Service FS-952. www.fs.usda.gov/foresthealth/publications/ConditionsReport_2009.pdf
- 98 Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. & Morrison, D.** 2000. Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States. *BioScience*, 50(1): 53. [0053:EAECN]2.3.CO;2. https://entnemdept.ufl.edu/Hodges/als4161/Secure/PDF%20Files/Articles/Environmental_and_Economic.pdf
- 99 Fei, S., Morin, R.S., Oswalt, C.M. & Liebhold, A.M.** 2019. Biomass losses resulting from insect and disease invasions in US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(35): 17371-17376. doi.org/10.1073/pnas.1820601116
- 100 Turner, J.A., Buongiorno, J., Zhu, S., Prestemon, J.P., Li, R. & Bulman, L.S.** 2007. Modelling the impact of the exotic forest pest *Nectria* on the New Zealand forest sector and its major trading partners. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 37(3): 383-411. www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_turner009.pdf
- 101 Williams, F., Eschen, R., Harris, A., Djeddour, D., Pratt, C., Shaw, R.S., Varia, S. et al.** 2010. *The economic cost of invasive non-native species on Great Britain*. Wallingford, CAB. www.cabi.org/VetMedResource/ebook/20123122024
- 102 Commonwealth of Australia.** 2018. *Australia's State of the Forests Report 2018*. Canberra, Department of Agriculture and Water Resources, ABARES. <https://www.agriculture.gov.au/abares/forestsaustralia/sofr/sofr-2018>
- 103 Wills, A.J. & Farr, J.D.** 2017. Gumleaf skeletoniser *Uraba lugens* (Lepidoptera: Nolidae) larval outbreaks occur in high rainfall Western Australian jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest after drought: *Uraba lugens* dryness index. *Austral Entomology*, 56(4): 424-432. doi.org/10.1111/aen.12255
- 104 Cameron, N.L., Carnegie, A.J., Wardlaw, T., Lawson, S. & Venn, T.** 2018. Economic appraisal of Sirex Wood Wasp (*Sirex noctilio*) control in Australian pine plantations. *Australian Forestry*, 81(1): 37-45. doi.org/10.1080/00049158.2018.1430436
- 105 Nahrung, H.F. & Carnegie, A.J.** 2020. Non-native Forest Insects and Pathogens in Australia: Establishment, Spread, and Impact. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3: 37. doi.org/10.3389/ffgc.2020.00037
- 106 Mota, M.M. & Vieira, P., eds.** 2008. *Pine Wilt Disease: A Worldwide Threat to Forest Ecosystems*. Dordrecht, Springer Netherlands. doi.org/10.1007/978-1-4020-8455-3
- 107 Forest Agency.** 2020. *Annual Report on Forest and Forestry in Japan*. Tokyo, Japan. www.maff.go.jp/e/data/publish/attach/pdf/index-208.pdf

108 Natural Resources Canada. 2020. *The State of Canada's Forests. Annual Report 2020.* Ottawa, Canada Forest Service. <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40219>

109 Gomez, D.F., Sathyapala, S. & Hulcr, J. 2020. Towards Sustainable Forest Management in Central America: Review of Southern Pine Beetle (*Dendroctonus frontalis* Zimmermann) Outbreaks, Their Causes, and Solutions. *Forests*, 11(2): 173. doi.org/10.3390/f11020173

110 Billings, R. 2015. *Second evaluation of a major pine beetle outbreak in Honduras and recommendations for direct control.* Unpublished Report. USDA Forest Service/International Programs and US Agency for International Development.

111 Billings, R. 2019. *Technical assistance visit to the Dominican Republic to evaluate and make recommendations for direct control of an outbreak of the pine bark beetle Ips calligraphus.* Unpublished Report. College Station, Texas, USDA Forest Service/International Programs, Texas Forest Service.

112 Jiménez G., A.A., Cordon Cabrera, P.R. & Agramonte, J.E. 2022. Fluctuación poblacional de Ips calligraphus en pinares de la vertiente norte de la cordillera Central, República Dominicana. *Novitates Caribaea*, (20): 137-154. doi.org/10.33800/nc.vi20.314

113 Hernández Paz, M. 1975. *El gorgojo de la corteza, plaga principal de los pinares.* Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal.

114 Billings, R. 1982. *Evaluation and recommendations for control of the 1982 outbreak of Dendroctonus in the pine forests of Honduras.* Unpublished Report. Lufkin, Texas, United States Department of Agriculture (USDA) Office of International Cooperation and Development/United States Agency for International Development (USAID).

115 Macias Sámano, J.E., Billings, R.F. & Espino Mendoza, V. 2017. *Guía para implementar el método de cortar y dejar y la franja de contención como medios de control del gorgojo descortezador del pino, Dendroctonus frontalis, en Centroamérica y México.* Washington, D.C. and Tegucigalpa,

Honduras, Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (Tegucigalpa, Honduras) and USDA Forest Service, International Programs.

116 Billings, R., Clarke, S.R., Espino Mendoza, V., Cordon Cabrera, P., Melendez Figueroa, B., Ramon Campos, J. & Baeza, G. 2004. Bark beetle outbreaks and fire: A devastating combination for central America's pine forests. *Unasylva*, 55: 10-15. <https://www.fao.org/3/y5507e/y5507e05.htm>

117 Paveglio, T.B., Brenkert-Smith, H., Hall, T. & Smith, A.M.S. 2015. Understanding social impact from wildfires: advancing means for assessment. *International Journal of Wildland Fire*, 24(2): 212. doi.org/10.1071/WF14091

118 Walz, Y., Janzen, S., Narvaez, L., Ortiz-Vargas, A., Woelki, J., Doswald, N. & Sebesvari, Z. 2021. Disaster-related losses of ecosystems and their services. Why and how do losses matter for disaster risk reduction? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 63: 102425. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102425

119 FAO. 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation.* Rome. doi.org/10.4060/cc0461en

120 Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S. & Poulain, F. 2018. *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture. Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. T627. Rome, FAO. www.fao.org/3/i9705en/i9705en.pdf

121 Hampton, I., Githaiga-Mwici, J., Lamberth, S., Pitcher, G.C., Pretorius, M., Van Der Lingen, C. & Yemane, D. 2017. *Report of the DAFF Workshop on Adaptation to Climate Change in the South African Marine Fisheries and Marine Aquaculture Sectors, 11-12 October 2016.* Sea Point, Cape Town, DAFF Research Aquarium. <https://www.fao.org/3/cc2822en/cc2822en.pdf>

122 Ortega-Cisneros, K., Cochrane, K.L., Rivers, N. & Sauer, W.H.H. 2021. Assessing South Africa's Potential to Address Climate Change Impacts and Adaptation in the Fisheries Sector. *Frontiers in Marine Science*, 8. www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.652955

123 Karlson, B., Andersen, P., Arneborg, L., Cembella, A., Eikrem, W., John, U., West, J.J. et al. 2021. Harmful algal blooms and their effects in coastal seas of Northern Europe. *Harmful Algae*, 102: 101989. doi.org/10.1016/j.hal.2021.101989

124 DFFE (Department of Forestry, Fisheries and the Environment). 2019. *National Climate Change Adaptation Strategy, Republic of South Africa*. DFFE. www.dffe.gov.za/sites/default/files/docs/nationalclimatechange_adaptationstrategy_ue10november2019.pdf

125 van Diemen, E. 2022. Situation Red Alert issued to recover live rock lobster after mass red tide walkout. In: *Daily Maverick*. [Cited July 2023]. www.dailymaverick.co.za/article/2022-03-04-situation-red-alert-issued-to-recover-live-rock-lobster-after-mass-red-tide-walkout/

126 Cockcroft, A.C. 2001. Jasus Ilandii "walkouts" or mass strandings in South Africa during the 1990s: an overview. *Marine and Freshwater Research*, 52(8): 1085. doi.org/10.1071/MF01100

127 Cockcroft, A.C. & Payne, A.I.L. 1999. A cautious fisheries management policy in South Africa: the fisheries for rock lobster. *Marine Policy*, 23(6): 587-600. [https://doi.org/10.1016/S0308-597X\(98\)00045-1](https://doi.org/10.1016/S0308-597X(98)00045-1)

128 Eggers, J., Cochrane, K. & Sauer, W. 2022. Estimating the economic income and social contributions derived from the South African west coast rock lobster fishery. *African Journal of Marine Science*, 44(3): 255-269. doi.org/10.2989/1814232X.2022.2104926

129 Philippines Office of Civil Defense and Humanitarian Country Team. 2019. *Typhoon Kammuri (Tisoy) Joint Rapid Assessment of Impact and Needs*. www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/191211-typhoon_kammuri_tisoy_rapid_assessment_report_rev.pdf

130 Philippines Office of Civil Defense and Humanitarian Country Team. 2020. *Super Typhoon Goni (Rolly) Humanitarian Needs and Priorities*. <https://reliefweb.int/attachments/50a2637e-bfcb-3452-ab40-4a7c0a99cd32/PHL-TyphoonGoni-HumanitarianNeedsPriorities-201109.pdf>

131 FAO. 2022. *Philippines: Damages and needs assessment of families affected by Super Typhoon Rai ("Odette") in selected provinces of Region VIII and Region XIII*. Rome. doi.org/10.4060/cc0207en

132 Philippines Office of Civil Defense and Humanitarian Country Team. 2022. *Consolidated Needs Assessment Report Revision: Super Typhoon Rai (Odette)*. <https://reliefweb.int/attachments/810f3297-b89d-3088-b589-6ecb34cc58c8/2022%20Consolidated%20Needs%20Assessment%20Report%20Revision%20-%20Super%20Typhoon%20Rai%20-%20Philippines%20%281%29.pdf>

133 Tonga Statistics Department. 2023. *National Accounts*. In: *Tonga Statistics Department*. [Cited June 2023]. <https://tongastats.gov.to/statistics/economics/national-accounts/>

134 World Bank. 2023. *Agriculture, forestry, and fishing, value added (constant 2015 US\$) – Tonga*. In: *World Bank*. Washington, DC. [Cited June 2023]. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.KD?locations=TO>

135 Tonga Statistics Department. 2023. *Agriculture Census*. In: *Tonga Statistics Department*. [Cited June 2023]. <https://tongastats.gov.to/census/agriculture-census/>

136 Tonga Statistics Department. 2023. Household Income and Expenditure Survey. In: *Tonga Statistics Department*. [Cited June 2023]. <https://tongastats.gov.to/survey/hies-survey/>

137 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*. 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. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, eds. Geneva. www.ipcc.ch/srccl/

138 IPCC. 2022. Cross Working Group Attribution. Hope, P., W. Cramer, M. van Aalst, G. Flato, K. Frieler, N. Gillett, C. Huggel, J. Minx, F. Otto, C. Parmesan, J. Rogelj, M. Rojas, S.I. Seneviratne, A. Slangen, D. Stone, L. Terray, R. Vautard, and X. Zhang. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*—H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama, eds. p 149–152. Cambridge, UK and New York. Cambridge University Press. https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf

139 IPCC. 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. pp. 423–553. Cambridge, UK and New York, Cambridge University Press. https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf

140 FAO. 2023. Crops and livestock products. In: FAOSTAT. Rome. [Cited June 2023]. www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

141 Gillett, N.P., Shiogama, H., Funke, B., Hegerl, G., Knutti, R., Matthes, K., Santer, B.D. et al. 2016. The Detection and Attribution Model Intercomparison Project (DAMIP v1.0) contribution to CMIP6, *Geoscientific Model Development*, 9, 3685–3697. doi.org/10.5194/gmd-9-3685-2016

142 Heath, M. 2022. Argentina soy belt drought awakens ghost of 2018 production “disaster”. In: Reuters. 10 February 2022. [Cited 16 May 2023]. www.reuters.com/business/environment/argentina-farm-belt-drought-awakens-ghost-2018-soybean-disaster-2022-02-10/

143 Bureau of National Statistics Kazakhstan. 2022. *Statistics of agriculture, forestry, hunting and fisheries*. <https://stat.gov.kz>

144 North Africa Post. 2019. Morocco’s Central bank expects fewer wheat yield in 2019. In: *North Africa Post*. Rabat. [Cited 17 March 2023]. <https://northafricapost.com/29126-moroccos-central-bank-expects-fewer-wheat-yield-in-2019.html>

145 FAO. 2023. Crops and Livestock Products. In: FAOSTAT. Rome. [Cited June 2023]. www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

146 CRED. Emergency Events Database (EM-Dat), the international Disaster Database. In: CRED. [Cited 17 March 2023]. <https://www.emdat.be/>

147 Cisse, G. & McLeman, R. 2022. Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities. In: H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama, eds. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter07.pdf

148 FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2023. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum* <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc3017en>

149 FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2020. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets*. Rome, FAO. www.fao.org/documents/card/en/c/ca9692en

150 FAO. 2021. *Niger | Moyens d'existence agricoles et sécurité alimentaire dans le cadre de la covid-19*. Rome. doi.org/10.4060/cb4622fr

151 Ranjan Jena, P., Kalli, R. & Chandra Tanti, P. 2022. Impact of Covid-19 on Agricultural System and Food Prices: The Case of India. In: U. Bacha, ed. *Rural Health*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98905>

152 FAO. 2021. *Agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19: Results from household surveys in 11 countries with high pre-existing levels of food insecurity – Cross-country monitoring report*. May 2021. Rome. doi.org/10.4060/cb4747en

153 FAO 2020. *Second Rapid Assessment of Food and Nutrition Security in the Context of COVID-19 in Bangladesh: May – July 2020*. Dhaka. doi.org/10.4060/cb1018en

154 FAO. 2020. *National agrifood systems and COVID-19 in Liberia. Effects, policy responses and long term implications*. Rome. doi.org/10.4060/cb2114en

155 FAO. 2021. *Liberia | Agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19: Monitoring Report – January 2021*. Rome. doi.org/10.4060/cb3618en

156 FAO & WFP. 2020. *Covid-19 impacts on agri-food value chains: Libya*. Cairo, FAO and WFP. doi.org/10.4060/cb3089en

157 FAO & WFP. 2021. *Myanmar | Agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19: Monitoring report – May 2021*. Rome, FAO and WFP. doi.org/10.4060/cb5218en

158 FAO & WFP. 2022. *Myanmar | Shocks, agricultural livelihoods and food security. Monitoring report, June 2022*. Rome, FAO and WFP. doi.org/10.4060/cc0562en

159 FAO. 2021. *Sierra Leone | Agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19: Monitoring report – May 2021*. Rome. doi.org/10.4060/cb4396en

160 FAO, IFAD & WFP. 2020. *South Sudan, COVID-19 Impacts Assessment Results on Agriculture and Food*

Security in South Sudan. Rome, FAO. <https://www.fao.org/3/cb0208en/CB0208EN.pdf>

161 FAO. 2021. *The Sudan | Food supply, agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19: Monitoring Report – January 2021*. Rome. doi.org/10.4060/cb2262en

162 FAO. 2021. *Bolivarian Republic of Venezuela | Agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19: Monitoring Report – January 2021*. Rome. doi.org/10.4060/cb3178en

163 FAO. 2021. *Yemen – Shocks, agricultural livelihoods and food security. Monitoring report, December 2021*. Rome. doi.org/10.4060/cb7844en

164 FAO. 2021. *Impact of COVID-19 on the delivery of veterinary services and animal disease reporting: May–June 2020/June–August 2020*. Rome. doi.org/10.4060/cb5649en

165 Mthembu, B.E., Mkhize, X. & Arthur, G.D. 2022. Effects of COVID-19 Pandemic on Agricultural Food Production among Smallholder Farmers in Northern Drakensberg Areas of Bergville, South Africa. *Agronomy*, 12(2): 531. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020531>

166 Ahmed, J.U., Akter, S. & Majumder, K.A. 2021. Impact of COVID-19 on agricultural production and distribution in South Asia. *World Food Policy*, 7(2): 168–182. doi.org/10.1002/wfp2.12032

167 Rahman, M.T., Akter, S., Rana, M.R., Sabuz, A.A. & Jubayer, M.F. 2022. How COVID-19 pandemic is affecting achieved food security in Bangladesh: A perspective with required policy interventions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7: 100258. doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100258

168 GNAFC (Global Network Against Food Crises). 2020. *Food Crises and Covid-19: Emerging Evidence and Implications. An analysis of acute food insecurity and agri-food systems during COVID-19 pandemic*. Technical Note. Rome, Technical Support Unit (TSU) of the Global Network Against Food Crises. <https://reliefweb.int/report/world/food-crises-and-covid-19-emerging-evidence-and-implications-technical-note>

- 169 Varshney, D., Roy, D. & Meenakshi, J.V.** 2020. Impact of COVID-19 on agricultural markets: assessing the roles of commodity characteristics, disease caseload and market reforms. *Indian Economic Review*, 55(S1): 83-103. doi.org/10.1007/s41775-020-00095-1
- 170 OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development).** 2020. *Covid-19 and the food and agriculture sector: Issues and policy responses*. Paris. www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-food-and-agriculture-sector-issues-and-policy-responses-a23f764b/
- 171 FAO.** 2022. *Pakistan. DIEM – Data in Emergencies Monitoring brief, round 3 Results and recommendations June 2022*. Rome. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=CC0783EN>
- 172 FAO.** 2022, Lebanon, DIEM – Data in Emergencies Monitoring brief, round 2 Results and recommendations June 2022. Rome. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0932en>
- 173 FAO.** 2020. Food Security in Iraq – Impact of COVID-19, Rome. <https://www.wfp.org/publications/food-security-iraq-impact-covid-19>
- 174 FAO.** 2021. *Agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19*. Rome. doi.org/10.4060/cb4747en
- 175 FAO.** 2021. *Somalia | Agricultural livelihoods and food security in the context of COVID-19*. Rome. doi.org/10.4060/cb2947en
- 176 Sánchez-Cordón, P.J., Montoya, M., Reis, A.L. & Dixon, L.K.** 2018. African swine fever: A re-emerging viral disease threatening the global pig industry. *The Veterinary Journal*, 233: 41-48. doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.12.025
- 177 WOA.** 2022. *African Swine Fever (ASF) – Situation Report 8, 2022*. Paris. www.oie.int/app/uploads/2022/03/asf-report8.pdf
- 178 Normile, D.** 2019. African swine fever marches across much of Asia. *Science*, 364(6441): 617-618. doi.org/10.1126/science.364.6441.617
- 179 FAO.** 2020. *Report on African Swine Fever (ASF) in Asia and the Pacific. Thirty-fifth Session of the FAO Regional Conference for Asia and the Pacific (APRC 35)*. Rome. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/NB742EN/>
- 180 Frezal, C., Gay, S.H. & Nenert, C.** 2021. *The Impact of the African Swine Fever outbreak in China on global agricultural markets*. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers 156. Paris, OECD. doi.org/10.1787/96d0410d-en
- 181 Zhao, J., Bai, Z. & Ma, L.** 2019. China needs long-term solutions for African Swine Fever. *Science Bulletin*, 64(20): 1469-1471. doi.org/10.1016/j.scib.2019.08.015
- 182 Song, H., Li, J. & Jin, Z.** 2023. Nonlinear dynamic modeling and analysis of African swine fever with culling in China. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 117: 106915. doi.org/10.1016/j.cnsns.2022.106915
- 183 Zhang, P., Nie, T., Ma, J. & Chen, H.** 2022. Identification of suitable areas for African swine fever occurrence in China using geographic information system-based multi-criteria analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 209: 105794. doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105794
- 184 USDA.** 2022. *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*. Washington, DC., USDA Foreign Agricultural Service. <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/73666448x?locale=en>
- 185 Guberti, V., Khomenko, S., Masiulis, M. & Kerba S.** 2022. *African swine fever in wild boar – Ecology and biosecurity. Second edition*. FAO Animal Production and Health Manual No. 28. Rome, FAO, WOA and European Commission. <https://www.fao.org/3/cc0785en/cc0785en.pdf>
- 186 Rozstalnyy, A., Roche, X., TagoPacheco, D., Kamata, A., BeltranAlcrudo, D., Khomenko, S., Lockhart, C. et al.** 2022. *Qualitative risk assessment for African swine fever virus introduction: Caribbean, South, Central and North Americas*. FAO Animal Production and Health Papers No 18. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb8748en>

187 FAO. 2021. FAO Statistical Yearbook – World Food and Agriculture. Rome. doi.org/10.4060/cb4477en

188 Jean-Pierre, R.P., Hagerman, A.D. & Rich, K.M. 2022. An analysis of African Swine Fever consequences on rural economies and smallholder swine producers in Haiti. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2022.960344/full>

189 Casal, J., Tago, D., Pineda, P., Tabakovski, B., Santos, I., Benigno, C., Huynh, T., Ciaravino, G. & Beltran-Alcrudo, D. 2022. Evaluation of the economic impact of classical and African swine fever epidemics using OutCosT, a new spreadsheet-based tool. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(5): e2474–e2484. <https://doi.org/10.1111/tbed.14590>

190 Mason-D'Croz, D., Bogard, J.R., Herrero, M., Robinson, S., Sulser, T.B., Wiebe, K., Willenbockel, D. & Godfray, H.C.J. 2020. Modelling the global economic consequences of a major African swine fever outbreak in China. *Nature food*, 1(4): 221–228. doi.org/10.1038/s43016-020-0057-2

191 Nguyen-Thi, T., Pham-Thi-Ngoc, L., Nguyen-Ngoc, Q., Dang-Xuan, S., Lee, H.S., Nguyen-Viet, H., Padungtod, P. et al. 2021. An Assessment of the Economic Impacts of the 2019 African Swine Fever Outbreaks in Vietnam. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.686038

192 Savioli, G., Ahmadi, B.V., Muñoz, V., Rosso, F. & Schuppers, M. 2022. A methodology to assess indirect economic impacts of animal disease outbreaks: A case of hypothetical African swine fever outbreak in Switzerland. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(5): e1768–e1786. <https://doi.org/10.1111/tbed.14512>

193 PRIO (Peace Research Institute Oslo). 2020. Trends in Armed Conflict, 1946–2019. Oslo. <https://www.prio.org/publications/12756>

194 Murray, V., Abrahams, J., Abdallah, C., Ahmed, K., Angeles, L., Benouar, D., Brenes Torres, A., Chang Hun, C., Cox, S., Douris, J., Fagan, L., Fra Paleo, U.,

Han, Q., Handmer, J., Hodson, S., Khim, W., Mayner, L., Moody, N., Moraes, L. L. O.; Nagy, M., Norris, J., Peduzzi, P., Perwaiz, A., Peters, K., Radisch, J., Reichstein, M., Schneider, J., Smith, A., Souch, C., Stevance A-S., Triyanti, A., Weir, M., & Wright, N. 2021. *Hazard Information Profiles: Supplement to UNDRR-ISC Hazard Definition & Classification Review: Technical Report*. Geneva, United Nations Office for Disaster Risk Reduction; Paris, International Science Council. <https://www.preventionweb.net/publication/hazard-information-profiles-hips>

195 UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2023. *GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals*. Geneva. <https://www.undrr.org/gar/gar2023-special-report>

196 UNDRR. 2019. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2019*. Geneva. <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2019>

197 UNDRR. 2023. *The Report of the Midterm Review of the Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Geneva. <https://www.undrr.org/publication/report-midterm-review-implementation-sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

198 General Assembly of the United Nations. 2023. *Main findings and recommendations of the midterm review of the implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Seventy-seventh session, 690. <https://www.undrr.org/publication/report-main-findings-and-recommendations-midterm-review-implementation-sendai-framework>

199 Peters, K. 2022. *Evidence of positive progress on Disaster Risk Reduction in the Humanitarian-Development-Peace nexus: Thematic report to inform the Mid-Term Review of the Sendai Framework*. <https://sendaiframework-mtr.undrr.org/publication/thematic-study-evidence-positive-progress-disaster-risk-reduction-humanitarian>

- 200 Peters, L.** 2021. Beyond disaster vulnerabilities: An empirical investigation of the causal pathways linking conflict to disaster risks. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 55:102092. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420921000583?casa_token=YZnxgGpfocMAAAAA:pNqonePbjM2CZoMKKvu9ufQEXHV2R9NTbptQV1_q1utaD0d04qGHO_X4k8Y3K221NB3aCbYSfQ
- 201 Zaman, S., Sammonds, P., Ahmed, B. & Rahman, T.** 2020. Disaster risk reduction in conflict contexts: Lessons learned from the lived experiences of Rohingya refugees in Cox's Bazar, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50: 101694. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101694>
- 202 Nemeth, S., & Lai, B..** 2022. When do natural disasters lead to negotiations in a civil war? *Journal of Peace Research* 59(1): 28-42. <https://doi.org/10.1177/00223433211061952>
- 203 Gaillard, J.-C., Clavé, E., & Kelman, I.** 2008. Wave of peace? Tsunami disaster policy in Aceh, Indonesia. *Geoforum* 39(1): 511-526. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016718507001662>
- 204 Caso, N., Hilhorst, D., Mena, R., & Papyrakis, E.** 2023. Does disaster contribute to armed conflict? A quantitative analysis of disaster-conflict co-occurrence between 1990 and 2017. *International Journal of Development Issues*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJDI-01-2023-0015/full/html>
- 205 Mach, K. J., Kraan, C.M., Adger, W. N., Buhaug, H., Burke, M., Fearon, J. D. , et al.** 2019. Climate as a risk factor for armed conflict. *Nature* 571(7764): 193-197. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1300-6>
- 206 von Uexkull, N., Croicu, M., Fjelde, H., & Buhaug, H.** 2016. Civil conflict sensitivity to growing-season drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(44): 12391-12396. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1607542113>
- 207 Arai, T.** 2012. Rebuilding Pakistan in the aftermath of the floods: Disaster relief as conflict prevention. *Journal of Peacebuilding & Development*, 7(1): 51-65. <https://www.jstor.org/stable/48603409>
- 208 Ide, T.** 2023. *Catastrophes, Confrontations, and Constraints: How Disasters Shape the Dynamics of Armed Conflicts*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/14970.001.0001>
- 209 Mercy Corps & ACAPS.** 2020. *Yemen: Food supply chain. Thematic report*. <https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-food-supply-chain-thematic-report-16-december-2020>
- 210 European Union, World Bank, United Nations.** 2019. *Guidance for PDNA in Conflict Situations*. <https://www.undp.org/publications/pdna-guidance-integrating-conflict-sensitivity>
- 211 European Union, World Bank, United Nations** (2019). "GUIDANCE FOR PDNA IN CONFLICT SITUATIONS." Available at: <https://www.undp.org/publications/pdna-guidance-integrating-conflict-sensitivity>
- 212 UNDRR** (2023). *GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals*. Geneva. Available at: <https://www.undrr.org/gar/gar2023-special-report>
- 213 State Statistics Service of Ukraine.** 2020. The official portal. In: *Government of Ukraine*. [Cited June 2023]. www.ukrstat.gov.ua/
- 214 USDA.** 2022. *Ukraine Agricultural Production and Trade*. Washington, DC., USDA Foreign Agricultural Service. www.fas.usda.gov/sites/default/files/2022-03/Ukraine-Ag-Production-Trade.pdf
- 215 Kyiv School of Economics.** 2021. *Assessing the role of small farmers and households in agriculture and the rural economy and measures to support their sustainable development*. Kyiv. <https://kse.ua/wp-content/uploads/2021/02/KSE-Smallholders.pdf>

216 FAO. 2022. Ukraine: Impact assessment results (September to October 2022). Data in Emergencies Hub. In: FAO. Rome. [Cited 12 July 2023]. <https://data-in-emergencies.fao.org/apps/c5e28e7c958b4748bb806e1fe28ccf7b/explore>

217 Conflict Observatory. 2022. Ukraine's Crop Storage Infrastructure Post-Invasion Impact Assessment. In: Conflict Observatory. [Cited June 2023]. <https://hub.conflictobservatory.org/portal/apps/sites/#/home/pages/grain-1>

218 UNEP. 2022. *The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review*. Nairobi. <https://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review>

219 Turton, S., Sineat, Y. & Nitta, Y. 2019. African swine fever wipes out Asia's backyard pig farmers. In: Nikkei Asia. [Cited 17 May 2023]. <https://asia.nikkei.com/Business/Agriculture/African-swine-fever-wipes-out-Asia-s-backyard-pig-farmers>

220 Coughlan de Perez, E., van Aalst, M., Deva, C., van den Hurk, B., Jongman, B., Klose, T., Linnerooth-Bayer, J. & Suarez, P. 2014. *Managing the risk of extreme events in a changing climate – trends and opportunities in the disaster-related funding landscape*. Input paper prepared for the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015. The Hague, Red Cross/Red Crescent Climate Centre. <https://www.climatecentre.org/wp-content/uploads/Managing-the-risk-of-extreme-events-in-a-changing-climate.pdf>

221 Pappenberger, F., Cloke, H.L., Parker, D.J., Wetterhall, F., Richardson, D.S. & Thielen, J. 2015. The monetary benefit of early flood warnings in Europe. *Environmental Science & Policy*, 51: 278–291. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.016>

222 Costella, C., Jaime, C., Arrighi, J., Coughlan de Perez, E., Suarez, P. & van Aalst, M. 2017. Scalable and sustainable: How to build anticipatory capacity into social protection systems. *IDS Bulletin*. Vol. 48 No. 4. <https://bulletin.ids.ac.uk/index.php/idsbo/article/view/2885>

223 Baig, S.P., Rizvi, A., Josella, M. & Palanca-Tan, R. 2015. *Cost and Benefits of Ecosystem Based Adaptation: The Case of the Philippines*. Gland, Switzerland, International Union for Conservation of Nature (IUCN). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-009.pdf>

224 FAO & UNHCR. 2018. *Cost-benefit analysis of forestry interventions for supplying woodfuel in a refugee situation in the United Republic of Tanzania*. Rome, FAO. <https://www.fao.org/3/ca0164en/CA0164EN.pdf>

225 Seekao, C. & Pharino, C. 2018. Cost-benefit analysis of shrimp farming's flood risk reduction strategies in Thailand. *Journal of Flood Risk Management*, 11: S805–S816. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12259>

226 Asha, N., Kikulwe, E., Nowakunda, K., Ajambo, S. & Naziri, D. 2015. *Technical report: Structure of the Cooking Banana Value Chain in Uganda and Opportunities for Value Addition and Postharvest Losses Reduction*. CGIAR. www.rtb.cgiar.org/wp-content/uploads/2015/08/RPS/2/3.pdf

227 FAO. 2017. *Benefits of Farm-Level Disaster Risk Reduction Practices in Agriculture – Preliminary Findings*. Rome. www.fao.org/3/a-i7319e.pdf

228 FAO. 2019. *Disaster risk reduction at farm level: Multiple benefits, no regrets. Results from cost-benefit analyses conducted in a multi-country study, 2016–2018*. Rome. www.fao.org/3/ca4429en/CA4429EN.pdf

229 FAO. 2021. *Anticipatory action: Changing the way we manage disasters*. Rome. www.fao.org/3/cb7145en/cb7145en.pdf

230 FAO. 2018. *Mongolia: Impact of early warning action. Protecting herder livelihoods ahead of dzud winter*. Rome. www.fao.org/publications/card/en/c/CA2181EN/

231 FAO. 2019. *Colombia: Impact of early warning action. Boosting food security and social cohesion on the frontline of the migration crisis*. Rome. www.fao.org/publications/card/en/c/CA6818EN/

232 FAO. 2018. *Early warning early action in Sudan*. Rome. <https://www.fao.org/3/i9383en/i9383EN.pdf>

233 FAO. 2018. *Horn of Africa: Impact of early warning early action. Protecting pastoralist livelihoods ahead of drought*. Rome. www.fao.org/documents/card/en/c/CA0227EN

234 FAO. 2019. *Madagascar: Impact of Early Warning Early Action. Protecting farming livelihoods from drought and food insecurity*. Rome. www.fao.org/documents/card/en/c/CA3933EN/

235 FAO. 2019. *The Sudan: Impact of Early Warning Early Action. Protecting agropastoralist livelihoods ahead of drought*. Rome. www.fao.org/3/ca4653en/ca4653en.pdf

236 Kumar, A. 2022. Connecting anticipatory action and disaster risk reduction: perspectives from UNDRR. In: *UNDRR*. Geneva. [Cited June 2023]. www.preventionweb.net/news/connecting-anticipatory-action-and-disaster-risk-reduction-perspectives-undrr

237 UNDRR. 2023. Disaster Risk Management. In: *UNDRR*. Geneva. [Cited June 2023]. www.undrr.org/terminology/disaster-risk-management

238 Anticipation Hub. 2021. A step forward for anticipatory action at COP26. In: *Anticipation Hub*. [Cited June 2023]. www.anticipation-hub.org/news/a-step-forward-for-anticipatory-action-at-cop26

239 IFRC, FAO, WFP, OCHA & Start Network. 2021. *Enabling Anticipatory Action at Scale Policy Brief for Donor Governments*. www.anticipation-hub.org/Documents/Policy_Papers/AATF_Policy_Brief_for_Donor_Governments_May_2021.pdf

240 International Movement. 2022. *Power of Humanity. Council of Delegates of the International Red Cross and Red Crescent Movement*. Geneva. https://rcrcconference.org/app/uploads/2022/05/09_CoD22-Anticipatory-action-Background-document-FINAL-EN.pdf

241 Levine, S., Wilkinson, E., Weingärtner, L. & Mall, P. 2021. *Anticipatory action for livelihood protection. A collective endeavour*. Working Paper 580. Overseas Development Institute. https://cdn.odi.org/media/documents/202006_odi_anticipatory_action_for_livelihood_protection_wp_final.pdf

242 Scott, Z. 2022. Finance for Early Action: Tracking commitments, trends, challenges and opportunities. REAP (Risk-informed Early Action Partnership). www.insdevforum.org/wp-content/uploads/2022/06/20220613_Finance-for-Early-Action_FINAL-1-1.pdf

243 Khim, W. 2020. *Disaster risk reduction in times of COVID-19: What have we learned?* Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb0748en>

244 Lawson, R.G. & Jurs, P.C. 1990. New index for clustering tendency and its application to chemical problems. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 30(1): 36–41. <https://doi.org/10.1021/ci00065a010>

245 FAO. 2023. Crops and livestock products. In: *FAOSTAT*. Rome. [Cited June 2023]. www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

246 Lange, S., Mengel, M., Treu, S. & Büchner, M. 2022. ISIMIP3a atmospheric climate input data (v1.0). In: *ISIMIP*. [Cited July 2023]. doi.org/10.48364/ISIMIP.982724

247 Frieler, K., Volkholz, J., Lange, S., Schewe, J., Mengel, M., del Rocío Rivas López, M. et al. 2023. Scenario set-up and forcing data for impact model evaluation and impact attribution within the third round of the Inter-Sectoral Model Intercomparison Project (ISIMIP3a). Preprint. *EGUsphere*. doi.org/10.5194/egusphere-2023-281

248 Laudien, R., Schauburger, B., Makowski, D. & Gornott, C. 2020. Robustly forecasting maize yields in Tanzania based on climatic predictors. *Scientific Reports*, 10(19650). doi.org/10.1038/s41598-020-76315-8

- 249 Chemura, A. Nangombe, S., Gleixner, S., Chinyoka, S. & Gornott, C.** 2022. Changes in Climate Extremes and Their Effect on Maize (*Zea mays* L.) Suitability Over Southern Africa. *Frontiers in Climate*, 4: 890210. doi.org/10.3389/fclim.2022.890210
- 250 Sultan, B., Defrance, D. & Iizumi, T.** 2019, Evidence of crop production losses in West Africa due to historical global warming in two crop models. *Scientific Reports*, 6.9.2019: 12834. doi.org/10.1038/s41598-019-49167-0
- 251 Laudien, R., Schauburger, B., Makowski, D. & Gornott, C.** 2020. Robustly forecasting maize yields in Tanzania based on climatic predictors. *Scientific Reports*, 10(19650). doi.org/10.1038/s41598-020-76315-8
- 252 Gillett, N.P., Shiogama, H., Funke, B., Hegerl, G., Knutti, R., Matthes, K., Santer, B.D. et al.** 2016. The Detection and Attribution Model Intercomparison Project (DAMIP v1.0) contribution to CMIP6, *Geoscientific Model Development*, 9, 3685–3697. doi.org/10.5194/gmd-9-3685-2016
- 253 Tatebe, H., Ogura, T., Nitta, T., Komuro, Y., Ogochi, K., Takemura, T., Sudo, K. et al.** 2019. Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6. *Geoscientific Model Development*, 12(7): 2727–2765. doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019
- 254 Lange, S.** 2019. Trend-preserving bias adjustment and statistical downscaling with ISIMIP3BASD (v1.0). *Geoscientific Model Development*, 12, 3055–3070. doi.org/10.5194/gmd-12-3055-2019
- 255 Tatebe, H., Ogura, T., Nitta, T., Komuro, Y., Ogochi, K., Takemura, T., Sudo, K. et al.** 2019. Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6. *Geoscientific Model Development*, 12(7): 2727–2765. doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019
- 256 IPCC.** 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. pp. 423–553. Cambridge, UK and New York, Cambridge University Press. https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf
- 257 Guo, H. Bao, A., Chen, T., Zheng, G., Wang, Y., Jiang, L. & De Maeyer, P.** 2021. Assessment of CMIP6 in simulating precipitation over arid Central Asia. *Atmospheric Research*, 252, 105451. doi.org/10.1016/J.ATMOSRES.2021.105451
- 258 Mesgari, E., Hosseini, S.A., Hemmesey, M.S., Houshyar, M. & Partoo, L.G.** 2022. Assessment of CMIP6 models' performances and projection of precipitation based on SSP scenarios over the MENAP region. *Journal of Water and Climate Change*, 13(10): 3607. doi.org/10.2166/wcc.2022.195
- 259 Iizumi, T., Shiogama, H., Imada, Y., Hanasaki, N., Takikawa, H. & Nishimori, M.** 2018. Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels. *International Journal of Climatology*, 38(14): 5405–5417. doi.org/10.1002/joc.5818
- 260 Ishii, M. & Mori, N.** 2020. d4PDF: large-ensemble and high-resolution climate simulations for global warming risk assessment. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7: 58. doi.org/10.1186/s40645-020-00367-7
- 261 Iizumi, T., Shiogama, H., Imada, Y., Hanasaki, N., Takikawa, H. & Nishimori, M.** 2018. Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels. *International Journal of Climatology*, 38(14): 5405–5417. doi.org/10.1002/joc.5818
- 262 Sultan, B., Defrance, D. & Iizumi, T.** 2019, Evidence of crop production losses in West Africa due to historical global warming in two crop models. *Scientific Reports*, 6.9.2019: 12834. doi.org/10.1038/s41598-019-49167-0
- 263 Flynn, C.M. & Mauritsen, T.** 2020. On the climate sensitivity and historical warming evolution in recent coupled model ensembles. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 7829–7842. doi.org/10.5194/acp-20-7829-2020

264 Forster, P. et al. 2021. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In: V. Masson-Delmotte, et al., eds. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.

265 Meshesha, D.T., Moahammed, M. & Yosuf, D. 2019. Estimating carrying capacity and stocking rates of rangelands in Harshin District, Eastern Somali Region, Ethiopia. *Ecology and Evolution*, 9(23): 13309-13319. doi.org/10.1002/ece3.5786

266 The Nansen Initiative. 2015. *The Nansen Initiative. Global Consultation. Conference Report : Geneva, 12-23 October 2015*. <https://www.eda.admin.ch/dam/eda/en/documents/aussenpolitik/menschenrechte-menschliche-sicherheit/2017-und-aelter/Nansen-GCR2015-screen.pdf>.

267 FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2022. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Rome, FAO. doi.org/10.4060/cc0639en

268 FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2020. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets*. Rome, FAO. www.fao.org/documents/card/en/c/ca9692en

269 IOM (International Organization of Migration). 2017. *World Migration Report 2018*. IOM World Migration Report. United Nations. <https://doi.org/10.18356/f45862f3-en>

2023年 灾害对农业和 粮食安全的影响

通过投资提高韧性以避免和减少损失

灾害正在全世界造成前所未有的破坏, 冲击和干扰农业生产的运作和可持续性, 导致千千万万依赖农业粮食体系的民众生计面临威胁。要减少灾害的破坏力, 我们需要进一步了解灾害对农业的负面影响, 并深入研究使农业易受灾害影响的潜在风险。

本报告评估了过去30年来灾害给农业生产造成的损失, 并深入探讨影响种植业、畜牧业、林业、渔业及水产养殖等各细分部门的各种威胁和风险。社会和环境条件所导致的深层次因素和脆弱性进一步放大了灾害的影响, 如气候变化、全球或地方流行病、冲突等, 引发灾难性后果, 并通过连锁效应波及整个农业粮食体系。面对这些挑战, 我们需要开发新的减灾方法和应对机制。报告提供了诸多案例, 展示如何通过制定战略和采取具体行动, 通过投资提高韧性, 积极主动地应对农业风险。报告还介绍了将减灾工作融入农业实践和政策的方法, 并呼吁深入了解实际情况, 因地制宜地实施这些解决方案。



ISBN 978-92-5-138677-4



CC7900ZH/1/04.24