



联合国
粮食及
农业组织

2024

世界森林状况

促进林业部门创新，
迈向可持续未来

本旗舰出版物系联合国粮食及农业组织“世界之状况”系列之一。

引用格式要求:

粮农组织。2024。《2024年世界森林状况：促进林业部门创新，迈向可持续未来》。罗马。

<https://doi.org/10.4060/cd1211zh>

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。

ISSN 1020-5748（印刷）

ISSN 2663-8037（在线）

ISBN 978-92-5-138873-0

© 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。

封面照片: © Shutterstock.com/khlongwangchao

泰国。树桩上长出新芽。

2024 世界森林状况

促进林业部门创新，迈向可持续未来

联合国粮食及农业组织
罗马，2024 年

目录

要点	v	
前言	vi	
方法	vii	
致谢	viii	
缩略语	ix	
内容提要	xi	
第1章		
随着世界面临的威胁不断升级，森林为全球挑战提供了解决方案	1	
林业部门创新的必要性	2	
关于本出版物	3	
第2章		
尽管森林砍伐正在放缓，但森林正面临气候相关因素的压力，对林产品的需求不断上升	5	
2.1 最近的数据表明，一些国家的森林砍伐量显著减少	6	
2.2 气候变化使森林更容易受到野火和病虫害等非生物和生物压力的影响	8	
2.3 全球林木产量达到创纪录水平，达每年约40亿立方米	9	
2.4 近60亿人使用非木材林产品	12	
2.5 到2050年的预测表明，对林木的需求将显著增加，但增幅浮动较大	14	
2.6 鉴于环境条件快速变化，对森林的需求不断增加，林业部门需要加快创新步伐	18	
第3章		
需要以创新促进森林保护、恢复和可持续利用，应对全球挑战	21	
3.1 创新是实现可持续发展目标的关键推动力	22	
3.2 五种类型的创新正在增强森林和树木应对全球挑战的潜力	23	
3.3 阻碍扩大创新规模的因素有四个	33	
3.4 创新可以创造赢家和输家，需要采取包容和促进性别平等的方法	36	
第4章		
通过18个案例说明林业部门创新可以多种方式实现积极变化	39	
4.1 通过创新，制止森林砍伐、促进森林养护	40	
4.2 通过创新，支持退化土地恢复、扩大复合农林业	53	
4.3 通过创新，促进森林可持续利用、建立绿色价值链	66	
第5章		
必须扩大负责任创新，最大限度发挥林业部门对农业粮食体系转型和其他全球挑战的贡献	81	
5.1 可通过五大扶持行动鼓励负责任和包容性创新，优化森林解决方案，应对全球挑战	81	
术语表	87	
注释	90	

表

1 2010-2020年森林面积年均净增排名前十的国家	6
2 2022年圆木产量(按主要用途列示)	12
3 粮农组织的创新分类	24
4 资本的五种形式, 缺乏这些资本构成亚太区域林业部门采用创新技术的障碍	36

图

1 2022年全球林产品出口份额(按产品类别列示)	10
2 1961-2022年世界圆木产量, 包括工业圆木和薪材	11
3 2000-2022年五种非木质林产品的产量趋势	13
4 2022年全球松子、森林蘑菇和松露出口量	14
5 2030年和2050年全球圆木需求预测	15
6 1961-2022年工业圆木的资源利用效率	17
7 知情参与式景观管理法示意图	42
8 亚马孙-塞拉多地区一个历年中森林砍伐对不同农业集约化水平景观水汽压差和平均温度的影响	44
9 法律中心收录的国家法律概况信息类型和来源	70
10 2021、2022和2023年法律中心的访问次数	71

插文

1 林业和农业粮食体系转型	2
2 林业部门	3
3 加强《全球森林资源评估》的数据收集和传播流程	8
4 通过增值提高森林的经济效益	16
5 创新生态系统	23
6 以创新推动衡量、报告和核实方面的进步	25
7 遥感与人工智能	26
8 可为生物经济作出贡献的创新型木质和非木质林产品	28
9 价值链中的技术创新	29
10 卡特拉建筑公司的例子	35
11 利用新型伙伴关系助力推动“联合国生态系统恢复十年”取得进展	84

案例研究

1 建立培育多方治理机制, 扩大综合性可持续景观管理	41	13 通过集体组织的力量向小型林业企业提供无抵押小额信贷	67
2 利用有关森林在提高农业生产率中作用的新数据促进农业领域养护融资	43	14 法律中心: 利用新的诊断工具和方法推动野生生物可持续管理相关法律改革进程	69
3 利用伙伴关系和技术创新力量减少大宗商品驱动的森林砍伐	45	15 利用数字技术提高木材跟踪效率, 促进可持续供应链	72
4 将新工具和新技术融入现有的社区森林管理模式, 改善森林管理成果	47	16 改善木材供应链的连通性, 以减少浪费并提高可持续森林管理的可行性	74
5 通过技术创新、能力建设和融资支持土著人民担当森林守护者	49	17 应用新的林木加工技术, 促进生物经济, 增强抗震能力	76
6 整合科学、技术和传统知识, 改进火灾管理决策	50	18 通过农民田间学校实现农民主导的可持续森林和农业生产创新	78
7 制定新的国家政策, 为推广复合农林业打造有利环境	54		
8 将当地社区的社会经济目标和营养需求纳入恢复工作, 防治荒漠化	56		
9 通过协作和数据互操作开发生态系统恢复监测平台框架	58		
10 通过融入新技术、新实践和植物新品种, 增强传统水芋园的韧性	60		
11 完善森林资源地方治理, 造福于农业和森林恢复	62		
12 将为期20年的复合农林业倡议与碳交易结合起来, 推广可持续做法	64		

要点

→ **最近的数据**表明，一些国家的森林砍伐量显著减少，但气候变化使森林更容易受到野火和病虫害等外部压力的影响。

→ 到2050年的**预测**表明，对林木的需求将显著增加。世界上近四分之三的人口使用非木材林产品。

→ 在森林压力不断升级的情况下，林业部门需要**更多创新**，包括采用新的森林管理方法，向生物经济转型，抓住非木质林产品提供的机遇。

→ 林业部门扩大创新面临**四大障碍**：（1）缺乏创新文化；（2）存在风险；（3）各类资本形式的潜在局限；（4）缺乏政策法规支持。

→ 可采取**五大扶持行动**，推动林业部门扩大开展负责任、包容性和关键的创新：（1）提高认识；（2）提升创新技能、能力和知识水平；（3）鼓励建立新型伙伴关系；（4）为创新提供更多普惠融资；（5）打造激励性政策和监管环境。

前言

可持续发展面临的挑战层出不穷，只有以同样的速度进行创新才能一一克服。人类的非凡才智应该给予我们希望，让我们规划出一条通往可持续星球的道路，避免人类面临的威胁。

创新是实现《2030年可持续发展议程》和各项可持续发展目标的关键，是可持续发展目标9的重点，并隐含在所有可持续发展目标以及实现这些目标所需的行动中。创新也是实现农业粮食体系转型和三大全球目标的重要加速器。这三大目标是：（1）消除饥饿、粮食不安全和营养不良；（2）消除贫困，推动惠及所有人的经济社会进步；（3）自然资源的可持续管理和利用。

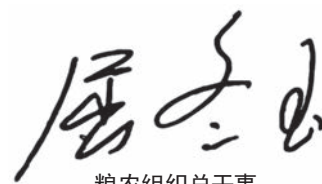
但创新无法凭空产生。它需要有扶持性政策、强有力和变革性的伙伴关系、资金投入、开放和鼓励创新的包容性文化以及承担预估风险的意愿。

粮农组织认识到科学和创新是解决林业问题的关键要素。我们于2022年制定了粮农组织首份《科学与创新战略》，阐述了我们打算如何在技术干预和规范性指导工作中加强科学与创新的应用。该项《战略》在经过一系列包容、透明的磋商后，获得了粮农组织理事会第170届会议的核准，成为实施粮农组织《2022-31年战略框架》的一项关键工具。《战略》强调需要考虑所有科学学科、所有知识以及所有类型的创新。

本期《世界森林状况》报告重点介绍世界森林状况，并以粮农组织《科学与创新战略》为基础，探究林业部门通过科学与创新形成的变革性力量。报告全面概括振奋人心的发展变

化，包括从新技术到创新性成功政策和制度变化，再到面向森林所有人和管理者的全新融资方式。来自世界各地的18个案例将展现在现实条件下试行和实施的林业部门各种技术、社会、政策、制度和金融创新以及这些创新的组合应用。本报告指出创新方面所面临的障碍和推动因素，并提出通过五大行动，在林业部门运用创新来解决问题并扩大影响。

粮农组织在林业方面的工作旨在加快森林保护、恢复和可持续利用方面的进展，建立更加高效、包容、有韧性和可持续的农业粮食体系，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。本期《世界森林状况》将为粮农组织扩大林业部门循证创新提供参考。我相信这也有助于支持粮农组织成员和其他利益相关方在林业部门实现负责任、包容、必不可少的创新，以增强农业粮食体系的可持续性和韧性，为全人类打造更美好的世界和更美好的未来。



粮农组织总干事

屈冬玉

方法

《2024年世界森林状况》的内容源自粮农组织出版物和其他经同行评审的文献、就林业部门创新对粮农组织工作人员的采访、专门为本报告进行的林木需求分析预测以及18个案例研究。案例以竞争方式通过粮农组织工作人员和主要伙伴组织征集，并根据以下标准进行筛选：新颖性；影响（包括潜在影响）；推广潜力；是否支持森林保护、恢复和可持续利用。本报告由粮农组织技术编写团队编写，该团队由协调员、内部和外部撰稿人、审稿人和编辑组成。由粮农组织高级工作人员组成的工作组指导了内容开发，并审阅了各章节草稿。

本报告已由粮农组织专家（包括粮农组织区域和次区域办事处工作人员）以及外部森林创新专家完成同行评审。编写团队根据评审意见对草案进行了修订，形成了报告终稿。报告终稿已通过粮农组织高层审阅和批准。

致谢

《2024年世界森林状况》在粮农组织林业司司长吴志民的总体指导下，由Amy Duchelle、Lyndall Bull、Ben Ross、Anssi Pekkari、Julian Fox、Sven Walter和Thomas Hofer组成的核心技术团队编写完成。报告受益于以下创新领域专家的贡献：Fabrizio Bresciani、Vincent Gitz、Eric Hansen、Inge Jonckheere、Cecilia Luttrell、Mokena Makeka、Duncan Mayes、Rajat Panwar、Selvaraju Ramasamy、Ewald Rametsteiner、James Roshetko和Lúcia Wadt；Lauri Hetemäki提供了林木需求预测分析。Alastair Sarre对本报告进行了编辑，Annika Cobb、Christine Legault、Malgorzata Buszko-Briggs、Roberto Cenciarelli、Sharon Darcy、Maria De Cristofaro、Donna Kilcawley和Marco Santarnecchi提供了额外支持。各章撰稿人和审稿人名单如下：

各章作者和其他撰稿人

第1章：核心技术团队以及Alastair Sarre。

第2章：Anne Branthomme、Valeria Contessa、Xavier de Lamo、Arvydas Lebedys、Monica Garzuglia、Julian Fox、Lauri Hetemäki、Örjan Jonsson、Adolfo Kindgard、Chiara Patriarca、Anssi Pekkari、Shiroma Sathyapala、Kenichi Shono、Simona Sorrenti、Lara Steil和Sven Walter。

第3章：Eric Hansen和Cecilia Luttrell，以及Rémi d'Annunzio、Simone Borelli、Marco Boscolo、Lyndall Bull、Bruno Cammaert、Amy Duchelle、Julian Fox、Inge Jonckheere、Jarkko Koskela、Petri Lehtonen、Qiang Ma、Margaret Mayer、Duncan Mayes、Caroline Merle、Giulia Muir、Vahid Nasir、Rajat Panwar、Anssi Pekkari、Laureana de Prado、Ben Ross和Ashley Steel。

第4章：André Felipe Alves de Andrade、Rémi d'Annunzio、Ward Anseeuw、Christophe Besacier、Maria Teresa di Benedetto、Hubert Boulet、Fritjof Boerstler、Nhaydu Bohórquez、Lyndall Bull、Ramón Carrillo、Thomas Cavanagh、Dario Cipolla、Amy Duchelle、María Alejandra Chaux Echeverri、Yelena Finegold、Marguerite France-Lanord、Serena Fortuna、Julian Fox、Paul Fuge、Laura Guarnieri、William de Groot、Fidaa Haddad、Eric Hansen、Thomas Hofer、Inge Jonckheere、Patrick Kalas、Raushan Kumar、Thais Linhares-Juvenal、David Mansell-Moullin、Adriana Lagos、Raissa Maldonado de Almeida、Federica Matteucci、Margaret Mayer、Duncan Mayes、Andrea Romero Montoya、Peter Moore、Giulia Muir、Priya Pajel、Sandra Ratiarison、Ludmila Rattis、Marcelo Rezende、David Sabogal Habedank、Moctar Sacande、Marieke Sandker、Lucio Santos、Eugenio Sartoretto、Brett Shields、Kenichi Shono、Bianca Sipala、Elaine Springgay、Lara Steil、José Vilialdo Diaz Diaz、Petteri Vuorinen、Xia Zuzhang和Andriana Patricia Yepes Quintero。

第5章：Lyndall Bull、Amy Duchelle、Eric Hansen、Cecilia Luttrell、Rajat Panwar、Ben Ross和Alastair Sarre。

审稿人

Astrid Agostini、Edmundo Barrios、Nora Berrahmouni、Cecile Berranger、Ronnie Brathwaite、Henry Burgsteden、Greta Campora、Bonnie Furman、Vincent Gitz、Boagen Gu、Jun He、Jippe Hoogeveen、Kitti Horváth、Wilson Hugo、Ana Islas Ramos、Alicja Kacprzak、Wirya Khim、Ivan Landers、Samson Lemma、Antoine Libert、Preetmoninder Lidder、Indira Joshi、Thais Linhares-Juvenal、Andrea Lo Bianco、Mokena Makeka、Duncan Mayes、Alexandre Meybeck、Charlotte Milbank、Rajat Panwar、Souroush Parsa、Peter Pechacek、Selvaraju Ramasamy、Ewald Rametsteiner、Simon Rietbergen、James Roshetko、Soraya Sadeghi、Ilaria Sisto、Nicholas Sitko、Valentina Sommacal、Hans Thiel、Tomoyuki Uno、Tiina Vähänen、Yahor Vetlou、Tamara van't Wout、Puyun Yang和Ekrem Yazici。

翻译由粮农组织治理机构服务司语言服务处完成。Rémi d'Annunzio、Sara Casallas-Ramirez、Fidaa Haddad、Qiang Ma、Ekrem Yazici和Linbing Zhuang对译文进行了技术审查。

粮农组织新闻传播办公室出版物及图书馆处为所有六种官方语言版本提供编辑支持、设计和排版以及制作方面的协调。

缩略语

AAD	防治荒漠化行动
AFR100	非洲森林景观恢复倡议
AI	人工智能
AIM4Forests	“加速森林创新监测”计划
CBD	生物多样性公约
CFM	社区森林管理
CIFOR-ICRAF	国际林业研究中心-世界混农林业中心
CIJS	习惯和非正式司法系统
CLT	正交胶合木
CRU	碳清除单位
CUBIFOR	林产品测量应用程序（危地马拉）
EUDR	欧盟关于零毁林、零森林退化供应链的法规
EUR	欧元
FAO	联合国粮食及农业组织
FBS	农民商学院
FERM	生态系统恢复监测框架
FFF	森林与农场基金
FFS	农民田间学校
FLR	森林和景观恢复
FOLUR	全环基金第七次充资（GEF-7）粮食体系、土地利用和恢复影响计划
FOROM	森林资源展望模型
FRA	全球森林资源评估

FRL	森林参考水平
GDP	国内生产总值
GEF	全球环境基金（全环基金）
GGW	“绿色长城”倡议
GtCO₂	十亿吨二氧化碳
ha	公顷
IFRS	国际财务报告准则
INAB	国家森林研究所（危地马拉）
km	公里（千米）
LEAF	加速森林融资促进减排
m	米
MODIS	中分辨率成像光谱仪
MRV	衡量、报告和核实
NASA	国家航空航天局（美国）
NDC	国家自主贡献
NTFP	非木材林产品
NWFP	非木质林产品
OECD	经济合作与发展组织
PILA	知情参与式景观管理法
REDD+	减少发展中国家毁林和森林退化所致排放，以及森林保护、可持续管理和增加森林碳储量的作用
RSS	2020年全球森林资源评估遥感调查
SDG	可持续发展目标

缩略语

SEPAL	用于土地监测的地球观测数据访问、处理和分析系统	UN	联合国
SOFO	《世界森林状况》	UNEP	联合国环境规划署
SWM	野生生物可持续管理（计划）	UNFCCC	联合国气候变化框架公约
TND	突尼斯第纳尔	USD	美元
		USDA	美国农业部

内容提要

随着世界面临的威胁不断升级，森林为全球挑战提供了解决方案。

- ▶ 本报告介绍世界森林最新状况，探究可用以扩大森林保护、恢复和可持续利用的创新。

尽管森林砍伐正在放缓，但森林正面临气候相关因素的压力，对林产品的需求不断上升。

- ▶ 最近的数据表明，一些国家的森林砍伐量显著减少。例如，2021-2022年印度尼西亚的森林砍伐量估计减少了8.4%，2023年巴西亚马孙行政区的森林砍伐量减少了50%。2000-2010年到2010-2020年期间，全球红树林总损失率下降了23%。
- ▶ 气候变化使森林更容易受到野火和病虫害等非生物和生物压力的影响。野火的强度和频率正在不断增加。2021年，北方森林占野火造成的二氧化碳排放量近四分之一。2023年，全球火灾导致的排放量估计为6687兆吨二氧化碳，是当年欧盟化石燃料燃烧造成的二氧化碳排放量的两倍多。在美利坚合众国，预计到2027年因病虫害将导致2500万公顷林地丧失20%以上寄主树木胸高断面积。
- ▶ 全球林木产量达到创纪录水平，达每年约40亿立方米。估计2022年圆木采伐量约为20.4亿立方米，与2021年相近。2022年薪材采伐量约为19.7亿立方米，占林木采伐总量近一半（49.4%）；这一比例在非洲较高，达到90%。

- ▶ 近60亿人使用非木材林产品，其中包括全球南方27.7亿农村用户。目前已具备有关松子、森林蘑菇和松露的国际贸易数据：2022年这些产品的全球出口总额约为18亿美元。
- ▶ 到2050年的预测表明，对林木的需求将显著增加，但预测增幅浮动较大。全球圆木需求增幅可能高达49%（2020年至2050年间），主要由工业圆木需求推动，但这一预测存在较大不确定性。1961年至2022年间，林木利用效率提高了15%。
- ▶ 鉴于环境条件快速变化，对森林的需求不断增加，林业部门需要加快创新步伐。推动创新的三大要素是：（1）气候变化等压力不断升级，需要新的森林和土地管理方法；（2）向以林木为主要投入品的生物经济转型；（3）种类繁多的非木质林产品可为高达数十亿小规模经营者提供机遇。

需要以创新促进森林保护、恢复和可持续利用，应对全球挑战。

- ▶ 创新是实现可持续发展目标的关键推动力。创新也是实现粮农组织成员三大全球目标及增强森林和树木应对全球挑战潜力的重要加速器。已经有一系列创新对林业部门产生了深远影响。
- ▶ 五种类型的创新正在增强森林和树木应对全球挑战的潜力：
 - （1）技术创新（分为数字、产品/流程、生物技术三个子类）。例如，遥感数据的开

放获取和云计算的便利化使用正在推动数字化方法的运用,从而生成高质量的森林数据,改进森林管理流程;

- (2) 社会创新、(3) 政策创新、(4) 制度创新 — 例如,通过新举措,让女性、青年和土著人民更好地参与制定由当地主导的解决方案,推动多方伙伴关系,加强土地利用政策和规划方面的跨部门合作,通过支持合作社提高小规模经营者的议价能力;以及
- (5) 金融创新 — 例如通过公共和私营部门融资创新,提高现有森林的价值,加大恢复力度,增加小规模经营者获得可持续生产贷款的机会。

组合(“捆绑”)运用这些创新类型,可释放强大的变革潜力。

- **阻碍扩大创新的因素有四个:** (1) 缺乏创新文化; (2) 存在风险; (3) 各类资本形式的潜在局限; (4) 缺乏政策法规支持。打造一种组织文化,认识和拥抱创新的变革潜力,可有助于降低创新过程中的风险,使利益相关方更好地应对当前和未来的挑战。
- **创新会创造赢家和输家,需要采取包容和促进性别平等的方法,**避免造成伤害,确保所有社会经济和种族群体中的男性、女性和青年能公平分享利益。为促进创新,必须综合考虑所有利益相关方的具体情况、观点、知识、需求和权利。

通过18个案例说明林业部门创新可以多种方式实现积极变化。

► 案例研究是发掘和展示林业部门创新潜力的重要手段。本报告探讨的案例展示了不同区域和不同规模的先进流程、工具和技术,案例所提供的证据、知识及经验教训可在全球不同背景下应用。案例分为森林保护、恢复和可持续利用三个类别。

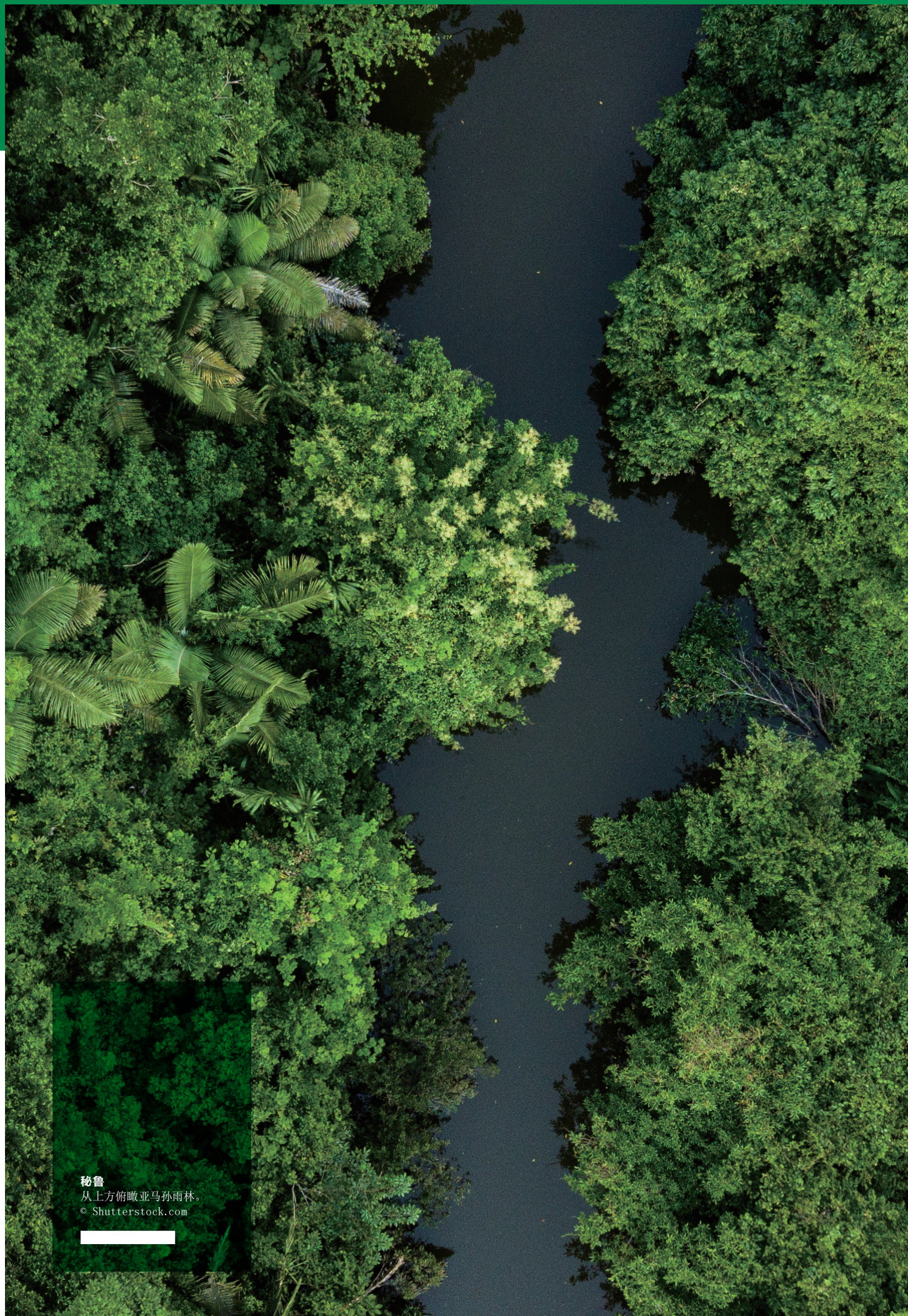
1. **通过创新,制止森林砍伐,促进森林养护。** 此类创新包括通过多方治理模式,扩大肯尼亚和尼日利亚的综合可持续景观管理;利用森林促进提高农业生产率的新数据,为巴西森林保护工作提供资金;利用伙伴关系和技术创新,减少加纳大宗商品导致的森林砍伐;在哥伦比亚社区森林管理中引入创新工具和技术;结合科技和传统知识,支持土著人民担当森林守护者角色,推动由当地主导的综合火灾管理。
2. **通过创新,支持退化土地恢复,扩大复合农林业。** 此类创新包括通过制定新的国家政策,更好地支持印度的复合农林业;在撒哈拉和萨赫勒“绿色长城”地区,将当地社区的社会经济目标和营养需求与防治荒漠化的恢复行动结合起来;利用地理空间和其他数字技术整理传播生态恢复示范方法,监测“联合国生态系统恢复十年”的实施进展;采用新技术、新做法和植物新品种,增强瓦努阿图传统水芋园的韧性;改善当地森林资

源治理，为摩洛哥和突尼斯的农业和森林恢复带来惠益；通过一个长期项目，将莫桑比克复合农林业与碳交易结合起来。

3. 通过创新，促进森林可持续利用，打造绿色价值链。此类创新包括利用越南集体组织的力量，向小型林业企业提供无抵押小额信贷；利用新的诊断工具和方法，推动13个非洲国家可持续野生生物管理立法改革进程；利用数字技术提高危地马拉的木材跟踪效率，促进打造可持续供应链；在巴西、圭亚那、巴拿马和秘鲁改善木材供应链连通性，以减少浪费并提高可持续森林管理的可行性；在斯洛文尼亚和美利坚合众国利用新的木材加工技术，促进生物经济，增强抗震能力；通过农民田间学校，实现农民主导的可持续森林和农业生产创新。

必须扩大负责任创新，最大限度发挥林业部门对农业粮食体系转型和其他全球挑战的贡献。

- 可通过五大扶持行动鼓励负责任和包容性创新，优化森林解决方案，应对全球挑战。这五大行动是：（1）提高对创新意义的认识，打造一种通过创新促进积极变化的文化；（2）提升创新技能、能力和知识水平，确保林业部门利益相关方有能力管理创新和应用；（3）鼓励建立变革性伙伴关系，降低林业部门创新风险，提供知识和技术转让机会，确立适当的保障措施；（4）确保提供更多普惠资金资源，鼓励林业部门创新；（5）打造能激励林业部门创新的政策环境。



秘鲁

从上方俯瞰亚马孙雨林。

© Shutterstock.com



第1章

随着世界面临的威胁不断升级，森林为全球挑战提供了解决方案

要点

→ 随着世界面临的威胁不断升级，森林为全球挑战提供了解决方案。本报告介绍世界森林最新状况，探究可用以扩大森林保护、恢复和可持续发展的创新。

世界在多方面面临日益严重的威胁，而采取必要行动，避免威胁的时间十分有限。以17项可持续发展目标为核心的《2030年可持续发展议程》描绘了一个没有贫困、饥饿、疾病和匮乏且所有生命都能蓬勃发展的世界。但要想实现各项可持续发展目标，我们就必须立即采取行动。

温室气体排放增加已导致大气、海洋、冰冻圈和生物圈发生广泛而迅速的变化；2011–2020年全球地表温度比1850–1900年升高1.1°C。¹人为造成的气候变化已在所有区域造成众多天气和气候极端事件，对自然和人类造成广泛不利影响以及相关损失和损害。历史上对当前气候变化影响最小的弱势群体，现在受到气候变化的影响却尤为严重。¹与以往任何

时候相比，当前的人类行为对更多物种在全球范围内灭绝造成了更大威胁。在接受评估的动植物群落中，平均约25%的物种受到威胁，这表明约100万个物种已经面临灭绝，其中许多物种将在几十年内灭绝，除非我们采取行动来减轻导致生物多样性丧失的各项驱动因素的影响。²

森林和树木为应对气候和生物多样性危机提供了具有成本效益的解决方案，在向更加高效、包容、有韧性和可持续的农业粮食体系转型、实现更好生产、更好营养、更好环境和更好生活，确保不让任何人掉队的过程中不可或缺（**插文1**）。通过停止森林砍伐、防止森林退化，可减少全球温室气体排放，而通过森林和景观恢复，可消除大气中的碳。碳也可储存在寿命较长的木材产品中。森林对气候的作用不仅仅是储存和封存碳，还通过蒸散作用及森林的物理结构和化学作用为全球带来巨大降温效应。³这种额外的减缓作用与森林调节降雨、稳定当地气候的能力相辅相成，有助于最大限度地减少极端天气，让森林在适应气候变化、增强抵御气候变化的韧性方面发挥重要作用。³森林蕴藏着地球上大部分陆地生物多样性：例

插文1 林业和农业粮食体系转型

森林和树木是农业粮食体系的重要组成部分。森林砍伐，特别是在热带地区，会造成当地气温升高，扰乱降雨模式，从而加剧全球气候变化对当地的影响，对农业生产造成严重后果。³森林为世界上大部分陆地生物多样性提供了不可缺少的栖息地，而生物多样性对当地生计和农业粮食体系的韧性至关重要。⁷野外采集的森林食物对许多林区居民的粮食安全和营养非常重要，特别是在热带和亚热带偏远地区以

及在农业产量下降时（例如干旱期间）。⁸复合农林业和其他多元化生产体系往往比传统农业更能抵御环境冲击，有助于加强粮食安全和营养，提高作物生产率。⁸通过森林保护、恢复和可持续利用增强森林对农业产生的惠益，对于向更加高效、包容、有韧性和可持续的农业粮食体系转型至关重要，从而实现更好生产、更好营养、更好环境和更好生活，不让任何人掉队。

如，森林为大约80%的两栖动物、75%的鸟类、68%的哺乳动物提供栖息地。⁴森林和树木对人类的粮食安全和营养作出了重大贡献，而复合农林业可增加农民收入，增强农业体系的韧性，提高农业生产率。⁵森林还能以多种方式增强社区和生计抵御威胁和危机的韧性，消除导致粮食不安全、营养不良和贫困的根本原因。森林是烹饪用薪材、野生食物、饲料和房屋建材的来源；森林可保护水资源，提供其他生态系统服务；森林还可缓冲极端天气的影响。⁶■

林业部门创新的必要性

变革步伐加快以及应对全球挑战的紧迫性，要求我们寻找多样化、灵活、适应性强且可快速推广的创造性解决方案。因此，当务之急是挖掘人类创造力并拥抱创新，包括在林业部门。

全球范围内正越来越认识到各类创新（技术、社会、政策、体制和金融）对于保护、恢复

和可持续利用森林、树木和相关生态系统的重要性。2022年，联合国粮食及农业组织（粮农组织）通过了首个《科学与创新战略》，⁹以加强科学与创新在粮农组织技术干预和规范性指导工作中的运用。通过包容和透明的磋商，该战略得到了粮农组织理事会第170届会议的核准。该战略将创新定义为“独辟蹊径，无论是用新办法解决老问题，用老办法解决新问题，还是用新办法解决新问题。”^a《科学与创新战略》是实施粮农组织《2022-31年战略框架》的关键工具。¹⁰其范围广泛而包容，强调跨学科性，以考虑所有科学领域、科学家和非学术机构之间的合作，并考虑所有类型的创新，包括源自土著人民和小规模生产者知识的创新。

粮农组织林业委员会第26届会议¹¹认识到森林在应对全球挑战所造成影响方面可发挥

^a 粮农组织《科学与创新战略》还在农业粮食体系背景下给出了创新的定义：创新用动词时，指个人、社区或组织对商品及服务的设计、生产或循环再生过程中做出的变化以及对周围体制环境做出的变化，这种变化在各自背景下是全新的改变，有助于推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食体系转型。创新还可用作名词，指该过程产生的变化。创新包括做法、规范、市场、体制安排等方面的变化，可能有助于建立与现状不同的新的粮食生产、加工、流通、消费网络。粮农组织《科学与创新战略》将农业创新定义为“个人或组织在特定情况下首次应用全新或已有的产品、流程或组织形式的过程，目的是提高成效、竞争实力、冲击抵御能力或环境可持续性，从而改善粮食安全和营养，促进经济发展，或改进自然资源可持续管理”。

插文2 林业部门

本报告中，“林业部门”被定义为“与可持续森林管理、木材及其他木质和非木质林产品的提供和生产、森林生态系统和生物多样性保护、保障森林利益等相关的各种活动。”¹⁴因此，林业部门涵盖涉及森林*以及森林之外树木（例如一些复合农林业和城市林业环境中的树木）的所有活动以及

各种利益相关方，包括政府、民间社会组织、生产者组织、合作社、私营部门组织、土著人民、弱势和边缘化人群、青年和女性等。本报告使用的“林业部门创新”一词涵盖林业部门这一广义定义下的一系列创新。

* 粮农组织将“森林”定义为面积超过0.5公顷、树高超过5米且树冠覆盖率超过10%的土地，或者指在原生境生长且有可能达到这些标准的树木，不包括主要为农业或城市用地的土地。¹⁵

的潜力，包括通过三种相互关联的路径。^b会议鼓励粮农组织动员各成员国及公共和私营部门从三个维度^c促进可持续发展，推动科学与创新。

关于本出版物

粮农组织旗舰出版物《世界森林状况》每两年出版一期，介绍有关森林与人类之间相互作用的数据和分析，每期有一个特定主题。本报告是对粮农组织每五年发布一次的《全球森林资源评估》以及其他与森林相关出版物的补充。《2024年世界森林状况》重点介绍世界森林状况，并以粮农组织《科学与创新战略》为基础，探讨在农业粮食体系转型背景下，如何通过创新，促进森林保护、恢复和可持续利用。本报告通过概述林业部门（“林业部门”定义见**插文2**）的创新，探讨创新与粮农组织

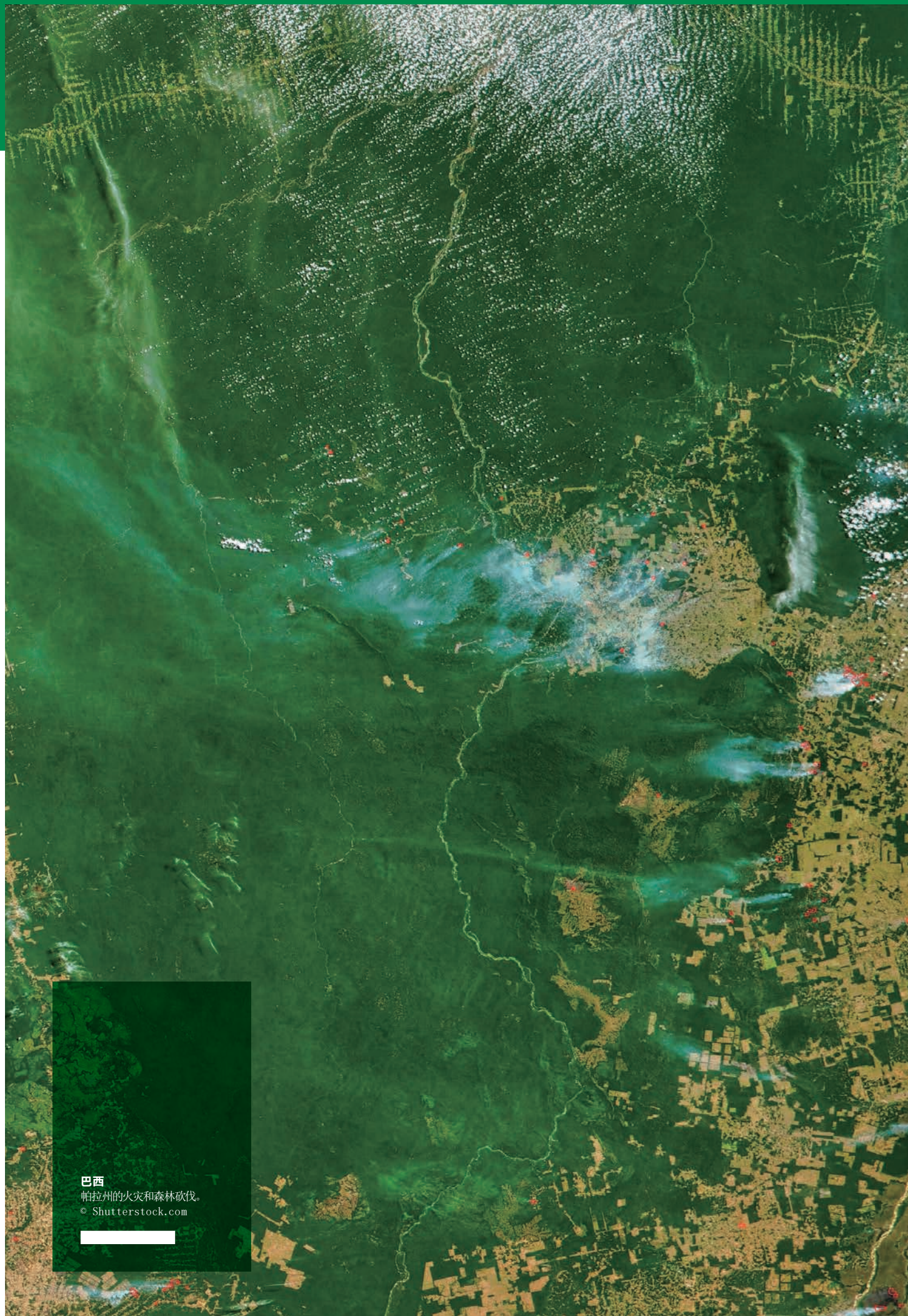
《2022-2031年气候变化战略》、¹²粮农组织《农业部门生物多样性主流化战略》¹³以及粮农组织其他战略和指导文件相关的重要意义。

《2024年世界森林状况》分为五章：

- 第1章是引言。
- 第2章参考《2020年全球森林资源评估》、¹⁶粮农组织统计数据库¹⁷和其他资料来源，介绍全球森林最新趋势和林木产量预测，强调林业部门创新对于应对挑战的重要性。
- 第3章介绍粮农组织的创新类型，概述森林部门创新的多样性。
- 第4章介绍18个案例，涉及支持林业部门创新的方法和技术。
- 第5章讨论推广林业部门创新的扶持行动。■

^b 这三种路径为：（1）遏制森林砍伐，加强森林养护（“保护”）；（2）恢复退化的林地并扩大复合农林业（“恢复”）；（3）可持续利用森林，构建绿色价值链（“可持续利用”）。

^c 经济、社会、环境。



巴西

帕拉州的火灾和森林砍伐。

© Shutterstock.com

第2章

尽管森林砍伐正在放缓，但森林正面临气候相关因素的压力，对林产品的需求不断上升

要点

→ 最近的数据表明，一些国家的森林砍伐量显著减少。例如，2021-2022年印度尼西亚的森林砍伐量估计减少了8.4%，2023年巴西亚马孙行政区的森林砍伐量减少了50%。2000-2010年到2010-2020年期间，全球红树林总损失率下降了23%。

→ 气候变化使森林更容易受到野火和病虫害等非生物和生物压力的影响。野火的强度和频率正在不断增加。2021年，北方森林占野火造成的二氧化碳排放量近四分之一。2023年，全球火灾导致的排放量估计为6687兆吨二氧化碳，是当年欧盟化石燃料燃烧造成的二氧化碳排放量的两倍多。在美丽坚合众国，预计到2027年因病虫害将导致2500万公顷林地丧失20%以上寄主树木胸高断面积。

→ 全球林木产量达到创纪录水平，达每年约40亿立方米。估计2022年圆木采伐量约为20.4亿立方米，与2021年相近。2022年薪材采伐量约为19.7亿立方米，占林木采伐总量近一半（49.4%）；这一比例在非洲较高，达到90%。

→ 近60亿人使用非木材林产品，其中包括全球南方27.7亿农村用户。目前已具备有关松子、森林蘑菇和松露的国际贸易数据：2022年这些产品的全球出口总额约为18亿美元。

→ 到2050年的预测表明，对林木的需求将显著增加，但预测增幅浮动较大。全球圆木需求增幅可能高达49%（2020年至2050年间），主要由工业圆木需求推动，但这一预测存在较大不确定性。1961年至2022年间，林木利用效率提高了15%。

→ 鉴于环境条件快速变化，对森林的需求不断增加，林业部门需要加快创新步伐。推动创新的三大要素是：（1）气候变化等压力不断升级，需要新的森林和土地管理方法；（2）向以林木为主要投入品的生物经济转型；（3）种类繁多的非木质林产品可为高达数十亿小规模经营者提供机遇。

本章介绍有关森林资源以及木制品和非木质林产品的最新数据，^d并对未来林木需求做出预测。^e鉴于火灾和病虫害等压力因素对森林的影响日益增加，而森林在应对全球挑战方面可发挥多重作用，本章将探讨以创新方法实现森林保护、恢复和可持续利用的必要性。■

2.1

最近的数据表明，一些国家的森林砍伐量显著减少

2020年，全球森林覆盖面积约41亿公顷，占世界陆地面积的31%。¹⁸其中最大部分位于热带地区，其次是寒带、温带、亚热带。世界一半以上的森林（54%）分布在五个国家——俄罗斯联邦、巴西、加拿大、美利坚合众国和中国（按面积降序排列）。十个国家合计占全球森林面积的三分之二，其中除上述国家外，还包括澳大利亚、刚果民主共和国、印度尼西亚、秘鲁和印度（按降序排列）。

1990年至2020年间，估计有4.2亿公顷森林转为其他用地。¹⁸在此期间，森林砍伐速度有所下降，从1990–2000年的每年1580万公顷，降至2015–2020年的每年1020万公顷。2015–2020年，非洲每年毁林面积为441万公顷，南美为295万公顷，亚洲为224万公顷。2020年森林资

^d 非木质林产品包括采用非森林、其他林地、森林以外树木所产林木生产的生物制品。非木材林产品一般包括所有非木质林产品，再加上某些木质材料，例如薪材和零碎木料。

^e 本章并无意全面介绍世界森林状况，因为为下期《全球森林资源评估》（将于2025年发布）开展的数据收集工作仍在进行中；本章目的在于突出介绍有关森林资源的最新重要变化。

表1 2010–2020年林面积年均净增排名前十的国家

排名	国家	年净变化 (1000公顷/年)
1	中国	1937
2	澳大利亚	446
3	印度	266
4	智利	149
5	越南	126
6	土耳其	114
7	美利坚合众国	108
8	法国	83
9	意大利	54
10	罗马尼亚	41

资料来源：粮农组织。2020。《2020年全球森林资源评估：主报告》。罗马。

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-tab01> ↓

源评估遥感调查证实，全球森林砍伐量呈下降趋势。¹⁶

森林面积随时间发生的变化由两个因素造成：一是森林砍伐；二是在曾作他用的土地上森林扩张。在全球范围内，2010–2020年森林面积的净变化（即森林扩张与森林砍伐之间的差额）估计为每年470万公顷，明显低于前两个十年（1990–2000年每年为780万公顷，2000–2010年每年为520万公顷）。表1列示的是2020年前十年间森林面积年净增量排名前十的国家。

为《2025年全球森林资源评估》收集的初步数据表明，在此前森林面积缩减排名前十的一些国家，其缩减速度已显著下降。对印度尼西亚2021–2022年数据的初步审查表明，与2020–2021年相比，森林砍伐量显著减少，减幅达8.4%。这是自1990年环境和林业部开始跟踪年度森林砍伐情况以来，印度尼西亚有记录的最低森林砍伐量；总体而言，砍伐率在此期间下降了近90%。^{19, 20}巴西亚马孙行政区的森林

砍伐量在2023年（与2022年相比）显著减少，降幅高达50%，^f而该地区面积约占该国总面积的60%。²²

有关非洲大陆森林砍伐的最新数据支持了森林资源评估遥感调查的发现，^g表明森林砍伐率正在下降。根据欧盟委员会联合研究中心制作的全球森林覆盖变化及其驱动因素图得出的统计数据，2016–2019年至2020–2022年间，非洲所有次区域和整个非洲大陆的每年森林砍伐率均有所下降。²³然而，应谨慎解读这些结果，并以将在《2025年全球森林资源评估》中发布的国家报告数据为准。

红树林

红树林为数亿沿海人口提供了重要的生态系统服务，维持着丰富的食物网，并提供了稳定海岸、吸收养分和碳封存等调节服务。2023年，粮农组织发布了全球和各区域红树林面积调查结果，分析了2000年至2020年间的变化，旨在进一步了解驱动变化的因素以及这些变化的相对重要性如何随时间推移发生变化。²⁴该项研究采用了遥感技术与当地知识相结合的方法来估计红树林面积和变化，重点关注土地利用情况而不是土地覆盖情况；这是首次进行此类全球红树林调查。

据该项研究估计，2020年全球红树林面积为1480万公顷，南亚和东南亚占全球总面积的近44%。2000年至2020年间，全球红树林面积净减少28.4万公顷，相当于整体减少约1.9%。近两个十年（即2000–2010年和2010–2020年），

全球红树林总损失率下降了23%，但红树林面积增长率也略有下降。红树林面积增减大部分发生在亚洲。2000年至2020年间造成红树林消失的主要原因是水产养殖业发展和自然退缩，^h其次是将红树林转化为油棕榈种植园、稻田和其他形式的农业用地。请注意，研究中使用的数据和方法无法区分不同类型的水产养殖活动，因此使用了“水产养殖”这一概括性说法。不过，红树林消失主要与池塘养虾有关，极少数情况下也与池塘养殖有鳍鱼类有关。因此，大多数水产养殖活动不会影响红树林。

该项研究强调了自然退缩作为红树林损失驱动因素的重要性。海平面上升和极端天气事件等气候变化的影响都在威胁着红树林，并增加了当地社区遭受灾害的脆弱性。尽管2000年至2020年间，全球红树林面积净变化为负，但红树林的自然扩张大幅超越了因自然原因ⁱ消失的面积（高出63%，扩张294500公顷，消失186200公顷）。这一意外发现证明红树林具有韧性，可适应环境变化，并在合适的栖生地生存。研究表明，需要关注土地利用造成的红树林消失，特别是在东南亚以及西非和中非，这两个次区域在研究期间红树林面积损失最大。

粮农组织仍在继续努力改进其森林资源评估流程（[插图3](#)）。有关毁林等森林属性的更多更新数据将于2025年发布下一份《全球森林资源评估》报告时公布。■

^f 巴西的亚马孙行政区由阿克里州、阿马帕州、亚马孙州、帕拉州、朗多尼亚州、罗赖马州、托坎廷斯州和马托格罗索州以及位于44度子午线以西的马拉尼昂州各城镇组成。²¹

^g 根据2020年全球森林资源评估遥感调查数据，2000–2010年至2010–2018年间，非洲每年的森林砍伐量下降了23%。¹⁸

^h 自然退缩被定义为因河床、沉积物输入或海平面的自然变化或运动，导致红树林生态系统局部灭绝。海平面上升和较严重天气事件等气候变化的影响可能会加剧这种自然变化。

ⁱ 自然原因包括海啸等灾害的影响。

插文3 加强《全球森林资源评估》的数据收集和传播流程

一系列创新工具和平台正在改变土地和森林数据的收集、分析和传播方式，包括《全球森林资源评估》相关数据。^{*}在2020年全球森林资源评估遥感调查过程中，粮农组织培训了来自126个国家的800多名专家，并在40万个地点收集了数据。2018年，粮农组织开发了全球森林资源评估平台，²⁵以减轻各国的报告负担，提高报告数据的一致性，并促进合作方在数据收集和分析过程中的互动。这样做的另一个好处是有助于改善全球森林资源评估数据和其他信息的传播和使用，包括面向公众传播。

该平台的推出使数据收集过程完全实现数字化，包括通过交叉检查自动化，确保报告表

格之间的一致性；通过记录报告过程，增强机构记忆；通过共享对地理空间数据和产品，为报告工作提供支持；通过轻松下载数据，用于进一步分析。

就《2025年全球森林资源评估》而言，更强大的元数据支持可更好地记录所报告的数据，改进基础数据收集和分析系统。通过该平台加强与以往提交的文件和报告周期的交叉检验和互操作性，也有助于避免人为错误造成的一致，减少各国的报告负担和成本，实现向灵活的报告流程过渡，使各国能够在五年报告周期内利用新数据更新相关报告。

^{*} 见粮农组织。无日期。《全球森林资源评估》。参见：粮农组织。<https://www.fao.org/forest-resources-assessment/zh/>

2.2 气候变化使森林更容易受到野火和病虫害等非生物和生物压力的影响

野火

据估计，每年有3.4-3.7亿公顷陆地表面（接近澳大利亚大陆陆地面积的一半）受到火灾影响。^{26, 27}2023年估计有3.83亿公顷土地（以

中分辨率成像光谱仪[MODIS]^j数据为准）遭受了火灾。²⁸但请注意，由于技术限制以及小型火灾探测、时间和云层覆盖等相关挑战造成的测量不完整，实际过火面积可能大于这一数字。例如，在撒哈拉以南非洲，哨兵二号卫星数据（空间分辨率为20米）显示2019年的总过火面积比MODIS中分辨率光谱成像仪数据（分辨率为500米）估计的面积大120%。这证实了MODIS未绘制的火灾尚未纳入全球分析。²⁹

火是一种广泛用于各种社会生态目的的土地管理工具，³⁰但不受控制的火（野火）可对地方、国家和全球各级产生重大负面影响。野火的频率和强度正在增加，包括在以前未受野火

^j MODIS是一种用于地球和气候测量的卫星传感器。

影响的地区，特别是由于气候变化和土地利用变化造成的野火。例如，此前，北方森林野火约占全球野火造成的二氧化碳排放量的10%；然而，到2021年，北方森林野火的二氧化碳排放量达到了新高（主要是由于持续干旱导致火灾严重程度和燃料消耗增加），占野火排放总量的近四分之一。³¹2023年，北半球的野火活动出现破纪录增长。³²加拿大估计发生了6868起火灾，过火面积1460万公顷，³³为20年平均水平的五倍多。

野火的频率和强度增加本身在很大程度上是气候变化的结果，可加速碳循环中的正反馈循环，给全球气候变化减缓工作带来挑战。³⁴卫星观测结果表明，2023年，全球火灾共排放了6687兆吨二氧化碳，^{k, 28}是估计欧盟当年燃烧化石燃料造成的二氧化碳排放量（26亿吨）的两倍多。³⁵将本土和其他传统火灾管理方法与现代技术和知识相结合，是世界各地的一项创新。

病虫害

气候变化使森林更容易受到入侵物种的影响，导致森林的地理分布、物候以及种群动态等方面发生变化。³⁶病虫害和病原菌会影响树木的生长和生存、林木质量以及提供碳固存等生态系统服务的能力。世界各地的森林都很容易受到多种物种的入侵。³⁷气候变化和不良森林管理做法也会导致小蠹等本土病虫害暴发。³⁸

^k 该估计基于全球火灾整合系统数据集，该数据集利用来自卫星传感器的火灾辐射功率观测结果，整合生成野火和生物质燃烧排放的每日估计值。火灾辐射功率是衡量火灾释放能量的指标，因此它衡量的是燃烧了多少植被。目前全球火灾整合系统中整合的火灾辐射功率观测数据是Terra MODIS和Aqua MODIS的活跃火灾产品。

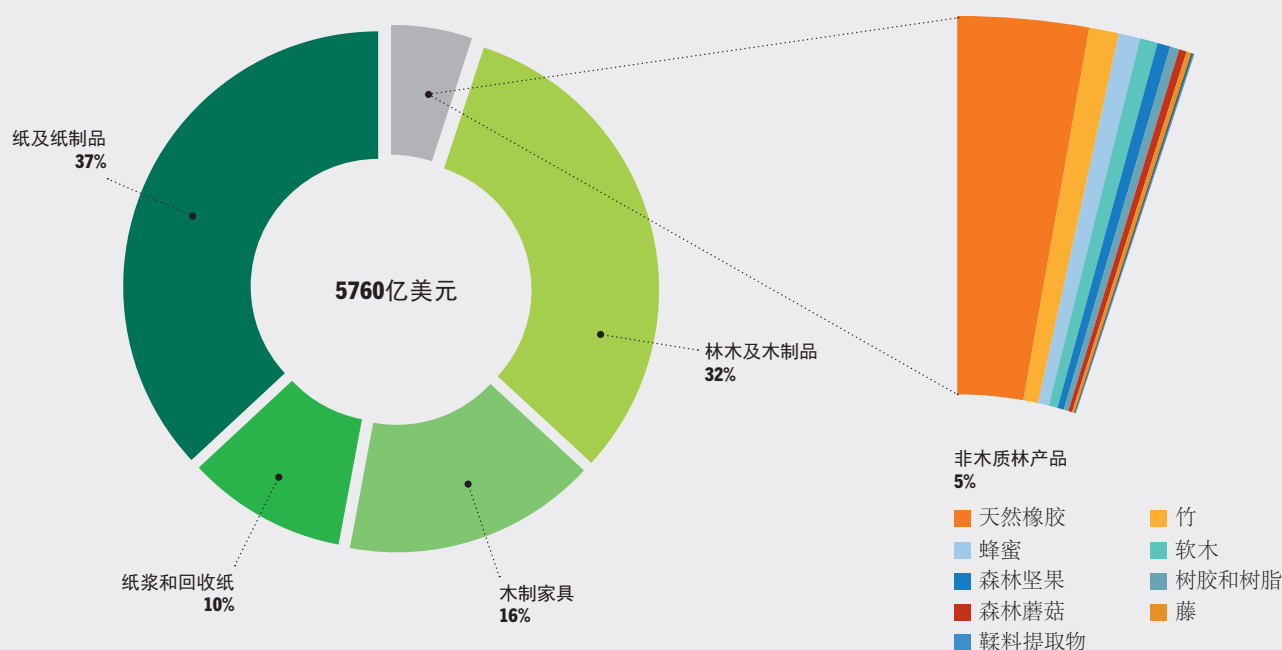
病虫害会对森林造成巨大威胁：例如，松材线虫对中国、日本和大韩民国的原生松林造成了重大破坏。据大韩民国山林厅报告，1988年至2022年间，松材线虫共造成了1200万棵松树死亡。³⁹在美利坚合众国，预计到2027年，病虫害将导致2500万公顷林地损失20%以上的寄主树木胸高断面面积。⁴⁰

全球范围内对森林退化（包括病虫害和疾病暴发）的监测尚处于早期阶段，也很难量化所造成损害的经济成本，包括木材损失、树木更新成本以及对当地社区生态系统服务和社会经济成果的影响。³⁹需要进行技术和政策创新，以更好地了解 and 应对火灾、病虫害等相互关联的森林扰乱因素以及气候变化带来的影响，并采取更加综合的措施对其进行管理，增强森林和依赖森林人口的韧性。⁴⁰■

2.3

全球林木产量达到创纪录水平，达每年约40亿立方米

林产品生产和贸易统计历来侧重于木基产品，这是来自森林的主要产品，相关市场比较成熟。虽然这种情况正在发生变化，但对许多森林所有者和管理者来说，林木和木纤维产品仍然是林业最重要的收入和就业来源，占全球林产品贸易价值的大部分（图1）。本节分析林木生产和贸易现状，而下一节将讨论非木质林产品，这方面的数据正在增加。有关森林服务货币回报的数据不太容易获得，因此此处未报告。但人们已认识到社会高度依赖于各类森林服务：例

图1 2022年全球林产品出口份额（按产品类别列示）

注：林木 = 未加工木材（圆木，又称“毛坯木材”；包括原木、制浆材、其他工业圆木和薪材）；木制品 = 除家具外所有转化/加工产品（木炭、削片、木屑颗粒和木质燃料块、锯材、板材以及深加工木制品，如预制木屋、门、窗框）。木制家具也是一种木制品，但在这里列为单独类别。
资料来源：粮农组织。2023。粮农组织统计数据库：林业生产和贸易。[2023年12月29日访问]。<https://www.fao.org/faostat/zh/#data/F0>。许可：CC-BY-4.0；和UN Comtrade。2023。联合国商品贸易统计数据库。[2023年12月29日访问]。<https://comtradeplus.un.org/>

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig01>

如，估计全球国内生产总值一半以上在很大程度上依赖于生态系统服务，包括森林服务。⁴

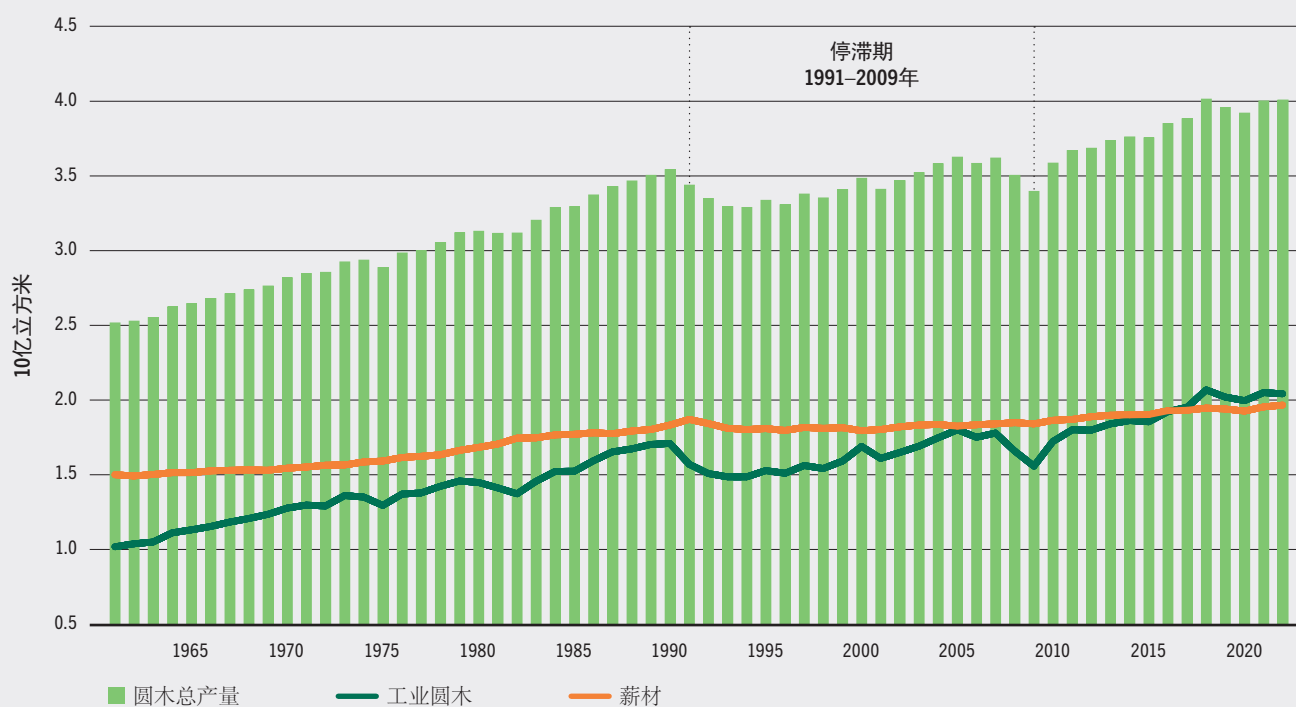
全球圆木采伐量（也是全球圆木产量和消费量的代用指标）在1961年至1990年间持续增长，过去二十年来相对稳定在每年约35亿立方米（图2）¹，并从2010年左右开始再次增长。2022年全球圆木产量比1990年增加13%。鉴于在同一时期，世界人口增长了50%，世界人均国

内生产总值增长了174%，可以认为圆木产量增幅有限，人均林木产量过去几十年有所下降。⁴¹

近年来，世界圆木每年采伐量约为40亿立方米，其中约一半直接用作燃料（作为薪材）或用于木炭和木屑颗粒生产。其余的20亿立方米林木采伐量中，大部分用作原材料（即工业圆木），用于生产锯材、木基板材和木浆。大部分木浆和回收纸用于纸张和纸板生产。^m

¹ 20世纪90年代的停滞背后有两个政治因素：苏联解体和东西德统一。2001-2002年世界经济衰退和2008-2009年全球金融危机也是其中的原因。

^m 涵盖59个木制品类别、24个产品组以及超过245个国家和领土的详细数据可在粮农组织统计数据库林业数据库中获取，网址：<https://www.fao.org/faostat/zh/#data/F0>。

图2 1961–2022年世界圆木产量，包括工业圆木和薪材

资料来源：粮农组织。2023。粮农组织统计数据库：林业生产和贸易。[2023年10月15日访问]。<https://www.fao.org/faostat/zh/#data/F0>。许可：CC-BY-4.0。

2019冠状病毒病大流行对林产品生产和贸易产生了相对较短期的影响：继2020年大幅下降之后，几乎所有主要木基产品的全球生产和贸易量在2021年均创下历史新高。由于全球供应链中断，加上消费需求放缓和一些国家出台新的贸易限制措施，2022年大多数木制品的生产和贸易量均有所减少。

与2021年相比，2022年全球工业圆木采伐量几乎没有变化，为20.4亿立方米，创历史新高（图2）。2022年，全球贸易量大幅下降17%，至1.19亿立方米，其中37%出口到中国。全球贸易萎缩量中一半是因俄罗斯联邦实施原木出口限制措施所致。^{17, 42}

薪材在林木总产量中所占份额

木质生物质，特别是来自森林的薪材和木炭，为烹饪和取暖提供了至关重要的基础能源。2021年，全球约有23亿人（占世界总人口的29%）依赖木质生物质烹饪和取暖，这些人大部分居住在撒哈拉以南非洲和南亚。⁴³薪材在全球圆木产量中所占份额从1961年的60%下降到2022年的49.4%（表2），而同年（2022年），非洲的这一份额为90%，亚洲为60%。¹⁷2018年，工业圆木产量历史上首次超过薪材（图2）。

薪材通常被认为是最便宜、最可靠的能源，特别是对于全球南方的低收入人群以及受

表2 2022年圆木产量（按主要用途列示）

	薪材	工业圆木	圆木总产量
世界（10亿立方米）	1.97	2.04	4.01
占圆木总产量的份额（%）	49.4	50.6	
非洲 + 亚洲 + 南美（10亿立方米）	1.61	0.79	2.40
占世界总量的份额（%）	82	39	60
欧洲 + 北美（10亿立方米）	0.26	1.17	1.43
占世界总量的份额（%）	13	57	36

资料来源：粮农组织。2023。粮农组织统计数据库：林业生产和贸易。[2023年10月15日访问]。<https://www.fao.org/faostat/zh/#data/F0>。许可：CC-BY-4.0。

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-tab02> 

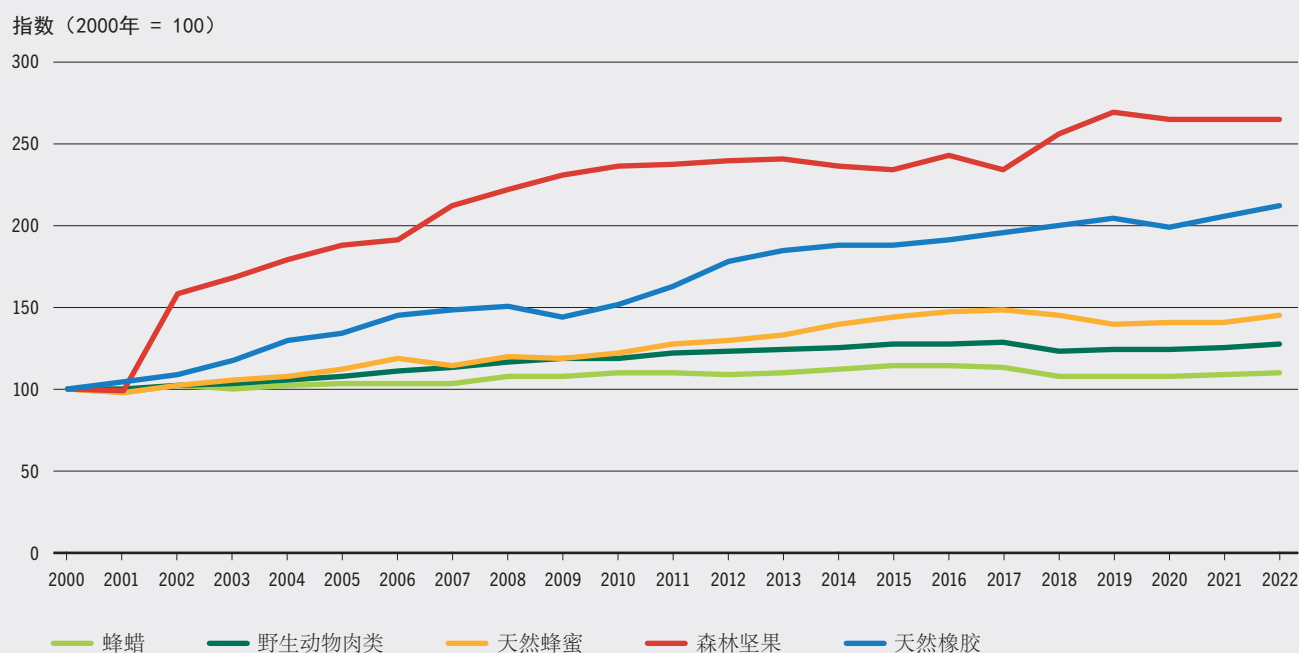
灾害和人道危机影响的人来说。广泛使用薪材引起的主要担忧包括其对森林退化和森林砍伐的影响、用简陋炉灶烧火造成的室内空气污染以及对木材高附加值用途的潜在影响。

薪材大多数（82%）在非洲、亚洲和南美生产和消费，其余部分在欧洲和北美（13%）以及世界其他地区（5%）（表2）。世界上半以上的工业圆木产于欧洲和北美，39%产于非洲、亚洲和南美。■

2.4 近60亿人使用非木材林产品

据估计，全球有58亿人使用非木材林产品，其中包括全球南方27.7亿农村用户。⁴⁴全球约50%的人口利用野生物种（物种总数估计为50000个），70%的穷人为获取食物、药品、能源、收入或其他用途利用野生物种。⁴⁵女性作为传统知识的主要持有者、可食用野生植物的采集者，在非木材林产品生产中发挥着至关重要的作用，特别是在非洲和亚洲。她们在小规模非木材林产品贸易中也发挥着关键作用（男性更有可能拥有和管理较大的企业）。除了体力要求外，当地社会规范、个人安全问题和家庭责任也可能限制女性从事非木材林产品开发的机会。⁴⁶

许多非木材林产品具有重要价值。在印度，非木材林产品为约2.75亿人提供生计，当地人口和土著人民最高达40%的收入来自这些产品；⁴⁷在欧洲，非木质林产品（定义见脚注d）的价值（包括正式和非正式市场以及自我消费

图3 2000–2022年五种非木质林产品的产量趋势

注：2000年至2022年间，坚果和天然橡胶的产量增幅最大（分别为165%和113%）；蜂蜜、野生动物肉类和蜂蜡增幅较小。消费者越来越意识到食用坚果和蜂蜜等可食用林产品对健康带来的益处，并对天然和可持续来源的食物兴趣日浓。新技术也在推动产量增长方面发挥了作用。天然蜂蜜和蜂蜡既包括林产品，也包括农产品。

资料来源：粮农组织。2023。粮农组织统计数据库：作物和牲畜产品。[2023年12月29日访问]。<https://www.fao.org/faostat/zh/#data/QCL>。许可：CC-BY-4.0。

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig03>

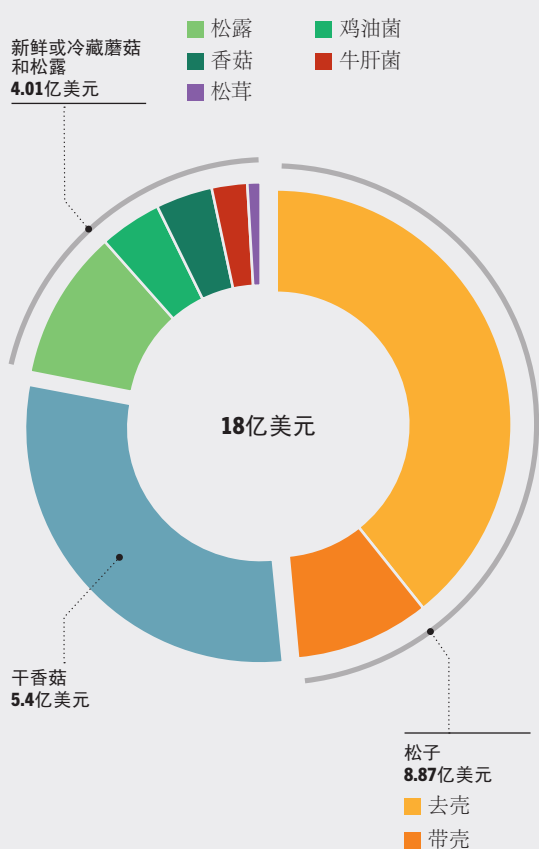
部分）估计为每年233亿欧元。⁴⁸在马拉维，最近一项全国性调查表明，22%的人口食用野生绿叶蔬菜，这有助于落实每日水果和蔬菜消费量建议。⁴⁹野生动物的肉是很多土著狩猎人兼采集人的传统食物。最近估计表明，巴西亚马孙州62个城市的野生动物肉类消费量为每年10691吨；其货币价值（3510万美元）与该地区鱼类和木材产量价值相当。⁵⁰过去45年来，伊基托（位于秘鲁亚马孙地区）的野生动物肉类销量以每年6.4吨的速度增长，与城市人口的增长趋势一致。⁵¹内陆鱼类，无论是直接由自家捕捞还是通过商业性内陆渔业捕捞，通常都属于林产品，因为这些鱼类高度依赖高原、河岸和漫滩林区淡水的质量、数量和时间以及这些森林

和水流创造的河内栖生地。2021年，全球内陆捕捞渔业产量估计为1140万吨。⁵²

图3显示了粮农组织统计数据库报告的全球五种主要非木质林产品的产量趋势。总体而言，过去20年产量一直呈增长趋势。

松子、森林蘑菇和松露已具备新数据可查（2022年），其中一个原因是粮农组织为非木质林产品设立了新的贸易代码（**图4**）。目前（自2022年起）还可监测非洲李树皮贸易量（据报道在体内和体外研究中李树皮展现出抗炎、抗菌和抗病毒特性⁵³）。由于对可持续性的担忧，李树皮贸易已受到密切关注。

图4 2022年全球松子、森林蘑菇和松露出口量



资料来源: UN Comtrade. 2023. 联合国商品贸易统计数据库。[2023年12月29日访问]。 <https://comtradeplus.un.org/>

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig04>

最近,有关非木质林产品的数据有所增加,让人们了解到一系列曾被认为市场价值不大、主要是林区居民生活中使用的森林资源。人们开始越来越清楚地认识到,许多非木质林产品具有巨大的市场价值,通常可与木制品的市场价值相媲美并相互补充。ⁿ因此,有必要进一步改进有关非木质林产品的统计方法和监测工作,以更好地制定循证政策与计划,充分释放这些资源的潜力,包括在发展生物经济的背景下。■

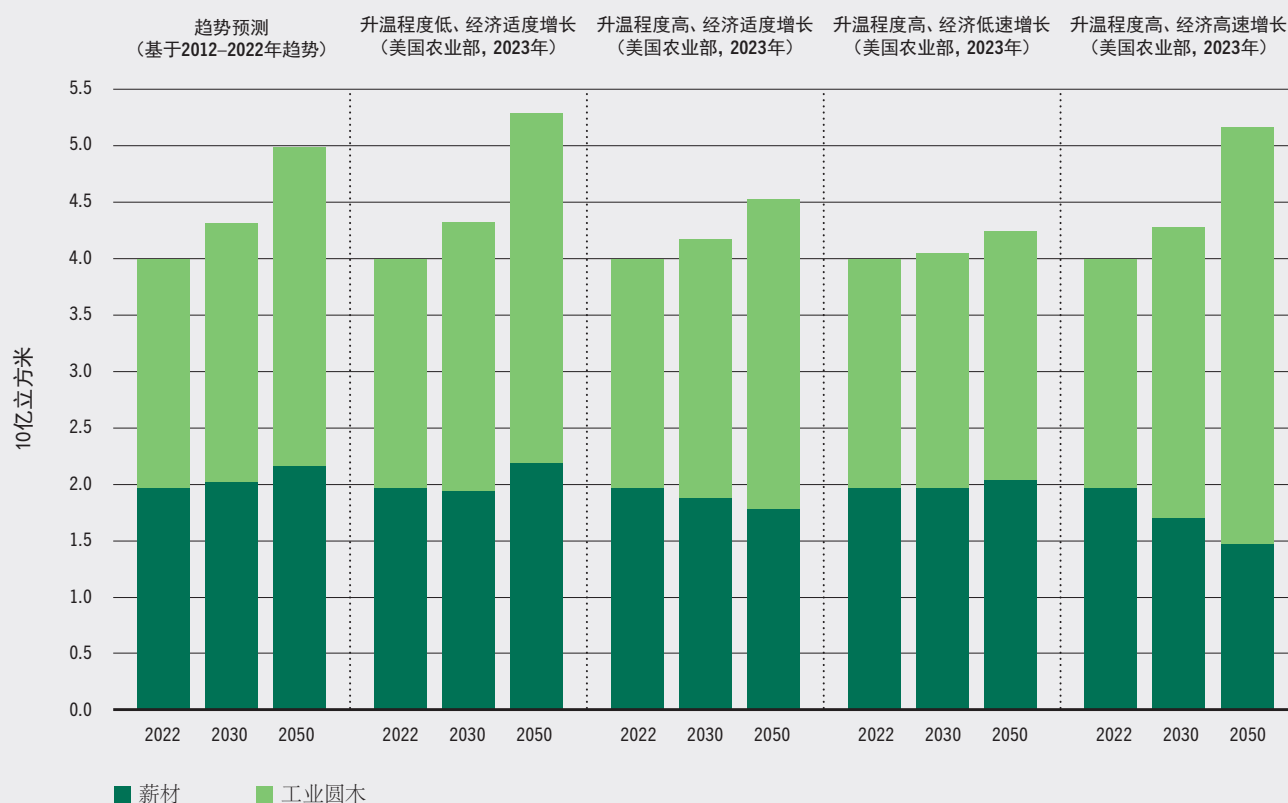
2.5 到2050年的预测表明,对林木的需求将显著增加,但增幅浮动较大

森林及其可持续管理通过生产可再生材料和提供生态系统服务,并通过增强生物多样性、支持生计和创收,在生物经济转型中发挥着重要作用。林木可能会发挥关键作用。

2022年版《世界森林状况》对未来林木在生物经济中的潜在作用进行了分析。此后,美国农业部利用森林资源展望模型(FOROM),对世界圆木和林产品需求进行了新的预测。这些预测基于四种全球气候变暖和经济增长情景:

(1) 升温程度低、经济适度增长;(2) 升温程度高、经济低速增长;(3) 升温程度高、经济适度增长;(4) 升温程度高、经济高速增长。模型依据的是政府间气候变化专门委员会的四种

ⁿ 这并不是要削弱许多非木质林产品对于当地生活消费的重要性,这些用途仍然相当重要。

图5 2030年和2050年全球圆木需求预测

注：本图不包括粮农组织类别中的“其他圆木”（即用于鞣制、蒸馏、火柴杆、杆材等的圆木），该类别占圆木总产量的3-4%。

资料来源：本报告的趋势预测由赫尔辛基大学的L. Hetemäki根据2012-2022年期间的数据估计而来；美国农业部（2023）预测数据来自Johnston, C.M.T.、Guo, J.和Prestemon, J.P.。2023。2015-2070年《美国资源规划法》划定区域和全球林产品市场数据，历史数据（1990-2015年）和利用森林资源展望模型做出的预测（2020-2070年），第二版。参见：林业局研究数据档案馆。<https://doi.org/10.2737/RDS-2022-0073-2>

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig05>

“共享社会经济路径”情景，⁵⁴其中假设了不同的气候政策。

图5显示了到2030年和2050年的全球圆木需求量，其依据是美国农业部的预测和趋势预测（专为本报告估计，见图5说明）。⁵⁵趋势预测假设未来圆木需求变化与根据2012-2022年期间数据估计的趋势一致，可视为一切照旧情景。

根据预测，2022年至2030年，世界圆木产量将增长4-8%，具体取决于不同情景，因此预计近期增长适度。2022年至2050年，产量可能会增加6-32%（长期预测不确定性显著增加）。以圆木体积计算，预计到2050年增量介于2.4亿立方米至12亿立方米之间，具体取决于不同情景。

插文4 通过增值提高森林的经济效益

根据最新分析，⁵⁸ 欧盟仅占世界森林总面积的3.9%，但按价值计算却占全球林产品出口的43%（2022年为1270亿美元）。¹⁷ 而相比之下，非洲的森林面积几乎占世界森林总面积的16%，但仅占世界林产品出口额不到2%。这是因为非洲约90%的林木采伐后被用作取暖和烹饪所需的燃料，而且其出口的大部分木材都未经加工（即圆木）。因此，非洲仅仅留住了木材不到10%的价值。如果非洲能生产和出口更多成品和半成品，就能创造更多就业机会，目前的就业机会与那种情形相比不到10%。⁵⁹

应该指出，图5中的预测参考了有关现有市场的数据。因此，预测不包含对新产品或可能处于开发早期阶段的产品未来需求。此外，美国农业部利用森林资源展望模型进行估计时采用的主要驱动因素是经济增长和人口增长，没有明确包括（例如）替代林产品和基于化石的产品这一驱动因素。该模型的其他局限性包括未能及时纳入新数据以及某些产品类别混合（例如工程木制品、生物燃料和化学品）。

粮农组织还做了其他估算，包含了三种新兴林产品的潜在影响，这些产品被认为是最有希望大规模替代不可再生材料的木制品：（1）用于建筑的重型木结构/正交胶合木；^o（2）用溶解木浆制成的人造纤维素纤维，主要用于纺织工业；（3）作为生物能源的薪材。⁵⁶ 据估计，2050年与2020年相比，对这些产品的需求将使圆木消费量每年增加2.72亿立方米，相当于在此期间全球圆木消费量（产量）总增长（基准

^o 重型木结构（mass timber）包括一系列产品，例如正交胶合木、钉接集成材、胶合层压木材（“胶合木”）、销接组合木、基于单板的大块木板、柱梁和重型木地板，通常由锯材、单板或胶合板制成，有时是三者的组合，用于现代多层建筑。⁵⁷

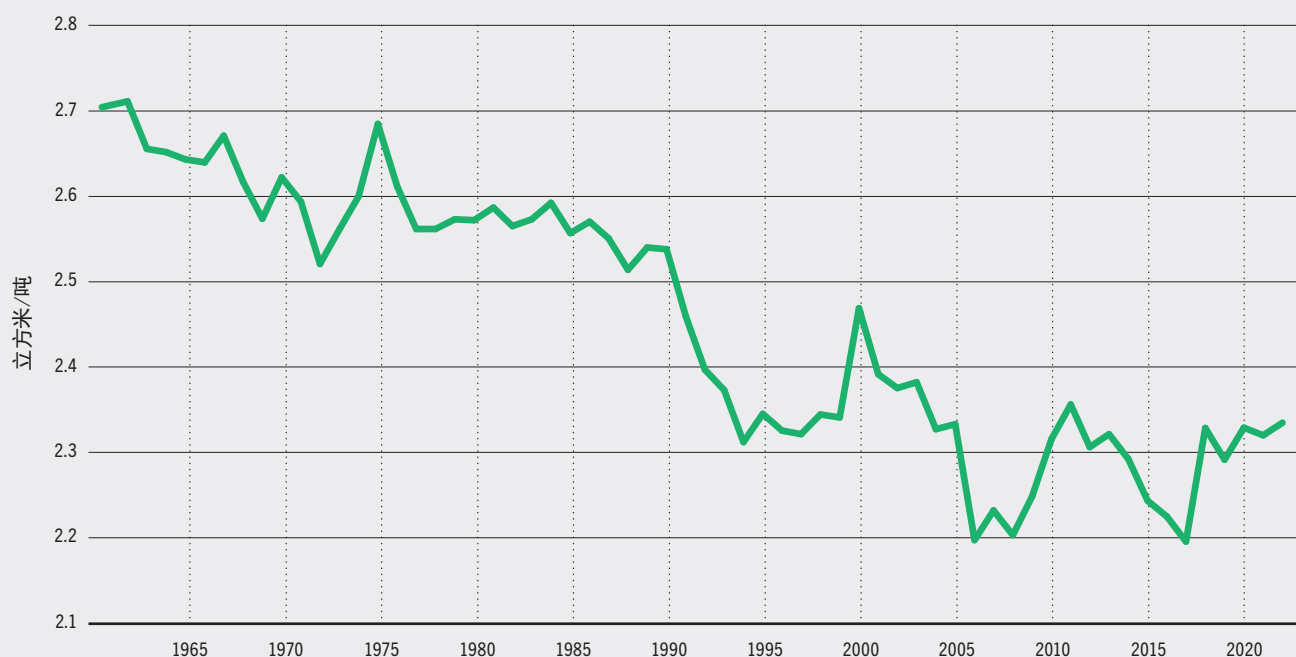
一些非洲国家正在努力提高木材出口的附加值。例如，加蓬自2010年起禁止原木出口，旨在鼓励国内开展木材加工；随后，2009年至2022年，其锯材产量几乎增加了四倍（从280万立方米增至1030万立方米），圆木出口几乎降至零（从2009年的170万立方米降至2022年的1万立方米）。加蓬政府还采取了一系列其他政策措施来发展本国林业部门。⁶⁰

+ 新产品）约49%。请注意，该预测侧重于对木制品的需求。采用多种途径，将提高采伐量与加工效率、再生和植树造林等相互结合，包括在复合农林业中开展此类活动和借助恢复工作，就能以可持续方式保障供应，满足新增需求，支持生物经济。⁵⁷

为了与传统的林业部门展望研究保持一致，上文的讨论重点是对林产品和圆木的数量增长预测。但就国民经济和林业部门收入而言，这些产品的价值可能比数量更重要（插文4）。

对薪材的需求可能会减少

图5总结的预测表明，薪材消费量将小幅增加或略有下降，具体取决于考虑未来五种经济和人口增长情景中的哪一种。粮农组织对各种模型进行模拟综合计算后，展示出不同消费量，主要取决于关于发展中经济体传统使用薪材的基本假设以及未来林木在全球能源供应中的作用。⁵⁶ 在此项综合计算中，估计2050年全球森林薪材消费量介于23亿立方米至27亿立方米

图6 1961–2022年工业圆木的资源利用效率

资料来源：粮农组织。2023。粮农组织统计数据库：林业生产和贸易。[2023年10月15日访问]。<https://www.fao.org/faostat/zh/#data/F0>。许可：CC-BY-4.0。

之间，与2022年相比分别增加17%和37%。有几个主要趋势将影响未来薪材消费，包括：人口增长，特别是在非洲和南亚；太阳能和风能等替代能源的推广；采用更高效的技术，例如现代化炉灶；以及限制或鼓励使用薪材的政策。

对工业圆木的需求可能增加

一些趋势，例如向生物经济转型和新产品开发，可能会增加2050年及此后对圆木的需求。对包装纸、锯材和胶合板等现有产品的需求预计也会增加；而相反，一些传统上重要的木制品（例如，新闻纸、印刷纸和书写纸因受数字通讯影响）产量正在下降，从而减少了用于这些目的的工业圆木需求。例如，本报告的一项

估计^P表明，按照当前趋势，绘图纸产量将持续下降，到2030年，用于此目的的圆木需求将减少1.33亿立方米。

林木利用效率

图6显示，1961年至2022年，生产每一单位体积的成品锯材、木板以及纸张和纸板所需的

^P 如果2012年以来的趋势持续下去，那么世界绘图纸消费量将从2022年的9320万吨下降到2030年的5630万吨。根据主要使用机械浆和再生纸的新闻纸在绘图纸产量中所占份额，可以假定绘图纸生产包含约90%的原生木纤维和10%的再生纸。此外，考虑到化学浆主要用于印刷纸和书写纸，可以假定约86%的绘图纸用化学木浆制造，14%用机械木浆制造。因此，采用粮农组织的木材换算系数，即化学浆为每吨4.25立方米，机械浆为每吨2.56立方米，可估计出如绘图纸产量下降趋势符合上图预测，那么到2030年，对圆木的需求将减少1.33亿立方米。⁶¹

工业圆木数量减少了约15%，^q其中2000年以来减少了约5.7%；换句话说，与1961年相比，2022年利用相同数量的圆木，成品产量可增加15%。如果这种效率提高的趋势在未来几十年能够持续下去，那么到2040年有可能少用1.16亿立方米的工业圆木，就可以生产出与今天相同数量的产品。

未来林木供应的不确定性

圆木的未来供应很容易受各种不确定性影响，例如政策干预、经济刺激、人工林发展以及最近与气候变化相关的森林干扰所引起的不确定性。大气中二氧化碳浓度升高以及与气候变化相关的气温升高可能会加快水氮供应充足的森林净增长。相反，气候变化可能增加野火、病虫害、风暴、干旱等干扰因素的发生频率、强度、空间范围和持续时间，⁶²可能给可收获生物质造成重大损失。此外，气候变化还可能导致北方森林的采伐量出现从软木转向硬木的长期变化。^{63, 64}

气候变化的影响很大程度上取决于各国能够在多大程度上提高本国森林对气候变化的适应能力，而这又部分取决于该国为缓解和适应气候变化以及阻止生物多样性流失而做出的政策决定。例如，有关森林碳、生物多样性和其他方面的政策可能会限制木材生产；在某些情况下，如果优先考虑非木质林产品的效益，林木产量就会下降。⁵⁶

影响未来圆木供应的另一个因素是可用于生产的森林面积（包括人工种植林和天然再生林）。2020年，天然再生的温带和北方森林为全球提供了约44%的工业圆木产量，人工林提

供了剩余的46%。⁵⁶复合农林业和橡胶木种植园也生产工业圆木（可能占剩余的10%），⁵⁶但目前尚未就此进行系统性分析。⁴¹天然再生的温带和北方森林面积和蓄积量预计将增加，表明这些森林的木材产量有可能增加（但会受到上文所述不确定性的影响）。⁶⁵一些研究估计，到2050年，人工林面积可能会增加2000万至4000万公顷，可满足不断增长的林木需求，⁶⁶但其生产能力将取决于多种因素，例如种植时间、气候状况、使用的树种、采用的管理方法等。■

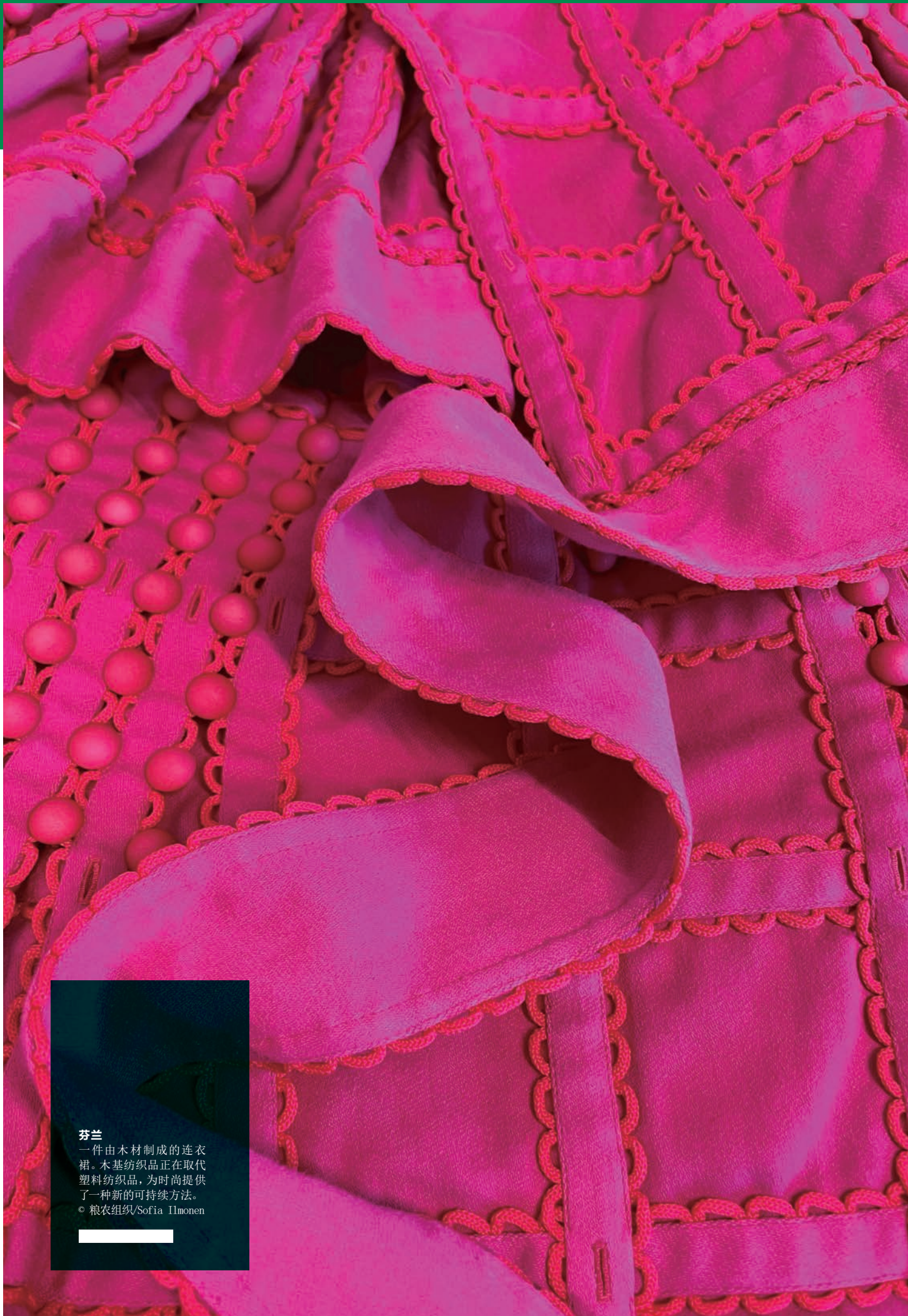
2.6 鉴于环境条件快速变化，对森林的需求不断增加，林业部门需要加快创新步伐

面对快速的经济、社会和环境变化，森林管理者 and 使用者必须具有适应能力和创新能力。气候变化正导致野火和病虫害等压力增加，这些因素的影响与未来对林木的需求可能增加两者之间存在矛盾，因此需要重新思考如何改善森林和土地管理并加快造林。向以木材为主要投入品的零碳生物经济转型离不开下游创新，以实现产品和用途的多样化并提高效率。在生物经济背景下重新关注大量非木质林产品所提供的机会，将催生旨在创建和改善价值链并可能为数十亿小规模经营者提供生计的创新。鉴于需求多样化且在不断增长，需要新的方法来平衡林木生产、非木质林产品和生态系统服务之间的关系，并最大限度地发挥发展、生物多样性和气候效益之间的协同作用。

^q 粮农组织统计数据库中以立方米为单位报告的林产品体积已采用换算系数换算为吨。

迫切需要大范围开发高效务实的解决方案，以推动创新的大规模应用。下一章将展示，科技与创新已经给林业带来了快速变化，这些科技创新包括从森林数据收集的创新，到木材加工技术的进步，再到组织小规模经营者、扩大其经济实力的新手段。第四章将介绍在各种

背景下引入创新的案例，第五章将提出五大扶持行动以及相关的具体行动，以利用创新促进森林保护、恢复和可持续利用。显而易见，创新及其有效部署对于在不断变化的世界中确保林业的未来至关重要。■



芬兰

一件由木材制成的连衣裙。木基纺织品正在取代塑料纺织品，为时尚提供了一种新的可持续方法。

© 粮农组织/Sofia Ilmonen

第3章

需要以创新促进森林保护、恢复和可持续利用，应对全球挑战

要点

→ 创新是实现可持续发展目标的关键推动力。创新也是实现粮农组织成员三大全球目标及增强森林和树木应对全球挑战潜力的重要加速器。已经有一系列创新对林业部门产生了深远影响。

→ 五种类型的创新正在增强森林和树木应对全球挑战的潜力：

- (1) 技术创新（分为数字、产品/流程、生物技术三个子类）。例如，遥感数据的开放获取和云计算的便利化使用正在推动数字化方法的运用，从而生成高质量的森林数据，改进森林管理流程；
- (2) 社会创新、(3) 政策创新、(4) 制度创新 — 例如，通过新举措，让女性、青年和土著人民更好参与制定由当地主导的解决方案，推动多方伙伴关系，加强土地利用政策和规划方面的跨部门合作，通过支持合作社提高小规模经营者的议价能力；以及

- (5) 金融创新 — 例如通过公共和私营部门融资创新，提高现有森林的价值，加大恢复力度，增加小规模经营者获得可持续生产贷款的机会。

组合（“捆绑”）运用这些创新类型，可释放强大的变革潜力。

→ 阻碍扩大创新的因素有四个：(1) 缺乏创新文化；(2) 存在风险；(3) 各类资本形式的潜在局限；(4) 缺乏政策法规支持。打造一种组织文化，认识和拥抱创新的变革潜力，可有助于降低创新过程中的风险，使利益相关方更好地应对当前和未来的挑战。

→ 创新会创造赢家和输家，需要采取包容和促进性别平等的方法，避免造成伤害，确保所有社会经济和种族群体中的男性、女性和青年能公平分享利益。为促进创新，必须综合考虑所有利益相关方的具体情况、观点、知识、需求和权利。

3.1

创新是实现可持续发展目标的关键推动力

科学、技术和创新是《2030年可持续发展议程》的核心，出现在可持续发展目标的众多具体目标中。科学和技术被认为是加速实现可持续发展目标，同时最大限度减少各项目标之间冲突的杠杆。⁶⁷

创新是农业粮食体系转型、实现粮农组织成员三大全球目标^r的重要加速器，有助于提高生产率、质量、多样性、效率以及经济、社会、环境可持续性，支持《2030年议程》和可持续发展目标。根据粮农组织的《科学与创新战略》，⁹创新在本报告中被定义为“独辟蹊径，无论是用新办法解决老问题，用老办法解决新问题，还是用新办法解决新问题”。

粮农组织确定了五种创新：技术创新、社会创新、政策创新、制度创新和金融创新（表3）。这一分类法便于描述各种创新，可适应应用创新的不同目标和背景。本文件采用该分类法来组织介绍林业部门出现的各种不同创新。

创新通常以各种类型出现，因为行动主体和行动网络，即整个创新“生态系统”（插图5）必须相互协调起来，才能促进创新和采纳创新。例如，开放获取遥感服务方面的进步和强大的云计算能力（技术创新），增强了各国对减少温室气体排放进行有效衡量、报告和核实的能力。这又反过来促进了与《巴黎气候变化协

定》下REDD+框架^s相关的基于结果的支付制度的发展以及森林碳市场的增长，重点关注（政策、制度、金融和社会）保障措施的重要性。在建筑行业，以采用重型木结构为特征的创新发展迅猛，其中部分原因是建筑规范的更新、计算机数控加工技术的应用、降低人造环境碳强度的愿望以及开发可持续建筑模式的新机制。

一些创新类型具有互补性并需要先后实施。例如，通过一项新政策后，可能需要机构进行制度改革才能有效实施，而这进而又可能需要改变社会行为和规范。不同类型的创新也可能产生不同规模的影响：例如，社会创新可能始于基层，但可能倒逼省级或国家级政策变革，从而推动更广泛的制度创新。创新需要时间，不同类型的创新以不同的速度发展。扶持性组织框架和规则可加强政策创新。如果政策和制度创新相互重叠并得到广泛社会观念和规范的支持，则更有可能获得成功。

本章将按照粮农组织的分类法，概述林业部门的创新，包括介绍说明性范例及第4章的案例研究。第5章将列举五大扶持行动，如果采取这些行动，将有助于释放创新潜力，最大限度地发挥森林在人类应对全球挑战过程中所作的贡献。■

^r (1) 消除饥饿、粮食不安全和营养不良；(2) 消除贫困，推动惠及所有人的经济社会发展；(3) 自然资源的可持续管理和利用。

^s REDD+ = 减少发展中国家毁林和森林退化所致排放，以及森林保护、可持续管理和增加森林碳储量的作用。

插图5 创新生态系统

创新是由创新生态系统内的行动主体和实体元素（例如产品、服务和技术工具）之间众多复杂的相互作用决定的，可定义为“对于一个或一群行为主体的创新表现非常重要的行动主体、活动、实体元素、机构和关系（包括互补关系和替代关系）不断演化的集合”。⁶⁸ 运作良好的创新生态系统可提供创新所需的总体经济和制度环境。⁶⁹ 创新生态系统本身是由一系列影响创新运作环境的经济、社会、环境和其他因素塑造的。在创新生态系统中，不同行动主体以复杂的方式互动，并与实体元素和其他资源互动，最终触发创新产生或为创新的采纳提供有利条件。⁶⁸

行为主体和实体元素之间的互动是多样且复杂的：例如，这种互动可能包括农业、林业、渔业和水产养殖业的利益相关方参与相互学习和信息交换，以开发综合管理景观的方法，或者制造公司采用新的在线营销服务，从

而激励开发新的木基产品。不同行动主体受到不同价值观和潜在结果的激励，而这些价值观和潜在结果本身可能是多方面且复杂的。例如，私营部门可能主要受利润驱动，但实现利润可能需要参与旨在维持经营所需社会许可的活动，而这又可能会产出公共产品。相反，尽管公共部门有义务提供公共产品，但它也需要私营部门的参与，因此需要制定有利的政策，确保既维持私营部门的利润，又提供所需的公共产品。

由于这种互动发生在动态变化的系统内，因此是不可预测的，还可能会产生意想不到的结果。创新的轨迹和发展很少是线性的，通常会涉及复杂的事件链和反馈循环，在此过程中新想法能得到完善和调整。⁷⁰ 创新还可能产生更广泛的累积或破坏性影响，最终重塑运营环境的性质。

3.2 五种类型的创新正在增强森林和树木应对全球挑战的潜力

粮农组织高度重视通过实证和负责任创新增加知识，加速农业粮食体系转型，服务于国家和社会（包括最边缘化人群）的利益，并为大众生计和粮食安全作出贡献。森林保护、恢复和可持续利用将受益于各类新创新（表3）。下文将分别探讨每类创新的贡献。

技术创新

技术创新的激增推动了森林管理的改善，为气候和生物多样性行动以及可持续森林价值链的发展提供了支持。此处探讨技术创新的三个子类：数字技术创新、产品/流程创新和生物技术创新。

数字技术。^t 遥感技术以及数据管理和传播方面的进步有助于以透明的方式向决策者和其他利益相关方提供和传播森林和土地利用数据，从而加深对森林效益及其保护、恢复和

^t 在粮农组织的分类中以及在本出版物中，产品创新和流程改进主要被视为技术创新类别，尽管也与社会、政策、制度和金融创新相关。

^u 在本报告中，“数字技术”一词指能够生成、存储或处理数据的设备、系统、电子工具和软件，见Duric（2020）使用的定义。⁷¹

表3 粮农组织的创新分类

技术创新	技术是科学和知识的应用，用以开发提供产品和服务的方法，从而增强农业粮食体系的可持续性。在特定环境下以新的方式引入、改造或使用技术时，技术就具有创新性。
社会创新	社会创新指开发和采用新想法（方法、产品、服务和模式）来满足社会需求并创建新的社会关系或合作。社会创新是对影响社会互动的紧迫社会需求和性别不平等现象做出的新反应，旨在改善人类福祉并为女性及最弱势和边缘化群体赋能。在本报告中，社会创新与政策和制度创新放在一起讨论。
政策创新	政策创新包括用于政策对话、政策设计和政策制定的新流程、工具和做法，从而为解决复杂问题创造更有利环境。政策创新涉及制定或调整立法、政策和战略，通过综合方法和多方参与来应对新出现的挑战和社会需求或现有体系的低效问题。在本报告中，政策创新与社会和制度创新放在一起讨论。
制度创新	制度创新是指导集体行动并产生于集体行动的新规则、新组织和新流程。制度创新可能涉及正式和非正式的组织和制度安排的运作、治理结构、多方参与方式、参与性决策流程以及文化规范的变化。当人或组织通过网络关系战略性地动员其他人来修复或替换制度时，就会发生制度创新。在本报告中，制度创新与社会和政策创新放在一起讨论。
金融创新	金融创新通过开发新的资金来源或吸引新的合作伙伴来帮助产生新增发展资金，通过减少交付时间或成本来提高资金流效率，并改善资金覆盖范围，使资金流更加注重结果并造福于青年、女性和弱势群体。

注：本分类法不同于传统的商务文献，传统的商务文献通常将创造产品和改进流程视为不同的类型（Damanpour和Gopalakrishnan，2001）。产品创新指创造或开发新产品或服务或显著改进现有产品或服务。产品创新引入了为用户增加价值的新功能或特性，例如，通过发明或对现有产品的改进满足新需求或解决问题。流程创新是新方法、新技术或新系统的实施。流程创新通过引入新方法、新技术或组织变革来优化生产方法、简化程序、降低成本、节省时间或提高质量。在粮农组织的分类中以及在本报告中，产品创新和流程改进主要被归入技术创新类别，尽管它们也与社会、政策、制度和金融创新相关。

资料来源：粮农组织。2022。《科学与创新战略》。罗马；粮农组织。2023a。技术。科学、技术和创新。参见：粮农组织。罗马。[2023年10月9日引用]。<https://www.fao.org/science-technology-and-innovation/technology/zh>；粮农组织。2023b。创新。科学、技术和创新。参见：粮农组织。[2023年10月9日引用]。<https://www.fao.org/science-technology-and-innovation/innovation/zh>；和Damanpour， F和Gopalakrishnan， S.。2001。组织中采用产品和流程创新的动态关系。《管理研究杂志》，第38（1）期：第45 - 65页。<https://doi.org/10.1111/1467-6486.00227>

可持续利用必要性的了解。利用遥感数据的开放获取和强大方便的云计算平台，可以开发能生成高质量数据的方法，支持《巴黎协定》下对于环境状况的衡量、报告和核实工作以及供应链验证等目的（**插图6**）。人工智能的出现有望大幅提高分析海量遥感数据的能力（**插图7**）。

其他数字创新已经出现，可用于监测和保护濒危物种、绘制生物多样性热点地图以及评估森林和树木生态系统的健康状况。例如，TreeGOER（“树木环境条件范围全球观测”）数据库⁷²提供了38个生物气候、8个土壤和3个地形变量中大多数已知树种的生存环境条件范围信息。在具备充足代表性观测结果的情况下，这些范围信息可用以初步评估条件的适宜性，对面临气候变化影响的非常见树种可能特别有价值。⁷²

技术能促进由个人或社区主导的监测活动，并有助于汇集专业知识和各种跨文化知识体系。例如，《2020年全球森林资源评估遥感调查》（RSS）16就是根据来自126个国家的800多名专家分析的数据完成的。为提高商品可追溯性而建立的“森林数据伙伴关系”（**案例研究3**）具有可及性和包容性：它提供的公共登记册可免费登记农场/田地边界，提供的数据管道可使用公共数据，让任何人都可以通过智能手机提交和获取与特定商品价值链相关的地理参考数据。技术创新与社会创新相结合，正在促进当地社区和土著人民参与森林监测与衡量、报告和核实（**案例研究5**）以及火灾管理（**案例研究6**）。

由于利益和政策不同，各国之间围绕协调森林数据收集和共享开展的国际合作和治理可能很复杂。⁹³亚马孙合作条约组织⁹⁴和刚果

插图6 以创新推动衡量、报告和核实方面的进步

近年来，随着遥感数据的质量、数量和丰富度的提高（特别是由于可以免费访问Landsat档案和哨兵卫星数据），利用遥感技术来评估森林面积变化方面取得了显著进展。由于有了技术创新和新开发的开源数字公共产品，各国获取和分析卫星图像来创建土地覆盖（变化）地图和收集样本数据的能力大大提高。⁷³⁻⁷⁵向联合国气候变化框架公约组织提交的森林参考水平（FRL）资料中，超过90%使用了粮农组织的Open Foris⁷⁶和“用于土地监测的地球观测数据访问、处理和分析系统（SEPAL）”等平台⁷⁷来测量、监测和报告森林和土地利用情况。⁷⁸

支持通过遥感技术估计森林面积（变化）的科学也在进步，⁷⁹⁻⁸²例如，目前可通过样本估算森林面积，而不是通过像素计数（地图面积统计）来计算。^{80, 82-84}Sandker等人（2021）阐述了这一进步的重要性，⁸⁵提供了两个例子，例中通过像素计数估计的森林砍伐面积分别被高估了3倍和15倍。通过后分类法创建变化图时，这种方法容易导致错误升级，面积估计不准确的风险特别高。⁸⁶尽管像素计数法是早期（即2014 - 2016年）向联合国气候变化框架公约组织报告FRL时评估森林砍伐面积的主要方法，但各国已逐渐转向基于样本进行面积估算。^{87, 88}2022年，提交给联合国气候变化框架公约组织的所有FRL都使用基于样本

的评估方法来评估森林砍伐情况，有力地表明数据质量已有所改进。⁸⁹

卫星图像数量增加，加上科技创新，使得不同规模的系统性土地监测成为可能。在全球范围内，已经可免费提供更全球树木覆盖图，如全球森林变化图⁹⁰和热带湿润森林图。一些国家已利用这些全球产品，特别是全球森林变化产品，⁹⁰作为森林面积变化评估的临时措施。^{85, 91}

各国在利用空间数据进行衡量、报告和核实（MRV）方面取得了巨大飞跃。60个森林国家提交的所有84份FRL资料均使用Landsat作为主要信息投入，其中36份资料还使用了哥白尼计划的数据。此外，许多国家目前正在使用挪威国际气候和森林倡议卫星数据计划的高分辨率图像，特别是用于收集参考数据。已有21个国家向联合国气候变化框架公约组织提交了REDD+结果，2006年至2021年间取得的减排成果总计137亿吨二氧化碳（或平均每年约8.5亿吨）。此项气候行动是由科技创新推动的，可实现良好的衡量、报告和核实（MRV）。然而，关键挑战仍然存在，例如，国家能否以可持续方式使用空间数据并通过MRV相关科技创新符合新的MRV核算标准（例如REDD+交易架构/REDD+环境卓越标准）。⁹²其中一些挑战将通过大不列颠及北爱尔兰联合王国新近资助的“加速森林创新监测”计划得到解决。

* 像素计数法是直接利用地图报告面积统计数据（不考虑分类错误）。大多数地图在所有比例上都存在错误和偏差，特别是对于较小的面积变化类别，因此像素计数并不可靠。通过对航空影像和卫星影像等遥感数据进行视觉解读开展的样本单元观测，通常被认为比地图数据质量更高，不仅可以提供有关地图准确性的信息，还可以用来纠正分类错误导致的地图面积估计，并计算估计值的置信区间。

插文7 遥感与人工智能

美国国家航空航天局（NASA）和欧洲航天局从2008年起向公众全面开放其档案和数据，通过Landsat和哥白尼计划彻底改变了卫星图像的获取方式，使得数据使用量迅速增加，推动了大量创新和研究，特别是在时间序列分析领域；此举还激发人们为气候变化和粮食安全等全球挑战寻求可行的解决方案。

预计未来几年将有更多空间和分析仪器投入使用，从而增加可用于近实时监测地球及其资源的数字信息量。谷歌地球引擎（Google Earth Engine）是集成技术解决方案的一个关键范例，它在过去十年中实现了从桌面计算到云计算的范式转变。⁹⁸

最近的发展增加了人工智能（AI）在遥感数据分析方面的潜力，其在森林监测方面的应用前景非常广泛。人工智能将有助于对无人机、卫星和空间站每天收集的大量现有和未来光学、雷达和激光雷达数据进行自动分析。人工智能还将以前所未有的能力，以近乎实时的方式描述和监测地表变化，找出导致这些变化的原因，并以前所未有的速度和潜在影响产生可操作的结果。⁹⁹

人工智能大语言模型的广泛使用改变了软件和其他数字工具的开发方式。深度学习算法可以翻译、总结和纠正人类生成编程代码中的语法错误，从而显著提高自动化处理链的质量和效率，并将数月的人工压缩为数天甚至数小时。¹⁰⁰

人工智能有助于制止和扭转森林砍伐和退化的努力。例如，零毁林法规要求可追溯至农场或田地层面。¹⁰¹只有通过自动处理大量数据，才能在如此细粒度的层面上开展尽职调查，即划定各个农场的边界、跟踪边界变化以及描述土地覆盖情况甚至土地利用特征。这种细节水平和适应性可通过人工智能来实现。人工智能在管控哺乳动物、植物和无脊椎动物入侵方面也具有巨大潜力。

目前人们对人工智能的使用量增加有着多重担忧，例如人工智能可能被用来伪造尽职调查证据。总之，人工智能的使用应基于道德、透明和包容性做法，避免产生不良结果的风险。

河流域森林伙伴关系⁹⁵等区域组织促进了各国之间的合作和数据共享，推动了重要环境数据的交换。然而，要想确定谁是数据的所有者和控制者可能存在争议，争议焦点是数据应该归政府还是私营部门以及数据是可公开访问还是属于专有信息。^{96, 97}另外还存在隐私和安全问题，而如何平衡透明度与保护敏感数据（例如濒危物种所处位置）也是一项挑战。

在各种情况下，都需要缩小数字性别差距和城乡差距，具体方法是制定明确的目标，将妇女、青年、土著人民和农村社区纳入其中，例如，增加使用智能手机和信息通讯技术的机会、数字扫盲以及使用电子商务和公共服务。⁴⁶技术创新与其他类型创新（即社会/政策/制度和金融创新）之间的联系将在相关章节进一步探讨。

产品/流程。用于制造林产品的各种技术展示出助力生物经济转型、发展木制品可持续价值链的前景。几乎任何可以用原油制造的东西都可以用木质纤维素原材料（例如树木）制造，而且非木质林产品也具有巨大的潜力（**插文8**）。

技术进步正在提高森林价值链的效率（**插文9**）。协作平台和数字物流中心重新定义了供应链动态，为采伐者、森林承包商和公司带来了巨大效益（**案例研究16**），有助于优化物料流，降低成本，通过供应链实时可见地提高效率，加强沟通，减少错误和延误，并实现及时决策。例如，危地马拉开发的一款应用程序正在提高原木和其他木制品体积估算的效率和准确性，从而使林木加工商能够更好地控制库存，并为合法、可持续的供应链提供支持（**案例研究15**）。

关于全球南方林业部门采用技术创新的研究很少。仍有机会采用更多新技术来改善可持续森林管理并提高价值链效率，尽管需要开展更多研究以更好地了解应在哪些方面投入最大努力才能产生最大影响。多年来已在一些森林管理者和加工者利用的相对简单的创新方面开展了投资和应用，这可能会在其他地区获得巨大回报。具体例子包括改进分级、物流、下一代锯木设备、太阳能烘干机以及从传统薪材向现代生物能源过渡。

生物技术。创新技术正被应用于基因研究和树种改良，以提高树木的产量、抗病能力和适应气候变化的能力。¹²⁹通常，树木育种是通过循环选择进行的，涉及育种、测试和选择的重复循环。森林树木的遗传多样性高、寿命长、性成熟晚、再生周期长，给育种者带来了独特的挑战。⁶⁹这些树木很大程度上未被驯化，育

种者必须经常使用野生种群而不是已知品种。因此，传统的树木育种工作是耗资耗时的过程。然而，基因组学和其他遗传技术的进步使树木育种周期从几十年缩短到不到十年。“无育种育种”的基础是利用DNA标记和先进的谱系重建方法来发现优良树种。¹³⁰此外，选定的基因型可以作为森林管理的常规工作进行测试，而不需要专门的田间试验。¹³¹无育种育种法为传统树木育种提供了一种快速、低成本的替代方案。野生生物管理工作也在利用基因研究方面的创新来了解和保护（特别是濒危）生物种群。¹³²

社会、政策和制度创新

在林业部门，社会、政策和制度创新之间的关系是动态变化的，此处将这三种创新类型放在一起讨论。

社会创新源于利益相关方之间的互动，目的是满足社会需求，为问题找到解决方案；¹³³社会创新的一个关键特征是鼓励公众参与和增强包容性。¹³⁴来自不同背景的利益相关方及早参与多学科干预方法，有助于培养主人翁意识并催生能体现各方不同需求和观点的创新。

社会创新可通过政策和制度创新来支撑。政策可设定总体目标和指导方针，相关机构则通过调整、建设能力、合规监控、提供反馈等活动来落实这些目标和指导方针。机构可在协调政策目标、培养专业能力、制定和执行法规以及充当各方参与、协作和知识共享的平台方面发挥关键作用。机构和政策之间通过反馈循环，可以实现适应性管理和持续改进。¹³⁵鼓励利益相关方之间合作创新的新方法，有助于确保社会创新与现有政治架构、政策框架和当地用户良好契合。其中包括将土著和习惯法纳入国家

插文8 可为生物经济作出贡献的创新型木质和非木质林产品

人造环境中的木材。建筑中使用的木材是长期碳储存的一种选择，有助于缓解气候变化。¹⁰²木材作为人造环境中首选材料的势头正在增强，其中一个原因是技术创新，例如重型木结构和可替代化石产品的木材衍生涂料。¹⁰³热改性、糠酰化和乙酰化木材¹⁰⁴是技术改进的例子，可在不使用有毒化学品处理的情况下生产持久耐用的木制品。胶合和单板技术便于利用速生木材资源，如桉树和杨树人工林来生产重型木结构。¹⁰⁵

已对建筑中使用重型木结构造成的火灾风险进行了大量测试。因此，目前已具备关于可预测炭化速率的良好模型和知识；而政策标准和法规（例如欧盟的Eurocode 5和北美的PRG320）都考虑到了防火性能。查阅正交胶合木大规模防火测试相关文献后发现，在得到充分保护的情况下，使用此类材料不会显著增加火灾风险，不过该项研究也强调需要开展更多研究。¹⁰⁶

用于生物提炼厂的木质生物质。生物提炼厂可将原始生物质转化为原材料和最终产品，¹⁰⁷通常会将生物质的三种主要聚合物分离为纤维素、半纤维素和木质素，越来越多地用于生产可替代化石资源的创新型材料和产品。

木基纺织品。2000年至2018年，使用木质纤维素纤维制造的纺织品每年增长6.3%（增速明显高于棉花和合成纤维），到2019年，木基纺织纤维占全球市场的7%。^{108, 109}下一代纺织纤维技术将开始回收纺织纤维，从而支持材料的更大循环。

纤维素基塑料。纤维素基塑料是一种使用纤维素或纤维素衍生物制造的生物塑料，以软木作为主要原材料，但也可以用玉米秸秆和甘蔗渣等农业残留物制造。

储能。林业公司正在与电池生产商联手，从木质中提取的碳化硬木质素取代石墨等化石衍生原材料。¹¹⁰用生物质制造的纳米纤维素也越来越多地用于电化学能源系统，因为纳米纤维素多孔、轻质且坚固，可以更好实现离子和电子转移，提高系统效率。¹¹¹

平台化学品。利用化学、水解和生物转化，可将木质聚合物精炼成平台化学品。这方面已经取得了重大进展，适用于从药品到生物基涂料和粘合剂等多种应用。新型粘合剂、涂料和泡沫技术可用木质素和纳米纤维素替代苯酚和聚氨酯等化石材料，正在形成商业化生产。¹¹²⁻¹¹⁴这些技术具有显著的环境优势：例如，瑞典一家生物提炼厂使用桦木生产木基乙二醇（化学工业中使用的一种溶剂），其二氧化碳排放量比化石替代品少52%。¹¹⁵

非木质林产品。许多野生林产食物，包括鱼类，富含微量营养素，营养成分高。^{116, 117}多元素分析、同位素比质谱、红外光谱和纳米技术等新技术和现有技术越来越多地被用于探究林产食物对健康膳食的营养价值。¹¹⁸消费者对健康和可持续生活方式的兴趣日浓，促使人们探索非木质林产品中的生物活性化合物和营养属性，以生产“营养保健品”，作为功能性食品或新型食品。^{116, 119, 120}创新型微过滤技术增加了天然蜡在食品、化妆品、药品和包装中的使用。¹²¹⁻¹²³森林中还有种类繁多的昆虫，可利用到快速增长的食用昆虫产业中。^{124, 125}

插文9 价值链中的技术创新

技术创新给许多工业木材价值链带来了巨大变化，通常会提高效率。例如，数字化技术促进了林木采伐作业自动化，其中机器使用传感器和人工智能在森林中行走，识别最佳的可采伐树木，然后精确执行砍伐任务。这提高了机器生产率并改善了机器操作人员的工作条件。

机器视觉也是锯木厂木材分级和产量优化的关键技术。该技术能够检测锯材的表面瑕疵，例如节疤和裂纹，从而促进木材自动化分级。该技术还有助于修边和修整流程，以去除明显瑕疵，从而提高木材价值。激光扫描和计算机断层扫描技术已用于原木分解优化，以最大限度提高回收率并生产更高等级的木材。因此，机器视觉技术可通过减少浪费和最大限度提高总产量，在可持续林木生产中发挥关键作用，为锯木厂带来切实的成本节约和更快的投资回报。

技术进步使得“智能”工装的设计和开发成为可能，可用于（例如在林木采伐和加工过程中）监测林业工人的健康和安全状况。这些系统可实时监测心率、体温和体力消耗水平等生命体征，并跟踪空气质量和温度等环境因素。对收集的数据进行分析后，可确定潜在的健康风险和不安的工作条件。当检测到异常情况时，智能工装系统会向工人发出警报和反馈，使他们能够及时关注并避免不安全行为。¹²⁶

此类创新在不同地理位置和不同森林价值链中的应用并不均衡。例如，所谓的第四次工业革命或工业4.0，即以互联互通、高级分析、自动化和先进制造技术为特征的先驱时代，在美利坚合众国的初级木材加工业中并不普遍。¹²⁷在瑞典，2016年发表的研究表明，与森林采伐的高度自动化相比，瑞典木材加工业的自动化普及率较低。¹²⁸要想在全球林业部门公平地部署技术创新，需要多方合作、透明的伙伴关系和有利的政策环境等。

法规的机制、参与性土地利用规划以及社区化野生生物保护。这一点对于土著人民至关重要，因为在多民族玻利维亚国，El Ceibo他们的土地权、领地权和资源权应该得到承认和尊重。

要实现与气候变化和生物多样性相关的全球目标，就需要开展地方行动，^{136, 137}因此鼓励关注下放型、由地方管控、因地制宜的解决方案。在林业部门政策和制度方面，地域层面的创新侧重于加强地方治理机制、增强社区权能以及促进特定景观和地域的可持续森林管理。通过让女性、土著人民、小农和小企业等边缘

群体参与进来，相关机构在保证创新包容性方面也可以发挥至关重要的作用。

过去十年中，人们开发了各种景观和辖区管理方法以及相关的基础工具，例如利益相关方风险知情和循证决策法，¹³⁸以支持当地多方进程。随着人们越来越关注当地知识以及当地和土著人民对社区土地和资源权利主张的合法性，一些创新不断涌现，以更好地管理土著人民和当地社区保护的区域，同时更好地整合传统生态知识。例如，在柬埔寨的蒙多基里森林项目中，有13个非木材林产品采集团体签署了

13份社区森林协议，有助于这些团体避免与森林采伐特许权安排发生冲突。¹³⁹

当地行动主体，包括不同性别、年龄组和社会经济地位的人，通过共同努力，可加强机构能力、社会资本和技能（例如通过生产者合作社），为可持续发展提供支持。¹³⁴在萨赫勒地区“绿色长城”倡议的规划 and 实施过程中（**案例研究8**），女性领导的恢复委员会以及协商和参与进程新机制等创新使得共同设计更有效的干预措施成为可能。在摩洛哥，政府制定了一项资金激励计划，鼓励加入牧业协会的森林用户遵守森林恢复区禁牧的规定，并由社区负责保护各自的林地，从而使超过10万公顷的退化林地得以恢复（**案例研究11**）。在巴拉圭，政府正在粮农组织援助的贫困、重新造林、能源和气候变化项目下，为脆弱的森林社区提供收入支持，推动重新造林。¹⁴⁰

林业部门正在涌现出混合式机构，其创新型治理模式结合了公共部门、私营部门和社区管理结构的要素。¹⁴¹此类机构能更好地整合不同利益相关方并培育多方伙伴关系，从而促进更具包容性的决策。¹⁴²这一点在哥斯达黎加的合作造林项目中可以观察到。当地政府为私人土地所有者参与重新造林提供激励，而环境组织则协助开展项目实施和监测。¹⁴³分析表明，森林管理委员会和森林认证认可计划等自愿性非政府认证计划制定的森林治理标准对某些政府政策、法律和执法活动产生了影响。¹⁴⁴

其他创新旨在鼓励土地利用决策和规划工作采取跨部门综合方法（例如，见**案例研究7**），因为人们已日益认识到土地利用部门之间的相互联系以及对景观中可持续森林

管理采取综合施策的重要性。¹⁴⁵此类创新包括考虑整个生态系统的景观综合干预法；基于生态系统的气候变化适应；气候智能型农业，将可持续农业实践与森林保护相结合；旨在实现生物多样性净增益的生物多样性抵消；使农业供应链与毁林脱钩等。经合组织-粮农组织《农业供应链毁林和尽职调查商务手册》采用创新方法，将森林相关概念引入农业企业领域，帮助各公司制定和实施全面政策，应对大宗商品驱动的毁林风险，从而使其业务受益。¹⁴⁶

各种组织创新正在帮助提高小规模经营者在森林管理和决策中的参与度。¹⁴⁷有些创新涉及将小型生产者集中起来形成较大群体，从规模经济中受益。包含多个参与或决策级别的组织设置可改善市场条件，优化小规模经营者产品的价值。分层的组织结构让不同层面发挥不同作用，例如，在地方层面提高当地生产能力、加强土地权属；在国家以下层面增加价值并提供服务；在国家和国际层面倡导政策变革。¹⁴⁸在多民族玻利维亚国，El Ceibo是代表1300个可可生产农户的一级生产者团体，¹⁴⁹但它又隶属于二级协会COPRACAO，该协会通过与政府谈判，引入了一个价值3700万美元的激励计划，目前正在使小规模经营者受益。在越南，地方合作社组建了规模更大的省级伞式组织，以促进增值、收入和就业；例如，越南肉桂和八角茴香合作社等肉桂种植者团体隶属于越南农民协会，后者帮助改善了全国小规模肉桂生产者的市场准入、决策和可持续资源管理状况。¹⁵⁰

创新可增加小型生产商和大型加工公司进入市场的机会。例如，手机应用程序可以让生产商与买家建立直接联系，并提供市场分析和交易支持服务。合作社等聚合模式使小生产者

能聚合形成量产以满足市场需求，帮助他们绕过中间商，获得更好的价格。数字登记可增加获得社会保护和正规就业的机会。例如，在肯尼亚，森林与农场基金（FFF）帮助450个贫困木炭生产者将其自身信息登记到国家社会保障秘书处建立的增强型统一登记册中，让每个家庭都能通过国家干旱管理局的紧急抗旱计划获得每月30美元的现金补助。^{151, 152}

小规模生产者团体实施了新的利益分配机制和财务监督制度，保障对当地优先重点的再投资。在巴西，COOMFLONA合作社将林木和非木质林产品产生的利润分配给多个基金，包括医疗保健和教育基金，这些基金主要使COOMFLONA成员受益。¹⁵³在埃塞俄比亚，阿布罗（Aburo）森林管理和利用合作社销售乳香，并通过审计委员会确保财务管理透明。¹⁵⁴冲突解决、公正和权属安全方面也出现了创新。例如，缅甸的La Myang社区森林藤竹商业集团正在通过社区森林合法登记和后续业务发展，来解决自然资源使用方面的冲突。¹⁵⁵

推动促进性别平等政策、性别均衡就业以及实施对性别敏感型监测和评估机制，是政策和制度创新，能确保将性别问题纳入考量范围。在印度的联合森林管理计划中，森林管理委员会要求委员会成员中至少有三分之一为女性，以保证决策过程中的代表性。¹⁵⁶在尼泊尔，社区森林用户团体必须制定战略，确保在其执行委员会中实现性别均衡。¹⁵⁷提高青年参与度的组织创新包括量身定制能力发展计划，利用技术和社交媒体平台，保证青年在决策论坛中的代表性，开展教育活动，提供实习机会等。

森林监测方面的创新工具和方法正在加强当地社区、土著人民、民间社会组织和

政策制定者之间的关系。ForestLink¹⁵⁸和Global Mangrove Watch¹⁵⁹小程序利用移动电话技术和卫星通信技术，让社区能够实时举报非法采伐活动。LandMark¹⁶⁰平台为土著和社区团体提供了绘制和记录其土地的工具（**案例研究5**），帮助强化林区的习惯法权利主张。在中国，“生态护林员”政策为贫困农民提供了就业机会和社会保护，并辅之以培训和技能发展；经过培训后，这些护林员负责巡视有风险的森林，报告森林灾害，并防止森林资源遭到潜在损害和破坏。此项政策凸显了五种创新类型之间的重要联系，具有减轻贫困和改善环境的双重效益。^{138, 161}

金融创新

林业部门的金融创新正在不断增加，主要是为了弥补林业部门的资金短缺问题，激励向绿色经济转型，方便小型生产者获得融资，确认生态系统服务的价值。投资者通常认为林业项目存在风险，主要是因为生产优质木材所需的生​​产周期较长等因素以及许多森林相关活动的非正式性（特别是在全球南方国家）。^{129, 162–164}最近的一项综述研究¹⁶⁵确认以下方法可增加热带地区融资：打造有利的制度环境；技术援助；通过基金经理或项目协调员管理的金融工具，汇集不同来源的资金；通过不同策略应对规模、风险和投资者对回报的预期等问题。

公共（国内和国际）融资仍然是森林和其他自然解决方案的主要资金来源。¹⁶²增加国家投入的创新包括财政改革、激励措施以及与地方金融机构合作实施可持续融资计划。

一些国家已制定了新的公共财政转移机制。布基纳法索和尼日尔在森林景观恢复（FLR）和可持续土地管理项目中采用了一种创新型投资方法，向地方政府直接提供绿色融资，而传统的融资方法往往要通过项目实施机构和非政府组织。¹⁶⁶

让私营部门，特别是私人资金参与进来，可增加可持续森林开发和保护所需的资金。这种参与已促成了涉及担保、绿色债券和风险投资以及各种债务和股权工具的混合融资模式的发展。养老基金的创新发展有助于将可持续森林管理和保护原则纳入投资活动。养老基金越来越多地考虑到了环境、社会和治理因素，参与影响力投资，并支持以林业部门为重点的绿色债券和可持续投资。

其他创新旨在通过激励措施减少投资的环境足迹，使金融部门更好地担当起环境和社会责任。林业部门影响力投资创新正在将资本引入生态保护和可持续发展领域，同时也产生经济回报。森林韧性债券就是一个例子，它为森林恢复项目提供资金，并根据所取得的环境成果产生回报。

投资者日益认识到，仅凭资金回报不足以评估企业是否真正具有持续性，特别是考虑到环境风险加剧的问题（如世界经济论坛《全球风险报告》¹⁶⁷等文献中所述）。可持续性和气候因素正成为许多金融机构和公司的关键标准，被越来越多地纳入其决策和报告工作中。SCRIPT（软商品风险平台）、自然相关财务披露工作组和Trase Finance等创新旨在提高透明度，减轻软商品供应链和投资中与环境影响和毁林相关的风险。粮农组织正与全球林冠项目合作，推行“零毁林”和“森林友好”融资的共同规则或标准。^{168, 169}

与可持续发展相关的财务报告标准也出现了创新。例如，国际可持续发展准则理事会发布了最初两项IFRS®可持续发展披露标准（超过100个国家要求在其境内运营的公司采用IFRS标准）；澳大利亚计划实施与气候相关的强制性财务披露要求；欧盟已制定了《可持续财务披露条例》，以促进知情投资选择。欧盟分类系统提供的框架可用于识别环境可持续经济活动，对向可持续发展过渡产生了积极影响。¹⁷⁰ FinanceMap等平台 and “问责框架倡议”等追责框架旨在提高金融部门的透明度，促使其采用可持续做法。

一些地方正在筹措资金，通过为偏远地区的个人和社区开发最后一英里金融基础设施和更合适的创新产品，覆盖并帮助发展“缺失的中间层”，¹⁷¹如中小型林业企业和依赖森林的社区（包括土著人民）团体。^{163, 164, 172}这些创新包括定制金融产品、小额信贷计划和社区投资模式。手机银行大大改善了金融服务的普及程度。林业和农业生产者及其组织正在试点合作社模式、村民储贷协会和新型抵押模式，并取得了可喜成果。¹⁷³在越南，森林与农场基金（FFF）促进了“绿色基金”的发展，这是一种创新型小额信贷机制，不需要抵押，能为小规模生产者提供更多资金（**案例研究13**）。

传统的融资机制往往无法解决与环境外部性和森林所提供的公共产品相关的市场失灵问题。联合国环境规划署（环境署）估计，2022年以价格激励和财政转移支付形式流向农业的对自然有害的资金达到5000亿美元，是自然友好型资金（对自然有利的资金流）的三倍多（1540亿美元）。¹⁶²旨在通过改进公共政策激励金融部门的创新举措包括重新分配对自然有害的补贴以及考虑和纳入与对森林有害的产品和活动相关的社会和环境成本。自然资本核算创新

（为森林提供的生态系统服务定价）强调生态系统服务估值和空间分析技术的结合，并努力将与森林相关的社会文化价值以及自然资本核算纳入决策进程。

许多生态系统服务缺乏成熟市场。因此，森林价值链中的经营者在获取私人融资方面面临挑战，因为他们对生态系统服务等基本公共产品的贡献没有得到回报，从而造成了不公平竞争。已经出现了一些创新做法，利用生态系统服务市场进行融资（例如，与碳、水和生物多样性相关的环境绩效模式，有时称为有偿环境服务）。莫桑比克正在实施一个长期项目，旨在通过增加碳交易机会激励复合农林业发展（[案例研究12](#)）；在乌干达，锯材生产补助计划正在通过碳积分为土地所有者提供重新造林激励。

REDD+激发了多项金融创新，以激励森林保护和相关温室气体减排。REDD+融资的一个关键做法是基于成果的支付制度，即各国根据经核实的减排量获得报酬。绿色气候基金启动了一个5亿美元的试点计划，是REDD+基于成果的支付项目的第一个资金来源。该计划核准了阿根廷、巴西、智利、哥伦比亚、哥斯达黎加、厄瓜多尔、印度尼西亚和巴拉圭的减排成果。相关创新包括：建立碳市场，用于买卖REDD+项目和计划产生的碳积分；建立绿色债券和影响力投资基金等融资机制；采用全辖区和嵌套式REDD+模式，将不同规模的项目联系汇总起来，并向地方政府、当地社区和项目实施者分配经济利益；私营部门通过伙伴关系和企业投资参与REDD+。如前所述，衡量、报告和核实制度的创新对于核准成果、确保REDD+融资透明度至关重要。■

3.3

阻碍扩大创新规模的因素有四个

林业部门开展和采纳创新面临四大障碍：

（1）缺乏创新文化；（2）存在风险；（3）各类资本的潜在局限；（4）缺乏政策和法规支持。具体如下：

缺乏创新文化

创新文化是一种鼓励好奇心、创造力和冒险精神的文化，¹⁷⁴但当前文化可能不喜欢新想法和“外来者”，从而限制了创新的范围以及采用新工具、新产品、新流程和新方法的意愿。创新生态系统中的各个行为主体（见[插图5](#)）都有自身希望维护的做法和习惯，这种“路径依赖”¹⁷⁵可能会阻碍变革，因为既得利益者总是要维护自身的历史地位和市场份额。¹⁷⁶他们可能在创新有机会起步之前，通过市场掌控和游说来压制创新。在某些情况下，一个行业甚至可能雇佣一些组织来压制来自本部门之外的创新，以此作为维护自身地位的手段。¹⁷⁷因此，要颠覆现有系统以实现创新是一项重大挑战。

此外还可能需要通过文化转变，摆脱历史上的主导观点（即认为创新主要是为了提高效率、增加经济收益、增强竞争力），确立更有抱负的观念。这意味着要承认创新具有多面性，应该有助于实现广泛的目标和价值，例如与可持续生计、社会福祉、资源保护、可持续发展相关的目标和价值。如果一种文化认同并拥抱创新带来的变革潜力，就可以降低创新流程的风

险，并使利益相关方有能力超越以往的业务模式，去应对当前和未来挑战。所有森林利益相关方都有能力促进和支持创新文化，通过能尽量减少不利后果的方法解决问题，消除性别平等和女性赋权所面临的结构性障碍。

因此，在许多情况下，打造创新文化可能需要一种推力，通过这种推力来更新技能、惯例、行为以及与创新生态系统中其他行动主体的联系，从而促进创新活动及创新应用。可以使用一些工具来帮助创建有助于创新文化的适当环境，例如联合国创新网络开发的“创造激励机制和机遇”工具，该项工具能提供方法，用于鼓励创新并最终在组织内打造能促进创新的文化。¹⁷⁸例如，表彰和奖励创新有助于培育有利于创新的文化，通过提高个人技能并使项目与个人价值观和兴趣保持一致也可以激励创新行为。最重要的是，创新文化还需要人们投入足够的时间和资源来“保持创新状态”。

风险

创新本质上是有风险的，很大一部分创新（可能高达95%）¹⁷⁹未能符合利益相关方的期待。规避创新带来的风险可能会强化创新生态系统中的路径依赖，阻碍创新活动及创新应用（**插文10**）。新产品或新工艺的引入涉及一系列交易成本，必须考虑失败的风险，特别是在资本少、风险承受能力低的情况下。此外，在未适当考虑具体背景（即创新是否适合具体理由、具体地点）的情况下采用创新可能会产生负面影响。例如，专为大规模运营而设计的创新可能会为大公司带来规模经济，提高其竞争优势，但却可能使小规模经营户和其他边缘化群体和社区面临风险。¹²⁹为减轻此类风险，可以推动边缘化行为主体参与创新，并激励

开发适合小规模运营且适合具体背景的小型创新。

在某些情况下，如果优先考虑融入传统或本土知识，创新更有可能获得成功。在数据驱动的技术创新领域，还可能出现与数据收集、使用和所有权相关的特定风险，例如与市场集中度以及小规模经营户与大公司和大组织之间互动相关的风险。可利用政策法规来防止因采用技术创新而出现的的不平等和利益分配不均问题。^{71, 180}

优先考虑降低风险虽然有利于短期稳定，但可能会阻碍适应不断变化的环境条件、市场需求和技术进步所必需的创新。政府和其他利益相关方可通过支持人们了解创新活动及创新应用过程、促进合作来实现风险与稳定之间的适当平衡。

各类资本的潜在局限

Roshetko等人（2022）关于亚太区域林业部门采用创新技术情况的研究发现，各类资本（人力、自然、物质、金融和社会资本）的潜在局限是采纳新技术时面临的障碍（**表4**）（同一研究将缺乏政策法规支持列为一种新障碍）。¹²⁹这一发现可能同样适用于其他地区和其他创新类型，特别是在全球南方国家。不同国家和地区可能受到五类资本的不同局限。例如，某个地区可能严重缺乏金融资本，而另一地区面临的主要局限或障碍则是缺乏自然资本（如缺乏利用森林和林产品的机会）。

正如产品可以设计成易于拆卸（例如，为了提高循环利用的潜力）一样，便于采用的设计也可以提高创新的成功率。“一刀切”的方法注定会以失败告终，例如，如果没有电或互联网

插文10 卡特拉建筑公司的例子

重型木结构制造商卡特拉（Kattera）是一家初创建筑公司，有希望通过纵向一体化的新商业模式和重型木结构模块化生产，彻底改变美利坚合众国的建筑施工方式。尽管预制房的整体商业概念前景广阔，但该公司在投资超过20亿美元后于2021年宣布破产。¹⁸¹北美的其

他重型木结构制造商也在2021年至2023年间宣布破产或停止运营。建筑行业与各种现存关系和旧的商业经营方式紧紧捆绑在一起，其中任何一个因素都会导致对变革十分抵触，毕竟走老路通常更容易，谁都不想与替代产品的供应商建立新联系。

（即缺乏物质资本），数字化解决方案就不太可能有用。许多创新产品成本高，只有拥有较多资源（金融资本）的人才能采用，¹⁸²而且不接地气的设计即使很好，也不太可能成功（社会资本）。例如，改良炉灶可减少室内空气污染和燃料消耗，¹⁸³但却很难推广，原因是前期成本高、用户不愿意改变传统烹饪习惯、缺乏满足特定社区需求的定制解决方案；此外，人们对传统用火产生的烟雾在驱虫方面的作用也缺乏认识。^{184, 185}

缺乏社会资本阻碍了许多创新型森林恢复项目，导致规划不善、物种选择不当、土地整理不善以及难以确保社区动员和参与等问题（缺乏长期资金[金融资本]是另一个主要障碍）。^{186, 187}缺乏社会资本（例如市场准入难、缺乏培训和能力发展）也是以森林资源为替代性生计类创新（如发展生态旅游、非木质林

产品生产、可持续林木采伐）成功率较低的重要因素。其他问题还有市场波动导致缺乏金融资本、除当地或小众市场外对林产品的需求有限。^{188, 189}难以通过习惯法获得土地和资源（自然资本），可能会阻碍当地社区和土著人民参与林业部门创新。

缺乏政策法规支持

Roshetko等人（2022）的研究发现，（在亚太区域）有时政策制定落后于技术发展，且政策缺乏必要的灵活性和反应能力，难以支持技术采用。¹²⁹这是创新的一个固有问题，因为几乎毫无疑问，创新所处的政策法规环境极可能会限制或扭曲创新的采用，也可能导致对创新缺乏监管，让创新朝着危险方向发展。这表明不断调整政策和监管环境对于创新应用的重要性。■

表4 资本的五种形式，缺乏这些资本构成亚太区域林业部门采用创新技术的障碍

人力资本	缺乏技能、知识和经验；对“新的”创新持谨慎态度；不确定采用创新可能产生的意外影响。
自然资本	获取森林、土地和自然资源及其资产和产品的机会有限。
物质资本	缺乏道路、市场、电力、互联网等基础设施；缺乏资源自下而上地对创新技术进行“简化”和调整，以适应不同利益相关方的具体需求。
金融资本	利用金融资本、信贷和价值链的机会有限。
社会资本	对森林、土地资源及其资产和产品的治理权和权属有限；获取信息的机会有限；缺乏透明度；决策参与有限。

资料来源：改编自Roshetko, J.M.、Pingault, N.、Quang Tan, N.、Meybeck, A.、Matta, R.和Gitz, V.。2022。《亚太林业部门创新技术路线图》。罗马，粮农组织和印度尼西亚茂物，国际林业研究中心，国际农业研究磋商组织（CGIAR）森林、树木和混农林业研究计划。

3.4

创新可以创造赢家和输家，需要采取包容和促进性别平等的方法

政策制定者倾向于认为创新必然是好的，越多越好。但创新可能会产生赢家和输家，造成整个行业倒闭、公司破产和就业岗位流失。此外，创新带来的变革可能会损害最脆弱群体和社区，¹⁹⁰因为他们往往最没有能力适应创新带来的快速变化。¹⁹¹例如，对一些人来说，先进的遥感技术和方法很难获取和使用，而且在最坏的情况下，甚至可能让坏人更容易找到犯罪目标，例如高价值的树木。消费品的改进和成本降低可能导致消费量增加，而在许多情况下这可能并非人们希望看到的结果。¹⁹²

因此，创新要促进（或者至少不妨碍）经济、社会、环境的可持续性，努力避免意外后果和潜在有害影响。“负责任创新”是一个理想的概念，要求创新过程透明互动，让不同行动主体和创新者通过该过程共同确保创新过程及其适销产品的（道德伦理）可接受性、可持续性和社会期待。¹⁹³“负责任创新”还涉及包容性，意味着要考虑并整合所有利益相关方的不同现状、观点、需求和权利，包括当地社区、土著人民、女性、青年以及贫困和边缘化群体。为确保新的开发活动能满足用户需求并最大程度地减少潜在有害影响，必须确保传统上被排斥的群体有发声机会。

融合不同观点和视角（包括来自林业部门之外的观点和视角），有助于形成多元思维，这得益于不同的知识基础、思维方式和经验。¹⁹⁴换句话说，利益相关方的多样性以及他们之间的权力差异将在一定程度上决定着想法和潜在合作伙伴的多样性。此外，如果不同群体以真正包容的方式参与创新，那么这些群体就更有可能接受创新。随着互动网络的拓宽和多样

化，创新的潜力及其应用也会不断增长。打造一种扶持性、推动性文化是负责任创新的重要决定因素。

无论创新来自林业部门内部还是外部，也无论创新是否涉及新技术和新工艺、是否为在

新背景下经过调整的成熟解决方案，都必须努力避免产生不良影响。避免掉入创新陷阱的潜在方法包括学习他人经验、采用最佳实践原则以及落实保障措施。负责任创新为打造更具韧性、更可持续的林业部门提供了一条前进之路。■



巴布亚新几内亚

利用AIM4Forests计划
创新传统，保护古老森
林。技术创新极大地提
高了我们监测全球森林
的能力。

© 粮农组织/Cory Wright



第4章

通过18个案例说明林业部门创新可以多种方式实现积极变化

要点

→ 案例研究是发掘和展示林业部门创新潜力的重要手段。本章探讨的案例展示了不同区域和不同规模的先进流程、工具和技术，案例所提供的证据、知识及经验教训可在全球不同背景下应用。案例分为森林保护、恢复和可持续利用三个类别。

1. 通过创新，制止森林砍伐，促进森林养护。
此类创新包括通过多方治理模式，扩大肯尼亚和尼日利亚的综合可持续景观管理；利用森林促进提高农业生产率的新数据，为巴西森林保护工作提供资金；利用伙伴关系和技术创新，减少加纳大宗商品导致的森林砍伐；在哥伦比亚社区森林管理中引入创新工具和技术；结合科技和传统知识，支持土著人民担当森林守护者角色，推动由当地主导的综合火灾管理。
2. 通过创新，支持退化土地恢复，扩大复合农林业。此类创新包括通过制定新的国家政策，更好地支持印度的复合农林业；在撒哈拉和萨赫勒“绿色长城”地区，将当地社区

的社会经济目标和营养需求与防治荒漠化的恢复行动结合起来；利用地理空间和其他数字技术整理传播生态恢复示范方法，监测“联合国生态系统恢复十年”的实施进展；采用新技术、新做法和植物新品种，增强瓦努阿图传统水芋园的韧性；改善当地森林资源治理，为摩洛哥和突尼斯的农业和森林恢复带来惠益；通过一个长期项目，将莫桑比克复合农林业与碳交易结合起来。

3. 通过创新，促进森林可持续利用，打造绿色价值链。此类创新包括利用越南集体组织的力量，向小型林业企业提供无抵押小额信贷；利用新的诊断工具和方法，推动13个非洲国家可持续野生生物管理立法改革进程；利用数字技术提高危地马拉的木材跟踪效率，促进打造可持续供应链；在巴西、圭亚那、巴拿马和秘鲁改善木材供应链连通性，以减少浪费并提高可持续森林管理的可行性；在斯洛文尼亚和美利坚合众国利用新的木材加工技术，促进生物经济，增强抗震能力；通过农民田间学校，实现农民主导的可持续森林和农业生产创新。

本章将介绍18个林业部门创新案例，这些案例取自粮农组织工作人员和伙伴组织提交的工作成果，包括全球不同背景下的先进流程、工具和技术样本，分为三个路径：森林保护、森林恢复和可持续森林利用（虽然许多案例同时对两个或三个路径有所贡献）。每个案例都可被视为创新组合，因为每个案例都涉及不止一种创新和创新类型（即技术、社会、政策、制度和金融创新，见表3）。在每个案例中，作者都对每种类型的相对重要性进行了从1到10的主观评分，以大小不一的叶状表示。

4.1

通过创新，制止森林砍伐、促进森林养护

停止森林砍伐将显著减少温室气体排放，^{1, v}同时有助于保护地球上的大部分陆地生物多样性，维持关键的生态系统服务。最新科学研究表明，森林通过一系列非碳生物物理过程（例如蒸散作用、地表反射、气溶胶和挥发性有机化合物）产生显著的降温效果。研究估计，保护好热带森林可使全球降温比之前预想的多出20-40%。¹⁹⁵除了这种缓解气候影响的额外作用，森林还可调节降雨量，稳定当地甚至更远地方的气候，从而有助于最大限度地减少极端天气，让森林在适应和抵御气候变化方面发挥重要作用。未来的农业生产率，尤其是在热带地区，一定程度上取决于森林提供的气候调节服务。

为制止森林砍伐、维护世界森林，已在全球、区域和国家层面做出努力，产生了大量创新，例如森林实时监测方面的重大进步有助于落实REDD+基于成果的支付，促进森林碳市场的增长。在关键大宗商品可追溯性方面也已取得进步，以实现不损害森林的商品生产；还有通过景观综合干预法连通各部门的政策创新。对土著人民和当地社区在森林管理方面关键作用的深入了解有助于让创新更注重增强政策制定和森林融资方面的包容性。

以下六个案例将介绍旨在提高森林监测数据质量、获取森林监测数据、改善土地利用规划和管理创新，以此作为制止森林砍伐和养护森林的手段。

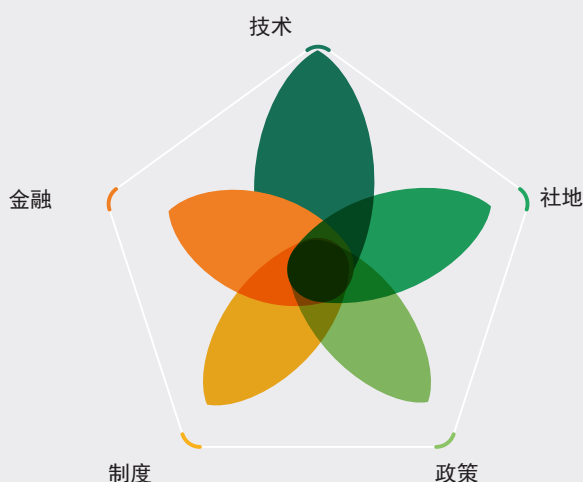
v 按照目前的温室气体排放速度。

案例研究1 建立培育多方治理机制，扩大综合性可持续景观管理

地点：肯尼亚、尼日利亚

合作伙伴：粮农组织、全球环境基金、肯尼亚林务局、肯尼亚农业和畜牧业研究组织、尼日利亚林业研究所、尼日利亚各州的REDD+单位、Solidaridad网络

创新类型的权重



背景。土地利用部门和利益相关方之间缺乏协调，阻碍了在景观和国家层面平衡森林目标和农业目标的努力。在尼日利亚，可可和棕榈油等高价农作物生产已导致严重的环境退化，包括森林砍伐和生态系统服务减少。在肯尼亚，对于维持当地经济和生计至关重要的埃尔贡山水塔景观正受到农业扩张、非法伐木和其他人为压力的威胁。与国家政策制定和行动密切结合的景观综合干预法，有助于改善多方治理机制，解决上述问题和其他共同问题。各种景观综合干预法还有助于减少农业和林业之间的冲突，增强协同效应。

创新。需要通过新的内部组织和协作方式，寻求长期可持续的解决方案，来应对与农业相关的毁林等复杂挑战。粮农组织的知情参

与式景观管理法（PILA）展示了如何在干预措施的设计和implement中体现跨部门合作的原则，以改善实地成果。PILA是一种指导性、结构化和量身定制的方法，汇集了粮农组织一整套先进的工具和做法，以支持在景观综合管理中做出知情决策。各国可通过PILA框架，在林业、农作物和畜牧生产、土地和水资源、地理空间数据、变革性治理、权属、融资和多方参与流程等领域获得技术支持和专业知识。PILA通过提高国家的技术和机构能力，支持景观利益相关方（包括政府和生产者组织）以综合、包容、有针对性的方式规划景观管理。通过整体性景观评估，PILA从家庭调查和卫星图像中获取可靠数据，跨部门开展工作，确保作出知情、综合决策。

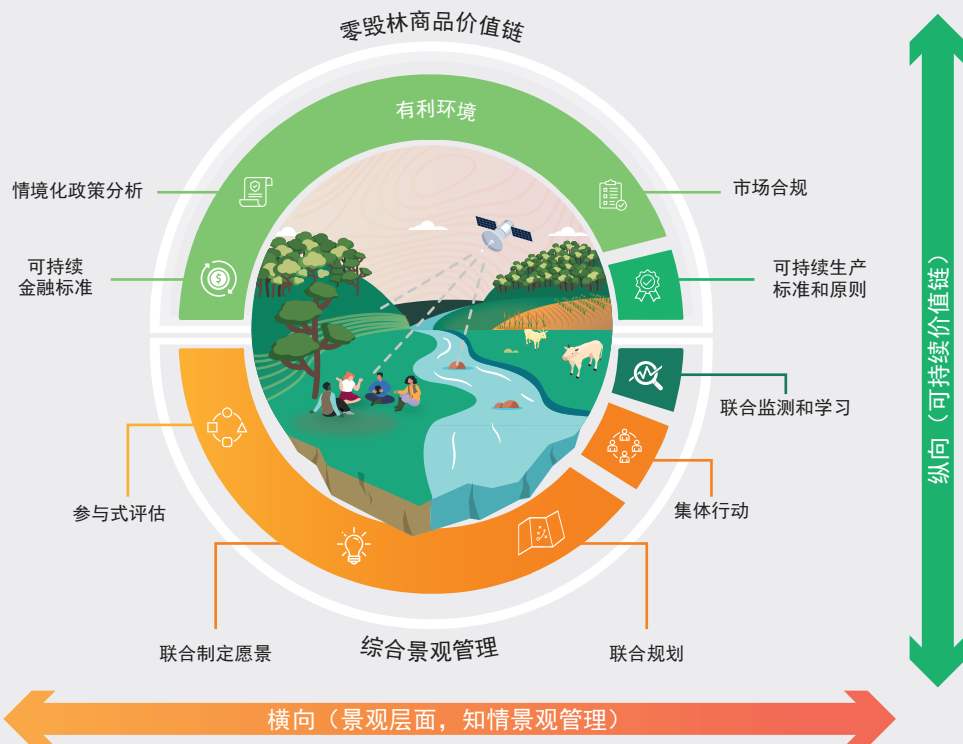
PILA在两个方面代表了粮农组织为各国提供支持的组织和文化转变。首先，PILA强调全进程的包容性，同时着力加强全系统的国家能力，以增强国家自主权和承诺。其次，PILA包括并整合了国家和粮农组织各技术司所有相关部门（如农业、环境和规划）。此外，PILA将景观与国家进程联系起来，包括增强生产者组织的能力，使其能够开发新的市场、获得可持续融资，以促进建立不损害森林、具有包容性的商品价值链，从而为实现预期的大规模影响创造动力（图7）。

成果和影响。PILA正在肯尼亚和尼日利亚实施的全环基金第七次充资（GEF-7）粮食体系、土地利用和恢复影响计划（FOLUR）中进行试点，以推动在制定和实施综合、包容性景观管理计划方面开展跨部门合作。在肯尼亚，埃尔贡山水塔景观的生态系统恢复和社区自然资源管理活动将通过综合参与式规划进程得到加强，有助于加强当地社区在循证决策中的参与。为制定景观发展愿景，共同开发可持续转

型路径，各利益相关方需要清楚地了解景观中的现有（和未来）机会，以开展更可持续的生产、管理、保护和恢复活动。PILA的应用还通过将实地数据纳入利用粮农组织的Open Foris套件开发的地理空间模型，改进了肯尼亚恢复潜力的测绘工作（确定在哪些地区开展生态系统恢复具有生物物理适宜性且最具成本效益）。⁷⁶在尼日利亚，PILA正在增强国家和地方政府的综合地理空间分析能力，并与国家级REDD+单位密切合作，改善高质量空间数据的获取，以实现更明智的综合景观管理。

推广潜力。预计将采用规划法，在四个区域通过25个FOLUR国家项目加强国家综合景观管理框架。PILA正在为实现综合景观管理目标以及将其推广到国家层面提供创新支持。PILA可以以基于需求的方式应用于景观、商品和粮食体系，特别是处理农业与林业的关系，目的是将成功做法移植到其他国家。PILA还可以在其他现有计划（例如世界银行的可持续和韧性景观全球伙伴关系以及GEF-8粮食体系综合计划）中进行复制，这些计划正为各国的综合土地管理和规划进程提供支持，指导其向多元化和可持续的价值链过渡。

图7 知情参与式景观管理法示意图



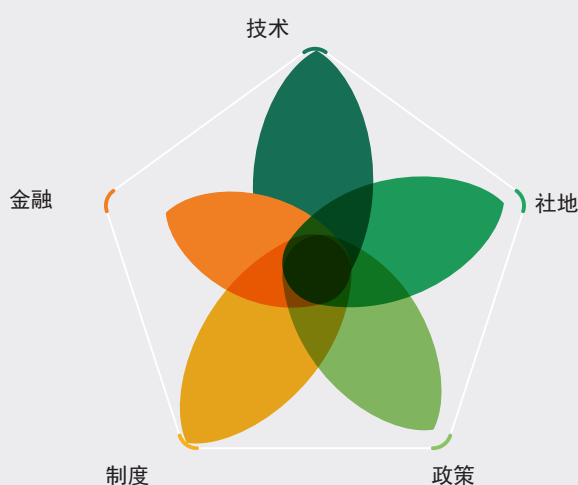
资料来源：案例研究作者本人。

案例研究2 利用有关森林在提高农业生产率中作用的新数据促进农业领域养护融资

地点：巴西

合作伙伴：伍德韦尔气候研究中心、亚马孙环境研究所

创新类型的权重



背景。1985年至2022年间，巴西亚马孙-塞拉多地区（亚马孙和塞拉多生物群落交汇处）超过13%的土地被清理后用于农业生产，其中包括砍伐了518万公顷森林和林地。¹⁹⁶大宗商品生产在巴西经济中发挥着至关重要的作用。例如，2022年，大豆收成创新高，¹⁹⁷使巴西国内生产总值增长了2.9%，出口收入也相应增加。但扩大农业生产造成的森林砍伐会导致当地气温上升和水汽压差增加，最终引起农作物减产（图8）。¹⁹⁸平均而言，不同景观中大豆产量存在差异，其中30%与亚马孙-塞拉多地区的森林覆盖率有关，因为森林会产生降温效果。此外，森林砍伐会降低农作物和牲畜在热浪和长期干旱期间的复原能力，因此，尽管农业面积有所

增加，但总产量可能会下降，这会抵消森林砍伐带来的任何短时间优势，同时危及提升农业生产率的长期目标。¹⁹⁸

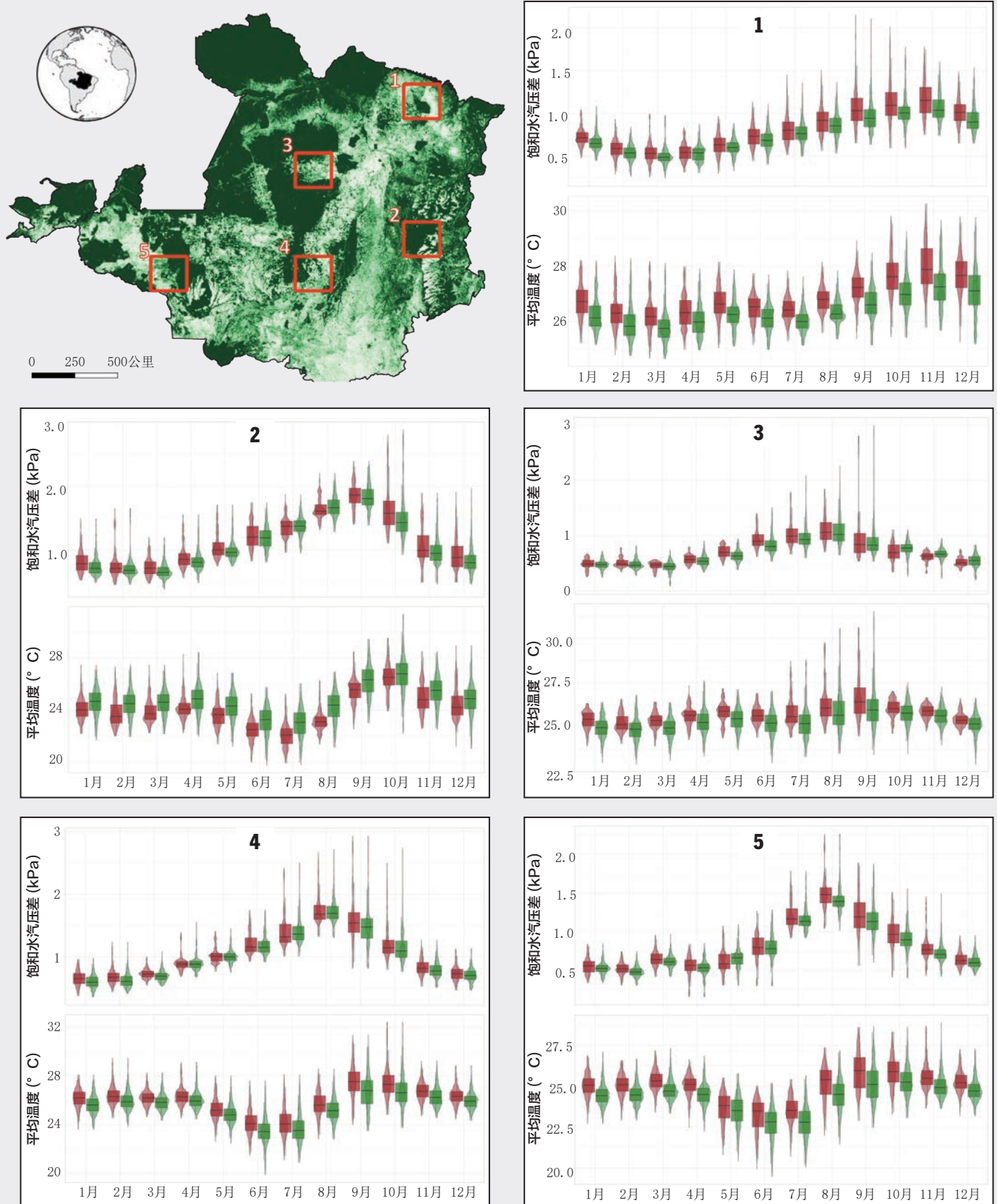
鉴于极端天气事件的强度不断增加，¹⁹⁹在亚马孙和塞拉多开展高强度耕种的生产性景观中保留剩余森林的好处愈加明显。已引入了一些保留森林的经济激励措施，例如巴西政府的生态增值税（ICMS）和REDD+基于成果的国际支付制度，²⁰⁰但还需要采取更多措施，防止进一步砍伐森林，同时为已开发地区的生产集约化提供支持。

创新。数字创新正在帮助巴西加深对森林在缓冲极端气候方面的好处（除了碳储存和封存之外）的了解。相关创新包括MODIS提供的陆地表面温度和蒸散数据等产品、TerraClimate提供的全球陆地表面每月气候水平衡数据以及MapBiomass提供的土地利用和土地覆盖数据。谷歌地球引擎和新的R软件包等工具正在推动开展此类研究所需的海量数据的处理和分析。例如，利用新的数字产品，已确定巴西亚马孙地区有森林覆盖的土著人口居住区气温平均比森林砍伐率较高的未受保护地区低2°C。²⁰¹

成果和影响。通过新的数字产品获得更多知识让我们能够更好地设计景观，最大限度地提高气候抵御能力和农业生产率，例如，显示需要多大森林面积才能调节气候，优化农业生产，并维持林区之间的连通性，保护生物多样性。知识和工具的进步使人们能够更好地遵守环境法，如环境保护地配额和原生植被保护法。

由亚马孙环境研究所牵头的CONSERV项目等举措正在利用绘图功能来确定本地植被剩

图8 亚马孙-塞拉多地区一个历年中森林砍伐对不同农业集约化水平景观水汽压差和平均温度的影响



注：森林砍伐地区的观测值标为红色，森林覆盖地区的观测值标为绿色。1 = 巴西帕拉州Capitão Poço; 2 = 巴西伊亚州Formosado Rio Preto; 3 = 巴西帕拉州São Félix do Xingu; 4 = 巴西马托格罗索州Querência; 5 = 巴西马托格罗索州Sapezal。

资料来源：案例研究作者本人；(地图) MapBiomass项目。2024。巴西年度土地覆盖和利用地图系列第8册。参见：MapBiomass Brazil. <https://doi.org/10.58053/MapBiomass/VJIJCL>和Climatology Lab. 2024。Terraclimate. [2024年6月14日访问]。 <https://www.climatologylab.org/terraclimate.html>。许可：CCO 1.0通用。

余量，从而激励农村生产者保护自身土地上的森林。CONSERV项目采用各种方法，例如采纳技术创新、提供财政激励以及实施有效机制，确保在可持续生产活动中优先考虑森林养护。迄今为止，该项目已保护了23处私人地产上共约21000公顷土地，可能避免了220万吨二氧化碳的排放。过去，监测法定环境制约措施的实施情况是全国环境保护地配额制度的瓶颈。²⁰²然而，随着技术的改进，现在可以为不同区域排定优先顺序，以最大限度缓解地方层面的气候变化。

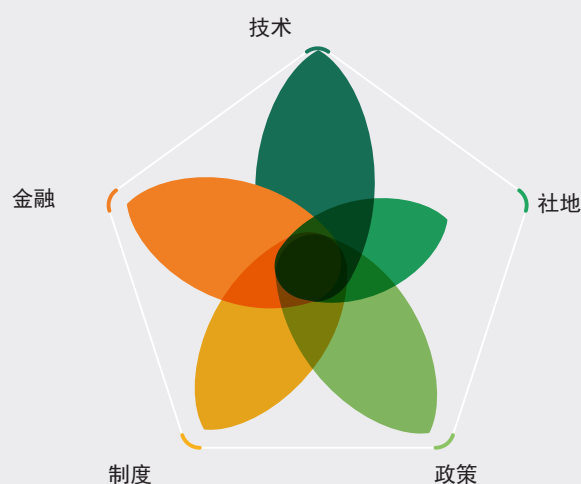
推广潜力。估算森林对农业生产的价值可以为土地所有者创造新的收入来源，有可能弥补不能开拓新林区用于农业生产的机会成本。但要想将此类计划推广到巴西以外，将需要借助国际金融机制，因为森林生态系统服务的许多好处超越了国界。这一过程需要有基于用户付费原则的收入来源以及核实森林养护情况的流程。执法也至关重要；如果没有政府监管、金融机构监督以及强制土地所有者合规的供应链压力，就不会有需求，也就不会有市场。保护现有森林对于可持续农业体系至关重要，需要得到认可和重视。

案例研究3 利用伙伴关系和技术创新力量减少大宗商品驱动的森林砍伐

地点：加纳

合作伙伴：粮农组织、世界资源研究所、谷歌、美国国家航空航天局、联合利华、美国国际开发署、美国国务院

创新类型的权重



背景。近几十年来，森林砍伐有所减少，但棕榈油、可可、大豆和牛肉等商品的可持续生产仍然面临挑战。认识到这一点后，有关产自零毁林供应链的产品的法规已经生效，例如欧盟关于零毁林、零森林退化供应链的法规（称为EUDR）。通过加强对土地利用的监测和对商品供应链的跟踪，人们可以了解大宗商品对森林的影响，支持设计和实施能解决毁林问题的有效解决方案，促进农业生产和粮食体系的可持续发展。EUDR等法规对大宗商品生产者具有重大影响：例如，在加纳，可可生产者可能无法获得合规所需的技术解决方案和数据。

“森林数据伙伴关系”的目标是确保所有各方都能获得一致、经过验证的开源地理空间森林风险商品数据。小农户和土著人民（最容易受新法规要求影响的群体）尤其需要有针对性的技术解决方案（用于地理定位）来证明其合规表现。作为数字公共产品联盟的成员，粮农组织正在牵头开展森林数据伙伴关系关于森林和大宗商品监测数字公共解决方案的创新工作流程。

创新。森林数据伙伴关系已与Linux基金会合作，在欧洲团队倡议零毁林中心的森林生态系统可持续农业旗舰框架内，共同开发和部署符合零毁林法规的免费开源数字解决方案。森林数据伙伴关系正在通过结构性证据趋同法，根据可访问性、包容性、可比性和互操作性原则，帮助所有生产者合规。

通过证据趋同法，所有生产者可以更简便地获取关于任何规模森林、大宗商品、土地利用变化的可分析数据，从而生成遵守零毁林法规所需的数据。该方法包含以下模块：

- ▶ Open Foris Ground应用程序，由谷歌和粮农组织联合开发，使用户能够定位或划定其农场边界；
- ▶ 资产登记册（由Linux基金会的AgStack开发），是一款免费、可寻址且不可发现的田地/农场边界公共登记册，没有任何其他属性（即田地是匿名的，不携带个人或任何其他信息）；以及
- ▶ 数据管道，使用户能够获取公开的地理空间和时间数据，例如特定地块的土地覆盖变化和土地利用图层，在Open Foris套件的不同数字公共产品中实施，协助各国监测和报告森林和土地的利用情况。

成果和影响。该伙伴关系的一个重点领域是加纳的可可生产，早期成果包括制定与毁林相关的可可基准数据和路径。该方法正在加纳和西非区域NASA-SERVIR中心（区域组织之间的伙伴关系，旨在帮助各国利用地球观测卫星和地理空间技术提供的信息进行能力建设）进行实地测试。其成果是对减少可可造成的毁林进行可靠、系统的监测、核查和问责。处理环境正在向公众开放，加纳政府也正在借此支持

可可生产者自身农场的EUDR零毁林声明提供证据。

推广潜力。该伙伴关系提供的地理空间数据生态系统在调整后，可适用于其他商品以及其他国家和地区。此外，该伙伴关系下制定的数据共享协议和地理定位标准可用于与法规无关的其他用途。粮农组织正在“加速森林创新监测（AIM4Forests）”计划²⁰³计划下，利用该伙伴关系下开发的技术创新，向秘鲁和越南提供类似的技术支持。鉴于大不列颠及北爱尔兰联合王国和美利坚合众国正在制定零毁林法规，AIM4Forests提供的支持将在2024年有所增加。更宽泛地说，该伙伴关系有可能利用联合国各机构、大型民间社会组织以及主要数据和技术公司的集体影响力，通过其技术方案促进重大变革。

与加纳遥感专家共同开展Collect Earth相关培训。



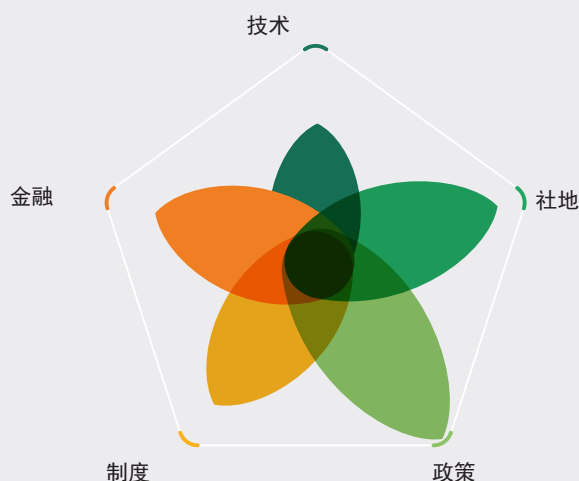
© 粮农组织/Frank Owusu

案例研究4 将新工具和新技术融入现有的社区森林管理模式，改善森林管理成果

地点：哥伦比亚

合作伙伴：粮农组织、环境与可持续发展部（哥伦比亚）、国家以下级别环境主管部门、社区组织

创新类型的权重



背景。在哥伦比亚，由土著人民和社区管理的土地和森林约占土地总面积的53%，其形式包括土著保护地、农民保护地和哥伦比亚非洲裔人群保护地。这些土地对于保护生物多样性和文化以及碳储存和水管理非常重要。社区森林管理制度在哥伦比亚已经实行了几十年，但持续存在的挑战阻碍了该制度的有效性，包括耗时长、缺乏协调的地方官僚程序、对法规缺乏了解以及缺少可持续融资。

创新。新的扶持政策和战略合作有助于振兴社区林业企业，加强森林治理。哥伦比亚已实施了新的社区森林管理模式，重点是协作治理，以此作为减少毁林和森林退化造成的排放、促进气候行动的手段。

环境与可持续发展部开发了名为“森林—生命之源”的森林管理和毁林防控战略，采用综合方法制定，用以确定新型森林治理方法是否可同时制止毁林、应对气候变化、促进农村可持续发展以及解决农业和林业之间的矛盾。这需要各部委（包括农业部）、地区环境主管部门、学术界、私营部门、土著人民和非政府组织之间的合作。利用不同活动（例如，使用木材和非木材产品、财政激励措施、设立苗圃、复合农林业系统和恢复行动）来实现社区森林管理，使合作伙伴和外部利益相关方认识到景观层面干预措施可快速产生真正和有影响力的社会、生态和经济效益。“森林—生命之源”的行动重点是承认土著人民和当地社区的治理及其与可持续森林管理相关的传统做法，促进和巩固森林价值链，促进“协作性（associativity）”。^w

其他方面的努力也有助于加强社区森林管理。例如，在制定国家REDD+战略（称为ENREDD+）时，与社区利益相关方的磋商证明了将社区林业纳入实现国家气候目标的机制的潜在好处。将社区林业纳入ENREDD+下的财政激励和基于成果支付制度有助于为社区森林管理提供更可持续的资金基础，还可帮助改善基于社区的森林监测工作，并增加社区森林企业的市场准入机会。

确保社区森林管理资金可持续的其他创新方法包括采用“市场分析和开发法”以及森林与农场基金（FFF）的干预思路；采用性别和代际方法；由多学科小组在每个社区林业试点地点提供技术援助；与当地社区组织签订合约，为项目活动提供后勤和技术服务。

^w 就社区林业企业而言，“associativity”广义指一群人之间的协作。

成果和影响。通过社区森林管理试点所获得的知识改善了林业和农业之间的协调关系，进而提高了农村地区人民的生活质量，推动了国家气候目标的实现，并增强了林区之间的连通性。

新的社区森林管理模式推动了ENREDD+的实施，有助于遵守与合法获取和使用木材和非木材林产品相关的森林立法，还加强了社区处理和获得各区域自治主管部门颁发的使用许可证和授权的能力。该方法正式承认社区森林管理是实现森林保护、减缓气候变化、增进社区福祉目标的重要工具，并鼓励将性别和青年视角纳入森林规划和管理的设计。鉴于社区森林管理对土著人民、非洲裔哥伦比亚人和当地社区的生计十分重要，在政策框架中正式承认这种方法有助于使传统知识在森林保护中的关键作用合法化并得到关注。

该战略在社区林业企业和私营部门中介机构之间建立了新的伙伴关系，其效果是降低了社区林业生产者的市场准入成本并增强了其企业的生存能力，从而增加了收入并为林业就业开辟了新的途径。各种合作组织、非政府组织和私营企业在环境与可持续发展部的领导下开展了合作。最初，尽管哥伦比亚法律中有所规定，但农民土地上的集体采伐许可证并不普遍，但随着社区森林管理模式的实施，已经出现了成功的案例。最近的国家发展计划通过2023年第2294号法令，在第49条中重申了农民森林特许权，为一些地区实施社区森林管理创造了机会，而这在以前是不可想象的。该模式正在12个省（这些省森林砍伐现象普遍，长期开展社区林业管理），至少有30个社区森林管理举措正在实施，其中大部分在亚马孙地区。在国家层面，约有271000公顷土地接受社区森林

管理，土著人民、农民和非洲裔共近3400个家庭参与。

推广潜力。作为“森林 — 生命之源”战略的一部分而开发的社区森林管理模式前景广阔，其中一个原因在于其固有的适应性、哥伦比亚广阔的森林资源以及可开展森林治理的集体土地。该模式的适应性和可复制性体现在从2018年4个省的4个试点扩大到2023年12个省的30项举措。

该模式对社区发展具有巨大潜力，同时有助于保护自然资源；它可为应对气候变化和生物多样性流失作出贡献，同时加强粮食安全和可持续发展。该模式在该国的遏制亚马孙森林砍伐计划中发挥着至关重要的作用。

社区领导者在考察托洛河流域和南海岸地区黑人社区理事会的领地，该理事会正在通过社区森林管理开展养护和减少温室气体排放举措。



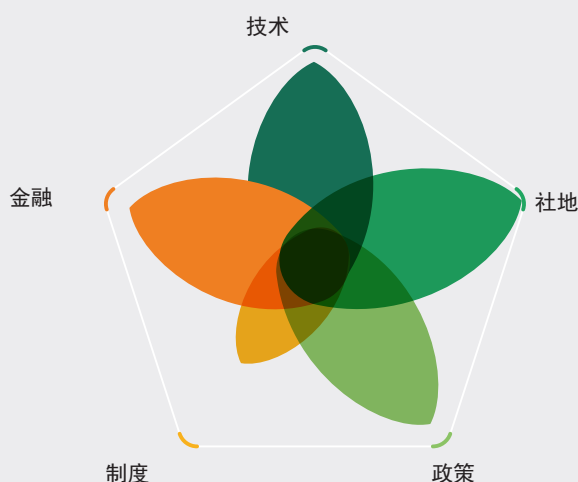
© UN-REDD计划

案例研究5 通过技术创新、能力建设和融资支持土著人民担当森林守护者

地点：全球

合作伙伴：国际土地联盟、世界资源研究所、LandMark 指导小组成员，包括Nusantara土著人民联盟、亚洲土著人民契约、可持续发展与环境中心、亚马孙流域土著组织协调机构，同时还代表全球领土社区联盟、奥吉克人民发展计划、基伍地区俾格米人发展综合计划，以及代表非洲森林生态系统土著人民和地方社区可持续管理网络、权利与资源倡议、世界流动土著人民联盟

创新类型的权重



背景。人们越来越认识到土著人民担当广袤森林最有效守护者所起的关键作用。^{204, 205}然而，随着农业开发活动和基础设施不断发展，这些林地和领土面临的压力和威胁正在增加。鉴于土著人民在生物多样性保护以及减缓和适应气候变化方面发挥着巨大作用，土著人民必须拥有人力、法律和技术资源继续努力保护和恢复森林，但他们在很大程度上仍被排除在有关其领土的决策之外。技术知识和能力有限，缺乏承认其土地和碳权利的法律框架，资金不足，惠益共享和自由、事先和知情同意程序不足，都是土著人民参与森林政策机制

和利用气候融资新机遇时面临的主要风险和障碍。

创新。“加速森林创新监测（AIM4-Forests）”计划²⁰³将为土著人民提供创新技术和技术解决方案，帮助他们获得对其领土的认可，提高他们的森林监测能力，同时使他们能参与利用新的气候融资机遇。通过与土著人民和社区土地全球平台（称为LandMark）^x以及土著人民主导的实践群组合作，AIM4Forests还将促进自下而上和同伴间的学习和知识生成，从而帮助土著人民通过利用创新技术并制定路径，更多地参与全球生物多样性保护以及减缓和适应气候变化的努力。

成果和影响。最近刚刚启动的AIM4Forests计划正帮助土著人民开展领土测绘和森林监测，并提升自身的数据和能力，争取对自身土地权属的承认，并利用与气候相关的融资机会。这既能加强土著人民担当森林和其他资源管理者的权利，也能实现更包容、公平和可持续的惠益共享。测绘和监测能力的提高最终将巩固土著人民的地位，使他们能够从自身领土内的保护和可持续森林管理活动中获得基于成果的报酬，并获得应有的碳积分。例如，截至2023年9月，已有26国政府向“加速森林融资促进减排（LEAF）”联盟提交了符合要求的碳融资提案，^y但其中只有一个（来自多民族玻利维亚国）涉及得到承认的土著人民领土。必须确保土著人民有能力参与气候融资（如果他们有兴趣）并公平获得应有的惠益，这一点很重要。

^x LandMark是一个全球平台，提供有关全球土著人民和社区土地的地理参考信息。

^y LEAF联盟汇集公共和私人买家，从通过实施辖区REDD+计划减少森林砍伐的国家和地方政府手中购买大量高质量森林碳积分。LEAF联盟要求采用TREES [REDD+环境卓越标准]，这是由REDD+交易架构制定的标准，用于量化、衡量、报告和核实辖区和国家范围内REDD+活动的温室气体减排量和清除量。

推广潜力。尽管土著人民拥有或管理着世界上四分之一的土地，但他们的领土权在世界许多地方仍未得到承认。²⁰⁶通过绘制土著领土地图和收集高质量数据来增强土著人民的权能，有助于提高土著领土的受关注度，支持土地确权工作，这是防止森林砍伐和破坏、减少生物多样性流失和碳排放的最佳、最具成本效益的方法之一。通过该项目有可能加强和复制由土著人民主导的大面积测绘和监测举措，²⁰³为他们参与气候融资奠定基础。

圭亚那贝瑟尼村的特许权谈判为土著青少年提供了了解其习惯土地边界的机会，有助于发展代际监护权。



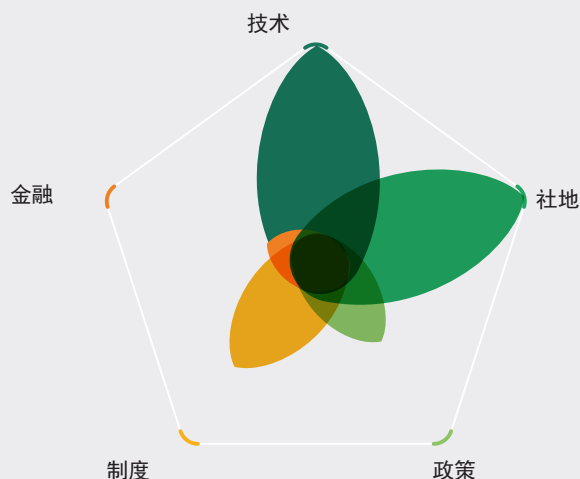
© 粮农组织/美洲印第安人协会

案例研究6 整合科学、技术和传统知识，改进火灾管理决策

地点：全球概念，东南亚试点

合作伙伴：全球火灾管理中心合作伙伴、大韩民国山林厅、德国联邦食品和农业部

创新类型的权重



背景。森林、泥炭地和永久冻土区的野火燃烧时间越来越长，程度也越来越严重，许多地区的火灾季也在延长。³⁴气候变化和土地利用变化预计将使野火更加频繁和严重，³⁴因此有必要加大防火投资。野火造成的许多负面影响对最贫穷人口而言尤为严重，因为他们适应火灾状况变化的能力最弱。当代火灾管理和决策辅助工具通常基于新技术和防火科学，但可能没有充分考虑火灾作为土地管理工具的意义，特别是在全球南方，并且这些工具可能没有吸收土著和其他传统社区掌握的大量火灾管理知识。

创新。由粮农组织和合作伙伴牵头的全球火灾管理中心²正在支持各社区和各国开发地方一级的火灾管理决策辅助工具，将传统知识和科学知识与最新技术相结合，以减少野火对生计、景观和气候的负面影响。此项创新的前

² <https://www.fao.org/forestry-fao/firemanagement/101248/en/>

提是影响社区的火灾问题需要社区主导的解决方案。它提供了一种量化整合消防科学和传统消防知识的程序，从而做到一些土著领袖所说的“两条腿走路”。

正在开发的火灾管理决策辅助工具基于以下各项：

- **模型** — 现有的火灾危险评级和预警系统；
- **数据** — 有关火灾天气、气候、火灾活动以及燃料和植被的最新信息；以及
- **知识** — 融合土著、文化和传统的火灾管理知识和专长。

合作伙伴正在为野火管理（预防、探测和预灭火）和有计划焚烧规划（包括传统和土著用火法）构建火灾管理决策辅助工具。这些工具与火灾行为直接相关，根据火灾天气和植被数据、借助可燃物消耗和蔓延速度量化的物理模型估算而来（这种对火灾发生、蔓延和造成损害可能性的测算是火险评级系统的产物）。火灾预警系统在火灾季到来前几周甚至几个月提供未来火险信息，并为规划和决策工作提供信息；该系统能整合干旱指数、当地关于天气系统和趋势的传统知识以及气候影响等因素。这些工具与当地社区共同开发，参考了他们的消防知识和最佳做法。这一做法正在通过“综合风险管理确保森林未来”机制在东南亚开展试点。

成果和影响。新的火灾管理决策辅助工具将现代科技与当地社区和土著人民的火灾管理知识、专长和需求相结合，赋予人们更大力量。当地消防管理人员可利用这些工具获取火灾危险和预警信息，以预测和应对野火威胁，同时规划和安全开展传统的焚烧活动。各社区也能

在极端火灾危险情况发生之前实施综合消防计划，包括有计划焚烧，以实现传统火灾和土地管理目标。

推广潜力。已开发的创新型火灾管理决策辅助工具将为各国消防机构和世界各地类似机构提供蓝图、整合火灾科学和传统知识的方法以及社区火灾管理决策辅助工具范例。这些成果将纳入获得广泛国际支持的全球火灾管理中心，作为加强国家综合火灾管理能力（包括通过关注社区）的一种方式，从而确保广泛推广和应用。

印度尼西亚占碑省矿质土上的林火。



© 粮农组织/Brett Shields



菲律宾

种植红树林可以增强沿海社区的韧性。

© 粮农组织/Benjo Salvaterra



4.2

通过创新，支持退化土地恢复、扩大复合农林业

世界陆地总面积的近75%，特别是森林、牧场和湿地，受到退化和形态转化的负面影响，而且这一数字可能在30年内升至90%以上。²⁰⁷生态系统退化造成的每年经济损失估计为4.3万亿至20.2万亿美元，给32亿人造成负面影响。²⁰⁸

为应对这一挑战，森林和景观恢复工作正在加速开展，为此联合国大会宣布启动“生态系统恢复十年（2021-2030年）”。森林和景观恢复通常涉及整个景观，其中多种土地利用方式相互作用，此项工作的目标是恢复退化地区的生物生产力，并在已恢复的土壤和植被中创建长期碳汇。据全球森林和景观恢复伙伴关系称，世界上超过20亿公顷遭受毁林和退化影响的景观具有森林和景观恢复潜力。据估计，到

2050年，通过森林和景观恢复活动再造和新造的森林可实现的全球减排潜力为每年39亿吨二氧化碳。²⁰⁹

通过发展复合农林业进行景观恢复有可能应对各种全球挑战。复合农林业体系往往比传统农业更能抵御环境冲击和气候变化的影响。根据不同体系类型和当地条件，复合农林业体系可保留类似天然林50-80%的生物多样性，²¹⁰可通过充当安全网来加强粮食安全和营养，还可提高作物生产力。人们对复合农林业作为应对气候危机的变革性解决方案重新产生了兴趣，这一点从复合农林业被纳入《联合国气候变化框架公约》40%的非附件一缔约方的国家自主贡献（包括缓解和适应两方面）中可见一斑。^{211, 212}此外，在实施REDD+战略的73个发展中国家中，约半数已将复合农林业确定为解决森林砍伐问题的一种手段。²¹¹政府间气候变化专门委员会《第六次评估报告》特别提到，复合农林业是一种有效的气候变化适应选择。²¹³

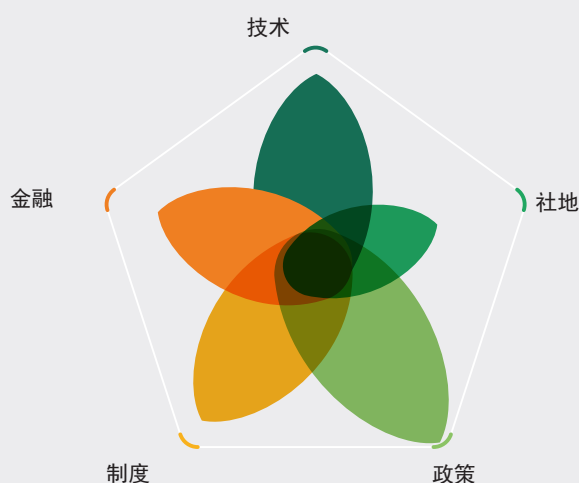
以下六个案例为具有推广潜力的森林和景观恢复与复合农林业创新范例。

案例研究7 制定新的国家政策，为推动复合农林业打造有利环境

地点：印度

合作伙伴：农业和农民福利部（印度）、国际林业研究中心-世界混农林业中心

创新类型的权重



背景。印度将复合农林业作为一种传统土地管理系统加以发展有着悠久的历史，同时至少50年来一直积极参与复合农林业相关研究。过去估计该国的复合农林业面积为1740万公顷至2320万公顷。²¹⁴然而，复合农林业至今仍未获得全面的技术或机构支持，也未被纳入任何部委的职责范围。因此，复合农林业通常被政策所忽视，而这个问题并非印度独有，反映出复合农林业处于农业、林业、环境和乡村发展交叉领域所具有的多面性。复合农林业需要树木、作物和牲畜管理方面的多种专业知识。缺乏全面的推广服务使农民难以开展复合农林业；此外，政府推广机构对当地农民掌握的复合农林业知识缺乏认知，使得提高现有复合农林业绩效和促进创新变得更加困难。其他障碍包括监

管框架和激励措施不足（某些情况下还存在限制性法规）、缺乏针对农民的机构融资和安全网、缺乏高质量种植材料以及市场准入不足。这些加上其他挑战都意味着印度扩大复合农林业缺乏有利环境。

创新。认识到这些结构性问题后，印度政府已通过农业和农民福利部并在国际林业研究中心-世界混农林业中心的推动下，于2014年制定了跨部门国家复合农林业政策。该政策旨在系统性消除扩大和推广复合农林业时所面临的障碍，其目标是通过复合农林业提高生产率，满足社会对木材、粮食和非木材林产品日益增长的需求。该政策对于印度实现将全国树木覆盖率增加33%的目标也至关重要，从而促进完成该国的国家自主贡献。其最终目标是促进改善农村农业人口的生计，保障粮食安全，保护生态系统。

此项政策是世界上首个在国家层面促进复合农林业发展的政策。它通过打通自然资源管理各领域，实现了现有复合农林业各项职责和计划的融合、加强和扩展，同时简化了与农田中树木采伐和运输相关的法规。根据该政策，政府建立了土地登记数据库和市场信息系统，确保土地权属安全和市场准入。政策还提供了一个共同平台，让所有利益相关方都能共同规划和确定优先事项和战略；加强部际协调、计划融合和财政资源调动；同时充分利用能力发展以及技术和管理支持。

成果和影响。国家复合农林业政策提供了多种货币和非货币激励措施，以促进该国的复合农林业发展。例如，2016年，印度政府批准了第一份复合农林业预算，价值1.5亿美元。该政策的实施增加了森林以外的树木数量：政

策生效一年后，印度森林调查报告称森林以外的树木总体积增加了8870万立方米。根据最新估计，印度目前正在超过2840万公顷土地上开展复合农林业，²¹⁴估计该国65%的木材和近一半薪材来自农场种植的树木，尽管潜力还要大得多。²¹⁵

对复合农林业的大力支持引发了对推广技术的投资，例如，许多手机应用程序被证明有助于弥补推广服务的不足，帮助农民利用技术，因地制宜开展复合农林业。例如，奥里萨邦于2021年发布了一款复合农林业应用程序（在国际林业研究中心-世界混农林业中心的支持下开发），该应用程序通过统一平台提供有关树木、作物以及成套方法的全面信息。该程序有助于该州的农民和推广人员确定适合农场的农林业物种，并为他们提供有关综合农林业体系、种植材料供应和种苗地点的详细信息。输入地区、季节、地形、土地利用方式和干预类型等关键参数后，该应用程序会就合适的作物、树木和农艺方法提出建议，并推荐树木和作物的最佳组合。该应用程序已被120多个国家/地区的用户下载（尽管原本仅针对奥里萨邦），表明社会对此类支持有着明确需求。

推广潜力。印度的国家复合农林业政策为其他国家树立了榜样，帮助各国制定出本国的复合农林业政策或战略，其中包括朝鲜民主主义人民共和国、冈比亚、肯尼亚、尼泊尔、卢旺达、南非和美利坚合众国；尼泊尔（2019）的国家政策也是参考印度的经验制定的。制定国家政策和战略是创造有利环境、可持续推广复合农林业的关键途径。

作为政策创新的补充，开发应用程序是个重要解决方案，有助于弥补推广服务不足，帮

助农民利用技术，并使复合农林业适应当地环境。可利用现有数据库开发全球复合农林业应用程序，并通过国家伙伴关系实现本地化。此类应用程序有助于利用新数据不断取得改进，加强监测、设计和实施。

工人们正在印度北阿坎德邦林业研究所苗圃里管护复合农林业所用树苗。



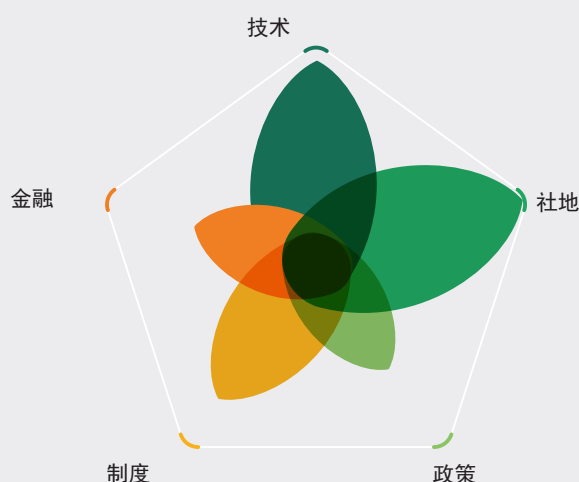
© 粮农组织/Giuseppe Bizzarri

案例研究8 将当地社区的社会经济目标和营养需求纳入恢复工作，防治荒漠化

地点：布基纳法索、厄立特里亚、埃塞俄比亚、冈比亚、马里、毛里塔尼亚、尼日尔、尼日利亚、塞内加尔和苏丹

合作伙伴：粮农组织、“绿色长城”倡议所涉国家机构和协调单位、乡村社区、泛非“绿色长城”机构

创新类型的权重



背景。非洲联盟于2007年启动了“绿色长城”倡议，作为对萨赫勒地区荒漠化、干旱和气候变化所造成不利影响的紧急应对。然而，该倡议的大规模恢复行动很少去应对旱地社区面临的社会经济挑战，如粮食不安全、营养不良和贫困问题，因此导致恢复行动的总体成功率较低。相反，土地退化和相关的生物多样性流失，加上日益恶化的环境条件，导致该地区急性营养不良问题迟迟无法解决，许多人长期遭受饥饿。萨赫勒地区的国际干预措施并未充分认识到恢复行动在解决营养不良方面的潜力，特别是通过“家门口”的解决方法，即通过优化利用本地植物多样性来改善营养的消费途径。

创新。认识到景观与生计之间的密切关系后，粮农组织的防治荒漠化行动（AAD）计划²¹⁶制定了大规模恢复计划，将气候和营养目标融入其干预措施中。其核心创新是将农村社区的植物相关知识和利益作为干预过程的核心，优先考虑农村社区对种植物种的偏好及其社会经济需求。农村社区偏好的200多种野生生物种中有三分之一是可食用植物，且具有很高的市场价值。许多野生植物物种，包括许多可食用物种，通常富含微量营养素，营养含量极高。^{116, 117}

该项目还为源自野生植物的非木质林产品开发了五个主要价值链，旨在增加收入，从而激励人们保护本土农业生物多样性，并为各家各户提供直接经济救助（特别是让女性和青年受益）。野生可食用水果和坚果是特别受关注的焦点，粮农组织对尼日利亚索科托州的评估发现，高达86%的家庭食用这些水果和坚果。

除了要在适当的时间种植适当的树种，还需要供应遗传特性多样的优质树种，才有助于生态恢复。2019年，粮农组织与加纳和肯尼亚的研究机构合作，在六个“绿色长城”倡议所涉国家进行的种质资源利用评估表明，由于供应瓶颈，仅依靠官方公共种子系统（例如国家树种中心），不足以开展大规模恢复活动。粮农组织通过创新模式，动员生活在天然种林附近的农村人群参与培训，让这些社区不仅能够选择自己喜欢的树种和恢复目标，还能够直接履行自身的种子保存和管护职能。由女性领导的合作社负责供应实现恢复目标所需的种子（和其他遗传材料）。这些合作社代表着社会创新，使社区能够宣传和推广种子筛选、收集和繁育的科学方法。

成果和影响。六年来，粮农组织与600个村庄的10万多户家庭合作，从超过10万公顷的已退化农林牧生产土地上110种精选出来的高耐性本地木本和草本植物物种那里收集了15万公斤种子。对重新绿化和生长率的独立遥感评估已展示出积极影响，包括出人意料地在生态恢复地块之外（平均）1公里远的植被有所增加，而各社区也通过收割牧草而快速获得回报。协商和参与进程对于在恢复植被的同时满足营养、健康和生计需求至关重要。粮食不安全体验已急剧减少，^{aa}在塞内加尔从46%降至15%，在尼日尔从69%降至58%，在尼日利亚从90%降至25%。这些干预措施估计封存了38.4–127万吨二氧化碳当量的温室气体。各社区都在积极管理各种种植的植被，在三个雨季后平均实现了60%的幼苗成活率和较高的生长率。^{218, 219}

推广潜力。“绿色长城”倡议力求在2021年至2030年间恢复萨赫勒地区1亿公顷的退化土地，这是增强生物多样性、韧性和营养前景前所未有的机会。粮农组织防治荒漠化行动计划的成功源自农业、林业和卫生部门的社会和组织创新，包括由女性领导的恢复委员会、通过协商决定种植流程以及营养敏感型恢复活动。这些创新做法与促进高效收集雨水的机械化整地等技术创新相结合，已成为该地区生态恢复、气候行动、生物多样性保护和可持续利用

工作的重要组成部分。^{220–224}鉴于“绿色长城”倡议距离实现1亿公顷目标还很远，因此迫切需要找到提高恢复率的有效方法。上文介绍的创新为人们树立了榜样，让当地社区能够利用生态恢复获得明显的利益。这些创新在南部非洲和中亚等其他地方的旱地农林牧一体化系统中也具有巨大潜力。

布基纳法索参与防治荒漠化行动的生态恢复地块在种植当年即收获了野生光泽黍（*Panicum laetum*）。



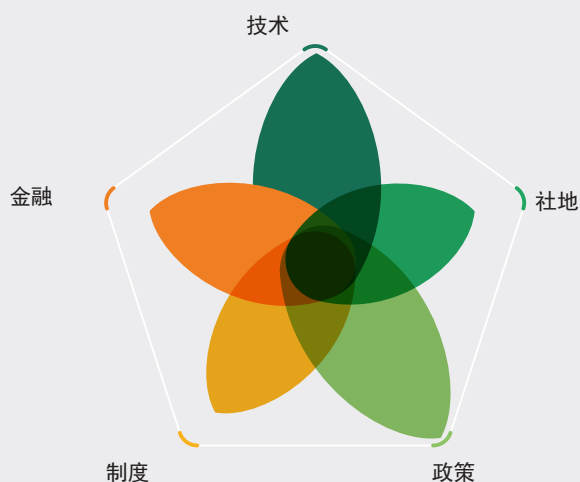
^{aa} 该评估采用了粮农组织的粮食不安全体验分级表。²¹⁶

案例研究9 通过协作和数据互操作开发生态系统恢复监测平台框架

地点：全球

合作伙伴：粮农组织、环境署、生物多样性公约组织、监测工作组、最佳做法工作组、其他合作伙伴组织

创新类型的权重



背景。联合国大会宣布2021-2030年为“生态系统恢复十年”，旨在支持和加大努力，预防、制止和扭转全球生态系统退化。在粮农组织和环境署的共同牵头下，正通过与各国、联合国各机构和各伙伴组织的广泛合作，促进该十年的实施。为简化实施工作，已成立了五个工作组，作为该十年治理结构的一部分，其中最佳做法工作组和监测工作组由粮农组织牵头。

需要有效的工具、平台和数据，才能获取更多与生态恢复相关的数据、信息和指标，指导决策和进展监测工作。为应对这一挑战，粮农组织牵头的工作组通过共同努力，合作开发了一个名为生态系统恢复监测框架的平台（FERM平台）。

《生物多样性公约》各缔约方已制定了宏大的恢复目标，即近期目标2，作为《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》的一部分，“确保到2030年，至少30%的陆地、内陆水域、海洋和沿海地区退化生态系统得到有效恢复，以增强生物多样性和生态系统功能和服务、生态完整性和连通性”。作为最佳做法工作组和监测工作组的牵头机构，粮农组织负责支持《生物多样性公约》秘书处和缔约方为目标2指标确定监测和报告方法，该项指标侧重于生态恢复面积。FERM平台的实施对于协助各国收集和报告正在恢复地区的相关数据至关重要。

创新。FERM平台利用最新的地理空间技术，是在整个联合国十年期间跟踪全球进展并传播良好做法的官方监测平台。该平台还支持各国监测和报告恢复中的面积，以实现目标2。

FERM平台建立在现有全球、区域和国家报告程序基础上，并对其进行补充，同时与其目的、具体目标、标准和指标保持一致。通过将这些努力整合到一个统一的框架中，FERM平台旨在为个人、社区和国家提供跟踪生态系统恢复举措进展所需的地理空间数据、方法指导和监测工具，从而减轻各国的报告负担。

FERM平台遵循互操作原则，以现有的努力为基础，绘制、监测和全面报告正在恢复的区域。通过粮农组织牵头的工作组中的伙伴，FERM平台与全球环境基金、Restor、国际自然保护联盟的“生态恢复晴雨表”跟踪工具、《联合国防治荒漠化公约》的土地退化零增长报告平台、“绿色长城”加速器、环境署-世界保护监测中心的自然承诺平台以及巴西生态恢复观测站等合作伙伴合作，将他们收集的数据绘制成通用参数，促进数据共享和质量检查，并寻求相互协调一致的机会。

监控工具和平台的整合和互操作性可增强和简化生态恢复工作者的用户体验。例如，FERM平台将全环基金的项目和数据整合到了联合国十年监测框架中。目前正在努力汇编、共享和整合来自其他平台的数据，各组织也正在努力将数据交换和互操作性纳入到FERM平台中。

成果和影响。FERM平台包括：

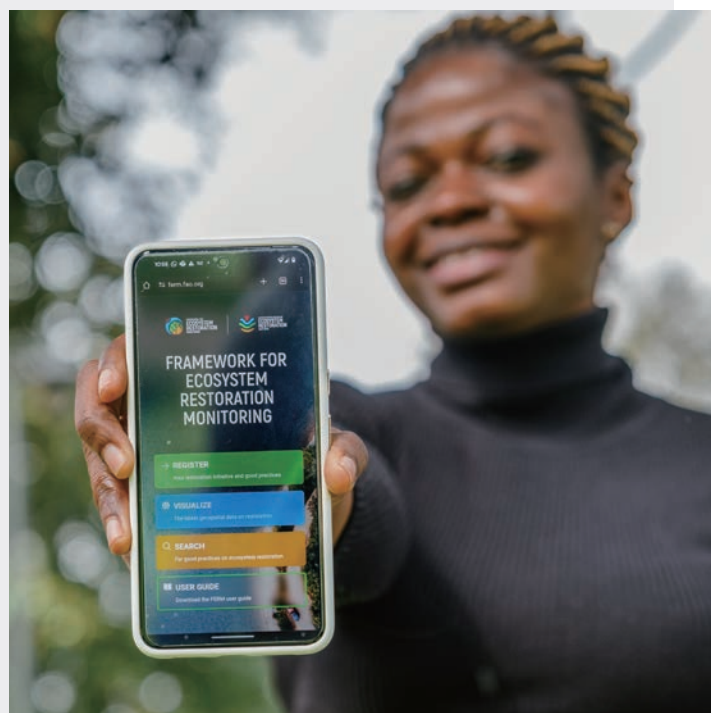
- FERM平台地理空间平台，可实现进展可视化，并提供对监测生态系统恢复至关重要的指标和数据。地理空间平台是交互式的，可生成数据和地图，并创建令人信服的生态恢复影响介绍材料。FERM平台利用遥感地理空间数据和统计时间序列，推动在全球、区域、国家和国家以下层级对公共和私人部门生态恢复相关数据进行分析；
- FERM平台登记册，它简化了与生态系统恢复举措、项目和计划相关的面积数据的收集和协调工作，也简化了与其他平台的互操作数据交换。FERM平台登记册还可记录与已注册举措相关的良好做法。截至2024年2月，该平台拥有来自80个机构的355名注册用户，记录了57个国家的150项举措，并提交了20项良好做法。FERM平台登记册将作为各国报告目标2相关情况的官方入口；
- FERM平台搜索引擎，它传播从FERM平台登记册等四个合作平台收集到的生态恢复良好做法，从而为利益相关方提供超过1500种良好做法的查阅权限（截至2024年2月）。用户可根据自身具体需求高效搜索、过滤和访问各种良好生态恢复做法。

推广潜力。作为“联合国十年”和《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》近期目标2

的官方监测平台，FERM平台将随着时间的推移并根据各国、《生物多样性公约》各缔约方和恢复工作者的需求不断得到加强。

粮农组织正在与各伙伴组织合作，努力实现数据协调和互操作，以改进FERM平台的各项功能。平台将引入数据交换相关案例研究，以提供关于成功实践和创新的想法和范例。平台将新建一个信息面板，提供生态恢复数据汇编以及关于承诺进展情况、恢复区（按国家、生态系统和倡议分类）和良好做法的综合信息。平台将采用地理空间数据在空间上显示这些元素，并提供用于数据可视化的交互式地图以及与各国数据库的链接，从而提高透明度。这些功能将在全球和国家层面上提供。

FERM平台让人们可以通过移动设备开展实地数据收集。



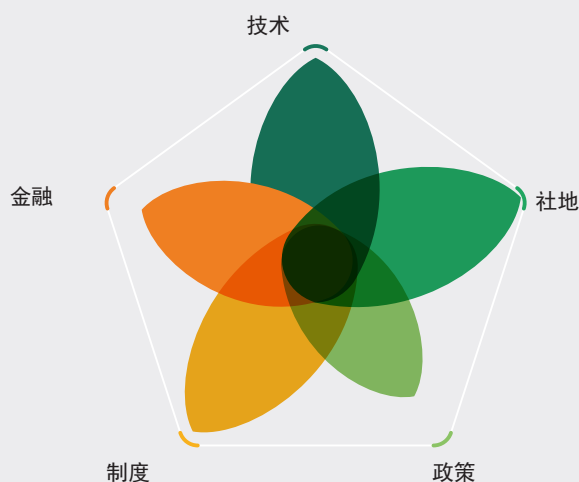
© 粮农组织/Maryia Kukharava

案例研究10 通过融入新技术、新实践和植物新品种，增强传统水芋园的韧性

地点：瓦努阿图

合作伙伴：粮农组织、瓦努阿图农业和农村发展部（农业、畜牧业、林业、渔业和生物安全部）

创新类型的权重



背景。森林生态系统服务的连续性对瓦努阿图应对粮食安全挑战至关重要。芋头是一种根类蔬菜，是瓦努阿图的主食，需要在生产的各个阶段持续供应水，以维持产量并支持植物发育，特别是在旱季。水芋园是该国传统的复合农林业做法，利用森林的养分和水量调节功能生产芋头和其他作物。水芋园能在遭受灾难、气候冲击和压力时快速恢复，对于在供应链中断期间维持当地粮食安全非常重要。然而，森林退化降低了其为水芋园供水的能力，对复合农林业系统的生存以及当地粮食安全和生计构成威胁。

创新。瓦努阿图农业和农村发展部牵头与土著人民、当地社区、政府机构和其他利益相关方进行协商，确定面临的挑战、需求和机遇，

以提高水芋园生产率、增强其韧性。在粮农组织用于增强复合农林系统韧性的技术和资金支持下，人们分析了哪些地点适合扩大水芋园以及知识、投入和技术方面存在的不足。在此基础上，该国引入了一系列创新方法，以加强水芋园在气候变化背景下的可持续性。例如，已推出适应气候变化的水芋品种和可持续水资源管理培训计划。此外，还采用了新的做法和技术，例如滴灌技术、建设经过改良的小型水坝、引水和雨水收集技术以及鱼菜共生等节水型农业技术。

成果和影响。该组合有助于提高用水效率并增加全年供水量。重要的是，可持续森林管理方法的改进，包括生物多样性保护，有助于维持芋园水源的补给功能。

提供用于建造和维护芋园的工具和设备，也有助于解决水土流失等问题。芋园通常位于陡峭的斜坡上，这增加了大雨期间水土流失的风险。为防止这种情况发生，瓦努阿图农民引进了以前未广泛使用的生态农业技术，例如等高耕作、梯田以及豆类、草和绿肥等覆盖作物。农民还利用传统方法来提高水芋园系统的生产率和韧性，包括为减少植物病虫害进行混栽、地膜覆盖、堆肥、轮作等。

瓦努阿图农民采用一系列创新，维护了水芋生产系统的生存，2023年生产面积达到419公顷。^{ab}这一点非常重要，因为水芋生产系统在保障当地粮食稳定供应方面发挥着作用，就像2023年3月双飓风过后所发挥的作用。这些创新还提高了产量，减少了农民面对气候变化时的脆弱性，改善了农民生计。

^{ab} 该估算基于瓦努阿图农业和农村发展部提供的数据。

另一项重要成果是水管理方法的改进。通过提高水芋园可持续性，社区已进一步认识到有效保护和管理水资源的必要性，从而减少了水资源浪费，全面改善了水质，包括减少径流，提高用水效率，减少化肥和化学品的淋滤，减少土壤侵蚀。

除以上好处外，水芋园还有助于保护传统知识和做法。芋头种植长期以来一直是瓦努阿图文化遗产的重要组成部分，水芋园的持续发展有助于确保将这些知识传承给子孙后代。

推广潜力。瓦努阿图有望到2030年整修总面积约1033公顷的废弃水芋园，从而扩大水芋种植面积。由于种植面积增加以及管理改善带来的单产提高，届时预计每年将生产14500吨芋头，^{ac}约为2023年产量的三倍。一项调查显示了社区的广泛接受度，已有超过50%的瓦努阿图农民采用了这些创新。推广工作将涉及芋头种植与旅游业、基础设施开发等其他经济活动之间的平衡。

传统水芋园景观鸟瞰图。



© 粮农组织

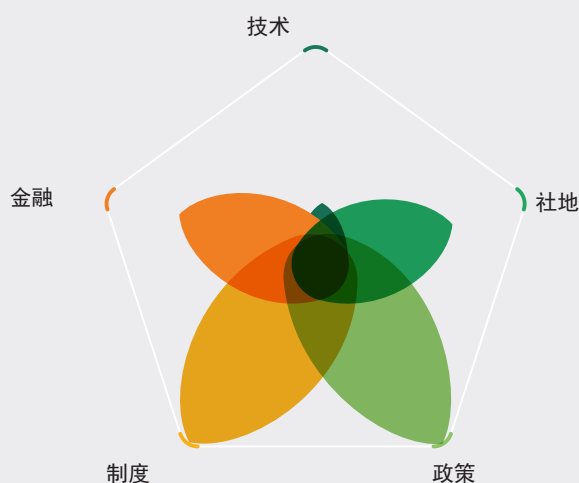
ac 该预测基于粮农组织驻瓦努阿图代表处和政府官员的估计。

案例研究11 完善森林资源地方治理，造福于农业和森林恢复

地点：摩洛哥和突尼斯

合作伙伴：粮农组织、国际干旱地区农业研究中心

创新类型的权重



背景。在北非的许多旱地地区，森林和牧场政策鼓励开展生态恢复活动，从而占用了牧民的牧场。放牧是当地普遍存在的活动，可能对森林产生负面影响，特别是在存栏过多、传统做法失传和缺乏社区参与的情况下。然而，通过可持续的“林牧业”，即将放牧、树木种植和生态恢复相结合，可促进牧业和生态恢复共同发展。

促进林牧相结合可为土地恢复工作和牧民带来显著效益。它可以提高生活质量，改善当地环境和经济，从而实现所有利益相关方的共赢。

创新。在突尼斯，由粮农组织、国际干旱地区农业研究中心和突尼斯森林总局实施的“可持续林牧恢复促进生态系统服务”项目重点通过可持续做法来提高林牧系统的生产率和韧性。其中一种创新方法是通过种植当地豆科植物苏拉 (*Hedysarum coronarium*)，重新塑造生态系统，因为苏拉作为宝贵的畜牧生物质来源，有助于土壤和水源保护。该项目还评估了各种灌木和树木的再生情况，如滨藜、角豆树、苜蓿树和仙人掌梨，以支持百姓生计，同时为农作物提供遮荫，为牲畜提供饲料。

为了使林牧系统蓬勃发展，需要更具包容性的政策和良好的治理，为林间放牧创造有利环境。摩洛哥利用2002年建立的法律框架，启动了一项创新补偿计划。根据该计划，国家向森林用户（通过当地放牧协会组织起来）提供经济激励措施，条件是他们遵守生态恢复区的禁牧规定。社区通过各自的协会，负责保护其林地；他们会合理安排放牧时间，避免过度放牧，促进土地恢复。

成果和影响。土壤保护和恢复是该计划产生的重要影响。在突尼斯，对苏拉重新种植区生物质产量评估结果显示，该产量比对照区高十倍，表明林牧系统对于提高自然生态系统的畜牧价值十分重要。生态恢复区的牲畜饲养成本为每头牲畜每天0.35突尼斯第纳尔（约0.12美元），而对照区为0.90突尼斯第纳尔（约0.30美元）。成本降低凸显了林牧系统的显著优势之一，说明林牧系统是一种更具经济效率、更可持续的牲畜管理方法。

在摩洛哥，自补偿计划启动以来，放牧协会和成员的数量一直稳步增加。截至2019年，已成立超过175个地方放牧协会，101000公顷旱地森林已禁止放牧，进入封闭恢复期，协会

成员领到了政府为其在保护方面所做的努力提供的补偿。与此同时，重新造林成功率提高，违规放牧行为大幅减少。

推广潜力。从以上举措中学到的两条经验可供推广。第一，恢复项目中土地多功能利用的重要性。在摩洛哥，将牧业与其他土地利用方式的结合为环境和当地社区带来了好处。第二，让当地社区参与政府各部委决策的良治方法，对于确保土地利用的长期可持续性至关重要。在摩洛哥，由政府、当地社区和牧民团体共同制定补偿计划是成功的基本要素；值得注意的是，该计划的资金来自木材进口税，这对项目推广起到了作用。^{ad}

在突尼斯，社区组织已被证明是林牧结合项目成功的重要因素。通过这些组织，林牧社区和地方政府之间达成协议，根据对承载能力的准确估计以及草料供应情况和牲畜需求，来管控放牧活动。

^{ad} 有人质疑这种融资机制不符合世界贸易组织规则，但由于政府证明摩洛哥木材的成本高于进口木材，这一机制得以维持。

社区参与度提高使得地方知识在林牧系统管理中的重要性更加突出。政府的政策必须认识到这一点，并将其与科研活动结合起来，作为决策的基础。

突尼斯改良牧场上正在吃草的羊群。



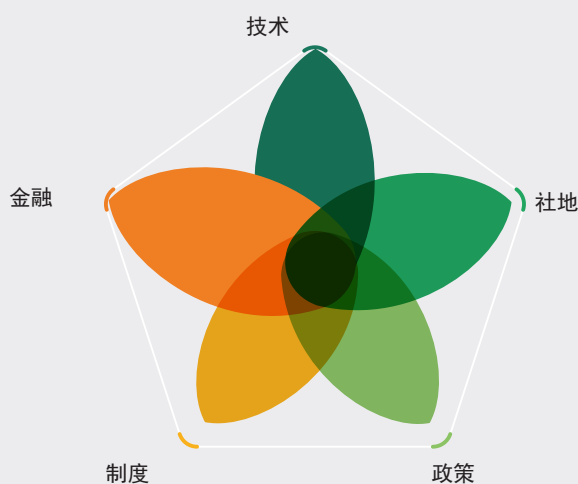
© 国际干旱地区农业研究中心/Mounir Louhaichi

案例研究12 将为期20年的复合农林业倡议与碳交易结合起来，推广可持续做法

地点：莫桑比克

合作伙伴：粮农组织

创新类型的权重



背景。莫桑比克农村地区面临众多环境挑战。气候变化正导致降雨不稳定、长期干旱和破坏性洪水。同一个农作季节中有可能同时发生旱涝灾害，对小农户和整个社区的粮食安全、生计和社会经济可持续性造成毁灭性影响。莫桑比克430万农民中，几乎全部为小农（98.7%），²²⁵他们大多采用轮耕等传统耕作方法，这些方法尽管有好处，但可能会导致自然资源退化，使小农深陷贫困。复合农林业正在成为莫桑比克兼顾环境和小农户福祉的一种可持续解决方案。

创新。今年是粮农组织通过欧盟资助的PROMOVE Agribiz计划在莫桑比克实施扩大复合农林业试点举措的第一年。正在推广的复合

农林业模式适应莫桑比克的各个农业生态区，具有以下创新点：

- **多样化** — 农业生产通过增加产品种类和收入来源实现了多样化，与此同时，粮食安全及气候变化减缓和适应行动得到加强。有更多新产品进入现有价值链。
- **项目持续时间长，且与私营部门合作** — 该项目将持续17-20年（碳积分登记项目的典型持续时间），远远超过捐助方资助项目的典型时长（3-5年）。该项目涉及与私营部门建立密切的伙伴关系，合作伙伴包括Acorn（荷兰合作银行的一项计划）、Plan Vivo、Farm Tree和“碳清除单位”（CRU）^{ae}的买家，从而增强了可持续性，并最终促进在项目结束时将项目管理转给私人实体。
- **投资于激励措施的项目预算** — 捐赠资金作为初始资本，通过销售CRU（至少为每单位20欧元）产生收入。在该项目中，欧盟出资250万欧元，预计通过碳交易将产生1070万欧元收益。预计小农户将通过该项目销售CRU受益；技术进步使得农户能够测量小至0.25公顷面积的碳储量。预计第三年后，项目产生的CRU中有80%将以积分或能力发展等其他收益形式，直接惠及小农户。
- **数字化和技术** — 便于小农使用的信息技术正在使现金转移和通过手机登记农场边界成为可能。包括苗木在内的农业投入品可通过电子优惠券获得补贴。以实时核算方式进行碳储量测量和验证。

^{ae} 荷兰合作银行登记项目的机构买家包括Luigi Lavazza SPA、微软公司、Pelican Rouge Coffee Roaster BV、Nationale Postcode Loterij和渣打银行。

►能力发展 — 将农民田间学校（FFS）模式应用于复合农林业。

成果和影响。在该项目中，约22000名小农通过700个农民田间学校和700个实习地块接受了复合农林业方法培训，预计将有5000名小农加入“以农林换碳交易”试点。为开展培训，项目共种植了约12万棵树，并在农民田间学校网络内建立了37个社区苗圃。

到项目结束时，该计划的5000名受益者预计将在约5000公顷土地上种植了170万棵树。在该项目持续的17至20年间，小农有可能每年每公顷封存多达4个碳清除单位（CRU），按照全年碳封存量从第三年开始领取报酬。

这些经验为农民田间学校学习手册增添了新的内容。参与项目的小农户对复合农林业热情高涨，促进了向可持续和气候适应型农作方法的转变。传统农业范式正在向可持续农业发展，强调投入品消耗最小化（例如仅使用有机肥料），改善营养（例如膳食多样化）和提高家庭收入（估计增加20%），增加土壤养分，节约水资源，促进生物多样性，提高农场的气候适应能力。

推广潜力。莫桑比克的另一项目（由意大利政府资助并由粮农组织实施）正在采用PROMOVE Agribiz复合农林业模式。根据资金情况，可以将其扩大到PROMOVE Agribiz其他17000名农民田间学校成员。

需要通过持续支持和能力发展，确保农民能长期实施和维护复合农林系统。保证碳清除单位的真实性以及测量的成本效益和准确性也是一项挑战。

2023年9月，莫桑比克楠普拉省Angoche区的农民推广员在培训期间种植幼苗，以建立复合农林业系统。



© 粮农组织/Bianca Sipala

4.3

通过创新，促进森林可持续利用、建立绿色价值链

森林及其衍生的可再生产品可减少对不可再生资源的依赖（目前不可再生资源约占所有物质需求的70%），²²⁶同时还可为生计和农村经济提供支持。扭转物质开采不断增加的趋势，同时促进可持续消费和生产，对于实现可持续发展目标至关重要。

来自可持续来源的木材有机会替代各种碳密集型材料，包括在建筑、纺织和能源领域。建筑业脱碳的需求尤为迫切。据估计，人造环境的温室气体排放占全球年排放量的37%；²²⁷此外，据估计，到2030年，将有30亿人（占世界人口的40%）需要获得充足住房。²²⁸因此，最大限度地减少人造环境的影响对于向生物经济过渡至关重要。据估计，在人造环境中用重型木结构替代传统材料可将全球排放量减少14–31%。²²⁹各

国正在启动令人振奋的举措，展示利用木材可以实现的目标：例如，2023年年中，瑞典首都斯德哥尔摩宣布计划建造世界上最大的“木城”，建筑面积达25万平方米，有7000个办公空间和2000套住宅。²³⁰

要持续满足对森林生物质不断增长的需求，就必须通过一系列手段增加供应，包括提高资源利用效率、避免采伐过程中的木材损失和浪费。除了推出和采用林木采伐和加工方面的创新之外，还可以通过木质原材料的梯度利用来进一步提高效率。

随着全球森林管理方法越来越强调森林的多重价值以及人们对健康和可持续产品的需求持续增长，许多值得关注的非木质林产品创新也不断涌现。非木质林产品可满足包括粮食安全在内的多种基本需求，为世界近一半人口（包括70%的极端贫困人口）提供重要的生计支持。⁴⁴

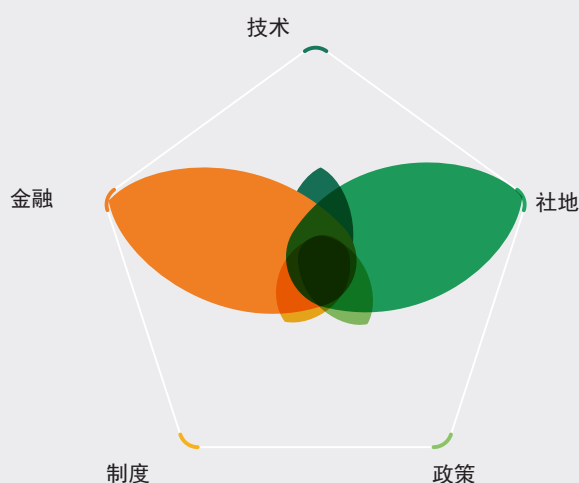
以下六个案例介绍旨在加强林产品可持续消费和生产以支持生物经济和农村生计的创新。

案例研究13 通过集体组织的力量向小型林业企业提供无抵押小额信贷

地点：越南

合作伙伴：森林与农场基金，包括粮农组织、国际环境与发展研究所、国际自然保护联盟、AgriCord

创新类型的权重



背景。小额信贷使农村农业社区能够获得以前无法获得的金融服务，从而扩大其经营和生计机会。小额信贷除了提供商业和参与价值链的机会外，还可增强韧性和气候适应能力，并为社区提供社会服务。

但目前越南很大一部分农村林业和农业生产者尚未获得充分服务。尽管在森林和农业部门中，很多森林资源和农业活动都由社区负责管理，但2016年仅不到20%的林业和农业生产者组织能够获得贷款。从事林业和农业生产的小农户缺乏制定冗长商业计划的能力，意味着他们无法获得初始资本投资，通过长轮作种植和增值实现多元化，增加收入。认识到当地

社区在可持续森林管理中的作用以及这一资金缺口后，森林与农场基金²³¹已致力于通过创新金融服务，向林业和农业生产者提供小额信贷服务。

创新。2021年，在1996年开始运作的现有惠农基金的基础上，森林与农场基金推动了“绿色基金”的发展。越南农民协会充当了绿色基金和现有惠农基金的贷款机构。小规模生产者在获得传统银行贷款方面往往面临挑战，而此类基金的运作无需抵押，从而使小规模生产者能够获得资金。

绿色基金为林业和农业生产者提供最多1000美元的无息贷款。贷款金额和期限根据借款人的需求和能力量身定制，循环贷款期限约为12个月。森林与农场基金的支持提高了贷方评估农民需求的能力，并通过组织与地方政府及其它相关方举行其他会议，提高了当地对相关服务的认识。

成果和影响。通过绿色基金，获得融资的生产者数量增加了一倍多，森林与农场基金支持的林业和农业生产者组织有53%目前能开展可持续土地管理，例如复合农林业和长轮作木材种植，从而使环境和生计受益。

绿色基金使生产者收入增加了10-30%。有一位生产者认识到通过长轮作木材生产可拓宽收入渠道、增加收入，于是向所在生产者组织申请了贷款，这就是该机制运作方式的一个例子。越南农民协会旗下的林业和农业生产者组织非常熟悉该名生产者的能力，可自信地评估他的还款能力，所以最终为他提供了贷款，用以启动林木种植园。

绿色基金机制相对较新。迄今为止发放的大部分贷款用于建立超过200公顷的长轮作木材种植园，并用于在林冠下开展多样化生产和有机生产，面积合计56公顷。

创新型融资方法正在培养人们对当地社区的信任，通过多元化发展实现收入增长，同时满足缺乏传统银行支持的小规模生产者的独特需求。此外，金融创新还通过将木材生产纳入现有农业框架，为可持续土地利用做出了贡献。通过这种方法，合作社的职能得到强化，首次可以为成员提供退休计划和医疗保险。

推广潜力。随着绿色基金机制不断成熟，将推动更多合作社向成员扩大金融服务。储蓄协会和小额信贷可利用市场缺口，推动新企业的创立，并为本地价值链的发展提供良好机遇。它们还可以支持地方层面开展气候变化适应和减缓活动，并在社区中充当重要的社会安全网。

在森林与农场基金支持下，其他国家也开展了林业社区融资，例如多民族玻利维亚国、加纳、马达加斯加和尼泊尔。值得注意的是，这种方法在女性组织中获得了巨大发展，加强了金融服务方面的性别平等。该方法在新背景下采用和调整经过验证的成熟融资机制，有望进一步为全球小规模林业生产者组织赋能。

越南开展关于气候适应型景观和生计改善的小组讨论。



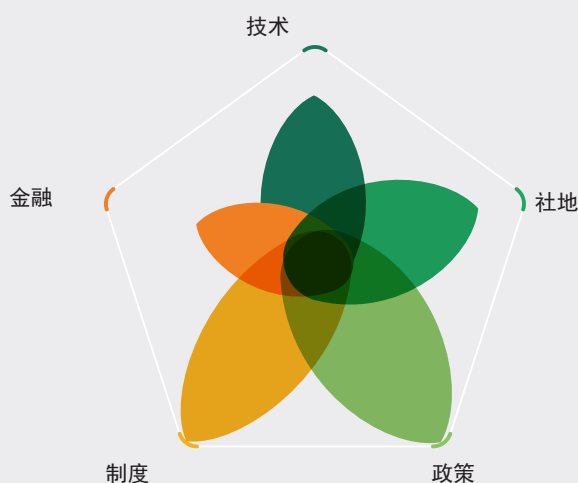
© 越南农民协会/森林与农场基金

案例研究14 法律中心：利用新的诊断工具和方法推动野生生物可持续管理相关法律改革进程

地点：乍得、刚果、刚果民主共和国、埃及、加蓬、圭亚那、马达加斯加、马里、塞内加尔、苏丹、苏里南、赞比亚、津巴布韦（以及将于2024年增加的其他国家）

合作伙伴：粮农组织、国际林业研究中心-世界混复合农林业中心、法国农业国际发展研究中心、国际野生生物保护学会

创新类型的权重



背景。热带和亚热带地区有几百万人依靠野生动物肉类获取食物和收入。随着需求不断增长，特别是在城市地区，过度捕猎已对许多野生生物物种构成威胁，而依赖这些资源的人则面临日益加重的粮食安全，如土著人民和其他当地社区。²³²要确保可持续利用野生生物种群，做到既支持生计又维持种群发展，就必须采用基于社区权利的可持续野生生物管理办法。^{af}

af 以社区权利为基础的可持续野生生物管理方法可确保当地和土著社区公平参与和融入所有项目活动，有权合法利用和可持续管理自然资源，并具有较强的能力管理野生生物并从中受益。²³³

支持这种做法的法律框架应反映利益的多样性，还可能需承认法律多元化，包括习惯和非正式司法系统。然而，这是很难实现的，因为全球环境、社会规范和要求在不断变化，许多法律和监管体系都很难跟上。例如，由于利益相关方参与立法的程度有限，习惯和非正式司法系统很少得到成文法的认可。而且，法律语言的复杂性和某些法律制度的混乱，使得公众很难了解适用的规则。

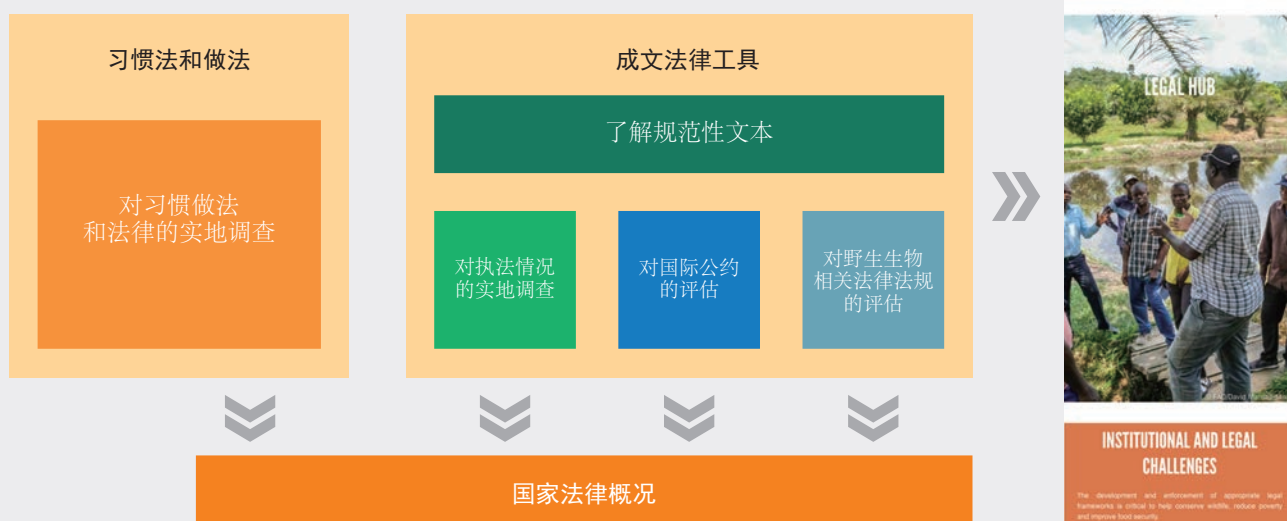
有关野生生物管理的法律必须让所有人都能理解。此外，改革措施若要实现目标，其制定过程必须具有透明度、协商性和参与性。以往的经验，包括在欧盟《森林执法、治理和贸易行动计划框架》内开展的工作表明，只有当法律信息可以获得并便于理解时，民间社会各利益相关方和地方社区才能有效地参与立法过程。

创新。粮农组织的可持续野生生物管理（SWM）计划于2021年创建的法律中心²³⁴负责汇编各国专家在粮农组织法律办公室²³⁵指导下利用该计划的法律诊断工具编写的各国法律简介（图9）。这些简介已通过各国政府的审查核实，旨在加深对现有成文法律框架优缺点的了解，其中包括介绍框架并确定法律实施和执行所面临的障碍。除了解决现有立法获取难和理解难的问题外，该平台还总结了相关国际公约以及习惯规范和做法的要求。因此，法律中心提供了一个集中化、方便用户的访问界面，可查阅13个国家（迄今为止）与可持续野生生物管理相关的各部门^{ag}法律文本以及关于习惯规范和做法的深入介绍。

ag 包括土地权属、土地规划和内陆水资源管理；狩猎、捕鱼和野生动物肉品分销；保护区和生态旅游；人类与野生动物的冲突；以及动物生产、动物健康和食品安全。

图9 法律中心收录的国家法律概况信息类型和来源

工具和方法



资料来源: Sartoretto, E., Nihotte, L., Tomassi, A., Gnahoua, D., Wardell, A., Goessens, A. 和 Cheyns, E.。2022。改善可持续野生生物管理的法律和制度框架。在2022年大韩民国首尔第十五届世界林业大会上展示的海报。粮农组织、国际林业研究中心、法国国际发展农业研究中心和国际野生生物保护学会。

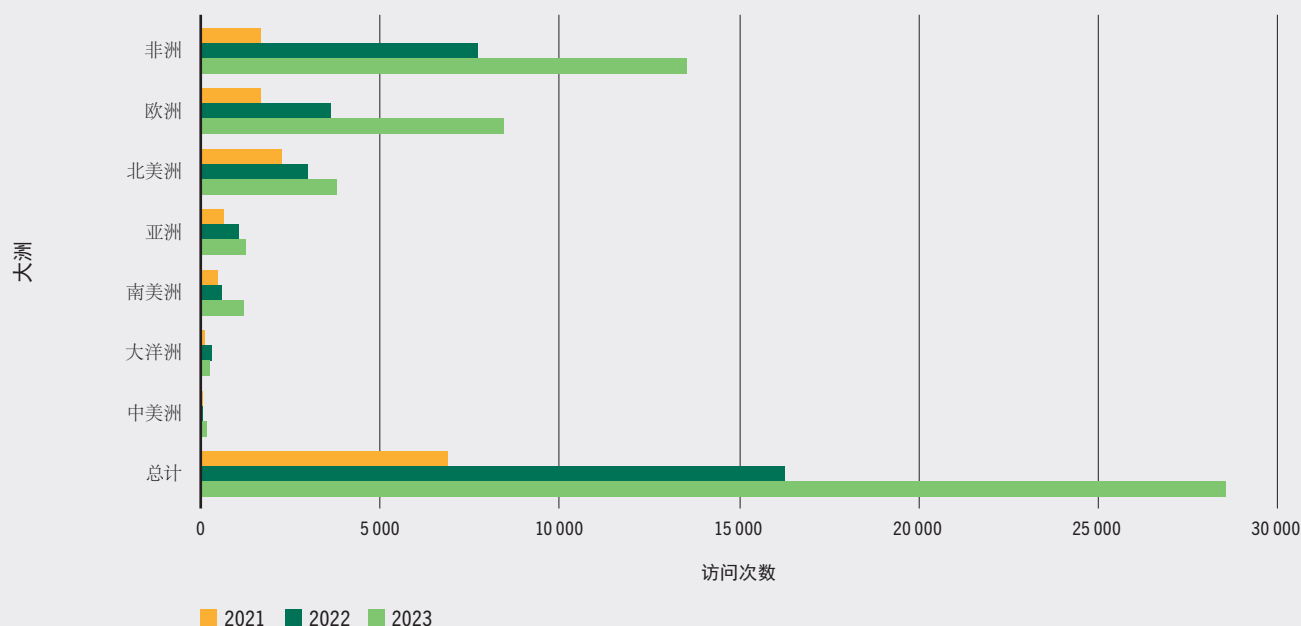
成果和影响。通过让利益相关方更好地了解现有法定和习惯法律法规以及野生生物可持续管理计划和其他举措产生的科学知识，法律中心正在推动法律改革进程，以支持可持续野生生物管理。多部门干预法还通过审视各部门立法与野生生物-人类-牲畜-生态系统交叉领域立法的一致性和相互关系，鼓励在法律制定过程中采用“同一个健康”^{ah}视角。根据同一个健康高级别专家小组提出的公平和平等原则，²³⁶每个法律领域都应考虑其对包括人类、动物、植物和生态系统在内的所有个体健康和福祉的影响，并实行多部门协调干预措施。此

^{ah} “同一个健康 (One Health)” 是一种综合干预方法，它认识到人类健康与动物健康和共享环境密切相关，旨在确保多个部门的专家、政策制定者和利益相关方共同努力，应对动物、人类、植物和环境面临的健康威胁。

外，法律中心对习惯规范和做法的关注使其能够利用地方一级的规则和协议来推动将“同一个健康”理念转化为行动。

一些国家已利用法律中心来指导、启发或启动多方参与的国家 and 地方法律改革：

- **博茨瓦纳** — 起草了一项基于社区的自然资源管理法，包括广泛的全国性协商；
- **乍得** — 起草了环境法，以反映《湿地公约》（《拉姆萨尔公约》）和《非洲-欧亚迁徙水鸟协定》中的原则；
- **刚果** — 审查了关于野生生物和保护区的一部新法律；

图10 2021、2022和2023年法律中心的访问次数

资料来源：案例研究作者本人。

- ▶ **刚果民主共和国** — 起草了一项有关野生生物利用的政策和一部未来有可能颁布的野生生物法，作为多方参与行动的一部分；
- ▶ **加蓬** — 起草了一项有关野生动物肉品的国家战略，启动了针对社区狩猎和贸易的一系列立法和监管改革；
- ▶ **圭亚那** — 起草了有关内陆渔业和水产养殖业的法律，这是野生生物可持续管理计划支持的进程中的一部分，还制定了有关野生动物肉品的食品安全法规；
- ▶ **马达加斯加** — 通过多方法律工作组修订了关于国家狩猎、捕鱼和野生生物保护制度的第60-126号法令；以及
- ▶ **津巴布韦** — 为审查《公园和野生生物法》和起草相关法规提供参考，为《基于社区的自然资源管理政策》和《公共土地和林产品法》提供参考。

2023年，法律中心网站的访问量接近20000次，几乎是2022年的两倍（图10），其中超过11000次来自非洲用户。这表明人们越来越多地依赖法律中心为野生生物管理法改革的讨论提供信息。此外，法律中心在提高政府决策者认识方面发挥着重要甚至是关键的作用。

刚果森林经济部长Rosalie Matondo博士以下这番话充分说明了法律中心所发挥的影响力（私人访谈，2023）：

该平台使我们在同一个地方就能获得刚果共和国有关野生生物和保护区管理的所有信息。因此，平台不仅让研究人员和学生找到他们研究工作中需要的信息，还让我们这些决策者看到我们在野生动物和保护区管理的立法和法规框

架下取得的进展。该平台还使我们能够质疑自己并提出我们一直在谈论的改革方案，因为我们必须时刻回顾过去，才能向前发展。

法律中心的跨部门性质让不同部门之间能够开展对话，而历史上这些部门之间互动有限，对话有助于克服机构孤岛问题。

推广潜力。自2021年以来，法律中心迅速扩张，新的信息和参与国家不断增加。其方法和工具可以在其他国家和地区复制，让国家和地方行动主体参与有关政策和法律改革的

多方知情对话。中心正在开发事实简况、教育材料和教育模块，以帮助所有利益相关方了解情况。

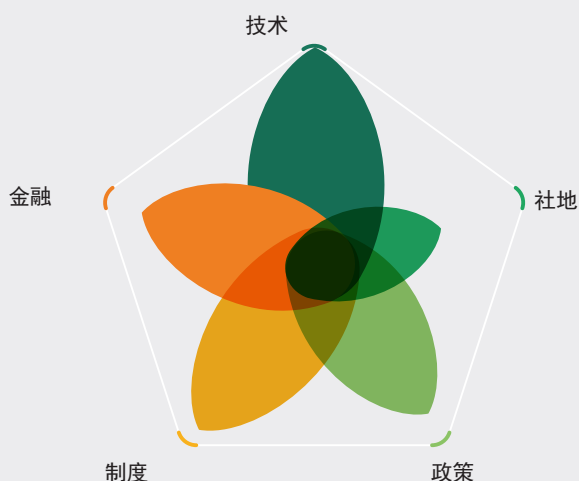
尽管该平台迄今为止一直重点关注与可持续野生生物管理相关的领域，但其范围将进一步扩大，包括自然资源管理的其他方面，例如土地用途转换、森林、杀虫剂和生物技术。中心将进一步纳入一些关键国际法律文书的指导原则以及国际计划和组织的倡议，以更好地反映新的议程以及可持续发展目标。可持续野生生物管理合作伙伴关系²³⁷的成员和其他外部合作伙伴已同意参与审查活动。

案例研究15 利用数字技术提高木材跟踪效率，促进可持续供应链

地点：危地马拉

合作伙伴：国家森林研究所（危地马拉）、国际热带木材组织

创新类型的权重



背景。准确估计运输中的原木体积对于可持续森林管理和贸易非常重要，但传统的测量方法耗时、低效且运营成本高昂。例如，为测量原木体积，通常需要测量运输中堆积木材所有可见原木的面积，来计算“堆放系数”，即堆放木材的总体积与实心木材体积之比。

危地马拉国家森林研究所正鼓励合法和可持续森林价值链的发展，并通过改进政策框架、统计工作和木材跟踪系统来推进可持续森林管理。作为这项工作的一部分，开发更快、更准确的方法来评估运输中的原木和其他木制品的体积被确定为优先需求。

创新。由国际热带木材组织资助的一个项目已制定并实施了多种机制，以改善危地马拉森林生产链的可追溯性。其中之一是原木测量手册《林产品测量实用指南》，涵盖了在危地马拉贸易或运输的原木和其他木制品（薪材、木材余料和锯材）。项目团队聘请了软件专家，与

实地工作人员密切合作，利用原木测量手册中规定的方法、产品和公式开发了一款智能手机应用程序，仅需使用照片和几项简单的测量即可计算原木体积。

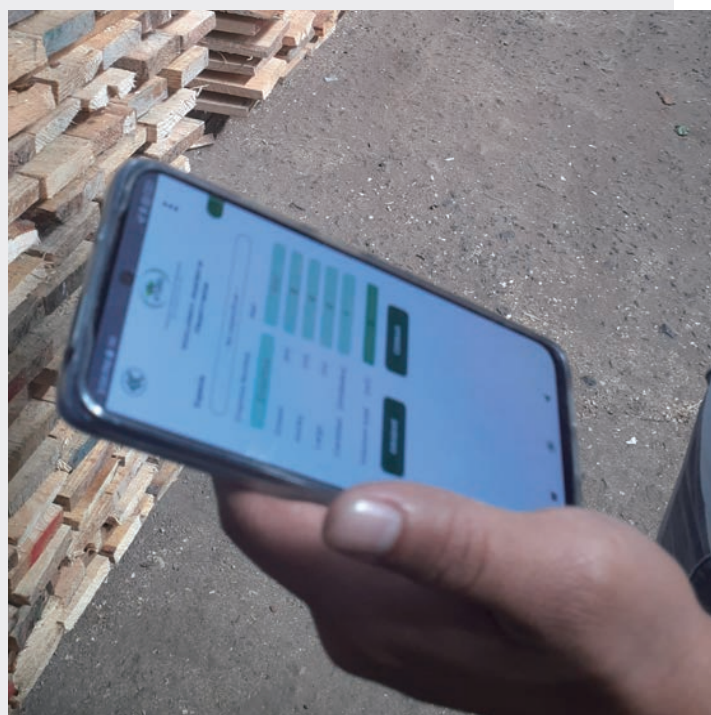
这款名为“林产品测量 (*Cubicación de Productos Forestales*)”的应用程序，又称CUBIFOR，^{ai}非常简单易用，只需提供一张原木堆（或其他木制品）的照片，无论是在卡车上还是在工厂场地或其他地点，还有原木堆的平均宽度和长度，就可估算出体积。该应用程序能够识别原木的每个面，计算平均直径和堆放系数，并生成一个报告，其中包含估算出的体积，可以以Excel和PDF格式下载。该应用程序还可以对锯材、矩形板材、圆形木料、锯末、木屑、薪材、木块和木炭等产品进行测量。

成果和影响。该应用程序正在帮助推进可持续森林管理，加强危地马拉林业公司控制自身库存的能力，同时提高木材体积量化活动的效率。这有利于促进林木供应链的合法性和可持续性，并通过减少获得政府授权的时间和成本来提高竞争力。森林检查站的官员现在可通过高效、低成本的方法来确认运输途中林木所附带提单和其他运输文件上的详细信息，有助于确保合法性并满足管理要求。

一直在使用CUBIFOR的工厂报告说，该应用程序可帮助他们控制、跟踪和测量运输中的林木。国家森林研究所正在实地推广此项应用程序，它显然有潜力协助研究所和其他机构监测和管控林业活动，从而打击非法采伐和非法木材贸易。

推广潜力。CUBIFOR可以在热带地区其他国家推广，从而帮助各公司改进管控、跟踪和测量林木运输的系统，帮助主管部门打击非法采伐和非法木材贸易。

CUBIFOR为用户提供了多种创新和好处，例如定期报告的数字化和审查。



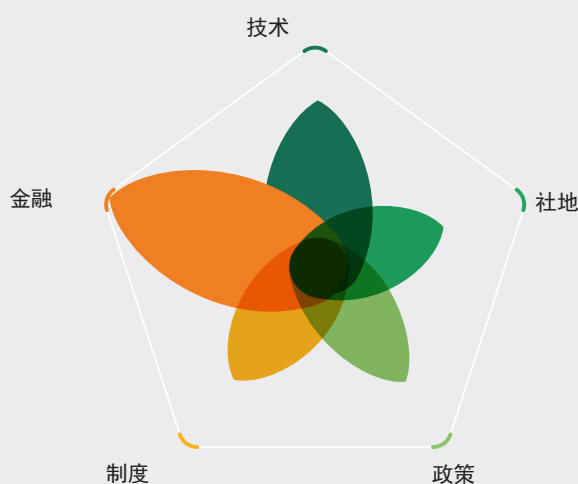
^{ai} CUBIFOR是一款免费的西班牙语Android应用程序，可从Google Play获取。

案例研究16 改善木材供应链的连通性，以减少浪费并提高可持续森林管理的可行性

地点：巴西、圭亚那、巴拿马、秘鲁

合作伙伴：Naturally Durable Inc.、粮农组织

创新类型的权重



背景。在建筑行业中多使用工程木制品有助于气候变化减缓和适应。如第2章所示，用木制品替代非可再生材料到2050年可能会大幅推高全球对工业圆木的需求，其中包括在建筑行业。然而，国际消费市场上普遍购买尺寸大、长度长的木材，产生了大量的木纤维废料。此外，与其他建筑材料相比，木质建筑的成本较高，常常被认为是扩大木材利用范围时所面临的潜在障碍。²³⁸

提高热带林木的生产和消费效率，^{aj}包括减少纤维浪费和成本，对于满足不断增长的林木需求、保持林木作为建筑材料的吸引力非常重要。现代的模块化建筑方法已显著提高了效率和推动了高价值物种的优化利用。大多数设

计概念都可以模块化，以便能够利用价值较低的物种制造隐藏部件，例如托架和卡板。此外，还需要吸引人们下单订购小块木料和未充分利用物种的林产品。在整条供应链中开展合作，更好了解规格制定者、建筑师和施工经理的精确要求，有助于木材加工厂提出量身定制、高效的解决方案，并提供共享信息的机会，例如，哪些物种利用较少，如何更有效利用这些物种，从而减轻热门物种所面临的压力。

创新。木材贸易公司Naturally Durable Inc.和巴西、圭亚那、巴拿马和秘鲁森林管理委员会认证森林中的木材加工厂采用了一种新颖的合作方式，即通过在木材加工厂应用减少木材废料的策略，促进木材供应链上的合作。该公司发现，可通过精确的规格，同时利用较少使用的树种，来降低客户成本（从而提高竞争力）。这涉及到与供应链上各利益相关方建立正式的合作关系，鼓励“规格精确的林木采购”。公司推动了采伐者、木材加工厂、贸易商和建筑木工公司之间的协调，增强了他们在建筑项目的设计、制造和安装阶段的一体化运作。实际上，这涉及到在该过程的各个阶段进行合作和共同开发，包括起草建筑和施工图纸以及制作采购订单、运输文件和发票等。

影响。Naturally Durable Inc.的创新型合作方法让偏远地区木材加工厂家的生产经理能及时了解到具体到单件规格的采购订单，从而利用较小和较短的原木来提高木材利用率，增强经济可行性。

联邦码头重建项目²³⁹（位于美国波士顿的一个大型沿海码头重建项目）是一个范例，说明提供单件规格和增强价值链协作带来的影响。安装承包商明确提出需要29532平方米铺板（相当于五个海运集装箱）。2021年，

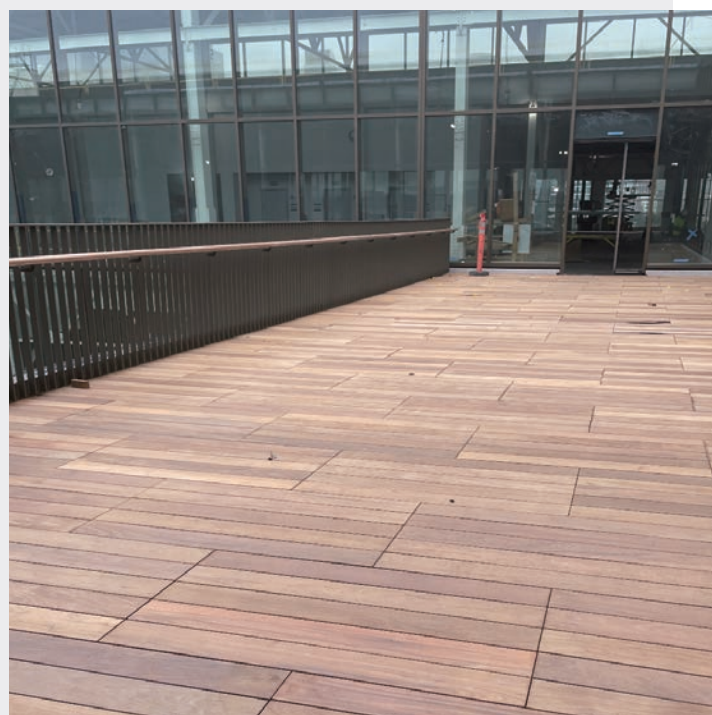
^{aj} 温带和寒带地区物种利用不足的问题较少，原因是人工林占主导地位，自然林中物种数量有限，同时高效加工设施普遍发达。

Naturally Durable Inc.指示两家森林管理委员会认证的地板制造商生产各种长度的地板，长度为31厘米的倍数。2022年，加工厂将库存木材单件规格与电子表格中所有项目地点所需地板长度进行了比对分析。借助特定地点的图纸，可确定安装过程中所需地板的确切长度，而项目的特定部分利用短件（2-5英尺长，或约61-152厘米）即可。安装人员拿到了详细的施工图。采用这种方法，实际安装仅需要24358平方米地板，使木材利用率提高了17.5%。通过销售短件，加工厂额外赚取了9300欧元（约9800美元），项目承包商节省了约86000美元，而安装人员则节约了安装地板所需的时间。效率的提高还使运输量减少了37立方米，从而减少了运输导致的温室气体排放量。

推广潜力。建筑师、施工经理和加工厂之间的合作可以在各层面提高木材使用效率。将该方法嵌入设计和施工管理软件后，可应用于全球人造环境中所有建筑师设定规格的木制品。

要想推广规格精准的木材采购方法，需要管理决策者意识到增强木材利用的经济和环境可持续性的意义，要求对建筑师和工程师进行适当的教育，确保他们全面了解木材作为建筑材料的用途，了解木材规格时注重木材特性而不是物种。同时还需要在整个供应链上以及在项目开发商、森林管理者和贸易商之间保持密切沟通。软件和教育项目的推广和使用至关重要，但目前还有待进一步开发。

波士顿联邦码头地板项目。



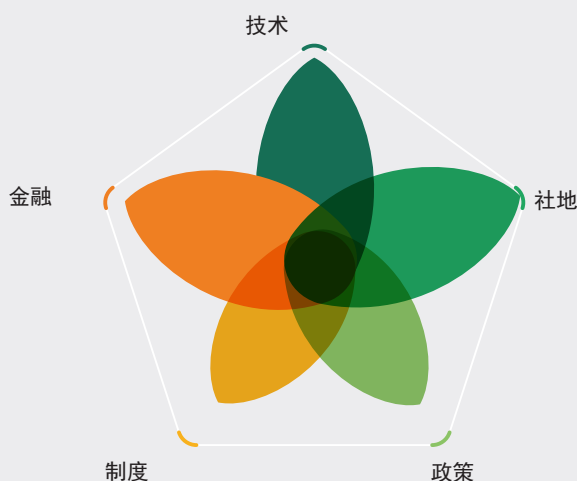
© Paul Fuge

案例研究17 应用新的林木加工技术，促进生物经济，增强抗震能力

地点：斯洛文尼亚、美利坚合众国

合作伙伴：土木工程研究所（斯洛文尼亚）；国家科学基金会（美国）、科罗拉多矿业学院、内华达大学、利哈伊大学、华盛顿州立大学、LEVER Architecture、加州大学恩格尔柯克结构工程中心、俄勒冈州立大学、林产品实验室、美国林业局

创新类型的权重



背景。地震在世界许多地方都很常见，地震造成的建筑物倒塌可能会带来严重的人员伤亡。这是正处于从农村生活向城市化过渡的国家以及高度城市化国家共同面临的问题，后者是因为城市建筑陈旧、传统、设计上不防震。²⁴⁰据估计，到2050年，环太平洋地区和地中海-亚洲带等全球地震多发区的人口将增加三倍，达到近6亿人。²⁴¹建设新的抗震建筑、升级现有城市建筑至关重要。建筑物倒塌通常由于设计不当和建筑方法不良造成。因此，有必要在各国家和地区之间分享最佳工程、设计和建筑方法。²⁴⁰

创新。重型木结构技术是钢筋混凝土建筑系统的替代方案。其中一种技术称为正交胶合木 (CLT) 技术，于20世纪90年代实现商业化，目前全球年产量约为200万立方米（2022年价值近13亿美元）。预计未来十年产量年增长率将高达14%。²⁴²建筑中重型木结构的使用正在全球范围内兴起，因为它产生的碳影响较低，而传统混凝土和钢筋结构建筑在全球二氧化碳排放量中各占8%或更多。²⁴³木材用于建筑中的一个重要特性是重量强度比较低、延展性（在断裂前变形和弯曲的能力）较强。²⁴⁴总体而言，重型木结构有潜力提高高层建筑的抗震能力。

成果和影响。由科罗拉多矿业学院牵头的 NHERI Tallwood项目（由美国国家科学基金会资助）在美国加利福尼亚大学圣地亚哥分校建造了一个巨大的外部振动台，在上面设计建造了一座十层高的重型木结构塔，然后多次通过模拟最高里氏7.7级的地震震动该建筑。²⁴⁵设计时特别关注楼板、柱子和剪力墙与立面等非结构构件之间采用的连接方法，这种连接方法为建筑在模拟地震期间提供了更多灵活性，从而确保接缝不会断裂，建筑物不倒塌，非结构元素不脱落。²⁴⁶测试表明，使用重型木结构和柔性金属连接系统的十层木塔可承受数十年一遇的地震而不会损坏；而且，地震过后该建筑完全可以继续使用。²⁴⁵

在斯洛文尼亚卢布尔雅那土木工程研究所，研究人员用正交胶合板模拟加固老旧混凝土建筑，这些建筑都是在更严格的抗震建筑规范生效之前建造的。²⁴⁵该项目测试了将正交胶合板用于两层楼混凝土建筑外墙后的效果。首先，在振动台上建造了混凝土柱梁、砖石墙体和楼板结构，然后模拟各种规模的地震来测量结构和连接性能以及摇摆和损坏程度。接下

来，建造类似的混凝土结构，并将正交胶合木部件紧固到砌体填充墙的外侧，然后进行相同的抗震测试。结果表明，与没有用正交胶合木加固的钢筋混凝土/砖石结构相比，添加胶合木外部支撑板使抗力增加了34%，位移能力增加25%。因此，用重型木结构对老旧混凝土建筑物进行结构加固可能是升级现有混凝土建筑物（可能包括已遭受地震损坏的建筑）的可行方法。²⁴⁷

以上两个项目表明，在地震多发地区的新建和改造项目中，使用重型木结构建筑构件和系统可能是技术上可行的建造和改造方法（该研究没有进行经济可行性评估）。这对于城市化进程不断加快的地区来说可能意义重大，因为这些地区有机会通过知识转让，采用最佳的重型木结构建筑设计和连接系统。同时，这种做法可以保持现有混凝土/砖石结构，然后用重型木结构加固墙壁，这比替换抗震能力不足的现有建筑物破坏性要小得多。此外，多个项目表明，重型木结构可用于增加现有混凝土建筑的高度和使用率，从而增加房地产价值，并提供更多相对低成本的住房和办公空间。最近一些利用重型木结构开展建筑增高升级的项目包括位于澳大利亚墨尔本的南岸大街55号和美国华盛顿特区的M街东南80号。在这些项目中，重型木结构的轻质、强度和延展性使得商业建筑物能够向上延伸，实现多用途利用。^{248, 249}

推广潜力。重型木结构项目面临的一个挑战是建造全尺寸建筑，这既耗时又耗资，并且需要强有力的协作。Tallwood项目利用了日本和美利坚合众国多所大学的专长，并与重型木结构和连接系统生产商开展了密切合作。这些循证知识和最佳设计可运用到地震多发区城市化进程不断加快的地区。木材也可以作为加固材料用在现有混凝土结构中，以经济有效地提高其抗震能力，甚至提高建筑的高度和热性能。Woodrise大会和世界木结构大会都是良好的平台，可提高人们对此类技术的认识。

高层木结构创新项目。



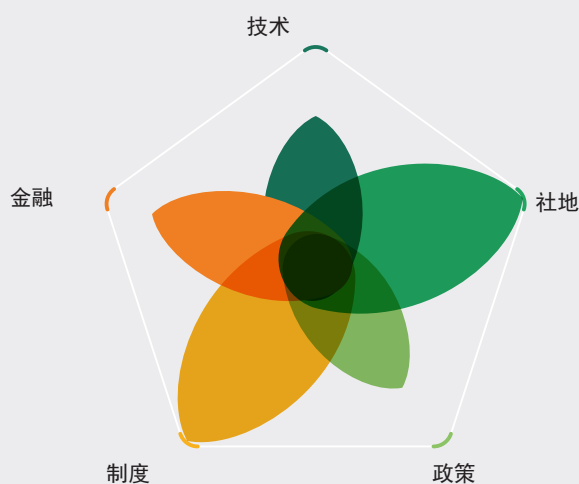
© 科罗拉多矿业学院/Shiling Pei

案例研究18 通过农民田间学校实现农民主导的可持续森林和农业生产创新

地点：全球

合作伙伴：粮农组织、全球农民田间学校平台

创新类型的权重



背景。由于一切照旧的做法不可持续，当今的农业粮食体系面临重大挑战，因为它导致了气候变化和自然资源退化，²⁵⁰因此迫切需要转型。实现转型的关键步骤之一是解决小规模生产者和家庭农场经营户面临的挑战。全球6.08亿个农场中，约90%是由家庭经营的农场；其中，84%是经营面积为2公顷或以下的小规模农场。尽管这些农场只占农业用地总量的12%，却贡献了世界上约35%的粮食供应。²⁵¹家庭农场和小规模农业的影响不止是保障生计，还通过土地管理方式直接影响生态系统。然而，许多国家面向小农户的能力发展、学习和教育计划却依然滞后。

创新。过去三十年里，农民田间学校已成为一种高效的能力发展方法，使农村人口能够

明确、有目的地进行创新，并培养对农村转型而言至关重要的社会技能。通过以农民为中心的学习和创新，农民田间学校为个人、家庭和社区赋权做出了贡献，同时有助于生态系统恢复。农民田间学校的发现式学习方法特别有益，因为它能促进可持续农业、粮食体系、林业、畜牧业、病虫害综合治理、渔业、水产养殖、价值链和市场联系方面的学习和创新。²⁵²这种创新方法基于对生态农业动态和农民主导式实验的深入了解，使全世界数以千万计的农民能维持或提高生产力，同时减少对外部投入品的依赖。

成果和影响。事实证明，农民田间学校在林业领域的应用能培养人们的生态素养、释放创造性解决问题的能力，从而产生巨大影响。农民田间学校在培养响应能力方面发挥了关键作用，响应能力指小规模生产者通过更好地掌握知识和技术，创造性地应对农业、粮食生产和自然资源管理相关挑战的能力。非洲、亚洲和美洲的农民田间学校相关经验表明，该方法在全面增强农村社区的韧性、推进可持续小规模农业和林业生产方面具有巨大潜力。²⁵³

农民田间学校为全球的家庭农场经营户赋能，帮助他们获得在小规模家庭农业中开展自然资源再生管理所需的知识、技能和社会组织能力。据估计，过去30年，来自119个国家的约2000万人在农民田间学校完成学业。²⁵⁰除了解决实际问题外，农民田间学校还可培养自尊、释放创造力并促进社会组织发展。²⁵⁴

粮农组织开展的调查发现了众多与森林和树木相关的农民田间学校应用案例，涉及非洲、亚洲和美洲20多个国家的20万多名生产者，涉及应对果树生产、林地、社区林业、土水管理和保护区等方面的挑战。²⁵⁵在莫桑比克，

PROMOVE Agribiz项目（案例研究12）正在支持2.2万名小农推进复合农林业生产和企业孵化，并帮助他们从农林业生产中获得碳积分。

与农民田间学校密切相关的一种基于课程的参与方法是农民商学院（FBS）。粮农组织提出的农民商学院概念旨在加强服务提供商和农民从自给农业向市场导向型农业和“农业企业”转型的能力。农民商学院课程旨在指导农民了解整个农场商业周期，包括商业规划、农场管理和金融知识方面的基本概念和操作。自2005年以来，农民商学院模式已在亚洲、非洲和近东地区不同环境中实施，包括在人道主义和发展交叉领域的脆弱环境中。数百个农民商学院使农作物、园艺和农产品加工企业为数以万计的男女农民受益，满足当地消费和出口需求。

推广潜力。由于对以人为本、无害环境的农村发展需求日益增长，农民田间学校正处于可持续农业和林业转型的最前沿。农民田间学校涉及建立伙伴关系以支持小规模生产者；将以人为本的发展理念应用于林业和复合农林业；促进各层面的包容性和社会组织；投资加强农业和林业培训之间的协同作用；为企业孵化提供资金，创造获得与当地生态系统恢复活动相关收入的机会。

在印度，安得拉邦政府、农民权力机构（邦政府的一个部门）和粮农组织正在实施安得拉邦社区管理自然农业计划，该计划通过复合农林业和集约化混合种植，将农民田间学校的概念应用于自然农业和土壤健康再生。计划的目标是到2030年让600万农业生产者完成向再生农业的过渡。²⁵⁶国际关怀组织（CARE International）计划将农民田间学校和农民商学院的做法推广到35个国家，为2500万生产

者提供支持，通过认证模式让农民参与全球市场，并推动政府采纳这些做法。²⁵⁷农民田间学校和农民商学院还可通过培养小规模经营者和生产者组织开展当地生态恢复的能力，在推广生态恢复行动方面发挥重要作用，例如，在非洲森林景观恢复倡议（AFR100）的背景下。^{ak}

马拉维农民田间学校学习小组在上课。



© 粮农组织/José Vilialdo Diaz Diaz

ak AFR100是一项由国家牵头的活动，计划到2030年让非洲1亿公顷土地得到恢复（见afr100.org）。



塞内加尔

在Koyli Alpha, 社区人们在苗圃里工作, 苗圃是“绿色长城”倡议的一部分。

© Benedicte Kurzen/
NOOR为粮农组织供图

第5章

必须扩大负责任创新，最大限度发挥林业部门对农业粮食体系转型和其他全球挑战的贡献

要点

→ 可通过五大扶持行动鼓励负责任和包容性创新，优化森林解决方案，应对全球挑战。这五大行动是：（1）提高对创新意义的认识，打造一种通过创新促进积极变化的文化；（2）提升创新技能、能力和知识水平，确保林业部门利益相关方有能力管理创新和应用；（3）鼓励建立变革性伙伴关系，降低林业部门创新风险，提供知识和技术转让机会，确立适当的保障措施；（4）确保提供更多普惠资金资源，鼓励林业部门创新；（5）打造能激励林业部门创新的政策环境。

5.1

可通过五大扶持行动鼓励负责任和包容性创新，优化森林解决方案，应对全球挑战

创新通常是创新生态系统中各行动主体之间众多复杂互动的结果。但请注意，创新生态系统在不同背景下具有独特特征。此外，全球林业部门的复杂性意味着负责任创新及其推广应当适合所处具体背景。无论是在组织、辖区还是全球层面，强大、运转良好的创新生态系统都需要重视创造力和协作，具备适当的知识和技能、集体学习系统、治理机制和风险管理框架，具备充足的自然、人力和财力资源。

林业部门的有效创新可能需要通过包容和实用的方法，将科学和传统知识结合起来。需要对综合研发进行投资，以推动技术进步、流程优化和适应性产品的开发；需要培养技能、积累知识；需要创建用于兼容科学和传统知识不同框架的模板。政府往往是研发的主要支持者，但创新产品的实际推广应用很大程度上取决于私营部门和民间社会的资金和投资、合作以及应用。

创新可以创造赢家和输家，如果设计不当，可能会加剧现有的不平等和边缘化问题。为最大限度地减少此类风险，创新活动及创新应用过程应该具有包容性、适合具体情况，且应支持所有森林相关方的参与，确保创新活动适合当地和人民需要，有助于应对挑战。在创新和相关过程中，经常有一些利益群体代表性不足，应给予赋能和支持，这些群体包括：

- **女性。**全球林业领域许多部门都存在性别失衡问题，²⁵⁸组织中的性别平等有助于利用不同观点和才能开展创新、解决问题，并提高组织（包括财务）绩效。¹⁹⁵因此，林业部门创新进程必须努力确保性别平等。²⁵⁹
- **土著人民、小规模经营者和农村社区。**研究人员、技术人员、土著人民、小规模经营者和农村社区之间的真诚合作将使科学与传统和土著知识相融合，降低创新造成文化冲突的风险，增加创新的积极影响。²⁶⁰
- **青年。**年轻一代往往能推动创新，²⁶¹他们的参与还有助于改善森林治理和决策过程。²⁶²更好地利用年轻一代的智慧对于有效创新过程至关重要。

许多群体在促进创新方面发挥着重要作用，包括：

- **各国政府，**可实施国家创新标准、激励措施和政策，支持（包括在财政上）研究开发、宣传推广，促进合作等；
- **国际组织，**可协助制定标准，开展创新知识管理、宣传推广，促进合作，提供资金，制定支持性政策指导等；
- **教育机构，**可协助开展创新研究、教育、培训和推广等；
- **研究和开发机构，**可创建、测试和共享循证创新及相关途径和方法等；
- **私营部门，**可创造和采用创新方法和产品，提供培训，促进研发（包括为此提供资金），支持传播和宣传等；以及
- **民间社会，**可创造和采用创新方法和产品，倡导变革，提高认识，促进合作，提供基层视角，推动社会创业精神，确保问责等。

根据现有文献和第4章的案例，下文将介绍五大关键扶持行动，以促进林业部门发展创新生态系统，开展并采纳负责任创新。下文还将提出具体行动建议，主要供各国政府和国际组织参考。

1. 提高人们对创新意义的认识，打造一种通过创新促进积极变化的文化。

创新需要一种有利的文化，鼓励好奇心、创造力、质疑和冒险精神。¹⁸⁶一个实体（例如公司、机构、国家）如何利用和传扬这些文化元素，在很大程度上取决于其历史传统、价值体系和信念，但核心目标必须是提供一个有利环境，让该实体能够反思当前做法，锐意变革，并采取行动实现积极变革。在许多情况下，培养创新文化需要提高认识，即通过开展活动，增进对创新所产生益处的了解。

政府和国际组织可以采取的具体行动：

- 开发并展示促进组织创新能力的方法，支持打造有助于负责任、包容性创新的文化，包括举例说明协作创新的力量和范围以及创新文化在支持森林保护、恢复和可持续利用以及实现可持续发展目标方面可以发挥的作用。
- 为各组织提供相关工具，包括数据和信息管理工具，使其能够评估并持续改进创新文化及其对创新成果的应用，以指导包容性循证决策。
- 定期盘点林业部门的创新活动，以确定与创新相关的机遇和挑战。
- 为所有林业部门利益相关方提供激励措施，鼓励他们参与协作，寻求应对共同挑战的创新型解决方案。

2. 提高技能、能力和知识，确保林业部门相关方有能力管理创新活动及创新应用。

林业教育部门必须充满活力，只有这样才能传授必要的知识技能，最大限度地发挥林业对可持续发展目标的贡献并实现全球森林目标，而对创新的理解是教育的核心组成部分。²⁶³林业教育部门要与研究机构和企业孵化机构建立良好联系，利用其他部门的机会扩大创新。

各组织往往认识不到实现有效人际沟通所需的“软”技能，而“软”技能是负责任、包容性创新过程的重要组成部分。²⁶⁴因此，除了培养硬技能外，林业部门还应着力培养管理创新流程、技术和方法所需的软技能。

政府和国际组织可以采取的具体行动：

- 在林业部门创新的广阔领域中收集和整理有关教育计划、教育者网络、伙伴关系和实践群组的信息和资源。
- 开展需求评估，了解林业部门缺乏哪些创新能力和技能，优先将其纳入教育计划。
- 制定提高林业部门创新技能、知识和能力的指南。
- 支持同行相互学习平台和综合实地计划，以推广与创新相关的良好做法，测试创新技术和方法。
- 支持改进与森林相关的推广服务技术和创新知识，鼓励社区利用农民田间学校和其他职业培训机构等方式开发创新型解决方案。
- 支持研究和开发，以增强所有创新类型的实证基础，从而在森林保护、恢复和可持续利用方面取得进展。研究成果可纳入林业部门的教育培训，包括高等教育和其他职业培训机构，以鼓励更多人了解林业部门的创新。

教育和研究机构可以采取的具体行动：

- 将创新（强调把负责任、包容性视为创新的核心要素）纳入林业教育课程和培训材料。
- 利用科学和传统知识，促进综合创新研究。
- 开展对多种创新类型（以及创新组合）的研究，鼓励协作创新，确保创新以需求为导向、适合具体情况并能够生成实用工具。

3. 鼓励通过变革性伙伴关系，降低林业部门创新风险，提供知识技术转让机会，建立适当的保障措施。

插文11 利用新型伙伴关系助力推动“联合国生态系统恢复十年”取得进展

粮农组织和联合国环境规划署（环境署）正共同牵头在全球实施“联合国生态系统恢复十年”。案例研究9介绍的两个由粮农组织牵头的工作组已助力在各生态恢复相关方之间建立了强大的合作伙伴关系，确定了生态系统恢复共同愿景，协调行动，加强能力建设，缩小技术差距，推动循证创新。在三年时间里，两个工作组为“联合国生态系统恢复十年”奠定了基础，创造了有利环境，具体成就如下（还有更多其他成就）：

- ▶ 通过发布《生态系统恢复原则》，确定了生态系统恢复共同愿景；
- ▶ 通过发布《生态系统恢复实践标准》，指导实施者制定能体现生态系统恢复原则的有效恢复项目；

- ▶ 制定了《联合国十年的能力、知识和学习行动计划》；
- ▶ 通过制定《生态系统恢复监测框架》（如案例研究9所述），推动技术创新。

通过促进不同行动方之间的密切合作，粮农组织牵头的两个工作组以及世界银行（融资工作组）、国际自然保护联盟（科学工作组）与联合国儿童和青年组织（青年工作组）分别牵头的联合国十年框架下的其他三个工作组，正在助力解决生态系统恢复方面的一系列问题，包括缺乏协调、缺乏资金和能力以及难以开展透明的监测和报告工作。通过这种方式，这些工作组正在促成将成功创新推广给全球的实践人员和政策制定者，同时表彰和支持各国在生态恢复创新方面发挥主导作用，从而助力将生态恢复相关承诺转化为切实有效的行动。

各级政府、私营部门、民间社会、科研部门、学术界、女性和青年、土著人民和当地社区都需要建立变革性伙伴关系，为林业部门负责的创新活动及创新应用提供支持。²⁶⁵ 可通过创新中心和其他网络模式，加强利益相关方之间的互动，促进合作，增加知识技能转让，取得积极的溢出效应（即互动对扩大创新产生带来的意外好处）。不同利益相关方之间长期互动形成的伙伴关系可能具有变革性，即能推动不可持续的系统实现向更可持续系统的转变。²⁶⁶ “联合国生态系统恢复十年”采取的方法就展示了创新型伙伴关系在促进创新活动及创新应用方面所发挥的作用（插文11）。

林业部门正越来越多地寻求跨部门合作（包括在政府和各组织内部以及在政府和各组织之间），²⁶⁷ 其中一个目的是借鉴其他部门的知识与技能。这种协作（例如共享数据，共同查找问题、设计方案）可以带来意想不到的创新。

政府和国际组织可以采取的具体行动：

- 评估现有的科研-政策-实践知识交流平台，确保所有人都能共享所产生的知识。
- 优化利用现有区域和全球论坛，例如区域林业委员会和多方平台，以寻找培育和扩大林业部门负责任、包容性创新的需求和机遇。

4. 确保提供更多普惠型资金资源。

与创新活动及创新应用相关的风险可能很高。在全球南方国家尤其如此，因为那里相互冲突的目标往往牵扯到利益权衡，从而限制了投资。²⁶⁸增加小规模生产者和农村社区等主体获得资金和金融服务的机会，是建立健全创新生态系统、扩大林业部门创新的先决条件。增加资金供应有助于通过解决可持续森林管理所面临的外部因素等问题，解决阻碍创新推广的制度性问题，促进投资的良性循环，从而加强进一步创新。

政府和国际组织可以采取的具体行动：

- 帮助各国获得能直接支持森林保护、恢复和可持续利用的创新所需资金。
- 为生产公共产品且特别惠及土著人民、女性、青年和小规模生产者的创新发展提供资金激励。
- 通过为协作型研发活动提供部分资金，鼓励各类组织和大学组建合作团队，从而降低与创新相关的风险。²⁶⁹

5. 创建激励林业部门创新的政策和监管环境。

政策组合的互补一致性有助于各利益相关方增强能力，应对创新生态系统中的复杂性和路径依赖性。有必要制定政策，协助降低创新过程的风险，最大限度减少创新活动和创新应用中的潜在不公平问题。Cirera和Maloney (2017)²⁷⁰提出了“能力提升”概念，即创新生态系统通过不断发展，为生态系统内更高级别的能力提供越来越多的支持。这一概念为指导制定强有力的扶持性政策提供了基础。“提升”包含三个阶段：培养科学、技术、工程、数学技能，拓展管理和组织能力，发展基础设施（第一阶段）；提高研究和创新质量，培养技术能力，激励研发（第

二阶段）；开展长期研发、技术项目和协同创新项目（第三阶段）。可通过适当的政策组合，支持从第一阶段向第三阶段发展。

政府和国际组织可以采取的具体行动：

- 就政策、监管和法律框架提供最佳做法建议，以优化创新生态系统的有利环境，最大限度增加积极的预期成果、减少目标冲突，并提供重大风险防范措施。
- 采取具备社会文化适宜性、基于实证、符合最佳做法的政策和监管做法，支持林业部门开展针对性、包容性创新，同时确保风险防范措施到位，尽量减少创新活动和创新应用中的不平等问题。

释放创新的力量

全世界数十亿人的利益与森林和树木相关，因为森林和树木能带来多重惠益，从生产木质和非木质林产品，到提供气候调节和动植物栖生地等生态服务，再到促进人类健康和福祉。实证表明，世界正处于重大环境变化的转折点，可能对贫困、饥饿、粮食不安全和营养不良产生严重不利影响，迫切需要加快速度寻求大规模解决方案，而且通过保护、恢复和可持续利用森林和树木可带来明显效果。为发挥森林和树木的潜力，需要重视并投资于负责任、包容性创新所能发挥的作用。

上述扶持性行动为最大限度减少负责任、包容性创新所面临的障碍以及最大限度发挥其积极作用提供了一个起点。这些行动相辅相成，不能单独实施。例如，技能和知识水平的提高取决于资金资源和有针对性的政策，而后者又可促进合作，带来能更好地支持负责任、包容性创新的文化变革。

林业部门的创新机遇巨大，所有五种创新类型均有着令人振奋的发展前景。需要开展更多研究来提供实证基础，增加对林业部门创新影响和优先重点的了解。

在应用林业部门任何创新时，都应开展严格的监测和评价，并基于学习开展适应性管理。行为科学领域的新兴技术和进步增加了理解创新影响的选择。

发挥林业部门的创新潜力需要采取保障措施，以确保创新以负责任、包容的方式进行。最终，这将意味着在适当的地方出于适当的理由而采用适当的创新。创新必须反映并随时了解最终用户和其他受益人的需求、愿望和特殊情况。释放创新的力量为我们实现共同森林目标、拥抱更可持续的未来提供了更快速的进展路径。■

术语表

以下定义仅供读者参考，不一定是粮农组织的官方定义。

农业创新 (Agricultural innovation)。个人或组织在特定背景下首次使用新产品或现有产品、流程或组织方式的过程，目的是提高有效性、竞争力、抗冲击能力或环境可持续性，从而促进粮食安全和营养、经济发展或可持续自然资源管理。⁹

复合农林业 (Agroforestry)。对土地管理系统的集合称谓，这种系统刻意将多年生木本植物与农作物和/或家畜在时空上整合在同一土地管理单位中，以创造经济、社会、环境效益。²⁷¹复合农林业系统的三种主要类型是：(1) 农林兼作（树木与农作物组合种植）；(2) 林牧兼作（林业与畜牧生产相结合，包括水产养殖和林业兼作，即林业与水产养殖相结合）；(3) 农林牧一体化（林业、畜牧和作物生产相结合）。

生物经济 (Bioeconomy)。生物资源的生产、利用、保护和再生，包括相关知识、科学、技术和创新，以便在所有经济部门内部和相互之间提供可持续解决方案（信息、产品、流程和服务），实现向可持续经济的转型。

正交胶合木 (Cross-laminated timber)。一种预制工程木制品，由至少三层实心锯材或结构复合木材组成，其中相邻层用结构粘合剂交叉粘合形成实木组件。可根据项目设计预制板材。²⁷²

森林砍伐/毁林 (Deforestation)。将林地转变为其他用途，无论是否人为引起。¹⁵

森林 (Forest)。指面积超过0.5公顷、树高超过5米且树冠覆盖率超过10%的地表，或者指能达到以上标准的在原生境生长的树木。不包括主要用于农业或城市开发的土地。¹⁵

森林和景观恢复 (Forest and landscape restoration)。森林和景观恢复是一个有计划的过程，旨在恢复被砍伐或已退化景观的生态完整性，增强人类福祉。恢复活动并不试图重建过去的生态系统，因为过去涉及不确定性，当前已发生显著改变，未来的变化也不确定。然而，森林和景观恢复确实致力于重建能够自我维持并为人类和生物多样性提供益处的森林生态系统。因此，景观层面特别重要，因为它能提供平衡经济、社会和环境优先重点的机会。²⁷³森林和景观恢复通常着力通过森林和景观重建，增强森林和景观的韧性、生产能力和社会经济价值，从而惠及人类福祉、当地生计和生态环境。森林和景观恢复的目的在于在恢复生态系统服务（如生物多样性、土壤和水资源保护）和农业及相关用地的生产功能（提供食物、能源和其他产品和服务以支持可持续生计）之间寻求平衡。

森林退化 (Forest degradation)。森林所提供的总体惠益长期以来不断减少，包括林木、生物多样性以及其他产品和服务的减少。在全球森林资源评估中，要求各国说明他们在评估森林退化程度和严重性时所采用的森林退化定义。¹⁸

森林生态系统服务 (Forest ecosystem services)。指人类从森林生态系统中获得的各种惠益,包括:食物、水、木材和纤维的供给服务;可影响气候、洪水、疾病、废弃物和水质的调节服务;供娱乐、审美和精神享受的文化服务;以及土壤形成、光合作用和养分循环等支持服务。²⁷⁴森林生态系统服务是源自森林的服务,包括生态系统产品生产、为野生物种提供栖生地、气候和水资源调节、土壤形成和保护、生物多样性形成和维护、授粉、病虫害防治、种子传播、文化和审美价值等。²⁷⁵

森林扩张 (Forest expansion)。将森林扩大到原本用于其他用途的土地上,意味着土地利用方式从非林地转变为林地。¹⁵

森林路径 (Forest pathway)。一种涉及森林的发展理念,《2022年世界森林状况》提出了与此相关的以下三种方式:⁴(1)遏制毁林和森林退化,这是阻止造成气候变化、生物多样性流失、土地退化、荒漠化和人畜共患病暴发的驱动因素的关键手段(“遏制毁林和保护森林”——简称“保护”);(2)恢复已退化森林和景观,并在农业环境中种植更多树木,这是改善自然资产和创造经济、社会和环境效益的具有成本效益的手段(“恢复已退化土地和扩大复合农林业”——简称“恢复”);(3)增加森林可持续利用、构建绿色价值链,努力满足未来对材料和生态系统服务的需求,并支持绿色经济和循环经济,特别是在地方层面(“可持续利用森林和构建绿色价值链”——简称“可持续利用”)。

林业部门 (Forest sector)。指可持续森林管理、木材及其他木质和非木质林产品的供应和生产、森林生态系统和生物多样性保护以及保障森林效益等方面的多种活动。¹⁴因此,林业部门涵盖了涉及森林、复合农林业和不同利益相关方(包括政府、民间社会组织、私营部门、土著人民、弱势和边缘化社区、青年和女性)的所有活动。

林业部门创新 (Forest-sector innovation)。首次在特定背景下使用与林业部门相关的新产品或现有产品、流程或组织方式的过程,目的是提高有效性、竞争力、抗冲击能力或环境可持续性。本报告确定了五种创新类型:技术创新、社会创新、政策创新、制度创新和金融创新。林业部门创新有助于沿着全球森林资源的保护、恢复和可持续利用这三条森林路径取得进展。

创新 (Innovation)。指独辟蹊径,无论是用新办法解决老问题,用老办法解决新问题,还是用新办法解决新问题。在农业粮食体系背景下,“创新”指个人、社区或组织对商品及服务的设计、生产或循环再生过程中做出的变化以及对周围体制环境做出的变化,这种变化在各自背景下是全新的改变,有助于推动向有助于粮食安全和营养的可持续粮食系统转型。创新还可用作名词,指该过程产生的变化。创新包括做法、规范、市场、体制安排等方面的变化,可能有助于建立与现状不同的新的粮食生产、加工、流通、消费网络。⁹

创新生态系统 (Innovation ecosystem)。创新生态系统为创新活动提供所需的总体经济和制度环境。^{68, 276}创新生态系统由一系列经济、社会、环境和其他因素决定。在该生态系统中,不同行动主体以复杂的方式相互作用,同时和实体元素(例如产品、服务和技术工具)相互作用,最终激发创新或为创新应用提供有利条件。

森林净增/净减/无变化 (Net forest gain/loss/no change)。“森林面积净变化”指两个全球森林资源评估参考年份之间森林面积的差异,可以是正数(净增)、负数(净减)或零(无变化)。¹⁵

非木质林产品 (Non-wood forest products)。源自森林、其他林地、森林以外树木的非木质生物源产品。²⁷⁷

非木材林产品 (Non-timber forest products)。所有非木质林产品加上某些木质材料,例如薪材和零碎木料。

有树木覆盖的其他土地 (Other land with tree cover)。被归类为“剩余土地面积”,面积0.5公顷以上,树冠覆盖率超过10%,树木能够在成熟时达到5米高度(例如果园和复合农林系统)。¹⁵

其他林地 (Other wooded land)。未归类为“森林”的土地,面积超过0.5公顷,土地上的树木高度超过5米,树冠覆盖率为5-10%,或土地上有在原生境生长可能达到这些标准的树

木;或者灌木、丛林和树木的总覆盖率超过10%的土地。不包括主要用于农业或城市开发的土地。¹⁵

推广 (Scaling up)。随着时间的推移,在地理空间上推广、复制、调整 and 保持成功政策、计划或项目,以惠及更多人。在创新中,这同样包括新产品、新流程、新组织方式的创造以及在新环境中广泛采用现有创新。

小规模经营者 (Smallholders)。管理面积从1公顷到10公顷不等的小规模农民、牧民、森林管理员、渔民等。小规模经营者的特点是以家庭为中心,例如,倾向于维护稳定的农户制度,主要利用家庭劳力开展生产,部分产品用于家庭消费。²⁷⁸

软商品 (Soft commodity)。此术语通常用来指种植而不是开采出来的商品,如咖啡、可可、糖、大豆和油棕等。

软技能 (Soft skills)。人们彼此之间进行有效沟通、开展良好合作的能力。

跨学科科学 (Transdisciplinary science)。采用综合性整体框架,其研究对象跨越并超出了学科范畴。为此,跨学科科学开展学科研究和交叉学科研究,同时还考虑让专业科学工作者与学术界之外的各界利益相关方(个人或机构)开展协作,目的是从各方对问题的认识和掌握的具体知识当中受益,并为此作出贡献。跨学科意味着在科学工作的各个阶段都存在互动。²⁷⁹

注释

- 1 **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).** 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Core writing team, H. Lee & J. Romero, eds. Geneva, Switzerland, IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- 2 **IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services).** 2019. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services.* Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3553579>
- 3 **Seymour, F., Wolosin, M. & Gray, E.** 2022. *Not Just Carbon: Capturing All the Benefits of Forests for Stabilizing the Climate from Local to Global Scales.* Washington, DC., (WRI) World Resources Institute. <https://doi.org/10.46830/wriprpt.19.00004>
- 4 **Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C. & Stuart, S.N.,** eds. 2009. *Wildlife in a Changing World: An analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species.* Gland, Switzerland, IUCN (International Union for Conservation of Nature). <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/RL-2009-001.pdf>
- 5 **FAO.** 2022. *The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies.* Rome. <https://doi.org/10.4060/cb9360en>
- 6 **Libert-Amico, A., Duchelle, A.E., Cobb, A., Peccoud, V. & Djoudi, H.** 2022. *Forest-based adaptation: transformational adaptation through forests and trees.* Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2886en>
- 7 **FAO.** 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture.* J. Bélanger & D. Pilling, eds. Rome, FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- 8 **Ickowitz, A., McMullin, S., Rosenstock, T., Dawson, I., Rowland, D., Powell, B., Mausach, K. et al.** 2022. Transforming food systems with trees and forests. *The Lancet Planetary Health*, 6(7): e632–e639. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00091-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00091-2)
- 9 **FAO.** 2022. *FAO Science and Innovation Strategy.* Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e9d1ee6c-c0f1-4312-9a1a-c09ba0a4fbdc/content>
- 10 **FAO.** 2021. *Strategic Framework 2022–31.* Rome. <https://www.fao.org/3/cb7099en/cb7099en.pdf>
- 11 **FAO.** 2023. *Committee on Forestry: Twenty-Sixth Session.* Rome. <https://www.fao.org/3/nk728en/nk728en.pdf>
- 12 **FAO.** 2022. *FAO Strategy on Climate Change 2022–2031.* Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f6270800-ee7-498f-9887-6d937c4f575a/content>
- 13 **FAO.** 2020. *FAO Strategy on Mainstreaming Biodiversity across Agricultural Sectors.* Rome. <https://doi.org/10.4060/ca7722en>
- 14 **Lippe, R.S., Schweinle, J., Cui, S., Gurbuzer, Y., Katajamäki, W., Villarreal-Fuentes, M. & Walter, S.** 2022. *Contribution of the forest sector to total employment in national economies - Estimating the number of people employed in the forest sector.* Rome, FAO and Geneva, Switzerland, ILO (International Labour Organization). <https://doi.org/10.4060/cc2438en>
- 15 **FAO.** 2023. *Terms and Definitions: FRA 2025.* Forest Resources Assessment Working Paper 194. Rome. <https://www.fao.org/3/cc4691en/cc4691en.pdf>
- 16 **FAO.** 2022. *FRA 2020 Remote Sensing Survey.* FAO Forestry Paper 186. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb9970en>
- 17 **FAO.** 2023. *FAOSTAT: Forestry Production and Trade.* [Accessed on 1 December 2023]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Licence: CC-BY-4.0.
- 18 **FAO.** 2020. *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report.* Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- 19 **Ministry of Environment and Forestry, Republic of Indonesia.** 2022. *The State of Indonesia's Forests 2022: Towards FOLU Net Sink 2030.* Jakarta. [Cited 12 June 2024]. https://phl.menlhk.go.id/static/file/publikasi/1664941652-Digital_SoIFO%202022_09.25.22.pdf
- 20 **Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.** 2023. *Deforestasi Indonesia Tahun 2021–2022.* Jakarta. https://sigap.menlhk.go.id/sigap-admin/files/download/buku-pemantauan-deforestasi-indonesia-tahun-2021-2022_v4-compressed.pdf
- 21 **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** n.d. *IBGE: Legal Amazon.* [Cited 20 February 2024]. <https://www.ibge.gov.br/en/geosciences/full-list-geosciences/17927-legal-amazon.html>

- 22 **Ministry of Science, Technology and Innovations (Brazil).** n.d. *TerraBrasilis*. [Cited 20 February 2024]. <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=en>
- 23 **JRC (Joint Research Centre, European Commission).** 2023. EU Observatory on deforestation and forest degradation. In: *European Commission*. Belgium. [Cited 12 June 2024]. <https://forest-observatory.ec.europa.eu>
- 24 **FAO.** 2023. *The world's mangroves 2000–2020*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7044en>
- 25 **FAO.** 2023. Global Forest Resources Assessment 2020. In: *FAO*. [Cited 2 March 2024]. <https://fra-data.fao.org/WO/fra2020/home/>
- 26 **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. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1171-2010>
- 27 **Van Lierop, P., Lindquist, E., Sathyapala, S. & Franceschini, G.** 2015. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management*, 352: 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010>
- 28 **(GWIS) Global Wildfire Information System.** 2023. GWIS Statistical Portal. [Accessed on 20 February 2024]. <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/gwis.statistics/>
- 29 **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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157139>
- 30 **IUFRO (International Union of Forest Research Organizations).** 2018. *Global Fire Challenges in a Warming World*. F-N. Robinne, J. Burns, P. Kant, M.D. Flannigan, M. Kleine, B. de Groot & D.M. Wotton, eds. Occasional Paper No. 32. Vienna. <https://www.iufro.org/uploads/media/op32.pdf>
- 31 **Zheng, B., Ciais, P., Chevallier, F., Yang, H., Canadell, J.G., Chen, Y., Van Der Velde, I.R. et al.** 2023. Record-high CO₂ emissions from boreal fires in 2021. *Science*, 379(6635): 912–917. <https://doi.org/10.1126/science.ade0805>
- 32 **Copernicus.** 2023. Record-breaking wildfires throughout the 2023 boreal wildfire season. In: *Copernicus*. [Cited 18 December 2023]. <https://atmosphere.copernicus.eu/copernicus-record-breaking-wildfires-throughout-2023-boreal-wildfire-season>
- 33 **CWFIS (Canadian Wildland Fire Information System).** 2023. CWFIS Datamart. [Accessed on 04 July 2024]. <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/datamart>
- 34 **UNEP (United Nations Environment Programme).** 2022. *Spreading like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires*. A UNEP Rapid Response Assessment. Nairobi. [Cited 12 June 2024]. <https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires>
- 35 **Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M.W., Andrew, R.M., Bakker, D.C.E., Hauck, J., Landschützer, P. et al.** 2023. Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12): 5301–5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
- 36 **IPPC (International Plant Protection Convention) Secretariat.** 2021. *Scientific review of the impact of climate change on plant pests*. Rome, FAO on behalf of the IPPC Secretariat. <https://doi.org/10.4060/cb4769en>
- 37 **Liebholt, A.M., Bockerhoff, E.G. & Nuñez, M.A.** 2017. Biological invasions in forest ecosystems: a global problem requiring international and multidisciplinary integration. *Biological Invasions*, 19(11): 3073–3077. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1547-5>
- 38 **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. <https://doi.org/10.3390/f11020173>
- 39 **FAO.** 2023. *The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security 2023: Avoiding and reducing losses through investment in resilience*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7900en>
- 40 **Potter, K., Escanferla, M., Jetton, R. & Man, G.** 2019. Important Insect and Disease Threats to United States Tree Species and Geographic Patterns of Their Potential Impacts. *Forests*, 10(4): 304. <https://doi.org/10.3390/f10040304>
- 41 **Gitz, V., Linhares-Juvenal, T. & Meybeck, A.** 2023. Optimizing the role of planted forests in the bioeconomy. *Unasylva*, 74(254): 11–16. <https://doi.org/10.4060/cc8584en>

- 42 **EUWID Pulp and Paper**. 2022. Russia issues export ban for logs and wood residues. In: *EUWID Pulp and Paper*. 23 March 2022. [Cited 11 April 2024]. <https://www.euwid-paper.com/news/markets/russia-issues-export-ban-for-logs-and-wood-residues-230322/>
- 43 **IEA (International Energy Agency)**. 2023. *A Vision for Clean Cooking Access for All*. Paris. [Cited 12 June 2024]. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/75f59c60-c383-48ea-a3be-943a964232a0/AVisionforCleanCookingAccessforAll.pdf>
- 44 **Shackleton, C.M. & De Vos, A.** 2022. How many people globally actually use non-timber forest products? *Forest Policy and Economics*, 135: 102659. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102659>
- 45 **IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)**. 2022. Thematic assessment of the sustainable use of wild species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. J.M. Fromentin, M.R. Emery, J. Donaldson, M.C. Danner, A. Hallosserie & D. Kieling, eds. Bonn, Germany, IPBES secretariat. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8199039>
- 46 **FAO**. 2023. *The status of women in agrifood systems: Overview*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc5060en>
- 47 **Tribal Co-Operative Marketing Development Federation of India Limited**. 2023. Important Minor Forest Produces (MFPs). In: *TRIFED - Tribal*. [Cited 27 November 2023]. <https://trifed.tribal.gov.in/non/timber/msp-mfp>
- 48 **Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk, P.J. & Mavsar, R.** 2020. Non-wood forest products in Europe – A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, 116: 102175. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102175>
- 49 **Hall, C., Macdiarmid, J.I., Matthews, R.B., Smith, P., Hubbard, S.F. & Dawson, T.P.** 2019. The relationship between forest cover and diet quality: a case study of rural southern Malawi. *Food Security*, 11(3): 635–650. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00923-0>
- 50 **El Bizri, H.R., Morcatty, T.Q., Valsecchi, J., Mayor, P., Ribeiro, J.E.S., Vasconcelos Neto, C.F.A., Oliveira, J.S. et al.** 2020. Urban wild meat consumption and trade in central Amazonia. *Conservation Biology*, 34(2): 438–448. <https://doi.org/10.1111/cobi.13420>
- 51 **Mayor, P., El Bizri, H.R., Morcatty, T.Q., Moya, K., Bendayán, N., Solis, S., Vasconcelos Neto, C.F.A. et al.** 2022. Wild meat trade over the last 45 years in the Peruvian Amazon. *Conservation Biology*, 36(2): e13801. <https://doi.org/10.1111/cobi.13801>
- 52 **FAO**. 2024. *Review of the state of world fishery resources: inland fisheries*. Fisheries and Aquaculture Circular. Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1efc1225-d7da-41fc-b710-47244fe22678/content>
- 53 **Rubegeta, E., Makolo, F., Kamatou, G., Enslin, G., Chaudhary, S., Sandasi, M., Cunningham, A.B. & Viljoen, A.** 2023. The African cherry: A review of the botany, traditional uses, phytochemistry, and biological activities of *Prunus africana* (Hook.f.) Kalkman. *Journal of Ethnopharmacology*, 305: 116004. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.116004>
- 54 **Nakicenovic, N., Lempert, R.J. & Janetos, A.C.** 2014. A Framework for the Development of New Socio-economic Scenarios for Climate Change Research: Introductory Essay: A Forthcoming Special Issue of Climatic Change. *Climatic Change*, 122(3): 351–361. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0982-2>
- 55 **Johnston, C.M.T, Guo, J. & Prestemon, J.P.** 2023. RPA forest products market data for U.S. RPA Regions and the world, historical (1990–2015), and projected (2020–2070) using the Forest Resource Outlook Model (FOROM). 2nd Edition. In: *Forest Service Research Data Archive*. <https://doi.org/10.2737/RDS-2022-0073-2>
- 56 **FAO**. 2022. *Global forest sector outlook 2050: Assessing future demand and sources of timber for a sustainable economy*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2265en>
- 57 **FAO**. 2023. *Towards more resilient and diverse planted forests*. Unasylva, 254 (74). Rome. <https://doi.org/10.4060/cc8584en>
- 58 **Hetemäki, L. & Seppälä, J.** 2022. Planetary Boundaries and the Role of the Forest-Based Sector. In: L. Hetemäki, J. Kangas & H. Peltola, eds. *Forest Bioeconomy and Climate Change*. pp.19–31. Vol. 42. Managing Forest Ecosystems. Cham, Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_2

- 59 **Hetemäki, L., Palahí, M., Adams, J. & White, L.** 2021. How to preserve Africa's forests and build a green economy. 25 June 2021. In: *World Economic Forum*. Cologny, Switzerland, World Economic Forum. [Cited 12 June 2024]. <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/preserve-africa-forests-green-economy/>
- 60 **Hetemäki, L., Tegegne, Y.T. & Ochieng, R.M.** 2023. *Outlook for Sustainable Forest Bioeconomy in Gabon, Kenya, Nigeria, South Africa and Tanzania*. Circular Bioeconomy Alliance. https://circularbioeconomyalliance.org/wp-content/uploads/2023/12/CBA_Outlook_Sustainable_Forest_Bioeconomy_2023.pdf
- 61 **FAO, ITTO (International Tropical Timber Organization) & United Nations.** 2020. *Forest product conversion factors*. Rome, FAO, Yokohama, Japan, ITTO & New York, United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca7952en>
- 62 **Messier, C., Baker, C., Carreiras, J.M.B., Pearson, T.R.H. & Vasconcelos, M.J.** 2022. Warning: Natural and Managed Forests are Losing their Capacity to Mitigate Climate Change. *The Forestry Chronicle*, 98(1): 2–8. <https://doi.org/10.5558/tfc2022-007>
- 63 **Reich, P.B., Bermudez, R., Montgomery, R.A., Rich, R.L., Rice, K.E., Hobbie, S.E. & Stefanski, A.** 2022. Even modest climate change may lead to major transitions in boreal forests. *Nature*, 608(7923): 540–545. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05076-3>
- 64 **Massey, R., Rogers, B.M., Berner, L.T., Cooperdock, S., Mack, M.C., Walker, X.J. & Goetz, S.J.** 2023. Forest composition change and biophysical climate feedbacks across boreal North America. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01851-w>
- 65 **FAO & UNECE (United Nations Economic Commission for Europe).** 2021. *Forest Sector Outlook Study 2020–2040*. Geneva, Switzerland, UNECE. https://unece.org/sites/default/files/2022-05/unece-fao-sp-51-main-report-forest-sector-outlook_0.pdf
- 66 **Nepal, P., Korhonen, J., Prestemon, J.P. & Cubbage, F.W.** 2019. Projecting global planted forest area developments and the associated impacts on global forest product markets. *Journal of Environmental Management*, 240: 421–430. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.126>
- 67 **United Nations.** 2019. *Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development*. New York, United Nations. [Cited 13 June 2024]. <https://sdgs.un.org/publications/future-now-science-achieving-sustainable-development-gsdr-2019-24576>
- 68 **Granstrand, O. & Holgersson, M.** 2020. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90–91: 102098. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
- 69 **Paasi, J., Wiman, H., Apilo, T. & Valkokari, K.** 2023. Modeling the dynamics of innovation ecosystems. *International Journal of Innovation Studies*, 7(2): 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.12.002>
- 70 **Hall, A., Dijkman, J., Taylor, B., Williams, L. & Kelly, J.** 2017. Synopsis: Towards a Framework for Unlocking Transformative Agricultural Innovation. Agri-food Innovation and Impact Discussion Paper Series. Canberra Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. In: *KISM Food Security Portal*. [Cited 12 June 2024]. <https://www.kismfoodmarkets.org/node/2281>
- 71 **Đuric, I.** 2020. *Digital technology and agricultural markets – Background paper for The State of Agricultural Commodity Markets (SOCO) 2020*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb0701en>
- 72 **Kindt, R.** 2023. TreeGOER: A database with globally observed environmental ranges for 48,129 tree species. *Global Change Biology*, 29(22): 6303–6318. <https://doi.org/10.1111/gcb.16914>
- 73 **Bey, A., Sánchez-Paus Díaz, A., Maniatis, D., Marchi, G., Mollicone, D., Ricci, S., Bastin, J.-F. et al.** 2016. Collect Earth: Land Use and Land Cover Assessment through Augmented Visual Interpretation. *Remote Sensing*, 8(10): 807. <https://doi.org/10.3390/rs8100807>
- 74 **FAO.** 2022. *SEPAL - Forest and Land Monitoring for ClimateAction*. Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/da041105-6c77-4a74-92d6-d47c3d798cfe/content>
- 75 **Tzamtzis, I., Federici, S. & Hanle, L.** 2019. A Methodological Approach for a Consistent and Accurate Land Representation Using the FAO Open Foris Collect Earth Tool for GHG Inventories. *Carbon Management*, 10(4): 437–450. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1634934>

- 76 **Open Foris**. 2023. Open Foris. [Accessed on 13 November 2023]. <https://openforis.org/>
- 77 **Open Foris**. 2023. SEPAL. [Accessed on 27 November 2023]. <https://sepal.io/>
- 78 **FAO**. 2023. Improving reporting on forest degradation emissions, 4 May 2023. In: *FAO Forestry Newsroom*. [Cited 22 September 2023]. <https://www.fao.org/forestry/newsroom/news-detail/improving-reporting-on-forest-degradation-emissions/en>
- 79 **Olofsson, P., Foody, G.M., Stehman, S.V. & Woodcock, C.E.** 2013. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment*, 129: 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.031>
- 80 **Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E. & Wulder, M.A.** 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148: 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- 81 **Stehman, S.V.** 2014. Estimating area and map accuracy for stratified random sampling when the strata are different from the map classes. *International Journal of Remote Sensing*, 35(13): 4923–4939. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.930207>
- 82 **GFOI (Global Forest Observations Initiative)**. 2020. *Integrating remote-sensing and ground-based observations for estimation of emissions and removals of greenhouse gases in forests*.
- 83 **Achard, F. & House, J.I.** 2015. Reporting carbon losses from tropical deforestation with Pan-tropical biomass maps. *Environmental Research Letters*, 10(10): 101002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/10/101002>
- 84 **Tyukavina, A., Baccini, A., Hansen, M.C., Potapov, P.V., Stehman, S.V., Houghton, R.A., Krylov, A.M., Turubanova, S. & Goetz, S.J.** 2015. Aboveground carbon loss in natural and managed tropical forests from 2000 to 2012. *Environmental Research Letters*, 10(7): 074002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/7/074002>
- 85 **Sandker, M., Carrillo, O., Leng, C., Lee, D., d'Annunzio, R. & Fox, J.** 2021. The Importance of High–Quality Data for REDD+ Monitoring and Reporting. *Forests*, 12(1): 99. <https://doi.org/10.3390/f12010099>
- 86 **Tewkesbury, A.P., Comber, A.J., Tate, N.J., Lamb, A. & Fisher, P.F.** 2015. A critical synthesis of remotely sensed optical image change detection techniques. *Remote Sensing of Environment*, 160: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.01.006>
- 87 **FAO**. 2018. *Strengthening National Forest Monitoring Systems for REDD+*. National Forest Monitoring and Assessment Working Paper No. 47. Rome. [Cited 13 June 2024]. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA0525EN>
- 88 **Sandker, M., Neeff, T., Todd, K., Poultouchidou, A., Córdor-Gólec, R., Felicani-Robles, F., SantosAcuña, L. & Duchelle, A.** 2022. *From reference levels to results: REDD+ reporting by countries – 2022 update*. Forestry Working Paper No. 35. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2899en>
- 89 **UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)**. 2021. Forest reference emission levels. In: *REDD+ Web Platform*. UNFCCC. [Cited 28 January 2022]. <https://redd.unfccc.int/fact-sheets/forest-reference-emission-levels.html>
- 90 **Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D. et al.** 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160): 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- 91 **Melo, J., Baker, T., Nemitz, D., Quegan, S. & Ziv, G.** 2023. Satellite-based global maps are rarely used in forest reference levels submitted to the UNFCCC. *Environmental Research Letters*, 18(3): 034021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acba31>
- 92 **ART (Architecture for REDD+ Transactions)**. 2021. TREES: The REDD+ Environmental Excellence Standard. In: *ART*. [Cited 27 November 2023]. <https://www.artredd.org/trees/>
- 93 **Ojanen, M., Brockhaus, M., Korhonen-Kurki, K. & Petrokofsky, G.** 2021. Navigating the science-policy interface: Forest researcher perspectives. *Environmental Science & Policy*, 118: 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.01.002>

- 94 **Martin, P., Teles Da Silva, S., Duarte Dos Santos, M. & Dutra, C.** 2022. Governance and metagovernance systems for the Amazon. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 31(1): 126–139. <https://doi.org/10.1111/reel.12425>
- 95 **Congo Basin Forest Partnership.** 2023. *Congo Basin Forest Partnership*. [Cited 15 November 2023]. <https://pfbcbcfp.org/home.html>
- 96 **Rantala, S., Swallow, B., Paloniemi, R. & Raitanen, E.** 2020. Governance of forests and governance of forest information: Interlinkages in the age of open and digital data. *Forest Policy and Economics*, 113: 102123. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102123>
- 97 **Arts, B., Heukels, B. & Turnhout, E.** 2021. Tracing timber legality in practice: The case of Ghana and the EU. *Forest Policy and Economics*, 130: 102532. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102532>
- 98 **Google.** 2022. Google Earth Engine. [Accessed on 15 November 2023]. <https://earthengine.google.com>
- 99 **Gonzalez, L., Montes, G., Puig, E., Johnson, S., Mengersen, K. & Gaston, K.** 2016. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Artificial Intelligence Revolutionizing Wildlife Monitoring and Conservation. *Sensors*, 16(1): 97. <https://doi.org/10.3390/s16010097>
- 100 **Rožman, M., Oreški, D. & Tominc, P.** 2023. Artificial-Intelligence-Supported Reduction of Employees' Workload to Increase the Company's Performance in Today's VUCA Environment. *Sustainability*, 15(6): 5019. <https://doi.org/10.3390/su15065019>
- 101 **European Commission.** 2023. Frequently Asked Questions - Deforestation Regulation. In: *European Commission*. [Cited 9 October 2023]. https://environment.ec.europa.eu/publications/frequently-asked-questions-deforestation-regulation_en
- 102 **Verkerk, P.J., Hassegawa, M., Van Brusselen, J., Cramm, M., Chen, X., Maximo, Y.I., Koç, M., Lovrić, M. & Tegegne, Y.T.** 2022. *Forest products in the global bioeconomy – Enabling substitution by wood-based products and contributing to the Sustainable Development Goals*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7274en>
- 103 **Teacă, C.-A., Roșu, D., Mustață, F., Rusu, T., Roșu, L., Roșca, I. & Varganici, C.-D.** 2019. Natural bio-based products for wood coating and protection against degradation: A Review. *BioResources*, 14(2): 4873–4901. <https://doi.org/10.15376/biores.14.2.Teaca>
- 104 **Jones, D. & Sandberg, D.** 2020. A Review of Wood Modification Globally – Updated Findings from COST FP1407. *Interdisciplinary Perspectives on the Built Environment*, 1. <https://doi.org/10.37947/ipbe.2020.vol1.1>
- 105 **Mayes, D., Burton, P., Black, G. & Lake, J.** 2023. Next generation Mass Timber from fast rotation pulp logs utilizing Lignor CLST® strand technology. International Panel Products Conference, Llandudno, Wales, October 2023.
- 106 **Ronquillo, G., Hopkin, D. & Spearpoint, M.** 2021. Review of large-scale fire tests on cross-laminated timber. *Journal of Fire Sciences*, 39(5): 327–369. <https://doi.org/10.1177/07349041211034460>
- 107 **Amidon, T.E., Bujanovic, B., Liu, S. & Howard, J.R.** 2011. Commercializing Biorefinery Technology: A Case for the Multi-Product Pathway to a Viable Biorefinery. *Forests*, 2(4): 929–947. <https://doi.org/10.3390/f2040929>
- 108 **Kallio, A.M.I.** 2021. Wood-based textile fibre market as part of the global forest-based bioeconomy. *Forest Policy and Economics*, 123: 102364. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102364>
- 109 **FAO.** 2023. FAOSTAT: Forestry Production and Trade. [Accessed on 1 December 2023]. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Licence: CC-BY-4.0.
- 110 **Northvolt.** 2022. Stora Enso and Northvolt partner to develop wood-based battery. In: *Northvolt*. [Cited 16 November 2023]. <https://northvolt.com/articles/stora-enso-and-northvolt/>
- 111 **Ani, P.C., Nzereogu, P.U., Agbogu, A.C., Ezema, F.I. & Nwanya, A.C.** 2022. Cellulose from waste materials for electrochemical energy storage applications: A review. *Applied Surface Science Advances*, 11: 100298. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2022.100298>
- 112 **Bergamasco, S., Tamantini, S., Zikeli, F., Vinciguerra, V., Scarascia Mugnozza, G. & Romagnoli, M.** 2022. Synthesis and Characterizations of Eco-Friendly Organosolv Lignin-Based Polyurethane Coating Films for the Coating Industry. *Polymers*, 14(3): 416. <https://doi.org/10.3390/polym14030416>

- 113 Henn, K.A., Forsman, N., Zou, T. & Österberg, M. 2021. Colloidal Lignin Particles and Epoxies for Bio-Based, Durable, and Multiresistant Nanostructured Coatings. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13(29): 34793–34806. <https://doi.org/10.1021/acsami.1c06087>
- 114 Stora Enso. 2023. Neoligno®: A bio-based binder for building materials. In: *StoraEnso*. [Cited 29 November 2023]. <https://www.storaenso.com/en/products/bio-based-materials/neoligno-by-stora-enso>
- 115 Ebrahimian, F. & Mohammadi, A. 2023. Assessing the environmental footprints and material flow of 2,3-butanediol production in a wood-based biorefinery. *Bioresource Technology*, 387: 129642. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129642>
- 116 Baydoun, S., Hani, N., Nasser, H., Ulian, T. & Arnold-Apostolides, N. 2023. Wild leafy vegetables: A potential source for a traditional Mediterranean food from Lebanon. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6: 991979. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.991979>
- 117 Burlingame, B., Vogliano, C. & Eme, P.E. 2019. Leveraging agricultural biodiversity for sustainable diets, highlighting Pacific Small Island Developing States. *Advances in Food Security and Sustainability*, 4: 133–173. <https://doi.org/10.1016/bs.af2s.2019.06.006>
- 118 Durazzo, A., Lucarini, M., Zaccardelli, M. & Santini, A. 2020. Forest, Foods, and Nutrition. *Forests*, 11(11): 1182. <https://doi.org/10.3390/f11111182>
- 119 Vinha, A.F., Barreira, J.C.M., Costa, A.S.G. & Oliveira, M.B.P.P. 2016. A New Age for *Quercus* spp. Fruits: Review on Nutritional and Phytochemical Composition and Related Biological Activities of Acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6): 947–981. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12220>
- 120 FAO. 2021. *Utilisation des glands de chêne dans la préparation du couscous bil ballout à Jijel, Algérie*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb3865fr>
- 121 Bilek, M., Cebula, E., Krupa, K., Lorenc, K., Adamowicz, T. & Sosnowski, S. 2018. New technologies for extending shelf life of birch tree sap. *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes*, 7(4): 3–8. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-0f77d11b-1088-44e4-a0f3-1e6922401284>
- 122 Ludvig, A., Tahvanainen, V., Dickson, A., Evard, C., Kurttila, M., Cosovic, M., Chapman, E., Wilding, M. & Weiss, G. 2016. The practice of entrepreneurship in the non-wood forest products sector: Support for innovation on private forest land. *Forest Policy and Economics*, 66: 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.02.007>
- 123 Trivedi, P., Nguyen, N., Hykkerud, A.L., Häggman, H., Martinussen, I., Jaakola, L. & Karppinen, K. 2019. Developmental and Environmental Regulation of Cuticular Wax Biosynthesis in Fleshy Fruits. *Frontiers in Plant Science*, 10: 431. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00431>
- 124 Walia, K., Kapoor, A. & Farber, J.M. 2018. Qualitative risk assessment of cricket powder to be used to treat undernutrition in infants and children in Cambodia. *Food Control*, 92: 169–182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.047>
- 125 Tanga, C.M., Egonyu, J.P., Beesigamukama, D., Niassy, S., Emily, K., Magara, H.J., Omuse, E.R., Subramanian, S. & Ekesi, S. 2021. Edible insect farming as an emerging and profitable enterprise in East Africa. *Current Opinion in Insect Science*, 48: 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.09.007>
- 126 FAO, ILO & United Nations. 2023. *Occupational safety and health in the future of forestry work*. Forestry Working Paper No. 37. Rome, FAO, Geneva, Switzerland, ILO & New York, United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc6723en>
- 127 Legg, B., Dorfner, B., Leavengood, S. & Hansen, E. 2021. Industry 4.0 Implementation in US Primary Wood Products Industry. *Drvna industrija*, 72(2): 143–153. <https://doi.org/10.5552/drwind.2021.2017>
- 128 Landscheidt, S. & Kans, M. 2016. *Automation Practices in Wood Product Industries: Lessons learned, current Practices and Future Perspectives*. Conference paper presented at The 7th Swedish Production Symposium SPS, 25–27 October 2016. Lund, Sweden, Lund University. <https://lnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1047705/FULLTEXT01.pdf>
- 129 Roshetko, J., Pingault, N., Quang Tan, N., Meybeck, A., Matta, R. & Gitz, V. 2022. *Asia-Pacific roadmap for innovative technologies in the forest sector*. Working Paper 15. Rome, FAO, Bogor, Indonesia, CIFOR (Center for International Forestry Research) & CGIAR. <https://doi.org/10.17528/cifor/008515>
- 130 El-Kassaby, Y.A. & Lstibůrek, M. 2009. Breeding without breeding. *Genetics Research*, 91(2): 111–120. <https://doi.org/10.1017/S001667230900007X>

- 131 **Lstibůrek, M., Schueler, S., El-Kassaby, Y.A., Hodge, G.R., Stejskal, J., Korecký, J., Škorpík, P., Konrad, H. & Geburek, T.** 2020. In Situ Genetic Evaluation of European Larch Across Climatic Regions Using Marker-Based Pedigree Reconstruction. *Frontiers in Genetics*, 11: 28. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00028>
- 132 **Hohenlohe, P.A., Funk, W.C. & Rajora, O.P.** 2021. Population genomics for wildlife conservation and management. *Molecular Ecology*, 30(1): 62–82. <https://doi.org/10.1111/mec.15720>
- 133 **Padovezi, A., Secco, L., Adams, C. & Chazdon, R.L.** 2022. Bridging Social Innovation with Forest and Landscape Restoration. *Environmental Policy and Governance*, 32(6): 520–531. <https://doi.org/10.1002/eet.2023>
- 134 **Nijnik, M., Secco, L., Miller, D. & Melnykovich, M.** 2019. Can social innovation make a difference to forest-dependent communities? *Forest Policy and Economics*, 100: 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.01.001>
- 135 **Pascual, U., McElwee, P.D., Diamond, S.E., Ngo, H.T., Bai, X., Cheung, W.W., Lim, M., Steiner, N., Agard, J., Donatti, C.I. & Duarte, C.M.** 2022. Governing for transformative change across the biodiversity-climate-society nexus. *Bioscience*, 72(7): 684–704. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac031>
- 136 **Crouzeilles, R., Beyer, H.L., Monteiro, L.M., Feltran-Barbieri, R., Pessôa, A.C.M., Barros, F.S.M., Lindenmayer, D.B. et al.** 2020. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conservation Letters*, 13(3): e12709. <https://doi.org/10.1111/conl.12709>
- 137 **Van Noordwijk, M., Pham, T.T., Leimona, B., Duguma, L.A., Baral, H., Khasanah, N., Dewi, S. & Minang, P.A.** 2022. Carbon footprints, informed consumer decisions and shifts towards responsible agriculture, forestry, and other land uses? *Carbon Footprints*, 1(1): 4. <https://doi.org/10.20517/cf.2022.02>
- 138 **World Agroforestry.** N.d. SHARED. Transforming Lives and Landscapes with Trees. In: *World Agroforestry*. [Cited 20 February 2024]. <https://www.worldagroforestry.org/shared>
- 139 **Andaya, E.** 2016. Cambodia: Mondulkiri forest venture. In: A. Bolin & D. Macqueen, eds. *Securing the future – Managing risk and building resilience within locally controlled forest businesses*. pp. 19–44. London, IIED (International Institute for Environment and Development). <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/13587IIED.pdf>
- 140 **FAO.** n.d. *Environment and Social Management (FAO): Poverty, Reforestation, Energy and Climate Change*. Rome, FAO and Asunción, Government of Paraguay. https://www.fao.org/fileadmin/templates/FCIT/documents/PROEZA_ESMF.pdf
- 141 **Lambin, E.F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P.O., Dietsch, T. et al.** 2014. Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change*, 28: 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007>
- 142 **Rana, P. & Chhatre, A.** 2017. Beyond committees: Hybrid forest governance for equity and sustainability. *Forest Policy and Economics*, 78: 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.007>
- 143 **Le Coq, J-F., Froger, G., Pesche, D., Legrand, T. & Saenz, F.** 2015. Understanding the governance of the Payment for Environmental Services Programme in Costa Rica: A policy process perspective. *Ecosystem Services*, 16: 253–265. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.003>
- 144 **Sundstrom, L. & Henry, L.** 2017. Private Forest Governance, Public Policy Impacts: The Forest Stewardship Council in Russia and Brazil. *Forests*, 8(11): 445. <https://doi.org/10.3390/f8110445>
- 145 **Mansourian, S., Kleymann, H., Passardi, V., Winter, S., Derkyi, M.A.A., Diederichsen, A., Gabay, M. et al.** 2022. Governments commit to forest restoration, but what does it take to restore forests? *Environmental Conservation*, 49(4): 206–214. <https://doi.org/10.1017/S0376892922000340>
- 146 **OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) & FAO.** 2023. *OECD-FAO Business Handbook on Deforestation and Due Diligence in Agricultural Supply Chains*. Paris, OECD. <https://doi.org/10.1787/c0d4bca7-en>
- 147 **Macqueen, D., Bolin, A., Greijmans, M., Grouwels, S. & Humphries, S.** 2020. Innovations towards prosperity emerging in locally controlled forest business models and prospects for scaling up. *World Development*, 125: 104382. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.004>
- 148 **Macqueen, D.** 2022. *The Forest and Farm Facility (FFF) approach: delivering climate-resilient landscapes and improved livelihoods*. London, IIED. [Cited 13 June 2024]. <https://www.iied.org/21186iied>

- 149 **Usnayo Ramos, R.D. & Fernández, B.** 2023. *Mobilising internal finance within a forest and farm producer organisation: a case study of Alternative Finance for Development (AFID) of El Ceibo*. London, IIED. [Cited 13 June 2024]. <https://www.iied.org/21506g>
- 150 **Macqueen, D.** 2019. Vietnamese forest and farm producers work towards more resilient livelihoods and landscapes. In: *IIED*. [Cited 15 November 2023]. <https://www.iied.org/vietnamese-forest-farm-producers-work-towards-more-resilient-livelihoods-landscapes>
- 151 **FAO.** 2023. *Strengthening coherence between forestry and social protection for sustainable agrifood systems transformation: Framework for analysis and action*. Rome. <https://www.fao.org/3/cc8648en/cc8648en.pdf>
- 152 **Tata–Cornell Institute.** 2022. *Aggregation Models and Small Farm Commercialization: An Annotated Bibliography of Relevant Literature*. Ithaca, USA. [Cited 13 June 2024]. <https://tci.cornell.edu/?publications=aggregation-models-and-small-farm-commercialization-an-annotated-bibliography-of-relevant-literature>
- 153 **Humphries, S., Holmes, T., Andrade, D.F.C.D., McGrath, D. & Dantas, J.B.** 2020. Searching for win-win forest outcomes: Learning-by-doing, financial viability, and income growth for a community-based forest management cooperative in the Brazilian Amazon. *World Development*, 125: 104336. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.06.005>
- 154 **Lemenih, M. & Idris, H.** 2015. Ethiopia: Aburo Forest Managing and Utilization Cooperative (Agubela frankincense business group) and Birbira Natural Resource Conservation Cooperative (coffee producer group) Non-timber forest product business models in Ethiopia. In: D. Macqueen, A. Bolin & M. Greijmans, eds. *Democratizing Forest Business: A Compendium of Successful Locally Controlled Forest Business Organizations*. pp. 133–154. London, IIED. [Cited 13 June 2024]. <https://www.recoftc.org/publications/0000141>
- 155 **Macqueen, D.** 2016. *Community forest business in Myanmar: Pathway to peace and prosperity?* London, IIED. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2177.9605>
- 156 **Elias, M., Grosse, A. & Campbell, N.** 2020. Unpacking ‘gender’ in joint forest management: Lessons from two Indian states. *Geoforum*, 111: 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.02.020>
- 157 **Pandey, H.P. & Pokhrel, N.P.** 2021. Formation trend analysis and gender inclusion in community forests of Nepal. *Trees, Forests and People*, 5: 100106. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100106>
- 158 **ForestLink.** 2020. Unlocking the potential of forest guardians. In: *ForestLink*. [Cited 15 November 2023]. <https://forestlink.org/>
- 159 **Mangrove Alliance.** 2023. Global Mangrove Watch. In: *Global Mangrove Watch*. [Cited 15 November 2023]. <http://www.globalmangrovetwatch.org/>
- 160 **LandMark.** 2022. Global Platform of Indigenous and Community Lands. In: *LandMark*. [Cited 15 November 2023]. <https://www.landmarkmap.org/>
- 161 **The Rainforest Foundation.** 2020. Mapping For Rights. In: *The Rainforest Foundation*. [Cited 15 November 2023]. <https://www.mappingforrights.org/>
- 162 **UNEP (United Nations Environment Programme).** 2022. *State of Finance for Nature - Time to act: Doubling investment by 2025 and eliminating nature-negative finance flows*. Nairobi. [Cited 13 June 2024]. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41333>
- 163 **Surayya, T.** 2012. Innovative Financial Instruments and mechanisms for financing forest restoration and mitigating climate change: select cases from India. *European Journal of Sustainable Development*, 1(2): 361. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2012.v1n2p361>
- 164 **Louman, B., Meybeck, A., Mulder, G., Brady, M., Fremy, L., Savenije, H., Gitz, V. & Trines, E.** 2020. *Innovative finance for sustainable landscapes*. Working Paper 7. Bogor, Indonesia, The CGIAR Research Program on Forests, Trees and Agroforestry (FTA). https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/FTA/WPapers/FTA-WP-7.pdf
- 165 **Louman, B., Girolami, E.D., Shames, S., Primo, L.G., Gitz, V., Scherr, S.J., Meybeck, A. & Brady, M.** 2022. Access to Landscape Finance for Small-Scale Producers and Local Communities: A Literature Review. *Land*, 11(9): 1444. <https://doi.org/10.3390/land11091444>
- 166 **Besacier, C., Garrett, L., Iweins, M. & Shames, S.** 2021. *Local financing mechanisms for forest and landscape restoration: A review of local-level investment mechanisms*. Forestry Working Paper No. 21. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3760en>

- 167 **World Economic Forum**. 2021. *The Global Risks Report 2021*. Cologny, Switzerland. [Cited 13 June 2024]. <https://www.weforum.org/publications/the-global-risks-report-2021/>
- 168 **Wong, P.C.** 2023. New guidance helps financial institutions grapple with deforestation due diligence. In: *Global Canopy*. [Cited 20 February 2024]. <https://globalcanopy.org/insights/insight/new-guidance-helps-financial-institutions-grapple-with-deforestation-due-diligence/>
- 169 **Supply Chains Solutions Center**. 2019. Soft Commodity Risk Platform (SCRIPT). In: *Supply Chain Solutions Center*. [Cited 20 February 2024]. <https://supplychain.edf.org/resources/soft-commodity-risk-platform-script/>
- 170 **European Commission**. n.d. *EU taxonomy for sustainable activities*. In: *European Commission*. [Cited 13 June 2024]. https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
- 171 **Macqueen, D., Benni, N., Boscolo, M. & Zapata, J.** 2018. *Access to finance for forest and farm producer organisations (FFPOs)*. Rome, FAO and London, IIED. [Cited 13 June 2024]. <https://www.iied.org/13606iied>
- 172 **Boscolo, M., Dijk, K.V. & Savenije, H.** 2010. Financing Sustainable Small-Scale Forestry: Lessons from Developing National Forest Financing Strategies in Latin America. *Forests*, 1(4): 230–249. <https://doi.org/10.3390/f1040230>
- 173 **Starfinger, M., Tham, L.T. & Tegegne, Y.T.** 2023. Tree collateral – A finance blind spot for small-scale forestry? A realist synthesis review. *Forest Policy and Economics*, 147: 102886. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102886>
- 174 **United Nations**. 2019. *United Nations Innovation Toolkit*. [Cited 13 November 2023]. <https://un-innovation.tools/architecture/5c7d4c9971338741c09c6c68>
- 175 **Geels, F.W.** 2004. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. *Research Policy*, 33(6–7): 897–920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- 176 **Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Benton, T.G., Bodirsky, B.L., Bogard, J.R. et al.** 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*, 1(5): 266–272. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1>
- 177 **Unruh, G.C.** 2000. Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12): 817–830. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7)
- 178 **United Nations**. 2019. Create Incentives and Opportunities. In: *UN Innovation Toolkit*. [Cited 13 November 2023]. <https://un-innovation.tools/culture/5c7d4c9971338741c09c6c6d>
- 179 **United Nations**. 2019. Life cycle analysis. In: *UN Innovation Toolkit*. [Cited 13 November 2023]. <https://un-innovation.tools/evaluation/5c7d4c9971338741c09c6c73>
- 180 **Trendov, N.M., Varas, S. & Zeng, M.** 2019. *Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas*. Briefing Paper. Rome, FAO. <https://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf>
- 181 **Davis, D.** 2021. Katerra's \$2 Billion Legacy. In: *Architect*. [Cited 17 November 2023]. https://www.architectmagazine.com/technology/katerras-2-billion-legacy_o
- 182 **Hoeben, A.D., Stern, T. & Lloret, F.** 2023. A Review of Potential Innovation Pathways to Enhance Resilience in Wood-Based Value Chains. *Current Forestry Reports*, 9(5): 301–318. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00191-4>
- 183 **Furszyfer Del Rio, D.D., Lambe, F., Roe, J., Matin, N., Makuch, K.E. & Osborne, M.** 2020. Do we need better behaved cooks? Reviewing behavioural change strategies for improving the sustainability and effectiveness of cookstove programs. *Energy Research & Social Science*, 70: 101788. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101788>
- 184 **Khandelwal, M., Hill, M.E., Greenough, P., Anthony, J., Quill, M., Linderman, M. & Udaykumar, H.S.** 2017. Why Have Improved Cook-Stove Initiatives in India Failed? *World Development*, 92: 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.11.006>
- 185 **Vigolo, V., Sallaku, R. & Testa, F.** 2018. Drivers and Barriers to Clean Cooking: A Systematic Literature Review from a Consumer Behavior Perspective. *Sustainability*, 10(11): 4322. <https://doi.org/10.3390/su10114322>
- 186 **Höhl, M., Ahimbisibwe, V., Stanturf, J.A., Elsasser, P., Kleine, M. & Bolte, A.** 2020. Forest Landscape Restoration—What Generates Failure and Success? *Forests*, 11(9): 938. <https://doi.org/10.3390/f11090938>

- 187 **Schweizer, D., Van Kuijk, M. & Ghazoul, J.** 2021. Perceptions from non-governmental actors on forest and landscape restoration, challenges and strategies for successful implementation across Asia, Africa and Latin America. *Journal of Environmental Management*, 286: 112251. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112251>
- 188 **Delgado, T.S., McCall, M.K. & López-Binqüist, C.** 2016. Recognized but not supported: Assessing the incorporation of non-timber forest products into Mexican forest policy. *Forest Policy and Economics*, 71: 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.07.002>
- 189 **Samal, R. & Dash, M.** 2023. Ecotourism, biodiversity conservation and livelihoods: Understanding the convergence and divergence. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 11(1): 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.11.001>
- 190 **McGowan, K. & Antadze, N.** 2023. Recognizing the dark side of sustainability transitions. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 13(2): 344–349. <https://doi.org/10.1007/s13412-023-00813-0>
- 191 **Mulgan, G.** 2016. Good and bad innovation: what kind of theory and practice do we need to distinguish them? In: *Nesta*. [Cited 20 February 2024]. <https://www.nesta.org.uk/blog/good-and-bad-innovation-what-kind-of-theory-and-practice-do-we-need-to-distinguish-them/>
- 192 **Akenji, L.** 2014. Consumer scapegoatism and limits to green consumerism. *Journal of Cleaner Production*, 63: 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.022>
- 193 **Von Schomberg, R.** 2013. A Vision of Responsible Research and Innovation. In: R. Owen, J. Bessant & M. Heintz, eds. *Responsible Innovation*. First edition, pp. 51–74. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118551424.ch3>
- 194 **Hansen, E., Conroy, K., Toppinen, A., Bull, L., Kutnar, A. & Panwar, R.** 2016. Does gender diversity in forest sector companies matter? *Canadian Journal of Forest Research*, 46(11): 1255–1263. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0040>
- 195 **Lawrence, D., Coe, M., Walker, W., Verchot, L. & Vandecar, K.** 2022. The Unseen Effects of Deforestation: Biophysical Effects on Climate. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5: 756115. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.756115>

- 196 **MapBiomias.** 2023. Em 38 anos, o Brasil perdeu 15% de suas florestas naturais. In: *MapBiomias*. [Cited 17 November 2023]. <https://brasil.mapbiomas.org/2023/10/20/em-38-anos-o-brasilperdeu-15-de-suas-florestas-naturais/>
- 197 **IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics).** 2023. Em 2022, Sorriso (MT) manteve a liderança na produção agrícola | Agência de Notícias. In: *Agência de Notícias - IBGE*. [Cited 17 November 2023]. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37894-em-2022-sorriso-mt-manteve-a-lideranca-na-producao-agricola>
- 198 **Rattis, L., Brando, P.M., Macedo, M.N., Spera, S.A., Castanho, A.D.A., Marques, E.Q., Costa, N.Q., Silverio, D.V. & Coe, M.T.** 2021. Climatic limit for agriculture in Brazil. *Nature Climate Change*, 11(12): 1098–1104. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01214-3>
- 199 **Barichivich, J., Gloor, E., Peylin, P., Brienens, R.J.W., Schöngart, J., Espinoza, J.C. & Pattanayak, K.C.** 2018. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Science Advances*, 4(9): eaat8785. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat8785>
- 200 **Pinto, E., Braga, L., Stabile, M., Gomes, J., Gabriela Savian, Mastrangelo, J.P., Pereira, D. et al.** 2011. Incentivos econômicos para a adequação ambiental dos imóveis rurais dos estados amazônicos - Sumário executivo. In: *IPAM Amazônia*. [Cited 17 November 2023]. https://ipam.org.br/bibliotecas/___trashed/
- 201 **Fellows, M., Castanho, A., Alencar, A., Andrade, A., Michael Coe, Macedo, M., Pinho, P. et al.** 2023. PL 2903 e a tese do Marco Temporal: ameaças aos direitos indígenas e ao clima. In: *IPAM Amazônia*. [Cited 17 November 2023]. <https://ipam.org.br/bibliotecas/pl-2903-e-a-tese-do-marco-temporal-ameacas-aos-direitos-indigenas-e-ao-clima/>
- 202 **May, P.H., Bernasconi, P., Wunder, S. & Lubowski, R.** 2015. *Environmental reserve quotas in Brazil's new forest legislation - an ex ante appraisal*. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research. <http://www.jstor.org/stable/resrep02238.1>
- 203 **FAO.** 2023. National Forests Monitoring: AIM4Forests. In: *FAO*. [Cited 13 November 2023]. <https://www.fao.org/national-forest-monitoring/projects/aim4forests/en/>

204 **FAO & FILAC (Fund for the Indigenous Peoples of Latin America and the Caribbean).** 2021. *Forest governance by indigenous and tribal peoples. An opportunity for climate action in Latin America and the Caribbean*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb2953en>

205 **Fa, J.E., Watson, J.E., Leiper, I., Potapov, P., Evans, T.D., Burgess, N.D., Molnár, Z. et al.** 2020. Importance of Indigenous Peoples' lands for the conservation of Intact Forest Landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(3): 135–140. <https://doi.org/10.1002/fee.2148>

206 **Rights and Resources Initiative.** 2023. *Who owns the world's land? Global state of Indigenous, Afro-descendant, and local community land rights recognition from 2015–2020*. Washington, DC. <https://doi.org/10.53892/MHZN6595>

207 **Garnett, S.T., Burgess, N.D., Fa, J.E., Fernández-Llamazares, Á., Molnár, Z., Robinson, C.J., Watson, J.E.M. et al.** 2018. A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability*, 1(7): 369–374. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0100-6>

208 **IPBES.** 2018. *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3237393>

209 **IPCC,** ed. 2023. *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. First edition. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>

210 **Udawatta, R.P., Rankoth, L. & Jose, S.** 2019. Agroforestry and Biodiversity. *Sustainability*, 11(10): 2879. <https://doi.org/10.3390/su11102879>

211 **Crumpler, K., Abi Khalil, R., Tanganelli, E., Rai, N., Roffredi, L., Meybeck, A., Umulisa, V., Wolf, J. & Bernoux, M.** 2021. *2021 (Interim) Global update report: Agriculture, Forestry and Fisheries in the Nationally Determined Contributions*. Environment and Natural Resources Management Working Paper No. 91. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7442en>

212 **Rosenstock, T.S., Wilkes, A., Jallo, C., Namoi, N., Bulusu, M., Suber, M., Mboi, D. et al.** 2019. Making trees count: Measurement and reporting of agroforestry in UNFCCC national communications of non-Annex I countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284: 106569. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106569>

213 **IPCC.** 2023. *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. First edition. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

214 **Ahmad, F., Uddin, M.M., Goparaju, L., Talukdar, N.R. & Rizvi, J.** 2021. Agroforestry environment, potentiality and risk in India: a remote sensing and GIS understanding. *Environment, Development and Sustainability*, 23(10): 15183–15203. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01292-5>

215 **Dev, I., Ram, A., Kumar, N., Singh, R., Kumar, D., Uthappa, A.R., Handa, A.K. & Chaturvedi, O.P.** 2019. *Agroforestry for Climate Resilience and Rural Livelihood*. Scientific Publishers. [Cited 13 June 2024]. <https://www.scientificpubonline.com/bookdetail/agroforestry-climate-resilience-rural-livelihood/9789387307063/26>

216 **FAO.** 2023. Action Against Desertification. In: FAO. [Cited 13 June 2024]. <https://www.fao.org/in-action/action-against-desertification/en/>

217 **FAO.** 2023. Policy Support and Governance: Food Insecurity Experience Scale (FIES). In: FAO. [Cited 4 December 2023]. <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1236494/>

218 **Sacande, M., Parfondry, M., Cicatiello, C., Scarascia-Mugnozza, G., Garba, A., Olorunfemi, P.S., Diagne, M. & Martucci, A.** 2021. Socio-economic impacts derived from large scale restoration in three Great Green Wall countries. *Journal of Rural Studies*, 87: 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.021>

219 **Sacande, M., Parfondry, M. & Cicatiello, C.** 2019. *Restoration in Action Against Desertification*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca6932en>

220 **Speaker, T., O'Donnell, S., Witemyer, G., Bruyere, B., Loucks, C., Dancer, A., Carter, M. et al.** 2022. A global community-sourced assessment of the state of conservation technology. *Conservation Biology*, 36(3): e13871. <https://doi.org/10.1111/cobi.13871>

221 **Allan, B.M., Nimmo, D.G., Ierodiaconou, D., VanDerWal, J., Koh, L.P. & Ritchie, E.G.** 2018. Futurecasting ecological research: the rise of technoecology. *Ecosphere*, 9(5): e02163. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2163>

- 222 **Berger-Tal, O. & Lahoz-Monfort, J.J.** 2018. Conservation technology: The next generation. *Conservation Letters*, 11(6): e12458. <https://doi.org/10.1111/conl.12458>
- 223 **Pimm, S.L., Alibhai, S., Bergl, R., Dehgan, A., Giri, C., Jewell, Z., Joppa, L., Kays, R. & Loarie, S.** 2015. Emerging Technologies to Conserve Biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(11): 685–696. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.008>
- 224 **Snaddon, J., Petrokofsky, G., Jepson, P. & Willis, K.J.** 2013. Biodiversity technologies: tools as change agents. *Biology Letters*, 9(1): 20121029. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.1029>
- 225 **MADER (Ministério Da Agricultura e Desenvolvimento Rural).** 2021. *Inquérito Agrário Integrado 2020. Marco Estatístico*. Mozambique. https://www.agricultura.gov.mz/wp-content/uploads/2021/06/MADER_Inquerito_Agrario_2020.pdf
- 226 **Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H. & Clement, J.** 2019. *Global resources outlook 2019 – Natural Resources for the Future We Want*. Nairobi, UNEP.
- 227 **UNEP.** 2022. *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi, UNEP. [Cited 13 June 2024]. <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>
- 228 **UN-Habitat.** n.d. Housing. In: *UN-Habitat*. [Cited 9 April 2024]. <https://unhabitat.org/topic/housing>
- 229 **UNEP & Yale.** 2023. *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. Nairobi, UNEP. [Cited 13 June 2024]. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293>
- 230 **Boudreau, C.** 2023. See how Sweden is planning to create a “wooden city” with thousands of homes and offices. *Business Insider*, 16 July 2023. [Cited 17 November 2023]. <https://www.businessinsider.com/stockholm-sweden-wood-city-sustainable-development-photos-2023-7>
- 231 **FAO.** 2023. Forest and Farm Facility. In: *FAO*. [Cited 14 November 2023]. <https://www.fao.org/forest-farm-facility/en/>
- 232 **Coad, L., Fa, J.E., Abernethy, K., Van Vliet, N., Santamaria, C., Wilkie, D., El Bizri, H.R., Ingram, D.J., Cawthorn, D-M. & Nasi, R.** 2019. *Toward a sustainable, participatory and inclusive wild meat sector*. Bogor, Indonesia, CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/007046>

- 233 **FAO.** 2021. *Technical Brief - what do we mean by community-based sustainable wildlife management?* Rome. <https://www.fao.org/3/cb6486en/cb6486en.pdf>
- 234 **SWM (Sustainable Wildlife Management) Programme.** 2023. Legal hub. In: *SWM Programme*. [Cited 17 November 2023]. <https://www.swm-programme.info>
- 235 **FAO.** 2023. The Development Law Service. In: *FAO*. [Cited 14 November 2023]. <https://www.fao.org/legal-services/about/en/>
- 236 **FAO.** 2023. One Health High-Level Expert Panel. In: *FAO*. [Cited 14 November 2023]. <https://www.fao.org/one-health/background/ohhlep/en>
- 237 **CPW (Collaborative Partnership on Sustainable Wildlife Management).** 2023. Collaborative Partnership on Sustainable Wildlife Management: Policy Support and Governance. In: *FAO*. [Cited 14 November 2023]. <https://www.fao.org/policy-support/mechanisms/mechanisms-details/en/c/447467/>
- 238 **Franzini, F., Toivonen, R. & Toppinen, A.** 2018. Why Not Wood? Benefits and Barriers of Wood as a Multistory Construction Material: Perceptions of Municipal Civil Servants from Finland. *Buildings*, 8(11): 159. <https://doi.org/10.3390/buildings8110159>
- 239 **SHL (Schmidt Hammer Lassen).** 2023. Boston Commonwealth Pier. In: *SHL*. [Cited 14 November 2023]. <https://www.shl.dk/work/boston-commonwealth-pier>
- 240 **Bilham, R.** 2009. The seismic future of cities. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 7(4): 839–887. <https://doi.org/10.1007/s10518-009-9147-0>
- 241 **He, C., Huang, Q., Bai, X., Robinson, D.T., Shi, P., Dou, Y., Zhao, B. et al.** 2021. A Global Analysis of the Relationship Between Urbanization and Fatalities in Earthquake-Prone Areas. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(6): 805–820. <https://doi.org/10.1007/s13753-021-00385-z>
- 242 **Spherical Insights.** 2023. Global Cross Laminated Timber (CLT) Market Size To Grow USD 5.03 Billion By 2030. In: *Spherical Insights*. [Cited 17 November 2023]. <https://www.sphericalinsights.com/press-release/cross-laminated-timber-clt-market>

243 **Ove Arup & Partners Limited.** 2023. *Buildings & Infrastructure Priority Actions for Sustainability Embodied Carbon Steel Reference: 07762000-RP-SUS-0001. 02.* London. <https://www.istructe.org/IStructE/media/Public/Resources/ARUP-Embodied-carbon-steel.pdf>

244 **Souza, E.** 2021. Is Mass Timber a Good Choice for Seismic Zones? In: *ArchDaily*, 04 April 2023. [Cited 13 June 2024]. <https://www.archdaily.com/967285/is-mass-timber-a-good-choice-for-seismic-zones#>

245 **Lehmann, S. & Kremer, P.** 2023. Filling the Knowledge Gaps in Mass Timber Construction. *Mass Timber Construction Journal*, 6(1). [Cited 13 June 2024]. <https://www.journalmtc.com/index.php/mtcj/article/view/34>

246 **Bates, J.** 2023. Earthquake tests could help wooden structures reach new heights. In: *U.S. National Science Foundation*, 23 May 2023. [Cited 17 November 2023]. <https://new.nsf.gov/science-matters/earthquake-tests-could-help-wooden-structures>

247 **Sustersic, I. & Dujic, B.** 2014. *Seismic shaking table testing of a reinforced concrete frame with masonry infill strengthened with cross laminated timber panels.* World Conference on Timber Engineering, Quebec City, Canada, August 2014. [Cited 13 June 2024]. https://www.researchgate.net/publication/272293490_Seismic_shaking_table_testing_of_a_reinforced_concrete_frame_with_masonry_infill_strengthened_with_cross_laminated_timber_panels

248 **Anderson, J.A.** 2022. *A Timber Skyscraper on a concrete midrise.* Woodrise Conference, Portorož, Slovenia, September 2022.

249 **Wright, J.** 2022. *The biggest vertical extension in North America.* Woodrise Conference, Portorož, Slovenia, September 2022.

250 **FAO.** 2023. *The State of Food and Agriculture 2023: Revealing the true cost of food to transform agrifood systems.* Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>

251 **Lowder, S.K., Sánchez, M.V. & Bertini, R.** 2021. Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? *World Development*, 142: 105455. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>

252 **FAO.** 2019. Farmers taking the lead – 30 years of Farmer Field Schools [video]. In: FAO. [Cited 13 June 2024]. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1236143/>

253 **FAO.** 2022. *What have we learned from trees? Three decades of farmer field schools on agroforestry and forestry.* Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2258en>

254 **Van Den Berg, H., Phillips, S., Dicke, M. & Fredrix, M.** 2020. Impacts of farmer field schools in the human, social, natural and financial domain: a qualitative review. *Food Security*, 12(6): 1443–1459. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01046-7>

255 **FAO.** 2023. *Enabling “Response-ability”: A stocktaking of farmer field schools on smallholder forestry and agroforestry.* Rome. <https://doi.org/10.4060/cc8043en>

256 **FAO.** 2023. *Enabling farmer-led ecosystem restoration: Farmer field schools on forestry and agroforestry.* Rome. <https://doi.org/10.4060/cc6315en>

257 **CARE International.** 2023. Farmer Field and Business Schools (FFBS). In: *CARE International*. [Cited 18 December 2023]. <https://www.care.org/our-work/food-and-nutrition/agriculture/ffbs/>

258 **Colfer, C.J.P., Sijapati Basnett, B. & Elias, M.** 2016. *Gender and Forests: Climate Change, Tenure, Value Chains and Emerging Issues.* CIFOR–ICRAF. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293>

259 **Cooper, K.L.** 2020. *Lead the Change - The Competitive Advantage of Gender Diversity and Inclusion: The Competitive Advantage of Gender Diversity & Inclusion.* Centre for Social Intelligence. [Cited 13 June 2024]. <https://books.google.it/books?id=-BOczQEACAAJ>

260 **Pascual, U., Balvanera, P., Anderson, C.B., Chaplin-Kramer, R., Christie, M., González-Jiménez, D., Martin, A. et al.** 2023. Diverse values of nature for sustainability. *Nature*, 620(7975): 813–823. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06406-9>

261 **Irving, K.** 2022. Younger scientists are more innovative, study finds. In: *The Scientist: exploring life, inspiring innovation*, 28 October 2022. [Cited 20 February 2024]. <https://www.the-scientist.com/newsopinion/younger-scientists-are-more-innovative-studyfinds-70700>

262 **Dietershagen, J. & Bammann, H.** 2023. *Opportunities for youth in the bioeconomy: Opportunities and barriers for youth employment and entrepreneurship in the emerging bioeconomy sectors*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc8238en>

263 **FAO.** 2021. *Call to action on forest education*. Rome. <https://www.fao.org/3/cb5258en/cb5258en.pdf>

264 **Dean, D.J.** 2023. Soft Skills as a Conscious Choice to Greater Collaboration at Work. In: J. Marques, ed. *The Palgrave Handbook of Fulfillment, Wellness, and Personal Growth at Work*. pp. 19–32. Cham, Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35494-6_2

265 **Fazey, I., Evely, A.C., Reed, M.S., Stringer, L.C., Kruijsen, J., White, P.C.L., Newsham, A. et al.** 2013. Knowledge exchange: a review and research agenda for environmental management. *Environmental Conservation*, 40(1): 19–36. <https://doi.org/10.1017/S037689291200029X>

266 **UN/DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs).** 2021. *Transformational partnerships and partnership platforms*. Policy Brief 103. Rome, UN/DESA. [Cited 13 June 2024]. <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/un-desa-policy-brief-103-transformational-partnerships-and-partnership-platforms/>

267 **Näyhä, A.** 2019. Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspectives on the bioeconomy, circular economy and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 209: 1294–1306. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.260>

268 **FAO.** 2022. *Introducing the Agrifood Systems Technologies and Innovations Outlook (ATIO)*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2506en>

269 **Rao, G.N., Williams, J.R., Walsh, M. & Moore, J.** 2017. America's Seed Fund: How the SBIR/STTR Programs Help Enable Catalytic Growth and Technological Advances. *Technology & Innovation*, 18(4): 315–318. <https://doi.org/10.21300/18.4.2017.315>

270 **Cirera, X. & Maloney, W.F.** 2017. *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up*. Washington, DC., World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1160-9>

271 **Mead, D.** 2004. Agroforestry. Forests and forest plants. *Encyclopaedia of Life Support Systems*, 1. Oxford, UK., EOLSS Publishers.

272 **American Wood Council.** 2021. What is cross laminated timber (CLT)? In: *American Wood Council*. [Cited 22 February 2024]. <https://awc.org/faq/what-is-cross-laminated-timber-clt/>

273 **Stanturf, J., Mansourian, S. & Kleine, M., eds.** 2017. *Implementing forest landscape restoration - A practitioner's guide*. Vienna, International Union of Forest Research Organizations.

274 **Millenium Ecosystem Assessment (Program), ed.** 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC., Island Press.

275 **Martínez Pastur, G., Perera, A.H., Peterson, U. & Iverson, L.R.** 2018. Ecosystem Services from Forest Landscapes: An Overview. In: A.H. Perera, U. Peterson, G.M. Pastur & L.R. Iverson, eds. *Ecosystem Services from Forest Landscapes*. pp. 1–10. Cham, Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74515-2_1

276 **FAO.** 2014. *The State of Food and Agriculture: Innovation in family farming*. Rome. <https://www.fao.org/3/i4040e/i4040e.pdf>

277 **FAO.** 1999. Towards a harmonized definition of non-wood forest products. *Unasylva*, 50(198): 63–64.

278 **FAO.** 2012. *Smallholders and family farmers*. Rome. <https://www.fao.org/3/ar588e/ar588e.pdf>

279 **UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization).** 2017. *Guidelines on sustainability science in research and education*. Paris. [Cited 13 June 2023] <https://unesdoc.unesco.org/ark>



2024 世界森林状况

促进林业部门创新，迈向可持续未来

创新是实现《2030年可持续发展议程》和各项可持续发展目标的关键，也是向更加高效、包容、有韧性和可持续的农业粮食体系转型以及实现消除饥饿和贫困、可持续管理和利用自然资源等全球目标的重要加速器。

但创新无法凭空产生。它需要有扶持性政策、强有力和变革性的伙伴关系、资金投入、开放和鼓励创新的包容性文化以及承担预估风险的意愿。

本期《世界森林状况》报告重点介绍世界森林状况，并探究林业部门通过基于实证的创新形成的变革性力量，包括从新技术到创新性成功政策和制度变化，再到面向森林所有人和管理者的全新融资方式。来自世界各地的18个案例将展现在现实条件下试行和实施的林业部门各种技术、社会、政策、制度和金融创新以及这些创新的组合应用。

《2024年世界森林状况》指出创新方面所面临的障碍和推动因素，并提出通过五大行动，促使人们在林业部门运用创新来解决问题并扩大积极影响。



ISBN 978-92-5-138873-0 ISSN 1020-5748



CD1211ZH/1/07.24