

全球 土地 展望

第一版。



United Nations
Convention to Combat
Desertification



United Nations

Convention to Combat Desertification

《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）的目标是，通过在各级采取有效行动，在受到影响的国家，特别是在非洲，防治荒漠化和土地退化，并缓解干旱的影响。

《展望》支持合作伙伴



Empowered lives.
Resilient nations.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Foreign Affairs FDFA
Swiss Agency for Development and Cooperation SDC



Government of the Netherlands

《展望》贡献合作伙伴



Convention on
Biological Diversity



zef
Center for
Development Research
University of Bonn



ecoagriculturepartners



THE ECONOMICS OF
LAND DEGRADATION



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



Science for Better Livelihoods in Dry Areas



International Institute
for Sustainability Analysis
and Strategy



International Organization for Migration (IOM)
The UN Migration Agency



PBL Netherlands Environmental
Assessment Agency



Convention on Wetlands



Empowered lives.
Resilient nations.



United Nations
Environment Programme



Wetlands
INTERNATIONAL



THE WORLD BANK

© 《联合国防治荒漠化公约》，2017年
《联合国防治荒漠化公约》秘书处
Platz der Vereinten Nationen 1
53113 Bonn, Germany
www.unccd.int

全球 土地 展望

第一版



全球土地展望

第一版

目录

| | |
|------|----|
| 致谢 | 4 |
| 前言 | 7 |
| 重要信息 | 8 |
| 执行摘要 | 10 |
| 引言 | 14 |

第一篇：全景图画 18

| | |
|--------------------|----|
| 1 土地的意义 | 20 |
| 2 土地利用简史 | 30 |
| 3 变化的驱动因素 | 40 |
| 4 证据汇集 | 52 |
| 5 土地资源与人类安全 | 78 |

第二篇：展望 104

| | |
|-------------------|-----|
| 6 变化的情景 | 106 |
| 7 粮食安全与农业 | 124 |
| 8 水资源 | 160 |
| 9 生物多样性和土壤 | 190 |
| 10 能源和气候 | 212 |
| 11 城市化 | 226 |
| 12 旱地 | 246 |

第三篇：更安全的未来 270

附录一 310

土地零退化的科学
概念框架

附录二 320

绘制土地生产力动态：检测
全球土地转型的关键轨迹

致谢

《全球土地展望》（简称《展望》）第一版是由《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）秘书处领导，与支持和贡献合作伙伴（见封二）、《展望》指导委员会和外部专家及组织的团队合作成果。此外，许多工作文章为委托编写，对本《展望》中提出的主要议题提供了见解和分析。

《全球土地展望》团队

协调员：Ian Johnson和Sasha Alexander

合著者：Nigel Dudley和Sasha Alexander

美术设计：Anne Stein

照片编辑：Corinna Voigt

版面设计：Miller Design

研究助理：Peron Collins，Corinna Voigt，Wagaki Wischnewski，Barbara Bendandi，Utchang Kang，Mattia Cerutti，Sue Stolton

各章贡献者：欧盟委员会联合研究中心（JRC）对第4章做出了贡献。Emmanuel Kasimbasi、Atieno Mboya Samandari和Robert McLemon为第5章作出了贡献。第6章由荷兰环境评估局（PBL）的工作编辑而来。Alfred Duda对第8章作出了贡献。联合国粮农组织（FAO）对第9章做出了贡献。国际可持续分析与战略研究所（IINAS）对第10章作出了贡献。第12章由Jonathan Davies（IUCN）所做的工作编辑而来。附录一由Annette L. Cowie和Barron J. Orr撰写。附录二由Stefan Sommer、Michael Cherlet和Eva Ivits撰写。

工作论文第一作者：Nicola Favretto, Jonathan Davies, Grammenos Mastrojeni, Ronald Vargas, Richard Thomas, Graciela Metternicht, Giancarlo Raschio, Atieno Mboya Samandari, Seth Shames, Alfred Duda, Robert McLeman, Emmanuel Kasimbazi, Neville Crossman, Uwe Fritsche, Craig Hatcher和Michael Welland。

指导委员会成员：Ademola Braimoh（世界银行），Jonathan Davies（自然保护联盟），Siham Drissi（联合国环境署），Nicola Favretto（联合国大学），Tobias Gerhartsreiter（土地退化经济学组织），Luc Gnacadja（可持续发展治理和政策组织），Hannah Janetschek（德国可持续发展高级研究院），Anne Juepner（联合国环境署），Eli Kotse（联合国环境署），German Kust（联合国防治荒漠化公约组织-科学与政策协调委员会），Jane Madgwick（国际湿地组织），Grammenos Mastrojeni（意大利），Alisher Mirzabaev（波恩大学发展研究中心），Luca Montanarella（欧盟委员会），Mark Schauer（土地退化经济学组织），Michael Taylor（国际土地联盟），际干旱地区农业研究中心），Peter van der Auweraert（国际移民组织），Stefan van der Esch（荷兰环境评估局），Joachim van Braun（波恩大学发展研究中心），Louis Wertz（生态农业伙伴组织），Edoardo Zandri（联合国环境署）和Sergio Zelaya（联合国粮农组织）。

外部审稿人：《展望》的第一版还由外部专家进行了评审，他们提供了宝贵的意见和建议，他们分别是：Royal Gardner, Erin Okuno, Siobhan Fennessy, Richard Thomas, Peter Harper, Pete Bettinger, Lorena Aguilar, Margaux Granat, Jonathan Davies, Elena Maria Abraham, Nathalie van Haren, Roland Bunch, Gemma Shepard, Markus Giger, Isabelle Providoli, Rima Mekdaschi Studer, German Kust, Graciela Metternicht, Dina Ionesco, Susanne Melde, Jane Madgwick, Willem Ferweda, Peter Verburg, Erle Ellis, Patrick Meyfroidt, Brett Bryan, Neville Crossman, Karl Heinz, Ricardo Grau, Luca Montanarella, Robert John Scholes, Barend Erasmus, Matthew Potts, Bhawani Shanker Kusum, Marioldy Sanchez, Stephanie

Williamson, Michael Woodbridge, Diana Wall, Elizabeth Bach和Ben ten Brink。

《联合国防治荒漠化公约》执行秘书Monique Barbut的领导 and 指导是编写这本全新旗舰出版物的重要推动者——

这是一本展现了清晰和务实做法的出版物，涉及为实现可持续发展和人类安全而进行的土地利用、管理和规划。

最后，如果没有欧洲委员会、联合国开发计划署和韩国、荷兰和瑞士各国政府提供慷慨的财政支持，就不可能产生这本《展望》。

免责声明：本信息产品中的使用名称和介绍材料并不意味着代表《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）对任何国家，领土，城市或地区的法律或发展状况或其当局，或关于其边界或边界的划界表示任何意见。对具体公司或制造商产品的提及，无论是否获得专利，并不意味着其已受到《公约》的背书或推荐，认为优于未提及的其他类似性质公司或产品。本信息产品中的观点是作者或贡献者的观点，并不一定反映《公约》的意见或政策。

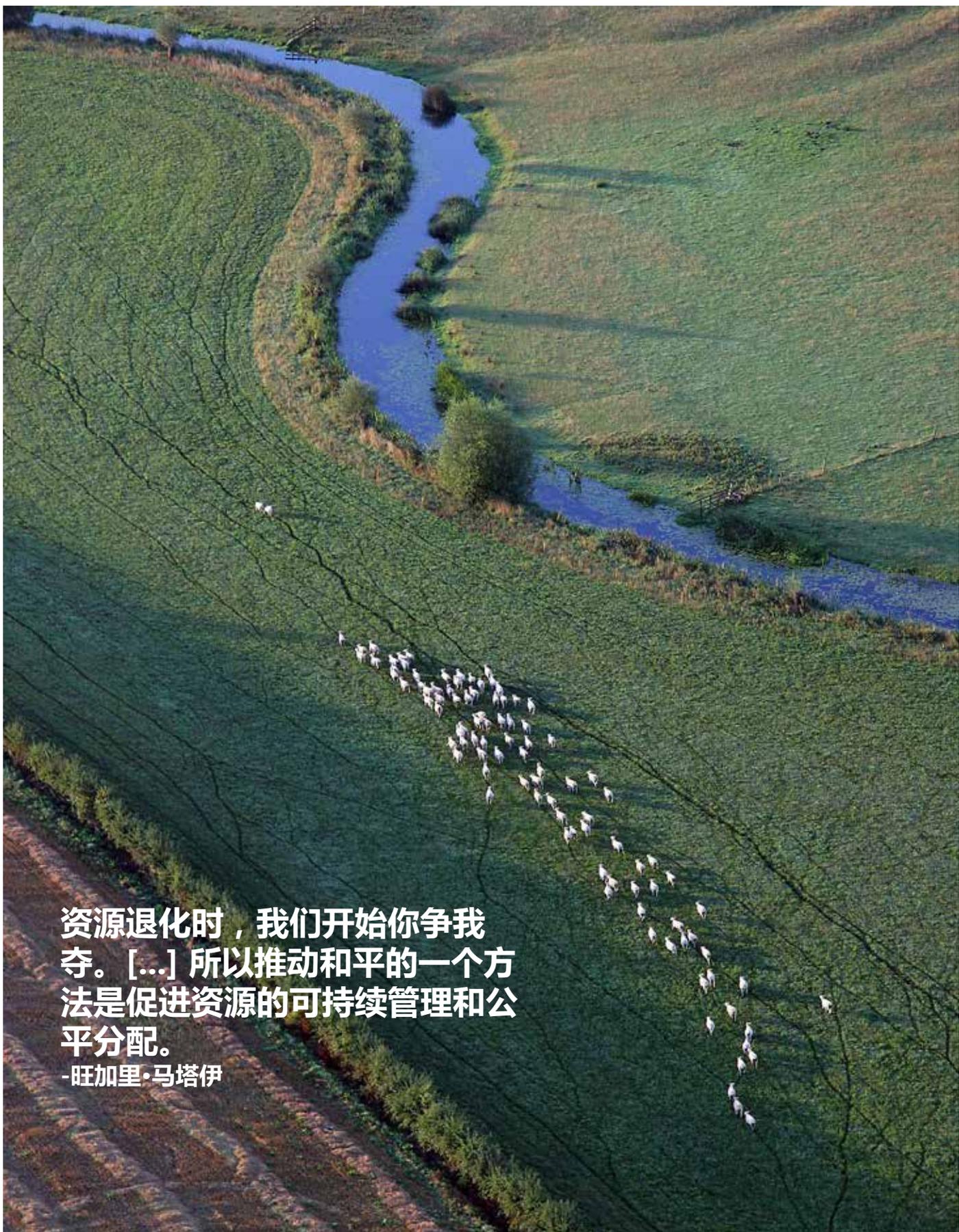
有关更多信息和《展望》材料，请访问www.unccd.int/glo。

推荐引文：《联合国防治荒漠化公约》2017 全球土地展望，第一版。德国。

ISBN：978-92-95110-48-9
eISBN：978-92-95110-47-2

由Cocoon Gloss印刷，使用完全无氯工艺生产并经认证为FSC®100%回收利用的涂层再生纸。

封面照片：撒哈拉沙漠和萨赫勒的绿色长城，©UNCCD



资源退化时，我们开始你争我夺。[...] 所以推动和平的一个方法是促进资源的可持续管理和公平分配。
-旺加里·马塔伊

前言



Monique Barbut
《联合国防治荒漠化公约》执行秘书

由我介绍第一版《公约》的全新旗舰出版物《全球土地展望》是非常高兴的事，但也有一种越来越紧迫的感觉。在考虑需要出另一本《展望》时，我们研究了共同面临的各种挑战：从人口增长、气候变化、城市化、迁徙和冲突的压力到粮食、能源和水的不安全性。在各个方面，人类的安全日益脆弱，在世界许多地方，土地退化和气候变化现在被公认为导致日益不稳定感的因素。

没有更好的适应策略和致力于负责任地管理和恢复自然资本的恢复力建设，土地退化（尤其是发展中国家中的土地退化）将继续成为威胁农村生计并引发强迫迁徙和加剧有限自然资源冲突的重要因素。正如您将看到的那样，我们主张，土地（及其健康和生产力）对于全球有效应对这些令人担忧的趋势至关重要。

然而，很显然在大小不同、贫富不同的国家，我们土地资源的健康和状况往往没有被考虑到。事实上，土地在应对气候变化、确保生物多样性和提供关键生态系统服务方面的重要作用并未得到足够重视。土地对我们的生计、繁荣和福祉无比重要；在非常真实的意义上，我们的生活方式和后代的生活方式正在被大大低估。

伴随我们目前的生产、城市化和环境退化趋势，我们正在失去和浪费太多的土地。我们正在失去与地球的紧密联系。我们正在过快地失去支持一切生命的水、土壤和生物多样性。当每份资产和每个造福人和地球的选择都应该被善加利用的时候，可使用的优质土地正在减少。正如美国作家马克·吐温的那句玩笑话那样，“买地吧，土地已经停产了。”他说的绝对没错。作为经济增长的引擎和全球数以十亿人生计的来源，我们需要退一步改变我们使用和管理土地的方式。

这本《展望》探讨了这一点，但眼光更为长远。土地不仅仅是经济学和物理地理学。所以这不仅仅是评估有多少土地，退化了多少。它还旨在回答这个问题：“那我们该怎么办？”答案基于这样一个前提：我们都是决策者，我们的选择可以有所作为。即使是今天的微小改变，也可以带来一个截然不同的明天。

这本《展望》提出了改变我们使用和管理土地方式的愿景。它强调了土地对人类保障和未来福祉如何关键，如何是将社会结构的千丝万缕绑在一起的主线。我希望这本《全球土地展望》是许多提出大胆解决方案和具体行动路线的第一个。

重要信息

全景图画：压力下的土地

目前的土地压力很大，预计还会继续增长：一边是需要土地提供食物、水和能源的功能，一边是支持和调节地球上所有生命周期的服务，两者之间的竞争快速升级。

很大一部分受到管理和自然状态的生态系统正在退化：在过去二十年中，大约20%的地球植被表面显示出生产力持续下降的趋势，这主要由于土地/水的使用和管理实践所造成。

生物多样性丧失和气候变化进一步损害土地的健康和生产力：更高的碳排放和气温、不断变化的降水模式、土壤侵蚀、物种灭绝和缺水增加，可能会让广大地区变得不再适合粮食生产和人类居住。

土地退化降低了环境压力下的恢复力：脆弱性增加，特别是穷人，妇女和儿童的脆弱性，可能会加剧对稀缺自然资源的竞争，导致迁徙、不稳定和冲突。

超过13亿人被困在退化了的农田上：边缘地区，特别是干旱地区的农民，对替代生计的选择有限，经常被排除在更广泛的基础设施和经济发展之外。

近几十年农村转型规模前所未有：数以百万计的人已经放弃了他们祖祖辈辈的土地迁移到了城市地区，他们往往丢失了文化认同，放弃了传统知识，永久性的改变了景观。

新出现的共识：破裂的制度

我们低效的粮食系统威胁着人类健康和环境的可持续性：加上其他仅注重短期回报的使土地退化或受到污染的土地利用，目前的粮食生产、分配和消费模式很大程度上是无法应对这些全球性挑战。

生产和消费之间的差距日益扩大以及随之而来的粮食损失/浪费的水平，进一步加快了土地利用变化、土地退化和森林砍伐的速度：在贫穷国家，粮食损失主要是由于缺乏储存和运输，而在富裕国家，粮食浪费是由于挥霍和粮食供应链末端的效率低下。

目前的农业产业化模式用牺牲大多数人来换取少数人受益：小农户是数千年来农村生计的本质和粮食生产的骨干，他们受到了巨大的压力，这些压力来自土地退化、土地权属无保障以及更有利于集中、规模化、高度机械化农场的全球化粮食体系。

过去二十年来，大规模的土地收购大幅增加：国内精英和粮食进口国通过水权和对运输基础设施的特权圈走大片耕地，作为对抗未来价格波动和粮食不安全的对策。

我们的个体决策加在一起正在加剧全球土地危机：无论我们是消费者、生产者、企业还是政府，一切照旧的做法将不足以应对这一挑战的严重性。

更安全的未来：尊重限制

然而，土地数量有限：这本《展望》中提供的证据表明，随着消费者和企业行为的变化，并采用更有效的规划和可持续的实践，我们将在长期有足够的土地来满足基本需求和对更广泛商品与服务的需要。

我们需要在尊重限制上加以考虑，而不是增长的限制：我们可以立即采取行动，而不损害今天的生活质量或我们对未来的期望；明智和负责任的决策，以及我们日常生活的简单变化，可以帮助促进经济增长，同时扭转当前的土地退化趋势。

为了推进新的全球土地议程，需要用责任支撑权利和回报：更高的权属保障、性别平等和适当奖励和回报是帮助生产者采取和扩大更负责土地管理实践的基本促成要素。

我们在景观尺度上管理各方权衡的能力将最终决定土地资源的未来：保护、水土管理和恢复的整合是实现土地零退化目标的核心途径，也被认为是实现大部分可持续发展目标的重要加速器。

智能土地利用规划关于的是在正确的地方以正确的规模做正确的事情：多功能景观方法倡导更合理的土地利用分配，从而提高资源利用效率和减少浪费；它基于的是参与、协商和合作的原则。

今天做出的大胆决策和投入将决定明天在土地上的生活质量：这本《展望》强调的众多方法、技术和做法起到一种及时提醒的作用，告诉人们经过验证的经济有效的途径，它将会基于权利、回报和对宝贵土地的尊重，塑造出一个繁荣和更加安全的未来。

执行摘要

土地是文明的基本组成部分，但人们以截然不同并且常常互不相容的方式看待和估价它对我们生活质量的贡献。在许多国家，少数人通过土地资源的不可持续利用和大规模榨取致富，在很多国家相关的冲突愈演愈烈。世界已经到了我们必须调和这些差异的时候，需要我们重新思考规划、使用和管理土地的方式。

我们在景观规模上管理权衡的能力，将最终决定土地资源（土壤、水和生物多样性）的未来，并确定减少贫困、粮食和水安全以及减缓和适应气候变化的成败。事实上，综合水土管理被认为实现大部分可持续发展目标的加速器。

在我们处于生死攸关的时刻，快速接近并在某些情况下超越了地球可承受的限度时，这本第一版《全球土地展望》表明了，明智和负责的决策、更好的土地管理政策和实践以及我们日常生活的简单变化，如果得到广泛采用，就可以帮助扭转当前我们土地资源状况令人担忧的趋势。

全景图画

全球土地资源承受的压力比人类历史上的任何时候都要大。 人口快速增长，加上消费水平的提高，带来对我们基于土地的天然资本日益增加的需求量。这导致对土地的使用、其商品和服务供应的竞争日益加剧。

从基本角度来说，一边是对粮食、水和能源等造福人们的商品和服务的需求，另一边是保护其他调节和支持地球上所有生命的生态系统服务的需要，两者之间的竞争日益激烈。 陆地生物多样性支撑所有这些服务，并承担人们对广泛人类权利的充分享受，例如对健康的生活、有营养的食物、清洁的水和文化认同的权利。

受到管理及自然的生态系统很大一部分正在退化，并且面临气候变化和生物多样性丧失的进一步风险。 从1998年到2013年，地球上大约20%被植被覆盖的地表生产力呈现持续下降的趋势，在20%的农田，16%的林地，19%的草地和27%的牧场表现明显。面对更高的土地密集型作物和牲畜需求，这些趋势尤其敲响了警钟。

土地退化造成气候变化，并使千百万人（特别是穷人、妇女和儿童）更加脆弱。 目前，土地使用部门的管理实践要对约25%的世界温室气体负责，而土地退化既是造成贫困的原因，也是贫困所造成的结果。超过13亿人（主要在发展中国家）被困在遭受气候压力的退化农田上，因此被排除在更广泛的基础设施和经济发展之外。

土地退化也引发了对稀缺资源的竞争，这可能导致迁徙和不安因素，同时加剧机会和收入不平等。 土壤侵蚀、荒漠化和缺水都造成社会压力和破坏。在这方面，土地退化可被认为是“威胁放大器”，尤其还在同时慢慢降低人们使用土地进行粮食生产和储蓄水的能力，或破坏其他重要的生态系统服务。这反过来又增加了人类的不安全因素，在某些情况下可能会引发或增加冲突的风险。

近几十年来农村转型规模在速度和规模上都前所未有。 数以百万计的人已经放弃了他们祖祖辈辈的土地迁移到了城市地区，他们往往丢失了文化认同，放弃了传统知识，永久性的改变了景观。

正在出现的共识

由于气候变化导致的更高气温、不断变化的降水模式和水资源短缺，将使广大地区不再适合粮食生产和人类的居住。 植物和动物种群大规模灭绝，包括作物野生近缘种以及维系生态系统的关键种丧失，进一步危及恢复力和适应能力，对于最依赖土地作为基本需要和生计的农村穷人来说尤其如此。

我们的粮食系统把重点放在短期的生产和利润上，而不是长期的环境可持续性。 现代农业系统带来了生产力大幅度提高，在世界许多的地方摆脱了饥荒的风险，但同时又基于单一作物、转基因作物以及肥料和杀虫剂的大量使用，这些因素破坏了长期的可持续性。粮食生产占有所有淡水取用量的70%、森林砍伐的80%，而作为全球粮食安全基础的土壤，在许多地区遭受污染、退化和侵蚀，导致生产力长期下降。

小农户是数千年来农村生计和粮食生产的骨干，他们受到了巨大的压力，这些压力来自土地退化、土地权属无保障以及更有利于集中、规模化、高度机械化农场的全球化粮食体系。 这些农户通常寻求替代生计的选择有限。

生产和消费之间日益增大的鸿沟以及随之而来粮食损失/浪费的水平，进一步加快了土地使用变化、土地退化和森林砍伐的速度。 全球价值链的快速扩张与相关土地商品贸易（及其“虚拟”成分）已将许多自然资源的压力从发达国家转移到发展中国家，土地退化的直接影响在这些地方分布不均匀，当存在过度投机和/或治理薄弱时尤其如此。

为了对抗未来粮食的不安全性和价格波动，自2000年以来，大规模的土地收购或“圈地”大幅增加，涉及4200万公顷以上专门用于粮食、木材和生物燃料作物，这些土地主要位于非洲。 全球约25%的农田地区及其相关的用水和其他投入，现在生产的是出口到地少钱多国家的商品。

变化的情景

在18世纪中叶之前，除了欧洲的一些地区外，与当代的生态系统变化相比，人类对土地的使用微不足道。人定胜天的理念受到科学进步的接受并加强。人们一夜之间就握有了自然资本看似无限的储备，而土地在其中被视为大自然的免费礼物。

这本《展望》进行的情景分析考查了一系列未来和预测的日益紧张局势，这种紧张局势存在于粮食和能源生产的需求增加以及生物多样性和生态系统服务衰退之间。从区域角度来看，这些情景预测了撒哈拉以南非洲、南亚、中东和北非将由于综合因素而面临最大的挑战，这些因素包括：人口的高增长率、低人均国内生产总值、农业扩张的有限选择、更高的用水压力和生物多样性大量丧失。缺乏应对这些因素的经济和制度手段，将增加暴力冲突和大规模迁徙的风险。

其他全球土地利用情景表明，考虑了相互依存关系的景观背景下的管理实践，对于共享环境和粮食安全结果来说，是比人口与经济增长预测更重要的决定因素。这些模型意味着所感知的权衡不仅仅是一个人数的问题，而是关注范围狭隘并且不可持续的土地利用规划、政策和做法的可预见后果。

土地数量有限，但这本《展望》提供的证据表明，随着消费者和企业行为的改变，以及可持续管理政策和做法的改变，我们仍然有足够的土地来满足对广泛商品和服务的需求和需要。但是，困难的选择和权衡将是必要的。

长期的粮食和水安全将要求实现从资源密集型生产、碳密集型加工和运输、土地密集型饮食（主要来自对动物产品和加工食品的需求增加）以及目前高水平的粮食浪费（包括收获后的损失）的转移。

因此，有效的应对途径需要解决我们重视和管理土地质量的方式，努力平衡其生物和经济生产力。造成全球性土地危机的，是我们作为消费者、生产者、企业和政府的所有个体决策的总和。就像我们对气候变化的响应一样，一切照旧的做法将不足以应对这一挑战的严重性。

更安全的未来

我们已经知道为后代打造一个有适应力的星球所需要的很多东西——利用大自然提供的可持续增长的巨大机会，确保更安全的未来。问题是：我们是否可以促成从目前的“掠夺时代”到尊重生物物理限制的“尊重时代”的转变？

新的尊重时代将需要我们消费、生产、工作等所有方式的转型，以应对土地资源和相关环境问题的重大压力。土地资源状况与现在和未来人类安全的各个方面密切相关。

很明显，未来几十年对于制定和实施新的和变革性的全球土地议程将最为关键。在发展中国家的大部分地区，在权属、性别平等和社会公平方面实现由更大保障的权利，将是改善土地资源长期监督管理的重要一步。

为了使这个新议程深入人心并在所需规模产生影响，权利和回报必须以责任为基础。 要让生产者能够采取和扩大更有责任度的土地管理实践，需要权属的保障和适当的奖励和回报。归根结底，我们怎能忽视为后代保卫和保护土地的道德和伦理义务？

这本《展望》的第一篇用大笔描绘了一张全景图画，**第二篇**讨论了影响土地利用、需求和状况的一些最紧迫的全球性问题，以及实现“土地零退化”目标所需的响应，以及相关的减贫、粮食和水安全、生物多样性和土壤保持、减缓和适应气候变化以及可持续生计等目标。

第三篇突出了生产者和消费者、政府和企业可以遵循的六个响应途径，以稳定和降低土地资源压力，以及说明性案例研究和帮助实现成功的关键工具。

1.多功能景观途径：在景观规模上优先考虑和平衡不同利益相关者的需求，因地制宜考虑土地利用、需求和状况，以便产生全方位的商品和服务。土地利用规划有助于确定最能满足人们需求的土地利用，同时为后代保护土壤、水和生物多样性。

2.恢复力建设：通过结合保护、可持续管理和土地资源恢复，加强社区和生态系统的适应能力。有许多工具和做法可以保护健康、良好发挥功能并且多样化的自然和受到管理的土地，它们有助于缓解和适应气候变化和其他自然资源的压力。

3.耕种实现多种收益：从粮食生产活动中优化出最适合的一套生态系统服务。这需要农业实践的根本转变，以支持由管理基于土地的自然资本而来的更广泛社会、环境和经济利益。

4.管理城乡接合部：制定了一种新的空间规划方法，以尽量减少城市蔓延和基础设施发展的影响。在更广阔的景观中为可持续发展设计的城市可以降低交通运输、粮食、水和能源的环境成本，为资源效率提供新的机会。

5.无净损失：为自然资源的可持续的消费和生产提供奖励。土地零退化，或健康和高产土地无净损失，意味着更多的现场服务和更少的非现场负面环境或社会影响。对于消费来说，这意味着显著降低目前的粮食浪费和损失水平。

6.打造有利环境：提供必要条件将当地的成功扩大到大规模、变革性的举措。这包括培育基础的社会和经济条件与制度，特别是有关利益攸关者的参与、土地权属、男女平等以及可持续投入和基础设施的条件与制度。

这本《展望》中强调的众多做法和渐进的途径起到了一种对经过验证的、经济有效的响应途径及时提醒的作用，这些途径将基于对权利、回报和对宝贵土地资源的尊重，塑造一个繁荣和更可持续的未来。

引言

展望意为居高临下的位置、平台和视角；它拓宽了我们的视野，让我们能够考查我们现在和未来的前景。正是在这个更广泛的思维框架内，《全球土地展望》（《展望》）旨在提供一个独特的视角，审视地球上最宝贵的资产之一：土地。

土地，字面上是指我们脚下的地面，是由土壤、水、矿物、植物和动物组成的有限资源。它是我们生命支持系统的重要组成部分，也是我们社会和经济的重要组成部分。在我们应对目前的土地资源状况（对过去滥用和管理不善提出严肃的提醒）时，第一版《展望》表达了关切的理由和行动机会。

我们的土地资源的健康和恢复力主要取决于管理实践、治理制度和环境变化。我们自然生态系统的转变、水资源利用的效率低下、农用化学品过度使用和滥用¹助推地方一级的土地退化以及温室气体排放量的增加、生物多样性的减少以及区域和全球范围的降雨变化。²现在，土地退化、生物多样性丧失和气候变化被认为是对人类多层面安全性错综复杂的威胁，并导致土地资源生产力和可用性的下降。³

《展望》简要介绍了土地利用的现状，并评估了可持续地满足未来对基于土地的商品和服务需求的可能情况。它侧重于更广泛的政策和做法、长期需要关注的主要问题，以及在全球公共政策议程中需要考虑的新问题。《展望》是一项战略性、前瞻性的讨论和分析，借鉴了有据可查的科学研究和实证证据。政府间生物多样性和生态系统服务的科学政策平台正在对土地退化和恢复进行全面的全球评估。

其前提是土地及其相关资源构成了自然资本存量。对基于土地的商品和服务的日益增长的需求及其现今的生产方式对地球健康和未来的生产力产生了不利影响。对土地资源的滥用和过度利用正在多方面地威胁到人类的安全：粮食和水的安全性降低以及土壤健康和生态系统恢复力的降低使我们更容易受到极端天气事件和气候变化的影响，甚至威胁到国家之内和国家之间稳定和安全的。

《展望》概述了土地状况，并提出了一系列应对措施，以优化土地利用、管理和规划，从而在提供基于土地的商品和服务的同时，形成协同效应。这种

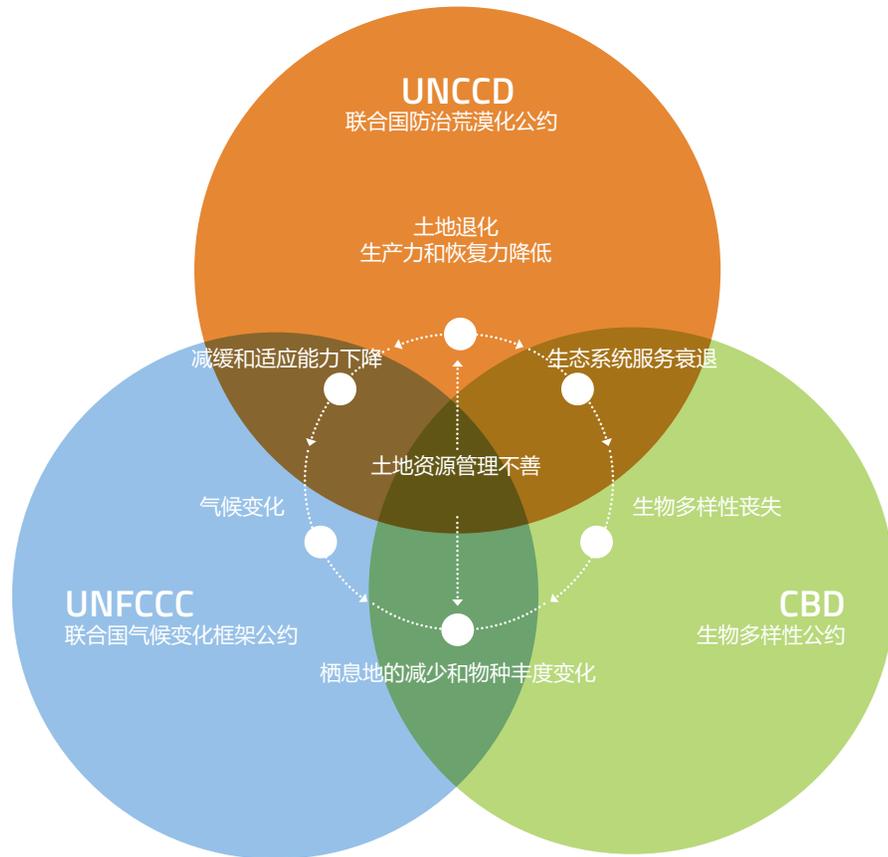
综合方法是土地退化零增长概念框架的基础（见附件一），这是一个被视为执行《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）驱动力的目标，也是2030年可持续发展议程的重要组成部分。

《展望》不仅提出了走向一个更可持续和可取的未来的实际途径，而且突出了可能的情景，认识到今天的决策和投资将影响明天的土地利用和管理。许多人已经指出，我们迫切需要重新评估决定我们目前如何使用和管理土地资源的价值观和态度。我们相信，这本《展望》将有助于推动确保更安全未来的新的愿景和行动议程。

《公约》的主要目标之一是帮助各国克服采用和扩大可持续土地管理（SLM）政策和做法的障碍，以减少大众贫困，提高其粮食、水和能源安全。

《展望》第一版是向《公约》秘书处提出的任务的像样：即不断寻求创新方法和产品，以提高对荒漠化、土地退化和干旱的认识，同时倡导经过验证和具有成本效益的解决方案，以推进可持续发展目

图1：错综复杂的威胁和里约会议目标



标中众多目标的实现。预计《展望》将作为《公约》的旗舰出版物定期发布，并在其他展望中占据一席之地。

《展望》将以一种让民间团体和私营和公共部门的决策者都能看到的方式呈现。通过说明良好的土地管理的根本重要性，它成为促进土地使用政策和实践讨论的更广泛努力的组成部分。在做这样一件事时，《展望》认为我们都是有能力去改变的决策者。

第一篇呈现空间和时间维度的一幅大画面，并介绍了土地利用的简史。它审视了退化和土地利用变化的驱动因素，详细介绍当前土地资源的压力。它还研究了土地退化对我们生活的经济、社会和环境方面的影响。

第二篇探讨未来的情景或途径，概述了关于基于土地的商品和服务的生产和消费的若干预测。然后是对全球关注的问题进行专题阐述，突出当前趋势和未来的解决方案。

第三篇为更安全的未来提出行动议程，审查经过验证和具有成本效益的选择，以提升保护、可持续土地管理和恢复实践，从而加速实现更公平的可持续发展。

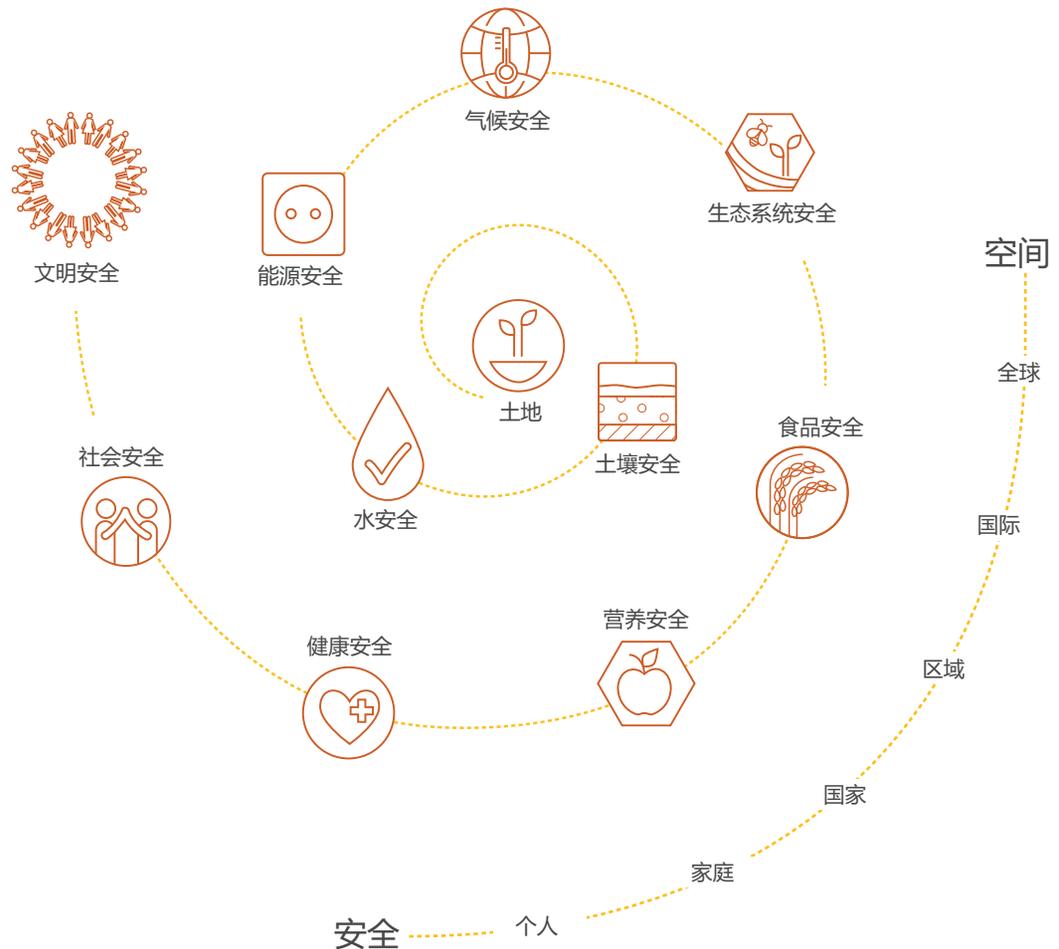
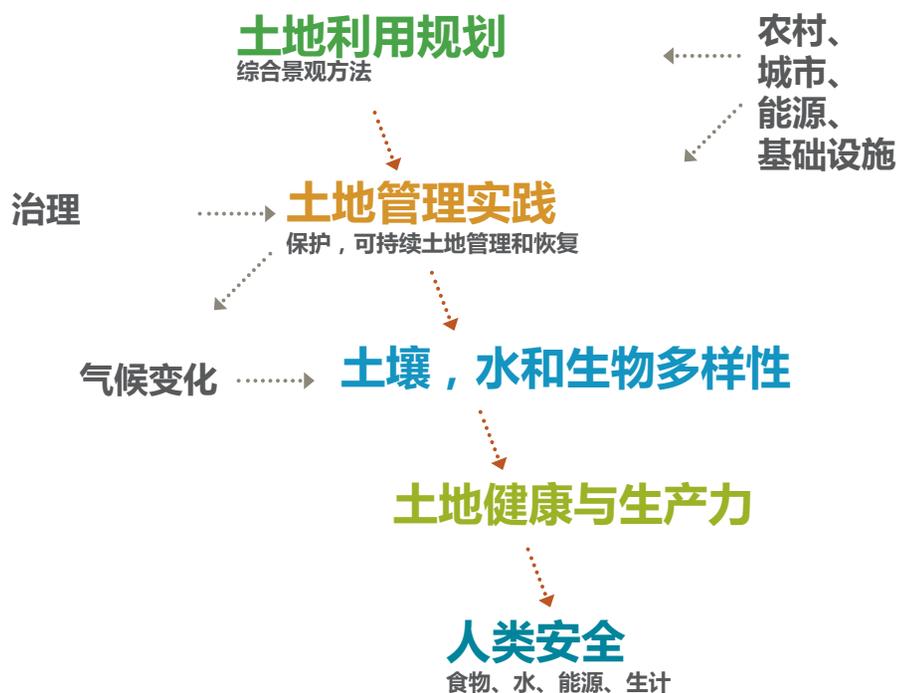


图2：人类安全的维度：改编自⁴

图3：《全球土地展望》的主题



虽然这本第一版提出了建设性和乐观的展望，同时也论及严峻的现实和艰巨的挑战。让我们先从一张宏大的画面开始。

参考文献

- 1 Report of the Special Rapporteur on the right to food to the Thirty-fourth session of the Human Rights Council, A/HRC/34/48: January 24, 2017.
- 2 Sivakumar, M.V.K. 2007. Interactions between climate and desertification. *Agricultural and Forest Meteorology*, **142**: 143-155.
- 3 Barbut, M. and Alexander, S. 2015. Land degradation as a security threat amplifier: the new global frontier. In: Chabey, I., Frick, M. and Helgeson, J. (eds.) *Land Restoration: Reclaiming landscapes for a sustainable future*. Elsevier.
- 4 Lal, R. 2013. Food security in a changing climate. *Ecology and Hydrobiology*, **13**: 8-21.



© Adriel Kloppenburg



第一篇 全景图画

全景图画是一幅很多小画面拼成的马赛克。不同的国家、文化和社区以非常不同的方式定义、认识和珍视土地。任何一个地区的土地都可以用于许多不同的目的。这是土地的多维度特征：有些人认为某些土地是不适宜居住，其他人会觉得像在家里一样；有些人认为荒野需要被驯服，其他人会认为宏伟和美丽应该受到保护。所有这些因素影响着对土地利用的态度和土地的管理方式。然而，让土地保持在健康状态，对人类安全（获得粮食和水、就业和生计的稳定、应对气候变化和极端天气的恢复力以及最终的社会和政治稳定）至关重要。

| | |
|--------------|----|
| 1. 土地的含义 | 20 |
| 2. 土地利用简史 | 30 |
| 3. 变化的驱动因素 | 40 |
| 4. 证据汇集 | 52 |
| 5. 土地资源与人类安全 | 78 |

土地的含义

我们对土地的看法不仅是对外部世界的反应，而且是文化过滤的原因和影响，通过这种过滤，某些现象得到突出的呈现，而另一些则退隐到背景中。换句话说，土地要素越让特定利益相关者看不到，它们对于这个人的意义就越小，也可能导致对其可能的关键功能缺乏意识。

随着我们变得越来越富裕，土地的意义和价值可能会改变，也不为当下的生存而直接依赖土地。此外，土地常常被注入一种主权和管辖权的感觉，这与所有权和使用权的不同模式相一致，转而又统治了我们的经济和社会政治相互作用以及与他人的冲突。

所有这些因素影响着对土地利用的态度和土地的管理方式。然而，将土地保持在健康状态，对人类安全（获得粮食和水、就业和生计的稳定、抵御气候变化和极端天气，以及最终的社会和政治稳定）至关重要。

土地——富足资产

无论土地是私人还是公共资产，都有潜力提供全套产品和服务：缓解全球规模的气候变化、调节景观规模上的供水以及在支持本地规模上的粮食生产。自然和受到管理的生态系统支持当地的生计，并使社区发展繁荣。土地是富足的，但也有限度，其商品和服务相对有限。为了确保公平使用，仅仅确定谁拥有土地以及他们如何使用是不够的。土地管理实践往往具有下游后果；因此，土地所有者越来越多地面临着如何使用或管理土地的限制，以保护其提供的多种生态系统服务。

更全面地了解土地的多种功能和服务（即对人类和其他物种带来的好处）和赋予它们价值的过程表明，未来农民和其他土地管理者作为土地和其相关资源管家应该发挥更大的作用。

为了保护 and 培育这种富足资产，重要的是确认权利、回报和责任是可持续土地管理的支柱。农民和土地管理者经常需要激励措施，确保其土地所提供产品和服务的供应，包括市场以外的供应、是否保护生物多样性、保护水的供应、防止洪水泛滥或是否固存了碳。广泛的社区应该对这些生态系统服务所有者补偿多少是一场不断变化的辩论，即使达成共识应该支付多少，仍然很多有关于补偿如何分配的实际问题。¹对于大多数国家，长期的粮食安全和经济增长高度依赖于其土地性自然资本的可持续管理。

土地永远与人类发展息息相关；它的经济功能只是众多功能之一。土地是独特、宝贵和不可移动的资源，它的数量有限，为社会带来多重利益。它是维持生存的最基本要素，因为地上与地下的富饶受人青睐。土地是一种战略性社会经济资产，特别是在贫穷的社会，在这样的地方生存和财富通常仍然在很大程度上取决于对土地的控制和获取。因此，土地被连接到一个复杂的行为网络，从权力关系到经济，从象征性的依附到系统性的不平等。在生产 and 消费纷繁复杂的社会关系中，土地是其中的核心要素。

土地的定义

《公约》将土地定义为“具有陆地生物生产力的系统，由土壤、植被、其他生物区系和在该系统中发挥作用的生态及水文过程组成。”²或者，土地被定义为“地球陆地表面可以划定的地区，具有紧靠地球陆地表面上下的生物圈的一切属性，包括近地表气候、土壤和地形、地表水文（包括浅层湖泊、河流、沼泽和湿地），近地表沉积层和相关的地下水储备，植物和动物种群（生物多样性），人类住区模式以及过去和现在人类活动的物理结果（梯田、储水或排水构筑物、道路、建筑物等）”。³

土地的多维度特征

有效地协商土地资源的可持续利用、管理和规划，需要综合的系统的和参与式的利益相关方方法，而不是直线式的部门性战略。目光远大的展望需要在所有维度上看待和理解土地。在图1.1中，我们提出了关于土地意义的指示性观点，以说明不同利益相关者面临的挑战、问题和优先事项的多样性。

当然，这些都只是用于演示目的的典型。大多数利益相关者对具体的土地利用和土地本身的概念持有多种观点。他们通常可被分到一个以上的类别，或者可能持与大多数人截然不同的观点。根据定义，整体方法更能反映观点的多样性，并促进更好地了解权衡和协同作用，以确定扩大可持续管理实践的最适当解决办法。



农业企业和工业化农场主/牧场主
将其视为商业机会和盈利资产。



木材、造纸和纸浆公司
专注于树木，而采矿和能源部门主要关注的是地表之下的埋藏物。



城市开发商和拓荒者

不断寻求土地，扩大人类疆域，创造经济财富。园艺师和建筑师享受修改或改造景观的前景，追求对我们文化环境的美学加强。



艺术家、哲学家和游客

将土地看作是一个休息或避难所，是灵性、灵感和美丽的源泉。

土地作为私有财产

土地作为私有财产是一个相对较新的现象，在某些文化中比其他文化更为主导。在许多国家，政府仍然控制大片土地，但一些生产力最高的土地正在作为私有财产重新分配或出售给个人和公司。国家和私人实体的收购“可能对传统上居住在该地，但不持有正式或合法产权的人造成破坏性影响。”⁵

虽然土地一直是价值独特并值得信赖的资产，但鼓励私有制的排他性政治和法律制度已经改变了人们与土地的关系，特别是在城市和其他高价值经济领域。⁶尽管促进权属治理自愿准则的尝试正在作出，但在全世界范围内，有大面积的土地通过有不同程度监管和正式手续的交易发生易手。⁷

在一些发展中国家，过去几十年来，土地持有被大幅度集中，合法土地权现在是标准做法，与财富创造密切相关。世界上各地在历史上有许多农村土地按照习惯权属制度以传统方式由当地社区和原住民拥有和管理，现在这些土地已经被国家收购。最近有一些国家已经开始放弃土地国家控制的进程，将土地归还给原住民和当地社区。⁸

生活在发达国家的人们期望土地所有权得到明确的确定、绘制并受到土地产权的保护，并且得到土地管理机构的支持。然而，在大多数发展中国家，个人财产权得不到承认，自然资源的权利往往在当地社区的不同使用者之间共享。⁹例如，在西非，不同的使用者群体（例如男人、妇女、农民、牧民、教会）可以享有同一土地资源的不同部分的权利：社区管理的森林中的树木为牲畜提供饲料；水果和蔬菜由妇女采摘；木材由男人砍伐。此外，即使在这个重叠的土地使用制度中，共享权限可能会在一年的不同时间有所不同。¹⁰

法定法律制度并不总是适当或足够灵活，能应付习惯土地使用的复杂性。另一方面，如果哪个方面的土地权益没有被政府机关正式确立或者管理，它们就很容易由于土地资源的压力和竞争日益加剧而被忽视。对于支持长期再生实践和不同方面多重使用的习惯权属制度，忽视其合理性可能对社会和环境都会造成不利影响。¹¹

许多发展中国家缺乏适当的法律，或者未能执行合法确定谁拥有土地及其资源的既定规定。这可能导致国家、大亨或公司的默认所有权。这些事件往往会对传统的土地使用者造成严重后果，他们的土地经常未经同意或补偿就被征用，使他们与社区和财产分离。多种因素可能会集中在一起，将人们从他们的土地上赶走，引发冲突，增加从农村地区的迁离。在人口变迁的压力或现代性对传统社会的影响下，土地管理的传统可持续方式有时也会受到动摇。

一种看待土地的方式是假设它属于每个人，每一片田或地块都有一个当地保管人。

作为公共商品的土地

土地在捕获和储存大气碳中起重要作用；它管理生物物理周期，并提供许多造福整个社会的商品和服务。但是，如果管理不善或退化，这些功能就会丧失。景观是一幅生态系统的拼贴画，人类社会也嵌在其中。遗憾的是，在目前的土地利用政策和规划方面，土地作为公共利益和共同资源的作用尚未得到充分的认识。

在加强不同土地利用相关积极影响（或减少消极影响）方面的保管人角色，可以为广泛的景观和社会的健康带来非常重要的扩散效益。例如，砍伐树木或耕种永久牧草地的个人决定将释放碳，从而增加气候变化的负面影响，减少公共利益。

在尼日利亚，不同利益相关者的一些泛滥平原具有多重重叠的用途：渔民在雨季期间拥有土地的权利，允许不同类型的捕鱼；旱季农民种植作物；牲畜牧民拥有收获后的权利，以及洪泛区内未开垦的草地的权利。¹²在这些习惯利用制度中，“土地归谁所有”的问题并不清楚，甚至主要和次要用户的概念也毫不相干。需要考虑权力重叠并加以注意，以避免在处理传统的财产权概念时发生的误解。土地通常属于“社区”，可能包括不同的民族和土地使用者，所以定义土地权利往往需要考虑到传统的治理制度和协商机制。

提供地方感的土地

归属和所有权、权利和责任的问题，很难几句话就能说明白。答案在一个范围内，从土地的法定所有权到社区和习惯权利，或一种简单的归属感。对许多人来说，土地关乎尊严、文化和身份认同。土地所有权意味着不会受到剥削和奴役；它提供安全和保障。不受阻碍地进入土地可以等同于自我决定和代际连续性的保证。对于一些人来说，土地权属问题被认为是人权的根本。¹³

许多人单单从生活和工作在土地上这一点就可获益，或者从他们在景观中的地方获得文化或精神认同感。与土地直接接触可带来身心健康的益处；它还可以更明确告诉我们是誰、在哪里，给我们一个自我和地方感。对于与土地具有强烈精神联系的社区和社会，可持续管理做法往往是其传统的有机组成部分，例如印度的神圣树林和埃塞俄比亚的教堂森林。

近几年来，出现了存在权的概念：¹⁴物种的生存权和生态相互作用权利。研究表明，今天许多社会普遍存在这种观点。大多数人本能地觉得人类有义务尽可能地防止物种灭绝。人们对标志性物种有巨大的支持，例如对老虎或熊猫的支持，大多数人永远不会在野外看到这些动物，这种支持表明，保护不仅仅是一个功利主义问题。

这个观点现在被世界上绝大多数主要哲学和宗教所共有，他们承认管理的责任。所有主要信仰的领袖已经发表声明，承认人类不破坏自然遗产的道德义务。¹⁵

对于人类如何适应或改变其景观的问题，文化可以在汇集不同意见方面发挥重要作用。虽然土地的文化方面不同地区存在很大差异，并随着人们在新的地区定居发生演变，但对于基于土地的产品，市场正在变得全球化。这些外部经济驱动因素的影响可能显著影响甚至摧毁原有的地方感。全球化世界典型存在的这种传统与现代性之间的二分法，增加了土地利用和管理不协调的可能性。一些人优先考虑土地以其交换价值来衡量的市场价值，而其他人认为，无论有否人为参与，土地本身具有内在价值，他们担心，当存在最大程度追求利润的驱动因素时，这一维度可能会丢失。

表1.1：信仰与环境思维的联系¹⁶

| 信仰 | 与环境思想的关联 |
|--------|--|
| 巴哈教 | 由波斯人巴哈欧拉建立。相信所有宗教领袖都是神的化身，所有的典籍都是神圣的。自然和典籍是天启的“两本书”。巴哈欧拉的孙子守基·阿芬第指出：“人与世界是生机相联的。他的内里生命塑造了环境，本身也受环境深刻的影响。” ¹⁷ |
| 佛教 | 教导尊重自然和与自然的相互关联；植物和动物被包括在超度的计划中。 ¹⁸ 释迦牟尼在树下出生，在树下悟道，在树下圆寂。圣树受到了装饰和保护。佛教倡导保护，如不丹的ridam，这是一个每年不准进入指定山林的禁令。 ¹⁹ |
| 基督教 | 教导所有的造物都是上帝的仁慈所赐，人类不可能毁坏上帝的造物而没有招致毁灭自己的风险。圣方济是生态管护的早期倡导者。基督徒领袖对生态危机作出了反应。 ²⁰ 教皇方济各在2015年发布了通谕，呼吁保护自然。 ²¹ |
| 道教 | 传统上被认为是老子创立的。强调道法自然，以相生相克的阴阳平衡为代表。 ²² 道家庄子对于所有自然事物都必须“有用”的学说提出了警告，强调其存在的价值。 ²³ 其现代解读将重点放在生态学上。 |
| 印度教 | 地球被尊称为 昔弥，也就是“地球母亲”。有很多保护的参考；例如，《政事论》规定了破坏树木的罚款。 ²⁴ 在印度最神圣的河流恒河和讷尔默达河上建水坝造成抗议，部分是因为信仰的原因。 ²⁵ 在抱树运动（Chipko Movement）期间，妇女通过身体环抱树木阻止了森林损失。 ²⁶ |
| 耆那教 | 耆那教尽量减少对所有生命形式的伤害，他们的教义强调同情和怜恤一切生命。 ²⁷ 大雄马哈维亚指出：“忽视或无视土、气、火、水和植被的存在，就是无视了交织在它们当中的自身的存在。”耆那教研究所编写了1990年《耆那教自然宣言》。 ²⁸ |
| 犹太教 | 过去，对泛神论的反应降低了大自然的重要性，尽管这一点还在变化。 ²⁹ 生命树是犹太教最有力的比喻之一。种植树木特别在近期是一个广为人遵行的实践，而摩西五经命令在城市周围创造绿化带（民数记 35：4）。在以色列，树木仍然是一个崇拜的主体。 ³⁰ |
| 伊斯兰教 | 安拉在《古兰经》中的教义中指出，人类有对自然的管护权，但大自然属于神。 ³¹ 河流和湖泊需要缓冲区，而植树和善待动物受到鼓励。伊斯兰教发展起了对 希玛的使用，就是对放牧、养蜂、森林或水的土地保护， ³² 这在约旦和沙特阿拉伯依然在实行。 ³³ |
| 神道教 | 神道是日本在佛教之前的传统信仰。有许多神，但没有正式的等级或教义，但与大自然的联系很紧。仪式上祈求“超存在”的保佑，这是山、泉、树等等之中的自然力量。神林非常重要，耕种和自然地区都包括在内。 |
| 锡克教 | 锡克教徒信仰一神论，他们的神谕包含在《古鲁·格兰特·沙希卜》中。古鲁那纳克说：“在宇宙中，地球被创造成为神殿。”根据锡克教信仰，整个自然都是神圣的。锡克教遵循三百年的轮回；目前的这个轮回到2299年底结束，被认为是“造物轮回”，重点放在了环境实践中。 |
| 琐罗亚斯德教 | 由琐罗亚斯德在现代伊朗成立。后来，许多琐罗亚斯德教徒移居印度，他们被称为帕西斯。他们认为地球是神圣的，意味着生命也是神圣的。在印度，秃鹫由于化学品毒害而发生的衰落 ³⁴ 对于帕西斯社区来说是一个问题，因为这些鸟对于在“沉默之塔”中处理死者的传统至关重要。” |



文本框1.1：神话地质学³⁵

“所以土地其实就像一本大书，你知道吗？”澳大利亚的一位帕潘亚长老艾莉森·安德森这样说。³⁶欧洲中心世界观要求科学与“民间传说”坚决分开。如果我们诚实地思考土地的文化 and 灵性价值，这些假定就需要从根本上得到重新审视。

对于地质学家来说，澳大利亚卡塔丘塔山脉的斑纹岩石是“沙漠清漆”，是干旱地区典型的部分矿物、部分微生物的涂层。对于皮詹加加拉和阿男姑文化来说，它们是生活在山顶上的蛇王沃纳姆比的胡子。在地质学家眼中，岩石圆顶讲述了一段5亿年的故事，卵石、砾石和沙子向古老的海洋倾泻而下，被埋入、固化、倾斜、隆升和侵蚀。对于原住民来说，每座山峰代表着（其实就是）一个来自梦幻时代的事物。1966年，美国地质调查局的多萝西·维塔利亚诺（Dorothy Vitaliano）创造了神话地质学（geom mythology）这个词，用来描述传说与地质学之间的关系。³⁷她将由地质现象激发的民间传说分为满足人类需要解释需要（因果）的故事和来自见证真实事件的（神话即历史）故事。

在几乎所有土著文化中，讲述因果的土地故事都很丰富。对许多人来说，土地就是一切：他们是土地的一部分，土地是他们的一部分：他们的食物柜、药房和敬拜场所。³⁸土地本身有记忆。人类的起源无不位于地面之下，提供地下通道的地方（峡谷、火山口和洞穴）具有很大的精神意义，岩石艺术在这些地方的集中就是证据。神话即历史的故事在许多文化中同样发挥着关键作用。我们的祖先自从大冰期时代以来就在地球上游荡，讲述着海平面变化、冰川洪水以及气候变化的故事。2014年，蒙大拿州西北部一个冰川景观的演变被记录下来，人们发现：“水文过程在地球科学和传统土著叙事中

都发挥着关键作用……而传统的故事和西方地球科学理论展现出引人入胜的相似之处...”³⁹

原住民的世界观本质上是整体的：天人合一，个人认同与土地合一，越来越多的人对于将这种世界观与传统科学思维集成产生兴趣。⁴⁰伟大的理论物理学家戴维·玻姆将这称为“存在整体不可打破的完整性，表现为没有边界的不可分割的流动”。⁴¹地球科学本身并不超出整体思维：即使人们熟悉的有机与无机的分野也开始消失：矿物经历的过程就是最能描述进化的过程。⁴²个人与地方的关系不可避免地受到文化和经历的影响。⁴³简而言之，土地是一本书，阅读它需要不同的方式、不同的诠释。理解这些不同书籍理解并将其整合到混合的知识体系中，必定无疑是构建可持续发展所必需的多元桥梁的基本先决条件。



结语

认识不同利益相关方的观点，并确保他们参与决策，就朝着更好的土地管理和规划走出了关键的第一步。土地由政府、公司、社区和个人拥有和管理，但我们所有人都依赖土地来得到我们的健康和福祉。我们无法忽视这个根本的联系。

土地退化等全球性挑战非常复杂，但是确实也出现了可供作出有条理思考和创造性新方法的模式，便于在将来能更有效地利用土地资源。在快速变化的世界中，随着对自然资源基础的压力和需求日益增加，《全球土地展望》突出介绍了可持续土地利用、管理和规划面临的挑战和机遇。本《展望》针对的是我们所有的人：从政策制定者到小农户，从公司到社区，从消费者到生产者。所以，现在让我们翻到一段简史，了解我们如何走到这个紧要关口。

参考文献

- 1 Wunder, S. 2005. Payment for Ecosystem Services: Some nuts and bolts. CIFOR Occasional Paper number 42: Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.
- 2 Article 1 of the Text of the Convention http://www2.unccd.int/sites/default/files/levant-links/2017-01/UNCCD_Convention_ENG_0.pdf
- 3 Convention on Sustainable Development (CSD). 1996. Progress Report on Chapter 10 of Agenda 21. United Nations, New York, NY, USA.
- 4 Peters, P.E. 2013. Conflicts over land and threats to customary tenure in Africa. *African Affairs* 112 (449): 543-562.
- 5 Rulli, M.C., Savioli, A., and D'Odorico, P. 2013. Global land and water grabbing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (3): 893-897.
- 6 Ting, L., Williamson, I.P., Grant, D., and Parker, J.R. 1999. Understanding the evolution of land administration systems in some common law countries. *Survey Review* 35 (272): 83-102.
- 7 Munro-Faure, P. and Palmer, D. 2012. An overview on the voluntary guidelines on the governance of tenure. *Land Tenure Journal* 1: 5-17.
- 8 <http://www.reuters.com/article/us-indonesia-landrights-indigenous-idUSKBN14V11V>; <http://www.reuters.com/article/us-latam-landrights-idUSKCN1175A1>
- 9 Hart, S. (ed.) 2008. Shared Resources: Issues of Governance. IUCN, Gland, Switzerland.
- 10 Metternicht, G. 2017. Land Use and Spatial Planning to Support Sustainable Land Management. Working paper for the GLO.
- 11 Ibid.
- 12 Thomas, D.H.L. 1996. Fisheries tenure in an African floodplain village and the implications for management. *Human Ecology* 24 (3): 287-313.
- 13 UN Economic and Social Council. 2014. Report of the United Nations High Commissioner on Human Rights. E/2014/86.
- 14 Van Houtan, K.S. 2006. Conservation as virtue: a scientific and social process for conservation ethics. *Conservation Biology* 20: 1367-1372.
- 15 Palmer, M. and Finlay, V. 2003. Faith in Conservation. The World Bank, Washington, DC.
- 16 Adapted from Dudley, N., Higgins-Zogib, L., and Mansourian, S. 2009. The links between protected areas, faiths, and sacred natural sites. *Conservation Biology* 23: 568-577.
- 17 Landau, R. 2002. The Baha'i faith and the environment. In: Timmerman, P. (ed.) *Encyclopedia of global environmental change. Volume 5, social and economic dimensions of global environmental change*. John Wiley and Sons, London. Available from <http://bahailibrary.com/articles/landau.environment.html> (accessed February 2009).
- 18 Swearer, D.K. 1998. Buddhism and ecology: challenge and promise, *Earth Ethics* 10 (1).
- 19 Ura, K. 2004. The herdsman's dilemma. *Journal of Bhutan Studies* 11: 1-43.
- 20 Hessel, D.T. 1998. Christianity and ecology: Wholeness, respect, justice, sustainability. *Earth Ethics* 1: 1.
- 21 http://w2.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html accessed November 12, 2016.
- 22 Girardot, N., Miller, J., and Xiaogan, L. (eds.) 2001. *Daoism and Ecology: Ways within a Cosmic Landscape*. Harvard University Press, Cambridge, MA, USA.
- 23 Merton, T. 1960. *The Wisdom of the Desert: Saying of the desert fathers in the 4th century*. New Directions Publishers, New York.
- 24 Narayanan, V. 2001. Water, wood, and wisdom: ecological perspectives from the Hindu traditions. *Daedalus* 130 (4): 179-206.
- 25 Shiva, V. 2002. *Water Wars: Privatization, Pollution and Profit*. Pluto Press, London.
- 26 Weber, T. 1988. *Hugging the Trees: The story of the Chipko movement*. Viking, London.
- 27 Chapple, C.K. 1998. Hinduism, Jainism, and ecology. *Earth Ethics* 10 (1): 16-18.
- 28 Singhvi, L.M. 1990. The Jain Declaration on Nature. Jainism Global Resource Center, Alpharetta, Georgia.
- 29 Vogel, D. 1999. *How Green is Judaism?* University of Berkeley, California, USA.
- 30 Dafni, A. 2002. Why are rags tied to the sacred trees of the Holy Land? *Economic Botany* 56 (4): 315-327.
- 31 Foltz, R., Denny, F.M., and Baharuddin, A. 2003. *Islam and Ecology: A Bestowed Trust*. Harvard University Press, Cambridge MA, USA.
- 32 Bagader, A.A., Al-Chirazi El-Sabbagh, A.T., As-Sayyid Al-Ghayand, M., and Izz-Deen Samarra, M.Y. 1994. *Environmental Protection in Islam, 2nd edition*, IUCN Environmental Policy and Law paper No. 20. Gland, Switzerland.
- 33 Sulayem, M. and Joubert, E. 1994. Management of protected areas in the kingdom of Saudi Arabia. *Unasylva* no. 176. UN Food and Agricultural Organization, Rome.
- 34 Green, R.E., Newton, I., Schultz, S., Cunningham, A.A., Gilbert, M., et al. 2004. Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent. *Journal of Applied Ecology* 41: 793-800.
- 35 Welland, M. 2017. "So the land is actually like a big book, you know?" Working paper for the GLO.
- 36 Miller, G. (Producer). 2007. *The Australian landscape: a cultural history* (Radio broadcasts, four episodes). Canberra: Australian Broadcasting Corporation. Retrieved from <http://www.abc.net.au/rn/legacy/features/landscape/default.htm>
- 37 Vitaliano, D.B. 1974. *Legends of the Earth: Their geologic origins*. Indiana University Press, Bloomington, IN.
- 38 Rose, D.B. 1996. *Nourishing Terrains: Australian Aboriginal views of landscape and wilderness*. Australian Heritage Commission, Canberra, NSW.
- 39 Johnson, A.N., Sievert, R., Durglo, M. Sr., Finley, V., Adams, L., et al. 2014. Indigenous knowledge and geoscience on the Flathead Indian Reservation, Northwest Montana: implications for place-based and culturally congruent education. *Journal of Geoscience Education* 62 (2): 187-202.
- 40 Aikenhead, G. and Michell, H. 2011. Bridging culture, indigenous and scientific ways of knowing. Pearson, Don Mills, ON.
- 41 Bohm, D. 1980. *Wholeness and the implicate order*. Routledge and Kegan Paul, London and Boston.
- 42 Hazen, R.M., Grew, E.S., Downs, R.T., Golden, J., and Hystad, G. 2015. Mineral ecology: Chance and necessity in the mineral diversity of terrestrial planets. *Canadian Mineralogist* 53: 295-324.
- 43 Tuan, Y-F. 1974. *Topophilia: A study of environmental perceptions, attitudes, and values*. Columbia University Press, New York.

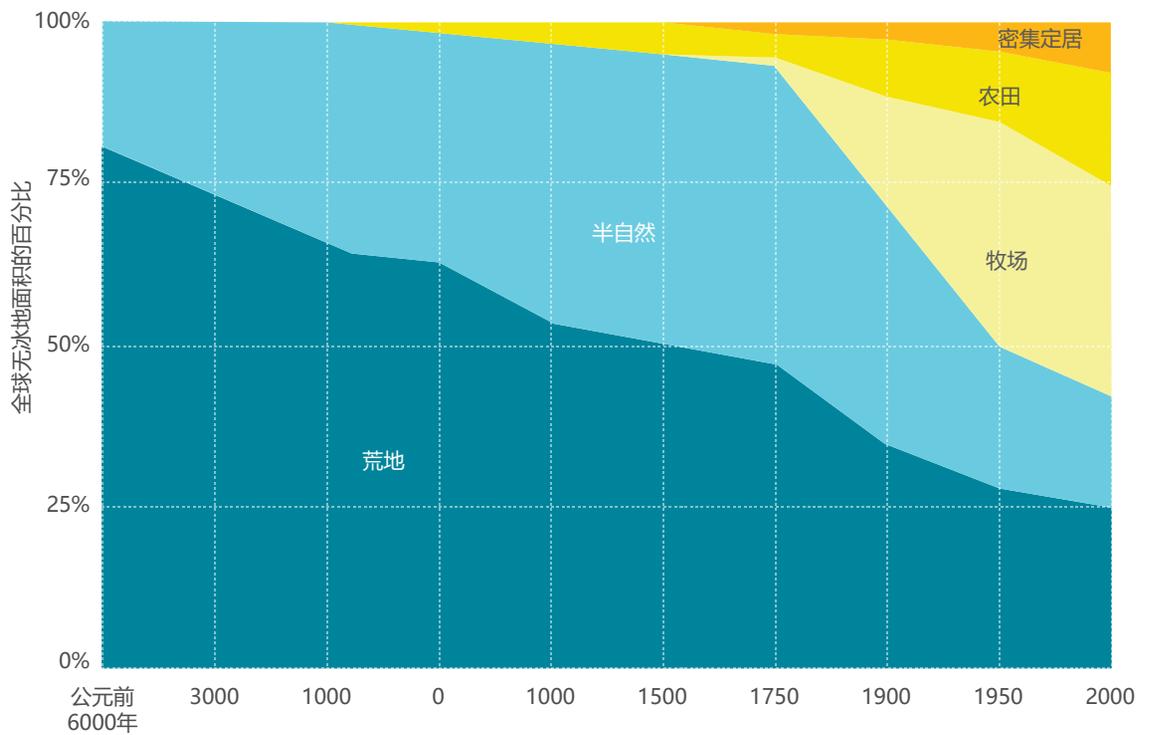
土地利用简史

有广泛的证据表明，大约1.2万年前，人类的狩猎、觅食、开荒、农业和其他活动开始直接改变陆地生态系统。有时被称为“新石器革命”的农业，慢慢开始转变社会和人们的生活方式；传统的狩猎—采集者的生活方式，被更永久性的定居和可靠的粮食供应所取代。这一转变在一些经历了森林砍伐、火灾频繁、动物种群大灭绝、物种入侵和土壤侵蚀等长期变化的地区尤其显著。

大约8000年前起，农业用地在美索不达米亚和西南亚的新月沃土区扩大；其后是在中国、印度和欧洲的增长。集约化的土地使用模式在世界各地发展起来，在印度以恒河平原最为显著；在中国是黄河下游和长江下游沿岸；在非洲，是整个萨赫勒地区；在南美洲，则是沿安第斯山脉的地区。这种农业扩张产生了更复杂形式社会组织的发展。肥沃的土地和野生粮食作物的驯化，使游牧部落定居下来，形成早期的城镇。例如，南美洲新热带干燥林的地貌，在印加等前哥伦布时期文明的出现中发挥了关键作用。

在大约6000年前，农业扩张已经在大多数大陆展开，带来原始植被的清除和食草动物的淘汰或驯养。随着人口的增长和人口密度的增加，原生动植物被集约化作物和畜牧业管理的做法所取代。从约1750年开始，土地转型开始加快，土地利用的迅速变化到今天仍然是一个主导的影响。

图2.1：8000年生物圈的转迁：改编自⁴，基于⁵

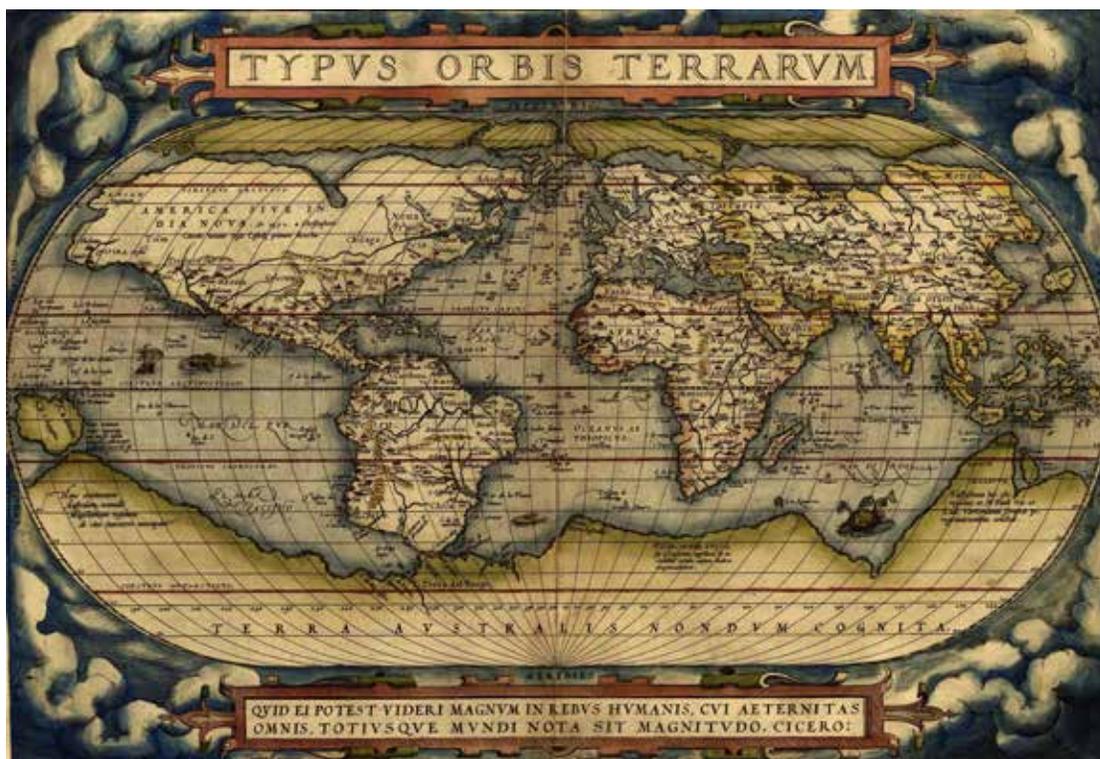


公历纪元

在公历纪元（CE）的开始，欧洲高达60%的土地得到人类的使用，尽管由于战争、饥荒和其他影响人口的事件，有些地区被周期性的废弃而带来土地使用率的显著变动。中世纪（14、15世纪）以来，随着城镇的发展，欧洲和中国的土地利用强度大大增加。在同一时期，近90%的美洲土著民因与欧洲人接触而死亡，其原因有屠杀，但主要是疾病。这导致了自然植被大量再生，尤其是亚马逊、安第斯山脉、中美洲以及北美西部地区的森林。¹

这些1700年前的土地利用变化比后来出现的变化要小得多、更局域化、强度也更低，但仍然使景观发生转变（例如从封闭林地到开放林地），改变了土壤、林火动态和区域生物多样性模式。²在某些情况下，人们认为在3000多年前相对较少的人口就已经造成了广泛和深刻的生态变化。³

图2.2 : Theatrum Orbis
Terrarum : 经许可复制⁷



改变了世界的地图

1564年，安特卫普的一位三十七岁的制图家亚伯拉罕·奥特里乌斯（Abraham Ortelius）制作了公认的第一个现代地图集，被称为“Theatrum Orbis Terrarum”。它首次提供了一个清晰可辨的全球地图。⁶ 地图上并不全准确：南极洲太大，南美洲太狭窄，而澳大拉西亚还未被发现。尽管如此，即使从并不经意的观察者看来，这也显然是一张世界地图。接下来的几十年，地图制作大幅增长，主要在欧洲，到第十七世纪中期，世界地图的准确性显著提高。新地图促进新发现：寻找新的土地、新的经历和新的产品。探索时代已经到来，迅速导致殖民主义和对全球自然资源的大规模利用。

全球测量和地图学的历史，对人类与自然世界相关的自我形象的发展有着巨大的影响。以前，这两者一直是合一的，但现在大自然作为一个对象存在，与人分离、并且只通过其对人类有多大用处来赋予价值。⁸ 这最终导致了世界某些地区土地和社会关系的深刻重构。⁹ 在这方面，17世纪的科学革命包括了（最著名的是通过弗朗西斯·培根以及雷内·笛卡尔）呼吁对自然的“征服”、“掌握”和“统治”。¹⁰ 认为技术进步可以克服大自然所造成任何限制的这种信念，成为全球政治和经济战略的核心。¹¹

虽然人们对世界的一般轮廓越来越熟悉，但是对海岸线以外的地方了解甚少：非洲、南北美洲和澳大拉西亚的大部分内陆地区尚未为人所知。当时世界人口估计在5亿左右¹²，每平方公里只有8人，而今天平均为57人。¹³ 农业和手工采矿规模很小，热带地区的大部分森林保持完整。只要新的陆地边界继续开放，开发利用的社会和环境成本被看作是弥散性和/或容易补偿的。我们在最近才开始明白，这个新的交流和关系网络在相对较短的时间内改变了食物系统和景观。¹⁴

一种新的经济模式

科学与经济的力量汇合起来，彻底改变了对大自然的概念。无限制的人造世界的观念¹⁵得到许多探索航行的支持和加强，这些航行主要都从欧洲出发。殖民主义者一夜之间就握有了自然资源看似无限的储备¹⁶，并在此过程中外化了自己的生态足迹。¹⁷

同时，经济思想也经历了自身的革命，形成了基于自由贸易和自身利益最大化的哲学。¹⁸土地，¹⁹作为古典经济学中财富的主要来源，在向新古典经济学转型过程中失去了中心作用，被边际效用和生产率的概念所取代。财富与价值（或使用价值和交换价值）之间的区别被抛弃；资本积累的更广泛环境和社会成本²⁰在新的经济模式中很大程度上被人忽略。²¹在1700年至2000年期间，陆生生物圈从野生为主转变成人为为主。²²

从资本主义价值计算的角度来看，土地被视为大自然的免费礼物²³，在现代经济学中经常被称为“自由财”。这种资本积累的固有后果曾经是，也仍然是公然的肆意过度开发^{24, 25}加速了环境的退化。²⁶文明史上不可持续的土地管理做法屡见不鲜，这造成森林破坏和土壤退化²⁷，并最终导致社会崩溃。然而，新的商品关系、重新配置的财富和价值观以及工业化农业结合起来，为快速、系统的土地利用集约化清除了道路。

作为自然资本的土地

最近，大规模生产导致了以大众消费和内在陈旧性为基础的经济，由国内生产总值（GDP）衡量的经济增长成了唯一的基本目标和发展成功标志。尽管其最强支持者解除对增长的任何限制²⁸，但是对这一模式一直存在反对的声音，罗马俱乐部在1970年代带头反对，²⁹并持续到今天。主流经济学家在二十世纪才开始与人力资本和建设资本平起平地谈论自然资本（包括土地）³⁰，以了解自然资本的形式和对人类福祉的重要性及其消耗对人类福祉的影响；以及探讨土地退化对经济增长的成本和冲击。^{31, 32}

虽然这种发展标志着向正确的方向迈出了一步，但也带来了推动自然物商品化的深远的风险。这种经济方法的初衷，是通过展示有形和无形价值，来获得对自然资源保护和可持续利用的政策和商业支持。这一直是有价值并相关的。在某些情况下，这种方法已经转变为寻求对生态系统服务付款的方式，其前提是假定这种补偿将会确保它们的供应。^{33, 34}

图2.3：自然资本与人类安全的关系：改编自³⁵



图框2.1：大自然的报复

人类社会系统以破坏性的方式改变地球，从而招致了大自然的“报复”，这种报复的威力在18世纪末到19世纪初就已经非常明显并已被人们观察到。例如，德国植物学家马提亚·施莱登在1848年指出，“埃及的一部分、叙利亚、波斯这些国家，现在是不毛之地的干旱沙漠，但是从前曾经树木茂盛，有河流穿过，但是现在完全干涸或缩小在狭窄范围内”，暴露在阳光的暴晒下。他将这些环境变化主要归因于人类对森林的破坏，并得出结论：“在他身后，他（人）离开了沙漠，一片变形和毁灭的土地，又在因为对利润的自私追求肆意挥霍这里的植被宝藏，并且有意或无意地遵循道德大恶的可憎原则（原文如此），就像某人表达的，“我们死后哪管它洪水滔天”，他（人）重新开始毁灭的工作。”³⁶

对廉价粮食、能源和水的需求日益增加，引发了不同的农地需求。随后的技术进步（如机械化），都使这一转变成为可能，并促进了它的集约化。1901年，第一台动力拖拉机推出，为替代役使动物铺平道路，开创了一个能源密集型农业时代。近一百年来，作为对粮食需求的回应，农业科技的应用大幅增长。1970年代初的“绿色革命”见证了大幅增产和化肥农药使用量的增加。虽然产量总体上确有显著增加，解决了粮食短缺的紧迫威胁，但其伴随着不利的环境影响，以及作物和畜牧业生产用土地显著扩张并连成一片。

毫无疑问，现代农业在粮食增产方面取得了成功。与托马斯·马尔萨斯的预测⁴⁰相反，粮食生产已跟上甚至超过了人口增长。然而，世界大约一半的地表面积已经转化为家畜放养、作物耕种或生产林地土地，造成世界森林损失过半。⁴¹这种扩张和集约化导致了地方、国家和全球层面上对环境的破坏性影响。

炸药和拖拉机

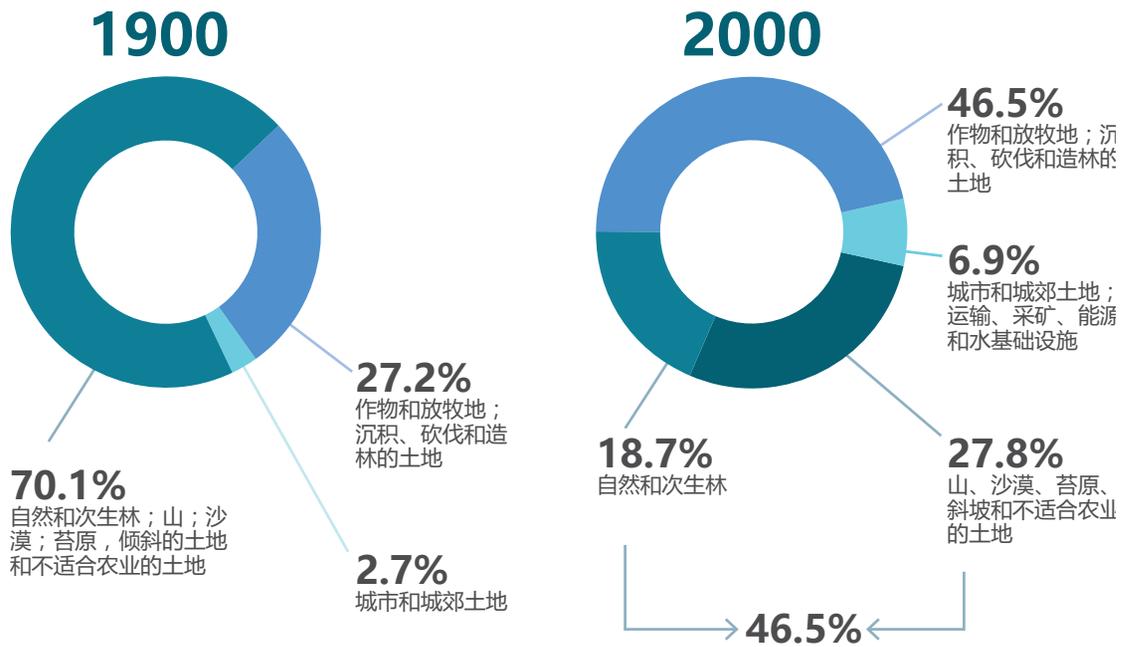
过去三个世纪的工业进程是人为全球变化的关键驱动因素，这些变化中就包括了土地使用的变化和生态系统的转变。到了19世纪初，世界人口在仅一百年内翻了一番³⁷，对木材、能源、金属和贵重矿物的需求将呈指数增长：工业革命已经开始，它将深刻地重塑世界。我们今天面对它的遗产，在21世纪的很长时间里还将继续面对。

虽然早在公元前3000年的埃及就已经从地球提炼珍贵矿物³⁸，但那是小规模，极大地依赖于人工。大规模采矿和采石的兴起可追溯到17世纪初。1627年，引进了炸药的使用，这让开采规模大幅度增加，而几年之后蒸汽机的采用则推动了对能源矿物的需求。对矿物（如工业革命所需的铁矿石、煤炭再加上工业革命所涉及的薪柴）的需求，将会因为快速增长的人口寻求财富和繁荣，而对土地资源提出新的要求。黄金和宝石等其他矿物在重要性上将会升高，成为事实上的货币，但是几乎不增加实际财富。³⁹

虽然农业实践可以追溯到一万年左右甚至更长时间，但却是工业部门，以其日益增长的工资和粮食需求，加上不断增加的人口，转移了农业的重点和规模。在17和18世纪，随着对廉价粮食和燃料的需求增长，引入了农业系统的重大变化，如作物轮种、动物选育、圈地和机械化：工业化农业的到来。

对矿物（如工业革命所需的铁矿石、煤炭再加上工业革命所涉及的薪柴）的需求，将会因为快速增长的人口寻求财富和繁荣，而对土地资源提出新的要求。

图2.4：一个世纪的土地利用变化：基于1900年⁴⁷和2000年⁴⁸



一个世纪的土地使用变化

许多因素已经推动了城市的增长以及农村生活向城市生活的过渡。城市的存在有多方面的原因，城市特征的多样性可以追溯到其发挥的各种各样的功能：从运输到安全，当然包括市场功能，市场最初针对的是农业盈余，然后又面向包括银行和金融在内的其他商品和服务。城市往往位于战略要地：处于贸易中心、附近有良田，存在政府和军事综合体等。

城市化的规模、步伐和性质一直是20和21世纪的明确特征。虽然过去一个世纪的城市人口快速增长只发生于不到3%的世界陆地面积，但其影响却是全球性的。大约78%的碳排放量、60%的住宅用水和76%用于工业目的的木材归属于城市地区。⁴²据估计，直到19世纪的中叶，世界上只有4%至7%的人口居住在城镇。城市的早期扩张倾向于横向：据估计，随着伦敦和巴黎等城市人口扩大二十倍，相应的土地面积扩大了二百倍。

为建设城市和支持城市人口增长需求而在土地使用上发生的改变，推动了其他类型的环境变化。2007年发生了一项重要的转变，这一年，我们在历史上第一次从农村居民占多数转变为城市居民占多数。⁴³城市人口依赖于生态系统的生产能力，这个生态系统远远超出其城市边界。它们所谓的“生态足迹”，即产生维持人类福祉与生活质量所需的商品和服务流动（包括废物吸收），比它们所占的实际城市面积大出几十乃至几百倍。⁴⁴对这个难题的回应是继续重点关注集约化农业，集中在生产率最高的土地上，并按照工业化农业部门模式运作，对贸易体系和研究的影响越来越大。⁴⁵虽然城市居民一直依靠农业的盈余，但今天的规模前所未有。⁴⁶对农产品的需求一直是土地利用变化的最大单一历史驱动因素。

许多人根据他们所占据的土地来定义自己的文化和价值观。土著人在历史上与土地有密切和亲密的关系。

土地的非市场价值

无论是从农业、林业还是矿业来看，土地提供都不仅仅是经济或财政回报。许多人根据他们所占据的土地来定义他们的文化和价值观。土著人在历史上与土地有密切和亲密的关系。⁴⁹土地因其在宗教、精神、美学和娱乐方面内在和不可估量的价值得到普遍推崇。对于赏心悦目的风景地，人们认为其价值远远不止交换价值。

在国家层面，几乎所有国家都将一些领土划定为要永久保护的保护区。这些受保护的土地和水域为后代提供了遗产供他们享用。非洲、印度、澳大利亚和美国最早的国家公园是19世纪末期建立的。今天，约15%的世界陆地和内陆水域被指定为保护区，这是我们深切关心保护生物多样性和生态系统服务以及壮美景观的一个标志。

越来越多的保护区也得到国际认可。联合国明确承认，土地体现的重要价值远远超出财政的范畴。联合国教科文组织的世界文化遗产地，包括文化和自然遗址在内，一直是认可我们土地的文化、社会和精神价值的有力象征。迄今为止，已有上千处遗址被认定为具有世界遗产地位，其中200多处被列为自然遗产或混合遗产。自然遗址被视为代表“最高级的自然现象和生物多样性就地保护的重要自然栖息地。”⁵⁰

结语

了解我们所掌握自然资源的有限数量，承认其对我们生存的重要性，以及越来越多地意识到我们消耗自然资源及其劣化的速度，已经形成了公共话语中的全新模式。人们基于自然系统及其组成部分可持续性对生态问题日益关心，这种关系植根于广泛的学科领域。气候变化已成为影响土地资源使用和管理（并受其影响）的主要催化力量，进一步将土地与人类安全的所有方面联系起来。

动力在全球和国家层面继续增长。在里约+20的准备工作中，在里约热内卢举办关键的1992年地球峰会二十年之后，“防治荒漠化公约”雄心勃勃，制定了在2030年之前实现土地零退化的议程。⁵²2015年通过的“联合国2030年可持续发展议程”制定了一系列可持续发展目标（SDG）和指标，鼓励更明智的土地利用、管理和规划。SDG 15特别强调需要扩大变革管理实践，目标是“保护、恢复和促进陆地生态系统的可持续利用，可持续管理森林，防治荒漠化，制止和扭转土地退化现象、遏制生物多样性的丧失。”⁵³

毫无疑问，地球正处于如何利用和管理我们土地资源的关键节点上。对这些资源的需求将只会增加，并且本展望第二篇将讨论一系列未来的场景。对于可持续的土地利用来说，其确保土地受到保护并造福后代的意义与提供今天社会和经济机会一样重要。努力达到一种平衡将继续成为21世纪的持续挑战。



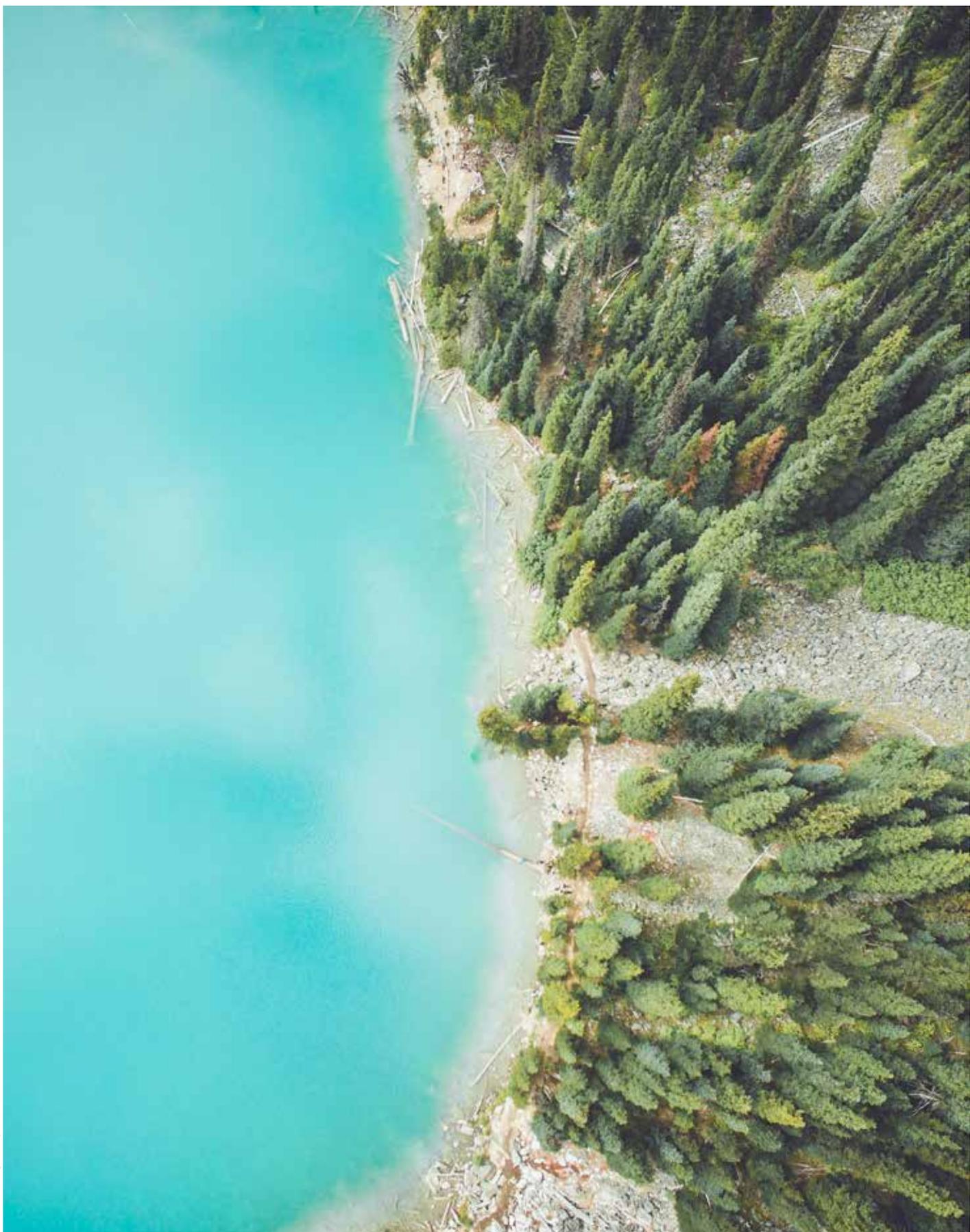
从空间看地球

1968年12月，发生了一场震惊人类的重大事件，转变了我们对地球的看法。当阿波罗8号离开地球轨道飞向月球时，发回了前所未见的一张我们这颗行星的照片。这张照片提供了一个独特的视角，可以观察地球的形状、蔚蓝的颜色，还有可能是最重要的一点：其有限的大小。一系列其他图像也收集了，其中包括1972年最后一次月球任务“阿波罗17号”拍摄的著名“蓝色大理石”照片。这些图像大大影响了科学家和学者的研究。负责编写开创性著作《增长的极限》的人经常提到早期的空间照片对他们工作的影响，这是一本将地球的有限性置于经济和政策背景之下的书，这些人则是 Aurelio Peccei 领导下的一群开明商

人和麻省理工学院的学者和系统规划师团队。事实上，在二十世纪末期出现了一个新的道德观，它巩固和改变了我们对管理自然资源的重要性的认识，主张采取一种可以持续并且尊重这颗星球限度的方式。

参考文献

- 1 See for example Flannery, T. 2001. *The Eternal Frontier: An ecological history of North America and its peoples*. William Heinemann, London.
- 2 Ellis, E.C., Kaplan, J.O., Fuller, D.Q., Vavrus, S., Goldewijk, K.K., and Verburg, P.H. 2013. *Used planet: A global history*. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (20): 7978-7985.
- 3 Ibid.
- 4 IINAS. 2013. *Global Land Use Scenarios: Findings from a review of key studies and models*. GLOBALANDS Working Paper AP 1.3, Darmstadt, Germany.
- 5 Ellis, E. C. 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, **369**: 1010-1035.
- 6 van den Broecke, M. 2015. *Abraham Ortelius (1527-1598) Life, Works, Sources and Friends*. Cartographica Neerlandica, Bilthoven, Netherlands.
- 7 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OrteliusWorldMap.jpeg>
- 8 Geisinger, A. 1999. Sustainable development and the domination of nature: Spreading the seed of the Western ideology of nature. *Boston College Environmental Affairs Law Review* **27** (1): 43-73.
- 9 White, L. Jnr. 1967. The historical roots of our ecological crisis. *Science* **155** (3767): 1203-1207.
- 10 Harvey, D. 1996. *Justice, Nature and the Geography of Difference*. Wiley, London, p. 121.
- 11 Martin, J.L., Maris, V., and Simberloff, D.S. 2016. The need to respect nature and its limits challenges society and conservation science. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113** (22): 6105-6112.
- 12 Korotayev, A. 2005. A compact macromodel of world system evolution. *Journal of World-Systems Research* **11** (1): 79-93.
- 13 2015 estimates from the World Bank: <http://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST> accessed December 12, 2016.
- 14 McNeill, J.R. and McNeill, W.H. 2003. *The Human Web. A Bird's Eye View of World History*. W.W. Norton and Company, USA.
- 15 Hughes, T.P. 2004. *Human-Built World: How to Think About Technology and Culture*. University of Chicago Press, Chicago.
- 16 Crosby, A.W. 1986. *Ecological Imperialism: The biological expansion of Europe, 900-1900*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 17 Ponting, C. 1991. *A Green History of the World*. Sinclair Stevenson, London.
- 18 Stiglitz, J.E. 2002. *Globalization and Its Discontents*. Norton, New York.
- 19 Hubacek, K. and van den Bergh, J.C.J.M. 2006. Changing concepts of land in economic theory: From single to multi-disciplinary approaches. *Ecological Economics* **56**: 5-27.
- 20 Foster, J.B. and Clarke, B. 2009. The paradox of wealth: Capitalism and ecological destruction. *Monthly Review* **61** (1).
- 21 On the notion of social cost and its relation to the conflict between private riches and public wealth, James Maitland, the eighth Earl of Lauderdale, argued that there was an inverse correlation between public wealth (use values) and private riches (exchange values), such that an increase in the latter often served to diminish the former. Scarcity, in other words, is a necessary requirement for something to have value in exchange, and to augment private riches. But this is not the case for public wealth, which encompasses all value in use, and thus includes not only what is scarce but also what is abundant. This paradox led Lauderdale to argue that increases in scarcity in such formerly abundant but necessary elements of life as air, water, and food would, if exchange values were then attached to them, enhance individual private riches, and indeed the riches of the country—conceived of as “the sum-total of individual riches”—but only at the expense of the common wealth. See Lauderdale Maitland J., Earl of 1819. *An Inquiry into the Nature and Origin of Public Wealth and into the Means and Causes of its Increase*, second edition, Chapter II. This contradiction is also known as the “Lauderdale paradox”; Daly, Herman E. 1998. The return of Lauderdale's paradox. *Ecological Economics* **25**: 21-23; Foster, J.B. and Clarke, B. 2009. The paradox of wealth: Capitalism and ecological destruction. *Monthly Review* **61** (1).
- 22 Ellis, E.C., Goldewijk, K.K., Siebert, S., Lightman, D., and Ramankutty, N. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography* **19**: 589-606.
- 23 Furnivall, J. S. 1909. Land as a free gift of nature. *The Economic Journal* **19** (76): 552-562.
- 24 Linebaugh, P. 2010. Enclosures from the bottom up. *Radical History Review* Issue 108: 11-27.
- 25 Polanyi, K. 1944. *The Great Transformation. The Political and Economic Origins of Our Time*. Farrar and Rhinhart, New York.
- 26 It should be noted here that the existence of rents for land and resources does not alter the essential fact that nature is excluded from the value calculation. Instead, rents ensure that part of the surplus produced by society is redistributed to those who are able to monopolize the “rights” to natural resources.
- 27 Goldewijk, K.K. and Ramankutty, N. 2004. Land use changes during the past 300 years. *Land Use, Land Cover and Soil Sciences. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*; UNESCO: Ontario, Canada and Paris, France.
- 28 Solow, R.M. 1974. The economics of resources or the resources of economics. *American Economic Review* **64** (2): 1-14.
- 29 Meadows, D.H., Meadows, G., Randers, J., and Behrens III, W.W. 1972. *The Limits to Growth*. Universe Books, New York.
- 30 Ehrlich, P.R., Kareiva, P.M., and Daily, G.C. 2012. Securing natural capital and expanding equity to rescale civilization. *Nature* **486**: 68-73.
- 31 Nkonya, E., Gerber, N., von Braun, J., and De Pinto, A. 2011. Economics of land degradation. IFPRI Issue Brief, 68.
- 32 Martin-Ortega, J., Brouwer, R., and Aiking, H. 2011. Application of a value-based equivalency method to assess environmental damage compensation under the European Environmental Liability Directive. *Journal of Environmental Management* **92**: 1461-1470.
- 33 Fairhead, J., Leach, M., and Scoones, I. 2012. Green grabbing: a new appropriation of nature? *The Journal of Peasant Studies* **39** (2): 237-261(244).
- 34 A prime example of this process can be found on the web portal Ecosystem Marketplace that states: “The world's population depends on ecosystem services, but in economic terms, these services are typically ‘free’ and consequently, increasingly overexploited. One promising approach to sustaining vital ecosystem services is to enable market-based mechanisms to mediate supply and demand, putting a price on these services (...)” The rebranding of nature as a service provider and the commodification of the ecosystem services it provides can, indeed, lead to viable business opportunities. There is, however, a not insignificant associated risk that by opening the door to the appropriation of land resources at the expense of its former custodians and of public wealth, that new inequalities will arise, and traditional land management strategies will be lost.
- 35 Alexander, S., Aronson, J., Whaley, O., & Lamb, D. 2016. The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. *Ecology and Society*, 21(1).
- 36 Schleiden, M.J. 1848. *The Plant: A Biography in a series of popular lectures*. Hippolyte Bailliere, London, pp. 304-307.
- 37 Kremer, M. 1993. Population growth and technological change: One million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* **108** (3): 681-716.
- 38 Klemm, R. and Klemm, D. 2013. *Gold and Gold Mining in Ancient Egypt and Nubia*. Springer, Heidelberg.
- 39 Ponting, C. 1991. Op cit.
- 40 Malthus T. 1798. *An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers*. J. Johnson in St Paul's Churchyard, London.
- 41 Kareiva, P., Watts, S., McDonald, R., and Boucher, T. 2007. Domesticated nature: Shaping landscapes and ecosystems for human welfare. *Science* **316** (5833): 1866-1869.
- 42 Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., et al. 2008. Global change and the ecology of cities. *Science* **319**: 756-760.
- 43 United Nations. 2014. *World Urbanization Prospects: 2014 Revision*. UN, New York.
- 44 Grimm, N.B., et al. 2008. Op cit.
- 45 Grigg, D.B. 1974. *The Agricultural Systems of the World: An Evolutionary Approach*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 46 Ellis, E.C., et al. 2013. Op cit.
- 47 Ellis, E. C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D., & Ramankutty, N. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography*, **19**: 589-606.
- 48 Hooke, R. L., Martin-Duque, J. F., & Pedraza, J. 2012. *Land transformation by humans: a review*. GSA today, **22**: 4-10.
- 49 Posey, D. (ed.) 1999. *Cultural and Spiritual Values of Biodiversity*. Intermediate Technology Publications, London.
- 50 Badman, T., Bomhard, B., Finck, A., Langley, J., Rosabal, P. et al. 2008. *Outstanding universal value: Standards for natural world heritage*. IUCN, Gland, Switzerland.
- 51 <http://www.lpi.usra.edu/resources/apollo/frame/?AS17-148-22727>
- 52 UNCCD. 2016. *Land Degradation Neutrality: The target setting programme*. UNCCD, Bonn.
- 53 United Nations: *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York.



变化的驱动因素

对粮食、饲料、燃料和原材料的需求不断增长，对土地的压力和自然资源的竞争日益加剧。与此同时，退化正在减少生产用地的数量。土地退化的驱动因素主要是直接或间接影响土地及其相关资源（如土壤、水和生物多样性）的健康和生产力的外部因素。

直接驱动因素是自然的（如地震、滑坡、干旱、洪水）或人为因素（即人为因素）；后者有一些影响了以前所认为的自然气候事件。人为的驱动因素，如森林砍伐、湿地排水、过度放牧、不可持续的土地利用方式以及农业、工业和城市地区（如土地利用变化）的扩大仍然是土地退化的最重要的原因。

许多现代作物和牲畜管理做法直接导致土壤侵蚀/压实、减少水过滤/有效性，以及地上及地下生物多样性下降。同时，采矿以及用于交通运输、能源和工业的基础设施越来越多地扩大了其在景观中的足迹，并在更大尺度上影响着土地资源。

近100年来，城市和城郊地区的土地使用量翻了一番，预计未来几十年将进一步加速。然而，城市地区虽然规模相对较小（约占全球土地面积的5%），但通常覆盖一些最肥沃的土壤和高产的土地。

间接驱动因素通常被认为是一个或多个土地退化直接驱动因素的潜在原因。与直接驱动因素不同，它们复杂、相互关联、分散，并且在更大和更长久的尺度上运行，而且根源距离退化区域更远。其中包括人口增长、土地权属和迁移趋势；消费者对基于土地的商品和服务的需求；侧重于快速增长的宏观经济政策；对压制跨部门协调的投资有利的公共政策和制度。



引言

土地退化是一个复杂的现象，通常涉及损失以下某些或全部：生产力、土壤、植被覆盖、生物量、生物多样性、生态系统服务和环境恢复力。退化常常由于管理不善或土地资源过度开采造成，例如，植被清除、养分耗尽、过度放牧、不当灌溉、农药的过度使用、城市蔓延、污染或其他直接影响，如采矿、采石、践踏或被车辆碾压。土地利用变化与退化不同，一些土地利用变化对人类的利益来说可能是有益的。然而，在当前自然生态系统衰退的背景下，加上土地资源压力越来越大，土地利用变化常常与降低生物多样性和生态系统服务的退化有关。

自然资本的价值：我们的经济制度的反复无常以及对财富积累的追求，是增加和扩大土地退化的直接驱动力的强大的间接驱动因素。在千年生态系统评估确定的四种生态系统服务（供应、支持、调节和文化）中，仅供应（如粮食、燃料、纤维）以及在较小程度上的文化服务（例如娱乐、旅游）有市场价格；大多数支持和调节服务则没有市场价格。尽管土壤形成、气候调节以及物种和生境保护等服务在支持生产性景观和人类安全方面起着至关重要的作用，但历史上，在过去200年的主导市场体系中只被赋予了很少的价值，甚至没有价值。这些体系采用了很高的折现率，往往鼓励侧重于短期并且忽视自然资本的真正长期价值的决策，这逐渐损害了可持续管理、保护和恢复土地资源的努力。

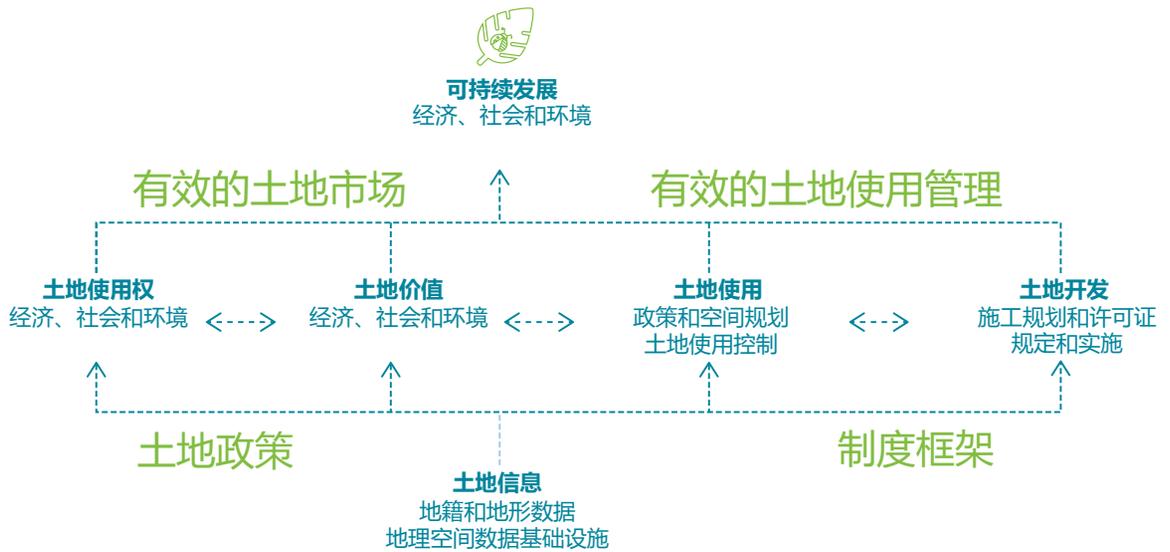
正如第2章所讨论的那样，这种情况正在慢慢改变。自1990年代以来，自然资本的多重价值成为围绕千年发展目标（2000 - 2015年）和当前可持续发展目标（2015-2030年）辩论的核心。生态系统功能和服务的适当估价（即按照对人类的益处）可以通过对土地管理采取更全面的方式来减少直接驱动因素的一些影响；其中在社会、政治和行政框架内进行竞争性权衡取舍的协商，由此可共同评估直接和间接利益。

三大相互关联的因素组推动着土地退化：决定土地利用的生物物理因素；管理更广泛的土地利用政策的制度因素；影响土地需求和管理的社会经济因素。²气候、植被、地形、水的有效性通常是确定土地利用的首要因素；经济形势影响管理决策，包括变化发生的时间和速度。在历史上，制度因素往往由根深蒂固的文化习俗决定，也受到政治和经济决策的影响。财产权和土地权属是理解制度因素影响的核心。得到保障的土地权属可以为投资、经济增长和自然资源的良好管护创造激励因素。但是，土地权属非常复杂，包含由各种正式和非正式手段建立的权利，包括文化、历史、习惯或非正式的安排。同一国家的农村和城市地区经常按照相当不同的法律权属形式运转，使城市周边地区的土地权利进一步复杂化。随着土地需求的增加，没有正式权属或财产权的人可能会面临不同程度的不安全感。

一般来说，导致土地退化和相关土地功能丧失的土地利用变化受到从地方到全球尺度上的多个因素或多个相互作用的因素驱动。⁴在未来的几十年中，由于土地利用之间的竞争，生产性土地的供应量的减少将会加剧。⁵土地退化的驱动因素可分为两类：（i）直接或最邻近的驱动因素，（ii）间接或潜在的驱动因素。直接驱动因素是与土地利用和条件变化直接相关的人类活动。⁶间接驱动因素不容易被检测或量化，并且确定其影响主要依赖于经济和社会指标以及趋势分析。⁷

土地退化是由于土地利用或由人类活动产生的过程或过程组合而导致的雨养农田、灌溉农田或牧场、草场、森林和林地的生物或经济生产力和复杂性的减少或丧失。

图3.1：现代土地管理体系的全球视角：重绘自³



土地退化直接驱动因素

全球对退化土地面积的估计差距很大，从10亿到60亿公顷不等，这同时说明了问题的规模以及对更准确数据的需要。这里简要讨论的关键驱动因素在《展望》的第二篇中详述，它们包括：

- 农业和林业
- 城市化
- 基础设施开发
- 能源生产
- 采矿和采石

1. 农业和林业

农业是迄今为止人类土地使用最多的部门，占地表面积38%，不包括格陵兰和南极洲。⁸农业用地面积仍在扩大，目前大部分以天然林为代价⁹，一定程度上还牺牲了草地。例如，它是当前热带地区土地转换的最重要的原因¹⁰，¹¹导致生物多样性和生态系统服务的丧失。¹²退化土地占拉丁美洲和加勒比地区森林和农业用地的五分之一以上。¹³商业农业是一个关键的驱动因素，¹⁴特别是牛肉、大豆和油棕的生产。¹⁵

虽然农业用地净面积继续扩大，但由于土壤流失、侵蚀、养分耗尽和盐渍化等原因，这种扩张掩盖了由于退化和土地的废弃造成的土地损失。¹⁶在某些地方，土地的废弃同样受政治和经济因素驱动。越来越多的机械化和农用化学制品（如氮肥和磷肥、农药和除草剂）的使用在短期内提高了产量，但也对土壤和水质以及生态系统和物种的健康产生了重大的负面影响，反过来又破坏了粮食安全。¹⁷



© Parolan Harahap

土壤退化的驱动因素¹⁸

土壤退化是损害粮食安全的关键因素。随着时间的推移，土壤可能在质量上（如盐渍化）和数量上（如侵蚀）退化。存在几种主要类型的土壤退化过程。

物理退化：通过破坏聚集体对土壤的结构破坏。这导致孔隙功能的丧失，又继而造成表面入渗减少、水土流失增加和排水减少。随着时间的推移，这会导致可供植物和生物群使用的气体减少。物理退化过程包括侵蚀、封闭和结皮以及压实。

化学退化：导致土壤化学失衡的过程，包括盐渍化、养分损失、酸化和中毒。

生物退化：土壤结构的人为破坏（例如通过耕作）可能因为由于增氧和有机物过度矿化导致结构和养分的损失，引起土壤生物群的过度活动。

所有这些过程都可能受到许多以不同的方式（包括过程的性质和速度）影响土壤过程的自然和人为的直接驱动因素的影响。直接驱动因素包括气候、自然灾害、地质和地貌以及生物多样性。气候对土壤过程和生态系统服务的供应有重大影响。当地气候（如降雨强度、气温、日照）通过驱动土壤水分和温度影响支撑过程和生物多样性。自然灾害（例如地震或火山喷发）可以改变土壤环境，而母质的地质起源决定了驱动土壤发育的初始矿物质和土壤性质，也将决定存在物种的品种和类型。土地利用、耕作方式和技术等人为驱动因素也大大影响了土壤过程。土地利用类型（如种植、牲畜养殖）决定了干扰类型（如耕作、踩踏、使用农用化学品）以及施用的投入物（例如排泄物、合成肥料）。农业实践确定干扰的强度（例如有机或常规作物）和投入量（例如施肥的数量和时间安排）。

预计在2000至2030年期间，城市化将导致每年主要农业用地损失160至330万公顷。

撂荒的农业地区往往被认为是一种退化的土地，¹⁹土地撂荒率被视为土地退化的指标，²⁰虽然它们也可以为生态恢复提供重要机会。撂荒可能由生产力下降、城乡迁移、人口老龄化、冲突、入侵物种的增加、农业补贴的变化或其他阻碍农业活动的因素驱动。

森林活动也对生态系统造成重大影响。森林滥伐通常是建立粮食或纤维种植园的前提，其中出售木材通常是后续行动的融资方式。在其他地方，天然林更加密集的管理活动，或将其转为种植园，改变了生态和水文，如果规划不善可能导致土壤侵蚀和其他生态系统服务的丧失。

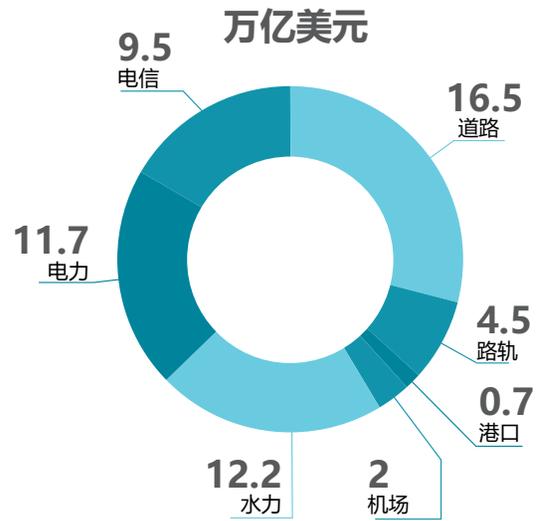
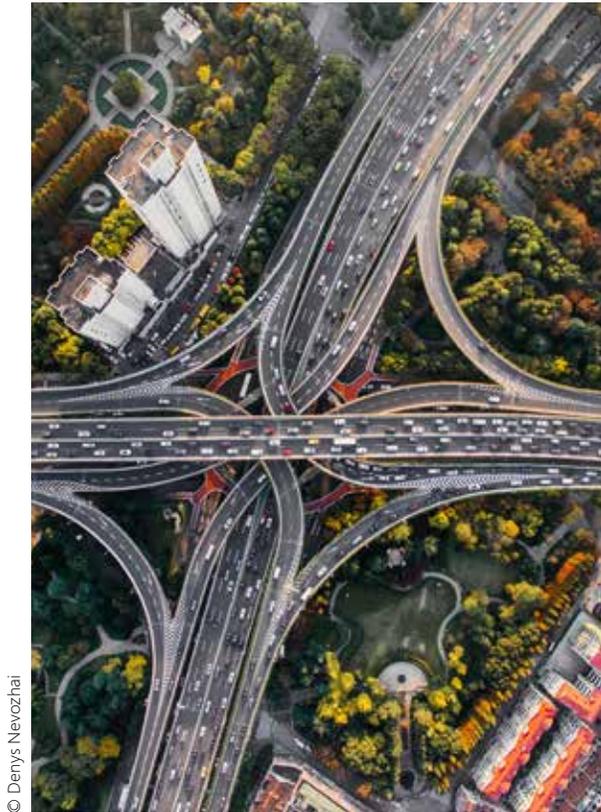
2. 城市化

到2050年，全球人口预期居住城市的比例预计将增长约25亿人。²¹这种增长往往导致城市蔓延，有些情况下，建设用地蔓延到肥沃的土壤和农田上，²²造成永久性耕地损失。全球大约2-3%的土地面积目前被城市化，预计到2050年将增加到4-5%。²³与此同时，发展中国家城市的建成区预计到2030年将增加三倍。²⁴预计在2000至2030年期间，城市化将导致每年主要农业用地损失160至330万公顷。²⁵除了直接使用土地（“占地”）外，城市人口的足迹远远超出了城市的界限。²⁶例如，热带森林砍伐与城市人口增长和农业出口呈正相关。²⁷



© UN Photo/Kibae Park

图3.2：预计基础设施投资的明细：
重绘自³¹



3. 基础设施发展

随着越来越多的人口涌入城市中心，道路、污水和排水、电力线路等基础设施的需求也在增长。²⁸同时，在许多老城市，大部分基础设施需要改进或更换。²⁹据估计，2013年至2030年间，需要约57万亿美元的基础设施投资。这一投资对应中国、巴西、印度和印度尼西亚等新兴经济体的交通运输、电力、水电和电信方面至关重要。³⁰

基础设施和城市发展合计已经覆盖了6000万公顷土地，³²大致相当于一个乌克兰的面积，未来40年可能会再扩大1亿至2亿公顷。³³这种变化对土地有直接和间接的影响。交通基础设施促进城市蔓延，取代了自然生态系统³⁴和土壤封闭，从而增加洪涝的风险。另外，城市地区的水径流可能受到污染，对淡水和其他下游生态系统服务造成负面影响³⁵。³⁶

基础设施发展也改变了地面反照率（即反射率）和蒸散的热传递速率，从而改变了当地的天气模式。³⁷预计基础设施发展规模有可能在一些地区取代生产性土地利用，并促使其他地区的土地撂荒。

在城市以外，道路和铁路切断了原始的生态系统，造成了直接的损失，如果计划和执行不力，则会助长进一步的无计划的转变。³⁸当穿过天然林或草地的新建公路发散出许多非官方的定居者小路时，这可能导致众所周知的“鱼骨效应”³⁹。⁴⁰在巴西亚马逊，在2万多公里的联邦或州道之外还有近20万公里的非官方道路，⁴¹这往往与伐木有关，⁴²其发展不可预测。⁴³目前还有20多个穿过原始森林的道路建设项目正在进行中，⁴⁴许多项目在砍伐森林⁴⁵和森林退化方面发挥了重要作用。⁴⁶如第7章所述，水电项目也改变生态系统，采矿活动则造成直接的损害⁴⁷，往往还会导致长期污染。



© UN

4. 能源生产

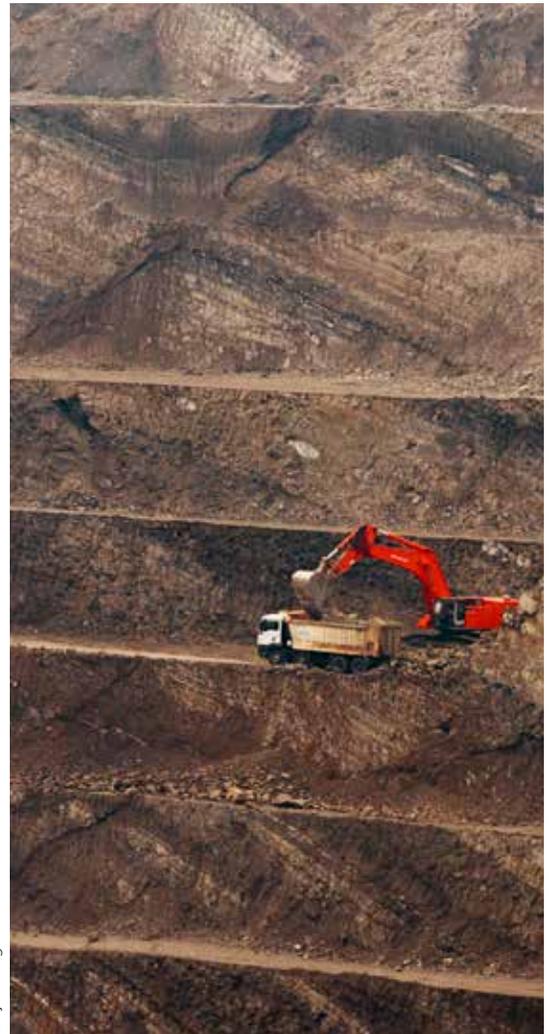
可再生能源和不可再生能源的所有来源都需要土地资源。在一些发展中国家，传统的薪柴能源是森林砍伐、森林退化和土壤侵蚀的主要驱动因素。⁴⁸石油和天然气开采除了在加速气候变化方面的作用外，还会对原地的土地状况产生影响，促使土地利用变化进一步负增长，并可能造成大面积污染。水力压裂（“压裂”）等新能源开采活动需要大量的水、管道、道路、压缩机站和蒸发池，这些都需要土地的利用；此外，还有文献记录了关于压裂相关健康和地震影响的担忧。⁴⁹欧盟补贴木材和木材废料，以此作为可持续生物燃料的重要来源。欧洲的燃煤电站燃烧越来越多来自美国和加拿大的木材，导致更多的森林滥伐和温室气体排放。新种植的树木可以吸收CO₂，但是即使是完整的树木更新，CO₂完全回收也需要20-100年的时间。⁵⁰

可再生能源生产也影响到土地需求、土地利用和土地退化。生物燃料需要大量的土地，⁵¹棕榈油和大豆等农作物侵占森林和草地。⁵²2010年全球生物燃料作物面积估计为4500万公顷，⁵³到2030年预计会翻番，⁵⁴占到所有耕地的3-4.5%。⁵⁵水电开发直接淹没广大面积，开辟新的利用区域，改变水文，对河流、洪泛区和季节性湿地产生重大影响。⁵⁶太阳能和风力发电场也需要大量的土地面积，与所有能源一样，需要电力网和电力线等配电网。

可再生能源生产也影响到土地需求、土地利用和土地退化。生物燃料需要大量的土地，棕榈油和大豆等农作物侵占森林和草地。

5. 采矿和采石

最近的政治和经济变化导致矿产开采投资增加，⁵⁷直接导致森林砍伐、⁵⁸植被燃烧⁵⁹和采矿作业造成的土地和土壤退化，以及更广泛分散的环境和社会损害。⁶⁰露天采矿和山顶采矿特别具有破坏性，⁶¹而地下矿坍塌也可能导致沉降、水土流失和水资源污染等问题。⁶²高价值矿物的采选会产生大量废物，⁶³每年达到数千万吨级，⁶⁴造成水体淤积、⁶⁵酸性矿井排放和有毒矿物质浸出。这种废物也造成空气污染，⁶⁶这可能会影响人类健康⁶⁷和抑制作物生产。⁶⁸采矿（特别是非法并因此不受管制的采矿）也造成高水平的污染；例如，在黄金提取中对氰化物和汞的使用⁶⁹导致地表和地下水的污染。⁷⁰



© Şükürü Ağbal

土地退化的 间接驱动因素

过去两个世纪以来，我们对基于土地的商品和服务的需求呈指数级增长。土地退化的间接或潜在原因与生活方式、经济和消费模式有关，是人口、技术、制度和社会文化因素的复杂混合体。⁷¹这些因素包括国际市场和商品价格、人口增长和迁移、⁷²国内市场和消费者需求、政策和治理，⁷³以及更多的本地趋势，如家庭行为的变化。⁷⁴

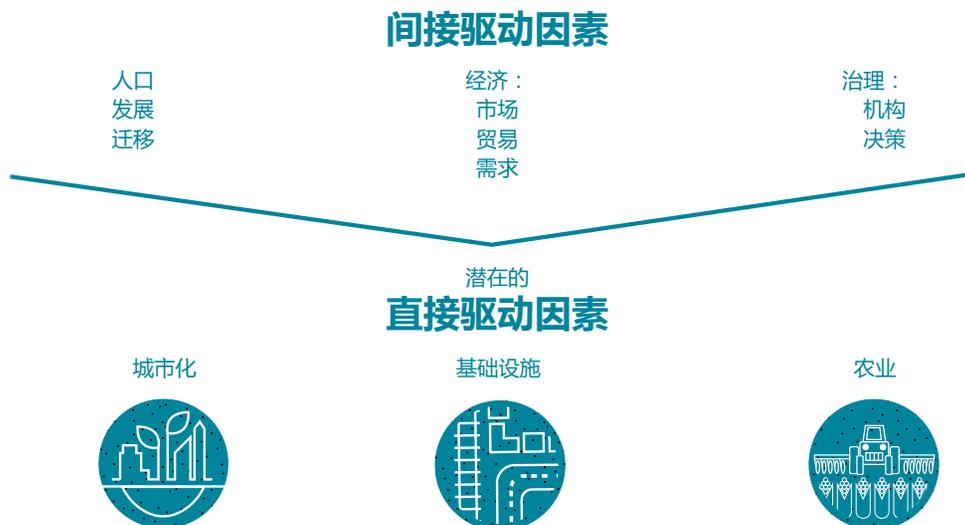
在国家层面上，治理薄弱、制度不稳定、缺乏跨部门协调、公共机构能力低下，腐败和非法活动，都被认为是森林和草地退化的间接驱动因素。在应对生态系统变化方面，气候变化是导致土地利用变化的关键因素。⁷⁵

1960年代以来，全球农产品贸易增长了十倍，⁷⁶原木制品贸易增长七倍。⁷⁷一个结果就是主要作物和放牧地的竞争有所增加。目前国际贸易也包括土壤、水和土地等自然资源的虚拟交易，⁷⁸从而取代了这些经济活动的环境影响。⁷⁹这导致了往往处于治理薄弱情况下的发展中国家大规模的农业扩张⁸⁰。

许多潜在的驱动因素往往在受其影响地区很远的地方。例如，中国的饮食变化，特别是肉类消费量的增加，增加了从巴西进口大豆，以饲养猪和禽类。⁸¹同样，日益增长的木制品需求，加上中国和芬兰的森林保护计划，也增加了俄罗斯森林满足中国木材进口需求的压力。⁸²苏联解体后广泛的土地撂荒最终导致了巴西对俄罗斯的牛肉贸易的增加，加速了巴西的土地利用变化。⁸³

土地兼并和供应链：最近的一个间接驱动因素是土地已经成为一种新型的资产类型。因此，一些投资者正在寻求将其流动资产注入农村土地，期望获得高租金和回报。这引起了对大规模土地收购和兼并的担忧，这是土地退化的另一个潜在驱动因素。⁸⁴在过去十年中，小农户的未来一直受到价值链的崛起的威胁，这条价值链由跨国食品行业推动，受到消费需求的支持。这些供应链的影响的范围之广，促使消费价格下跌，对贫穷的消费者来说具有很大的益处。然而，降低生产者利润会影响未来的投入，增加农场兼并的可能性，将贫困农户置于生存的边缘线上。⁸⁵随着小农户及其社区消失，农村到城市迁移加剧，这可能会对未来数十年的土地退化产生深远的影响。

图3.3：直接驱动因素背后的间接驱动因素



结语

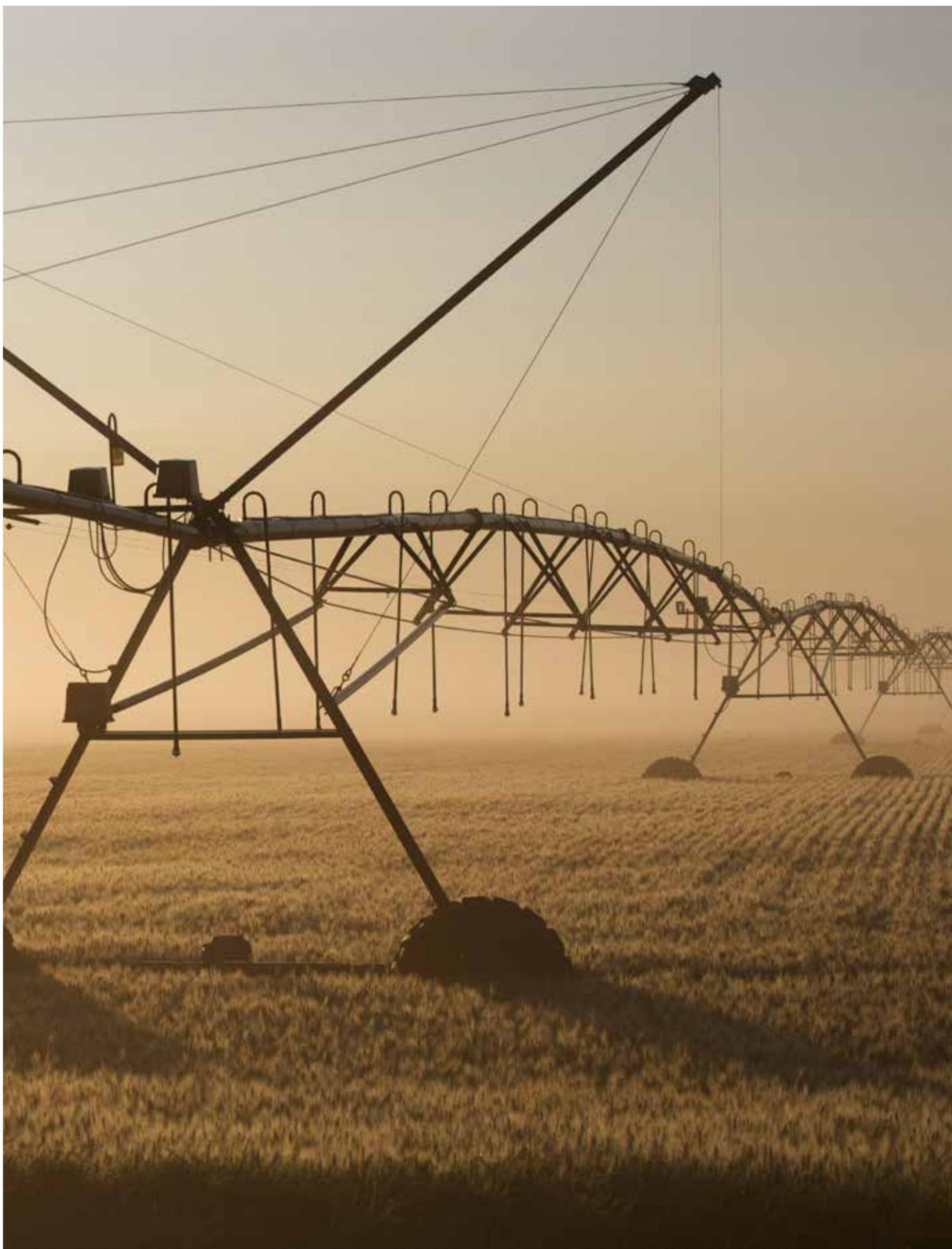
土地退化的驱动因素与直接或间接影响土地健康和生产力的因素有关。直接驱动因素包括自然或人为因素。森林砍伐、过度放牧以及农业、工业和城市地区的扩张仍然是造成土地退化的最重要的直接原因。

另一方面，间接驱动因素更加复杂，在更大和更长期的尺度下运行，距离退化的地区更远。它们包括人口趋势、土地权属、消费者对基于土地的商品和服务不断变化的需求、基于快速增长的宏观经济政策、不公平的治理制度以及对压制跨部门协调的投资有利的公共政策和制度。直接和间接的驱动因素相互作用、互相加强，共同推动世界许多地区的土地退化。

参考文献

- 1 UNCCD. 1994. Article 2 of the Text of the United Nations Convention to Combat Desertification. <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf>.
- 2 Stolte, J., Tesfai, M., Øygarden, L., Kværnø, S., Keizer, J., et al. (eds.) 2016. Soil threats in Europe. European Commission, Brussels.
- 3 Enemark, S. 2005. Understanding the land management paradigm. In Symposium on Innovative Technology for Land Administration: FIG Commission 7 (pp. 17-27).
- 4 Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience* **52**: 143-150.
- 5 Lambin, E. F. and Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **108** (9): 3465-3472.
- 6 Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* **7** (4): 044009.
- 7 Kissinger, G., Herold, M., and De Sy, V. 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation – A Synthesis Report for REDD+ Policymakers. Vancouver, Canada.
- 8 Foley, J.A. 2011. Sustain the planet? *Scientific American*. November 2011, pp. 60-65.
- 9 Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A. et al. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* **352**: 9-20.
- 10 Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. 2011. Op cit.
- 11 Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., et al. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (38): 16732-16737.
- 12 Chomitz, K.M. 2007. At Loggerheads? Agricultural Expansion, Poverty Reduction, and Environment in the Tropical Forests. The World Bank, Washington, DC.
- 13 Vergara, W., Gallardo, L., Lomeli, G., Rios, A.R., Isbell, P., et al. 2016. The Economic Case for Landscape Restoration in Latin America. World Resources Institute, Washington, DC.
- 14 Boucher, D., Elias, P., Lininger, K., May-Tobin, C., Roquemore, S. et al. 2011. The Root of the Problem: What's Driving Tropical Deforestation Today? Union of Concerned Scientists. Cambridge, MA.
- 15 Rudel, T.K., Schneider, L., Uriarte, M., Turner II, B.L., DeFries, R., et al. 2009. Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970–2005. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106** (49): 20675-20680.
- 16 Overseas Development Group. 2006. Global Impacts of Land Degradation. Paper for the GEF. ODG, University of East Anglia, Norwich, UK.
- 17 UNEP. 2014. UNEP Year Book 2014: Emerging issues in our global environment. United Nations Environment Programme, Nairobi, pp. 6-11.
- 18 Dominati, E., Patterson, M., and Mackay, A. 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics* **59** (9): 1858-1868.
- 19 Gibbs, H.K. and Salmon, J.M. 2015. Mapping the world's degraded lands. *Applied Geography* **57**: 12-21.
- 20 Kosmas, C., Kairas, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L. et al. 2013. Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: methodological approach. *Environmental Management* DOI 10.1007/s00267-013-0109-6.
- 21 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).
- 22 UNEP. 2014. Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply: A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Paris.
- 23 Ibid.
- 24 Ibid.
- 25 Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. 2011. Op cit.
- 26 Rees, W.E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacities: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization* **4** (2): 121-130. DOI: 10.1177/095624789200400212
- 27 Defries, R.S. et al. 2010. Op cit.
- 28 Urban Land Institute and Ernst and Young. 2013. Infrastructure 2013: Global Priorities, Global Insights. Washington, DC.
- 29 Ibid.
- 30 McKinsey Global Institute. 2013. Infrastructure productivity: How to save \$1 trillion a year. London, UK.

- 31 McKinsey Global Institute. 2013. Infrastructure productivity: How to save \$1 trillion a year. London, UK.
- 32 Nachtergaele, F. and George, H. 2009. How much land is available for agriculture? (Unpublished paper) FAO, Rome.
- 33 Bettencourt, L.M., Lobo, J., Helbing, D., Kuhnert, C., and West, G.B. 2007. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104** (17): 7301-7306.
- 34 UNEP. 2012. GEO-5 Environment for the future we want. Nairobi, Kenya.
- 35 UNEP. 2016. GEO-6 Regional Assessment for North America. Nairobi, Kenya.
- 36 European Environment Agency. 2010. The European environment — state and outlook 2010: Land Use (Vol. 196). Copenhagen. <http://doi.org/10.2800/5930>.
- 37 UNEP. 2012. Op cit.
- 38 Laurance W.F., Clements, G.R., Sloan, S., O'Connell, C.S., Mueller, N.D., et al. 2014. A global strategy for road building. *Nature* **513**: 229-232.
- 39 Ahmed, S.E., Souza, C.M. Jr., Riberio, J., and Ewers, R.M. 2013. Temporal patterns of road network development in the Brazilian Amazon. *Regional Environmental Change* **13** (5): 927-937.
- 40 Arima, E.Y., Walker, R.T., Sales, M., Souza, C. Jr., and Perz, S.G. 2008. The fragmentation of space in the Amazon basin. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **74** (6): 699-709.
- 41 Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M. Jr., and Laurance, W.F. 2014. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biological Conservation* **17**: 203-209.
- 42 Laurance, W.F., Goosem, M., and Laurance, S.G. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution* **24** (12): 659-669.
- 43 Rosa, I.M., Purves, D., Souza, C. Jr., and Ewers, R.M. 2013. Predictive modelling of contagious deforestation in the Brazilian Amazon. *PLoS One* **8** (10): e77231.
- 44 Kis Madrid, C., Hickey, G.M., and Bouchard, M.A. 2011. Strategic environmental assessment effectiveness and the initiative for the integration of regional infrastructure in South America (IIRSA): A multiple case review. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* **13** (04): 515-540.
- 45 Ferretti-Gallon, K. and Busch, J. 2014. What drives deforestation and what stops it? Working Paper 361, Centre for Global Development, London.
- 46 Müller, R., Pacheco, P., and Montero, J.C. 2014. The context of deforestation and forest degradation in Bolivia: Drivers, agents and institutions. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- 47 Lees, A.C., Peres, C.A., Fearnside, P.M., Schneider, M., and Zuanon, J.A.S. 2016. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodiversity and Conservation* **25** (3): 451-466.
- 48 CBD. 2010. Global Biodiversity Outlook 3. Secretariat to the Convention on Biological Diversity, Montreal, Quebec, Canada.
- 49 McDermott-Levy, R., Kaktins, N., and Sattler, B. 2013. Fracking, the environment and health. *American Journal of Nursing* **113** (6): 45-51.
- 50 Vet, L., Katan, M., and Rabbinge, R. 2016. Position Paper: Biofuel and Wood as Energy Sources. Effect on Greenhouse Gas Emissions. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam.
- 51 UNEP. 2014. Op cit.
- 52 Gerbens-Leenes, P.W., van Lienden, A.R., Hoekstra, A.Y., and van der Meer, Th.H. 2012. Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road transport in 2030. *Global Environmental Change* **22** (3): 764-775.
- 53 Woods, J., Lynd, L.R., Laser, M., Batistella, M., Victoria, D., et al. 2015. Land and Bioenergy. In: Souza, G.M., Victoria, R.L., Joly, C.A., and Verdade, L.M. (eds.), *Bioenergy and Sustainability: bridging the gaps*. Paris: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). pp. 259-300.
- 54 Lapola, D.M., Schaldach, R., Alcama, J., Bondeau, A., Koch, J., et al. 2010. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (8): 3388-3393.
- 55 FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) — Managing systems at risk. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Earthscan, Rome and London.
- 56 World Commission on Dams. 2000. Dams and Development: A new framework for decision-making. Earthscan, London.
- 57 Kesler, S. 2007. Mineral supply and demand into the 21st century. In: *Proceedings, Workshop on Deposit Modeling, Mineral Resource Assessment, and Sustainable Development* (pp. 55-62).
- 58 Rademaekers, K., Eichler, L., Berg, J., Obersteiner, M., and Havlik, P. 2010. Study on the evolution of some deforestation drivers and their potential impacts on the costs of an avoiding deforestation scheme. IIASA. Rotterdam, Netherlands.
- 59 ELAW (ed.). 2010. Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs. Environmental Law Alliance Worldwide, Eugene, USA.
- 60 Mkpuma, R.O., Okeke, O.C., and Abraham, E.M. 2015. Environmental problems of surface and underground mining: a review. *The International Journal of Engineering and Science* **4** (12): 12-20.
- 61 Sadhu, K., Adhikari, K., and Gangopadhyay, A. 2012. Effect of mine spoil on native soil of Lower Gondwana coal fields: Raniganj coal mines areas, India. *International Journal of Environmental Sciences* **2** (3): 1675-1687.
- 62 Meng, L., Feng, Q., Zhou, L., Lu, P., and Meng, Q.-J. 2009. Environmental cumulative effects of coal underground mining. *Procedia Earth and Planetary Science* **1** (1): 1280-1284.
- 63 Katoria, D., Sehgal, D., and Kumar, S. 2013. Environment impact assessment of coal mining. *International Journal of Environmental Engineering and Management* **4** (3): 245-250.
- 64 Clean Air Task Force. 2001. Cradle to Grave: The environmental impacts from coal. Boston, MA.
- 65 Goswami, S. 2013. Environment management in mining areas (A study of Raniganj and Jharia coal field in India). *Global Journal of Human Social Science* **13** (7): 9-20.
- 66 Ugwu, E.I., Agwu, K.O., and Ogbu, H.M. 2008. Assessment of radioactivity content of quarry dust in Abakaliki, Nigeria. *The Pacific Journal of Science and Technology* **9** (1): 208-211.
- 67 Momo, A., Mhlongo, S.E., Abiodun, O., Muzerengi, C., and Mudanalwo, M. 2013. Potential implications of mine dusts on human health: A case study of Mukula mine, Limpopo South Africa. *Pakistan Journal of Medical Sciences* **29** (6): 1444-1446.
- 68 Rashid, H., Hossain, S., Urbi, Z., and Islam, S. 2014. Environmental impact of coal mining: A Case study on the Barapukuria coal mining industry, Dinajpur, Bangladesh. *Middle-East Journal of Scientific Research* **21** (1): 268-274.
- 69 Kissinger, G. et al. 2012. Op cit.
- 70 Ezech, H.N. 2010. Assessment of Cu, Pb, Zn, and Cd in groundwater in areas around the derelict Enyigba Mines, south eastern Nigeria. *Global Journal of Geological Sciences* **8** (2): 67-173.
- 71 Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2002. Op cit.
- 72 Rademaekers, K. et al. 2010. Op cit.
- 73 Defries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M., and Hansen, M. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* **3**: 178-181.
- 74 Obersteiner, M., Huettner, M.M., Kraxner, F., McCallum, I., Aoki, K., Bottcher, H., Fritz, S., Gusti, M., Havlik, P., Kindermann, G., Rametsteiner, E., and Reyers, B. 2009. On fair, effective and efficient REDD mechanism design. *Carbon Balance and Management* **4** (11): 1-11.
- 75 HLPE. 2012. Climate change and food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.
- 76 UNEP. 2014. Op cit.
- 77 FAO Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Retrieved from <http://faostat.fao.org>
- 78 Hubacek, K. and Giljum, S. 2003. Applying physical input-output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities. *Ecological Economics* **44** (1): 137-151.
- 79 Srinivasan, U.T., Carey, S.P., Hallstein, E., Higgins, P.A.T., Kerr, A.C., et al. 2008. The debt of nations and the distribution of ecological impacts from human activities. *Proceedings of the National Academy of Science* **105** (5): 1768-1773.



© Chris Happel

证据汇总

人类主宰地球，其影响力延伸到世界各地。过去20年来，耕种土地面积增加了16%，灌溉面积翻了一番，农业生产增长了近三倍。然而近十亿人口仍然营养不足。由于粮食需求上升、全球饮食习惯转变、生物燃料生产、城市化和其他竞争性需求，全球土地资源面临巨大的压力。垃圾填埋、采矿和其他开采活动也增加了土地资源的压力。因此，健康、肥沃的土地变得日益稀缺。

显然，不可持续的人类活动将土地置于危险之中，同时威胁着所有人类所依赖的生态系统服务。仅在欧洲，因土地管理做法不善造成每年的侵蚀性土地损失估计为9.7亿吨；全球范围内，土地年损失估计为240亿吨。卫星观测表明，2000年至2012年全球损失230万平方公里森林，而还林面积只有80万平方公里。森林和其他自然生态系统的丧失直接影响生物多样性和生态系统服务，例如养分、碳和水的循环以及气候调节。

农业提供粮食、纤维和其他维持生命的产品。农田占全球无冰地面积的14%左右，牧场占26%左右。世界农用土地约有45%位于旱地，主要在非洲和亚洲，提供了约60%的世界粮食生产。虽然粮食生产的增加对于供给不断增长的人口至关重要，但农业扩张威胁到当地和区域生态系统功能及其对所有物种的重要服务。

引言

衡量土地退化的程度非常困难；即使在欧洲和北美等受过充分研究的地区，专家对现状和趋势也存有异议。世界荒漠化图谱（WAD），¹由欧盟委员会联合研究中心（JRC）在“联合国防治荒漠化公约”（UNCCD）的协作下协调的一个项目，其超越常规荒漠化分析，以农田和牧场为重点，更广泛地考虑全球人为土地变化过程的现状和趋势。WAD进一步补充了基于森林、水资源、生物多样性和土壤条件的大量证据，参见本展望的第二篇。在总结了WAD的一些主要结论之后，本章将土地生产力动态的现状和趋势与因广泛的土地退化而面临风险的一些商品和服务进行比较并加以总结。

考虑到土地退化的驱动因素和多重因素以及对具体情况的反应的需要，制定代表或绘制土地退化的单一指标或指数是一个巨大的挑战。因此，WAD建立于一个提供有关人与环境相互作用的“证据汇总”的系统框架上。这允许确定可能导致土地退化的专题路线和地理上明确的重合过程模式。

这种提供地理空间信息并将其与地方一级指标组合在一起的方法，与“防治荒漠化公约”的监测和评估框架²以及为落实土地零退化目标（SDG 15.3）而对景观层面方法的采用相一致。

通过评估自上一个图谱出版以来大约15至20年的参考期间，并考虑2005年的千年生态系统评估的结果³，WAD全球测绘方法旨在帮助确定可能受到持续的土地退化影响的地区以及显示正在恢复其生产能力的迹象的地区。在这些地图上覆盖了关于土地退化最常见的直接和间接原因的信息，在可以做到时还包括有关可持续土地利用和管理做法（如农林业和保护性农业）的信息。

WAD实施系统和透明的框架，以跟踪主要的人类-环境过程和相互作用的一致之处。这种地理上的证据汇总有启发意义，因为它突显土地退化的各个方面和可能的途径以及包括保护、可持续管理和土地资源恢复在内的应对措施。WAD的第三版以在潜在承受压力区域内产生可辨别的模式的全球数据集为重点。然后将这些压力源的组合通过代表一系列利益相关者利益的各种分层加以过滤，如从农田或牧场角度。作为一个全球范围的工作，WAD在解释具体的当地情况的能力方面仍然有限，这些情况需要根据情境信息来解决，并根据对在此规模上的相互作用的理解进行解释。然而，WAD汇总框架可以用于提供国家或地区范围的更详细研究的背景信息。

土地生产力动态

土地生产力是指单位面积和时间的净初级产量（NPP）。它反映了环境条件和土地资源使用/管理造成的土地和土壤总体质量。土地生产力持续下降意味着土地健康和生产能力的长期变化。这种下降直接和间接地影响到几乎所有的陆地生态系统服务，即构成所有人类社区可持续生计和经济增长基础的福利。该指标依赖于凭借高空间分辨率（1公里或更高）和现有的地球观测系统的操作性解决方案，对与NPP相当的遥感土地生产力全球长期时间序列测量的多时相和专题评估。

生产力降低的趋势本身并不表明土地退化，增加的趋势也不表明土地恢复。为了实施旨在确定关键土地退化区的进一步评估，需要使用附加专题信息的分析式证据汇总框架。

文本框4.1：评估土地覆盖状况的方法

过去，土地退化地图一直存在争议；由于这种现象的多方面性、涉及的过程的复杂性以及在全球范围内的解读困难，其价值受到质疑。然而，过去二十年取得的进步（改进版全球数据集的出现、对基础过程的更好理解以及快速推进的分析工具）已经提高了这种分析的准确性。

地球植被覆盖状况及其随时间推移的发展状况是被普遍接受的土地生产力和动态的表现，反映了综合生态条件以及自然和人为环境变化的影响。WAD中使用的“土地生产力动态”（LPD）一词反映出—一个稳定的土地系统的初级生产力并非稳定状态这一事实，由于自然变化和/或人为干预，不同年份和植被的生长周期之间差异往往很大。这意味着无法通过比较单个参考年份的土地生产力价值或几年的平均值作出对土地生产力变化的有意义评估，也强调了需要基于长期趋势的方法。因此，LPD数据集依赖于遥感植被指标长期全球时间序列的多时相和主题评估，由此计算净初级生产力的等效值。这些时间序列数据集加上模型衍生的生物物理变量越来越多地由现有的国家和国际地球观测系统（如地球观测组织）提供。^{4,5}

所使用的LPD图不提供土地生产力的数值测量。相反，它描绘了过去15年来土地生产力动态的持续轨迹。从1998年到2013年，它提供了五个持续的—土地生产率轨迹的质量类别：换言之，是对植被覆盖负面或正面趋势和变化的强度和持续性的定性综合评估。LPD数据集处理链的主要内容总结参见附录2，其同时考虑到数据产品的验证和准确性方面。

表4.1：五类土地
生产力动态

WAD的关键信息是，土地退化是一个多方面的全球现象，区域之间和关键的土地覆盖/土地利用系统之间有明显的差异，一个或一组有限的指标不足以囊括。WAD框架中的一个关键指标是土地生产力动力学（LPD）数据集，它指的是常规生物量生产力，来源于对15年时间序列（1998-2013年）全球标准化差异植被指数（NDVI）的SPOT-VGT观察结果（以10天的间隔以1公里的空间分辨率合成）的物候分析。该图显示了表明负面或正面变化或稳定区域的5个类别，是土地在给定的15年观察期间维持初级生产力动态平衡的明显能力的变化或停滞的指标。

| 类别值 | 描述 |
|-----|------------------------|
| 1 | 生产力持续严重下降 |
| 2 | 生产力持续温和下降 |
| 3 | 稳定，但承受压力；持续强烈的年度间生产力变化 |
| 4 | 稳定的生产力 |
| 5 | 生产力持续提高 |

WAD的关键信息是，土地退化是一个多方面的全球现象，区域之间和关键的土地覆盖/土地利用系统之间有明显的差异，一个或一组有限的指标不足以囊括。

必须明确理解和传达的是：LPD数据集背景下的“土地生产力”，在严格意义上所指的是地上植被生物量的总体生产力。这在概念上与常规农业术语中使用的每单位农业收入或“土地生产力”不一样，也不一定直接相关。

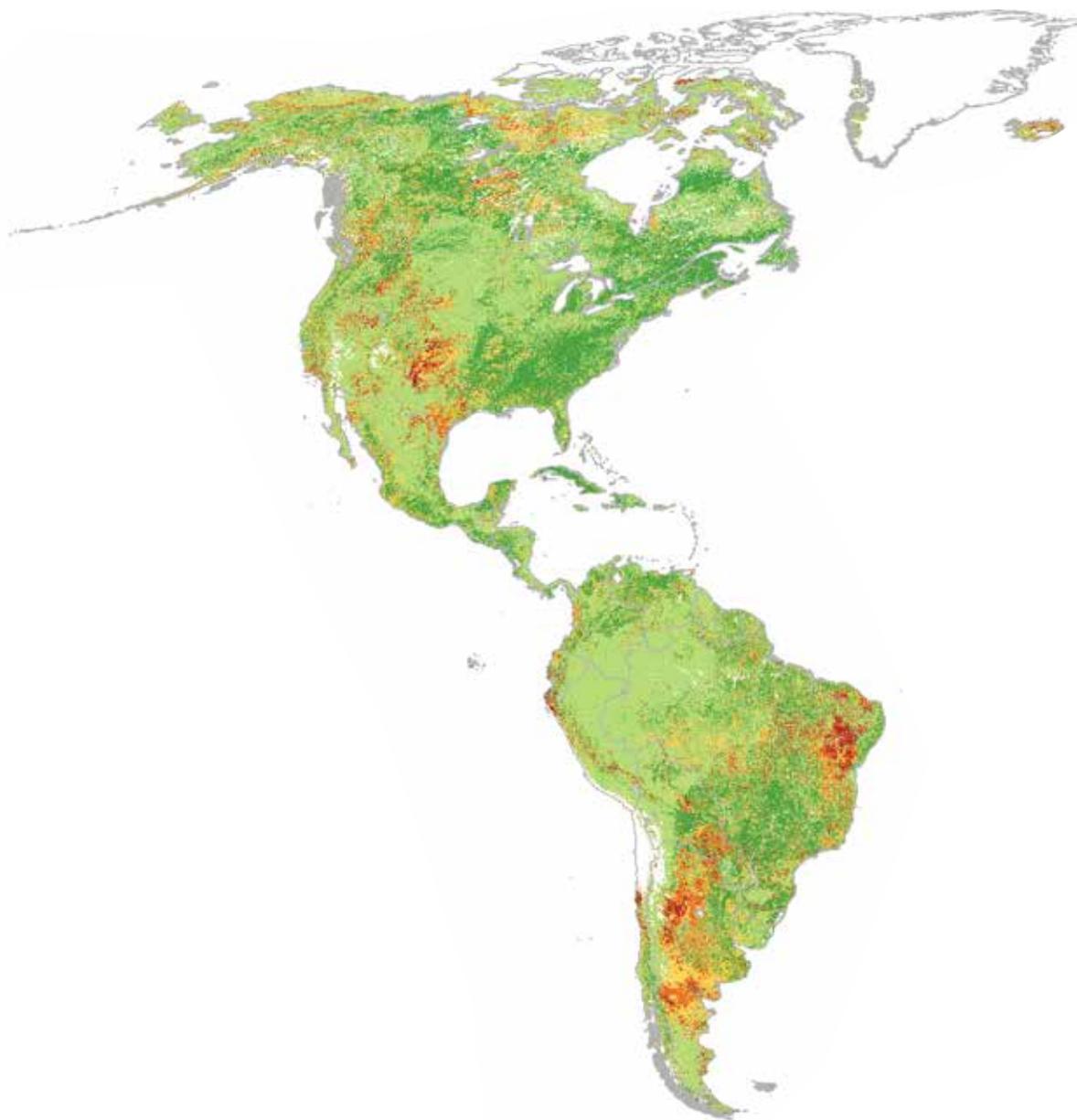
全球可以观察到生产力下降的迹象，多达2200万平方公里受到影响，即约20%的地球植被地表表现出持续下降的趋势或对土地生产力的压力。这些全球趋势在20%的农田、16%的林地、19%的草地和27%的牧场（即灌木丛、草本和稀疏植被的地区）当中显而易见。对于草地和牧场，全球范围生产力下降的地区超过了显示出增长的地区。按绝对价值计算，南美洲和非洲受生产力下降的影响最大，澳大利亚和大洋洲受影响地区所占比例最大：澳大利亚约37%、南美洲27%、非洲22%。

考虑到致力于维护和提高耕地和永久耕地生产力的巨大努力和资源，以及农田进一步扩大明显受到限制的事实，这些数字令人担忧，采取行动势在必行。这种分析可以根据土地覆盖/土地利用分类进一步分类。在下一步的分析中，LPD类别的分布进一步分解为全球和大陆层面的粗略的土地覆盖/土地利用类别：

- 农田（包括耕地、永久农作物和农作物超过50%的混合类别）
- 草地（包括天然草地和管理牧场）
- 牧场（包括灌木地、草本植物和稀疏植被的地区）
- 森林（包括所有森林类别和树种覆盖率超过40%的混合林）

这种细分显示各个领域受到下降或承受压力（即不稳定）的土地生产力动态的影响的显著差异（图4.3）和比例（图4.4）。而在大陆/地区和次区域层面分类时，总体情况会更加细微。在潜在关键领域的尺度和范围及其与土地覆盖/土地利用的关系方面，大陆之间的实质差异显而易见。

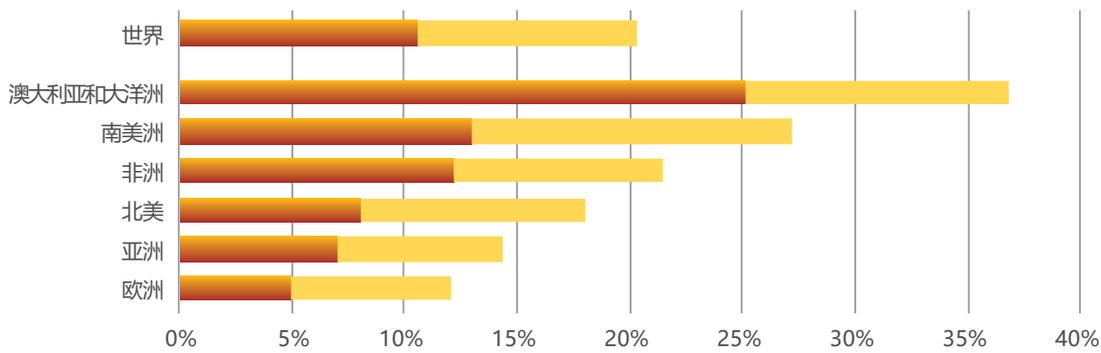
图4.1：1999年至2013年
全球土地生产力动态图显示在观察期间5类持续的**土地生产率**轨迹。生产力降低的趋势本身并不表明土地退化，增加的趋势也不表明土地恢复。为了实施旨在确定关键土地退化区的进一步评估，需要使用附加专题信息的分析式证据汇总框架。



图例

- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加

图4.2：区域分组是指大陆
分类系统（澳大利亚和大洋洲包括新西兰、巴布亚新几内亚和太平洋岛屿；北美和中美洲包括加勒比海）。



图例

- 下降和中度下降相结合
- 承受压力

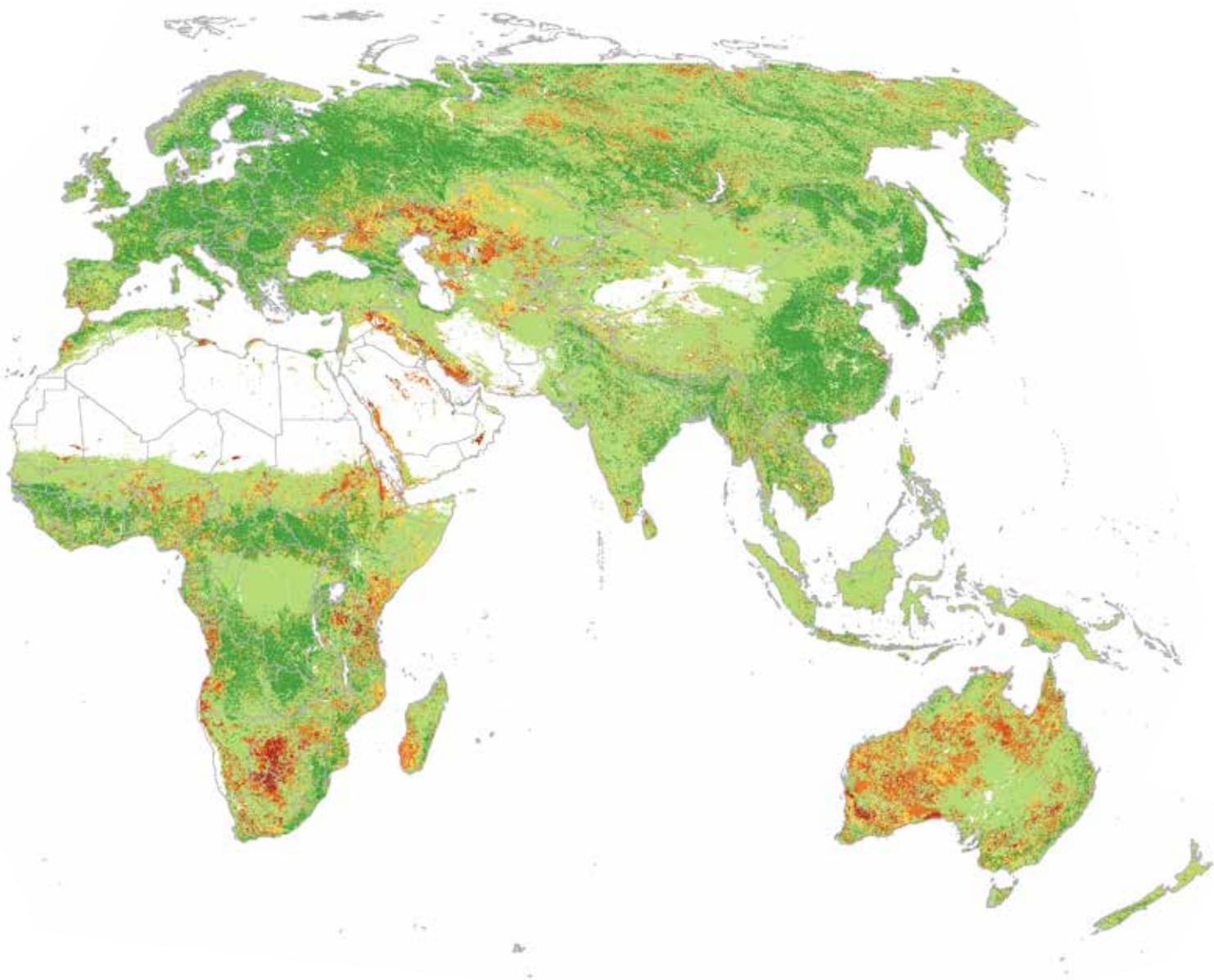


图4.3：所选LC/LU类别LPD类的全球空间范围

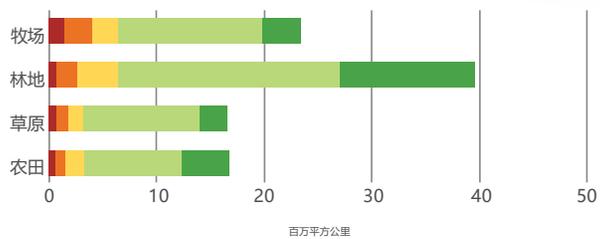


图4.4：在全球一级的4个主要LC/LU类别的LPD类别分配百分比

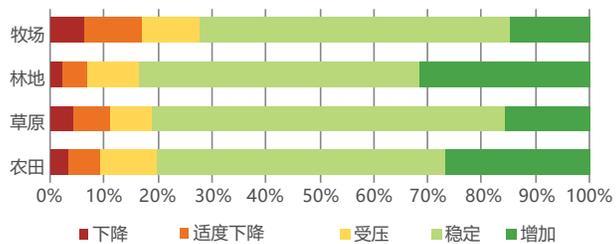
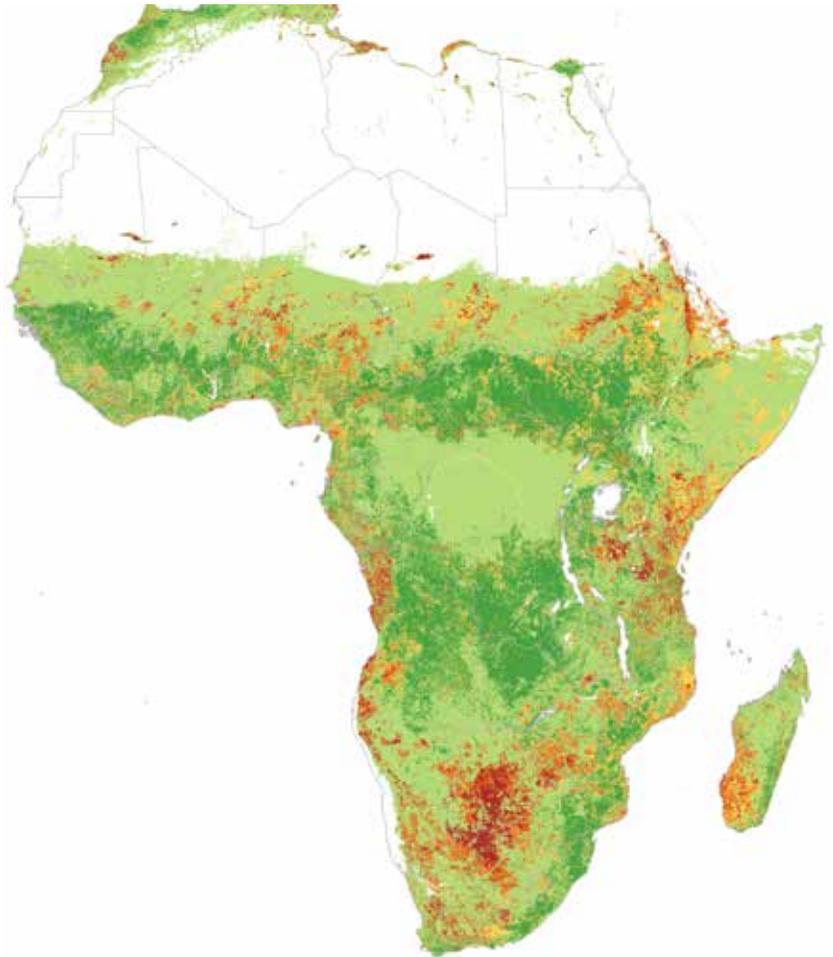


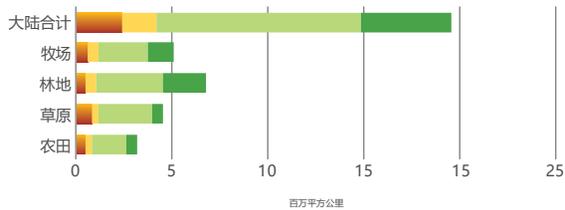
图4.5 :
显示观察期间5类持续土地生产率轨迹的1999年至2013年亚洲土地生产力动态图。



图例

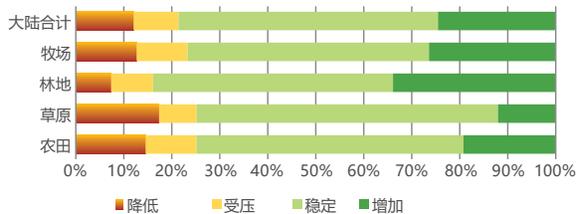
- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加

图4.6 :
非洲所选LC/LU类别的LPD类空间范围



在**非洲**，分配作为农田的植被地表约有16%，其中约23-24%的土地生产力下降或不稳定。非洲牧场和草地是畜牧业生产和大部分人口生计的重要资源，其正在经历与受影响农田类似的生产力下降。土地生产力下降的总体扩张似乎高于全球平均水平，超过了生产力日益增加或复苏地区的范围，特别是农田和草地。

图4.7 :
非洲4个主要LC/LU类别的LPD类分配百分比



鉴于预期的人口增长，非洲农田和草地的这些严重不平衡的土地生产力趋势尤其令人担忧。非洲的森林仍然覆盖约为700万平方公里，其中16%受土地生产力下降或承受压力的影响，34%的覆盖土地显示生产力提高的迹象。过去10到15年，刺激森林保护、植树造林和可持续农业和牧区土地利用制度的植树方案取得了一些进展，这可能是一个积极的信号。

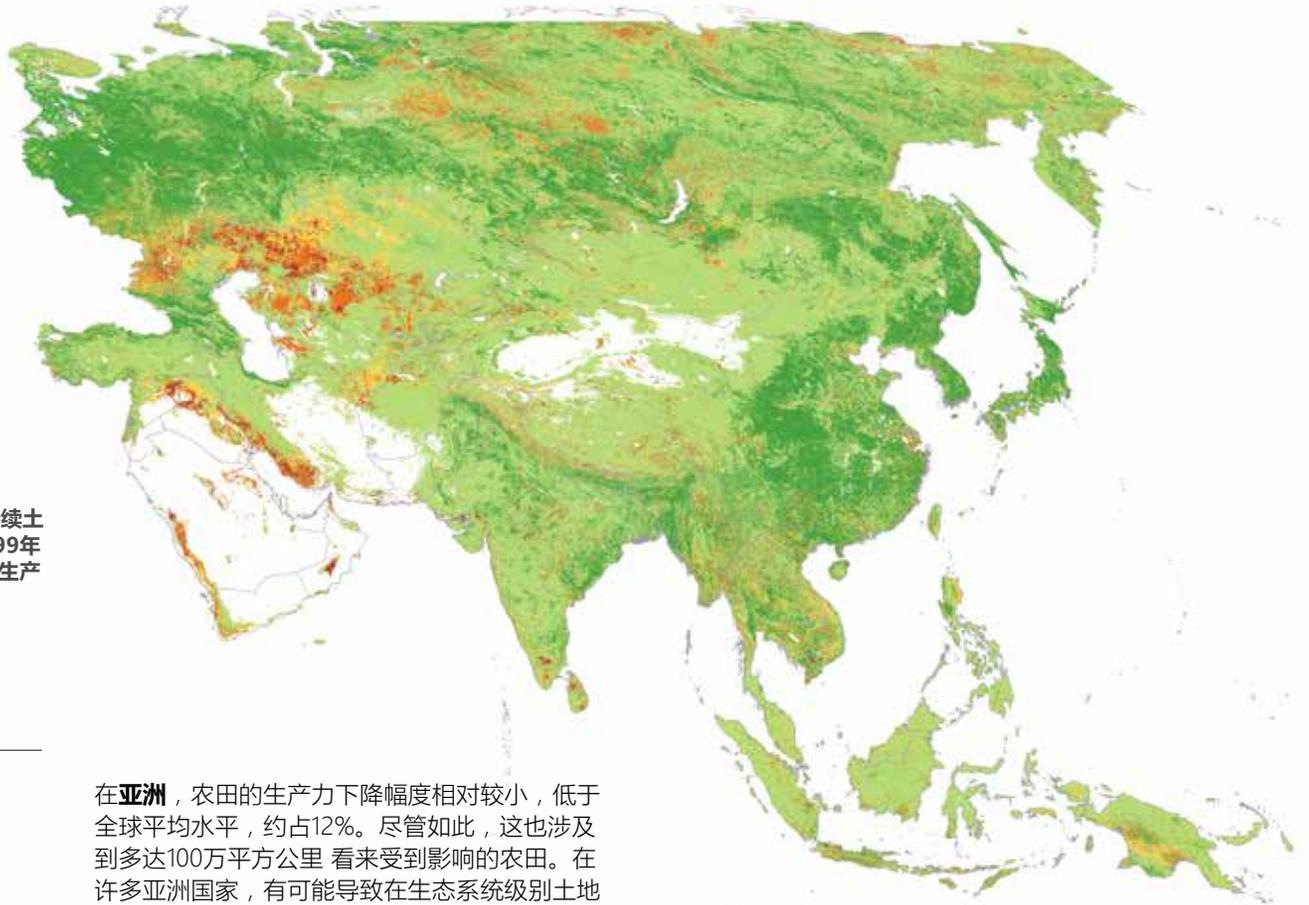


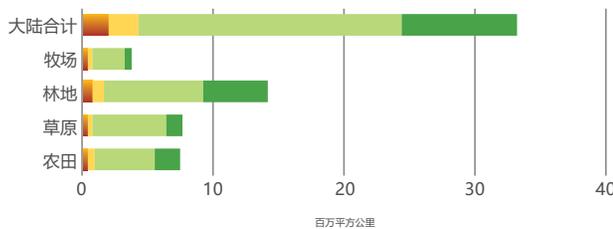
图4.8 :
显示观察期间5类持续土地生产率轨迹的1999年至2013年亚洲土地生产力动态图。

图例

- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加

在**亚洲**，农田的生产力下降幅度相对较小，低于全球平均水平，约占12%。尽管如此，这也涉及到多达100万平方公里 看来受到影响的农田。在许多亚洲国家，有可能导致在生态系统级别土地生产力水平下降的一些关键压力可能会被相对较近的输入密集型农业发生的变化所掩盖。以下证据汇总图确定了存在人为压力积累的区域。

图4.3 :
亚洲所选LC/LU类别LPD类的全球空间范围



牧场受土地生产力下降趋势的影响比例最大（高达20%），大于土地生产力增加或恢复的比例。这在中亚地区出现土地生产力下降趋势的地带最为明显，该地区土地利用在1990年代独立国家建成后发生了巨大变化。在许多情况下，更多的定居型畜牧生产导致了脆弱牧场系统的载畜过多和超载过牧，同时大规模的集体耕地和畜牧业用地制度受到废弃。约有12%的亚洲林地出现初级生产力持续下降或不稳定的迹象，超过35%的土地出现增加（即恢复）的趋势。这在约200万平方公里土地上较为明显，西伯利亚出现了大片覆盖，南亚和东南亚地区出现复杂的生产力下降和提高，反映了这些地区森林转型的高度动态性。

图4.10 :
亚洲4个主要LC/LU类别的LPD类分配百分比

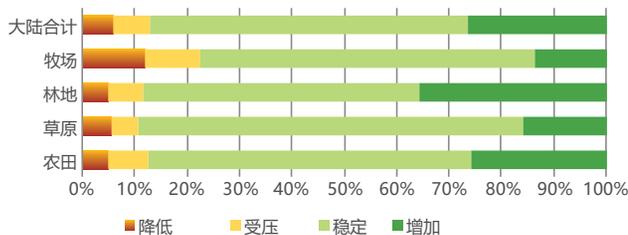


图4.11：显示观察期间5类持续土地生产率轨迹的1999年至2013年澳大利亚/大洋洲土地生产力动态图。

图例

- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加

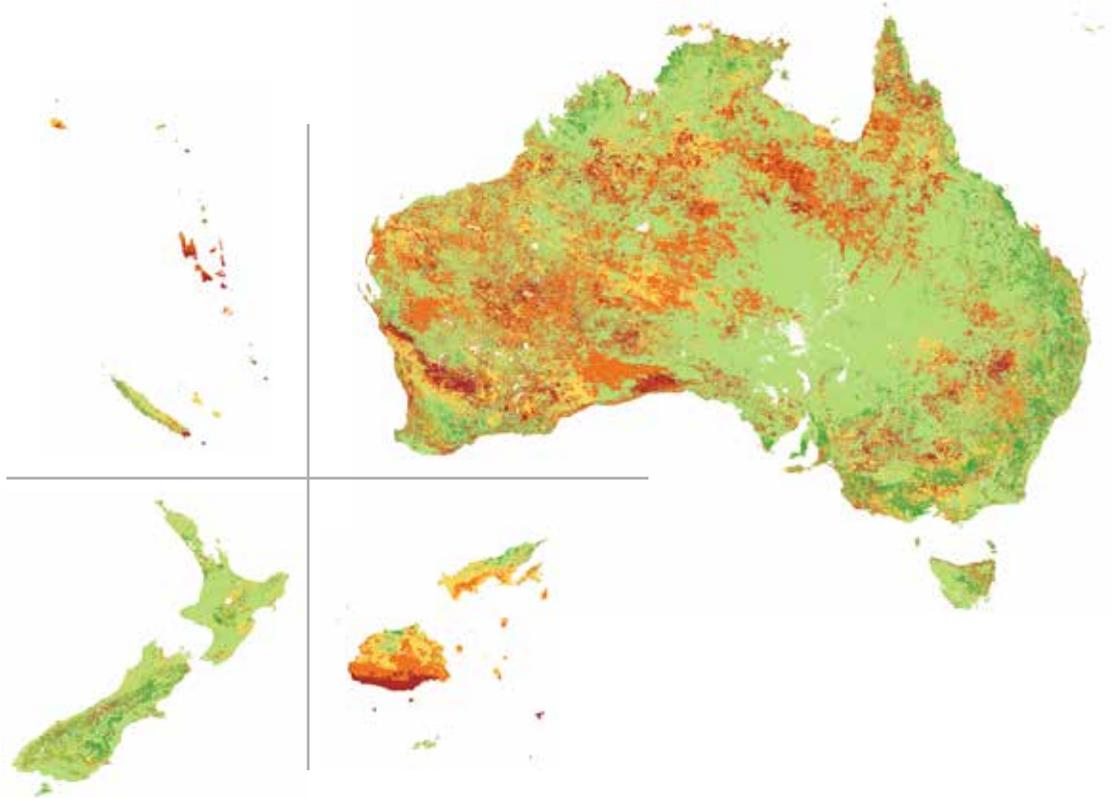


图4.12：澳大利亚/大洋洲所选LC/LU类别LPD类的空间范围

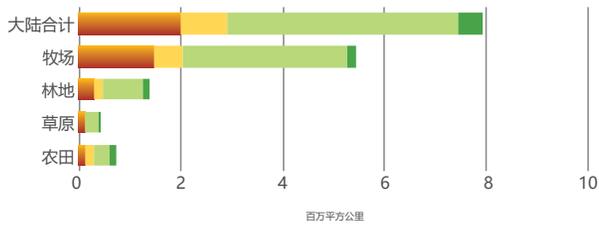
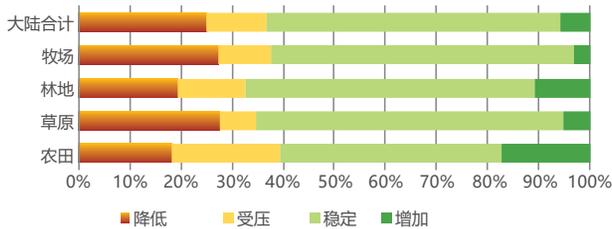


图4.13：澳大利亚/大洋洲4个主要LC/LU类别的LPD类分配百分比



全球范围内，**澳大利亚/大洋洲**显示出幅度最大的土地生产力下降趋势，合计约37%的植被土地明显高于全球平均水平。这主要反映了澳大利亚大陆的情况，并涉及大陆的所有覆盖/土地利用类别；在所有类别中，土地生产力下降趋势的地区都超过了出现增长趋势的地区。这是1999年至2013年观察期间特殊气候条件和澳大利亚大陆地块经常性干旱情况的结果。

这些趋势在图上清晰可见，描绘了沿着澳大利亚随着一般干旱梯度出现沿东西方向受影响地区增加的明显梯度。属于潮湿热带地区的昆士兰最北端也显然受到初级生产力下降趋势的影响，这可能与一般干燥和干旱梯度脱钩。有证据表明，土地覆盖在2015年大量降雨后得到恢复。⁶

图4.14：显示观察期间5类持续土地生产率轨迹的1999年至2013年南美土地生产力动态图。

图例

- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加

在**南美洲**，所有LC/LU类都受到负面的土地生产力趋势的影响，大大高于全球平均水平，而同时土地生产力增长地区通常也不会超过下降的地区，一直都低于全球平均水平。全球地图中生产力下降趋势的主要异常之一是查科干旱地区中广阔的半干旱平原，其位于阿根廷、巴西和巴拉圭的边境区域。

生产力下降的空间分布通常与以高生态价值的原始干旱森林为代价的作物生产和畜牧场快速扩张相关。热带雨林地区生产力下降或不稳定的格局更为分散。巴西东北部干旱地区在观测期结束时显示了严重干旱条件的影响。这种异常目前表现为生产力的下降，其长期影响还无法估计。

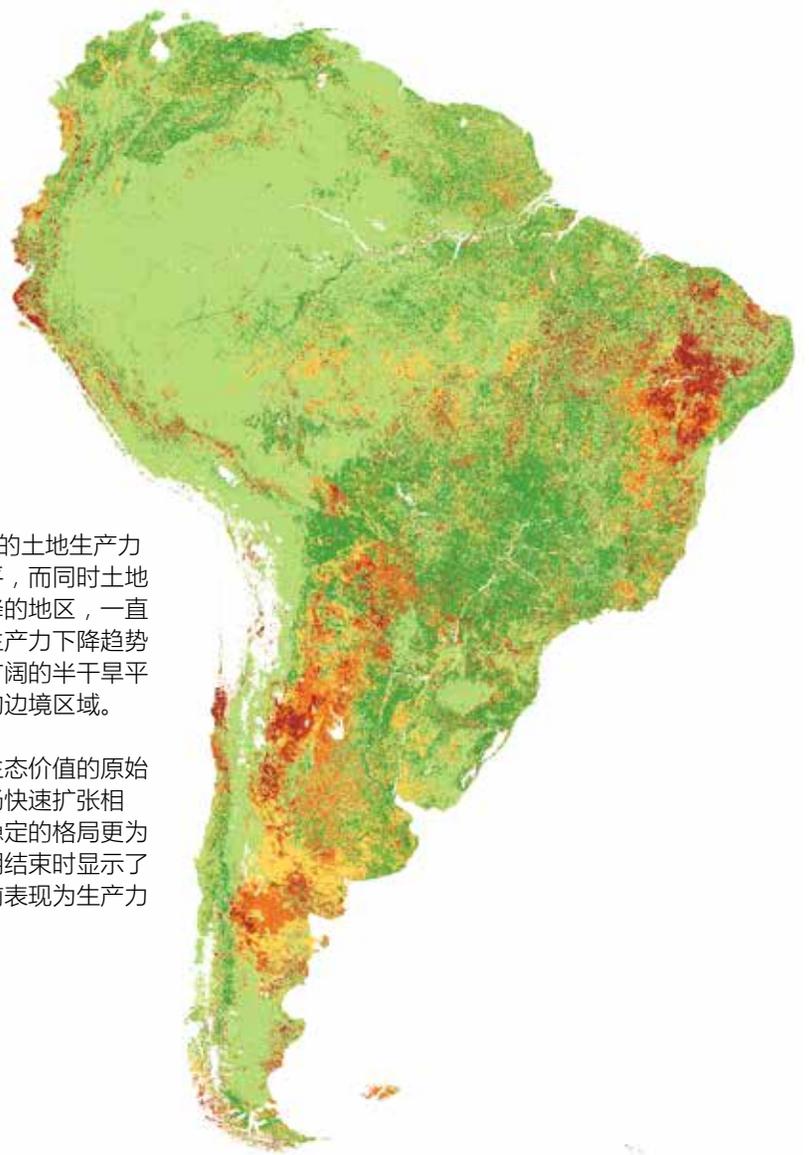


图4.15：南美洲所选LC/LU类别LPD类的空间范围

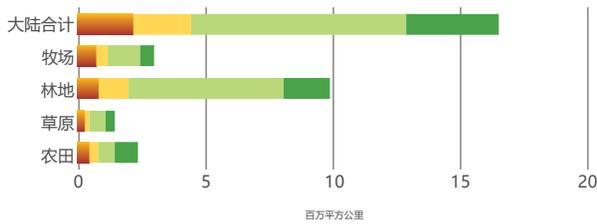
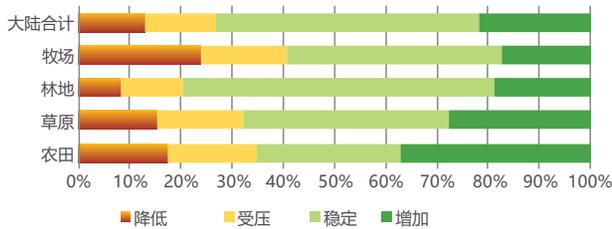


图4.16：南美洲4个主要LC/LU类别的LPD类分配百分比



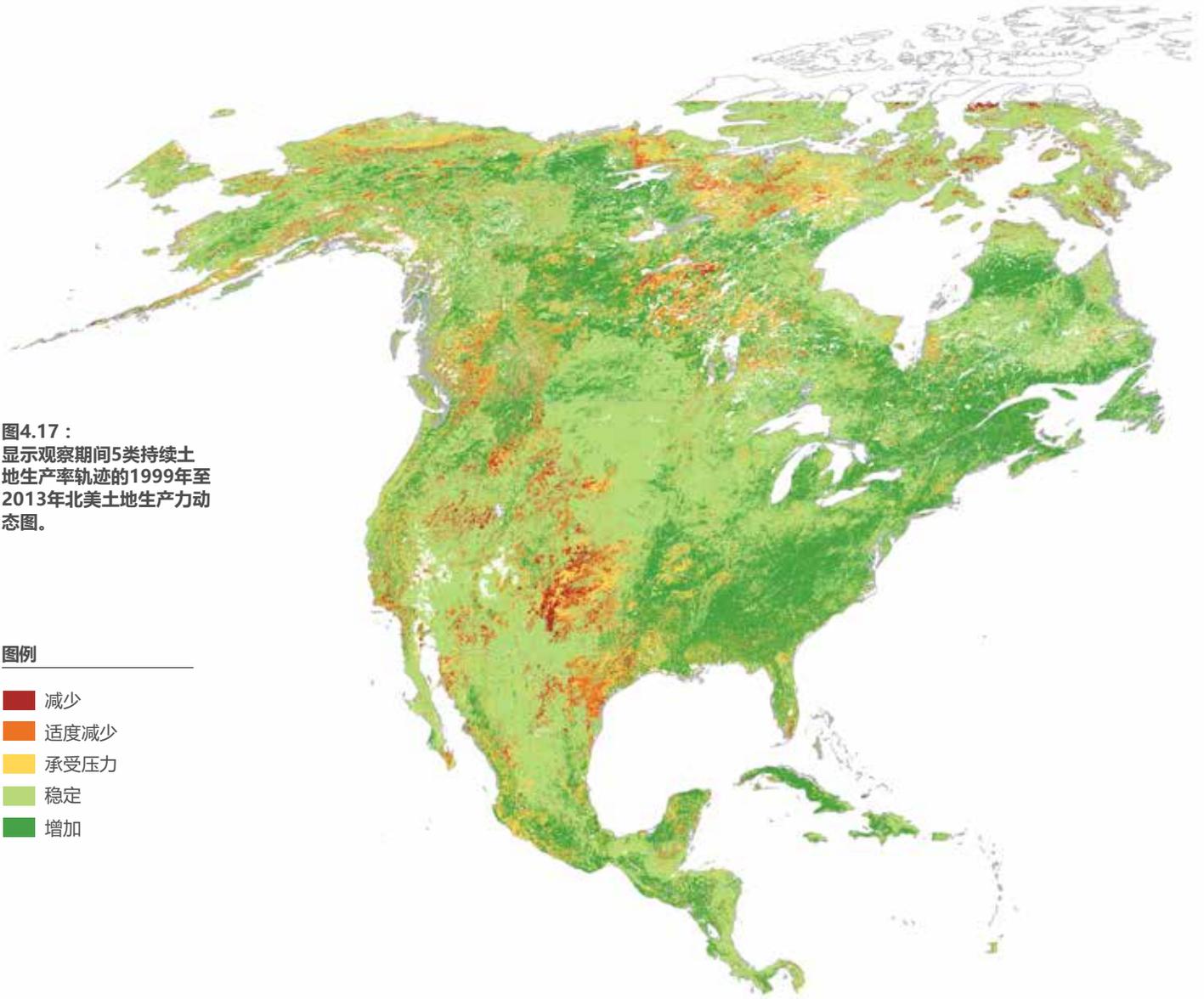
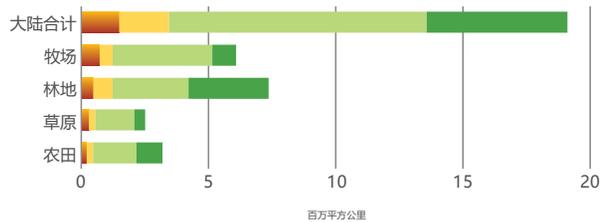


图4.17：
显示观察期间5类持续土地生产率轨迹的1999年至2013年北美土地生产力动态图。

图例

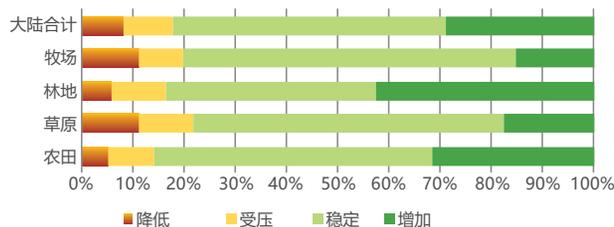
- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加

图4.18：
北美洲所选LC/LU类别LPD类的空间范围



在北美，4个LC/LU类型的生产力下降趋势通常与全球平均水平相似或低于全球平均水平。草地和牧场似乎是受影响最大的地区，两个类别的下降趋势幅度估计为20-22%，明显高于出现初级生产力增加或恢复迹象的地区。

图4.19：
北美洲4个主要LC/LU类别LPD类的分配百分比

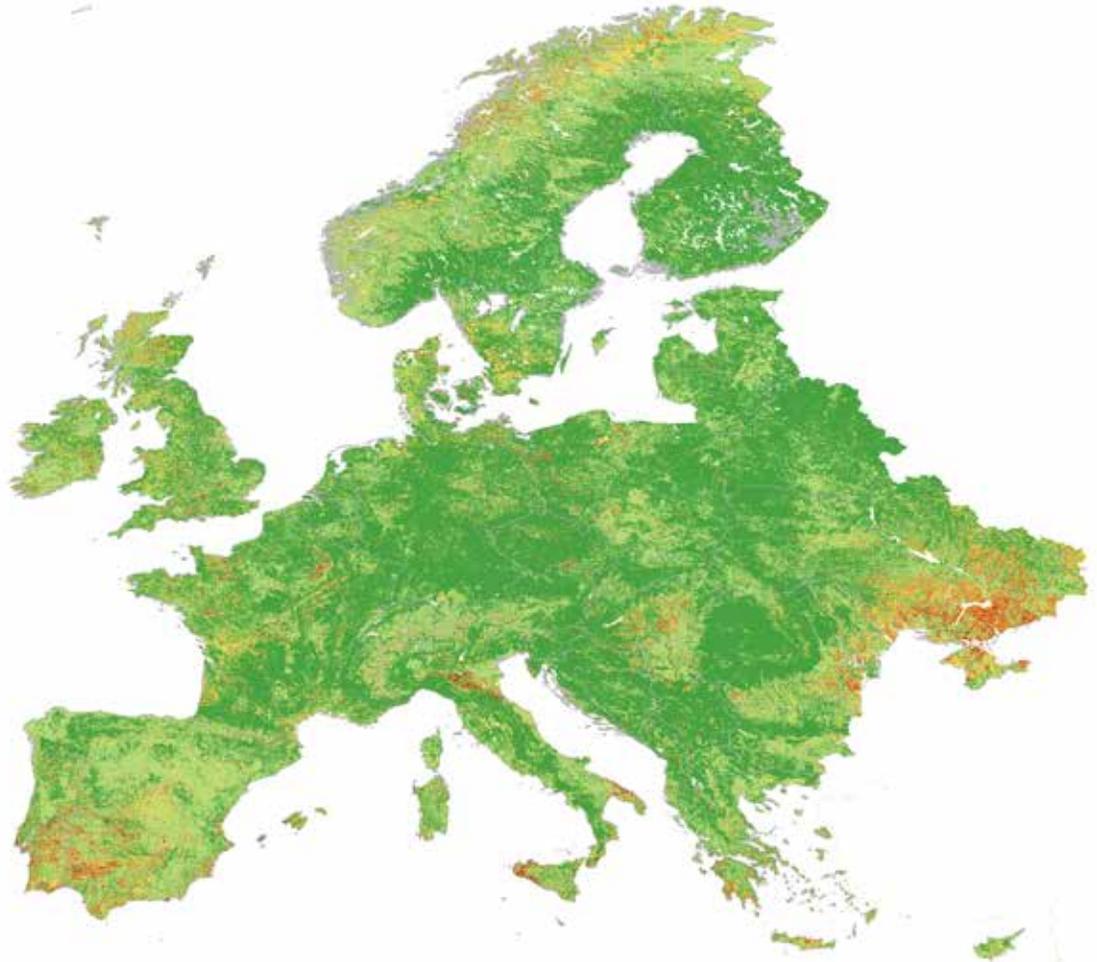


只有13%的农田具有出现下降趋势或持续不稳定的特征，但面积约有50万平方公里。最明显的下降异常位于新墨西哥州、得克萨斯州、俄克拉荷马州和堪萨斯州之间的边界地区的半干旱大平原的南部，其中大面积的地区专门用于种植主要依靠地下水投入密集型灌溉作物（如德克萨斯州西北的棉花）。

图4.20：
显示观察期间5类持续土地生产率轨迹的1999年至2013年欧洲土地生产力动态图。

图例

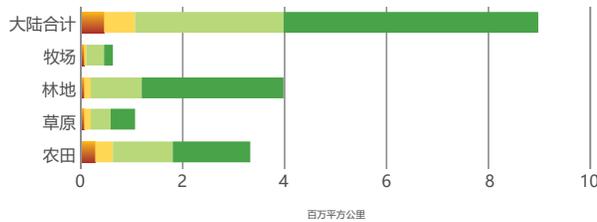
- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加



在**欧洲**，LC/LU类的生产力下降趋势通常低于全球平均水平。然而，欧洲农田比例相对较高，故而较之所考虑的其他土地覆盖类型，欧洲农田受影响的比例最高。估计18%的农田可能受到导致生产力下降的重大驱动力的影响，在东欧南部尤其如此，类似于中亚，这里的大型集体耕地和畜牧业土地使用制度由于经济危机已发生重大转型。

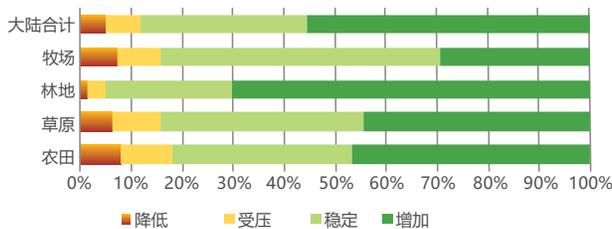
西欧一些土地生产力下降的热点地区，特别是地中海地区，其特征是农业集约化经常与基础设施和建成区域迅速扩大到农田相混合。在许多欧洲农田中，土地和土壤退化对生产力的影响可能被补偿土壤肥力损失的持续能力掩盖，但这对生物多样性和淡水资源质量造成重大损失。

图4.21：
欧洲所选LC/LU类别LPD类的空间范围



按广泛的土地覆盖/土地利用类别进行分解和查看，LPD可以确定在洲级至国家级发生的有意义的土地转型模式。因此，LPD根据其在土地利用系统中维持初级生产力的能力，对不同地区甚至国家进行了第一次估算和比较。为了在土地退化的根本原因和驱动因素的背景下证实这种类型的信息，WAD推广了证据汇总的概念。

图4.22：
欧洲4个主要LC/LU类别LPD类的分配百分比



文本框4.2：制定证据汇总全球地图

为了适应触发土地覆盖/利用变化的复杂相互作用和动态，世界荒漠化图（WAD）依赖于“证据汇总”的概念：当多重来源的证据一致时，即使没有一个独立的证据来源本身是重大的，也可以得出强有力的结论。汇总图通过将关键过程的全球数据集组合起来进行汇编，使用了15-20年的参考期。如果缺少可变地点土地变化过程确切知识，进行组合时不事先假定。图案表明预计将对土地资源造成重大压力的地区。⁸

所得到的汇总图显示了一种可以针对多个土地利用/土地覆盖分层来组合、查看和分析这些数据的方法。汇总分两步进行：(i) 编制2007年代表农田、牧场⁹和树木覆盖¹⁰份额的全球土地覆盖/使用分层（根据现有数据，其他初步分层可以基于气候、土壤或生态系统服务）；并分类（非监督分类）；(ii) 对于每个类，针对每个数据集或潜在问题计算区域或类别统计。考虑其在土地退化方面的预期效应（正面或负面），这些问题被重新分类为高于或低于统计学导出的阈值

。所得层的值为0（无压力）和1（潜在压力），这些值相加起来可提供在任何地理位置共存问题的数量。

该方法灵活，可在各种规模上应用。根据文献，¹¹ 与各种问题相关的数据集分组如下：

与人类环境相关

- 人口密度不断变化
- 移民和城市蔓延

与土地使用相关

- 农业扩张
- 农业工业化
- 家畜密度和实践
- 森林破坏、破碎化和火灾

与自然环境相关

- 土地生产力
- 水的可用性和使用
- 土壤条件
- 改变的干燥和干旱

现在这其中大多数问题都可以使用全球数据集，WAD分析说明了基于13个一致、地理上连续的社会经济和生物物理问题数据集的汇总。由于土地退化本身是一个过程，使用动态数据集是理想的做法，但目前仅有限数量的数据集提供一致、统一的全球覆盖：

动态数据层：

- 人口变化（2000 - 2015）
- 建成区变更（2000-2014）
- 土地生物量生产力动态（1999 - 2013）
- 树木损失（2000-2014）

状态数据层：

- 2015年人口密度
- 2015年人均国民总收入
- 灌溉区（2005）
- 景观层面氮平衡（2000）
- 家畜密度（2006）
- 火灾发生（2000年至2013年）
- 高水资源压力（2010）
- 干旱（1981年至2000年干旱指数）
- 气候和植被趋势异常（1982至2011年）

关键问题汇总全球图

包括土地利用和环境史在内，一系列变量会影响土地退化的发生率和比率，如利率、牲畜价格和农业扶持政策。这种变化的进展受到慢速或快速的变量引导。⁷ 然而，退化途径以及引导这些路径的变量相互作用都为数众多且不稳定，通常还是未知的，因此在全球范围内建立土地退化模型比较困难。没有对所考虑的所有规模的社会和经济状况的了解，

就无法有意义地解释可通过LPD等卫星数据或地面观测观察到的可实际测量结果（例如生物量、生物多样性、土壤有机碳的减少或土壤侵蚀或不良植物物种的增加）。

证据汇总图显示了人类 - 环境土地变化过程对农田 (图4.23) 和牧场 (图4.24) 的影响之处。它们显示表明处于不同压力水平地区的不同模式; 然而, 并发问题的数量越多或越少并不一定意味着土地退化的影响或成果越多或越少。在存在更多潜在压力的农田和牧场中, 通常在土地管理和进一步监测情况方面需要更多的关注, 尽管分析并不意味着目前各地正在发生土地退化。解释需要尽可能多地考虑辅助情境知识和证据。纸质地图是有限的, 不能代表数据的全面深度, 因此正在开发可以进行更完整的数据和信息查询的数字门户。

农田的土地状况

分析显示, 约9% (即138万平方公里) 的全球地区 (含超过50%的农田) 遭受8到143个并发问题导致的潜在压力, 引发与土地退化相关的土地变化过程, 且几乎全部发生在旱地。若一些相关的农田问题与土地生产力的下降同时出现, 则表明可观测的转型已经发生过或正在进行中。在该地区2% (30万平方公里) 土地上观察到这一点, 并且可以成为这些区域持续退化的良好指标。超过一半或约60% (890万平方公里) (包括50%的农田) 的全球地区遭受4到7个并发问题导致的潜在压力, 引发与土地退化有关的土地变化过程, 这些过程平均分布在旱地和非旱地。在12%的面积 (1240万平方公里) 上同时出现土地生产力下降的迹象。全球仅2%农田 (全部来自非旱地) 没有面临13个评估问题的压力。在耕地占10%至50%土地的地区, 在13个并发问题当中, 面临超过8个问题的土地比例下降到3% (或60万平方公里), 而69% (11.7平方公里) 的地区承受4到7个并发问题。

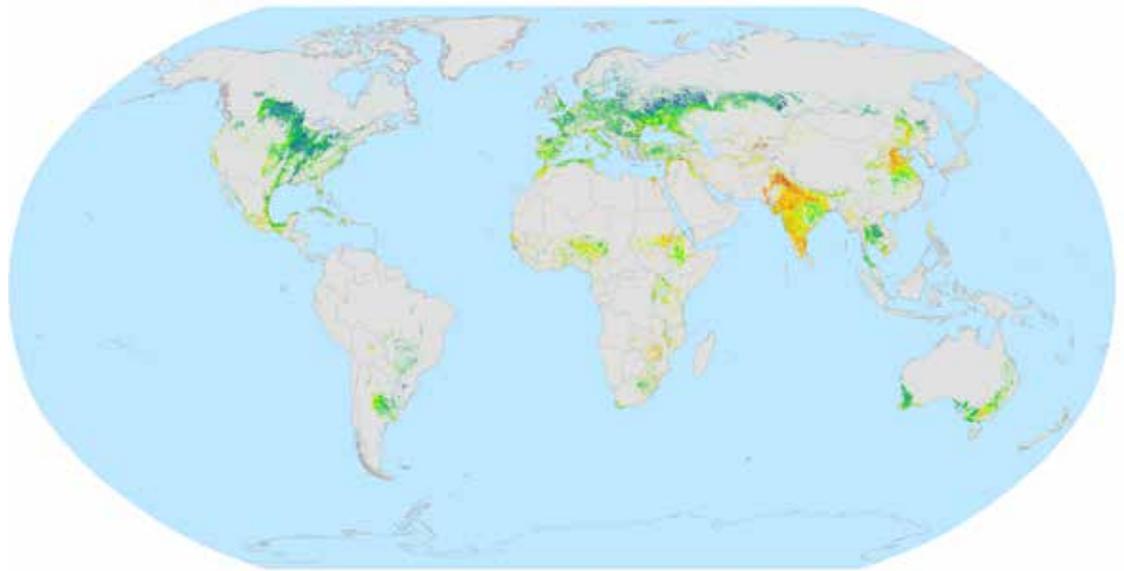
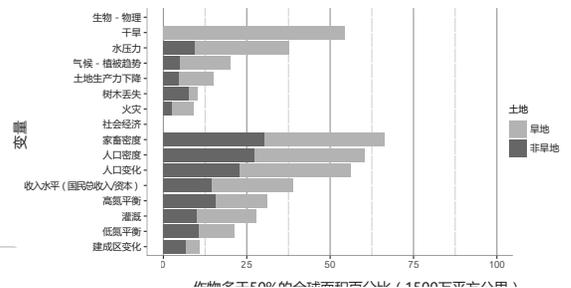
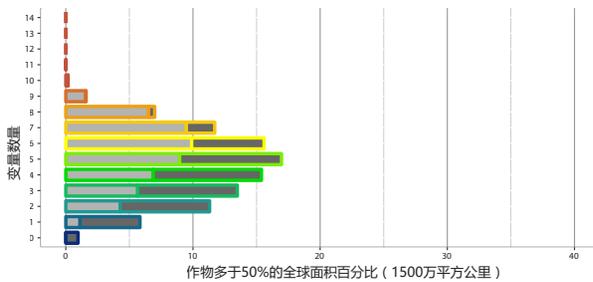


图4.23 : 14个人为因素和/或农田地区生物物理土地变化过程或问题证据汇总

图例

同期变量数



面临多重压力的主要农田地区包括但不限于：

- 亚洲，包括印度和巴基斯坦农田、中国西北农业扩张区、菲律宾热带地区和爪哇；
- 澳大利亚东南部和澳大利亚西南部的小块地区；
- 撒哈拉以南非洲，包括布基纳法索、尼日利亚北部、苏丹东部、肯尼亚南部、马拉维和津巴布韦；
- 北非和中东，包括摩洛哥北部、埃及尼罗河地区，底格里斯河 - 幼发拉底河地区；
- 地中海和中欧集约式农业地区；
- 咸海周围的中亚地区和哈萨克斯坦东部、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦的农田；
- 拉丁美洲和加勒比地区的热点地区，包括巴西东北部干旱地区、阿根廷查科地区的农业扩张区、智利中部、墨西哥南部以及古巴和海地部分地区；
- 美国西部灌溉地区。

牧场土地状况

约5%（50万平方公里）的全球牧场遭受8到13个并发问题的潜在压力，引发与土地退化有关的土地变化过程，几乎全部发生在旱地。约52%（1310万平方公里）的全球牧场遭受5到8个并发问题的潜在压力，引发与土地退化有关的土地变化过程，其中超过三分之二发生在旱地。再次，只有2%的牧场（全部在非旱地）未面临任何这些问题的压力。

面临多重压力的主要牧场地区包括但不限于：印度、中亚、中国内蒙古地区、澳大利亚东部地区、萨赫勒的边缘、东非和南非部分地区、马达加斯加西南部、智利中北部和厄瓜多尔南部、墨西哥中部和美国中南部。

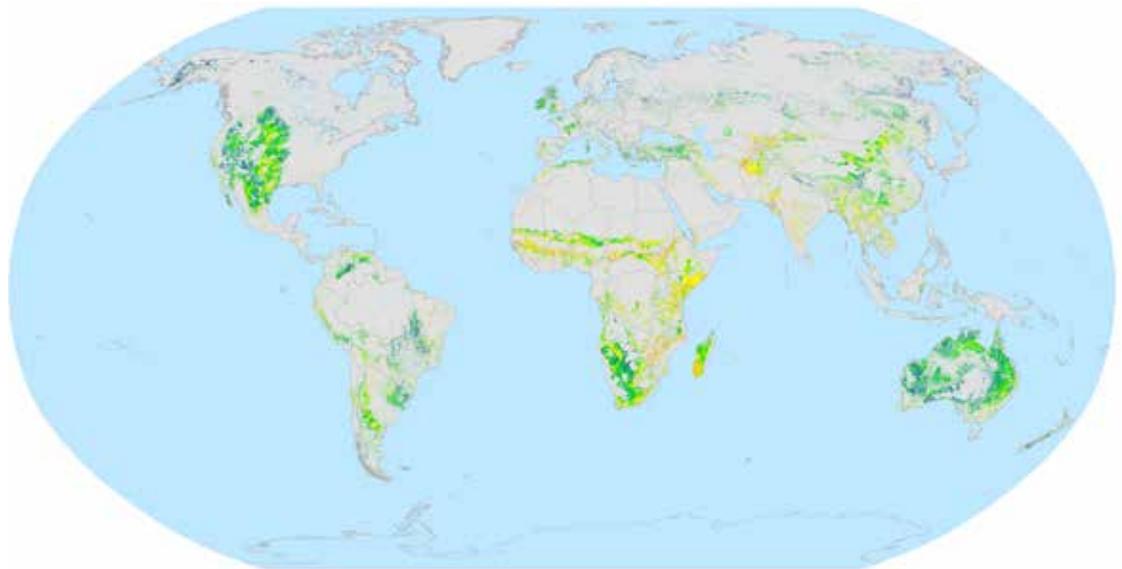
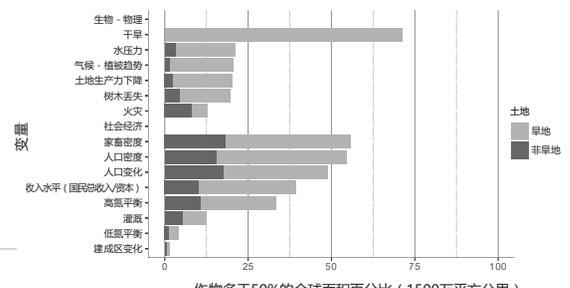
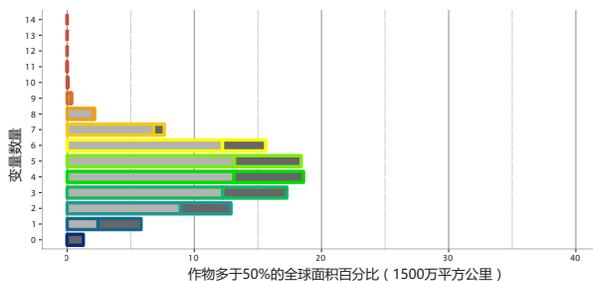


图4.24：14个人为因素和/或农田地区生物物理土地变化过程或问题证据汇总

图例

同期变量数



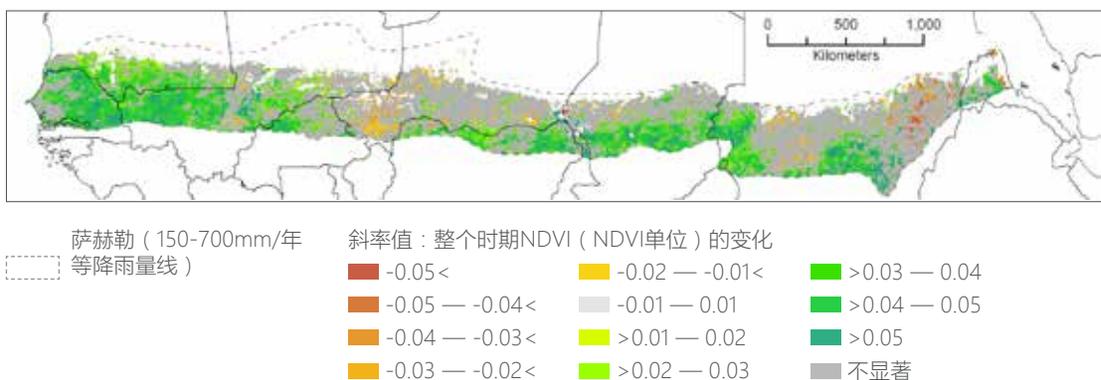
区域和国家重点

中东和中亚 该地区的一个根本问题是水资源的稀缺和管理。全球70%以上净永久性地表水损失发生在中东和中亚地区。¹²灌溉需求加上集约化农业对土地资源构成无法支撑的压力。由于人口增长和农业扩张，畜牧业数量依然居高不下，牧草生产力下降或分散。¹³

印度 自18世纪以来，人口密度高一直是印度的主要压力。¹⁴印度有世界18%的人口，15%的牲畜，但仅有世界2.4%的土地面积。¹⁵自1960年代以来，人均可用耕地的份额下降了三倍，降至每人0.12公顷；印度53%土地为农田，平均使用157公斤/公顷的肥料，36%以上接受灌溉；年淡水取用量为7610亿立方米，是全球最高的地区之一。这表明农田承受巨大压力。然而，土地生产力动态在过去15年中呈现稳定状态。一些地区（但并非全部）与持续退化的详细全国性评估重叠，该评估基于识别卫星数据观察到的生物物理过程。¹⁶

中国 根据1999-2014年的卫星观测，中国大部分地区的生物质土地生产力状况呈现稳定或增长状态。然而，在京-冀-鲁地区，密集的人口加上集约式灌溉为主的农业，导致水资源压力和不良的土地质量。在中国北方的大部分地区，特别是内蒙古和新疆西部，传统上用于放牧绵羊和牛的边缘地带引入农业，导致土壤表面易受侵蚀，即所谓的“沙化”的过程。¹⁷在内蒙古，旨在让游牧牧民定居和集体草地私有化的政府政策加大对牧场的压力，导致大规模的退化。¹⁸1980年以来，农田私有化和引进国家激励措施提高了中国北方的生产力，很大程度上受到了地下水灌溉和化肥利用的推动。加上合法进入权的监管和限制，将农田扩大到环境敏感的牧场的步伐已经放缓，游动沙丘和席状砂层部分稳定。然而，同时发生的是地下水资源快速枯竭，小农灌溉系统越来越多地被大规模的枢纽灌溉方案所取代。这些方案倾向于降低水位，如卫星图像所示，今天许多湖泊和湿地都已消失。

图4.25：最近的地球观测研究显示，过去几十年，萨赫勒大部分地区降雨和植被指数呈现出积极的趋势——被称为萨赫勒地区返青。²⁴这被认为是生物量的增加，并且与人类过度使用和气候变化引起的普遍退化的普遍叙述相矛盾。然而，可观察到生产力下降的地区（例如在尼日和苏丹）表明整个萨赫勒地区的返青过程并不统一。



萨赫勒 过去五十年里，人类的定居更多出现，定居活动增加，加上气候变化，导致了半干旱萨赫勒地区的重大环境变化。考虑到水资源有限、¹⁹人口依然在增长、国内粮食需求不断增加、农田资源匮乏并且由手段和收入有限的小农户管理，萨赫勒广阔幅员上土地变化过程的积累非常重要。栽培主要是雨养（埃塞俄比亚部分地区除外），一般来说在土壤有机质含量一般或较低的较差土壤上进行。小农系统主要是低输入农业系统，混合了高牲畜密度和日益增长的定居人口的压力。

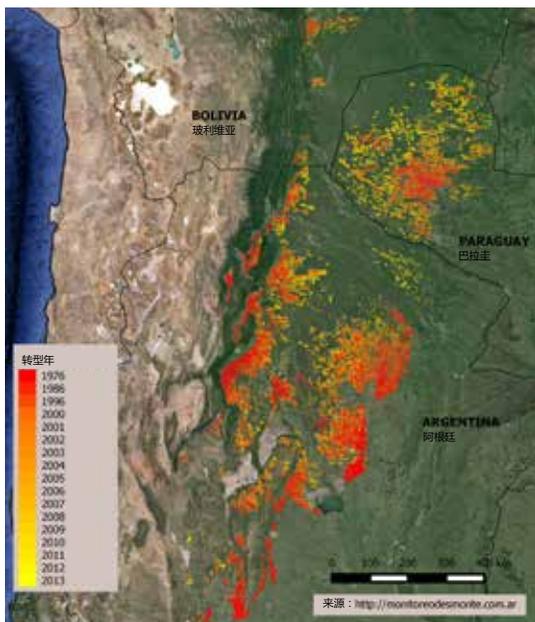
耕地退化一直是萨赫勒地区生计和粮食安全的一个主要问题，但尽管对人类-环境系统进行了数十年的深入研究，但对土地退化严重程度并没有全面的一致意见。²⁰地球观测数据表明植被绿度总体上有所增长，这种增长可通过地面观测确认。但是，观察到的积极趋势是否会改善环境并对人们的生产产生积极的影响，一直都还不得而知。²¹虽然过去15年来生物生产力没有广泛出现下降，但可以看出零星的生物量下降。²²在更细的尺度上对生物多样性的长期评估某些情况下突显出物种多样性的负面趋势。²³萨赫勒强调了需要通过将来地球观测的长期信息与现场观测相结合来监测土地动态，后者增进了对于土地利用变化和观察到土地覆盖趋势的实地影响的理解

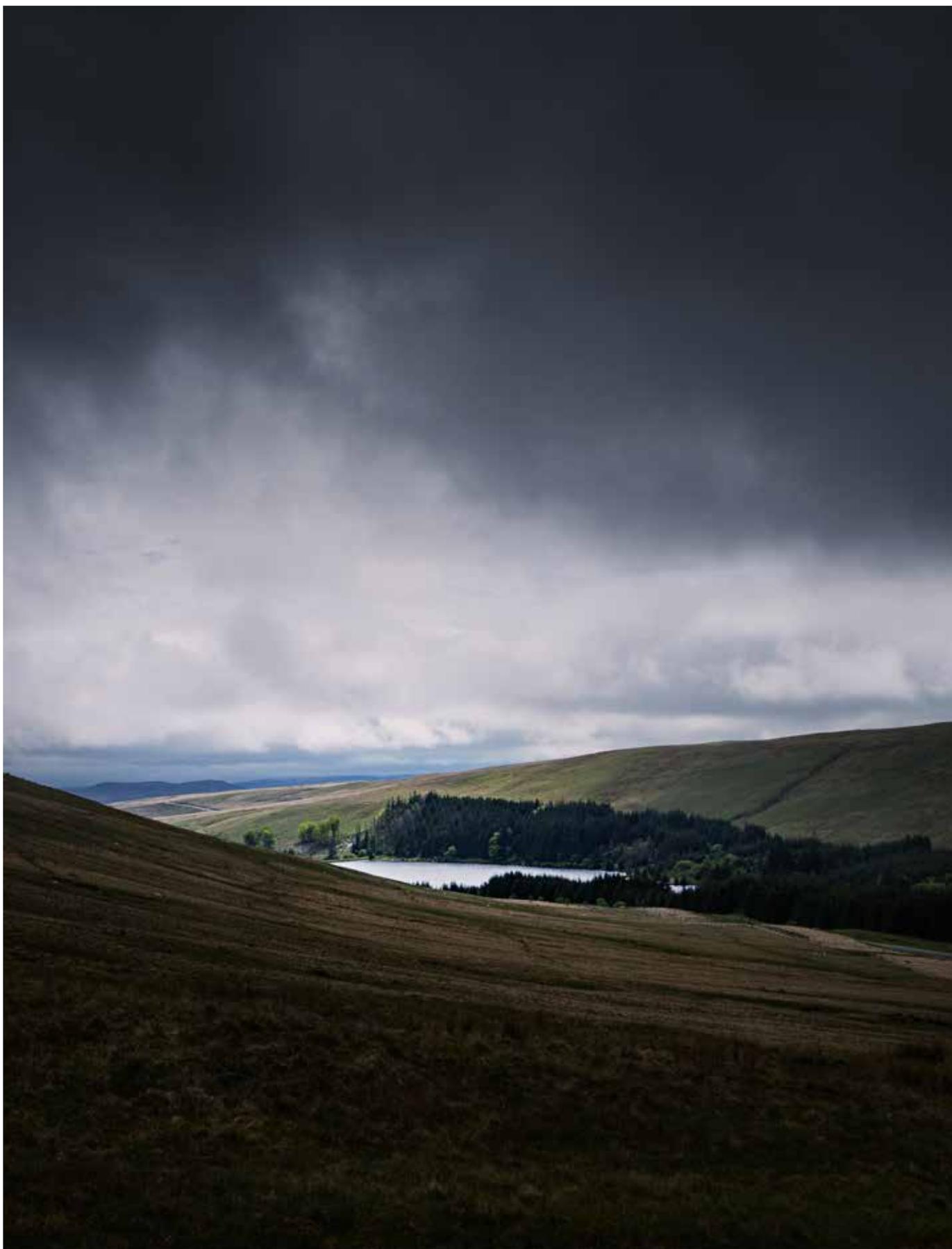
巴西/阿根廷 投入密集型农业计划利用大量水肥施用优质土地以获得短期经济利益，但其令土壤和水枯竭和/或受到污染，致使土地资源面临风险。^{25,26}例如，森林砍伐以及后来的灌溉农业对阿根廷、巴拉圭和玻利维亚广阔的查科地区的土地资源构成威胁，那里的原生植被（特别是干旱森林）的森林砍伐率位于世界最高之列（见图4.26）。这主要是由于农业扩张迅速和集约化，尤其是作物生产（如大豆、玉米）和养牛场。²⁷种植驱动的土地转型造成生物多样性的严重损失、景观区块化以及基础生态系统服务的减少，²⁸这些可能导致土地退化的进一步加剧。²⁹监测的意义重大，通过监测可确定变化的生物物理、社会、政治和经济驱动因素，制定减轻或扭转土地退化趋势的土地利用规划和管理政策。

与热带和亚热带气候占主导地位的其他国家一样，巴西农业最初采用传统的翻耕方式开发，这种方法基于的是农民在北半球温带地区获得的经验。³⁰在这种气候下，土地因为高度易受侵蚀的土壤、土地利用的很高压力以及土壤最易受侵蚀时的强降雨等多重因素而存在退化的潜在可能。³¹农作物和牧草地区年土壤损失估计为8亿吨。³²非农侵蚀成本估计为13亿美元。³³

美国和欧洲 投入密集型粮食生产系统受机械化和高肥料应用推动，它们使农田依赖于持续的养分投入来确保高产量。这是一种有风险的平衡措施，但有利的经济形势使土地资源大部分保持平衡成为可能。当地农业实践经常导致水蚀和风蚀以及其他退化现象，然而，在现有的可用数据集的分析规模下，这些现象不能被普遍捕捉到。

图4.26：在1976年至2012年间，整个生态区域的20%已经发生转变，巴拉圭每年的转型速度呈指数增长。从红色（1976年转型）到黄色（2013年转型）的地区显示了干旱查科地区转变为农田或牧场的程度和快速步伐。





© Dorin Vancea

我们会失去什么： 生态系统服务的重要性

土地条件（包括其生产力）在任何地区提供多种商品和服务的潜力方面发挥关键作用；很明显，LPD的下降直接损害到其数量和质量。健康的土地基础在提供生态系统服务方面发挥的关键作用是《全球土地展望》的基本信条，但前述分析支持了表明生态系统服务质量正在下降的其他研究。为了说明这一点，在本节中，我们概述了主要的陆地生态系统服务，其中许多是我们认为理所当然的，它们现在受到土地退化和/或生产力下降的威胁。

生态系统服务是直接和间接造福人类的自然资本产品或服务。土地退化和后续的生物多样性丧失导致许多重要的生态系统服务的减少，因此带来粮食和水更大的不安全性。³⁴土地退化的影响可以表现为作物产量降低、农业系统抵御外来有害生物和病原体的能力下降，³⁵以及生态系统功能的恢复性普遍下降。³⁶这对每个人都产生不利影响，但是一般会对最弱势和最贫困的人造成最严重的影响。³⁷

生态系统服务可按多种方式定义和分类。例如，《千年生态系统评估》提出了一个简单的分类学，用来总结自然资本的各种服务，将其分为支持、供应、调节和文化服务。³⁸存在与数千种物种和生态相互作用相关的无数生态系统服务。有些服务只被一小部分认识到其价值的人知道，例如某个植物的药用益处。随着我们的社会越来越同质化，很多这种传统生态知识正在丢失。其他生态系统价值得到的认可则广泛得多，影响着整个社区、城市、国家或全球一级的行动。受土地退化影响的一些重要的基于土地的生态系统服务有：

- 粮食安全
- 水安全
- 身心健康
- 降低灾害风险
- 缓解和适应气候变化
- 文化价值
- 旅游（特别包括生态旅游）
- 原材料

这些服务中的许多在本《展望》第二篇中详细讨论（例如粮食、水、能源和气候），这里只作简要介绍；其他的讨论稍做更详细的讨论。积极管理土地资源以确保提供生态系统服务（即造福人类）的概念得到越来越多地认可，其通常按照概括性术语“基于自然的解决方案”理解。³⁹

1. 粮食安全

农业依赖于一系列生态系统服务（见第7章）：营养循环和土壤形成等支持服务；水净化、大气调节和授粉等调节服务。⁴⁰此外，估计有1.5亿人直接依靠野生收获的食物，包括植物、饲料、野味和鱼类。⁴¹在南部非洲，2005年野生资源消耗价值估计为每年8亿美元。⁴²生态系统服务直接为粮食和养分安全作出贡献。昆虫和鸟类提供对农业至关重要的授粉服务，尽管受到威胁，目前估计每年总经济价值仍有1600亿美元⁴³。⁴⁴

作物育种需要广泛的遗传变异，以帮助物种适应不断变化的环境条件，包括新的有害生物和疾病。农艺学家利用两个来源来寻找遗传材料，以帮助发展作物的抗逆性和适应性：存在于作物传统品种（称为地方品种）的变异，以及密切相关的野生物种（称为作物野生近缘种（CWR））的变异。鉴于大量的作物威胁，地方品种和CWR都是有助于确保未来粮食安全的重要资源。⁴⁵前一段时间有估计称，CWR新基因的引入单独在美国每年就有增产200亿美元的贡献，在全球达到1150亿美元。⁴⁶然而，这些价值往往不为人知，许多作物多样性中心（即产生出奇数量世界作物种类的地方）保护不力。⁴⁷

自然生态系统越来越被认为是促进身心健康和福祉的重要场所。

2. 水安全

恢复力强的功能性生态系统在水安全、保持水质以及某些情况下保持水量和调节流量方面发挥关键作用。天然植被和健康的土壤可以帮助保持水质，并在某些情况下增加可用水量（见第8章）。⁴⁸今天，世界上大多数人口生活在森林流域的下游：⁴⁹这些地方提供的水质比替代土地使用的流域更为优质，后者往往受到更多的干扰，土壤侵蚀增加，可能被农药、化肥或有毒废物污染。⁵⁰

一些生态系统，如南美洲中部的云林和高寒植被吸收云层的水滴，增加净水流量。例如，洪都拉斯拉蒂格拉国家公园（La Tigra National Park）的云林为特古西加巴提供超过40%的供水，在厄瓜多尔，基多80%的人口从两个保护区获得饮用水。⁵¹世界上100座最大的城市中有三分之一的城市很大比例的饮用水来自受保护的森林。⁵²在某些情况下，可以在提供服务的生态系统的千里之外感受到这些影响。来自亚马逊的水蒸气向南飘过数千英里，为大陆上一些最肥沃的农业地区提供降雨，而若没有这些所谓的“飞河”，这些地区将会干旱得多。⁵³

3. 身心健康

自然生态系统越来越被认为是促进身心健康和福祉的重要场所。现代医药有很多来自于天然来源或用合成方法复制。本地收集的传统药物是亚洲、拉丁美洲和非洲初级卫生保健需求的主要资源，⁵⁴其收获的药用植物物种比其他任何天然产品都多。⁵⁵印度和中国的野生药用植物收获比率分别为90%和80%。⁵⁶天然药物在国际上交易，市场价值每年估计超过500亿美元。⁵⁷野生种还提供药物开发原料；森林是药用化合物的尤其重要来源，⁵⁸一些公司付费取得在保护区或其他高生物多样性地区进行勘探的权利。

更重要的是，投身大自然被认为是维持身心健康的关键因素。据了解，在美国，身体活动每投入1美元可节省3.2美元医疗费用，⁵⁹如果人们可以进入有吸引力的公共空间，就可能会走更多的路。⁶⁰越来越多的国家正在鼓励步行者、跑步者和骑车者使用自然保护区作为运动场所，这也称为绿色健身房概念。在苏格兰，林地有助于增加体育锻炼、减少空气污染、节省心理保健成本，并减少缺勤，从而避免过早死亡和发病，其健康益处估计每年在1760至2360万美元之间（按2006年价格计算）。⁶¹自然环境可以帮助人们从精神疲劳中复原，增强从疾病和伤害中恢复的能力，并帮助应对压力。⁶²

4. 降低灾害风险

管理良好的自然生态系统对于减轻极端天气事件的影响和缓和发展成为全面灾害的过程至关重要。在人的生命和经济成本损失方面，最严重的灾害往往是在自然防御已经退化或毁灭的地方。⁶³森林提供针对洪水、雪崩、台风和飓风、荒漠化、干旱和山体滑坡的保护；湿地可以减轻洪水；珊瑚礁和红树林有助于防范风暴潮、海啸和洪水。^{64,65}

表4.2列出了生态系统服务在降低灾害风险（DRR）方面的一些主要益处。健康、功能性和多样性的生态系统对这些危害更有弹性。在2004年的亚洲海啸之后，一项在斯里兰卡的研究发现，沙漠、红树林泻湖、椰子种植园、灌木丛林和家庭花园景观多样化的地区受影响程度远远低于自然植被被清除的地区，因为这些生态系统吸收了大部分浪潮能量。⁷⁵保护自然生态系统越来越被视为防止天气或严重事件危害的一种方式。⁷⁶

文本框4.3：湄公河三角洲的生态系统服务

湄公河流域的内陆渔业每年产量约为200万吨，⁶⁶举例来说，为柬埔寨人民提供近80%的动物蛋白质。⁶⁷不断上升的人口使这些资源受到威胁。受保护区域有助于监管捕捞量：该地区捕获的鱼类中有60%来自联合国教科文组织人与生物圈保护区洞里萨湖，⁶⁸柬埔寨的云壤国家公园每年向当地居民提供120万美元的渔业收入。⁶⁹在老挝人民民主共和国，鱼类保护区由渔业共同管理；村民报告了超过50种鱼类存量的大幅增加。⁷⁰

生态系统服务是减少灾害风险的重要形式。低洼的土地和频繁的风暴使湄公河三角洲受到沿海条件的伤害，气候变化可能会加剧这种状况。自然屏障（如红树林和珊瑚礁）越来越受到重视。在斯里兰卡和泰国，红树林被认为是有效的屏障。⁷¹泰国红树林的风暴保护值估计为每公顷27264-35921美元。⁷²恢复红树林可以成为改善沿海保护的经济有效选择。越南北部110万美元红树林恢复计划在台风期间提供了有效的保护，在海堤维护上每年节省约730万美元。⁷³

较贫穷的人仍然依靠从森林收集天然产品。在老挝南部的楠木哈国家生物多样性保护区，81个村社区依赖估值为188万美元/年（30%现金收入和其余生活资料）的非木材林产品，该地区的村民收入高于人均收入水平。⁷⁴

5. 缓解和适应气候变化

健康的森林、草地、湿地及其下的土壤和沉积物保持碳储存并固存大气碳，在减缓气候变化中发挥关键作用（见第10章）：例如，湿地保持了约33%的地球碳含量。⁷⁸相反，其破坏和碳的释放是导致气候变化加速的因素之一。碳通量管理是说服政府保护自然生态系统的重要论据，尽管目前的减少森林砍伐和森林退化造成的排放（REDD）的补偿计划本身并不足以弥补发展中放弃的价值。现在，自然生态系统的气候减缓价值也反映在保护区的作用上。⁷⁹

管理良好的自然生态系统还通过维护对生存至关重要的生态系统服务来帮助社会适应不断变化的气候，例如，保护海岸线免受海平面上升的影响、保护流域免遭暴雨造成的水患，野生食物来源往往有助于社群在干旱或其他天气事件造成的紧急时期得以生存。⁸⁰

6. 文化价值

自然生态系统并不缺乏人类的影响。许多包含重要的考古遗址、历史建筑、朝圣之路以及传统或神圣的土地用途。就像标志性的建筑物、作家和足球队可以体现一个国家或地区的核心一样，遗产景观及其物种同样可以做到。自然地区通常包含当地社区珍视的神圣遗迹或景观，如神圣的树林、瀑布和山岳。标志性的国家公园，如黄石、悉尼郊外的蓝山、英国的湖区，以及日本的阿尔卑斯山脉，世世代代以来，都为艺术家和作家带去创作的灵感。在更本地的规模上，这些自然栖息地为诗人、画家、音乐家和其他艺术家提供了丰富的思想和活力来源。

© Adriel Kloppenburg



表4.2：自然生态系统在减灾方面的作用⁷⁷

| 事件 | 生态系统的作用 |
|-----------|--|
| 洪水 | 为洪水提供消散空间而不造成重大损失 自然植被吸收洪水的冲击 |
| 滑坡 | 稳定土壤 固定积雪 减缓土石和积雪运动，限制损害程度 |
| 风暴潮、海啸、侵蚀 | 珊瑚和红树林是波浪力量的天然屏障 根系稳定湿地 |
| 干旱和荒漠化 | 降低压力（特别是放牧压力），因此减少沙漠形成 维持抗旱植物的种群以在干旱期间作为食物供应 |
| 火灾 | 限制侵入最易发生火灾的地区 维护有防火措施的传统管理体系 保护完好的天然系统，使其能够更好地抵御火灾 |
| 飓风和台风 | 缓解洪灾和滑坡 缓解社区受风暴事件的影响（如风暴潮） |
| 地震 | 预防或减轻相关危害，包括滑坡和岩石坠落 |

7. 旅游

旅游业是收入的主要来源，在2015年为全球经济产生了7.2万亿美元（占全球GDP的9.8%）价值，并创造2.84亿个就业岗位（1/11的工作岗位）。⁸¹对于许多国家来说，自然或半自然景观允许生态旅游的发展，其被定义为“负责的自然地区旅游，保护环境并提高当地人的福祉。”⁸²全球生态旅游支出每年增长20%，约为全行业增长率的六倍。⁸³在肯尼亚，估计有80%的旅游市场以野生动物为中心，整个旅游业产生的外汇收入占全国的三分之一。⁸⁴生态旅游依赖于保持土地资源的质量；退化的景观或消失的野生动物将不再吸引游客。

8. 原材料

许多原材料来自野外收集，通常数量很大，包括木材、薪柴、树脂、橡胶、草、藤和矿物，许多社群的生计依赖于此。实例如下表4.3所示。

表4.3：从自然生态系统采集的材料的实例。

| 类型 | 价值 | 例子 |
|--|-----------|--|
| 建筑材料或实体保护材料（包括木材、芦苇、竹子和草） | 住房 | 在墨西哥的尤卡坦半岛，屋顶材料的棕榈叶屋顶的价值估计为每年1.37亿美元。 ⁸⁵ |
| 放养牲畜的物资（如草、植物） | 食物（牲畜） | 印度的4.71亿头牲畜中有相当一部分是靠林间放牧或从森林采集的饲料维持的。 ⁸⁶ |
| 燃料（如木材、薪材） | 燃料（做饭和加热） | 在发展中国家，有24亿人（占世界人口的三分之一）依靠木材或其他生物质燃料做饭和取暖。 ⁸⁷ |
| 手工艺品材料（包括草、芦苇、种子、木材、竹子等） | 收入 | 在纳米比亚的卡普里维野生动物保护区，向游客出售棕榈篮是当地妇女为数不多的收入来源之一。到2001年，这些生产者从1980年代的70人增加到650多人。 ⁸⁸ |
| 收集和出售材料（原样或作为其他产品的投入）提供收入（包括珊瑚、海贝、橡胶、软木、蜂蜜等） | 收入 | 从中国白马雪山自然保护区采集的松茸蘑菇已经帮助70个村庄的人将收入提高了5到10倍。 ⁸⁹ —公斤这样的蘑菇可以带来比云南省年平均工资更多的收入。 ⁹⁰ |
| 具有传统、文化或精神价值的材料 | 文化/精神 | 在北欧地区，蘑菇、草药和浆果等非木材类林产品（NTFP）产品在文化上和经济学都非常重要。 ⁹¹ |

估计自然生态系统的价值

粮食、燃料和纤维等供应服务具有市场价值，而自然生态系统的其他收益价值可以从三个层面加以评估：定性、定量和货币。⁸⁵定性评估侧重于非数值，例如通过描述特定山区或景观在明确当地文化和身份认同方面的作用。价值定量指标聚焦于数值数据，如国家公园游客数量或储碳量。货币估值反映了服务的货币价值，例如，通过计算在河流系统中捕鱼产生的收入或储存在泥炭地的碳的价值（假设这些服务有市场）。这主要是可通过货币指标来获取的供应服务。因此，综合评估效益有可能建立在三者结合之上。

2011年全球生态系统服务总量估计为每年125-145万亿美元。⁸⁶挑战在于如何将这价值纳入决策中：对于个体土地所有者或使用自然资源的人而言，在短期内让资源退化通常会更加有利可图，尽管这样做让更广泛的社会付出的代价大得多。生态系统服务（PES）的付费方案是通过向维护和恢复生态系统服务的人直接付费解决这些问题的一种尝试。这些价值如何使最贫穷的人受益是一个更为复杂的问题，这取决于治理质量、法治、腐败程度等问题，也取决于及决策者支持减贫计划的意愿。⁸⁷

文本框4.4：评估东欧国家公园系统的价值

在欧洲的狄那里克弧地区（前南斯拉夫和阿尔巴尼亚的国家），在2013年和2014年使用标准化方法⁸⁸对该地区所有国家公园的生态系统服务进行了一次评估。研讨会提供了对当地文化和传统的了解，并唤起了对公园所提供福祉范围的认识。整个区域出现了一些明显的模式，即保护区如何能更好地促进保护、保护当地文化和制定可持续的资金策略：在96%的保护区，利益相关者从旅游业中获得经济利益，对水的商业化利用有一半以上具有重大的经济价值，而60%的保护区具有当地食物价值。保护区具有开发本地/区域产品品牌的潜力（如蜂蜜、蘑菇、药用植物、奶酪）。保护区是遭受农村衰退的地区的主要雇主，使其未来对当地政治家非常重要。一项自下而上的评估系统（涉及到58个国家公园的一千多人）提供了有关生态系统服务价值的明确信息，尽管其中许多没有以经济学术语计算。⁸⁹

结语

维持或提高土地及其相关资源的生产能力，要求我们保持和超越土地质量“没有净损失”的地位。这是关乎保护或提高土壤、水和生物多样性能力的大计，以支持必要的生态系统功能和服务，从而满足当今的需求和未来的需要。

更加可持续的土地资源管理有助于缩小产量差距，增强在压力和冲击下的恢复力，从而长期支持人类健康、福祉和安全。WAD提供了一个有用的全球概览，用来了解我们的土地资源状况的现状和趋势以及潜在的人类影响。通过确定这些受压力的地区，可以帮助决策者增权益能，采取补救行动并为利益相关者创造一个可以采取一致行动的支持性环境。

参考文献

- 1 Joint Research Centre of the European Commission. Forthcoming. World Atlas of Desertification. 3rd edition. Ispra, Italy.
- 2 <http://www.unccd.int/en/programmes/Science/Monitoring-Assessment/Documents/Decision22-COP11.pdf>
- 3 <http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>
- 4 Yengoh, G.T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A.E., and Tucker III, C.J. 2015. Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales. Springer.
- 5 GEO. 2017. Earth Observations in support of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Geneva. http://www.earthobservations.org/documents/publications/201703_geo_eo_for_2030_agenda.pdf
- 6 Metcalfe, D.J. and Bui, E.N. 2017. Australia State of the Environment 2016: Land. Australian Government Department of the Environment and Energy, Canberra.
- 7 Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2004. Dynamic causal patterns of desertification. *Bioscience* **54**: 817-829.
- 8 Craglia, M. and Shanley, L. 2015. Data democracy – increased supply of geospatial information and expanded participatory processes in the production of data. *International Journal of Digital Earth* **8-9**: 1-15.
- 9 Ramankutty, N., Evan, A.T., Monfreda, C., and Foley, J.A. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles* **22** doi:10.1029/2007GB002952.
- 10 Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., et al. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* **342**: 850-853.
- 11 For example Geist, H. 2005. *The Causes and Progression of Desertification*. Gower Publishing, London.
- 12 Pekel, F., Cottam, A., Gorelick, N., and Belward, A.S. 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* **540**: 418-422.
- 13 Thornton, P.K. 2010. Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **365**: 2853-2867.
- 14 Eswaran, H., Reich, P., and Vearasilp, T. 2004. Perspectives on desertification during the Anthropocene. In: Faz Cano, A., Ortiz, R., and Garcia, G. (eds.) *Fourth International Conference on Land Degradation*, Cartagena, Murcia, Spain, September 2004. ISBN 84-95781-42-5.
- 15 Mythili, G. and Goedecke, J. 2015. Economics of land degradation in India. In: Nkonya, E.M., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Springer International Publishing, Cham. pp. 431-469.
- 16 Indian Space Research Organisation. 2016. *Desertification and Land Degradation Atlas of India*. Government of India, Delhi.
- 17 PR China State Forestry Administration. 2008. *Atlas of Desertified and Sandified Land in China*.
- 18 Conte, T.J. 2015. The effects of China's grassland contract policy on Mongolian herders' attitudes towards grassland management in northeastern Inner Mongolia. *Journal of Political Ecology* **22**: 79-97.
- 19 Pekel, J.F., et al. 2016. Op. Cit.
- 20 Rasmussen, K., D'haen, S., Fensholt, R., Fog, B., Horion, S., et al. 2016. Environmental change in the Sahel: reconciling contrasting evidence and interpretations. *Regional Environmental Change* **16** (3): 673-680.
- 21 Herrmann, S.M., Sall, I., and Oumar, S. 2014. People and pixels in the Sahel: A study linking coarse-resolution remote sensing observations to land users' perceptions of their changing environment in Senegal. *Ecology and Society* **19** (3): <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06710-190329>.
- 22 Fensholt, R., Langanke, T., Rasmussen, K., Reenberg, A., Prince, S.D., et al. 2012. Greenness in semi-arid areas across the globe 1981-2007 — an Earth observing satellite based analysis of trends and drivers. *Remote Sensing of Environment* **121**: 144-158.
- 23 Brandt, M., Hiernaux, P., Tagesson, T., Verger, A., Rasmussen, K., et al. 2016. Woody plant cover estimation in drylands from Earth observation based seasonal metrics. *Remote Sensing of Environment* **172**: 28-38.
- 24 Fensholt, R., Rasmussen, K., Kaspersen, P., Huber, S., Horion, S., et al. 2013. Assessing land degradation/recovery in the African Sahel from long-term Earth observation based primary productivity and precipitation relationships. *Remote Sensing* **5** (2): 664-686.
- 25 Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M., Ibrahim, M., et al. 2007. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change* **17**: 86-104.
- 26 Zak, M.R., Cabido, M., Cáceres, D., and Díaz, S. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. *Environmental Management* **42**: 181-189.
- 27 Vallejos, M., Volante, J.N., Moscario, M.J., Vale, L.M., Bustamante, M.L., et al. 2015. Transformation dynamics of the natural forest cover in the Dry Chaco ecoregion: A plot level geo-database from 1976-2012. *Journal of Arid Environments* **123**: 3-11.
- 28 REDAF. 2012. *Monitoreo de Deforestación en los Bosques Nativos de la Región Chaqueña*. Red Agroforestal Chaco Argentina, 1-34.
- 29 Grau, H.R., Tortres, R., Gasparri, N.J., Blendinger, P.G., Marinero, S., et al. 2015. Natural grassland in the Chaco: A neglected ecosystem under threat by agriculture expansion and forest-orientated conservation policies. *Journal of Arid Environments* **123**: 40-46.
- 30 De Freitas, P.L. de and Landers, J.N. 2014. The transformation of agriculture in Brazil through development and adoption of Zero Tillage Conservation Agriculture. *International Soil and Water Conservation Research* **2** (1): 35-46.
- 31 Ramalho-Filho, A., de Freitas P.L., and Claessen, M.E.C. 2009. Land degradation and the zero-tillage system in Brazil. *Advances in GeoEcology* **40**: 311-324.
- 32 Hernani, L.C., de Freitas, P.L., Pruski, F.F., de Maria, I.C., Castro-Filho, C., et al. 2002. A Erosão e seu Impacto (Water Erosion and its impact). In: Manzatto, C.V., Freitas-Júnior, E. and Peres, J.R.R. (eds.) *Uso agrícola dos solos Brasileiros (Agricultural use of Brazilian Soils)*. Embrapa, Rio de Janeiro, pp. 47-60.
- 33 Landers, J.N., Barros, G.S., de Rocha, M.T., Manfrinato, W.A., and Weiss, J. 2001. Environmental impacts of zero tillage in Brazil: A first approximation. *Proceedings of the World Congress on Conservation Agriculture. Conservation agriculture: A worldwide challenge*. FAO-ECAF, Madrid, pp. 317-326.
- 34 Díaz, S., Fargione, J., Chappin III, S.F., and Tilman, D. 2006. Biodiversity loss threatens human wellbeing. *PLoS Biology* **4** (8): 1300-1305.
- 35 Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* **486**: 59-67.
- 36 Oliver, T.H., Isaac, N.J.B., August, T.A., Woodcock, B.A., Roy, D.B., et al. 2015. Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss. *Nature Communications*. DOI: 10.1038/ncomms10122.
- 37 Agrawal, A. and Redford, K. 2006. *Poverty, Development, and Biodiversity Conservation: Shooting in the Dark?* Working Paper number 26. Wildlife Conservation Society, New York.
- 38 Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *Ecosystems and Human Wellbeing: A framework for assessment*, Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Covelos, California and New York.
- 39 Cohen-Sacham, E., Walters, G., Janzen, C., and Maginnis, S. (eds.) 2016. *Nature-based solutions to address societal challenges*. IUCN, Gland, Switzerland.
- 40 Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., and Swinton, S.M. 2007. Ecosystem services and disservices to agriculture. *Ecological Economics* **56** (2): 253-260. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.02.024
- 41 Elliott, J., Grahn, R., Sriskanthan, G., and Arnold, C. 2002. *Wildlife and Poverty Study*, Department for Environmental Development, London, UK.
- 42 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *General Synthesis Report*. Island Press, Washington, DC.
- 43 Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., and Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* **68**: 810-821.
- 44 Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C., and Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers. *Science*, **347** (6229): 1255957.
- 45 Hunter, D. and Heywood, V.H. (eds.) 2011. *Crop Wild Relatives: A Manual of In Situ Conservation*. Earthscan, London.
- 46 Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., et al. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience* **47**: 747-757.
- 47 Stolton, S., Boucher, T., Dudley, N., Hoekstra, J., Maxted, N., et al. 2008. Ecoregions with crop wild relatives are less well protected. *Biodiversity* **9** (1-2): 52-55.
- 48 Hamilton, L. 2008. *Forests and Water*. FAO Forestry paper 155. FAO, Rome.
- 49 Reid, W.V. 2001. Capturing the value of ecosystem services to protect biodiversity. In: Chichilensky, G., Daily, G.C., Ehrlich, P., Heal, G., et al. (eds.) *Managing human-dominated ecosystems*, Monographs in Systematic Botany 84, Missouri Botanical Garden Press. St Louis, USA.

- 50 Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) 2010. Arguments for Protected Areas. Earthscan, London.
- 51 <http://www.un-page.org/countries/page-exchange/ecuador>
- 52 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Running Pure: The importance of forest protected areas to drinking water, WWF, Gland.
- 53 Nabre, A.D. 2014. The Future Climate of Amazonia: Scientific Assessment Report. ARA: CCST-INPE: INPA. São José dos Campos, SP, Brazil.
- 54 World Health Organization. 2002. WHO Traditional Medicine Strategy 2002-2005. WHO, Geneva.
- 55 Hamilton, A., Dürbeck, K., and Lawrence, A. 2006. Towards a sustainable herbal harvest: A work in hand. *Plant Talk*, **43**: January.
- 56 Alves, R.R.N. and Rosa, L.M.L. 2007. Biodiversity, traditional medicine and public health: Where do they meet? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **3**: 14. doi:10.1186/1746-4269-3-14.
- 57 Cunningham, A.B., Shanley, P., and Laird, S. 2008. Health, habitats and medicinal plant use. In: Colfer, C.J.P. (ed.), *Human health and forests: A global overview of issues, practice and policy*. Earthscan, London.
- 58 Pierce Colfer, C.J., Sheil, D., and Kishi, M. 2006. Forests and human health: Assessing the evidence. CIFOR Occasional Paper 45. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.
- 59 Bird, W. 2004. Natural Fit: Can Green Space and Biodiversity Increase Levels of Physical Activity? RSPB and The Faculty of Public Health, UK.
- 60 Giles-Corti, B., Broomhall, M.H., Knuiaman, M., Collins, C., Douglas, K., et al. 2005. Increasing walking – How important is distance to, attractiveness, and size of public open space? *American Journal of Preventative Medicine* **28**: 2.
- 61 RPA and Cambridge Econometrics. 2008. The Economic Impact of Scotland's Natural Environment. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 304, Scotland.
- 62 Maller, C., Townsend, M., Pryor, A., Brown, P., and St. Leger, L. 2006. Healthy nature – healthy people: 'Contact with nature' as an upstream health promotion intervention for populations. *Health Promotion International* **21** (1): 45-54.
- 63 Abramovitz, J. 2001. Unnatural Disasters. Worldwatch Paper 158, Worldwatch Institute, Washington, DC.
- 64 Stolton, S., Dudley, N., and Randall, J. 2008. Natural Security: Protected areas and hazard mitigation. WWF, Gland, Switzerland.
- 65 Renaud, F.G., Sudmeier-Rieux, K., and Estrella, M. (eds.) 2013. The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.
- 66 Welcomme, R.L., Cowx, I.G., Coates, D., Béné, C., Funge-Smith, S., et al. 2010. Inland capture fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **365**: 2881-2896.
- 67 Hortle, K.G. 2007. Consumption and the yield of fish and other aquatic animals from the Lower Mekong Basin. MRC Technical Paper 16, Mekong River Commission: Vientiane, Laos.
- 68 ICEM. 2003. Regional Report on Protected Areas and Development: Review of Protected Areas and Development in the Lower Mekong River Region. ICEM, Indooroopilly, Queensland, Australia.
- 69 Emerton, L. (ed.) 2005. Values and Rewards: Counting and Capturing Ecosystem Water Services for Sustainable Development. IUCN, Ecosystems and Livelihoods Group Asia, Sri Lanka.
- 70 Baird, I. 2000. Integrating Community-Based Fisheries Co-Management and Protected Areas Management in Lao PDR: Opportunities for Advancement and Obstacles to Implementation. Evaluating Eden Series. International Institute for Environment and Development, London, UK.
- 71 Tanaka, N., Sasaki, Y., Mowjood, M.I.M., Jinadasa, K.B.S.N., and Homchuen, S. 2007. Coastal vegetation structures and their functions in tsunami protection: Experience of the recent Indian Ocean tsunami. *Landscape and Ecological Engineering* **3**: 1. DOI:10.1007/s11355-006-0013-9
- 72 Sathirathai, S. and Barbier, E.B. 2001. Valuing mangrove conservation in Southern Thailand. *Contemporary Economic Policy* **19**: 109-122.
- 73 Brown, O., Crawford, A., and Hammill, A. 2006. Natural Disasters and Resource Rights: Building resilience, rebuilding lives. International Institute for Sustainable Development, Manitoba, Canada.
- 74 ICEM. 2003. Lessons learned in Cambodia, Lao PDR, Thailand and Vietnam. ICEM, Indooroopilly, Queensland, Australia.
- 75 Caldecott, J. and Wickremasinghe, W.R.M.S. 2005. Sri Lanka: Post-Tsunami Environmental Assessment. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- 76 Murti, R. and Buyck, C. (eds.) 2014. Safe Havens: Protected areas for disaster risk reduction and climate change adaptation. IUCN, Gland, Switzerland.
- 77 Drawn from Stolton, S., et al. 2008. Op cit.
- 78 Pritchard, D. 2009. Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in developing countries (REDD) - the link with wetlands. A background paper for Foundation for International Environmental Law and Development, London.
- 79 Dudley, N., Stolton, S., Belokurov, A., Krueger, L., Lopoukhine, N., et al. (eds.) 2009. Natural Solutions: Protected areas helping people cope with climate change, IUCN-WCPA, TNC, UNDP, WCS, The World Bank and WWF, Gland, Switzerland, Washington, DC, and New York.
- 80 Andrade Pérez, A., Herrera Fernandez, B., and Cazzolla Gatti, R. (eds.) 2010. Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. IUCN, Gland, Switzerland.
- 81 <http://www.wttc.org/research/economic-research/economic-impact-analysis/#undefined> accessed January 16, 2017.
- 82 TIES website : www.ecotourism.org
- 83 TEEB. 2009. The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Summary for Policy Makers. UNEP and EC, Nairobi and Brussels.
- 84 The International Ecotourism Society, 2000 Ecotourism Statistical Fact Sheet.
- 85 Kettunen, M. and ten Brink, P. (eds.) 2013. Social and Economic Benefits of Protected Areas: An assessment guide. Routledge, UK.
- 86 Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., et al. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>.
- 87 Dudley, N., Mansourian, S., Stolton, S., and Suksuwan, S. 2008. Safety Net: Protected areas and poverty reduction, WWF International, Gland, Switzerland.
- 88 Stolton, S. and Dudley, N. 2009. The Protected Areas Benefits Assessment Tool. WWF International, Gland, Switzerland.
- 89 Ivanić, K.Z., Štefan, A., Porej, D., and Stolton, S. 2017. Using a participatory assessment of ecosystem services in the Dinaric Arc of Europe to support protected area management. *PARKS* **23** (1): 61-74.

土地资源与人类安全

本章探讨与土地状况有关的一些更广泛的人类安全问题。土地资源的许多潜在压力并不明显。有相当多的证据表明，如果得到有保障的权属，人们更有可能以可持续的方式使用土地。然而，许多国家的不安全感仍然很高，“圈地”现象越来越多，造成更糟糕的局面。

性别不平等使许多妇女及其家属面临越来越大的风险，使其成为最脆弱群体之一。然而实际上，随着越来越多的男性为外出打工，她们被期待负责土地管理。

收入增长同时创造出具有新的消费模式的大中产阶级，推动不可持续的土地利用，并加剧现有的财富不平等现象。在稀缺资源上的冲突会产生额外的当地压力，有时候则会带来全球压力。其中一个结果是更多农村到城市的移民，主要是在国内或邻国之间。越来越多、距离越来越长的迁移正在造成全球社会和政治紧张局势的影响。

引言

生态、气候和人类对土地资源的管理相互影响，千百年来世界就是这样形成的。自艾因·格扎尔最初定居以来已经过去将近9000年，现在约旦的安曼似乎是由于砍伐和密集的山羊饲养造成的土地退化而被部分地放弃。¹同样，气候的周期性寒冷也对农业社区造成严重破坏，导致其瓦解，放弃一度肥沃的地区。在英国，高原地区数千年的农地在青铜器时代末更冷的时期荒废，只有少数得到重新恢复。²即使气候保持稳定，自然资源管理不善也可能导致生态系统服务的丧失，潜在的后果是所赖以生存的人类社会的崩溃。³人类土地管理史并不总是令人骄傲，从最早的历史到今天世界上几乎每个地方都有这样的例子。⁴16世纪起源于欧洲的殖民潮导致根本不关心土地资源长期状态的人们大量过度利用土地资源。⁵

认为土地退化的是重大社会动荡、移民、不和谐或冲突的主要原因，就把事情想得太简单，而且通常不准确。人类文化非常复杂，社会由于多种相互影响的社会、政治、经济和环境因素发生演变。但人们越来越多地认识到，土地资源的来源和获得是导致其中一部分社会动荡的因素。^{6,7}受管理的生态系统和自然生态系统的健康与稳定之间存在联系，例如，其确保粮食和水资源安全的程度，以及人类社区的整体安全性、应对压力和冲击的恢复力，以及最终应对迁移或问题或冲突风险的恢复力。

文本框5.1：复活节岛——生态灭绝、种族灭绝还是瘟疫？

拉伯努伊岛（或复活节岛）是世界上最偏僻的有人岛屿之一，位于太平洋中央，距离最近的邻居也有数千英里，这里以曾经的居住者所雕刻的数百个半身石雕像（摩艾石像）闻名，但雕刻原因尚不得而知。拉伯努伊岛遭遇生态崩溃，许多本地物种（包括所有陆地鸟类）灭绝，曾经可能是世界上最大之一的海鸟聚居地被破坏，森林几乎完全损毁，数千树种灭绝，还有广泛的土壤侵蚀。但谁来买单？

关于拉伯努伊岛的争论显示了识别因果关系的困难以及简单解释的危险。波利尼西亚人很久以前定居岛上，⁸并被认为是400多年中逐渐砍光了森林。据推测，引入大鼠可能会增加损失率，⁹虽然花粉记录没有显示大鼠入侵的证据。¹⁰一些研究人员认为，他们其实已经将空间和肥沃的土地挥霍一空，遭受了社会的崩溃，导致部族之间的冲突和同类相食，欧洲定居者抵达时只剩下少数人口幸存。¹¹其他人则认为，波利尼西亚人确实造成了广泛的生态破坏，但是到欧洲人到来前，他们的社会还是可维系的，后来他们被几乎没有抵抗力的疾病所毁灭。¹²还有一些人指出了秘鲁奴隶贸易商的影响，他们在1860年代掳走了许多人。¹³广泛的绵羊养殖导致最后阶段的退化，¹⁴在20世纪造成一些物种灭绝。当欧洲人到达时，社会是否正在走向自我毁灭的路上，还是他们可以稳定土壤，保持农业？在欧洲人到来之前，岛上部分地区的农业显然已被废弃了很久。¹⁵欧洲人是否加剧或导致了社会崩溃？气候发挥什么作用？这些是在确定人类和环境如何相互作用时的一些常见问题。

本章将探讨与土地退化相关的更广泛人类安全问题以及第4章所述的证据汇总：

- 1.土地权属：** 可持续利用受到人们土地资源权的安全性的重大影响
- 2.性别问题：** 传统上，通常是重男轻女，社会对妇女不利
- 3.资源短缺：** 在所需土地资源和物资的数量方面增加了全球的不安全感
- 4.日益不平等：** 经济快速增长的驱动力进一步令“穷人”更穷，他们会因为经常被迫采取不可持续的 land 管理方式
- 5.迁移和安全：** 部分归因于世界上很多地方的生态变化

1. 土地权属

谁拥有土地，谁就拥有使用土地和自然资源的权利，这些权利受保障的程度显著地影响了土地管理的方式。各种形式的公共、私人 and 社区治理之间的转移是由更广泛的社会和政治变化驱动的，这些变化往往远远超出了生活在任何一个地方的人的控制。所有权与权属不同，大多数国家最终“拥有”土地，由此国家保留了剥夺个人权利的权利。

可持续发展目标目标2.3旨在“将农业生产力及小型粮食生产者，特别是妇女、土著人民、农户、牧民和渔民的收入翻一番，方法包括保证平等获得土地、其他生产资源和投入、知识、金融服务、进入市场的机会以及增值和非农业就业机会。”

权属（土地被持有和占用的条件）比所有权更重要。清晰界定和有保障的土地及其他自然资源的权属和获取途径为长期管理提供了依据，也提供了调和不同使用者和利益集团对抗性权利主张的机制。确保土地权属被公认是可持续土地管理和降低环境退化风险的重要因素；例如有保障的权属与毁林行



©Albert Gonzalez Farran

文本框5.2：权属的类型

国有化土地权属：国家拥有全部所有权，个人仅拥有使用权。中央政府可将权力下放给地方政府。

自由持有土地权属：旨在提供强有力的所有权，意味着拥有、控制、管理、使用和处置财产的权利，尽管大多数国家还控制着自由持有权属土地上可以干什么事情。通过国家征用也可以否决这种权利。自由持有可能是有条件的，例如付清全款或完成开发时。

租赁土地权属：基于不同时期租金的概念。属于一个实体（国家或个人）的土地由通过契约协议租赁给另一实体。这种租赁可长可短。实际上，99年的租赁被认为与自由持有权属一样安全。

租赁：租赁占用国有或私有土地。

合作土地权属：土地由合作社或集团所有，其中成员是共同所有者。

习惯土地权属：土地由原住民或当地社区拥有，并按照他们的习惯进行管理。所有权归属于部落、团体、社区或家庭。土地通常由诸如酋长等习惯权威分配。习惯土地权利是位置相关的，通常灵活、重叠，包括争议解决机制以及个人和集体使用当地土地资源的权利。¹⁹

在19世纪，殖民主义基于自由持有和租赁持有，为世界许多地方的土地所有权和产权提出了新的维度，通常忽视或否决了现有形式的习惯土地权属。建立私有财产的动力在整个20世纪持续，后来在许多政府独立时受到他们的拥护。因此，土地权属制度越来越多地基于正式的法定权利，包括私人自由持有和租赁持有以及更加非正式的习惯规则和安排。

这种权属可能性范围形成了一个连续体，每个都提供不同的权利组合和不同程度的保障和责任。有各种形式的宗教土地权属以及临时或非正式的土地权属制，其中包括非法占有。²⁰此外，一项对64个国家的研究发现，10%的土地由原住民和当地社区拥有，另有8%由这些群体指定或“控制”。²¹某些土地权属形式可能仅涉及某种类型的使用，或一年中的特定时期。

为的减少存在关联。¹⁶然而，有时可能会在土地权属有保障的情况下还是发生土地退化，例如在欧洲许多地区，这加强了一个事实，那就是如果要避免退化，就必须得到明确的政策和法规支持。

土地权属制度在国家内部和国家之间差别很大。它们是历史和文化因素的产物，包括土地和相关资源的习惯和/或合法、法定权利，以及由此产生的社会成员之间的社会关系。¹⁷土地权属可以定义为土地由个人和团体持有或拥有的方式，也可以被定义为在土地方面人们之间合法或习惯界定的关系集合。¹⁸使用制度逐渐演变，常常随着时间的继续变化下去。在某些情况下，它们受到革命过程的影响，如20世纪的各种革命中，通过再分配土地改革或强制性土地集体化，颠覆了现有的土地权属制度。在一些国家，政策制定者通常通过将习惯权属下持有未登记土地国有化来加强国家在分配和管理土地方面的作用，或通过给予个人和社区对其土地更大控制的更正式权属，达到相反的结果。虽然许多国家已经重组他们与土地有关的法律和监管框架，在某些情况下，通过协调制定法和习惯安排，但是土地权属和财产权不稳定的状况仍然普遍存在，在发展中国家尤其如此。

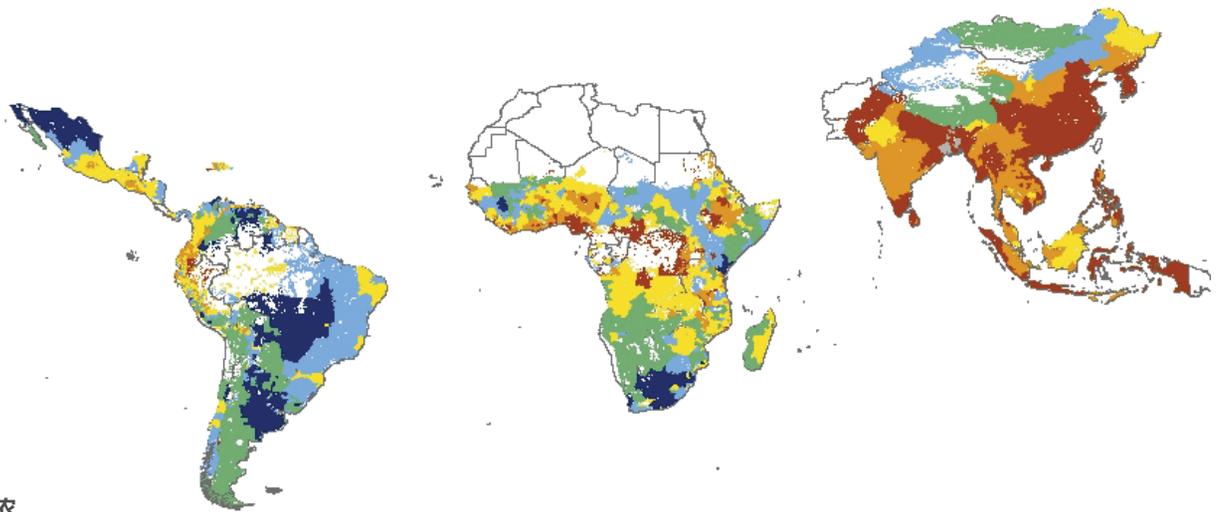


图5.1：发展中国家农业问题的规模：经许可使用²³

图例

- 城市
- 广泛放牧 (平均 > 15公顷, > 90%牧场)
- 非常大 (平均 > 50公顷)
- 大 (平均 15- 50公顷)
- 中 (平均 5- 15公顷)
- 小 (平均 2-5 公顷)
- 很小 (平均 < 2公顷)

农业在农村土地利用中的主导作用意味着农民控制和管理大部分土地。据估计，全球有5.7亿个农场，其中绝大多数是小型农场；例如，4.1亿个农场面积小于1公顷，而4.75亿个农场面积不到2公顷。尽管如此，农地种植面积不超过2公顷的小农户只占总农业用地的12%，剩下的农地由明显大得多的农场占有。²²

虽然一些政府在不同程度上承认一系列的土地权属安排是合法的，但是“有保障的土地权属”仍然趋向于在土地权属的合法、法定的形式方面严格界定，例如个人土地产权。但是，这并不能反映现实情况，而且严重地减少了负担得起或能够获得这种“正式”土地权属的人数，特别是发展中国家的妇女和农村穷人。正式化也可能产生不利影响，因为穷人可能被怂恿出售土地来实现收支平衡，或者可能会削弱和代替有可能提供更大保障的社会网络和安排。²⁴撒哈拉以南非洲地区的这种问题尤其严重，那里大多数人口仍然没有土地。例如在南非，2013年80%的农田仍然归少数白人所有。²⁵总体而言，非洲只有约10%的农村土地经过登记，剩下90%都是非正式管理。²⁶类似的土地权属问题延伸到世界各地；印度是地球上无土地人口最多的国家。²⁷

今天，土地权属和财产权制度正在迅速变化，越来越多的征地和与土地有关的冲突事件证实了这一点，²⁸部分原因是良田上所承载的投机性和高价值。

土地权属、登记和争议解决

在土地权属制度依然不正式或变化不定的国家，已经做出的一个共同的响应是引入土地登记制度：以契据形式或通过注册土地产权来登记土地。在这些情况下，有两个重要因素需要考虑：记录土地权利的登记和提供有关地块的位置、边界、使用和价值信息的地籍。许多发展中国家的政府正在采用这种方法为土地用户提供更大的安全性，²⁹以加强与土地有关的投资³⁰并促进金融市场的发展；迄今为止这种努力取得了不同程度的成功。虽然新的土地登记制度有时在解决长期权属问题方面有用，但往往将固有的不平等制度化。

大多数土地权属制度都是从个人层面构思的，往往忽视那些只有非正规使用权利的人群，例如妇女、儿童、移民、国内流离失所者（IDP）、牧民、猎人、采集者以及其他少数群体。此外，集体土地权（如家庭土地权）尚未得到充分考虑，与社区土地法律地位相关的问题也是如此，这些土地包括森林、湿地和放牧地等，通常处于习惯管理下。土地产权改革可能是一个漫长并且代价高昂的过程，尤其是在土地的社区所有者没有明确界定，以及必须建立新的正式实体时。

土地纠纷通常集中在土地的划定、所有权、保管权和继承权上，或源于对习惯持有权利的侵犯。土地纠纷在许多国家导致了社会紧张局势和公开的冲突。在拉丁美洲，冲突主要发生在无地者与大土地持有者之间，以及无地者和原住民社区之间。土地冲突的主要驱动因素包括不平等获得和控制土地、自然资源退化、历史恩怨和人口压力的综合原因，这些因素由于治理薄弱和政治腐败而加剧。

不平等的分配和缺乏对土地及其资源的获取/控制可能是贫困、粮食不安全和土地退化的关键因素。重新分配权利，以建立更公平的土地分配，是促进经济发展和环境可持续发展的有力策略，但在土地权利正式化、权属保障、经济发展与和平之间不存在直接联系。

如上所述，如果土地权属正式化的标准方法仅关注私人人和/或个人财产权，可能会产生问题，因其没有考虑到集体的权利。其他办法寻求建立鼓励中央行政机关、地方政府和世俗权威之间合作的土地治理制度。成功流程的要素包括协调合法性和正当性、建立共识、定义一个现实和适应性强的实施策略以及确保土地服务监督工作的财务可行性。³¹

在国家或地方层面已经发展出很多解决争端的机制。在加纳，预计由长老理事会和土地分配委员会帮助习惯受托人。³²在坦桑尼亚，土地委员会建议长老（瓦济）参与庭审以确保平等解决土地纠纷。³³在哥伦比亚，1991年新宪法生效时，四分之一的土地成为原住民领地。³⁴

虽然许多国家对需要重新分配土地方面有普遍的共识，但是往往存在如何和平、平等、合法地加以实施的争议，而且实施还不能引起腐败猖獗、政治干预、寻租行为或社会冲突。³⁵正式和非正式的土地权属制度之间经常存在矛盾，并导致冲突和效率低下。土地改革政策的一个目的，就是找出结合这些不同制度的方法，确保男女拥有平等地持有和使用资产的权利，以此作为社会和经济进步的基石。

圈地和虚拟土地

“圈地”是中南美洲、非洲、太平洋和东南亚地区日益增长的现象³⁶，是指外部利益收购在发展中国家土地上收获木材，或建立大型商业农场、种植园或畜牧场的权利，而这些土地的权属历史上一直是集体、公共或习惯性质的。³⁷虽然最著名的案例涉及到位于中东、亚洲、北美和欧洲的大型投资公司在撒哈拉以南非洲地区收购农田，但更多的圈地由本国政府支持的国内投资者发起。³⁸这种对大片土地控制的突然变化是历史现象的现代反映，包括长期领土战争、殖民化、社会主义集体化和原住民不动产强占。

圈地往往是非法的，在于其与法律相抵触，或者非正规，因其利用法律漏洞、法律和土地权属制度之间的不一致，或者利用腐败或政府协调和能力低下。然而，完全合法的圈地也可能表现许多相同的问题。

无法满足自身粮食和水需求的富裕国家已经在发展中国家获得具有大量耕地和水资源的土地，在某些情况下是为了对付国内的粮食和水资源短缺问题。2004-2009年，81个国家出现外国投资者收购土地；^{40,41}然而，许多交易是在没有公告的情况下进行的。据估计，在2000-2011年期间，约2亿公顷土地易主，平均交易规模约为4万公顷。据估计，这些收购中约三分之二发生在撒哈拉以南非洲地区，投资超过20亿美元。占非洲耕地总面积的近10%以及其余35%的可利用农田已被大型实体收购，其中有7000多万公顷用于生物燃料。

据估计，其直接后果是全球有超过1200万人遭受家庭收入损失，例如在加蓬、利比里亚、马来西亚、莫桑比克、巴布亚新几内亚、塞拉利昂、南苏丹和苏丹等国感受到重大影响。⁴²科学家们还对旱地国家这些强大的新实体占领和使用水的数量发出了警告，并警告了东南亚和巴西被圈地的地区森林砍伐率高的问题。⁴³圈地面积往往占总可用土地面积的很小部分，但集中在肥沃、交通发达、水资源和市场便利的地区。⁴⁴虽然几乎没有可用的经验数据，但似乎这可能是导致相当大量的流离失所和非自愿迁移的原因。⁴⁵坦桑尼亚、肯尼亚和马达加斯加的例子⁴⁶证实圈地经常在违反现有居民意愿的情况下发生、腐败现象普遍存在以及圈地实施后地方社会经济分歧增加。⁴⁷圈地也可能增加社区内部和受影响群体与政府之间的紧张局势和冲突的可能性。⁴⁸

粮食安全问题是国家间接或通过大规模土地收购形式的外国直接投资外购土地资源的重要推动力。⁴⁹全球最新的农田扩张可能与出口作物，特别是热带国家的经济作物生产挂钩。其他重要驱动因素包括与气候减缓战略相关的近期经济衰退和生物燃料目标。一项对1204宗已完结并涵盖超过4220万公顷土地的交易分析显示，粮食和非粮食作物在土地交易数量及其面积方面发挥最重要的作用，这其中伴随着欧盟和许多其他国家对液体生物燃料需求的不断增长。⁵⁰马来西亚、美国、英国、新加坡和沙特阿拉伯构成了五大投资国，占全球土地合同的45%，占全球土地交易的37%。⁵¹然而，有证据表明，通过在发展中国家地区进行跨国投资来进行大规模收购的数量越来越多：例如，利比亚在马里的投资、毛里求斯在莫桑比克的投资和埃及在埃塞俄比亚的投资。⁵²在非洲，政府通常在其中一些土地交易中扮演合资伙伴。此外，政府政策可刺激私人资本投资收购外国土地，这些交易也一直受到世界贸易组织、国内粮食、农业和贸易政策以及商业土地市场推动的刺激。^{53,54}

虽然在许多国家在重新分配土地方面的需要上有普遍的共识，但是关于如何和平、公平和合法地加以实施而又不引起猖獗的腐败、政治干预、寻租或社会冲突，往往众说纷纭。

文本框5.3：地拉那宣言³⁹

大规模的土地收购或受让若具有以下一个或多个特征，则被定义为圈地：

- 侵犯人权，特别是妇女的平等权利；
- 并不基于受影响土地使用者的自由、事先、知情的同意；
- 并不基于彻底的评估，或者忽视社会、经济和环境的影响，包括其性别化的方式
- 并不基于规定有关活动、就业和福利共享的明确和具有约束力承诺的透明合同；
- 并不基于有效的民主规划、独立监督或有意义的参与。

坦桑尼亚、肯尼亚和马达加斯加的例子证实圈地经常在违反现有居民意愿的情况下发生、腐败现象普遍存在以及圈地实施后地方社会经济分歧增加。

普遍的土地权属不安全加剧了圈地所造成的问题。小农户和牧民往往没有正式的土地产权，即使他们有习惯的土地权属，⁵⁵只有三分之一的交易中补偿是付给失去土地的人或社区的。⁵⁶大规模土地投资的支持者认为，此举提供了提高未集约耕种土地生产力的机会。与此同时，反对这些投资的人则认为，虽然这些投资为发展提供了机会，但农村贫困人口正在被驱逐或丧失获得土地、水和其他有关资源的机会，⁵⁷或受困于收入很低的订单农业协议中。所分析的现有土地交易几乎将近一半涉及之前由社区所拥有的土地，⁵⁸并推动人们进入城市、贫瘠地区或剩余的天然林。⁵⁹在刚果民主共和国，大规模农业投资显然推动了当地农民进入国家公园。⁶⁰

对现代表现形式的圈地更为根本的批评是：它基于的是大规模单一农业是唯一现实前进道路的假设，把替代方法拒之门外。⁶¹与很多家庭一起提供生态系统服务并支持生物多样性的混合农田被单一栽培所替代，而这种栽培不具备上述这些额外效益。⁶²联合国食物权问题特别报告员奥利维耶·德·舒特（Olivier de Schutter）认为，“我们所需要的不是规范圈地，因为这似乎是不可避免的，而是为农业投资提出一个替代计划。”⁶³

更安全和平等的权属

解决土地权属问题需要采取很多清晰的步骤，这些步骤各不相同，具体取决于特定国家的发展阶段。联合国粮食与农业组织制定了《负责任治理土地权属自愿准则》，为行动提供了强有力的框架。⁶⁴关键要素包括：

1. 政策和法律框架：通常需要政策和法律改革来确保小农户、农村和原住民的土地权属安全。这需要制定有利于穷人的土地政策和法律，结合能力建设计划，使传统权利持有人有权利使用法律，并对其土地做出明智的决定。

2. 冲突或争议解决：权威的冲突解决机制在地方和国家层面都至关重要。在执行任何干预之前，必须彻底了解土地冲突的性质和范围。判定和裁决需要得到执行，解决机制要被公民视为合法。

3. 再分配：如果再分配是一种选择，那么必须确定可用土地的来源，尽管这是有争议的，并且往往难以实现。政府、受益者直接或土地信托基金进行的土地购买和再分配应支持边缘化群体的生计。需要资金用于补偿及农村基础设施的提供。

4. 土地管理：登记和土地权属制度需要提高效率，以正式化并保障土地交易以及土地市场的监管，包括建立地方行政机构来确定规则和维护信息系统

并定期进行土地估价。

5. 土地利用规划和自然资源保护：制定土地利用规划和保护自然资源的新的长期综合办法，包括建设脆弱社区对环境退化和气候变化的恢复能力。⁶⁵规划应该是跨世代的、鼓舞人心和参与式的，涉及所有相关利益相关者，并且基于有效、全面的数据收集和处理。

6. 土地保护：圈地的问题是复杂的，需要有领土愿景，即

1) 承认当地社区使用、管理和控制土地及其他自然资源的权利，在此基础上实现社区驱动的发展和建立公平和公正的社会；并

2) 鼓励社会、经济和环境上可持续的农业投资模式和其他农村地方活动。

2. 性别问题

性别动态和社区与环境的关系决定着女性和男性管理生计和土地的能力。许多发展中国家的妇女往往不拥有土地、自然资源或商业生产的所有权、权属或控制权。妇女的权利由其丈夫、兄弟或父亲代行，成为更加脆弱的群体，因为她们可能在迁移、鳏居、离婚或被遗弃之后失去财产或权属权利。⁶⁶土地权属通常被看作一个积极的要素，有利于健全的土地管理实践、更高的农业产出和对社区决策的更大影响。⁶⁷随着社会的转变，越来越多的男性外出打工或者面临更高的死亡率，这可能会使妇女成为担负责任的户主。⁶⁸

妇女在许多形式的土地管理（包括粮食生产）中发挥重要作用，但由于根深蒂固的针对性的权利、角色和责任，往往处于不利地位，降低了她们及其子女的生活质量。据信，妇女占世界农业劳动力的43%，区域差异显著（通常拉丁美洲较少，非洲更多）。⁶⁹许多妇女是家庭农场的无薪劳工而非农民。在欧洲，妇女占农场劳动者的41%，但这掩盖了国家之间的巨大差异。⁷⁰在美国，经营稳定、成功业务的“商业”农民只有不到3%是妇女，平均而言，男农民比女农民数量高17倍。⁷¹关于妇女生产了多少比例的粮食还没有准确的估计，⁷²一些研究人员认为女性农民的人数被夸大，⁷³但她们作用的重要性毫无疑问。

与男性农民相比，女性农民的单位土地产量一般较低⁷⁴，也不太可能参与商业活动⁷⁵。这是因为妇女往往是在更边缘的土地上经营较小的农场；获得技术信息和信贷便利的渠道更少；面临着妨碍生产力的社会制约和家庭责任；经常有更多的受供养亲属，帮工的劳动力相对较少。推广服务通常针对男性，在一些社会，文化规范对于男性推广服务提供者与女农民合作设置了额外的障碍。然而，如果这些制约因素被消除，女性农民的生产力平均起来就会和男性的一样或更高。⁷⁶缩小使用投入和技术方面的性别差距可使女农民的收入增加20%至30%，并将发展中国家的农业总产出提高2.5%至4%。⁷⁷

在畜牧养殖方面也存在性别差异，尽管人们对这方面男女相对生产力的情况所知甚少。⁷⁸据估计，妇女占贫困家畜饲养户的三分之二，可能会在自家房子周围养殖家禽和其他动物。⁷⁹然而，随着畜牧企业规模的扩大，妇女的作用往往会下降。⁸⁰

但是，农业中的性别角色正在发生变化。男性从农村外出打工导致女性农民工作量增加，也是引发妇女承担新角色的重要因素。男性外出打工迫使妇女承担以前由男性承担的一些工作，例如，除了农业生产和家庭活动外，倾向于养殖动物⁸¹和从事创收活动。⁸²在许多地方，女农民的比例逐渐增加，许多国家正在发生农业女性化，这将继续改变女性农民角色的感知方式。⁸³



© ELD Initiative

特别是在发展中国家，妇女的传统角色使其对土地使用和管理的许多其他方面负责，包括收集和准备薪柴、水、饲料、药材、水果和种子。⁸⁴据估计，肯尼亚部分地区的妇女每天仅打水就可以消耗掉85%的每日热量摄入。⁸⁵在干燥热带森林地带，妇女主要负责薪柴收集，除非有社会限制，例如深闺制度（女性隐居）。⁸⁶环境退化增加了妇女的负担：例如，由于森林的生产力下降，在过去四分之一世纪中，喜马拉雅山采伐木柴所需的时间增加了约60%；妇女和儿童几乎承担了所有这些工作。⁸⁷

农村妇女处于受土地退化影响的边缘群体的前线，因此在地方和国家层面的性别反应土地退化零增长政策及其执行不可或缺。如果农村家庭土地退化，妇女的负担就会增加，因为她们需要找到弥补粮食产量下降的其他途径，同时保持其生育和照顾家庭的角色。这些活动通常包括将劳动力卖给更富有的农民或者做小买卖，仅仅是为自己的家庭购买足够的食物。⁸⁸

妇女管理多种角色的一种方式是通过组建妇女团体，在其中她们相互帮助进行所有生产任务（如耕作、播种、收获）、育儿和其他形式的合作（如金融服务援助）。在非洲、⁸⁹亚洲、⁹⁰和美国的许多国家都出现了这样的团体。⁹¹气候变化及其影响扩大了现有的性别不平等现象，给“社区层面业已脆弱、被低估、不稳定的性别角色”带来了额外的压力，“塑造了暴露、敏感性和影响的性质和程度”。⁹²妇女作为商品和服务生产者所发挥的至关重要的作用，使其成为可持续发展目标和气候变化议程实现的重要战略伙伴。

传统继承和财产转让制度（特别是农地）主要是父系制；然而，越来越多的国家现在在其宪法和法律中承认妇女的土地权利。在老挝，已婚妇女有权拥有结婚期间获得的任何财产的一半；⁹⁵卢旺达依法承认妇女的土地权。⁹⁶在女农民已经具有非正式或习惯的土地权利的地方，有时可以通过将习惯产权转为在国家登记的永久产权或通过政府登记中对习惯产权的法定承认和法典化来获得正式的权利。⁹⁷然而，在大多数发展中国家，妇女仍然只能通过丈夫或男性亲戚获得土地和有关的自然资源。如果由于男性迁移、放弃、离婚或死亡而使她成为事实上家庭户主，这一点就尤为重要。在城乡两地，在这种情况下独立财产权可能意味着差别，一边是依靠家庭支持或慈善施舍，一边是形成可行、自力更生的女户主家庭的能力。⁹⁸

对于面临最严重土地退化的社区，改变来得很慢，法律改革并不总是等于实实在在的现实变化。即使在进行了改革，风俗习惯也可能会减缓这种变化。在菲律宾的土地改革计划的背景下，尽管一直要求登记配偶双方的姓名，但仍有一半以上的土地证书上并不包括妻子的名字。⁹⁹

在许多地方，女农民的比例逐渐增加，许多国家正在发生农业女性化，这将继续改变女性农民角色的感知方式。



© Petteri Kokkonen/UNDP

文本框5.4：了解性别角色和土地

存在用于考察性别角色的各种理论框架。生态女权主义涉及了“对女性（和其他被压迫人类）主导与自然主导之间联系的性质的各种不同女权主义观点”，以及“关于非男性偏向的人类和自然环境的理论和实践”。⁹³例如，人类脆弱性分析，可以适用于各方对土地退化的定位，以及国家在赋予男性特权和有利于男性而对妇女的损害方面可能发挥什么样的作用。脆弱性分析强调采取生命周期方法处理社会问题的重要性，特别注意角色、责任和生命阶段产生的需求。⁹⁴虽然生态女权主义侧重于对自然的父权制方法，但脆弱性分析考察了政府如何有效地响应。脆弱性分析要求承认家庭中生育和照料的相关隐性任务，这些任务主要由妇女承担；这种照料角色延伸到土地，妇女在其中的生计作用不受重视，因此被排除在国内生产总值之外。在土地退化的背景下，这种方法是在维护或提高土地生产力和应对气候变化方面，考察性别不平等如何使女性农民处于较不具有弹性的社会经济地位。

在菲律宾的土地改革计划的背景下，尽管一直要求登记配偶双方的姓名，但仍有一半以上的土地证书上并不包括妻子的名字。

3. 资源短缺

在稀缺资源上的冲突会产生额外的当地压力，有时候则会带来全球压力。自罗马俱乐部在1972年发表《增长的极限》报告¹⁰⁶以来，对地球自然资源最终用尽的关注越来越受到重视。价格波动以及在有限自然资源上的本地化竞争可能是未来不稳定和冲突的前兆。虽然许多早期研究准确地认识到世界在可用资源方面达到极限，但时间表往往过于悲观；世界已经在许多食物、矿物质和能源可用性的预测临界点后坚持下来。但还能坚持多久？

到目前为止，在出现短缺时，它们往往是兼有¹⁰⁷能源和粮食¹⁰⁸情况的政治问题，或者是各个因素的组合¹⁰⁹，但不是真正的资源稀缺。过去的错误也突显出在全球范围内估计资源的难度。

估计矿产和其他材料的剩余存量存在储量和资源的区别：人们对储量有相当的了解，可利用现有技术获取，而资源不被完全了解（包括其数量），也可能由于提取的经济或环境成本高而不可行。一些分析师提出“未发现”储量的第三类别，这是根据对地质和地貌的一般认识推断的。我们对全球资源存量的知识不像我们想的那样准确。2004年，壳牌石油公司将自己的石油储量降低了三分之一，震撼了金融市场，这是超过40亿桶的“损失”。表5.1总结了一些重要资源的知识状况，而其消费速度正在上升。全球原料年开采量从1970年的220亿吨增长到2010年的约700亿吨，建筑用非金属材料显示出最快增长；在这个时期，材料使用效率的总体下降造成开采量比统计显示还要高。¹¹⁰

文本框5.5：实现土地退化零增长的性别战略

可持续发展目标5.c指出，“采取和加强健全的政策和可执行的立法，促进性别平等，在各级增强所有妇女和女童的权能。”。这些战略应该努力确保性别平等，这可以减轻世界上许多农村社区仍然盛行的父权制规范和态度的不公正影响，包括：¹⁰⁰

- 在各个方面承认和吸引妇女作为土地管理者，包括作为农民，而不仅仅是农场帮工¹⁰¹
- 确保为恢复和重建退化土地而采取的所有举措都是对性别问题敏感的，并且对女性农民和土地管理者的利益和需要作出反应
- 分享最佳实践，并在必要时改变立法，使妇女能够克服在保障土地权属和资源权利方面遇到的障碍
- 处理阻碍妇女在粮食生产活动中效率和发展的不正当法律和政策奖励措施
- 确保和男性一样在农业推广服务中包括妇女，并解决男女的性别相关需求，¹⁰²例如，其方法包括培训妇女推广人员、改变教学实践、对等举措和再培训等。¹⁰³
- 确保女性农民能够直接获得资源投入和金融服务，例如不通过其丈夫居间的小额金融计划¹⁰⁴
- 通过改革、能力建设和激励措施，加强各级妇女用地者在政策过程中的声音
- 让更多女性参与农业研究和发展¹⁰⁵

表5.1：全球重点自然资源展望

| 自然资源 | 估计可用性 |
|---------------|---|
| 土地 | 由于人口不断增加、城市化程度上升、对粮食和非粮食作物需求的增加以及土地退化，导致利用贫瘠地区和自然生态系统的持续转换，人均可用良田面积正在下降。见第二篇。 |
| 粮食 | 大多数分析得出的结论是，人口和消费水平的上升将使农艺师和农民的能力捉襟见肘，很难使生产力保持并驾齐驱的足够大增长。在这种情况下，可以通过减少浪费和改变饮食来解决全球短缺问题，特别是减少食用动物产品的比例。见第7章。 |
| 水 | 水量不变，但世界不同地区的可用水量在不断变化，预计在许多地方出现日益严重的缺水问题。见第8章。 |
| 石油和天然气 | 一些分析人士认为，石油供应已经达到顶峰，世界将面临能源短缺， ¹¹¹ 其他人则持不同观点。 ¹¹² 许多人认为有足够的石油和天然气供应来支持向可再生能源的过渡；其评估供应丰富，但大多数被分类为资源量而不是储量，这意味着它们并非完全已知，或者以经济或环境可取的方式开采时会面临技术困难。 ¹¹³ 见第10章。 |
| 煤 | 理论上说还剩下数百年的供应量，但集中在少数几个国家；一些分析师预测，到本世纪中叶，由于各种因素，包括污染和气候问题，煤炭价格将不再低廉并会达到高峰。 ¹¹⁴ |
| 木材 | 有足够的工业木材供应。目前，12亿公顷森林得到管理用于生产，一半在高收入国家，但只有8%在低收入国家：2011年的砍伐量约为30亿立方米，比蓄积量低1%。 ¹¹⁵ 尽管被确认为可持续管理的地区越来越多，但许多热带国家的可持续森林管理仍然严重缺乏。 ¹¹⁶ 一些高价值的本地树种的获得渠道正在减少，特别是热带硬木，这导致对剩余天然林的破坏性影响。2004年，估计约有一半的热带木材交易是非法的。 ¹¹⁷ |
| 薪材 | 存在局地化的短缺，这种短缺具有重要社会和生态影响。 ¹¹⁸ |
| 氮 | 通过哈伯-博施工艺的工业氨合成将大气中的氮和氢（通常来自天然气）转化为氨，从而有助于大规模和无限制地生产硝酸盐肥料，只需要能源成本保持较低。 |
| 磷酸盐 | 主要从磷矿石开采；目前的全球储量将在50-100年内耗尽，有些人预测在2030年左右达到顶峰。 ¹¹⁹ 全球供应不确定，严重依靠摩洛哥非常巨大的推断储量。 ¹²⁰ 同时，磷酸盐回收技术也在不断提高。 ¹²¹ |
| 钾 | 钾储量仍然很大，尽管集中在少数几个国家，特别是加拿大（萨斯喀彻温省）和俄罗斯。 ¹²² |
| 铁 | 美国地质局估计，全球铁矿石储量为8000亿吨原矿，含铁2300亿吨；按当前水平足够200年的生产用量。 ¹²³ |
| 铜 | 铜矿储量估计达6.8亿吨 ¹²⁴ ，目前估计铜矿资源量已达21亿吨，估计有35亿吨未被发现。 ¹²⁵ |



© UN Photo/Mark Garten

文本框5.6：采砂¹²⁶

砂和砾石以体积计算是占世界开采量最多的材料。2000年全球生产估计超过150亿吨。二氧化硅含量高的海砂已被用于玻璃制造，但由于砂丘的生态和危害调节功能，现在一般禁止取沙。来自冰水漂砾和河道、湖泊、泻湖和回水区采出的砂被用于建筑施工。海洋疏浚砂构成了总供应的重要组成部分，在西北欧尤其如此。河砂在一些地区的开采强度过大，使世界许多地区供应不足。持续任意的采砂可能会改变生境和相关生物多样性，破坏河流环境中的民用建筑结构，减少重要的生态系统服务，减少地下水供应和影响饮用水水质，从而对生态和经济造成不可逆转的损害。采砂的环境成本很少算入采掘业的成本效益分析或环境影响评估，使得开采比其他替代方案更有利可图。

发展适当的明智使用监管系统时，不利影响信息的缺乏带来一个重大的问题。虽然一些国家有就地取砂的机制（例如，澳大利亚和马来西亚），这些机制被证明在河流和其他产砂系统保护方面取得了成功，但许多发展中国家需要加强将合法采矿转为更可持续的水平和打击非法采砂作业的政策。

简而言之，要使砂的使用更可持续，需要：

- 将河砂用于建筑施工，不用于填土和造地。
- 减少砂需求量的新建筑技术。
- 施工中使用砂的所有级配的新技术。
- 建筑技术中混凝土和水泥砂混合物的替代方案。
- 对非法和过度用砂的处罚。

4. 收入不平等和不可持续的消费模式

收入增长和不平等以两种主要方式影响着土地基础。首先，许多国家的中产阶级普遍增加，创造了更大的拥有可支配收入人群，产生较高的消费水平，在某些情况下，产生对短缺或土地密集程度不成比例的资源的需求。第二，收入不平等现象出现了前所未有的增长，将较贫穷的人口逼到了贫瘠地区，而这些土地退化的可能性更大，内部冲突的风险也是如此。¹²⁷

可持续发展目标10旨在

“减少国家内部和国家之间的不平等”，目标10.1鼓励各国“以高于全国平均数的比例，逐步实现和维持最底层40%人口的收入增长”。

越来越多的消费模式正在加剧土地资源的压力：土壤、水、生物多样性和矿物。全球经济基于人们消费更多的东西，这是一代人之前认识到的现象¹²⁸，并且仍在加速。消费水平所具有的影响比单纯的产品使用量增加更为复杂。例如，时尚界的巨大增长和服装的快速更替导致了棉花生产的高涨，这是农药使用量最大的用户之一，占世界农药使用量的近四分之一。¹²⁹第7章中讨论的对土地密集型高蛋白食物的爆炸性需求意味着巨大的森林损失（还有其他方面的影响），以便种植大豆和为牛群创造牧场。一些发展中国家中产阶级的日益增多也为偷猎贸易的增加、¹³⁰野生动物的杀戮和销售提供了资金：对老虎等大型捕食动物的猎杀是最为众所周知的情况，还出现野生哺乳动物、鸟类和爬行动物的新市场，这些正在对整个物种带来灭绝的威胁。其他野生动物产品市场，如象牙¹³¹或用于医药的犀牛角，¹³²也为保护管理带来了危机。¹³³

收入不平等更加复杂。世界上1%最富有的人口现在拥有的财富比我们剩下的人加起来还多；仅仅八个人的财富就等于世界上最贫穷的一半人群的总数。在过去30年中，世界最贫穷的一半人群的收入增长为零，而1%的最富裕人群收入增长了300%。¹³⁴贫困与土地退化之间的直接因果联系存有争议，但是证据的平衡表明社会不平等对环境不利，这可能反过来说明为什么社会越不平等就越不健康。¹³⁵

时尚界的巨大增长和服装的快速更替导致了棉花生产的高涨，这是农药使用量最大的用户之一，占世界农药使用量的近四分之一。

5. 迁移和安全

估计有2.44亿人在他们的出生国以外生活和工作；¹³⁶更多的人群在自己的国家内迁移。迁移发生的原因有很多，包括渴望更美好的生活、逃避高压政权或摆脱困难的环境条件。当境况变艰难时，人们有两个选择：留下来尝试改善境况，或迁移到其他地方。许多人选择后者，尽管最贫穷和最脆弱的人可能无法做到这一点。流动性和迁徙能力是重要的生计策略，尤其是依赖土地性商品和服务的农村人口，对于准备为职业或经济机会而迁移的富裕和受过教育的人口也是如此。

可持续发展目标10.7鼓励各国“促进人们有序、安全、正常和负责的移徙和流动，包括执行有计划和管理良好的移徙政策”。

人类流动可分为三种形式：出于社会经济原因的国内外迁移；流离失所，通常指由于冲突或灾难而被迫迁移；以及有计划的重新安置，社区向更安全的地方迁移，以应对不可逆转的环境变化。虽然迁移可能是一种积极的适应策略，但流离失所可能会增加脆弱性，而有计划的重新安置往往会产生混合的结果，使人们离开直接的伤害，但是有时会导致新的脆弱点。¹³⁷

作为对土地资源压力的响应，部分迁移是因为地区人口过多造成的，而在其他地区，人口减少和土地退化却是促成因素。迁移更有可能成为应对脆弱生态系统（如旱地、山地和低海拔沿海地区）气候变化的策略。¹³⁸人们从农村迁移到城镇的城乡迁移是最常见的走向。在一些国家，政府鼓励人们从拥挤的城郊地区迁移到欠发达的自然边界，这鼓励了垦荒和森林转化，增加了新地区的土地退化：印度尼西亚的移民计划是这种方法众所周知的例子，带来的是混合性的结果。¹³⁹

大多数移徙发生在国内，国际移徙主要发生在邻国之间。从低收入国家到高收入国家的长距离国际移徙每年平均只有400多万人，对世界各地国际移徙者2亿多人数的贡献相对很小，¹⁴⁰虽然“被迫移民”人数正在上升。¹⁴¹迁移者往往会前往与自己类似的人群之前已经到过的地方，使用家庭或社交网络帮助其完成旅程，并在目的地安定下来。¹⁴²迁徙偏好在一生中会有变化，年轻人通常是任何社会中最具流动性的人，虽然退休的人也会迁移，但往往是叶落归根。¹⁴³

大多数移徙发生在国内，国际移徙主要发生在邻国之间。

迁移可能是暂时的，也可能是永久，可能有条不紊地完成，也可能由于自然灾害、政治镇压或冲突而突然发生。土地退化和迁徙之间的联系是复杂的，受到在地方和全球范围内发生作用的社会、经济、政治、人口和环境过程影响。大多数与土地退化有关的移徙不是在绝对困苦的情况下发生，而是家庭利用机会创造新的收入来源，减少与土地生产活动相关的风险和危险。虽然迁徙可能自愿也可能被迫，但最常见的决定是两者兼而有之。

全球被迫迁徙（即难民和流离失所者）和无国籍人员的人数估计为6500万，¹⁴⁴其中三分之二是国内流离失所者。¹⁴⁵自愿迁徙者有时被经济利益所吸引，例如劳动力市场、商品价格、住房成本和工人技能的估价，¹⁴⁶同时也是家庭减少和分散面临经济不确定性和意外困难等风险的一种方式。¹⁴⁷例如，西非农村人口采用迁徙策略来应对气候所固有的季节性，¹⁴⁸在旱季让年轻人进城，减少对家庭粮食供应的需求，并希望可以赚到钱。¹⁴⁹在许多穷国，海外移民寄回的钱占家庭收入的很大一部分；¹⁵⁰但是，由于最穷的人往往无法移民，这可能进一步加剧不平等。迁徙可以成为可持续生计策略的一个重要因素，在旱地尤其如此。¹⁵¹

环境变化如何影响迁移

创造“环境难民”一词是为了描述遭受饥荒和其他灾害流离失所的人，¹⁵²包括为建设水坝和其他基础设施而被迫搬迁的人员。¹⁵³预测有数百万的环境难民。¹⁵⁴联合国在关联人类迁移和冲突与资源问题方面一直表现突出，包括一项对过去70年来的内战分析，其表明至少有40%与有争议的控制或使用自然资源有关，如土地、水、矿物或石油。¹⁵⁵然而，许多分析人士对于将现实环境作为人类移徙直接驱动因素持谨慎看法，¹⁵⁶存在“杞人忧天者”和“怀疑论者”之间的分歧。¹⁵⁷由于担心被指责地缘决定论，学者们一直对环境变化与人类移徙之间的联系出言谨慎，¹⁵⁸并认为估计是夸大之辞，¹⁵⁹但决策者、军队和政府正在越来越多地将这一现象视为现实。

环境难民和气候难民是社会运动家使用的术语，按照国际法不存在这种状态，国际法将难民一词限于跨越国界逃避政治或宗教迫害的人群。这导致了在关于迁徙问题的讨论中环境和气候往往被忽视。虽然《坎昆适应协定》承认迁徙、流离失所和重新安置是适应策略是一个令人鼓舞的发展，但国际法在处理气候和环境造成的人口流动方面能力依然有限。¹⁶⁰最近，面对气候变化的脆弱性已被公认为迁徙的驱动因素，¹⁶¹被视为人们应对和适应环境变化的一种方式。^{162,163}





土地退化和迁移

日益增长的人口向土地的承载能力施加了压力。有时这些压力可以通过粮食生产方面的创新、集约化和/或合作得以抵消，至少在一段时间内是这样：¹⁶⁴在肯尼亚的马查科斯地区，一处曾经遭受严重水土流失的地区，通过保护措施得到了恢复，事实上在某种程度上是受到人口不断增长的刺激。¹⁶⁵然而，在其他情况下，人口与土地承载能力之间的不平衡可能导致大量流离失所，如1980年代和1990年代初期的撒哈拉以南非洲地区发生的情况。¹⁶⁶当人们拥有得到保障的土地权属，以及仍然存在重大的利益时，创新更有可能发生，¹⁶⁷这两种情况的例子有很多。¹⁶⁸

土地退化可能导致迁移，反之亦然；有时两者同时发生。因此，土地退化和移徙往往是密切相关的进程，这些进程也受到人口增长和传统或公共土地权属权利转为私有的影响。关于全球可能直接或间接由于土地退化而迁徙的人数，目前还没有可靠的统计数字。

粗略的估计表明，目前总数已经达数百万，每年可能有数千万人，其中大多数人生活在农村地区。¹⁶⁹有些人预计，到2050年，将有2亿人由于环境原因流离失所。^{170,171}其他人认为环境因素是重要的次级驱动因素¹⁷²或威胁乘数，¹⁷³并在萨赫勒、中东、中亚以及东亚、南亚和东南亚沿海地区确定了热点。¹⁷⁴

小规模旱地农民在战略上使用季节性劳动力迁移来应对降水的一般性变动。¹⁷⁵国内的长期迁移进程，特别是农村到城市迁移加速发展的趋势，主要由社会和经济进程驱动，¹⁷⁶但土地的逐渐退化也是一个促成因素。传统牧区土地退化的主要驱动因素是圈地和从公有转为私有，以促进商业发展和畜牧业和农业生产的集约化。在东非，一些牧民越来越多地被限制在较小的地区，他们被迫在正在退化的牧场上饲养更多的动物，并且必须购买补充饲料，或在可能与其他土地使用者发生冲突的地区放牧他们的畜群。^{177,178}由于数量增加，压力上升，而政府帮助游牧农民定居而作出的努力可能加剧这种压力。这些因素加在一起导致越来越大的现金需求，从而刺激年轻人迁往城市中心。¹⁷⁹安第斯山脉正在发生类似的过程，集体的农夫土地管理模式正在逐渐受到政府¹⁸⁰和支离破碎的牧场的破坏，导致更高的放养率、¹⁸¹土地退化和外迁。¹⁸²已经出现了一种定居、有偿劳动力迁移和前牧民更多融入市场经济的自我强化过程。

大部分这种迁移可能是暂时的。在埃塞俄比亚，大多数迁徙传统上处于干旱易发的农村地区，包括：暂时、季节性和无限期的移徙。¹⁸³对于由于干旱而遭受作物或牲畜损失的家庭来说，离开农村地区的迁移通常是最后一着。¹⁸⁴在墨西哥，一部分迁移与干旱有关，但另一个重要的动机是追求额外收入寄回家里。¹⁸⁵虽然大多数迁移发生在墨西哥境内，但一部分年轻人也迁往美国，¹⁸⁶发生旱灾后的几年里通常会增加¹⁸⁷，强调了迁移作为旱地农民适应策略的重要性；¹⁸⁸相反，当降水高于平均水平时，农业生产力比平时更好，向美国的迁移急剧下降。¹⁸⁹中国估计有1.2亿无证迁移者的流动人口，他们主要生活在经济繁荣的沿海城市，其中许多来自退化旱地区域的贫困家庭。¹⁹⁰

对于由于干旱歉收或遭受牲畜损失的家庭，离开农村地区的迁移通常是最后一着。

文本框5.7：土地退化相关迁移的共同特征

- 和所有形式的移徙一样，大多数土地退化相关的移徙都在国内或邻国之间进行
- 降水变率、极端气温、森林破坏、过度放牧和干旱是许多旱地迁移的重要影响因素
- 最突出的迁移类型是外出打工，这种方式被策略性地使用，以克服与在艰难环境生活相关的风险
- 迁移一般（但并不总是）倾向于从土地退化率较高的地区流向退化率较低的地区
- 政府不能或不愿意对土地退化作出响应的地方迁移率很高
- 社交网络有利于迁移，使其成本更低，并将迁移导向特定目的地
- 移民是性别化的，通常有不成比例的妇女、儿童和老人留守
- 土地退化和迁移可能加剧现有的社会紧张局势
- 气候变化将影响到迁徙，可能会增加易受干旱和退化地区的流出人数
- 迁移的测量和监测正在改善，但可靠的数据仍然很少，特别是内部迁移

文本框5.8：中国的人口迁移

除了讨论迁移者来自哪里，探讨他们去往何处也是同样重要的问题。¹⁹¹突然涌入的人群可能会在其他地方造成进一步的环境退化。在埃塞俄比亚，人群的移徙既是环境恶化的结果，也是造成环境恶化的原因。¹⁹²在热带地区，由于采用不可持续的采伐做法，外部商业利益对森林的开采正在致使越来越多的森林丧失，¹⁹³往往导致比进行小规模林业的地方更高的退化速度。¹⁹⁴被砍伐的地区通常被商业化耕种或放牧替代，挤走了当地和原住民社区。商业化林业企业往往主动避免聘用当地人，他们更愿意引进移民工人。¹⁹⁵

在中南美、南亚和东南亚以及撒哈拉以南非洲的许多农村地区，手工采矿吸引移民前往采矿活动不受管制或非法进行的地区。¹⁹⁶估计全世界有1000-2000万人从事手工采矿。¹⁹⁷手工采矿是环境退化的重要驱动因素，其中可能包括毁林、¹⁹⁸ 侵蚀、¹⁹⁹ 水污染以及土壤和地下水汞污染。²⁰⁰

由于农地损失造成迁移时，有时候可能是深思熟虑的结果，也有的是一些重大灾害的结果。据估计，2000年全世界有2000万到4000万人因水坝工程搬迁。²⁰⁶仅2012年完成的中国三峡大坝工程一项，估计就搬迁了130万人。²⁰⁷农民重新安置的很多新土地都在陡坡上，容易受到侵蚀，²⁰⁸从而导致移民进入城市。²⁰⁹

中国有土地使用管理和户籍登记（户口）制度，这使其迁移模式与众不同。农业用地的使用受到国家的监管，近几十年来，由于集约化程度越来越高，以及基础设施项目和城市扩张占用大面积农业用地，估计有5000万人就这样直接搬迁。²⁰¹在中国西部和中部，大面积的干旱森林和草地由于过度放牧和转为耕地而退化。²⁰²在新疆和甘肃等省区，政府积极鼓励农业在贫瘠旱地上的扩张。²⁰³在内蒙古和西藏的草原上，各级政府积极将农民和农村人口安置到城镇或其他农村地区，借口经常是过度放牧，在他们的福利方面结果不一。²⁰⁴家庭使用迁移作为适应手段，或者是较富裕家庭的合法迁移，或者是主要生活在沿海城市的无证迁移者的非法迁移。²⁰⁵中国体制安排的性质意味着，与其他国家相比，政府在管理土地退化率和人口流动方面发挥了不成比例的作用。结果喜忧参半；有时候，移民向家中的汇款有助于减轻土地压力，而其他人口稀少的土地则经历了国内圈地，生产越来越集约化。

引起广泛迁移的巨大灾害包括由于计划不周的灌溉项目导致的咸海的干涸和盐渍，²¹⁰这显然是蓄意为之，但却造成意外的后果。咸海急剧萎缩，露出有高含量农药和其他毒素的沉积物，该地区的人口随后遭受高于全国平均水平的慢性呼吸系统疾病和肾病。²¹¹农地生产力越来越低效，地下水受到污染，导致广泛的移民和留守人口的贫困，²¹²这些问题最乐观估计也需要几十年来克服。²¹³

未来，气候变化将通过加剧影响土壤、水和生物多样性的自然现象，如降水变率、干旱和极端天气事件，以及影响农业生产力和粮食价格，影响着土地退化和移民的动态相互作用。一些传统的高产地区将会变得低产，而另一些地方生产力将会增加；粮食安全方面的净余额难以预测。

干旱、土地退化、冲突和迁移

土地退化、干旱、迁移和暴力冲突之间的关系复杂，人们对其知之甚少。虽然学者们一直在争论土地退化、迁移和冲突之间的联系，但企业正在悄悄地组织起来。虽然政治家们仍然在讨论气候变化的真实性，那些负责安全的人（如军队）多年来一直在分析其影响，并在规划对策。²¹⁴各种冲突，特别是国家间（如非洲）的对立派别之间的冲突，被认为因干旱、迁移、随后与其他群体的竞争以及由此产生的社会紧张局势而加剧。^{215,216}

缓慢发生的灾害，如与干旱和荒漠化有关的灾害，会增加牧民和农民这样的资源用户之间的紧张关系，这可能导致暴力冲突，尽管通常为当地规模。²¹⁷在苏丹，农民焚烧草地，摧毁水源，以遏制游牧的放牧者；²¹⁸如果一个群体被迫进入另一个群体的领地，牧民之间的紧张局势也会升温。²¹⁹

然而，导致暴力冲突的过程总是复杂的，²²⁰在某些地方，土地退化和干旱反而促成更多的合作和资源共享。²²¹目前的共识是，资源短缺、土地退化和突然的气候变化本身不会造成冲突，²²²但是“威胁乘数”会增加局势已经很紧张的地区爆发暴力的风险。²²³埃塞俄比亚易发生反叛活动和社区冲突的地区在干旱和极端降雨事件中冲突活动增加，²²⁴而在非洲之角，植被稀缺可能加剧牧区群体之间现有的冲突，特别是同时出现强大的其他非环境影响时。²²⁵但是，应该指出的是，持续的冲突也发生在没有特别的环境压力的地区。

在大多数情况下，环境上的匮乏以和平方式进行管理，在这里广泛接受的规则促成了一种或多种合作成果。^{226,227,228}话虽如此，有证据表明，获得土地治理和管理权有助于减少紧张局势，避免冲突。^{229,230}这种形式的治理可能会在国家不能通过自身机构缓解冲突的地方发起。例如，建立跨国和平公园（即前冲突地区的保护区）是在动乱和暴力时期之后建立社区稳定的一种经过证明的途径。²³¹同样，埃塞俄比亚的证据表明，虽然大量难民涌入和人口压力导致了自然资源的局部冲突，但有效的管理制度能够改善这种紧张局势。²³²

在不久的将来，迁移可能会持续甚至增加。在欧洲，来自非洲和中东的移民船只每天都在穿过地中海危险的水域，目前使欧洲感到震惊的辩论恰恰被很多强大经济体出现的越来越多的保护主义政策所反映。一些国家多年来一直在实行排斥其他国民的政策。其他一些国家，包括问题最有争议性的一些国家，严重依靠移民劳工来保持经济增长。一般来说，移民政策的限制较少。²³³移民中存在的一小撮恐怖分子造成了恐惧，导致逃离战争和迫害的人群被拒之门外，从而使现有的人道主义灾难进一步恶化。

迫切需要一种新的迁徙方式，这与此处讨论的许多其他问题密切相关。人们经常因为觉得自己必须要迁移而这样做。从土地的角度来说，这可能是因为作物歉收、得不到充分的土地和资源、土地权属没有保障或者因气候变化，他们无法再生产足够的粮食或获得足够的收入。大多数这些问题只能由远离受影响地区的决策者处理，尽管这些决策者通常在同一个国家内。农村到城市地区的大规模迁移正在发生，同时伴随规模较小但更容易看到的从穷国家向富国的迁移。移民需要给新家园带去多元化和技能才能再次受到欢迎，同时，因为绝望而进行的移民需要更大范围的政治和环境对策。

结语

人类一直与土地保持着亲密的关系，定居点此起彼伏，隐隐没没，部分原因是自然资源管理与气候条件的相互影响。这些关系是复杂的，而简单的解释通常有误导性。

今天，一系列社会、经济和政治问题令许多生态问题雪上加霜。太多的人或者是无地者，或者权属没有任何保障，穷得走投无路，没有任何安全网来抵御气候变化或其他压力。社会关系和性别不平等进一步阻碍了迈向粮食、水和人类整体安全的步伐。对最贫困和最脆弱的社会成员造成最大挑战的大多数问题完全不受他们控制。同时，每一个人，不管是富人还是穷人，在未来地球有限资源短缺的面前都是脆弱的。竞争日益减少的资源会破坏社区和国家的稳定。其中一个结果就是移民迅速增加，千百万人加入迁移的大军。一些结果是积极的，而其他结果则是增加压力，增加区域紧张局势。

结果是经济、政治和社会不安全性的总体增加，损坏已确立的社会和政治秩序，往往留下一片真空。人们感到焦虑、害怕，并寻找替罪羊。虽然我们强调过，在土地退化与人类不安全之间建立简单联系并不靠谱，但这些因素的催化作用越来越明显。和平与安全常常以其他名词来表达，例如宗教或种族不容忍，但这不应该使我们分散对土壤流失、作物歉收、荒漠化和水资源短缺造成的巨大不稳定影响的注意力。解决这些根本的土地问题，可以帮助缓和一大批的社会和政治紧张局势。

参考文献

- 1 Cunliffe, B. 2015. *Beyond Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia*. Oxford University Press, Oxford, p. 44.
- 2 Pennington, W. *The History of the British Vegetation*. 1974 2nd edition. The English Universities Press, London.
- 3 Diamond, J. 2005. *Collapse: How societies choose to fail or survive*. Allen Lane, London.
- 4 Flannery, T. 1994. *The Future Eaters*. Reed Books, Sydney.
- 5 Crosby, A.W. 1986. *Ecological Imperialism: The biological expansion of Europe, 900-1900*.
- 6 Paul, A.J. and Røskaft, E. 2013. Environmental degradation and loss of traditional agriculture as two causes of conflicts in shrimp farming in southwestern coastal Bangladesh: Present status and probable solutions. *Ocean and Coastal Management* **85**: 19-28.
- 7 van Schaik, L. and Dinnissen, R. 2014. *Terra incognita: Land degradation as underestimated threat amplifier*. Netherlands Institute of International Relations. Clingendael, The Hague.
- 8 Hunt, T.L. and Lipo, C.P. 2008. Evidence for a shorter chronology on Rapa Nui (Easter Island). *Journal of Island and Coastal Archaeology* **3**:140-148.
- 9 Hunt, T.L. 2007. Rethinking Easter Island's ecological catastrophe. *Journal of Archaeological Science* **34**: 485-502.
- 10 Mann, D., Edwards, J., Chase, J., Beck, W., Reanier, R., et al. 2008. Drought, vegetation change and human history on Rapa Nui (Isla de Pascua, Easter Island). *Quaternary Research* **69**: 16-28.
- 11 Diamond, J. 2005. *Op cit*.
- 12 Hunt, T.L. 2007. *Op cit*.
- 13 Peiser, B. 2005. From genocide to ecocide: the rape of Rapa Nui. *Energy and Environment* **16** (3 and 4): 513-539.
- 14 Mieth, A. and Bork, H.R. 2003. Diminution and degradation of environmental resources by prehistoric land use on Poike Peninsula, Easter Island (Rapa Nui). *Rapa Nui Journal* **17** (1): 34-41.
- 15 Mieth, A. and Bork, H.R. 2005. History, origin and extent of soil erosion on Easter Island (Rapa Nui). *Catena* **63**: 244-260.
- 16 Robinson, B.E., Holland, M.B. and Naughton-Treves, L. 2014. Does secure land tenure save forests? A meta-analysis of the relationship between land tenure and tropical deforestation. *Global Environmental Change* **29**: 281-293.
- 17 Kuhn, F. 1982. *Man and Land: An introduction into the problems of agrarian structure and agrarian reform*. Breitenbach, Saarbrücken and Fort Lauderdale.
- 18 UN-HABITAT. 2008. *Secure Land Rights for All*. UN-Habitat, Nairobi.
- 19 Ostrom, A. 2001. The puzzle of counterproductive property rights reforms: A conceptual analysis. In: de Janvry, A., Gordillo, G., Platteau, J.P., and Sadoulet, E. (eds.) *Access to Land, Rural Poverty and Public Action*. UNU/WIDER Studies in Development Economics. Oxford University Press, Oxford.
- 20 UN Habitat. 2008. *op cit*.
- 21 Rights and Resources Initiative. 2015. *Who Owns the Land? A global baseline of formally recognized indigenous and community land rights*. RRI, Washington, DC.
- 22 Lowder, S.K., Scoet, J., and Raney, T. 2016. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. *World Development* **87**: 16-29.
- 23 Samberg, L. H., Gerber, J. S., Ramankutty, N., Herrero, M., and West, P.C. 2016. Subnational distribution of average farm size and smallholder contributions to global food production. *Environmental Research Letters*, **11** (12): 124010.
- 24 Bromley, D.W. 2009. Formalising property relation in the developing world: The wrong prescription for the wrong malady. *Land Use Policy* **26** (1): 20-27.
- 25 Byamugisha, F.F.K. 2014. Introduction and overview of agricultural land redistribution and land administration case studies. In: Byamugisha, F.F.K. (ed.) *Agricultural Land Redistribution and Land Administration in Sub-Saharan Africa: Case Studies of Recent Reforms*. Directions in Development. World Bank, Washington, DC.
- 26 Cheremshynskiy, M. and Byamugisha, F.F.K. 2014. Developing land information systems in Sub-Saharan Africa: Experiences and lessons from Uganda and Ghana In: Byamugisha, F.F.K. (ed.) 2014. *Agricultural Land Redistribution and Land Administration in Sub-Saharan Africa: Case Studies of Recent Reforms*. Directions in Development. World Bank, Washington, DC.

- 27 Hanstad, T., Nielsen, R., Vhugen, D., and Haque, T. 2009. Learning from old and new approaches to land reform in India. In: Binswanger-Mkhize, H.P., Bourguignon, C. and van den Brink, R. (eds.) *Agricultural Land Distribution: Towards greater consensus*. The World Bank, Washington, DC. pp. 241-266.
- 28 De Schutter, O. 2016. Tainted Lands: Corruption in large-scale land deals. *Global Witness and International Corporate Accountability Roundtable*.
- 29 Besley, T. 1995. Property rights and investment incentives: theory and evidence from Ghana. *Journal of Political Economy* 103 (5): 903-936.
- 30 Brasselle, A.S., Gaspart, F., and Platteau, J.P. 2002. Land tenure security and investment incentives: Puzzling evidence from Burkina Faso. *Journal of Development Economics* 67 (2): 373-418.
- 31 Land Tenure and Development Technical Committee. 2015. Formalising Land rights in developing countries: moving from past controversies to future strategies. Ministère des Affaires étrangères et du Développement international (Maedi), Agence française de développement, Paris.
- 32 Kasanga, K. and Kotey, N.A. 2001. *Land Tenure and Resource Access in West Africa*. International Institute for Environment and Development, London.
- 33 Shivji, I., Moyo, S., Ncube, W., and Gunby, D., 1998. *National Land Policy for the Government of Zimbabwe*. Discussion Paper, Harare.
- 34 Hammen, C. M. van der 2003. *The Indigenous Resguardos of Colombia: their contribution to conservation and sustainable forest use*. Netherlands Committee for IUCN, Amsterdam.
- 35 Binswanger-Mkhize, H.P., Bourguignon, C., and van den Brink, R. (eds.) 2009. *Agricultural Land Redistribution: Toward Greater Consensus*. The World Bank, Washington, DC.
- 36 Li, T.M. 2011. Centring labor in the land grab debate. *Journal of Peasant Studies* 38 (2): 281-298.
- 37 Cotula, L., Vermeulen, S., Mathieu, P., and Toulmin, C. 2011. Agricultural investment and international land deals: evidence from a multi-country study in Africa. *Food Security* 3 (1): 99-113.
- 38 Ibid.
- 39 International Land Coalition. 2011. Tirana Declaration: Securing land access for the poor in times of intensified natural resources competition, http://www.landcoalition.org/sites/default/files/documents/resources/aom_2011_report_web_en.pdf
- 40 Toulmin, C., Borras, S., Bindraban, P., Mwangi, E., and Sauer, S. 2011. *Land Tenure and International Investments in Agriculture: A Report by the UN Committee on Food Security High Level Panel of Experts*. FAO, Rome.
- 41 Rulli, M.C., Saviori, A., and D'Odorico, P. 2013. Global land and water grabbing. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 110: 892-897.
- 42 Davis, K.F., D'Odorico, P., and Rulli, M.C. 2014. Land grabbing: a preliminary quantification of economic impacts on rural livelihoods. *Population and Environment* 36 (2): 180-192.
- 43 Oliveira, G.d.L.T. 2013. Land Regularization in Brazil and the global land grab. *Development and Change* 44 (2): 261-283.
- 44 Cotula, L., et al. 2014. Op cit.
- 45 Li, T.M. 2011. Op cit.
- 46 Franchi, G., Rakotondrainibe, M., Hermann, E., Raparison and Randrianarimana, P. 2013. *Land grabbing in Madagascar: echoes and testimonials from the field*. ReCommon, Rome.
- 47 Galaty, J.G. 2013. The collapsing platform for pastoralism: Land sales and land loss in Kajiado County, Kenya. *Nomadic Peoples* 17 (2): 20-39.
- 48 Peters, P.E., 2013. Conflicts over land and threats to customary tenure in Africa. *African Affairs* 112 (449): 543-562.
- 49 von Braun, J. and Meinzen-Dick, R. 2009. "Land Grabbing" by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities. IFPRI Policy Brief 13, April 2009. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- 50 Nolte, K., Chamberlain, W., and Giger, M. 2016. *International Land Deals for Agriculture. Fresh insights from the Land Matrix: Analytical Report II*. Bern, Montpellier, Hamburg, Pretoria.
- 51 Ibid.
- 52 Zerfu Gurara, D. and Birhanu, D. 2012. Large scale land acquisitions in Africa. *Africa Economics Brief* 3 (5). African Development Bank, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- 53 Peluso, N.L. and Lund, C. 2011. New frontiers of land control: introduction. *Journal of Peasant Studies* 38: 667-681.
- 54 McMichael P. 2012. The land grab and corporate food regime restructuring. *Journal of Peasant Studies* 39: 681-701.
- 55 Borras Jr, S.M., Fig, D., and Suárez, S.M. 2011. The politics of agrofuels and mega-land and water deals: insights from the ProCana case, Mozambique. *Review of African Political Economy* 38: 215-234.
- 56 Nolte, K., et al. 2016. Op cit.
- 57 UNEP. 2014. *Assessing Global Land Use: Balancing consumption with sustainable supply*. Nairobi, Kenya.
- 58 Nolte, K., et al. 2016. Op cit.
- 59 Aide, T. M., Montoro Jr, J. A., Borras Jr, S.M., del Valle, H.F., Devisscher, T., et al. 2012. Chapter 3: Land. Geo 5 Environment for the future we want. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- 60 Deininger, K., Hilhorst, T., and Songwe, V. 2014. Identifying and addressing land governance constraints to support intensification and land market operation: Evidence from 10 African countries. *Food Policy* 48: 76-87.
- 61 Report of the Special Rapporteur on the right to food to the Thirty-fourth session of the Human Rights Council. February 27 - March 24, 2017, A/HRC/34/48, January 24, 2017.
- 62 Nkonya, E. 2012. *Sustainable Land Use for the 21st Century. Sustainable Development in the 21st century (SD21)*. UN Department of Economic and Social Affairs, Rome.
- 63 Report of the Special Rapporteur on the right to food to the Thirty-fourth session of the Human Rights Council. February 27 - March 24, 2017, A/HRC/34/48, January 24, 2017.
- 64 FAO and Committee on World Food Security. 2012. *Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security*. Rome.
- 65 Schade, J. 2016. *Land matters: The role of land policies and laws for environmental migration in Kenya*. Migration, Environment and Climate Change: Policy brief series Issue 7, volume 2, International Organization for Migration, Geneva.
- 66 Lastarria-Cornhiel, S., Behrman, J.A., Meinzen-Dick, R., and Quisumbing, A.R. 2014. Gender equity and land: towards secure and effective access for rural women. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A., et al. (eds.) *Gender in Agriculture: Closing the knowledge gap*. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 117-144.
- 67 Goldstein, M. and Udry, C. 2008. The profits of power: Land rights and agricultural investment in Ghana. *Journal of Political Economy* 116 (6): 981-1022.
- 68 Williams, A. 2003. *Ageing and Poverty in Africa: Ugandan Livelihoods in a Time of HIV/AIDS*. Ashgate Publishing, Farnham, UK.
- 69 FAO. 2011. *The State of Food and Agriculture 2010-11. Women in Agriculture: Closing the Gender Gap for Development*. FAO, Rome.
- 70 Shortall, S. 2014. Farming, identity and well-being: managing changing gender roles within Western European farm families. *Anthropological Notebooks* 20 (3): 67-81.
- 71 Rosenberg, N. 2016. *The endangered female farmer*. National Resources Defense Council. <https://www.nrdc.org/experts/nathan-rosenberg/endangered-female-farmer> accessed January 12, 2016.
- 72 FAO. 2011. *The role of women in agriculture*. SOFA Working Paper 11-02. FAO, Rome.
- 73 Palacios-Lopez, A., Christensen, L., and Kilic, T. 2015. How much of the labor in African agriculture is provided by women? Policy Research Working Paper 7282. The World Bank, Washington, DC.
- 74 Croppenstedt, A., Goldsetin, M., and Rosas, N. 2013. *Gender and agriculture: inefficiencies, segregation and low productivity traps*. The World Bank Research Observer, published January 20, 2013.
- 75 Vargas Hill, R. and Vigneri, M. 2009. *Mainstreaming gender sensitivity in cash crop market supply chains*. Background report for SOFA 2010. Overseas Development Institute, London.
- 76 Agarwal, B. 2015. *Food security, productivity and gender inequality*. In: Herring, R.J. (ed.) *The Oxford Handbook of Food, Politics and Society*. Oxford University Press, Oxford: 273-301.
- 77 FAO. 2011. *The State of Food and Agriculture 2010-11. Women in Agriculture: Closing the Gender Gap for Development*. FAO, Rome.
- 78 Kristjanson, P., Waters-Bayer, A., Johnson, N., Tipilda, A., Njuki, J., et al. 2010. *Livestock and Women's Livelihoods: A Review of the Recent Evidence*. Discussion Paper No. 20. International Livestock Research Institute, Nairobi.
- 79 Thornton P.K., Kruska R.L., Henninger N., Kristjanson P.M., Reid R.S., et al. 2002. *Mapping poverty and livestock in the developing world*. International Livestock Research Institute, Nairobi.
- 80 FAO. 2011. Op cit.

- 81** Asamba, I. and Thomas-Slayter, B. 1995. From cattle to coffee: Transformation in Mbusyani and Kyvaluki. In: Thomas-Slayter, B. and Rocheleau, D. (eds.) *Gender, Environment and Development in Kenya, A Grassroots Perspective*. Lynne Rienner Publishers, Boulder, CO and London, UK: p.116.
- 82** Speranza, C.I. 2011. Promoting Gender Equality in Responses to Climate Change. Discussion paper 2/2011. German Development Institute, Bonn.
- 83** Agarwal, B. 2015. Op cit.
- 84** Belobo Belibi, M., van Eijnatten, J., and Barber, N. 2015. Cameroon's community forests program and women's income generation from non-timber forest products. In: Archambault, C. and Zoomers, A. (eds.) *Gender Trends in Land Tenure Reforms*. Routledge, London, pp. 74-92.
- 85** UNDP, Gender and Poverty Reduction. http://www.undp.org/content/undp/en/home/ourwork/povertyreduction/focus_areas/focus_gender_and_poverty.html accessed January 12, 2017.
- 86** Colfer, C.J.P., Elias, M., and Jamnadass, R. 2015. Women and men in tropical dry forests: a preliminary review. *International Forestry Review* **17** (s2): 70-90.
- 87** Baland, J.M. and Mookherjee, D. 2014. Deforestation in the Himalayas: myths and reality. *SANEE Policy Brief*, Kathmandu.
- 88** Verma, R. 2001. Gender, Land and Livelihoods in East Africa: Through Farmers' Eyes. International Development Research Center, Ontario, Canada.
- 89** The World Bank. 2014. *Levelling the Field: Improving opportunities for women farmers in Africa*. The World Bank, Washington, DC.
- 90** Women's UN Report Network. 2016. In Asia, supporting women farmers is crucial to fighting poverty, hunger and climate change. <http://www.wunrn.com/2016/02/asia-women-farmers-in-asia-supporting-women-farmers-is-crucial-to-fighting-poverty-hunger-climate-change/> accessed January 12, 2017.
- 91** Women Food and Agriculture Network: <https://www.wfan.org/>, accessed January 12, 2017.
- 92** UNEP 2016. *Global Gender and Environment Outlook: The Critical Issues*. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- 93** Warren, K. 1996. Ecological feminist philosophies: An overview of the issues. In: Warren, K. (ed.) *Ecological Feminist Philosophies*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana, USA.
- 94** Alberston Fineman, M. 2008. The vulnerable subject: Anchoring equality in the human condition, *Yale Journal of Law and Feminism* **20** (1): 1-23.
- 95** Park, C.M.Y. and Daley, E. 2015. Gender, land and agricultural investments in Lao PDR. In: Archambault, C. and Zoomers, A. (eds.) *Gender Trends in Land Tenure Reforms*. Routledge, London, pp. 17-34.
- 96** Daley, E., Dore-Weeks, R., and Umuhzo, C. 2010. Ahead of the game: land tenure reform in Rwanda and the process of securing women's land rights. *Journal of Eastern African Studies* **4** (1): 131-152.
- 97** Lawry, S., Samii, C., Hall, R., Leopold, A., Hornby, D., et al. 2014. The Impact of Land Property Rights Interventions on Investment and Agricultural Productivity in Developing Countries: A Systematic Review. *Campbell Systematic Reviews* 2014:1. DOI: 10.4073/csr.2014.1.
- 98** Fafchamps, M. and Quisumbing, A. R. 2002. Control and ownership of assets within rural Ethiopian households. *Journal of Development Studies* **38** (2): 47-82.
- 99** Illo, J. and Pineda-Ofreneo, R. 1995. Land rights for Filipino women, the view from below, *Canadian Woman Studies* **15** (2-3): 114-116.
- 100** UNCCD. 2017. *Turning the Tide: The gender factor in achieving land degradation neutrality*, Bonn.
- 101** Agarwal, B. 2015. Op cit.
- 102** Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A.R., and Behrman, J.A. 2014. A system that delivers: Integrating gender into agricultural research, development, and extension. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A., et al. (eds.) *Gender in Agriculture: Closing the knowledge gap*. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 373-392.
- 103** Ragasa, C. 2014. Improving gender responsiveness of agricultural extension. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A., et al. (eds.) *Gender in Agriculture: Closing the knowledge gap*. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 411-430.
- 104** Fletschner, D. and Kenney, L. 2011. Rural women's access to financial services: credit, savings and insurance. *ESA Working Paper number 11-07*. FAO, Rome.
- 105** Beintema, N. 2014. Enhancing female participation in agricultural research and development: Rationale and evidence. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A. and Peterman, A. (eds.) *Gender in Agriculture: Closing the knowledge gap*. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 393-409.
- 106** Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens, W.W. III. 1972. *The Limits to Growth*. Universe Books, New York.
- 107** Odell, P.R. 1983. *Oil and World Power*. 7th edition. Penguin Books, Harmondsworth, UK.
- 108** Dugo, H. and Eisen, J. 2016. Famine, genocide and media control in Ethiopia. *Africology: The Journal of Pan Africa Studies* **9** (10): 334-357.
- 109** Sen, A. 1980. Famine. *World Development* **8**: 613-621.
- 110** UNEP 2016. *Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel*. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- 111** Leggett, J. 2005. *Half Gone: Oil, gas, hot air and the global energy crisis*. Portobello Books, London.
- 112** Clarke, D. 2007. *The Battle for Barrels: Peak oil myths and World oil futures*. Profile Books, London.
- 113** International Energy Agency. 2013. *Resources to Reserves 2013: Oil, gas and coal technologies for the energy markets of the future*. IEA, Paris.
- 114** Höök, M., Zittel, W., Schindler, J., and Aleklett, K. 2010. Global coal production outlooks based on a logistic model. *Fuel* **89** (11): 3546-3558.
- 115** FAO. 2015. *Global Forest Resource Assessment 2015: How are the world's forests changing? Rome*.
- 116** Blaser, J., Sarre, A., Poore, D., and Johnson, S. 2011. *Status of Tropical Forest Management 2011*. ITTO Technical Series No 38. International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japan.
- 117** Lawson, S. and L. MacFaul. 2010. *Illegal Logging and Related Trade: Indicators of global response*. Chatham House, London.
- 118** Kissinger, G., Herold, M., and De Sy, V. 2012. *Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers*. Lexeme Consulting, Vancouver, Canada.
- 119** Cordell, D., Drangert, J.O., and White, S. 2009. The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global Environmental Change* **19** (2): 292-305.
- 120** Edixhoven, J.D., Gupta, J., and Savenije, H.H.G. 2013. Recent revisions of phosphate rock reserves and resources: reassuring or misleading? An in-depth literature review of global estimates of phosphate rock reserves and resources. *Earth Systems Dynamics Discussion* **4**: 1005-1034.
- 121** Hermann, L. and Reuter, M. 2013. Environmental footprint of thermo-chemical phosphate recycling. *Journal of Earth Science and Engineering* **3**: 744-747.
- 122** Roberts, T.L. 2008. Global potassium reserves and potassium fertilizer use. International Plant Nutrition Institute Symposium on Global Nutrient Cycling, October 6, 2008. <http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/9c5cfff1af71db2ce852574e8004ecc00/%24FILE/Roberts%20-%20ASA%20Nutrient%20Cycling%20Symposium%20Potash.pdf> accessed January 9, 2017.
- 123** Tuck, C. 2017. Iron ore. Information sheet, US Geological Service: https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/mcs-2017-feore.pdf accessed May 13, 2017.
- 124** International Copper Association. 2013. *Long Term Availability of Copper*. New York.
- 125** US Geological Service. 2013. *Estimate of Undiscovered Copper Resources of the World 2013*. Washington, DC.
- 126** Padmalal, D. and Maya, K. 2014. *Sand Mining, Environmental Impacts and Selected Case Studies*. Springer Science and Business Media, Dordrecht.
- 127** Cramer, C. 2003. Does inequality cause conflict? *Journal of International Development* **15**: 397-412.
- 128** Durning, A.T. 1992. *How Much is Enough? The consumer society and the future of the Earth*. Worldwatch Environmental Alert Series, Earthscan, London.
- 129** Myers, D. and Stolton, S. (eds.) 1999. *Organic Cotton: From field to final product*. Intermediate Technology Publications, Rugby.
- 130** Brashares, J.S., Arcese, P., Sam, M.K., Coppolillo, P.B., Sinclair, A.R.E., et al. 2004. Bushmeat hunting, wildlife declines, and fish supply in West Africa. *Science* **306**: 1180-1183.
- 131** Wittemyer, G., Northrup, J.M., Blanc, J., Douglas-Hamilton, I., Omondi, P. et al. 2014. Illegal killing for ivory drives global decline in African elephants. *Proceeding of the National Academy of Sciences* **111** (36): 13117-13121.
- 132** Shepherd, C.R. and Nijman, V. 2008. The trade in bear parts from Myanmar: an illustration of the ineffectiveness of enforcement of international wildlife trade regulations. *Biodiversity Conservation* **17**: 35-42.

- 133** Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., et al. 2008. Conservation and use of wildlife-based resources: the bushmeat crisis. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Center for International Forestry Research, Montreal and Bogor, Indonesia.
- 134** Oxfam. 2017. An economy for the 99 per cent. Briefing, Oxford. (Full references within).
- 135** Cushing, L., Morello-Frosch, R., Wander, M., and Pastor, M. 2015. The haves, the have-nots, and the health of everyone: The relationship between social inequality and environmental quality. *Annual Review of Public Health* 36: 193-209.
- 136** Office of the UN High Commission on Human Rights: <http://www.ohchr.org/EN/Issues/Migration/Pages/MigrationAndHumanRightsIndex.aspx> accessed May 13, 2017.
- 137** International Organization for Migration. 2017. Making Mobility Work for Adaptation to Environmental Changes. IOM's Global Migration Data Analysis Centre, Geneva.
- 138** Banerjee, S., Black, R., and Kniveton, D. 2012. Migration as an effective mode of adaptation to climate change. Foresight paper for the European Commission, HM Government, London.
- 139** Whitten, A.J. 1987. Indonesia's transmigration program and its role in the loss of tropical rain forests. *Conservation Biology* 1 (3): 239-246.
- 140** United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Available at: https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf.
- 141** UNHCR, 2016. Global trends: Forced displacement in 2015, Geneva. Available at: <http://www.unhcr.org/576408cd7>.
- 142** Massey, D.S. 1990. Social structure, household strategies, and the cumulative causation of migration. *Population Index* 56: pp.3-26.
- 143** Plane, D. 1993. Demographic Influences on Migration. *Regional Studies* 27 (4): pp. 375-383.
- 144** UNHCR, 2016. Op cit.
- 145** <http://www.internal-displacement.org/globalreport2016/> accessed April 6, 2017.
- 146** Rabe, B. and Taylor, M.P. 2012. Differences in opportunities? Wage, employment and house-price effects on migration. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 74 (6): pp. 831-855.
- 147** Stark, O. and Bloom, D.E. 1985. The new economics of labor migration. *The American Economic Review* 75 (2): 173-178.
- 148** Barbier, B., Yacouba, H., Karambiri, H., Zoromé, M., and Somé, B. 2009. Human vulnerability to climate variability in the Sahel: Farmers' adaptation strategies in northern Burkina Faso. *Environmental Management* 43 (5): pp. 790-803.
- 149** Rain, D. 1999. Eaters of the dry season: circular labor migration in the West African Sahel. Westview Press, Boulder, Colorado.
- 150** World Bank, 2016. Migration and Remittances Data. Available at: <http://www.worldbank.org/en/topic/migrationremittancesdiasporaisues/brief/migration-remittances-data>
- 151** Abdelali-Martini, M. and Hamza, R. 2014. How do migration remittances affect rural livelihoods in drylands? *Journal of International Development* 26 (4): 454-470.
- 152** El-Hinnawi, E. 1985. Environmental Refugees. United Nations Environmental Program, Nairobi.
- 153** Cernea, M.M. 1995. Understanding and preventing impoverishment from displacement: Reflections on the state of knowledge. *Journal of Refugee Studies* 8 (3): pp. 245-264.
- 154** Myers, N. 2002. Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century. *Philosophical Transactions of the Royal Society London: Biological sciences: Series B* 357 (1420): 609-613.
- 155** UNEP. 2009. From Conflict to Peacebuilding: the role of natural resources and the environment. United Nations Environment Program, Geneva.
- 156** Hartmann, B. 1998. Population, environment and security: a new trinity. *Environment and Urbanization* 10 (2): 113-127.
- 157** Morrissey, J. 2012. Rethinking the 'debate on environmental refugees': from 'maximalists and minimalists' to 'proponents and critics'. *Journal of Political Ecology* 19 (2): 36-49.
- 158** Greiner, C., Peth, S.A., and Sakdapolrak, P. 2015. Deciphering migration in the age of climate change. Towards an understanding of translocal relations in social-ecological systems. *TransRe Working Paper No. 2*, Department of Geography, University of Bonn, Bonn. DOI: 10.13140/2.1.4402.9765.
- 159** Bettini, G. 2013. Climate barbarians at the gate? A critique of apocalyptic narratives on 'climate refugees'. *Geoforum* 45: 63-72.
- 160** Gromilova, M. 2016. Finding opportunities to combat the climate change migration crisis: the potential of the "adaptation approach". *Pace Environmental Law Review* 33 (2).
- 161** McLeman, R.A. 2014. Climate and human migration: Past experiences, future challenges. Cambridge University Press, Cambridge.
- 162** Tacoli, C. 2009. Crisis or adaptation? Migration and climate change in a context of high mobility. *Environment and Urbanization* 21 (2): 513-525; Black, R. 2011. Climate change: Migration as adaptation. *Nature* 478: 447-449.
- 163** Melde, S., Laczko, F., and Gemenne, F. (eds.) 2017. Making Mobility Work for Adaptation to Environmental Changes. International Organization for Migration, Geneva.
- 164** Boserup, E. 1965. The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure. Aldine, Chicago.
- 165** Tiffen, M., Mortimore, M., and Gichuki, F. 1994. More people, less erosion: Environmental Recovery in Kenya. John Wiley and Sons, Chichester.
- 166** Westing, A.H. 1994. Population, desertification and migration. *Environmental Conservation* 21 (2): 110-114.
- 167** Kabubo-Mariara, J. 2007. Land conservation and tenure security in Kenya: Boserup's hypothesis revisited. *Ecological Economics* 64 (1): 25-35.
- 168** Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., et al. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11 (4): 261-269.
- 169** McLeman, R. 2016. Migration and land degradation: recent experience and future trends. Working paper for the Global Land Outlook.
- 170** Brown, O. 2008. 'The Numbers Game'. In: *Forced Migration Review: Climate Change and Displacement*. Refugee Studies Centre, Oxford.
- 171** Ionesco, D., Mokhnacheva, D., and Gemenne, F. 2017. The Atlas of Environmental Migration. Earthscan Oxford. Pp. 12-15.
- 172** Werz, M. and Hoffman, M. 2016. Europe's twenty-first century challenge: climate change, migration and security. *European View*. DOI 10.1007/s12290-016-0385-7.
- 173** van Schaik, L. and Dinnissen, R., 2014. Terra incognita: Land degradation as underestimated threat amplifier. Netherlands Institute of International Relations. Clingendael, The Hague.
- 174** Behrend, H. 2015. Why Europe should care more about environmental degradation triggering insecurity. *Global Affairs* 1 (1): 67-79.
- 175** Quaye, W. 2008. Food security situation in northern Ghana, coping strategies and related constraints. *African Journal of Agricultural Research* 3 (5): 334-342.
- 176** Neumann, K., Sietz, D., Hilderink, H., Janssen, P., Kok, M., et al. 2015. Environmental drivers of human migration in drylands – A spatial picture. *Applied Geography* 56: 116-126.
- 177** Wario, H.T., Roba, H.G., and Kaufmann, B. 2016. Responding to mobility constraints: Recent shifts in resource use practices and herding strategies in the Borana pastoral system, southern Ethiopia. *Journal of Arid Environments* 127: 222-234.
- 178** Goldman, M.J. and Riosmena, F. 2013. Adaptive Capacity in Tanzanian Maasailand: Changing strategies to cope with drought in fragmented landscapes. *Global Environmental Change* 23 (3): 588-597.
- 179** McCabe, J.T., Smith, N.M., Leslie, P.W., and Telligman, A.L. 2014. Livelihood diversification through migration among a pastoral people: Contrasting case studies of Maasai in Northern Tanzania. *Human Organization* 73 (4): 389-400.
- 180** Vergara, E.P. and Barton, J.R. 2013. Poverty and dependency in indigenous rural livelihoods: Mapuche experiences in the Andean foothills of Chile. *Journal of Agrarian Change* 13 (2): pp. 234-262.
- 181** López-i-Gelats, F., Contreras Paco, J.L., Huilcas Huayra, R., Siguaes Robles, O.D., Quispe Peña, E.C., et al. 2015. Adaptation strategies of Andean pastoralist households to both climate and non-climate changes. *Human Ecology* 43 (2): 267-282.
- 182** McDowell, J.Z. and Hess, J.J. 2012. Accessing adaptation: Multiple stressors on livelihoods in the Bolivian highlands under a changing climate. *Global Environmental Change* 22 (2): 342-352.
- 183** Gray, C. and Mueller, V. 2012. Drought and population mobility in rural Ethiopia. *World Development* 40 (1): 134-145.
- 184** Meze-Hausken, E. 2000. Migration caused by climate change: how vulnerable are people in dryland areas? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5 (4): 379-406.
- 185** de Janvry, A. and Sadoulet, E. 2001. Income strategies among rural households in Mexico: The role of off-farm activities. *World Development* 29 (3):467-480.

- 186** Kaestner, R. 2014. Self-selection and international migration: New evidence from Mexico. *The Review of Economics and Statistics* **96** (1): 78-91.
- 187** Hunter, L.M. Nawrotzki, R., Leyk, S., Laurin, G.J., Twine, W., et al. 2014. Rural outmigration, natural capital, and livelihoods in rural South Africa. *Population, Space and Place* **20** (5): 402-420.
- 188** Nawrotzki, R.J., Riosmena, F., and Hunter, L.M. 2013. Do rainfall deficits predict US-bound migration from rural Mexico? Evidence from the Mexican census. *Population Research and Policy Review* **32** (1): 129-158.
- 189** Puente, G.B., Perez, F., and Gitter, R.J. 2015. The effect of rainfall on migration from Mexico to the US. *International Migration Review*: DOI: 10.1111/imre.12116.
- 190** Hu, F., Xu, Z., and Chen, Y. 2011. Circular migration, or permanent stay? Evidence from China's rural-urban migration. *China Economic Review* **22** (1): 64-74.
- 191** Findlay, A.M. 2011. Migrant destinations in an era of environmental change. *Global Environmental Change* **21** (Supplement 1): S50-S58.
- 192** Harmans-Neumann, K., Priess, J., and Herold, M. 2017. Human migration: climate variability, and land degradation: hotspots of socio-ecological pressure in Ethiopia. *Regional Environmental Change*: DOI: 10.1007/s10113-017-1108-6
- 193** Hosonuma, N., Herold, M., De Sye, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* **7** (4). doi:10.1088/1748-9326/7/4/044009.
- 194** Rudel, T. 2015. Land-use change: Deforestation by land grabbers. *Nature Geoscience* **8**: 752-753.
- 195** Mulley, B.G. and Unruh, J.D. 2004. The role of off-farm employment in tropical forest conservation: labor, migration, and smallholder attitudes toward land in western Uganda. *Journal of Environmental Management* **71** (3): 193-205.
- 196** Banchirigah, S.M. and Hilson, G. 2010. De-agrarianization, re-agrarianization and local economic development: Re-orientating livelihoods in African artisanal mining communities. *Policy Sciences* **43** (2): 157-180.
- 197** Seccatore, J., Veiga, M., Origliasso, C., Marin, T. and De Tomi, G. 2014. An estimation of the artisanal small-scale production of gold in the world. *Science of the Total Environment* **496**: 662-667.
- 198** GFC and Pöyry 2011. Interim Measures Report. Guyana REDD+ Monitoring Reporting and Verification System (MRVS). Guyana Forestry Commission and Pöyry Management Consulting (NZ) Limited.
- 199** Mol, J.H. and Ouboter, P.E. 2004. Downstream effects of erosion from small-scale gold mining on the instream habitat and fish community of a small neotropical rainforest stream. *Conservation Biology* **18**: 201-214.
- 200** Ouboter, P.E., Landburg, G.A., Quik, J.H.M., Mol, J.H.A., and F. van der Lugt. 2012. Mercury levels in pristine and gold mining impacted aquatic systems in Suriname, South America. *Ambio* **41**: 873-882.
- 201** Siciliano, G. 2014. Rural-urban migration and domestic land grabbing in China. *Population, Space and Place* **20** (4):333-351.
- 202** Hao, H. and Ren, Z., 2009. Land use/land cover change (LUCC) and eco-environment response to LUCC in farming-pastoral zone, China. *Agricultural Sciences in China* **8** (1): 91-97.
- 203** Chen, R., Ye, C., Cai, Y., Xing, X., and Chen, Q. 2014. The impact of rural out-migration on land use transition in China: Past, present and trend. *Land Use Policy* **40**: 101-110.
- 204** Foggin, J.M. 2008. Depopulating the Tibetan grasslands. *Mountain Research and Development* **28** (1): 26-31.
- 205** Shen, J. 2013. Increasing internal migration in China from 1985 to 2005: Institutional versus economic drivers. *Habitat International* **39**: 1-7.
- 206** World Commission on Dams, 2000. *Dams and Development: A new framework for decision making*. Earthscan, London.
- 207** Xi, J. 2016. Land degradation and population relocation in Northern China. *Social Science and Medicine* **157**: 79-86.
- 208** Tan, Y., Hugo, G., and Potter, L. 2003. Government-organized distant resettlement and the Three Gorges Project, China. *Asia Pacific Population Journal* **18** (3): 5-26.
- 209** Wilmsen, B., Webber, M., and Duan, Y. 2011. Involuntary rural resettlement: Resources, strategies, and outcomes at the Three Gorges Dam, China. *Journal of Environment and Development* **20** (4): 355-380.
- 210** Micklin, P. 2007. The Aral Sea disaster. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **35**: 47-72.
- 211** O'Hara, S.L., Wiggs, G.F.S., Marnedov, B., Davidson, G., and Hubbard, R.B. 2000. Exposure to airborne dust contaminated with pesticide in the Aral Sea region. *The Lancet* **355** (9204): 627-628.
- 212** Small, I., Meer, J. van der, and Upshaw, R.E.G. 2001. Acting on an environmental health disaster: The case of the Aral Sea. *Environmental Health Perspectives* **109** (6): 547-549.
- 213** Lioubimtseva, E. 2015. A multi-scale assessment of human vulnerability to climate change in the Aral Sea basin. *Environmental Earth Sciences* **73** (2):719-729.
- 214** Pumphrey, C. (ed.) 2008. *Global Climate Change: National security implications*. Strategic Studies Institute, US Army War College, Carlisle, PA.
- 215** Brown, O. and McLeman, R. 2009. A recurring anarchy? The emergence of climate change as a threat to international peace and security. *Conflict, Security and Development* **9** (3): 289-305.
- 216** Homer-Dixon, T. and Deligiannis, T. 2009. Environmental scarcities and civil violence. In: Brauch, H.G., Behera, N.C., Kimeri-Mbote, P., Grin, J., Oswald Spring, U., et al. (eds.) *Facing Global Environmental Change*. Springer, Berlin, pp. 309-323.
- 217** Kumssa, A. and Jones, J.F. 2010. Climate change and human security in Africa. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* **17** (6): 453-461.
- 218** Adelphi International Alert, Woodrow Wilson International Center for Scholars, European Union Institute for Security Studies. 2015. *A new climate for peace: Taking action on climate and fragility risks. An independent report commissioned by members of the G7*. <https://www.newclimateforpeace.org/>
- 219** CARE Danmark. 2016. *Fleeing climate change: Impacts on migration and displacement*. http://careclimatechange.org/wp-content/uploads/2016/11/FleeingClimateChange_report.pdf p. 19/20.
- 220** Barnett, J. 2000. *Destabilizing the environment-conflict thesis*. *Review of International Studies* **26** (2): 271-288.
- 221** Rønnfeldt, C.F. 1997. Three generations of environment and security research. *Journal of Peace Research* **34** (4): 473-482.
- 222** Raleigh, C. and Urdal, H. 2007. Climate change, environmental degradation and armed conflict. *Political Geography* **26** (6): 674-694.
- 223** van Schaik, L. and Dinnissen, R. 2014. *Op cit*.
- 224** Raleigh, C. and Kniveton, D. 2012. Come rain or shine: An analysis of conflict and climate variability in East Africa. *Journal of Peace Research* **49** (1): 51-64.
- 225** Meier, P., Bond, D., and Bond, J. 2007. Environmental influences on pastoral conflict in the Horn of Africa. *Political Geography* **26** (6): 716-735.
- 226** Martin, A. 2005. Environmental conflict between refugee and host communities. *Journal of Peace Research* **42** (3): 329-346.
- 227** Wolf, A.T. 1998. Conflict and cooperation along international waterways. *Water Policy* **1** (2): 251-265.
- 228** Adger, W.N. 2003. Social capital, collective action and adaptation to climate change. *Economic Geography* **79** (4): 387-404.
- 229** Unruh J. and Williams R.C. 2013. *Land: A foundation for peacebuilding*. In Unruh J. and Williams R.C. (eds.) *Land and post-conflict peacebuilding*. Earthscan, London.
- 230** Bruch C., Jensen, D., Nakayama, M., Unruh, J. Gruby, R., et al 2009. *Post-conflict peace building and natural resources*. Yearbook of International Environmental Law **19** (1): 58-96.
- 231** IUCN. 1998. *Parks for Peace: International conference on transboundary protected areas as a vehicle for international cooperation*. IUCN, Gland, Switzerland.
- 232** Martin, A. 2005. *Op. cit*.
- 233** De Haas, H., Natter, K., and Vezzoli, S. 2014. *Growing Restrictiveness or Changing Selection? The Nature and Evolution of Migration Policies*. Working Paper 96. International Migration Institute, University of Oxford, Oxford.





第二篇 展望

展望意为居高临下的位置、平台和视角；它拓宽了我们的视野，让我们能够考查我们现在和未来的前景。正是在这个更广泛的思维框架内，《全球土地展望》旨在提供一个独特的视角，审视地球上最宝贵的资产之一：土地。在我们应对目前的土地资源状况（对过去滥用和管理不善提出严肃的提醒）时，第二篇表达关切的理由和行动机会。它简要介绍了土地资源利用的现状，并评估了可持续地满足未来对其商品和服务需求的可能情况。它侧重于更广泛的政策和做法、长期需要关注的主要问题，以及在全球公共政策议程中需要考虑的新问题。

| | |
|-------------|-----|
| 6. 变化的情景 | 106 |
| 7. 粮食安全与农业 | 124 |
| 8. 水资源 | 160 |
| 9. 土壤和生物多样性 | 190 |
| 10. 能源和气候 | 212 |
| 11. 城市化 | 226 |
| 12. 旱地 | 246 |

变化的情景

鉴于对土地日益增长的需求和因为土地退化和气候变化而面临新的挑战，政策制定者需要有关可能后果的信息。本章根据报告《探索土地利用和土地状况变化对食物、水、气候变化缓解和生物多样性的影响：联合国防治荒漠化公约全球土地展望情景》，通过共享社会经济途径情景，探讨了2050年以前的趋势。¹

不同情景下的未来土地利用存在巨大差异

，但撒哈拉以南非洲、中东和北非、南亚以及东南亚（较小程度上）首当其冲的是人口和整体消费增长以及对剩余土地资源迅速增加的压力。在所有情景下，撒哈拉以南非洲地区预计发生最强的区域性土地利用变化；然而，最好的土地已被使用，扩张越来越多地在生产力较低的土地上发生，导致产量下降。几个地区几乎没有可用于农业扩张的土地，或只有更多的边际土地，如在南亚的情况。

由于土地利用的变化和土壤、土地覆被和生物多样性的恶化，土地资源状况的未来变化预计也将非常广泛。在平均物种丰度方面，截至2050年，生物多样性丧失预计将以4至12%的速度持续（视情景而定），并将在21世纪的下半叶继续。土地覆被和土壤质量变化影响洪涝和干旱的可能性。这些影响在旱地被放大，旱地还面临着高于平均水平的人口增长。撒哈拉以南非洲近20%的土地面积在纠正气候变化影响时表现出生产力下降，其他大多数地区则为5%至10%。在全球范围内，到2050年，农田可能再增加5%，以弥补这些生产力的损失。

到目前为止，与自然、未受干扰的状态相比，全球土壤有机碳已经减少了1760亿吨。如果目前的趋势继续下去，土地和植被的人为土地碳排放将在2010-2050年期间再增加800亿吨碳到大气中，相当于8年左右当前全球化石燃料碳排放量。减少这些预计的土地排放量将会使1700-3200亿吨碳的可用全球碳排放量预算有更多可以不被动用（即在不妨碍使全球平均温度升高低于2°C的目标同时仍能够排放的二氧化碳排放量）。在土壤中储存碳的全球潜力相当巨大，但需要发展将高产量与近自然土壤有机碳含量相结合的农业系统。

引言

土地利用变化和土地退化的全球情景代表了未来可能呈现的潜在故事情节、描述和评估，例如未来可能的土地资源使用状况、需求和状态。这里提出的情景是探讨与可能的未来发展路径有关的不确定性的工具，其重点是相关的人类和环境层面。²对粮食、水、能源、住房和其他基于土地的商品和服务日益增加的需求，以及对土地质量和生产力的影响，是这些情景的核心。

在这种背景下的情景，其主要目的是帮助决策者探索和塑造未来，实现所有人可持续发展的长期愿景。在本《展望》的第三篇，减少土地资源压力的情景被转化为广泛理解的原则和响应途径。通过分析推动土地利用变化和土地退化的各种压力和力量，各种情景也使一系列不同规模的利益相关者能够测试土地资源的预期需求和管理将如何好好地帮助实现可持续发展目标（SDG）及其目的，特别是关于土地退化零增长的SDG目标15.3。

共享社会经济途径

全球建模需要一种商定的方法，它依赖于一致的故事情节发展，其次是透明建模。³最近，共享社会经济途径（SSP）得以开发，以提供考虑了经济发展、人口、技术发展、土地利用和国际合作的多重驱动力的情景分析框架。

SSP代表了可能的社会未来的替代特征，供不同的研究群体使用，包括对未来趋势的叙述性描述和一些关键要素的定量信息。本章所基于的情景分析⁴由PBL（荷兰环境评估局）与瓦赫宁根大学、乌得勒支大学和欧盟委员会联合研究中心合作进行，并得到来自不同领域和组织的许多专家的支持。它显示了三种探索情景（SSP 1-3）的结果和SSP2情景的一个变体（SSP2生产率下降情景），以估计全球土地利用变化的数量级，以及到2050年不同社会发展道路下的状况。

表6.1：三个SSP情景中嵌入的假设

| | SSP1 可持续性 | SSP2 中间道路 | SSP3 破碎化 |
|----------|--------------|--------------|-------------|
| 贸易全球化 | 高 | 中 | 低 |
| 肉类消费 | 低 | 中 | 高 |
| 土地利用变化法规 | 严格 | 温和 | 少 |
| 作物产量提高 | 高 | 中 | 低 |
| 畜牧系统效率 | 高 | 中 | 低 |

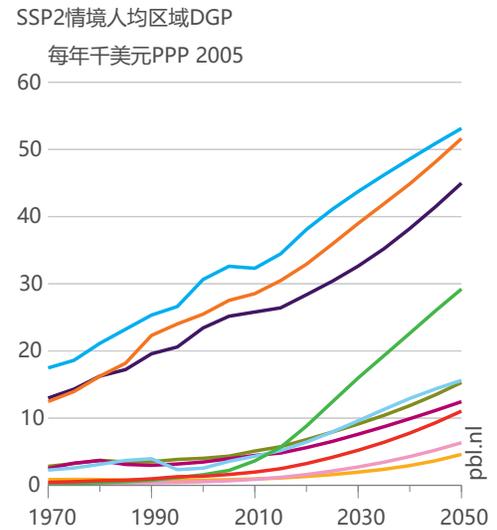
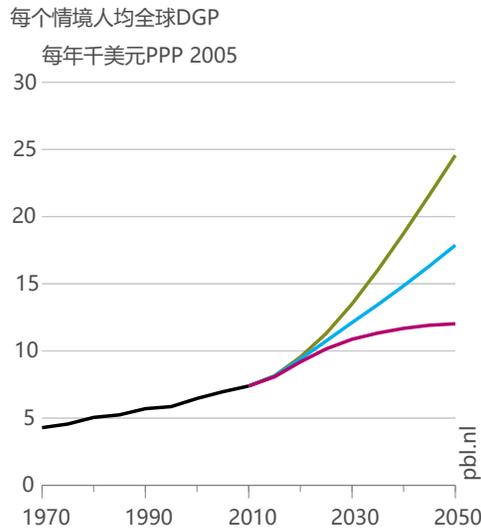
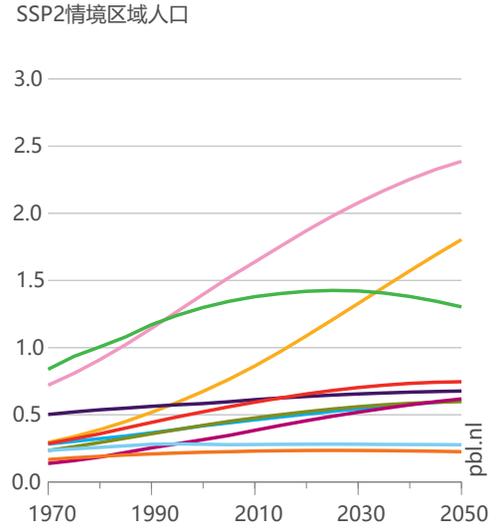
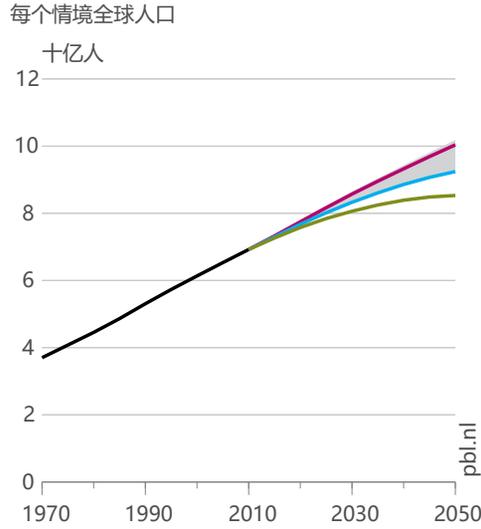
这些定量情景在连贯的故事情节中嵌入了一套内部一致的假设。“中间路线”情景（SSP2）的特点是持续当前趋势（一切照旧）；“可持续发展”情景（SSP1）描绘争取可持续发展的更公平、繁荣的世界；“破碎化”情景（SSP3）描绘了经济发展水平低、人口增长水平高并且对环境关注有限的分裂世界。

为了探索土地状况变化的影响，创建了SSP2情景的一个变体。“SSP2生产力下降”情景在“SSP2”外又加上了土地管理不善造成的生产力、土地覆被和/或土壤质量下降的影响。它假设1982-2010年之间的净初级生产力下降（按遥感技术的观测和气候影响的修正）会持续到2050年。为了识别土地管理不善而非气候变化造成的土地状况变化的严重程度，对同一时期气候变化影响相关数据进行了修正。

虽然所有情景都是潜在的未来，但其故事情节却有很大差异。这有助于探索土地利用、需求和状况的未来发展的可能范围。这些范围为决策者提供足够的带宽，在这些带宽范围内，他们可以预期将要发生的变化和将会出现的挑战。表6.1列出了三个SSP故事情节中假设的主要差异。这些情景由IMAGE模型进行阐述⁵；通过对人口⁶、城市化⁷和经济发展进行定量预测，⁸以及通过量化模型参数来反映如上所述的故事情节。情景结果涵盖能源系统、粮食生产、土地利用、温室气体排放、气候变化、生物多样性以及对水和土壤性状的影响。在评估生物多样性、土壤性状和水文系统的趋势时，土地利用变化和气候变化都是建模中考虑的重要驱动因素。然而，对于土地利用模式和农业经济体系，由于不确定性和实验设计的原因，气候变化影响不包括在内。⁹土壤性状、生物多样性和水文系统的变化分别用S-World模型¹⁰、¹¹、GLOBIO模型¹²和PCR GLOB WB模型^{13,14}进行阐述。

**共享的社会经济途径描述
21世纪世界层面和大世界
区域的社会和自然系统演
变的合理替代趋势。它们
包括两个要素：一个叙事
故事情节和一套量化的发
展措施。**

图6.1：SSP情景量化的社会经济驱动因素
(GDP和人口)(PPP是购买力平价)。
资料来源：PBL/IMAGE



人口与经济增长

在所有这三种情景下，过去的人口增长模式将持续到2050年，但速度不同（图6.1）。在SSP2中假定全球人口增长开始趋于平稳。2050年世界人口达到约90亿，撒哈拉以南非洲地区人口继续快速增长，在四十年内翻一番；预计北非、中东和南亚的增长率也将很高。其他地区显示出人口稳定甚至人口下降的明显迹象。在SSP1中，人口增长较慢，2050年达到约80亿的最高值，主要是由于撒哈拉以南非洲、南亚和东南亚的增长率较低。在SSP3中，人口以目前的速度继续增长，到2050年达到100多亿，主要是由于所有地区的增长率都较高，特别是在撒哈拉以南非洲、南亚和东南亚。

在SSP2中，经济增长遵循历史趋势，在SSP1中假设高于历史趋势，在SSP3中低于历史趋势，特别是在欠发达地区。因此，由于有较多但较不富裕的人口，在粮食需求方面，SSP3中人口和经济增长趋势有一部分可以相互补偿。在SSP1中，尽管有较高的收入，较低的人口数量和对环境问题的关注使粮食需求低于SSP2水平。

图6.2：2050年，目前使用的土地（虚线）和SSP2情景中剩余适合农业用地的潜力。
资料来源：PBL/IMAGE

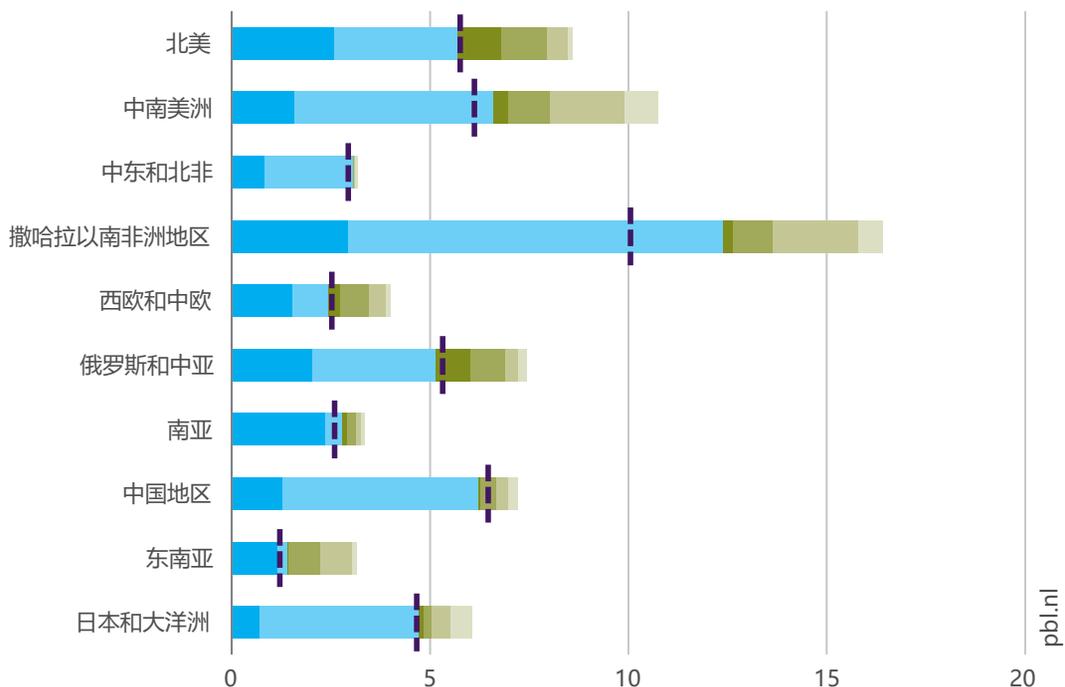
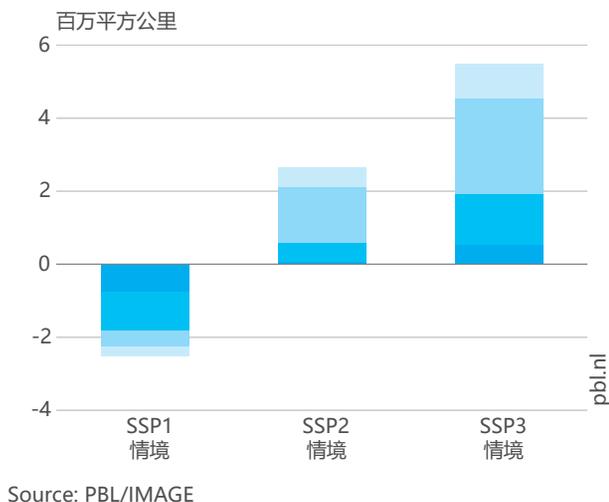


图6.3：新转化农业地区的土地生产潜力。
资料来源：PBL/IMAGE

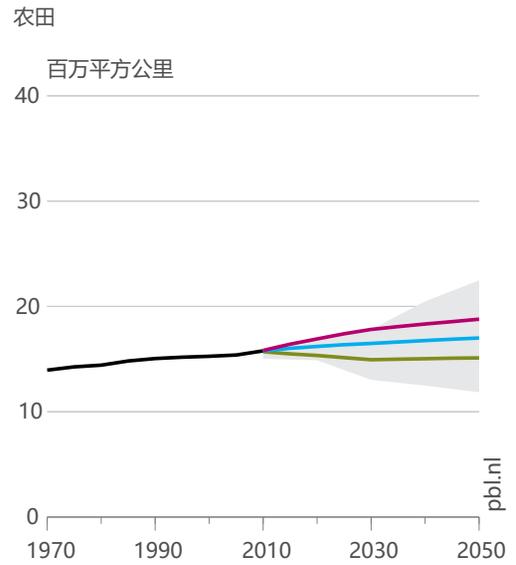
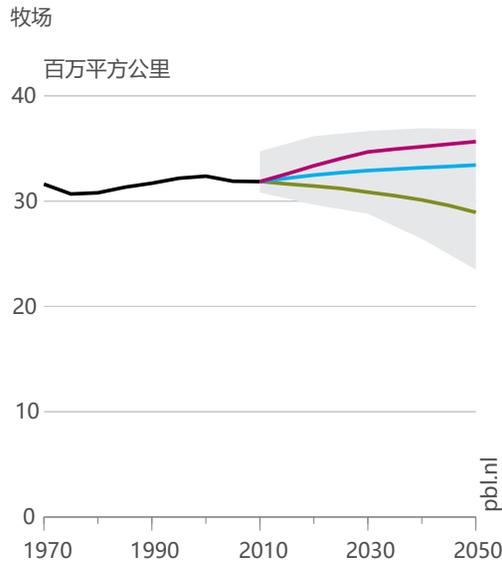


PBL的情景分析结果

在所有三种情景中，在未来几十年内，对基于土地的商品和服务的需求将继续快速增长。¹⁵这包括农产品（如食品和饲料）、纤维（如棉花和建筑木材和纸张）和燃料（如薪柴、生物质、液体生物燃料）。除了对基于土地的产品需求，城市、村庄和基础设施建设在土地上，保护森林和其他自然生态区域的生物多样性、生态系统服务以及气候的缓解和适应变化都需要土地。

总体而言，情景研究结果是可靠的，因为粮食、饲料及其各自的土地利用之间的整体联系得到很好地理解，并且依赖于广泛的经验基础。未来土地利用动态的主要不确定因素是农产品需求的变化以及作物产量和畜牧生产系统的趋势。所有全球模式都表明，对于“中部路线”情景SSP2（在SSP3中更是如此），上百年来森林面积转为农田的趋势将至少持续到2050年。不仅森林将受到农业未来土地利用

图6.4：2010-2050年SSP全球土地利用趋势（彩色线）和其他模型的范围¹⁶（灰色区域）。
资料来源：PBL/IMAGE



需求的影响，大草原和草地也会受到影响。因此，我们可以预计持续的栖息地丧失和相关的生物多样性影响。以下部分反映《展望》第二篇中的后续章节，这些章节更详细地介绍了证据和潜在的未来政策问题。

农业

剩余的适合农业的自然土地有限，土地扩张越来越多地在更贫瘠的土地上进行。由于大部分可能用于农业的土地已经用于种植作物、饲养牲畜或城市地区，额外的农业土地必须扩大到生产力较低的地区（图6.2）。要得到相同的产出，使用较低生产力的土地需要更大的面积和/或投入。此外，贫瘠土地往往更难管理并且更易于退化：它们可能在斜坡上、土壤更薄并且肥力较低、更难展开耕作或受缺水或气候因素的限制。因此，除了条件比其他地方不利，农民需要更多的努力和投入。在各种的地区，小农户更有可能被排挤到贫瘠地区，而较大的生产者则可以控制更肥沃的土地。

在三种情景中，有两种情景预测农业土地利用的增长：估计在中低生产力的土地上将发生大约50%（SSP3）和80%（SSP2）的增长（图6.3）。相反，在SSP1情景中，由于人口增长较慢、更加注重可持续消费和生产（如肉类消费并且粮食浪费水平较低）以及更高的作物和牲畜系统效率等因素的共同作用，全球农业面积将下降。欧洲和俄罗斯占有很大一部分世界最肥沃土地，即使高产的土地也将面临土地使用的变化或放弃。从全球土地利用效率的角度来看，更多的土地产品贸易将有助于根据各地区的比较优势对其分配产品。然而仍有许多其他问题，如国内粮食自给和运输成本，以及长途运输造成的CO₂排放。

在SSP2情景下，预计全球土地利用变化将会继续，农田在2010年为1500万平方公里，到2030年扩大约90万平方公里，到2050年扩大120万平方公里，2050年还会增加140万平方公里生产能源作物。牧场面积（包括牲畜草地面积）预计到2050年增加约160万平方公里（图6.4）。

图6.5：全球（左）和区域（右）土地利用和自然区域的变化

资料来源：PBL/IMAGE

图例

- 其他自然土地
- 森林
- 牧场
- 能源作物
- 粮食和饲料作物
- 建成区
- SSP1和SSP3情景之间的范围

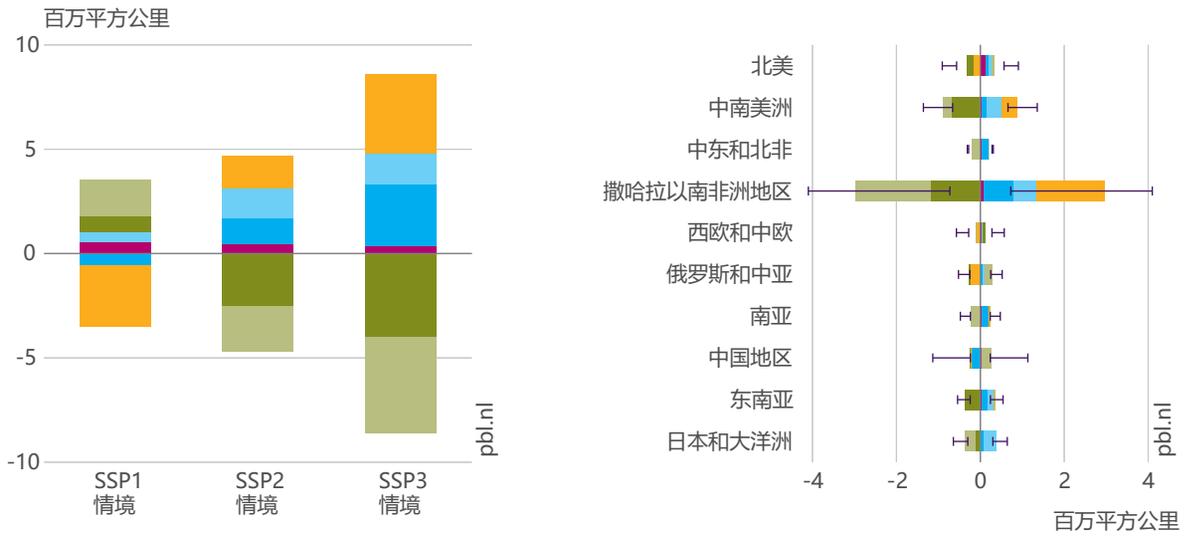


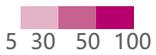
图6.6：2010-2050期间土地利用变化

：绿色表示自然区域的扩张；紫色表示扩大农用地/建成区。

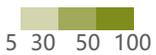
资料来源：PBL/IMAGE

图例

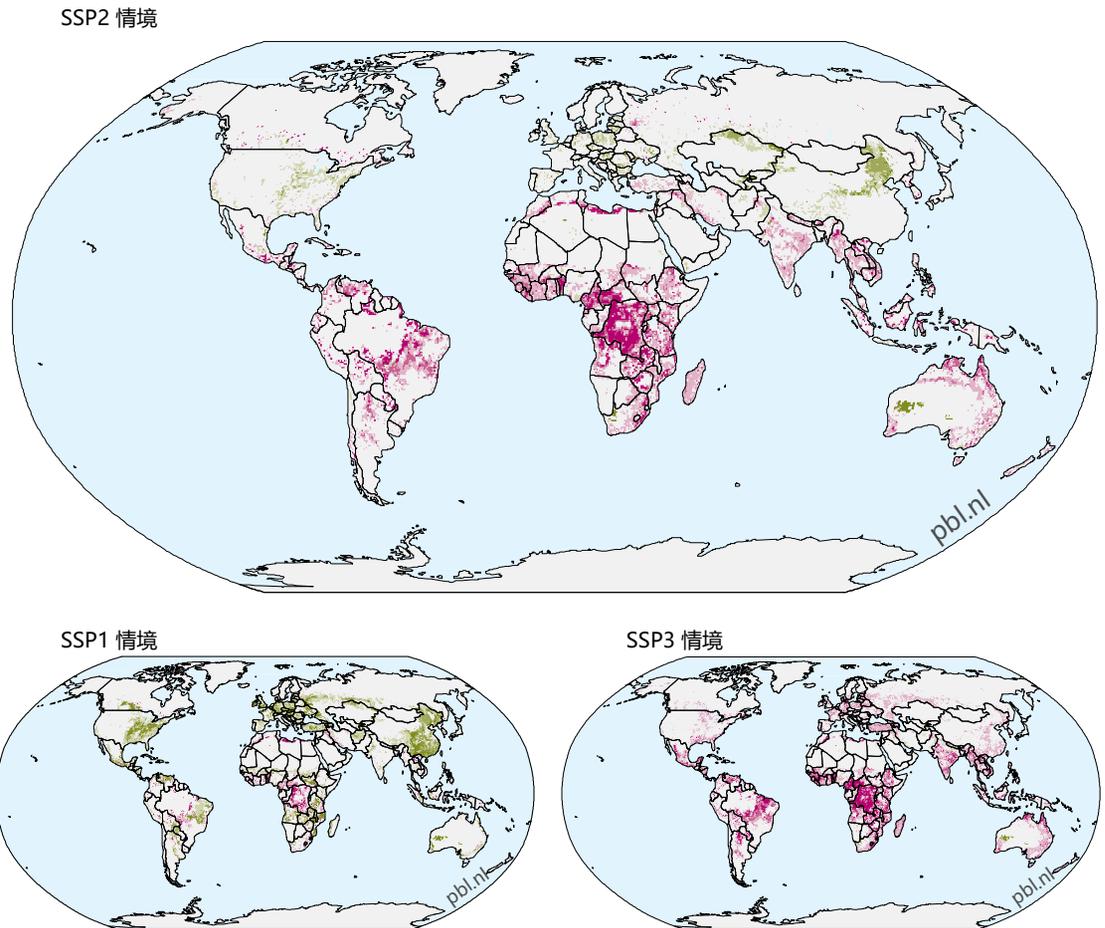
其他自然土地的森林砍伐和转换（每个网格单元百分比变化）



再造林和退耕转为其他自然土地（每个网格单元百分比变化）



没有变化或变化很小（少于5%）



SSP3情景显示了比SSP2更大的农田、生物能源和牧场的扩张，这主要是由于技术发展缓慢。在SSP1情景中，由于人口增长较少、消费和生产可持续性较高、农作物和畜牧系统的效率提高，因此土地需求减少，预计全球农业面积净减少。撒哈拉以南非洲地区的农业土地扩张最大，这是因为人口增长高，对粮食和饲料的需求不断增加，而效率提高不能满足这些需求。同样在SSP1中，尽管全球范围农地净减少，但撒哈拉以南非洲地区的农用土地在扩大；在SSP3中，由于作物产量和牲畜系统效率的提高缓慢（图6.5和6.6），扩张比SSP2高出约40%。

土地利用的变化是由食品、燃料和纤维需求的持续增长驱动的。在各种情景下，根据人口和收入预测，到2050年，全球需求将驱动农业和木材生产增长27%至77%。这与所有文献中的范围一致。¹⁷在发展中国家，由于需求增长趋于平缓，生产增长适度，但预计生产增长较大，特别是撒哈拉以南非洲地区（超过150%）、南亚和东南亚以及拉丁美洲（超过70%），这推动着农业土地利用的变化。部分地区需求的增长还通过其他地区的生产和贸易来满足。

在SSP1情景中，大多数地区的需求增长要小得多，甚至保持不变。在全球和区域层面，SSP3中的粮食需求变化往往与SSP2相似，因为较高的人口和较低的经济增长率相互补偿：与SSP2相比，SSP3人口较多，导致需求增加，但是收入也减少，导致更少的需求。在推动土地利用变化方面，农业强度（作物和牲畜）构成这两种情景的差异。在所有情景下，发达地区的木材生产依然处于高位，而拉丁美洲、非洲和东南亚的木材生产则显示某种程度增加，这往往通过更多的种植林实现。

氮肥和磷肥使用量预计在目前使用量较低的国家迅速增加，从而提高土地利用效率，但对环境产生不利影响的风险也随之增加。目前市场化农业生产大部分已经依赖于化肥，在许多地方以天然土壤养分无法维持目前的产量水平。在SSP2情景下，粮食生产的快速增长将导致氮肥和磷肥的使用量增加，在当前化肥使用量低的地区尤其如此。早先的可比情景预测估计，2005年至2050年期间，全球氮肥使用量增加36%，磷的使用增加44%，但在撒哈拉以南非洲，磷肥的使用量翻两番。¹⁸

所有SSP情景都显示，农业在易受侵蚀的热带土壤上显著扩张。热带森林土壤通常较差并且风化，长期雨量充沛和高温的影响导致大部分养分淋失。天然植被的高生产力通过近乎闭合的循环来维持，其中大部分养分存在于生物量和森林地表的死亡和分解物质层中。即使按SSP2情景中该地区农业生产生产力增长约200%的相对乐观假设，预计也会因撒哈拉以南非洲地区的需求大幅增加而在刚果盆地发生最大的农田扩张。没有可持续并且有效的土地管理制度，开垦这些土地用于农业可能导致农业生产迅速下降，原因是缺乏养分和水土流失。

在全球范围内，到2050年，特定地区的持续生产力丧失可能需要额外的耕地扩张来补偿。假设净初级生产力的地方趋势代表了农田基于土地的生产力下降，我们可以首先估计需要额外农田来补偿这一损失。根据这个SSP2生产力下降情景，到2050年，这将导致在SSP2情景下单纯因为粮食需求增长农田将会有8%的扩张之外，还需要再扩大5%。这些假设下，显示大多数额外扩张的区域是北非、中东和北非、俄罗斯和中亚、撒哈拉以南非洲、日本和大洋洲。

水资源

从稀缺的角度看，未来的水安全面临许多风险。这些风险与水需求强劲增长、不可再生地下水枯竭的不确定性、水质下降、降雨模式变化以及土壤深度、土壤质地和土壤有机碳变化有关。随着土壤条件的下降，土壤持水能力下降。持水量对于干旱地区雨养农业生产尤为重要，这些地区降雨量可能不稳定，植物利用土壤储存水的缓冲功能度过较长的干旱期。旱地系统的低产量通常归因于土壤表面过量水蒸发，其中更多量的有机覆盖可以（尽管不是在所有情况下）改善水的入渗和储存，从而提高生产力。¹⁹土壤储存更多水时（例如由于覆盖），向地下水系统延迟释放水分可对河流排放产生一种平滑效应。

根据SSP2情景，全球用水需求总量从2056立方千米增至2445立方千米。东南亚和撒哈拉以南非洲地区的用水需求量增幅最大，主要原因在于工业和家庭的需求。水资源短缺是指由于不同用户的总需求而导致的有限可用性。现在和未来的水资源短缺在印度、亚洲、美国西部和西班牙等人口稠密的地区普遍存在（图6.7）。这些地区包括广阔的干旱和半干旱地区。图6.7还显示水稀缺将会加剧的地区。其中，非洲东中部海岸、美国大平原、地中海沿岸以及长江流域的部分地区，缺水可能会减缓经济增长。

当地水资源短缺问题的严重程度也取决于当地储存、含水层的地下水抽取或防止下游短缺的上游措施。这里探讨的情景只描绘风险，不包括这些潜在的缓解和适应措施。

SSP2情景中，在气候变化导致的较大降水量的许多河流流域，径流大于单纯基于降水量增加的预计；土地覆被变化似乎降低了生态系统缓冲水流的能力，导致更高的径流速度。这种影响在旱地地区更加放大，对于其中的许多小流域，土地利用稍微强化，就可能会导致径流的显著变化。

气候变化和土地覆被变化导致了径流的变化，其影响到河水的流量。基于平均排放量，河流流域可能会变得更湿润或更干燥。但是，由于河流泄水量一般表现出较高的自然变化，高和低泄水量（而非平均泄水量水平）提供了有关洪涝和干旱危害的更多信息。图6.8显示，在SSP2情景中，世界上一些较大的河流流域在气候变化与气候不变化时低、平均和高泄水量的相对变化。根据当地情况的不同，每个流域的一些发展可能会相互放大或调整，而且程度也会有所不同。低泄水量方面的负变化意味着它们的容量会变小，这表明流域将更容易受到水文干旱的影响。对于高泄水量则是相反的情形。

图6.7：根据SSP2情景，2010年至2050年之间动态缺水的全球预测：动态缺水指数图基于每月的时间尺度，并考虑了一年内发生缺水情况的频率和持续程度。资料来源：UU

图例

- 低 (0.1-0.2)
- 中 (0.2-0.4)
- 高 (0.4-0.8)
- 非常高 (0.8或以上)
- 没有水的压力 (小于0.1)
- 与2010年相比，预计水的压力增加

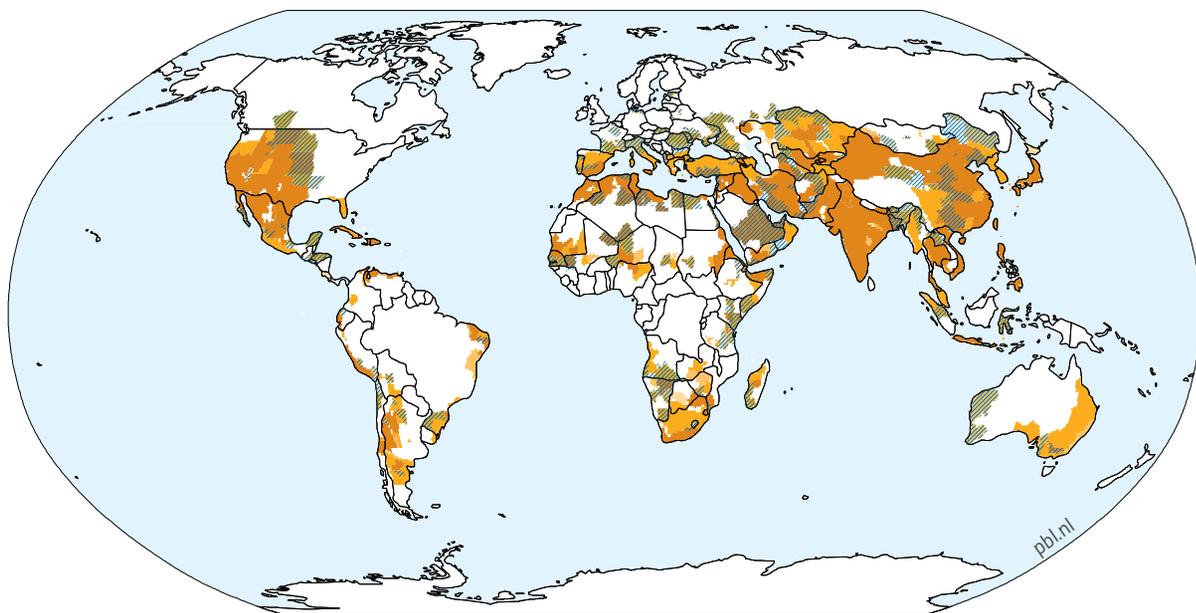
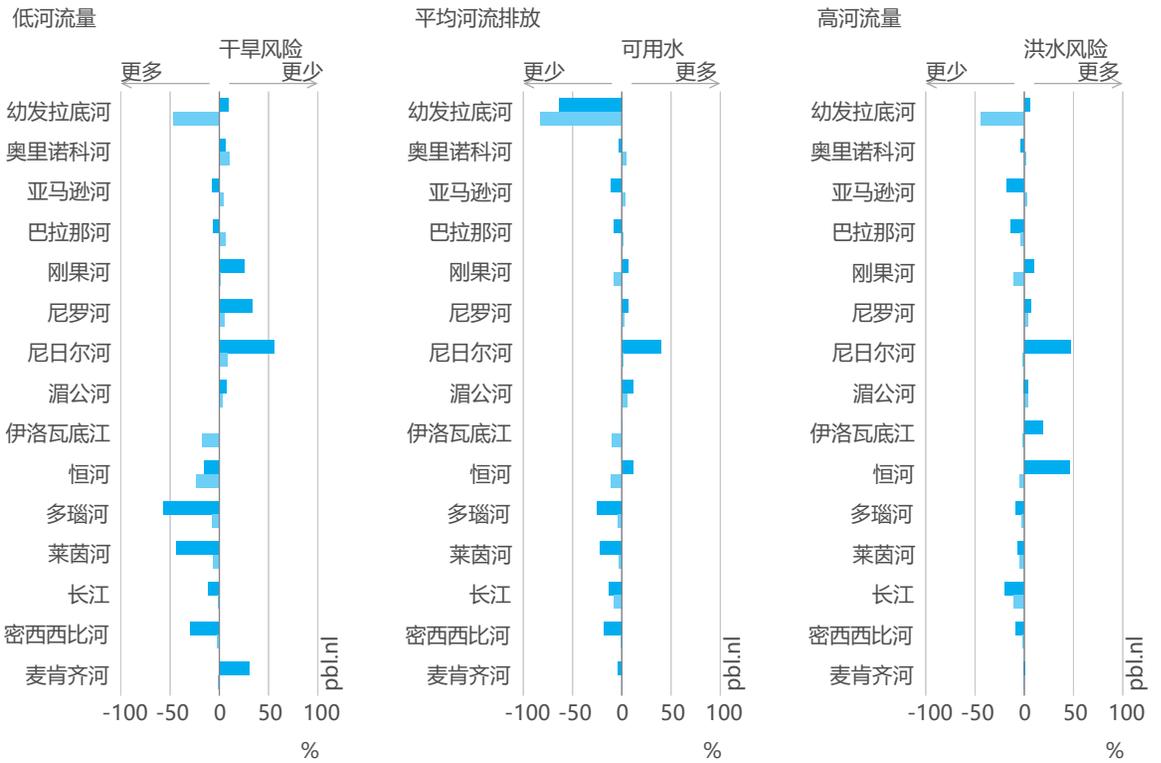
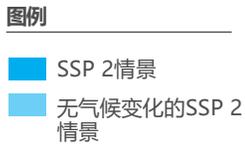


图6.8 : SSP2情景和无气候变化时, 2010年至2050年主要流域的中、高、低泄水率变化。请注意, 不考虑土壤性状变化, 例如SSP2生产力下降情景和无气候变化的SSP2情景中(因此只显示土地利用变化的影响)。资料来源: UU; PBL



生物多样性

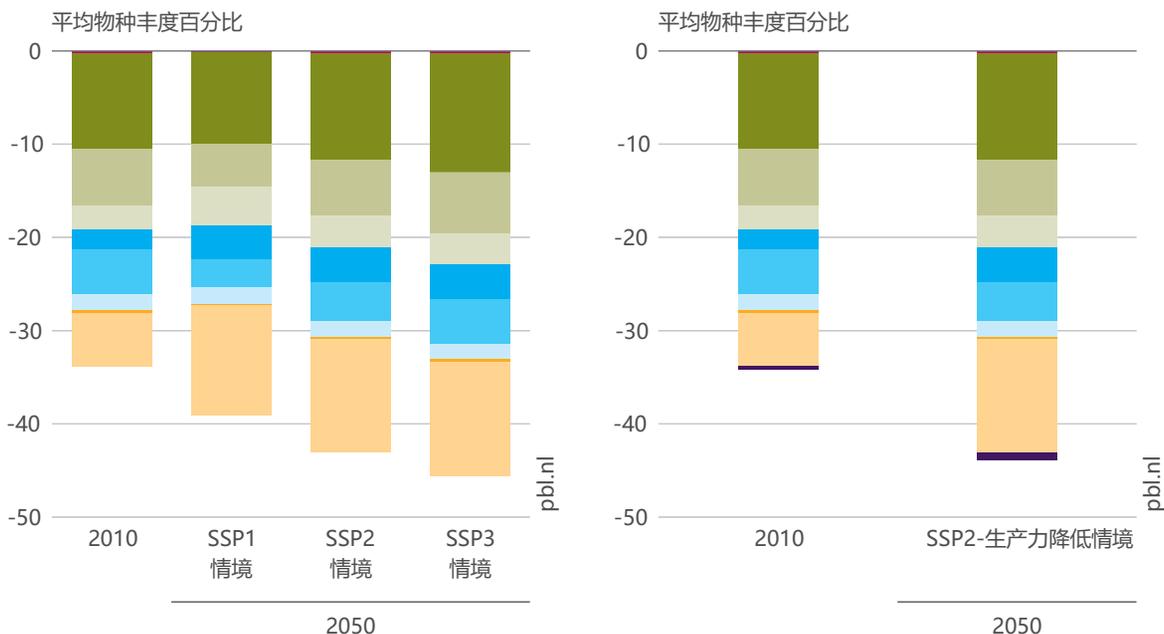
在SSP1、SSP2和SSP3中, 根据平均物种丰度 (MSA) 衡量的生物多样性损失预计将从2010年的34%分别增加到38%、43%和46% (图6.9)。在SSP1中, 通过停止农田扩张, 损失率下降, 尽管这会对林业造成较大的影响。这是不同部门发展之间权衡的典型例子; 林地面积必须扩大到SSP2和SSP3中的规模以上, 以补偿因为农田扩张而砍伐森林所失去的木材生产。SSP2和SSP3显示出农田增加的累积影响造成的最大的生物多样性损失, 包括生物能源作物、基础设施和人类住区侵占、林业和气候变化。这些情景将继续, 甚至比20世纪记录的损失率还要高。在所有情景下, 生物多样性损失在2050年之后还会继续, 而气候变化的影响在所有情景下都会加速。

到2050年, SSP2生产力下降情景显示出约1%的额外生物多样性损失 (图6.9)。最大的份额来自农田生产力的损失, 此损失导致额外的农田扩张, 以弥补损失。较小的部分来自以前使用但目前已经被废弃的土地利用, 以及非正式、粗放式的土地利用, 如粗放式放牧及饲料和木材采集。一个百分点可能被认为相对较小, 但在绝对数量上这是相当大的数量。作为参考, MSA一个百分点的损失相当于约为法国大陆2.4倍原始地区的完全生物多样性丧失。

图6.9：在SSP1、SSP2和SSP3情景中，2010年和2050年自然状况相关的全球生物多样性丧失（左），以及SSP2生产力下降情景中，2010年和2050年的生物多样性丧失（右）。
资料来源：PBL/IMAGE

图例

- 城市化
- 作物
- 生物燃料
- 牧场
- 林业
- 基础设施
- 侵占
- 破碎化
- 氮沉积
- 气候变化
- 生产力下降



土壤、植被和碳

土地有机碳（SOC）的历史人为损失总量主要原因是自然生态系统转化为农业，其造成估计1760亿吨SOC的总损失量，相当于自然条件下约2.2万亿吨总SOC库的8%。^{19,20} 这符合文献估计。^{21,22,23} 据估计，这些损失大部分发生在欧洲、印度次大陆、萨赫勒、南美东南部和在中国大部分地区（图6.10中）。

根据SSP2生产力下降情景，在2010-2050年期间，来自SOC的累积排放量估计约为270亿吨（图6.11）。其中，160亿吨碳源自未来天然土地转为农用地，110亿吨碳来自土地转化之外的土地覆被和生产持续下降。这些未来损失的最大部分预计发生在南半球地区，特别是撒哈拉以南非洲地区（图6.10下）。生产力中到低土壤通常碳含量较低，在转化为农田时，可能会在短时间内丧失其相对较高份额（已经较小）的总碳库。

据估计，在2010年至2050年期间，泥炭土壤持续排水和后续的泥炭火灾估计累积贡献约90亿吨碳（±20）的排放量。这一数量基于东南亚排放量的预测²⁴以及欧洲（包括欧洲俄罗斯）当前排放量的推断。²⁵到2050年，植被损失的累积碳排放估计约为450亿吨；这是由于农业扩张、森林退化和森林管理造成的生物量损失（图6.11）。这尤其是北部地区的造林和南部地区持续森林砍伐的净平衡。²⁶

到2050年，上述人为地面排放总量达到800亿吨碳，相当于约八年的9.90亿吨碳/年化石燃料年碳排放量²⁷（图6.11）。这些估计不包括气候变化（温度和降水）对SOC储量的反馈，也不包括二氧化碳施肥对植被碳储量的影响。

由于SOC历史损失的最大部分源自农田顶部30厘米的土地，最大的恢复潜力在于当前农田。这种全球潜力相当巨大，但要求发展结合高收益与近自然SOC水平的农业系统（图6.11）。

与化石燃料的排放相比，未来的地面碳排放量相对较小（图6.11）。然而，从气候变化减缓的角度来看，减少未来地面排放和利用农田的碳封存潜力将很大。有可能保持全球温度增量在1.5°C至2°C以下的情景将需要未来累计CO₂排放量限制在170-3200亿吨。^{28,29,30}

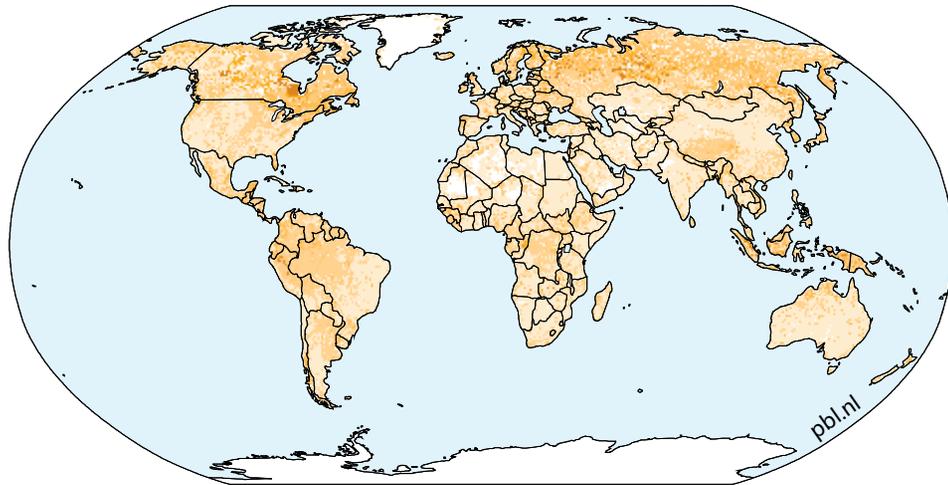
图6.10：当前SOC含量（上）；SOC的历史损失是自然状态SOC的一部分（中）；SSP2生产力下降情景下的未来SOC损失是当前状态的一部分（下）。

资料来源：Stoorvogel et al. 2017; Schut et al. 2015; PBL

图例

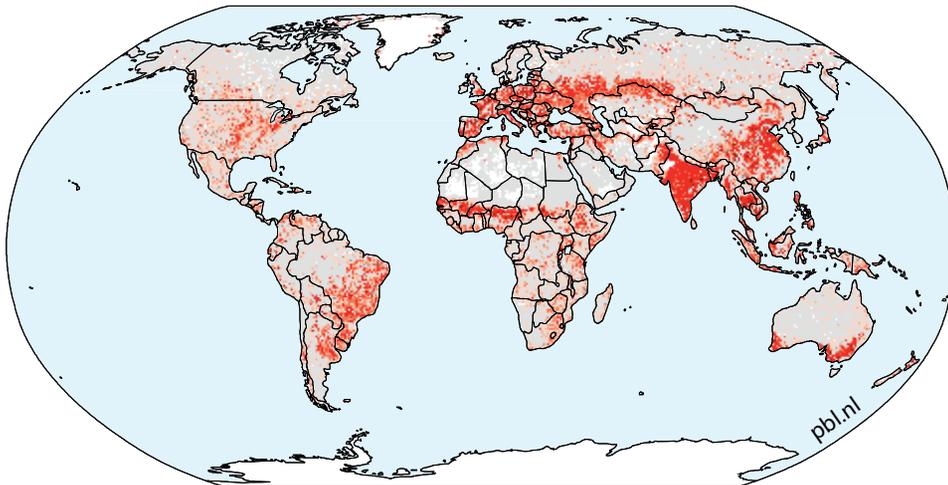
- 低 (1.5%或以下)
- 中 (1.5-3.0%)
- 高 (3.0-5.0%)
- 土质 (5.0-12.0%)
- 有机矿物 (12.0-35%)
- 有机 (超过35%)

2010



与2010年自然情况比较

- 50及以上
- 30 - 50
- 20 - 30
- 10 - 20
- 2 - 10
- 2%损失 - 2%增长
- 增长超过2%



2010 - 2050年SSP2生产力下降情境的变化

- 无数据

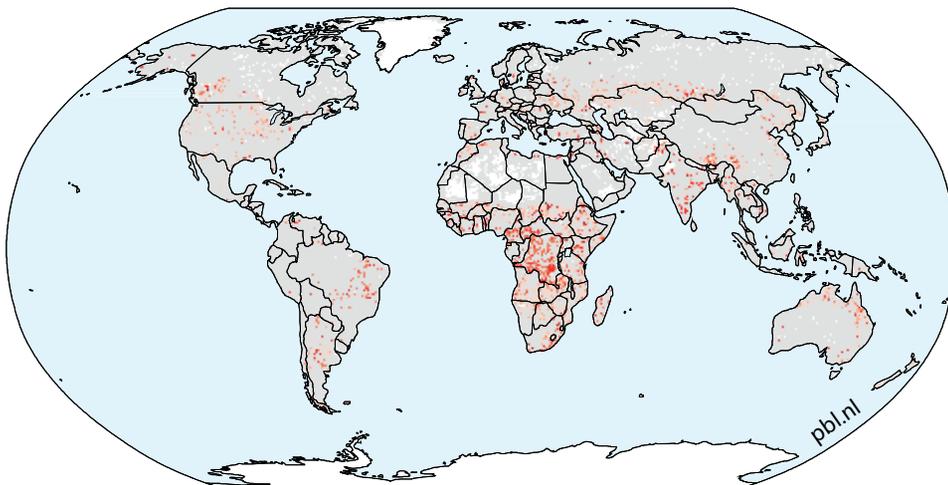
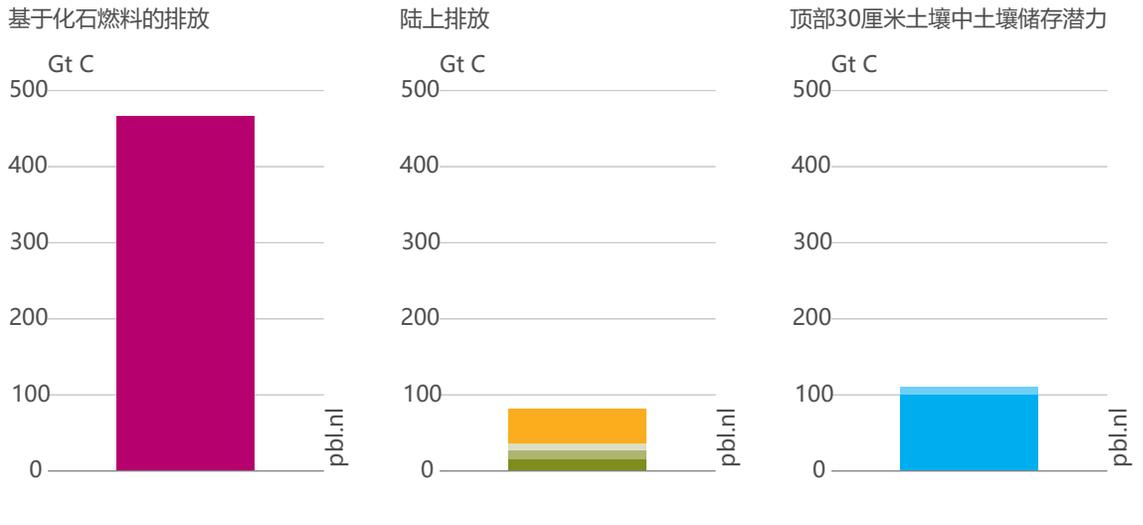


图6.11：能源和工业部门化石燃料的累积碳排放量（左）；植被（土地利用变化）和土壤（中）累积的基于土地的排放量；在农业和自然土地中顶部土壤中的碳封存潜力（<30厘米）（右）。
资料来源：PBL



气候变化

气候变化对农业的影响可能会降低一些地区的产量和适合农业用地来源，同时提高其他气候变暖水平适度地区的产量。这可能导致贸易模式的变化和农业地区的扩大，但气候变化对农业土地利用影响的不确定性范围非常大。³¹区域之间的影响差别很大：虽然一些温带地区可能会受益于较高的温度和较长的生长期，但像撒哈拉以南非洲和印度这样的地区预计会由于水的限制更大和（甚至更重要）温度更高而出现产量下降。³²

旱地特别易受损害。图6.12显示了SSP2情景下当前干旱和未来变化的全球地图。由于CO₂施肥带来的较高生产力可能会补偿一些不利影响，但实际上在多大程度上实现这些效益仍然不清楚。在全球范围内，现有农田的产量可能下降10-15%，而适合农田的地区可能会增加约10%，在北半球尤其如此。较之气候没有变化的情况，这将导致到2050年全球产量下降几个百分点，但是在区域尺度上，情况明显更加多样化，并通过贸易缓和。

除了对土地粮食生产适应性的影响外，气候变化也会影响水的供应，因此可能产生更广泛的影响，如冲突，特别是预计人口增长强劲并且水资源短缺已经成为引起争端问题的干旱地区。^{33,34,35,36}最后，气候变暖也可加速土壤有机质分解，对已经变暖地区的土地状况施加压力，进一步增加碳排放³⁷以及病虫害的迁移。

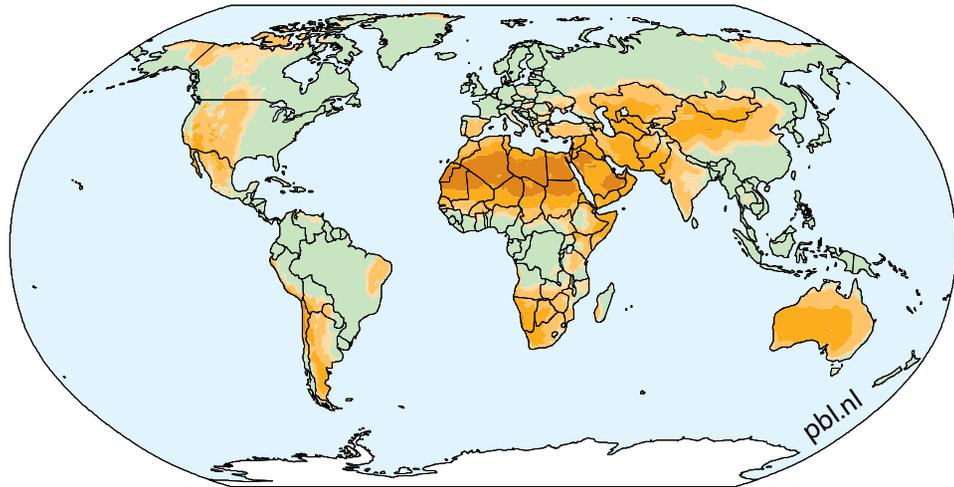
城市化

虽然城市和基础设施扩张与农业土地转化量比较相对较小，但在越来越多地取代肥沃的农田。世界正在越来越城市化，直接和间接影响着土地利用。历史上，人类居住区在最肥沃的地区和容易到达的土地上发展起来。它们的规模不断扩大，开始显著地取代了肥沃的农地。在中国的一个地区，城市土地增加的70%以上是在以前的耕地上发生的。³⁸

城市扩张主要发生在郊区，缓慢分割并占用农业和自然景观。接下来农业经常被转移到其他地方，有时是生产力较低的地方。城市人口越来越多地与农村地区分离，也逐渐脱离粮食和其他基于土地的商品的生产方式。在SSP2情景中，建成区的范围预计将增加40万平方公里。大部分这种增长发生在高生产力农业地区（见第11章），从而引发农业向生产力较低的地区流转，而同样的产量需要更多的土地面积。这一发现与其他文献基本一致，尽管有些预计最大的城市扩张发生在其他地区，如中国。³⁹

图6.12：2010年干旱指数
和SSP2情景下的变化
资料来源：PBL/IMAGE

2010年干旱指数

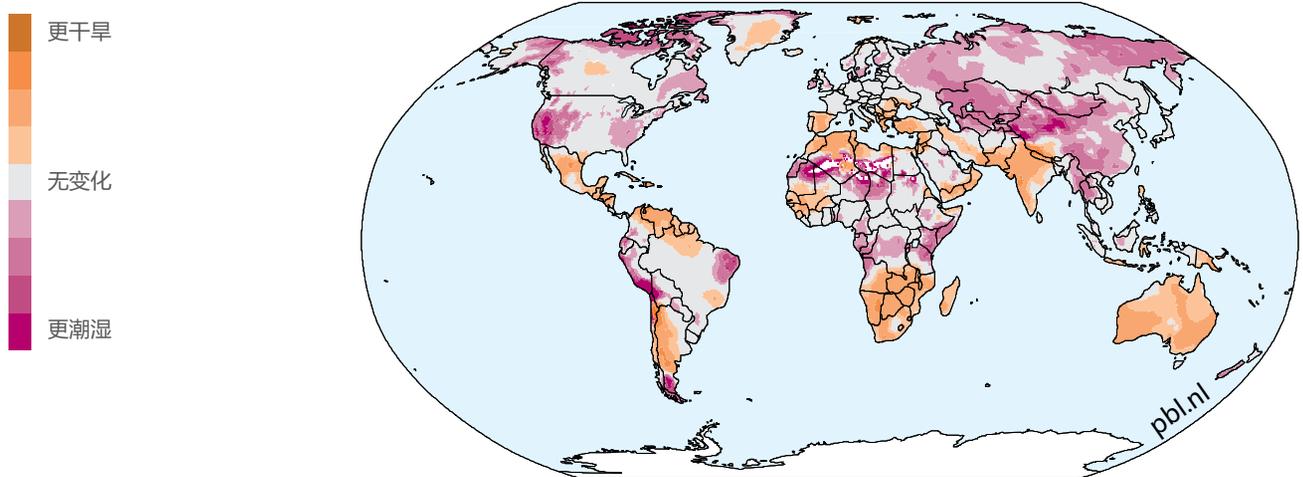


图例

干燥指数

- 超干 < 0.03
- 干燥 (0.03-0.2)
- 半干 (0.2 - 0.5)
- 亚湿润 (0.5-0.65)
- 潮湿 (> 0.65)

2010 - 2050年SSP2情境干旱变化



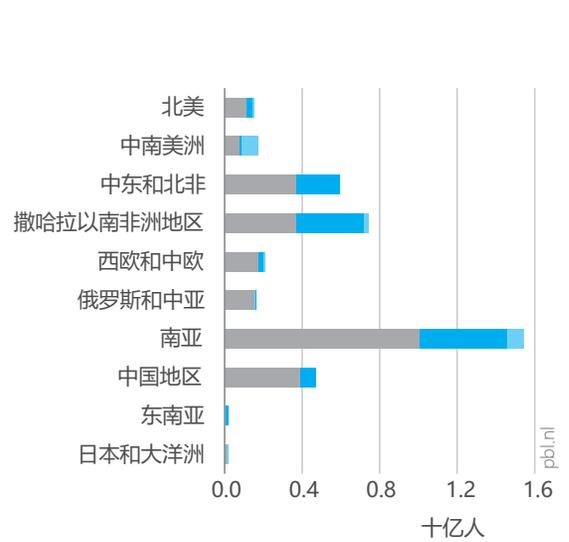
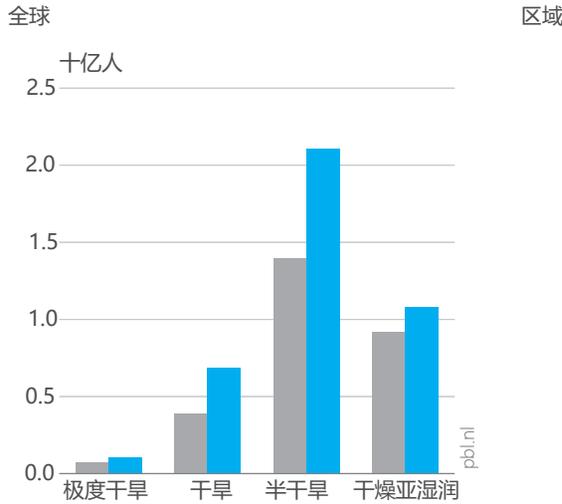
- 更干旱
- 无变化
- 更潮湿

图6.13 : SSP2情景下, 2010年和2050年旱地类别干旱地区(左)和地区(右)干旱地区人口

资料来源: PBL/IMAGE

图例

- 全球**
- 2010
 - 2050
- 地区**
- 2010年人口
 - 现有旱地人口增长, 2010-2050
 - 新旱地人口, 2050



旱地

预计到2050年, 根据SSP2情景, 旱地人口将增加43%, 比全球人口约33%的增长率多了很多。总体而言, 旱地人口预计将从2010年的27亿增加到2050年的40亿(图6.13)。

在旱地, 水通常是植物生长的限制因素。随着SSP2情景的人口增加, 许多这些地区的水资源短缺势必成为一个更加迫切的问题。预计人口增长最多的地区是半干旱和干旱旱地。地区而言, 预计南亚的旱地人数将增加最多, 达5亿多人, 而撒哈拉以南非洲地区的旱地人数估计翻一番。虽然绝对值较小, 但预计中美洲和南美洲也将增长一倍。而在撒哈拉以南非洲地区, 增长主要是由于人口增长所致, 中南美洲的主要原因是由于气候变化导致旱地扩张。因此, 尽管许多地区确实变得有些干燥, 有的变得更加湿润, 但由于人口增加产生比气候变化更大的需求, 干旱地区的总体挑战将会加剧。然而, 气候变化的影响, 如日益不稳定的天气, 特别是干旱, 将来会影响到更多的干旱地区的人们。

地区性观点

从地区角度考察土地利用和生态系统功能的变化, 撒哈拉以南非洲、南亚、中东和北非将面临最大的挑战。这些地区具有以下因素相结合的特点: 人口增长率高(特别是旱地)、人均国内生产总值低、营养不良水平高、水的压力强劲增加、有限的蛋白质摄入、较低的自给率、农业面积扩大、剩余潜在在可耕地迅速减少、作物产量继续下降、生产力不断丧失、生物多样性丧失。同时, 应对这些变化的经济和制度手段目前有限, 虽然发展之后, 这一点可能会在以后改善, 但同时这也可能导致该地区内外无法控制的问题以及冲突和大规模移民的风险。

东南亚面临许多类似的挑战, 但程度较轻。其特点是需水量有相对较强增加、自给程度低、农业持续扩张、潜在可耕地进一步下降、生物多样性丧失。其余的地区显示出相对较少但仍然是多样化的挑战, 同时也有更好的经济和制度手段来应对这些变化。



© Mehmet Özdemir

结语

这种情景分析表明，在许多地区，预计未来几十年土地利用、需求和状况将发生重大变化，主要是由于人口与财富增加共同导致食物需求增加、转向更多的肉类和土地密集型食物、对纤维和能源的需求增加、城市化、气候变化加速以及土地覆盖、生产力和土壤有机碳持续下降等因素的影响。

这些驱动因素将影响高低河流泄水、缺水、干旱、作物产量、农用地扩张、作为碳源和碳汇的土地以及生物多样性。撒哈拉以南非洲、中东和北非、南亚以及较小程度上的东南亚将面临环境和社会经济相结合的令人担忧的挑战，这将会增加未来基于土地的商品和服务上的压力。因此，对人类安全的多维度影响（见第5章）可能导致难以管理的问题和风险。

响应途径（见第三篇）需要帮助缓解土地压力，并在环境与社会经济权衡之间实现更公平的平衡。造成无法做到满足所有人的食物、水和能源安全需求，同时缓解气候变化和制止生物多样性丧失的，是我们所有（作为家庭户主、消费者、生产者、企业主和政策制定者）个体决策的总和。就像我们对气候变化的响应一样，一切照旧的做法将不足以应对这一挑战的严重性。这样的响应需要解决人口增长、消费水平、饮食、所有商品的产量差距、空间有效利用、水、材料和能源、森林破坏、食物浪费和收获后损失、气候变化和自然区域转化等问题。地方、国家和国际尺度上的土地治理以及有见地的土地利用规划和土地管理系统对于引领这样的转变将至关重要。



参考文献：

- 1 PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2017). Exploring the impact of changes in land-use and land condition on food, water, climate change mitigation and biodiversity; Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook. PBL Report. Den Haag.
- 2 Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., O'Neill, B.C., Ebi, K.L., Riahi, K., et al. 2014. A new scenario framework for climate change research: Scenario matrix architecture. *Climatic Change* **122** (3): 373-386.
- 3 Alcamo, J. and Ribeiro, T. 2001. Scenarios as tools for international environmental assessments. Environmental Issues Report number 24. European Environment Agency, Copenhagen.
- 4 O'Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K.L., Hallegatte, S., et al. 2014. A new scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change* **122** (3): 387-400.
- 5 Stehfest, E., van Vuuren, D., Bouwman, L., and Kram, T. 2014. Integrated assessment of global environmental change with IMAGE 3.0: Model description and policy applications. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- 6 Lutz, W., Butz, W.P., and Samir, K.E. (eds.). 2014. World population and human capital in the twenty-first century. OUP, Oxford.
- 7 Jiang, L. and O'Neill, B.C. 2015. Global urbanization projections for the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change* **42**: 192-199.
- 8 Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E., and Magné, B. 2015. Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change* **42**: 200-214.
- 9 O'Neill, B.C., et al. 2014. Op. cit.
- 10 Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., Temme, A.J., Batjes, N.H., and Brink, B.J.E. ten. 2017a. S World: A global soil map for environmental modelling. *Land Degradation and Development* **28**: 22-33.
- 11 Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., Brink, B.J.E. ten, and Temme, A.J. 2017b. To what extent did we change our soils? A global comparison of natural and current conditions. *Land Degradation and Development*. DOI: 10.1002/ldr.2721.
- 12 www.globio.info
- 13 Sutanudjaja, E.H., van Beek, L.P., Wada, Y., Wissler, D., de Graaf, I.E., et al. 2014. Development and validation of PCR-GLOBWB 2.0: A 5 arc min resolution global hydrology and water resources model. *Geophysical Research Abstracts* **16**: EGU20149993.
- 14 De Graaf, I.E.M., Sutanudjaja, E.H., van Beek, L.P.H., and Bierkens, M.F.P. 2014. A high resolution global scale groundwater model. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* **11** (5): 5217-5250.
- 15 Doelman, J.C., Stehfest, E., Tabeau, A., Van Meijl, H., Lassaletta, L., et al. (forthcoming). Exploring SSP land-use dynamics using the IMAGE model: Regional and gridded scenarios of land-use change and landbased climate change mitigation. *Global Environmental Change*.
- 16 Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., et al. 2017. Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* **42**: 331-345.
- 17 Ibid.
- 18 PBL. 2012. Roads from Rio+ 20: Pathways to achieve global sustainability goals by 2050. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, The Netherlands.
- 19 Jägermeyr, J., Gerten, D., Schaphoff, S., Heinke, J., Lucht, W., and Rockström, J. 2016. Integrated crop water management might sustainably halve the global food gap. *Environmental Research Letters* **11** (2): 025002.
- 20 The numbers are derived by applying Stoorvogel et al. 2017a and Stoorvogel et al. 2017b in the IMAGE model.
- 21 Houghton, R.A. 2003. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land-use and land management 1850–2000. *Tellus B* **55** (2): 378-390.
- 22 Levy, P., Friend, A., White, A., and Cannell, M. 2004. The influence of land-use change on global-scale fluxes of carbon from terrestrial ecosystems. *Climatic Change* **67** (2-3): 185-209.
- 23 Kaplan, J.O., Krumhardt, K.M., Ellis, E.C., Ruddiman, W.F., Lemmen, C., and Goldewijk, K.K. 2011. Holocene carbon emissions as a result of anthropogenic land cover change. *The Holocene* **21** (5): 775-791.
- 24 Hooijer, A., Page, S., Canadell, J.G., Silvius, M., Kwadijk, J., et al. 2010. Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences* **7**: 1505-1514.
- 25 Drösler, M., Freibauer, A., Christensen, T.R., and Friborg, T. 2008. Observations and status of peatland greenhouse gas emissions in Europe. In: Dolman, A.J., Valentini, R., and Freibauer (eds.) *The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe*. Springer, New York, pp. 243-261.
- 26 PBL. 2017. Op. cit.
- 27 Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M., and Peters, J.A.H.W. 2015. Trends in global CO₂ emissions: 2013/2014/2015 Report: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and European Commission Joint Research Centre, The Hague and Ispra, Italy.
- 28 Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Table 6.3, p. 431.
- 29 See also UNFCCC Paris agreement art. 2 p.: Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels. Scenarios with a likely (>66%) probability to keep global temperature change below 2°C should limit future cumulative CO₂ emissions to 630-1180 GtCO₂ (170-320 Gt C).
- 30 Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., et al. 2016. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C. *Nature* **534** (7609): 631-639.
- 31 Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D., Havlik, P., Ahammad, H., et al. 2014. Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **111** (9): 3274-3279.
- 32 Joint Research Centre of the European Commission. 2017. Challenges of Global Agriculture in a Climate Change Context by 2050; Authors: Van Meijl, H., Lotze-Campen, H., Havlik, P., Stehfest, E., Witzke, P., Pérez-Domínguez, I., Levin-Koopman, J., Fellmann, T., and Tabeau, A.; Editors: Pérez-Domínguez, I. and Fellmann, T.; JRC Technical Reports.
- 33 Burke, M.B., Miguel, E., Satyanath, S., Dykema, J.A., and Lobell, D.B. 2009. Warming increases the risk of civil war in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106** (49): 20670-20674.
- 34 Gleditsch, N.P. 2012. Whither the weather? Climate change and conflict. *Journal of Peace Research* **49** (1): 3-9.
- 35 Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R., and Kushnir, Y. 2015. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112** (11): 3241-3246.
- 36 Van Schaik, L. and Dinnissen, R. 2014. Terra Incognita: Land degradation as underestimated threat amplifier. Clingendael, Netherlands Institute of International Relations, The Hague.
- 37 Crowther, T., Todd-Brown, K., Rowe, C., Wieder, W., Carey, J., et al. 2016. Quantifying global soil carbon losses in response to warming. *Nature* **540** (7631): 104-108.
- 38 Hao, P., Sliuzas, R., and Geertman, S. 2011. The development and redevelopment of urban villages in Shenzhen. *Habitat International* **35** (2): 214-224.
- 39 d'Amour, C.B., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., et al. 2016. Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 201606036.

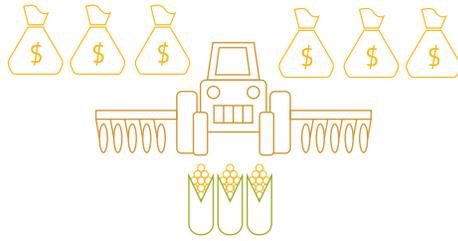
粮食安全和农业

农业和畜牧业覆盖了世界三分之一以上的土地面积，使所有其他土地用途都相形见绌。受到利润丰厚但很大程度上效率低下的粮食系统推动，集约化促进了生产。但它同样也破坏了延续千百年的文化景观，加剧了土地退化、水资源短缺和污染。农业扩张正在加速物种和自然生境的丧失。尽管生产增加，我们应该身处一个丰裕的世界，但是现在却到处都有粮食不安全状态。

已经存在经过验证并具有成本效益的替代方案来尽量减少这些影响。总体而言，农业需要与其他土地利用部门更有效地结合起来。认识到土地提供许多至关重要的服务，人们需要多功能的粮食生产方法。关键要素包括提高某一特定地区土地的生产力和养分价值，减少异地或下游对环境造成的影响，促进更多的本地生产，土地密集程度更低的饮食习惯，以及减少食物浪费。

图7.1：
农业用地的
竞争压力

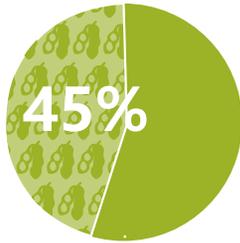
1. 管理不善



在过去几十年中，发达国家的农业管理做法将可持续发展与恢复力的产出列为优先事项

3. 饮食变化

畜牧生产需要世界45%粮食，占全球陆地面积的25%

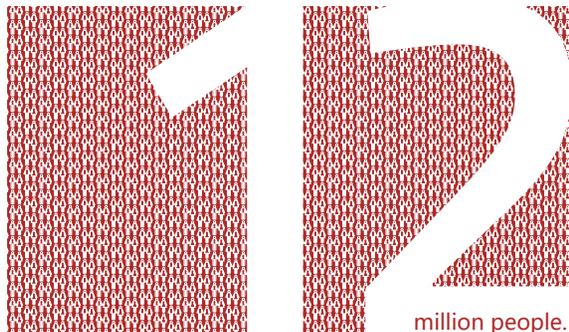


将每日平均肉类消费量从100克减少到90克，将对人类健康和减缓气候变化产生重大影响



5. 土地征用

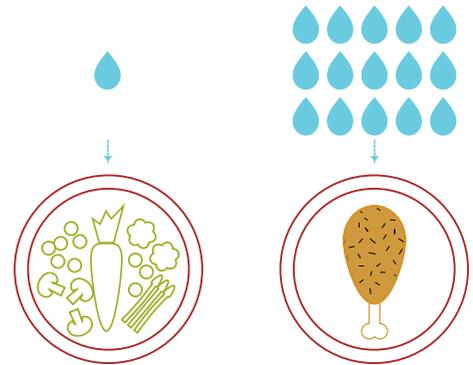
导致1200万人的家庭收入损失



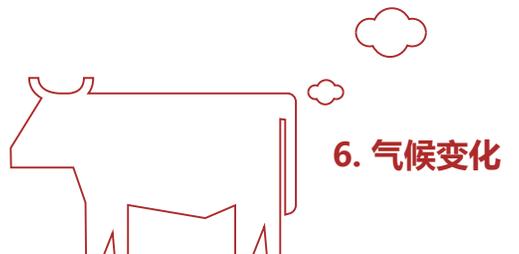
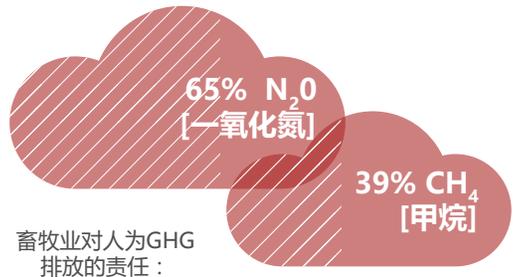
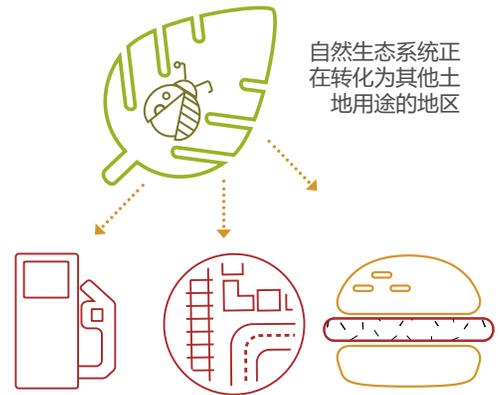
2. 食物需求和浪费

植物饮食每天需要1立方米水

肉类饮食每天需要15立方米水



4. 竞争土地使用



6. 气候变化

引言

农业是最大的单一土地用途，覆盖全世界三分之一以上土地面积（不包括格林兰和南极）。许多最好的土地已经种上了庄稼，剩下的土地很多都因为太高、太陡峭、太贫瘠，太干旱或太寒冷而无法用于粮食生产。¹可用于粮食生产的土地数量和质量承受着压力，这种压力来自消费者、生产者和政府所作出的决策和需求。用于粮食生产的土地资源面临的最显著压力包括：

1. **导致产量不理想的不良管理实践**，主要原因是与灌溉、肥料、牲畜以及作物选择等相关的资源利用效率低下。
2. **随人口增长**、收入增加和全球化而迅速增长的粮食需求和浪费。²
3. **随着消费者对土地密集型食品尤其是加工食品和肉类日益增长的需求，饮食变化**进一步推动农业扩张。³
4. **竞争性土地用途**减少了粮食生产可用面积，⁴包括生物多样性和生态系统服务、城市化，⁵基础设施、旅游业、能源以及生物燃料⁶和其他非粮食作物。
5. **圈地**和虚拟自然资源交易破坏了粮食和养分安全以及贫困和脆弱社区小农户的使用权和资源权利。
6. **气候变化**，预计使许多国家的作物产量下降，加剧粮食不安全性。⁷

这些压力和其他压力正在压榨迅速达到极限的有限资源。土地稀缺已经引起严重担忧，⁸并且越来越多的人达成共识，我们剩下的森林和草地的生物多样性、碳储存和其他基本生态系统服务需要保持原样。有些人提出粮食、能源和环境的“三重困境”，其中能源和能源竞争土地造成对环境的进一步破坏。⁹在不破坏其相关生态系统服务的同时最大程度提高土地的生产力（通常被称为可持续集约化）是21世纪最大的挑战之一。

可持续发展目标2的旨在“消除饥饿，实现粮食安全，改善营养状况和促进可持续农业”并通过可持续发展目标2.4“确保建立可持续粮食生产体系并执行具有抗灾能力的农作方法，以提高生产力和产量，帮助维护生态系统，加强适应气候变化、极端天气、干旱、洪涝和其他灾害的能力，逐步改善土地和土壤质量”。

1996年，世界粮食首脑会议达成协定：“粮食安全是指所有人在任何时候都能通过物质、社会和经济手段获得食物，且食物的数量和质量足以满足其膳食需要和饮食偏好，使之过上健康和积极的生活。”¹⁰这也意味着粮食供应在长远上应该是可持续的，农业不应破坏生态系统服务的供应或超越生态边界。



©Neil Palmer (CIAT)

图7.2：土地资源竞争压力



1. 不良的管理实践

在过去几十年中，发达国家的农业管理实践让短期生产力凌驾于长期可持续性和恢复力之上。1970年代的“绿色革命”推广了水稻等高产品种，这些品种依靠的是更高的投入，主要是化肥和农药的投入。结果是增加粮食生产的迫切需要得到了满足，但是土壤和人类健康、作物病虫害增加、异地污染和遗传多样性丧失等长期问题也不断积累。与此同时，在世界上尚未采用现代化做法的地方，农业仍然效率低下，同样可能抑制粮食生产系统的长期可持续性。

烧垦（或刀耕火种）农业需要清理和烧掉森林或草地，为农作物开辟种植空间。经过几年的耕种，土壤生产力下降、杂草压力增加，迫使农民开垦新的区域。如果仅将一小部分景观（不到5%）在特定的年份清理和废弃，烧垦种植可能是可持续的，但随着农民人口不断增多，空间变得稀缺，烧垦的循环周期就会更加频繁。这可能导致或多或少的永久性土地退化，森林常常会变成低生产力的灌木林或草地。¹¹与此类似，超过土地承载能力的动物放养会导致过度放牧和牧场健康情况的衰退。¹²

虽然概括起来很难，但整体上来说农业在过去几十年中看来已变得更有成效，但是更不可持续，¹³而且现在正在超越地球对氮水平等生态系统压力因素的承载极限。¹⁴不良的管理实践通常并不是由于无知或不负责造成的，而是由于更大的政治、经济和人口压力几乎让农民无从选择。

2. 粮食需求和浪费

因为全球粮食需求可能会在短短几年内超过供应，对粮食安全的担忧也日益增加。目前，世界上拥有足够的农地来养活人口，但经济和分配上的挑战仍然使大量的人口处于饥饿和营养不良的状态。如果这些挑战在不久的将来仍然存在，对粮食的需求将有可能赶上我们增加净产量的能力。¹⁵有人认为，这个世界以当前的土地面积可以养活100亿人口。¹⁶另有人则认为，即使主要作物产量的年度增长率保持近年来的趋势，要在2050年养活90亿人口，粮食生产仍达不到估计新增量的70%。^{17,18,19}此外，由于动物蛋白质消费量的增加，肉类和作物牲畜饲料（主要是谷物和豆类）的需求预计到2050年将上升近50%。²⁰

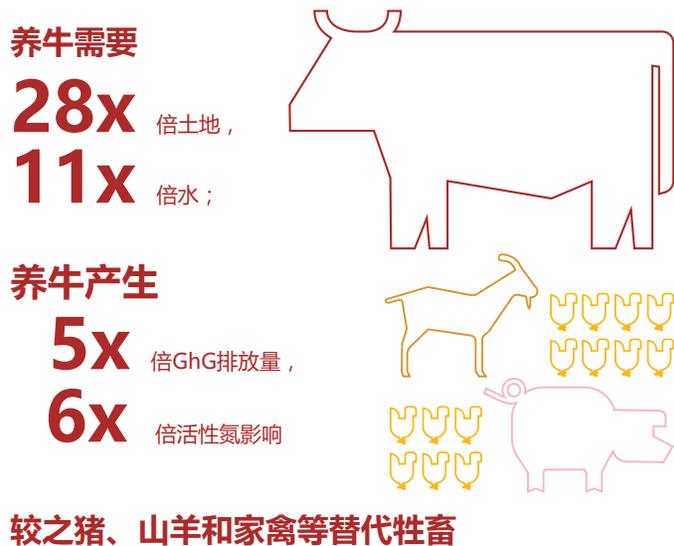


图7.3：牛肉案例

世界面临如此巨大土地资源压力的一个原因，就是我们生产和消费粮食的方式效率极其低下。据估计，所有生产的粮食中有三分之一被浪费掉，这相当于每年在14亿公顷（比中国面积还大）土地上种植的13亿吨可供食用的粮食。每年的食物浪费包含250立方千米的水和7500亿美元价值（相当于瑞士的GDP），累计碳足迹达到每年33亿吨CO₂当量，使粮食浪费成为仅次于美国、中国的世界第三大的排放源。²¹

消除粮食浪费可以将预测需要提高的粮食生产效率减少60%，仍可满足到2050年时的预期需求。²²其他研究估计会有更大的损失，其中生产出所有粮食将有一半被浪费掉。²³食物浪费的热点包括亚洲的谷物、水果和蔬菜的工业化部分，欧洲的水果和蔬菜，以及拉丁美洲的水果。高收入地区同样浪费了三分之二以上的肉类生产。²⁴

食物浪费的驱动因素各有不同：在贫穷国家，这主要是由于缺乏过程的前段储存和运输食物的能力；而在富裕国家，这主要是由零售营销决策、消费者浪费以及针对食品供应链末端的大规模生产效率低下所造成的。据估计，2005年由于质量下降，食品总经济价值在运输和储存过程中损失了25-50%。²⁵

由于缺乏冷链运输、路况较差和恶劣天气的综合因素，许多热带国家浪费了大量的食物，而且在乌克兰等许多前苏联国家，储存条件差被认为是食物腐烂的主要原因。²⁶在中国，有8%左右的粮食在储

存中损失，加工过程的粮食损失为2.6%，分配过程中损失3%，年合计3500万吨。²⁷在许多发达国家，由于拒绝产生变形或瑕疵但完全可食用的水果和蔬菜、销售时间短以及鼓励过度采购的批量优惠进一步加剧了消费者和零售食品的浪费。在美国，每年约有7000万吨可食用食品被浪费。²⁸目前有将近10亿人属于肥胖类型，有人将食物过剩消费视为食物浪费的一种形式。²⁹

3. 饮食习惯变化

由于对肉类和其他土地密集型食品（如使用大豆和棕榈油的加工食品）的需求不断增加，土地稀缺和粮食不安全状况日益恶化，这是一种解决人类营养需求低效和不健康的方式。自1960年代以来，全球肉类消费量几乎翻了一番，³⁰其生产每单位营养价值所需要的土地要比同样的植物性食品多五倍左右。³¹过去半个世纪以来，动物产品的生产主导了农业土地利用的变化、扩张和集约化。³²在用水方面也存在类似的不均衡：玉米、小麦和脱壳米的平均用水量分别为每吨900、300和3000立方米，而鸡肉、猪肉和牛肉的用水量则为每吨3900、4900和15500立方米。³³

如果牲畜喂养完全或大部分在不适合作物生产地区的自然植被上进行，牲畜业生产的低效率资源利用和环境足迹问题会小一些。很多时候，家畜有助于保护半自然生态环境，并提供有价值的蛋白质。³⁴如果开垦森林或林地用以建设牧场，生物多样性 and 生态系统服务方面的损失就会大大增加，拉丁美洲的大部分新的放牧地区就是这种情况。³⁵如果牲畜饲养在室内或栏中圈养，依靠其他地方种植的饲料，所需土地则会更多。虽然工业化畜牧生产可以成为生产大量动物产品的经济有效方式，但是一种非常低效的将太阳能转化为人类高营养食物的方式。

将用于放牧和饲料作物的土地数量加在一起，畜牧业生产占农地的70%左右，³⁶可能是生物多样性丧失和减少生态系统服务的最大的驱动因素。使用历史上仅供人类消费作物（如谷物和豆类）喂养牲畜，直接提高了消费价格，破坏了当地的粮食安全，并间接推动了土地利用变化。³⁷

文本框7.1：牛肉案例

在生产的所有牲畜中，在低效率和对土地利用的影响及污染方面牛肉的代价最高，需要的资源量比其他类型的牲畜高出一个数量级。平均而言，与其他家畜（如猪和家禽）相比，牛肉需要的土地多28倍，需要的水多11倍，产生温室气体排放量有5倍，产生的活性氮影响有6倍。⁴²减少牛肉消费毫无争议，而且对粮食安全和温室气体排放有立竿见影的积极影响。⁴³

低效的牛肉生产也促使了土地利用的变化。在澳大利亚昆士兰州，直到2006年采取禁止破坏林地的政策之前，主要用于牧场的林地开荒在1990年代平均每年为30万至70万公顷⁴⁴。禁令大大减少了林地损失，但在农业群体的反对后，后来在2013年有所放松。随着自然植被的丧失，恢复林地砍伐继续大大减少了该地区的生态系统服务。例如，由于森林被砍伐，地表径流量增加了40-100%。澳大利亚国家盘查汇总系统对卫星数据（2015-16）进行的最新分析表明，原始成熟森林转化为其他土地利用的速度比1990年的水平降低了90%，现在大约在5.6万公顷。原始森林被砍伐的水平近年来相对不变（无论监管的变化）。绝大多数森林砍伐（2015年约占85%）与之前被砍伐国的土地进行二次砍伐（次生林）有关。次生林的再生长目前超过二次砍伐活动——在2015年，以净额计算，在以前被砍伐用以放牧的土地上，次生林净增加了22.5万公顷。虽然昆士兰州超过40%的农田专门用作生产牛饲料，但仍需要额外进口饲料。⁴⁵

全球动物产品市场正在蓬勃发展。1967年至2007年期间，猪肉产量增加了294%，鸡蛋增加了353%，家禽肉类增长了711%。而同期这些产品的相对成本下降。³⁸撒哈拉以南非洲地区的预测显示，到2050年牛奶消费量将达到现在的三倍（尤其是东非地区），西非的家禽肉和猪肉以及鸡蛋的消费量可能增长六倍，而南非和东非增长了四倍。³⁹伴随更高收入带来的饮食不断变化，价格低廉的饲料作物（特别是大豆）一直是造成肉类生产增加的重要因素。今天，大多数猪和家禽都在室内圈养，仅依靠富含蛋白质的饲料和药物来促进其生长，⁴⁰这引起了对可持续性、环境和动物福利的担忧。目前，全球生产的作物有36%的热量转化成动物饲料，而喂养动物饲料所含的热量只有12%以肉类和其他动物产品的形式最终供人类饮食。这意味着全球作物生产总食物价值的近三分之一通过低效率的畜牧系统“加工”而丧失。⁴¹

畜牧业生产也是导致气候变化的一个主要原因，估计每年产生约71亿吨CO₂当量，或人为温室气体排放量的约14.5%。饲料生产和加工以及反刍动物的肠道发酵（释放甲烷）是两个主要的排放源。而牛肉和牛奶的产量分别占该部门排放的41%和20%。⁴⁶模拟预计牲畜生产增长的影响发现，到2050年，肉类、牛奶和鸡蛋生产造成的温室气体排放量可能会增加39%。⁴⁷全球平均肉类消费量目前为每人每天100克；即使每人每天减少到90克的水平也会对人体健康和温室气体排放产生重大影响。⁴⁸

在过去的五十年里，人类饮食更多地使用了必需营养物质含量较低并且含有高比例精制糖、油和脂肪的加工食品。⁴⁹促进这一现象的常见因素是更多的加工食品、获得更便宜食物的途径，以及对一些十分不健康食品的过度营销。⁵⁰大食品店靠销售大量高脂肪、高蛋白食品赚取利润，经常吃这些食品会导致肥胖，⁵¹肥胖问题现在几乎影响到世界上每一个国家。⁵²根据最近平均年度饮食变化以及棕榈油和大豆油对植物油消费和产量的贡献，到2050年这将导致另有约50万至130万公顷的土地转化为油棕种植园，而大豆种植地将增加500万至930万公顷的土地。⁵³除非实行严格的土地使用规定和市场举措以避免森林砍伐，否则这种扩张大部分将以牺牲热带雨林为代价。⁵⁴

印度尼西亚油棕种植园的扩张给热带雨林造成了重大的损失。这有时需要泥炭地排水，可能会引起火灾。空气污染造成的健康风险非常严重，尤其是对于儿童和老人。世界银行表示，仅在2015年，对经济活动的破坏估计就使印度尼西亚经济蒙受160亿美元的损失，超过全国棕榈油增加的经济价值。⁵⁵泥炭排水产生巨大的碳足迹：荷兰泥炭地系统的水位下降与200万辆汽车的平均排放量相当。⁵⁶

图7.4：全球农田（绿色阴影区域）占地球无冰土地的约14%⁶³



4. 竞争性土地用途

食物（包括更多的肉类和加工食品）、城市和基础设施发展以及生物燃料的需求将对土地总供应量产生越来越大的影响。世界无冰土地的面积约为132亿公顷，目前用于种植农作物的占12%（16亿公顷），森林覆盖率为28%（37亿公顷），35%（46亿公顷）由草地和林地生态系统组成，而这35%的土地大部分用于放牧，相当于至少两倍的耕地面积。⁵⁷

过去几十年来，全球种植面积增加了约12%，⁵⁸或者自1961年来增加了1.59亿公顷，其中大部分从自然生态系统转变而来。⁵⁹农田占无冰土地总面积的14%左右，而牧场占26%左右。⁶⁰全球农业用地大约44%位于旱地，主要在非洲和亚洲，供应了大约60%的全球粮食生产。⁶¹新的农田大部分来自于对天然林的破坏。2010年至2015年，热带雨林的面积每年下降550万公顷。⁶²

未来预测表明，满足全球粮食需求意味着将转化更多的土地。⁶⁴未来农田扩张不会均匀分布。一项估计发现，到2050年，预测的农田扩张将有55%将发生在非洲和中东地区，30%在拉丁美洲，而欧洲只有4%。⁶⁵竞争性土地利用经常涉及权衡生产需求（即供给型服务）与生物多样性、本地林区居民以及自然生境提供的支持和调节服务的需求。

粮食生产是一个关键驱动因素，尤其是热带森林损失的关键驱动因素，⁶⁶其中森林是整个1980年代和1990年代新增农业用地的主要来源，⁶⁷今天森林地区还在继续变为新牧场⁶⁸和农田。对11个最重要的森林砍伐前沿的分析发现，农业通常是土地利用变化主要的驱动力。⁶⁹此外，农业类型正在从小规模的农民种植转变为大规模牧场和单一种植。⁷⁰大豆⁷¹和油棕⁷²在种植面积上大幅增加，生物燃料开始使稀缺土地的竞争加剧。⁷³与农村人口增长相比，城市人口增长与森林砍伐更加密切相关，表明城市对食品和纤维的需求在农业土地利用变化中的发挥了关键作用。⁷⁴

南美洲的森林砍伐主要由商业性农业⁷⁵和大规模牧场⁷⁶（主要是养牛）⁷⁷的造成。这种趋势受到饲料的低价推动，⁷⁸许多农场种植国外的非洲草种。⁷⁹种植农业的扩张同样重要，特别是对于动物饲料⁸⁰和生物燃料，⁸¹如大豆、⁸²油棕⁸³和其他作物，⁸⁴其生产经常与受资助的重新安置有关。⁸⁵间接的土地利用变化也在发生，⁸⁶例如，当大豆取代牧场时⁸⁷会迫使养牛者进入新的森林区域。⁸⁸在非洲，农民农业和砍伐树木用以薪柴和木炭生产依然是土地变化的主要因素，例如刚果盆地⁸⁹估计有90%的木材用于燃料。⁹⁰在非洲南部，80%的农业是小规模的，⁹¹包括在冲突后安哥拉农村地区的重新安置⁹²和马拉维更多的烟草生产。⁹³针对出口市场的种植和生物燃料作物的增长也在发生，尤其是在莫桑比克。⁹⁴

文本框7.2：大豆种植的快速扩张

大豆（学名Glycine max）是一种一年生豆科植物，种植大豆是为了可食用的豆子。近几十年来，大豆扩张速度比任何全球作物的生长都要快，导致了森林和其他重要的自然生态系统的转化。大豆对食品工业具有很高的吸引力，因为它比其他主要作物每公顷产生更多的蛋白质⁹⁵ 并已成为全球粮食供应的重要组成部分，特别是作为牲畜的饲料。事实上，全球收成的四分之三用于饲料，特别是在中国主要用于喂养家禽和猪。⁹⁶大豆也逐步成为重要的生物燃料来源。⁹⁷

近50年来，大豆种植面积增长了十倍，超过了100万平方公里，相当于法国、德国、比利时和荷兰国土面积的总和。2016/17年预计有3.28亿吨产量，⁹⁸其中大部分生产来自巴西、美国、阿根廷、中国、印度和巴拉圭。⁹⁹数百万公顷的森林、草地和热带草原已被转化，而其直接或间接都是这种全球激增的结果。¹⁰⁰增长最快的地区是南美洲，其用于种植大豆的土地面积从1990年的1700万公顷增长到2010年的4600万公顷，主要以自然生态系统为代价。并不是所有的土地转换总是直接的，最初为养牛牧场开垦的土地之后又种植了大豆。¹⁰¹土地利用变化也导致重大的社会混乱。大豆生产导致了阿根廷¹⁰²和巴拉圭的原住民群体被驱逐和流离失所。¹⁰³激增还远远没有结束：据估计大豆生产将继续增长，到2050年将几乎翻番，¹⁰⁴这还没有算上由于生物燃料的需求引起的增长。

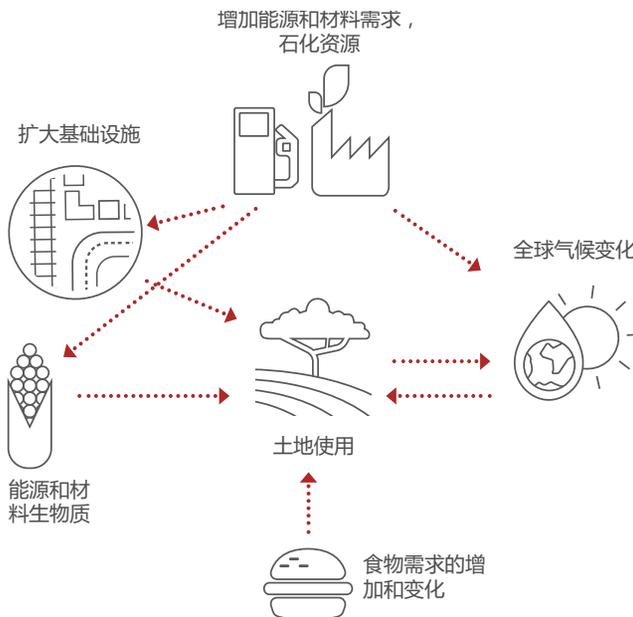
在亚洲，种植农业之前通常是伐木，这是导致土地利用变化最重要的驱动因素，尽管存在很大的区域差异。油棕种植的转化是造成印度尼西亚森林砍伐的最大原因，¹⁰⁵其种植面积还在不断扩大，¹⁰⁶橡胶种植园也在不断增加。¹⁰⁷用于粮食和非粮食作物（包括糖、大米、橡胶、¹⁰⁸和生物燃料¹⁰⁹）的原生林

和次生林的转化在湄公河流域越来越普遍。缅甸的政治变革正在迅速推动土地利用的变化，¹¹⁰有超过200万公顷的森林转用于农业。¹¹¹与此相反，虽然种植园正在巴布亚新几内亚出现，¹¹²小规模农业依然是土地利用变化的最大驱动因素。

许多发展中国家的农田扩张仅造成畜牧业生产的轻微增长。这些情况下的畜牧系统通常是低投入的，效率相对较低；土地和土壤退化常常使生产力进一步下降。¹¹³

与化石燃料相关的挑战，包括其有限性质和在气候变化中的关键作用，都促使人们寻找替代能源。天然林和木材种植园供应可用于家庭炉灶、热电联产和液化燃料原料的生物质，¹¹⁴对伐木和加工废弃物潜力的一个估算是全球每年24亿立方米³。¹¹⁵大豆和棕榈油等作物越来越多地被加工成燃料，使其更少地作为食物使用。2000年至2010年间，用于生物燃料生产的作物热量从1%增加到4%。¹¹⁶在阿根廷，2016年大豆生物柴油产量达到270万吨，比上年增长了50%。阿根廷预计在终止反倾销税的法院裁决后恢复对欧洲的大豆出口，¹¹⁷到2020年，大豆燃油预计将供应欧盟约10%的生物燃料产量。¹¹⁸

图7.5：新的土壤竞争、相互作用以及反馈：改编自
134





©CIMMYT / P. Lowe

植物性能源替代品的倡导者认为，如果能够进一步提高粮食系统的效率，就可能在不影响粮食安全的情况下实现大量的生物燃料生产。¹¹⁹这基于以下假设：生物燃料作物将主要种植在退化土地、不适合农业的土地以及通过畜牧生产集约化而因此“解放”出的土地上。¹²⁰然而，在目前的实践中，大多数生物燃料作物种植在肥沃的土壤上，通常会对社会和环境造成严重的负面影响，这预示着要将一些最好的农业用地专门用于能源生产。¹²¹其他关注的焦点是为生物燃料生产而破坏的天然林数量，¹²²其中包括间接土地利用变化、¹²³生物多样性丧失、¹²⁴植树对土壤和水文的长期影响、¹²⁵使用农用化学制品的集约化作物生产的影响、¹²⁶生物燃料迅速增加的社会后果¹²⁷和增加不平等的可能性¹²⁸以及对整体碳平衡的影响。

虽然高效的生物燃料能源系统在理论上可以有助于减少二氧化碳排放，但破坏自然植被可能导致需要数十年才能收复的碳脉。例如，要花费大约420年的生物燃料生产才能弥补砍伐泥炭地森林的碳损失，¹²⁹这样就加剧了对生物多样性和气候的综合影响。¹³⁰通过土地利用变化和农业集约化，大规模地转变为生物燃料生产很容易会产生意想不到的气候后果。¹³¹生物燃料在富有生产力的热带生态系统中扩张，始终将会产生数十年或几个世纪的净碳排放，而在退化或废弃农地上的更多生物燃料生产可能会提供立竿见影的碳减排效果。¹³²有关可持续生产实践的指引正在开始出现，¹³³但是，生物燃料可持续使用土地量的问题依然存在争议，潜在的负面影响越来越被关注。

5. 圈地和虚拟 土地交易

随着土地供应量的减少，随着更有实力的参与者控制了更多的剩余土地，贫困的小农户通常会败下阵来。“圈地”是中南美洲、非洲、太平洋和东南亚地区日益增长的现象。该术语是指指外部利益收购在土地上收获木材，或建立大型商业农场、种植园或畜牧场的权利，而这些土地的权属历史上一直是集体、公共或习惯性质的。¹³⁵全球圈地的确切规模和数量未知，因为许多交易是在没有公告的情况下进行的，并且违反当地人的意愿。¹³⁶圈地增加了社区内部和受影响群体与推动圈地进程的政府之间发生紧张局势和冲突的可能性。¹³⁷

关于这些大规模收购对粮食安全、水文、土地利用变化¹³⁸（包括砍伐森林）¹³⁹的影响，人们的担忧与日俱增。¹⁴⁰虽然圈地仍然只占农业用地总量的一小部分，但它们往往是具有最完善的基础设施和交通运输线的最有生产力的土地。¹⁴¹有关圈地和权属的更详细讨论包含在第5章中。

当政府承担重大安置计划或为发展项目时进行社区搬迁时，其结果可能与圈地相同。在内蒙古和西藏的草原上，各级政府积极将农民和农村人口安置到城镇或其他农村地区，为项目腾出土地，借口经常是过度放牧，在他们的福利方面结果不一。¹⁴²2012年完成的中国三峡大坝项目淹没了600平方公里的土地，搬迁了估计130万人口，他们被安置到同一地区的其他农村区域和城市中心以及中国的其他省份。¹⁴³

全球约有五分之一的农田及其相关用水用于生产供国外消费的农产品。出口需求是农田扩张的主要驱动因素之一。¹⁴⁴生产和消费的物理分离对出口国和进口国都有影响。粮食生产的相关环境负担也不成比例地被转嫁到出口生产地区，破坏了他们的长期粮食安全，同时进口国变得越来越依赖国外的土地资源（例如水和土地）满足他们的粮食安全。

“虚拟土地”是一个用来表征补偿进口国生产性土地缺乏的粮食产品国际贸易基本方面的术语，即种植进口食品所需的土地面积和投入资源。¹⁴⁵虚拟土地交易让有经济实力的国家获得其他国家的土地资源用于生产进口的粮食和生物燃料，这是一种使圈地进一步加剧的现象。与全球化的其他方面一样，这种贸易形式的增长意味着势力均衡可能在相对较短的时间内彻底打破。1986年，中国的虚拟土地进口量为440万公顷，但到2009年，已达到2890万公顷，其中主要来自北美和南美。¹⁴⁶同样，欧盟需要比其自身可用农业土地多43%的农地才能满足其粮食需求。¹⁴⁷

6. 气候变化

由于气候变化，农业面临重大挑战，而农业也是导致气候变化的温室气体的主要来源。¹⁴⁸这产生了对粮食安全预测带两个方面的复杂因素：1) 平均气候的长期转变正在逐步使特定作物的最佳种植区域移动；2) 极端天气事件的增加正在通过降雨或温度变化¹⁴⁹和植物病害增加、¹⁵⁰家畜疾病、¹⁵¹和虫害降低粮食安全。¹⁵²

大多数预测表明，气候变化将降低粮食安全¹⁵³并增加未来营养不良人口的数量。¹⁵⁴政府间气候变化专门委员会（IPCC）发现比正面影响更多的负面影响，并预测了粮食安全的严重风险，特别是在平均气温可能上升3-4°C的热带地区。因此，粮食价格将急剧上涨，杂草将变得更加麻烦，二氧化碳水平上升会降低某些除草剂的效果。¹⁵⁵

此外，IPCC的结论是：“在导致当地平均气温上升3-4°C或更高的全球大幅变暖场景下，基于当前农业系统的模型表明了对农业生产力的巨大负面影响和对全球粮食生产和安全的巨大风险（中等可信度）。鉴于在热带国家的影响较大，超出了预测的适应能力，而且与温带地区相比贫困率也较高，因此这些风险在这些地区最大。”

气候变化可能会对灌溉产量产生不同的影响，而南亚地区的产量会大幅下降。一项预测显示，整个发展中国家地区2050年食物热量的供应量相比2000年将会下降，使儿童营养不良率增加20%。¹⁵⁶然而，对农业和气候的预测非常困难：对粮食系统的影响将会很复杂，在地理上和存在变数，并受到社会经济条件的强烈影响。大多数研究侧重于可用性，而供应、分配和获取稳定性的相关问题都可能受气候变化的影响。¹⁵⁷因为缺乏可投入的资源用于承受价格的上涨的适应性和多样性措施，低收入生产者和消费者可能会遭受最大的损失。¹⁵⁸

几乎在农业周期的每一个阶段都释放出温室气体。根据2014年政府间气候变化专门委员会的报告，农业、林业和其他土地使用部门（AFOLU）占到人为温室气体排放量的将近四分之一，大部分来自森林砍伐、牲畜排放以及土壤和养分管理（可靠证据，高度认同）。¹⁵⁹过去50年来，AFOLU的排放量翻了一番，到2050年可能再增加30%。¹⁶⁰作物和牲畜生产最近在温室气体排放量上超过了土地利用变化和森林砍伐，现在占总量的11.2%。¹⁶¹将农田扩张到自然生态系统的气候变化影响在世界范围内有显著差异。对于被开垦每单位土地来说，与温带地区相比，热带地区几乎损失两倍的碳量，而年作物产量不到一半，因此增加现有农田的产量要比开垦新的地区更为重要。¹⁶²最近的一项分析计算出，畜牧业占人为甲烷排放量的39%和人为一氧化二氮排放量的65%。¹⁶³AFOLU同样也是碳汇，可通过保护、恢复和增加有机碳储存量的可持续土地管理实践来提高其固存能力。¹⁶⁴

由于气候变化，农业面临重大挑战，而农业也是导致气候变化的温室气体的主要来源。

现代粮食系统的各方面

到目前为止，为解决迫在眉睫的土地危机，努力的重点主要集中在集约化上：通过提高产量、种植频率在每公顷土地上生产更多粮食，通过补饲、育种方案和受控的室内圈养加强畜牧生产。¹⁶⁵“绿色革命”¹⁶⁶在化肥和各种杀虫剂和除草剂的支持下促进了作物品种改良；并非在规划中的一个结果是农场单位的兼并和更大的工业化单一栽培。

总的来说，这些变化增加了净生产力，降低了食品价格，并有助于改善自1960年代以来贫穷国家的儿童营养不良状况。¹⁶⁷在最常种植的作物（例如谷物、油籽、水果和蔬菜）中获得的收益最大，1985-2005年间，由于高产品种、作物歉收减少和一年多种的原因，估计增加了47%。对于所有174种接受评估的重要作物，全球平均作物产量增长了28%。¹⁶⁸同期农田增长只有2.4%，¹⁶⁹这意味着每公顷有更多的产量。更深远来说，农业变得越来越集中化，一小批跨国公司控制了粮食生产的几乎所有方面：从种子、遗传材料、机械和农药到农场生产和粮食的运输、加工和营销。随着农业中的投入和能源消耗急剧增加，粮食运输距离大幅增加。

在生产和利润的提升同时，也有同样不断增加的副作用和越来越多被忽视并继续遭受营养不良的穷人。半个世纪以来人们就已认识到现代农业的缺点，最开始是蕾切尔·卡森关于农药在环境中影响的文章，¹⁷⁰苏珊·乔治也确定了“绿色革命”未被预见到的副作用，¹⁷¹这些副作用包括：

- 硝酸盐和磷酸盐化肥、除草剂和杀虫剂等农用化学制品造成的污染
- 导致土地和土壤退化的灌溉和盐渍化
- 影响粮食安全的作物病害、侵入性病虫害和遗传多样性丧失
- 地球上面积日益增大的土地和土地退化
- 粮食里程和越来越远的粮食运输
- 以饥饿和肥胖作为两种相反方向挑战的人类健康和营养
- 作物选择和转基因作物

文本框7.3：土地管理对海洋族群的影响

澳大利亚昆士兰近海的大堡礁是世界上最大的珊瑚礁，是联合国教科文组织世界遗产地，也是具有巨大经济价值的旅游景点。研究报告估计，2012年珊瑚礁群为全澳大利亚产生的增加价值经济贡献为44亿美元，相当于6.9万全职工作的工人。约90%的直接经济活动来自旅游业。¹⁸⁴然而，珊瑚礁的活珊瑚在过去20年里已经衰退了近50%。农业污染是一项关键因素，包括过量的氮和磷进入珊瑚礁的近岸部分、¹⁸⁵养牛地区水土流失产生的悬浮沉积物和除草剂；¹⁸⁶这伴随着由于砍伐林地建造牧场导致的世界最高之一的森林砍伐率，这是沉积物污染的另一个重要的促成因素。¹⁸⁷这些问题在世界各地越来越多地出现。在墨西哥湾，由于过量农业流失造成的“死亡区”在2014年覆盖了13080平方公里。¹⁸⁸已经确定了大约30个死亡区热点，主要在欧洲和亚洲，最重要的包括密西西比河、恒河、湄公河、波河、珠江、伏尔加河、莱茵河和多瑙河。¹⁸⁹

1. 农业化学制品污染

现代粮食生产方法依赖于向土壤中添加足够养分的能力，这些养分主要是硝酸盐、磷酸盐和钾盐（通常称为氮磷钾），以促进植物生长和提高产量。所有这三种肥料都带来一系列负面的环境影响，其中一些还未得到完全了解。

尽管化肥一直被用来增加作物产量，但其施用中的低效在更广泛的环境中造成重大损害，导致空气和水污染、生态系统破坏和人类健康风险：¹⁷³据估计化肥在某些情况下被过量使用了30-60%。¹⁷⁴从农业区的淋出导致硝酸盐和磷酸盐污染地表水和地下水；过量的营养物质促进藻类快速生长，当后者死亡时，在植物物质分解时就会损耗氧气。这个过程称为富营养化，会杀死鱼类和其他水生生物。藻类爆发是湖泊和河流区域长期以来一个严重环境问题，在近海海域也日益增多，它们在这些地方形成了死亡区域，也就是由于氮和磷过度富集造成的贫氧水域。沿海死亡区的报道案例在过去40年来每十年翻一番，目前已知的已超过500多个。¹⁷⁵一氧化二氮是一种日益重要的温室气体，其排放主要来源于农业。¹⁷⁶人们已经发现了空气和水中过量的氮与呼吸系统疾病、心脏病和多种类型癌症的联系。¹⁷⁷水和蔬菜硝酸盐含量高¹⁷⁸也可能是¹⁷⁹温带和热带农业区高铁血红蛋白血症（蓝色婴儿综合征）更高风险¹⁸⁰的一个原因。



©CIMMYT / P. Lowe

全球化肥使用量仍在快速增长，到2018年可能每年超过2亿吨，比2008年高出约25%。¹⁸¹通过人类活动在生物圈中增加的活性氮现在超过了通过自然生态过程提供的活性氮。¹⁸²目前在非洲使用量仍然相对较低，但东亚和东南亚的氮肥使用量一直在增加，占总使用量的60%。¹⁸³

单一栽培中的狭窄基因基础为有害物种创造了可乘之机，使农业受到大量无脊椎动物和真菌病虫害的损害，而大多数农民通过施用农药对其进行控制。农药使用量迅速扩大，2015年达653亿美元，预计到2020年保持6%的年增长率。

你是否知道吗，英国种植小麦的农民通常用四种杀真菌剂、三种除草剂、一种杀虫剂和一种控制软体动物的化学品来在每一种作物的整个生长周期对其进行处理。他们买了预先涂有防昆虫化学品的种子。他们在种植前后都会用除草剂喷洒土地。他们施用化学生长调节剂改变植物激素的平衡，以控制谷物茎的高度和强度。他们喷洒农药治理蚜虫和霉菌。然后，收割作物之前，他们常常再次喷洒除草剂草甘膦使作物干燥，这为他们节省了机械干燥的能源成本。¹⁷²

证据越来越多地表明，人们低估了农药对环境不利的影 响，在热带地区尤其如此。¹⁹⁰全球昆虫种群（即不仅仅是有害生物）的减少引起了人们特别的关注，包括蜜蜂和野生传粉动物灾难性和经济上的重

要影响。¹⁹¹最近的两篇报告综合了1000多份同行评审研究，两篇报告得出结论都是，新烟碱类和其他系统性农药对传粉生物和其他陆生和水生无脊椎动物、两栖动物和鸟类造成严重的负面影响，并对生态系统功能和服务造成重大破坏。^{192,193}生物多样性显著下降¹⁹⁴正在与更多使用杀虫剂、¹⁹⁵杀真菌剂¹⁹⁶和除草剂¹⁹⁷等关联起来，它们通常与现代农业的其他方面结合使用。甚至保护区的物种也不一定安全，因为许多农药从施用地飘到很远的地方。¹⁹⁸这些发现有助于解释为什么生物多样性在农业景观中继续下降，甚至是在欧洲，在这里生境丧失和偷猎压力已经减少，并且由对旨在增加生产景观中野生动植物的计划进行的投入。¹⁹⁹许多影响仍未得到大量研究，包括农药混合物对人体健康的影响，²⁰⁰但在对人类健康和生态系统服务的影响方面可能会产生高额的成本。²⁰¹例如，全球传粉的总经济价值约为每年1650亿美元。²⁰²在中国部分地区，农民由于传粉昆虫的丧失现在进行植物的人工授粉。²⁰³

现代耕作方式也严重依赖除草剂来控制杂草。为使作物对除草剂更具有耐受性，基因工程被应用得越来越多。这些抗除草剂转基因（GM）作物现在的草甘膦使用量占总量的56%，²⁰⁴增加除草剂耐受性意味着农民会提高除草剂使用率。²⁰⁵草甘膦和莠去津等除草剂在其健康和环境方面的影响仍处于不

断的审查之中，在欧盟范围内正讨论一项草甘膦的禁令。在发展中国家，低文化水平、贫穷以及普遍使用农药的现状继续转化为农民、工人、他们的家庭、消费者和环境的主要风险。自2006年以来，联合国机构确定了利益攸关方采取分阶段逐步停止使用等行动减少使用高危害农药相关风险的必要性。²⁰⁶决策者通常认为，目前或更高水平的农药使用量对于提供粮食安全至关重要。联合国食物权问题特别报告员的最新报告对这一臆断提出了质疑，并强调需要制定一项管理农药使用的全球条约。²⁰⁷

农药使用的有害副作用也产生重要并且通常并未被认识到的经济成本。例如，联合国环境署估计，在2005年至2020年期间，如果不采取行动控制危险农药和不正确的做法，撒哈拉以南非洲小规模农业的农药累积成本可达900亿美元。²⁰⁸

2. 灌溉和盐渍化

盐渍化是指土壤中水溶性盐的积累，对土地的健康和生产力产生不利影响。尽管盐渍化在干旱地区更常见，但大多数国家都会出现受盐渍影响的土壤。盐渍化抑制作物发芽，并最终破坏土壤支持植物生长的能力。

由于盐渍化造成的农业损失没有得到详细记录，但至少20%的灌溉土地受盐渍影响，有人估计的这个比例高得多。²⁰⁹研究人员表示，到2050年有一半的耕地将受到影响。²¹⁰目前估计全世界有270万公顷的稻田目前受盐渍化的影响。²¹³

除了对农业生产和粮食安全的直接影响外，盐渍化也会影响地下水含水层。当含水层水分流入大于流出时，地下水位上涨将盐分运送至地表土壤，²¹⁴削弱了未来的灌溉能力，损害了家庭饮用水供应。²¹⁵盐渍化难以逆转，往往导致长期的土地退化。由于灌溉区是生产力最强的地区之一，也就是所谓的面包篮，所以盐渍化正在破坏全球粮食和水安全（另见第8章）。

文本框7.4：土地退化造成的经济损失估计²²⁹

土地退化的估算全球成本有很大差异。²³⁰评估方法差别很大，从使用土地利用和土地覆盖数据替代生态系统服务的简化方法，到集成了一系列空间变量的方法，这一系列变量对照原始数据得到验证，以获得生态系统服务模型和价值函数。

在全球范围内，土地退化年损失估计在180亿²³¹到20万亿之间美元。²³²“土地退化经济学”(ELD)倡议表示，土地退化造成的生态系统服务损失每年在6.3至10.6万亿美元之间，占世界GDP的10-17%。²³³这些代价的分布不均，负面影响对当地社区和农村贫困人口产生最大的冲击。由于土地利用变化和农田和牧场生产力下降导致的全球每年土地退化的代价估计约为3000亿美元，大部分代价由受益于生态系统服务人承担，也就是农民。²³⁴

ELD倡议估计了在各种可能不同的未来情况下生态系统服务的未来价值。^{235 236}未来由新自由主义自由市场经济和较高水平保护主义的经济都将导致生态系统服务价值大量丧失，两者分别达每年36.4万亿和51.6万亿美元。还是持续的经济增长情况，但是存在政府干预的相关需求和有效的土地政策，生态系统服务会在价值上有每年3.2万亿美元的小幅增长。最后，在克服传统GDP增长限制的未来变革性政策下，重点关注环境和社会福祉以及可持续发展，价值则会每年增加39.2万亿美元。这些结果表明了，需要促进适当的政策措施来维持土地的社会经济价值。²³⁷

国别研究在估计退化的高昂代价方面借鉴了全球的结果。例如在坦桑尼亚和马拉维，退化的代价分别为2.5亿美元和3亿美元，约占国内生产总值的15%和10%，而在中亚，哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦土壤退化代价为60亿美元。²³⁸

3. 作物病害，侵入性病虫害，遗传多样性丧失

作物病害历来是农民的一个难题。今天，作物在全世界更多的作物运动造成了另外的问题，这种运动传播了非本地病虫害，造成了对粮食增产另外的挑战。与此同时，气候变化也给许多物种增加新的压力，作物中遗传多样性的显著减少也降低了作物适应新出现压力的能力。

高产作物品种的开发以及基于选定遗传种群的畜牧业的日益集约化大大降低了多样性。据估计，由于为了统一作物品种而废弃了传统地方品种，上世纪约有75%的作物遗传多样性丧失。²¹⁶虽然后者通常更加高产，但其较窄的遗传变异让适应性更难实现。一项调查发现，旧版美国农业部目录中列出作物品种的97%现在都已灭绝。²¹⁷德国也是类似情况，大约90%的历史作物多样性已经丧失，意大利南部大约75%的作物品种已经消失。²¹⁸此外，许多作物野生近缘种也在衰退或受到威胁，它们是育种的重要遗传资源，²¹⁹约有70%的重要作物野生近缘种需要保护。²²⁰这种损失减少了育种者帮助作物适

应的机会，难以应对不断变化的气候、新病害的出现以及限制生产的入侵物种传播。

尽管人们不断增加农药的使用，有害生物和病害仍然在全世界对作物造成重大损失。作物收获前的害虫导致农作物平均减产35%，²²¹而有些人认为，如果不使用农药这些损失将翻番。²²²由于人类活动正在加剧真菌扩散，²²³新发现的真菌传染病也被认为对粮食安全构成越来越大的风险。²²⁴粮食的全球化 and 长途运输增加了入侵物种的传播。没有了天敌的非本地物种有时会横行肆虐，使作物和牲畜损失惨重。仅在美国，入侵昆虫和病原体对作物和森林造成的损失估计就达每年近400亿美元。²²⁵最近的一篇对124个国家的1300种害虫和病菌的综述评估了未来的风险，发现撒哈拉以南非洲最易受到攻击，其原因主要是缺乏控制这种灾害事件的资源，而美国和中国在经济方面蒙受的损失最大。²²⁶

同时，气候变化将进一步加剧所有这些问题，例如促进病菌扩散到新的领域，增加每个季节的代数，改变植物防御机制等。²²⁷



©Georgina Smith / CIAT



图7.6：多样性丧失、新出现的作物和牲畜病害以及气候变化三重效应。

4. 土地退化与土壤流失

《公约》将土地退化定义为由于土地利用或由于过程或过程的组合（包括人类活动和聚居形态产生的过程）而导致的雨养农田、灌溉农田或牧场、草场、森林和林地生物或经济生产力减少或丧失，如：

- 由于风和/或水造成的土壤侵蚀；
- 土壤物理、化学以及生物或经济属性的恶化；
- 天然植被的长期丧失。²²⁸

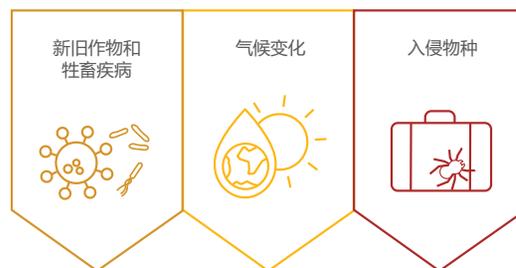
它可以指生产能力的暂时或永久性损失、植被覆盖的损失或变化、土壤养分或生物多样性的丧失或对环境和灾难风险更大的脆弱性。如第4章所述，土地生产力持续下降的地区范围越来越大，正影响到粮食生产和安全。虽然全球土地退化成本估算各不相同，但都很高。

土地退化主要由社会经济力量驱动，使人们处于脆弱和不安全的地位，迫使他们过度开发土地，²³⁹例如缩短人们的休耕时间，或者完全撤销休耕期。土地私有化将牧民限制²⁴⁰在更小的区域，他们被迫在正在退化的牧场上饲养更多的动物，²⁴¹并且必须购买饲料，或在可能与其他土地使用者发生冲突的地区放牧他们的畜群。²⁴²这些影响在非洲、安第斯山脉和²⁴³蒙古都有发生，在蒙古，人口变化导致了牧民聚集在城镇附近，因此中西部地区过度放牧。²⁴⁴在越南北部，类似的变化也正在加剧土地退化。²⁴⁵

土地退化一般意味着在土地上生产的粮食较少，直接影响居民和附近群体的健康和福祉。退化农业用地上的人口增长被视为减贫战略的主要障碍。²⁴⁶

高产作物品种的开发以及基于选定遗传种群的畜牧业的日益集约化大大降低了多样性。

作物和牲畜多样性衰竭



5. 食物里程

考虑到运输时，我们的食物系统的浪费和低效率会进一步增加。自从贸易路线开辟以来，就一直有食品运输，但在过去，长途运输仅限于长期保存的高价值食品，例如沿着穿过中亚地区的那条著名路线直抵欧洲的香料。²⁴⁸对于大多数人来说，食物主要是当地性和季节性的：水果和蔬菜要在成熟的时候，牲畜在逢年过节时宰杀，谷物和根类蔬菜可以精心存放，多出来的通过通过装瓶或发酵进行加工。²⁴⁹随着冷藏集装箱船以及最近廉价空运的出现，全球的食物运输的经济学发生变革。如今，富裕国家的消费者预计全年都能买到西红柿和草莓这样的水果，还有数百英里外空运来的食品往往比本地种植的还便宜这样明显不可理喻的事情。

人们发展出“食物里程”的概念来描述和量化这种现象，这个概念现在是农商产业商业基础的核心。用最简单的形式表达，食物里程是指食物在生产者和消费者之间的运送距离；²⁵⁰如果是加工食品的情况，这个数字可能是多种原配料运输的总和。

表7.1：生活在退化农业土地（DAL）上的人们：
改编自²⁴⁷

| | 2000年DAL上的农村人口比例 | 2000年到2010年DAL上的农村人口变化 | 偏远DAL上农村人口比例 | 2000年到2010年偏远DAL上农村人口变化 |
|--------------|------------------|------------------------|--------------|-------------------------|
| 发达国家 | 17.9% | -2.8% | 0.8% | -1.8% |
| 发展中国家 | 32.4% | +13.3% | 5.5% | +13.8 |
| 东亚及太平洋地区 | 50.8% | +8.4% | 9.0% | +6.8% |
| 欧洲和中亚 | 38.5% | +1.0% | 3.6 | +4.4% |
| 拉丁美洲和加勒比地区 | 13.0% | +18.4% | 1.9% | +17.1% |
| 中东和北非 | 22.3% | +14.3% | 2.8% | +5.9% |
| 南亚 | 26.2% | +17.8% | 2.5% | +18.9% |
| 撒哈拉以南非洲 | 20.6% | +37.8% | 5.8% | +39.3% |
| 世界 | 34.0% | 12.4% | 5.0% | +13.6% |

如今，富裕国家的消费者预计全年都能买到西红柿和草莓这样的水果，还有数百英里外空运来的食品往往比本地种植的还便宜这样明显不可理喻的事情。

食物里程往往被用来代表对食物碳足迹的理解，但这可能太过简单：美国的研究发现，尽管食物运输距离相当远（平均运送1640公里，供应链生命周期为6760公里），但是普通美国家庭的食物相关CO₂排放当量有83%来自生产阶段。运输仅占粮食生命周期温室气体排放量的11%，从生产者最终运送到零售店只有4%。²⁵¹大连锁超市主导了零售市场，他们的集中配送系统意味着大部分运输实际上发生在销售国内，即使是进口商品也是如此。英国政府的一项研究发现，2002年食物运输已达到300亿公里车程，其中82%在英国国内。该研究计算，即使算上长途运输，来自西班牙的番茄和草莓、来自巴西的家禽以及来自新西兰的羔羊肉产生的总温室气体排放量都低于在英国生产的同类产品。总体上，食物的碳平衡可能主要受到产量、冷藏和运输距离的综合影响。²⁵²在英国，2005年的研究发现，食品和农产品占道路运输货物的28%，每年产生的外部成本约为29.9亿美元。²⁵³

所以，虽然食物运输无疑具有重大影响，但是解决粮食里程的问题依旧很复杂。对于关心减少足迹的人来说，这不只是不买进口食品的问题，而是要着眼于最发达国家食品工业的整体结构。

6. 人类健康和营养

世界上九分之一的人仍然长期营养不良，数量大致相同的人被认为是严重肥胖。这些饮食不足正在导致全球性健康危机，这场危机威胁着要压垮医疗服务、破坏经济、缩短寿命、损害全人类的福祉。

虽然撒哈拉以南非洲营养不良人口比例将会增加，但发展中国家长期营养不良人口的百分比已经从1970年代中期的34%下降到今天的15%，大约7.88亿人仍然长期营养不良，预计未来十年总数将下降到6.5亿。²⁵⁴拉丁美洲这样的地区取得了巨大的进步，而世界其他地区仍然没有缓解本国广泛的饥饿和营养不良现象。南亚（印度、巴基斯坦和孟加拉国）营养不良程度最高，而在撒哈拉以南非洲地区进展最慢，四分之一的人口仍处于饥饿状态。²⁵⁵

营养不良有两种主要类型：一种是导致浪费和发育迟缓的蛋白质能量营养不良，而且是在描述“世界饥饿”时通常的含义；一种是可能导致贫血、发育迟缓和认知障碍等健康问题的微量营养素缺乏症²⁵⁶。

饥饿对年纪最小的人影响最为严重。²⁵⁷2013年，世界五岁以下儿童中有15%被认为营养不良，但在撒哈拉以南非洲地区，这一比例上升到22%，南亚则多达32.5%。²⁵⁸2011年，5岁以下儿童死亡人数为690万人，其中三分之一可归结于营养不良的根本原因，主要就在这两个地区。尽管许多人确实会死，但这并不意味着有超过200万的儿童会死亡。饥饿削弱了对疾病和感染的抵抗力。慢性腹泻通常与微量营养素缺乏相关，因此缺乏清洁水以及缺乏食物会导致营养不良和感染的恶性循环，引起了过早死亡。²⁵⁹

饥饿的主要原因是贫穷（目前全球最重要的原因）²⁶⁰、不平等的经济制度的影响和冲突。²⁶¹关键问题在于，近十亿人没有足够的收入来购买足够数量有营养的食物，也没有任何土地可以生产或采集食物。快速增长的人口同样对粮食生产系统产生巨大压力，尽管如前所述全球生产的粮食仍然有足够养活每个人。

同时，体重超重人数也急剧增加。1995年，甚至在许多发展中国家，人们认为超重是比营养不良更严重的问题，继1997年世界卫生组织肥胖会议后，其在日益升级的医疗问题和卫生费用的关键作用首次得到认定。²⁶²2014年，超过19亿年满18岁的成年人超重（占世界人口的39%），6亿人（13%）属于肥胖型，其中包括4100万5岁以下的超重或肥胖的儿童。世界上大多数人口生活在体重超重导致的死亡人数多于体重过轻的国家。²⁶³

世界上九分之一的人仍然长期营养不良，数量大致相同的人被认为是严重肥胖。

7. 作物选择和转基因作物

作物选择自史前时期以来一直是农业的特色。事实上，确定理想作物性状并通过选择性育种来增强这些作物的概念是文明进化中最根本的踏脚石之一。²⁶⁴最近，复杂的选种技术已经选择出高产品种，这些品种依赖于农业化学品的大量施用，带来了重要作物的生产力增加，但同时也伴随着对人类和环境健康的不利影响。粮食生产与土地退化之间的权衡取舍，是旷日持久的政治色彩争论和许多政策法规的主题。²⁶⁵

基因改造生物（GMO）是遗传物质在实验室通过各种工程技术改造的生物。有一种特定类型的基因改造生物是转基因生物，其通过添加来自不相关生物体中的遗传物质来改变。使用基因改造生物（特别是转基因生物）一直褒贬不一；各国家和地区有不同的回应。欧盟坚持在所有含转基因生物的食品都要贴上标签，²⁶⁶而在美国并不是这样，因为大公司食品业坚决反对贴标签。一些批评者强调了与遗传变异相关的意想不到的后果有关的安全担忧，而其它批评者则对准了道德或宗教原因。有些人对如何使用基因改造表示不安，例如，大豆和其他几种作物已得到改造，以增强其对除草剂的抗性，促进在作物上更多施药，从而导致更大的环境污染。

通过使作物对害虫产生抗性并对除草剂的影响免疫，基因改造的希望在于提高作物的生产力，并且



© A. Yaqub / CIMMYT

在使用较少的农药的同时供养不断增长的世界人口。但包括基因改造行业本身研究在内的广泛研究表明，美国和加拿大的基因改良并没有加速作物产量的增加（与西欧相比较），或导致化学农药的使用总体下降。²⁶⁷最近的一份报告发现，“几乎没有证据”表明在美国引进转基因作物得到了超出使用常规作物的产量增益。²⁶⁸

文本框7.5：传统抗旱育种—— 领先基因改造多年

在创造耐旱玉米方面，基因工程的努力落后于常规育种。在非洲，对更强恢复力作物的需求尤为急切，在这种地方，干旱可使玉米产量降低达25%。2006年以3300万美元开展的“非洲耐旱玉米项目”开发了153个新品种，以提高13个国家的产量。在田间试验中，这些品种在良好的降雨条件下与商业化种子相当或占优，在干旱条件比后者最高可多产30%。耐旱玉米的更高产量可帮助13个国家将贫困人口减少达9%。²⁶⁹仅在津巴布韦，这种影响所及的人口就将超过50万。自2010年推出以来，项目已在田间试验中开发了21个常规品种，在贫氮土壤中每公顷产量最多可超过商业品种产量1吨。项目的研究人员说，他们至少比开发同类转基因品种领先至少10年。²⁷⁰

结论：改造我们的粮食系统

我们生产、销售和消费粮食的方式非常错误。十亿人口的食物无法保障，另有十亿人遭受超重的后果。

我们至少有三分之一的粮食被浪费掉，每年都有不可替代的农业土地由于管理不善而退化和丧失。我们日益萎缩的自然生态系统正在为了农业而被摧毁，而粮食行业的行为仍然如同土地资源无穷无尽一样。农业的污染已经在许多地方达到临界水平，但大多数研究重点是使用更多农用化学制品的方法，而不是用得少一些。我们目前的农业实践使用大量稀缺的水和能源供应，造成非同寻常的气候变化，威胁整个粮食系统。

大多数农民都坚定地致力于他们土地的长期健康和生产力。许多人陷入不可持续的管理螺旋是深重苦难的一个原因。面对财务上压榨农民的粮食系统提出的需求、公众对便宜食品的需要以及多种竞争性的土地利用，让农民深陷其中。难怪农民在许多国家是自杀风险最高的群体之一。²⁷¹我们整个粮食系统的根本转变已经姗姗来迟了。这种朝着净正面粮食系统的转型，取决于制定和实施积极主动的议程。²⁷²

我们目前的农业实践使用大量稀缺的水和能源供应，导致了非常的气候变化，威胁整个粮食系统。

基于权利、回报和责任的土地管理和人类安全十点计划

在将来，将会有更多的人需要供养。粮食安全受到威胁，没有一个单一的解决办法来解决这个挑战。相反，世界将需要协调努力来解决短缺、退化、不平等和浪费。十个关键步骤至关重要；这些步骤如下列所示，然后再作更详细的勾画。其中一些已经在很好地进行，需要得到国家政策和消费者决定的进一步支持。其他方面需要对于我们处理整个粮食系统的方式，从生产和配送到消费，进行更加根本的重新思考。到目前为止，响应仅仅狭隘地关注于集约化，这推动了粮食生产，但也产生了广泛的副作用，包括污染、盐渍化、土地退化、病虫害、入侵物种以及遗传变异性和进化潜力的丧失。

这十个步骤将使我们朝着多功能粮食生产方式更进一步，它强调人类健康、生态系统服务、资源效率，最重要的是子孙后代的可持续性。

1. 弥合所有环境中实际产量和潜在产量之间的差距
2. 更有效地使用土地、水、养分和农药
3. 减少粮食和非粮食生产的异地影响
4. 停止扩张农业前沿
5. 转向更多的植物性和全食性饮食
6. 唤起对健康、可持续性和责任感的意识
7. 奖励可持续土地管理做法
8. 减少粮食浪费和收获后的损失
9. 提高土地权属保障、扩大有营养食物的来源并促进性别平等
10. 实施综合景观管理方法

1. 缩小所有环境中实际产量和潜在产量之间的差距

到21世纪末前拥有足够养活世界人口的粮食通常基于有可能保持作物产量增加的假设。然而，许多专家仍然深感怀疑，并认为许多对产量增长的预测都过于乐观。²⁷³

产量差距是在实行当前农业实践和技术的任何方实际作物产量和潜在产量之间的差异。产量差距大的作物实现增产要比在已经高产的农场上提高产量要容易得多。然而，大部分农业研究和推广仍然侧重于后者。重点去关注缩小产量差距而不造成过大环境和资源代价，将为发展中世界大部分地区的粮食生产提供更直接和更具成本效益的收益。将16种重要粮食和饲料作物的产量提高到其潜力的95%以内，将增加23亿吨或58%的增长。即使产量只提升到其潜力的75%，全球产量也将增加11亿吨。²⁷⁴

作物的全球产量差异主要由养分水平、水分有效性和气候决定。主要是通过更高的养分和某些情况对水的获取，加上更少养分不平衡和低效的情况，大多数作物45%至70%的大幅增产是有可能的。研究表明，有很大的机会能减少养分过度利用，同时仍允许主要谷物（如玉米、小麦和大米）的产量增加约30%。²⁷⁵

科学家和研究人员承担的缩小产量差距的责任并不多，而更多在于广泛的工人、政府、农业组织、食品工业和民间社会以及他们分享专门知识、提供资源和提供市场基础设施的能力，以及农民和生产者他们自己。

即使产量只提升到其潜力的75%，全球产量也将增加11亿吨。



©CIMMYT / P. Lowe

2. 更有效地使用土地、水、养分和农药

粮食不安全可以通过消除系统中的很多损失和浪费来减少，例如通过粮食生产者当中的能力建设，致力于更好的管护以及引进更好的技术。这些努力当然需要得到政策刺激的支持，还需要减少鼓励浪费水和农用化学品使用的不当补贴。

许多农民目前非常低效地使用杀虫剂，²⁷⁷同时不了解杀虫剂的副作用，²⁷⁸并因此对这些东西日益加码的使用循环变得“欲罢不能”，²⁷⁹甚至有时可能包括禁用产品的使用。²⁸⁰此外，用于施用杀虫剂的大部分设备仍然相对粗糙，导致非常小的液滴漂走和因为释放大液滴而浪费。²⁸¹改进的技术和智能施用程序可以显著降低农药量²⁸²并因此降低农药的异地影响和毒性负荷。存在改进的技术方案，但其运用率往往一直都很低，²⁸³许多国家的法律漏洞助长了农药的滥用。²⁸⁴提高效率还需要更多的研究投入。在许多国家，用于研究的公共资金已经减少了，依据是应该由农药公司掏钱，但可以理解的是他们很少有动机去投资于减少自己销量的系统。

存在类似的选择来减少化肥投入和用水量，特别是通过国家或地区综合计划。²⁸⁵土壤和作物养分检测、更好的施用时机选择（识别合适的天气条件）、缓释和控释肥料、使用脲酶和硝化抑制剂来减少氮损失以及用定点施用代替撒施，都可以减少化肥浪费。²⁸⁶有一整套著名的管理技术可节约用水，例如保护性农业、使用粪肥和堆肥、条带状植被控制流失、农林复合、集水、溪沟恢复和梯田等。²⁸⁷

“可持续集约化”的概念正在得到人们的注意，其被定义为“集约化”粮食生产的努力配合使其“可持续”（即尽量减少对土地和环境的压力）的协调一致的重点考虑。综合有害生物管理方法目前正在数以百万计的农场使用：研究表明，更高的产量可通过农药使用量的降低²⁸⁸和用以控制有害生物的更多种内作物多样性实现，²⁸⁹并表明高效农业不需要采用大规模的单一栽培。²⁹⁰小规模、劳动密集型以及低投入的农业系统经常会获得比常规系统更高的产量。²⁹¹农民田间学校、促进教育、共同学习和体验式学习等推广方法有助于减少农药的浪费和不必要的使用。²⁹²但对低投入系统的研究投入仍然少很多，这种做法仍然受到低估。

有一整套著名的管理技术可节约用水，例如保护性农业、使用粪肥和堆肥、条带状植被控制流失、农林复合、集水、溪沟恢复和梯田等。

文本框7.6：缩小巴西产量差距

巴西是一个富含陆地碳和生物多样性的国家，预计农业生产将在未来40年内大幅增加。最近的一项研究报告首次估计了巴西1.15亿公顷耕地的承载能力，研究人员调查了这些现有生产土地的可持续利用是否可以满足肉类、作物、木材和生物燃料需求的预期增长。他们发现，目前的生产力是其潜力的32-34%，可持续集约化将生产力提高到49%至52%，到2040年可以一直充足地供应这些商品不会有进一步的土地或生态系统退化，并具有碳固存效益。²⁷⁶

3. 减少粮食和非粮食生产的异地影响

目前的粮食系统存在的副作用，通过排放温室气体和降低土地的生物和经济潜力，有可能损害其力求维持的非常过程。减轻粮食生产异地影响的努力需要侧重于确保更有效施用农用化学品的管理实践，以减少向更广区域的泄漏，以及农药替代品更安全有效替代品的开发应用。缩小产量差距的努力（步骤1）只有在同时减少异地影响（即可持续集约化）时产生净效益。

对24个国家85个项目的分析显示，所有农药有一半并非必要。²⁹³农民经常高度依赖农用化学品公司或其代理商的意见。²⁹⁴2014年，美国环保署得出结论，烟碱类杀虫剂拌种的应用对大豆提供了“有限到零效益”，但每年仍有广泛使用，花掉农民的1.76亿美元。²⁹⁵减少农业化学品使用和泄漏的主要可以利用目前的技术来完成，包括与农作物需求的详细匹配以及和精准农业中一样的条件。为农民提供清晰、公正的建议和支持是这一进程的关键环节。

在短期内，减少异地污染的努力应着重于可以取得最大成效的地方或影响最严重的地方。中国、印度和美国在全球共占氮和磷过度使用量的65%，将努力的重点放在提高少数几种作物和几个国家的肥料效率，就有潜力通过改变所用肥料的时间安排、施用方法和类型所实现的进一步效率增益，减少全球氮磷污染。²⁹⁸

文本框7.7：精准农业

农业是最后采用信息驱动的实时业务方法的行业之一。精准农业使用复杂的监测技术来评估土壤和天气条件等变量，再加上建模工具，帮助种植者调整农场运营，对田地内的变异性作出响应。²⁹⁶在作物周期中纳入客观实时建议有助于种植者优化对种植种类、时间和地点的选择以及在土壤和植物上施用什么。它有助于提高生产效率，同时减少土壤本地退化和异地环境影响。精准农业依赖于捕获、解读和评估特定管理行为的经济和环境效益的能力。²⁹⁷

农业的一个非常重要的异地影响是温室气体排放。在某些情况下，如果不对生产系统进行重大改变（例如减少反刍动物的排放），可能很难减少温室气体的排放。在其他粮食生产系统中，实践中的微小变化可能会产生很大的不同，例如使用不同的作物品种或物种、在一年中的不同时期种植以及利用准确的天气预报。²⁹⁹物种选择以及水、土壤和残株管理可以减少水稻生产的排放。³⁰⁰利用自然过程维护土壤、保留水分、固存碳和增加生物多样性的再生农业形式正日益受到重视。

4. 停止扩张农业前沿

进一步向自然生态系统的农业扩张（主要是通过森林砍伐和其他土地利用的改变，如将牧场转化为作物）在生物多样性和生态系统服务损失方面承受了无法接受的高昂代价，而在粮食生产上得到的回报往往非常一般。³¹¹如果绝对有扩张的必要，这种扩张应该发生在已经退化的地区，以及几乎不会有什么损失或需要恢复的土地，³¹²或者是可以通过转为农田来重新获得生态系统服务的废弃土地。即使在这里，对于地点的选择也需要深思熟虑。例如，亚洲很多不可持续的烧垦做法开发出来的白茅草地似乎已经退化，但仍然继续支持维持生计的农业。³¹³规划和管理土地利用变化需要强大的领导和制度，还可能受到企业和消费者的影响；例如，有数项认证计划规定，其涵盖的产品（如棕榈油和大豆）不可来自在新砍伐森林上建立的种植园（见步骤6）。

表7.2：精准农业的要素

| 类别 | 提供的意见 | 描述 |
|-------|------------|---------------------------------|
| 作物 | 品种选择 | 种子品种选择 |
| | 最佳种植时间 | 正确的种植时间和条件 |
| | 可变播种量 | 基于田地变异性的播种 |
| 肥料使用 | 可变肥料量 | 基于田地变异性的营养应用 |
| | 田地地图 | 田地地图以辅助精确施用 |
| | 可变施用量 | 基于田地变异性的化学品施用 |
| | 可持续性建议 | 可持续资源优化的步骤 |
| 病虫害管理 | 病害诊断 | 预测或诊断评估 |
| | 害虫问题规模 | 预测和诊断模型 |
| | 方案意见 | 基于图像诊断的可扩展性，模型驱动算法 |
| 作物健康 | NDVI/EVI指数 | 卫星/无人机图像使用归一化植被指数和增强植被指数来评估田间条件 |
| | 天气/田间警报 | 基于天气驱动型农业规划的预测模型 |
| | 监测土壤养分 | 算法驱动型田地养分成图 |
| | 生物量成图 | 田地有机质监测 |

文本框7.8：有机农业和综合生产系统

各种类型的农业都可以在供养全世界上占有一席之地，具体取决于土地的供应量、农业系统在价值链的关键投入（如养分和其他资源）方面的自给程度、粮食生产规模以及农产品的理想和可行的贸易。³⁰¹有机种植的食品、饮料、补品、化妆品等商品成为发达国家和发展中国家新兴中产阶级快速增长的市场。可察觉到的人类健康（营养）和环境效益是这个市场增长的主要驱动因素。四分之一以上的世界有机农田以及超过190万（即86%）的世界有机生产者分布于发展中国家和新兴市场，特别是印度（65万）、乌干达（189610）和墨西哥（169703）。³⁰²有机农业由国际和国家标准定义和验证。

有机农业通过消除化肥和大多数农药，帮助建立土壤有机质，并采取节水措施，来应对许多土地退化的驱动因素及其异地影响。全世界已有超过4300万公顷的有机生产，还有3500万公顷的天然或半自然地区用于收集“野生”有机认证产品，如蜂蜜和草药。³⁰³在大多数情况下，大规模的有机系统比常规系统产量低，但通常可以保护相关的生态系统服务，其需求稳步上升：2013年，全球销售额达720亿美元，预计到2018年将翻一番。³⁰⁴有力的证据表明有机农业有助于更大的生物多样性。³⁰⁵有机农业注重增加土壤有机质，保持农场生物多样性，减少能源消耗，³⁰⁶然而，在某些情况下，有机农业可能导致对土壤营养的挖掘，从长远来看可能会减少土壤有机质。³⁰⁷一项最近的荟萃分析显示，在某些情况下，有机农业接近常规农业的产量，而在其他情况下则不是。^{308,309}可通过在综合有害生物管理下引进更多的作物多样性进一步促进有机农业的生产力，因此接替了需要农药的同类植物。³¹⁰有机农业在解决食品安全问题上的作用目前被低估，这为进一步的发展提供了重大的机会。

5. 转向更多的植物性和全食性饮食

特别是在较富裕的国家，改变饮食习惯可能对个人健康和土地状况都有重大的积极影响。几乎每一种未来食物供应的情景都表明，减少肉类消费（尤其是牛肉）是提高粮食安全、减少碳排放和异地影响的最快和最有效途径。³¹⁴即使少量减少了卫生官员建议的水平，³¹⁵也将带来土地及其资源大量节约。例如，将美国目前用于养牛的土地重新分配用作家禽饲料生产，将多满足120-140万人对热量和蛋白质的需求。

³¹⁶

饮食改革需要解决慢性肥胖这颗定时炸弹及其对健康、寿命、医疗服务和经济的影响。³¹⁷多数由主要零售商暗示推动的不良饮食³¹⁸已经对十亿人的健康造成损害。公共卫生运动一直在努力说服痴迷于快餐和高蛋白、高脂肪饮食的一代人。健康教育基于正面鼓励，而不是“肥胖可耻”，³¹⁹更多的锻炼、³²⁰对不健康食品附加征税（至少在20%以上）³²¹以及必要时的立法控制手段都是需要的。墨西哥的糖税、汽水税³²²以及类似举措的出现表明，许多政府越来越认识到问题的严重程度。

强调鲜明差异的一个方法就是以每公顷养多少人而不是以每公顷生产多少吨来评估农业生产力。根据目前的作物用途组合，专门用于直接人类消费的粮食生产有潜力将可用热量最高提高70%，足以供养40亿人口，即使对动物饲料和生物燃料作物分配只做一些轻微改动，也将显著增加全球粮食供应。³²³向更少加工食品和更少肉类的转变将最终有助于粮食生产的更可持续实践。



© ja-ma

7. 奖励可持续土地管理实践

农业是地球上最多的土地利用，农田处于供应短缺的状态。未来，农田需要更有意识地管理，提供一整套生态系统服务，而不仅仅是食物、纤维和燃料。³³⁵农业需要从气候变化的源头转变为碳汇。减少温室气体排放的许多步骤与已经确定的步骤相同：减少氮肥使用、减少化石燃料能源消耗、更好地管理浪费、增加土壤有机质、恢复生态系统和改善灌溉。³³⁶不管是因为生产力还是为了避免下游影响，农业土壤都需要得到保护。在某些地区面临极端威胁的传粉动物需要专门的保护措施。³³⁷在某些情况下，这种更全面的管理形式已经存在了几十年或几百年。而在其他方面，将需要态度的根本转变。

6. 唤起对健康、可持续性和责任感的意识

经验表明，当人们了解了准确和及时的信息时，许多人都会做出健康和符合伦理的选择。强制性和自愿性计划都可以发挥作用。政府主导的强制性标签计划提供了有关营养信息、热量值、饮食建议和健康风险信息的信息，这些计划能够说服许多消费者，例如正像通过对香烟广告管控所显示的那样。

同时，自愿产品认证计划的增长也为准备选择和花钱购买减少环境退化和自身碳足迹产品的消费者提供支持。过去20年来，公平贸易和环境认证计划的快速发展为更可持续的生产奠定了基础，因为良好管理和制度的标准已经到位，以确保计划参与者履行承诺。表7.3列出了一些更突出的方案。

这也意味着农民经营方式的转变。如果要农场供多重效益，那么就要付钱给他们。举例来说，更大的多元化可能意味着农业收入的较大比例来自创新的资金来源，例如生态系统服务支付计划（PES）等。

基于多种功能和服务奖励土地管理者，这种转变的设计将需要各个层次的行动：地方、国家以及全球范围内的补贴和奖励措施；利益相关者平台，将企业、地方当局、推广机构和非政府组织与土地管理者、个体农民或合作社等生态系统提供者联系起来；估值制度，确保公平价格和收取和支付财务和其他形式补偿的财务机制。虽然有越来越多的经验，但仍有更多需要学习的东西。

8. 减少食物浪费和收货后损失

因为人们生产出的食品有三分之一并不是被消费者吃掉的，所以在粮食和营养安全方面看来打赢这一仗似乎易如反掌。但在实践中这并非易事，因为浪费的传统已通过采购和贸易政策、食品法规以及分销和零售经济而进入我们的食品系统结构。这将需要改变保质期规则和消费者对残次水果和蔬菜的态度，关于我们的浪费文化的重大公共教育运动，以及由什么组成了理想或可接受的食物，以及基于大规模持续不断食品运动的食物行业结构的终极改变。

文本框6.9：生态系统服务付费（PES）

在理论上可以从受益于生态系统服务的个人和公司收取使用费，以帮助为所预期的潜在收益向提供这些服务的生态系统的管理人员付费。生态系统服务付费计划（也称为环境服务付费）可能是为提供这些服务的农民和土地管理者给予支持的重要方式。³³⁸例如，他们通过保护森林来保持水质或通过减少丘陵国家的放养水平来促进植被生长以减少洪水。基多的150万人口约有80%从两个保护区获得饮用水：安蒂萨纳火山（12万公顷）和凯扬波古柯生态保护区（403103公顷）。政府正在与当地非政府组织和农业社区合作以保护流域，包括对上游流域进行更严格的保护措施、改善或保护水文功能和水潭、防止侵蚀、稳固河岸和山坡等。³³⁹目前适合农民PES方案注重于碳固存、森林保护、流域保护和减少灾害风险。支付可通过现金或实物形式，如设备、蜂箱等。³⁴⁰农业提供的生态系统服务价值巨大，挑战在于找到政治上和社会上可接受的方式来确保保护这些价值的农民能够得到充分的补偿。³⁴¹

但迈出第一步非常容易。有许多技术、政策和生活方式选择可以减少浪费，包括促进食品再分配和捐赠，在用不上冰箱的地方使用蒸发冷却器，使用密封的塑料储存袋或塑料箱储存农作物，减少对于食品日期标签的混淆，开展消费者意识活动，以及减少餐厅和食堂的份量。减少浪费目标需要由政府制定；举例来说，如果目前的粮食损失和浪费比例在2050年之前可以减少一半，那么今天生产的粮食和本世纪中叶时预期需求之间的差距将会被弥补大约22%。³⁴²

图7.7：Fo食物链沿线的食物损失：引自³⁴⁵



表7.3：自愿认证计划

| 自愿认证计划 | 职责和背景 |
|------------------------------|---|
| Bonsucro 改善甘蔗作物行动 | Bonsucro促进了甘蔗部门的可持续发展，拥有来自27个国家的近200个成员。 ³²⁴ |
| 气候、社区及生物多样性联盟 | 这是一个促进土地管理活动的多组织倡议，可信缓和气候变化，其中包括REDD+项目。 ³²⁵ |
| 国际公平贸易 | 制定了全球贸易标准，为农民提供体面的生活，为生产者和贸易商团体以及个别产品提供了许多单独的标准。 ³²⁶ |
| 森林管理委员会 | 几个森林认证计划之一，对天然林地的砍伐实行管制。 ³²⁷ |
| 全球可持续牛肉圆桌会议 | 促进整个供应链中负责任的牛肉生产。 ³²⁸ |
| 负责任采矿保证倡议 | 制定采矿作业认证计划。 ³²⁹ |
| 国际有机农业运动联合会 | 设定有机农业总体标准的国际机构，国家标准需要符合IFOAM的要求。 ³³⁰ |
| ProTerra | 一个认证食物链各个方面的荷兰团体。 ³³¹ |
| 负责任大豆圆桌会议 | 减少大豆的环境影响：2014年，目前共有181个RTRS成员和130万吨认证大豆。 ³³² |
| 可持续棕榈油圆桌会议 | 减少油棕生产对环境和社会的影响，RSPO拥有2000多个成员，300多万公顷得到其认证。 ³³³ |
| 可持续农业网络 | 通过发展最佳实践标准、认证和培训促进农业环境和社会可持续发展的非营利组织联盟。 ³³⁴ |

在发展中国家，食品的浪费和损失主要发生在食品价值链的早期阶段，可以追溯到收获技术以及配送、储存和冷却设施的资金、管理和技术限制。农户之间的合作可以允许一个农场的剩余作物解决另一个农作物的短缺，从而降低生产过剩的风险。³⁴³ 储存设施条件不佳和缺乏基础设施导致热带地区的收获后粮食损失。克服这一挑战将需要道路、能源和市场以及最终储存和冷链设施经过改进的基础设施。³⁴⁴ 加工设施的缺乏也会造成粮食损失，其原因是生产的季节性以及对于不能全年使用的加工设施的投资成本问题。

9. 提高土地权属保障和性别平等

上述大部分步骤同等地适用于整个粮食系统，实际上是适用于地球。但是在粮食安全的背景下，最贫困人口受到损害更多，包括无法获得土地的农村居民，以及穷到无法购买足够食物来养活家庭的居民。认识到我们有一个巨大的肥胖问题，绝不能掩盖几乎同样多的人由于缺乏足够的营养而体重不足的事实，根据目前的预测，这个数字在未来可能还会增加。明显不能满足贫穷、没有土地、没有权利的人的需要的粮食系统将无法提供粮食安全，³⁴⁶而最近的趋势往往会增加其脆弱性。

成功的关键因素是承认妇女获得土地权属、独立于男性家庭成员的权利。这种权利需要在之前没有实行的国家的法律中规定，并在法律变更对日常做法影响甚微的地方进行宣传、解释和执行。性别问题超出了单单的所有权范围，并影响到所从事农业的类型。在农活主要留给妇女去做的国家，还必须鼓励更大的工作条件平等，既要提高总体福祉，也要并确保最大的效率。

因此，食物正义不仅仅是生产的食物量。旨在发展有恢复力的粮食系统的战略需要放眼到传统的农业问题之外，例如，形成了土地和自然资源获取的性别平等和社会公平问题；采用综合的农业生态方法，以更少的环境影响生产更多的粮食；为更区域性组织的粮食系统提供支持；以及将健康和文化相关食品的获取融入生产政策中。³⁴⁷

从大农场的富裕业主到缺地农民、农田租户、农场工人的再分配，如果得到妥善的管理、有强有力的政策和能力建设的支持，经济增长、减贫和性别平等将得到促进。例如，马拉维的社区土地改革带来了土地所有权、土地权属、作物生产和生产力以及收入和粮食安全的改善。³⁴⁸

旨在将土地分配给穷人的土地改革需要引导一条精心设计的土地重新分配路线，不会引起政治紧张或破坏现有小农户的地位。例如，这必须包括提高穷人购买力，消除土地兼并的激励措施，并提供足够的补贴和推广服务等要素。³⁴⁹

10. 实施综合土地管理方法

在某种程度上，第10步是前9步的总和。农业土地基础受到越来越大的压力，土地退化和荒漠化日益扩大，污染日益增加，气候变化和人口不断增长，这些都意味着世界需要摆脱粮食生产的狭隘角度，将农田作为提供多功能景观的一部分，不仅提供粮食，还负责广泛的支持、调节和文化服务。

管理竞争日益激烈的基于土地的商品和服务，以及不同的利益相关者的利益，需要土地利用规划来确保有效的土地分配，促进可持续的土地利用选择，并帮助平衡竞争性的用途。土地利用规划不仅仅是可能对城市开发商非常有吸引力而对农业有害的土地估值，也不是土地能力的分类。综合的土地利用规划包含了土地的所有潜在用途，包括适用于农业、林业、城市扩张、野生生物、牧场和休闲的地区。通过改变空间土地空间景观结构以及将土地使用活动分配到景观中最优化的地方，有可能提高多种服务的生产力和土地系统的恢复力。³⁵⁰以这种方式，设计的系统将更好地适应当地的利益和生态系统服务需求，在地方层面和土地的角度来看都是可持续的，并在当地的社会经济和土地治理环境中实施。³⁵¹这些系统性变化的另一个主要方面包括改变做法的心理和社会方面，这些做法有的是已被接受几个世纪的做法，这需要与广泛的利益攸关者进行协作，³⁵²工业界也包括在内。³⁵³



参考文献

- 1 Foley, J.A. 2011. Sustain the planet? *Scientific American*, November 2011, pp. 60-65.
- 2 FAO. 2009. How to Feed the World in 2050. FAO, Rome.
- 3 Rivers Cole, J. and McCoskey, S. 2013. Does global meat consumption follow an environmental Kuznets curve? *Sustainability: Science, Practice, and Policy* **9** (2): 26-36.
- 4 Overseas Development Group. 2006. Global Impacts of Land Degradation. Paper for the GEF. ODG, University of East Anglia, Norwich, UK.
- 5 Oxford Economics. 2016. Future trends and market opportunities in the world's largest 750 cities: How the global urban landscape will look in 2030. Oxford.
- 6 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2010. The new competition for land: food, energy and climate change. *Food Policy* **36** (Supplement 1): S40-S51.
- 7 IFPRI. 2009. Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- 8 Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalisation and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108** (9), pp. 3465-3472.
- 9 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2010. Op cit.
- 10 FAO. 2006. Policy Brief: Food security. FAO, Rome.
- 11 Celentano, D., Rousseau, G.X., Lex Engel, V., Zelarayán, M., Oliveira, E.C., et al. 2016. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in Eastern Amazon of Brazil. *Land Degradation and Development* **28** (2): 482-493.
- 12 Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contado, J.F., Lozano-Parra, J., and González, F. 2016. The impact of heavy grazing on soil quality and pasture production in rangelands of SW Spain. *Land Degradation and Development*. DOI: 10.1002/ldr.2501.
- 13 DeWitt, C.B. 2009. Unsustainable agriculture and land use: restoring stewardship for biospheric integrity. In: Robert S. White, FRS (ed.) *Crisis in Creation*. London: SPCK publishers, pp.137-156.
- 14 Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F.S., et al. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* **464**: 472-475.
- 15 Ibarrola Rivas, M.J. and Nonhebel, S. 2016. Assessing changes in availability of land and water for food (1960-2050): An analysis linking food demand and available resources. *Outlook on Agriculture* **45** (2), 124-131.
- 16 FAO and World Water Council. 2015. Towards a water and food secure future: Critical perspectives for policy-makers. FAO and WWC, Rome and Marseille.
- 17 Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., and Foley, J.A. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE* **8** (6): e66428. doi:10.1371/journal.pone.0066428.
- 18 United Nations. 2009. World Population Prospects. The 2008 Revision, United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division, New York.
- 19 FAO. 2009. Op cit.
- 20 Herrero, M. and Thornton, P.K. 2013. Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (52): 20878-20881.
- 21 FAO. 2013. Food Wastage Footprint: Impacts on natural resources – summary report. FAO, Rome, pp. 6-7.
- 22 FAO. 2013. Food Wastage Footprint: Impacts on natural resources – summary report. FAO, Rome, pp. 6-7.
- 23 Institute of Mechanical Engineers. 2013. Global Food: Waste not, want not. IME, London. p. 2; Lundqvist, J., C. de Fraiture and D. Molden (2008). *Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain*, SIWI Policy Brief, SIWI.
- 24 FAO. 2013. Op cit.
- 25 Kader, A.A. 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. *Proceedings of the 5th International Postharvest Symposium*, Mencarelli, F. (Eds.) and Tonutti P. Acta Horticulturae, 682, ISHS.
- 26 Institute of Mechanical Engineers. 2013. Op cit.
- 27 Liu, G. and Liu, S. 2013. Curb China's rising food wastage. *Nature* **489**: 170.
- 28 Dou, Z., Ferguson, J.D., Galligan, D.T., Kelly, A.M., Finn, S.M. et al. 2016. Assessing US food wastage and opportunities for reduction. *Global Food Security* **8**: 19-26.
- 29 Porter, S.D. and Reay, D.S. 2015. Addressing food supply chain and consumption inefficiencies: potential for climate change mitigation. *Regional Environmental Change* **16** (8): 2279-2290.
- 30 FAO. 2013. 'FAOSTAT' (<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>) accessed November 11, 2016.

- 31 UNEP. 2009. Towards sustainable production and use of resources: Assessing biofuels, United Nations Environment Programme, Division of Technology Industry and Economics, Paris, France.
- 32 Alexander, P., Rounsevell, M.D.A., Dislich, C., Dodson, J.R., Engström, K., et al. 2015. Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy. *Global Environmental Change* **35**: 138-147.
- 33 Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2007. Water footprint of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Waters Resources Management* **21**: 35-48.
- 34 Reynolds, L. and Nierenberg, D. 2012. Innovations in Sustainable Agriculture: Supporting climate-friendly food production. Worldwatch Report 188. Worldwatch Institute, Washington, DC.
- 35 Geist, H.J. and E.F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* **52**: 143-150.
- 36 FAO. 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options. Rome.
- 37 Garnett, T., Rös, E., and Little, D. 2015. Lean, green, mean, obscene...? What is efficiency? And is it sustainable? Food Climate Research Network, Oxford.
- 38 WWF. 2013. Soy and Biodiversity Loss: Expanding markets, declining ecosystems and what we can do about it. WWF International, Gland, Switzerland.
- 39 Herrero, M., Havlik, P., McIntire, J., Palazzo, A., and Valin, H. 2014. African Livestock Futures: Realizing the Potential of Livestock for Food Security, Poverty Reduction and the Environment in Sub-Saharan Africa. Office of the Special Representative of the UN Secretary General for Food Security and Nutrition and the United Nations System Influenza Coordination (UNSCIC), Geneva, Switzerland.
- 40 Schneider, M. 2011. Feeding China's Pigs: Implications for the Environment, China's Smallholder Farmers and Food Security. Institute for Agriculture and Trade Policy.
- 41 Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S., and Foley, J.A. 2013. Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters* **8**: doi:10.1088/1748-9326/8/3/034015
- 42 Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., and Milo, R. 2014. Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **111** (33): 11996-12001.
- 43 Stehfest E., Bouwman, L., van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Eikhout, B., et al. 2009. Climate benefits of changing diet. *Climate Change* **95**: 83-102.
- 44 McAlpine, C.A., Etter, A., Fearnside, P.M., Seabrook, L., and Laurance, W.F. 2009. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change* **19**: 21-33.
- 45 Siriwardena, L., Finlayson, B.L., and McMahon, T.A. 2006. The impact of land use change on catchment hydrology in large catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia. *Journal of Hydrology*, **326** (1): 199-214.
- 46 Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., et al. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- 47 Pelletier, N. and Tyedmers, P. 2010. Forecasting potential global costs of livestock production 2010-2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (43): 18371-18374.
- 48 McMichael, A.J., Powles, J.W., Butler, C.D., and Uauy, R. 2007. Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet* **370**: 1253-1263.
- 49 Monteiro, C.A., Moubarac, J.C., Cannon, G., Ng, S.W., and Popkin, B. 2013. Ultra processed products are becoming dominant in the global food system. *Obesity Reviews* **14** (S2): 21-28.
- 50 Malik, V.S., Willett, W.C., and Hu, F.B. 2013. Global obesity: Trends, risk factors and policy implications. *Nature Reviews Endocrinology* **9**: 13-27.
- 51 Swinburn, B.A., Sacks, G., Hall, K.D., McPherson, K., Finegood, D.T., et al. 2011. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *Lancet* **378**: 804-814.
- 52 Popkin, B.M. and Slining, M.M. 2013. New dynamics in global obesity facing low- and middle-income countries. *Obesity Reviews* **14** (S2): 11-20.
- 53 Lee, J.S.H., Koh, L.P., and Wilcove, D.S. 2016. Junking tropical forests for junk food? *Frontiers in Ecology and the Environment* **14** (7): 355-356.
- 54 Carlson, K.M., Curran, L.M., Asner, G.P., Pittman, A.M., Trigg, S.N., et al. 2013. Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nature Climate Change* **3** (3): 283-287.
- 55 World Bank. 2016. The Cost of Fire: An Economic Analysis of Indonesia's 2015 Fire Crisis. Washington, DC.
- 56 Schrier-Uijl, A.P., Kroon, P.S., Hendriks, D.M.D., Hensen, A., Huissteden, J. van, et al. 2014. Agricultural peat lands: towards a greenhouse gas sink – a synthesis of a Dutch landscape study. *Biogeosciences* **11**: 4559-4576.
- 57 Hooke R.LeB., Martin-Duque, J.F., and de Pedraza, J. 2012. Land transformation by humans: A review. *GSA Today* **22**: 4-10.
- 58 Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., et al. 2005. Global consequences of land use. *Science* **309**: 570-574.
- 59 FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- 60 Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Berber, J.S., et al., Solutions for a cultivated planet. *Nature*. **478**: 337-342 (2011).
- 61 Stewart, B., Koohafkan, P., and Ramamoorthy, K. 2006. Dryland agriculture defined and its importance to the world. In: Peterson, G., Unger, U.P., and Payne, P.W. (eds.) *Dryland Agriculture*, 2nd edition, pp. 1-24.
- 62 Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., et al. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* **352**, 9-20.
- 63 Joint Research Centre of the European Commission. 2017. World Atlas of Desertification, 3rd edition. Ispra <http://wad.jrc.ec.europa.eu/>
- 64 Obersteiner, M., Kraxner, F., Mosnier, A., Bocqueho, G., Khabarov, N., and Havlik, P. 2014. Addressing the drivers of deforestation: Exploring synergies between REDD (plus) and forest policy. *Proceedings, XXIV IUFRO World Congress, October 5-11, 2014, Salt Lake City, USA The International Forestry Review* **16** (5): 545.
- 65 Herrero, M., et al. 2014. Op cit.
- 66 Barraclough, S.L. and Ghimire, K.B. 2000. Agricultural Expansion and Tropical Deforestation: Poverty, International Trade and Land Use. Earthscan, London.
- 67 Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., et al. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (38): 16732-16737.
- 68 Wasseenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M. Ibrahim, M., et al. 2006. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change* **17** 86-104.
- 69 Taylor, R., Dudley, N., Stolton, S., and Shapiro, A. 2015. Deforestation fronts: 11 places where most forest loss is projected between 2010 and 2030. Paper presented at the XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa, September 7-11, 2015.
- 70 Rudel, T., DeFries, R., Asner, G.P., and Laurance, W.F. 2009. Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. *Conservation Biology* **23** (6): 1396-1405.
- 71 Kruglianskas, I. Undated. Soy production in South America: Key issues and challenges. ProForest, Oxford.
- 72 Pacheco, P. 2012. Soybean and oil palm expansion in South America: A review of main trends and implications. Working Paper 90. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- 73 Danielsen, F., Beukema, H., Burgess, N.D., Parish, F., Bruhl, C.A., et al. 2009. Biofuel plantations on forested lands: Double jeopardy for biodiversity and climate. *Conservation Biology* **23** (2): 348-358.
- 74 DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M., and Hansen, M. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* **3**: 178-181.
- 75 Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* **7** (4): 044009. doi:10.1088/1748-9326/7/4/044009.
- 76 Killeen, T.J., Guerra, A., Calzada, M., Correa, L., Calderon, V., et al. 2008. Total historical land-use change in eastern Bolivia: Who, where, when, and how much? *Ecology and Society* **13**(1): 36. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art36/>
- 77 Wasseenaar, T., et al. 2006. Op cit.
- 78 Chomitz, K. 2007. At Loggerheads: Agricultural expansion, poverty reduction and environment in tropical forests. The World Bank, Washington, DC.
- 79 Klink, C. and Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* **19** (3): 707-713.

- 80** Macedo, M.N., DeFries, R.S., Morton, D.C., Stickler, C.M., Galford, G.L., et al. 2012. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **109** (4): 1341-1346.
- 81** Walker, R. 2011. The impact of Brazilian biofuel production on Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers* **101**(4): 929-938.
- 82** Brown, J.C., Koeppe, M., Coles, B., and Price, K.P. 2005. Soybean production and conversion of tropical forest in the Brazilian Amazon: The case of Vilhena, Rondonia. *Ambio* **34** (6): 462-469.
- 83** Butler, R.A. and Laurance, W.F. 2009. Is oil palm the next emerging threat to the Amazon? *Tropical Conservation Science* **2**(1): 1-10.
- 84** Zac, M.R., Cabido, M., Cáceres, D., and Díaz, S. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic and technological factors. *Environmental Management* **42**: 181-189.
- 85** Peres, C.A. and Schneider, M. 2011. Subsidized agricultural resettlements as drivers of tropical deforestation. *Biological Conservation* **151** (1): 65-68.
- 86** Arima, E.Y., Richards, P., Walker, R., and Caldas, M.M. 2011. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters* **6**: 7pp.
- 87** Morton, D.C., DeFries, R.S., Shimabukuro, Y.E., Anderson, L.O., Arai, E., et al. 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **103**: 14637-14641.
- 88** Soares Domingues, M. and Bermann, C. 2012. The arc of deforestation in the Amazon: The livestock to soy. *Ecology and Society* **15** (2).
- 89** Lambin, E.F. and H.J. Geist. 2003. Regional differences in tropical deforestation. *Environment* **45** (6): 22-36.
- 90** Marien, J.-N. 2009. Peri-urban forests and wood energy: What are the perspectives for Central Africa? In: de Wasseige, C., Devers, D., de Marcken, P., Eba'a, R., Nasi, R., et al. (eds.) *The Forests of the Congo Basin—State of the Forest 2008*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- 91** Bond, I., Chambwera, M., Jones, B., Chundama, M., and Nhantumbo, I. 2010. REDD+ in dryland forests: Issues and prospects for pro-poor REDD in the Miombo woodlands of southern Africa. *Natural Resource Issues No. 21*. IIED, London.
- 92** Cabral, A.I.R., Vasconcelos, M.J., Oom, D., and Sardinha, R. 2010. Spatial dynamics and quantification of deforestation in the central-plateau woodlands of Angola (1990-2009). *Applied Geography* **31**: 1185-1193.
- 93** Geist, H., Otanez, M., and Kapito, J. 2008. The tobacco industry in Malawi: A globalized driver of local land change. In: Millington, A. (ed.) *Land Change Science in the Tropics: Changing Agricultural Landscapes*, Springer.
- 94** Von Maltitz, G. and Setzkorn, K. 2012. Potential impacts of biofuels on deforestation in Southern Africa. *Journal of Sustainable Forestry* **31**: 80-97.
- 95** Boucher, D., Elias, P., Lininger, K., May-Tobin, C., Roquemore, S., et al. 2011. *What's Driving Tropical Deforestation Today?* Union of Concerned Scientists, Washington, DC.
- 96** Schneider, M. 2011. Feeding China's pigs: Implications for the environment, China's smallholder farmers and food security. *Institute for Agriculture and Trade Policy*. Accessed October 11, 2013.
- 97** Hart Energy. 2013. *Global biofuels outlook to 2025*. globalbiofuelscenter.com/spotlight.aspx?ID=32#KeyFindings, accessed February 27, 2013.
- 98** <http://www.platts.com/latest-news/agriculture/london/global-soybean-demand-to-exceed-production-in-26442275>, accessed January 4, 2017.
- 99** USDA (United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service). 2013.
- 100** WWF. 2013. Op cit.
- 101** Pacheco, P. 2012. Soybean and Oil Palm Expansion in South America: A review of main trends and implications. Working Paper 90. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- 102** Kruglianskas, I. Undated. Soy production in South America: Key issues and challenges. ProForest, Oxford.
- 103** Hobbs, J. 2012. Paraguay's destructive soy boom. *New York Times* July 2, 2012. http://www.nytimes.com/2012/07/03/opinion/paraguays-destructive-soy-boom.html?_r=0 accessed October 12, 2013.
- 104** Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Paper presented at the FAO Expert Meeting on "How to Feed the World in 2050." FAO, Rome.
- 105** Carlson, K.M., Curran, L.M., Ratnasari, D., Pittman, A.M., Soares-Filho, B.S., et al. 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **109**: 7559-7564.
- 106** Environmental Protection Agency. 2012. Notice of data availability concerning renewable fuels produced from palm oil under the RFS Program, *Federal Register* **77**, 18, 4300-4318.
- 107** van Beukering, P.J.H., Cesar, H.S.J., and Janssen, M.A. 2003. Economic valuation of the Leuser National Park on Sumatra, Indonesia. *Ecological Economics* **44**, 43: 62.
- 108** Baumüller, H. 2008. Prospects and Drivers for Agricultural Change in the Mekong Region: The case of sugar, rice and rubber, WWF Greater Mekong Programme, Vientiane.
- 109** Yang, J., Huang, J., Qui, H., Rozelle, S., and Sombilla, M.A. 2009. Biofuels and the Greater Mekong subregion: Assessing the impact on prices, production and trade. *Applied Energy* **86**: 537-546.
- 110** Webb, E.L., Jachowski, N.R.A., Phelps, J., Friess, D.A., Than M.M., et al. 2014. Deforestation in the Ayeyarwady Delta and the conservation implications of an internationally-engaged Myanmar. *Global Environmental Change* **24**: 321-333.
- 111** Woods, K. 2013. Timber trade flows and actors in Myanmar. *Forest Trends*, Washington, DC.
- 112** Koh, L.P. and Wilcove, D.S. 2008. Oil palm: Disinformation enables deforestation. *Trends in Ecology and Evolution* **24**: 2: 67-68.
- 113** Herrero, M., Havlik, P., McIntire, J.M., Palazzo, A., and Valin, H. 2014. African Livestock Futures: Realizing the Potential of Livestock for Food Security, Poverty Reduction and the Environment in Sub-Saharan Africa. Office of the Special Representative of the UN Secretary General for Food Security and Nutrition and the United Nations System Influenza Coordination (UNSIC), Geneva, Switzerland.
- 114** FAO. 2008. *Forests and Energy: Key issues*. FAO Forestry Paper 154. FAO, Rome.
- 115** Smeets, E.M.W. and Faaji, A.P.C. 2007. Bioenergy potential from forestry in 2050: An assessment of the drivers that determine the potentials. *Climatic Change* **81**: 353-390.
- 116** Cassidy, E.S., et al. 2013. Op cit.
- 117** Sapp, M. 2016. Argentine biodiesel production to hot record 2.7 million tons in 2016. *Biofuels Digest* December 28, 2016. <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/12/28/argentine-biodiesel-production-to-hit-record-2-7-million-tons-in-2016/> accessed January 4, 2017.
- 118** Laborde, D. 2011. *Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies*. International Food Policy Institute for the ATLISS Consortium, Washington, DC.
- 119** Johnston, M., Licker, R., Foley, J., Holloway, T., Mueller, N.D., et al. 2011. Closing the gap: Global potential for increasing biofuel production through agricultural intensification. *Environmental Research Letters* **6** (3): 034028.
- 120** Woods, J., Lynd, L.R., Laser, M., Batistella, M., Victoria, D. de C., et al. 2015. Land and bioenergy. In Souza, G.M., Victoria, R.L., Joly, C.A., and Verdade, L.M. (eds.), *Bioenergy and Sustainability: Bridging the gaps*. Paris: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), pp. 259-300.
- 121** Nyantakyi-Frimpong, H. 2013. Biofuels, land grabbing and food security in Africa. *African Geographical Review* **32** (2): 190-192.
- 122** von Maltitz, G. and Setzkorn, K. 2012. Potential impacts of biofuels on deforestation in Southern Africa. *Journal of Sustainable Forestry* **31** (1-2): 80-97.
- 123** Lahl, U. 2011. An Analysis of iLUC and Biofuels: Regional quantification of climate-relevant land use change and options for combating it. BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, Oyten, Germany.
- 124** Webb, A. and Coates, D. 2012. *Biofuels and Biodiversity*. Technical Series No. 65. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- 125** Fingerman, K.R., Berndes, G., Orr, S., Richter, B.D., and Vugteveen, P. 2011. Impact assessment at the bioenergy-water nexus. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* **5**: 375-386.
- 126** Altieri, M. The ecological impacts of large-scale agrofuel monoculture production systems in the Americas. *Bulletin of Science, Technology and Society* **29** (3): 236-244.
- 127** Global Forest Coalition. 2010. *Wood-Based Energy: The green lie*. Asuncion, Paraguay.
- 128** Dauvergne, P. and Neville, K.J. 2010. Forests, food, and fuel in the tropics: The uneven social and ecological consequences of the emerging political economy of biofuels. *Journal of Peasant Studies* **37** (4): 631-660.
- 129** Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., and Hawthorne, P. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* **319**: 1235-1238.

- 130 Danielsen, F., et al. 2009. Op cit.
- 131 Melillo, J.M., Gurgel, A.C., Kicklighter, D.W., Reilly, J.M., Cronin, T.W., et al. 2009. Unintended environmental consequences of a global biofuels program. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Report number 168. MIT, Cambridge, MA, USA.
- 132 Gibbs, H.K., et al. 2008. Op cit.
- 133 Keam, S. and McCormick, N. 2008. Implementing Sustainable Bioenergy Production: A compilation of tools and approaches. IUCN, Gland, Switzerland.
- 134 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2011. The new competition for land: Food, energy, and climate change. *Food Policy* **36**: 540-551.
- 135 Cotula, L., Vermeulen, S., Mathieu, P., and Toulmin, C. 2011. Agricultural investment and international land deals: Evidence from a multi-country study in Africa. *Food Security* **3** (1): 99-113.
- 136 Galat, J.G. 2013. The collapsing platform for pastoralism: Land sales and land loss in Kajiado County, Kenya. *Nomadic Peoples* **17** (2): 20-39.
- 137 Peters, P.E. 2013. Conflicts over land and threats to customary tenure in Africa. *African Affairs* **112** (449): 543-562.
- 138 Rulli, M.C., Savioli, A., and D'Odorico, P. 2013. Global land and water grabbing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (3): 892-897.
- 139 Rudel, T. 2015. Land-use change: Deforestation by land grabbers. *Nature Geoscience* **8**: 752-753.
- 140 Li, T.M. 2011. Centering labor in the land grab debate. *Journal of Peasant Studies* **38** (2): 281-298.
- 141 Cotula, L., Oya, C., Codjoe, E.A., Eid, A., Kakraba-Amph, M., et al. 2014. Testing claims about large land deals in Africa: Findings from a multi-country study. *The Journal of Development Studies* **50** (7): 905-925.
- 142 Foggini, J.M. 2008. Depopulating the Tibetan grasslands. *Mountain Research and Development* **28** (1): 26-31.
- 143 Xi, J. 2016. Land degradation and population relocation in Northern China. *Social Science & Medicine* **157**: 79-86.
- 144 MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Sun, S., Carlson, K.M., Cassidy, E.S., et al. 2015. Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *BioScience* **65** (3): 275-289.
- 145 Würtenberger, L., Koelner, T., and Binder, C.R. 2006. Virtual land use and agricultural trade: Estimating environmental and socio-economic impacts. *Ecological Economics* **57**: 679-697.
- 146 Qiang, W., Liu, A., Cheng, S., Kastner, T., and Xie, G. 2013. Agricultural trade and virtual land use: The case of China's crop trade. *Land Use Policy* **33**: 141-150.
- 147 De Schutter, L. and Lutter, S. 2016. The True cost of Consumption. Friends of the Earth Europe, Brussels, Belgium.
- 148 Kang, M.S. and Banga, S.S. 2013. Global agriculture and climate change. *Journal of Crop Improvement* **27** (6): 667-692.
- 149 Gregory, P.J., Ingram, J.S.I., and Brklacich, M. Climate change and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **360**: 2139-2148.
- 150 Garrett, K.A., Dendy, S.P., Frank, E.F., Rouse, M.N., and Travers, S.E. 2006. Climate change effects on plant disease: Genomes to ecosystems. *Annual Review of Environment and Resources* **44**: 489-509.
- 151 Grace, D., Bett, B., Lindahl, J., and Robinson, T. 2015. Climate and livestock disease: Assessing the vulnerability of agricultural systems to livestock pests under climate change scenarios. CCAFS Working Paper no. 116. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security, Copenhagen, Denmark.
- 152 Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F.E., Davis, A., Borgmeister, C., et al. 2011. Some like it hot: The influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in East Africa. *PLoS One* **6** (9): e24528. doi:10.1371/journal.pone.0024528.
- 153 Wheeler, T. and von Braun, J. 2013. Climate change impacts on global food security. *Science* **341**: 508-513.
- 154 Dawson, T.P., Perryman, A.N., and Osborne, T. 2014. Modelling impacts of climate change on global food security. *Climatic Change* **134** (3): 429-440.
- 155 IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 156 Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., et al. 2009. Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- 157 Schmidhuber, J. and Tubiello, F.N. 2007. Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104** (50): 19703-19708.
- 158 Vermeulen, S.J., Campbell, B.M., and Ingram, J.S.I. 2012. Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* **37**: 195-222.
- 159 Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 160 Tubiello, F.N., Salvatore, M., Córdar Golec, R.D., Ferrara, A., Rossi, S., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks: 1990-2011 Analysis. FAO, Rome.
- 161 Tubiello, F.N., Salvatore, M., Ferrara, A.F., House, J., Federici, S., et al. 2015. The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990-2012. *Global Change Biology* **21** (7): 2655-2660.
- 162 West, P.C., Gibbs, H.K., Monfreda, C., Wagner, J., Barford, C.C., et al. 2010. Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yield on agricultural lands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (46): 19645-19648.
- 163 Bailey, R., Froggatt, A., and Wellesley, L. 2014. Livestock: Climate change's forgotten sector. Global public opinion on meat and dairy consumption. Chatham House, the Royal Institute of International Affairs, London.
- 164 Bernoux, M. and Paustian, K. 2014. Climate change mitigation. In: Banwart, S.A., Noellemeier, E. and Milne, E. (eds.), Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits (pp. 119-131). CABI, Oxfordshire.
- 165 Davis, K. F., Gephart, J. A., Emery, K. A., Leach, A. M., Galloway, J. N., et al. 2016. Meeting future food demand with current agricultural resources. *Global Environmental Change* **39**: 125-132.
- 166 Brown, L.R. 1972. *Seeds of Change: The Green Revolution and Development in the 1970s*. Praeger Publishing, Santa Barbara, California.
- 167 Evenson, R.E. and Gollin, D. 2003. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. *Science* **300** (5620): 758-762.
- 168 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- 169 Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., et al. 2011. Op cit.
- 170 Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston.
- 171 George, S. 1976. *How the Other Half Dies: The real reasons for world hunger*. Penguin, Harmondsworth, Middlesex, UK.
- 172 <https://secure.fera.defra.gov.uk/pusstats/surveys/documents/arable2014v2.pdf>
- 173 UNEP. 2014. Op cit.
- 174 Ju X-T, Xing G-X, Chen X-P, Zhang S-L, Zhang L-J, Liu X-J, Cui Z-L, Yin B, Christie P, Zhu Z-L, and Zhang F-S. 2009. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**: 3041-3046. doi: 10.1073/pnas.0813417106 PMID: 19223587.
- 175 UNEP. 2014. Op cit.
- 176 Reay, D.S., Davidson, E.A., Smith, K.A.S., Smith, P., Melillo, J.M., et al. 2012. Global agriculture and nitrous oxide emissions. *Nature Climate Change* **2**: 410-416.
- 177 Townsend, A.R., Howarth, R.W., Bazzaz, F.A., Booth, M.S., Cleveland, C.C., et al. 2003. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. *Frontiers in Ecology* **1** (5):240-246.
- 178 Martinez, A., Sanchez-Valverde, F., Gil, F., Clerigué, N., Aznal, E., et al. 2013. Methemoglobinemia induced by vegetable intake in infants in northern Spain. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* **56** (5): 573-577.
- 179 Lorna Fewtrell, L. 2004. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: A discussion. *Environmental Health Perspectives* **112** (14): 1371-1374.
- 180 Conway, G.R. and Pretty, J.N. 1988. Fertilizer risks in the developing countries. *Nature* **334**: 207-208.
- 181 FAO. 2015. *World Fertilizer Trends and Outlooks to 2018*. FAO, Rome.
- 182 UNEP. 2014. *UNEP Year Book 2014: Emerging issues in our global environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, pp. 6-11.
- 183 FAO. 2015. Op cit.

- 184** Deloitte Access Economics. 2013. Economic contribution of the Great Barrier Reef. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville.
- 185** Thorburn, P.J., Wilkinson, S.N., and Silburn, D.M. 2013. Water quality in agricultural lands draining to the Great Barrier Reef: A review of causes, management and priorities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **180**: 4-20.
- 186** Brodie, J.E., Kroon, F.J., Schaffelke, B., Wolanski, E.C., Lewis, S.E., et al. 2012. Terrestrial pollutant runoff from the Great Barrier Reef: An update of issues, priorities and management responses. *Marine Pollution Bulletin* **65** (4-9): 81-100.
- 187** Joo, M., Raymond, M.A., McNeil, V.H., Huggins, R., Turner, R.D., et al. 2012. Estimates of sediment and nutrient loads in 10 major catchments draining to the Great Barrier Reef during 2006-2009. *Marine Pollution Bulletin* **65** (4): 150-166.
- 188** Porter, P.A., Mitchell, R.B., and Moore, K.J. 2015. Reducing hypoxia in the Gulf of Mexico: Reimagining a more resilient agricultural landscape in the Mississippi River watershed. *Water, Air and Soil Pollution* **70** (3): 63A-68A.
- 189** Halpern, B.S., Ebert, C.M., Kappel, C.V., Madin, E.M.P., Michel, F., et al. 2009. Global priority areas for incorporating land-sea connections in marine conservation. *Conservation Letters* **2**: 189-196.
- 190** Costantini, D. 2015. Land-use changes and agriculture in the tropics: Pesticides as an overlooked threat to wildlife. *Biodiversity Conservation* DOI 10.1007/s10531-015-0878-8.
- 191** Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C., and Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers. *Science*, **347** (6229), DOI: 10.1126/science.1255957.
- 192** Chagnon, M., Kreuzweiser, D., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A., et al. 2015. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environmental Science and Pollution Research* **22** (1): 119-134.
- 193** European Academies Science Advisory Council. 2015. Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids. EASAC Policy report 26.
- 194** Mason, R., Tennekes, H., Sánchez-Bayo, F., and Jepsen, P.U. 2013. Immune suppression by neonicotinoid insecticides at the root of global wildlife declines. *Journal of Environmental Immunology and Toxicology* **1** (1): 3-12.
- 195** Luzardo, O.P., Ruiz-Suárez, N., Valerón, P.F., Camacho, M., Zumbado, M., et al. 2014. Methodology for the identification of 117 pesticides commonly involved in the poisoning of wildlife using GC-MS-MS and LC-MS-MS. *Journal of Analytical Toxicology* **38** (3): 155-163.
- 196** Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., and Emmerson, M. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European Farmland. *Basic and Applied Ecology* **11**: 97-105.
- 197** Chiron, F., Chargé, R., Julliard, R., Jiguet, F., and Muratet, A. 2014. Pesticide doses, landscape structure and their relative effects on farmland birds. *Agriculture, Ecosystems and the Environment*, **185**, 153-160.
- 198** Martín-López, B., García-Llorente, M., Palomo, I., and Montes, C. 2011. The conservation against development paradigm in protected areas: Valuation of ecosystem services in the Doñana social-ecological system (southwestern Spain). *Ecological Economics* **70**: 1481-1491.
- 199** Donald, P.F., Sanderson, F.J., Burfield, I.J., and van Bommel, F.P.J. 2006. Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1999-2000. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* **116** (3-4): 189-196.
- 200** Hernández, A.F., Parrón, T., Tsatsakis, A.M., Requena, M., Alarcón, R., et al. 2013. Toxic effects of pesticides mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. *Toxicology* **307**: 136-145.
- 201** Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany-London* **114** (8): 1571-1596.
- 202** Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., and Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* **68**: 810-821.
- 203** Partap, U. and Ya, T. 2012. The human pollinators of fruit crops in Maoxian County, Sichuan, China: A case study of the failure of pollination services and farmers' adaptation strategies. *Mountain Research and Development* **32** (2): 176-186.
- 204** Benbrooke, C.M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences in Europe* **28** (3): DOI: 10.1186/s12302-016-0070-0.
- 205** Tanentzap, A.J., Lamb, A., Walker, S., and Farmer, A. 2015. Resolving conflicts between agriculture and the natural environment. *PLoS Biology* **13** (9): e1002242.
- 206** <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/code/hhp/en/>
- 207** Human Rights Council. 2017. Report of the Special Rapporteur on the Right to Food. A/HRC/34/48 <http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/1701059.pdf>
- 208** UNEP 2012. Synthesis Report for Decision-Makers – Global Chemical Outlook: Towards Sound Management of Chemicals. Nairobi.
- 209** Pitman, M.G. and Lächli, A. 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Lächli, A. and Lüttge, U. (eds.) *Salinity: Environment – Plants – Molecules*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 3-20.
- 210** Butcher, K., Wick, A.F., DeSutter, T., Chatterjee, A., and Harmon, J. 2016. Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal* **108**: 2189-2200.
- 211** Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany* **57** (5): 1017-1023.
- 212** Merz, S.K., Rowley, T., and Powell, J. 2006. Evaluation of salinity outcomes of regional investment. Report to the Department of the Environment and Heritage and Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, April 2006. Available from: <http://nrnline.nrm.gov.au/downloads/mql:452/PDF>.
- 213** Haefele, S.M., Nelson, A., and Hijmans, R.J. 2014. Soil quality and constraints in global rice production. *Geoderma* **235**: 250-259.
- 214** Clay, D.E., Clay, S.A., Reitsma, K.D., Dunn, B.H., Smart, A.J., et al. 2014. Does the conversion of grassland to row crop production in semi-arid areas threaten global food supplies? *Global Food Security* **3**: 22-30.
- 215** Green, R., Timms, W., Rengasamy, P., Arshad, M., and Cresswell, R. 2016. Soil and aquifer salinization: toward an integrated approach for salinity management of groundwater. In: Jakeman, A.J., Barreteau, O., Hunt, R.J., Rinaudo, J.D., and Ross, A. (eds.) *Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges*. Springer, Switzerland.
- 216** FAO. 1998. Crop Genetic Resource. In: *Special: Biodiversity for Food and Agriculture*, FAO, Rome.
- 217** Fowler, C. and Mooney, P. 1990. *The Threatened Gene – Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity*, The Lutworth Press, Cambridge, UK.
- 218** Hammer, K., Gladis, T., and Diederichsen, A. 2002. In situ and on-farm management of plant genetic resources. *European Journal of Agronomy* **19**: 509-517.
- 219** Meilleur, B.A. and Hodgkin, T. 2004. In situ conservation of crop wild relatives: Status and trends. *Biodiversity and Conservation* **13**: 663-684.
- 220** Castañeda-Álvarez, N.P., Khoury, C.K., Achicanoy, H.A., Bernau, V., Dempewolf, H., et al. 2016. Global conservation priorities for crop wild relatives. *Nature Plants* **2**: 16022.
- 221** Oerke, E.C. 2005. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* **144**: 31-43.
- 222** Popp, J., Petö, K., and Nagy, J. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy and Sustainable Development* **33**: 243-255.
- 223** IOM (Institute of Medicine). 2011. *Fungal Diseases: An Emerging Threat to Human, Animal, and Plant Health*. The National Academies Press, Washington, DC.
- 224** Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., et al. 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* **484** (7393): doi:10.1038/nature10947.
- 225** Pimentel, D., Zuniga, R., and Morrison, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* **52** (3): 273-288.
- 226** Paini, D.R., Sheppard, A.W., Cook, D.C., de Barro, P.J., Worner, S.P., et al. 2016. Global threat to agriculture from invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113** (27): 7575-7579.
- 227** DeLucia, E.H., Nobby, P.D., Zavala, J.A., and Berenbaum, M.R. 2012. Climate Change: Resetting Plant-Insect Interactions. *Plant Physiology* **160**: 1677-1685.
- 228** UNCCD. 1994. Final text of the Convention, Article 1 (f). <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf>
- 229** Favretto, N., Dallimer, M., Johnson, I., Kubiszewski, I., Etter, H., et al. 2016. ELI: The economics of land policy, planning and practice. *Global Land Outlook (GLO) Working Paper Series*, UNCCD, Bonn, Germany.
- 230** Schägner, J.P., Brander, L., Maes, J., Hartje, V. 2013. Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem Services* **4**: 33-46.
- 231** Basson, G. 2009. Sedimentation and Sustainable use of reservoirs and river systems. International Commission on Large Dams (ICOLD) Bull. Available at <http://www.icold-cigb.org/userfiles/files/CIRCULAR/CL1793Annex.pdf>
- 232** Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., Farber, S., and Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* **26**: 152-158.

- 233 ELD Initiative. 2015. The value of land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management. Bonn: GLZ.
- 234 Nkonya, E., Anderson, W., Kato, E., Koo, J., Mirzabaev, A., et al. 2015. The global costs of land degradation. In: Nkonya, E., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) *The Economics of Land Degradation and Improvement*: Springer.
- 235 Costanza, R., Kubiszewski, I., Cork, S., Atkins, P.W.N., and Bean, A., et al. 2015. Scenarios for Australia in 2050: A synthesis and proposed survey. *Journal of Future Studies* **19** (3): 49-76.
- 236 Hunt, D.V.L., Lombardi, D.R., Atkinson, S., Barber, A.R.G., Barnes, M., et al. 2012. Scenario archetypes: Converging rather than diverging themes. *Sustainability* **4** (4): 740-772.
- 237 ELD Initiative. 2015. Op cit.
- 238 Kirui, O. and Mirzabaev, A., 2015. Economics of land degradation and improvement in Tanzania and Malawi. In: Nkonya, E., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) *The Economics of Land Degradation and Improvement*: Springer.
- 239 Blaikie, P. 1985. *The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries*. Longman, London.
- 240 Kiage, L.M. 2013. Perspectives on the assumed causes of land degradation in the rangelands of Sub-Saharan Africa. *Progress in Physical Geography* **37** (5): 664-684.
- 241 Goldman, M.J. and Riosmena, F. 2013. Adaptive capacity in Tanzanian Maasailand: Changing strategies to cope with drought in fragmented landscapes. *Global Environmental Change* **23** (3): 588-597.
- 242 Place, F. 2009. Land tenure and agricultural productivity in Africa: A comparative analysis of the economics literature and recent policy strategies and reforms. *World Development* **37** (8): 1326-1336.
- 243 López-i-Gelats, F., Contreras Paco, J.L., Huicas Huayra, R., Siguas Robles, O.D., Quispe Peña, E.C., et al. 2015. Adaptation strategies of Andean pastoralist households to both climate and non-climate changes. *Human Ecology* **43** (2): 267-282.
- 244 Gao, W., Angerer, J.P., Fernandez-Gimenez, M.E., and Reid, R.S. 2015. Is overgrazing a pervasive problem across Mongolia? An examination of livestock forage demand and forage availability from 2000 to 2014. In: *Proceedings of the Trans-disciplinary Research Conference: Building Resilience of Mongolian Rangelands*, June 9-10, 2015. Ulaan Baatar.
- 245 Vu, Q.M. Le, Q.B., Frossard, E., and Viek, P.L.G. 2014. Socio-economic and biophysical determinants of land degradation in Vietnam: An integrated causal analysis at the national level. *Land Use Policy* **36**: 605-617.
- 246 Barbier, E.B. and Hochard, J.P. 2016. Does land degradation increase poverty in developing countries? *PLoS One* **11** (5): 0152973.
- 247 Barbier, E. B., and Hochard, J. P. 2016. Op. cit.
- 248 Cunliffe, B. 2016. *By Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia*. Oxford University Press, Oxford.
- 249 Mollison, B. 1993. *The Permaculture Book of Ferment and Human Nutrition*. Tagari Publications, Tyalgum, NSW, Australia.
- 250 Paxton, A. 1994. *The Food Miles Report: The dangers of long-distance food transport*. SAFE Alliance, London, UK.
- 251 Weber, C.L. and Matthews, H.S. 2008. Food miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Science and Technology* **42**: 3508-3513.
- 252 DEFRA. 2008. *Comparative Life Cycle Analysis of food commodities procured for UK consumption through a diversity of supply chains*.
- 253 Pretty, J., Ball, A.S., Lang, T., and Morison, J.I.L. 2005. Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. *Food Policy* **30** (1): 1-19.
- 254 OECD/FAO. 2016. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*, OECD Publishing, Paris.
- 255 FAO, IFAD and WFP. 2015. *The State of Food Insecurity in the World 2015. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition*. FAO, Rome.
- 256 World Health Organization. Micronutrient deficiencies. <http://www.who.int/nutrition/topics/micronutrients>
- 257 World Health Organization Comparative Quantification of Health Risks: Childhood and Maternal Undernutrition <http://www.who.int/publications/cra/en/>
- 258 World Bank. 2015. *The Little Data Book 2015*. World Bank Group, Washington, DC. [Doi.10.1596/978-1-4648-0550-9](https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0550-9)
- 259 Bhutta, Z.A. and Salam, R.A. 2012. Global nutrition epidemiology and trends. *Annals of Nutrition and Metabolism* **61** (supplement 1): 19-27.
- 260 World Bank. 2013. *The State of the World's Poor: Where are the Poor and where are they the Poorest?* World Bank, Washington, DC.
- 261 Van Grebmer, K., Bernstein, J., Prasai, N., Yin, S., Yohannes, Y., et al. 2015. *2015 Global Hunger Index: Armed Conflict and the Challenge of Hunger*. International Food Policy Research Institute, Concern Worldwide, Welthungerhilfe and World Peace Foundation, Washington, DC, Bonn and Dublin.
- 262 James, W.P.T. 2008. WHO recognition of the global obesity epidemic. *International Journal of Obesity* **32**: S120-S126.
- 263 World Health Organization. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> accessed November 3, 2016.
- 264 Sauer, C.O. 1952. *Agricultural Origins and Dispersals*. The American Geographical Society, New York.
- 265 Madeley, J. 2002. *Food for All: The need for a new agriculture*. Zed Books, London and New York.
- 266 <https://www.food.gov.uk/science/novel/gm/gm-labelling> accessed February 21, 2017.
- 267 Hakim, D. 2016. Doubts about the promised bounty of genetically modified crops. *New York Times* October 29, 2016. <http://www.nytimes.com/2016/10/30/business/gmo-promise-falls-short.html>
- 268 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. The National Academies Press, Washington, DC.
- 269 La Rovere, R., Abdoulaye, T., Kostandini, G., Guo, Z., Mwangi, W., et al. 2014. Economic, production, and poverty impacts of investing in maize tolerant to drought in Africa: An ex-ante assessment. *Journal of Developing Areas* **48** (1): 199-225.
- 270 Gilbert, N. 2016. Cross-bred crops get fit faster. *Nature* **513**: 292.
- 271 Fraser, C.E., Smith, K.B., Judd, F., Humphreys, J.S., and Fragar, L.J. 2005. Farming and mental health problems and mental illness. *International Journal of Social Psychiatry* **51** (4).
- 272 New Foresight and Commonland with contributions from The Boston Consulting Group. 2017. *New Horizons for the Transitioning of our Food System: Connecting Ecosystems, Value Chains and Consumers* Discussion paper.
- 273 WRI. 2014. *Creating a Sustainable Food Future*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 274 Foley, J.A., et al. 2011. Op cit.
- 275 Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D K., Ramankutty, N., et al. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, **490** (7419): 254-257.
- 276 Strassburg, B.B.N., Latawiec, A.E., Barioni, L.G., Nobre, C.A., Da Silva, V.P., et al. 2014. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change* **28**: 84-97.
- 277 Skevas, T. and Lansink, A.O. 2014. Reducing pesticide use and pesticide impact by productivity growth: The case of Dutch arable farming. *Journal of Agricultural Economics* **65** (1): 191-211.
- 278 Banerjee, I., Tripathi, S.K., Roy, A.S., and Sengupta, P. 2014. Pesticide use pattern among farmers in a rural district of West Bengal, India. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine* **5** (2): 313-316.
- 279 Wilson, C. and Tisdell, C. 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics* **39**: 449-462.
- 280 Ruiz-Suárez, N., Boada, L.D., Henríquez-Hernández, L.A., González-Moreo, F., Suárez-Pérez, A., et al. 2015. Continued implication of the banned pesticides carbofuran and aldicarb in the poisoning of domestic and wild animals of the Canary Islands (Spain). *Science of the Total Environment* **505**: 1093-1099.
- 281 Al Heidary, M., Douzals, J.P., Sinfort, C., and Vallet, A. 2014. Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: A literature review. *Crop Protection* **63**: 1-11.
- 282 Zhao, H., Xie, C., Liu, F., He, X., Zhang, J., et al. 2014. Effects of sprayers and nozzles on spray drift and terminal residues of imidacloprid on wheat. *Crop Protection* **60**: 78-82.
- 283 Matthews, G. 2014. A retrospective: the impact of research on cotton pest control in Central Africa and development of ultra-low volume spraying for small scale farmers between 1958-72. *Outlooks on Pest Management* **25** (1): 25-28.
- 284 Centner, T.J. 2014. Damages from pesticides spray drift under trespass law. *Ecology Law Currents* **41** (1): 1-17.
- 285 de Heer, M., Roozen, F., and Maas, R. 2017. The integrated approach to nitrogen in the Netherlands: A preliminary review from a societal, scientific, juridical and practical perspective. *Journal for Nature Conservation* **35**: 101-111.
- 286 Mosier, A.R., Syers, J.K., and Freney, J.R. (eds.) 2004. *Agriculture and the Nitrogen Cycle*. Scope 65. Island Press, Covelo, Washington and London.
- 287 WRI. 2014. Op cit.

- 288** Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* **6**: 152-182.
- 289** Bommarco, R., Kleijn, D., and Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution* **28** (4): 230-238.
- 290** Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., et al. 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems in Uganda. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* **157**: 70-86.
- 291** Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Proceedings of the Royal Society B* **363**: 447-465.
- 292** Waddington, H., Snilstveit, B., Hombrados, J., Vojtkova, M., Phillips, D., et al. 2014. Farmer Field Schools for improving farmer outcomes: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews* 2016:6.
- 293** Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Op. cit.
- 294** Brooks, A., Candolfi, M., Kimmel, S., Poulsen, V., Cresswell, J., et al. 2015. The Challenge: Pollinator risk assessment – past, present and future. *Environmental Toxicology and Chemistry* **34**: 1454-1456.
- 295** Calculated from EPA 2014. Benefits of neonicotinoid seed treatments to soybean production. United States Environmental Protection Agency.
- 296** Zuckerberg, K.S. 2016. Why Precision Ag Matters: Precision AgVision Conference.
- 297** Fontana, G., Capri, E., Marchis, M., Rossi, V., De Vivo, R., et al. 2011. IPM seen from the perspective of Sustainable Use Directive Objectives. OPERA Research Center. Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy.
- 298** West, P.C., Gerber, J.S., Engstrom, P.M., Mueller, N.D., Brauman, K.A., et al. 2014. Leverage points for improving global food security and the environment. *Science* **345** (6194): 325-328.
- 299** Howden, S.M., Soussana, J.F., Tubiello, F.N., Chhetri, N., Dunlop, M., et al. 2007. Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104** (50) 19691-19696.
- 300** WRI. 2014. Op. Cit.
- 301** Dobermann, A. 2012. Getting back to the field. *Nature* **485**: 176.
- 302** Willer, H. and Lernoud, J. (eds.) 2016. *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture, Frick, and IFOAM-Organics International, Bonn.
- 303** Willer, H. and Lernoud, J. (eds.) 2015. *The World of Organic Agriculture: Statistics and emerging trends 2015*. FiBL-IFOAM Report. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM Organics International, Bonn.
- 304** Reaganold, J.P. and Wachter, J.M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants* **2**. DOI: 10.1038/nplants.2015.221.
- 305** Stolton, S., Geier, B., and McNeely, J.A. (eds.) 2000. The relationship between nature conservation, biodiversity and organic agriculture. IFOAM, IUCN, and WWF, Tholey-Theley, Germany.
- 306** Gomiero, T., Pimental, D., and Paoletti, M.G. 2011. Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. *Critical Review in Plant Sciences* **30**: 95-124.
- 307** Leifeld, J. 2012. How sustainable is organic farming? *Agriculture, Ecosystems and Analysis* **150**: 121-122.
- 308** Regangold, J.P. 2012. The fruits of organic farming. *Nature* **485**: 176.
- 309** Seufert, V., Ramankutty, N., and Foley, J.A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* **485**: 229-234.
- 310** Jarvis, D.I., Hodgkin, T., Brown, A.H.D., Tuxill, J., Lopez Noriega, I., et al. 2016. *Crop Genetic Diversity in the Field and on the Farm: Principles and Applications in Research Practices*. Yale University Press, New Haven, NY.
- 311** Foley, J.A., et al. 2011. Op cit.
- 312** Monteiro de Carvalho, C., Silveira, S., Lèbre la Rovere, E., and Iwama, A.Y. 2015. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **44**: 867-876.
- 313** Fairhurst, T. and McLaughlin, D. 2009. Sustainable Oil Palm Development on Degraded Land in Kalimantan. World Wildlife Fund, Washington, USA.
- 314** Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E., and Gilligan, C.A. 2014. Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* **4**: 924-929.
- 315** von Witzke, H., Noleppa, S., and Zhirkova, I. 2011. *Meat Eats Land*. WWF Germany, Berlin.
- 316** Shepon, A., Eshel, G., Noor, E., and Milo, R. 2016. Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environmental Research Letters* **11**.
- 317** Seidell, J.C. and Halberstadt, J. 2015. The global burden of obesity and the challenge of prevention. *Annals of Nutrition and Metabolism* **66** (Supplement 2): 7-12.
- 318** Nestle, M. 2013. *Food Politics: How the food industry influences nutrition and human health*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- 319** Puhl, R., Peterson, J.L., and Luedicke, J. 2013. Fighting obesity or obese persons? Public perceptions of obesity-related health messages. *Journal of Obesity* **37**: 774-782. doi:10.1038/ijo.2012.156.
- 320** Ladabaum, U., Mannalithara, A., Myer, P.A., and Singh, G. 2014. Obesity, abdominal obesity, physical activity, and caloric intake in US adults: 1988 to 2010. *American Journal of Medicine* **127** (8): 717.
- 321** Encarnação, R., Lloyd-Williams, F., Bromley, H., and Capewell, S. 2016. Obesity prevention strategies: Could food or soda taxes improve health? *Journal of the Royal College of Physicians, Edinburgh* **46**: 32-38.
- 322** Martin, E. and Cattani, N. 2013. Mexico tackles obesity epidemic with tax on junk food. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-10-29/mexico-tackles-obesity-epidemic-with-tax-on-junk-food> accessed January 10, 2017.
- 323** Cassidy, E.S., et al. 2013. Op. cit.
- 325** Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P., and Hamilton, S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture. *Cultivating agricultural systems for diverse benefits*. *Ecological Economics* **64** (2): 245-252.
- 326** Padgham, J. 2009. *Agricultural Development under a Changing Climate: Opportunities and challenges for adaptation*. Agriculture and Rural Development and Environment Departments Joint Departmental Discussion Paper Issue 1. The World Bank, Washington, DC.
- 327** Garratt, M.P.D., Coston, D.J., Lappage, M.G., Polce, C., Dean, R., et al. 2014. The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation* **169**: 128-135.
- 328** Pagiola, S., Bishop, J., and Landell-Mills, N. (eds.) 2002. *Selling Forest Environmental Services: Market-based mechanisms for conservation and development*. Earthscan, London.
- 329** Troya, R. and Curtis, R. 1998. *Water: Together we can care for it!* The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
- 330** Wunder, S. 2005. *Payment for environmental services: Some nuts and bolts*. CIFOR Occasional Paper number 42. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- 331** Power, A. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **365**: 2959-2971.
- 332** Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Waite, R., and Searchinger, T. 2013. *Reducing food loss and waste*. Working paper, Instalment 2 of *Creating a Sustainable Food Future*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 333** Stuart, T. 2009. *Waste uncovering the global food scandal*. Penguin, London, ISBN: 978-0-14-1-03634-2
- 334** Choudhury, M. L. 2006. Recent developments in reducing postharvest losses in the Asia-Pacific region. In: Rolle, R.S. *Postharvest management of fruit and vegetables in the Asia-Pacific region*, 15-22.
- 335** International Food Policy Research Institute. 2016. *2016 Global Food Policy Report*. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- 336** Pretty, J.N., Morison, J.I.L., and Hine, R.E. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **95**: 217-234.
- 337** Schipanski, M.E., MacDonald, G.K., Rosenzweig, S., Chappell, M.J., and Bennett, E.M., et al. 2016. Realizing Resilient Food Systems. *BioScience* **66** (7): 600-610.
- 338** Byamugisha, F.F.K. (ed.). 2014. *Agricultural Land Redistribution and Land Administration in Sub-Saharan Africa: Case Studies of Recent Reforms*. The World Bank, Washington, DC.
- 339** Binswanger-Mkhize, H.P., Bourguignon, C., and van den Brink, R. (eds.) 2009. *Agricultural Land Redistribution: Toward Greater Consensus*. The World Bank, Washington, DC.
- 340** Bryan, B.A., Crossman, N.D., King, D., and Meyer, W.S. 2011. *Landscape futures analysis: Assessing the impacts of environmental targets under alternative spatial policy options and future scenarios*. *Environmental Modelling and Software* **26** (1): 83-91.
- 341** Bryan, B.A., Crossman, N.D., Nolan, M., Li, J., Navarro, J., et al. 2015. Land use efficiency: Anticipating future demand for land-sector greenhouse gas emissions abatement and managing trade-offs with agriculture, water, and biodiversity. *Global Change Biology* **21** (11): 4098-4114.
- 342** Scharmer, O. 2009. *Theory U: Leading from the Future as It Emerges*. Berrett-Koehler Inc., San Francisco.
- 343** Ferwerda, W.H. 2016. 4 returns, 3 zones, 20 years: A Holistic Framework for Ecological Restoration by People and Business for Next Generations. 2nd edition. Rotterdam School of Management – Erasmus University and IUCN Commission on Ecosystem Management, Gland, Switzerland.

水资源

日益上升的水资源需求导致短缺，耗尽地下水资源，导致土壤很高的盐度水平。同时，由于排水、转化和自然水流的破坏，湿地正迅速消失。这些趋势对健康和环境造成严重影响：减少生态系统服务和生物多样性，并导致高碳排放、土壤沉降、生产性土地丧失和水安全隐患。目前农业、能源和工业的商业模式，包括水价和交易，造成了对浪废水的不利鼓励。快速的计划外城市化和气候变化使事情变得更糟。

土地和水资源管理的综合方法至关重要：这需要减少需求，提高使用效率，保护和恢复我们工作景观中的湿地和流域，为可持续利用提供激励，并设计更可持续的城市。我们拥有可持续管理全球供水-的专门知识，但是我们需要采取协调一致的行动和政治意愿激励公平的水资源共享，并在逐步扩大的范围内改进管理实践。

引言

纵观历史，人类社会的成败与水资源管理的有效性密切相关。最早伟大文明都是在大河的岸边发展起来的（如埃及尼罗河、¹美索不达米亚的底格里斯河和幼发拉底河、印度和巴基斯坦的印度河以及中国的黄河），利用季节性的充足来水供应灌溉系统，创造农业盈余。灌溉系统还帮助农民进军干旱地区，或者在变幻的天气模式中得以生存。²这些文明的最终消亡部分原因是由于他们的水系统的失效，³因为导致干旱、浸害和盐渍化等问题的不善管理。⁴

今天，世界面临越来越多与土地-水相互作用相关问题，这个问题在很多国家地区已经达到了危机的程度。关键问题包括：过度使用和浪费；丰量的波动，干旱和洪水的频度都在增加；对环境和人类健康造成影响的不良水质；以及土地退化的连锁效应。世界正在变得越来越城市化，已有一半的人口生活在城市中，到2050年可能会增加到66%，⁵导致城市供水和卫生系统面临更大的压力。虽然在许多情况下极端的水资源短缺和洪水都是人为造成，但气候变化的影响又增加了一个强有力的因素，加剧了已经不稳定的局面。

来自湿地的水商品和服务对全球经济作出了重大贡献。最近的一项对300多个生态系统服务评估的分析估计，内陆水域每年每公顷平均贡献25682美元，湖泊和河流每年平均每公顷贡献4267美元，⁶在常规经济分析中经常被视为“免费商品”。内陆和沿海湿地以惊人的速度继续恶化或丧失；⁷它们是全球水循环和调节当地水资源可用性和水质量的关键。亚洲每年湿地服务总值估计为700亿美元。⁸虽然一些国家认识到风险和利益的本质，并对其水管理系统进行战略投资，但其他国家在通过政策或创新解决水资源压力方面无所作为。

尽管人口和环境发生了巨大变化，但水问题更多地植根于管理方法、商业模式、过时的政策和实践，而不是实物的限制。可持续水管理的技术基础已广为人知，表明解决方案需要主要针对改变行为和推动多功能系统的水管理方法。⁹恰到好处地对水加以管理，对未来人类和环境的福祉至关重要。

© 联合国/Albert Gonzalez Farran



1. 缺水

导致临时或长期供应影响



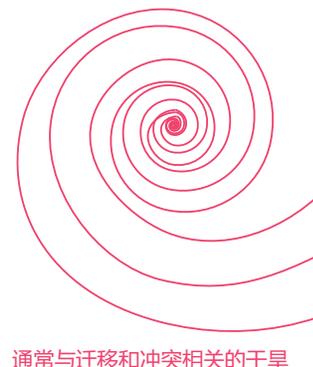
2. 水质差

人类消费和更广泛的环境



3. 极端气候事件数量 上升

包括洪水和干旱



水不安全性的 七大方面

尽管“生命之水”联合国十年行动（2005-2015年）付出了多年努力，世界经济论坛的《2016年全球风险报告》仍确定潜在水危机在世界前十大风险之列，并将其列为潜在影响方面的全球第三大风险。¹⁰ 然而，在关于土地和自然资源在经济发展中的作用的讨论中，水仍然经常靠边站。

可持续发展目标6“清洁饮水和卫生设施：为所有人提供水和环境卫生并对其进行可持续管理”将有望引起对这些问题的更大重视。¹³ 健康的水循环可能是可持续和公平的土地管理政策和实践中最重要的组成部分。

水安全被定义为人类具有获得足量、可接受质量的水的能力，从而维持生计、良好生存状况和社会经济发展，免受水污染和水生疾病的影响，保护生态环境，维持区域安全和政治稳定。¹⁴

世界水大会2015指出：尽管水在安全方面关系重大，但往往不被视为发展的关键决定因素，在许多政治议程中都没有水的影子。¹¹ 2012年《世界水资源开发利用报告》认识到“与水有关的危害占全部自然灾害的90%，其频率和强度正在普遍上升。”此外，2015年的相应报告强调了水与贫困、环境和治理之间的联系：水资源管理不善对所有这三个问题产生了负面影响。¹²

在这里我们讨论水不安全性的七个不同方面：

1. 对供应造成暂时或长期影响的缺水
2. 供人类消费以及在更广泛的环境中的不良水质
3. 极端气候事件数量上升，包括洪水和干旱
4. 越来越多河流和内陆水体自然流动的破坏
5. 由于水文变化和灌溉管理不善造成的土地退化
6. 由于水系和湿地的温室气体排放造成的气候变化影响
7. 生物多样性以及与水有关的生态系统服务丧失

4. 自然流动的破坏

在越来越多的河流和内陆水体中产生

由于水力发电，地球上剩余的自由流动河流将会减少



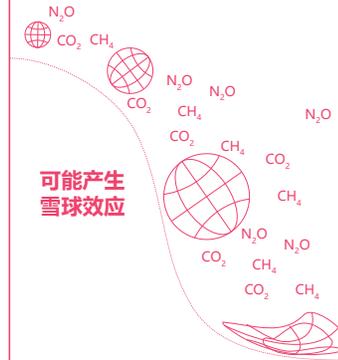
5. 土地退化

由于水文学改变和灌溉管理不善



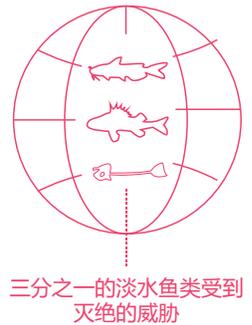
6. 气候变化影响

由于水系和湿地释放温室气体



7. 生物多样性

以及与水有关的生态系统服务的损失



1. 缺水

超过17亿人已经生活在用水量大于自然补给量的江河流域，如果这种趋势继续下去，到2025年，世界人口的三分之二将生活在水压力很大的国家。¹⁵其他估计甚至更为悲观，最多达40亿人，超过地球上一半的人口，已经每年至少有一个月面临严重的水压力，50亿人遭受永久性的水压力；¹⁶世界灌溉面积的71%和主要城市的47%至少发生周期性缺水。¹⁷

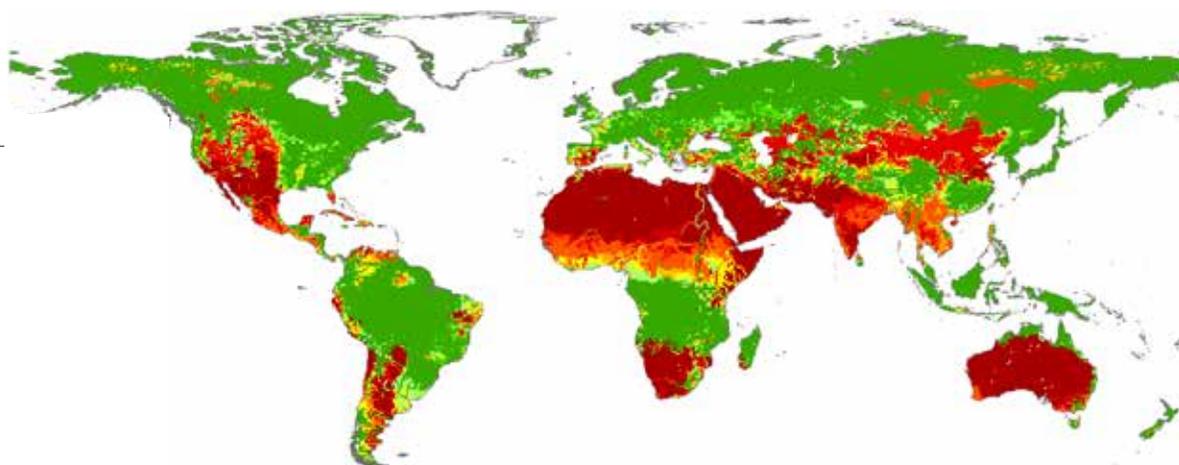
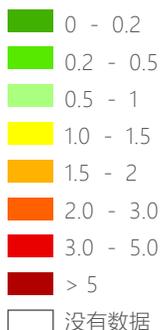
推动短缺的不仅有不断增长的人口，而且还有用水量水平和浪费不成比例的增加以及湿地保水和供水能力的损失。随着人类与水资源变得越来越疏远，他们用水也通常变得越大手大脚。同时，许多工业、能源和农业生产系统中定价制度的缺失，实际上将水作为一种免费或非常便宜的投入来对待，进一步鼓励了浪费。在上个世纪，世界人口增加了两倍，而用水量则增加了六倍，¹⁸很大程度是由于农业用途。¹⁹各种预测表明，水需求将在全球范围内很快超过可靠的供水。^{20,21,22}我们对水压力的严重程度和位置的理解正在提高；越来越先进的模型可以按河流系统和流域以及关键的短缺地区来识别热点。^{23,24,25}

缺水是供应和使用函数：一些非常干旱的地区由于人口密度低或有效的管理做法而不会显示为热点，而人口稠密或工业化区域即使降雨较多，也可能遭受缺水。世界上最受瞩目的一些干涸事件，如出名的哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦之间咸海的消失，²⁷乍得、尼日尔和尼日利亚之间乍得湖的干涸，²⁸几乎完全是由于上游水流的改道。目前的稀缺热点包括印度和中国的大部分地区、美国中西部、南部非洲、地中海地区、中亚和南美西部的大片区域。一些尚未面临短缺的领域，如非洲大部分地区，预计也将由于人口增长和城市化而面临重大问题。²⁹缺水或洪涝的热点可能与由于湿地退化导致集水区的季节性丧失保水能力有关，特别是东南亚和俄罗斯的高山湿地或泥炭地，这导致干旱年份极度缺水 and 更高的火灾隐患。³⁰

图8.1：
水资源短缺热点：
经许可使用²⁶

图例

年平均月度蓝水缺水



水的不安全性可能导致社会不稳定和政治不安全，造成国内³¹以及国与国之间的紧张局势。有几个流域特别危险，包括恒河-雅鲁藏布江、汉江、科马提河、库内内河、库拉-阿拉克斯河、乍得湖、拉普拉塔河、莱姆帕河、林波波河、湄公河、鄂毕河（额尔齐斯河）、奥卡万戈河、奥兰治河、萨尔温江、塞内加尔河、图们江和赞比西河。³²虽然有些人认为紧张局势最终可能造成公开冲突，所谓的“水战”，^{33,34}其他人质疑紧张局势到了多大程度才能发展成为各国之间的冲突。³⁵争论仍在继续，有些人指出降雨变率是推动冲突的更重要因素，甚至指出水量丰富也是一个原因，而另一些人则侧重于大坝在截断各国之间水流的作用。各国非常了解这种紧张关系，自1820年以来已经签署了680多项水条约，以探讨谈判解决淡水资源争端的方式，条约数量正在增加。³⁶大多数分析人士同意，紧张局势在局部引发冲突的可能比全球范围更大，³⁷事实上，部分由于环境退化而引起局部冲突（经常是暴力冲突）的现实已经广受认可。³⁸

在缺乏地表水源的国家，水压力的一个结果是对地下水资源的更多使用。对这些地下水的采水有的比补给更快；而这可能部分原因是由于气候变化导致地下水系统的补给减少，对不可再生资源所谓的“开采”并不被认为是可持续的选择。虽然一些地下水水库仍然很大，储量预计将持续数十年，但水安全仍因其他地方的迅速枯竭而受到威胁，³⁹特别是在旱地，⁴⁰包括华北平原、澳大利亚部分地区、西撒哈拉含水层系统、南美洲的瓜拉尼含水层、美国的高原和中央谷含水层以及印度西北部和中东以下的含水层。⁴¹全球有17亿人生活在地下水资源和/或依赖地下水的生态系统受到威胁的地区。⁴²地下水占全球取水量的三分之一，供应20亿人口和40%以上的灌溉用水。⁴³使用地下水灌溉系统最多的国家是印度（3900万公顷）、中国（1900万公顷）和美国（1700万公顷）。⁴⁴关于储量程度的知识在一些地区仍然非常有限，⁴⁵缺乏监管往往导致不受管制的的使用。

农业是目前全世界水资源匮乏最重要的推动因素；灌溉占全球取水量的70%，甚至在一些地区会面临更严重的用水压力。⁴⁶过去50年投入生产的大部分新土地正在进行灌溉，⁴⁷相关估计显示，由于粮食需求增加，到2050年，农业用水需求将翻一番。⁴⁸集约农业或单一作物农业通常使用更多的水；其他用途分为工业和能源部门（20%）和市政（10%）的需求。农业过度用水的典型促成因素有灌溉系统渗漏过大、现场使用浪费以及种植需水量高的作物。世界上需水量最大的作物是棉花（7000-29000升每千克）；水稻（3000-5000升每千克）；甘蔗（1500-3000升每千克），大豆（2000升每千克）和小麦（900升每千克）。⁴⁹由于种植总量庞大，水稻占农作物总用水量的21%，小麦占12%。

⁵⁰

文本框8.1：蓝水、绿水和灰水



“蓝水”一词是指通过建设大坝，灌溉水渠和水井等基础设施，通常用于灌溉作物的河流、湖泊和地层水资源。“绿水”是以降雨形式进入土壤根区并通过植物蒸发或蒸腾以蒸汽形式返回大气的水。用蓝水灌溉后，被作物使用的消耗部分作为水循环中的绿水部分返回大气。绿水是免费的，因为它的输送不需要大兴土木的基础设施，但其可用性在一年之内和不同年份之间会有变化。蓝水本质上具有更大的储蓄容量，因此短期波动更小，湖泊和地下水尤其如此，但长期的蓝色水过度使用会耗尽资源。通过适当的处理，可以对“灰水”或生活废水进行回收再利用。这些用途包括作为家庭用水以及用于粮食及非粮食作物灌溉，这可以利用灰水中的氮和磷等养分。

牲畜生产用水效率甚至更低，尤其是圈养谷饲动物。牛肉生产用水最多。在美国的检测发现牛肉生产需要的用水量是其他形式牲畜生产的11倍。⁵¹湿地排水造田同样产生了一种重要的水足迹，其中也包括大量使用泥炭地进行牲畜放牧（如荷兰和青藏高原）以及用于生产棕榈油和木浆。除了水分损失外，排水往往导致土地退化，最终是泥炭层（来自氧化）的丧失，影响生物生产力。⁵²

评估用水量更加复杂，因为在农产品出口时，在一个国家使用的水可能是在支持另一个国家的生活方式。水足迹概念确定了每个国家相对于与其人口消费量的真实用水量。一个国家的内部水足迹是其国内用水总量，而外部水足迹是在其他国家用于生产该国进口和消费的商品和服务的用水总量。两者总和就是总的国家水足迹。影响国家水足迹的四大因素：消费量（与国民总收入有关），消费模式（例如肉类消费的高与低），气候（植物生长条件）和耕作方式（用水效率）。⁵³农业效率低下可能是影响水安全的最重要单一因素，因此需要将其视为政策和实践改革的重中之重。

2. 水质不良

水质问题同样具有挑战性，无论是饮用水的获取还是污染对环境的更广泛影响。近30亿人面临安全饮用水问题。按照安全饮用水的获取来衡量，在2015年之前无法持续获得安全饮用水的人口比例减半的联合国千年发展目标⁵⁴已在2010年提前实现。⁵⁵联合国的积极运动和全球水运营商伙伴关系协定的达成对此提供了支持，其目的是建立合作和公用事业伙伴关系的区域平台，向最贫穷的人们提供安全的饮用水。⁵⁶虽然达到了总体目标，显示出有可能在全球范围内得到重大改善，但在几乎一半可提供数据的中低收入国家中并非如此。即使引入了管道水，也没有关于水安全程度的明确数据。⁵⁷缺乏饮用水获取渠道仍是重大的健康危害。2014年，据估计有18亿人仍然使用不安全的供应水，其中11亿多人使用的水源至少有中等风险。^{58,59}在非洲，有3亿多人无法获得清洁饮用水，⁶⁰这包括撒哈拉以南地区17%的城市居民。⁶¹

不安全的饮用水在疾病和死亡方面造成严重的不良影响。腹泻主要由受人体或动物废物污染的饮用水和婴幼儿配方食品造成。这可归结到很多潜在因素：受污染的浅水井，新定居点妨碍政府投资的不合法或临时性质，因城市人口不断增长而不堪重负政府，中央到地方政府财政调拨不足，以及受制于债务的有限资金。⁶²2013年有50多万岁以下的儿童死于腹泻；自2000年以来每年下降超过4%⁶³但这样的死亡人数仍然巨大，而且大多数可以预防。



©Sudipto Das

由于气候变化，降水越来越不稳定，洪水和干旱风险增加往往在不同时期对同一地点造成影响。

水不仅受到人畜粪便的污染，还受到硝酸盐、磷肥、农药、药品、重金属等工业污染物的污染。自1960年代以来，合成氮肥的使用量已经增长了九倍，预计在下半个世纪将进一步增加40-50%，而磷酸盐用量增加了两倍。⁶⁴化肥使用量增加、畜牧生产和化石燃料燃烧导致环境中活性氮水平升高，将硝酸盐水平提高到人类和生态系统健康的安全阈值以上，⁶⁵包括在饮用水中⁶⁶以及通过淡水和沿海水域的富营养化造成的升高。⁶⁷全球氮淋失和流失总量估计为每年3260万吨，绝大多数来自不良的农业实践。⁶⁸过量的磷酸盐加剧了硝酸盐污染的影响。⁶⁹其他形式的农业流失物，包括进入淡水和海洋生态系统的农药、除草剂和杀真菌剂具有对生物多样性的有害影响，⁷⁰包括有时在许多国家的现行立法认定安全的浓度下也会产生的有害影响。⁷¹因此，虽然饮用水质量在污染总量方面有了可喜的改善，但还有很长的路要走，而在农药污染等的其他水质方面，看起来反而在恶化。

3. 极端气候事件数量上升

由于气候变化，降水越来越不稳定，洪水和干旱风险增加往往在不同时期对同一地点造成影响。⁷²北半球高纬度地区的降水量已经有所增加，中国、澳大利亚、太平洋岛屿部分地区的降雨量减少，赤道地区存在较大的变异性，⁷³这些都影响了洪水和干旱的频率和严重程度。⁷⁴2000年，全球30%的城市土地位于高风险洪灾地区，到2030年将可能增长到40%。⁷⁵极端暴雨事件的强度和频率也有可能增加山体滑坡的程度和频率。⁷⁶就像水资源短缺和不良水质一样，洪水对许多社会中最贫穷和最弱势的人群造成不成比例的影响。⁷⁷

强降雨的异常爆发对生活在河流和湿地附近的社区造成更大的危害。自1900年以来，90%的自然灾害与水有关。⁷⁸1995-2005年间，洪灾占气象灾害的47%。3000多次洪灾造成23亿人受灾、15.7万人死亡。到目前为止亚洲地区的受到的影响最大。⁷⁹与水有关的灾害在所有所谓自然灾害中是最常发生的灾害。⁸⁰洪水也带来了很高的经济代价：例如，2006年欧洲的多瑙河洪灾损坏的基础设施和农作物价值超过6.3亿美元。⁸¹



© Oxfam East Africa

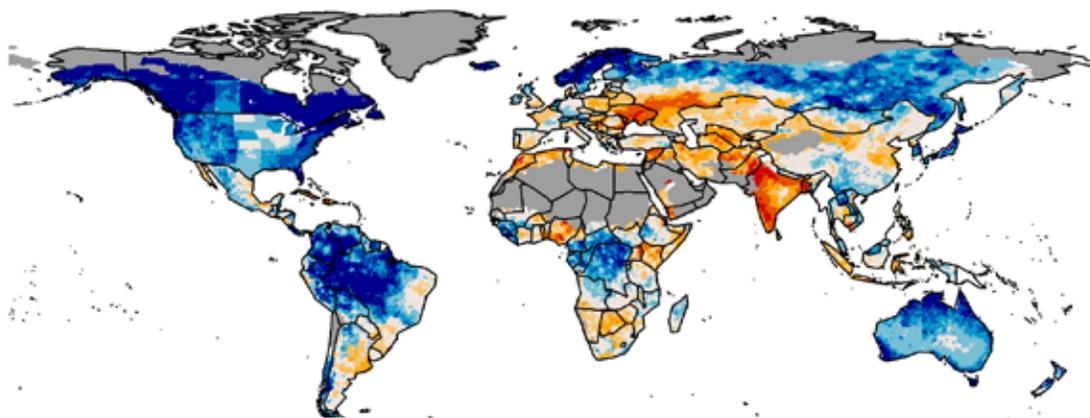
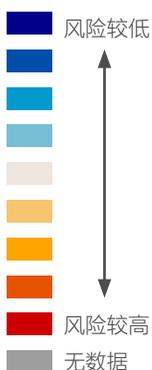
若管理不善，干旱会成为人道主义灾难，在所有层面上产生安全威胁。

缺少降雨也是一个严重的问题。2015年全球有超过5000万人受到干旱的影响。⁸²干旱的频率和强度都可能由于气候变化而升高，其影响也会随着我们继续使用更多的水而增加。干旱会对环境、经济和社会稳定造成巨大损坏。1950-2000年间，世界各地报道共计有296次大型干旱事件（即50万平方公里以上并超过3个月的干旱灾害），⁸³干旱的频率、强度、时间和范围都在稳步增加，⁸⁴在热带和亚热带地区尤其如此。例如在索马里，干旱是导致2011-2013年估计有25.8万人死亡的主要原因。⁸⁵从1900年到2013年，旱灾导致全球经济总计损失达到1350亿美元。⁸⁶若管理不善，干旱会成为人道主义灾难，在所有层面上产生安全威胁。移民和冲突干旱往往伴随干旱而来，特别是在政治局势紧张、机构薄弱、经济问题和部族冲突已经存在的地区。

气候变化可能会在未来产生不断升级的影响。⁸⁷2015年是自一个多世纪前有记录以来最干旱的一年，也是最热的年份之一，在全球大部分地区造成旱情，超过50%的非洲人口受到影响。⁸⁸有记录以来最强烈的厄尔尼诺现象之一加剧了2015年的干旱。⁸⁹在非洲、中东和地中海地区，对水的更高需求量加剧了干旱影响的严重性。⁹⁰干旱造成人类的困难和生态压力。当干旱发生在适应较差的社区和生态系统时（例如最近发生在亚马逊的部分地区），它们也可能导致生态的重大和长期变化。⁹¹与厄尔尼诺 - 南方振荡（ENSO）相关的干旱与影响东南亚数百万公顷泥炭地的重大火灾、造成重大烟雾事件日益密切。2015年，泥炭地火灾和烟雾使印度尼西亚的经济遭受160多亿美元的损失⁹²，超过10.6万人早死⁹³。世界许多地方出现意想不到的严重干旱，例如澳大利亚东南部的2001-2009年“千年干旱”，⁹⁴这迫使人们去反思农业战略和某些由来已久的传统社会的可行性。不断转变的气候常态与更加频繁和更加剧烈的极端天气共同对水和粮食安全产生重大影响。

图8.2：全球干旱风险地图：经许可使用⁹⁶

图例



干旱的类型

气象干旱：降水/水分缺乏，干燥的风和高温加剧了这种缺乏，如果长时间持续可能造成水危机，可能骤然开始和结束。

农业干旱：大气湿度的变化达到造成土壤水分减少的程度，影响到作物和动物以及蒸发/蒸腾。

水文干旱：由于缺乏降水和过度使用农业导致的地表水和地下水的数量和水质下降，往往是气象干旱的后果。

社会经济干旱：受到气象、水文和土壤条件的变化而使能源、食品和饮用水等商品和服务的供应量减少或受到威胁。⁹⁵

主动式干旱管理

增强防旱和旱灾恢复力的关键支柱是：

干旱监测和早期预警系统：评估气象气象站、水资源、水文网络和卫星信息等的充分性；建立集成了气候、水和土壤参数以及社会经济指标的综合干旱监测和早期预警系统。生成全国高分辨率网格化数据，并利用早期预警系统通过计算干旱标准指标作出风险区地图。

脆弱性风险与影响评估：识别出促成脆弱性和社区恢复力的过程；在干旱发生之前制定脆弱社区和地区的风险预案；在干旱发生后掌握干旱影响情况。

干旱风险缓解措施：通过雨水收集、土地复垦、地下水补给、潜在新来源等增加水源供给；通过有效利用水来减少需求，例如审查水资源配置，采用/审查水费，调整法律和制度框架、水价定价、水处理和废水使用/循环使用等，但尤其需要提高农业用水效率；通过平衡灌溉地区的牲畜、管理牧场和放牧地的支持能力、利用本地饲料和草料、哺乳动物/低用水量的基因型等来提高牲畜生产的干旱恢复力。



© Jacinta Lluch
VALEO

4. 自然流动的破坏

主要由于水力发电和地表水存蓄为目的的大坝建设使世界许多主要河系的水文发生迅速改变，这对淡水生态系统和周边社区造成了额外的压力。水坝建设在电力方面提供了巨大的好处，但同时有重大的社会和环境副作用，这些副作用随着时间的推移越来越明显，⁹⁷并导致当地社区和民间社会组织越来越多的抵制。⁹⁸在全球范围内，至少有3700处重要水坝正处于规划或建设中，每座至少有一兆瓦的容量。这些在理论上将全球水电容量增加73%，达到约1700GW，但会将地球上剩余的自由流动河流减少五分之一以上。⁹⁹

大坝的运行可能导致下游的极端干旱情况。例如，在尼日尔河流域上游，规划的水力发电和灌溉计划综合影响据估计将导致三角洲的捕捞量减少31%，使牧场减少28%，对依赖于这些资源的社区造成灾难性后果。除非大坝泄洪有充足的水量和正确时机，否则这些措施将导致类似于1984年最后一次大旱的情况，当时四分之三的三角洲地区干涸，人们大批逃离。¹⁰⁰

考虑到淡水生态系统的纵向和横向连通性的缺失，阻断河流的自由流动有许多破坏性的影响。大坝对鱼类和其他水生物种、下游沉积和可用水、日常生活和运输造成负面影响。水库的蓄水还可能改变下游的水温。¹⁰¹水坝建设本身造成直接的生态系统损失，刺激了迁建，引发进一步的土地转换和生态系统丧失。¹⁰²无论是否与大坝建设相关，森林砍伐都会造成负面反应，增加淤积并改变水文情况、降低水电系统的产出和使用寿命。¹⁰³大坝还伴随高甲烷排放，很大程度上造成了气候变化。¹⁰⁴下游洪泛区洪水减少也会减少地下水补给，并引起区域降水减少。但是，如此重要电力来源的吸引力也意味着更广泛的权衡往往得不到重视。

文本框8.2：改变亚马逊的水文学¹⁰⁵

水力发电大坝建设的大量增加正在改变整个亚马逊河流的流动和完整性：¹⁰⁶影响生态、迁徙鲶鱼和河豚；阻断每年关键的水脉冲；困住鱼苗和幼鱼；¹⁰⁷扰乱河流运输和粮食供应；以及大大减少下游和沿海沉积。¹⁰⁸目前已经有154座大型水电站在运营，主要在巴西，发电功率达到1.8万千瓦，¹⁰⁹还有成千上万的小水坝为牲畜收集水源。¹¹⁰据估计还有277座大型水坝处于初步规划阶段，¹¹¹其中还包括一些保护区和原住民土地，¹¹²装机容量约9.5万千瓦。¹¹³如果这些都继续进行下去，亚马逊河流域将只剩三条自由流动的支流，¹¹⁴这将永久影响生态、经济 and 气候。¹¹⁵一项研究得出的结论是，由于推测的森林损失原因，到2050年水力发电量最多将减少最大输出的75%。¹¹⁶流域尺度规划和社会和环境标准都需要被纳入决策中，以确保能源生产不会破坏其他生态系统服务。¹¹⁷

洼地区构成重大风险。由于泥炭层的基底常常位于海平面或河流平面以下，因此随着时间的推移，土壤沉降将导致洪水风险增加。在许多国家，这个问题通过堤坝和抽水系统的建设得到了缓解，但是考虑到排水泥炭土壤无法避免的持续性沉降，整个景观最终可能处于在海平面以下。例如，由于几个世纪泥炭地排水引流，荷兰的一半国土处于海平面以下，造成水安全和盐水入侵的重大风险，以及在维护基础设施方面的高额成本（预计2010年和2050年，剩余的20万公顷荷兰泥炭地维护成本为250亿欧元）。¹²⁵荷兰早就达到了没有回报的时点，而在东南亚，低洼泥炭地的排水在1970年代才刚刚开始。在热带地区，泥炭地排水导致高的CO₂排放量，¹²⁶造成每年下沉3-6厘米。¹²⁷然而，高水位和季节性降水模式可能会排除堤防和抽水系统减缓的方案。持续的排水可能导致毁灭性的后果，包括大规模的洪水风险和生产性土地的流失。¹²⁸

土地退化直接因为降低整体水质而影响用到用水安全：从地下水的高盐度水平到更多的悬浮固体和农药流入地表水和地下水。水库周围的植被丧失和随后的土壤流失可能导致快速淤积，大大缩短了蓄水池和水力发电厂的使用寿命。¹²⁹水土流失可能导致急剧退化的冲沟和风沙沉积景观。它也可能以更微妙的方式降低农业生产力。无论是全年水分储存能力还是暴雨过后迅速吸收大量水分减少洪灾，裸露、退化和受到侵蚀的土壤水分保留能力都更低。¹³⁰

5. 土地退化

虽然缺水是一个全球性的问题，但天然林和草地向农田的转化却在局部范围增加了当地土壤中的水分。

管理不善的灌溉系统直接破坏土地、降低产量、提高水位，提高盐度和碱度（如苏打碱土）。虽然缺水是一个全球性的问题，但天然林和草地向农田的转化却在局部范围增加了当地土壤中的水分。即使作物没有灌溉，天然植被的转化也会影响水的可用量和水质。过去三百年来，雨养农田增加了460%，牧场增加了560%，减少了蒸散量，增加了补给量（两个数量级）和流量（一个数量级）。¹¹⁸

与此同时，由于浅层地下水位和化肥向含水层和地表水的淋失，农业系统更高的水量通过使盐分流动和提高盐碱度而进一步降低了水质。¹¹⁹矿化地下水灌溉也增加了土壤盐分，降低了作物产率。早在1993年，世界银行就估计20%的灌溉地区由于盐度而导致作物减产，¹²⁰有人估计，高达一半的灌溉地现在受到异常盐度的影响。¹²¹例如，盐度现在影响到墨累达令流域70-80%的地区、咸海流域的一半、尼罗河三角洲的三分之一、¹²²美国面积的28%、巴基斯坦和乌兹别克斯坦的四分之一。¹²³

泥炭地的排水与各种形式的土地退化有关。¹²⁴在中亚和中国的部分地区，其导致以前以泥炭地为主的景观荒漠化、过度放牧造成的显著水土流失以及随之而来的生产率下降。泥炭地排水不可避免地造成土壤压实和泥炭地碳的氧化，导致土壤沉降，在低



©Javier Pedro Fernandez

6. 气候变化影响

湿地管理对气候有重大影响。一般来说，湿地往往是碳汇和氮汇，但可能是其他温室气体（如甲烷）的来源；¹³¹这种平衡决定了湿地是温室气体的净来源还是汇。¹³²在评估湿地通过封存对减缓气候变化作出贡献的程度时，需要谨慎对待。¹³³很明显，它们存储碳的能力提供了大量的全球碳储量。沿海湿地吸收二氧化碳并将其封存在沉积物，从而建立了大量的碳储量，其在这方面地位非常重要。全球湿地虽然只占地球面积的5-8%，但是容纳了与地球总量相比不成比例的约30%土壤碳含量。¹³⁴相反，排水或燃烧泥炭会增加碳和烟雾排放，¹³⁵排水或侵扰其他湿地类型的情况相同。湿地破坏最终导致碳释放，¹³⁶虽然湿地总体碳库总量仍然存在不确定性，但湿地管理不善也可能导致巨大的碳损失¹³⁷。¹³⁸

虽然泥炭地只覆盖了大约3%的土地面积，但它们容纳地球上最大的碳储量，相当于所有其他陆地生物群落包含的碳储量，¹³⁹特别是在北方苔原更为显著。完整的泥炭地每公顷可容纳1300吨碳，¹⁴⁰据估计，有5500亿吨碳储存在全球泥炭地中。¹⁴¹泥炭“热点地区”包括东南亚的热带森林和俄罗斯、加拿大、阿拉斯加和斯堪的纳维亚的苔原地区。排水用于人工林（如油棕树）营建导致排放量急剧上升。¹⁴²据估计，由于泥炭地转化，每年有5-8亿吨碳损失，其主要发生在热带地区。¹⁴³例如，²⁰世纪初期，东南亚地区排水泥炭地的排放量每年为3.55-8.74亿吨，从1997年到2006年，由于泥炭火灾每年另有1400万吨的排放，其主要在印度尼西亚。¹⁴⁴虽然北方苔原地区的碳损失现在要低很多，但随着全球变暖使冰层融化以及泥炭干涸，它们有可能超过热带地区的碳损失。阿拉斯加的某些地点已经从碳汇转为碳源，¹⁴⁵并且有人担心会从北极地区突然释放大量的碳。¹⁴⁶

文本框8.3：拉姆萨尔公约

1971年在伊朗拉姆萨尔签署的《拉姆萨尔湿地公约》是一项国际协定，旨在“保护和明智地使用湿地及其资源。”公约缔约方有义务在其领土范围内指定至少一个合适的湿地（通常列入更多）作为国际重要湿地。虽然所有拉姆萨尔地区都致力于可持续性管理，有些也是官方保护区，而其他地区仍对多种用途开放。《拉姆萨尔公约》为湿地的管理和评估提供技术指导，与自然保护联盟和其他国际组织密切合作，促进全球湿地的可持续性管理。作为其使命的基本要素

公约还促进了明智地使用湿地，并将明智使用定义为“在可持续发展的背景下通过实施生态系统方式实现维持其生态特征”。明智使用是保护和可持续利用这些湿地以及这些湿地提供的所有服务，造福于人类和自然。实际方面包括采用国家湿地政策，保障湿地清查、监测、研究、培训、教育和公众意识，以及制定湿地综合管理计划。¹⁵⁶

当淡水水体及其生物多样性退化或破坏时，其生态系统服务也将丧失。这些服务通常比代替它们的生产用途对社会更有价值，¹⁶⁷因为这些生态系统的服务益处往往分布在很多人之间，而转换和生产的益处往往集中在少数人的手中。生态系统服务通常在它们消失之前并没有真正引起人们的注意，而其恢复（如果可能的话）与一开始就保护功能性生态系统相比代价要高很多。表8.1总结了一些与水有关的重要生态系统服务。

加拿大地区经验发现，通过植被恢复和重建可以减少受损泥炭地区CO₂的损失。¹⁴⁷在过去的工业破坏之后，爱尔兰已经成功地出现了泥炭地恢复，¹⁴⁸东南亚、俄罗斯、阿根廷和喜马拉雅山区也有类似的正面成果。¹⁴⁹作为恢复其自然固碳的能力的方法，目前正在加强恢复沿海湿地（例如：盐沼、红树林，海草床）。例如，肯尼亚、坦桑尼亚、斯里兰卡和印度等国家正在进行大规模的红树林恢复。¹⁵⁰

7. 生物多样性和与水有关的生态系统服务的丧失

尽管有保护和明智地使用湿地方面所做的努力，¹⁵¹自1900年以来，仍然有64%至71%的湿地损失掉。¹⁵²许多其他湿地已经因污染、断流、过度耕种和物种入侵而退化。¹⁵³湿地损失正在以快于其他生态系统的速度继续，其在生态系统服务的损失畸高。¹⁵⁴1970年至2008年间，自然湿地范围在全球平均下降了约30%。¹⁵⁵

这些损失对淡水生物多样性以及周边土地及其群体的健康和生产力产生了后续影响。开放的淡水水域占据面积不到整个地球表面1%，但包含所有已知物种的12%，其中包括所有脊椎动物物种的三分之一。¹⁵⁷淡水生物多样性正在下降，¹⁵⁸三分之一的淡水鱼类¹⁵⁹和30%的两栖动物¹⁶⁰面临灭绝的威胁。例如，鲶鱼占已知亚马逊鱼类的39%，这得益于上游流域的关键产卵区的完整性，¹⁶¹但他们的生存受到在提议在主要河流建设大坝¹⁶²和过度开发的威胁。¹⁶³除了物种生存之外，渔业是食物和收入的重要来源，河流区域的人均鱼类年消费量为94公斤。¹⁶⁴一项对145个主要流域的分析发现，生物学价值最高的流域退化通常也最严重。¹⁶⁵其他淡水种群也受到威胁。许多软体动物活动范围受限，因此易受伤害。在超过1200种Spring Glass蜗牛物种（螺科）中，182种在自然保护联盟红名单上被列为濒危物种。¹⁶⁶

湿地损失正在以快于其他生态系统的速度继续，其在生态系统服务的损失畸高。

表8.1：湿地生态系统服务类型¹⁶⁸

| 服务 | 生态系统服务 | 例子 |
|----|-----------|---|
| 支持 | 初级生产 | 水生植物和湿地植被中的光合作用。 |
| | 养分循环 | 所有湿地生态系统服务的最高总经济价值， ¹⁶⁹ 虽然目前这个价值通常没有实现。 |
| | 生物多样性保护 | 亚马逊有大约6000-8000种鱼类， ¹⁷⁰ 湄公河有850种鱼类。 ¹⁷¹ |
| | 育幼功能 | 对于商业和生活目的非常重要的水生物种育种场地。 |
| | 土壤形成 | 湄公河的沉积物供养了越南50%以上的主粮生产。 ¹⁷² |
| | 海洋生产力 | 河流沉积物同样维护着近海生态系统。每年，500-1000万吨来自亚马逊河和奥里诺科河的泥土 ¹⁷³ 形成了巨大的泥滩， ¹⁷⁴ 供养着红树林生长， ¹⁷⁵ 并维持了高产的渔业。 ¹⁷⁶ |
| | 补给含水层 | 长期稳定的湿地是含水层补给的关键资源，通常是稳定和确保供水的最低成本选择。 ¹⁷⁷ |
| 供给 | 鱼类和其他物种捕获 | 非洲淡水鱼类捕捞量每年超过250万吨， ¹⁷⁸ 尼日尔三角洲生产4万-8万吨/年。 ¹⁷⁹ 湄公河每年产量200万吨， ¹⁸⁰ 供应柬埔寨地区80%的动物蛋白质。 ¹⁸¹ 然而渔业处于危险之中：五大湖地区商业捕捞的物种有4/11现在已经灭绝。 ¹⁸² |
| | 植物采集 | 许多淡水物种被采集用于食物和饲料。 ¹⁸³ |
| | 材料采集 | 纸莎草、芦苇、灯芯草等被用于屋顶、工具、围栏等。 |
| | 牲畜放牧 | 湿地通常是非常高产的牧场，为牧民和牧场主提供季节性草场。 |
| | 作物种植 | 丰富的泥炭土壤供养了高产的农业。 |
| | 能源 | 水力发电是一项重要的能源。在卢旺达纸莎草被压实得到成型燃料。在爱尔兰和苏格兰的部分地区，泥炭切块仍然是一种重要的家用燃料。 |
| | 原材料 | 薪柴和建筑木材从河岸林采集而来。 |
| | 药物 | 淡水植物物种通常用作药物。 |
| 调节 | 洪水 | 湿地吸收洪水而减轻灾害风险。 ¹⁸⁴ |
| | 暴雨保护 | 河岸林和季节性湿地减缓洪水，为下游社区提供保护。 ¹⁸⁵ |
| | 碳封存 | 湿地（特别是泥炭地）是地球上最大的碳储存库， ¹⁸⁶ 每公顷可容纳高达1300吨碳。 ¹⁸⁷ |
| | 稳定气候 | 湖泊的蒸发有助于减少极端气候。 |
| | 水供应 | 一些森林类型（包括山地云雾林 ^{188,189} 和一些古桉树林 ¹⁹⁰ ）可以增加净水流量。 |
| | 水净化 | 林地流域和湿地提供更清洁的水，减少了对水处理的需求。 ¹⁹¹ |
| 文化 | 娱乐 | 湿地可以成为旅游景点：博茨瓦纳的奥卡万戈三角洲每年吸引了12万游客。 ¹⁹² |
| | 文化和艺术 | 湖泊和河流启迪艺术家、音乐家和作家的灵感。 |
| | 精神信仰 | 许多湿地具有当地的神圣价值，或是重要的朝圣地点，如印度的圣地高原湖泊。 ¹⁹³ |
| | 科学和教育 | 淡水水体提供重要的研究和教育中心。 |

水不安全性的间接原因

上面的部分介绍了一些直接的水不安全性原因：灌溉管理不善和畜牧生产，工业、能源、城市部门需求，污染，水坝建设，气候变化，以及人口增长。下面我们讨论一些间接原因：

1. 各自为政的水管理方法
2. 驱动水集约化管理体系的政策和商业模式
3. 起到反向激励作用的贸易和定价模式
4. 人口变化和快速城镇化
5. 气候变化

1. 各自为政的水管理方法

没有综合用水政策的单一部门用水¹⁹⁴往往会导致严重的负面影响。引人注目的例子包括中亚的咸海，到2016年，咸海的大小缩小到1961年的十分之一，这是因为来自两条支流河的大部分水被分流用于灌溉。¹⁹⁵过去40年里，由于干旱和灌溉，非洲乍得湖的面积减少了90%以上。¹⁹⁶相反，一个世纪以来人们已经了解综合或“关联”水资源管理方法的好处，并有几个突出的案例展示了这种方式。¹⁹⁷

然而，相对较大规模的合作仍然很少见。用水规划（如果真有发生）倾向于遵循零碎或孤立的做法，不同部门（甚至一个部门内的不同个体）是竞争而不是合作，付出的代价是共同的福祉。

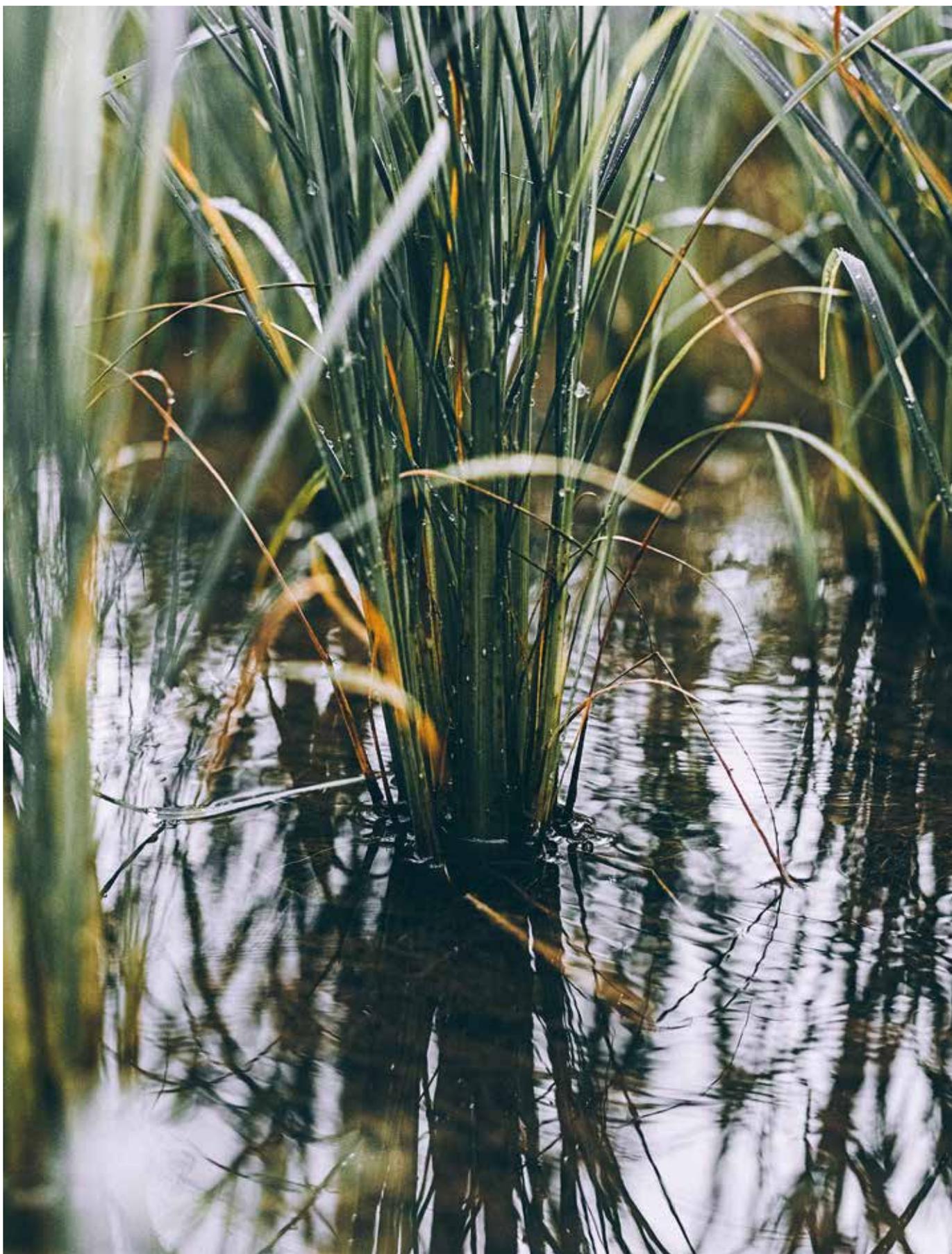
2. 驱动水集约化管理体系的政策和商业模式

现代农业以单一栽培为重点往往会增加对水的使用和影响（见第七章）。例如，在过去50年里，专门用于种植大豆的地区已经增长了十倍，达到100多万平方公里：相当于法国、德国、比利时和荷兰地区加起来的面积。¹⁹⁹增长主要在南美洲，1996年至2004年期间的产量增长了123%。²⁰⁰预计到2050年将进一步增长140%，达到5.15亿吨。²⁰¹大豆种植在南美洲主要为雨养，但在其他地方依靠灌溉。²⁰²大规模转向集约型大豆种植可能会持续减少可用水资源。²⁰³正如阿根廷大豆田中所记录到的那样，水质还因大量使用农药而受到土壤侵蚀和农药残留的影响。²⁰⁴然而大豆是一项数十亿美元的事业，销售动物饲料等高价值产品。更高效使用水资源的替代性生产系统无法与在经济上与大豆竞争，当水价定得过低时尤其如此。

其他作物也使水文系统面临压力。泰国的分析发现，水稻（稻田）生产用水最多，其次是玉米、甘蔗和木薯。后季稻的生产使一些流域处于相当大的压力之下。²⁰⁵泥炭地为了放牧和农作物进行的排水减少了其保水能力，加剧了旱季的缺水和丰水期的洪峰。²⁰⁶

增加农产品进口被作为缺水国家的一项解决方案得到倡导。

如果作物种植在水资源丰富的国家，这个策略可能就提供了一个可持续的解决方案。但如果它们耗尽稀缺的水供应，对贫困社区不利、使土地退化并增加用水压力，就应将它们被视为环境和社会不可持续。



©Peter Hershey

文本框8.4：华北平原水土资源综合管理

中国北方地区的集约化灌溉大大减少了海河流域的河流流量，严重耗尽了灌溉抽水的含水层。中国政府认识到需要采取旨在恢复水资源和减少过度开采的紧急行动。全球环境基金（GEF）的国际水域重点领域支持重大恢复工作，重点突出了水资源综合管理的三个关键进程：（1）组建国家部际委员会；（2）分析河流或含水层状况、不同部门用水、冲突和未来预测情况；（3）制定政策、法律和机构改革与投资的战略方案，通过跨部门的多方利益攸关方参与进程，平衡竞争性使用，协商平衡，形成伙伴关系以采取行动。¹⁹⁸

中国的七年的海河流域水资源综合管理项目开创了水土资源管理改革，提高了河流和含水层的水质，减少了灌溉用水。它引入了：对灌溉用水收取的更高费用，一套基于蒸散量（ET）而不是标准取用量的估计依据中国法律制定的新的水资源权利/分配制度，利用卫星技术支持发放和执行水的分配，以及其他旨在重新平衡粮食和水的安全和流域内环境目标的节水灌溉技术。项目包括水质改善措施，流域水资源使命的能力建设和个体农户对ATM卡的使用。限制抽水配额，以确保节约用水：一旦个人分配量用尽则不再抽水。用于估计蒸散量（30×30米规模）的卫星数据通过模拟模型，以确定减少后向农户主导的用水者协会的分配量，后者将配额再分配给10多万农户。推广服务还通过推荐农场绿水节水，最佳管理实践（例如覆盖，种植模式，滴灌技术）以及种植替代作物以增加农民收入的做法得到帮助。七年后，人均收入增加了193%，水效率提高了82%，消耗量下降27%。节约的这些水有助于稳定含水层，并为生态系统发挥作用提供更多的水。

该项目的成功鼓励中国政府为所有新的水资源分配引入遥感/水权/水资源分配制度。这带来了基于蒸散量的分配系统在整个塔里木湖流域以及随后的整个海河流域系统的全球环境基金/世行/中国资助项目。其他项目成果包括从未合作的各部门之间的正式协定，以及为重振流域使命设立的知识管理制度。最后，与全球环境基金政策相一致的项目目标设定被证明是衡量和评估一段时间内进展的重要因素。

3. 起到反向激励作用的贸易和定价模式

第5章讨论了圈地或大规模收购进行农业出口，但一个重要的相关问题是“虚拟水”形式（种植出口粮食用水的隐性流动）的农产品出口价值。在越来越多的情况下，当外国投资者在进行大规模收购伴随着用水保障时，圈地也是圈水。²⁰⁷

虚拟水贸易正在增长，各国之间的这种特殊的贸易平衡正在随着时间的推移而变化。中国在最近还是一个制造业非食用动植物产品贸易相关用水的虚拟水净出口国，现在则是同样产品世界上最大的虚拟水进口国。²⁰⁸这可能导致小农户迁移、加速的土地退化和水资源的滥用，伴随下游或含水层冲突的产生，在一些软弱政府机关不能或不愿意监管用水时尤其如此。水的企业管控是一个日益分歧严重和政治化的问题。²⁰⁹定价政策（如大食品零售公司为降低卖给消费者的食品价格而实施的定价政策）压榨了农户利润，推动了水的不可持续性使用，如高强度灌溉。

在越来越多的情况下，当外国投资者在进行大规模土地收购伴随着用水保障时，圈地也是圈水。

4. 人口变化和城镇化

人们公认日益增长的人口经常使水资源面临压力。²¹⁰但和人口总数同样重要的是人口流动问题，这种流动或者通过城市化和经济移民逐步进行，或者是由于灾害、战争或内部冲突而导致的人口快速转移。城镇化现在是一个全球性的现象。世界上几乎一半的城市居民生活在不到50万居民的相对较小的居住区，而八分之一左右的居民生活在拥有超过1000万居民的28个超大城市里。直到最近，世界上最大的城市大部分在北半球，但现今越来越多地向南半球集中。增长最快的城市中心是位于亚洲和非洲的中等城市和不到一百万居民的城市。²¹¹

非洲提供了一个突出的城镇化及其对水的影响的范例。1960年，在非洲只有11座居民超过50万的城市，而在撒哈拉以南非洲地区只有5座这样的城市。到2015年，撒哈拉以南地区有84座这样的城市，包括像拉各斯这样有1300多万居民的巨型城市。到2030年，可能会有140多座。²¹²目前的估计显示，2000年至2030年间，非洲将有3亿多新增城镇居民，超过农村人口增长的两倍。²¹³湿地和流域为城市人口同时提供供给服务（例如粮食、水、原材料）和调节服务（如防洪、稳定气候）。但在整个非洲，城市化正在侵蚀两种类型的服务，或者直接通过城市蔓延排干湿地建设住房，或者由于人口密度增加对自然资源的压力、释放更多的污染物、引入入侵物种以及需要更多的水用于农业、工业和民用。

文本框8.5：水与非洲城市

许多非洲城市的市区和近郊的迅速扩张正在对周边水资源施加压力，在这个特别的时期，它们比以往任何时候都需要生态系统服务。例如，快速的城市蔓延和蓬勃发展的园艺产业正在威胁到乌干达坎帕拉周围的鲁登培湾湿地。鲁登培湾是一处拉姆萨尔湿地，几乎完全被纸莎草岛与维多利亚湖的其余部分隔绝。沼泽地从地表径流、污水和工业废物中过滤淤泥、沉积物和过量养分。但是，湿地正在因农业和园艺而迅速损失，一个园艺公司在2013年非法填埋了一部分湿地。²¹⁴与此类似，位于哈拉雷附近的湿地提供了全国一半人口的水源，补给地下水位，过滤和净化水（从而降低净化成本），防止淤积和洪水，并提供有价值的碳汇。湿地是重要的鸟类保护区，同时也是一个拉姆萨尔湿地。然而，由于土地利用变化、非正规农业、化肥污染和滥用商业机井，致使水文遭到破坏，导致过去15年中地下水位平均下降了15-30米。建设能力，提高城市规划者和政府职员对湿地保护重要性的认识是当务之急。²¹⁵

5. 气候变化

气候的迅速变化这种加剧上述水资源不安全性的几乎所有方面。气候变化将对供水产生多重影响，包括冰川和冰盖的融化、降雪和降雨的变化、天气模式日益波动以及更严重的极端气候。总体缺水可能会增加。²¹⁶政府间气候变化专门委员会的结论（有强有力的证据和高度共识）是，气候变化可能会减少大多数干旱亚热带地区的可再生地表和地下水资源。相反，在较高纬度地区，水资源供给可能会增加。许多湿地的组成、结构和功能也会发生变化，许多淡水物种将面临更大的灭绝危险。²¹⁷

全球水安全的综合方法

人们迫切需要新的水资源管理方法。²¹⁸关于水和卫生的可持续发展目标（SDG）6包括强调改善水质（目标6.3）和保护并恢复与水有关的生态系统（目标6.6）。改善水资源管理也是SDG 2（关于粮食安全）和SDG 15（防治荒漠化、停止和逆转土地退化以及遏止生物多样性丧失）的重要组成部分。这种关联方法通过减少无法兼顾的情况和产生远超与更强跨部门一体化相关的事务成本的额外益处，侧重于系统效率，而不是孤立部门的生产力。这种收益将加速实现可持续发展的进程，并鼓励政府、私营部门和民间社会加强水安全。²¹⁹

最大程度加强水安全不是简单的技术问题，也不是单一部门的责任。它需要一系列与人类用水的供应和水质有关的响应；土地资源管理，尤其是土壤；湿地和流域的保护和必要时的恢复；以及对水流量和长期资源供应的调节。²²⁰水管理综合方法的关键要素包括：

- **通过可持续土地管理，特别在农业方面**
- **保护和恢复水相关商品和服务的自然生态系统**
- **致力于可持续城市**
- **地方、国家和国际层面的政策改革**

与水有关的生态系统不能孤立地管理，这是因为流域连接在广阔的地区，全球水循环最终以一个系统整体运转。综合水资源管理（IWRM）²²¹促进水、土地和相关资源的协调发展和管理，以期以公平的方式最大限度地创造经济和社会福祉，同时不损害我们所经营景观的功能和可持续性。

水资源安全最大化既不是一个单一的技术问题，也不是单一部门的责任问题。

通过可持续土地管理来管理水资源

灌溉用水成本高，但作物生产的回报也很高。在美国，7.5%的作物和牧场得到灌溉，产生了40%的农业价值，占耗水量的80-90%。²²²最大限度地提高灌溉技术的效率及其应用显然是一个优先事项，从寻找水源和输配到田间应用，将重点放在灌溉的所有方面。在降水有限地区，即使是小幅作物-水生产力增长，对总体食物生产力和水资源供应也将产生重要影响。²²³此外，还有很多经过验证具有成本效益的土地管理实践，它们可以减少农业浪费，节约农业用水，同时为环境和长期生产力提供额外的好处（见表8.2）。事实上，这些实践没有得到更广泛运用的原因是由于能力或投资、补贴、监管的欠缺以及其他阻碍有效利用的反向激励。在一些国家，文化和宗教习俗也起了一定作用，例如不愿使用灰水。

水资源综合管理数十年来一直是人们的愿望，但由于根深蒂固的部门利益、政治和治理障碍以及无法形成共同的责任感，在实践中经常无功而返。水资源管理者传统上一直侧重于孤立管理水资源，而良好的水资源管理在很大程度上取决于可持续土地管理。²⁴³正如世界各地越来越多的应用所反映的那样，更广泛的综合土地和水资源管理概念继续赢得一席之地。

海河流域七年水资源综合管理项目是中国的几个例子之一，项目开拓了水资源和土地资源管理改革，旨在提高河流和含水层的水质，减少了灌溉用水。²⁴⁵项目显示了国家级节水计划的一些基本要素，其中包括具有综合水法的中央机关；区域和流域级的土地和水资源利用规划；基于水的长期供应和需求的决策框架；充分的研究、示范和推广服务；需求管理体系；设备质量控制；推进用水者协会；以及必要时的土地改革和农业灌溉信贷。

表8.2：农业节水方法的一些实例

| 技术 | 细节 |
|----------------------|---|
| 提高水的可用性/效率 | |
| 经过改进的基础设施 | 施工不良的灌溉河道和沟渠会渗漏水，造成淹水和生产力损失。管道效率更高，但也更昂贵。 |
| 经过改进的灌溉系统 | 土渠网络效率最低，其次是衬砌渠道、压力管道、软管灌溉、喷淋系统、微喷头和滴灌：效率范围从较低的40%到80-90%。 ²²⁴ |
| 保护性农业 | 将最小耕作与覆盖作物和轮作相结合，以减少蒸发、径流和侵蚀 ²²⁵ |
| 有机农业 | 依靠生态过程、生物多样性并且周期适应当地条件的生产系统，避免了使用合成肥料、农药、转基因生物、生长激素和抗生素。 ^{226,227} 有人认为这最大限度地增加了养分的循环利用并增加了土壤有机质，从而提高了土壤的蓄水能力 ²²⁸ |
| 生态农业 | 强调生态系统服务和生物多样性的恢复，加强对水相关生态系统服务的支持 |
| 农林复合 | 混合树木和地面作物通过减少蒸发和蒸腾作用来节约水分。在肯尼亚，土壤蒸发平均减少了35%。 ²²⁹ |
| 参与式灌溉管理 | 用户之间的合作可以提高效率，在新西兰，通过当地控制实现了65%的成本节省。 ²³⁰ |
| 雨水收集 | 存在多种选择方案，从渠道输送到露天水塘，再到膜垄和地下蓄水。 ²³¹ |
| 等高耕作、筑堤和梯田 | 传统上用来减少土壤侵蚀，提高保水效率。 ²³² |
| 覆盖 | 减少水分流失、提高产量，其可行性往往由于缺乏覆盖材料（例如因为在收获后在残株上燃烧或放牧）而受到限制。 ²³³ |
| 早播品种和高用水效率 | 三方面因素很重要：减少损失、增加给固定水量的生物量，并将更多的生物量分配到收获产品中。 ²³⁴ 例如，早播的品种可以在一年中较冷、水蒸发较少的时间内生长。 |
| 水泵 | 可以抽取地下水，并在湿旱季节分明的国家保持全年生产能力。脚踏泵是一类简单而又便宜的系统。 ²³⁵ |
| 减少用水量 | 有时在某些时期可以减少浇水而不会降低作物产量。 ²³⁶ |
| 天气预报短信 | 使用手机分享种植天气预报短信，提高了尼日尔流域各国的用水效率。 ²³⁷ |
| 降雨或干旱无线电台警报 | 在塞内加尔，有915个村长和许多广播电台已经签约服务，覆盖了一半以上的人口。 ²³⁸ |
| 灰水和污水排放利用 | 从工业废水分离的废水可用于灌溉。使用有效的系统，可以用10万人产生的废水灌溉约1000公顷土地。 ²³⁹ |
| 土壤和植物湿度传感装置，电脑作物生长模拟 | 在南非的使用已减少了20%的水损失。 ²⁴⁰ 精准农业等技术为提高用水效率提供了巨大的机会，但同时也需要投资，不到10%的美国农场采用了这些方法 ²⁴¹ |
| 减少对水的需要 | |
| 作物选择 | 在干旱或半干旱地区避免需水量巨大的作物。选择保持土壤和促进菌根系统生长的多年生作物。 |
| 气候智能型农业 | 上述许多技术和方法组合，重点放在因地制宜的气候适应性实践。 |
| 农户支持 | |
| 天气指数保险 | 银行可以为气候适应型农业价值链提供气候智能型的金融服务。 ²⁴² |

文本框8.6： 巴西地区的雨水收集²⁴⁴

巴西东北部是半干旱地区，其严重缺水 and 干旱的特点导致该地区发展不足。“百万雨水收集计划”（P1MC）由该地区的民间社会团体发起，针对住房附近没有安全饮用水源的农村家庭。截至2007年12月，共动员了228541户家庭，建设了221514个雨水收集系统（RWH），并按照计划培训了5848名石匠。P1MC的目标是建设一百万个RWH系统，用于向一百万户家庭分散提供饮用水。该计划尤其使妇女群体受益，因为这减少了她们的日常打水工作。2012年，巴西遭受有记录以来最严重的干旱之一，造成主要作物和牲畜的损失，并使多个水库的水位降至临界水平。干旱引起了不同决策者、专家、国际和本地媒体以及普通民众的关注。巴西此后开始注重从反应性危机管理转向主动的基于风险的方法。

因此，保护区在流域规模的可持续管理方法中可发挥核心作用，²⁵⁴尽管在这方面，淡水生态系统的具体保护往往被忽视。²⁵⁵各种保护区已经覆盖了世界剩余的湖泊和湿地的20.7%，²⁵⁶这有助于形成整体水利政策，实现大规模的恢复和重建。通过保护天然径流情势（不包括非本地物种）以及有时提供整个流域保护，这些地区在维持水服务方面至关重要。²⁵⁷将他们更有意识和集中地纳入水资源综合管理（IWRM）方法是许多国家水战略中仍然缺少的一个重要组成部分。

采用水IWRM成功的案例已经有许多，体现了联合保护和可持续发展的价值。像纽约²⁵⁹和墨尔本²⁶⁰这样的城市已经发现，保护和恢复森林作为清洁水供应而不是投资新的净化厂具有很好的成本效益。在基多和特古西加尔巴周围的保护区，云雾林和高山泥炭地（高寒带）为两个重要的拉丁美洲城市提供了优质的供水。²⁶¹越来越多的国家将战略地位的保护区作为其减少灾害风险政策的一部分。²⁶²湿地的保护和恢复有助于减少碳损失，从而减轻气候变化，尤其值得一提的是当前泥炭地的巨大碳储存正处于威胁。²⁶³

保护和恢复自然生态系统

各种类型保护区已经覆盖了世界剩余的湖泊和湿地面积的20.7%。

确保对未来淡水生态系统服务的提供需要一套协调的战略，在流域或集水区层级进行操作，并与周边陆地生态系统的管理相结合。虽然在必要的建成建筑基础设施投入是这种管理的关键组成部分，²⁴⁶在通过维护天然淡水生态系统为人类社会提供长期的水安全方面，“自然基础设施”²⁴⁷或“绿色基础设施”²⁴⁸需要发挥越来越重要的作用。²⁴⁹²⁵⁰例如，森林流域和一些湿地可以提供比其他生态系统更清洁的水。²⁵¹某些森林（如高山云雾林）²⁵²增加集水区的净流出量。森林和湿地还通过为洪水提供安全消能的空间、阻滞流动速度以及其他重要的生态系统服务来提供重要的防洪机制。²⁵³

认识到这些多重角色，意味着自然生态系统并不经常被作为非生产性以及仅适用供人类利用的系统来看待，而是作为维护人类健康和生计的重要组成部分。这种认识是实现长期水安全的第一步。

文本框8.7：废水利用

合理地利用废水种植农作物有助于解决农业部门的缺水问题。当我们需要生产更多的食物来养活不断增加的人口的时候，农民可以直接通过灌溉来利用废水，也可间接地补给含水层。在突尼斯，废水被广泛用于农林业项目以支持木材生产以及防治荒漠化的努力。在墨西哥中部，市政废水长期以来被用于灌溉作物。过去，生态过程有助于降低健康风险。最近，作物限制措施（一些作物可以利用废水安全生长，而其他作物则不能）和水处理设施的安装已经被并入用水制度中。经过妥善管理，废水可以安全地用于支持作物生产——直接通过灌溉或间接地补给含水层，但这样做需要通过慎重的管理或适当的使用来严格管理健康风险。



© Will Parson / 切萨皮克湾计划

有了政治意愿和利益相关方的参与，保护区的建立和管理就是维护自然基础设施相对简单的政策或监管手段，通常伴随着相关的法律或习惯性保护，以确保一定程度的持久性以及就业、能力和管理政策。²⁶⁴然而，大多数法律框架内的保护责任通常与其他服务和民防的责任分开，这意味着在实践中往往缺少了交叉联系。

文本框8.8：保护天然林进行防洪

阿根廷不规则的降水模式造成洪水和干旱。在所有气候变化的情景下，这些极端气候将会持续并且会更加频繁。目前，该国约四分之一的土地反复被淹，特别是在有三条主要河流（巴拉那河、巴拉圭河和乌拉圭河）、广阔的低洼平原以及一半以上的人口东北区域。防洪方案为最重要的经济和生态领域提供了具有成本效益的行动，并制定了应对频繁洪涝灾害的策略：维护防洪设施、早期洪水预警系统、防洪易发地区环境指南和洪水应急预案。另外，作为防洪体系的一部分，广阔的天然林地得到了保护，从而为昂贵的基础设施提供了相对便宜的替代方案，具有较高的生物多样性保护效益。²⁵⁸

文本框8.9：保护区的供水服务

世界上大多数人口生活在森林流域的下游。²⁶⁵这些流域提供的水质比经过不断土地利用的流域水质更好，后者植被覆盖度较低（因此有更多的土壤侵蚀和沉积），并且可能会受到更多的污染（例如农药和化肥或有毒废物）。²⁶⁶森林提供的益处被依赖于高质量水的公司认可已有多年时间：例如，矿泉水公司Perrier-Vittel为集水区中恢复森林付费，其在集水区中收集法国的水。²⁶⁷世界上最大的城市中有三分之一（105分之33）直接从保护区购买其饮用水的一大部分。这些大城市中至少有五座城市从源自位于保护区内的遥远流域获得水源，至少有八座城市的取水地是管理方式优先考虑提供水方面生态系统功能的森林。²⁶⁸许多最初因为景区或野生动植物价值而得到保护的地区现在也被认为对其水相关福利至关重要。例如，美国加利福尼亚的优胜美地国家公园有助于为旧金山提供高品质的水，洪都拉斯拉蒂哥拉国家公园的云雾林每年为首都特古西加尔巴提供40%以上的用水，基多的150万人口约80%从两个保护区获得饮用水。²⁶

文本框8.10：南非的水资源管理

南非是世界30个最干燥的国家之一。每天每人均平均用水量为173升，而南非人平均用水量比平均水平多62%。²⁷⁷为匹配供需关系，南非在过去几十年中取得重大进步，以提高用水效率。首先，政府在1994年出版了《水与卫生政策白皮书》，其带来了1997年《水服务法》。其次，1998年第36号《国家水法》促进了水资源综合及分散管理办法，强调了经济效益、环境保护、公平和赋权人民的重要性。²⁷⁸

南非是世界上少数几个将充足水资源的基本权利置于宪法的国家之一，声称“人人有获得足够的食物和水的权利”。在此基础上，这两项法案是互补的，建立了持续水资源管理框架，同时实现了改进和扩大的服务提供。《国家水法》（NWA）要求水管理者和政策制定者全面了解水及其各种用途的经济价值以及在水资源综合管理（IWRM）系统的框架内水文、经济和社会层面的水资源供给和需求综合起来的信息系统。²⁷⁹

为生态系统服务付款（PES）计划有助于为生活在水服务提供地区的人们提供经济激励，以维护健康的生态或自然生态系统。一种方法是从受益于饮用水的人和公司收取用户费用，帮助为这些由保护区管理或当地社区提供的集水福利付款。只要存在可识别的补偿来源（愿意支付费用的人）、低成本、良好的信息流动以及在个人之间公平转让福利的方法，这种PES计划就越来越多地被视为可行的经济模式。²⁷⁰

单纯的保护已经不再够用。世界已经损失了相当多的湿地面积，需要大力恢复自由流动的河流、湖泊和池塘、地下水库和正常发挥功能的湿地。因此，恢复是为其生态系统服务管理淡水的另一个重要组成部分。²⁷¹恢复并不仅仅意味着回灌水域或拆除多余的水坝。例如，河流恢复包括“重建自然物理过程（例如流动和沉积物运动的变化）、特征（例如沉积物大小和河流形状）以及河流系统的物理栖息地（包括淹没区、河岸区和洪泛平原区）”。²⁷²相似的原则可以应用于沿海地区的恢复用以阻止侵蚀，这涉及“建设遵循自然”的方式，利用渗透水坝减少波浪能量和促进沉积。²⁷³

因此，对流域规划性恢复和明智保护的结合共同为下游用户保障更大的水安全性。

建设可持续城市

虽然城市对供水和管理带来特殊挑战，它们也通过联系人群、转让专门知识以及支持类似事务的企业群体提供了一系列创新解决方案。眼光长远的地方当局可以促进快速改进。高效的公共交通系统、可再生能源和污水控制都可以减少耗水量和浪费，同时结合定价政策的信息宣传可提高消费者的水资源意识。

可持续城市依赖于管理良好的生态系统。遥远地区的退化就可以影响到城市居民。生活在肯尼亚蒙巴萨港的人们依靠一百英里外凯乌鲁山的水源生活。尽管凯乌鲁是一个保护区，但管理能力的不足意味着不断有非法采伐和定居，威胁着城市用水的安全。²⁷⁴市政当局在生态系统管理的投入通常是合情合理的事情，但是需要有一帮具有想象力的公务员来建立联系并获得必要的资金。尽管与技术措施和公众意识活动相比，其相对有效性仍未得出结论，但鼓励更有效利用水的定价政策是解决城市用水短缺的一种普遍方式。²⁷⁵实现更加可持续城市规划的步骤在第11章中描述。

政策改革

很多在上面识别出的许多改变只有在国家层面强有力的政策和法律的支持下才能实现，制订这些政策和法律所对照的背景是对于需要更谨慎管理水来避免危机的国际协定以及全球认可。需要采取积极的做法，重点维护自然基础设施，实现多种效益，增加水文系统面对环境变化的恢复力，以及以更平等的方式获得清洁和充足的供水。不断变化的消费者行为同样是这个过程的关键部分，尝试这样做可以利用公众意识活动、技术变革，监管和定价政策。虽然所有这些都可能在不同的情况下发挥作用，但仍然存在有关于其相对有效性的争论。²⁷⁶政策不仅需要制定，而且需要有效地传达给政府、行业和社区的利益相关方，以便对实现安全可持续供水的重要性和实际方法有一个透彻的了解。



© AlbertGonzález-Farran

结语

水安全正在受到损害，尤其受到不适合的农业模式、人口构成的迅速变化和气候变化破坏稳定作用的综合影响。个人到国家错误的选择加剧了这种情况。国家和社会群体遭受着水资源短缺和过量的双重影响。湿地的损失、水质的下降以及主要水文系统流动状况的巨大变化导致淡水生物多样性和基本生态系统服务的崩溃。

改善水资源安全需要一种综合的跨行业方法，充分利用土地管理实践和水文系统的健康之间的联系。总而言之，一些最关键的步骤包括：在农业、工业、能源和家庭中更有效地利用水资源；包括定价和分配在内的监管和立法，以鼓励用水效率；加强保护和恢复，以改善流域内的整体生态系统功能性。帮助解决水危机的技术专门知识在很大程度上是已知的，下一步是在所需的规模上应用学到这些经验教训。

参考文献

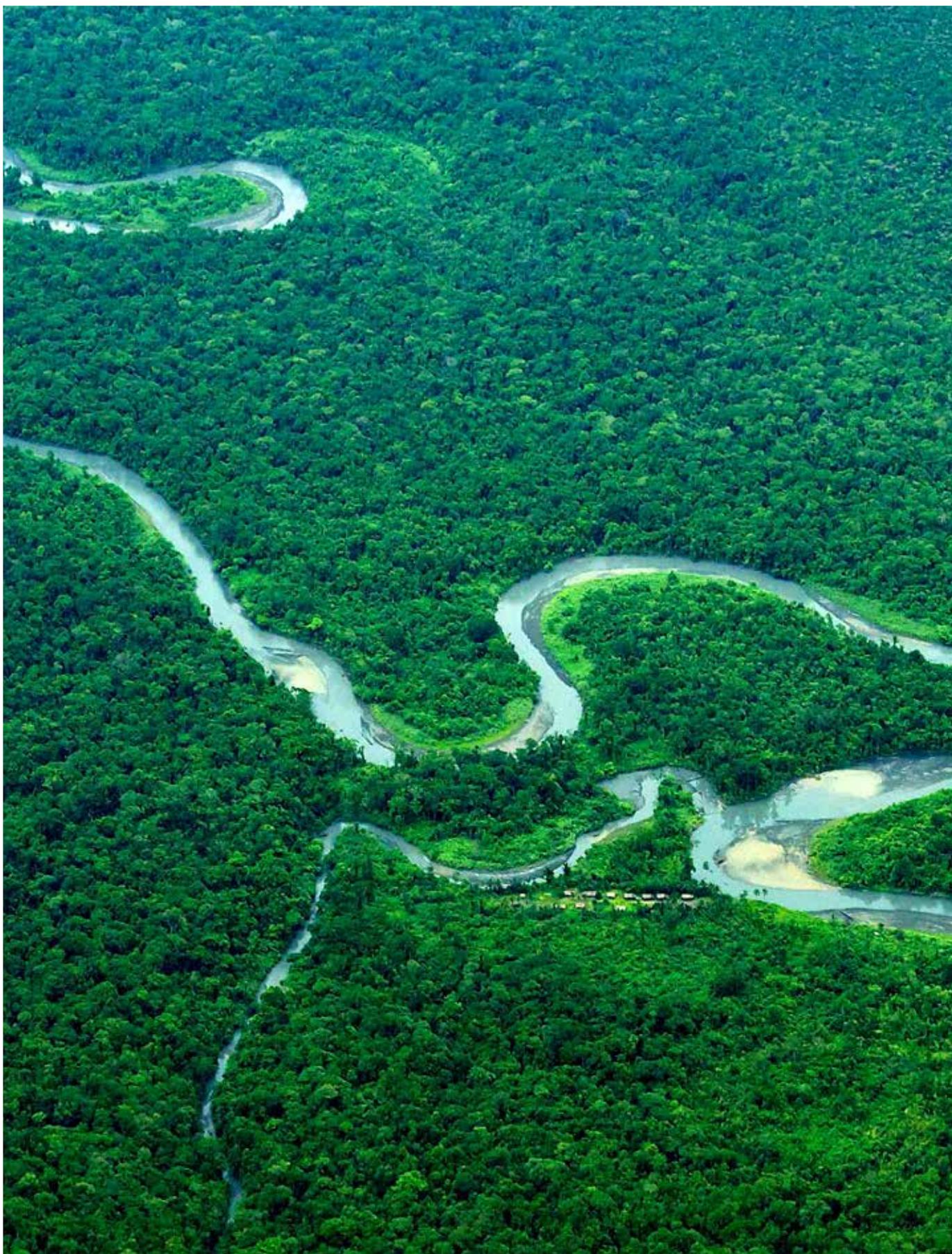
- 1 McIntosh, R.J. 2005. Ancient Middle Niger: Urbanism and the self-organizing landscape. Cambridge University Press, Cambridge.
- 2 Cunliffe, B. 2016. By Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia. Oxford University Press, Oxford.
- 3 Ponting, C. 1992. A Green History of the World, Penguin, Middlesex.
- 4 Jacobson, T. and Adams, R.M. 1958. Salt and silt in ancient Mesopotamian agriculture. *Science* **128**: 1251-1258.
- 5 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. (ST/ESA/SER.A/366).
- 6 De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., et al. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* **1**: 50-61.
- 7 Russi D., ten Brink P., Farmer A., Badura T., Coates D., et al. 2013. The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland.
- 8 McCartney, M., Rebelo, L.M., Senaratna Sellamuttu, S., and de Silva, S. 2010. Wetlands, agriculture and poverty reduction. Research Report 137. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- 9 Lopez Gunn, E. and Ramón Llamas, M. 2008. Re-thinking water scarcity: Can science and technology solve the global water crisis? *Natural Resources Forum* **32**: 228-238.
- 10 World Economic Forum. 2016. Global Risks 2016. 11th Edition. World Economic Forum within the framework of The Global Competitiveness and Benchmarking Network.
- 11 <http://www.iwra.org/congress/2015/> accessed October 8, 2016.
- 12 UN World Water Assessment Programme. 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO.
- 13 <http://www.unwater.org/sdgs/a-dedicated-water-goal/en/> accessed January 1, 2017.
- 14 UN Water. 2013. Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief. United Nations University, Hamilton, Canada.
- 15 UN Water. 2015. http://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml, accessed October 5, 2016.
- 16 Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances* **2** (2) e1500323.
- 17 Brauman, K.A., Richter, B.D., Postel, S., Malsy, M., and Flörke, M. 2016. Water depletion: An improved metric for incorporating seasonal and dry-year water scarcity into water risk assessments. *Elementa: Science of the Anthropocene* **4**: 000083.
- 18 World Water Council. 2000. World Water Vision, Earthscan, London.
- 19 Wallace, J.S. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **82**: 105-119.
- 20 Bogardi, J.J., Dudgeon, D., Lawford, R., Flinkerbusch, E., Meyn, A., et al. 2012. Water security for a planet under pressure: Interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **4**: 35-43.
- 21 Gerten, D., Hoff, H., Rockström, J., Jägermeyr, J., Kummu, M., et al. 2013. Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: Role of environmental flow requirements. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **5**: 551-558.
- 22 Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell Fetzer, S.E.I., Bennett, E.M., et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* **347**. DOI: 10.1126/science.1259855.
- 23 Revenga, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K., and Payne, R. 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. World Resources Institute, Washington, DC.
- 24 Gassert, F., Reig, P., Luo, T., and Maddocks, A. 2013. Aqueduct country and river basin rankings: A weighted aggregation of spatially distinct hydrological indicators. World Resources Institute, Washington, DC.
- 25 Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, 2(2), e1500323.
- 26 Ibid.
- 27 Micklin, P. 2016. The future Aral Sea: hope and despair. *Environmental Earth Sciences* **75**: 844. doi:10.1007/s12665-016-5614-5
- 28 Lemoalle, J., Bader, J.C., Leblanc, M., and Sedick, A. 2012. Recent changes in Lake Chad: Observations, simulations and management options (1973–2011). *Global and Planetary Change* **80-81**: 247-254.
- 29 BESADA, H. AND WERNER, K. 2015. AN ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF AFRICA'S WATER CRISIS ON FOOD SECURITY AND MANAGEMENT, *International Journal of Water Resources Development* **31**: 1, 120-133.

- 30 Joosten, H., Tapio-Bistöm, M.-L., and Tol, S. (eds.). 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation by conservation, rehabilitation and sustainable use. FAO, Rome.
- 31 Poff, N.L., Allan, J.D., Palmer, M.A., Hart, D.D., Richter, B.D., et al. 2003. River flows and water wars: Emerging science for environmental decision making. Biological Sciences Faculty Publications. Paper 233. University of Montana.
- 32 Wolf, A.T., Yoffe, S.B., and Giordano, M. 2003. International waters: Identifying basins at risk. *Water Policy* **5**: 29-60.
- 33 de Villiers, M. 1999. *Water Wars: Is the World's Water Running Out?* London: Weidenfeld & Nicolson.
- 34 Shiva, V. 2002. *Water Wars*. South End Press.
- 35 Katz, D. 2011. Hydro-political hyperbole: Examining incentives for overemphasizing the risks of water wars. *Global Environmental Politics* **11** (1): 12-35.
- 36 Busby, J. 2017. *Water and U.S. National Security*. Discussion paper. Council on Foreign Relations, Washington, DC.
- 37 Wolf, A.T., Kramer, A., Carius, A., and Dabelko, G.D. 2005. Managing water conflict and cooperation. In: *World Resources Institute. State of the World 2005: Redefining global security*. WRI, Washington, DC.
- 38 Barbut, M. and Alexander, S. 2015. Land degradation as a security threat amplifier: The new global frontier. In: Chabey, I., Frick, M., and Helgeson, J. (eds.) *Land Restoration: Reclaiming landscapes for a sustainable future*. Elsevier.
- 39 Famiglietti, J.S. 2014. The global groundwater crisis *Nature Climate Change* **4**: 945-948.
- 40 Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M.F.P., and van Beek, L.P.H. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature* **488**: 197-200.
- 41 Famiglietti, J.S. 2014. Op. cit.
- 42 Gleeson, T., et al. 2012. Op. cit.
- 43 Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., et al. 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory, *Hydrology and Earth System Sciences* **14**: 1863-1880, doi:10.5194/hess-14-1863
- 44 Siebert, S., et al. 2010. Op. cit.
- 45 MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.É.Ó., and Taylor, R.G. Quantitative maps of groundwater resources in Africa. *Environmental Research Letters* **7** (2): 24009-24015.
- 46 Rosegrant, M.W., Ringler, C., and Zhu, T. 2009. Water for agriculture: Maintaining food security under growing scarcity. *Annual Review of Environmental Resources* **24**: 205-222.
- 47 FAO. 2011. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing systems at risk*. FAO and Earthscan, Rome and London.
- 48 UNEP. 2012. *Sustainable Land Use for the 21st Century*. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- 49 WWF. Undated. *Thirsty Crops*. WWF International, Gland, Switzerland.
- 50 Hoekstra, A. and Chapagain, A.K. 2006. Water footprint of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management* **21** (1): 35-48.
- 51 Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., and Milo, R. 2014. Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States, *Proceedings of the National Academy of Sciences* **111** (33): 11996-12001.
- 52 Biancalani R. and Avagyan, A. (eds). 2014. *Towards climate responsible peatlands management. Mitigation of climate change in agriculture. Series 9*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- 53 Hoekstra, A. and Chapagain, A.K. 2006. Op. Cit.
- 54 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC, USA.
- 55 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs290/en/> accessed November 17, 2016.
- 56 Wojciechowska-Shibuya, M. 2016. *The USSGAB Journey*. United Nations, New York.
- 57 Satterthwaite, D. 2016. Missing the Millennium Development Goal targets for water and sanitation in urban areas. *Environment and Urbanisation* **28**: 99-118.
- 58 Onda, K., LoBuglio, J., and Bartram, J. 2012. Global access to safe water: Accounting for water quality and the resulting impact on MDG progress. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **9**: 880-894.
- 59 Bain, R., Cronk, R., Hossain, R., Bonjour, S., Onda, K., et al. 2014. Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. *Tropical Medicine and International Health* **19** (8): 917-927.
- 60 Zingore, S., Mutegi, J., Agesa, B., Tamene, L., and Kihara, J. 2015. Soil degradation in sub-Saharan Africa and crop production options for soil rehabilitation. *Better Crops* **99** (1): 24-26.
- 61 UNICEF and World Health Organization. 2015. *Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 update and MDG assessment*. Geneva.
- 62 UN Habitat. 2003. *Water and Sanitation in the World's Cities: Local action for global goals*. Earthscan, London.
- 63 Liu, L., Oza, S., Hogan, D., Perin, J., Rudan, I., et al. 2015. Global, regional and national causes of child mortality in 2000-2013, with projections to inform post-2015 priorities: An updated systematic analysis. *The Lancet* **385**: 430-440.
- 64 Sutton, M.A., Bleeker, A., Howard, C.M., Bekunda, M., Grizzetti, B., et al. 2013. *Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution*. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative.
- 65 Erisman, J.W., Galloway, J.N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N.B., et al. 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **368** (1621): DOI: 10.1098/rstb.2013.0116.
- 66 Pretty, J.N. and Conway, G.R. 1988. *The Blue Baby Syndrome and Nitrogen Fertilizers: A high risk in the tropics?* Gatekeeper Series number 5. International Institute for Environment and Development, London.
- 67 Smith, V.H., Joye, S.B., and Howarth, R.W. 2006. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography* **51** (2): 351-355.
- 68 Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.J. 2015. Global gray water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. *Environmental Science and Technology* **49**: 12860-12868.
- 69 Sharpley, A.N. 2015. The phosphorus paradox: Productive agricultural and water quality. *Journal of Environmental Indicators* **9**: 3-4.
- 70 Köhler, H.R. and Triebkorn, R. 2013. Wildlife ecotoxicology of pesticides: Can we track effects to the population level and beyond? *Science* **341**: 759-765.
- 71 Beketov, M., Kefford, B.J., Schäfer, R.B., and Liess, M. 2013. Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (27): 11039-11043.
- 72 Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., and Palutikof, J. (eds.) 2008. *Climate Change and Water*, Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP, Geneva.
- 73 Dore, M.H.I. 2005. Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International* **31** (8): 1167-1181.
- 74 Huq, S., Kovats, S., Reid, H., and Satterthwaite, D. 2007. Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change. *Environment and Urbanisation* **19**: 3.
- 75 Güneralp, B., Güneralp, I., and Liu, Y. 2015. Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards. *Global Environmental Change* **31**: 217-225.
- 76 van Aalst, M. K. 2006. The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters*, **30**(1), 5-18.
- 77 Douglas, I., Alam, K., Maghenda, M., McDonnell, Y., McLean, L., and Campbell, J. 2008. Unjust waters: Climate change, flooding and the urban poor in Africa. *Environment and Urbanisation* **20** (1): 187-205.
- 78 UN Water. (Undated). *Water Hazard Risks: A priority for integrated water resource management*. UN Water Policy Brief number 1. United Nations, Geneva.
- 79 Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 2016. *The Human Cost of Weather-Related Disasters*, CRED and UNISDR, Brussels and Geneva.
- 80 Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K.R., Kirschbaum, D.B., Gourley, J., et al. 2010. A digitized global flood inventory (1998–2008): Compilation and preliminary results. *Natural Hazards Journal* **55**: 405-422.
- 81 International Commission for the Protection of the Danube River. 2008. *The Analysis of the Danube Floods 2006: An in depth analysis of the floods on the Danube and its main tributaries in 2006*. Vienna.
- 82 EM-DAT. 2016. *Disasters in Numbers 2015*. International Disasters Database, Brussels.
- 83 Sheffield, J., Andreadis, K.M., Wood, E.F., and Lettenmaier, D.P. 2008. Global and continental drought in the second half of the twentieth century: Severity-area-duration analysis and temporal variability of large-scale events. *Journal of Climate* **22**: 1962-1981.
- 84 Dai, A. 2011. Drought under global warming: A review. *WIREs Climate Change* **2**: 45-65.

- 85 Checchi, F. and Robinson, W.C. 2013. Mortality among populations of southern and central Somalia affected by severe food insecurity and famine during 2010–2012. A study commissioned by FAO/FSNAU and FEWS NET. Rome.
- 86 EM-DAT. The International Disaster Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters- CRED, The Ripple Effect: A fresh approach to reducing drought impacts and building resilience. Bonn, accessed January 13, 2014 and quoted in UNCCD, 2016.
- 87 Gosling, S.N. and Arnell, N.W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change* **134**: 371–385.
- 88 OCHA 2016. El Nino: Overview of impacts, projected humanitarian needs and response, OCHA, March.
- 89 El Nino and La Nina years and intensities. The Oceanic Nino index. <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.
- 90 Wanders, N. and Wada, Y. 2014. Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought. *Journal of Hydrology* **526**: 208–220.
- 91 Marengo, J.A., Borma, L.S., Rodriguez, D.A., Pinho, P., Soares, W.R., et al. 2013. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: Vulnerabilities and human adaptation. *American Journal of Climate Change* **2**: 87–96.
- 92 World Bank. 2016. The Cost of Fire. An economic analysis of Indonesia's 2015 fire crisis. World Bank, Washington, DC.
- 93 Kopplitz, S.N., Mickley, L.J., Marlier, M.E., Buonocore, J.J., Kim, P.S., et al. 2016. Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September–October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. *Environmental Research Letters* **11** (9): doi:10.1088/1748-9326/11/9/094023.
- 94 van Dijk, A.I.J.M., Beck, H.E., Crosbie, R.S., de Jeu, R.A.M., Liu, Y.Y., et al. 2013. The Millennium Drought in southeast Australia (2001–2009): Natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society. *Water Resources Research* **49**: 1040–1057.
- 95 Wilhite, D.A. and Glantz, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* **10** (3):111–120.
- 96 Carrão, H., Naumann, G., and Barbosa, P. 2016. Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. *Global Environmental Change* **39**: 108–124.
- 97 World Commission on Dams. 2000. Dams and Development: A new framework for decision-making. Earthscan, London.
- 98 Pearce, F. 1992. The Dammed: Rivers, dams and the coming water crisis. The Bodley Head, London.
- 99 Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., and Tockner, K. 2014. A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* **77** (1): 161–170.
- 100 Wetlands International, 2016. New Irrigation Plans Threaten Flood Production Inner Niger Delta. Wetlands International news release. September 21, 2016. <https://www.wetlands.org/news/new-irrigation-plans-threaten-food-production-inner-niger-delta/>
- 101 Macedo, M.N., Coe, M.T., DeFries, R., Uriarte, M., Brando, P.M., et al. 2013. Land-use-driven stream warming in southeastern Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B* **368**: 20120153.
- 102 Pearce, F. 1992. Op. cit.
- 103 Douglas, E.M., Wood, S., Sebastian, K., Vörösmarty, C.V., Chomitz, K.M., et al. 2007. Policy implications of a pan-tropic assessment of the simultaneous hydrological and biodiversity impacts of deforestation. *Water Resources Management* **21**: 211–232.
- 104 Guérin, F., Abril, G. Richard G., Burban B., Reynouard C., et al. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Hydrology and Land Surface Studies. Geophysical Research Letters* **33** (21): doi:10.1029/2006GL027929.
- 105 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., and Stolton, S. 2016. Living Amazon Report 2016. WWF Living Amazon Initiative, Brasília, Brazil.
- 106 Tundisi, J.G., Goldemberg, J., Matsumura-Tundisi, T., and A.C.F. Saraiva. 2014. How many more dams in the Amazon? *Energy Policy* **74**: 703–708.
- 107 Canas, C.M. and Pine, W.E. 2011. Documentation of the temporal and spatial patterns of Pimelodidae catfish spawning and larvae dispersion in the Madre de Dios (Peru): Insights for conservation in the Andean-Amazon headwaters. *River Research and Applications* **27**: 602–611.
- 108 Castello, L. and Macedo, M.N. 2015. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology* **22** (3): 990–1007.
- 109 Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., et al. 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters* **6** (4): 217–229.
- 110 Macedo, M. and Castello, L. 2015. State of the Amazon: Freshwater Connectivity and Ecosystem Health. WWF Living Amazon Initiative, Brasília, Brazil.
- 111 Castello, L., et al. 2013. Op. cit.
- 112 Bernard, E., Penna, L.A.O., and E. Araújo. 2014. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. *Conservation Biology* **28** (2): 1523–1739.
- 113 Macedo, M. and Castello, L. 2015. Op. cit.
- 114 http://wwf.panda.org/wwf_news/?264030/Large-scale-degradation-of-Amazonian-freshwater-ecosystems
- 115 Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. *PLoS ONE* **7**: e35126.
- 116 Claudia M., Stickler, C.M., Coe, M.T., Costa, M.H., Nepstad, D.C., et al. 2013. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (23): 9601–9606.
- 117 Macedo, M. and Castello, L. 2015. Op. cit.
- 118 Scanlon, B.R., Jolly, I., Sophocleous, M., and Zhang, L. 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. *Water Resources Research* **43** (3) doi:10.1029/2006WR005486.
- 119 Scanlon, et al. 2007. Op. cit.
- 120 Umali, D. L. 1993. Irrigation-induced Salinity: A growing problem for development and the environment. World Bank Technical Paper number 215. Washington, DC.
- 121 Pitman, M.G. and Lächli, A. 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Lächli, A. and Lüttge, U. (eds.) *Salinity: Environment – Plants – Molecules*. Kluwer Academic Publishers, pp. 3–20.
- 122 Schwabe, K.A., Kan, I., and Knapp, K.C. 2006. Drainwater management for salinity mitigation in irrigated agriculture. *American Journal of Agricultural Economics* **88**: 133–149.
- 123 Umali, D. L. 1993. Op. cit.
- 124 Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., et al. (eds.) 2008. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Main report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- 125 Born, v. d., G.J., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Bommel, van, B., et al. 2016. Dalende bodems, stijgende kosten. Den Haag.
- 126 Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., et al. 2010. Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences* **7**: 1505–1514.
- 127 Hooijer, A., Page, S., Jauhiainen, J., Lee, W.A., Lu, X.X., et al. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences* **9**: 1053–1071.
- 128 Hooijer, A., Verminnen, R., Mawdsley, N., Page, S., Mulyadi, D., et al. 2015. Assessment of impacts of plantation drainage on the Kampar Peninsula peatland, Riau. Deltares report 1207384 to Wetlands International, CCLUA and Norad.
- 129 Douglas, E.M., et al. 2007. Op. cit.
- 130 Pagliola, S. 1999. The Global Environmental Benefits of Land Degradation Control on Agricultural Land. World Bank Environment Paper Number 16. The World Bank, Washington, DC.
- 131 Ramsar Secretariat. 2002. Climate change and wetlands: Impacts, adaptation and mitigation. COP8 Information Paper, DOC 11.
- 132 Bridgman, S.D., Megonigal, J.P., Keller, J.K., Bliss, N.B., and Trettin, C. 2006. The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands* **26**: 889–916.
- 133 Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., et al. 2011. A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment* **9**: 552–560.
- 134 Nahlik, A.M. and Fennessey, M.S. 2016. Carbon storage in US wetlands. *Nature Communications*. DOI: 10.1038/ncomms13835.
- 135 Turetsky, M.R., Benscotter, B., Page, S., Rein, G., van der Werf, G.R., et al. 2015. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. *Nature Geoscience* **8**: Pages:11–14 Year published: DOI:doi:10.1038/ngeo2325
- 136 Mitra, S., Wassmann, R., and Vlek, P.L.G. 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current Science* **88** (1): 25–35.
- 137 Ramsar Secretariat, Ramsar Scientific & Technical Review Panel and Biodiversity Convention Secretariat 2007. Water, wetlands, biodiversity and climate change: Report on outcomes of an expert meeting. March 23–24, 2007, Gland, Switzerland.

- 138** Mitra, S., Wassmann, R., and Vlek, P.L.G. 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current Science* **88**: 25-35.
- 139** Parish, F., et al. (eds.) 2007. Op. cit.
- 140** Pena, N. 2008. Including peatlands in post-2012 climate agreements: Options and rationales. Report commissioned by Wetlands International from Joanneum Research, Austria.
- 141** Sabine, C.L., Heimann, M., Artaxo, P., Bakker, D.C.E., Chen, C.T.A., et al. 2004. Current status and past trends of the global carbon cycle. In: Field, C.B. and Raupach, M.R. (eds.) *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*. Island Press, Washington, D.C., USA, pp. 17-44.
- 142** Verwer, C., van der Meer, P., and Nabuurs, G. 2008. Review of carbon flux estimates and other greenhouse gas emissions from oil palm cultivation on tropical peatlands – identifying gaps in knowledge, Alterra report 174.1. Alterra, Wageningen, Netherlands.
- 143** Trumper, K., Bertzyk, M., Dickson, B., van der Heijden, G., Jenkins, M., et al. 2009. The Natural Fix? The role of ecosystems in climate mitigation, A UNEP rapid response assessment, United Nations Environment Programme, UNEP WCMC, Cambridge, UK.
- 144** Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., and Page, S. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943.
- 145** Callaghan, T.V., Björn, L.O., Chapin III, F.S., Chernov, Y., Christensen, T.R., et al. 2005. Arctic Tundra and Polar Desert Ecosystems. In ACIA, *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge UK.
- 146** Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Russell, G., Lea, D.W., et al. 2007. Climate change and trace gases, *Philosophical Transactions of the Royal Society* **365**: 1925-1954.
- 147** Erwin, K. 2009. Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management* **17**: 71-84.
- 148** Farrell, C. and Doyle, G. 2003. Rehabilitation of industrial cutaway Atlantic blanket bog in County Mayo, North-West Ireland. *Wetlands Ecology and Management* **11**: 21. doi:10.1023/A:1022097203946.
- 149** Wetlands International 2008. Advice to UNFCCC Parties for COP14 and associated meetings, December 2008, Wetlands International, Wageningen, Netherlands.
- 150** <http://thebluecarboninitiative.org/> accessed February 17, 2017.
- 151** Mauerhofer, V. 2011. A bottom-up 'Convention-Check' to improve top-down global protected area governance. *Land Use Policy* **28**: 877-886.
- 152** Davidson, N. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research* **65**: 934-941.
- 153** Revenga, C. and Yura, K. 2003. Status and Trends of Biodiversity of Inland Water Ecosystems. Technical Series number 11. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- 154** Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 155** Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R., et al. 2016. Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends Index. *Biological Conservation* **193**: 27-35.
- 156** Ramsar Convention Secretariat. 2016. *An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands*, 7th edition. (previously *The Ramsar Convention Manual*). Gland, Switzerland.
- 157** Garcia-Moreno, J., Harrison, I., Dudgeon, D., Clausnitzer, V., Darwall, W., et al. 2014. Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. In: Bogardi, J., Bhadurim, A., Leentvaar, J. and Marx, S. (eds.) *The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance*. Springer, Switzerland, pp. 247-270.
- 158** Strayer, D.L. and Dudgeon, D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society* **29**: 344-358.
- 159** Collen, B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., et al. 2014. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography* **23**: 40-51.
- 160** Stuart, S.N., Hoffman, J.S., Chanson N.A., Cox, et al. 2008. *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Editions, Barcelona.
- 161** Barthem, R. and Goulding, M. 1997. *The catfish connection: Ecology, migration and conservation of Amazon predators*. Columbia University Press, New York.
- 162** Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Op. cit.
- 163** Petrere, M. Jr., Borges Barthem, R., Agudelo Córdoba, E., and Corrales Gómez, B. 2004. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **14**: 403-414.
- 164** Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., et al. 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters* **6**: 217-229.
- 165** Revenga, C., Murray, S., Abramovitz, J., and Hammond, A. 1998. *Watersheds of the World: Ecological Value and Vulnerability*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 166** Darwall, W., Smith, K., Allen, D., Seddon, M., Mc Gregor Reid, G., et al. 2008. Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., and Stuart, S.N. (eds.) *The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland.
- 167** Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 168** Modified from De Groot, R.S., Stuij, M.A.M., Finlayson, C.M., and Davidson, N. 2006. *Valuing wetlands: Guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services*, Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27. Ramsar and the CBD, Gland, Switzerland and Montreal, Canada.
- 194** Llamas, J. 1987. Risk of drought and future water requirements on a regional scale. *International Journal of Water Resources Development* **3**: 260-265.
- 195** Micklin, P. 2016. Op. cit.
- 196** Gao, H., Bohn, T.H., Podest, E., McDonald, K.C., and Lettenmaier, D.P. 2011. On the causes of the shrinking of Lake Chad. *Environmental Research Letters* **6** (3).
- 197** Huxley, J. 1943. *TVA: Adventure in Planning*. The Architectural Press, London.
- 198** Duda, A.M., Menzies, S., Severin, C., Hume, A., Sundstrom, K.R., et al. 2012. *Contributing to Global Security: GEF Action on Water, Environment, and Livelihoods*. Global Environment Facility, Washington, DC.
- 199** WWF. 2013. *Soy and Biodiversity Loss: Expanding markets, declining ecosystems and what we can do about it*. WWF International, Gland, Switzerland.
- 200** FAO. 2007. *Future Expansion of Soybean 2005-2014*. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Rome, Italy.
- 201** Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Paper presented at the FAO Expert Meeting, June 24-26, 2009, Rome on "How to Feed the World in 2050." Food and Agriculture Organization of the United Nations, Economic and Social Development Department, Rome, Italy.
- 202** Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2006. Op. cit.
- 203** Bäse, F., Elsenbeer, H., Neill, C., and Krusche, A.V. 2012. Differences in throughfall and net precipitation between soybean and transitional tropical forest in the southern Amazon, Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **159**: 19-28.
- 204** Pengue, W. 2005. Transgenic crops in Argentina: The ecological and social debt. *Bulletin of Science, Technology and Society* **25**: 314-322.
- 205** Gheewala, S.H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S.R., et al. 2014. Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. *Water* **6** (6): 1698-1718.
- 206** Biancalani R. and Avogyan, A. 2014. Op. cit.
- 207** Mehta, L., Veldwisch, G.J., and Franco, J. 2012. Introduction to the Special Issue: Water grabbing? Focus on the (re) appropriation of finite water resources. *Water Alternatives* **5** (2): 193-207.
- 208** Carr, J.A., D'Odorco, P., Laio, F., and Ridolfi, L. 2013. Recent history and geography of virtual water trade. *PLoS One* **8** (2): e55825.
- 209** Barlow, M. and Clarke, T. 2002. *Blue Gold: The battle against corporate theft of the world's water*. Earthscan, London.
- 210** De Sherbinin, A. and Dompka, V. (eds.) 1998. *Water and Population Dynamics: Case studies and policy implications*. American Association for the Advancement of Science, New York.
- 211** United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. Op. cit.
- 212** Satterthwaite, D. 2014. *Cities of more than 500,000 people, Visualisation*. International Institute for Environment and Development, London. <http://www.iied.org/cities-interactive-data-visual>
- 213** Currie, E.L.S., Fernández, J.F., Kim, J. and Kaviti Musango, J. 2015. Towards urban resource flow estimates in data scarce environments: The case of African cities. *Journal of Environmental Protection* **6**: 1066-1083.
- 214** Information from the Ramsar Secretariat.
- 215** <http://www.monavalevlei.com/>, accessed February 1, 2015.
- 216** Gosling, S.N. and Arnell, N.W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change* **134**: 371. doi:10.1007/s10584-013-0853-x.
- 217** IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.

- 218** Gleik, P. 2003. Global freshwater resources: Soft path solutions for the 21st century, *Science* **302**: 1524-1528.
- 219** Hoff, H. 2011. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- 220** Van Beek, E. and Lincklaen Arriens, W. 2014. Water Security: Putting the concept into practice. TEC Background Papers number 20. Global Water Partnership, Stockholm.
- 221** Grigg, N.S. 2008. Integrated water resources management: Balancing views and improving practice. *Water International* **33** (3): 279-292. DOI:10.1080/02508060802272820.
- 222** Schaible, G.D. and Aillery, M.P. 2012. Water Conservation in Irrigated Agriculture: Trends and Challenges in the Face of Emerging Demands, EIB-99, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- 223** Brauman, K.A., Siebert, S., and Foley, J.A. 2013. Improvements in crop water productivity increase water sustainability and food security – a global analysis. *Environmental Research Letters* **8**: doi:10.1088/1748-9326/8/2/024030.
- 243** Bossio, D., Geheb, K., and Critchley, W. 2010. Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. *Agricultural Water Management* **97**: 536-542.
- 244** Nogueira, D. 2008. <http://genderandwater.org/en/gwa-products/knowledge-on-gender-and-water/articles-in-source-bulletin/brazil-rainwater-harvesting-in-semi-arid-region-helps-women-1/brazil-rainwater-harvesting-in-semi-arid-region-helps-women>.
- 245** Song, X., Ravesteijn, W., Frostell, B., and Wennersten, R. 2010. Managing water resources for sustainable development: The case of integrated river basin management in China. *Water Science and Technology*, **61**: 499-506.
- 246** Tortajada, C. 2014. Water infrastructure as an essential element for human development. *International Journal for Water Resources Development* **30** (1): 8-19.
- 247** Krchnak, K.M., Smith, D.M., and Deutz, A. 2011. Investing in Natural Infrastructure to advance water-energy-food security. IUCN and The Nature Conservancy, Gland, Switzerland and Washington, DC.
- 248** Benedict, M.A. and McMahon, E.T. 2006. Green Infrastructure: Smart cities for the 21st century. *Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series*. The Conservation Foundation, Washington, DC.
- 249** Gartner, T., Mulligan, J., Schmidt, R., and Gunn, J. 2013. Natural Infrastructure: Investing in forested landscapes for source water protection in the United States. World Resources Institute, Washington, DC.
- 250** Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., et al. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* **467**: Pages: 555-561.
- 251** Aylward, B. 2000. Economic Analysis of Land-use Change in a Watershed Context presented at a UNESCO Symposium on Forest-Water-People in the Humid Tropics, Kuala Lumpur, Malaysia, July 31 –August 4, 2000.
- 252** Bruijnzeel, L.A. and Hamilton, L.S. 2000. Decision Time for Cloud Forests, IHP Humid Tropics Programme Series no. 13, IHP-UNESCO, Paris.
- 253** Turner, R.K., Georgiou, S., and Fisher, B. (eds.) 2008. Valuing Ecosystem Services: The case of multifunctional wetlands, Earthscan, Oxford.
- 254** Naughton-Treves, L., Buck Holland, M., and Brandon, K. 2005. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual Review of Environmental Resources* **30**: 219-252.
- 255** Abell, R., Allan, J.D., and Lehner, B. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation* **134**: 48-63.
- 256** Juffe-Bignoli, D., Harrison, I., Butchart, S.H.M., Flitcroft, R., Hermoso, V., et al. 2016. Achieving Aichi Biodiversity Target 11 to improve the performance of protected areas and conserve freshwater biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **26** (Supplement 1): 133-151.
- 257** Saunders, D.L., Meeuwig, J.J., and Vincent, A.C.J. 2002. Freshwater protected areas: Strategies for conservation. *Conservation Biology* **16** (1): 30-41.
- 258** World Bank. 2010. Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based approaches to climate change, The World Bank, Washington, DC.
- 259** Collins, B.R. and Russell, E.W.B. (eds.) 1988. Protecting the New Jersey Pinelands: A New Direction in Land Use Management, New Brunswick and London: Rutgers University Press.
- 260** Peel M., Watson, F., Vertessy, R., Lau, A., Watson, I., et al. 2000. Predicting the Water Yield Impacts of Forest Disturbance in the Maroondah and Thomson Catchments using the Macaque Model Technical Report, Report 00/14, December 2000, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology and Melbourne Water, Australia.
- 261** Gorenflo, L.J. and Warner, D.B. 2016. Integrating biodiversity conservation and water development: In search of long-term solutions. *WIREs Water* **3** (3): 301-311.
- 262** Dudley, N., Buyck, C., Furuta, N., Pedrot, C., Renaud, F., et al. 2015. Protected Areas as Tools for Disaster Risk Reduction. A handbook for practitioners. IUCN and Ministry of Environment Japan, Gland, Switzerland and Tokyo.
- 263** Joosten, H., Tapio-Biström, M.L., and Tol, S. (eds.) 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use: Second edition. FAO and Wetlands International, Rome.
- 264** Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Op. cit.
- 265** Reid, W.V. 2001. Capturing the value of ecosystem services to protect biodiversity. In: Chichilensky, G., Daily, G.C., Ehrlich, P., Heal, G., and Miller, J.S. (eds.) *Managing human-dominated ecosystems*. Monographs in Systematic Botany 84, Missouri Botanical Garden Press, St Louis.
- 266** Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) 2010. Arguments for Protected Areas. Earthscan, London.
- 267** Johnson, N., White, A., and Perrot-Maître, D. 2002. Developing markets for water services from forests: Issues and lessons for innovators. *Forest Trends*, USA.
- 268** Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Op. cit.
- 269** Hamilton, L. 2008. Forests and water, FAO Forestry paper 155. FAO, Rome.
- 270** Stavins, R.N. 2002. Experience with market-based environmental policy instruments, *Nota di Lavoro*, Fondazione Eni Enrico Mattei, No. 52.2002.
- 271** McDonald, R.I. and Shemie, D. 2014. Urban Water Blueprint: Mapping conservation solutions to the global water challenge. The Nature Conservancy, Washington, DC.
- 272** Addy, S., Cooksley, S., Dodd, N., Waylen, K., Stockan, J., et al. 2016. River Restoration and Biodiversity: Nature-Based Solutions for Restoring the Rivers of the UK and Republic of Ireland. IUCN National Committee for the UK.
- 273** van Wesenbeeck, B.K., Balke T., van Eijk P., Tonnejck, F., Siry, H.Y., et al. 2015. Aquaculture induced erosion of tropical coastlines throws coastal communities back into poverty. *Ocean and Coastal Management* **116**: 466-469.
- 274** Information from a protected area management effectiveness tracking tool assessment, carried out for the Zoological Society of London, September 2015.
- 275** Sauri, D. 2013. Water conservation: Theory and evidence in urban areas of the developed world. *Annual Review of Environment and Resources* **38**: 227-248.
- 276** Sauri, D. 2013. Op. cit.
- 277** Government on water scarcity and drought 2015. South African Government. <http://www.gov.za/speeches/government-water-scarcity-and-drought-13-nov-2015-0000>
- 278** Hassan R. and Crafford J. 2006. Environmental and economic accounts for water in South Africa. Edward Elgar Publishing, UK. 114-168.
- 279** McKinney, D., Cai, X., Rosegrant, M., Ringler, C., and Scott, C. 1999. Modelling water resources management at the basin level: Review and future directions. International Water Management Institute, Sri Lanka.



生物多样性与土壤

随着人口和消费水平的提高，自然生态系统正在被农业、能源、矿业和定居点所取代。土地管理不善导致土壤生物多样性普遍流失，破坏了全世界的粮食生产系统。在森林砍伐、草地流失、湿地排水和流量破坏的冲击下，生态系统正在崩溃，所有这些都导致生物多样性危机和地球历史上最快的灭绝率。

然而，我们依靠活土壤和生物多样性来支撑正常发挥功能的生态系统，并支持基于土地的生产性自然资本。威胁正在增加，这需要坚定和持续的响应。需要在景观尺度上综合保护、可持续管理和必要情况下的恢复，以确保多样化、生机盎然的地球未来。



引言

生物多样性一词是指完整的生命多样性——生态系统、物种和种内变异。¹1992年签署的《生物多样性公约》（CBD）强调了其至关重要的意义。但是，尽管全球保护工作的努力，地上和地下的生物多样性仍然处于退缩状态，威胁到地球的土地基础以及向人类提供的服务。五个关键趋势显而易见：

- **土壤及其生物多样性的退化**，破坏了粮食生产和其他关键生态系统服务
- **森林砍伐和森林退化**，特别是在热带地区
- **天然草地的丧失**及其向易受侵蚀、物种贫乏生态系统的转化
- **湿地消失**，造成淡水生物多样性的危机
- **大规模生物灭绝**，野生植物和动物物种前所未有的损失

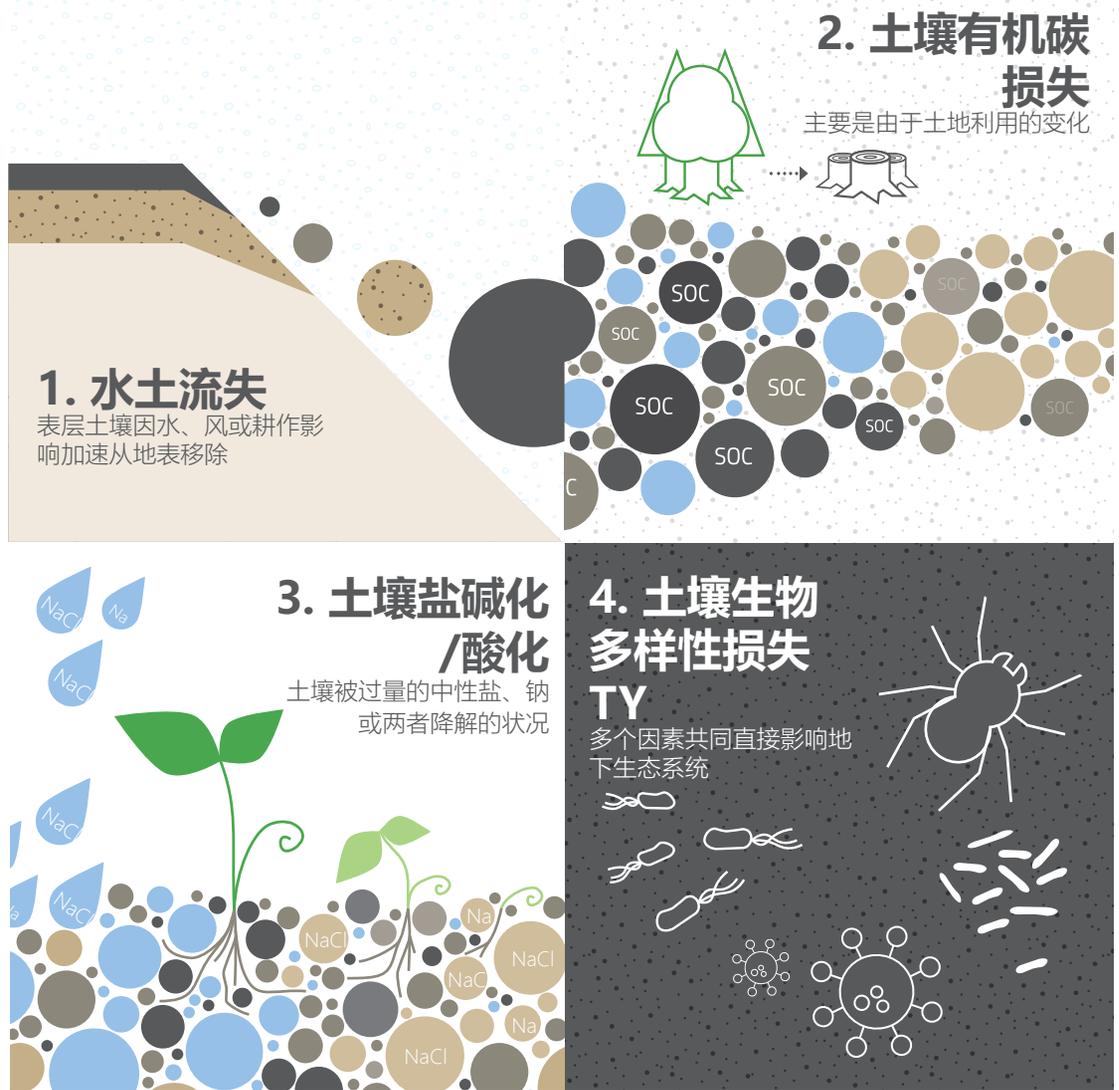
许多这些令人不安的趋势通常众所周知。事实上，可持续发展目标15.5表示“采取紧急重大行动来减少自然栖息地的退化，遏制生物多样性的丧失，到2020年，保护受威胁物种，防止其灭绝。”

土壤是所有陆地生态系统的基础，但土壤状况及其生物多样性通常在环境评估中几乎被忽略。作为土地资源的重要组成部分，土壤问题在这里给予了特别的关注。

1. 土壤及其生物多样性的退化

土壤生态系统的健康和安全性是生物多样性的一个方面，这个方面往往因为人们关注于标志性和五颜六色的物种而显得无足轻重。《世界土壤宪章》规定：“土壤为地球生命之本，然而，人类对土壤资源的压力正在接近临界极限。生产性土壤的进一步流失将严重损害粮食生产和粮食安全，并加剧粮价波动，有可能使数百万人陷入饥饿和贫困。这种损失是可以避免的。认真实施土壤管理是实现可持续农业的一个基本要素，并提供宝贵的气候调节手段和保障生态系统服务和生物多样性的途径。”²

土壤提供的生态系统服务（尤其包括对粮食安全、气候变化缓解、保水和生物量的贡献）在土壤类型之间显著不同，一些土壤提供了许多好处，而其它土壤则很少。³然而，目前世界约五分之一的人口在退化农地上生活和工作，⁴社区、政府和公司⁵现在正在开始意识到对新的可持续土壤管理方法的迫切需求。维持（或在许多情况下其恢复）承压生态系统中的土壤健康将需要有针对性的公共政策。⁶



健康的土壤有助于确保粮食安全、气候调节、水和空气质量以及地上和地下丰富的生物多样性；也有助于防止侵蚀、荒漠化和滑坡。⁷土地和土壤这两个词通常被错误地用作同义词。土地是并不永久处于水下的地球固体表面，而土壤是地球表面上松散的矿物或有机物质，起到陆生植物生长的天然培养基的作用。⁸土地利用变化影响土壤条件，通常导致其恶化。

土壤侵蚀：地表土壤在水、风或耕作的作用下加速脱离土地表面。耕地或集约化牧场的估算土壤侵蚀率比自然侵蚀率高出100-1000倍，更远远高于土壤形成速率。¹¹随后的养分损失需要通过施肥填补，付出巨大的经济和环境代价。例如，如果以化肥的美国农场价格为指导，全球土壤侵蚀每年要为氮肥花掉3360亿美元，为磷肥花掉77-140亿美元。¹²

2015年《世界土壤资源状况报告》⁹确认了对土壤的主要威胁。在全球层面，水土流失、有机碳损失和营养不平衡被认为是最严重的威胁。紧随其后的是土地盐碱化、土壤生物多样性丧失、土壤污染、酸化、压实及淹水、土壤封闭和土地占用。¹⁰



5. 土壤污染

由于滥用农业投入物、采矿残渣、化石燃料和其他污染物

6. 土壤酸化

由植被降水和分解引起的天然长期过程

7. 土壤压实

大大降低土壤的长期生产力

8. 土壤密封和土地占用

由于城市化进程加快，土地利用规划不足

全球土壤侵蚀的成本很难估计，但科学家们开始警告即将发生的危机。全球土壤受水侵蚀的可能范围是每年200-300亿吨。风蚀率非常不确定，约4.3亿公顷的旱地特别易受其侵蚀。¹³对耕地上的风蚀造成粉尘上扬的估算所给出的上限约为每年20亿吨。¹⁴热带和亚热带地区丘陵地带农田的侵蚀率可能达到每年每公顷50-100吨，全球平均每年每公顷10-20吨。草地不一定更加稳定。热带和亚热带地区山地的牧场和草地，可能以与热带农田相似的速度受到侵蚀，存在过度放牧时尤其如此。此外，水造成的土壤侵蚀导致农田年均流出2300-4200万吨的氮通量以及1460-2640万吨的磷通量，¹⁵其中大部分污染了淡水生态系统。

土壤有机碳：全球土壤有机碳（SOC）损失的主要驱动因素是土地利用变化和随后的管理实践，特别是用农田以及较小程度上用牧场和种植园替代热带森林¹⁶以及将热带草地转变为农田和种植园。¹⁷选择性伐木的影响较小。¹⁸土地覆被变化是随时间推移影响SOC变化的主要驱动因素，其后的是气温和降水。¹⁹ SOC在农田植树、闲置休耕、使用绿肥种植或转为草地时增加；²⁰在温带气候中，农田还林还草形成了类似的持久SOC碳汇。²¹固存碳的其他选择是免耕或低耕农业、添加生物炭或蚯蚓粪便（增加抗分解材料）或使用多年生作物。土壤有机碳是动态的，管理实践可能将土壤变成温室气体的净碳汇，也可能变成净排放源。²²

砍伐森林是导致土壤碳含量减少的主要原因，热带地区的平均影响水平是温带地区的两倍。²³包括耕作在内的土地管理实践是SOC损失的第二大驱动因素，非洲、亚洲和太平洋地区的区域评估将缩短休耕期和有机投入物的竞争用途（例如使用动物粪便作为燃料，或燃烧秸秆控制土壤传播的病原体）²⁴确认为SOC减少的主要原因。火灾（特别是野火）也减少了土壤碳和氮。²⁵泥炭地在排水时是一种排放特别大量碳的土壤生态系统；²⁶全球约有25万平方公里在农田和草地之下²⁷和超过50万平方公里在森林下的排水泥炭地。²⁸

土壤养分平衡：是植物根系可从土壤区域获得的营养物质的净增益或损失。土壤动植物通过固氮、矿物质吸收和其他过程在决定养分平衡方面起关键作用。负的养分平衡表明净损失，因而土壤肥力下降，而养分平衡的正值表明净增益，即一种或多种植物养分物质进入土壤系统比被取出更快。正的养分平衡也表明对自然资源（能量和磷和钾等有限资源）的低效利用，造成促使气候变化的泄漏，降低了地表水和地下水资源的质量。在全球范围内，除南极洲以外，所有大陆的氮和磷土壤养分平衡均呈正值，预计将保持稳定，或在最坏的情况下，到2050年将增加高达50%。²⁹相反，在区域和地方尺度上，特别是在非洲、亚洲和南美洲的部分地区，土壤养分稀缺，因为负平衡而限制了植物生长。³⁰

土壤盐碱化：土壤因为过量的中性盐、钠或两者的原因发生退化的情况。过多的土壤盐分可以通过改变植物吸收水分的能力对植物造成损害，有时是直接毒性植物。在系统中淋出速度更快时，盐分会因为含盐地下水向上芯吸的作用、降水或灌溉而在土壤中积累。天然原因包括土壤母质的风化、含盐水侵入以及大气中湿性或干性海盐的沉积。人为因素包括使用高盐或高钠灌溉水、土壤中盐和钠的管理不善，以及允许地下水上升到土壤表面附近的做法，例如土壤排水不足和用浅根系植物代替深根植被。在全球范围内，受盐影响的土壤的范围是9.55亿公顷，而次生盐渍化影响约770万公顷，其中58%在灌溉地区。³¹据估计，20%的灌溉农田受到因盐而引发的影响减产，估算经济损失为273亿美元。³²

土壤生物多样性丧失：单独或组合的多种因素直接影响地表生态系统。土壤生物多样性的丧失不仅仅是一个保护的问题，还损害了多种生态系统功能，包括分解速率、养分保留、土壤结构发育和养分循环。³³清洁的水、病虫害防治、土壤肥力和作物生产以及缓解气候变化需要这些功能。因此，解决土壤生物多样性的损失是建立健康土壤的关键一步。

土壤生物群落高度多样化，在一个生态系统内可以容纳数百万物种和数十亿的个体，³⁴包括很高水平的特有分布。³⁵土壤里容纳了世界生物总多样性很大一部分。³⁶到目前为止，最丰富多样的生物群体是土壤细菌和真菌，它们在分解土壤有机质、粘接土壤聚集体以防止侵蚀，以及实现有效排水、持水和通气中起着至关重要的作用。土壤动物群还包括原生动物（变形虫、鞭毛虫、纤毛虫）、线虫（以根、微生物或线虫为食物）、螨虫、跳虫、蚜虫和蚯蚓。这些生物一起形成驱动土壤生态系统过程（如养分循环和碳固存）的食物网，是物质、能量和营养成分全球循环的主要组成部分。³⁷土壤食物网在提供有助于保持作物生产力³⁸和生物多样性的生态系统服务方面也发挥了关键作用。³⁹（见表9.1）

表9.1：土壤中的植物和动物种群

| 土壤生物群 | 例子 | 功能 |
|-------|---------------|---|
| 动物群 | 蚯蚓 | 死亡和降解有机质的主要分解者，从细菌和真菌获得营养，产生养分的循环 每年产生数吨排泄物，改善土壤结构 刺激微生物活性 混合和团聚土壤 增加入渗 为其他生物提供根系生长和栖息的通道 从欧洲和亚洲进入美国北部（冰川所在地）的外来蚯蚓物种导致森林地 层枯落物层的损失，现在威胁着森林未来的再生。 ⁴⁰ |
| | 线虫 | 以微生物为食，控制病害并使养分循环 帮助传布微生物 以植物根部为食的杂食动物或植物寄生虫 ⁴¹ |
| | 节肢动物（如弹尾虫、甲虫） | 破碎有机物质 刺激微生物活性 增强土壤团聚 改善水分入渗 防治有害生物 |
| | 原生动动物 | 通过捕食细菌、真菌和土壤动物来矿化养分，从而使矿物营养物可供植物和其他土壤生物使用，从而有助于养分循环 通过产生生长素类似物刺激侧根生长 ⁴² |
| 植物群 | 真菌 | 通过分解有机质使养分循环 通过真菌菌丝（Mycorrhizal fungi）将养分转运到植物 水动力学 病害抑制 增强土壤团聚 分解有机质，形成土壤有机碳，改善土壤结构 |
| | 细菌 | 分解和消耗土壤有机质 通过土壤食物网成为能量和养分流的一部分 分解和降解农药和污染物 增强土壤团聚 完成非活性氮和活性氮之间的转化 |
| | 放线菌 | 降解难分解的化合物 |

土壤污染：滥用农业投入、采矿残渣、化石燃料和其他致污物，可能会造成危险程度的重金属、微量元素、放射性核素、农药、植物营养物和其他污染物。⁴³土壤污染程度难以评估或量化。在西欧，已确定了34.2万个污染场址，⁴⁴美国的污染场址影响面积达930万公顷，⁴⁵其中约有1400个是高度污染的超级基金场址。⁴⁶虽然这些是遭受极度污染的地方，但受扩散污染源影响的土地数据（如来自上风冶炼厂的重金属气溶胶沉积数据）较少能得到，但在许多国家却代表了土地资源的很大一部分。一般来说，过量的养分和农药是许多农业地区的主要问题。

土壤酸化：这是一个涉及从土壤中浸出碱性阳离子的长期自然过程，可能受农场管理实践（例如使用含铵肥料、连续收获固氮作物）、化石燃料的酸沉积和矿山排放的影响而加速。尤其可以在有古老土壤或潮湿气候的地区看到自然酸性土壤。高达30%的无冰土地有酸性土壤（pH值低于5.5），面积大约40亿公顷，⁴⁷世界上有一半的可耕种土壤是酸性的。⁴⁸土壤酸化限制了植物养分的有效性，可能导致可溶性铝和锰达到毒性水平，并抑制豆类的固氮。解决这种威胁需要与施用石灰、石膏和其他碱性材料来降低酸度相关的经济和环境代价。



© David Lebeck

最近的一项估计显示，在人类历史上，全球农业土地已经释放了500-700亿吨碳。

土壤压实：大大降低土壤的长期生产力，影响作物产量，增加地表径流和水土流失，有时还会增加风蚀的影响。⁴⁹频繁重型车辆碾压和犁地造成的浅土压实，⁵⁰是最永久性的土壤退化形式，可能持续数十年或几个世纪。⁵¹土壤压实的主要原因是车辆重量和使用频率的增加，⁵²虽然家畜过度践踏也是一个因素。⁵³压实抑制有益土壤微生物的生长，⁵⁴缩小小型无脊椎动物的栖息地，⁵⁵减少养分的获得，⁵⁶并可能导致甲烷的排放。⁵⁷长期减少或保护性耕作是减少这种威胁的一种方法。⁵⁸

土壤封闭：快速的城市化和缺乏土地利用规划可能导致土壤封闭，⁵⁹即土壤表面被混凝土、路面或其他不透水表面或多或少地永久性封闭。除了直接损失农田外，土壤封闭还降低了区域吸收水的能力，因此更容易受到城市受淹加剧的影响。这些问题在第11章中有更详细的讨论。

农业中使用的土壤（“驯化土壤”）是其野生前身的高度改良形式，并且经常失去许多原始性质，包括其大部分碳含量和其他养分。最近的一项估计显示，在人类历史上，全球农业土地已经释放了500-700亿吨碳。⁶⁰

表9.2：毁林前沿

2. 森林砍伐和森林退化

可持续发展目标15.2提出“推动对所有类型森林进行可持续管理，停止毁林，恢复退化的森林，大幅增加全球植树造林和重新造林。”

地面以下的影响被地面上的快速转变反映和影响。一些最引人注目的变化发生在森林里。砍伐森林开始于史前时代，在欧洲殖民扩张期间加速，⁶¹并继续至今。在大多数温带地区，森林面积在历史低谷之后正在扩大⁶²但这完全被热带地区的损失所抵消。⁶³几十年前遭受森林砍伐的许多热带森林⁶⁴现在已经几乎消失了。尽管森林砍伐总体速度正在放缓，但2010年至2015年，热带森林面积每年下降550万公顷；⁶⁵其他类型的森林遭受了退化⁶⁶，或者被过度放牧、变成灌木丛或转为种植园。全球70%以上的森林面临进一步退化的风险。⁶⁷

净森林损失预计将持续数十年。一组11个毁林的前沿（见表9.2）显示了，在一切照旧并且没有干预措施之下，预计2015年至2030年期间最大的永久森林损失或严重退化。⁶⁸森林损失对土地造成严重影响，尤其在森林生长在砍伐易造成大量碳排放的泥炭地上，或者在林木损失导致迅速水土流失的旱地上时。

森林受到干扰的比例更高。2003年，40-55%的温带和北方森林被归类为“不受人干扰”（即至少有200年未受到过干扰）。其中90%以上在俄罗斯和加拿大，在美国、澳大利亚（自那时起有重大损失）、北欧国家、日本和新西兰有少量地区。在欧洲其他国家，不受干扰的比例通常为零至小于1%，使欧洲温带森林成为世界上最濒危的生态系统之一。⁷⁹

全球70%以上的森林面临进一步退化的风险。

| 毁林的前沿 | 到2030年的预计损失，百万公顷 |
|------------------|--------------------|
| 亚马逊 | 23-48 |
| 乔科-达连地区 | 3 |
| 塞拉多（巴西大草原） | 11 |
| 大西洋沿岸森林/ 格兰查科 | ~10 |
| 刚果盆地 | 12 |
| 东非沿岸森林 | 12 |
| 婆罗洲 | 21.5 |
| 苏门达腊岛 | 5 |
| 新几内亚 | 7 |
| 大湄公河地区 | 15-30 |
| 澳大利亚 | 6 |
| 共有11个毁林前沿 | 136.5-176.5 |

3. 天然草地的丧失

自然和半自然的草地受到人类管理的严重影响，这种管理既在摧毁也在创造草地，彻底改变了其组成和更新方式。影响包括火灾频率和强度的变化、⁸⁰放牧的种类和强度、⁸¹非本地草种的引进、⁸²农药的使用、⁸³入侵植物和动物物种⁸⁴和空气污染。⁸⁵开垦天然林常常产生新的草地地区。⁸⁶相反，草地正在被摧毁，以生产大豆、油棕，⁸⁷棉花、⁸⁸木浆⁸⁹和生物燃料。⁹⁰草地引人注目的变化正在拉丁美洲、⁹¹北美、⁹²非洲、⁹³亚洲、⁹⁴大洋洲发生，⁹⁵也发生在欧洲的零星地区发生。⁹⁶虽然其中一些变化已经发生了上千年，生态系统有某种程度上的适应，但世界许多地方的变化速度正在增加。全球土壤健康危机与世界天然和半自然草地的管理密切相关。

与森林和其他生态系统相比，人们对于草地生态状况知道的相对较少。有人曾经试图区分天然和非天然草地，⁹⁷并将它们的分布绘成地图，⁹⁸为具有较高保护价值的草地制定标准，⁹⁹以及确定拉丁美洲生物多样性丰富的草地。¹⁰⁰但这些尚未转化为全球评估。¹⁰¹对草地状况的知识在全球范围内尚不完整，但确实显示了严重损失。

文本框9.1：南美干旱森林的毁林活动

格兰查科是南美洲最大的干旱森林，覆盖1亿公顷，⁶⁹位于阿根廷、巴拉圭、玻利维亚和巴西，⁷⁰具有较高的生物多样性。⁷¹从2000年至2012年，阿根廷、巴拉圭和玻利维亚的查科平原经历了世界上最高的热带森林损失率，⁷²在2013年8月达到**每天1973公顷**。⁷³从2010年至2012年，这些国家的823868公顷森林被砍伐，在巴拉圭达到四分之三。⁷⁴在阿根廷，由于森林砍伐速度加快，已经在30年内砍完了120-140万公顷（占全国总量的85%）。⁷⁵随着对砍伐残留大西洋森林的控制收紧，该国其他地方的压力全部被加到了格兰查科，而作为阻力的社会成本有时受到强烈的压制。⁷⁶在玻利维亚，1980年代的森林砍伐进程为每年1.6万公顷，1990年代为每年12万公顷，到1998年，80%的森林已经明显支离破碎；⁷⁷保护区也没有得到幸免。⁷⁸

2000年的分析显示，49%的草地轻度中度退化，另有5%严重退化。¹⁰²温带草地是改变最大的陆地生态系统，¹⁰³只有4.5%在保护区内。¹⁰⁴森林保护可能增加对草地的威胁，¹⁰⁵如在巴西，自愿性的《亚马逊大豆协议》增加了草地的压力。¹⁰⁶

牧场改变了许多草地生态系统。¹⁰⁷2000年，草地覆盖了全球40%的土地表面，¹⁰⁸不包括南极，其中有18-23%的土地表面供家畜放牧。¹⁰⁹最近的估计是，放牧覆盖了26%的无冰土地，另外还有33%的耕地用于牲畜的饲料。¹¹⁰

尽管有这些变化，天然和半自然草地仍保留着重要的生态价值。管理草地可以支持高水平的生物多样性；¹¹¹管理实践影响了生物多样性，¹¹²如果没有天然食草动物，也可以支持生物多样性。¹¹³

4. 正在消失的湿地

同时，湖泊和湿地正在被摧毁，河流也在被转变和改道。全球河流的近一半已经受到流量调节和/或截流的影响，¹²⁵目前世界上有3700多个水坝正在规划中，这无疑会扰乱许多剩下的野生河段。¹²⁶大坝减少了流向下游的沉积物，破坏近海渔业，阻止鱼类洄游。例如，几个鲑鱼物种从大西洋游6000公里到亚马逊河上游的产卵地区，¹²⁷但这个独特的洄游受到一些主要河流上建坝的威胁。¹²⁸2003年，亚马逊渔业每年价值有3.89亿美元。¹²⁹

淡水生境覆盖不到地球1%的表面，却至少支持着180万有记录物种中的至少10万种。¹¹⁴然而湿地在迅速缩小。¹¹⁵尽管存在保护它们的努力（例如通过《拉姆萨尔公约》），¹¹⁶但是自1900年以来，全球湿地的64-71%已经丧失，^{117,118}一同消失的还有他们的生物多样性和生态系统服务，¹¹⁹而损失还在加速。¹²⁰湿地丧失和退化的原因包括：排水，上游引流造成干旱，污染和沉积，外来入侵物种的影响，物种过度开发，气候变化以及水流动态的变化。¹²¹

可持续发展目标6.6旨在“保护和恢复与水有关的生态系统，包括山地、森林、湿地、河流、地下水层和湖泊。”

这些趋势中还有一个小但却重大的逆转，因为一些水坝因其水库已经淤积、变得不安全或者已经超过服役期限而正在陆续停运。在美国已经有100座水坝被拆除。¹³⁰气候变化的压力和保护的利益正在合力促使政府恢复自然水文和洪水模式。¹³¹

©Milo Mitchell, IFPRI



文本框9.2：东地中海淡水物种损失¹²²

东地中海支持全球人口的4.4%，但其可再生水资源只有全球的1.1%。¹²¹水主要用于灌溉，导致地下水迅速枯竭，¹²²而大坝建设改变水流，农业和生活污染造成更多的问题。此外，气候变化导致年平均气温上升。减少的水流导致一些水体（例如土耳其的阿米克湖和约旦的阿兹拉克绿洲）以及曾经的永久性河流（例如土耳其和叙利亚的奎维河）的季节性干涸。19%的淡水鱼类是国际性濒危物种，包括58%的特有淡水物种。目前已有六个物种（全部是鱼类）灭绝，另有18种（7种鱼类和11种软体动物）被自然保护联盟（IUCN）评估为“极危，可能灭绝”。许多地方数据的缺乏可能会导致对损失的低估。

文本框9.3：亚马逊的生物多样性

亚马逊由不同类型植被拼成，有世界上最大的流域。热带常绿森林覆盖了该地区的80%左右，另外还有淹水落叶林、沼泽地和受威胁的亚马逊热带草原。¹⁴⁸将近7%已经转化为农业用地。¹⁴⁹集水区的季节性脉冲洪峰达到15米，形成广阔的淹水森林。¹⁵⁰亚马逊生物多样性只有一小部分为科学所知：只有2-10%的昆虫得到记录，¹⁵¹估计的6000-8000种鱼类中大多未知，¹⁵²自1999年以来，已经记录到了2200种新的植物和动物。亚马逊河豚（*Inia geoffrensis*）是更广阔环境健康的关键指标。它们在许多河段被视为对鱼类种群的竞争而受到主动捕杀，同样在被渔具缠到也是“兼捕”的受害者。¹⁵³其他威胁包括水电站大坝建设、污染和鱼类种群的减少。对河豚的保护往往受碍于对它们首选栖息地和活动缺乏了解。¹⁵⁴

5. 大规模灭绝

过去半个世纪以来，人类活动以历史上前所未有的速度改造生态系统。这造成了一个“大规模灭绝”的情况，即使按保守预测，下个世纪的灭绝也比自然条件下预期的快100倍，¹³²尽管未来灭绝的速度和规模仍然难以预计。¹³³生态学家们担心，土地利用变化范围已经大到将陆地生物多样性推到警告持续减少的“地球限度”之外，¹³⁴尽管其他人认为安全阈值仍然不确定。¹³⁵即使物种没有灭绝，数量也通常大大减少：一项研究发现，自1970年以来，物种数量平均下降了38%¹³⁶而淡水物种的数量下降则达到了81%。¹³⁷物种濒危的比例范围从鸟类的13%到苏铁（一类古老的种子植物）的63%，濒危程度在继续增加。¹³⁸生物多样性丧失减少了整个生态系统功能和生态系统服务，¹³⁹减少的方式以尚未得到完全了解¹⁴⁰但却可能随着时间推移而积累，¹⁴¹对土地生产力的影响与气候变化导致的影响相似。¹⁴²

物种的衰落是自然生态系统更广泛衰落的反映，在很大程度上由后者造成，¹⁴³超过60%的生态系统已经退化。¹⁴⁴虽然在史前或历史上的也有许多损失，¹⁴⁵但损失和退化的速度正在持续并且经常在加速。过去二十年来，世界残存的荒野地区（330万公顷）有十分之一已经消失，特别是亚马逊和中非地区。¹⁴⁶《生物多样性公约》制定了到2010年“显著降低”生物多样性丧失率的目标，但这个目标没有实现。尽管有全球的保护努力，生物多样性的丧失正在持续甚至加速。¹⁴⁷

过去半个世纪以来，人类活动以历史上前所未有的速度改造生态系统。



©Georgina Smith / CIAT

应对土壤与生物多样性的丧失

不论在实用上还是在伦理上，遏止目前破坏世界生物多样性并破坏土地健康和生产力的灭绝事件都有着令人信服的理由。从土地管理的角度来看，长远而言这意味着要保证保留大面积自然生态系统，在得到管理的区域为野生植物和动物物种提供支持，并恢复和保护土壤生态系统。所有这些都需要去做，这不是一个可以有选择的问题：许多生态系统已经严重退化，需要采取积极的步骤才能重新获得至少一些功能和价值。三个要素对生物多样性和土壤保护至关重要：

- **通过保护区**和其他正式或非正式机制提供的保护
- **管理**，促进正常发挥功能的健康生态系统
- **退化后的自然**和半自然生态系统恢复

这三个行动路径需要在在大尺度上整合成为协调一致的管理战略，通常被称为一种景观途径。¹⁵⁵

1. 保护

在世界许多地区，土地资源压力巨大，如果不采取积极的政策和法规、管理以及经常的法律决定，就不再可能保留残存的自然生态系统。越来越多的学说提出，世界上至少应该有50%的土地表面应该保持在或多或少自然状态，以确保重要的生态系统服务以及支持它们的生物多样性得以继续。¹⁵⁶此外，保持沙漠、高山和其他低开发潜力的土地还不够，地球上的这一半还需要包括足够数量的所有生态系统。

维护自然景观的一个有效方法是通过官方或非官方的保护区：将土地和水域作为生物多样性和生态系统服务的避难所，有时还用来保护文化景观、脆弱的人类社区、灵性场所和休闲区。它们由世界保护联盟世界保护区委员会（WCPA）定义为：一个明确界定的地理空间，通过法律或其他有效方式得到认可、承诺和管理，以实现其自然及其所拥有的生态系统服务和文化价值的长期保护。¹⁵⁷保护区管理方式差异很大。世界保护区委员会按照管理目标，从严格保护的野生动物保护区到具有一定保护功能的景观或海景区域，定义了六个类别。¹⁵⁸

保护区可以作为国家和区域保护战略的基石。它们起到避难所的作用，为在集约管理的景观和海景中无法生存的物种和生态过程提供庇护，为自然进化和生态再生提供空间。或远或近的人们可从野生物种的遗传潜力和自然生态系统的环境服务受益，如休闲的机会和给予传统和脆弱社会的庇护。旗舰保护区与圣母大教堂或泰姬陵等国家遗产同等重要。

约15%的世界陆地和内陆水域被指定为保护区，¹⁶⁴面积大于南美洲加上中美洲。自1970年以来，已有一半以上得到认可；这是政府和其他利益相关者有意识地大规模改变对土地和水管理方式的一个独特范例。覆盖的总面积会增大，如果加上那些未列入“联合国保护区名录”，但由当地社区、原住民、私人、非营利信托、宗教团体和公司建立的保护区，其中一些可能会非常大，如亚马逊的原住民领地。它们受到不同类型的治理，例如各种形式的国家治理、不同利益相关者之间的共同治理、私人治理以及原住民和当地社区的治理。

保护区在保护生物多样性方面非常有效，¹⁶⁵但前提是提供适当资源和正确的管理；许多保护区面临非法使用、¹⁶⁶政府退出支持¹⁶⁷和气候变化的严重压力。¹⁶⁸同时，它们更广泛的社会和文化价值正日益得到认可。¹⁶⁹一些较不正规的保护方法，其作用被认为非常重要，但在很大程度上还没有量化。¹⁷⁰

除了明确承认为保护区的地方外，还有许多其他在空间上界定的地区或多或少地永久性免于被开发：原住民的领地、由社区控制用于低水平放牧的天然草地、城市流域保护区、沿海保护区、军事训练区、不适合农业或林业的陡坡等等。最近，有人试图定义和描述所谓其他基于保护区的有效保护措施（OECEM），¹⁷¹这样的领域在2010年得到《生物多样性公约》的正式认可。¹⁷²

维护自然景观的一个有效途径是通过官方或非官方的保护区。



2. 管理

可持续的土地管理办法旨在保护所管理景观范围内的多种价值，包括生物多样性。这些方法侧重于更广泛的整套生态系统服务，例如由健康和高产土壤所提供的服务。生物多样性价值的自觉管理还可以为一部分野生动物提供栖息地，避免可能进一步损害周围自然栖息地完整性的破坏或污染。除了一些显著的例外，¹⁷³受到管理的生产性土地不可能支持全面的生物多样性和生态系统服务，因此存在保

护自然生态系统的需要。生态学家对保护和可持续管理之间的平衡（土地分离与土地共享）已有多年的争论，在实践中两者都是需要的。¹⁷⁴

可持续土地管理的许多要素在其他章节中描述。从生物多样性和土壤健康的角度来看，它们分为六大类：

1. 避免开垦有天然或重要半天然植被的新区域
2. 保护土壤生态系统，以最大限度地提高生产力并尽量减少退化
3. 保持管理区域内的自然生境，包括支持景观连接性的生物廊道和垫脚石
4. 确保可再生自然资源的任何用途（如鱼类、非木材林产品或放牧地）不会超过可持续水平
5. 减少经济发展对土地的影响，包括异地影响，如污染和土壤破坏
6. 最大限度地减少总体土地使用足迹，包括能源和其他资源的利用，减少对世界其他地区生物多样性的影响

文本框9.4：保护区——一个古老的概念

保护区并不是现代的概念。它们已经存在了上千年，尽管早期保护区通常具有功利性或娱乐目的，而不是为了自觉保护自然的内在价值。例子包括原住民社区守卫圣地、¹⁵⁹太平洋地区用于公共资源的“tapu”（禁地）区域、¹⁶⁰阿拉伯半岛保持放牧和生态系统服务的希马¹⁶¹以及留给统治阶级享用的狩猎区。¹⁶²自然或半自然生境也长期受到特定信仰群体的保护，这些神圣的自然遗迹往往具有很高的保护价值。¹⁶³

文本框9.5：可持续土壤管理

土地生态系统服务管理是土地管理的重要组成部分。减少土壤扰动和增加有机质可以帮助建立土壤健康，可采用改良作物品种（如生根更深的品种）、¹⁷⁷覆盖作物、¹⁷⁸改变作物轮作¹⁷⁹以及在某些情况下的免耕方法。¹⁸⁰

减少土壤侵蚀的方法多样，从工程措施（如梯田和沉积坑施工¹⁸¹以及改善水路）到植被措施（如农林复合方法、等高地块和覆盖作物）。¹⁸²免耕农作可以从根本上改善表土的物理属性。¹⁸³减少风蚀的措施包括使用耐旱物种、轮作放牧和防风林，配合免耕和秸秆覆盖耕作技术。¹⁸⁴

土壤退化的逆转和土壤有机质积累也将有助于通过将大气碳固存在土壤中而缓解气候变化，同时提高农业系统的恢复力。¹⁸⁵作物种植系统中土壤有机碳的增加总是可以带来增产，在低降雨和可变降雨地区尤其如此。¹⁸⁶

避免土壤盐渍化，最好的实现方法就是通过使用高质量的灌溉水和通过使用排水暗管和/或排水沟提供足够的排水；也可能需要偶尔施用石膏肥料。防止土壤压实需要因地制宜的管理，因为恢复可能需要几十年。在全球许多地区，长期减少或保护性耕作被看作是一种有效的方法。¹⁸⁷

鼓励和支持这些行动的方法有很多，从法律和监管手段到财务激励（包括消除不正当补贴）、自愿认证计划、¹⁷⁵标准和指标方案、¹⁷⁶最佳管理指导和实践守则。需要推广服务和能力建设，帮助农民和其他土地管理者采用和扩大更可持续的土地管理方式；这种支持需要长期一致和持续。

可持续的土地管理，是本《全球土地展望》和《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）的主要重点，需要处理土地利用的所有方面。过去几十年来，从个人土地管理者和民间社会活动家到全球研究和政策机构，各方面作出了巨大努力：

土壤保护措施的采纳往往很慢。虽然对长期土壤健康至关重要，这些措施往往不能为农民提供立竿见影并且看得见、摸得着的好处；在集约化机械化系统和发展中国家的小农耕作中都是如此。因此，农民没有直接的动机去采取土地保护措施，特别是在没有土地权属的情况下，所以需要更强的诱因。¹⁸⁸

- **可持续水管理**，¹⁸⁹或综合水资源管理（IWRM），新出现倡议如水资源管理联盟和《拉姆萨尔湿地公约》与全球水伙伴关系全球协调¹⁹⁰
- **可持续森林管理**，¹⁹¹有正在进行当中的多个进程、许多自愿认证体系、联合国内由粮农组织和森林论坛发起的实践和领导力规范¹⁹²
- **可持续畜牧业**，¹⁹³寻求以全球可持续畜牧业倡议（WISP）发挥关键作用，建立可行的牧区社团¹⁹⁴
- **农林复合**，¹⁹⁵通过国际林业研究中心和世界复合农林业中心等机构的支持¹⁹⁶

将这些倡议和其他类似倡议汇聚成连贯一致的全球行动计划，就是朝着《2030年可持续发展议程》迈出关键的下一步。

3. 恢复

退化生态系统无法自我修复时，需要进行生态恢复：其被定义为“协助恢复已经退化、破坏或摧毁的生态系统的过程。”¹⁹⁷ 恢复的主要目的是复原具有恢复力并能适应变化的生态过程和功能，提供重要的生态系统服务。恢复改善了土壤稳定性和条件，地表水和地下水水质以及生境和生物多样性价值；其提高了微气候和全球气候稳定性，为人们提供便利、文化和休闲效益。¹⁹⁸ 恢复土地和水资源的综合景观方法，通过尽可能减少权衡取舍，并利用粮食与木材生产和供水、生物多样性保护、其他生态系统服务供应及减贫之间的协同作用，为更广泛的参与提供了机会。¹⁹⁹

退化土地的恢复还将通过保护和改善自然资本的条件，改进许多其他生态系统服务的流动。²⁰⁰ 生态恢复还可以提供经济效益。²⁰¹ 最近的一种估计是，如果将所提供附加生态系统服务流动的货币价值也考虑在内，草地生态系统的恢复可以提供高达35:1的效益成本比。²⁰² 此外，生态恢复的就业效益和增强效应是国家经济的宝贵组成部分。例如，美国的生态恢复部门直接产生约12.6万个就业岗位和95亿美元的年度支出，另外还有9.5万个就业岗位和150亿美元的间接年度开支。²⁰³

许多生态系统已经处于物种和生态系统功能的长期生存受到威胁并迫切需要恢复的阶段。²⁰⁴ 例如，一些世界上最重要的森林生态区域已经失去了至少85%的森林，有时只剩下了1-2%。²⁰⁵

恢复一般不是重建一个著名历史生态系统的问题。广泛的生态系统改造与全球快速变化相结合，可能会导致新兴和混合生态系统的出现，特别是在经历了更高程度退化，因此对快速变化的抵御能力较弱的景观中。²⁰⁶ 因此，尝试将景观恢复到所需的干扰前状态可能是不切实际的；²⁰⁷ 此外，也许没有适当的参考生态系统来指导恢复。

恢复需要考虑气候、土地利用、人口和社会经济变化以及物种范围变迁的未来轨迹。例如，为恢复目的而获取的种子应选自适合于在恢复场址模拟的未来气候的物种，与当地出产的种子结合使用。²⁰⁸ 恢复将需要更多地适应景观的多种功能，²⁰⁹ 以便满足生态系统和景观要求，提供多种生态系统服务，²¹⁰ 包括广泛的文化和社会价值。²¹¹ 此外，成功的恢复计划（如在坦桑尼亚的希尼安加地区恢复30万公顷的金合欢和短盖豆林地，其驱动因素远远超过专业技术知识，个性、支持性政策以及与性别政治、传统知识和制度及参与有关的问题相互融合，共同助力成功。²¹² 每种情况都是独一无二的，不存在放之四海皆准的单一成功模式。

在南非畜牧生产系统中，有恢复价值的多样化草地可通过增加干草产量而有利于长期农业收入。²¹³ 此外，其他生态系统服务在恢复地区的潜在经济回报以7比1的比例超出了集约放牧的收益。²¹⁴

许多景观的一个明显特征是生产力较低和贫瘠农地撂荒。低生产力的贫瘠农地估计占到全球耕地的60%，²¹⁶ 特点是农用化学品的投入低、机械化水平低、对体力劳动的依赖性高。撂荒的驱动因素是农村人口的老龄化和人数减少、机械化、远离市场以及其他地方农业生产力提高等；自1961年以来，全欧洲的农村人口减少了17%，其中一些在地中海地区的山区农村减少了50%以上。²¹⁷

文本框9.6：韩国的主要森林恢复

35年前，韩国的国内生产总值与肯尼亚或坦桑尼亚相差无几。今天该国的平均工资与澳大利亚大致相当。在一代人的时间里，韩国在最富有的国家中占有一席之地。这一成功的原因之一是在生态恢复方面作出了巨大努力。第二次世界大战和随后的内战期间，该国遭受了毁灭性的环境退化，生态陷入危机；大多数森林由于冲突和薪柴采伐而消失。此后，韩国政府着手实施历史上最宏大的森林恢复计划之一，²²¹ 再造林280万公顷，立木蓄积增长12倍，²²² 因此现在大部分土地都覆盖着成熟的森林。韩国开发了一个覆盖1.6万平方公里的保护区系统，受到主要城市化社会的广泛欢迎；2007年，仅国家公园就有3800万人次访客，其中99%为国内游客。²²³

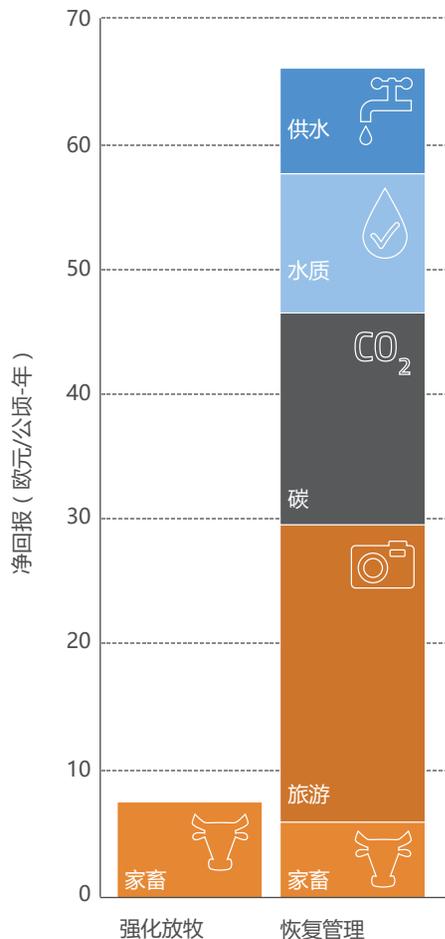
一种选择就是让撂荒的土地“野化”，被动地协助森林和其他自然生境的自然再生，逐渐消除人的控制和影响。²¹⁸撂荒不仅限于富国：在2001年至2010年期间，拉丁美洲和加勒比地区超过36万平方公里的撂荒土地自然还林。²¹⁹野化并非没有争议。欧洲农业景观具有重要的文化和历史价值，²²⁰野生景观受到一些人的抵制，部分原因是它们与大型食肉动物种群的增长有关。平衡的景观规划方法将野化土地作为多功能农业景观一部分包括进来，这种方法将提供多种生态系统服务，更有可能被社会所接受。

结语：景观途径

保护、可持续管理和恢复这三个要素是一个连贯管理框架的有机组成部分，这个通常被称为景观途径的框架定义如下：景观中的利益相关者借以调和相互竞争的社会、经济和环境目标的一个概念框架。²²⁴

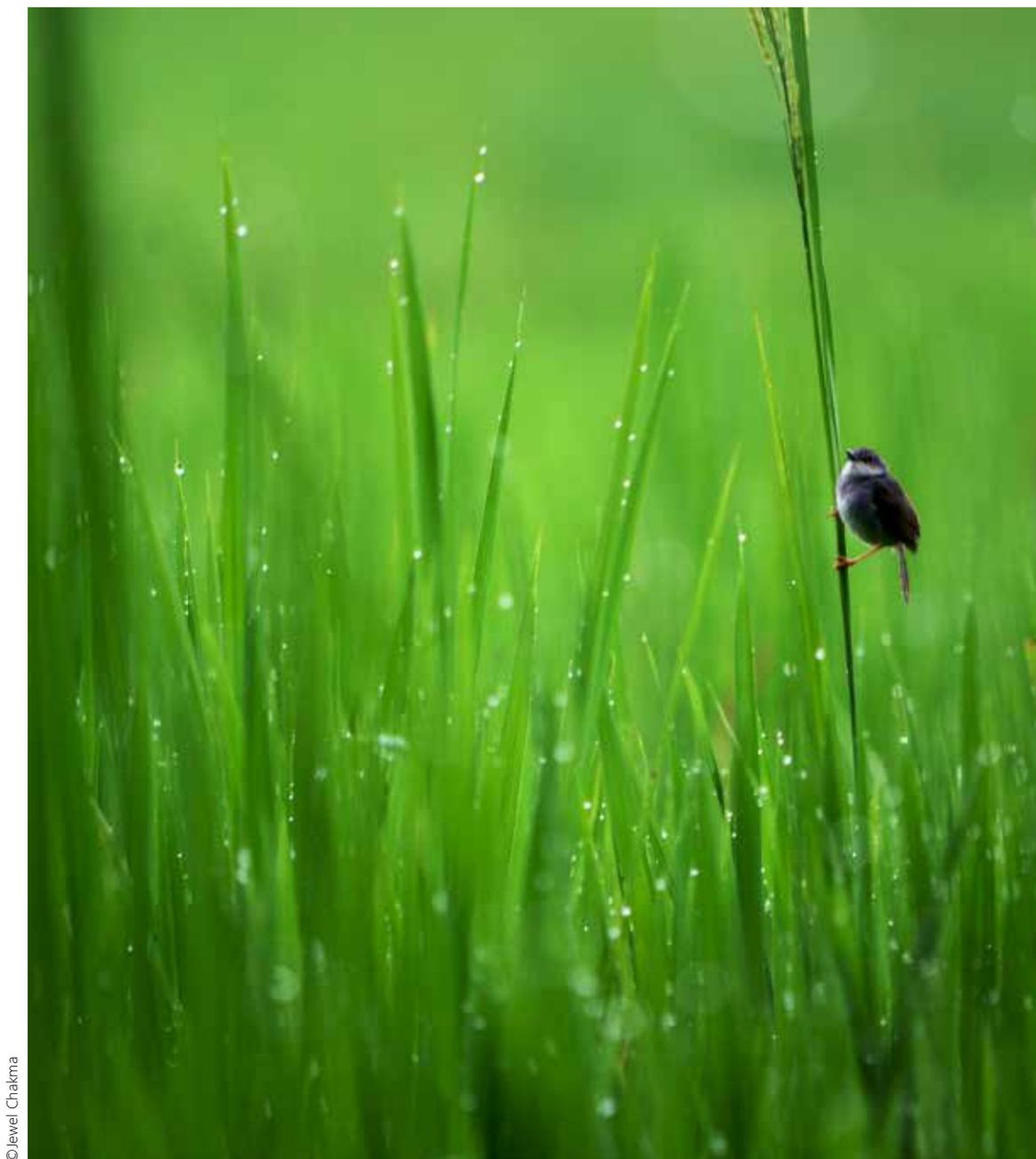
在相对较大的尺度上运行，不可避免会有广泛的竞争利益，景观途径的核心就是需要在不同的利益相关者之间协商权衡。确保生物多样性保护和对一整套生态系统服务的保护战胜更狭隘和更个人的利益，需要长期的承诺、强有力并在当地深入人心的领导力、明确的政策和指导，以及赠款、公共资金和私人投资来源的充足资金准备。

图9.1：南非放牧地恢复：
改编自²¹⁴



文本框9.7：景观方法的要素和催化剂²²⁵

1. 利益攸关方走到一起，在多利益攸关方平台中进行对话并采取行动。
2. 他们进行系统性的流程来交流信息和讨论观点，以实现景观条件、挑战和机会的共识。
3. 这实现了协作性的领导和规划，以制定出达成一致的和长期和系统性行动计划。
4. 随后，利益攸关者执行计划，并在执行中注意履行合作承诺。
5. 利益攸关方还对适应性管理和问责制进行监督，这为后续轮次的对话、知识交流和新合作行动的设计提供了反馈。
6. 成功得益于良好的治理、长期规划和获得充分和可持续的金融和市场的机会，所有这些都将在本展望第三篇展现。



©Jewel Chakma

参考文献

- 1 Wilson, E.O. (ed.) 1988. Biodiversity. National Academy Press, Washington, DC.
- 2 FAO. 2015. Revised World Soil Charter. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/ITPS_Pillars/annexVII_WSC.pdf, accessed May 10, 2017.
- 3 FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. FAO and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome.
- 4 Barbier, E. and Hochard, J. 2016. Does land degradation increase poverty in developing countries? *PLoS ONE* **11**: 12-15.
- 5 Davies, J. 2017. The business case for soil. *Nature* **543**: 309-311.
- 6 The World Bank. 2012. Carbon Sequestration in Agricultural Soils. Washington, DC.
- 7 Smith, P., Cotrufo, M.F., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P.J., et al. 2015. Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. *SOIL* **1**: 665-685.
- 8 Definition of soil from glossary of the Soil Science Society of America: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary/> accessed April 12, 2017.
- 9 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.
- 10 Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., et al. (eds.) 2016. Global Soil Biodiversity Atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- 11 Montgomery, D. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**: 13268-13272.
- 12 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.
- 13 Ravi, S., D'Odorico, P., Breshears, D.D., Field, J.P., Goudie, A.S., et al. 2011. Aeolian processes and the biosphere. *Reviews of Geophysics*, **49** (3): RG 3001.
- 14 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.
- 15 Ibid.
- 16 Don, A., Schumacher, J., and Freibauer, A. 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. *Global Change Biology* **17**: 1658-1670.
- 17 Guo, L.B. and Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: A meta-analysis. *Global Change Biology* **8** (4): 345-360.
- 18 Berenguer, E., Ferreira, J., Gardner, T.A., Oliveira Cruz Aragão, L.E., et al. 2014. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Global Environmental Change* **20**: 3713-3726.
- 19 Stockmann, U., Padarian, J., McBratney, A., Minasny, B., de Brogniez, D., et al. 2015. Global soil organic carbon assessment. *Global Food Security* **6**: 9-16.
- 20 Don, A., Schumacher, J., and Freibauer, A. 2011. Op. cit.
- 21 Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., Van Wesemael, B., et al. 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone—Carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology* **17**: 2415-2427.
- 22 Ibid.
- 23 West, P.C., Gibbs, H.K., Monfreda, C., Wagner, J., Barford, C.C., et al. 2010. Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yields on agricultural land. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107**: 19645-19648.
- 24 Bailey, K.L. and Lazarovits, G. 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil and Tillage Research* **72** (2): 169-180.
- 25 Nave, L.E., Vance, E.D., Swanston, C.W., and Curtis, P.S. 2011. Fire effects on temperate forest soil C and N storage. *Ecological Applications* **21**: 1189-1201.
- 26 Hooijer, A., Page, S., Canadell, J.G., Silvius, M., Kwadijk, J., et al. 2010. Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences* **7**: 1505-1514.
- 27 Tubiello, F.N., Biancalani, R., Salvatore, M., Rossi, S., and Conchedda, G. 2016. A worldwide assessment of greenhouse gas emissions from drained organic soils. *Sustainability* **8**: 371.
- 28 Joosten, H. 2010. The Global Peatland CO₂ Picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. Wetlands International.
- 29 Bouwman, L., Goldewijk, K.K., Van Der Hoek, K.W., Beusen, A.H.W., Van Vuuren, D.P., et al. 2013. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900-1950 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110**: 20882-20887.
- 30 Tan, Z.X., Lal, R., and Wiebe, K. D. 2005. Global soil nutrient depletion and yield reduction. *Journal of Sustainable Agriculture* **26**, 123-146.
- 31 Metternicht, G.I. and Zinck, J.A. 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment* **85**: 1-20.
- 32 Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., et al. 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum* **28**: 282-295.
- 33 Wagg, C., Bender, S.F., Widmer, F., and van der Heijden, M.G.A. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **11** (14): 5266-5270.
- 34 Bardgett, R.D. and van der Putten, W.H. 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* **515**: 505-511.
- 35 Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., et al. (eds.) 2016. Global Soil Biodiversity Atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- 36 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.
- 37 Wolters, V., Silver, W., Coleman, D.C., Lavelle, P., Van der Putten, W.H., et al. 2000. Global change effects on above- and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: Interactions and implications for ecosystem functioning. *Bioscience*, **50**: 1089-1098.
- 38 Brussaard, L., de Ruiter, P.C., and Brown, G.G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **121**: 233-244.
- 39 Hooper, D.U., Dangerfield, J.M., Brussaard, L., Wall, D.H., Wardle, D.A., et al. 2000. Interactions between above and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems, patterns, mechanisms, and feedbacks. *Bioscience* **50**: 1049-1061.
- 43 Pierzynski, G.M., Sims, J.T., and Vance, G.F. 2005. Soils and Environmental Quality, Third Edition. Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
- 44 Joint Research Center. 2014. Progress in the management of contaminated sites in Europe. Reference report by the Joint Research Centre of the European Commission.
- 45 Office of Land and Emergency Management. 2014. Protection and Restoring Land, Making a visible difference in communities, OSWER FY14 End of Year Accomplishments Report, Executive Summary.
- 46 United States Environmental Protection Agency. 2016. <https://www.epa.gov/superfund>, accessed May 10, 2017.
- 47 von Uexküll, H.R. and Mutert, E. 1995. Global extent, development and economic impact of acid soils. *Plant and Soil* **171**: 1-15.
- 48 Kochian, L.V., Piñeros, M.A., Liu, J., and Magalhaes, J.V. 2015. Plant adaptation to acid soils: The molecular basis for crop aluminum resistance. *Annual Review of Plant Biology* **66**: 571-598.
- 49 Hartge, K.H., and Horn, R. 2016. Essential Soil Physics. Schweizerbart Science Publ. ISBN: 978-3-510-65339-3
- 50 Verbist, K., Cornelis, W. M., Schiettecatte, W., Oltenfreiter, G., Van Meirvenne, M., & Gabriels, D. 2007. The influence of a compacted plow sole on saturation excess runoff. *Soil and Tillage Research*, **96**: 292-302.
- 51 Horn, R. 2011. Management effects on soil properties and functions. 447-455. In: Glinski, J., Horabik, J., and Lipiec, J. (eds.) *Encyclopedia of Agrophysics*. Springer Verlag, Dordrecht.
- 52 Riggert, R., Fleige, F., Kietz, B., Gaertig, T., and Horn, R. 2016. Stress distribution under forestry machinery and consequences for soil stability. *Soil Science Society of America Journal* **80** (1): 38-47.
- 53 Krümmelbein, J., Horn, R., and Pagliai, M. 2013. Soil degradation. *Advances in Geocology* **42**. ISBN: 978-3-923381-59-3.
- 54 Dörner, J. and Horn, R. 2006. Anisotropy of pore functions in structured stagnicluvisols in the weichselian moraine region in Northern Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **169**: 213-220.
- 55 Beylich, A., Oberholzer, H.R., Schrader, S., Höpfer, H., and Wilke, B.M. 2010. Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil and Tillage Research* **109** (2): 133-143.
- 56 Duttman, R., Schwanebeck, M., Nolde, M., and Horn, R. 2014. Predicting soil compaction risks related to field traffic during silage maize harvest. *Soil Science Society of America Journal* **78** (2): 408-421.

- 57 Haas, C., Halthusen, D., Mordhorst, A., Lipiec, J., and Horn, R. 2016. Elastic and plastic soil deformation and its influence on emission of greenhouse gases. *International Agrophysics* **30**: 173-184.
- 58 Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., and Hongwen, L. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* **3** (1), 1-25.
- 59 Darwish, T., Faour, G., and Khawlie, M. 2004. Assessing soil degradation by land use-cover change in coastal Lebanon. *Lebanese Science Journal* **5** (N1) 45-59.
- 60 Amundson, R., Berhe, A.A., Hopmans, J.W., Olson, C., Sztein, A.E., et al. 2015. Soil and human security in the 21st century. *Science* **348** (6235): 1261071-1261071.
- 61 Gadgil, M. and Guha, R. 1992. *This Fissured Land: An ecological history of India*. Oxford University Press. New Delhi.
- 62 Dudley, N., Schlaepfer, R., Jackson, W., Jeanrenaud, J.P., and Stolton, S. 2006. *Forest Quality: Assessing forests at a landscape scale*. Earthscan, London.
- 63 Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., et al. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* **333**: 988-993.
- 64 Lanly, J.P. 1982. *Tropical forest resource*, FAO Forestry Paper No. 30. FAO, Rome.
- 65 Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., et al. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* **352**: 9-20.
- 66 Sloan, S. and Sayer, J.A. 2015. Forest Resource Assessment of 2015 shows positive trends but forest loss and degradation persist in poor tropical countries. *Forest Ecology and Management* **352**: 134-145.
- 67 Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., et al. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* **1** (2) e1500052.
- 68 Taylor, R., Dudley, N., Stolton, S., and Shapiro, A. 2015. Deforestation fronts: 11 places where most forest loss is projected between 2010 and 2030. XIV World Forestry Congress, Durban South Africa, 7-11 September 2015.
- 69 Ceballos, G. and Garcia, A. 1995. Conserving neotropical biodiversity: The role of dry forests in western Mexico. *Conservation Biology* **9** (6): 1349-1353.
- 70 The Nature Conservancy, Fundación Vida Silvestre Argentina, Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco and Wildlife Conservation Society Bolivia. 2005. *Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano / Gran Chaco Americano Ecoregional Assessment*, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- 71 Ibid.
- 72 Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, A., et al. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* **342** (6160): 850-853.
- 73 Information prepared by Asociación Guayra Paraguay, with support from Iniciativa Redes Chaco – AVINA, Alianza Ecosistemas and the Programa WCS-USAID "Ka'aguy Reta: Bosques y Desarrollo."
- 74 Monitoreo Ambiental del Chaco Sudamericano, Guayra Paraguay 2012; and Romero, S. 2012. Vast tracts of Paraguay forest being replaced by ranches, *New York Times*, March 24, 2012.
- 75 Gaspari, N.I. and Grau, H.R. 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972-2007). *Forest Ecology and Management* **258**: 913-921.
- 76 Semino, S., Rulli, J., and Joensen, L. 2006. Paraguay Sojero: Soy expansion and its violent attack on local and indigenous communities in Paraguay: Repression and resistance. *Grupo de Reflexión Rural, Argentina*.
- 77 Steininger, M.K., Tucker, C.J., Ersts, P., Killeen, T.J., Villegas, Z., et al. 2002. Clearance and fragmentation of tropical deciduous forests in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia. *Conservation Biology* **15** (4): 856-866.
- 78 Killeen, T.J., Calderon, V., Soria, L., Quezada, B., Steininger, M.K., et al. 2007. Thirty years of land-cover change in Bolivia. *Ambio* **36** (7): 600-606.
- 79 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. *Biological Diversity, Tree Species Composition and Environmental Protection in Regional FRA-2000*. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 33, UNECE and FAO, Geneva.
- 80 Pyne, S. 1994. Maintaining focus: An introduction to anthropogenic fire. *Chemosphere* **29** (5): 889-911.
- 81 Milchunas, D.G., Sala, O.E., and Lauenroth, W.K. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist* **132** (1): 87-106.
- 82 Musil, C.F., Milton, S.J., and Davis, G.W. 2005. The threat of alien invasive grasses to lowland Cape floral diversity: An empirical appraisal of the effectiveness of practical control strategies. *South African Journal of Science* **101**: 337-344.
- 83 McLaughlin, A. and Mineau, P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* **55** (3): 201-212.
- 84 D'Antonio, C.M. and Vitousek, P.M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecological Systematics* **23**: 63-87.
- 85 Bobbink, R., Hornung, M., and Roelofs, J.G.M. 1998. The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* **86**: 717-738.
- 86 Hansen, M.C., Stehman, S.V., and Potapov, P.V. 2010. Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (19): 8650-8655.
- 87 Gilroy, J.J., Prescott, G.W., Cardenas, J.S., González del Pliego Castañeda, P., Sánchez, A., et al. 2015. Minimizing the biodiversity impact of Neotropical oil palm development. *Global Change Biology* **21** (4): 1531-1540.
- 88 International Trade Centre. 2011. *Cotton and Climate Change: Impacts and Options to Mitigate and Adapt*. Geneva.
- 89 Fahey, B. and Jackson, R. 1997. Hydrological impacts of converting native forests and grasslands to pine plantations, South Island, New Zealand. *Agricultural and Forest Meteorology* **84**: 69-82.
- 90 Fargione, J.E., Cooper, T.R., Flaspohler, D.J., Hill, J., Lehman, C., et al. 2009. Bioenergy and wildlife: Threats and opportunities for grassland conservation. *Bioscience* **59**: 767-777.
- 91 Paruelo, J.M., Guerschman, J.P., Piñeiro, G., Jobbágy, E.G., Verón, S.R., et al. 2006. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, **47**: 47-61.
- 92 Schrag, A.M. and Olimb, S. 2012. Threats assessment for the Northern Great Plains Ecoregion. WWF US, Bozeman, Montana.
- 93 Biggs, R., Simons, H., Bakkenes, M., Scholes, R.J., Eickhout, B., et al. 2008. Scenarios of biodiversity loss in southern Africa in the 21st century. *Global Environmental Change* **18**: 296-309.
- 94 Chuluun, T. and Ojima, D. 2002. Land use change and carbon cycle in arid and semi-arid lands of East and Central Asia. *Science in China* **45** (supplement): 48-54.
- 95 Williams, N.S.G., McDonnell, M.J., and Seagar, E.J. 2005. Factors influencing the loss of an endangered ecosystem in an urbanising landscape: A case study of native grasslands from Melbourne, Australia. *Landscape and Urban Planning* **7**: 35-49.
- 96 Stoaite, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N.D., Herzon, I., et al. 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management* **91**: 22-46.
- 97 Faber-Langendoen, D. and Josse, C. 2010. *World Grasslands and Biodiversity Patterns*. NatureServe, Arlington, VA, USA.
- 98 Dixon, A.P., Faber-Langendoen, D., Josse, C., Morrison, J., and Loucks, C.J. 2014. Distribution mapping of world grassland types. *Journal of Biogeography* **41** (11): 2003-2019.
- 99 Brown, E., Dudley, N., Linde, A., Muhtaman, D.R., Stewart, C., et al. (eds.) 2013. *Common guidance for the identification of High Conservation Values*. HCV Resource Network, Oxford.
- 100 Bilenca, D. and Miñarro, F. 2004. Identificación de Areas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil. *Fundacion Silvestre, Buenos Aires, Argentina*.
- 101 Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G., Le Stradic, S., et al. 2015. Where tree planting and forest expansion are bad for biodiversity and ecosystem services. *BioScience* **65**: 1011-1018.
- 102 White, R.P., Murray, S., and Rohweder, M. 2000. *Grassland Ecosystems, Pilot Analysis of Global Ecosystems (PAGE)*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 103 Henwood, W.D. 2010. Towards a strategy for the conservation and protection of the world's temperate grasslands. *Great Plains Research* **20**: 121-134.
- 104 Juffe-Bignoli, D., Burgess, N.D., Bingham, H., Belle, E.M.S., de Lima, M.G., et al. 2014. *Protected Planet Report 2014*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

- 105 Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G. Le Stradic, S., et al. 2015. Op. cit.
- 106 Gibbs, H.K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D.C., et al. 2015. The soy moratorium: Supply-chain governance is needed to avoid deforestation. *Science* **347** (6220): 377-378.
- 107 McAlpine, C.A., Feanside, P.M., Seabrook, L., and Laurance, W.F. 2009. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change* **19**: 21-33.
- 108 White, R.P., Murray, S., and Rohweder, M. 2000. Op. cit.
- 109 Blench, R. and Sommer, F. 1999. Understanding Rangeland Biodiversity. Working Paper number 121, Overseas Development Institute, London.
- 110 Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., et al. 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- 111 Pykälä, J., Luoto, M., Heikinen, R.K., and Kontula, T. 2005. Plant species richness and persistence of rare plants in abandoned semi-natural grasslands in northern Europe. *Basic and Applied Ecology* **6** (1): 25-33.
- 112 Norton, D.A., Espie, P.R., Murray, W., and Murray, J. 2006. Influence of pastoral management on plant diversity in a depleted short tussock grassland, Mackenzie Basin. *New Zealand Journal of Ecology* **33** (3): 335-344.
- 113 Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F., and Rodríguez, C. 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology* **179** (1): 83-91.
- 114 Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., et al. 2005. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* **81**: 162-182.
- 115 Strayer, D.L. and Dudgeon, D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: Recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society* **29**: 344-358.
- 116 Mauerhofer, V., Kim, R.E., and Stevens, C. 2015. When implementation works: A comparison of Ramsar Convention implementation in different continents. *Environmental Science and Policy* **51**: 95-105.
- 117 Davidson, N. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research* **65**: 934-941.
- 118 Gardner, R.C., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C.M., Galewski, T., et al. 2015. State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses. Ramsar Convention Briefing Note 7. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- 119 Green, P.A., Vörösmarty, C.J., Harrison, I., Farrell, T., Sáenz, L., et al. 2015. Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. *Global Environmental Change* **34**: 108-118.
- 120 Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R., et al. 2016. Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends index. *Biological Conservation* **193**: 27-35.
- 121 Darwall, W., Smith, K., Allen, D., Seddon, M., Mc Gregor Reid, G., et al. 2008. Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., and Stuart, S.N. (eds.) *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland.
- 122 Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T., and Numa, C. (eds.) 2014. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean*. IUCN, Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland.
- 123 Frenken, K. (ed.) 2009. *Irrigation in the Middle East region in figures*. AQUASTAT Survey – 2008. FAO Water Reports number 34, Rome, Italy.
- 124 Voss, K.A., Famiglietti, J.S., Lo, M., Linage, C., Rodell, M., et al. 2013. Groundwater depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region. *Water Resources Research* **49** (2):904-914. Quoted in Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T., and Numa, C. (eds.) 2014. Op. cit.
- 125 Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A.E., MacDonald, G.K., Zarfl, C., et al. 2015. An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters* **10** (1): 015001 1-15.
- 126 Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., and Tockner, K. 2015. A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* **77**: 161-170.
- 127 Barthem, R. and Goulding, M. 1997. *The catfish connection: Ecology, migration and conservation of Amazon predators*. Columbia University Press, New York.
- 128 Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. *PLOS One* **7** (4): 335126.
- 129 Almeida, O., Lorenzen, K., and McGrath, D. 2003. The commercial fishing sector in the regional economy of the Brazilian Amazon. The Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, February 11-14, 2003, Phnom Penh, Cambodia.
- 130 O'Connor, J.E., Duda, J.J., and Grant, G.E. 2015. 1000 dams down and counting. *Science* **348** (6234): 496-497.
- 131 Marris, E. 2011. *Rambunctious Garden: Saving nature in a post-wild world*. Bloomsbury USA, New York.
- 132 Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Barnosky, A.D., García, A., Pringle, R.M., et al. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* **1**: 5.
- 133 Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Abel, R., Brooks, T.M., Gittleman, J.L., et al. 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection. *Science* **344** (6187): 987.
- 134 Newbold, T., Hudson, L.N., Arnell, A.P., Contu, S., De Palma, A., et al. 2016. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* **353** (6296): 288-291.
- 135 Oliver, T.H. 2016. How much biodiversity loss is too much? *Science* **353** (6296): 220-221.
- 136 WWF. 2016. *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era*. WWF International, Gland, Switzerland.
- 137 Collen, B., McRae, L., Deinet, S., De Palma, A., Carranza, T., et al. 2011. Predicting how populations decline to extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **366** (1577): 2577-2586.
- 138 Baillie, J.E.M., Griffiths, J., Turvey, S.T., Loh, J., and Collen, B. 2010. *Evolution Lost: Status and Trends of the World's Vertebrates*. Zoological Society of London, London; and Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Boehm, M., Brooks, T.M., et al. 2010. The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science* **330** (6010): 1503-1509.
- 139 Rao, M. and Larsen, T. 2010. Ecological consequences of extinction. *Lessons in Conservation*: 5-53.
- 140 Estes, J.A., Terborgh, J., Brashares, M.E., Power, M.E., Berger, J., et al. 2011. Trophic downgrading of Planet Earth. *Science* **333**: 301-306.
- 141 Reich, P.B., Tilman, D., Isbell, F., Mueller, K., Hobbie, S.E., et al. 2012. Impacts of biodiversity loss escalate through time as redundancy fades. *Science* **336**: 589-592.
- 142 Hooper, D.U., Adair, E.C., Cardinale, B.J., Byrnes, J.E.K., Hungate, B.A., et al. 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature* **486** (7401): 105-108.
- 143 Ellis, E.C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D., and Ramankutty, N. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography* **19** (5): 589-606.
- 144 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 145 Crosby, A. 1986. *Ecological Imperialism: The biological expansion of Europe, 900-1900*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 146 Watson, J.E.M., Shanahan, D.F., Di Moreno, M., Allan, J., Laurance, W.F., et al. 2016. Catastrophic declines in wilderness areas undermine global environment targets. *Current Biology* **26**: 1-6.
- 147 Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P.W., et al. 2010. Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science* **328** (5982): 1164-1168.
- 148 de Carvalho, W. D., & Mustin, K. 2017. The highly threatened and little known Amazonian savannahs. *Nature Ecology & Evolution*, **1**, 0100.
- 149 Maretti, C.C., Riveros Salcedo, J.C., Hofstede, R., Oliveira, D., Charity, S., et al. 2014. State of the Amazon: Ecological Representation in Protected Areas and Indigenous Territories. WWF Living Amazon Initiative, Brasília and Quito.
- 150 Macedo, M. and Castello, L. 2015. State of the Amazon: Freshwater Connectivity and Ecosystem Health. WWF Living Amazon Initiative, Brasília, Brazil.
- 151 Hoorn, C. and Wesselingh, F. (eds.) 2011. *Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past*, John Wiley and Sons.
- 152 MACEDO, M. AND CASTELLO, L. 2015. Op. cit.

- 153** Iriarte, V. and Marmontel, M. 2013. River dolphin (*Inia geoffrensis*, *Sotalia fluviatilis*) mortality events attributed to artisanal fisheries in the Western Brazilian Amazon. *Aquatic Mammals* **39** (1): 116-124.
- 154** Gomez-Salazar, C., Trujillo, F., Portocarrero, M., and Whitehead, H. 2012. Population density estimates and conservation of river dolphins (*Inia* and *Sotalia*) in the Amazon and Orinoco river basins. *Marine Mammal Science* **28** (1): 1748-1762.
- 155** Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J. L., Sheil, D., et al. 2013. Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (21), 8349-8356.
- 156** Locke, H. 2013. Nature needs half: A necessary and hopeful new agenda for protected areas. *PARKS* **19** (2): 13-21.
- 157** Dudley, N. 2008. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. IUCN, Gland, Switzerland.
- 158** Ibid.
- 159** Chatterjee, S., Gokhale, Y., Malhotra, K.C., and Srivastava, S. 2004. Sacred groves in India: An overview. *Indira Gandhi Rashtriya Manav Sangrahalaya*, Bhopal.
- 160** McMillen, H.L., Ticktin, T., Friedlander, A., Jupiter, S.D., Thaman, R., et al. 2014. Small islands, valuable insights: Systems of customary resource use and resilience to climate change in the Pacific. *Ecology and Society* **19** (4): 44.
- 161** Khalil Suleiman, M., Saleh, W., Hashemi, M., and Bhat, N.R. (eds.) 2013. Proceedings of an International Workshop: Towards an Implementation Strategy for the Human Integrated Management Approach Governance System. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait City.
- 162** Schama, S. 1995. *Landscape and Memory*. HarperCollins, London.
- 163** Dudley, N., Bhagwat, S., Higgins-Zogib, L., Lassen, B., Verschuuren, B., et al. 2010. Conservation of biodiversity in sacred natural sites in Asia and Africa: A review of scientific literature. In: Verschuuren, B., Wild, R., McNeely, J., and Oviedo, G. (eds.) *Sacred Natural Sites*. Earthscan, London: pp. 19-32.
- 164** UNEP-WCMC and IUCN. 2016. Protected Planet Report 2016. UNEP-WCMC and IUCN: Cambridge, UK and Gland, Switzerland.
- 165** Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M., et al. 2013. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation* **161** (0): 230-238.
- 166** Dudley, N., Stolton, S., and Elliott, W. 2013. Wildlife crime poses unique challenges to protected areas. *PARKS* **19** (1): 7-12.
- 167** Mascia, M.B., Pailler, S., Krithivasan, R., Roschchanka, V., Burns, D., et al. 2014. Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) in Africa, Asia, and Latin America and the Caribbean, 1900–2010. *Biological Conservation* **169**: 355-361.
- 168** Brooke, C. 2008. Conservation and adaptation to climate change. *Conservation Biology* **22**: 1471-1476.
- 169** Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) 2010. *Arguments for Protected Areas*. Earthscan, London.
- 170** Shahabuddin, G. and Rao, M. 2010. Do community-conserved areas effectively conserve biological diversity? Global insights and the Indian context. *Biological Conservation* **143**: 2926-2936.
- 171** Jonas, H., Barbuto, V., Jonas, H.C., Kothari, A., and Nelson, F. 2014. New steps of change: Looking beyond protected areas to consider other effective area based conservation measures. *PARKS* **20** (2): 111-128.
- 172** Woodley, S., Bertzy, B., Crawhall, N., Dudley, N., Miranda Londoño, J., et al. 2012. Meeting Aichi Target 11: What does success look like for protected area systems? *PARKS* **18** (1): 23-36.
- 173** Plieninger, T., van der Horst, D., Schleyer, C., and Bieling, C. 2014. Sustaining ecosystem services in cultural landscapes. *Ecology and Society* **19** (2): 59.
- 174** Kremen, C. 2015. Reframing the land-sparing/land-sharing debate for biodiversity conservation. *Annual New York Academy of Sciences* **1355** (1): 52-76.
- 175** Potts, J., Lynch, M., Wilkings, A., Huppé, G., Cunningham, M., et al. 2014. The State of Sustainability Initiatives Review 2014: Standards and the Green Economy. International Institute for Environment and Development, London.
- 176** MCPFE and UNECE/FAO. 2003. State of Europe's Forests 2003: The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe, Vienna and Geneva.
- 177** Kell, D. 2012. Large-scale sequestration of atmospheric carbon via plant roots in natural and agricultural ecosystems: Why and how. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B*. **367**: 1589-1597.
- 178** Poeplau, C. and Don, A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **200**: 33-41.
- 179** Burney, J.A., Davis, S.J., and Label, D.B. 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107**: 12052-12057.
- 180** West, T.O. and Post, W.M. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. *Soil Science Society of America Journal*, **66**: 1930-1940.
- 181** Pansak, W., Hilger, T.H., Dercon, G., Kongkaew, T., and Cadisch, G. 2008. Changes in the relationship between soil erosion and N loss pathways after establishing soil conservation systems in uplands of Northeast Thailand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **128** (3): 167-176.
- 182** Agus, F. and dan Widianto. 2004. Practical guidelines for upland soil conservation (Petunjuk praktis konservasi tanah lahan kering). Bogor, World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia.
- 183** Alvarez, C.R., Taboada, M.A., Gutierrez Boem, F.H., Bono, A., Fernandez, P.L., et al. 2009. Topsoil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil Science Society of America Journal* **73**: 1242-1250.
- 184** Fryrear, D.W. and Skidmore, E.L. 1985. Methods for controlling wind erosion. In: Follett, R.F. and Stewart, B.A. (eds.) *Soil Erosion and Crop Productivity*. CABI.
- 185** Amanullah, Khan, S.U., Iqbal, A., and Fahad, S. 2016. Growth and productivity response of hybrid rice to application of animal manures, plant residues and phosphorus. *Frontiers in Plant Sciences* **7**: 1440.
- 186** Branca, G., Lipper, L., McCarthy, N., and Jolejole, M.C. 2013. Food security, climate change, and sustainable land management. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **33**: 635-650.
- 187** Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., and Hongwen, L. 2010. Op. cit.
- 188** Hammad, A. and Børresen, T. 2006. Socioeconomic factors affecting farmers' perceptions of land degradation and stonewall terraces in central Palestine. *Environmental Management* **37**: 380-394.
- 189** GWP Technical Committee. 2004. *Catalyzing Change: A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies*. Global Water Partnership, Stockholm.
- 190** <http://www.gwp.org/> accessed May 10, 2017.
- 191** Von Gadow, K., Pukkala, T., and Tomé, M. (eds.) 2000. *Sustainable Forest Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- 192** https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/12/UNSPF_AdvUnedited.pdf accessed May 10, 2017.
- 193** Dong, S., Wen, L., Liu, S., Zhang, X., Lassoie, J.P., et al. 2011. Vulnerability of worldwide pastoralism to global changes and interdisciplinary strategies for sustainable pastoralism. *Ecology and Society* **16** (2): 10.
- 194** <https://www.iucn.org/theme/ecosystem-management/our-work/global-drylands-initiative/iucns-work-drylands/world-initiative>
- 195** Nair, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* **3**: 97-128.
- 196** <http://www.worldagroforestry.org/> accessed May 10, 2017.
- 197** Society for Ecological Restoration. 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Society for Ecological Restoration International, Tucson.
- 198** Alexander, S., Aronson, J., Whaley, O., and Lamb, D. 2016. The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. *Ecology and Society* **21** (1): 34.
- 199** Estrada-Carmona, N., Hart, A.K., DeClerck, F.A.J., Harvey, C.A., and Milder, J.C. 2014. Integrated landscape management for agriculture, rural livelihoods, and ecosystem conservation: An assessment of experience from Latin America and the Caribbean. *Landscape and Urban Planning* **129**: 1-11.
- 200** Barral, M.P., Rey Benayas, J.M., Meli, P., and Maceira, N.O. 2015. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **202**: 223-231.
- 201** Bliognat, J., Aronson, J., and de Wit, M. 2014. The economics of restoration: Looking back and leaping forward. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1322**: 35-47.



- 202** de Groot, R.S., Blignaut, J., Van Der Ploeg, S., Aronson, J., Elmqvist, T., et al. 2013. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology* **27**: 1286-1293.
- 203** BenDor, T., Lester, T.W., Livengood, A., Davis, A., and Yanavjak, L. 2015. Estimating the size and impact of the ecological restoration economy. *PLoS ONE* **10**: e0128339.
- 204** Aronson, J. and Alexander, S. 2013. Ecosystem restoration is now a global priority: Time to roll up our sleeves. *Restoration Ecology*. **21** (3): 293-296.
- 205** Dudley, N. and Mansourian, S. 2003. *Forest Landscape Restoration and WWF's Conservation Priorities*. WWF International, Gland, Switzerland.
- 206** Hobbs, R.J., Higgs, E., and Harris, J.A. 2009. Novel ecosystems: Implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology and Evolution* **24**: 599-605.
- 207** Seabrook, L., McAlpine, C.A., and Bowen, M.E. 2011. Restore, repair or reinvent: Options for sustainable landscapes in a changing climate. *Landscape and Urban Planning* **100**: 407-410.
- 208** Breed, M.F., Stead, M.G., Ottewill, K.M., Gardner, M.G., and Lowe, A.J. 2013. Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conservation Genetics* **14**: 1-10.
- 209** Shackelford, N., Hobbs, R.J., Burgar, J.M., Erickson, T.E., Fontaine, J.B., et al. 2013. Primed for change: Developing ecological restoration for the 21st century. *Restoration Ecology* **21**:297-304.
- 210** Bullock, J.M., Pywell, R.F., and Walker, K.J. 2007. Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. *Journal of Applied Ecology* **44**: 6-12.
- 211** Petursdottir, T., Aradottir, A.L., and Benediktsson, K. 2013. An evaluation of the short-term progress of restoration combining ecological assessment and public perception. *Restoration Ecology* **21**: 75-85.
- 212** Barrow, E. 2014. 300,000 hectares restored in Shinyanga, Tanzania – but what did it really take to achieve this restoration? *SAPIENS* **7** (2).
- 213** Bullock, J.M., Pywell, R.F., and Walker, K.J. 2007. Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. *Journal of Applied Ecology* **44**: 6-12.
- 214** Bullock, J.M., Aronson, J., Newton, A.C., Pywell, R.F., and Rey-Benayas, J.M. 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: Conflicts and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* **26**: 541-549.
- 215** Ibid.
- 216** Queiroz, C., Beilin, R., Folke, C., and Lindborg, R. 2014. Farmland abandonment: Threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. *Frontiers in Ecology and the Environment* **12**: 288-296.
- 217** Navarro, L.M. and Pereira, H.M. 2012. Rewilding abandoned landscapes in Europe. *Ecosystems* **15**: 900-912.
- 218** Corlett, R.T. 2016. Restoration, reintroduction, and rewilding in a changing world. *Trends in Ecology and Evolution* **31**: 453-462.
- 219** Aide, T.M., Clark, M.L., Grau, H.R., López-Carr, D., Levy, M.A., et al. 2013. Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica* **45**: 262–271.
- 220** Linnell, J.D.C., Kaczensky, P., Wotschikowsky, U., Lescureux, N., and Boitani, L. 2015. Framing the relationship between people and nature in the context of European conservation. *Conservation Biology* **29**: 978-985.
- 221** Eckholm, E. 1979. *Planting for the future: Forestry for human needs*. Worldwatch Paper 26. Worldwatch Institute, Washington, DC.
- 222** Convention on Biological Diversity, Korea Forest Service and Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (Germany). Undated. *Lessons learned from the Republic of Korea's National Reforestation Programme*. Seoul, Berlin and Montreal.
- 223** Korea National Parks System and IUCN. 2009. *Korea's Protected Areas: Evaluating the Effectiveness of South Korea's protected areas system*. Seoul and Gland, Switzerland.
- 224** Chatterton, P., Ledecq, T., and Dudley, N. (eds.) 2016. *WWF Landscape Elements: Steps to achieving integrated landscape management*. WWF, Vienna.
- 225** Drawing on Denier, L., Scherr, S.J., Shames, S., Chatterton, P., Hovani, L., et al. 2015. *The Little Sustainable Landscapes Book*. Global Canopy Programme, Oxford.

能源和气候

丰富的能源推动世界经济发展。但这是要付出代价的：我们从化石燃料和可再生资源中提取能源的努力占用了大量的土地。能源生产和消费造成的污染，包括生物质的燃烧，正在改变整个地球的生态环境。

气候变化是这些影响中最大和最严重的，其主要由化石燃料燃烧以及森林损失及粮食系统产生的大量的温室气体排放造成。土地既是气候变化的根源也是受害者，同时土地还是解决方案的一部分。可持续土地管理实践可通过制止和扭转土地来源的温室气体排放为气候减缓战略作出贡献，并可提供不可替代的生态系统服务，帮助社会适应气候变化的影响。

引言

自19世纪以来出现了大规模、史无前例的能源使用量爆炸性增长。全球能源使用量在过去200年中增长了20多倍，远远超过了人口增长速度。¹特别是化石燃料的使用量急剧增加，核裂变已成为具有全球重要意义的能源来源，最近一系列可再生能源技术从小众市场转变为主流市场。能源生产和消费的快速增长反过来又对土地资源产生了重大的影响。这包括土地利用变化和土地退化等直接影响，还有当地和下游土壤、空气和水污染带来的一些更为微妙的影响，以及造成全球性变化的碳排放。

最重要的影响是人为引起气候变化的加速。在19世纪，科学家第一次提出了温室气体的人为排放可能会改变气候的假说，但这个想法从1960年代开始才被广泛接受。²尽管仍有少数怀疑论者否认人类对气候造成的任何影响，但自那时起，人们多年来对气候变化的事实、规模和速度已经达成了越来越多的共识。政府间气候变化专门委员会（IPCC）在1988年的成立带来了信息的快速增长，因为这鼓励了世界各地的科学家汇聚研究工作，合作分析数据、建立气候模型和进行评估。³

1992年，在里约热内卢举行的地球峰会上，《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的签署使这个问题变成尖锐的政治重点，从而开始了长达数十年关于如何应对气候变化的谈判进程。⁴土地和气候具有复杂的关系：作物和牲畜管理实践既是气候变化的原因，也是缓解和适应气候变化的潜在解决方案，而陆地生态系统本身也将因此而大大改变。本章简要概述了与能源和气候变化有关的一些关键土地问题。

能源

每种能源对土地资源状况都有影响，许多在对生物多样性、更大范围的环境和人类健康的损害方面也有副作用。虽然这些影响的程度不同，但任何能源都要付出某种代价。环境和社会成本、生命周期分析以及能源投入与回报的比例都是需要考虑的重要因素。

政策选择相当复杂，几乎每种类型的能源供应都会遭到民间社会团体的游说反对。⁵尽管有过实现统一能源供应环境战略的尝试，⁶但这个领域一直处于四分五裂、纷繁复杂和饱受争议的状态。然而，可再生能源的发展正在加快步伐，并将进一步受到关于气候变化的《巴黎协定》推动，该协定致力于全球“脱碳”发展。⁷

“可持续发展目标7”旨在“为所有人提供负担得起的、可靠的、可持续的和现代化的能源”，其中相关目标7.1旨在“确保人人都能获得负担得起的、可靠的和现代化的能源服务”，7.2致力于“大幅增加可再生能源在全球能源结构中的比例”。

其中许多这些问题都在本《展望》中涉及，例如，在第7章中讨论了生物燃料，在第8章讨论了水电。表10.1总结了在土地资源上运营或对土地资源产生影响的不同能源的一些主要影响。



© Thomas Richter

表10.1：不同能源对土地、环境和人体健康的影响

| 来源 | 问题 |
|------|--|
| 石油 | 在陆地和 ⁸ 海上开采及输送过程中存在严重的污染风险。迄今世界上最大的事故漏油（发生在墨西哥湾）泄漏了490万桶原油， ⁹ 影响了大范围的沿海地区。常见的石油泄漏还可能会损害红树林等植被。 ¹⁰ 石油燃烧是空气污染的主要原因；主要来自交通运输的氮氧化物和颗粒物据估计在英国每年造成5万多人过早死亡。 ¹¹ 化石燃料也是全球最大的温室气体排放来源。 ¹² 在加拿大开采油砂（一种粘稠形式的石油）是一个非常争议的问题， ¹³ 正如在北极和雨林地区钻探一样。 ¹⁴ |
| 天然气 | 水力压裂（“压裂”）在开采化石燃料（尤其包括圈闭的天然气）中的作用已经引起了人们在健康和环境立场上的广泛反对， ¹⁵ 累积的土地影响可能正在破坏生物多样性。 ¹⁶ 天然气燃烧也是温室气体的重要来源。单单在石油生产过程中燃烧未利用的天然气，排放的二氧化碳就达一年约2.5亿吨。 ¹⁷ |
| 煤 | 在开采过程（特别是露天矿）中发生的污染对空气、水和人体健康造成广泛的损害。 ¹⁸ 由于需要矿井木材支撑柱等，地下煤矿的土地足迹实际上反而更大。 ¹⁹ 由于长期吸入煤尘而引起一系列致命疾病的煤矿工人存在严重的健康和安全问题。 ²⁰ 煤矿井和排土场破坏了栖息地。煤炭是当地污染和雾霾的主要来源，它们与一系列人类疾病有关； ²¹ 大范围的干湿沉积（“酸雨”）对淡水、 ²² 森林、水污染 ²³ 以及温室气体排放都产生了影响。被遗弃的煤矿导致持续数十年的酸性矿井排水。 ²⁴ |
| 核能 | 由于其温室气体排放量低，有人认为核能是值得考虑的方案， ²⁵ 其他人则对此高度质疑。 ²⁶ 虽然铀矿开采可能对生物多样性产生重大影响，造成污染，并且矿工还存在严重的健康问题，但其对土地的整体影响较小。 ²⁷ 然而，由于美国哈里斯堡、乌克兰的切尔诺贝利重大事故， ²⁸ 2011年地震期间受损的日本福岛，核能的安全隐患受到广泛的关注 ²⁹ 直到如今其形势仍然很不稳定。来自核裂变的高放射性废物也需要前所未有的长期储存，这是一个行业内尚未解决的问题，很可能要留给政府去解决。 ³⁰ |
| 水电 | 改变河水流动存在很高的成本，导致对生物多样性（例如迁徙鱼类），下游养分供应以及供灌溉的定期洪水等生态系统服务的影响。 ³¹ 水力发电山洪沟和低洼地区的水库替代了天然植被或农业用地和社区。 ³² 在某些情况下，水力发电的蓄水湖是重要的甲烷源。 ³³ |
| 潮汐能 | 到目前为止仅在几处进行了开发利用。由于可能对鸟类种群的影响，英国塞文河口潮汐发电计划存在对其潜在影响的长期争议。 ³⁴ 新的泻湖和潮汐流技术对环境的影响较小，可能提供可行的选择方案。 |
| 风能 | 风能系统有很大的土地利用问题，已有人站在美观的立场在对景观的影响方面提出反对，反对的原因还有对鸟类种群 ³⁵ 和生物多样性丰富地区有潜在影响。 ³⁶ 理论上可以在风电场设备区域进行耕作， ³⁷ 也已存在避开重点保护区域的相应策略。 ³⁸ 离岸风电场的争议较小，从而更受欢迎。它们可能对海鸟产生负面影响，但是可以为底栖生境和海洋生物提供栖身之地。 ³⁹ |
| 太阳能 | 太阳能存在三种形式：太阳能热水系统、聚光式太阳能系统以及光伏电池。 ⁴⁰ 太阳能发电站在农田和干旱地区的出现（巨大的光伏电池阵或产生热量的聚光反射镜）引起了对能源与粮食生产和自然保护之间权衡的担忧。 ⁴¹ 但是，如果对太阳能发电站进行细致的设计，将其与农业系统集成， ⁴² 就可以越来越多地安装这样的“农业光伏”系统。 ⁴³ 需要重点注意的是，光伏生产中产生的温室气体排放本身就非常显著。 |
| 生物燃料 | 超过24亿人依靠薪材和木炭做饭，在不可持续性地砍伐时，这些都会造成森林的丧失和退化。 ⁴⁴ 生物燃料种植直接清理天然或半自然植被来建立生物燃料作物，或置换粮食作物，因此同样对土地利用产生重大影响。相反，可持续管理草地进行生物质收获在理论上可以促进保护受威胁的草地。 ⁴⁵ 存在不同的标准和认证体系。 ⁴⁶ 一些生物燃料还会对健康造成严重影响：由于煤炭和薪柴造成的室内空气污染据估计仅在中国就导致每年42万人过早死亡。 ⁴⁷ 化石燃料用量巨大，简单用生物燃料替代并不可行。 ⁴⁸ |

| 来源 | 问题 |
|--------------------|--|
| 生物能源加碳捕获和储存 | 如果生物能源与二氧化碳捕获和储存（BECCS）相结合，则可能导致负的温室气体排放：生物质的种植从大气中去除二氧化碳，再将生物质转化为能量，生物质燃烧中释放出的二氧化碳再得到捕获和储存，如果原料供应的管理可以实现低温室气体排放，上述的过程就为BECCS带来了减少温室气体方面的独特优势。BECCS是“2°C内”世界几乎所有战略的核心，这个目标需要到21世纪末之前实质性的碳排放量减少。 ⁴⁹ 但这项技术尚待验证。 ⁵⁰ |
| 地热能 | 在冰岛等具有大量供应的国家，这是一种重要和长期的来源。较低等级的地热能还可以通过热泵技术加以利用。 ⁵¹ |
| 垃圾能源回收 | 这是一种增长中的能量来源，举例来说通过热处理系统 ⁵² 和沼气发电机实现。 ⁵³ 这种系统的土地和足迹影响相对较低。 |



©Dean Morley

表10.2：不同能源系统的土地强度

数据源

(a) Trainor 等人 (2016)

(b) Fthenakis和 Kim (2009)

(c) 国际可持续分析与战略研究所 (2017)

(d) 联合国环境署 (2016年)

(e) 通用估计

| 产品 | 初级能源 | 土地利用强度[m ² /MWh] | | | | | |
|------|-------|-----------------------------|----------|----------|------------|--------|-----|
| | | 美国数据 (a) | 美国数据 (b) | 欧盟数据 (c) | 联合国环境署 (d) | 典型 (e) | |
| 电力 | 核能 | 0.1 | 0.1 | 1.0 | | 0.1 | |
| | 天然气 | 1.0 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | |
| | 煤 | 地下 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | | 0.2 |
| | | 地表 (“露天”) | 8.2 | 0.2 | 0.4 | 15.0 | 5.0 |
| | 可再生能源 | 风能 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 0.3 | 1.0 |
| | | 地热能 | 5.1 | | 2.5 | 0.3 | 2.5 |
| | | 水电 (大坝) | 16.9 | 4.1 | 3.5 | 3.3 | 10 |
| | | 太阳能光伏 | 15.0 | 0.3 | 8.7 | 13.0 | 10 |
| | | 太阳能聚光 | 19.3 | | 7.8 | 14.0 | 15 |
| | | 生物质 (来自作物) | 810 | 13 | 450 | | 500 |
| 液体燃料 | 石油 | 0.6 | | 0.1 | | 0.4 | |
| | 生物燃料 | 玉米 | 237 | | 220 | | 230 |
| | | 甘蔗 (来自甘蔗汁) | 274 | | 239 | | 250 |
| | | 甘蔗 (残渣) | | | | | 0.1 |
| | | 大豆 | 296 | | 479 | | 400 |
| | | 纤维素, SRC | 565 | | 410 | | 500 |
| | | 纤维素, 残留物 | | | 0.10 | | 0.1 |

在直接土地利用变化方面，最大的影响来自生物燃料和化石燃料的开采，油砂和油页岩开采可能在生产单位能源的土地面积方面具有最大的直接化石燃料足迹。对土地的间接影响来源于各种形式的污染，在受影响地区方面，仍然是化石燃料最为重要，这种影响来自硫和氮的氧化物，更普遍则是通过温室气体释放。表10.2⁵⁴提供了与能源系统相关的土地利用强度汇总。

一般而言，不可再生能源的土地足迹为0.1-1 m²/MWh (除露天采煤外)，而非生物可再生能源的土地足迹可达1-10 m²/MWh，而用于生物质 (残留物和垃圾除外) 为100-1000m²/MWh。⁵⁵尽管核电出现问题时影响要长久得多，但一般来说在土地上的影响较小。

水力发电导致河流和流域发生巨大变化，反过来影响周边土地，减少灌溉水的供应，影响土壤肥力，并经常造成其他土地利用变化：大型水坝淹没土地，破坏栖息地，并使社区搬迁。

关于能源供应的选择并不简单，其规划需要考虑到技术和燃料的整个生命周期。例如，区分集中式 (不可再生) 技术和分布式可再生能源技术非常重要，前者需要将燃料和其他资源送到生产设施，后者依赖于现场燃料和/或在本地使用能源，大大减少了对运输和传输基础设施的需要。⁵⁶

气候变化

《可持续发展目标13》指出“采取紧急行动应对气候变化及其影响”，认识到了气候变化将导致生态系统功能发生根本性的变化，增加整体人类安全的风险。政府间气候变化专门委员会（IPCC）在其对气候变化、其原因以及将来可能对环境和社会造成影响的证据评估中坦率表达了看法。

气候变化的影响

IPCC概述了可能对一系列本《展望》相关问题的影响：

- 粮食安全：粮食安全方面预计将会下降。尽管有些地方可能受益，但热带和温带地区种植的小麦、水稻和玉米总体来说将在当地气温升高2°C时受到负面影响（中等可信度）。更大的气温升高会对全球粮食安全构成巨大风险（高度可信）。
- 水安全：大多数干旱亚热带地区可再生地表水和地下水资源的预计减少（有力证据，高度一致）

- 灾害：即使全球平均气温稳定，沿海地区和低洼区域也将持续几个世纪面临海平面上升的风险（高度可信）。极端降水事件增加的证据意味着区域尺度上更大的洪水风险（中等可信）。近期气候相关的极端情况（包括热浪、干旱、洪水、龙卷风和森林火灾）的影响，揭示出一些生态系统和许多人对于当前气候变化的显著脆弱性和暴露性（高度可信）。
- 生物多样性：大部分物种在21世纪及以后面临不断加剧的灭绝风险。大多数植物和动物物种将无法足够快地转移其地理范围，以适应大多数生态系统中预测的气候变化速度（高度可信）。在很大程度上，许多生态系统的组成、结构、功能和恢复力很可能也会发生变化。
- 人类健康：到本世纪中叶，对人类健康的预计影响将加剧现有的健康问题（非常高可信度），整个本世纪期间在许多地区造成健康欠佳，特别是低收入发展中国家（高度可信）。

图10.1：气候变化的影响



- 城市：在城市地区，人员、资产、经济和生态系统的风险可能会增加，包括热压力、风暴和极端降水、内陆和沿海洪水、滑坡、空气污染、干旱、缺水、海平面上升及风暴潮产生的风险（非常高可信度）。缺乏必要基础设施和服务或生活在灾害暴露区域的人们会面临更严重的此类风险。
- 农村地区：预计主要会受到对水资源和供应、粮食安全、基础设施和农业收入产生的重大影响，包括全球粮食和非粮食作物生产区的转变（高度可信）。
- 人员迁徙：可能会有更多的人员搬迁（中等可信，高度一致）。特别是在低收入国家，无法进行有计划迁移的人口将更容易遭受极端天气事件的损害。
- 政治和社会保障：“气候变化可能通过放大贫困和经济冲击等有充分证据的暴力冲突驱动因素，间接增加这类冲突的风险（中等可信）。”⁵⁸

地球正在进入有史以来前所未有的气候不稳定期，生态系统将发生变化，极端天气事件变得更加普遍，从而危害整个人类的安全。我们已经感受到了影响；当前趋势的延续可能导致的变化是以前曾经有过的数倍之大。

文本框10.1：气候变化的可能影响

政府间气候变化专门委员会在2014年发布了最新报告。以下是一些重要发现。

“气候系统变暖是不争的事实，自1950年代以来，观察到了许多在几十年至几千年的周期范围内都没有先例的变化。大气和海洋变暖，雪冰消融，海平面上升...”

“人为温室气体排放量自工业前时代以来一直在增长，主要受经济和人口增长的推动，现在比以往任何时候都高。这导致了大气中二氧化碳、甲烷和一氧化二氮浓度达到了至少在过去80多万年中前所未有的水平。在整个气候系统中都检测到它们的影响以及其他人为的驱动因素，并且极有可能成为20世纪中叶以来所观察到的气候变暖的主要原因。”

“近几十年来，气候变化已对所有大洲和整个海洋的自然和人类系统造成了影响。影响是由于观察到的气候变化，不管其原因如何，表明了自然和人类系统对气候变化的敏感性...”⁵⁷

“持续排放的温室气体将导致进一步变暖以及气候系统和所有组成部分的长久变化，从而增加对人类和生态系统造成严重、普遍和不可逆转影响的可能性。限制气候变化将需要温室气体排放量大量和持续的减少，再加上适应措施，可以控制气候变化风险。”

土地管理推动气候变化

除土地受到影响外，土地利用和管理实践也是气候变化的重要因素。土地利用变化、土地和水的管理以及气候决定多少碳可被储存、封存或以温室气体的形式释放。2019年，IPCC将出版关于陆地生态系统中气候变化、荒漠化、土地退化、可持续土地管理、粮食安全和温室气体通量的特别报告。⁵⁹土地利用变化往往需要将原始的富碳系统转化为具有较低碳储存潜力的土地利用（例如，森林到草地或农田到定居点和交通基础设施的转变）。土地管理活动可以通过土壤干扰、更低的团聚体稳定性、更高的火灾发生率和植被覆盖的丧失而增加碳损失。

农业、林业和其他土地利用（AFOLU）占世界温室气体排放量刚好不到四分之一的水平，总体贡献一段时间保持一致。虽然生物质燃烧也很重要，但主要因素还是森林砍伐和牲畜、土壤和养分管理引起的农业排放。⁶⁰估计数据显示，在一切照旧的情景下，到2100年，森林损失所造成气候变化的全球经济成本将达到1万亿美元。⁶¹在削减化石燃料产生的排放量仍然是全球首要任务的同时，停止和逆转森林损失和土地退化也是减轻气候变化的最紧迫任务之一，这一点得到科学家、⁶²政府⁶³和非政府组织充分认可。⁶⁴

陆地生态系统中储存的碳

同时，世界生态系统也有可能通过储存和封存温室气体来缓解气候变化，并通过保持重要的生态系统服务和为其提供支持的生物多样性来帮助人类适应变化。

对于气候变化的缓解来说，挑战和机遇在于如何将土地从碳源转为碳汇。如果要让土地管理对缓解作出巨大贡献，必须更好地了解不同土地利用和管理实践对固碳速率、植物生产力和总储存能力的影响。⁶⁵需要有充分的激励措施来鼓励防止排放和固存额外碳的土地利用。土地管理实践的变化可以减少温室气体排放，也有助于固存大气中的碳（见表10.3），但潜力尚不清楚。

包括泥炭在内的土壤被认为是土地上最大的碳库，虽然估计不一，但土壤固持的碳多于大气和植被的总和⁶⁶。植物通过光合作用获得大气二氧化碳，其中的碳包含作物残留物和其他有机固体中，从而被固存到土壤中。通过管理为土壤增加生物量、减少土壤搅动、保持水分、改善土壤结构、增强土壤动物活动的系统，可以使固碳量增加。相反，如第7、8和9章所述，储存的土壤碳可能会因管理不善而损失。无论碳储存规模大小如何，许多气候变化倡议中，将土壤碳作为缓解策略的作用往往被轻视或忽视。⁶⁷

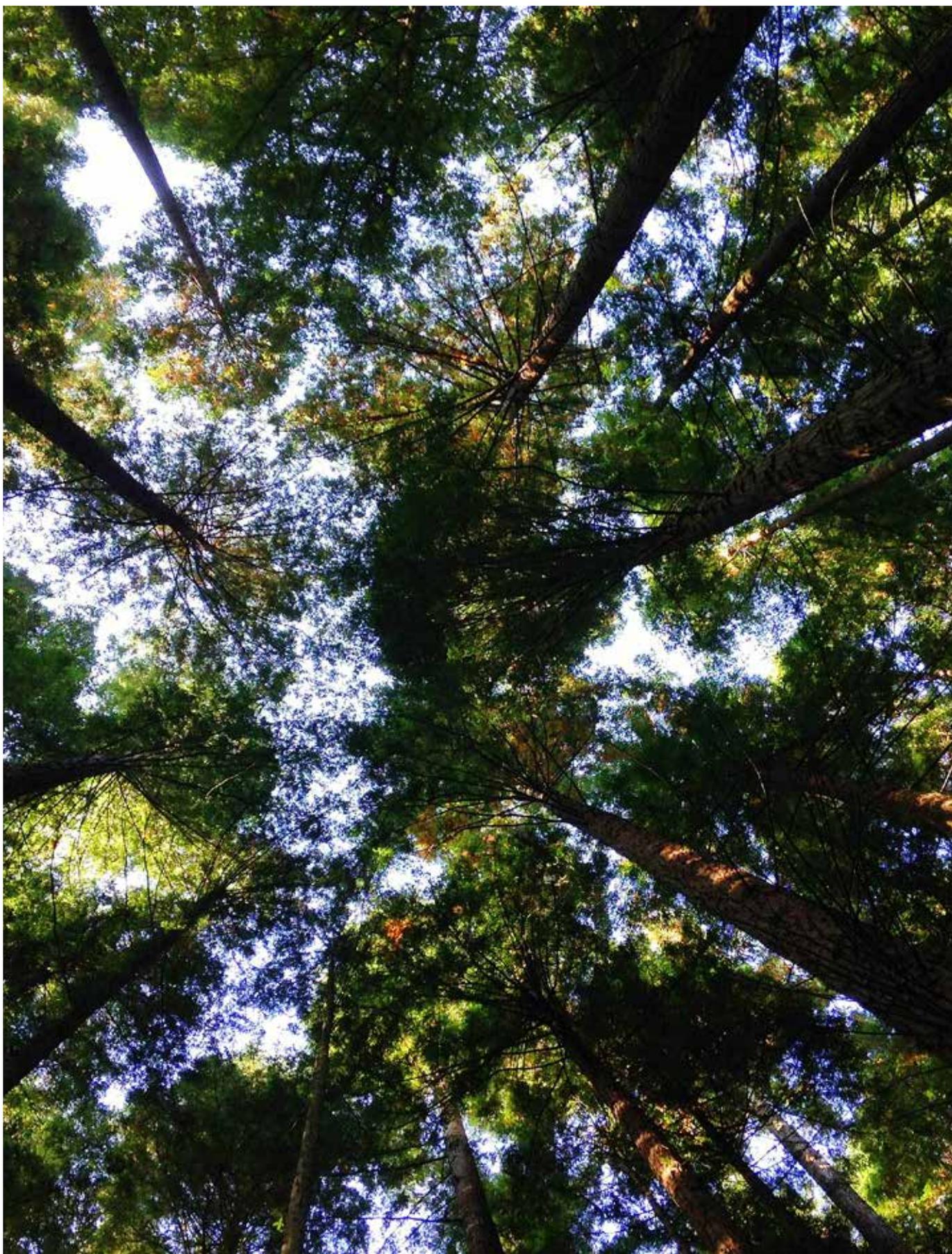
森林也提供了巨大的碳储量。热带云雾林中碳储量的估算值为170-250吨碳/公顷（tC/ha），⁶⁸部分取决于大型木本物种的数量：⁶⁹地上生物量约160 tC/ha，地下为40 tC/ha，土壤为90-200 tC/ha。⁷⁰热带云雾林甚至在进入老龄化阶段后也在固存碳，在亚马逊⁷¹和非洲⁷²均是如此。北方森林含有第二大陆地储碳量，主要储存在土壤和落叶层中，平均为60-100 tC/ha，⁷³并在森林成熟时继续固存碳。⁷⁴北方森林下的泥炭是这种生态系统类型储存如此多碳的主要原因。但是，如果火灾频发，碳就会损失，⁷⁵这也是气候变化下可能会增加的情况，⁷⁶如果木材收获量增加，⁷⁷生物群落将来就可能正好从碳汇变成碳源。

有许多作物和牲畜管理实践可以保护和恢复土地资源的生产力，同时减少排放并固存碳（见图10.2）。内陆湿地（特别是泥炭地）是非常重要的碳库。虽然它们只覆盖了大约3%的土地面积，但据信泥炭含有地球上最大的储碳量。⁷⁹完好的泥炭地容纳量可达1300吨 tC/ha⁸⁰全球估计储存了5500亿吨碳。⁸¹

草地也是主要的碳库⁸²，固持的碳占陆地总量的10%以上。⁸³热带草地的储碳量范围在没有树木时的不足2 tC/ha到有树热带草原的最高30 tC/ha。⁸⁴温带草地也是重要的碳储存地。⁸⁵

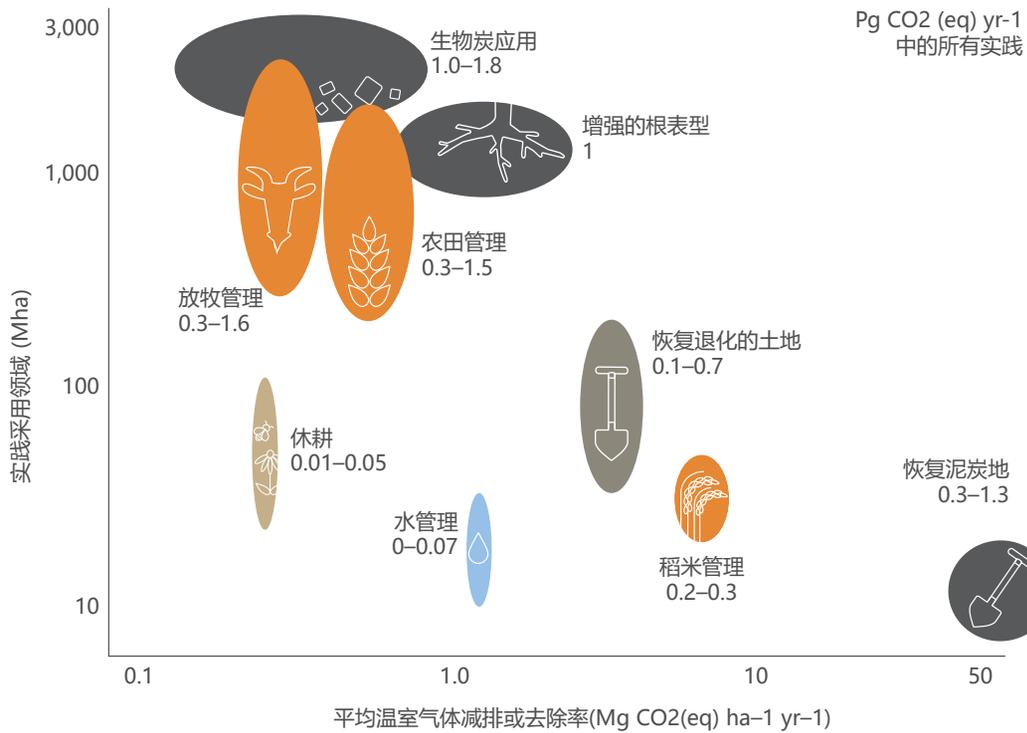
表10.3：生物群系储存的碳⁸⁶

| 生物群系 | 十亿吨碳 |
|--------------------|---------------|
| 热带和亚热带森林 | 547.8 |
| 热带和亚热带草地、热带草原以及灌木林 | 2850.3 |
| 沙漠和干灌木丛 | 178.0 |
| 温带草地，热带稀树草原和灌木林 | 183.7 |
| 温带森林 | 314.9 |
| 北方森林 | 384.2 |
| 苔原地带 | 155.4 |
| 总计 | 2049.3 |



©Angela Benito

图10.2：农业温室气体减排措施的全 球潜能其中1Pg（拍克）等于10亿公吨，Mg（兆克）等于1公吨；引自⁷⁸



最大程度提高 陆地生态系统的 碳储存量⁸⁷

1. 减少构成温室气体来源的土地管理变化和集约化栽培造成的排放：

- 通过对已经投入生产的土地（主要是农田）进行可持续强化，暂不转化较高碳储存潜力的土地。
- 避免或减少重大的土地用途变化（如森林砍伐、快速城市化和无规划的城市蔓延、生物燃料种植）
- 保护湿地和草地免受转化
- 改进目前释放大量温室气体的生产系统（例如，通过稻田干湿交替灌溉减少温室气体排放）

2. 保护高碳含量土壤：

- 避免过度排水导致有机土壤的氧化和矿化；通过调节地下水位使地下水位处于最佳高度；保护和恢复湿地
- 避免加速土壤侵蚀和土壤有机质分解的农艺实践和生产体系；用无耕地或低耕耕种替代，永久土壤覆盖，分区轮牧等
- 避免通过焚烧清除灌木或林地相关物、过度放牧和植被过度开发，这些做法将减少地上和地下的有机质

3. 增加碳固存并提高储存能力

- 将集约化利用的农田或牧场恢复到更广泛的系统，如有机土壤复水处理或逆转土地利用（例如，从农田变回草地或恢复湿地）
- 增加矿物土壤碳固存和储碳量；应用改善地上和地下生物量生产和残留物保留的农业管理实践
- 必要时通过规定的燃烧保持“冷火”，避免大量强烈的野火

通过改进土地利用和管理实现气候变化缓解是一项长期投资，在某些情况下，由于所需的时间以及缺乏当地土地使用者能得到的直接利益，会涉及到一定的权衡。例如，通过种植覆盖作物和减少土壤扰动改善矿物土壤的管理，可增加碳储量而不提高地下水位。这降低了有机和矿物土壤中的甲烷排放的风险，并说明了为什么需要细致计算总体碳平衡。一些缓解气候变化的策略，包括有机土壤复水处理和草地的恢复，对生物多样性的保护和整个系统的恢复力具有明显的协同效益。

通过土地管理 增加恢复力

除碳固存和储存之外，适当管理的自然和半自然生态系统提供了一系列重要的生态系统服务，如第4章所述。这包括其在防止或减少天气相关灾害、提供安全饮用水供应、应对气候相关卫生问题以及保护包括野生食物、渔业和作物野生近缘种在内的粮食供应方面的作用。更基本的是，通过保护养分和水循环和土壤形成来维持一个健康、功能正常的生物圈，发挥良好作用的生态系统就能为确保长期的粮食和水安全提供基本的组成部分。

有效的适应取决于生态系统本身是否持续发挥作用，因此对自然地区管理负责的人越来越多地着眼于让选择方案能够提高抵御气候变化和其他形式压力的恢复力。⁸⁸确保陆地自然资本尽可能健全并得到可持续管理，减少了温室气体的释放并将碳固存，同时提高了人类和生态系统面对气候变化影响的恢复力。

结语

对这些挑战的响应听起来很简单：污染更少的能源，更有效率并且节能的解决方案以及优先考虑土壤中碳保护的土地利用和管理实践。⁸⁹然而，在实践中完全做到已被证明是一种挑战，实施公平的清洁能源战略和扩大可持续土地管理更具挑战性。

一边是快速增长的粮食需求，一边是应对全球气候变化的迫切要求，通过稳定或减少农业排放对两者的协调是一个复杂的问题，需要采取创新的政策措施来激励最佳实践。因此，气候缓解政策应针对作物高排放和高密集度的地区。结果清楚地表明，农田的气候缓解政策应优先排除泥炭地的排放。⁹⁰饮食习惯转变也有很大的潜力帮助减少碳损失。⁹¹

有人认为，无论危险性如何，核电都比我们继续依赖化石燃料更好，⁹²而其他人则支持一个无核的可再生能源未来。⁹³一些分析人士认为，石油供应已达到顶峰，世界面临着真实的能源短缺⁹⁴，而其他人则持不同观点。⁹⁵各国应该多大程度上依赖水电仍然是一个争议很大的主题。继续一切照旧的惯性很大，主要行业参与者有能力创造能够让自己行业获利的能源未来。解决能源和气候双重挑战的战略开始出现，但通常都是零零散散，比我们需要的慢得多。

参考文献

- 1 Grübler, A. 2004. Transitions in Energy Use. In: The Encyclopedia of Energy volume 6, Elsevier, pp. 163-177.
- 2 Anon. 2015. Climate milestones leading to 1965 PCAST Report. *Science* **350**: 1046.
- 3 Hulme, M. and Mahony, M. 2010. Climate change: What do we know about the IPCC? *Progress in Physical Geography* **34** (5): 705-718.
- 4 Knopf, B., Fuss, S., Hansen, G., Creutzig, F., Minx, J., and Edenhofer, O. 2017. From targets to action: Rolling up our sleeves after Paris. *Global Challenges* **1** (2): 1600007.
- 5 Dudley, N. 2008. Back to the energy crisis: The need for a coherent policy towards energy systems. Policy Matters issue 16. IUCN Commission on Environmental, Economic and Social Policy, Switzerland.
- 6 See for example Singer, S. (ed.) 2011. The Energy Report: 100% renewable energy by 2050. WWF International, Gland, Switzerland.
- 7 UNCCD. 2016. Land Matters for Climate: Reducing the gap and approaching the target. UNCCD, Bonn.
- 8 Rowell, A., Marriott, J., and Stockman, L. 2005. The Next Gulf: London, Washington and Oil Conflict in Nigeria. Constable and Robinson, London.
- 9 Mendelssohn, I.A., Andersen, G.L., Baltz, D.M., Caffey, R.H., Carman, K.R., et al. 2012. Oil impacts on coastal wetlands: Implications for the Mississippi river delta ecosystem after the Deepwater Horizon oil spill. *Bioscience* **62** (6): 562-574.
- 10 UNEP. 2011. Environmental assessment of Ogoniland. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- 11 Department of Environment, Food and Rural Affairs. 2015. Draft Plans to Improve Air Quality in the UK: Tackling nitrogen dioxides in our towns and cities. HM Government, London.
- 12 <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>, accessed February 12, 2017.
- 13 Gosselin, P., Hruday, S.E., Naeth, M.A., Plourde, A., Therrien, R., et al. 2010. Environmental and Health Impacts of Canada's Oil Sands Industry. The Royal Society of Canada. Ottawa; Timoney, K.P. and Lee, P. 2009. Does the Alberta tar sands industry pollute? The scientific evidence. *The Open Conservation Biology Journal* **3**: 65-81.
- 14 Jones, N., Pejchar, L., and Kiesecker, J. 2015. The energy footprint: How oil, natural gas, and wind energy affect land for biodiversity and the flow of ecosystem services. *BioScience* **65** (3): 290-301.
- 15 Jackson, R.B., Vengosh, A., Carey, J.W., Davies, R.J., Darrah, T.H., O'Sullivan, F., and Pétron, G. 2014. The environmental costs and benefits of fracking. *Annual Review of Environment and Resources* **39**: 1-655.
- 16 Dannwolf, U. and Heckelsmüller, A. 2014. Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing Related to the Exploration and Exploitation of Unconventional Natural Gas, in Particular of Shale Gas Part 2 – Groundwater Monitoring Concept, Fracking Chemicals Registry, Disposal of Flowback, Current State of Research on Emissions/Climate Balance, Induced Seismicity, Impacts on Ecosystem, Landscape and Biodiversity – Summary. Umweltbundesamt, Dessau.
- 17 Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M., and Peters, J.A.H.W. 2014. Trends in Global CO₂ Emissions: 2014 Report. PBL and JRC, The Hague.
- 18 Younger, P.H. 2004. Environmental impacts of coal mining and associated wastes: A geochemical perspective. In: Gieré, R. and Stille, P. (eds.) *Energy, Waste and the Environment: A geochemical perspective*. Geological Society London, Special Publications **236**: 169-209.
- 19 Berrill, P., Arvesen, A., Scholz, Y., Gils, H.C., and Hertwich, E.G. 2016. Environmental impacts of high penetration renewable energy scenarios for Europe. *Environmental Research Letters* **11**: 014012.
- 20 Chen, H., Feng, Q., Long, R., and Qi, H. 2013. Focusing on coal miners' occupational disease issues: A comparative analysis between China and the United States. *Safety Science* **51**: 217-222.
- 21 Burt, E., Orris, P., and Buchanan, S. 2013. Scientific Evidence of Health Effects from Coal Use in Energy Generation. University of Illinois at Chicago School of Public Health, Chicago.
- 22 National Swedish Environment Protection Board. 1983. Ecological Effects of Acid Deposition. Report SNV PM 1636. Solna, Sweden.
- 23 Wang, C. and Mu, D. 2014. An LCA study of an electrical coal supply chain. *Journal of Industrial Engineering and Management* **7**: 311-335.
- 24 Simate, G.S. and Ndlovu, S. 2014. Acid mine drainage: Challenges and opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **2** (3): 1785-1803.
- 25 Brook, B. and Bradshaw, C. 2015. Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. *Conservation Biology* **29** (3): 702-712.
- 26 Henle, K., Gawel, E., Ring, I., and Strunz, S. 2016. Promoting nuclear energy to sustain biodiversity conservation in the face of climate change: Response to Brook and Bradshaw 2015. *Conservation Biology* **30** (3): 663-665.
- 27 Samet, J.M., Kutvirt, D.M., Waxweiler, R.J., and Key, C.R. 1984. Uranium mining and lung cancer in Navajo men. *The New England Journal of Medicine* **310** (23): 1481-1484.
- 28 Alexievich, S. 1997 (translation 2016). *Chernobyl Prayer*. Penguin, Harmondsworth.
- 29 Holt, M., Campbell, R.J., and Nikitin, M.B. 2012. Fukushima Nuclear Disaster. Congressional Research Service, Washington, DC.
- 30 Srinivasan, T.N. and Gopi Rethinaraj, T.S. 2013. Fukushima and thereafter: Reassessment of the risks of nuclear power. *Energy Policy* **52**: 726-736.
- 31 World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A new framework for decision-making*. Earthscan, London.
- 32 Scherer, L. and Pfister, S. 2016. Global water footprint assessment of hydropower. *Renewable Energy* **99**: 711-720.
- 33 Kemenes, A., Rider Forsberg, B., and Melack, J.M. 2007. Methane release below a tropical hydropower dam. *Geophysical Research Letters* **34** (12).
- 34 Pethick, J.S., Morris, R.K.A., and Evans, D.H. 2009. Nature conservation implications of a Severn tidal barrage – A preliminary assessment of geomorphological change. *Journal for Nature Conservation* **17**: 183-196.
- 35 Drewitt, A.L. and Langston, R.H.W. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* **148**: 29-42.
- 36 Wu, G., Torn, M., and Williams, J. 2015. Incorporating land-use requirements and environmental constraints in low-carbon electricity planning for California. *Environmental Science and Technology* **49**: 2013-2021.
- 37 Hertwich, E., Gibon, T., Boumana, E.A., Arvesen, A., Suh, S., et al. 2015. Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low-carbon technologies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112** (20): 6277-6282.
- 38 Kaza, N. and Curtis, M. 2014. The land use energy connection. *Journal of Planning Literature* **29** (4): 1-16.
- 39 Hammar, L., Perry, D., and Gullström, M. 2016. Offshore wind power for marine conservation. *Open Journal of Marine Science* **6**: 66-78.
- 40 Ong, S., Campbell, C., Denholm, P., Margolis, R., and Heath, G. 2013. *Land-Use Requirements for Solar Power Plants in the United States*. National Renewable Energy Laboratory Technical Report NREL/TP-6A20-56290. Golden, CO, USA.
- 41 Hernandez, R.R., Easter, S.B., Murphy-Mariscal, M.L., Meestre, F.T., and Tavassoli, M. 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **29**: 766-779.
- 42 Dinesh, H. and Pearce, J. 2016. The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **54**: 299-308.
- 43 <http://www.agrophotovoltaik.de/english/agrophotovoltaics/>, accessed May 10, 2017.
- 44 van Dam, J. 2017. The charcoal transition: Greening the charcoal value chain to mitigate climate change and improve local livelihoods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 45 Donnison, I. and Fraser, M. 2016. Diversification and use of bioenergy to maintain future grasslands. *Food and Energy Security* **5** (2): 67-75.
- 46 Thrän, D. and Fritsche, U. 2016. Standards for biobased fuels and resources – status and need. In: IEA Bioenergy Conference 2015 Proceedings: 148-158.
- 47 Zhang, J. and Smith, K.R. 2007. Household air pollution from coal and biomass fuels in China: Measurements, health impacts and interventions. *Environmental Health Perspectives* **115** (6): 848-855.
- 48 Haberl, H., Erb, K.-H., Krausmann, F., Running, S., Searchinger, T.D., and Smith, W.K. 2013. Bioenergy: How much can we expect for 2050? *Environmental Research Letters* **8**: 031004.
- 49 Kartha, S. and Dooley, K. 2016. The risks of relying on tomorrow's 'negative emissions' to guide today's mitigation action. Stockholm Environment Institute Working Paper 2016-08. Stockholm.
- 50 Creutzig, F. 2016. Economic and ecological views on climate change mitigation with bioenergy and negative emissions. *GCB Bioenergy* **8**: 4-10.
- 51 Zarruk, S.J. and Moon, H. 2014. Efficiency of geothermal power plants: A worldwide review. *Geothermics* **51**: 142-153.

- 52 Lombardi, L., Carnevale, E., and Corti, A. 2015. A review of technologies and performance of thermal treatment systems for energy recovery from waste. *Waste Management* **37**: 26-44.
- 53 Budzianowski, W.M. 2016. Renewable and sustainable. *Energy Reviews* **54**: 1148-1171.
- 54 Fritsche, U.R., Berndes, G., Cowie, A.L., Dale, V.H., Kline, K.L., Johnson, F.X., Langeveld, H., Sharma, N., Watson, H., and Woods, J. 2017. Sustainable Energy Options and Implications for Land Use. Working Paper for the UNCCD Secretariat and IRENA, Darmstadt.
- 55 Ibid.
- 56 Kaza, N. and Curtis, M. 2014. Op. cit.
- 57 IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report.
- 58 Ibid.
- 59 <http://www.ipcc.ch/report/sr2/>
- 60 Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., et al. (eds.) *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 61 Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing global forests – the Eliasch Review*, Earthscan, London. See also: Canadell, J.G., Le Quééré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E., et al. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**: 18866-18870.
- 62 Malhi, Y., Roberts, J.T. Betts, R.A., Killeen, T.J., Li, W., and Nobre, C.A. 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science* **319**: 169-172.
- 63 For example European Climate Change Programme. 2002. Working group on forest sinks: Conclusions and recommendations regarding forest related sinks & climate change mitigation.
- 64 Sandwith, T. and Suarez, I. 2009. *Adapting to Climate Change: Ecosystem-based adaptation for people and nature*, The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
- 65 Erb, K.-H., Fetzel, T., Plutzer, C., Kastner, T., Lauk, C., et al. 2016. Biomass turnover time in terrestrial ecosystems halved by land use. *Nature Geosciences* **9**: 674-678.
- 66 Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* **304**: 1623-1627.
- 67 Scherr, S.J. and Sthapit, S. 2009. *Mitigating Climate Change through Food and Land Use*. World Watch Report 179. World Watch Institute, USA.
- 68 Malhi, Y., Wood, D., Baker, T.R., Wright, J., Phillips, O.L., et al. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology* **12**: 1107-1138; Chave, J., Olivier, J., Bongers, F., Chatelet, P., Forget, P.M., et al. 2008. Aboveground biomass and productivity in a rain forest of eastern South America. *Journal of Tropical Ecology* **24**: 355-366; Lewis, S.L., Lopez-Gonzalez, G., Sonké, B., Affum-Baffoe, K., Baker, T.R., et al. 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature* **457**: 1003-1006.
- 69 Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., et al. 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* **10**: 545-562.
- 70 Amundson, R. 2001. The carbon budget in soils. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **29**: 535-562.
- 71 Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., et al. 2004. Increasing biomass in Amazon forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **359**: 353-365.
- 72 Lewis, S.L., Lopez-Gonzalez, G., Sonké, B., Affum-Baffoe, K., Baker, T.R., et al. 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature* **457**: 1003-1006.
- 73 Malhi, Y., Baldocchi, D.D., and Jarvis, P.G. 1999. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell and Environment* **22**: 715-740; Luysaert, S., Inghima, I., Jung, M., Richardson, A.D., Reichsteins, M., et al. 2007. CO₂ balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. *Global Change Biology* **13**: 2509-2537.
- 74 Luysaert, S. E., Schulze, D., Börner, A., Knohl, D., Hessenmöller, D., et al. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* **455**: 213-215.
- 75 Bond-Lamberty, B., Peckham, S.D., Ahl, D.E., and Gower, S.T. 2007. Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance. *Nature* **450**: 89-93.
- 76 Stocks, B.J., Fosberg, M.A., Lynham, T.J., Mearns, L., Wotton, B.M., et al. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. *Climatic Change* **38**: 1-13.
- 77 Holtsmark, B. 2013. Boreal forest management and its effect on atmospheric CO₂. *Ecological Modelling* **248**: 130-134.
- 78 Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., and Smith, P. 2016. Climate-smart soils. *Nature*, **532**: 49-57.
- 79 Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Jooster, H., Minayeva, T., and Silvius, M. (eds.) 2007. *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change*. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen, Netherlands.
- 80 Pena, N. 2008. Including peatlands in post-2012 climate agreements: Options and rationales, Report commissioned by Wetlands International from Joanneum Research, Austria.
- 81 Sabine, C.L., Heimann, M., Artaxo, P., Bakker, D.C.E., Chen, C.T.A., et al. 2004. Current status and past trends of the global carbon cycle. In: Field C.B. and Raupach, M.R. (eds.) *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*. Island Press, Washington, DC, USA, pp. 17-44.
- 82 Schuman, G.E., Janzen, H.H., and Herrick, J.E. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution* **116**: 391-396.
- 83 Nosberger J., Blum, H., and Fuhrer, J. 2000. Crop ecosystem responses to climatic change: Productive grasslands. In: Hodges H.F. (ed.) *Climate change and global crop productivity*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 271-291.
- 84 Grace, J., San José, J., Meir, P., Miranda H.S., and Montes, R.A. 2006. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography* **33**: 387-400.
- 85 Amundson, R. 2001. The carbon budget in soils. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **29**: 535-562.
- 86 Trumper, K., Bertzyk, M., Dickson, B., van der Heijden, G., Jenkins, M., and Manning, P. 2009. *The Natural Fix? The Role of Ecosystems in Climate Mitigation*. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme, UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- 87 Liniger, H.P., Mekdaschi Studer, R., Moll, P., and Zander, U. 2017. Making sense of research for sustainable land management. Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern, Switzerland and Helmholtz-Centre for Environmental Research GmbH – UFZ, Leipzig, Germany.
- 88 Andrade Pérez, A., Herera Fernández, B., and Cazzolla Gatti R. (eds.) 2010. *Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field*. IUCN Commission on Ecosystem Management, Ecosystem Management Series number 9, IUCN, Gland, Switzerland; Epple, C. and Dunning, E. 2014. *Ecosystem resilience to climate change: What is it and how can it be addressed in the context of climate change adaptation?* Technical report for the Mountain EbA Project. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.
- 89 Swingland, I.R. (ed.) 2002. *Capturing Carbon and Conserving Biodiversity: The market approach*. Earthscan and The Royal Society, London.
- 90 Carlson, K. M., Gerber, J. S., Mueller, N. D., Herrero, M., MacDonald, G. K., et al. 2017. Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nature Climate Change*. **7**, 63-68.
- 91 Erb, K.-H., Lauk, C., Kastner, T., Mayer, A., Theurl, M.C., and Haberl, H. 2016. Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation. *Nature Communications* **7**: 11382.
- 92 Walker, G. and King, D. 2008. *The Hot Topic: How to tackle global warming and still keep the lights on*. Bloomsbury, London.
- 93 Centre for Alternative Technology. 2013. *Zero Carbon Britain: Rethinking the future*. CAT, Machynlleth, Wales, UK.
- 94 Roberts, P. 2004. *The End of Oil: The decline of the petroleum economy and the rise of the new energy order*. Bloomsbury, London; Leggett, J. 2005. *Half Gone: Oil, gas, hot air and the global energy crisis*. Portobello Books, London.
- 95 Clarke, D. 2007. *The Battle for Barrels: Peak oil myths and world oil futures*. Profile Books, London.



©GIZ-Markus Kirchgessner

城市化

千百年来城乡之间的关系正在转变。主要受农村人口迁移推动的城市化正在全世界迅速发生，导致城市蔓延和贫民窟发展，以及高质量基础设施的发展和生活水平的全面提高。如果目前的预测准确，到2050年世界人口的66%将在城市生活。这对环境正在造成重大影响，对有限的土地资源造成日益增加的压力。未来的城市扩张很可能导致我们一些更有生产力的农田丧失。

由于对粮食和水以及交通运输和能源基础设施的需求，城市的足迹远远超出了其边界。但在资源利用和环境影响方面，城市可以提供规模经济。可持续城市的概念正在增长，但城市规划者正在努力将这些方法付诸实践。

引言

城乡生活方式的区别可追溯到几个世纪前。美索不达米亚、中国、印度河流域、埃及、秘鲁和中美洲的最古老的城市可以追溯到4000多年以前，是最早的主要礼仪中心。城市逐渐发展成为独立管理，其分配食物，专注于制造业和统制贸易。1800年前，城市区域容纳的世界上不到2.5%的人口，大多数市区规模都较小。随着化石燃料的开采和工业化，大约200多年前，真正的城市化社会开始在欧洲和北美地区出现。在这样土地便宜、人口密度低的地方，城市蔓延的范围很大；波士顿的半径在1850年至1900年间增长了2到10英里。¹到1900年，世界人口的大约10%居住在城市，逐渐开始具备我们今天认识到的特点。²

城市正以前所未有的挑战性速度增长

然而，整体的农村/城市平衡变化较慢。1960年，只有34%的人住在城市居住区，三分之二还在农村。³从20世纪下半叶开始，变化更加迅速。象征我们生活方式根本转变的是巨型城市的兴起。1990年，居民人数超过1000万的城市只有10座⁴，但到了2017年有34个，⁵约占世界人口的12%。⁶包含多个城市、郊区或城区周边地区的城市群开始作为相邻和连续的地区形成。⁷2007年，全球农村和城市居民人口的平衡发生了反转，城市居民人数在历史上第一次超过了农村居民人数。⁸各地区的城市化水平有所不同。到2014年，拉丁美洲、加勒比和北美洲的城市化水平可能达到80%以上，而73%的欧洲人，48%的亚洲人和40%的非洲居住在城市地区。⁹一些国家几乎完全城市化。新加坡被认为是百分之百城市化，其次是卡塔尔99.2%，科威特98.3%，日本93.5%，以色列92.1%。¹⁰

未来城市化

21世纪初期，城市产生了全球一半以上的GDP，这种经济主导地位正在帮助推动其持续增长。¹³例如，亚的斯亚贝巴拥有260万居民，占总人口的4%，然而几乎占埃塞俄比亚国内生产总值的五分之一。¹⁴2014年，28座巨型城市拥有4.53亿人口。预计到2030年，将有13个新的巨型城市在欠发达地区出现。¹⁵

这些新增城市近90%可能在亚洲和非洲，预计城市人口将分别增加到56%和64%。¹⁶目前的预测表明，2000年至2030年间非洲新增城市居民将增加3亿多，超过农村人口的两倍。¹⁷虽然达累斯萨拉姆和金沙萨这样的非洲城市处于世界上增长最快的城市之列，但只有12%的人口居住100-500万人口的居住区，52%的人口住区居住在20万以下的居住区。¹⁸亚洲的变化更引人注目，中国这样的国家仅用了一代人的时间就已从农村占压倒多数的社会转向越来越城市化的城市。世界上最大的100个城市现在有22个在中国。¹⁹虽然加勒比地区的数目相对较小，但是城市化速度最快，在2000年初，居住在城市地区的人口为62%，到2015年增长到70%，在2025年预计将达到75%。²⁰

在世界大部分地区，城市土地足迹的扩张速度快于城市人口。²²到2030年，城市人口预计将达到约50亿，2050年达到约63亿，²³预计城市地区的范围将是2000年同期的基准水平的三倍，²⁴增加120万平方公里。²⁵

图11.1：1950-2050年发达国家和欠发达国家地区的城乡人口：重绘自¹²

欠发达地区

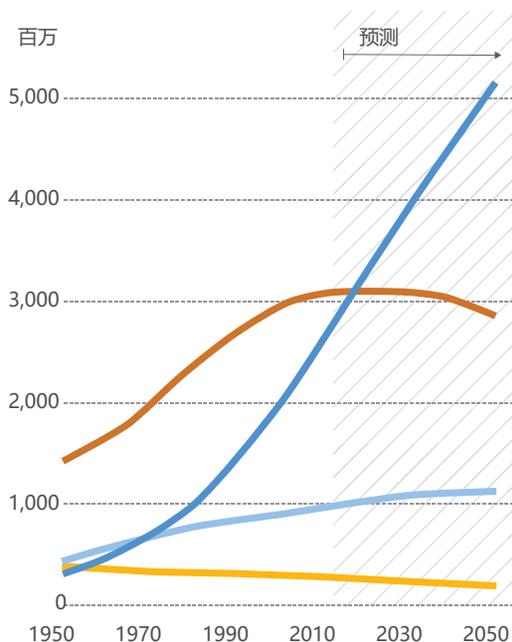
非洲、亚洲（不包括日本）、拉丁美洲和加勒比地区、美拉尼西亚、密克罗尼西亚和波利尼西亚

— 城市人口
— 农村人口

更发达地区

欧洲、北美、澳大利亚、新西兰和日本。

— 城市人口
— 农村人口





虽然预测人口增长并不总是特别准确，²⁸但是城市化趋势似乎不可逆转。²⁹经济学家一般将城市化与³⁰土地和资源利用效率的增长和机会联系在一起。城市人口生育率下降也将降低人口总体增长。³¹但是，城市还支持着最大的财富不均，³²最大城市的财富也最不均等。³³城市对周边土地有重大影响：城市扩张是土地利用变化的主要原因，也是栖息地丧失和物种灭绝的重要驱动因素。³⁴可持续发展的

挑战将更多地集中在城市，特别是在城镇化步伐最快的中低收入国家。³⁵城市需要更多地承担起设计和实施解决方案的责任，以应对因它们而产生的挑战以及它们对地球上其他地区的影响。³⁶但是还必须认识到，许多市政当局面临诸多挑战，例如缺乏国家政府的指导，以及被寄予厚望但又没有必要的财政支持。本章的其余部分讨论了蒸蒸日上的城市未来所带来的一些挑战和影响。

文本框11.1：印度的快速城市化

印度备受瞩目的工程突显了伴随快速城市化的基础设施发展和土地利用变化，预计到2050年将有一半以上的人口将成为城市居民：²⁶

- **交通运输基础设施**：仅新德里每天就有1400辆新车上路。为改善交通运输系统，该国在2012年至2017年间新建或升级了2万公里的道路。
- **城市群**：正在规划在孟买和德里之间建设一条工业走廊，这将开发多达六座新城市。
- **能源基础设施**：计划投资2500亿美元用于电厂和电网建设。²⁷

城乡联系

城市地区提供集中的功能以及通常因成本高昂而在农村地区无法提供的公共服务，而农村则为城市提供相对便宜的商品和服务，如粮食、水和燃料。理想状态下，只要有足够的基础设施来促进商品和服务的必要流动，紧凑的城市地区就可让农村繁荣。但实际上，城乡联系很少能顺利运行，城市与周边地区之间的联系日益脱离并不让人感到奇怪。³⁹特别是存在两个与城市相关的因素影响农村景观的健康：

- **由经济机会、土地退化和政府政策等** 因素驱动城市人口迁入和迁出
- **导致城市蔓延**和贫民窟形成半城市化

1. 迁移

从农村到城市的移民往往被视为区域发展不均衡的自然后果⁴⁰农村和城市居民收入差距被认为是人们迁移的主要动因，⁴¹他们通常有提高自身生活质量共同愿望。⁴²然而，除增加收入的可能性外，许多其他动机也会影响这些人口迁移流动，例如能使用更好的便利设施、教育机会和参与“知识经济”⁴³还有躲避气候变化⁴⁴和天气相关的灾害。⁴⁵同样存在限制人口迁移的反制力量，例如通过财务、距离、信息取得、社会交往以及政府政策设定的限制。⁴⁶在许多国家，农村移民被视为城市的下层阶级。与此同时，农村地区人口外迁减少了纳税基数，削弱了农村市政开发的可用资源。人口迁移是多方位和复杂的，包括农村地区的永久和临时变动，从小城镇到大城市以及城市间的迁移。如果城市经济疲软或价格上涨，⁴⁷或者在退休时，城市的农村移民往往回到家乡或其他农村地区。⁴⁸

因此，迁移的决定取决于同时发挥作用的各因素，大到国家或国际政治决策，小到个人或当地环境，其中一些因素可追溯到土地利用决策。例如，撒哈拉以南非洲的自由化农业政策的导致了补贴撤销，继而使一些农场难以为继，导致人口迁移到城市。⁴⁹在某些情况下，城乡人口迁移导致农田被放弃，从而产生了森林和其他自然生态系统的扩张。⁵⁰除全球和区域进程外，基于改革和调整的国家宏观经济政策也对城乡关系和个体的流动产生影响。1992年中国市场改革后，农村迁移到城市的人口流动增加。⁵¹结果是从计划经济向市场经济转型，伴随着工业化、城镇化、经济增长和城市蔓延以及城市附近农用土地流失和城市附近地区带有自由经济的农村工业化。⁵²增大的地区差距导致中国土地利用变化，⁵³包括土地退化、更高工业化造成的污染、农地转化或废弃导致的粮食安全降低以及过度集约化的农耕实践。⁵⁴相反，废弃贫瘠农业地区已经使一些山区的自然植被得到恢复。⁵⁵

人口迁移对土地的影响可能是积极的。⁵⁹从农村到城市的人口迁移可能带来资金、技术和信息向农村地区的回流。这可以为农业创新或非农业活动方向的多元化提供资金，从而让土地为其他用途打开大门。⁶⁰农村人口与森林覆盖率之间的关系同样模糊不定，具体取决于地方和非地方性两方面的因素。⁶¹一些关于农村人口迁出的研究支持了“森林过渡理论”，⁶²这种理论重点说明了这种情况如何导致退耕还林。⁶³反过来说，移民输出可能导致种植增加，尤其是移民带着存下的钱投回农事或者当自己不在时雇人种地的情况，⁶⁴这促进了粮食供应，但进一步破坏了土地的生产力。它也可能导致基于劳动力的环境健全管理体系因不再有劳动力可用而遭到瓦解。⁶⁵

文本框11.2：巴基斯坦和尼泊尔乡村层面的人口迁移影响

移民对土地可能有复杂的影响。

在巴基斯坦的一些地区，山地农村男子出外打工已导致牧场退化。留守的妇女、儿童和老人没有能力实施传统牧民的使用者限制，让外来者钻了空子，放养了大量动物。此外，很多家庭缺乏必要的劳力来看管牲畜。妇女转向喂养山羊，养这种动物更容易不耽误做家务，但山羊吃草对脆弱山区植被造成的破坏比牛群更大。⁵⁶

在尼泊尔，目前从高原地区向城市或国外的大批迁移已导致山区人口结构的明显变化。

管理土地的任务也是主要落在留守者身上，他们多数是妇女和老人。农村地区的劳动力短缺往往导致更加不可持续性的农业实践和土地利用格局。尽管如此，但也出现了一些积极的环境影响：由于采集的饲料和薪柴更少，较低的人口压力和更好的管理措施已促进了森林的增长，并帮助稳定边坡。然而，在山坡或高地上人口迁出的区域，由于现在牲畜少了，因此产生的粪肥也少，导致了土壤肥力下降。伴随着人口越来越多，山谷底部的村庄地区同样因为种植周期从一年两季增加到一年三季而遇到土地肥力的下降。⁵⁷

人口迁移对土地的影响可能是正面的。从农村到城市的人口迁移可能带来资金、技术和信息向农村地区的回流。

2. 半城市化

半城市地区代表了城乡结合的地方，是一种同时具有农村和城市特点的混合景观。最好的情况下，这些地区扮演着城市和农村之间的有用桥梁，为双方的社区提供娱乐区、市场或购物中心或垃圾处置场等服务。在特定条件下，半城市区域对生态系统服务和娱乐区的需求可能带来城市周围贫瘠农业区域内的森林和其他自然生态系统再生。⁶⁶但它们也可能是障碍。城市蔓延大致地定义为分散、过度 and 浪费型的城市增长，⁶⁷城市蔓延可以迅速退化或不受监管的贫民窟，成为实际上除了足够惨的人以外其他人无法涉足的区域。不受监管和无计划的城市化经常由于薄弱的政府结构以及缺乏制度性协调而加剧，⁶⁸可能导致土地退化、生物多样性丧失、污染和水污染、高犯罪率和拥堵以及疾病蔓延。^{69,70}

城市扩张中涉及的金钱和权力意味着半城市地区往往易受到征收（强制收购）、土地收购和权属变更的影响，这些情况可能对社会和环境具有破坏性影响。⁷¹例如，非正式的半城市发展占据了墨西哥哈拉帕生态价值很高的合作农场土地，正在威胁到高山云雾林的剩余区域，这些林地不仅具有内在的生物重要性，而且还可以通过树木覆盖调节当地气候和城市微气候。⁷²由于肥沃的土壤消失在混凝土下，正在被秘鲁安第斯山脉扩张的城市所接管的小农户表达了他们对粮食安全的担忧。⁷³

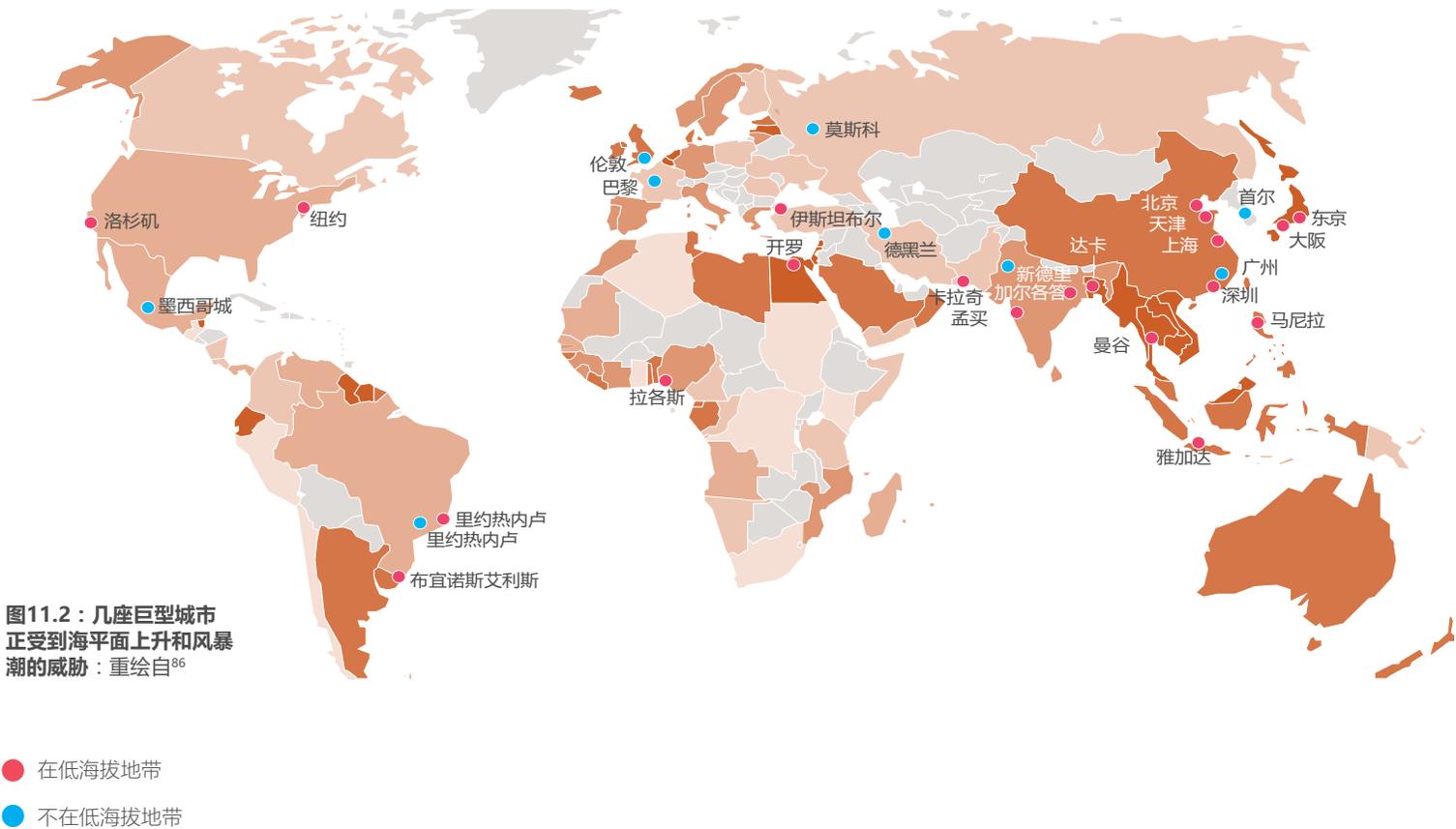
贫民窟占据了城市扩张中的很大比例，在许多发展中经济体中尤为如此。贫民窟往往被框释为“过度城市化”的典型，其中的居民区就会非正规地发展，没有适当的基础设施和卫生设施。今天有8.28亿人生活在贫民窟，并且数量持续上升：⁷⁴在撒哈拉以南非洲，62%的城市人口生活在贫民窟，⁷⁵印度孟买有一半的人口也是如此。⁷⁶无规划的居住区往往由个人侵占或侵入并不属于他们自己的土地而来。不平等的土地分配（例如由土地私有化计划引起）可能意味着个人受驱使作为一种生存机制去占据土地。

治理不受控城市扩张的政策包括空间发展规划（如城市增长边界、绿化带）以及相关法规。城市增长边界是一种注重有效利用土地和保护农村功能的常见策略。这种做法需要强有力的立法，以便控制发展并确保有效执行，其成败取决于现有城市规划框架内的发展。同样，绿化带策略也推动了紧凑型城市的发展，不仅可以减少生态城市足迹，还能减少提供额外的服务和基础设施的成本。

贫民窟的定居点常常位于具有很高环境风险（如洪水或滑坡）的区域，并且可能会更大地受到气候条件变化的影响，建在被认为不适合城市发展的土地上时尤其如此。与此同时，农村地区恶化的环境条件也可能促进无规划的半城市发展。孟加拉国达卡是世界上增长最快的巨型城市⁷⁷这是因为人们经常由于环境因素而从沿海和农村迁徙而来。随着海水进一步向内陆推进以及河岸的侵蚀，沿海洪涝摧毁了蔬菜作物和稻田。⁷⁸社区通常先从海岛搬迁到大陆，⁷⁹然后频繁地进入到城市贫民窟中。⁸⁰很大程度上受发达国家的温室气体排放驱动，环境退化和气候变化的影响的直接刺激了这种无规划的城市发展。

低海拔沿海地区（LECZ）的城市地区增长速度快于其他地区。在最近一项研究中综述的城市中，有三分之一在沿海低海拔地区的10米之内，它们占到人口超过500万城市面积的近三分之二。没有充分的保护，气候变化的影响将破坏经济和基础设施；⁸¹据估计有4亿城市居民面临与海平面上升有关的风险。⁸²面临气候变化有关的灾害，沿海低海

拔地区城市区域和最不发达地区（如达卡）首当其冲，需要有效的治理来防备这种情况。⁸³在非洲，有50%以上沿海城市区域易遭受气候相关的风暴潮的国家包括莫桑比克、坦桑尼亚、科特迪瓦、赤道几内亚和摩洛哥。⁸⁴虽然70%的高收入国家将土地利用和自然风险管理相结合，但是低收入国家中只有约15%这样做。⁸⁵



城市土地足迹

城市将大部分人类塞到一个非常狭小的区域，但影响远在其边界之外。城市只占地球3%的土地，总共只有⁸⁷约20万平方公里，但其有限的范围掩盖了大得多的消费足迹。日益增加的城市和半城市扩张，加上人口增长、不断变化的生活方式和相关资源需求，共同导致了²⁰和21世纪中消费和废弃物产生达到了前所未有的水平。⁸⁸城市足迹波及到很远的地方，很广的范围：欧洲城市的普通家庭在使用引起世界各地数十个国家温室气体排放、过度抽水和土地利用变化的商品和服务。⁸⁹城市人口密集，许多城市居民工资相对较高⁹⁰也意味着城市消费模式与农村不同，其肉类、乳制品和加工食品占据更大比例的土地资源。⁹¹城市的足迹（城市超出其边界的影响）有很多组成部分，其中的六个在下面进行讨论：

- **粮食影响**，直接来源于土地利用的变化和为城市居民生产食品的更大压力
- **水的使用**，居住在城市的人往往比农村居民用水量更大
- **交通运输基础设施**，来自资源的角度和栖息地破碎化
- **城市土壤封闭**及其对整个水循环和极端天气事件敏感性的影响
- **生物多样性丧失**
- **气候变化影响**

1. 粮食影响

由于城市的设计和人口密度的原因，城市无法为自身的居民提供足够的粮食，这意味着粮食必须从周边地区进口，并越来越多地来自世界其他地方。就在不远的过去，进口食品还主要是规格小、可携带和高价格的商品，如香料或其他奢侈品，而今天粮食的大规模运输意味着其有可能走过了更长的距离。例如，一项伦敦的生态足迹分析发现，该市80%左右的食物是从其他国家进口的。⁹³荷兰的类似足迹发现，为了满足这个小而高度城市化的国家的粮食需求，需要一个比整个国家面积大四倍的土地。⁹⁴粮食系统问题在第7章中有更详细的讨论。

快速的城市化也越来越多地将农村营养不良的影响转移到城市地区：城市的粮食安全主要依靠由支取现金的方式，而不是种植或收获粮食，而许多发展中国家的贫困城市家庭将超过一半的家庭预算花在食品上。发育迟缓的儿童现在有三分之一生活在城市地区。⁹⁵

虽然城市需要更多的土地来养活人口，它们还在不断扩大，从而减少了可用的农田数量。尽管总面积可能相对较小，但这些土地通常最适合生产用于养活城市人口的粮食。例如，在黎巴嫩第二大城市的黎波里，从1984年到2000年，城市面积增加了208%，附近的农田面积同时下降了35%，主要是以前沿海平原柑橘园的肥沃土壤。⁹⁶世界上60%以上的灌溉农田位于城市地区附近，随着城市的扩张，农业和城市或基础设施用地之间的竞争也将随之产生。2000年，预测全球有3000万公顷的农田位于预计到2030年将会城市化的地区，代表了约

图11.3：尼日利亚、印度和中国城区在农田的扩张：经许可使用⁸⁸

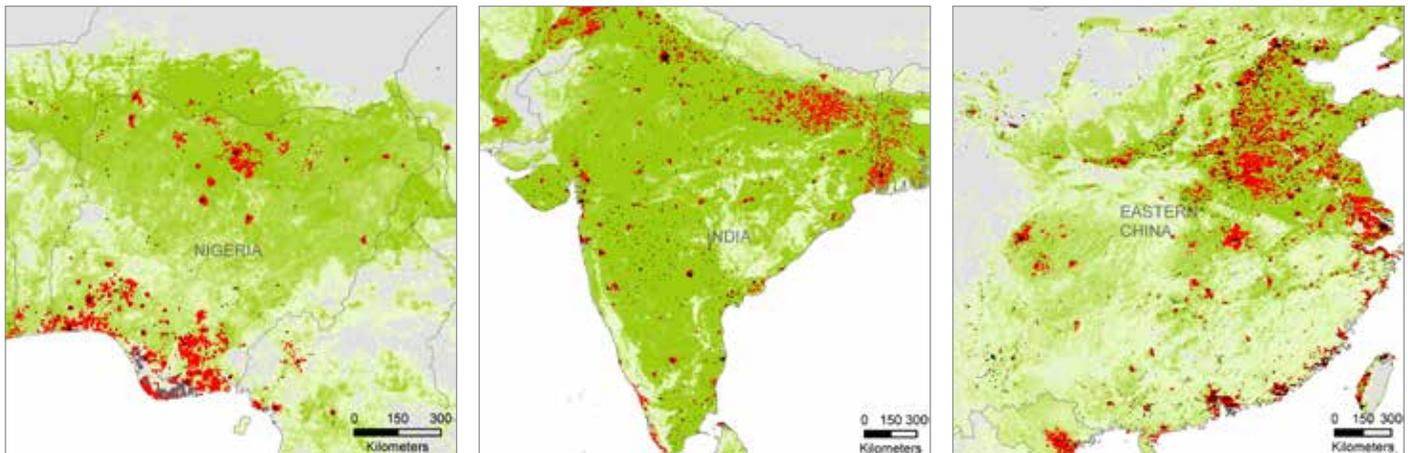


表11.1：城区扩张对农田的全球和区域影响¹⁰²

| 地区或国家 | 预计农田损失，百万公顷 | 相对耕地损失 | 生产损失 | 生产力与地区平均值相比 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 世界 | 30 | 2.0% | 3.7% | 1.77 |
| 亚洲 | 18 | 3.2% | 5.6% | 1.59 |
| 非洲 | 6 | 2.6% | 8.9% | 3.32 |
| 欧洲 | 2 | 0.5% | 1.2% | 2.18 |
| 美国 | 5 | 1.2% | 1.3% | 1.09 |
| 澳大拉西亚 | 0.1 | 0.2% | 0.2% | 0.94 |

2%的总耕地损失（见图11.3）。在全球由于城市扩张而造成的农田损失中，预计城市扩张速度最快的非洲和亚洲将占到80%。⁹⁷因为扩张发生在主要农业地区，其中很多生产力是全国平均水平的两倍，这些农田损失的影响更加严重⁹⁸联合国确定了58个高肥力国家，⁹⁹其中39个在非洲。¹⁰⁰这些最有价值农田3%的损失换算为亚洲6%的产量损失和非洲9%的产量下降。¹⁰¹

很明显，城市扩张的治理对于保障这些农业经济中的生计至关重要，在粮食配送网络方面尤其如此。另一方面，通过消费更有效的农业系统生产的产品，城市可以为减少农业区域总量作出贡献。

2. 水的使用

尽管农业一直是水的最大的用户（见第8章），但由于人口和人均使用率上升，城市用水量正在增加。这些城市水源有许多受到威胁。世界各城市的水源流域覆盖了无冰陆地的37%以上，其中40%表现出中等到较高度度的退化，影响到水的质量和数量。¹⁰³此外，由于水的抽取量大于补给量，所有人口超过10万的城市中有一半位于淡水源（河流，湖泊或含水层）正在枯竭的水资源匮乏流域。¹⁰⁴因此，估计有1.5亿人生活在严重缺水的城市。¹⁰⁵这种情况有可能会变得更糟，因为到2030年，水的需求预计将超过采水量40%；到2050年，高达10亿的城市居民可能会遇到缺水。¹⁰⁶

城市用水危机长期以来受到忽视。城市和农业用水规划者更加重视获取更多的水资源，而不仅仅是必须要节约和更有效地利用水，这一点只是最近才成为重要的考虑因素（见文本框11.3）。¹⁰⁸与人口、城市化和GDP的预期趋势相反，由于与水相关的损失，造成一些地区到2050年的经济增长率可能出现达GDP 6%的负增长。¹⁰⁹有关水和城市化的辩论将以中国和印度¹¹⁰为中心展开。

在中国，水资源越来越稀缺，水质问题正在严重影响整个国家的健康和生计。尽管在水资源基础设施方面已经进行了巨大的投入，但政策措施并不能在长期或社会和环境条件下有效地解决问题。¹¹¹

许多城市中心从周围的自然地区获得水，或者在相当远的距离进行管道输送。这些地区的土地管理做法控制了水质、流量调节，在某些情况下可以确定可用的水量。第8章中介绍了帮助提高城市供水安全的各种管理方案，包括使用保护区来保护健康发挥功能的流域。

文本框11.3：城市水政策的发展 112

可在城市水政策制定中应用的五个大体步骤：

- **使用当地的水源供应**：直到它们枯竭 目前，随着最初的水源因农业和城市的共同利用而变得枯竭，存在着从地下水向地表水的转变（反之亦然）。水库建设对于使城市更加充分利用当地的地表水供应来说十分重要。
- **流域间调水**：通常是一个短期的步骤，因为这种调水往往会因为环境和社会影响以及成本而受到仔细审查。因此，城市转向节约用水，而不是增加新的调水。
- **节约用水** 1980年代以来，许多城市认真开始节约用水，近几十年来对节水方法和技术的关注和投入越来越多。
- **水循环利用**：尤其是废水或雨水的循环再利用，成为1990年代以来对城市供水的重要贡献，并在迅速扩大。
- **海水淡化**：由于与其他供应方式相比能源需求较高，通常作为最后的解决方案。海水淡化仅占全球用水量的1%左右，但由于城市面临着跨区调水的限制以及太阳能发电的进展，海水淡化正日益成为可行的选择。



©UN Photo / Kibae Park

3. 交通运输基础设施

城市快速增长往往与基础设施发展一致，特别是在交通路网方面。1970年至2000年间，欧盟地区高速公路里程增加了三倍。在印度和中国，公路网在过去十年保持了4-6%的年增长率。¹¹³例如在中国，1990年至2005年间国家交通网络增加了4.1万公里的高速公路，全国40万公里的乡镇道路得到改善。¹¹⁴全球交通运输部门占的世界总能源消耗量的约四分之一。¹¹⁵自2000年以来，交通运输能源消耗和二氧化碳排放量增加了28%。¹¹⁶城市对在市內和城郊到远郊区域的交通运输系统都产生影响，这是一种密集型的资源需求，带来更庞大的交通运输网络，对更广泛景观产生影响。

城市理论上可以运行高度有效的交通运输系统，减少资源利用和污染，但在现实中我们仍然看到世界各地发生的交通拥堵和灾难性的空气污染。40多年前，哲学家伊万·伊利奇指出，在美国，城市汽车平均速度是每小时4英里，相当于慢跑的速度，¹¹⁷而在许多城市，行驶速度甚至还要低。交通运输产生的污染水平正在造成全球性健康危机：在德里及其卫星城市，据估计每年由于颗粒物污染发生

7350-16200例过早死亡和600万例哮喘发作，这种污染高达三分之一是因为车辆尾气所致。¹¹⁸糟糕的规划决策很快就使事情变得更糟。在南非，在偏远地区建设救济房屋以节省资金的政策未能考虑如何将住房与上班连接起来，导致居民不得拼出租车出行，这种交通方式非常贵，而由于道路基础设施差而速度很慢，而且造成额外污染。¹¹⁹需要指出的是，虽然农村的户外空气质量较高。使用烧木材、木炭和煤炭的低效率燃且具有污染性的炉灶造成损害很多农村居民健康的室内空气污染。

从土地角度来看，如果城市之间的主要道路和铁路网建设的路线在自然和半自然生态系统穿过，让这些地区向快速并且通常规划不周的发展敞开大门，这些建设甚至更具破坏性。在巴西亚马逊地区的森林破坏、火灾和大气碳排放有95%以上是在道路50公里内的范围内发生的：¹²⁰目前已有22713公里的国道和190506公里的非官方道路，¹²¹包括从国道发出的密集私人路网，¹²²这被称为“鱼骨效应”。¹²³有20多个道路建设项目正在原生态森林中进行。¹²⁴贝

伦-巴西利亚高速公路¹²⁵和连接秘鲁和巴西的两洋高速公路¹²⁶因为给移民打开了新地区的大门，在滥砍滥伐¹²⁷和森林退化方面起到了重要作用。¹²⁸即使是保护区也不安全：一条穿过坦桑尼亚塞伦盖蒂国家公园的规划道路将永久破坏世界上最大的哺乳动物迁徙，并向偷猎者提供方便之门。¹²⁹满足城市需求的新交通基础设施也促进城市沿道路蔓延，进一步挤占当地的粮食生产，影响自然生态系统。确保基础设施政策、规划和实施明确确认城市边界内外的生态资产，是发展可持续城市的关键一步。¹³⁰

4. 城市土壤封闭

在城市的语境下，土壤封闭是指用不透水材料（如混凝土）覆盖土壤，主要发生在城市地区。此举不仅使土地不可用于粮食生产，而且还破坏了大多数其他生态系统服务，特别是水的入渗和调节。没有开放的土壤和植被吸收水分，大雨可能会迅速导致洪水，¹³¹雨水径流常常被废物和油性残留物污染。¹³²住宅、商业和工业区域的土壤封闭缩短土壤寿命，¹³³并且改变土壤表面反照率（反射）和来自蒸散量的热传递，这可能导致高温和加剧热浪期间的健康问题。¹³⁴

土壤封闭是一个全球性问题：在欧洲城市中，土壤封闭在23-78%间不等，¹³⁵并被认为是土壤功能的主要威胁之一，欧盟内部所有新城市化区域约有一半土壤正在被封闭。¹³⁶在意大利的艾米利亚-罗马涅地区，据估计，从2003年到2008年，主要由于城市化的原因，导致大约1.5万公顷的农业用地丧失，相当于供应44万人粮食需求的作物生产潜力。¹³⁷该地区的洪涝灾害也大幅增加，较小的河道尤其容易泛滥，需要对防洪进行额外的资金投入。¹³⁸

5. 生物多样性丧失

随着城市的扩张，许多使自然生态系统遭到破坏，相关的运输和能源基础设施则将剩下的大部分生态系统支离破碎。2010年，全球城市土地转换荟萃分析发现，近一半的城市位于陆地保护区10公里范围以内。更重要的是，这些城市从1970年到2000年的年平均扩张速率高于4.7%。¹³⁹在美国，城市住房扩张现在被认为是对保护区的重大威胁，¹⁴⁰到2030年，预计将在距离保护区50公里内增建1700万套住房。¹⁴¹研究将预测的城市扩张与零灭绝联盟全球地点名单进行比较，名单上的地点都是按国际自然保护联盟（IUCN）红名单标准被评估为濒危或极度濒危的物种活动受到限制后仅存的一个地点，该比较发现，两栖动物、哺乳动物和爬行动物纲中有四分之一以上的物种将不同程度地受到城市扩张的影响。IUCN极度濒危或濒危野生动植物名单上共有139种两栖动物、41种哺乳动物和25种鸟类的栖息地可能因城市化影响而被侵占或彻底破坏。¹⁴²

城市扩张对湿地造成了不成比例的损害，这些湿地往往被填平、排干或受到污染，从而降低了调节水量和水质以及缓冲极端天气事件的功能。津巴布韦哈拉雷周围的湿地是全国一半人口的水源，发挥补给地下水位、过滤净化水、防止淤积和洪涝以及提供宝贵碳汇的作用。它们还是一个重要的鸟类保护区。然而转化、非正规农业、化肥污染和商业钻井对这些湿地造成的压力已导致过去15年来地下水位平均每年下降15-30米。¹⁴³

发展中国家城市砍伐薪柴（通常转换为木炭）严重影响着周边地区的健康，造成森林退化，有时是森林损毁。贫困和替代能源来源的缺乏使许多城市居民依赖于薪材。大量的木材来自城市附近的城郊和森林覆盖地区。没有有效的管理和监管，由于人口伴随往往不正规、分散和非法的燃料供应链增长，森林退化和森林损毁开始从城市中心向外扩散。

生物多样性热点的全球城市土地覆被在2000年至2030年间将增加200%以上。

文本框11.4：生物多样性热点地区的城市化

城市土地面积的扩大有可能导致生物多样性的巨大损失，例如：

- 东阿佛蒙塔尼（西非几内亚森林）以及西高止山脉和斯里兰卡热点地区的大规模城市化，到2030年可能使城市面积比2000年分别增加约1900%、920%和900%，导致重大的生物多样性丧失。
- 在已经减少和严重分散的生境（如地中海和南美大西洋森林热点地区）中，相对较小的生境缩小就可能导致灭绝率不成比例地升高。
- 预计将成为城市的土地面积百分比最大的五个生物多样性热点主要是沿海地区或岛屿，这些地方对于地方性物种尤其重要。¹⁴⁴

例如，木材和木炭占非洲家庭燃料使用量的80%以上，占采伐木材的90%以上，是非洲森林退化的最大原因。¹⁴⁶在坦桑尼亚达累斯萨拉姆周围，14年间伐木半径扩大了120公里，毁林的前沿从优质的树木开始，最后是用于木炭的木本生物质。¹⁴⁷像乍得的阿贝奇的情形一样，人口增长或突然涌入的移民导致薪柴使用的迅速增加。金沙萨和阿布贾正在

经历由于冲突和农村贫困造成的城市人口大幅度增加，这导致了森林砍伐的加速。¹⁴⁸

不可持续地使用薪材，危害的不仅仅是森林。2010年，固体生物质造成的家庭空气污染造成的死亡人数比疟疾还多，预计死亡率将持续上升。¹⁴⁹在生活水平允许的情况下，城市居民选择使用木炭，这种燃料在消费时更干净，但需要更多的木材，并且会在生产过程中释放一系列污染物。

6. 气候变化

城市在局部地区和全球范围都会影响气候，反过来城市也受到气候变化的影响。城市地区通过改变地表反照率和蒸散量、增加气雾和人为热源改变当地气候，导致气温上升¹⁵⁰以及当地降水模式的变化。^{151,152}城市气温一般比周边农村要高，这是一种被称为“城市热岛”的现象，热浪中的温度差异甚至更大，增加了不适和健康风险。¹⁵³城市的供热、制冷、交通运输和工业中排放温室气体促使全球气候发生变化。如果将完整的城市足迹纳入考虑，城市估计将占有所有资源消耗和能源使用的60-80%，占全球人为二氧化碳排放量的近一半。它们对生态系统退化同样产生重要影响。¹⁵⁴分析表明，城市人均排放量本身往往低于其所在国家的平均水平。¹⁵⁵相反，由于生物质和化石燃料的密集使用，发展中国家的城市人口往往会比周围的农村人口产生更多的人均温室气体排放。¹⁵⁶

图11.4：建设可持续城市



城市在增长时更容易受到气候变化风险的影响，特别是随意或无规划的扩张。在地价高涨的情况下，许多较贫穷的城市居民处于不利条件下，如洪泛平原、低洼沿海地区、河岸，陡坡以及天然林荫或植被很少的地方；而富裕的人们则有能力采取措施应对气候变化的影响，例如住房加固和保温、改善雨水排水以及其他灾害防备措施。数以亿计的城市居民没有全天候的道路、没有管道供水、排水、污水处理系统或电力，住在非法占用或群租土地上的简陋住房里，很少有气候防护的机会。¹⁵⁷气候变化可能会带来更多的洪灾、干旱、热浪和海平面上升。¹⁵⁸新兴的沿海城市将有更多区域遭受洪灾：对53个非洲城市的预测估计，到2100年，遭遇风暴潮危害的人口将增加1160万。¹⁵⁹其他估计显示，到2100年，每年将有1600万人遭受洪灾，1000万人被迫迁移。¹⁶⁰

建设可持续城市

“可持续城市化要求城市创造更好的收入和就业机会，扩大建设用水和卫生、能源、交通、信息和通讯等方面的必要基础设施；确保公平地获得这些服务，减少生活在贫民窟的人数，保护城市及周边地区的自然资源。”¹⁶¹

可持续发展目标11旨在“建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续发展能力的城市和人类住区”而目标11.6力争“减少城市的人均负面环境影响。”

人居三中采纳的“《新城市议程》指出，我们设想城市和人类住区：保护、保存、恢复和加强生态系统、水、自然栖息地，增加生物多样性，减少对环境的影响，转变为可持续的消费和生产模式。”¹⁶²

鉴于两者相互关联的程度，不再有必要对城乡规划进行区分。城市管理的可持续方案必须考虑城市地区以及农村土地、社区及其依赖的生态系统。¹⁶³城市可持续发展可能实现，但基于环境标准的长期规划并不受欢迎。世界银行指出，面临严重财政限制的国家可能需要在“造好”（可能具有经济和环境意义）和“多造”（这可能是社会所需）之间进行选择。¹⁶⁴实现可持续城市所需的步骤有：

- **最大限度减少对土地的影响**，如土壤封闭、土地利用变化等。
- **减少城市的食物和能源足迹**
- **在流域规模综合水资源管理**，以确保可持续供应
- **发展可持续交通系统**
- **最大程度提高城市**背景下的气候缓解和适应
- **减轻水和空气污染**
- **通过有效回收减少资源利用**
- **设计绿色空间，保护**城市内外生物多样性

1. 最大限度减少对土地的影响

城市化才可以减轻对自然和半自然生态系统的压力，但这只有在城市蔓延得到限制、城乡交界地区得到细致管理的情况下才能做到。紧凑、有序的城市可以通过减少对基于土地的商品和服务的需求，减少对周边地区的影响。例如，新加坡规划的密度根据不同地点、使用和基础设施的可用性而异，而地铁站附近的密度会更高。¹⁶⁵高密度城市社区人均能源消耗和温室气体排放量同样低于低密度郊区开发，运输和采暖成本也有下降。¹⁶⁶费城已经制定了一个绿色基础设施计划，到2036年将现有不渗透表面的34%转化为“绿地”。¹⁶⁷

重新建设和重新设计城市，而不将城市扩大到生产性农业用地和自然生态系统，将减少土壤封闭和土地利用的变化。有效的城市规划提供可持续经济增长的机会。在英国，伦敦在奥运场地耗资134亿美元，将一个破旧的地区变成一个拥有8000家庭住房的休闲、娱乐和商业中心。¹⁶⁸

虽然全世界近一半的城市居民生活在不到50万居民的较小住区，¹⁶⁹但中小城市的作用及其对国家经济的贡献往往被忽视。¹⁷⁰确保这些小城市从一开始就采取可持续发展的道路，将会防止这些城市遇到世界很多大城市面临的问题。¹⁷¹随着许多这些城市正处于快速扩张的顶峰，迫切需要这些举措。¹⁷²

2. 减少城市的食物和能源足迹

城市可以成为可持续粮食生产提供正面和负面的榜样。人口稠密的社区提供了规模经济，在理论上可以减少浪费。但如果规划不善，在城市化进程中，食物的浪费和食物的足迹实际上会增加。强有力的政策和精心规划对于成功至关重要。

虽然城市依靠其他地方种植的粮食，但在粮食进城后最大程度提高效率方面还大有潜力可挖。促进城市和城郊农业以及最大限度地利用当地的粮食生产，增加了营养和粮食保障，保护了区域粮食，减少了粮食里程，并有助于限制城市蔓延。布隆迪布琼布拉等城市正在将园艺纳入城市总体规划中。¹⁷³城市周边的可持续粮食生产除了食物之外还带来了一系列其他生态系统服务。然而，当地的生产者有时会看到很难在经济上与规模更大、距离更远的农企竞争，有时候需要扶持措施才能生存。一项对目前城市土地转换的全球荟萃分析指出，这些地区农田补贴的平均水平使年均城市扩张速度下降了2.43%。¹⁷⁴因为相关的成本效益比和投资回收期不够满意，即使有生产力提高和用水成本降低的前景，农民也不愿意在农业保护措施上投入。城市有助于打破这种平衡。¹⁷⁵

城市通过借助开发区域供热方案等措施共享和优化能源和减少浪费，将节能措施纳入新建筑物，安装包括太阳能电池板和电池在内的发电设备，为减少能源总用量提供了可能。智能电网（协调供需的电网）提供进一步的节约，将国家内部和国家之间更多地结合起来，利用快速发展的储能技术，并灵活管理需求。¹⁷⁶新技术可以连接个体生产者和消费者，而不需要集中的公用设施，从而更容易也更有效地地利用过剩的能源。¹⁷⁷储能和效率的改进提供了新的可能性，例如在家用电器和光伏电池中使用直流电。¹⁷⁸自然解决方案（如城市植树）可以帮助减少家庭空调费用，¹⁷⁹同时还有许多其他好处。过去15年来已经开发了183项水基金，旨在促进健康的城乡结合区域。其目的是集中召集用水者来投资上游生态环境和土地管理，调动创新的资金来源。水基金的主要元素和流程如图11.5所示。

图11.5
水资源基金的主要要素和流程：¹⁸⁰



3. 综合水资源管理

保持潺潺清流可能是最有希望的机会，能让城市主管部门藉此机会与邻近的农村社区密切协同合作。这些发展措施可以与城市内有效的卫生系统相结合。向农村社区提供激励措施来保护和恢复流域的市政府或水务公司创造了一种双赢的战略，其中城市获得具有成本效益的供水，同时增加了农村收入。据估计，全球六分之一的主要城市（如大约690座城市，人口超过4.33亿）有可能仅靠节约下来的水处理费用就能完全抵消这些保护成本。¹⁸⁰可以逐步加强这些举措，通过教育和水价政策减少用水和浪费。¹⁸¹

最著名的例子之一就是纽约市的水务系统与向城市供水的三个流域的管理联系起来的一揽子政策和财政支持。通过与私人土地所有者合作促进健康流域的发展，纽约已经保障了美国最大的不经过滤的供水，每年节省了3亿多美元的水处理和维护费用。¹⁸²

4. 发展可持续交通系统

由于城市的人口密集，如果有良好的规划和战略投资，就变成了可通过减少交通措施、自行车道、公共交通，人行道路和经济刺激措施（如征收私家车税收或补贴公共交通）减少交通运输足迹的地方。设计人口更密集的城市将减少城市交通成本。¹⁸⁴这些变化与文化的关系与它们与技术知识和政策模式的关系同等紧密：例如，阿姆斯特丹和剑桥这样的城市长期以来一直重视骑自行车，而在多伦多，有一位市长则部分因为听从汽车司机的反对承诺撤销自行车道而当选。

开车上下班的实际问题正在造成人们态度上的逐步转变。直到曼谷和德里的地铁系统开放前，两地都实际上已经达到拥挤状态。一些分析人士已经预测，世界人均汽车使用率已经达到顶峰，城市轨道交通客流和城市轨道交通服务现在正在上升，甚至在传统上依靠汽车的北美和澳大利亚城市也出现这种情况。¹⁸⁵便宜的公共交通系统

以及新技术的使用正在改变人们对城市交通的态度。经济合作与发展组织（OECD）一项模拟里斯本自驾车使用的研究发现，无人驾驶的共享汽车可将所需汽车数量减少80-90%。汽车的减少也将释放城市空间：一些美国城市高达四分之一面积专门用于停车。¹⁸⁶

5. 最大程度提高气候缓解和适应

人口密集城市伴随高住宅和就业密度的发展可以减少能源消耗、行车里程和二氧化碳排放。¹⁸⁷上海远郊的东滩生态城力图成为世界上第一个具有可持续交通、高效水系统、绿化空间并达到碳中和总体目标的特色生态城。建设完成后，与同等规模的类似现代化城市相比，生态城的能源消耗预计将减少64%。¹⁸⁸

将碳密集型行业的投资转向气候智能型解决方案，如可再生能源和微电网，是金融部门支持可持续城市的重要途径。这需要对碳风险的深度理解，以及寻求最适合可再生和低碳投资机会的渴望。这种类型的投资正得到经济合作与发展组织、国际货币基金组织和世界银行等国际机构的推动。¹⁸⁹

城市还将依靠周边地区的生态系统服务来增强对气候变化的适应。¹⁹⁰例如，海岸红树林可以帮助缓冲沿海城市更多的风暴袭击；¹⁹¹管理良好的旱地植被最大限度地减少了沙尘暴和沙丘形成，¹⁹²陡坡上的森林稳定了雪和土壤。¹⁹³在城市内部，存在利用生态系统服务的诸多选择，例如增加自然或绿地来吸收过量雨水¹⁹⁴和种植树木获得林荫。¹⁹⁵

6. 减轻污染

我们城市的空气和水污染对人类健康造成了严重的影响。但经验表明，其中许多可以改变。欧洲的河流比几十年前更干净，许多人看到水生生物的重新回归。饮用水的质量往往高于农村人口稠密地区的水质。土地管理对水资源管理至关重要：五分之四的城市可以通过森林保护、牧场再造林和农业最佳管理实践来减少沉积物或营养物质污染（至少10%）。这可能带来每年二氧化碳排放每年额外减少100亿吨的潜力。¹⁹⁶

7. 再利用和在循环

循环利用提供了重要的社会和环境效益，减少了对基于土地的生产活动及其影响的压力。与开采和加工新金属相比，仅仅是三种金属（铁、铝和铜）的循环利用，每年就可节约5.72亿吨二氧化碳。¹⁹⁷塑料的循环利用减少了它们造成的巨大污染负荷：世界海洋中目前估计有25万吨塑料。¹⁹⁸城市还有机会实施经过验证并具有成本效益的策略进行循环再利用。循环利用有三个主要驱动力：（i）经济激励（通常针对社会中最贫穷的人）；（ii）自愿性要素，例如垃圾分类或参观当地回收中心，主要是学习行为，以及（iii）大力鼓励回收利用的法律和政策。虽然循环利用市场复杂，物料的价值长期不稳定，但全球的循环利用却持续增长。每年大约有40亿吨废弃材料得到回收，¹⁹⁹但仍仅占潜力微不足道的一部分。

8. 最大化绿色空间并保护生物多样性

如第9章所述，城市可以通过减少对更广阔景观的影响来应对生物多样性损失的问题。城市地区也可以通过创造绿色空间更直接地与大自然接触。树木、公园和花园的存在与拥挤的城市并非不可兼容，并且确实实地融合到世界上一些人口最密集的城市之中。树木有多重好处，如减少径流和CO₂排放，提供空气净化和美学价值，同时提高过度拥挤地区的生活质量。在葡萄牙里斯本，与街道树木相关的综合效益（包括清洁空气、节能、增加物业价值和二氧化碳减排）可让每投入的1美元有4.48美元的回报。²⁰⁰

一些城市走得更远，他们在扩张设计中将绿色空间放在首位。新加坡以绿色基础设施计划推广其绿色形象，成为持续吸引大量投资的主要原因之一。²⁰¹南非已经确定了其绿色经济计划中的九项关键领域，包括更多的循环利用、城市农耕和非市场干预措施，以避免城市蔓延。²⁰²在城市层面，这一点与“开普敦2010年世界杯绿色目标行动计划”等干预措施相一致，并计划重新设计约翰内斯堡，以减少交通运输中的温室气体排放。²⁰³

除城市区域内的公园和绿色空间外，城郊绿色空间可在环境保护（如流域）、休闲活动和保护当地生物多样性方面发挥关键作用。有时由于位于陡坡或经常受淹的地形而使机会成本相对较低。

结语

城市将有可能继续成为经济增长的驱动力，需要大量的公共投入。它们还将继续对土地资源和相关生态系统服务产生影响，后者构成了其依赖的自然基础设施。²⁰⁴据预计，2030年代所有城市土地面积中将有65%是在21世纪的前30年完成的城市化。²⁰⁵城市发展决策是长期的，并且难以扭转。鉴于目前的趋势，迫切需要确保可持续的城市化政策。

城市的重要性和城市规模的增长正在改变我们的治理方式。随着经济活动由于私有化、放松管制和日益全球化变得更加分散，城市之间新型战略联盟正在形成，成为传统国家领土的绿色替代。²⁰⁶城市之间在分享最佳实践方面的更大合作对发展可持续性至关重要。一些城市已经开展合作伙伴关系，并开始资源管理中发挥更积极的作用，并在区域甚至全球范围产生影响。

例如，城市对温室气体排放的响应包括C40城市气候领袖群和世界市长气候变化委员会。²⁰⁷



© Dan

参考文献

- 1 Ponting, C. 1991. *A Green History of the World*. Sinclair-Stevenson, London.
- 2 Ibid.
- 3 UNFPA. 2007. *State of World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*, UNFPA, New York.
- 4 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*.
- 5 Data from FAO need ref from Elaine Springgay
- 6 UN. 2014. *World urbanization prospects – The 2014 revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.
- 7 d'Amour, C.B., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., et al. 2016. Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, doi:10.1073/pnas.1606036114
- 8 UN. 2014. Op. cit.
- 9 UN. 2014. Op. cit.
- 10 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op. cit. Sustainable Urbanization in the Paris Agreement. Comparative review for urban content in the Nationally Determined Contributions (NDCs). United Nations Human Settlements Programme, Nairobi.
- 11 World Bank. 2013. *Planning, Connecting, and Financing Cities—Now: Priorities for City Leaders*. World Bank, Washington, DC.
- 12 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*.
- 13 Oxford Economics. 2015. *Future Trends and Market Opportunities in the World's Largest 750 Cities. How the Global Urban Landscape Will Look in 2030*. Oxford, UK.
- 14 Cour, Jean-Marie. 2004. Assessing the 'benefits' and 'costs' of urbanization in Vietnam. Annex to *Urbanization and Sustainable Development: A Demo-Economic Conceptual Framework and its Application to Vietnam*. Report to Fifth Franco-Vietnamese Economic and Financial Forum. Ha Long, Vietnam.
- 15 UN Department of Economic and Social Affairs, Population division. 2014. *Population Facts*.
- 16 UN. 2014. Op. cit.
- 17 Currie, E.L.S., Fernández, J.F., Kim, J., and Kaviti Musango, J. 2015. Towards urban resource flow estimates in data scarce environments: The case of African cities. *Journal of Environmental Protection* 6: 1066-1083.
- 18 World Bank. 2005. *The Urban Transition in Sub-Saharan Africa: Implications for Economic Growth and Poverty Reduction*, Urban Development Unit, Africa Region, Working Paper Series, No 97.
- 19 Get source from Elaine Springgay
- 20 UNEP. 2016. *GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean*. Nairobi.
- 21 Seto, K.C., Güneralp, B., and Hutyrá, L.R. 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (40): 16083-16088.
- 22 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.
- 23 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. Op. cit.
- 24 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.
- 25 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 26 Seto, K.C., Sanchez-Rodriguez, R., and Fragkias, M. 2010. The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources* 35: 167-194.
- 27 Urban Land Institute and Ernst & Young. 2013. *Infrastructure 2013: Global Priorities, Global Insights*. Urban Land Institute, Washington, DC.
- 28 Alho, J.M. 1997. Scenarios, uncertainty and conditional forecasts of the world population. *Journal of the Royal Statistical Society Series A* 160: 71-85.
- 29 Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B., and Reilly, M.K. 2011. A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS ONE* 6 (8): e23777. doi:10.1371/journal.pone.0023777
- 30 UN-Habitat. 2016. *World Cities Report*. Nairobi.
- 31 Aide, T.M. and Grau, H.R. 2004. Globalization, migration and Latin American ecosystems. *Science* 305: 1915-1916.
- 32 Adomaitis, K. 2013. *The World's Largest Cities are the Most Unequal*, Euromonitor International. <http://blog.euromonitor.com/2013/03/the-worlds-largest-cities-are-the-most-unequal.html>, accessed, November 27, 2016.
- 33 Glaeser, E. 2011. *Triumph of the City: How our greatest invention makes us richer, smarter, greener*. Pan Macmillan, London.
- 34 Hahs, A.K., McDonnell, M.J., McCarthy, M.A., Vesk, P.A., Corlett, R.T., et al. 2009. A global synthesis of plant extinction rates in urban areas. *Ecology Letters* 12: 1165-1173.
- 35 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. Op. cit.
- 36 Seitzinger, S.P., Svedin, U., Crumley, C.L., Steffen, W., Abdullah, S.A., et al. 2012. Planetary stewardship in an urbanizing world: Beyond city limits. *Ambio* 41 (8):787-794.
- 37 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 38 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.
- 39 Sassen, S. 2005. *Global City: Introducing a Concept*, *Brown Journal of World Affairs* 11 (2): 27-43.
- 40 Todaro, M.P. 1969. A model of labor migration and urban unemployment in less developed countries. *American Economic Review* 59: 138-148.
- 41 Lucas, R. 2015. *Internal migration in developing economies: An Overview*, KNOMAD Working Paper 6, May 2015.
- 42 Andersen, L.E. 2002. Rural-urban migration in Bolivia. *Advantages and disadvantages*. Instituto de Investigaciones Socioeconómicas. La Paz, Bolivia.
- 43 Clark, W.A.V. and Maas, R. 2015. Interpreting migration through the prism of reasons to move. *Population, Space and Place*. 21: 54-67.
- 44 Brown, O. 2008. *Migration and Climate Change*. International Organization for Migration, Geneva.
- 45 Internal Displacement Monitoring Centre. 2016. *Global Estimates 2015: People displaced by disasters*. Geneva.
- 46 Liang, Z. 2016. China's great migration and the prospects of a more integrated society. *Annual Review of Sociology* 42: 451-471.
- 47 Beauchemin, C. and Bocquier, P. 2004. Migration and urbanisation in Francophone West Africa: An overview of the recent empirical evidence. *Urban Studies* 41(11): 2245-2272.
- 48 Ofuoka, A.U. 2012. Urban-rural migration in Delta State, Nigeria: Implications for agricultural extension service. *Global Journal of Science Frontier Research* 12 (6). https://globaljournals.org/GJSFR_Volume12/1-Urban-Rural-Migration-in-Delta-State-Nigeria.pdf.
- 49 Owusu, G. 2005. The role of district capitals in regional development: Linking small towns, rural-urban linkages and decentralisation in Ghana, (Unpublished PhD Thesis), Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- 50 Kuemmerle, T., Olofsson, P., Chaskovskyy, O., Baumann, M., Ostapowicz, K., et al. 2011. Post-Soviet farmland abandonment, forest recovery, and carbon sequestration in western Ukraine. *Global Change Biology* 17: 1335-1349.
- 51 China File. 2014. *China's Fake Urbanization*, China File Infographics. <http://www.chinafile.com/multimedia/infographics/chinas-fake-urbanization>, accessed, October 24, 2016.
- 52 Long, H.L., Li, Y.R., Liu, Y.S., Michael, W., and Zou, J. 2012. Accelerated restructuring in rural China fueled by 'increasing vs. decreasing balance' land-use policy for dealing with hollowed villages. *Land Use Policy* 29: 11-22.
- 53 Long, H.L. 2014. *Land Use Policy in China: An Introduction*, *Land Use Policy*, 40: 1-5.
- 54 Ibid.
- 55 Xu, J., Yang, Y., Fox, J., and Yang, X. 2007. Forest transition, its causes and environmental consequences: Empirical evidence from Yunnan of Southwest China. *Tropical Ecology* 48: 137-150.
- 56 Tabassum, I., Rahman, F., and Haq, F. 2014. Dynamics of communal land degradation and its implications in the arid mountains of Pakistan: A study of District Karak, Khyber Pakhtunkhwa. *Journal of Mountain Science*, 11 (2): 485-495.
- 57 Jaquet, S., Schwilch, G., Hartung-Hofmann, F., Adhikari, A., Sudmeier-Rieux, K., et al. 2015. Does outmigration lead to land degradation? Labour shortage and land management in a western Nepal watershed. *Applied Geography* 62: 157-170.
- 58 DNV GL AS. 2015. *Global Opportunity Report 2015*. DNV GL AS, Høvik, Oslo.
- 59 Grau, H.R. and Aide, T.M. 2008. Globalization and land use transitions in Latin America. *Ecology and Society* 13 (2): 16.

- 60 Eppler, U., Fritsche, U., and Looks, S. 2015. Urban-Rural Linkages and Global Sustainable Land Use, GLOBALANDS Issue Paper. Globalands, Berlin.
- 61 Gray, C. and Bilsborrow, R. 2014. Consequences of out-migration for land use in rural Ecuador. *Land Use Policy* 36: 182-191.
- 62 Mather, A. and Needle, C. 1998. The forest transition: A theoretical basis. *Area* 30: 117-124.
- 63 Kull, C. 2007. Tropical forest transitions and globalization: Neo-liberalism, migration, tourism, and international conservation agendas. *Society and Natural Resources: An International Journal* 20 (8): 723-737.
- 64 Gray, C. and Bilsborrow, R. 2014. Op. cit.
- 65 Harden, C. 1996. Relationship between land abandonment and land degradation: A case from the Ecuadorian Andes. *Mountain Research and Development* 16: 274-280.
- 66 Grau, H.R., Hernández, M.E., Gutierrez, J., Gasparri, N.I., Casavecchia, C., et al. 2008. A peri-urban neotropical forest transition and its consequences for environmental services. *Ecology and Society* 13 (1): 35.
- 67 Fang, Y. and Pal, A. 2016. Drivers of urban sprawl in urbanizing China – a political ecology analysis. *Environment and Urbanization* 28 (2), doi: 10.1177/0956247816647344.
- 68 Song, Y. and Zenou, Y. 2009. How differences in property taxes within cities affect urban sprawl, *Journal of Regional Science* 49: 801-831.
- 69 Davis, M. 2006. *Planet of the Slums*. London, Verso.
- 70 Einstein, M. 2016. Disease poverty and pathogens. *Nature* 531: 61-63.
- 71 Verburg, P.H., Crossman, N., Ellis, E.C., Heinemann, A., Hostert, P., et al. 2015. Land system science and sustainable development of the earth system: A global land project perspective. *Anthropocene* 12: 29-41.
- 72 Benitez, G., Perez-Vazquez, A., Nava-Tablada, M., Equihua, M., and Alvarez-Palacios, L. 2012. Urban expansion and the environmental effects of informal settlements on the outskirts of Xalapa city, Veracruz, Mexico. *Environment and Urbanization* 24 (1): 149-166.
- 73 Haller, A. 2014. The "sowing of concrete": Peri-urban smallholder perceptions of rural-urban land change in the Central Peruvian Andes. *Land Use Policy* 38: 239-247.
- 74 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op. cit.
- 75 Hatcher, C. (forthcoming) Legalising urban informality: Squatting, property law and possessory title.
- 76 Hatcher, C. 2015. Globalising homeownership: Housing privatisation schemes and the private rental sector in post-socialist Bishkek, Kyrgyzstan. *International Development Planning Review* 37 (4): 467-486.
- 77 Ishtiaque, A. and Ullah, S. 2013. The influence of factors of migration on the migration status of rural-urban migrants in Dhaka. *Human Geographies: Journal of Studies and Research in Human Geography* 7 (2): 45-52.
- 78 Agrawala, S., Ota, T., Ahmed, A.U., Smith, J., and van Aalst, M. 2003. *Development and Climate Change in Bangladesh: Focus on coastal flooding and the Sundarbans*. OECD, Paris.
- 79 Islam, M., Sallu, S.M., Hubacek, K., and Paavola, J. 2014. Migrating to tackle climate variability and change? Insights from coastal fishing communities in Bangladesh. *Climate Change* 124: 733-746.
- 80 Perch-Nielsen, S., Böttig, M., and Imboden, D. 2008. Exploring the link between climate change and migration. *Climatic Change* 91: 375-393.
- 81 Seto K.C., et al. 2011. Op. cit.
- 82 DNV GL AS. 2015. Op. cit.
- 83 Friedman, L. 2009. Adaptation: A city exploding with climate migrants, *Climate Wire*, March 16, 2009, Available at: <http://www.eenews.net/stories/75520>, accessed: October 24, 2016.
- 84 Dasgupta, S., Laplante, B., Murray, S., and Wheeler, D. 2009. Climate change and the future impacts of storm-surge disasters in developing countries. Center for Global Development, Working Paper 182.
- 85 World Bank. 2012. *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*. Washington, DC: World Bank.
- 86 DNV GL AS. 2015. Op. cit.
- 87 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op. cit.
- 88 Seitzinger, S.P., et al. 2012. Op. cit.
- 89 Lenzen, M. and Peters, G.M. 2010. How city dwellers affect their resource hinterland. *Journal of Industrial Ecology* 14:73-90.
- 90 Young, A. 2013. Inequality, the urban-rural gap, and migration. *The Quarterly Journal of Economics* 128 (4): 1727-1785.
- 91 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 92 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op. cit.
- 93 Satterthwaite, D. 2011. How urban societies can adapt to resource shortage and climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369: 1762-1783.
- 94 Rood, G.A., Wiling, H.C., Nagelhout, D., ten Brink, B.J.E., Leewis, R.J., et al. 2004. Tracking the effects of inhabitants on biodiversity in the Netherlands and abroad: An ecological footprint model. Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, Netherlands.
- 95 Ruel, M., Garrett, J., and Yosef, S. 2017. Growing cities, new challenges. In: *Global Food Policy Report 2017*. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, pp. 24-33.
- 96 Darwish, T., Atallah, T., El Moujabber, M., and Khatib, N. 2005. Status of soil salinity in Lebanon under different cropping pattern and agro climatic zones. *Agricultural Water Management* 78: 152-164.
- 97 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.
- 98 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.
- 99 United Nations. 2011. *World Population Prospects: The 2010 Revision*. New York.
- 100 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 101 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.
- 102 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.
- 103 Abell, R., Asquith, N., Boccaletti, G., Bremer, L., Chapin, E., et al. 2017. Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
- 104 Richter, B.D., Abell, R., Bacha, E., Brauman, K., Calos, S., et al. 2013. Tapped out: How can cities secure their water future? *Water Policy* 15: 335-363.
- 105 DNV GL AS. 2015. Op. cit.
- 106 DNV GL AS. 2015. Op. cit.
- 107 Richter, B.D., et al. 2013. Op. cit.
- 108 Ibid.
- 109 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.
- 110 Urban Land Institute and Ernst & Young. 2013. Op. cit.
- 111 Tortajada, C. 2016. Policy dimensions of development and financing of water infrastructure: The cases of China and India. *Environmental Science and Policy* 64: 177-187.
- 112 Richter, B.D., et al. 2013. Op. cit.
- 113 Wunder, S., Kaphengst, T., Smith, L., von der Weppen, J., Wolff, F., et al. 2013. Governance screening of global land use. Discussion paper. Ecologic Institute and Öko-Institute, Berlin.
- 114 World Bank. 2013. Op. cit.
- 115 US Energy Information Administration. 2016. *International Energy Outlook 2016*. Washington, DC.
- 116 <https://www.iea.org/topics/transport/>
- 117 Illich, I. 1973. *Energy or Equity?* Harper and Row.
- 118 Guttikuna, S.K. and Goel, R. 2013. Health impacts of particulate pollution in a megacity – Delhi, India. *Environmental Development* 6: 8-20.
- 119 World Bank. 2013. Op. cit.
- 120 Laurence, W.F. and Balmford, A. 2013. Land use: A global map for road building. *Nature* 495 (7441): 308-309.
- 121 Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M. Jr., and Laurance, W.F. 2014. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biological Conservation* 17: 203-209.
- 122 Arima, E.Y., Walker, R.T., Sales, M., Souza, C. Jr., and Perz, S.G. 2008. The fragmentation of space in the Amazon basin. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 74 (6): 699-709.
- 123 Ahmed, S.E., Souza, C.M. Jr., J. Riberio, J., and R.M. Ewers. 2013. Temporal patterns of road network development in the Brazilian Amazon. *Regional Environmental Change* 13 (5): 927-937.
- 124 Kis Madrid, C., Hickey, G.M., and Bouchard, M.A. 2011. Strategic environmental assessment effectiveness and the Initiative for the Integration of Regional Infrastructure in South America (IIRSA): A multiple case review. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 13 (04): 515-540.
- 125 Laurance, W.F., Goosem, M., and Laurance, S.G. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution* 24 (12): 659-666.

- 126 Killeen, T.J. 2007. A Perfect Storm in the Amazon Wilderness: Development and conservation in the context of the Initiative for the Integration of Regional Infrastructure of South America (IIRSA). *Advances in Applied Biodiversity Science* 7. Conservation International, Washington, DC.
- 127 Ferretti-Gallon, K. and Busch, J. 2014. What drives deforestation and what stops it? Working Paper 361, Centre for Global Development, London.
- 128 Müller, R., Pacheco, P., and Montero, J.C. 2014. The context of deforestation and forest degradation in Bolivia: Drivers, agents and institutions. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- 129 Dobson, A.P., Borner, M., Sinclair, A.R.E., Hudson, P.J., Anderson, T.M., et al. 2010. Road will ruin Serengeti. *Nature* 467: 272-273.
- 130 WWF and ADB. 2015. African Ecological Futures 2015. Nairobi.
- 131 Roth, M., Ulbert, C., and Debiel, T. (eds.) 2015. *Global Trends 2015 – Prospects for World Society*. Development and Peace Foundation, Institute for Development and Peace and Käte Hamburger Kolleg/Centre for Global Cooperation Research, Bonn.
- 132 UNEP. 2016. GEO-6 Regional Assessment for North America. Nairobi.
- 133 Scalenghe, R. and Ajmone Marsan, F. 2009. Anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning* 90: 1-10.
- 134 EEA. 2010. The European environment — state and outlook 2010: Land Use (Vol. 196). European Environment Agency, Copenhagen.
- 135 van Delden, H. and Vanhout, R. 2014. ET2050 — Territorial scenarios and visions for Europe. Volume 5: Land use Trends and Scenarios. European Union.
- 136 EEA. 2016. The direct and indirect impacts of EU policies on land. European Environment Agency, Copenhagen.
- 137 Malucelli, F., Certini, G., and Scalenghe, R. 2014. Soil is brown gold in the Emilia-Romagna region, Italy. *Land Use Policy* 39: 350-357.
- 138 Pistocchi, A., Calzolari, C., Malucelli, F., and Ungaro, F. 2015. Soil sealing and flood risks in the plains of Emilia-Romagna, Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4: 398-409.
- 139 Seto K.C., et al. 2011. Op. cit.
- 140 Radeloff, V.C., Stewart, S.I., Hawbaker, T.J., Gimmi, U., Pidgeon, A.M., et al. 2010. Housing growth in and near United States protected areas limits their conservation value. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 940-945.
- 141 UNEP. 2016. GEO-6 Regional Assessment for North America. Nairobi, Kenya.
- 142 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 143 <http://www.monavalevei.com/>, accessed February 1, 2015.
- 144 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 145 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 146 Kissinger, G., Herald, M., and De Sy, V. 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers. Lexeme Consulting, Vancouver, Canada.
- 147 Ahrends, A., Burgess, N.D., Milledge, S.A.H., Bulling, M.T., Fisher, B., et al. 2010. Predictable waves of sequential forest degradation and biodiversity loss spreading from an African city. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (33): 14556-14561.
- 148 FAO. 2012. Urban and peri-urban forestry in Africa: The outlook for woodfuel. Urban and peri-urban forestry working paper number 4. Rome. 95 pages.
- 149 The World Bank Group. 2012. State of the Clean Energy Sector in Sub-Saharan Africa. Washington, DC.
- 150 Arnfield, A.J. 2003. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology* 23: 1-26.
- 151 Rosenfeld, D. 2000. Suppression of rain and snow by urban and industrial air pollution. *Science* 287: 1793-1796.
- 152 Shepherd, J.M., Pierce, H., and Negri, A.J. 2002. Rainfall modification by major urban areas: Observations from spaceborne rain radar on the TRMM satellite. *Journal of Applied Meteorology* 41: 689-701.
- 153 Li, D. and Bou-Zeid, E. 2013. Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 52: 2051-2064.
- 154 Global Footprint Network. 2012. National footprint accounts 2008, 2nd edition. Global Footprint Network, Oakland, USA.
- 155 Dodman, D. 2009. Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization* 21 (1): 185-201.
- 156 Dhakal, S. 2010. GHG emissions from urbanization and opportunities for urban carbon mitigation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2 (4): 277-283.
- 157 Satterthwaite, D., Huq, S., Pelling, M., Reid, H., and Romero Lankao, P. 2007. Adapting to Climate Change in Urban Areas: The possibilities and constraints in low- and middle-income nations. Human Settlements Discussion Paper Series. International Institute for Environment and Development, London.
- 158 Gasparini, P., di Rocco, A., and Bruyas Amra, A.M. Undated. Research Briefs. Climate Change and Urban Vulnerability in Africa (CLUVA), Naples, Italy.
- 159 Calculated from data accompanying Dasgupta, S., Laplante, B., Murray, S., and Wheeler, D. 2009. Climate change and the future impacts of storm-surge disasters in developing countries. Center for Global Development, Working Paper 182.
- 160 Brown, S., Kebede, A.S., and Nicholls, R.J. 2011. Sea-Level Rise and Impacts in Africa: 2000-2100. University of Southampton.
- 161 UN. 2014. Op. cit.
- 162 Habitat III: New Urban Agenda, adopted in Quito in October 2016.
- 163 Seitzinger, S.P., et al. 2012. Op. cit.
- 164 World Bank. 2013. Op. cit.
- 165 World Bank. 2013. Op. cit.
- 166 Norman, J., Maclean, H.L., Asce, M., and Kennedy, C.A. 2006. Comparing high and low residential density: Life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions. *Journal of Urban Planning Development* 132: 10-21.
- 167 UNEP. 2016. Op. cit.
- 168 Urban Land Institute and Ernst & Young. 2013. Op. cit.
- 169 UN. 2014. Op. cit.
- 170 Bolton, T. and Hildreth, P. 2013. Mid-sized cities: Their role in England's economy. Centre for Cities, London.
- 171 DNV GL AS. 2015. Op. cit.
- 172 Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P.J., et al. 2013. Stewardship of the biosphere in the urban era. In: Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P.J., et al. (eds). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment*. Springer, Dordrecht, pp. 719-746.
- 173 FAO. 2012. Growing greener cities in Africa. Rome.
- 174 Seto K.C., et al. 2011. Op. cit.
- 175 Richter, B.D., et al. 2013. Op. cit.
- 176 National Infrastructure Commission. 2016. Smart Power. HM Government, London.
- 177 DNV GLAS. 2017. Global Opportunity Report 2017. Oslo.
- 178 Vossos, V., Gerbesi, K., and Shen, H. 2014. Energy saving from direct-DC in U.S. residential buildings. *Energy and Buildings* 68: 223-231.
- 179 McPherson, E.G. and Simpson, J.R. 2003. Potential energy savings in buildings by an urban tree planting programme in California. *Urban Forestry and Urban Greening* 2: 073-086.
- 180 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.
- 181 Saurí, D. 2013. Water conservation: Theory and evidence in urban areas of the developed world. *Annual Review of Environment and Resources* 38: 227-248.
- 182 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.
- 183 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.
- 184 Creutzig, F., Baiocchi, G., Bierkandt, R., Pichler, P.P., and Seto, K.C. 2015. Global typology of urban energy use and potentials for an urbanization mitigation wedge. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (20): 6283-6288.
- 185 Newman, P., Kenworthy, J., and Glazebrook, G. 2013. Peak car use and the rise of global rail: Why this is happening and what it means for large and small cities. *Journal of Transportation Technologies* 3: 272-287.
- 186 <http://www.economist.com/news/leaders/21706258-worlds-most-valuable-startup-leading-race-transform-future> accessed April 16, 2017.
- 187 National Research Council. 2009. Driving and the built environment: The effects of compact development on motorized travel, energy use, and CO2 emissions. Transportation Research Board, Washington, DC.
- 188 DNV GL AS. 2015. Op. cit.
- 189 <http://www.worldbank.org/en/topic/climatefinance>



- 190** Huq, S., Kovats, S., Reid, H., and Satterthwaite, D. 2007. Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change. *Environment and Urbanization* 19: 3.
- 191** Costanza, R., Perez-Maqueo, O., Martinez, M.L., Sutton, P., Anderson, S.J., et al. 2008. The value of coastal wetlands to hurricane prevention. *Ambio* 37: 241-248.
- 192** Al-Dousari, A.M. 2009. Recent studies on dust fallout within preserved and open areas in Kuwait. In: Bhat, N.R., Al-Nasser, A.Y., and Omar, S.A.S. (eds.) *Desertification in Arid Lands: Causes, consequences and mitigation*, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait: pp. 137-147.
- 193** Lateltin, O., Haemmig, C., Raetzo, H., and Bonnard, C. 2005. Landslide risk management in Switzerland. *Landslides* 2: 313-320.
- 194** Farrugia, S., Hudson, M.D., and McCulloch, L. 2013. An evaluation of flood control and urban cooling ecosystem services delivered by urban green infrastructure. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 9 (2): 136-145.
- 195** Livesley, S.J., McPherson, E.G., and Calfapietra, C. 2016. The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat and pollution cycles at the tree, street and city scale. *Journal of Environmental Quality* 45: 119-124.
- 196** Abell, R., et al. 2017. Op. cit.
- 197** Grimes, S., Donaldson, J., and Grimes, J. 2016. Report on the Environmental Benefits of Recycling. Bureau of International Recycling, Brussels.
- 198** Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., et al. 2014. Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS ONE* 9 (12): e111913.
- 199** Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., and Heinz, M. 2015. How circular is the global economy? *Journal of Industrial Ecology* 19 (5): 765-777.
- 200** DNV GL AS. 2015. Op. cit.
- 201** <http://www.ggbp.org/case-studies/singapore/sustainable-city-singapore> [February 2, 2016]
- 202** Department of Environmental Affairs and Tourism. 2008. *People – Planet – Prosperity: A national framework for sustainable development in South Africa*. Johannesburg.
- 203** Johannesburg Development Agency. City of Johannesburg Development Plan 2012-2013. http://www.jda.org.za/keydocs/business_plan1213.pdf, accessed January 26, 2016.
- 204** Abell, R., et al. 2017. Op. cit.
- 205** Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.
- 206** Sassen, S. 2005. Op. cit.
- 207** Seitzinger, S.P., et al. 2012. Op. cit.

旱地

旱地占陆地表面积的41%，生产的作物占44%，并拥有超过20亿人口和世界上一半的牲畜。旱地往往是缺水地区，但是生物多样性非常丰富，包括一些最具代表性的物种。它们也是多元化人类文化的家园，其中包括一些世界上最大的城市。

干旱地区的农村社区往往比其他地区更贫穷，土地更容易受到气候变化和人类直接压力的影响。管理不善会导致荒漠化。我们知道如何可持续地管理旱地，但在实践中往往不能实现这一点；如果要避免干旱地区的健康和生产力持续下降，政策和农业制度就要转变。

引言

旱地覆盖了大约41%的土地。¹ 它们最常用于畜牧生产，牧场覆盖了四分之三的旱地，而近20%用于雨养和灌溉农业。旱地包括一些地球上最高产的地区，也包括一些最脆弱的地区，其中条件的微小改变就可能導致生态学的巨大变化，继之以人类福祉的巨大改变。今天，旱地面临越来越严重的资源过度使用、管理不善以及气候变化的威胁。旱地退化对发展中国家的损失每年估计占国内生产总值的4-8%。² 了解旱地对于实现其长期可持续管理至关重要。这里总结了旱地地貌的一些关键生物物理和社会特征，包括：

- 水资源短缺和不可预测性
- 适应干燥和 极端条件的特殊土壤生物
- 火在塑造许多旱地生态系统中的基础作用
- 干旱地区物种适应能力和生态相互作用
- 适应干旱地区生活的社会和文化
- 遭受气候变化时的脆弱性

1. 水稀缺和不可预测性

旱地是降水少于蒸发需求并因此使植物生产至少在一年中相当的一部分时间里受水限制的干旱、半干旱和干燥、亚湿润地区³。水资源短缺塑造了旱地生态系统、其生物多样性以及人类文化。⁴ 旱地和沙漠之间的区别比较复杂，超干旱沙漠通常不包括在旱地的定义里；旱地管理的轻微改变就可能導致沙漠形成（荒漠化）。

旱地特征也受到降雨极端不可预测性的影响。随着气候变得干燥，气候模式变得更加不确定，一年到下一年的变化很大。约旦巴迪亚地区的扎尔卡盆地30年以来的降雨资料显示，每年平均降水约270毫米，最低年份为50毫米，最高年份为600毫米。⁵ 这种高低之间12倍的差距在旱地并不少见。潮湿气候的这种变化会导致严重的生态压力，但是这种压力在旱地已随着时间的推移通过各种物种的适应（包括在水分充足时伺机利用的行为）而消纳

文本框12.1：定义旱地

旱地的定义有多种方法，即使在联合国也是如此。这里使用干旱指数（AI）：年平均降水量除以潜在蒸散量。0.5 < AI < 0.65时，旱地被归类为干燥、亚湿润，并且通常天然以阔叶热带草原林地为主，有时有相当密集的树冠或多年生草本植物。

干旱、半湿润地区占世界陆地表面的 18%，而半干旱地区（0.2 < AI < 0.5）占陆地表面的 20%，其潜在蒸散量比平均降水量高2至5倍。旱地（0.05 < AI < 0.2）约占陆地总面积的7%

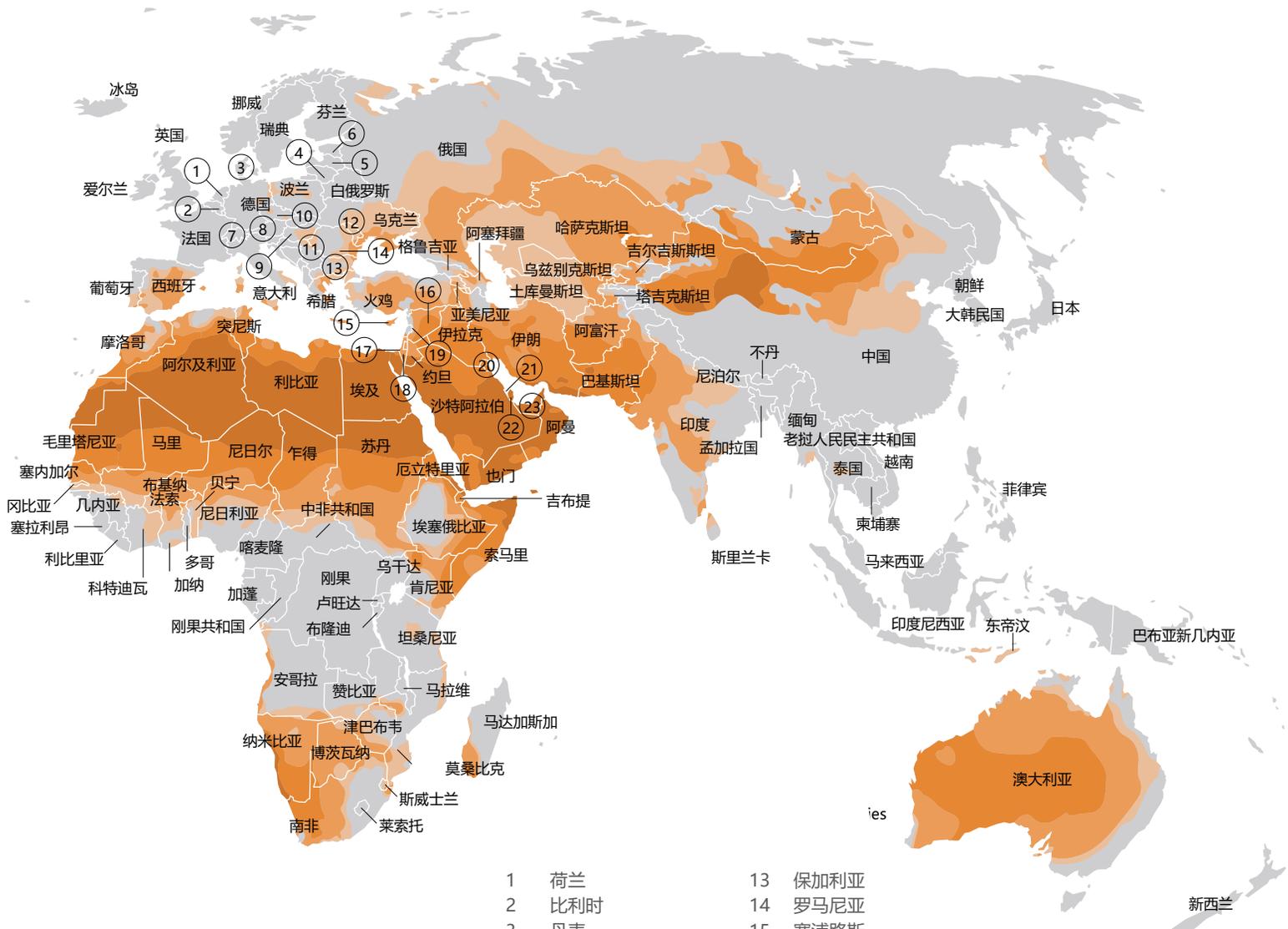
，相对于实际平均降水而言，至少有20倍以上的蒸发潜在损失，只能维持很少的植被。⁶⁷ 使用这些定义，旱地覆盖了地球陆地表面的39-45%。

图12.1：世界旱地
地图⁸

图例

- 干燥亚湿润地区
- 半干旱地区
- 干旱地区
- 极端干旱地区





- | | |
|----------|-------------|
| 1 荷兰 | 13 保加利亚 |
| 2 比利时 | 14 罗马尼亚 |
| 3 丹麦 | 15 塞浦路斯 |
| 4 立陶宛 | 16 叙利亚 |
| 5 拉脱维亚 | 17 巴勒斯坦 |
| 6 爱沙尼亚 | 18 以色列 |
| 7 瑞士 | 19 黎巴嫩 |
| 8 奥地利 | 20 科威特 |
| 9 匈牙利 | 21 巴林 |
| 10 捷克共和国 | 22 卡塔尔 |
| 11 塞尔维亚 | 23 阿拉伯联合酋长国 |
| 12 摩尔多瓦 | |

2. 特殊的土壤生物

旱地土壤生态系统及其物种已经发展出专门的相互作用，以应对恶劣的条件。例如，在热带草原中，白蚁在回收有机物质和保持土壤孔隙度方面起着至关重要的作用，在最干旱和最缺少营养的土壤中尤为如此。在许多旱地，在白蚁窝附近的植被生长较为旺盛，也更加抗旱。⁹大型食草动物的肠道细菌在保持土壤肥力、消化植被和加速养分循环过程中发挥相似的作用；大型动物、昆虫和草地之间的这种相互依赖关系带来了一些世界上最暖心的风景，像坦桑尼亚的塞伦盖提平原和亚洲的大草原。

同时，旱地土壤面临一系列重要的管理挑战，这些挑战是干燥条件的特征或因干燥条件而放大，包括结皮和压实、受到限制的土壤排水、风蚀和水土流失、低肥力以及浅薄、多石或盐碱性的土壤。¹⁰

3. 火的基础作用

天然火灾是许多旱地的另一个特征。自然火灾动态已经促成了许多生态适应，这种适应已经达到了某种程度，以至于对火灾动态的压制或改变可能导致重大并且通常有害的生态变化。一些旱地植物依靠火灾进行生长或繁殖，包括许多在火灾后比灌木恢复得更快的草种，或需要热量萌发种子的物种。如果火力受到限制，可能导致木质生物量的中期增加，¹¹其通常以生态系统总生产率和总体生物多样性为代价。限制也可能产生大的可燃物负荷量，最终可能导致更严重并且对生态有害的火灾以及外来物种的入侵。¹²

火灾经常用作旱地生产系统的管理工具，例如促进新鲜牧草生长或清除滋生寄生虫的树枝。在东非部分地区，压制传统用火管理做法的尝试导致灌木大量入侵和带病菌的采采蝇回归，使大片草地无法让家畜进入。¹³另一方面，连续用火可能改变养分的可利用性和物种的组成，¹⁴使火灾管理成为在许多地区保持健康旱地的关键任务之一。

4. 物种适应能力和生态相互作用

尽管有像非洲南部肉质植物高原台地这样的例外，旱地生物多样性通常相对较低。此外，最近在显然物种贫乏的旱地（例如撒哈拉地区）进行的调查¹⁵发现了比以往认为的水平更高的地域特征和多样性。物种进化出生理性¹⁶和行为性¹⁷策略来应对温度、干旱和火灾的剧烈变化。人们识别出四个主要适应类型：逃离干旱者（为寻找水和植被而迁移的物种），避性者（深生根植物），抗性者（储存水的仙人掌）和耐受者（在干旱期间休眠的蛙类）。例如，一些植物已经进化出在根或叶中储存水分、深深地扎根以寻找水分或者在整个干旱季节休眠的能力。同样，一些旱地动物通过生理适应减少水分流失；有些会在最干燥的季节中夏眠（经历长时间的休眠），而其他的会迁徙到潮湿一点的地区。¹⁸在塞伦盖提平原上，大群的草食动物会朝远方的闪电奔跑，因为暴雨会刺激植物生长。研究提供了经验证据证明，完整的旱地生物多样性支持生态系统的功能¹⁹，而植物多样性增加了旱地的多功能性。²⁰生物土壤结皮由各种蓝藻、真菌、地衣和苔藓组成，是大面积区域的主要地面覆盖物，在旱地环境生态学中起着重要但仍然很少被人了解的作用。²¹

许多旱地生物多样性受到高度的威胁。两大类旱地哺乳动物现在已在野外灭绝：撒哈拉大羚羊（*Oryx dammah*）和麋鹿（*Elaphurus davidianus*），虽然后者在中国现已重新引进。还有七十多种旱地哺乳动物、鸟类、爬行动物和两栖动物都被世界自然保护联盟列为极度濒危物种。²²最典型的旱地植物仙人掌也在最濒危分类植物种群之列，近三分之一的仙人掌是濒危物种，其衰落与人类活动压力日益增加有关。²³

文本框12.2：濒临异常灭绝风险的仙人掌物种

仙人掌是目前受评估的最濒危植物分类学种群之一，1478种接受评估的物种中有31%被认为处于灭绝的威胁之中，这表明干旱地区的生物多样性承受着很高的压力。濒危物种的分布以及灭绝的驱动因素与人们在其他植物种群和动物中所看到的不同。最重要的威胁来自于旱地转为农业和水产养殖、作为生物资源采集供应商业市场以及住宅和商业开发。灭绝风险的主要驱动因素，是为园艺贸易和私人观赏收藏而对活植物和种子的非法并且不可持续的采集，以及小农户畜牧场和农业对植物的根除。²⁴

文本框12.3：乌干达旱地的牧民

现在是乌干达东北部的旱地地区莫罗托（Moroto）的6月，正值雨季的高峰。来自卡里莫宗族的农牧民在靠近宅地的农田已经种上了高粱作物，年轻人随着牛、羊、山羊群向西移动，在季节性的牧场放牧。在雨季，遥远的牧场在很短的时间里提供了一年中最有营养的饲料，由于沿着迁徙路线存在地表水，他们可以走到牧场。卡里莫宗人依赖于适应当地条件的抗旱和抗病高粱品种。他们牧放同样适应了长途跋涉的家畜，以利用不可预测并分散的草地。这里的平均年降雨量超过800毫米；高于伦敦（750毫米）或巴黎（600mm）。然而，决定旱地的并非降雨量的水平，而是土地通过蒸发和蒸腾来减少失水的潜力。莫罗托的年平均气温为22°C，这意味着较高的蒸散率，这个地区被归为半干旱地区。由于水是生命的源泉，旱地生态系统减少蒸散量（即捕获和储存水分）的能力决定了它们如何发挥作用。³⁰

5. 社会和文化适应

在干旱地区繁荣了数百年的人类社会通常高度适应缺水 and 气候不确定性的双重挑战。服装、建筑设计和生活方式的策略都是为了尽量减少生活在缺水条件下的困难。农业和畜牧对旱地的适应包括种植抗旱作物或实行集水和选择性灌溉等策略。必要时，为应对短期天气模式或长期气候变化，个人或社区会进行定期的游牧或临时的迁移。

传统上，约旦的贝都因牧民使用牧群的流动来跟踪地貌资源，根据盛行的气候利用不同的资源斑块，并运用投机策略充分抓住丰年的机会。²⁵坦桑尼亚的苏库马人留出一些区域（ngitili）用于私人或公共放牧或饲料储备，以在整个旱季能用上它们。²⁶阿拉伯半岛的希马系统现在已被大部废弃，它曾是世界上最古老的“保护区”之一，旨在制止和扭转土地退化。²⁷旱地农业实践包括农林复合和土地休耕，其同时保护土壤水分和肥力，举例来说，在印度就越来越多地采用这种做法。²⁸许多研究表明了农林复合如何在田野和农场（而不是其它做法中的广阔和相对单一的景观）中产生微观气候变化，从而增强生物多样性，并有助于缓冲气候风险。²⁹

人类和其他物种已进化出面对旱地最具挑战性条件的生存策略，但这些生活方式在遇到改变和情况恶化时不堪一击。传统的可持续管理实践正在减弱，原因有社会、文化和人口变化的混合因素，土地资源的竞争加剧，有时是缺乏合法或正式的土地使用权。



6. 遭受气候变化时的脆弱性

气候事件在数量和严重程度上的增加，将使旱地更容易受到生态系统变化和土地退化的影响。在1951年和2010年之间，人们观察到干旱的频率、持续时间和严重性小幅增加，在非洲尤为如此，而北半球的干旱频率则有所下降。³¹与其他极端事件不同，干旱在大面积区域缓慢发展。³²它们的影响通过水循环逐级放大，影响土壤水分、水库、河流和地下

水。最终，干旱在不同时期影响了社会和自然环境（如野生生物栖息地）的所有部分。

气候变化在旱地可能导致更多的缺水和作物减产。气候变化是土地退化的重要驱动力，而科学家预测，旱地将会在2100年前大幅扩张。³³旱地中的许多提高气候变化适应力的传统土地管理实践和适应策略可以移植到其他正在经历干旱增加的地区。

旱地的价值

虽然“旱地”这个词会让人联想到匮乏和恶劣条件，但这些地区为社会提供了广泛的重要益处，包括文化认同以及重要的野生植物和动物物种的栖息地。很少人怀疑生物多样性在世界大草原上的重要性，也没人怀疑干草地生产的羊绒和羊驼毛等细纤维的价值。

已经有一种倾向，认为旱地不值得投资，将其归类为生产力低下的地区。几个国家甚至合法地把它们归类为“荒地”。然而，印度和中国的研究和实地试验表明，看起来低价值的旱地可以产生高回报。在中国，农业改革与在研究、教育、道路、电力上的投资相结合，已经刺激了非农乡镇领域的增长，进而支持农业发展，为城市移民创造就业机会。³⁴同样，在印度，农村非农就业增长，贫困人口因旱地基础设施投资而下降，在识字率上升的地方尤其如此。³⁵旱地的五个重要价值是：

- **来自野生物种、农作物和牲畜的食物**
- **包括世界上一些最重要流域在内的水资源**
- **众多原著民、当地社区和新定居者的家园**
- **对于社会而言的文化价值**
- **其他由旱地提供的生态系统服务**

1. 食物

旱地养育着约20亿人口。³⁶估计全世界有44%的农田和50%的牲畜是在旱地。³⁷灌木丛和草地支持广泛的畜牧业生产，这些生产往往与旱地的农田、森林和林地重叠。在像阿富汗、布基纳法索和苏丹这样的旱地国家，农业产出几乎占GDP的三分之一。在马里、肯尼亚、埃塞俄比亚和许多其他拥有广泛旱地的非洲国家，畜牧业占国内生产总值的10%以上；在吉尔吉斯斯坦和蒙古，这个数字接近20%。³⁸旱地还可以提供维持生存和野生收获的食物，这是一个社区生活在贫困时期或干旱之下的安全网：这些所谓的“饥荒食物”通常是困难时期的唯一营养来源。³⁹

2. 水资源

旱地包括全球重要的流域，为千百万人提供洁净水。全世界三分之一以上的大河至少有一半在干旱地区，其中许多上游源自降水量较大的地区。^{40,41}在这些地区，集水和引水的河流系统对人类生存至关重要，需要认真管理。然而，这些旱地水资源有许多处于压力之下。长江是亚洲最长的河流，从青藏高原的高原旱地开始，为灌溉、卫生、交通运输和工业供水；现在还有世界上最大的水电站三峡大坝。长江三角洲产生了中国五分之一左右的GDP，⁴²但上游土地管理不善，流失的土壤使这条河流越来越受到污染和淤积，造成水质恶化，加重了洪涝灾害。⁴³

3. 家园

旱地是约三分之一人类的家园。⁴⁴绝大多数（大约90%）的旱地人口生活在发展中国家。⁴⁵他们的日常生活从非常传统到超现代，各有不同：农村社区直接或间接管理土地，与土地的生态密切相关，而城市居民生活在洛杉矶、开罗和卡拉奇等巨型城市。尽管通常认为，生活在旱地中的人们能高度适应环境，但现代城市居民很大程度上多数与外界隔绝，对他们的生态足迹并无意识。然而，干旱地区的管理方式直接影响到这些城市中心和这里的居民。土地退化和荒漠化可能危及洁净水和空气、食物和燃料的安全和正常供应，以及娱乐和生态旅游的机会。

4. 文化价值

旱地社区拥有令人叹为观止的文化，从卡拉哈里的桑人到拉斯维加斯的浮华炫目。许多古老的宗教传统深深地扎根于旱地。犹太教、基督教和伊斯兰教这三大一神论信仰在这里发展起来，在马里的泥制清真寺、亚美尼亚的基督教修道院以及本身就是沙漠城市的耶路撒冷，仍然可以明显感受到。其他信仰受到身居旱地的影响，如拉贾斯坦邦的印度教和耆那教寺庙以及拉达克的佛教寺庙。干旱地区也有许多小的信仰团体。在马达加斯加南部，Mahafaly和Tandroy社区正与地方当局和政府合作，保护Sakoantovo和Vohimasio的神圣森林，这是旱地刺森林的一部分，具有特殊的生物多样性价值。⁴⁶

传统的沙漠文化通常是游牧文化，常常逐水草频繁迁徙。仍有游牧民在中亚、撒哈拉以南的非洲和中东游荡，尽管在许多情况下，政府努力想使他们安顿下来。游牧精神在现代文化中根深蒂固，例如科威特城的商人

春天仍喜欢住他们的帐篷。旱地保留了世界上最古老的一些图书馆，

如在廷巴克图的图书馆，以及一系列令人垂涎的艺术品、手工艺品和首饰。在21世纪，旱地文化正在继续扩大并自我更新，有着各种文化庆祝活动，如撒哈拉的游牧民族的图阿雷格人以及他们一年一度的沙漠音乐节（Festival in the Desert）。

文本框12.4：约旦荒漠化的文化和物质影响

约旦巴蒂亚的贝都因居民经历了荒漠化造成的农业生产低下、生物多样性丧失以及供水减少。

1990年代以来，巴蒂亚植被下降了一半，直接影响了畜牧业的生产并导致

生物多样性下降，包括对具有重要市场价值、特别是对妇女有用的49种药用植物的威胁。荒漠化导致了水分入渗的下降，

不仅贝都因人，包括大部分约旦工业部门在内的下游消费者都能感觉到这种下降。巴蒂亚的荒漠化还有其他外部成本，如提供电力的水坝泥沙沉积、温室气体排放以及土壤储存碳的能力丧失。⁴⁷

5. 其他生态系统服务

食物和水不是旱地能向社会提供的唯一价值。⁴⁸在控制水土流失、沙尘暴⁴⁹和荒漠化方面，天然植被和有机结皮是具有稳定作用的重要并且经济有效的特征。同样地，旱地具有通过土壤中的碳储存来缓解气候变化的重要作用。⁵⁰尽管干旱地区植物生物量低，因此植被和土壤中有机碳含量相对较低，但随着干旱度的增加，土壤无机碳含量增加。旱地土壤有机质储量占全球总量的27%。⁵¹旱地森林和林地还通过提供燃料、木材和非木材林产品，并间接通过流域保护和其他生态系统服务为国家经济作出贡献。⁵²到目前为止，干旱地区的森林面积已经被低估了40-47%；这些附加的4.67亿公顷面积将目前的全球森林覆盖率估计数增加了至少9%。⁵³旱地还包含独特并对全球具有重要意义的生物多样性，⁵⁴包括小麦、大麦、咖啡、橄榄和许多果树等许多我们最重要作物的源植物（作物野生近缘种）。⁵⁵

世界旱地的退化和荒漠化

由于脆弱的条件，旱地土地退化更加严重并且难以扭转，在一些情况下可能会进入荒漠化、沙丘形成和生态崩溃。历史和文学作品提供了许多旱地环境管理不善的例子，它们造成的历史事件从一千年前玛雅文明的崩溃⁵⁶到约翰·斯坦贝克在《愤怒的葡萄》中所描述1930年代美国灰碗。⁵⁷

然而，这些教训在很大程度上被人忽视，旱地退化继续快速发展；事实上，这是一个重大的环境问题，已经建立了一个全球协定来制止和扭转它：《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）。⁵⁸《公约》将荒漠化描述为我们这个时代最严重的环境挑战之一，

是对全球福祉和人类安全的威胁。⁵⁹越来越多的国家（特别是发展中国家）正在对荒漠化、土地退化和干旱等与他们切身相关的挑战及其对移民、冲突和整体人类安全的影响表达出关切。

文本框12.5：荒漠化

荒漠化是一个复杂的现象，其定义、原因和程度仍然存在很大的不确定性。根据《公约》（1994年）⁶⁰，“荒漠化”是指由各种因素（包括气候变化和人类活动）引起的干旱、半干旱和有旱季的半湿润地区土地退化。防治荒漠化包括作为可持续综合发展一部分的活动，其目的在于：

1. 预防和/或减少土地退化；
2. 修复部分退化的土地；以及
3. 改造荒漠化土地。

对干旱地区土地退化程度的估计有很大差异，但是数字都集中在所有土地中25-33%为中度到重度退化，⁶¹其中干旱地区的发生率可能更高。全球标准评估和监测系统的缺失⁶²导致这种差异，造成对土地退化的不同理解和大相径庭的估计范围。⁶³ 2007年的一项研究估计，大约10-20%的旱地严重退化。⁶⁴最近的一项使用遥感来测量年际植被的25年趋势分析发现，土地退化热点占全球土地面积的29%左右，受到影响的以旱地为主的生物群系高于平均水平。⁶⁵

荒漠化的原因

许多相互关联的因素会促成荒漠化，包括人口增长、对更高水平生产的需求、增加资源使用程度的技术和气候变化。中国的一项分析发现，社会经济因素和气候（程度较小）的组合是旱地荒漠化的主要驱动因素，但各种因素之间的关系很复杂，各地区之间有所不同。⁶⁶对旱地健康和生产力的主要影响包括气候、火灾、放牧、农业和大气二氧化碳水平。⁶⁷荒漠化受到生产粮食、燃料和纤维的需求增加、农业用地总面积减少及土壤肥力和水获取量下降的推动。因为集约管理做法和努力提高生产力而致使荒漠化发生时，荒漠化往往与对旱地生态学的错误理解和对土壤肥力和水分的不适当管理有关。传统的农业方法可能不再足以满足日益增长的需求，但它们往往被更具破坏性和不太可持续的替代方法所取代。

由于人口压力和食物需求的增加，在苏丹干旱地区，休耕的做法已经被广泛抛弃。鼓励集约化农业的国家政策导致了用于单一种植机械化耕作的大面积土地开垦、树木砍伐以及对传统作物轮作和其他可持续管理做法的抛弃。⁶⁸以这种方式耕种的旱地迅速失去对于回收养分和保持土壤中有机碳具有重要意义的土壤生物多样性——真菌、细菌和其他生物；有机碳的下降意味着养分减少，留在土壤中水更少，对粮食生产造成负面影响，并导致土地退化。

图12.2：荒漠化的推动因素



在澳大利亚，和其他旱地国家一样，荒漠化最重要的驱动因素之一是盐碱化。更高的盐度由主要出于农业生产目的的土地开垦造成，当水位升高并将天然盐分带到地面时，盐度的增加就会发生。这很大程度上是采用了在欧洲温带土地上开发的农业实践的结果，这种实践基于的是浅生根作物和牧草。⁶⁹在2000年，澳大利亚570万公顷具有产生高盐度可能性的土地得到了评估，如果没有补救措施，到2050年受盐分影响的区域预计将达到1700万公顷。⁷⁰

贫困、土地退化和荒漠化之间存在着密切的关系，尽管旱地人口可能历来实行可持续的土地管理，但许多人发现这样做越来越难。这种情况有很多原因：从农村人口增长到地方治理的瓦解，以及采用不当耕作方式和作物选择。干旱地区的贫困通常植根于历史上对被视为“低潜力”地区的忽视，产生了自我实现的诊断，因为资源被引导到其他地方，导致旱地缺乏投资。在许多国家，以识字率和卫生指标衡量的贫困程度在干旱地区都高于平均水平。例如，西非湿地的成年女性识字率约为50%，但在旱地下降到5-10%。在亚洲的干旱地区，婴儿死亡率比平均水平高出约50%。⁷¹

土地退化的另一个重要驱动因素是土地使用权薄弱和自然资源管理不力，特别是在公共管理区域，⁷²如草地和干旱林。这些土地在历史上通过惯例安排和实践（如对采集森林和牧场产品的协调），以及制定防止不当行为的规则而享有强有力的治理。⁷³在许多情况下，这些惯例正在削弱，这是由于新出现的国家权力削弱了习惯权力，但又无法提供一种可行的替代。

对于更多地采用可持续土地管理实践来说，加强土地占有的治理至关重要。这通常需要创新和专门的方法来适应旱地的独特治理要求，在这里资源共享、公共管理和流动性是重要的生计策略。将传统治理与现代国家机构的要素相结合的混合治理安排越来越多地得到利用。更好的治理可以提供一个平台，帮助传统制度和知识与相关的科学并且更正式的制度有效融合。它在对价值链公平发展的支持中也发挥重要作用，这条价值链以促进而不是侵蚀可持续性的方式，将干旱地区的众多价值与市场联系起来。⁷⁴

荒漠化的成本

荒漠化是一个全球性威胁，严重影响了旱地内外数以百万计人口的生计。由于这些外部和对下游影响的未知规模，荒漠化的真正成本经常被低估。成本包括直接影响人类健康和福祉的成本，包括粮食和水的保障，以及文化和社会方面的无形成本，所有这些都是生物多样性和生态系统功能丧失的结果。

地方和国家级荒漠化的成本估算有很多挑战，任何确定全球性数字的尝试都必须谨慎对待。不过，近几年已经发表了几个事例。14个拉丁美洲国家的一项研究认为荒漠化造成的损失占农业国内生产总值（AGDP）的8-14%⁷⁵另一项研究估计，荒漠化的全球成本每年为AGDP的1-10%。⁷⁶一些评估区分了土地生产力下降造成的直接成本与被称为外部性的间接经济成本。直接成本估计为埃塞俄比亚AGDP的2%，印度的4%，布基纳法索和美国的直接成本高达20%。⁷⁷间接成本在感觉上可能与退化的来源相去甚远，可包括水流中断以及对气候变化、沙尘暴和其他现象的贡献。

土地退化可通过河流和水库的淤积，破坏水循环并降低水质。因为雨水流走而非吸入土壤，退化的地貌易受洪水影响，增加了表层土壤和生物多样性的丧失，极端情况下可能导致下游的社区和土地被淹。⁷⁸土壤有机质在保水中起着重要的作用，随着有机质的减少，土壤保持水分的能力也随之下降。表面压实也会减少水分渗透，土壤无脊椎动物丧失及其他与荒漠化有关的因素，导致土壤更干燥、含水层降低和水土流失。因此，干旱的发生率可以独立于降雨量的变化而增加，仅仅因为土地捕获和保持水分的能力下降。据估计，在严重退化的土地上，只有区区5%的降雨量被有效利用。⁷⁹



沙尘暴（SDS）在大风冲击干燥和退化的土壤时发生。沙尘暴相对靠近地面，而尘暴可以上升到大气中几公里高，并能够长距离输送。它们影响人类健康、农业、基础设施和交通运输；一次沙尘暴的经济损失可达数亿美元。大约75%的全球灰尘排放来自古湖床等天然来源，其余来自人为源头，主要是短暂季节性的水体。然而，植被的清除、生物多样性的丧失以及对泥沙或土壤表面的干扰（例如越野车辆、牲畜）将更容易产生粉尘。据估计，由于土地退化和气候变化的组合因素，沙尘暴在上个世纪

增加了25-50%。⁸⁰主要的风沙侵蚀事件可以因为长时间干旱加上管理不善而发生。生态影响多种多样：在不同的环境下，粉尘可以增加干旱或刺激降雨，为热带雨林提供有价值的养分，或者伤害遥远的珊瑚礁。吸入粉尘会导致或加剧哮喘、支气管炎、肺气肿和矽肺，而慢性接触细粉尘会增加心血管和呼吸系统疾病、肺癌和急性下呼吸道感染的风险。细粉尘还会携带一系列污染物、孢子、细菌、真菌和潜在的过敏原，从而导致许多其他疾病和医学症状。⁸¹

最大的高粉尘强度地区位于所谓“沙尘带”上，从北非西海岸越过中东和中南亚直到中国；其他受影响的地区包括澳大利亚中部、南美洲的阿塔卡马沙漠和北美大盆地。人类活动对沙尘暴程度和频率有贡献的地方包括萨赫勒南部、阿特拉斯山脉和地中海沿岸、中东部分地区、北美高原、阿根廷巴塔哥尼亚和印度次大陆的部分地区。模拟表明，由于土地使用变化和气候变化，上个世纪的全球年度粉尘排放量增加了25-50%。

⁸²

除了荒漠化的明显影响之外，当农业生产力下降或贫困对国内和国际的迁移造成影响时，通过食品价格上涨，社会可能会以不明显的方式受到影响。荒漠化也会被牵涉到冲突中⁸³这种冲突是对稀缺资源争夺加剧的结果，以气候变化作为附加的成因，⁸⁴尽管冲突的原因通常很复杂。当荒漠化导致粮食减产时，会催生全国性的贫困和最穷社区的脆弱性。这可能会造成恶性循环，因为最贫穷的农民也面临着解决土地退化的最大挑战。⁸⁵

也许荒漠化的最小有形成本是与干旱地区相关的文化和审美价值的损失，但在许多情况下，正是这种成本最终驱使人们采取行动。土地不仅仅是生产粮食或提供水源的地方；对于许多人来说，土地与他们的文化认同和尊严密不可分，许多农村社区对土地负有责任感。⁸⁶尽管有方法来估计人们愿意为规避成本而付出的代价，但是不可能用数字表达这样的损失。一位老年贝都因妇女回答她为什么花时间来恢复牧场的问题时说道，“我想早上开门看到的是面前的自然之美。”⁸⁷

改造中国内蒙古库布其沙漠的土地25年后公路两侧完善的保护带。可以在背景中看到原来的沙丘。



©Elion基金会。来源：联合国环境署（2015年）。



©Martine Perret

荒漠化与气候变化

土壤储存的碳大于世界生物量和大气中的总和，这些碳的大部分在旱地（见表12.1）。当土地退化时，碳可以与其他温室气体（如一氧化氮）一起释放到大气中，使土地退化成为气候变化最重要的因素之一：大约四分之一的人为温室气体排放来自农业、林业和其他土地利用部门。⁸⁸预计气候变化会增加一些旱地的干旱度，干旱地区的受旱的频率会更高，而且“中度认同而有限的证据表明，目前的沙漠范围在未来几十年将会增加。”⁸⁹随着越来越多的多产土地因城市扩张而退化或丧失，将会存在未来越来越多比例的土地使用变化发生在旱地的风险，这增加了其对气候变化的贡献。

气候变化可能加剧贫困，进一步破坏人们可持续管理土地和牲畜的能力。⁹¹

地球上最贫穷的人最容易受到气候变化的影响，⁹²而在大多数情况下，他们对这一威胁的贡献是最小的。由于干旱地区包括了与世界穷人不成比例的人口，他们可能是受气候变化影响最大的地区。许多旱地社区拥有完善的资源共享实践，帮助他们分散风险。在一些牧业社区，这包括多代人和很远距离的培育债务和义务，这样在艰难的时期，可以呼吁受到影响较小人们的支持。蒙古的牧民有悠久的互惠安排的历史，使放牧家庭能够分散暴风雪和干旱等气候风险。然而，有迹象表明，这些机制正受到经济力量和不断变化的牧民与国家之间关系的压力。⁹³

表12.1：旱地土壤储存碳的作用⁹⁰

| | 生物质碳 | 土壤碳 | | |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 全部土壤碳 | 土壤有机碳 | 土壤无机碳 |
| 全球 | 5760亿吨 | 25290亿吨 | 15830亿吨 | 9460亿吨 |
| 旱地 | 830亿吨 | 13470亿吨 | 4310亿吨 | 9160亿吨 |
| 旱地部分 | 14% | 53% | 27% | 97% |

可持续性管理旱地

有丰富的管理经验作为基础，以生态系统得到重视、保护和管理的实现重大变革。荒漠化、气候变化和贫困之间的联系有助于将注意力集中在提供多重效益的反应上。对这些挑战的集中应对，将通过将大气碳捕集在土壤中、制止和扭转土地退化、缩小农业产量差距以及提高旱地社区和生态系统的整体恢复力，来产生正面的反馈。至关重要的是要确保土壤碳得到充分考虑，不仅针对防治荒漠化进展的指标，而且针对扭转气候变化和生物多样性丧失进展的指标进行监测。⁹⁴

由于土地退化往往是多个驱动因素的结果，因此需要根据具体情况调整作出的响应。植树等简单响应并非永远有效，土地撂荒并不一定带来恢复。⁹⁵从

整体管理方式到作物选择和生产、牲畜养殖和节约用水以及一系列促成因素，可持续发展需要很多步骤。这些因素包括：

- **可持续种植**，包括物种和管理实践的选择
- **避免过度放牧**和退化的牧场管理
- **通过改进管理和保护实现的水安全**
- **政策奖励**和法律改革，包括更好的权属和土地权保障
- **填补知识和技能差距**的研究和能力建设
- **扭转旱地土地退化的投入**

图12.3：可持续管理旱地

1. 可持续耕作

免耕农业要求农业实践发生重大变化；然而，通过降低劳动力、燃料、灌溉和机械的成本，它可以比传统农业更有利可图



2. 牧场管理

在纳米比亚，一些农场完全以管理和屠宰更适合干旱条件的野生羚羊和斑马取代了家畜



3. 水安全

在以色列，使用滴灌系统结合回收废水，令当地农民在过去65年中种植的产品价值上涨了1600%



4. 政策奖励

1980年至2000年期间，只有3.23%的环境援助旨在解决土地退化问题



5. 研究与能力建设

在许多地方，传统生态知识正在丢失，需要提供支持并加以记录



6. 投资

未来，“非生产性”干旱地区很可能越来越多地被用于能源，包括风能和地热源





免耕或低耕农业使土壤扰动最小化，并在土壤表面保留作物残留物和其他有机物质，有助于减少蒸发损失并增加入渗。证据表明，免耕农业可以带来表面附近更高的土壤有机碳浓度，这往往意味着更高的生产力。免耕对整体土壤碳平衡的影响尚未得到充分的了解，但对气候变化适应具有明显的积极效益。⁹⁹免耕农业要求农业实践发生重大变化；然而，通过降低劳动力、燃料、灌溉和机械的成本，可以比传统农业更有营利。免耕农业在澳大利亚和阿根廷等世界领先粮食出口国以及美国的干旱地区得到最大限度地实行，在这些地方占到所有农田面积22.6%。¹⁰⁰

农林复合是另一种经过验证的旱地可持续土地管理方法。

农场树木为人类、作物和牲畜提供阴凉处，输养养分并有助于稳定土壤，提供应急动物饲料和其他原材料；树上还可以结有可食用的水果和坚果。20世纪农林复合出现了下滑，其原因是，作为基于大规模机械化和单一种植的农业发展替代愿景的一部分，社会经济条件、公共政策和土地使用权发生了变化。¹⁰¹然而，研究表明全球农场的树木再次增加，最显著的是巴西、印度尼西亚、中国和印度。全球大约43%的农业土地至少有10%的树木覆盖率。¹⁰²在尼日尔，农林复合经历了某种程度的复兴，通过在农业景观中选择性保护高价值树木的简单做法，有500多万公顷得到了恢复。¹⁰³农民正在使用各种技术来促进原生树种恢复或种植，其中包括Zai技术，这种技术促进了在填有粪肥的小坑中植树，往往在修筑石堤时作为农户管理自然再生方法的一部分完成。¹⁰⁴

1. 可持续种植

旱地“可持续集约化”的许多要素⁹⁶已经为人熟知并已在第7章描述过：保肥，粪肥、堆肥和覆盖物的使用，肥料微量滴灌，综合有害生物管理策略，⁹⁷适当和可持续混种作物的选择，以及各种各样的土壤保持技术，这些要素均可供利用，旨在更全面地利用生态系统服务实现长期粮食保障。⁹⁸长期以来，休耕一直是保持土壤肥力和提高旱地土壤水分的方法之一，尽管近年来在全球减少，但仍呈现出复苏的迹象。



2. 牧场管理

旱地最普遍的土地利用是广泛的牲畜生产或畜牧业。传统的牧民使用畜群流动来追踪资源，因为通过雨水可以提供这些资源。以这种方式，家养畜群模仿野生有蹄类动物的行为。牧民保持天然和人造的供水基础设施，包括深井、水箱和地表池塘。这些饮水点和绿洲周围土地容易退化，当人们得到鼓励带着牲畜在这里永久定居时尤其如此。牧民经常有完备的习俗和安排来控制对水和牧场的使用，实现对公共资源在广大地区的公平使用，在某些情况下跨越国界。¹⁰⁵规划不周的用水基础设施项目可能会破坏这些传统体系。¹⁰⁶一些国家正在采取措施加强当地对资源利用的监管，手段则是采用将习惯权属与国家机构联系起来的混合治理制度，在某些情况下涉及遥感和电讯等工具，以实现更有效的牧场规划。西班牙1996年《牛羊道》（Vias Pecuarias）法案通过保护一个12万公里牧道（可环绕地球3圈的牲畜走廊）的古老路网，恢复了季节性移场牧业（人们带着牲畜的季节性运动），带来生物多样性和生态系统服务的重大改善。¹⁰⁷

通过选择适应性强的物种或混养根据遗传潜力（如耐旱性）利用一系列生态位的能力来选择的食草动物物种，可以改善牧场管理。这可能包括分散畜群以避免过度放牧，以及将动物借给他人，以作为一种社会资本的形式建立或重建畜群。¹⁰⁸在纳米比亚，一些农场已经用更适应于旱条件的野生羚羊和斑马的管理和挑选完全替代了家畜。¹⁰⁹

3. 水安全

水的管理是有效管理旱地土地的核心。如第8章中讨论的那样，土地管理实践可以减少和捕获流失、降低蒸发量、提高土壤持水能力并提高作物利用水的效率。然而，在一个地方代表损失的流失对生活在下游的人们来说可能是重要资源，决策必须在正确的尺度进行，以确保整个景观的公平和可持续的结果。

旱地的集水做法多种多样，有很多在数百年就为人所知。集水受地形和土壤类型的影响，可在不同的规模应用。小规模措施（有时称为微集水）用于捕获田间流失，包括种植坑和等高埂等做法。这些做法通过减缓流失速度和促进局部入渗透发挥作用。较大规模措施被用来捕集单独田块外的流失，供社区使用包括堤坝和池塘。这些宏观集水通常需要水的存蓄，而在有很大的蒸发损失的旱地，可能包括地窖中的地下储水。在一些土壤中，沙坝被用来固沙，继而保持水分，从而有效地产生了地下储存。¹¹⁰在水被储存在宏观集水区或取自河流和含水层时，就需要使用灌溉技术向土地供水。这包括大规模灌溉，尽管这种方案效率低、成本高、管理困难并存在很多环境代价。可以更细致地控制小规模灌溉，通过促进生长或延长生长季节，在关键的时刻补充生长周期的降雨量。¹¹¹

在以色列，滴灌系统与回收废水的结合使用在过去65年里让当地农户种植的产品价值上涨了1600%。¹¹²但是，废水的使用往往牵涉到增加盐渍化的风险，如果使用脱盐水，效率会进一步提高。¹¹³

4. 政策奖励

促进对旱地的投入首先取决于创造有利条件，从各国的支持性法律、政策和制度到国际协定和捐助方的承诺。然而，目前在很大程度上不存在这种条件。旱地一般被主流的发展努力所忽视：1980年至2000年期间，只有3.23%的环境援助旨在解决土地退化问题。¹¹⁴由于根本的发展差距，加上干旱和其他冲击的频率，非洲干旱地区增长的挑战仍然存在。非洲干旱地区的人口预计在未来15年将增加65%至80%；¹¹⁵这一点再加上对大型工业农业和采掘业的外部投入的增加，有可能加剧土地和土地退化。土地退化反过来又增加了人类对干旱和缺水的影响，这往往将资源从长期发展转移到更为昂贵的短期和应对性措施上。虽然预计旱地的经济增长在中期将会很大，但这可能跟不上人口增长和气候变化导致的脆弱性的步伐。¹¹⁶

部门之间存在分歧的政策优先事项可能会导致有害的后果，在管理土地、水、树木、野生生物和其他资源的目标不同时尤其如此。鉴于干旱地区的规模以及对最适当发展路径的潜在误解，这一点尤其成问题。要确保使更密切的合作和更团结的行动落在实处，就需要在高层政治领导和知识与证据推动的推动下，加强农业、野生动植物、林业和水等部门之间的协调。

促进可持续发展旱地管理的关键政策要素是需要改善资源权利和权属保障，为土地管理者提供自由和合法性，以实施长期可持续管理战略。例如，如果当地社区相信他们会在得到的获益中留下一杯羹，森林恢复项目的成功就会大大增加。但是，保障权属经常需要创新的解决方案来调和成文法和习惯权利。更强有力的地方机关可以在现代和传统体系之间提供一个重要的环节，结合市场和其他服务更加畅通的渠道，可能是在整体上改进地方治理的关键。在几个国家，政府的权力下放正在推动这一点，这允许地方一级决策的更大参与度和对当地权利和责任的更大尊重。由联合国粮食及农业组织制订的《权属负责任治理的自愿准则》¹¹⁷已得到100多个国家的认可，为加强土地权利提供了良好的平台。例如，在蒙古和吉尔吉斯斯坦，公共政策支持建立“牧场用户组”进行牧场治理，这是确保社区代表和协调管理活动的重要机制。¹¹⁸

加强旱地保护工作的正式和非正式协议也对权属造成影响。全球约有9%的旱地（大约540万平方公里）受到正式保护，略低于12.9%的全球平均水平。

虽然早期的保护区政策往往是排他性的，但是今天许多保护区保护居住人社区的权利。在作为在法律上承认旱地权属的工具以及促进了经济利用与保护目标之间的协同作用方面，原住民和社区保护区（ICCA）等非政府办法以及土著保护区等准政府方法正得到认可。¹¹⁹

许多旱地通过传统的土地管理做法得到了有效保护，这些做法维持了当地人生活所依赖的生物多样性。这些事实上的保护区经常被政府忽视，因此仍然容易受到竞争利益的影响。将其指定为ICCA可以为社区提供更大的潜力来利用他们生产体系的环境效益，进一步激励可持续土地管理。正式将这些土地认定为ICCA也可以帮助建立标准用于可持续管理和改进，并提供奖励措施来保留可持续的做法。¹²⁰所谓的公共区或保护地（在纳米比亚得到最全面的发展）为社区创造了一种从野生动植物相关旅游业获取经济回报的方式，尤其为低人口旱地国家提供了一种创新模式。¹²¹



©Nitin Khatri

5. 研究和能力建设

关于旱地生产系统的科学知识仍未得到充分发展，经常沦为针对潮湿地区发展的管理方法的陪衬。旱地不充分的环境和经济数据使这个问题更加严重，这样就需要在信息真空中作出重要决策。旱地发展的资金缺乏与旱地研究的缺乏支持相一致；我们对荒漠化的速度和成因的理解仍然相当不完全。旱地管理风险适应策略的复杂性以及当地知识和做法的价值需要重新关注；传统的生态知识在许多地方正在失去。需要更大的努力，通过适当的合作关系、参与式学习和更有效的信息和技术传播来结合当地与新出现的科学知识。¹²²

最后，为了调动投入，经常需要大力升级干旱地区专业人员的技能，包括推广服务和同行间的学习。这包括在公共部门工作的专业人士向土地使用者以及掌握当地大量重要旱地恢复力知识的人士提供建议。

6. 投入

照此下去，旱地将面临持续的荒漠化和脆弱性，加上气候变化带来的风险加大，造成贫困、迁徙和冲突等更大的社会问题。联合国2011年发表的一份报告指出，旱地已成为“投入的沙漠”，长期投资不足正在使发展不足和贫困的情况每况愈下。¹²³同时，2015年通过的可持续发展目标（特别是关于土地零退化的目标15.3¹²⁴）表明越来越大的意愿和承诺要遏止和扭转荒漠化。这种热情必须与符合国家发展优先事项的能力和资源相配。我们对如何改变对干旱地区投入的理解正不断改进，让人看到期望的理由。

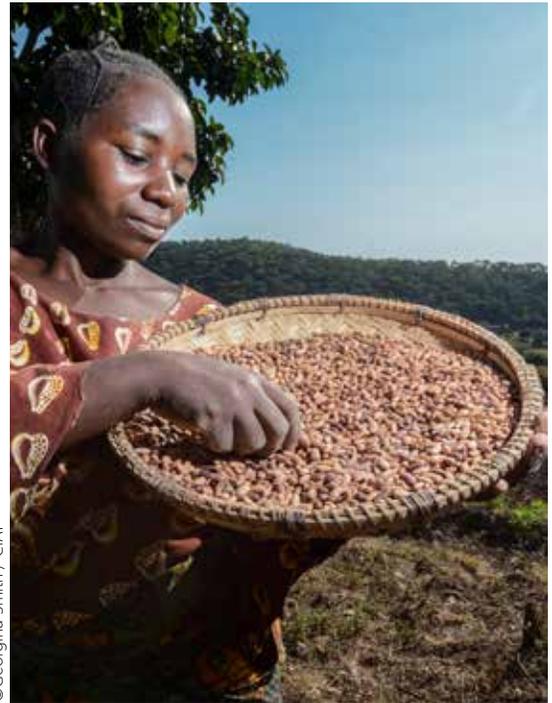
旱地的问题不能通过财政自动解决：在美国这样比较富裕的国家也有严重的荒漠化问题，这表明问题并不局限于发展中国家。但是，对发展中世界许多旱地中人类剥夺的程度不应低估，也不应该低估人类发展最基本条件的缺乏。

需要特别注意的一个领域是如何利用或借助多种价值。除了显见的粮食、燃料、纤维和建筑材料供应服务之外，旱地生态系统还为人类提供许多好处。约旦巴蒂亚的牧场恢复显示出畜牧生产和市场化生物多样性方面（如药用植物）的适度改善，对地下水流量、碳储存量和减少水电站沉积的好处则大得多，所有这些全部由负责保护者之外的人享受。¹²⁵激励干旱地区最可持续的土地管理做法将需要一种转变，从最大限度提高单一商品产出，转向优化一系列相互关联的生态系统产品和服务。

转变为基于平衡多种土地使用价值的经济，对于发展可产生利润的市场来说，可能意味更多的挑战。许多旱地社区能够通过生态旅游产生大量的副业收入，如果得到正确管理，这往往可以与可持续畜牧生产等其他活动相结合。在其他地方，土地管理者可以利用水果、油和草药等高价产品的市场，或者收到生态系统服务的付款。所有这些都依赖于价值链的创造，以及新的技能和资金来源，以使旱地社区能够获得更高比例由他们的劳动带来的增值收益。¹²⁶

改进可持续管理产品的市场还需要吸引合适的投资者。近年来，旱地尤其面临大规模外国土地收购的风险，相对薄弱的权属保障和一些情况下居民微弱的政治声音加剧了这样的风险。¹²⁷较小规模的土地流转也在增加，导致土地使用的计划外或不受管制的变化。政府可以做更多的工作，动员投入，支持现有土地使用者改进管理并制定景观规模的计划，以整合作物种植、放牧、林地和野生动植物管理以及湿地保护等。特别需要大力动员和鼓励当地企业家发展中小企业，帮助加强农村的谋生方式并使其多样化。

农户的小规模投入对未来的可持续发展至关重要。旱地农民和牧民以相对较小的规模和许多不同的方式投入，在整个景观上可达到数千份。这些投资可能难以估值，但代表着重要和多样化的资本组合，包括劳动力和社会资本。在尼日利亚建立的700万公顷农林复合就是通过小农户整个广阔景观的数千次个人行为实现的。¹²⁸



其他形式的投入将在确定旱地的未来方面发挥作用。干旱地区今天化石燃料的主要来源，在未来将对于各种可再生能源变得越来越重要。沙漠已经用于大型太阳能光伏电站的选址，¹²⁹有人认为这最终可能成为全球最大的能源。这种发展已经对保护的管理者提出保护脆弱生态系统的挑战，¹³⁰但是在未来，“非生产性”旱地可能会越来越多地用于能源，包括风能¹³¹和地热¹³²源。将能源生产、矿产开采和其他全球需求与更多的传统农业和畜牧业结合在一起，可能会在未来带来重大机遇。



结语

可持续管理旱地的战略议程应围绕可持续发展三个已确立的支柱：社会、
环境和经济。

1.旱地环境的可持续性需要自然资源部门的重大变革，整合农业和环境管理，提高对旱地问题的认识，而不是将粮食生产作为采掘业来处理。土壤在干旱条件下产生缓慢，经常被视为有限的、不可再生的资源；在未来，农业必须最终做到从土壤里取出多少就放回多少。尤其重要的是需要扩大我们对地上和地下生物多样性的了解，并围绕对有机碳的认识发展农业实践，即土壤肥力的主要指标有机碳本身就是生物多样性的一部分。农民作为土壤碳的管理者，处在努力应对我们这个时代最大环境挑战的中心：生物多样性丧失、气候变化和土地退化。

2.干旱地区社会可持续性和稳定必须通过发展人力资本来加强，包括改善获得教育、卫生和安全等基本服务的渠道。还应包括保障土地权属、改善社会保护，以及更好地管理和规划目前面对的深刻社会压力，如城市化、农村贫困以及妇女继续边缘化。社会可持续性需要有效的制度来正确管理自然和经济资源，只有在人权得到尊重作为以人为本的发展基础时，才能实现社会可持续性。

3.经济可持续性必须建立在生态和社会可持续性的基础上，并最终促成生态和社会的可持续性。它需要在价值链中的投入，这条价值链反映了旱地生产系统最基本的多样性，包括利用环境服务和对可持续生产出的产品进行认证。这包括支持发展在当地提高附加价值的中小企业，为不断增长的城市穷人创造就业机会。这还需要下大力气克服交易成本，特别是与获取信息和技术转让相关的交易成本。为此，需要公共部门的促成型投入，以释放出私营部门的参与，彻底解决投资不足的遗留问题。干旱地区的经济可持续性必须围绕健全的风险管理构建，其中包括对土壤和水的^{有效管理}，以及加强当地经过验证的土地管理实践。

参考文献

- 1 Safriel, U. and Adeel, Z. 2005. Dryland Systems. In: Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends Volume 1. Hassan, R., Scholes, R. and Ash, N., (eds). Washington, DC: Island Press. p. 623–62.
- 2 United Nations Environmental Management Group. 2015. Box 12. United Nations, New York.
- 3 UNCCD. 1994. Article 2 of the Text of the United Nations Convention to Combat Desertification. <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf>.
- 4 Davies, J., Barchiesi, S., Ogali, C.J., Welling, R., Dalton, J., et al. 2016. Box 12. IUCN, Gland, Switzerland.
- 5 Salameh, E. 1993. The Jordan River System. In: Graber, A. and Salameh, E. (eds.) Box 12. Friedrich Elbert Stiftung, Amman, Jordan, pp. 99-105.
- 6 UNCCD. Undated. Box 12 <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Desertification-EN.pdf>
- 7 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Op. cit.
- 8 Map produced by ZOI Environment Network, September 2010. Source: UNEP World Conservation Monitoring Centre
- 9 Black, H.I.J. and Okwakol, M.J.N. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of termites. *Applied Soil Ecology* 6 (1): 37-53.
- 10 Dregne, H.E. 1982. Dryland soil resources. Agency for International Development, Department of State, Washington, DC.
- 11 Stevens, N., Lehmann, C.E.R., Murphy, B.P., and Durigan, G. 2016. Savanna woody encroachment is widespread across three continents. *Global Change Biology* DOI: 10.1111/gcb.13409
- 12 Keeley, J.E. and Brennan, T.J. 2012. Fire-driven invasion in a fire-adapted ecosystem. *Oecologia* 169: 1043-1052.
- 13 Mugerwa, S. and Emmanuel, Z. 2014. Drivers of grassland system's deterioration in Uganda. *Applied Science Reports* 2 (3): 103-111.
- 14 Solbrig, O.T. 1993. Ecological constraints to savanna land use. In: Young, M.D. and Solbrig, O.T. (eds.) *The World's Savannas: Economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use*. Man and the Biosphere Series volume 12. UNESCO and the Parthenon Publishing Group, Paris, pp. 21-48.
- 15 Brito, J.C., Godinho, R., Martínez-Freiria, F., Pleguezuelos, J.M., Rebelo, H., et al. 2013. Unravelling biodiversity, evolution and threats to conservation in the Sahara-Sahel. *Biological Reviews* 89 (1): 215-231.
- 16 Schwimmer, H. and Haim, A. 2009. Physiological adaptations of small mammals to desert ecosystems. *Integrative Zoology* 4 (4): 357-366.
- 17 Costa, G. 1995. *Behavioural Adaptations of Desert Animals*. Springer, Berlin and Heidelberg.
- 18 Bonkougou, E.G. 2001. Biodiversity in Drylands: Challenges and Opportunities for Conservation and Sustainable Use. *The Global Drylands Partnership*. UNDP, New York.
- 19 Midgley, G.F. 2012. Biodiversity and ecosystem function. *Science* 335: 174-175.
- 20 Maestre, F.T., Quero, J.L., Gotelli, N.J., Escudero, A., Ochoa, V., et al. 2012. Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science* 335: 214-217.
- 21 Belnap, J. 2006. The potential role of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. *Hydrological Processes* 20: 3159-3178.
- 22 Davies, J., Poulsen, L., Schulte-Herbrüggen, B., Mackinnon, K., Crawhall, N., et al. *Conserving Dryland Biodiversity*. IUCN, Gland.
- 23 Goettsch, B., Hilton-Taylor, C., and Gaston, K.J. 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* 1, Article number: 15142.
- 24 Goettsche, B., et al. 2016. Op. cit.
- 25 Rowe, A.G. 1999. The exploitation of an arid landscape by a pastoral society: The contemporary eastern Badia of Jordan. *Applied Geography* 19 (4): 345-361.
- 26 Barrow, E.G.C. 1996. *The Drylands of Africa: Local participation in tree management*. Initiatives Publishers, Nairobi.
- 27 Bagader, A.A., El-Sabbagh, A.T.E., Al-Ghayand, M.A., Samarrai, M.Y.I.D., and Llewellyn, O.A. 1994. *Environmental Protection in Islam*. IUCN, Gland, Switzerland.
- 28 Bose, P. 2015. India's drylands and agroforestry: A ten-year analysis of gender and social diversity, tenure and climate variability. *International Forestry Review* 17: 85-98.
- 29 Brouwer J. 2008. The importance of within-field soil and crop growth variability to improving food production in a changing Sahel. A summary in images based on five years of research at ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger. IUCN Commission on Ecosystem Management, Gland, Switzerland.
- 30 Stites, E. and Stefansky Huisman, C. 2010. *Adaptation and Resilience: Responses to Changing Dynamics in Northern Karamoja, Uganda*. Briefing Paper. Feinstein International Centre, Tufts University, Massachusetts and Save the Children Uganda.
- 31 Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P., and Vogt, J. 2013. World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010. *International Journal of Climatology* 34: 2792-2804.
- 32 Luo, L., Sheffield, J., and Wood, E. 2008. Towards a global drought monitoring and forecasting capability. 33rd NOAA Annual Climate Diagnostics.
- 33 Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., and Guo, R. 2015. Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*. DOI:10.1038/NCLIMATE2837.
- 34 Fan, S. 2008 (ed.). *Public Expenditures, Growth, and Poverty. Lessons from Developing Countries*. The John Hopkins University Press, Baltimore.
- 35 Ravallion, M. and Datt, G. 1999. When is growth pro-poor? Evidence from the diverse experience of India's states. Policy Research Working Paper WPS 2263. World Bank, Washington, DC.
- 36 UNCCD. 2011. *Global Drylands: A UN Systems-Wide Report*. Committee for the Review of the Implementation of the Convention 9th session, Bonn February 21-25, 2011. ICCD/CRIC(9)/CRP.1
- 37 UNCCD. 2012. *Desertification Land Degradation and Drought (DLDD) – Some global facts and figures*. Information sheet from the UNCCD. <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/WDCD/DLDD%20Facts.pdf> accessed January 29, 2017.
- 38 Davies, J. and Hatfield, R. 2008. The economics of mobile pastoralism: A global summary. *Nomadic Peoples* 11 (1): 91-116.
- 39 Sallu, S.M., Twyman, C., and Stringer, L.C. 2010. Resilient or vulnerable livelihoods? Assessing livelihood dynamics and trajectories in rural Botswana. *Ecology and Society* 15 (4): 3.
- 40 Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 41 Revenga, C., Murray, S., Abramovitz, J., and Hammond, A. 1998. *Watersheds of the World: Ecological value and vulnerability*. World Resources Institute and Worldwatch Institute, Washington, DC.
- 42 Shao, M., Tang, X., Zhang, Y., and Li, W. 2006. City clusters in China: Air and surface water pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4 (7): 353-361.
- 43 Li, K., Zhu, C., Wu, L., and Huang, L. 2013. Problems caused by the Three Gorges Dam construction in the Yangtze River basin: A review. *Environmental Review* 21: 127-135.
- 44 Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F., Turner, B.L., Mortimore, M., et al. *Global desertification: Building a science for dryland development*. *Science* 316: 847-851.
- 45 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group*, <http://www.millenniumassessment.org/en/Condition.aspx>.
- 46 WWF. 2003. *The Sacred Forests of Sakaotovo and Vohimasio: Catalysing community-based forest management to conserve the biodiversity of Southern Madagascar*. WWF, Antananarivo.
- 47 IUCN. 2013. *Natural Resource Economic Valuations. Environmental Economic Valuation of the HIMA System: The Case of Zarqa River Basin – Jordan*. IUCN-ROWA, Amman.
- 48 Dudley, N., MacKinnon, K., and Stolton, S. 2014. The role of protected areas in supplying ten critical ecosystem services in drylands: A review. *Biodiversity*, DOI: 10.1080/14888386.2014.928790.
- 49 Al-Dousari, A.M. 2009. Recent studies on dust fallout within preserved and open areas in Kuwait. In: Bhat, N.R., Al-Nasser, A.Y., and Omar, S.A.S. (eds.) *Desertification in Arid Lands: Causes, consequences and mitigation*, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait: 137-147.
- 50 Conant, R.T., Paustian, K., and Elliott, E.T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Applications* 11: 343-355.
- 51 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Op. cit.
- 52 Davies, J., et al. 2012. Op. cit.
- 53 Bastin, J. F., Berrahmouni, N., Grainger, A., Maniatis, D., Mollicone, D., Moore, R., ... & Aloui, K. 2017. The extent of forest in dryland biomes. *Science*, 356: 635-638.
- 54 Davies, J., et al. 2012. Op. cit.

- 55 Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Global Mechanism of the United Nations Convention to Combat Desertification and OSLO consortium. 2013. Valuing the biodiversity of dry and sub-humid lands. Technical Series No.71. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- 56 Diamond, J. 2005. *Collapse: How societies choose to fail or survive*. Penguin Books, London.
- 57 Steinbeck, J. 1939. *The Grapes of Wrath*. Viking Press, New York.
- 58 UNCCD, 1994. A/AC.24/1/27 September 12, 1994. <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf>
- 59 <http://www.theguardian.com/environment/2010/dec/16/desertification-climate-change> accessed January 30, 2017.
- 60 UNCCD, 1994. Op. cit.
- 61 FAO. 2011. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk*. FAO and Earthscan, Rome and London.
- 62 Prince, S.D. 2016. Where does desertification occur? Mapping dryland degradation at regional and global scales. In: Behnke, R. and Mortimore, M. (eds.) *The End of Desertification?* Springer, pp. 225-263.
- 63 Gisladdottir, G. and Stocking, M. 2005. Land degradation control and its global environmental benefits. *Land Degradation and Development* 16: 99-112.
- 64 Reynolds, J.F., et al. 2007. Op. cit.
- 65 Le, Q.B., Nkonya, E., and Mirzabaev, A. 2014. Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots. ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 193. Bonn.
- 66 Feng, Q., Ma, H., Joang, X., Wang, X., and Cao, S. 2015. What has caused desertification in China? *Nature Scientific Reports*. DOI: 10.1038/srep15998.
- 67 Andela, N., Liu, Y.Y., van Dijk, A.I.J.M., de Jeu, R.A.M., and McVicar, T.R. 2013. Global changes in dryland vegetation dynamics (1988-2008). *Biogeosciences* 10: 6657-6676.
- 68 UNEP, 2007. *Sudan Post-Conflict Environmental Assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- 69 Carter, D.L. 1975. Problems of salinity in agriculture. In: Poljakoff-Mayber, A. and Gale, J. (eds.) *Ecological Studies, Analysis and Synthesis vol. 15: Plants in Saline Environment*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- 70 ABS. 2010. *Measures of Australia's Progress, 2010: Is life in Australia getting better?* Australian Bureau of Statistics, Canberra.
- 71 Middleton, N., Stringer, L., Goudie, A., and Thomas, D. 2011. *The Forgotten Billion: MDG achievement in the drylands*. UNDP, New York and Nairobi.
- 72 Mortimore, M. 2009. *Dryland Opportunities: A new paradigm for people, ecosystems and development*. IUCN, IIED and UNDP, Gland Switzerland, London and New York.
- 73 El Mangouri, H. 1990. Dryland management in the Kordofan and Darfur Provinces in Sudan. In: Dixon, J.A., James, D.E., and Sherman, P.B. (eds.) *Dryland Management: Economic Case Studies*. Earthscan, London: pp. 86-97.
- 74 Herrera, P., Davies, J., and Manzano, P. 2014. (eds.) *The Governance of Rangelands: Collective action for sustainable pastoralism*. Routledge, UK.
- 75 Morales C., Brzovic, F., Dascal, G., Aranibar, Z., Mora L., Morera, et al. 2011. Measuring the economic value of land degradation / desertification and drought considering the effects of climate change. A study for Latin America and the Caribbean. CSFD, 29-30 June 2011, Montpellier.
- 76 UNCCD, 2013. *White Paper I: Economic and Social Impacts of Desertification, Land Degradation and Drought*. United Nations Convention to Combat Desertification. http://2sc.unccd.int/fileadmin/unccd/upload/documents/WhitePapers/White_Paper_1.pdf
- 77 Various sources cited in UNCCD, 2013, *ibid*.
- 78 Palmer, A.R. and Bennett, J. 2013. Degradation of communal rangelands in South Africa: Towards an improved understanding to inform policy. *African Journal of Range and Forage Science* 30 (1-2): 57-63.
- 79 Humphreys, E., Peden, D., Twomlow, S., Rockström, J., Oweis, T., et al. 2008. Improving rainwater productivity: Topic 1 synthesis paper. CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo.
- 80 UNEP, WMO and UNCCD. 2016. *Global Assessment of Sand and Dust Storms*. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- 81 *Ibid*.
- 82 *Ibid*.
- 83 Khan, M. 2015. The hidden puppeteer: Environmental degradation and the Darfur conflict. *Harvard International Review* 36 (4): 12-14, Cambridge, MA.
- 84 Cabot, C. 2016. *Climate Change, Security Risks and Conflict Reduction in Africa, A Case Study of Farmer-Herder Conflicts over Natural Resources in Côte d'Ivoire, Ghana and Burkina Faso 1960-2000*. Springer, pp. 45-62.
- 85 Low, P.S. (ed.) 2013. *Economic and Social impacts of desertification, land degradation and drought*. White Paper I. UNCCD 2nd Scientific Conference, prepared with the contributions of an international group of scientists. Available from: <http://2sc.unccd.int>, accessed March 26, 2013.
- 86 Llewellyn, O. 1992. Desert reclamation and conservation in Islamic law. In: Khalid, F. and O'Brien, J. (eds.) *Islam and Ecology*. Cassell, pp. 87-98.
- 87 Davies, J. 2016. *The Land in Drylands: Thriving in uncertainty through diversity*. Working Paper for the Global Land Outlook, UNCCD, Bonn.
- 88 Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 89 Settle, J., Scholes, R., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., et al (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 271-359.
- 90 UNCCD, 2015. *Pivotal Carbon*. Science Policy Brief. UNCCD Science Policy Interface. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/2015_PolicyBrief_SPI_ENG.pdf
- 91 Davies, J. and Nori, M. 2008. Managing and mitigating climate change through pastoralism. *Policy Matters* 16. Commission on Environmental, Economic and Social Policy, IUCN. <http://www.iucn.org/about/union/commissions/ceesp/publications/pm/index.cfm>
- 92 Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge University Press, UK.
- 93 Upton, C. 2012. Adaptive capacity and institutional evolution in contemporary pastoral societies. *Applied Geography* 33: 135-141.
- 94 UNCCD, 2015. Op. cit.
- 95 Feng, Q., et al. 2015. Op. cit.
- 96 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany-London* 114 (8): 1571-1596.
- 97 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* 6: 152-182.
- 98 Bommarco, R., Kleijn, D., and Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28 (4): 230-238.
- 99 Powlson, D.S., Stirling C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., et al. 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. *Nature Climate Change* 4: 678-683.
- 100 Friedrich, T., Kassam, A., and Shaxson, F. 2008. Case study, Conservation Agriculture. FAO, Rome. <http://www.fao.org/ag/ca/ca-publications/stoa%20project%20conservation%20agriculture.pdf>.
- 101 WRI. 2008. *Turning back the desert: How farmers have transformed Niger's landscapes and livelihoods*. In: WRI, UNDP, UNEP and World Bank. *World Resources 2008: Roots of Resilience—Growing the Wealth of the Poor*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 102 Zomer, R.J., Neufeldt, H., Xu, J., Ahrends, A., Bosio, D., et al. 2016. Global tree cover and biomass carbon on agricultural land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Scientific Reports* 6: 29987 DOI:10.1038/srep29987
- 103 Pye-Smith, C. 2013. *The Quiet Revolution: How Niger's farmers are re-greening the parklands of the Sahel*. ICRAF Trees for Change series number 12. World Agroforestry Centre, Nairobi.
- 104 Bado, B.V., Savadogo, P., and Manzo, M.L.S. 2015. *Restoration of Degraded Lands in West Africa Sahel: Review of experiences in Burkina Faso and Niger*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- 105 Adams, W.M. and Anderson, D.M. 1988. Irrigation before development: Indigenous and induced change in agricultural water management in East Africa. *African Affairs* 87 (349): 519-535.
- 106 Gomes, N. 2006. Access to water, pastoral resource management and pastoralists' livelihoods: Lessons learned from water development in selected areas of Eastern Africa (Kenya, Ethiopia, Somalia). LSP Working Paper 26. FAO, Rome.
- 107 Manzano Baena, P. and Casas, R. 2010. Past, present and future of Transhumancia in Spain: Nomadism in a developed country. *Pastoralism* 1 (1): 72-90.
- 108 Hesse, C. and MacGregor, J. 2006. *Pastoralism: Drylands hidden asset? Developing a framework for assessing the value of pastoralism in East Africa*. Issues paper number 142. International Institute for Environment and Development, London.



©GIZ-Richard Lord

- 109** Barnes, J. and Jones, B. 2009. Game ranching in Namibia. In: Suich, H. and Child, B. with Spenceley, A. (eds.) *Evolution and Innovation in Wildlife Conservation: Parks and game ranches to transfrontier conservation*. Earthscan, London, pp. 113-126.
- 110** Reij, C., Mulder, P., and Begemann, L. 1990. *Water Harvesting for Plant Production*. World Bank Technical Paper number 91, World Bank, Washington, DC.
- 111** Adams, W.M. and Carter, R.C. 1987. Small-scale irrigation in sub-Saharan Africa. *Progress in Physical Geography* 11 (1): 1-27.
- 112** Tal, A. 2016. Rethinking the sustainability of Israel's irrigation practices in the drylands. *Water Research* 90: 387-395.
- 113** Silber, A., Israeli, Y., Elingold, A., Levi, M., Levkovitch, I., et al. 2015. Irrigation with desalinated water: A step toward increasing water saving and crop yields. *Water Resources Research* 51 (1): 450-464.
- 114** Chasek, P.S. 2013. Follow the money: Navigating the international aid maze for dryland development. *Journal Box* 12 4 (1): 77-90.
- 115** Cervigni, R., and Morris, M. (eds.) 2016. *Confronting Drought in Africa's Drylands: Opportunities for Enhancing Resilience*. Africa Development Forum series. Washington, DC: World Bank.
- 116** Ibid.
- 117** FAO. 2012. *Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the context of National Food Security*. FAO, Rome.
- 118** Herrera, P., et al. 2014. Op. cit.
- 119** Kothari, A. 2013. Communities, conservation and development, *Biodiversity*, DOI: 10.1080/14888386.2013.848101
- 120** Davies, J., et al. 2012. Op. cit.
- 121** NACSO. 2004. *Namibia's communal conservancies: A review of progress and challenges*. Namibian Association of CBNRM Support Organizations, Windhoek.
- 122** Mortimore, M., Anderson, S., Cotula, L., Davies, J., Facer, K., et al. *Dryland Opportunities: A new paradigm for people, ecosystems and development*. IUCN, IIED, and UNDP, Gland, Switzerland, London, and Nairobi.
- 123** United Nations. 2011. *Global Drylands: A UN Systems-Wide Report*. Committee for the Review of the Implementation of the Convention. Ninth session. Bonn February 21-25, 2011. ICCD/CRIC(9)/CRP.1 February 11, 2011
- 124** <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>.
- 125** Myint, M. and Westerberg, V. 2014. *An Economic Valuation of a large-scale rangeland restoration project through the Hima system within the Zarqa River Basin in Jordan*. IUCN, Nairobi.
- 126** Davies, J. and Hatfield, R. 2008. Op. cit.
- 127** Allan, T., Keulertz, M., Sojamo, S., and Warner, J. (eds.) 2013. *Handbook of Land and Water Grabs in Africa: Foreign direct investment and food and water security*. Routledge, Abingdon, UK.
- 128** WRI, 2008. Op. cit.
- 129** Moore, S. 2013. Envisioning the social and political dynamics of energy transitions: Sustainable energy for the Mediterranean region. *Science as Culture* 22 (2): 181-188.
- 130** Stoms, D.M., Dashiell, S.L., and Davis, F.W. 2013. Siting solar development to minimize biological impact. *Renewable Energy* 57: 289-298.
- 131** Raheem, A., Abbasi, S.A., Memon, A., Samo, S.R., Taufiq-Yap, Y.H., et al. *Renewable energy development to combat energy crisis in Pakistan*. *Energy, Sustainability and Society* 6 (16): DOI: 10.1186/s13705-016-0082-z.
- 132** Chandrasekharam, D., Lashin, A., Al Arifi, N., Al Bassan, A., Varun, C., et al. 2016. Geothermal energy potential of eastern desert region, Egypt. *Environmental Earth Sciences* 75: 697. DOI:10.1007/s12665-016-5534-4.





第三篇 更安全的未来

《全球土地展望》第一版的重点是土地和人类安全之间的联系：分别涉及粮食和水的安全；保护土壤和生物多样性；保护社区和个人生计；权属保障和性别平等；保护城乡接合部的边缘化人口；远离干旱、洪涝等气象相关灾害；保留文化和精神认同权利的精神安慰；以及上述各方面的基础——社会和政治安全。基于土地的自然资本面临压力，而这正在威胁到很多这些人类安全方面的稳定。

第三篇介绍了变革的路径，总结了第二篇的关键建议，并概述了实施的战略重点，确认了今天作出的决策和投入将影响明天的土地利用和管理。我们期望本《展望》的这个结束部分将有助于建立新的愿景和行动议程，以确保更安全的未来。

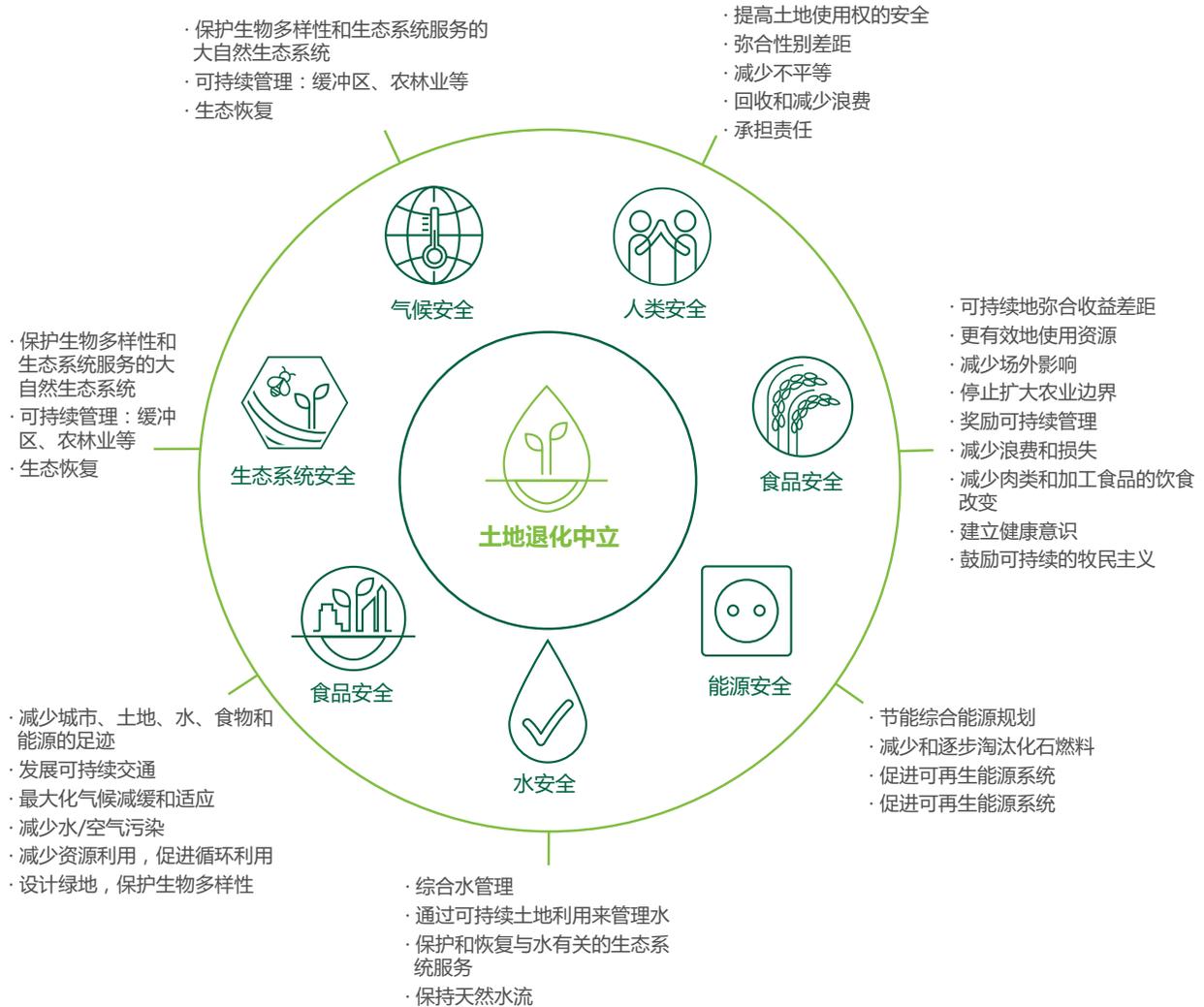
更安全的未来

我们清楚认识到这个世界处于生死攸关的时刻，正逼近地球可承受的限度，我们主张，用眼界更开阔的景观方法进行管理，考虑并整合各种土地利用策略，就可以帮助扭转目前在土地退化方面的许多负面趋势。处理土地退化的驱动因素和影响仍然是一个挑战；许多政治和经济力量始终坚持着一切照旧的途径。

我们知道如何缓解土地资源的许多压力是一个好的开始，但若没有一致的行动使所有部门和利益相关者参与，我们不会成功实现变革。

在2030年可持续发展议程的支持下，世界各地的创新计划正在成形，以制止和扭转土地和土壤退化。第三篇强调了需要的响应，以及实现土地零退化目标所需的响应，以及减贫、粮食和水安全、生物多样性保护、减缓和适应气候变化以及可持续生计的相关目标。

图1：基于土地改善整体人类安全的行动



引言

我们都是自己日常生活中的决策者，并且能够自主采取行动，知道我们的选择会有后果。将转换导向更有效率、从而更可持续的土地利用，涉及到了解管理决策在所有规模上的影响，为可持续消费和生产创造适当的激励措施，以及采用和扩大更优土地管理实践的更大能力。我们可以推动从目前的“掠夺时代”进入到“尊重时代”所需的转变——接受一个由生物物理限制所控制的世界，并寻求不让生活超越这些边界。¹

大自然为我们提供了许多机会，通过这些机会，我们可以改变我们消费、生产、工作和共同生活的方式，而不会影响当代和子孙后代的社会经济和环境安全。

在此，我们提出了一些指导原则，个人、社区、公司和国家可以在这些原则的基础上做出有助于确定地球上未来生活质量的明智决策，并描述这些原则如何支撑可持续发展的综合景观方法。但在此之前，我们简要介绍了土地退化零增长的概念和雄心，它构成了可持续发展目标中的目标15.3：土地退化零增长。

图2：实现多项可持续发展目标的基于土地的行动



土地退化零增长 (LDN)

《公约》将LDN定义为“一种状态，在这种状态下，支持生态系统功能与服务以及促进粮食安全所需的土地资源的数量和质量在特定时间和空间范围及生态系统内保持稳定或有所增加。”²首要目标是：

- 维护或改善自然资本存量 and 生态系统服务
- 维持或提高生产力，以提高粮食、水和能源的安全
- 提高土地和依靠土地的人口的恢复力
- 寻求与其他社会、经济和环境目标的协同效应
- 加强对土地权属的负责任和公平的治理

有效的LDN战略也将作为SDG加速器，以实现“2030年可持续发展议程”的许多更广泛的目标。一个概念框架被制定出来（见附录一），为选择追求LDN的国家提供指导原则。³这些原则有助于在设计和实施LDN措施时防止意想不到的后果。虽然其应用存在固有的灵活性，但概念框架的基本结构和方法是固定的，以确保一致性和科学严谨性：

- 考虑土地潜力、土地状况、恢复力、社会、文化和经济因素，土地利用决策基于多变量评估。
- 规划LDN干预措施中应用了响应层次结构，以避免、减少并扭转土地退化。
- 使用一个具有包容性和参与性的流程将相关利益攸关方（特别是土地使用者）包括在干预措施的设计、实施和监测中，以实现LDN。
- 需要建立负责任的治理制度，保护包括权属和两性平等在内的人权，并确保问责制和透明度。
- 监测土地退化趋势使用了三个核心指标（即土地覆被、土地生产力和碳储量），并与其他相关指标相辅相成。

LDN是一个简单但具有革命性的想法，通过避免未来的退化和向可持续土地管理迈进，将许多全球目标和目的联系起来，同时大力扩大土地和土壤的复原和恢复。它也是一个强大的概念，将鼓励我们重新思考并有希望重新界定我们与大自然的关系。⁴

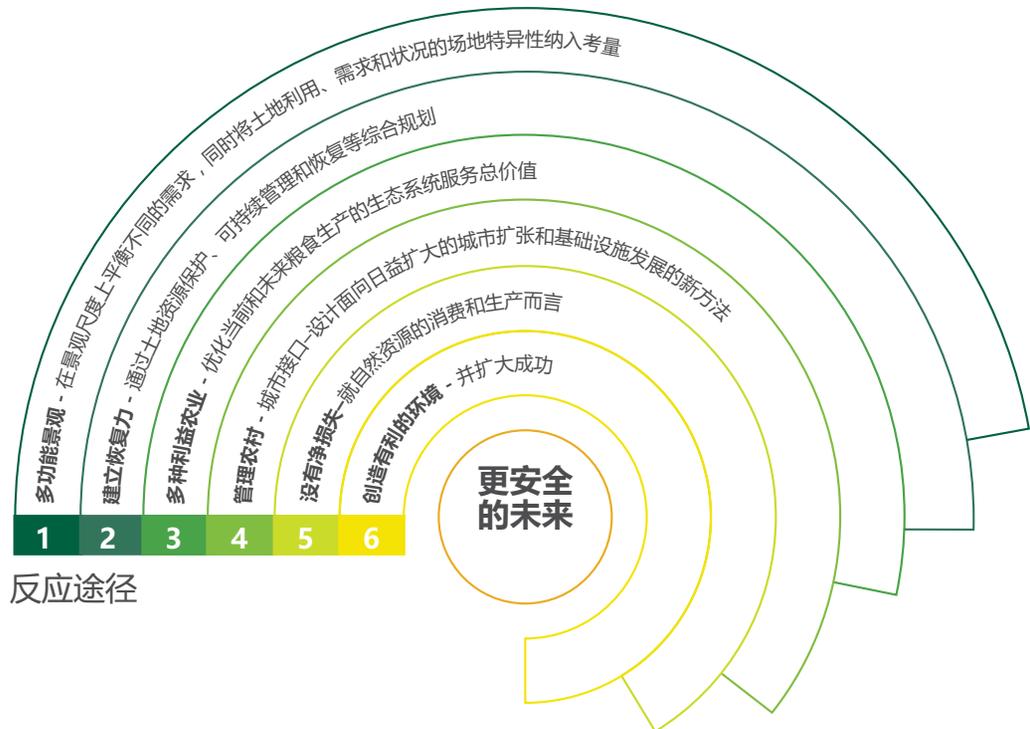
截至2017年中，100多个国家正在利用LDN框架制定单独的目标，确定规范性措施，建立监测方案，以实现和超越健康和生产性土地“无净损失”的状况。正在从14个试点国家汲取经验教训。⁵作为LDN目标设定方案的一部分，各国可以采用标准化方式报告SDG指标15.3.1（“退化土地占总土地面积的比例”），这个指标主要侧重于使用《公约》缔约方在2013年通过的三个分项指标：6土地覆盖和土地覆被变化，土地生产力以及地上和地下的储碳量。由于土地退化是主观的，并与具体背景有关，这些核心指标被认为是必要的，但不够充分，应由国家和地方各级的其他相关指标予以补充和加强。

响应途径

在第三篇，我们着眼于生产者 and 消费者、政府和企业可以遵循的六条响应途径，以稳定和减少对土地的压力，实现更加安全和平等的未来。对于每条途径，我们引入概念，描述帮助取得成功的关键工具，并重点介绍了说明性的案例研究：

1. **多功能景观**：在景观层面平衡不同的需求，同时将土地利用，需求和状况的现场层面的特异性纳入考量
2. **建立恢复力**：通过保护、可持续管理和恢复土地资源的组合规划，应对气候变化和其他冲击
3. **多种益处的耕种**：实现对当前和未来粮食生产所需生态系统服务的总价值优化
4. **管理城乡结合部**：制定面对日益增加的城市扩张和基础设施发展的新方法
5. **无净损失**：在自然资源的消费和生产中
6. **建立有利环境**：将小的成功放大为区域和全球的变革性变化

图3：实现更安全未来的响应途径



响应1：多功能景观

关键概念

- 个别地区的土地通常需要优先考虑特定用途（粮食生产、生态系统服务、交通运输、生物多样性保护等），但这些区域必须保持平衡，以便在景观尺度上产生全方位的商品和服务
- 实现这一平衡需要土地管理者考虑问题时并不局限于自己的管理单位，平衡需求并协调不同利益相关者之间的权衡
- 现有帮助实现成功景观方法的工具，其中就包括土地利用规划

景观方法⁷代表着多功能土地利用规划和管理的承诺，这促进了经济健康发展、强有力的环境监督以及社会凝聚力及稳定性。它鼓励规划者和决策者确定优先事项、管理权衡并协调跨各种土地相关部门的行动，同时吸引所有相关利益攸关方。⁸以景观规模管理权衡将最终决定我们土地资源的未来健康和生产力。

多功能景观方法并不尝试从单一地点提供每种商品和服务（这是一个不可能的任务），而是认识到在具体地点尺度上需要特殊化。但是，对于长期提供全方位服务的地区，地点层面的使用必须在景观中加以平衡。

加强实现更可持续土地管理的发展，就要认识到局部层面的行动会影响到周边的土地和水。因此，在一个具有利益争竞的世界中，需要将许多不同的目标整合到一个单一的景观中：例如粮食生产、维护水资源和各种生态系统服务、生物多样性保护、减轻贫困、人类福祉和其他形式的社会经济发展。⁹为实现真正的可持续，需要不同土地使用者之间一定程度的协调与合作。

因此，虽然规划的理想尺度是在景观或流域层面上，但需要的是地方实实在在行动和合作的总和，这将塑造我们未来。总是有双赢的结果是不可能的，实现可持续发展的关键因素，是通过协商和利益相关者的参与而使互补性最大化的能力。

结合国家和地区空间规划，互动并具有适应性的土地利用规划流程需要一个强大的自下而上的组成部

新的方面

实现“多功能景观”的大多数尝试力求将所有价值观纳入一块土地中，结果是没有一个潜在的功能真正发展到最佳程度，通常一个特定的用途比其他价值占优势。景观方法承认特殊化非常重要，而且只要所需的一套商品和服务在景观尺度上被提供并和谐整合，就可以在单独地点得到接受。在规划薄弱的地方，或有个人权利的强烈传统而无法承认共同价值观的地方，这一点很有挑战性。正确的做法涉及人们熟知的工具的组合以及新的协作方法。

分，其中不同但重叠的利益可以最好地融入多功能景观。世界各地的社区考虑这种做法的意愿存在显著差异。在历史景观中，这种整合通过多代的互动和协作在内在或文化层面上得到理解，并且将会相对容易。在最近定居的地区或具有个人主义历史的文化中，社区范围的合作理念被接受或可以实现之前，可能需要重大的社会和文化变革。在许多国家，实施景观方法将需要新的一套政策、立法和条例或对现行政策、立法和条例的变革，并需要采取适当的工具和制度来支持土壤、水和生物多样性资源的综合管理规划。处理权属和性别问题以及为可持续管理提供奖励是成功的两个关键因素。

过去几十年，景观方法和土地综合治理的理念发展很快。已经有80多个社区的实践得到了有关流域、森林和其他生态系统的管理、生态恢复、气候智能型土地管理、原住民景观、农业绿色增长和城市地区粮食系统的记录；¹⁰这样的过程正在全世界发生。^{11,12,13}综合景观管理旨在减少土地利用冲突，为社区增权益能，并在较大尺度上实现发展目标。它建立在参与、协商和合作原则的基础上，需要不同利益相关方之间的长期合作，实现景观所需的多重福祉。¹⁴

在城乡结合部和区域尺度的土地利用规划中消纳能源和交通基础设施，对促进经济增长和可持续发展同样至关重要。例如，城市和城郊地区的绿色或影响程度低的基础设施将会影响未来的人口分布，有助于减少城市蔓延和生产性农业用地、自然栖息地及其生物多样性的丧失。

文本框1：综合景观管理¹⁵

综合景观管理 (ILM) 建立在参与、协商和合作原则的基础上，需要以不同利益相关方之间的长期合作来实现多重目标。ILM可以通过协调各级政府之间的战略，创造成本效益并为社区增权益能。它可以跨生态、经济和政治边界加强区域和国家间合作。ILM的五个主要特征，所有这些特征都促进了参与式的发展过程：

- 1. 共享或约定的管理目标，包括由景观带来的多重福祉：**对在景观尺度上工作的原则所达成的一致，并有促进讨论和谈判的方式。广泛的参与确保了更民主的进程和适合当地的规划目标。定义近期目标可以启动协作，并允许共享学习建立信心和信任。需要一个认可的论坛来进行讨论，每个人都可以在这里畅所欲言。¹⁶
- 2. 旨在促成多重目标的实地做法：**这并不意味着要在-块土地上满足所有目标，而是对一个地区的管理不应该破坏其他地点的目标，并且尽可能地为更广泛的景观目标（如生态系统服务）做出贡献。
- 3. 对生态、社会和经济互动的管理，以实现积极的协同作用，最大限度减少鱼与熊掌不可兼得的情况：**方法需要基于对许多不同问题的理解：生态

系统服务、发展重点、保护和恢复机会以及形成土地利用变化的社会、经济和环境力量之间的相互作用。¹⁷地图等空间信息、监测生物物理因素以及社会经济和文化变量提供了关键的信息。

4. 合作性并有社区参与的规划、管理和监测流程：不同部门和不同规模的利益相关者必须共同努力、协调行动、调整目标或减少鱼和熊掌不可兼得的情况。这通常需要新的方式进行合作、组织地方机构和安排，以支持社区和利益相关者增权益能。一旦实施开始进行，就需要对结果进行有效的监测和评估，然后根据需要进行适应性管理。¹⁸

5. 重新配置市场和公共政策以实现多元化景观目标：支持性的市场制度、公共政策和投资计划可以鼓励协同增效，并减少景观目标之间不可兼得的关系。例如，这可能意味着奖励土地所有者或用户为他人带来福祉的管理行为。其他重要因素包括为农户和社区建立使用、使用权和产权的保障制度。要做到有成效，各级政府机关之间的合作非常必要配合部门政策、财务和投资以及法规。

土地利用规划：实现多功能景观的关键工具

土地利用规划是对土地和水的潜力、土地利用替代方案和社会经济状况的系统评估，以便制定和实施最佳土地利用方案。¹⁹其主要目的是选择最能满足人们需求的土地利用并投入实践，同时为后代保护土壤、水和生物多样性。土地利用规划可以为各种规模的政策、宣传和行动提供蓝图，支持和启动有效的应对途径，如生态恢复或权属改革。它可以用作变革的驱动因素也可作为其的响应，两者都承认，由于不断变化的环境变化、需要变革、更好的管理或不同的土地利用模式。

景观、流域或区域尺度上的土地利用规划可能是进一步保护、可持续管理和恢复土地资源的有力手段；提供更合理的土地利用分配，从而提高资源利用效率并减少浪费；并创造必要的先决条件或有利环境，鼓励以所需尺度处理土地退化的政策和做法。为了成为提供多重效益的有效工具，土地利用规划必须：²⁰

- **有经验**，基于对土地覆盖及其多重功能的了解，以帮助确保更有效地分配有限的资源。
- **包括性**，吸引参与的或受土地利用和管理实践影响的利益相关者。
- **综合性**，在跨部门主流化和实施的前提下，以管理权衡的长远愿景为指导，并将潜在的冲突与国家发展战略相协调。
- **适用性**，作为一个景观、流域或地区尺度的单一规划工具，是对未来土地利用的累积和后续的影响。
- **基于权利、回报和责任**，由政策响应、制度和激励措施支持，以平衡经济发展和环境监督。

土地利用规划和流程的制定及实施各有一系列活动。制定要求对目前的土地利用情况、主要的限制和发展的机会进行广泛的评估。

在制定了土地利用分区或空间计划后，确定具体的政策、方案和举措，以实现预期的结果（例如为生态系统服务付款、市场手段、税收、补贴、监管）。

土地利用规划是在适当的地方在正确的尺度做正确的事情。

文本框2：地方和国家层面的土地利用规划

在**坦桑尼亚**，《乡村土地法》（1999年）和《土地利用规划法》（2011年）确定了村级土地利用规划的法律框架。村级土地利用规划和管理规范了土地资源的利用，增强了土地使用权的安全性，解决了关于公共土地的冲突，提高了按照优先顺序和利益相关者的能力改善土地管理的措施。参与式方法可使利益攸关方在不同的规划阶段直接参与，其中包括参与式牧场资源绘图、单独村庄的土地利用规划、土地分配谈判和土地利用协议的编制。²¹

在**丹麦**，《空间规划法》（2007年）确保总体规划综合了土地利用的社会利益，有助于保护国家的自然和环境，实现人居生活条件可持续发展，保护野生植物和植被。空间规划旨在全国、各行政区和市政当局在全面规划和经济考虑的基础上的适当发展；创造和保护有价值的建筑物、定居点、城市环境和景观；防止空气和水土污染及噪音滋扰；并尽可能使公众参与规划过程。²²

然后，明确界定的框架和路线图将促进实施和监测，以确定和纠正错误，并改进正在进行的过程。例如，在制定国家发展优先事项或选择地方或国家以下层级的项目时，土地利用规划可用于评估和筛选初步的土地使用选择。

土地利用规划还可以包括社会方案，对从保护区或其他形式的土地利用中被排除的人予以补偿，或鼓励对非农业收入活动进行投资，如生态旅游或公共森林管理。²³其中常见的是将农村发展与生物多样性保护目标相结合的综合保护和发展项目（ICDP）。²⁴如这个对中美洲国家的案例研究所证明的那样，非政府组织通常是与当地和/或国家政府合作设计和实施ICDP的主要参与者。



文本框3：促进可持续土地利用和热带森林保护的土地利用规划²⁵

塞尔瓦玛雅是一个覆盖伯利兹、危地马拉和墨西哥广泛地区的热带森林地区。遭受森林火灾、非法采伐、动植物开发以及农业前沿逼近等诸多压力。主要挑战是通过可持续的资源利用来长期保护塞尔瓦玛雅。土地利用规划将环境保护考虑在内，是一个旨在促进保护和可持续利用这一地区的更大规划项目中的一项活动。参与式土地利用规划已在社区一级（危地马拉）和合作农场（墨西哥共有的土地）实施。这种做法使民间社会团体能够为制定计

划做出贡献。这提高了计划的接受程度，大大提高了成功实施的机会。在这种背景下，土地利用规划让可持续利用和森林保护的管理计划的后续制定水到渠成，带来提高可持续农业、推广和营销产品能力的农业生态项目的发展。间接利益包括地区更好的环境治理，包括各国政府和非政府行动者之间的跨部门合作，特别是改善森林防火、跨界巡警的巡逻以及当地社区的其他收入来源。

响应2：通过保护、可持续管理和恢复的结合来建立恢复力

关键概念

- 健康、发挥功能并且多样化的生态系统有助于缓解和适应气候变化和其他环境压力
- 农地、森林、草地、城市和半城市地区以及其他文化景观，如果得到正确管理，也可以有助于地球的恢复力
- 在土地继续退化的情况下，生态恢复或复原需要恢复或部分恢复生态系统服务
- 存在许多用于生态系统保护、良好管理和恢复的工具，需要以一致和协调的方式使用
- 停止自然生态系统和植被的净转换至关重要

新的方面

不同的土地用途往往被视为相互竞争：特别是保护受到抵制、被视为妨碍其他形式土地使用的时候。然而，当恢复力和长期生产力被带入方程式时，在景观尺度的可持续性方面，保护、管理和恢复很明显都是一个整体的一部分。这个观点被土地退化零增长的概念所接受，零增长概念特别确定了我们迫切需要保持大面积可以通过景观方式管理的自然生态系统。

建设一个有韧性的地球、解决土地退化、生物多样性和生态系统服务的丧失以及气候变化，需要一系列的响应，这些响应可以分为三个主要管理策略：

- 保护：通过对保护区内大型自然生态系统的保护，并通过其他有效的区域性的保护措施，如森林流域保护、恢复低成本的优质城市供水，来维护生物多样性和生态系统服务。系统规划可以通过识别和保护具有重要生物多样性价值的自然区域，通过将开发从自然地区转移开，并减轻其他土地利用对这些地区的影响，来帮助实现保护结果。
- 管理：需要广泛采用和扩大可持续土地管理做法，以减少土壤退化和相关的异地影响，例如避免过度放牧、使用覆盖作物、残留物和有机堆肥、采水、包括农林复合在内的可持续林业以及采取低耕或免耕农作。主要的挑战是在实践中实现可持续土地管理，特别是使生产者看到并从中获益。促进这一点的机制涉及有效的利益相关方参与，改进的权属制度，替代技术的可负担性，立法和规章以及环境服务付款。
- 恢复：需要作出重大努力来恢复工作景观中的生态系统功能，以支持提供基本服务的天然和半自然组分的健康镶嵌结构，包括用于粮食生产的服务，如授粉、有害生物控制、水和养分调控。激励生态系统恢复或复原的土地利用规划和政策，可以依靠土地利用分区等手段创建恢复区，或者指定现有土地利用和管理限制。

保护自然和半自然生态系统的方 法

世界上多少表面积应该保持在自然状态才能以确保地球的未来可持续性，以及在这些问题上“自然”的意思究竟是什么，人们在这些问题上争论不休。保护自然生态系统的两个主要工具得到公认：

保护区：《生物多样性公约》将“保护区”定义为：“指定或规范并管理以达到特定保护目标的明确地理区域”。³⁰自然保护联盟有一个相关定义：“通过法律或其他有效手段明确界定、承认、专用和管理的地理空间，以实现与自然生态系统服务和文化价值相关的长期保护”。³¹《生物多样性公约》和自然保护联盟承认这些定义是等同的。³²如何能“算为”保护区的细节由国家政策和法律决定。例如，各国对于原始领土与保护区之间的关系看法不同。六个管理类别得到认可，从严格保护区到人类访问受到严格控制的生物多样性保护区域；到文化景观中人与自然共存的受保护景观。保护区也可以通过一系列不同的治理方式进行管理，包括政府、社区、原住民、各种营利或非营利私人企业或一系列共同治理模式。³³研究表明，如果保护区资源充足，管理有效，可以防止自然土地覆被的损失和退化。^{34,35}保护区也减缓了物种损失速度；³⁶有证据表明，若没有在保护区内针对性的保护干预措施，某些物种很可能会灭绝。^{37,38,39}

文本框4：我们需要多少保护？

科学家、原住民和民间社会越来越认识到，人类对环境的改变必须有限制，以保护为子孙后代提供的生态系统服务。有人认为，我们需要将地球的一半保留在自然状态下，这些地区在生态系统和生物多样性方面需要有充分代表性；²⁶保护山顶、沙漠和冰原还不够。自然地区需要通过生物走廊或其他形式的连接相联系，以避免生态系统随着时间的推移变得孤立和遗传多样性贫乏。

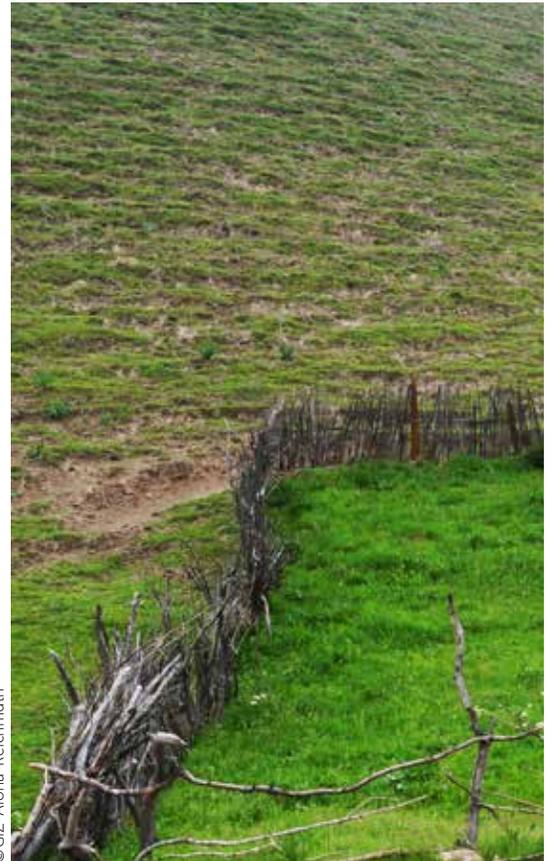
爱知目标11：目前，主要的国际指导是来自《生物多样性公约》，其中规定了2010年的目标：目标11，旨在通过维护生态系统、物种和遗传多样性来改善生物多样性的状况。它指出：“到2020年，至少有17%的陆地和内陆水域以及10%的沿海和海洋区域，尤其是对于生物多样性和生态系统服务具有特殊重要性的区域，通过有效而公平管理的、生态上有代表性和相连性好的保护区系统和其他基于保护区的有效保护措施得到保护，并被纳入更广泛的土地景观和海洋景观。”²⁷

增加保护面积的目标得到可持续发展目标的支持。SDG目标规定：“15.1：到2020年，确保根据国际协定的义务，保护、恢复和可持续利用陆地和内陆淡水生态系统及其服务，特别是森林，湿地，山地和旱地”。²⁸

目前全球约有15%的土地在保护区里，还有数量不详的处于如爱知目标11所述的

“其他基于保护区的有效保护措施”（OECDM）。鉴于在定义OECDM之前确定了17%的目标，国际社会达成的区域目标在2020年之后可能会增加，尽管这一辩论正在进行。²⁹两个问题交织在一起：应该保留多少土地

处于近乎自然的状态，应该如何管理？



© GIZ-Alona-Reichmuth

文本框5：坦桑尼亚可持续牧场管理⁴⁰

人口增长和土地生产力下降增加了土地使用压力。因此，不同土地使用者之间越来越多地发生冲突，这些冲突通常与权属未得到保障、土地市场发展不健全、土地和水资源退化、森林砍伐以及人口和牲畜迁移有关。由于单独村庄所持有的土地通常不足以维持牧场生产系统，所以共享资源（如水、放牧地）和牲畜跨越村庄边界的行为成为常态。但是，传统的治理制度的各自为政导致土地利用不可持续程度较高，妨碍了农村发展。

《村庄土地法》和《土地利用规划法》确定了村级土地利用规划的法律框架，有助于规范和改善土地资源的利用。根据利益相关方的优先事项和能力，通过提供冲突解决机制、更高的土地权属保障和更好的土地管理措施来做到这一点。牧民、农业牧民和作物农民资源获取权的协商和保护采取了互惠协议的形式（迁移放牧的牲畜为农户的田地施肥，农户在邻近的牧区养殖他们的牲畜）。认真协商的畜牧业移动支持当地的生计和可持续的牧场管理，为国家经济增长做出贡献。此外，该法还通过区、村一级的机构能力建设加强了地方一级的决策。参与式土地利用管理小组已经建立起来并得到培训，作为更好地管理土地，处理土地利用冲突过程的一部分。

其他有效的地区保护措施：这是一个新的类别，出现在《生物多样性公约》内部的辩论中，仍然有待于最终定义。OECM认识到，除了保护之外，地球的许多地区必须保持在自然状态，而有效的广泛规划工作需要了解和量化对生态系统服务的这些贡献。⁴¹初步定义是：“一个地理上定义的空间，不被认定为保护区，长期以提供生物多样性的有效和持久原生境保护的方式治理和管理，具有相关的生态系统服务和文化和精神价值”。⁴²OECM包括其管理不以生物多样性保护为主要目的但仍具有重要的保护价值并有长期保持现状的合理预期的地方。⁴³目前还不清楚OECM将如何纳入国家和国际土地管理目标，但他们开辟了更多保留自然植被的机会，使保护世界一半处于在自然状态下的目标更加可以实现。

增加恢复的全球政策举措

“波恩挑战”是到2020年恢复1.5亿公顷世界退化和砍伐森林面积、到2030年将恢复3.5亿公顷的全球挑战。⁴⁴它是处理水、粮食安全和农村发展等国家优先事项的工具，同时有助于实现对国际气候变化、生物多样性和土地退化的承诺。“波恩挑战”的区域执行平台正在世界各地出现，包括拉丁美洲和加勒比地区的20x20倡议，非洲的AFR100以及拉丁美洲、东非和中非地区以及亚太地区的部长级圆桌会议。“波恩挑战”由全球森林景观恢复伙伴关系监督，涉及20多个机构。它已经得到了超过2020年目标三分之二的承诺，例如来自卢旺达的200万公顷，⁴⁵来自喀麦隆的1200万公顷，⁴⁶巴西的1200万公顷⁴⁷以及来自印度的1300万公顷。⁴⁸“波恩挑战”建立在已经证明有效的主要恢复举措的经验之上，例如韩国的案例。⁴⁹这不是新的全球承诺，而是实现许多现有国际承诺的实际手段，包括《生物多样性公约》爱知目标15，《联合国气候变化框架公约》REDD+的目标，以及现在的关于土地退化零增长的SDG目标15.3。



©Naroo Plains©Simon Nangiro

文本框6：以合作方式整合气候智能型区域规划

特里皮尼奥领土是萨尔瓦多、危地马拉和洪都拉斯边界的历史边缘地区，其中包括45个行政区和80万人，主要依靠自给农业。刀耕火种的农业和贫穷的基础设施导致了生态系统的恶化。恢复符合所有这三个国家的利益，因为流域为每个国家提供水电和市政供水。该地区还具有很高的生物多样性价值，包括蒙特韦尔德云雾林中发现的特有物种。1987年达成了一项三国协定以资助特里西尼奥的研究、区域能力、再造林和防洪。但经过近30年的合作，虽然取得了一些进展，但是排除了当地社区的集中做法妨碍了所做的努力。挑战依然存在，包括极端贫困、过度开发导致土地和流域退化以及更大的气候变化。

在2014年，这些挑战通过在土地上工作的人们直接参与而得到解决，这些人接受了在热带农业研究和高等教育中心（CATIE-MAP）的中美洲农业环境计划（CATIE-MAP）的帮助，该中心是支持气候智能领土（CST）综合景观管理模式的地区中心。气候智能领土（CST）模式假设农村人口严重依赖自然资源，因此受到生态系统质量的影响，这意味着管理层需要当地行动方的参与和支持认同。景观的界限由利益相关者与生态系统相互作用所决定。土地利用的共同点创造了一个由共同地方感捆绑在一起的群体。由此产生的管理责任确立了这个班子在领导土地使用决策的权威，以应对挑战，包括气候变化所带来的挑战。熟悉当地气候变化人士的意见，有助于确定如何最好地让投入有的放矢，

建立土地利用规划能力，并为气候变化恢复力提供坚实的支持。

通过支持多方利益相关者平台，CATIE-MAP建立了当地人改善自然、人力和社会资本管理的能力，从而提高了气候变化恢复力。为开辟市场机会，CATIE-MAP致力于加强生产者组织和相关的价值链。管理水、固体废弃物、土壤管理和作物生产方面实际和易于使用的创新，使当地人民能够在获得更可靠和更有营养的食物来源的同时，为更大的保护目标做出贡献。它为历史上被边缘化的人们提供了一个关键的杠杆，对于直接影响他们生计的政策，让他们有力量撬动政策的设计。

文本框7：以色列通过私有化和经济刺激 恢复土地⁵⁰

以色列的北内盖夫处于干旱和半干旱气候的交界处。由于土壤质量好，利用该地区种植雨养农田作物、进行牧业和农林复合已有数千年的历史。然而，拜占庭帝国灭亡之后的多年忽视和动荡已经造成生态系统和农田的严重退化。传统的土地使用权和所有权在以色列建国时遭到破坏，土地转变为公共牧场、集约化农业或林业，留下大片所有权有争议的土地。因为集约化放牧、过度耕耘以及被误导的造林实践，传统的牲畜管理受到牧场生产力恶化的影响。^{51,52}

为了改善开放牧场管理，建立了主要针对雨养集约化农业的私营农场。经过挑选的犹太人和贝都因农户被分配到100公顷农场（50年租期），并给予详细的管理建议。在亚提尔农场⁵³和阿布拉比亚⁵⁴这两个农场，个人的主动性加上科学建议和随时随地的学习得到了应用，实现了廉价、快速、有效地恢复生物生产力和牧场改善，⁵⁵并形成更强的牧业潜力。橄榄果园、其他果树、药用植物和林草复合种植增强了流域保护、土壤和生物多样性保护和经济潜力。

农场管理改善后的效果在两个农场都非常显著。土壤恢复和台地农林复合减少了侵蚀，并增加了固存到生物质的碳和土壤有机碳。农场收入由于饲料供应量增加、⁵⁶橄榄油和其他农林产品的收入而提高。⁵⁷更多的生物多样性增加了生态系统的恢复力，提供了显著的生态旅游潜力。⁵⁸有限数量低成本恢复措施提供了恢复的充分证据，使广泛应用这些行动成为很有希望大规模修复农业生态景观的选择。



照片：在阿布拉比亚农场穿过干涸河床的石坎梯田为橄榄树和其他农林复合树木创造了理想的条件（左）。在亚提尔农场种植胜利金合欢树，加上保护管理和粪便施用，可在20年内实现三倍的生产力（右）。

响应3：实现多重效益的农业

关键概念

- 高效农业对全球粮食供应至关重要，但由农田和牧场主导的巨大土地面积使这些地区对生态系统服务来说同样至关重要
- 需要农业实践的根本转变，以更好地认识和支持这些土地提供更广泛生态系统和社会服务
- 对于经常出现在更贫瘠地区上的五亿小农户，以及目前处于流离失所危险中的人来说，这样的转变可能至关重要

新的方面

农户世代都几乎完全按照生产粮食的能力来评判，需要他们生产得尽可能丰富和便宜，对于任何其他被视为“额外”的功劳，有时得到酬劳，但往往得不到。扩大农业范围，将更广泛的效益包括进来，并将生态系统服务和文化价值观带到农户事业的核心，将会是堪比1945年以后开始的工业化浪潮一样深刻的转变。

农业通过提供食物而在人类社会中发挥最根本和不可替代的作用。过去七十年来，在一个人口以前所未有的速度增长的时期，农业现代化（一个仍在进行的过程）降低了全球饥荒的风险。然而，这些收益增长是通过沉重代价换来的，这些代价涉及异地影响、污染、能源使用以及不公平因素加剧并导致许多小农户破产的全球粮食系统。这些影响反过来又破坏了全球粮食系统的可持续性。消费模式、饮食和预期的变化，削弱了许多在单位土地面积生产力上的增长。现代农业的副作用正在侵蚀粮食生产最终依赖的生态系统功能，这意味着无论今天取得的效益如何，农业的长期可持续性都受到威胁。

小农户是数千年来农村生计和粮食生产的骨干，他们受到了巨大的压力，这些压力来自土地退化、土地权属无保障以及更有利于集中、尺度化、高度机械化农场的全球化粮食系统。许多个体农户由于利润微薄，任何偏差都可能导致破产而感到被禁锢在现行系统中。许多世界上最小的农户既没有能力也没有资本作出重大改变。

这些成本并非不可避免，而且变化正在发生。通过常规系统的改动和替代生产途径，都有多种方法种植粮食而无需过高的环境成本，其中产量正在快速接近于更集约化的系统。因此，需要一个针对农户的新政，其中包括四个主要元素：

1. 有助于将粮食生产重点向提供多种效益的土地管理转移的政策。⁵⁹
2. 衡量方法的制定和应用，不仅仅在单位面积产量方面衡量农业产出的，而且包括营养价值、在环境和社会成本方面的更广泛价值以及健康景观观获益等方面。⁶⁰
3. 在消费者获取健康和营养食物和生产者维持经营的需求之间实现平衡的定价政策。⁶¹
4. 有针对性的支持，包括通过生态系统服务付费计划和类似计划，为多功能土地管理提供正面的激励。⁶²

上面列出的元素大多数

已经被开发出来，或正得到使用。问题主要是在于如何扩大，下面将会讨论这个问题。

这项新政还将改变对五亿小农场的认识和评价。在从事农业工作的13亿人中，约有10亿人经营不到2公顷的农场，这些农场提供了发展中国家城市居民吃的大部分粮食。⁶³这些小规模农场支持生计并强化文化认同，通常没有可行的替代能让农户考虑。在农村社区希望继续在土地上呆下去继续种地的情况下，激励措施有助于保持他们的立场。小农户对自己的土地了如指掌并且有深厚感情，往往能够很好地接纳可持续的土地管理政策。然而，历史趋势表明，未来几年，随着规模经济、城镇化、农村社会预期的转变，以及某些情况下刻意制定的政策，从有利于兼并的农业补贴到圈地，许多人将会在这里消失。

这五亿小农场在为农村家庭（可能占世界人口的五分之一）提供粮食方面发挥了至关重要的作用，却因为进入现金经济而在最不能满足这一需求之列。此外，小农场和牧群放牧正越来越多地在贫瘠的农用土地上经营。弃耕可能为恢复更自然的生态系统和伴随的生态系统服务提供机会，但在其他情况下，农户自己也可以在维护这些服务方面发挥关键作用。农业从单纯粮食生产向多用途种植的转变将为千百万最贫困的土地管理者提供额外的激励和生命线，这本身就是一个重要的积极成果。

可持续集约化

研究提取了来自24个国家85个项目的数据，计算出所有农药中有50%对农业毫无益处。⁶⁴资源节约型农业可以非常高效，就像外投入很低的劳动密集型小农场一样，常常产生比常规系统更高的产量。⁶⁵经常为众多环境问题背锅的农业集约化本身并不是坏事，重要的是集约化的类型。⁶⁶“可持续集约化”的概念越来越受到政策制定者的关注，⁶⁷尤其包括已经在千百万农场使用的综合养分和有害生物管理方法。

有证据显示，就算农药使用量减少，也可以实现更高的产量，⁶⁸可以通过确保种内作物多样性来帮助有害生物管理，^{69,70}高效农业不需要大规模的单一种植。⁷¹这些类型的集约化策略可以帮助解决粮食安全不安全和生物多样性下降的问题。⁷²如果农业效率的计算包括净养分效益、对水和能源使用造成的异地影响等价值，而不仅仅是单位面积的生产力，这些收益将更加明显。⁷³然而，对较低外部投入系统的研究投入较少，而且一直被严重低估。原因各种各样。部分因为存在既得利益者的反对意见，也有对小农场相当的外部性外部性和生产力了解不足，造成了在贸易和农业政策上缺乏支持。⁷⁴



©Neil Palmer (CIAT)

文本框8：在国家层面走上有机之路

在世界的一些地方，有机农业正在从边缘转变为主要或唯一的生产模式。

印度：2016年1月，锡金成为印度第一个完全有机的邦。锡金花了10年的时间将7.5万公顷农地转变成经认证的有机农场。⁷⁵该邦目前生产80万吨产品，占印度124万吨有机产品的近65%。锡金是全世界的模范之邦，因为大自然的服务受到保护，同时表明有机之路并不意味着生产力下降，也不意味着发展受到损害。五个步骤说明了其他国家如何遵循。

不丹：2011年，不丹这个多山国家宣布了一个崇高的目标，使该国的农业系统到2020年达到100%有机化。如果成功，这将是世界上第一个粮食生产完全走有机之路的国家。目前，只有70万人生活在这个国家，其中大多数是农民，唯一的挑战就是证明收益超过成本，而产量并不因仅使用天然肥料而受影响。不丹的有机战略是采取循序渐进的方式，逐区、逐产品推进，认识到新的创新对于寻找用自然方法根除病害和提高作物产量的途径至关重要。⁷⁶同时，如果有机产品在经济上可行，就需要在不丹发展认证能力。



响应4：管理城乡接合

关键概念

- 为可持续发展设计的城市可以减少交通运输、食品供应和能源的环境成本，并为回收利用和资源效率提供新的机会
- 城乡移民也可能缓解土地的压力，特别是在最不适合集约化生产的贫瘠地区
- 特别的挑战涉及管理城乡接合：城市在资源需求和污染方面给周边景观带来新的压力，也为农村社区提供有针对性支持的机会
- 随着城市的生长，与周围景观中的人们周密有计划的合作会增加积极的协同发展机会

新的方面

环境分析通常将城市视为难题，或完全忽视它们。然而，很快就会有一半以上的世界人口将生活在城市，城市的规划和管理方式已经和将要地球的其他地区产生深远的影响。本《展望》明确关注城市和乡村之间的接合（有近郊或远郊地区的直接结合部，也有通过更广的城市足迹考虑），将注意力的重点放在21世纪剩下的时间及其之后对土地管理方式影响最大的地方。

城市化正以前所未有的速度发生，这种增长看来一定会继续下去，以前所未见的方式改变农村和城市居民之间的平衡。如第11章所述，这带来了许多挑战，但也提供了一系列改善城市生活和减少其足迹的机会，这种足迹的影响往往是全球性的。

在包括新兴中等人口在内的新城市里，这些挑战和机遇也许最大。⁷⁷具有悠久历史的大城市（如巴黎、华盛顿或布宜诺斯艾利斯）已经作出过许多有关对自然资源利用的决定。然而，当前正在迅速扩张的城市，包括像拉斯各斯这样的巨型城市⁷⁸和像中国这种国家中的许多小城市，很大程度上仍然没有引起世界其他地方以及关于可持续发展的辩论的注意。未来几年作出的决策将决定它们未来的交通运输政策、能源政策、资源利用和总体足迹。一开始就规划一个可持续发展的城市，远比以后亡羊补牢更具成本效益。⁷⁹

在这些城郊地区，城市化带来新的压力和需求，也带来了新的机遇。由于新建筑物、道路和铁路和其他基础设施开发，在土地使用可能会存在净成本。⁸⁰传统的土地利用也可能受到新的生态系统服务需求的影响，如流域保护、滑坡控制或休闲区，使农场可能转为森林流域和自然区域，以确保供水，并为城市居民创造散步区域。靠近市区的保护区正在全球范围内扩张，并在将城市居民与自然世界重新联系在一起的过程中发挥重要作用。⁸¹市政机关在将城市规划扩大到边界之外时需要发挥关键作用，以考虑如何在城市内部平衡土地需求之间的竞争。限制城市扩张的绿化带或生态系统服务付费计划等工具都可以帮助优化城市周边地区的土地利用。对当地种植的粮食的积极支持和激励措施（如补贴农贸市场）可以帮助小农生产者与规模更大、距离更远的食品企业进行竞争，从而减少粮食的生态足迹。⁸²

城市地区与农村社区以两种截然不同的方式进行互动：在城郊地区和农村周边环境进行的互动，以及在其他的距离可能非常远的地区通过对粮食、能源和其他材料的需求进行的互动。

城市同样影响到更远的地区，在国内可通过对粮食、交通运输线和能源的需求，而在从其他国家进口土地密集型产品进口方面范围在日益扩大。积极的举措（如经认证的可持续或公平的贸易产品）可以帮助确保尽可能较少远距离城市足迹的消极方面。⁸³

可持续发展的城市需要新的市政领导风格；放眼全球，脚踏实地。

每次当国家政府在许多情况下降低它们的影响时，城市有时拿起了领导创新的接力棒。在国家政府无法采取措施减少城市发展对环境影响时，积极的模式反而来自市议会。这很少是直截了当的；城市通常没有预算或专业知识来承担国家的角色，并可能受到国家层面政策的阻碍，但政治格局正在发生变化。特别是正在经历快速扩张的发展中国家，建立这种能力是不远将来的一个关键优先事项。

文本框9：积极行动的城市

在世界各地，城市地区正在展示出应对土地相关挑战的举措。

哥伦比亚波哥大：首都享受几个保护区和其他受保护流域提供的清洁供水。超过80%的人口喝的是来自青加扎国家公园的水，这个地区保护了很有价值的高寒植被。

韩国首尔：首都附近的布坎山国家公园每年接待1000万游客，其中主要是韩国公民。虽然主要的城市化只有一代人的时间，但是韩国城市居民已学会了欣赏和使用全国各地城市腹地的自然区域。

澳大利亚、美国和其他国家：一个全国性网络帮助城市居民通过农贸市场、社区支持农业（CSA）计划支持当地生产者，其中个人与农户签订合同，并通过当地送货上门计划（box schemes），购买定期供应的食物。



©UN Photo / Fred Noz

响应5：自然资源的消费和生产 无净损失

关键概念

- 无净损失概念的运用，将重点从狭隘注重产量转到从粮食生产整体收益的更广阔视角
- 健康和高产土地没有净损失，意味着没有对异地环境或社会的净负面影响
- 食品加工和零售没有净损失是一个远大的目标，其认识到需要最大限度地减少目前的食品浪费和系统内损失的水平
- 无净损失的概念将是一个重大挑战，但是如果接受这个挑战，将有助于革新减少土地资源压力的方法
- 下面就粮食生产问题讨论无净损失的概念，但在其他自然资源部门，如林业、采矿、水电、旱地管理等方面已有明确的应用

基于土地的商品的生产和消费在世界各地的低效与浪费，以及与之相联系的价值链，大大增加了土地资源的压力，阻碍了其充分实现生物和经济潜力。没有系统是完美的，损失必然会发生。但是，通过追求无净损失的战略，我们可以激励一定量的恢复和平衡农业系统泄漏的净成本或食品分销链下游浪费所需的其他补救措施。这里总结了第7章阐述的现代农业系统一些土地挑战的10个应对步骤。

虽然这些问题大多已经得到解决，但是在这里，我们将看看全球价值链、转变饮食习惯和食物浪费/损失的作用，因为它们为减轻土地资源压力提供了直接的机会。

新的方面

自相矛盾的是，伴随着作物产量大幅增加而来的是对环境和人类健康同样巨大的代价，例如土地和土壤的加速退化、缺水、污染以及物种和自然生境丧失。尽管粮食生产增加，我们应该身处一个丰裕的世界，但是现在却到处都有粮食不安全状态。解决这些问题的尝试很大程度上都是被动、零碎和低效的。本《展望》提出了一个更全面和更认真的响应。

文本框10：提高粮食安全的十个步骤

1. 弥合所有环境中实际产量和潜在产量之间的差距
2. 更有效地使用土地、水、养分和农药
3. 减少粮食和非粮食生产的异地影响
4. 停止扩张农业前沿
5. 转向更多的植物性和全食性饮食
6. 唤起对健康、可持续性和责任感的意识
7. 奖励可持续土地管理做法
8. 减少粮食浪费和收获后的损失
9. 提高土地权属保障和性别平等
10. 实施综合景观管理方法

全球农业价值链⁸⁴

农业企业在过去50年来变化很大，现在涉及被称为全球价值链（GVC）的复杂网络，⁸⁵这个网络通常跨越许多国家。⁸⁶GVC占全球贸易约80%，占发展中国家经济体增加值的30%。⁸⁷这种类型的市场模式的主要结果是，贸易已经使发达国家面临的许多环境压力转嫁到治理和环境标准执行往往较弱的发展中国家。⁸⁸大多数价值链是需求驱动型的，大超市作为主要买家，大型贸易商担任中介。超市在全球迅速扩张⁸⁹并保留了决定⁹⁰价格的权力，并因其巨大的经济规模而影响了生产实践。粮食生产者常常被迫通过订单农业协议与公司建立关系，这些协议规定了购买产品的种类、数量、时间以及价格。⁹¹

鉴于零售部门的激烈竞争，公司必须保证其经营具有成本效益。他们在供应链中实施私有和公共标准，以确保质量标准并遵守要求的社会和环境绩效。这些标准有积极的影响，向消费者保证食品达到一定的质量水平，并且其生产没有造成负面的社会环境影响。然而，这些标准也可能对小农户生活造成负担。他们通常没有财务和技术资源来遵守严格的标准，因此有可能被排除在零售价价值链之外的风险。同时，他们的福祉也受到其他商业做法的影响，例如延迟付款，鼓励批量销售的价格点（例如买一赠一的促销），以及产品外观的标准（例如水果和蔬菜的形状/颜色）。⁹²

因此，小生产者或者必须遵守，或者就退出价值链并进入传统或非正规的市场。⁹³当两个选择都无利可图时，唯一的选择是小农户出售土地，经常是向参与大规模种植的公司出售，导致农地的进一步兼并。或者，农民可能会尝试扩大产量以弥补利润的下降，而发展中国家往往会导致土地利用的变化和森林砍伐。买家和生产者之间的权力不平衡正在扭曲市场，将小农户挤出市场。解决这种不平衡的公共政策，可以包括鼓励可持续农业的财务机制；确保超级市场和小农户之间公平交易的法律；以及帮助农民克服市场挫折的政策，不让这种挫折阻止他们进入更远市场。

鼓励饮食习惯的转变，减少具有长价值链的土地密集型食品，如动物产品、加工食品以及淡季水果和蔬菜。减少土地、水和能源密集型商品的转变，将有助于增加粮食安全和长期可持续性。同时，这将降低发展中国家的粮食价格，同时降低与过度消费及环境退化有关的健康相关成本。减少粮食里程也将减少土地压力：在“短链”系统中，食物直接从生产者交到消费者手中，例如在自给农业、农贸市场或学校用餐方案采购当地食品的情况。

政府和企业 在唤起意识和鼓励饮食习惯改变方面需要发挥关键作用，如采用无肉日和牛奶/乳制品替代品、素食化学生餐和劝导性的饮食指引。例如，中国政府已经列出了一项计划，将公民的肉类消费量减少50%，以改善大众健康，并大幅减少温室气体排放。如果成功，新的饮食指南将使人均肉类消费量每年减少14-27公斤。⁹⁴这些类型的举措可以侧重于营养在慢性病出现中的作用；我们被吸引到不健康食品的生理原因；食物选择的环境后果；或整体食物、植物性营养的整体性理由。这些唤起意识的举措已经帮助世界上的千百万人转到植物性饮食上。

减少粮食供应链中的食物浪费和损失是消费者、生产者、企业和政府帮助减轻土地系统压力的责任。生产出的食物大约三分之一被损失或浪费。在发展中国家，粮食损失主要发生于收获后或在处理、贮存和运输过程中，而发达国家的粮食损失主要在零售和消费层面。

富裕国家消费者食物浪费的主要原因是他们承担得起食物的浪费。工业化国家的消费者扔掉了他们购买食物的40%，而垃圾填埋场中的有机物产生甲烷（一种很强的温室气体）排放总量的20%。⁹⁵这种行为受到多种因素的鼓励，例如餐厅以固定价格提供自助餐，零售店提供大量购买单一商品的奖励。在没有被消费时，食物处置往往被认为比使用或重新使用更便宜并更容易，例如将废物进行堆肥处理，得到养分丰富的肥料。

中国政府已经列出了一项计划，将公民的肉类消费量减少50%，以改善大众健康，并大幅减少温室气体排放。

发达国家的消费者也期望可以获得广泛的产品，从而增加其中一些产品超过保质期的可能性，从而受到浪费。减少浪费的一个有效方法是发展“次标准”产品的市场，商业和非营利组织可以安排收集和销售或使用仍然安全、口感良好、有营养价值的被丢弃食品。消费者态度的变化只有通过得到营销和零售部门支持的教育、认识和公共部门举措来实现。只要口感不受影响，消费者一般愿意购买非常规或受损的产品。⁹⁶减少这种浪费的一种方法是通过当地的农贸市场、食品合作社和社区支持的扶农活动，将水果和蔬菜直接卖给消费者，而不必通过超市在重量、尺寸和外观上设定的质量标准。

最后，消费者能够以一种有意义的、系统的方式解决食物浪费，通过烹饪刺激改变。在世界各地的食文化中这样的做法已经有数千年的历史，这些文化建立在田间的多样性和丰富资源基础上，并以创造力和烹饪技巧为支撑。在过去，这意味着利用土地的当季产品，产生以多样性和效率为基础的食品系统。⁹⁷

减少收获后的损失，包括烂在地里的粮食以及由于基础设施缺乏而在储存和运输过程中腐烂的粮食。这导致小农户的收入减少，而粮食得不到保障的国家中贫困消费者却面对更高的价格。粮食损失一般发生在价值链的早期阶段，因作物和收获技术的不同而各异。发生这些损失的原因可能是田间财务、劳动力或技术限制，或者水阻碍适当储存、加工和配送的市场和基础设施限制。⁹⁸通过农户的直接支持和对基础设施、交通运输以及扩大食品和包装行业的投入来加强供应链，可以有助于减少粮食损失。⁹⁹



©Yusuf Ahmad / ICRAF

响应6：创建有利的环境并扩大规模以取得成功

关键概念

- 创造有利环境，意味着支持允许进步的正确社会和经济条件，特别是与利益相关者参与、土地权属、性别平等以及持续投资和基础设施的可用性有关的条件
- 实现土地退化零损失、可持续消费和生产无净损失所必需的大多数技术和实践都已为人所知并经过测试，但是在将小规模的事业扩大到景观规模方面存在着重大挑战
- 一旦这些前提条件到位，就需要实施一个自觉的流程，将良好实践扩大嵌入到项目和方案的设计中。描述了用于扩大规模的八步过程

新的方面

有很多关于可持续土地管理最佳实践需要扩大推广的讨论，但项目中很少规划扩大的策略。有很多工具可以使用，包括设计和规划阶段的规模考虑，对等学习的使用以及通过现场沟通模式的信息传播，但是大多数情况下，这些类型的活动缺乏资金。小规模鼓舞人心的项目可以发挥作用，但已经不再够用。我们需要规模化。

尽管有数十年对可持续土地管理的研究和工作，¹⁰⁰ 在本《展望》中提出的证据和分析表明，我们在全球土地健康和生产力方面仍然在失去阵地。这远非不可避免：有许多成功管理的例子存在。但是许多小规模项目并没有实际的转化成大规模采用。虽然一些惯性可以归因于依赖当前粮食系统商业模式的众多既得利益，但是这些障碍并非不能消除。培育可持续土地管理的采用和传播的技术，依赖于为人们增权益能的方法和制度。有利的环境有助于促进共同的责任感，管理权衡取舍，以平衡经济发展与环境可持续性的关系。参与性流程、权属和性别平等等问题看似与土壤管理或供应链的技术细节毫不相干，但却是扩大规模方面总体成功的核心。下面我们列出一些最重要的元素。

1. 利益相关者的参与：景观方法可以帮助调和不同的看法，确保土地并没有完全用功利或金钱的眼光来看待，而且其管理方式考虑了间接或无形生态系统服务，这些服务提供了文化认同，为农村部门带来可以实现的未来，同时保护土地多种功能。有几个要素被认为是重要的：

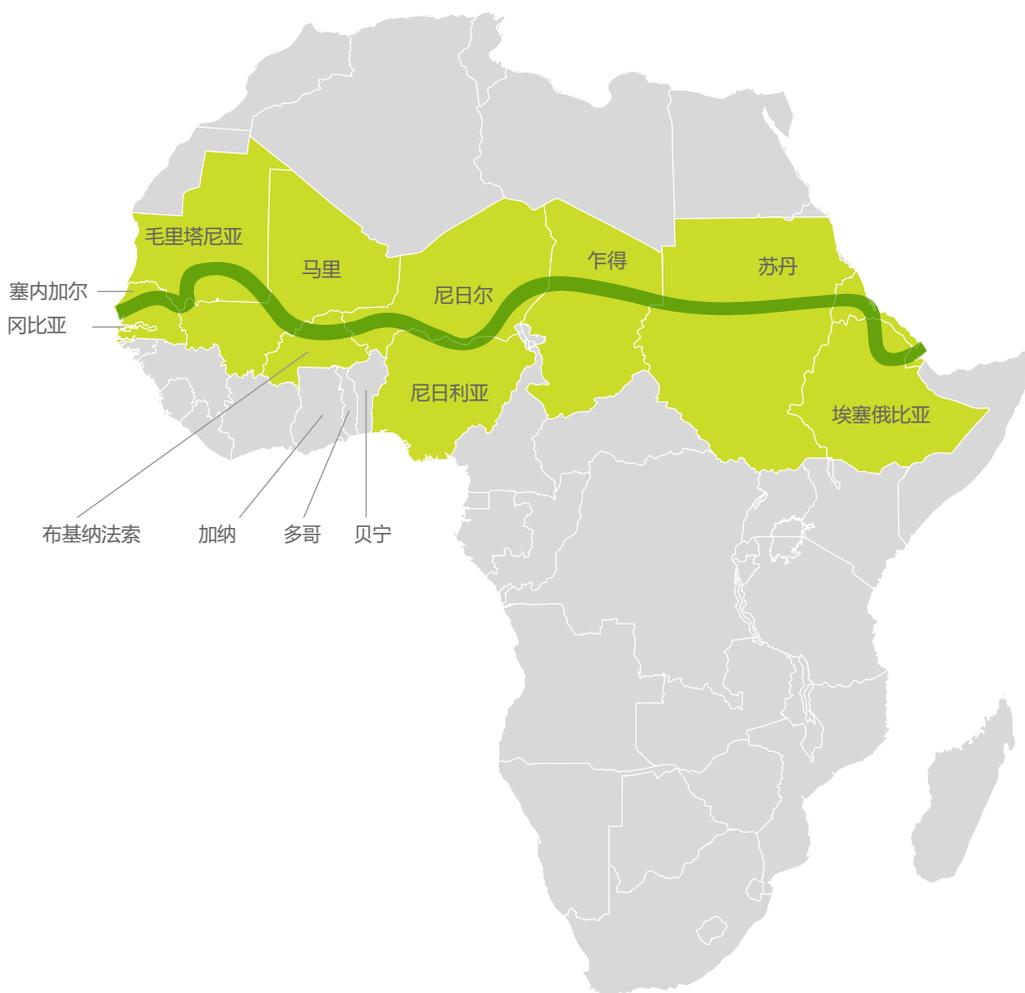
- 协商权衡取舍并组建长期并且所有利益攸关方都尊重并准备与之合作的组织和机构。它们可能是现有的组织形式，如地方政府机构、传统社区委员会、宗教和农民组织，也可能专为扩大规模的目的而设立。
- 处理权属、性别、机会、收入和社会正义方面的不平等。长期的可持续管理取决于每个人都有切身利益并受到尊重。宗教和文化少数群体的权利，以及妇女和儿童的权利，通常需要特别注意。
- 为农村部门可以实现的未来提供支持，如提供对市场、能源和基础设施的准入。农村转型正造成更大、更多兼并的土地持有和小农户的搬迁。
- 认识更广泛的需求：土地并不只是纯粹的生物物理资源，其中还浸淫了许多历史、文化、情感和精神价值以及归属感。
- 解决道德和伦理上的迫切要求：还有一个强有力的伦理情况，就是人类无权将物种和生态系统赶尽杀绝。

文本框11：在非洲建设一条绿色长城

早在1980年代，当时的布基纳法索总统托马斯·桑卡拉就提议再次绿化萨赫勒。2007年，撒哈拉沙漠和萨赫勒的绿色长城倡议在非洲联盟得到采纳。这一倡议是协调区域战略，¹⁰¹ 创建一个横跨北非、萨赫勒和非洲之角的绿色和高产的交错景观。农民将管理森林、农田和草地的自然再生。在退化严重的地方，需要积极的恢复，让社区参与选择本地物种。绿色长城将横跨撒哈拉南北的干旱和半干旱地带：从达喀尔至吉布提的一条15公里宽、7775公里长的带状，核心面积7.8亿公顷，将养活2.32亿人。每年将需要恢复约1000万公顷土地。¹⁰² 这条长城旨在到2025年扭转土地退化，到2050年实现土地的地区性转型。

许多变化已经发生：^{103,104}

- 埃塞俄比亚：恢复了1500万公顷的退化土地，改善了集水区和土地的权属保障；鼓励社区参与。
- 布基纳法索、马里和尼日尔：约有120个社区参与绿化；种下了50种本地物种的200多万种子和幼苗。
- 尼日利亚：恢复了500万公顷土地，包括319公里的防风林；创造了2万个工作岗位。在尼日利亚北部，5000名农民接受了植被恢复培训，其中500多名青年被聘为护林员。
- 塞内加尔：种植了1140万棵树木；1500公里防火墙；1万公顷使用辅助自然植被恢复；所有2.46万公顷的退化土地得到恢复。
- 苏丹：恢复了2000公顷的土地。



文本框12：中国的绿色长城

沙漠几乎占中国的五分之一，更多地区面临荒漠化风险，特别是在中国西部干燥地区，这里也是最贫困地区之一。4亿人的生计受到退化和沙漠进逼的威胁或影响。快速工业化和城镇化蚕食了农田，加剧了一个已经很严重的问题。木材砍伐将脆弱的土地直接暴露在步步逼近的沙漠面前。中国西北地区的长期干旱使事态更糟，加剧了沙尘暴。

自1978年以来，耗资630万美元在库布齐沙漠种植了树木、灌木和草地的绿色长城，以保护北方城市，荒漠化从20世纪90年代的一年3400平方公里减缓到自2001年以来的一年2000平方公里。一份政府调查表示，截至2010年，12452平方公里易发生荒漠化的土地已得到恢复，尽管荒漠化在一些地区已有增加。¹⁰⁵

库布齐沙漠是世界上最湿润的沙漠之一，在20厘米深的沙相对湿度。新疆胡杨和沙柳的树苗受木框保护，被埋在沙里，根系有助于稳定移动沙丘。以前持怀疑态度的当地农民现在是恢复的支持者。¹⁰⁶然而，荒漠化仍然严重，恢复只有部分成功。¹⁰⁷种植使用的一般都是非本地物种的单一植物，有许多死亡；一次虫灾毁掉了十亿棵胡杨。¹⁰⁸如果要使远大的目标得到充分实现，就需要进行战略性的改变。



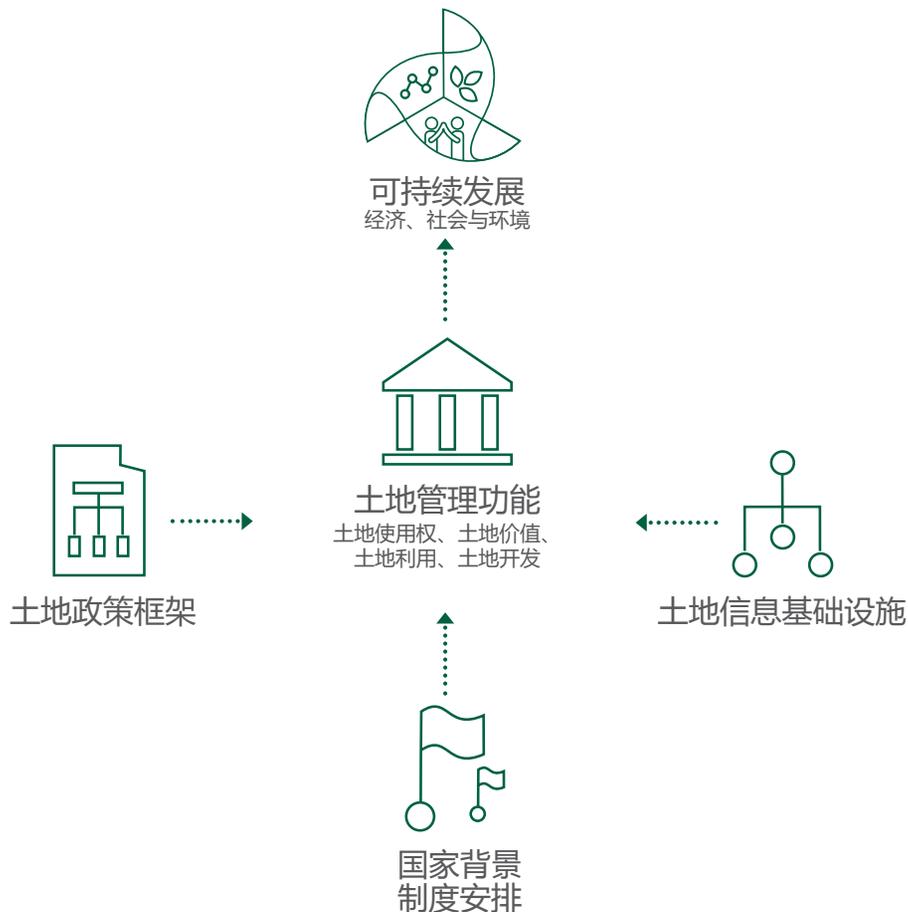
2. 土地权属和性别平等：权属治理薄弱是规划和实现可持续发展的主要制约因素；这种情况可导致土地退化，加剧土地资源利用冲突。相反，资源权和土地权属的保障有助于实现可持续的土地管理实践。尽管许多国家对土地管理的法律和监管框架进行了彻底的改革，在许多情况下，很多情况下使现代法定法与习惯权利相协调，但是土地权属得不到保障的情况在世界各地仍然存在。

在许多发展中国家，需要更有效的政策和法律改革来维护小农户、农村社区、原住民和妇女的这些权利。在某些情况下，这包括在正式的土地管理制度内赋予传统和习惯上的土地使用者权利，以增加其在土地上进行长期投入的信心。男女持有和使用财产的平等权利是社会、政治和经济进步的基石。

众所周知，妇女在保护和管理土地资源方面发挥关键作用。虽然一些国家在其宪法和法律中承认了妇女的土地权利，但在大多数发展中国家，父权制度的主导地位将妇女降到少数的地位，确保妇女只能通过配偶或男性亲属获得土地和有关资源。这种主要（男性）和次要（女性）获取土地的制度，使农村妇女的土地权属得不到保障，影响到男女个体和在公共区域管理自然资源的方式。

土地是妇女的关键资源，特别是当她们成为户主时，这种情况可能因男性迁移、遗弃、离婚或死亡而发生。在城市和乡村的背景下，保障妇女的安全财产权都可能意味着区别，一边是对娘家支持的依赖，一边是建立一个自力更生的女性户主家庭的能力。同样，确保婚姻期间妇女的土地权利可以使她们在丈夫离婚或死亡的情况下对资产的处置提出更大的要求。¹¹⁰

图4：实现可持续发展的土地管理职能：重绘自¹⁰⁹





文本框13：赋予秘鲁阿尔蒂普拉诺妇女和小生产者权力¹¹¹

秘鲁的阿尔蒂普拉诺是世界上最贫穷的地区之一。高度的气候变化、高海拔、土地分散以及市场机会和财政资源有限，驱动了高度多样化和复杂的马铃薯种植和低生产率畜牧系统，其主要目标是尽量减少粮食脆弱性和与气候有关的风险。农业在家庭拥有的小片土地和公共土地上进行，人均年收入为517美元（±183）。

为了提高农业生产力和家庭收入，通过提高农耕系统的恢复力来减少脆弱性，采用了一种综合系统方法，并选择了三个活动来组织藜麦种植、奶牛养殖和鳟鱼养殖的价值链。工作涉及120多个农村社区，最佳实践选择依据是气候、地区的人力和自然资源以及改善市场机会、收入和赋予妇女权力的生产选项的竞争优势。组织生产者团体、技术支持，通过增值产品改善市场准入、社会参与、生产活动投资信贷可用性和生计多样化是促进扩大规模的关键因素。

鼓励生产者投入更多资源用于生产藜麦，以前消费这种作物的优先级很低。有1175个家庭参加了有机藜麦生产，他们得到了辅导信贷的支持并有加工和营销协助。由于种植面积增加、更高的产量和更多的出口，2006年至2011年，种植藜麦的年家庭净收入从72美元增加到700美元。有了更多的草料、饲料以及小筒仓的引入，牛奶产量大幅增加。截至2011年，14家由生产者运营的奶酪厂将每户家庭的乳制品年收入从29美元提高到767美元。工厂本身产生了每个参与家庭平均3328美元的年收入。

该项目还组织了七组78个家庭，提供培训和信贷来启动鳟鱼养殖场；妇女的参与率接近50%。这些组规划管理生产过程，建设基本的基础设施，规范产品，管理生产成本并销售产品。五年来，农场共生产了4421吨鳟鱼，总价值超过1100万美元。每个参与家庭的年收入在784美元到7788美元不等。

土地权属是土地使用规划中的一个重要因素，因为选定的土地使用选项可能会预先确定潜在用户群体，反之亦然，其中土地权属或治理制度的类型缩小了土地使用选项的范围。反过来，土地利用规划可以通过促进以下方面来改善治理：

政策和法律构架：政策和法律改革需要确保小农户、妇女和农村社区的土地权属和资源权利得到保障。这涉及有利于穷人的土地政策和法律，确保权属和执法机制，同时赋予小户农民利用法律的权利。土地通常属于“社区”，可能包括不同的族群和土地使用者类型，所以定义土地权利往往需要考虑传统的治理制度和协商工具。

冲突或争议解决：必须在干预发生之前确定冲突性质和范围特征。判决必须可执行，并提供宣判。只有公民认为合法，解决机制才有可能取得成功。还必须提供安抚争端或冲突“输家”的手段。

再分配：如果分配是一种选择，必须确定使用权和土地分配格局以及可用土地来源。租赁市场应向所有人提供机会，包括原住民和妇女。在适当的情况下，土地重新分配应伴随透明权属授予流程，该流程由农村基础设施的规划和提供给予支持。

土地管理：总的来说，有必要提高土地管理制度的效率，特别是：

- 建立现有权利登记和授予制度，提供地籍服务，改善土地测量和地方社区的能力建设，以支持习惯权利的识别和管理（包括登记）；
- 建立正规的土地交易并给予保障，规范土地市场；

文本框14：乌干达习惯权利者的土地权属¹¹²

在乌干达卡塞塞地区，习惯土地所有者的权利是通过习惯土地的裁决、划界和登记得到的。以前，习惯权利持有者感觉没有保障，因为害怕被驱逐而不愿在土地上投入。为执行《土地、渔业及森林权属负责任治理自愿准则》（VGGT），粮农组织（FAO）支持向包括男女在内的习惯权利持有人颁发习惯所有权证书（CCO）。这包括：定制VGGT开放权属软件，以响应乌干达的法律和政策要求；有马克雷雷大学学生参与的地区公务员和地区土地委员会的培训和能力发展；社区的宣传和动员；土地权利裁决和划定的实地调查；以及数据的处理和向社区服务器的上传。约3万人组成的5000多户家庭直接受益于这项举措，其中包括妇女和边缘化的个体，他们现在享有更好的权属保障。受益人之间的土地相关冲突也大大减少，地区内取得资金和进行规划的能力也有提高。

- 建立简单公正的土地交易和正式注册程序；制定监管土地市场的机制（优先考虑当地社区，让地方机关界定关于对社区以外的成员出售土地的规定等）；维护土地信息系统，定期进行土地估价工作。

3. 持续投资和基础设施：通过长期和可预测筹资机制实现的投资安全流动非常必要，但其不足以在景观层面上可持续地管理土地资源。通常需要基础设施，例如市场（信贷）、交通运输和能源，以提高生产力，减少自然资源的低效和浪费。公共部门必须在提供农村基础设施（某些情况下的扩展服务）方面起带头作用，鼓励或确保私营部门在可持续土地管理方面不断投入需要它们。



需要安全的资源来管理可持续景观，并提供适当的基础设施。这将需要在更广泛的社会经济模式中构建投资，保证更大的社会效益，同时提供合理的私人利益，包括信贷和市场准入：

- 新一代开明公共政策同时反映公共和私人利益，旨在限制或杜绝不可持续的做法或需要沉重环境或社会成本的做法，同时对更可持续的替代方案提供积极的鼓励
- 在价值链中消费者和生产者的需求之间实现更大的公平
- 将投资引向更可持续和土地密集程度更低的产品，在社会和经济上评估它们的价值。

文本框15：印度采取世界上第一项国家农林复合政策¹¹³

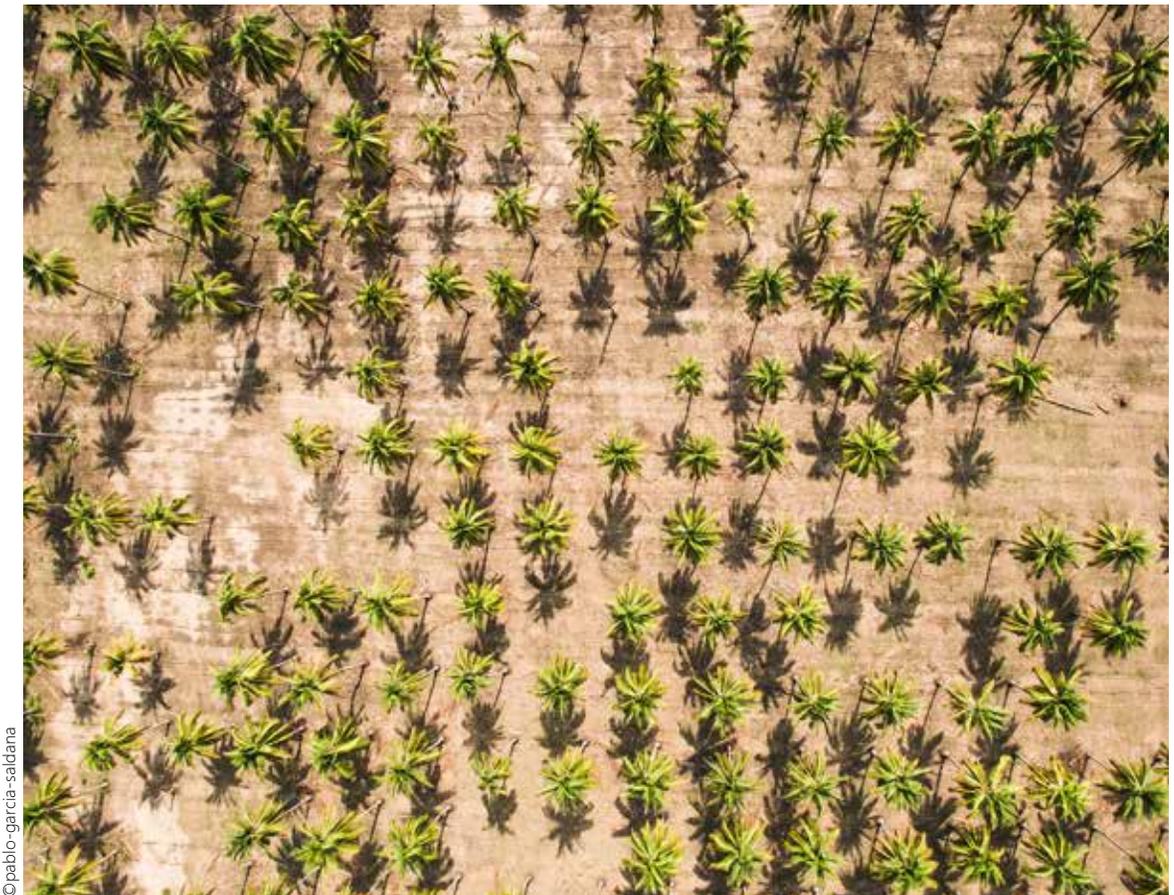
2014年，印度成为世界上率先采取国家农林复合政策的国家，促进了将树木、农作物和牲畜整合在同一块土地上的做法。农民多年来一直在农场上种植树木，保持健康的土壤，确保粮食、木材和燃料的供应。但过去几十年来，印度农林复合实践急剧减少。农林复合有可能实现农业可持续发展，同时优化农业生产力。农业、农村发展和环境等不同部门之下，分散在各个现有特派团、方案和计划之间的农林复合各方面协调、趋同和协同增效的新政策谈话。该政策将通过综合农林复合特派团或委员会实施。此外，该政策还谈到了土地权属保障、促进研究和能力建设、加快农林复合产业的参与以及为农民提供激励措施。

文本框16：投资植物蛋白质农业¹¹⁴

主要因健康和环境的原因，植物性膳食和素肉正越来越受富裕和城市消费者的欢迎，很多大型跨国食品公司已经建立了风险投资基金，以支持创新形式的蛋白质和生产食品的方式。这些资金旨在增加对蛋白质市场快速增长的部门和食品企业家的影响力，他们将努力的重点集中到开发有助于改变现有食品系统的产品和技术。一个例子是严格素食的“不可能的汉堡（Impossible Burger）”，与牛肉相比，土地使用减少了95%，用水减少了74%，并减少了温室气体排放量的87%；此外，它100%没有激素、抗生素和人工成分。其独特的铁板肉味是由于加入了血红素，这是一种动物血液中浓度很高的分子，而这里的血红素是从豆类植物根中提取的。¹¹⁵

泰森食品公司推出了1.5亿美元的风险投资基金，以补充其现有投资，并专注于正在开发突破性技术和商业模式的公司，例如Beyond Meats，这是一家用高蛋白质蔬菜生成汉堡、鸡肉和其他传统肉类

产品的公司。同样，通用磨坊也建立了一个基金，该基金已经加入创业公司，例如Kite Hill，这是一家替代乳制品公司，正在用坚果奶制作酸奶、里考塔乳酪甚至奶油乳酪。金宝汤在Acre Venture Partners投资了1.25亿美元，后者已经为Back to the Roots发行了1000万美元A轮优先股，这是一家生产DIY蘑菇套装以及有机谷物的公司。家乐氏已经设立了1亿美元的基金，瞄准在新兴食品品牌上的投资，这些品牌采用新的消费者主导型技术，可以带来长期的相互增长机会，如Rhythm Superfoods，这家公司从羽衣甘蓝、甜菜、西兰花、种子和坚果制作小吃。据道琼斯风投融资源（Dow Jones VentureSource）的数据显示，风险投资公司在2016年前三季度向食品和农业企业投资4.2亿美元。2015年，这些投资总额近6.5亿美元。



© pablo-garcia-saldana

文本框17：非洲由农户管理的自然再生¹¹⁶

目前，非洲17个国家和亚洲几个国家正在努力提高农场自然再生和植树规模，以发展新的农林复合系统。自然再生比植树成本低，可以更快地产生回报。

在资金稀缺的时期，这些都是强调自然再生的强有力论据。但是需要加速努力，以扩大这些系统的范围，改造千百万最贫困农民的农场。加快扩大推广现有自然再生的成功是一个务实的前进方向。这将有助于实现雄心勃勃的恢复目标，通过只限于植树项目的因循守旧方法无法实现这一点。除非创造条件，使土地使用者愿意将他们稀缺的资源投入到保护和管理农场内外的树木方面，否则就无法赢得与气候变化、生态系统退化、饥荒和营养不良的斗争。

有很多关于可持续土地管理最佳实践需要扩大推广的讨论，但项目中很少规划扩大的策略。他们可能有调查走访农民的预算，但对于能让农户家喻户晓的广播节目却没有预算。针对扩大推广而提出的大部分步骤只需要适度的资金，但都需要耐心、坚持、创造力和地方扶持者。

文本框18：一位农民在南非开展了大规模的恢复举措¹²³

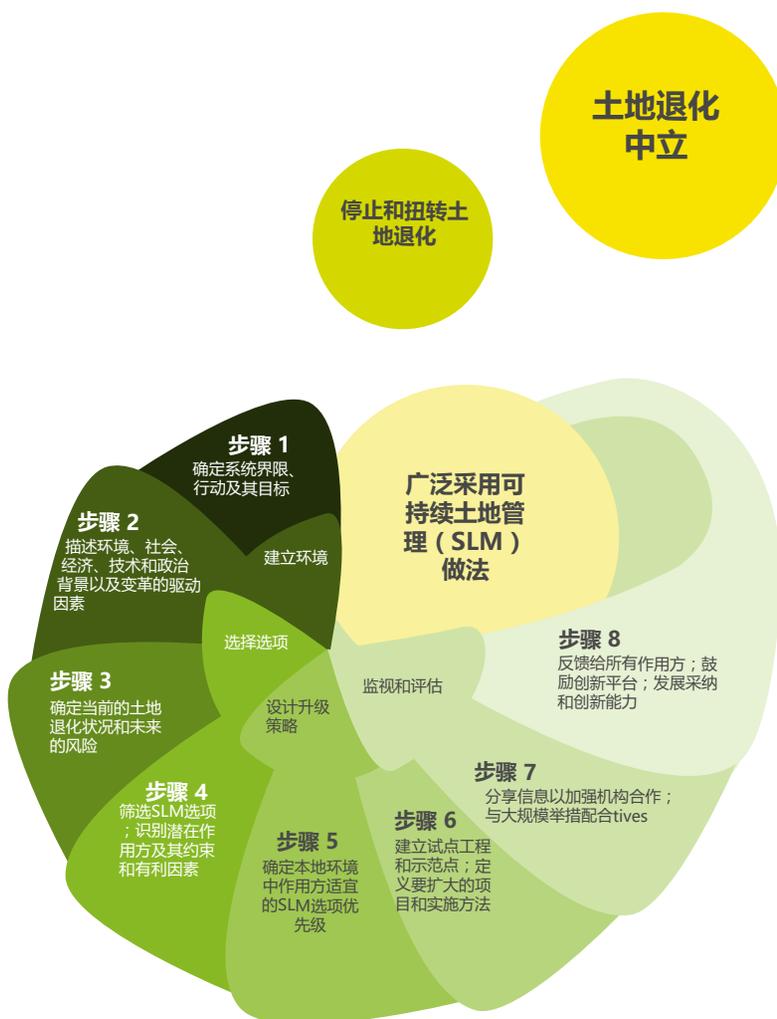
过度的山羊放牧使南非东开普省150万公顷的亚热带丛林退化，造成沙漠般的空旷景观，地表温度高达70℃。几乎每种由丛林提供的生态系统服务都减少或丧失，导致农民收入下降，当地经济萧条。挑战是如何恢复生态系统的健康，以最大限度地提高环境和经济效益。

在1970年代初，埃滕哈赫附近的一位牧民为应对这一挑战迈出了一小步，但却是重要的一步。他在一个退化的坡地底部建了一个谷仓，后来每次下大雨时都会被淹。他决定尝试将山坡恢复成原来茂密的丛林，以增加雨水入渗，防止他的谷仓被淹。他使用本地肉质树种“大象食物”树（马齿苋），和其他农民开始让灌木丛结构再生；土壤质量和碳库得到了改善，土地承载动物的能力和收入增加了10倍。

根据这些先驱农民和牧民的证据，南非政府决定投资大规模恢复退化丛林。亚热带丛林恢复计划得以建立，2004年至2016年期间大约投入了800万美元。农民、保护区管理者、政府官员和科学家们共同努力，找出提高恢复力度的方法。到目前为止，在自然保护区、私人土地以及阿多大象国家公园内种植了1万多公顷的马齿苋。

一个超过300个四分之一公顷地块的大型实验也建立起来，绵延超过1000公里。而这一切都从一位农民开始。

图5：扩大推广最佳实践的分步骤框架：改编自¹¹⁹



遏止和扭转土地退化的扩展框架¹¹⁷

在理论上，成功的小规模项目可以转化为更广泛的实践变革，但这已被证明具有挑战性。世界保护方法和技术概观（WOCAT）¹¹⁸是一个成熟的全球网络，为可持续土地管理（SLM）方面的创新和决策过程提供支持。了解为什么特定的创新能大获成功，并找到扩大成功创新的最有效方法，对于实现可持续发展至关重要。证据表明，许多试点和示范项目通常缺乏在较大规模上取得成功的关键因素，如利益相关者参与、设计特征或技术能力。图5综合了从地方到国家及更大规模扩大可持续土地管理实践的一些关键步骤。

用于扩大可持续土地管理实践的范围需要从确定生物物理、社会、或行政限制评估开始（步骤1）。建议采取包容性的流程，通过共同对环境、社会、经济、技术和政治环境进行集体诊断，并确定退化的主要驱动因素，让所有参与者都参与到土地管理决策中（步骤2）。然后，在生物和经济生产力两方面对目前的土地退化状况都予以明确界定（步骤3）。

接下来，使用改良作物选择或生物量生产力、经济成本/效益以及社会和文化接受度等标准，来筛选潜在的管理方案（步骤4）。与此同时，按照先前示范的成功或地方扶持因素，确定可持续土地管理方案及其潜在规模的优先次序（步骤5）。应建立下一个试点项目和示范点（步骤6），清楚了解哪些要素正在扩大推广和需要融资（如技术、流程或组织）。



©GIZ - Michael Isegaye

共享信息、对等学习和发展合作伙伴关系非常重要（步骤7），包括角色如何在不同利益相关者（如农民、非政府组织、推广机构、私营部门、行政单位、捐助者、研究机构）之间分配或共享。最后，监测和评估的过程和协议，对于向行为者提供反馈和适应性管理响应至关重要（步骤8）。

确定是否有成功扩大规模的良好基础，很大程度上取决于现有证据。这可以包括最少客观证据的创新做法；传闻报道有前途的做法；在少数情况下具有积极证据的模式；有许多案例提供明确证据的良好实践；在多种情况下具有影响证据的最佳实践；或已证明的政策原则。¹²⁰在许多情况下，这些创新是由能够获得急需的社会、政治和财政支持的“保驾护航者”驱动的。本框架还认识到多行动主体机制在扩大推广可持续土地管理实践中的重要性，可以将其用作进一步适应和创新的手段，超越了一种特定干预措施的简单扩展。¹²¹

在理解什么背景下（例如生物物理学、社会经济学、政治学、金融学），一个特定选择如保护性农业或农林业等可能被采纳、扩大和持续的方面，科学和传统知识发挥重要作用。¹²²这可以帮助避免与许多发展项目相关的失望，这些项目已经走上了路，但缺乏后续行动，导致放弃了应该能自我维持的干预措施。结合努力实施变革性项目的土地退化零增长首要国家框架，本框架可以有助于进一步让短期私人和地方利益的激励措施（通常在一个种植季）与长期的公共利益和更广泛利益相一致。

结论： 前瞻性思考

在一个充斥着戾气、不稳定并且日益危险的世界，如果人类不仅仅是要生存而是蓬勃发展，让土地得到正确管理就需要是每个人的迫切优先事项。本《展望》中强调的众多做法和行动，可以及时提醒我们经过验证、具有成本效益的响应途径，使我们能够以权利、回报和责任为基础，实现繁荣和更可持续的未来。

第一版的《全球土地展望》概述了全球土地资源状况，探讨了一些趋势，并提出了行动议程，这是土地管理者一项新的事业。在编写过程中出现了一些关键主题，但有许多问题仍未解决。历史充满了意想不到的改变游戏规则的因素：发明、生态系统崩溃以及看似明显的小事，例如突然产生或打破整个工业、商业或农业部门的品味和时尚变化。这些事情的性质造成了它们很难预测。以下是我们认为可以在未来几年和几十年内彻底改变土地利用方向的一些关键问题。

小农户能生存吗？

目前，小农户人口超过十亿。目前的趋势表明，许多（也许绝大多数）将消失在一波兼并浪潮中，兼并带来更大、更能赚钱的企业。这样的变化不可避免吗？当有其他机会可以抓住时，人们还想继续耕自己的一亩三分地吗？是新经济部门打开了就业机会的大门，还是失去这些农场造成贫困？如果要小规模农业生存下去，就要通过政府政策、消费者选择和推广服务得到积极的认可和支持。未来仍然非常不确定。

转基因作物的未来是什么？

业界和某些政府认为它们对农业至关重要。南亚和非洲的经验讲述了一个截然不同的故事，指出了转基因作物承诺的落空。那么，是转基因作物无论规模如何都真正为农业提供广泛的利益，还是我们可以依靠老式的耕种和养殖方式做到更好？非洲耐旱玉米项目已开发了153个新品种，以提高13个国家的产量。同类的转基因品种面世的时间至少要长十年。¹²³



©Neil Palmer (CIAT)

大规模切换到较少使用化学制品的生产系统会导致粮食危机吗？

有机农业能否养活世界？

还是任何其他类型的集约性不太强的农业？许多农民相信，人造杀虫剂和肥料的大量施用对于增产至关重要；发展中国家实行有机农业的农民，如果能负担得起，经常采取化学制品投入。大规模切换到较少使用化学制品的系统会导致粮食危机吗？有机种植的食品、饮料、补品、化妆品和其他家庭用品是发达国家和发展中国家新兴中产阶级当中快速增长的市场。有机农业是否仍然是一个小众市场，还是成为一个主要的全球食物来源，现在还言之过早。

关于圈地应该怎么办？国际性的圈地受到很大的关注，但富裕的精英在自己国家内占有土地是另一个甚至可能更大的问题。两者都有重要的社会和政治后果，没有补偿地迁走社区并摧毁生计。这些是富国对冲未来资源短缺的时候不可避免的吗？他们很难通过法律文书来解决，在许多情况下是通过半法律或非法手段进行的。国家和企业可以通过租赁和采购决定树立榜样吗？

私营部门的作用是什么？

土地利用的许多负面影响归因于现代农业由农业企业模式推动的各方面，这种模式存在大量补贴，从这个角度来讲，社会所有的成本都没有得到偿还。然而，许多企业正在努力尝试通过认证、采购政策和其他手段来解决可持续发展问题。业界在解决土地退化和未来实现可持续发展目标方面是积极还是消极的力量？什么样的经济激励或税收措施会提升有利于可持续发展的规模？

如果广泛采用替代蛋白质来源会发生什么？

一些肉类替代品已经有几乎可以乱真的肉味；在几年后，它们将在许多方面难以区分，并且在很多方面都不太贵。它们不会涉及工业肉类生产所固有的对动物的不人道对待。素食者和严格素食者的数量迅速增长；不牺牲口感或营养的新一代植物性产品，可能会在短短几十年内改变食品系统的大部分。结合本地、有机和公平贸易产品的较低价格以及食品浪费/损失的较低水平时，有可能大幅度减少对土地资源的需求。

新兴技术和创新是否将具有规模？

传统技术往往廉价而有效，但是现代科学可以在更大的规模上彻底变革它们的实施方式吗？瓦卡水塔只需利用重力、冷凝和蒸发就从大气中（即雨、雾和露水）收集饮用水。社区拥有和经营的这些革新，可以是本地层面改变游戏规则的因素。Vallerani System基于直接播种当地可获得的本土的灌木和树木的种子，但它实现了用于集水的传统“zai”和半圆形犁沟技术的机械化，达到了规模化，每个拖拉机单元每年可以恢复约1500-2500公顷。同样，我们能用无人机恢复大片森林吗？精准农业是否会减少产量差距，同时保护水和生物多样性？有很多悬而未决的问题，预计第二版《全球土地展望》将能够提供一些答案。

参考文献

- 1 Foley, J.A. 2017. Living by the lessons of the planet. *Science* **356** (6335): 251-252.
- 2 UNCCD. 2015. Integration of the sustainable development goals and targets into the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification and the Intergovernmental Working Group on land degradation neutrality. Decision 3/COP12.
- 3 Orr, B.J., Cowie, A.L., Castillo Sanchez, V.M., Chasek, P., Crossman, N.D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, M., Metternicht, G.I., Minelli, S., Tengberg, A.E., Walter, S., and Welton, S. 2017. Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn. http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/LDN%20Scientific%20Conceptual%20Framework_FINAL.pdf
- 4 UNCCD. 2016. Achieving Land Degradation Neutrality at a Country Level: Building blocks for LDN target setting. UNCCD, Bonn.
- 5 UNCCD. 2017. Scaling up Land Degradation Neutrality Target Setting: From lessons to actions: 14 pilot countries' experiences. UNCCD, Bonn.
- 6 <http://www.unccd.int/en/programmes/Science/Monitoring-Assessment/Documents/Decision22-COP11.pdf>
- 7 Reed, J., van Vianen, J., Deakin, E.L., Barlow, J., and Sunderland, T. 2016. Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics: Learning from the past to guide the future. *Global Change Biology* **22**: 2540-2554.
- 8 Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J.L., Sheil, D., et al. 2013. Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (21): 8349-8356.
- 9 McShane, T.O., Hirsch, P.D., Trung, T.C., Songorwa, A.N., Kinzig, A., et al. 2011. Hard choices: Making trade-offs between biodiversity conservation and human well-being. *Biological Conservation* **144**: 966-972.
- 10 Shames, S., Scherr, S.J., and Friedman, R. 2013. Defining Integrated Landscape Management for Policy Makers. *EcoAgriculture Partners*, Washington, DC.
- 11 Milder, J.C., Hart, A.K., Dobie, P., Minai, J., and Zaleski, C. 2014. Integrated landscape initiatives for African agriculture, development, and conservation: A region-wide assessment. *World Development* **54**: 68-80.
- 12 Estrada-Carmona, N., Hart, A.K., DeClerck, F.A.J., Harvey, C.A., and Milder, J.C. 2014. Integrated landscape management for agriculture, rural livelihoods, and ecosystem conservation: An assessment of experience from Latin America and the Caribbean. *Landscape and Urban Planning* **129**: 1-11.
- 13 García-Martín, M., Bieling, C., Hart, A., and Plieninger, T. 2016. Integrated landscape initiatives in Europe: Multi-sector collaboration in multi-functional landscapes. *Land Use Policy* **58**: 45-53.
- 14 Shames, S., et al. 2013. Op. cit.
- 15 Thaxton, M., Shames, S., and Scherr, S.J. 2017. Integrated Landscape Management: An approach to achieve equitable and participatory sustainable development. *GLO Working Paper for UNCCD*.
- 16 Brouwer, H., Woodhill, J., Hemmati, M., Verhoosel, K., and van Vuft, S. 2015. The MSP Guide: How to Design and Facilitate Multi-Stakeholder Partnerships. The Netherlands: Centre for Development Innovation (CDI), Wageningen.
- 17 Neely, C. and Chesterman, S. 2015. Stakeholder Approach to Risked-informed and Evidence-based Decision-making (SHARED). *World Agroforestry Centre*, Nairobi.
- 18 Denier, L., Scherr, S.J., Shames, S., Chatterton, P., Hovani, L., et al. 2015. *The Little Sustainable Landscapes Book*. Global Canopy Programme, Oxford.
- 19 FAO. 1993. Guidelines for land-use planning. *Development Series* 1. Rome.
- 20 Metternicht, G. 2017. Land use and spatial planning to support sustainable land management. *GLO Working Paper*.
- 21 Kami, J.D.K., Mwita, V., Flintan, F., and Liversage, H. 2016. Making village land use planning work in rangelands: The experience of the sustainable rangeland management project, Tanzania, in 2016 World Bank Conference on Land and Poverty. World Bank, Washington, DC, p. 30.
- 22 Galland, D. 2012. Understanding the Reorientations and Roles of Spatial Planning: The Case of National Planning Policy in Denmark. *European Planning Studies* **20** (8): 1359-1392.
- 23 Wallace, G., Barborak, J., and MacFarland, C. 2003. Land use planning and regulation in and around protected areas: A study of best practices and capacity building needs in Mexico and Central America, Paper presented at the 5th World Parks Congress, Durban, South Africa.
- 24 Albert, P. 1996. Integrated conservation and development projects. *Bioscience* **46** (11): 845-855.
- 25 GIZ, 2017. Conservation and sustainable use of the Selva Maya. Project description: <https://www.giz.de/en/worldwide/13435.html> accessed April 7, 2017.
- 26 Wilson, E.O. 2016. *Half-Earth: Our Planet's Fight for Life*. Liveright Publishing, London, UK.
- 27 Convention on Biological Diversity, 2010. Strategic Plan on Biodiversity 2011-2020. <https://www.cbd.int/sp/>
- 28 United Nations. 2016. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. 2010. Op. cit.
- 29 Büscher, B., Fletcher, R., Brockington, D., Sandbrook, C., Adams, W.M., et al. 2016. Half earth or whole earth: radical ideas for conservation and their implications. *Oryx* doi:10.1017/S0030605316001228.
- 30 Convention on Biological Diversity, 2010. Op. cit.
- 31 Dudley, N. (ed.) 2008. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. IUCN, Gland, Switzerland.
- 32 Lopoukhine, N. and Dias, B.F. 2012. Editorial: What does Target 11 really mean? *PARKS* **18** (1): 5-8.
- 33 Borrini-Feyerabend, G., Dudley, N., Jaeger, T., Lassen, B., Pathak Broome, N., et al. 2013. Governance of Protected Areas: From understanding to action. IUCN, Gland, Switzerland.
- 34 Nelson, A. and Chomitz, K. 2009. Protected Area Effectiveness in Reducing Tropical Deforestation, The World Bank, Washington, DC.
- 35 Joppa, L.N. and Pfaff, A. 2011. Global protected area impacts. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **278**: 1633-1638.
- 36 WWF. 2016. Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. WWF International, Gland, Switzerland.
- 37 Butchart, S.H.M., Stattersfield, A.J., and Collar, N.J. 2006. How many bird extinctions have we prevented? *Oryx* **40**: 266-278.
- 38 Young, R.P., Hudson, M.A., Terry, A.M.R., Jones, C.G., Lewis, R.E., et al. 2014. Accounting for conservation: Using the IUCN Red List Index to evaluate the impact of a conservation organization. *Biological Conservation* **180**: 84-96.
- 39 Hoffmann, M., Duckworth, J.W., Holmes, K., Mallon, D.P., Rodrigues, A.S.L., et al. 2015. The difference conservation makes to extinction risk of the world's ungulates. *Conservation Biology* **29**: 1303-1313.
- 40 Kami, J.D.K., Mwita, V., Flintan, F., and Liversage, H. 2016. Making village land use planning work in rangelands: the experience of the sustainable rangeland management project, Tanzania. In World Bank Conference on Land and Poverty. Washington, DC.
- 41 Jonas, H., Barbuto, V., Jonas, H.C., Kothari, A., and Nelson, F. 2014. New steps of change: Looking beyond protected areas to consider other effective area based conservation measures. *PARKS* **20** (2): 111-128.
- 42 IUCN. 2017. Guidelines for recognizing and reporting other effective area-based conservation measures – draft document, IUCN, Gland, Switzerland.
- 43 Laffoley, D., Dudley, N., Jonas, H., MacKinnon, D., MacKinnon, K., et al. 2017. An introduction to 'other effective area-based conservation measures' under Aichi Target 11 of the Convention on Biological Diversity: Origin, interpretation and some emerging ocean issues. *Journal of Aquatic Conservation*.
- 44 Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemeyer, S., Potapov, P., Saint-Laurent, C., et al. 2011. Mapping opportunities for forest landscape restoration. *Unasylva* **238**: 47-48.
- 45 IUCN. 2015. Rwanda's Green Wall: Opportunities to engage private sector investors in Rwanda's forest landscape restoration. IUCN, Gland, Switzerland.
- 46 <http://www.bonnchallenge.org/blog/cameroon-restore-12-million-hectares-forest-species-rich-congo-basin> accessed March 3, 2017.
- 47 <http://www.bonnchallenge.org/blog/brazil-restore-12-million-hectares-forests-under-bonn-challenge-biodiversity-and-climate> accessed March 3, 2017.
- 48 www.bonnchallenge.org/ accessed March 3, 2017.
- 49 Lee, S.K., Park, P.S., and Park, Y.D. 2016. Forest restoration and rehabilitation in the Republic of Korea. In Stanturf, J.A. (ed.) *Restoration of Boreal and Temperate Forests*. CRC Press, Boca Raton, London and New York. 2nd edition.
- 50 Provided by Stefan Leu, Sustainability Lab.
- 51 Leu, S., Mussery, A.M., and Budovsky, A. 2014. The effects of long time conservation of heavily grazed shrubland: A case study in the Northern Negev, Israel. *Environmental Management* **54** (2): 309-319.
- 52 Helman, D., Mussery, A., Lensky, I. M., and Leu, S. 2014. Detecting changes in biomass productivity in a different land management regimes in drylands using satellite-derived vegetation index. *Soil Use and Management* **30**: 32-39.

- 53 Leu, S., et al. 2014. Op. cit.
- 54 Abu Rabia, K., Solowey, E., and Leu, S. 2009. Desert agriculture of the Negev Bedouin: Potential for socio-economic development and ecological rehabilitation. *Management of Environmental Quality* **19** (3): 353-366.
- 55 Mor-Mussery, A., Leu, S., and Budovsky, A. 2013. Modeling the optimal grazing regime of *Acacia victoriae* silvopasture in the Northern Negev, Israel. *Journal of Arid Environments* **94**: 27-36.
- 56 Ibid.
- 57 Abu Rabia, K., et al. 2009. Op. cit.
- 58 Ibid.
- 59 Raymond, C.M., Bieling, C., Fagerholm, N., Martin-Lopez, B., and Plieninger, T. 2015. The farmer as landscape steward: Comparing local understandings of landscape stewardship, landscape values and land management actions. *Ambio*. DOI 10.1007/s13280-015-0694-0.
- 60 Godfray, C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., et al. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* **327**: 812-818.
- 61 Lang, T. and Heasman, M. 2015 (2nd edition). *Food Wars: The global battle for mouths, minds and market*. Earthscan, Oxford.
- 62 Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P., and Hamilton, S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural systems for diverse benefits. *Ecological Economics* **64** (2): 245-252.
- 63 Lowder, S.K., Skoet, J., and Raney, T. 2016. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. *World Development* **87**: 16-29.
- 64 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* **6**: 152-182.
- 65 Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Proceedings of the Royal Society B* **363**: 447-465.
- 66 Tschamntke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., et al. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* **151**: 53-59.
- 67 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany-London* **114** (8): 1571-1596. doi:10.1093/aob/mcu205.
- 68 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Op. cit.
- 69 Bommarco, R., Kleijn, D., and Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* **28**, (4): pp. 230-238.
- 70 Ssekandi, W., Mulumba, J.W., Colangelo, P., Nankya, R., Fadda, C., et al. 2016. The use of common bean (*Phaseolus vulgaris*) traditional varieties and their mixtures with commercial varieties to manage bean fly (*Ophiomyia* spp.) infestations in Uganda. *Journal of Pest Science* **89**: 45-57.
- 71 Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., et al. 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems in Uganda. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* **157**: 70-86.
- 72 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Op. cit.
- 73 Waddington, H., Snilstveit, B., Hombrados, J., Vojtkova, M., Phillips, D., et al. 2014. Farmer Field Schools for improving farmer outcomes: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews* 2016: 6.
- 74 De Schutter, O. and Vanloqueran, G. 2011. The new green revolution: How 21st century science can feed the world. *Solutions* **2** (4): 33-44.
- 75 Chamling, P. 2010. Sikkim Organic Mission 2015. Gangtok, India: Food Security and Agriculture Development Department, Government of Sikkim.
- 76 Neuhauff, D., Tashi, S., Rahmann, G., and Denich, M. 2014. Organic agriculture in Bhutan: Potential and challenges. *Organic Agriculture* **4**: 209-221.
- 77 Moonen, T. and Clark, G. 2013. *The Business of Cities 2013*. Jones Lang LaSalle.
- 78 Adelekan, I.O. 2009. Vulnerability of Poor Urban Coastal Communities to Climate Change in Lagos, Nigeria. Paper presented at the Fifth Urban Research Symposium, Marseille, France June 28-30, 2009.
- 79 Jones Lang LaSalle. 2013. *The African Century: Twelve Pillars of Africa's Future Success*. African Cities Research.
- 80 Newton, P.W. 2012. Livable and sustainable? Socio-technical challenges for twenty-first century cities. *Journal of Urban Technology* **19** (1): 81-102.
- 81 FAO. 2012. *Growing greener cities in Africa*. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 82 Watkins, M.H. and Griffith, C.A. (eds.). 2015. *Synthesis Report from the 2nd International Conference on Urbanization and Global Environmental Change*. Urban Transitions & Transformations: Science, Synthesis and Policy. Urbanization and Global Environmental Change Project, Tempe, USA.
- 83 Seitzinger, S.P., Svedin, U., Crumley, C.L., Steffen, W., Abdullah, S.A., et al. 2012. Planetary stewardship in an urbanising world: Beyond city limits. *Ambio* **41**: 787-704.
- 84 This box is drawn from Raschio, G. 2016. Working paper on land value chains. Produced for UNCCD as a contribution to the Global Land Outlook.
- 85 Taglioni, D., and Winkler, D. 2014. *Making Global Value Chains Work for Development*. <http://siteresources.worldbank.org/EXTPREMNET/Resources/EP143.pdf>.
- 86 Hernández, R.A., Martínez-Piva, J.M., and Mulder, N. 2014. *Global Value Chains and World Trade: Prospects and Challenges for Latin America*. ECLAC Book. Vol. 17. Santiago, Chile: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- 87 Abdulsamad, A., Frederick, S., Guinn, A., and Gereffi, G. 2015. *Pro-Poor Development and Power Asymmetries in Global Value Chains* http://www.cgcc.duke.edu/pdfs/Pro-PoorDevelopment_and_PowerAsymmetries_inGlobalValueChains_Final.pdf.
- 88 Yu, Y., Feng, K., and Hubacek, K. 2013. Tele-connecting local consumption to global land use. *Global Environmental Change* **23** (5): 1178-1186.
- 89 McCullough, E.B., Pingali, P.L., and Stamoulis, K.G. 2008. Small farms and the transformation of food systems: An overview. In Semba, R.D. and Bloem, M.W. (eds.) *Nutrition and Health in Developing Countries* **1**. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- 90 Gereffi, G., and Lee J. 2012. Why the world suddenly cares about global supply chains. *Journal of Supply Chain Management* **48** (3): 24-32.
- 91 Murphy, S., Burch, D., and Clapp J. 2012. *Cereal secrets: The world's largest commodity traders and global trends in agriculture*. Oxfam Research, August 2012: 1-79.
- 92 Brown, O. and Sander, C. 2007. *Supermarket Buying Power: Global Supply Chains and Smallholder Farmers*. IISD, Canada.
- 93 Lee, J., Gereffi, G., and Beauvais, J. 2012. *Global value chains and agrifood standards: Challenges and possibilities for smallholders in developing countries*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **109** (31): 12326-31.
- 94 <https://www.theguardian.com/world/2016/jun/20/chinas-meat-consumption-climate-change>, accessed May 7, 2017. Source material (in Chinese): http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzAxODEwNzYzOA==&mid=2650236377&idx=1&sn=54b06cf4a66cf2f71a6504c9ca32df59
- 95 FAO. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.
- 96 Stuart, T. (2009). *Waste: Uncovering the global food scandal*. WW Norton & Company.
- 97 <http://www.nytimes.com/2016/12/07/opinion/a-blueprint-for-the-future-of-food.html>.
- 98 Lipinski B, Hanson C, Lomax J, Kitinoya L, Waite R, et al 2013. *Reducing Food Loss and Waste*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 99 FAO. 1989. *Prevention of post-harvest food losses fruits, vegetables and root crops a training manual*. Rome
- 100 Liniger, H., Mekdaschi, R., Moll, P., and Zander, U. 2017. *Making sense of research for sustainable land management*. WOCAT, Berne, Switzerland.
- 101 African Union and Panafican Agency of the Great Green Wall, 2010. *Harmonised regional strategy for implementation of the "Great Green Wall Initiative of the Sahara and the Sahel"*
- 102 UNCCD. 2016. *The Great Green Wall: Hope for the Sahara and Sahel*. Bonn, Germany.
- 103 Global Mechanism. *The Great Green Wall for the Sahara and the Sahel Initiative*. Facts and figures. <http://www.global-mechanism.org/content/great-green-wall-sahara-and-sahel-initiative>.
- 104 Ivie Ihejirika, P. 2016. *Desertification: Ensuring sustainable future for communities through GGW*. Leadership, Nigeria's most influential newspaper. <http://leadership.ng/features/505887/desertification-ensuring-sustainable-future-communities-ggw>.
- 105 State Forestry Administration. 2011. *A Bulletin of Status Quo of Desertification and Sandification in China*. Government Report, Beijing.
- 106 UNCCD. 2011. *Desertification: A visual synthesis*. UN Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany.
- 107 Feng, Q., Ma, Hua, Jiang, X., Wang, X. et al. 2015. *What has caused desertification in China?* *Nature Scientific Reports* **5**, number 15998. DOI: 10.1038/srep15998

- 108** Economist. 2014. Great green wall: Vast tree planting in arid regions is failing to halt the desert's march. *The Economist* August 23, 2014, London.
- 109** Enemark, S. 2005. Understanding the land management paradigm. In *Symposium on Innovative Technology for Land Administration: FIG Commission 7* (pp. 17-27).
- 110** Fafchamps, M. and Quisumbing, A.R. 2002. Control and ownership of assets within rural Ethiopian households. *Journal of Development Studies* **38** (6): 47-82.
- 111** Provided by Victor Mares, CIP.
- 112** Committee on World Food Security. 2016. *Compilation of experiences and good practices in the use and application of the Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security*.
- 113** Chavan, S.B., Keerthika, A., Dhyani, S.K., Handa, A.K., Newaj, R., et al. 2015. National agroforestry policy in India: A low hanging fruit. *Current Science* **108** (10): 1826.
- 114** <http://www.forbes.com/sites/maggiemcgrath/2016/12/05/in-a-hedge-against-a-meatless-future-tyson-foods-launches-150-million-vc-fund/#7f8b1e415d01>
- 115** <https://www.impossiblefoods.com/burger/>
- 116** Reij, C. and Garrity, D. 2016. Scaling up farmer managed natural regeneration in Africa to restore degraded landscapes. *Biotropica* **48** (6): 834-843.
- 117** Thomas, R.J., Reed, M., Appadurai, A.N., Mills, A.J., Kodsi, E., et al. 2017. *Scaling up: Sustainable Land Management and Restoration of Degraded Land*. Working Paper produced for the Global Land Outlook.
- 118** <https://www.wocat.net/>
- 119** Thomas, R.J., et al. 2017. Op. cit.
- 120** MSI. 2012. *Scaling up – from vision to large-scale change: Tools and techniques for practitioners*. Management Systems International, Washington, DC.
- 121** Wigboldus, S. and Leeuwis, C. 2013. *Towards responsible scaling up and out in agricultural development: An exploration of concepts and principles*. Centre for Development Innovation, Wageningen, The Netherlands.
- 122** Whitfield, S., Dougill, A.J., Dyer, J.C., Kalaba, F.K., Leventon, J., et al. 2015. Critical reflection on knowledge and narratives of conservation agriculture. *Geoforum* **60**: 133-142.
- 123** Gilbert, N. 2016. Cross-bred crops get fit faster. *Nature* **513**: 292.





© GIZ Joerg Boechling



附录一

土地退化零增长的 科学概念框架

Annette L. Cowie
和Barron J. Orr

土地退化零增长的科学概念框架

土地资源提供粮食、饲料和纤维，并支持这些供应服务所依赖而又往往被忽视的调节和支持服务以及健康生态系统所提供的文化服务。随着人口增长和富裕程度的增加，世界有限的土地资源所承受的压力也将增加。对土地资源竞争的加剧有可能会增加社会和政治不稳定，加剧粮食不安全、贫困、冲突和移民。维护土地提供生态系统服务的能力将有赖于建立土地资源基础的恢复力。

全球土地资源面临越来越高的要求，土地的整体健康和生产力正在下降。因此，寻找解决土地退化的有效措施至关重要。除了加强粮食安全和可持续发展外，避免和扭转土地退化将有助于减缓和适应气候变化以及生物多样性保护。

土地退化零增长（LDN）是管理土地退化的新范式，旨在制止因不可持续的管理和土地转化而导致的健康土地持续损失。LDN的定义是“一种状态，在这种状态下，支持生态系统功能与服务以及促进粮食安全所需的土地资源的数量和质量在特定时间和空间范围及生态系统内保持稳定或有所增加。”¹目标是保持土地资源基础，以便继续提供生态系统服务，如提供粮食以及调节水和气候，同时提高依靠土地的社区的恢复力。

LDN的目标是可持续发展全球2030年议程的重点：LDN将为与粮食安全、减贫、环境保护和可持续利用自然资源相关的多项可持续发展目标（SDG）的实现提供支撑。

概念框架概述

土地退化零增长的科学概念框架²为LDN的规划、实施和监测提供了科学依据。该框架由《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）科学-政策接口（SPI）领导下的一组专家制定，并受技术专家和政策制定者评审。框架通过以操作性术语定义零增长概念，旨在搭建愿景与实际实现之间的桥梁。它阐述了零增长的愿景和逻辑的科学依据，并在此基础上，提出了一项实现零增长的策略、一种监测零增长状态的方法以及解释监测结果的指引。

在概念框架中阐述的零增长目标是：

- 维护或改善生态系统服务；
- 维持或提高生产力，以加强粮食安全；
- 提高依靠土地的土地和人口的恢复力；
- 寻求与其他环境目标的协同效应；
- 加强对土地权属的负责任的治理。

框架围绕五个“模块”构造：零增长的愿景，其阐述零增长的远大目标；参考基准，说明衡量实现情况所要参照的零增长基线；零增长机制，描述平衡机制；实现零增长，提出变化理论（逻辑模式），说明落实零增长的路径，包括准备性分析和扶持政策；以及监测零增长，提出评估零增长实现情况的指标。概述框架在提出五个模块的报告中得到了描述，重点介绍土地退化零增长的零增长方面，突出了零增长不同于以往土地退化评估和管理的特征。

该框架提出了所有选择推行零增长的国家应遵循的原则。这些原则适用于框架的实施，并有助于在落实和监测零增长过程中防止意外结果。在实施许多原则方面有灵活性，但框架的基本结构和方法是固定的，以确保一致性和科学严谨性。概念框架如图1中的概述。

为了实现土地退化零增长世界的可持续发展目标，邀请各国在国家层面上自愿为零退化作出努力。《公约》的范围仅限于旱地，但是土地退化零增长概念框架旨在适用于所有土地类型、土地利用和生态系统服务，因此可以根据具体情况由各国加以使用。因此，零增长概念框架旨在应用于所有土地利用（即土地生产管理，例如农业、林业，和土地保护管理，如保护区，以及人类住区和基础设施占用的土地）和各种各样的国家情况下所有类型的土地退化，以便所有选择推行零增长的国家都能以统一的方式进行实施。

图1：土地退化零增长的科学概念框架示意图



概念框架的要素

愿景和基线 零增长的远大目标是保持或加强土地的自然资本和相关的基于土地的生态系统服务。因此，推行零增长需要努力避免基于土地的自然资本受到相对于某一参考国或基线的进一步净损失。因此，与以往的做法不同，零增长为土地退化管理建立了一个目标，推广一种双管齐下的办法，内含各种措施，以避免或减少土地退化，同时结合扭转过去的退化的措施。目的是通过收益来平衡损失，以实现健康和生产性土地无净损失的状态。

集成的土地利用规划和平衡机制将需要追踪预期会出现退化的土地利用变化，从而能够估计累积的负面影响，并实施旨在避免、减少或扭转土地退化的干预措施的最佳组合，以实现国家尺度上的零增长。因此，概念框架引入了土地退化管理与土地利用规划相结合的新方法。鼓励和引导决策者考虑特定地块管理的个别决定的集体影响对国家土地资源的健康和生产力造成的累积影响。LDN因此促进了综合土地利用规划，提供长期的规划范围，包括考虑到气候变化的可能影响。平衡机制需要实施干预措施，将土地自然资本的收益提高到等于或大于其他地方的退化的预期损失（见图2）。

实现零增长 实现LDN的措施包括可避免或减少退化的可持续土地管理办法，以及通过复原或恢复退化土地来扭转退化的努力。避免>减少>反向土地退化的响应层次（见图3）表达了规划LDN干预措施的优先事项：根据“预防胜于治疗”，大多数努力应用于避免土地退化，因为恢复退化的土地耗时且昂贵。LDN的实施在景观尺度上管理。在各种类型的土地上进行预期损失的平衡，并采取措施实现同等收益。土地类型由土地潜力定义，这反映了土壤类型、地形、水文、生物和气候特征等固有属性。

图2：LDN零增长机制是通过土地利用和管理决策，在独特的土地类型中平衡地缘自然资本的预期收益和损失。

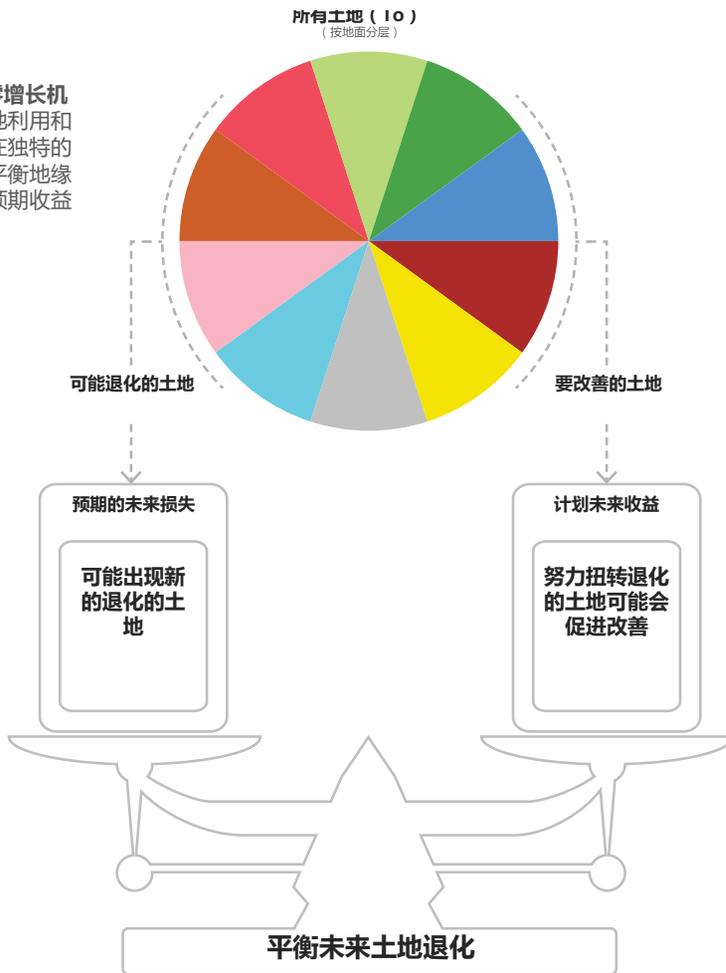


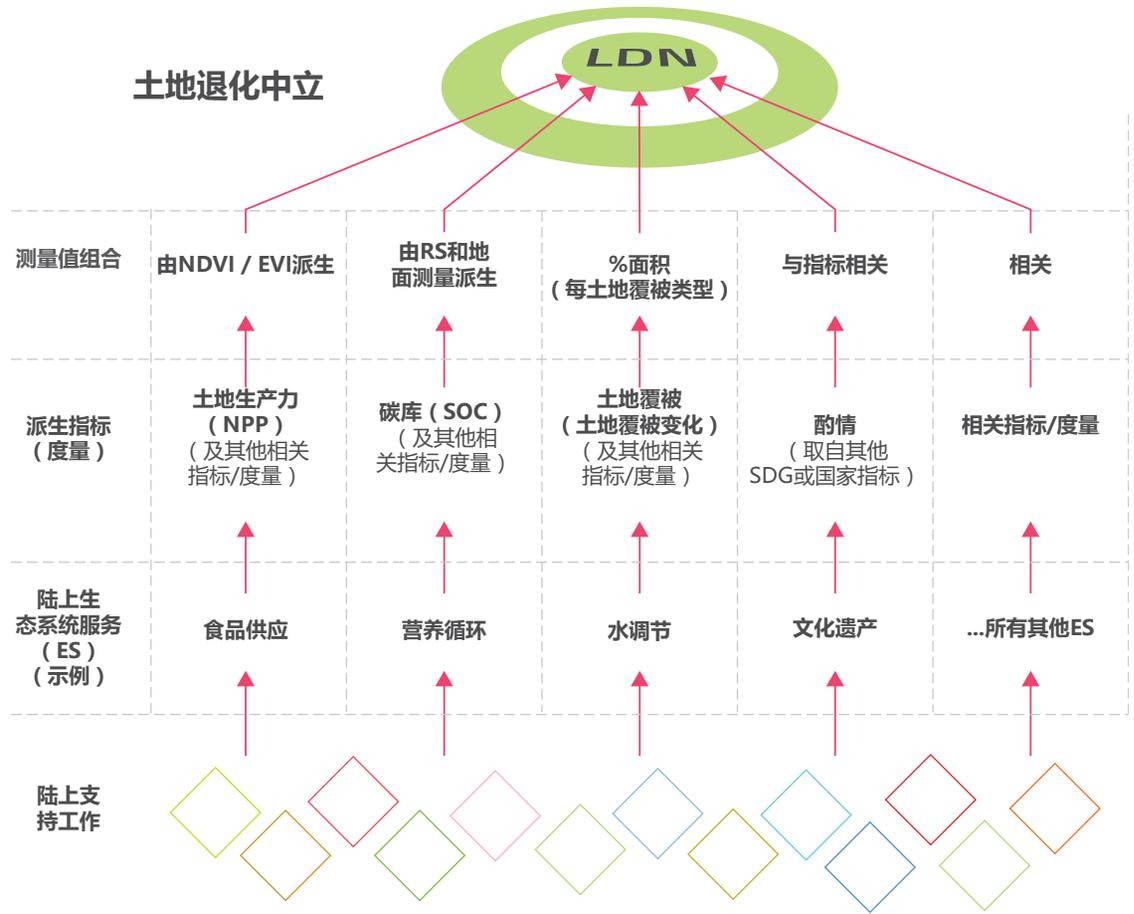
图3：LDN响应层次结构
鼓励广泛采取措施，以避免和减少土地退化，同时配合反向退化的本地行动，以实现每种土地类型的LDN。



土地潜力影响植被群落组成和生产力，决定了种植、放牧、林业、基础设施或城市发展等适用性。在评估和管理损失与收益之间的平衡时，不同的土地类型之间一般不会发生平衡，以确保“可同比”。换句话说，一种土地类型的收益不能抵消不同土地类型的损失。此外，平衡的土地应该具有比预计失去的一样高或更高的自然资本价值。还要注意，具有相同生物物理特性的土地在人类福祉和生计方面可能有不同的价值，具体取决于其所处的位置。应避免保护管理土地类型的损失和生产管理土地类型的收益的平衡。

为了实现《公约》和可持续发展目标的更广泛的发展目标，LDN活动应力求实现“双赢”成果，这样土地复原和恢复有助于实现更广泛的环境目标和更可持续的生计。因此，LDN措施的规划应考虑全面环境、社会和经济影响的替代方案。应对这些措施的恢复力进行评估，以确保所进行的复原活动能够长期平衡退化。

图4：基于待监测生态系统服务的指标选择



监测LDN监测零增长性的实现将量化整个景观中每个土地类型之间的收益面积 (LDN指标的显著正面变化=改善) 和损失面积 (LDN指标的显著负面变化=退化) 之间的平衡。LDN指标规定了要衡量什么, 而度量则说明如何评估每个指标。选择LDN指标来反映LDN寻求支持的基于土地的生态系统服务。生态系统服务、指标和度量之间的关系如图4所示。

全球LDN指标 (及相关度量) 是土地覆被 (土地覆被变化)、土地生产力 (净初级生产量) 和碳储量 (土壤有机碳储量)。这些指标以“一项出局, 全部出局”的方式实施: 任何一个指标显示显著的负面变化, 则认为是一种损失; 相反, 如果至少有一个指标显示正面的趋势, 且没有显示负面的趋势, 则认为是一种增益。鼓励各国对此三项全球指标进行补充, 增加的其他指标可针对三项全球指标未涵盖的生态系统服务, 其中可能包括与其背景相关的其他SDG指标和/或国家指标, 例如土地污染或生物多样性措施影响。对监测结果的参与性审查将有助于确保其准确性和本地相关性, 从而对误判进行改进, 如入侵性灌木侵占。

治理、利益相关者参与和学习

LDN的治理是关键要素。应制定适当的政策，以支持LDN的实施。应该采取保障措施，确保当土地被用于恢复活动时，弱势群体不会流离失所。概念框架建议采用“关于在国家粮食安全范围内对土地、渔业和森林权属负责治理的自愿准则（VGGT）”，该准则为如何保护当地土地使用者的权利提供实际指导，特别是那些在土地使用决策中没有支持者的个人和社群的权利。

利益相关者应参与LDN的规划和实施，并对监测结果进行验证和解释。

有很多相关利益相关者团体，包括参与土地利用规划、资源管理的地方、区域和国家层面的土地使用者、政策制定者和监管机构；土地评估、恢复专家和农业推广人员。如果可用且有效，利益相关者参与LDN应利用现有的地方和区域网络。

学习是LDN概念框架的关键交叉要素。应通过利益攸关方磋商核实监测知识，采用经验教训进行适应管理，即用于调整LDN实施计划和未来土地退化管理。

治理LDN的原则

概念框架提出了管理LDN实施的以下原则：

1. 维护或加强基于土地的自然资本。
2. 保护土地使用者的权利。
3. 尊重国家主权。
4. 对于零增长，LDN目标等于基线（相同）。
5. 零增长是最低限度的目标：各国可以选择制定一个更加宏伟的目标。
6. 将LDN的规划和实施纳入现有的土地利用规划过程。
7. 平衡预期的土地自然资本损失，并采取干预措施来扭转退化，实现零增长。
8. 以土地利用规划同样的尺度管理平衡。
9. 平衡“可同比”（同一土地类型）。
10. 平衡经济、社会和环境的可持续性。
11. 考虑土地潜力、土地状况、恢复力、社会、文化和经济因素，基于多变量评估进行土地利用决策。
12. 应用层次分析法为LDN设计干预措施：避免>减少>反向土地退化。
13. 应用参与过程：将利益相关者，特别是土地使用者纳入设计、实施和监测干预措施以实现LDN。
14. 加强负责任的治理：保护人权，包括权属权利；制定审查机制；并确保问责制和透明度。
15. 使用“荒漠化公约”三项陆上全球指标监测：土地覆被、土地生产力和碳储量。
16. 使用“一项出局，全部出局”的方法来解释这三个全球指标的结果。
17. 使用额外的国家和地方指标来协助解释和填补三个全球指标未涵盖的生态系统服务的空白。
18. 应用本地知识和数据来验证和解释监控数据。
19. 应用持续的学习方式：预测、计划、跟踪、解读、审查、调整、制定下一个计划。

结语

土地退化零增长是管理土地的新方法，其旨在鼓励采取行动避免或减少退化，并恢复退化土地，以实现在国家一级健康、生产性土地无净损失的目标。LDN的科学概念框架为规划、实施和监测LDN提供科学的指导。

要实现LDN，国家需要评估土地使用决策的累积效应，然后采取措施恢复退化土地，以平衡预期的损失。将LDN目标与现有的土地利用规划机制联系起来将有助于LDN的实施。在规划LDN措施时，各国应考虑替代方案的社会和经济以及环境成果，并应吸引相关利益相关者。

采用旨在实现增益的措施来平衡预期损失应基于“可同比”条件下，并且应在每种土地类型内进行管理。

已选择三个反映基于土地的生态系统服务的指标在LDN报告上体现：土地覆被变化、初级生产力和碳储量。概念框架提供了实际指导，包括如何评估指标的理论实例。在概念框架中提出的实际做法获得国家重大支持：2016年9月，《公约》全球机制（GM）宣布，100个国家（即超过一半的《公约》签署国）已着手制定LDN国家目标。

其他资料

UNCCD/Science-Policy Interface (2016). Land in Balance: Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. Science-Policy Brief 02- September 2016. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/10_2016_spi_pb_multipage_eng.pdf

UNCCD/The Global Mechanism (2016). Achieving Land Degradation Neutrality at the country level, Building blocks for LDN target setting. http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/18102016_LDN%20country%20level_ENG.pdf

参考文献

- 1 UNCCD decision 3/COP12 [http://www.unccd.int/en/about-the-convention/official-documents/Pages/SymbolDetail.aspx?k=ICCD/COP\(12\)/20/Add.1&ctx=COP\(12\)](http://www.unccd.int/en/about-the-convention/official-documents/Pages/SymbolDetail.aspx?k=ICCD/COP(12)/20/Add.1&ctx=COP(12))
- 2 Orr, B, A Cowie, V Castillo, P Chasek, N Crossman, A Erlewein, G Louwagie, M Maron, G Metternicht, S Minelli, A Tengberg, S Walter, S Welton. (2017). Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. UNCCD/Science-Policy Interface. <http://www2.unccd.int/publications/scientific-conceptual-framework-land-degradation-neutrality>



© Georgina Smith





附录二

绘制土地生产力动态地图：探寻全球土地转型的关键轨迹

Stefan Sommer ,
Michael Cherlet
和Iva Ivits

绘制土地生产力动态地图：探寻全球土地转型的关键轨迹

地球上的所有生命取决于以有机碳化合物的形式对太阳能的转化和固定。在土地上，这个过程由植物的光合作用驱动，正是它们形成陆地植被覆盖，得到的产出通常被称为土地生产力，可将其量化为净初级生产（NPP）。所有其他生物体（如人类、其他动物物种、细菌、真菌）直接和间接地依赖于这种初级生产来得到健康和福祉。

在全球范围内，人类对这个NPP的占用比例不断增长，影响了生态系统的结构和功能，在许多情况下，这种比例超过了它们的自然变率和动态。¹因此，土地生产力是一个重要变量，可用于探寻和监测通常与土地退化过程相关的活跃土地转型。它可以表示为每单位面积和时间的陆地NPP当量，反映了土地支持生物多样性和提供生态系统服务的总体能力。土地生产力的变化，是影响陆地生态系统服务数量和质量的环境条件和/或土地利用及管理的结果。土地生产力持续下降，意味着土地的健康和生产能力的长期变化，而生产能力是经济增长和可持续生计的基础。

在这种背景下，《联合国防治荒漠化公约》（《公约》）采用土地生产力趋势作为强制性报告三个生物物理进展指标之一²，并提出将其作为全球指标的一个子指标，用以监测实现土地退化零增长（LDN）方面可持续发展目标（SDG）子目标15.3的进展。³

在全球层面监测土地生产力的基本原则

地球植被覆盖状态及其随时间的发展状况，是普遍接受的土地生产力及其动态代表，反映了综合生态条件以及自然和主要是人为环境变化的影响。

全球土地生产力监测通常依赖于遥感植被指数的长期时间序列的多时相和专题评价，指数从光合作用的连续谱测量计算得出。提供合适植被指数的时间序列和部分由模型导出的总生产力和净初级生产力（GPP，NPP）在运算上由现有的国家和国际地球观测系统处理，在在实施多系统集成的全球地球观测系统（GEOSS）方面与地球政府间的地球观测组（GEO）等国际框架内密切合作。

大量经过同行评审的研究清楚地支持使用这些指数来研究全球、大陆和次大陆规模的植被动态。有经验证据表明，这些数据与具有生物物理意义上的植被特征（如光合能力和初级生产力）高度相关，这些特征与典型全球土地表面变化密切相关，这种变化与土地退化和恢复过程相关联。⁴

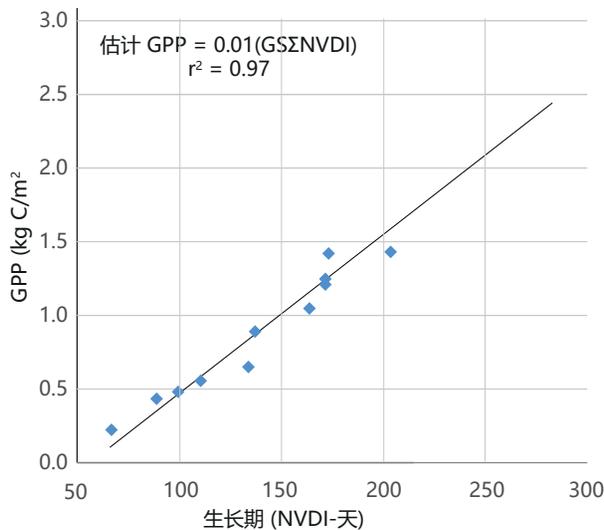
全球植被数据连续时间序列主要采取归一化植被指数（NDVI）形式，其使用在1990年代初迅速发展。此后，数据处理和分析技术得到显著改善。用于数据质量筛选、几何订正、传感器间订正、大气和太阳天顶角订正、滤云处理和数据合成的技术已经产生了数个可以通过互联网免费访问的高质量全球NDVI数据库。目前，这些数据集的空间分辨率范围从粗（8至1公里）到中（250米）分辨率。⁵

虽然NDVI是最常用的植被指数，人们也提出了其他指数并用于全球和区域范围研究，例如增强植被指数（EVI）的两个变体、⁶土壤调整植被指数（SAVI）⁷和模型推导FAPAR（光合有效辐射吸收比例）。⁸尽管这些指数中有一些据报道在某些特定植被条件下的表现要优于NDVI，例如用于稀疏植被覆盖的SAVI或用于稀疏和非常密集树冠的FAPAR，但需要额外的调整因子或模型输入用于其推导，它们并不是总是得到可靠测量，并且依赖于经验估算。各种植被指数的最新的综述和比较可见于文献Yengoh et. al., 2015。⁹

除了已得到充分了解的局限性外，NDVI目前被认为是全球分析土地生产力最独立和最强大的选择，提供最长的综合时间序列和不同空间尺度上范围很广的运算数据集。如图1所示，在过去几十年中，广泛的研究表明了NDVI与初级生产力之间非常强的关系。

因此，NDVI时间序列的使用与使用可提供初级生产力等价物量度的需求相一致。然而，在《公约》和可持续发展目标框架内防治荒漠化和执行土地退化零增长方面，采用全球卫星数据评估土地退化的方法需要有将信息从国家尺度分解为地方行政和景观单位（如流域），以便具有政策相关性。这一点至关重要，因为遏止和扭转土地退化的一切措施都必须在国家或地方一级处理，充分考虑当地的背景和条件。

图1：对应通量塔所在的各个生长季节，从12个通量塔综合总初级产量与MODIS Terra所得到综合NDVI的比较。这表明NDVI与初级生产之间的密切关系，与叶绿素丰度和能量吸收直接相关。^{10,11}



面临的挑战是如何在国家以下一级和地方一级，直接以GPP或NPP的物理单位表达土地生产力变化。GPP/NPP是综合的空间分布，直接地面测量不可行。当前基于卫星的产品，如MODIS NPP¹²或COPERNICUS DMP（干物质生产力），¹³虽然以1公里的采样提供，但是以非常粗分辨率的辐射和气候变量输入（通常为5至10公里）进行模拟，当分解到国家下一级水平时，不能反映景观层面的特征性植被异质性。¹⁴使用叶绿素荧光测量的更先进技术最近才起步，其空间分辨率为10公里以上。¹⁵

因此，在成熟度和“投入运行准备”方面，使用遥感输入的国家或地方尺度（分辨率为250米至1公里）初级生产力状况和变化的估计，以综合时间的植被指数作为初级生产力的近似，是目前常规使用的最现实选择。¹⁶

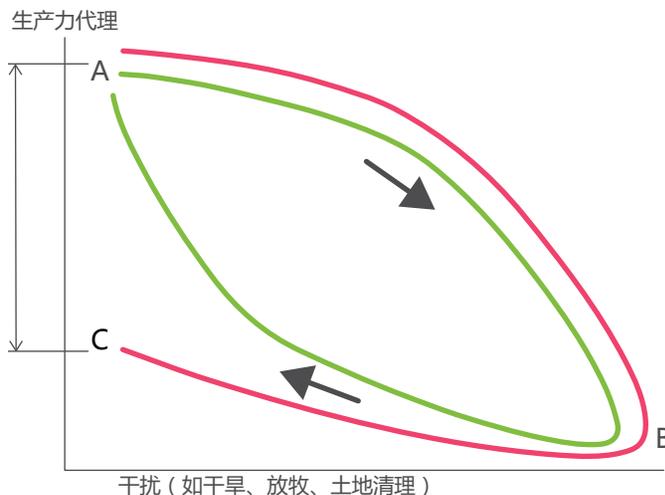
土地退化评估的时间序列处理：理由和策略

土地退化监测中生产力变化的使用在许多方面与生态系统恢复力理论的原则相一致。在这种背景下，中心概念是系统应对干扰和压力以及从干扰和压力中恢复的能力，这可以按照如图2所示的滞后曲线轨迹进行描述和分析。¹⁷

这意味着评估生产力变化的基础不能只是比较用初级生产力（GPP，NPP）单位表示的单一参考年份土地生产力数值或以其为中心的前后几年的平均值。为了有意义，方法必须基于多时相变化和趋势分析，这些分析在使用扩展时间序列以定义时间步长不断重复。

此外应当理解，对土地生产力趋势和变化的分析是用于检测初级生产力持续和正在下降地区的一种方法，点明的是正在发生的土地退化，而不是已经经历退化过程并达到新平衡而使其在所采用时间序列的观察期间不会进一步退化的地区。这由在南非16个生长季节配对和监测非退化和退化地区的研究证实；两种类型的土地面对完全相同的降雨条件时，退化地区的稳定性或恢复力不逊色于非退化地区。¹⁸

图2：滞后曲线的轨迹示意图。随着压力加剧，生产力下降到达点B，直到紧张关系减缓。当紧张关系减缓时，生产率再次提高。完全可恢复的系统（绿色曲线）将返回到其原始状态（A），从而在阶段A和B之间振荡。如果系统的恢复力较低（红色曲线），则它将仅返回到C点的较低生产力，并且可能达到在更低生产力水平上的新平衡。系统的恢复力（R）与A和C之间的距离有关。





© Ibrahim Aysundü

鉴于此，由欧盟委员会联合研究中心制作的世界荒漠化图谱（WAD）¹⁹第三版中使用的术语“土地生产力动态”（LPD）强调了土地系统的初级生产力（即使在稳定的条件下）并不是一个稳定的状态，而是通常在不同年份/植被生长周期之间有很大变化。这是一个对相当大环境条件自然变率的自然或人为（如可持续土地管理）适应的函数。因此，土地系统的初级生产力采取的是动态平衡而不是线性连续体。

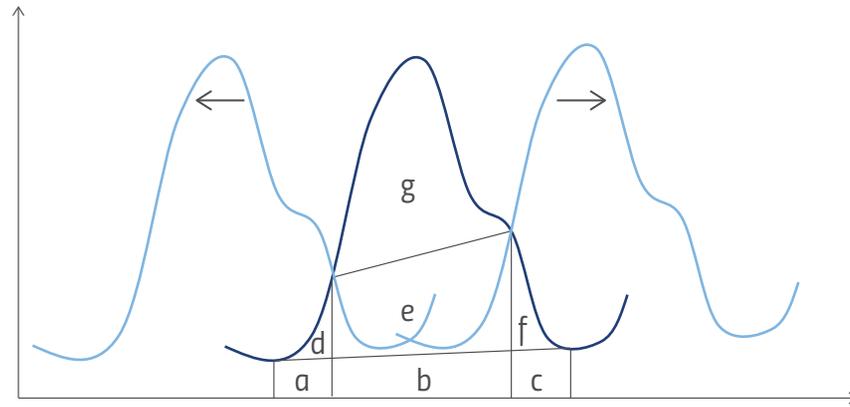
在第三版的WAD¹⁹中使用的LPD地图不提供土地生产力本身的数值测量，但描绘了可用遥感时间序列的15年观测期间土地生产力动态的持续轨迹。它在1999年至2013年的可用时间窗口期间提供了5个持续土地生产率轨迹的定性类别，其中的类别并不直接对应于生物生产力损失或增益的定量测量（例如，NPP或GPP的吨/公顷）。如表1和表2所述，5个类别相反是观察期光合作用活跃的植被覆盖消极或积极趋势以及变化强度和持续性的定性综合量度。得到图像数据中5个类别的LPD数据集处理链的主要元素总结如下。

表1：土地生产力动态成图的处理步骤

| 传感器 | SPOT-VGT21 |
|------|---|
| 预处理 | 输入：SPOT-VGT每日覆盖 <ul style="list-style-type: none"> • 几何订正 • 光谱和放射性的大气表观反射率 (ToA) 校准 • 像元掩膜 (土地-水-雪划定, 云和云影检测) • 大气订正 (包括大气气体特别是臭氧、氧气和水蒸汽的吸收和散射效应, 空气分子的散射, 由于气溶胶颗粒的吸收和散射效应的订正) 和方向效应订正。 • NDVI推导和提取10天NDVI合成图像 (每月3次), 即时间序列中共有540个观测值。 |
| 分类 | 主要步骤： <ul style="list-style-type: none"> • 对于所有15年的时间, 将36个年度NDVI观测值聚集成年度生产力近似指标, 即在生态系统季节性明显的情况下的主季节性种植周期的积分NDVI, 或在缺乏明显季节性的情况下积分年度NDVI。(见图3) • 计算15年聚集NDVI值的z分数归一化时序的线性趋势, 并应用多时相图像差分 (MTID) 方法进行同期净变化的平行计算。²⁰两个变量趋势组合产生4种可能变体的变化 (正趋势/正变化; 正趋势/负变化; 负趋势/正变化; 负趋势/负变化)。²¹ (参见图4, 步骤1) • 时间序列的最初和最后3年的平均生产力的Iso-data类调平和差分, 从而产生生产力类变化层。(参见图4, 步骤2和步骤3) • 后两层的逻辑矩阵组合得到一个积分类层和结合到集成类层, 并将结果聚合到最终的5类 (参见图5全球LPD地图), 应用从局部网缩放 (LNS) 导出的加权函数,²² (见图4, 步骤4), 其被应用于一个生态系统函数单位内过去5年的年度生产力指标平均值^{23,24} |
| 图例描述 | 生产力趋势的五个类别被如下描述为上述步骤的组合： <ol style="list-style-type: none"> 1. 下降趋势：其中负趋势、负MTID变化、LNS表现低于中位数 2. 早/中度下降迹象：负趋势、负MTID变化、LNS表现高于中位数 3. 稳定但有压力：负趋势和正MTID变化矛盾迹象的组合, LNS表现低于中位数 4. 稳定, 没有压力：正趋势、正MTID变化加上LNS的表现低于中位数或正的趋势, 负MTID 5. 增长趋势：正趋势, 正MTID变化, LNS高于中位数 |

图3：1999年至2013年
从1公里的遥感时间序列
得到的物候参数SPOT
VEGETATION数据（36
个观察值/年）

- SI：季节积分 (b+e+g)
- CF：循环分数 (g)
- PF：永久分数 (d+e+f)
- SER：季节性超额残差积分 (d+f)
- MPI：最小 - 最小永久积分 (a+b+c)
- SPI：季节性永久积分 (b+e)
- SRI：季节性残差积分 (e+g)



©AGFORWARD项目

图4：表1中概述的4个主要中间处理步骤顺序的图解说明，其适用于15个年度物候聚集（1999至2013年）的全部时序系列，另见图3，产生的最终LPD地图如图5所示。

步骤1：稳定性（1999 - 2013年）

图例

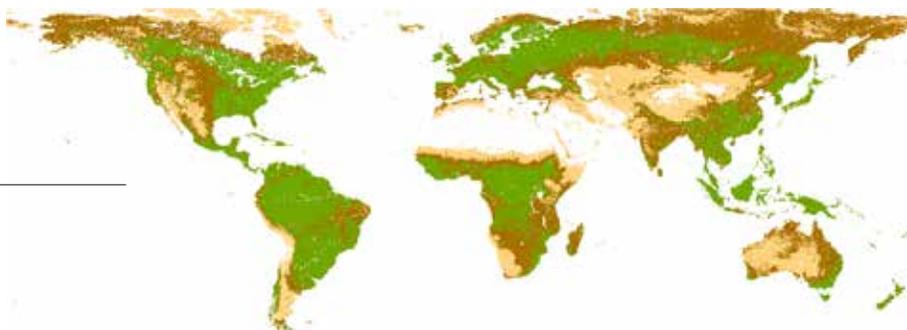
- 强烈负ECD
- 中等负ECD
- 中等负ECD
- 强烈正ECD



步骤2：初始生物量（1999-2001）

图例

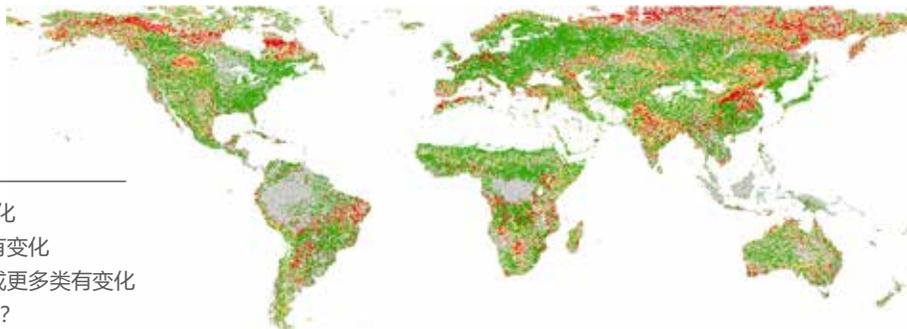
- 低
- 中
- 高



步骤3：现存生物量在改变（1999-2001 vs 2011-2013）

图例

- 无变化
- 1类有变化
- 2个或更多类有变化
- 混合？



步骤4：局部网络缩放（过去5年的表现）

图例

- LS ≥ 50%
- LS < 50%



表2：五类土地生产力动态

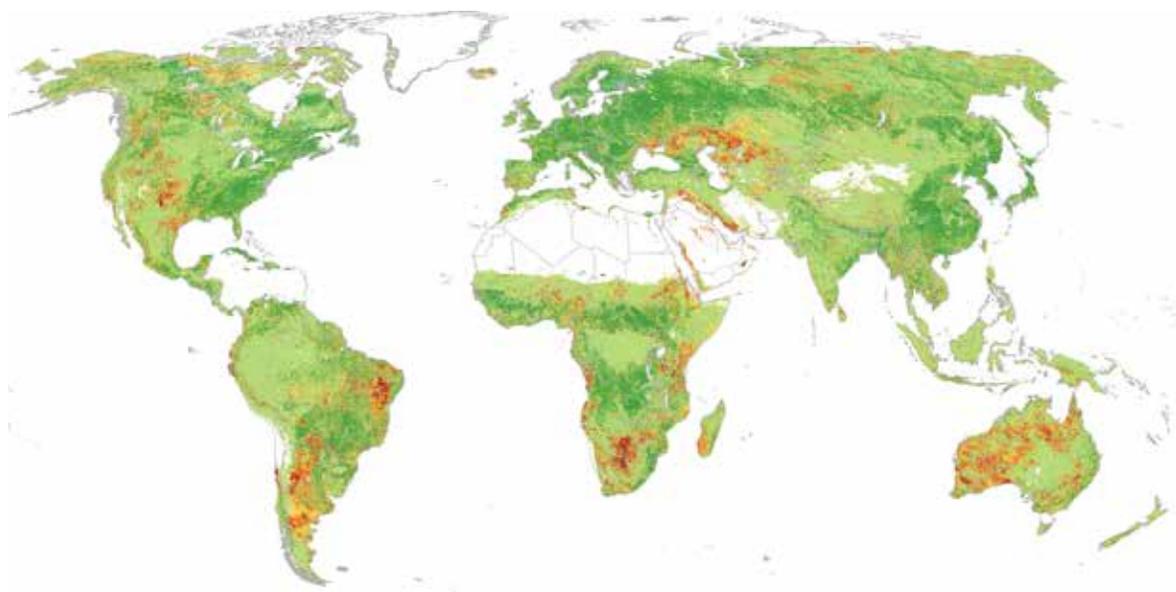
| 类别值 | 描述 |
|-----|------------------------|
| 1 | 生产力持续下降 |
| 2 | 生产力持续温和下降 |
| 3 | 稳定，但承受压力；持续强烈的年度间生产力变化 |
| 4 | 稳定的生产力 |
| 5 | 生产力持续提高 |

所得到LPD地图（见图5）的专题评价根据有关土地覆盖/土地利用的现有信息得到了进一步分析，并在其中作为置于环境变化过程背景中的第二步，整个过程与按照WAD的“证据 汇总”概念框架

的土地退化潜在驱动因素相吻合。为了适应触发土地覆盖/利用变化的复杂相互作用和动态，世界荒漠化图（WAD）依赖于“证据汇总”的概念：当多重来源的证据一致时，即使没有一个独立的证据来源本身是重大的，也可以得出强有力的结论。汇总图通过将使用15-20年参考期关键过程的全球数据集组合汇编。如果缺少可变地点土地变化过程确切知识，进行组合时不设事先假定。图案表明预计将对土地资源造成重大压力的地区。²⁵

LPD地图显示，土地生产力下降是一个全球性现象，在各大洲和各地区之间有很大差异。当被关键的土地覆盖/土地利用类别分解时，洲一级的LPD类别分布更为明显。排除了没有显著植物初级生产力的土地面积，即超干旱、北极和非常高的高原山区，显然可以观察到各个大洲土地系统生产能力下降的迹象。

图5：1999至2013年全球土地生产力动态地图，显示在观察期间5类持续的土地生产率轨迹。生产力降低趋势类别本身并不表示土地退化，增加趋势本身也并不意味着复苏。为了实施旨在确定关键土地退化区的进一步评估，需要使用如以下部分所概述的附加专题信息的分析式证据汇总框架。



图例

- 减少
- 适度减少
- 承受压力
- 稳定
- 增加

在1999年至2013年的观察期间，约20.4%的地球植被表层土地呈土地生产力持续下降趋势。然而，不同大陆受持续生产力下降影响（第1类和第2类）或土地生产能力不稳定或压力迹象影响（第3类）的程度差异很大（见图6）。非洲、澳大利亚和南美洲受到的影响程度大于全球平均水平，非洲下降或有压力的地区约为22%，澳大利亚为37%，南美为27%。亚洲为14%，欧洲为12%，北美洲为18%，其土地生产率动态不稳定，低于全球平均水平。通过对LPD类别分布进行深入的分层分析，有可能进一步区分土地生产力变化的程度和重要性，例如按本《展望》第4章的简述作为土地覆盖/土地利用信息的函数。

针对其他数据集对LPD类别的验证

LPD类别的验证不是一件小事，因为土地生产力变化通常没有直接可比的田间数据。尽管如此，在对照欧洲航天局气候变化倡议土地覆盖（CCI LC）数据集检测到的土地覆被变化²⁶和局部对照Google Earth中的多时相高分辨率数据的合理性测试方面，已经进行了对LPD类别的验证。对照2000年至2010年时期CCI LC的已成图的土地覆被变化已进行了LPD类的初步统计验证，其中考虑了已成图CCI LC类别的全面范围，不仅是6个IPCC土地覆盖/利用类别。全球CCI LC地图土地覆被变化的面积约有246067平方公里。

对于很多关键的土地覆被转变，调查了与观测到的变化相关的预期LPD类别分布之间的互相关联，进一步的验证正在进行。例如，从半自然土地覆盖类别到树木覆盖到裸露/稀疏植被区域的过渡预计主要在LPD类别1至3中表现，但在LPD类别4和5中则较少。这突出显示了与全球总体LPD类别分布有所不同的图景，其中第4类和第5类占绝大多数，占有像素的大约80%。

图6：1999年至2013年观察期间，受到持续下降或不稳定的土地生产力动态影响的全球和各大洲的面积百分比。

图例

- 下降和中度下降相结合
- 承受压力

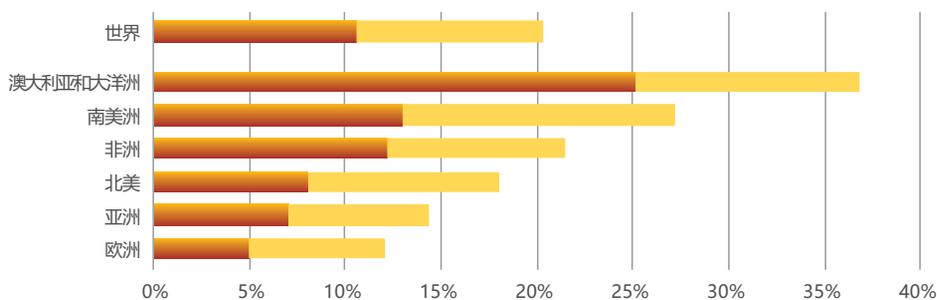


图7：2000年至2010年期间CCI LC成图的土地覆被变化区域的全球分布情况。区域范围被夸大，以便在所呈现的规模上可见。

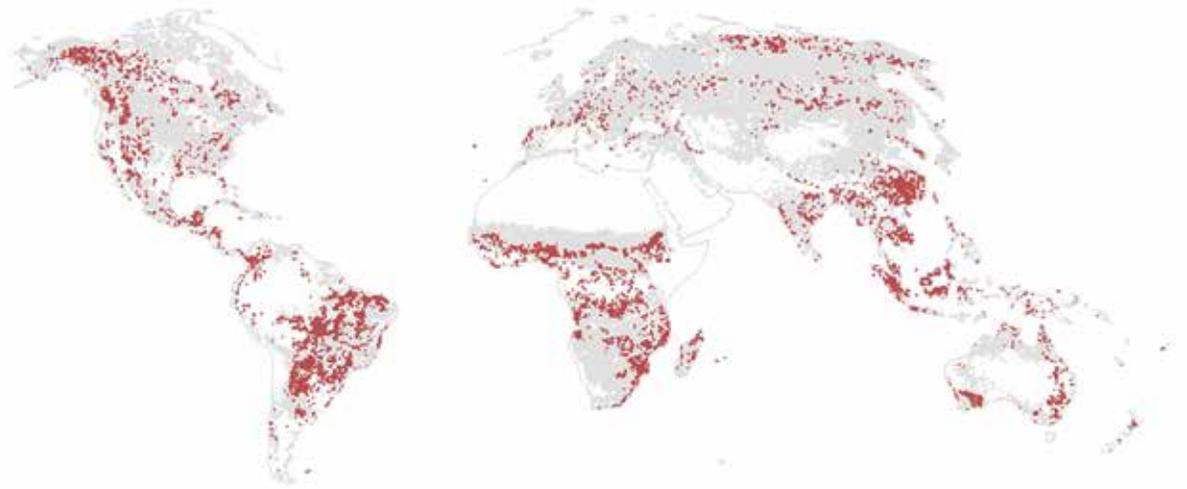
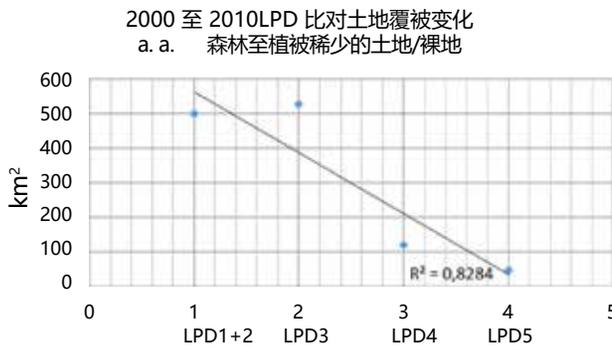
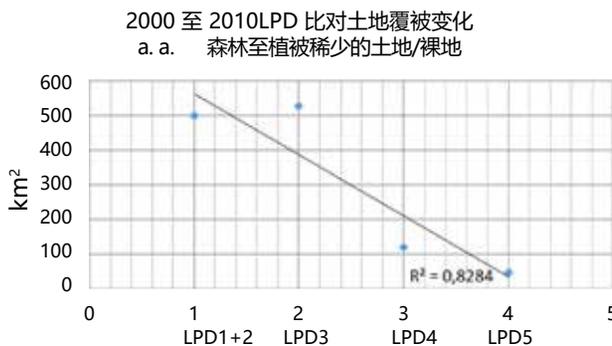
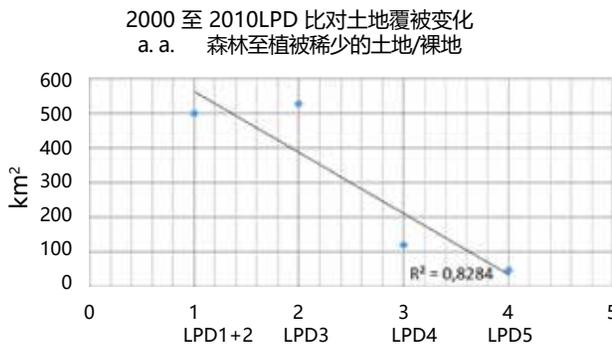


图8：土地过渡地区的LPD类别分布：a) 从森林到裸露/稀疏植被地，b) 森林到灌木地，c) 森林到灌溉作物。



这个例子如图8 a) 和b) 所示，其中土地生产力下降和独立成图的植被覆盖损失之间有高度对应关系，后者表现为土地覆被类别变化，这提供了LPD类别分布的合理性和相对准确性的证据。从半自然树木覆盖到灌溉作物的过渡表现出反向的情况（图8 c），这是高投入和集约化农业可能超过初级生产力自然潜力的有限情况之一。对于其他土地覆盖转变，全球层面的相关性不太明显（例如，从常绿阔叶林到农田的转化），但是更为精细 区域和国家层面的空间分类初步验证表明，LPD类别与半自然土地覆盖与农田过渡之间的关系更加明确、更加合理。这种更精细验证过程的结果将在WAD的第三版中看到。



绝大多数表明土地生产力明显和持续的变化的LPD类别出现在没有土地覆被改变成图信息的地区。因此，建议使用Google Earth多时相高分辨率图像进行局部验证，作为验证土地生产力变化的快速选项。可以很容易从Google Earth下载LPD geo-tiff类图像，并根据底层高分辨率图像数据库中可见的变化进行交互式研究。在《公约》的2014/2015年第一个零增长试点阶段，²⁷在许多情况下，生产力下降类别的原因是城市和基础设施扩张（例如大坝建设、矿山开采），这是一个局部土地生产力损失的推动因素，在更广阔周边环境对生态系统功能造成影响。

结语

从1999年到2013年的15年观察时间里，5个类别的LPD数据整合了关于光合有效植被产生地上生物量的趋势和变化的方向、强度和持续性的信息，广泛相当于全球土地表面的GPP。

在一个像素（1平方公里）内，低分辨率图像通常可能会组合相当数量的植被异质性，并且地上生物量的产量并不等于作物的产量。因此，必须明确理解和传达的是：LPD数据集背景下的“土地生产力”，在严格意义上所指的是地上植被生物量的总体生产力。这在概念上与常规农业术语中使用的每单位农业收入或“土地生产力”不一样，也不一定直接相关。

此外，必须理解，这里的5种LPD类别与观察期间损失或获得的地上生物量的产量或特定生物量的特定水平无关。每个类别主要表征GPP的总体方向、相对变化强度和持续性，与实际植被丰度或土地覆盖类型无关。这意味着每个LPD类别都可以出现在任何类型的土地覆被和任何水平的植被密度中。然而，生物生产力水平的定量信息包含在输入NDVI时间序列数据中，并在如表1所示的处理链中使用。

鉴于NDVI（或其他）等植被指数每日观测的全球时间序列在每个后续监测阶段不断更新，将使用扩展的NDVI时间序列产生LPD等级，但是用更长的时间序列作为输入。因此，在基线期和后续监测阶段之间的LPD类别变化将显示土地生产率轨迹的变化。下一个LPD的发布将把现有结果延伸至1999年至2016年。同时，建议通过提供关于基准线和每个后续监测年度之间的土地生产率变化百分比的信息，来解决土地生产力监测的变化数值，而非通过LPD的“定性类别”。GPP近似值可以按基线年份为中心的3至5年窗口和监测参考年份中的时间综合NDVI平均值来表达。

因此，在成熟度和“投入运行准备”方面，国家和地方级别（空间分辨率在1000至250米之间）的GPP估计，对植被指数形式遥感输入的使用，反映了这些尺度上绿色植被覆盖动态和空间异质性，是目前常规使用的最现实选择。使用当前的Landsat存档和新数据来源（例如哥白尼哨兵号），将特定地区的LPD方法扩展到30米的分辨率只需要5至10年。



参考文献

- Krausmann, F., Erb, K. H., Gingrich, S., Haber, H., Bondeau, A., Gaube, V., ... & Searchinger, T. D. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(25), 10324-10329.
- UNCCD. (2013). Report of the Conference of the Parties on its eleventh session, held in Windhoek from 16 to 27 September 2013. ICCD/COP(11)/23/Add.1. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn. See Decision 22/COP.11, pp 79-83. <http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop11/23add1eng.pdf>
- UNCCD. (2015). Report of the Conference of the Parties on its twelfth session, held in Ankara from 12 to 23 October 2015. ICCD/COP(12)/20/Add.1. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn. See Decision 3/COP.12, page 8. <http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop12/20add1eng.pdf>
- Yengoh, G. T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A. E., & Tucker, C. J. (2015). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. *SpringerBriefs in Environmental Science* (pp. 110). Springer. <http://www.springer.com/us/book/9783319241104>
- Yengoh, G. T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A. E., & Tucker, C. J. (2015). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. *SpringerBriefs in Environmental Science* (pp. 110). Springer. <http://www.springer.com/us/book/9783319241104>
- Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., & Miura, T. (2008). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 112(10), 3833-3845.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
- Zhu, Z., Bi, J., Pan, Y., Ganguly, S., Anav, A., Xu, L., ... & Myneni, R. B. (2013). Global data sets of vegetation leaf area index (LAI) 3g and Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR) 3g derived from Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI3g) for the period 1981 to 2011. *Remote Sensing*, 5(2), 927-948.
- Yengoh, G. T., et al. (2015) Op. Cit.
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., & Marshak, A. L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481-486.
- Myneni, R. B. (2014). Attribution of global vegetation photosynthetic capacity from 1982 to 2014. *Global Change Biology* (in review).
- Running, S. W., Nemani, R. R., Heinsch, F. A., Zhao, M., Reeves, M., & Hashimoto, H. (2004). A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. *Bioscience*, 54(6), 547-560.
- COPERNICUS 2016. Product User Manual, Dry Matter Productivity (DMP), Version 1. http://land.copernicus.eu/global/sites/default/files/products/GIOGL1_PUM_DMP_I2.10.pdf
- Yengoh, G. T., et al. (2015) Op. Cit.
- Yengoh, G. T., et al. (2015) Op. Cit.
- Yengoh, G. T., et al. (2015) Op. Cit.
- Kinzig, A., Ryan, P., Etienne, M., Allison, H., Elmqvist, T., & Walker, B. (2006). Resilience and regime shifts: assessing cascading effects. *Ecology and society*, 11(1).
- Wessels, K. J., Prince, S. D., Frost, P. E., & Van Zyl, D. (2004). Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*, 91(1), 47-67.
- Joint Research Centre of the European Commission. 2017. *World Atlas of Desertification*, 3rd edition. Ispra <http://wad.jrc.ec.europa.eu/>
- Ivits, E., Cherlet, M., Sommer, S., & Mehl, W. (2013) Addressing the complexity in non-linear evolution of vegetation phenological change with time-series of remote sensing images. *Ecological Indicators*, 26, 49-60.
- Prince, S. D., Becker-Reshef, I., & Rishmawi, K. (2009). Detection and mapping of long-term land degradation using local net production scaling: Application to Zimbabwe. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 1046-1057.
- Ivits, E., Cherlet, M., Mehl, W., & Sommer, S. (2013). Ecosystem functional units characterized by satellite observed phenology and productivity gradients: A case study for Europe. *Ecological indicators*, 27, 17-28.
- Ivits, E., Cherlet, M., Harion, S., & Fensholt, R. (2013) Global Biogeographical Pattern of Ecosystem Functional Types Derived From Earth Observation Data. *Remote Sensing*, 5(7), 3305-3330.
- Craglia, M. and Shanley, L. (2015). Data democracy – increased supply of geospatial information and expanded participatory processes in the production of data. *International Journal of Digital Earth* 8-9: 1-15.
- <https://www.esa-landcover-cci.org/>
- http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/18102016_LDN%20setting_final_ENG_0.pdf



©Georgina Smith / CIAT

全球土地展望研究手稿系列

《展望》研究手稿系列是一套补充的出版物，涵盖与土地管理和规划相关的各种战略问题。很多研究手稿受委托在《展望》第一版的主要议题上提供见解和分析。该系列预计将是一个持续的活动，将有助于后续的《展望》。

请访问www.unccd.int/glo下载您的副本。

COGESTION DES TERRES ET DE L'EAU POUR UN DÉVELOPPEMENT DURABLE

Alfred M. Duda

UTILISATION DES TERRES ET DE L'ÉNERGIE

Uwe R. Fritsche et al.

NEUTRALITÉ DE LA DÉGRADATION DES TERRES EN TENANT COMPTE DE L'ÉGALITÉ DES SEXES

Atieno Mboya Samandar

GESTION INTÉGRÉE DU PAYSAGE : UNE APPROCHE DE LA RÉALISATION D'UN DÉVELOPPEMENT DURABLE ÉQUITABLE ET PARTICIPATIF

Melissa Thaxton, Seth Shames et Sara J. Scherr

RÉGIME ET DROITS FONCIERS POUR LA GESTION ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE AMÉLIORÉS DES TERRES

Emmanuel Kasimbazi

PLANIFICATION DE L'UTILISATION DES TERRES

Graciela Metternicht

CHAÎNES DE VALEUR DES TERRES

Giancarlo Raschio

MIGRATION ET DÉGRADATION DES TERRES : EXPÉRIENCE RÉCENTE ET TENDANCES FUTURES

Robert McLeman

PAIX, SÉCURITÉ, TERRES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Grammenos Mastrojeni

LIENS RURAUX-URBAINS DANS LE CONTEXTE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Craig Hatcher

« LA TERRE EST EN FAIT COMME UN GRAND LIVRE, VOUS VOYEZ ? » GÉOMYTHOLOGIE, ET LA VALEUR D'UN PONT ENTRE LA SCIENCE CONVENTIONNELLE ET AUTOCHTONE

Michael Welland

L'ÉCONOMIE DE LA POLITIQUE, DE LA PLANIFICATION ET DE LA PRATIQUE FONCIÈRE

Nicola Favretto et al.

LES TERRES DANS LES TERRES ARIDES : SE DÉVELOPPER DANS L'INCERTITUDE PAR LA DIVERSITÉ

Jonathan Davies

LE RÔLE DE LA RESTAURATION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA RÉADAPTATION DANS LES PAYSAGES DE PRODUCTION : UNE APPROCHE AMÉLIORÉE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Neville D. Crossman

MENACES SUR LES SOLS : TENDANCES ET PERSPECTIVES MONDIALES

Gary Pierzynski et Brajendra (éditeurs)



© Nam Nguyen Than

**今天做出的大胆决策和投入，
将决定明天在土地上的生活质
量。本《展望》可以及时提醒
我们可以采取步骤，塑造一个
繁荣和更安全的未来。这是一
个基于权利、回报的未来，最
重要的是尊重我们宝贵土地资
源的的未来。**

土地是文明的基本组成部分，但人们以截然不同并且常常互不相容的方式看待和估价它对我们生活质量的贡献。在许多国家，与土地使用有关的冲突正在愈演愈烈。世界已经到了我们必须调和这些差异的时候，需要我们重新思考使用和管理土地的方式。

这本第一版《全球土地展望》表明了，明智和负责的决策，加上我们日常生活的简单变化，如果得到广泛采用，就可以帮助扭转当前我们土地资源状况令人担忧的趋势。



United Nations
Convention to Combat
Desertification