

气候变化与土地



IPCC

Valérie Masson-Delmotte
第一工作组联合主席

Hans-Otto Pörtner
第二工作组联合主席

Jim Skea
第三工作组联合主席

Raphael Slade
TSU负责人 (科学)

Marion Ferrat
沟通负责人

Suvadip Neogi
科学官

Joana Portugal Pereira
高级科学官

Katie Kissick
TSU负责人 (运行)

Eduardo Calvo Buendía
TFI联合主席

Sarah Connors
高级科学官

Eamon Haughey
高级科学官

Minal Pathak
高级科学官

Purvi Vyas
科学官

Malek Belkacemi
IT/网络经理

Panmao Zhai
第一工作组联合主席

Debra Roberts
第二工作组联合主席

Priyadarshi R. Shukla
第三工作组联合主席

Renée van Diemen
科学官

Sigourney Luz
沟通经理

Jan Petzold
科学官

Elizabeth Huntley
TSU负责人 (运行)

Juliette Malley
高级行政官

封面照片: 土耳其安纳托利亚省安卡拉和哈图沙之间的农业景观(40°00'N–33°35'E)
www.yannarthusbertrand.org | www.goodplanet.org. ©Yann Arthus-Bertrand

© 2020政府间气候变化专门委员会
本决策者摘要的电子版见IPCC网站 www.ipcc.ch

ISBN 978–92–9169–554–6

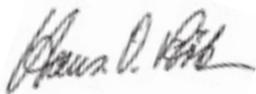
SPM



Valérie Masson-Delmotte
第一工作组联合主席



Panmao Zhai
第一工作组联合主席



Hans-Otto Pörtner
第二工作组联合主席



Debra Roberts
第二工作组联合主席



Jim Skea
第三工作组联合主席



Eduardo Calvo Buendía
TFI联合主席



Priyadarshi R. Shukla
第三工作组联合主席

引言

3

4

IPCC

8

SPM

-
- ¹ 生物圈的陆地部分，包括自然资源（土壤、近地面空气、植被、其他生物群和水）、生态过程、地形、人类居住地以及在该系统内运行的基础设施。
 - ² 这三份特别报告是：“《全球升温1.5°C》，这是一份在强化全球气候变化威胁应对与可持续发展以及努力消除贫困背景下，IPCC关于全球温度比工业化以前水平升高1.5°C的影响及相关全球温室气体排放路径的特别报告”；“《气候变化与土地》，这是一份IPCC关于气候变化、荒漠化、土地退化、可持续土地管理、粮食安全以及陆地生态系统温室气体通量的特别报告”；“《气候变化背景下的海洋和冰冻圈》”。
 - ³ 相关提议包括气候变化和荒漠化；区域性荒漠化；土地退化——评估减缓和适应的相互联系以及综合战略；农业、林业与其他土地利用；粮食与农业；以及粮食安全与气候变化。
 - ⁴ 本报告将荒漠化定义为“由包括气候变迁和人类活动在内的许多因素造成的干旱、半干旱及亚湿润干旱地区的土地退化”。
 - ⁵ 本报告将土地退化定义为“由包括人为引起的气候变化在内的人类直接或间接过程导致的土地状况的负面趋势，表现为生物生产力、生态完整性，或对人类价值中至少一项的长期减少和丧失”。
 - ⁶ 本报告将粮食安全定义为“这样一种状况，任何人、在任何时候都可通过物质、社会和经济方式获得充足、安全和营养的食物，满足其饮食需求以及积极健康生活的食物偏好”。
 - ⁷ 本报告将可持续土地管理定义为“管理和利用土地资源，包括土壤、水、动植物，以满足不断变化的人类需求，同时确保这些资源的长期生产潜力并维持其环境功能”。
 - ⁸ 本报告评估了2019年4月7日前已接受出版的文献。
 - ⁹ 每项发现都建立在对基础证据和一致性的评估基础上。使用五个限定词来表示置信水平：很低、低、中、高和很高，并以斜体字排版，例如，*中等信度*。使用以下术语表示评估结果的可能性：几乎肯定99–100%的概率，非常可能90–100%，可能66–100%，或许可能33–66%，不可能 0–33%，非常不可能0–10%，几乎不可能0–1%。在适当的时候也可以使用附加术语（极其可能95–100%，多半可能> 50–100%，多半不可能0–<50%，极不可能0–5%）。评估的可能性以斜体字排版，例如，*非常可能*。这与IPCC AR5是一致的。

A. 变暖世界中的人类、土地和气候

A.1

70
{1.1 1.2 2.3 2.4 SPM.1}

- A.1.1 目前，人类使用了土地潜在净初级生产量¹⁰的四分之一到三分之一，用于生产食品、饲料、纤维、木材和能源。土地为许多其他生态系统功能和服务¹¹提供了基础，包括对人类至关重要的文化和调节服务（*高信度*）。在一种经济方法中，全球陆地生态系统服务的年度估值大致相当于年度全球国内生产总值¹²（*中等信度*）。{1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5, 图SPM.1}
- A.1.2 土地既是温室气体（GHG）的源，也是温室气体的汇，在地表和大气之间的能量、水和气溶胶交换中发挥着关键作用。土地生态系统和生物多样性在不同程度上易受持续气候变化和极端天气和气候事件的影响。可持续土地管理有助于减少包括气候变化在内的多种压力因素对生态系统和社会的负面影响（*高信度*）。{1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5, 图SPM.1}
- A.1.3 自1961年以来的资料显示¹³，全球人口增长以及人均食物、饲料、纤维、木材和能源消费的变化导致了前所未有的土地和淡水使用率（*很高信度*），其中农业目前占大约全球淡水使用量的70%（*中等信度*）。农业和林业区域面积的扩大，包括商业生产，以及农业和林业生产力的提高，支持了不断增长人口的消费和粮食供应（*高信度*）。这些变化导致了GHG净排放量的增加（*很高信度*）、自然生态系统（如森林、稀树草原、天然草原和湿地）的丧失以及生物多样性的下降（*高信度*），但存在较大区域差别。{1.1, 1.3, 5.1, 5.5, 图SPM.1}
- A.1.4 自1961年以来的资料显示，人均植物油和肉类供应量增加了一倍以上，人均食物卡路里供应量增加了约三分之一（*高信度*）。目前，损失或浪费的粮食占到生产总量的25–30%（*中等信度*）。这些因素与额外的GHG排放有关（*高信度*）。现在，消费模式的改变导致约20亿成年人超重或肥胖（*高信度*）。估计仍有8.21亿人营养不良（*高信度*）。{1.1, 1.3, 5.1, 5.5, 图SPM.1}
- A.1.5 地球上约有四分之一的无冰陆地表面受人为因素影响而退化（*中等信度*）。据估计，当前农田土壤的侵蚀速率是土壤形成速率的10到20倍（免耕），甚至100倍以上（常规耕作）（*中等信度*）。气候变化加剧了土地退化，特别是在低洼沿海地区、河流三角洲、旱地和多年冻土地区（*高信度*）。1961–2013年间，旱地的年度干旱面积平均每年增加幅度略高于1%，年际变化也很大。2015年，约有5（3.8–6.2）亿人生活的地区在1980–2000年间经历过荒漠化。受影响人数最多的地区的是南亚、东亚、包括北非在内的环撒哈拉地区，以及包括阿拉伯半岛在内的中东地区（*低信度*）。其他旱地地区也经历了荒漠化。生活在已退化或荒漠化地区的人们越来越多地受到气候变化的负面影响（*高信度*）。{1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 图SPM.1}

¹⁰ 本报告将土地潜在净初级生产量（NPP）定义为在没有土地利用的特定时间段内，通过光合作用累积的碳减去植物自养呼吸消耗的碳。

¹¹ IPBES的概念框架使用了“自然对人类的贡献”，其中包括生态系统产品和服务。

¹² 本报告评估了2019年4月7日前已接受出版的文献。

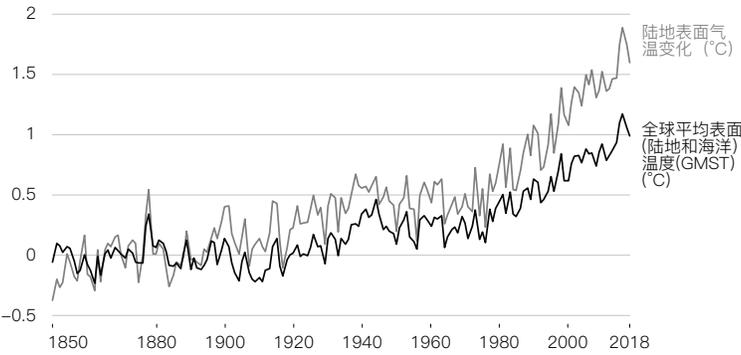
¹³ 基于FAOSTAT自1961年的国家统计资料中最全面的资料。这并不意味着这些变化始于1961年。自前工业化时期至今，土地利用一直在发生变化。

土地利用和观测到的气候变化

A. 与1850-1900年相比观测到的温度变化

自工业化前时期（1850-1900年）以来，观测到的平均陆地表面气温升幅显著高于全球平均表面（陆地和海洋）温度（GMST）。

与1850-1900年相比的温度变化（°C）

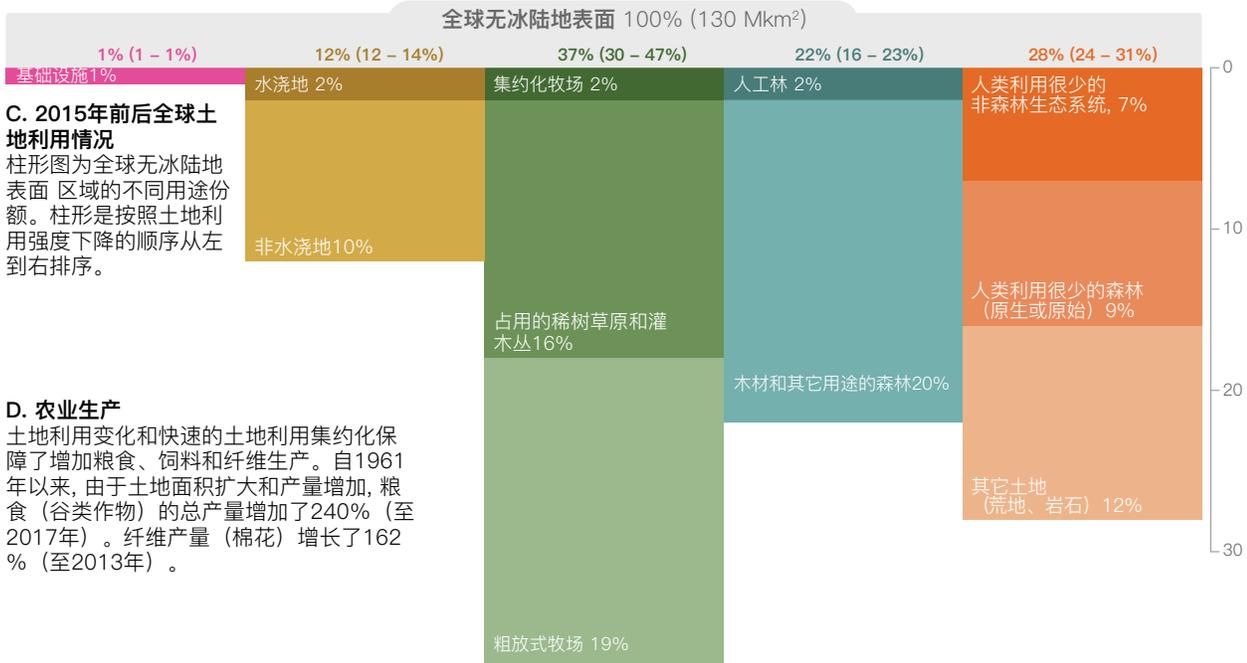
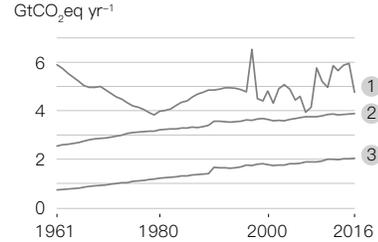


B. GHG 排放

估计人为温室气体排放总量（2007-2016）的23%源自农业、林业和其它土地利用（AFOLU）。

与1961年相比的排放量变化

- ① FOLU 的净CO₂排放 (Gt CO₂/年)
- ② 农业CH₄排放 (Gt CO₂eq/年)
- ③ 农业N₂O排放 (Gt CO₂eq/年)



C. 2015年前后全球土地利用情况

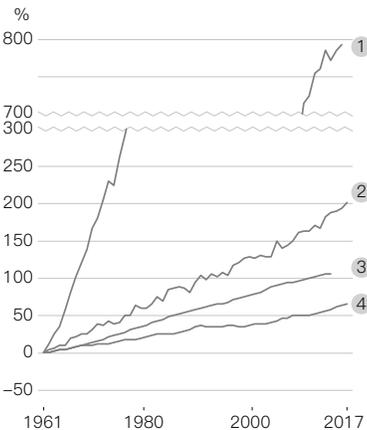
柱形图为全球无冰陆地表面区域的不同用途份额。柱形是按照土地利用强度下降的顺序从左到右排序。

D. 农业生产

土地利用变化和快速的土地利用集约化保障了增加粮食、饲料和纤维生产。自1961年以来，由于土地面积扩大和产量增加，粮食（谷类作物）的总产量增加了240%（至2017年）。纤维产量（棉花）增长了162%（至2013年）。

与1961年相比发生的变化%

- ① 无机氮肥使用
- ② 谷物产量
- ③ 灌溉水量
- ④ 反刍牲畜总数

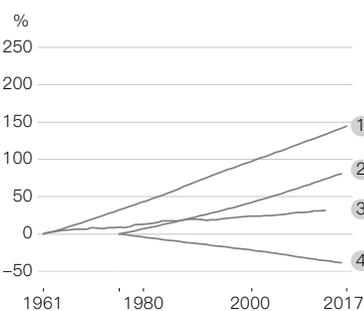


E. 粮食需求

产量增加与消费变化有关。

与1961年和1975年相比发生的变化%

- ① 人口
- ② 超重+肥胖的发生率
- ③ 人均总热量
- ④ 体重不足的发生率

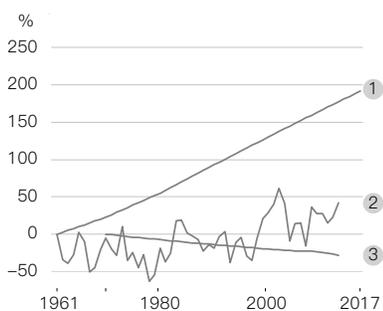


F. 荒漠化和土地退化

土地利用变化、土地利用集约化和气候变化造成了荒漠化和土地退化。

与1961年和1970年相比发生的变化%

- ① 荒漠化地区的人口
- ② 每年干旱的旱地面积
- ③ 内陆湿地范围



SPM.1 | 本图代表了评估报告涉及到的土地利用和观测到的气候变化。子图A–F显示了选定的土地利用和气候变量的现状和趋势，代表着本报告中涉及的许多核心主题。子图B和D–F的年度时间序列基于国家统计资料中最全面、最可用的资料，大多数来源于自1961年开始的FAOSTAT。子图D–F的Y轴表示的是相对于时间序列而起始的年份（重新定义为零）。资料来源与注释：**A** 升温曲线是四个资料集的平均{2.1；图2.2；表2.1} **B** 农业 N_2O 和 CH_4 排放来自FAOSTAT；FOLU的 CO_2 净排放量使用的是两种记账模式的平均（包括1997年以来泥炭地火灾的排放量）。所有以 CO_2 -eq为单位的值均基于AR5不考虑气候—碳反馈的100年全球变暖潜值（ $N_2O=265$ ； $CH_4=28$ ）。{见表SPM.1，1.1，2.3} **C** 描述了2015年左右全球不同用途无冰陆地表面的份额，沿着土地利用强度下降的顺序从左到右排序。每个柱形条代表了一系列土地覆盖类别；顶部数字是指所覆盖的无冰陆地表面的总百分比，括号内是不确定性范围。将集约式放牧定义为牲畜密度大于 $100/km^2$ 。“用于木材和其他用途的森林”的面积是通过森林总面积减去“初级/未动”森林面积来计算的。{1.2，表1.1，图1.3} **D** 无机氮肥使用量显示在分轴上。化肥使用量的大幅度变化反映了1961年的低用量，这与单位面积化肥使用的增加以及为提高粮食产量而施肥的农田和草地的增加有关。{1.1，图1.3} **E** 将超重人群定义为体重指数（BMI） $> 25 kg/m^2$ 的人群；将体重不足定义为BMI $< 18.5 kg/m^2$ 。{5.1，5.2} **F** 使用TerraClimate降水和潜在蒸散量（1980–2015）估算旱地面积，以确定干旱指数低于0.65的区域。人口资料来自HYDE3.2资料库。基于12个月积累的全球降水气候中心干旱指数确定遭遇干旱的地区。基于2000多个时间序列的汇总资料确定内陆湿地范围（包括泥炭地），这些资料报告了当地湿地面积随时间的变化。{3.1，4.2，4.6}

A.2

{2.2 3.2 4.2 4.3 4.4 5.1 5.2 7 7.2}

- A.2.1 自前工业化时期（1850–1900年）以来，观测到的地面平均气温比全球平均地表（陆地和海洋）温度（GMST）升幅要高得多（**高信度**）。从1850–1900年到2006–2015年，平均地面气温升高了 $1.53^\circ C$ （非常可能的范围是在 $1.38^\circ C$ 至 $1.68^\circ C$ 之间），而GMST升高了 $0.87^\circ C$ （可能的范围是在 $0.75^\circ C$ 至 $0.99^\circ C$ 之间）。{2.2.1，图SPM.1}
- A.2.2 升温导致了与高温相关事件的频率、强度和持续时间的增加，包括大多数陆地区域的热浪¹⁴（**高信度**）。干旱的频率和强度在一些地区（包括地中海、西亚、南美洲的许多地区、非洲的大部分地区以及东北亚）有所增加（**中等信度**）。全球范围内强降水事件的强度有所增加（**中等信度**）。{2.2.5，4.2.3，5.2}
- A.2.3 卫星观测¹⁵显示，在过去三十年中，亚洲部分地区、欧洲、南美洲、北美洲中部和澳大利亚东南部地区出现植被“变绿”¹⁶。绿化的原因包括生长季的延长、氮沉降、 CO_2 施肥¹⁷和土地管理等因素的综合（**高信度**）。在欧亚大陆北部、北美部分地区、中亚和刚果盆地等一些地区，观测到植被褐化¹⁸，其主要原因是水分胁迫（**中等信度**）。在全球范围内，植被绿化的区域要多于植被“变棕”的区域（**高信度**）。{2.2.3，文框2.3，2.2.4，3.2.1，3.2.2，4.3.1，4.3.2，4.6.2，5.2.2}
- A.2.4 在过去几十年中，沙尘暴的频率和强度有所增加，对人类健康产生了越来越大的负面影响。这是由于许多旱地地区（如阿拉伯半岛以及更广泛的中东、中亚等地区）的土地利用和土地覆盖发生变化以及气候相关因素导致的（**高信度**）¹⁹。{2.4.1，3.4.2}
- A.2.5 在一些旱地地区，陆地表面气温的升高、蒸散的增加以及降水量的减少与气候变率和人类活动发生相互作用，导致了荒漠化。这些地区包括撒哈拉以南非洲、东亚和中亚部分地区以及澳大利亚（**中等信度**）。{2.2，3.2.2，4.4.1}

¹⁴ 本报告将热浪定义为“一段异常炎热的天气时期。关于热浪和温暖时期有各种各样的定义，在某些情况下也有重叠的定义”。

¹⁵ 地面验证和传感器校准的不足会影响卫星观测资料的解译。此外，它们的空间分辨率可能会导致难以解析小尺度变化。

¹⁶ 本报告将植被“变绿”定义为植物光合有效部分生物量的增加，是通过卫星观测推断的。

¹⁷ 本报告将 CO_2 施肥定义为由于大气中二氧化碳（ CO_2 ）浓度的增加而导致植物生长的加快。 CO_2 施肥效应的程度取决于养分和水的可用性。

¹⁸ 本报告将植被“变棕”定义为植物光合有效部分生物量的减少，是通过卫星观测推断的。

¹⁹ 在本报告评估的文献中，关于在其他地区沙尘暴和健康影响相关趋势的证据有限。

- A.2.6 全球变暖导致世界上许多地区的气候带发生了变化，包括干旱气候带的扩大以及极地气候带的收缩（*高信度*）。因此，许多植物和动物物种的分布范围、丰度和季节性活动都发生了变化（*高信度*）。{2.2, 3.2.2, 4.4.1}
- A.2.7 气候变化可加剧土地退化过程（*高信度*），其方式包括增强降水的强度、洪水、干旱频率和严重程度、高温胁迫、早期、风、海平面上升和浪作用、多年冻土融化等，土地管理可调节这些影响。海岸侵蚀持续发生，正在加剧并影响着更多地区。海平面上升加剧了一些地区的土地利用压力（*中等信度*）。{4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.4.1, 4.4.2, 4.9.6, 表4.1, 7.2.1, 7.2.2}
- A.2.8 气候变化导致升温、降水格局发生变化以及一些极端事件更为频发，已经对粮食安全产生了影响（*高信度*）。将气候变化与影响作物产量的其他因素分别开来的研究表明，在许多低纬地区，一些作物（如玉米和小麦）的产量受到了观测到的气候变化的不利影响，而在许多高纬地区，一些作物（如玉米、小麦和甜菜）的产量近几十年来则受到了正面影响（*高信度*）。气候变化导致了非洲畜牧系统的动物生长速度和生产力的降低（*高信度*）。有充分证据表明，农业病虫害已经对气候变化做出反应，导致了虫害的增加或减少（*高信度*）。根据土著和当地知识，气候变化正影响着旱地地区的粮食安全，特别是非洲的旱地地区，以及亚洲和南美洲的高山地区²⁰。{5.2.1, 5.2.2, 7.2.2}

A.3	2007- 2016				AFOLU	13	CO ₂
	44	CH ₄	81	N ₂ O	GHG ²¹		23
	12.0+/- 2.9GtCO ₂ e	yr ⁻¹		2007- 2016			
	11.2 GtCO ₂ e	yr ⁻¹	CO ₂	29			
	21- 37		{2.3	2.2	5.4}		GHG

- A.3.1 由于人为和自然驱动因素，土地可以同时成为CO₂的源和汇，因此很难区分人为和自然通量（*很高信度*）。据全球模式估计，2007–2016年土地利用和土地利用变化的净CO₂排放量为5.2±2.6GtCO₂ yr⁻¹（*可能的范围*）。这些净排放主要是由于森林砍伐，在一定程度上被造林/再造林和其他土地利用活动的排放和清除所抵消（*很高信度*）（表SPM.1）²³。自1990年以来，年度排放没有呈现出明显趋势（*中等信度*）（图SPM.1）。{1.1, 2.3, 表2.2, 表2.3}
- A.3.2 2007–2016年间，土地对大气CO₂浓度增加、氮沉降和气候变化等人为环境变化的自然反应导致了11.2+/- 2.6 GtCO₂ yr⁻¹（*可能的范围*）全球净清除量（表SPM.1）。这一反应产生的净清除量与AFOLU净排放量相加，得到2007–2016年间土地—大气净通量为6.0+/-3.7 GtCO₂ yr⁻¹的净清除量（*可能的范围*）。由于气候变化，预估未来植被和土壤CO₂排放的净增量会抵消因CO₂施肥和生长季延长而导致的清除量的增加（*高信度*）。这些过程之间的平衡是确定未来土地碳汇不确定性的关键来源。多年冻土的融化预计会增加土壤碳的释放（*高信度*）。在21世纪，这些地区植被的增长可能能够在一定程度上弥补这些碳释放（*低信度*）。{文框2.3, 2.3.1, 2.5.3, 2.7; 表2.3}

²⁰ 评估文献中使用的方法包括与原住民和当地社区的访谈和调查。

²¹ 该评估仅包括CO₂、CH₄和N₂O。

²² 本报告中将全球食物系统定义为“与食品的生产、加工、分配、准备和消费有关的所有要素（环境、人员、投入、过程、基础设施、机构等）和活动，以及这些活动的产出，包括全球层面上的社会经济和环境成果。”这些排放资料与根据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》编写的国家清单没有直接可比性。

²³ 来自“记账”或“碳核算”模式的净人为CO₂通量由两个相反的总通量组成：总排放量（约20 GtCO₂ yr⁻¹）来自森林砍伐、土地耕种和木材产品氧化；总清除量（约14 GtCO₂ yr⁻¹）主要来自木材收获和农地弃耕后的森林增长（*中等信度*）。

A.3.3 全球模式和国家GHG清单使用了不同的方法来估算土地部门的人为CO₂排放量和清除量。两者对涉及森林（例如砍伐森林、植树造林）的土地利用变化给出的估计值一致，而对涉及管护林的则有所不同。全球模型将管护林视为按照IPCC指南进行木材收获的土地，而国家温室气体清单对管护林的定义则更为宽泛。在较大范畴内，清单也可将土地对人为环境变化的自然反馈视为人为因素，而全球模式方法{表SPM.1}将这种反应视为非人为汇的一部分。例如，从2005年到2014年，国家GHG清单净排放估算的总和为0.1±1.0 GtCO₂yr⁻¹，而两个全球记账模式的平均值为5.2±2.6GtCO₂yr⁻¹（可能的范围）。考虑到这些方法上的差异可以增进对土地部门净排放估算及其应用的理解。

SPM1. |

¹仅给出了到2016年的估算，这是所有气体都有可用资料的最近日期。

²土地覆盖变化导致的净人为CO₂通量，如砍伐森林和植树造林，以及包括木材收获与再生、泥炭地燃烧在内的土地管理，其基础是全球碳预算和AR5中使用的两种记账模式。在这些模式中，不考虑在相同土地利用下农业土壤碳储量的变化。{2.3.1.2.1, 表2.2, 文框2.2}

³该估算显示了FAOSTAT和USEPA 2012这两个数据库的平均值和评估的不确定性。{2.3; 表2.2}

⁴基于FAOSTAT。该估算值涵盖的类别包括“净森林转换”（净砍伐森林）、有机土壤（农田和草地）的排水、生物质燃烧（潮湿的热带森林、其他森林、有机土壤）。它不包括“林地”（森林管理加上净森林扩张），得益于植树造林，主要是一种碳汇。注：2007–2016年间，FAOSTAT的FOLU总排放量为2.8 (±1.4) GtCO₂ yr⁻¹。{表2.2, 表5.4}

⁵AFOLU部门以外活动导致的CO₂排放主要来自能源部门（如粮食烘干）、交通运输部门（如国际贸易），以及粮食系统中的工业部分（如无机肥料的合成），包括农业生产活动（如温室加热）、上游生产（如农用物资的制造）和下游生产（如农业食品加工）活动。该估算以土地为基础，因此不包括渔业排放。包括了来自纤维和其他非粮食农产品的排放，因为在数据库中这些产品与粮食使用没有分开。在除AFOLU外的其他部门，与食品系统相关的CO₂排放量占人为CO₂排放总量的6–13%。在小农自给农业中这类排放通常很低。当加入AFOLU排放时，估计食物系统占全球人为排放的21–37%。{5.4.5, 表5.4}

⁶非AFOLU排放总量是能源、工业来源、废物和其他排放的CO₂e排放总量之和。CO₂资料来源于全球碳项目，包括了国际航空和航运；CH₄和N₂O资料来源于PRIMAP数据库中2007–2014年间的平均值，选取这一段时期是因为这是可获得资料的唯一时期。{2.3; 表2.2}

⁷土地对大气CO₂浓度增加、氮沉降和气候变化等人为环境变化的自然反应是指植被和土壤对环境变化的反应。显示的估算值代表的是动态全球植被模型的平均值。{2.3.1.2.4, 文框2.2, 表2.3}

⁸所有以CO₂e为单位的值均基于AR5不考虑气候—碳反馈的100年全球变暖潜值（GWP）（N₂O=265；CH₄=28）。请注意，GWP已被用于化石燃料和甲烷生物源。如果化石燃料CH₄使用的GWP较高（按AR5为30），则以CO₂e表示的人为CH₄排放总量将增加2%。

⁹该估算以土地为基础，因此不包括渔业排放和水产养殖排放（在陆地生产的饲料并用于水产养殖的排放除外），但包括非粮食用途（如纤维和生物能源），因为在数据库中这些产品与食品使用没有分开。不包括与土地利用变化（FOLU类别）相关的非CO₂排放，因为这些排放来自森林和泥炭地的火灾。

¹⁰与粮食损失和浪费有关的排放是隐含的，因为粮食系统的排放与生产的粮食（包括为提供营养而消耗的粮食）有关，也与粮食损失和浪费有关。估计后者占总人为CO₂e排放的8–10%。{5.5.2.5}

¹¹没有可用于估算农业CO₂排放的全球资料。

A.3.4 2007–2016年间，全球AFOLU甲烷排放量为161±43 Mt CH₄yr⁻¹ (4.5±1.2 GtCO₂e yr⁻¹) (中等信度)。大气中甲烷的全球平均浓度在20世纪80年代中期至90年代初呈稳定增长趋势，此后直到1999年增长放缓，1999–2006年间没有增长，随后在2007年重新增长 (高信度)。与2000年之前相比，生物源在排放中所占的比例更大 (高信度)。反刍动物和水稻种植的扩大是其浓度上升的重要因素 (高信度)。{表2.2, 2.3.2, 5.4.2, 5.4.3, 图SPM.1}

A.3.5 2007–2016年间，人为AFOLU N₂O排放量上升，为8.3±2.5 MtN₂O yr⁻¹ (2.3±0.7 GtCO₂e yr⁻¹)。来自土壤的人为N₂O排放 (图SPM.1, 表SPM.1) 主要是由于施氮，包括效率低下 (过度施用或与作物需求的时间不一致) 等因素 (高信度)。2007–2016年间，农田土壤排放约3 MtN₂O yr⁻¹ (约795 MtCO₂e yr⁻¹) (中等信度)。由于粪便沉积有所增加，管护牧场的排放量大幅增加 (中等信度)。2014年，来自管护牧场牲畜的排放占农业人为N₂O排放总量的一半以上 (中等信度)。{表2.1, 2.3.3, 5.4.2, 5.4.3}

A.3.6 2007–2016年间，农业、林业和其他土地利用 (AFOLU) 的净GHG排放总量为12.0+/-2.9 GtCO₂e yr⁻¹。这占净人为排放总量的23%²⁴ (表SPM.1)。全球粮食系统等其他方法涵盖了农业排放和土地利用变化 (即砍伐森林和泥炭地退化)，以及能源、交通运输和工业部门用于粮食生产的农场外排放。农场内的排放和农业用地的扩张 (这促进了全球粮食系统) 占人为排放总量的16–27% (中等信度)。农场外的排放量占人为排放总量的5–10% (中等信度)。鉴于粮食系统的多样性，粮食系统不同组成部分的贡献存在很大的区域差异 (很高信度)。由于人口和收入增长以及消费模式的变化 (中等信度)，预估农业生产的排放量将增加 (高信度)。{5.5, 表5.4}

²⁴ 该评估仅包括CO₂、CH₄和N₂O。

{ 2 2.3 2.4 2.5 3.3}

- A.4.1 自前工业化时期以来，人类活动造成土地覆盖发生变化，这既导致了CO₂的净释放，进而导致全球变暖（高信度）；又导致了全球陆地反照率²⁶的增加，进而导致地表降温（中等信度）。在历史时期，估计对全球平均表面温度产生的净影响很小（中等信度）。{2.4。2.6.1，2.6.2}
- A.4.2 许多极端事件的可能性、强度和持续时间可随土地条件的变化而显著改变，其中包括与热量相关的事件，如热浪（高信度）和强降水事件（中等信度）。土地条件的变化可影响数百公里以外地区的温度和降雨量（高信度）。{2.5.1，2.5.2，2.5.4，3.3；第2章跨章节文框4}
- A.4.3 预估气候变化可通过对区域气候的反馈来改变土地条件。在林线向北迁移和/或生长季延长的北方地区，由于积雪层的减少和反照率的降低，冬季变暖将增强；而由于蒸散的加强，生长季的变暖将减弱（高信度）。在预估降雨量将增加的热带地区，植被生长的增加将减弱该区域的变暖（中等信度）。气候变化导致土壤变得更加干燥，这会增加热浪的严重程度，而较湿润的土壤条件可产生相反的效果（高信度）。{2.5.2。2.5.3}
- A.4.4 荒漠化可造成与植被覆盖减少相关的CO₂释放，进而加剧全球变暖（高信度）。植被覆盖的减少易于增加区域反照率，导致地表降温（高信度）。{3.3}
- A.4.5 森林覆盖的变化（如植树造林、重新造林和森林砍伐）可通过水和能量的交换直接影响区域地表温度²⁷（高信度）。在森林覆盖率增加的热带地区，蒸散的加强可产生降温效果（高信度）。在生长季节，蒸散的加强可导致较冷的天气（高信度），并且可以减少热量相关事件的幅度（中等信度）。在季节性积雪的地区，如北方和一些温带地区，树木和灌木覆盖面积的增加可引起地表反照率的降低，也会产生冬季变暖的影响²⁸（高信度）。{2.3，2.4.3，2.5.1，2.5.2，2.5.4}
- A.4.6 全球变暖和城市化都会加剧城市及其周围环境的变暖（热岛效应），特别是在热浪等与热量相关的事件中（高信度）。夜间温度受这种效果的影响比白天更高（高信度）。城市化水平的提高也会加剧城市或城市下风区域的极端降水事件（中等信度）。{2.5.1，2.5.2，2.5.3，4.9.1，第2章跨章节文框4}

²⁵ 土地条件包括了土地覆盖（如砍伐森林、植树造林、城市化）、土地利用（如灌溉）以及土地状况（如湿度、绿化程度、积雪量、多年冻土量）等的变化。

²⁶ 反照率较高的土地反射的太阳辐射比反照率较低的土地更多。

²⁷ 文献表明，森林覆盖的变化也能通过活性气体和气溶胶的排放变化来影响气候 {2.4，2.5}。

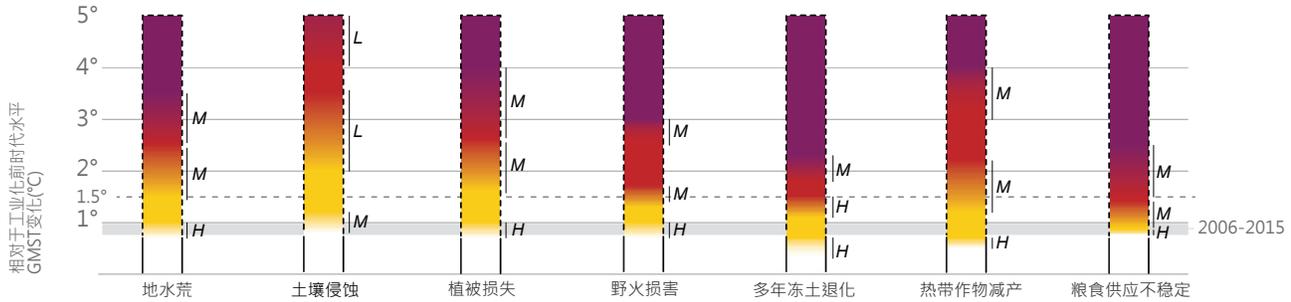
²⁸ 最新的文献表明，与北方森林相关的气溶胶至少在一定程度上可以抵消地表反照率的变暖效应{2.4.3}。

文框SPM.1 | 共享社会经济路径 (SSP)

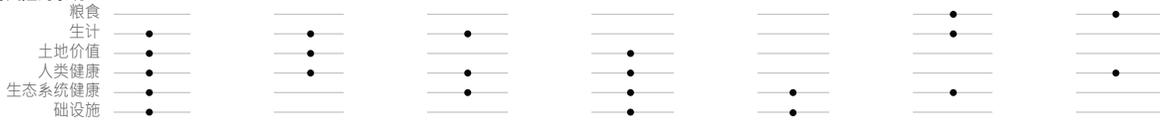
-
-
-
-
-
-

A. 气候变化导致的陆地过程变化对人类和生态系统的风险

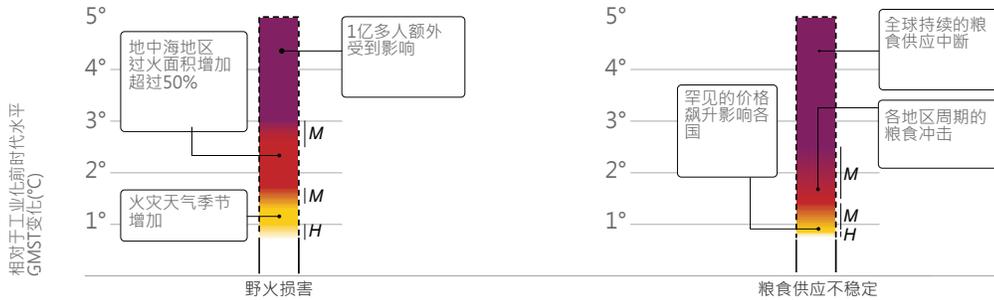
相对于工业化前水平，全球平均表面温度（GMST）上升会影响涉及荒漠化（水荒）、土地退化（土壤侵蚀、植被损失、野火、多年冻土融化）和粮食安全（作物产量和粮食供应不稳定）等过程。这些过程的变化会给粮食系统、生计、基础设施、土地价值以及人类健康和生态系统健康带来风险。一个过程的变化（例如野火或水荒）可能会导致复合风险。风险因地而异。



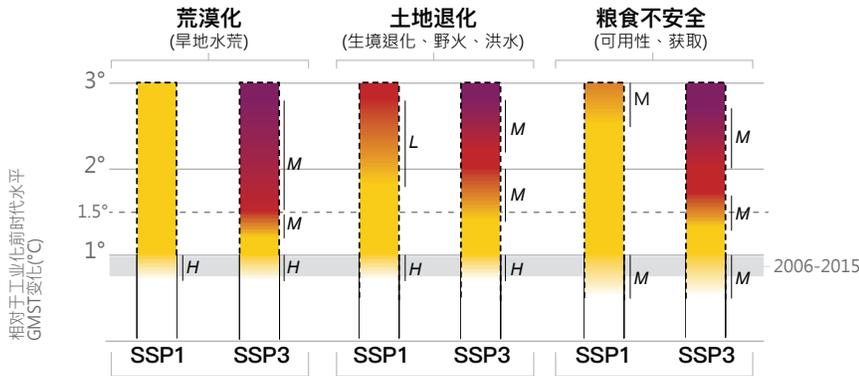
有风险的系统：



过渡的说明示例

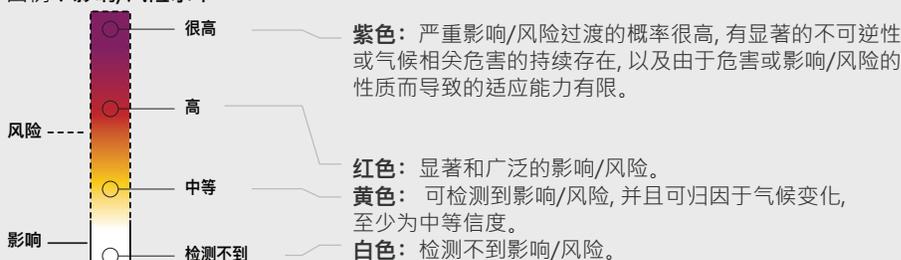


B. 不同的社会经济路径会影响气候相关风险水平

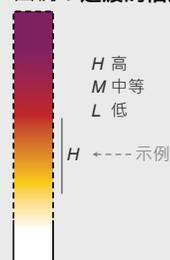


社会经济选择可以减少或加剧与气候相关的风险，并影响温度上升的速度。SSP1路径说明的世界是低人口增长、高收入、减少不平等、低GHG排放系统中生产粮食、有效土地利用监管和高适应能力。SSP3路径为相反的趋势。如果是相同GMST上升水平，SSP1的风险比SSP3低。

图例：影响/风险水平



图例：过渡的信度



SPM.2

与IPCC此前发布的报告一样，使用了文献来进行专家判断，以评估全球升温位于不可测、中等、高或非常高的何种水平。底报告第7章和其他部分将做进一步阐述。本图表明，在相似的升温水平下，评估的风险可能受到包括适应措施在内的多种因素的影响。评估认为与SSP路径一致的适应能力如下。A 土地系统中选定元素的风险，以及与全球平均地表温度的关系{2.1；文框2.1；3.5；3.7.1.1；4.4.1.1；4.4.1.2；4.4.1.3；5.2.2；5.2.3；5.2.4；5.2.5；7.2；7.3，表SM7.1}。与更广泛系统的联系是说明性的，并不全面。评估风险的水平所采用的假设是由社会经济条件和趋势驱动的中等暴露度和脆弱性，并与SSP2路径大体一致。{表SM7.4}。B 气候变化和社会经济发展模式导致的与荒漠化、土地退化和粮食安全有关的风险。不断增加的与荒漠化相关的风险包括旱地地区暴露于缺水以及易患于缺水的人口。与土地退化有关的风险包括栖息地退化的加剧、暴露于野火和洪水侵袭的人口以及洪水成本。粮食安全风险包括粮食的可用性和可获取性，如面临饥饿风险的人口、粮食价格上涨以及儿童体重不足导致的伤残调整寿命年的增加。评估了两种相对的社会经济路径（SSP1和SSP3 {SPM文框1}）的风险，但未纳入针对性减缓政策的影响{3.5；4.2.1.2；5.2.2；5.2.3；5.2.4；5.2.5；6.1.4；7.2，表SM7.5}。由于SSP1未超过3°C的温度变化水平，因此未显示超过此温度的风险。作为评估的一部分，对文献进行了汇编并将数据提取到汇总表。遵循正式的专家知识抽取协议（基于改进的Delphi技术和Sheffield知识抽取框架）来识别风险转换的阈值。这包括了多轮知识抽取过程，包括两轮独立的匿名阈值判断，以及最终的共识讨论。可在第7章补充材料中找到关于这些方法和基础文献的更多信息。

A.5

GHG

{2.2 3.5 4.2 4.4 4.7 5.1 5.2 5.8 6.1 7.2 7.3

6 9 SPM.2}

- A.5.1 随着变暖的加剧，预估在整个21世纪包括热浪在内的与热量有关事件的频率、强度和持续时间将持续增加（**高信度**）。预估干旱的频率和强度将增加，特别是在地中海地区和非洲南部地区（**中等信度**）。预估在许多地区极端降雨事件的频率和强度将会增加（**高信度**）。{2.2.5，3.5.1，4.2.3，5.2}
- A.5.2 随着变暖的加剧，预估中高纬度地区的气候带将进一步向极地移动（**高信度**）。在高纬度地区，预估变暖将增加对北方森林的干扰，包括干旱、野火和虫害爆发（**高信度**）。在中高GHG排放情景下，预估变暖将导致热带地区到21世纪中后期出现前所未有的气候条件²⁹（**中等信度**）。{2.2.4，2.2.5，2.5.3，4.3.2}
- A.5.3 在当前的全球升温水平下，存在加剧旱地水资源短缺、土壤侵蚀、植被丧失、野火灾害、多年冻土融化、海岸退化和热带作物产量下降等中度风险（**高信度**）。预估包括级联风险在内的风险将随着温度升高而越来越严重。在全球升温1.5°C左右，预估旱地水资源短缺、野火灾害、多年冻土退化和粮食供应不稳定存在高风险（**中等信度**）。在全球升温2°C左右情况下，预估多年冻土退化和粮食供应不稳定存在很高风险（**中等信度**）。此外，在全球升温3°C左右情况下，预估植被损失、野火灾害和旱地水资源短缺也存在很高风险（**中等信度**）。在升温1.5°C到3°C之间情况下，干旱、水分胁迫、热浪等与热量有关的事件以及栖息地退化的风险将同时增加（**低信度**）。{图SPM.2，7.2.2，第6章跨章节文框9，第7章补充材料}
- A.5.4 随着破坏食物链的极端天气事件的规模和频率都有所增加，预估粮食供应³⁰的稳定性将下降（**高信度**）。大气中CO₂水平的增加也会降低作物的营养质量（**高信度**）。在SSP2中，全球作物和经济模式预估，由于气候变化（RCP6.0），到2050年谷物价格中位数增长7.6%（范围为1%至23%），这将导致粮食价格上涨、粮食不安全及饥荒的风险增加（**中等信度**）。最脆弱的人口将受到更严重的影响（**高信度**）。{5.2.3，5.2.4，5.2.5，5.8.1，7.2.2.2，7.3.1}

²⁹ 本报告将前所未有的气候条件定义为在20世纪任何地方都没有发生的状况。其特点是高温、很强的季节性、降水量发生变化。在所评估的文献中，没有考虑除温度和降水之外的气候变量的影响。

³⁰ 本报告对粮食供应的定义包含了可用性和可获取性（包括价格）。粮食供应不稳定是指粮食获取减少进而影响粮食安全的变化。

- A.5.5 预估气候变化和荒漠化将导致旱地的作物和牲畜的生产力下降（*高信度*），将改变植物的物种组合并降低生物多样性（*中等信度*）。在SSP2中，预估到2050年升温1.5°C的情况下，易受水分胁迫、干旱强度和栖息地退化影响的旱地人口将达到1.78亿人，在升温2°C的情况下将增加到2.2亿人，在升温3°C的情况下将增加到2.77亿人（*低信度*）。{3.5.1, 3.5.2, 3.7.3}
- A.5.6 预估亚洲和非洲³¹易受荒漠化加剧影响的人口数量最多。北美洲、南美洲、地中海、非洲南部和亚洲中部可能会越来越受野火影响。预估热带和亚热带地区最易受作物产量下降的影响。在气旋易发地区，预估海平面上升和更强气旋共同造成的土地退化将威胁此类地区人口的生命安全和生计（*很高信度*）。女性以及年幼、年老和贫穷的人口受到的风险最高（*高信度*）。{3.5.1, 3.5.2, 4.4, 表4.1, 5.2.2, 7.2.2, 第2章跨章节文框3}
- A.5.7 气候变化可放大一个国家内部和跨越国境的由环境引起的迁移现象（*中等信度*），这反映了流动性和可用适应措施的多种驱动因素（*高信度*）。极端天气和气候或缓慢发生的事件可能导致人口迁移的增加、食物链的中断以及生计受到威胁（*高信度*），并可能导致冲突压力加剧（*中等信度*）。{3.4.2, 4.7.3, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.2, 7.2.2, 7.3.1}
- A.5.8 不可持续的土地管理导致了负面的经济影响（*高信度*）。预估气候变化将加剧这些负面的经济影响（*高信度*）。{4.3.1, 4.4.1, 4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8, 5.2, 5.8.1, 7.3.4, 7.6.1, 第7章跨章节文框10}

A.6

{5.1.4 5.2.3}

6.1.4 7.2 6 9 SPM.2b}

- A.6.1 预估人口和收入的增加，加上消费模式的变化，将导致在所有SSP中到2050年对粮食、饲料和水的需求增加（*高信度*）。这些变化与土地管理实践相结合，对土地利用变化、粮食不安全、水资源短缺、陆地GHG排放、碳封存潜力和生物多样性都可产生影响（*高信度*）。通过减少农业需求或提高生产率来增加收入和减少土地转化需求的发展路径可以减少粮食不安全（*高信度*）。所有评估的未来社会经济路径都会导致需水量的增加和水资源的更加短缺（*高信度*）。耕地面积扩大的SSP将导致生物多样性的更大幅度下降（*高信度*）。{6.1.4}
- A.6.2 在人口增长率低、需水量增加少、适应能力强的路径中，如共享社会经济路径1（SSP1），旱地水资源短缺的风险较低（见文框SPM.1）。在这些情景中，即使全球升温3°C，旱地水资源短缺的风险也是适中的（*低信度*）。相比之下，在人口增长率高、脆弱性高、需水量高、适应能力低的路径中，如SSP3，旱地水资源短缺的风险更高。在SSP3中，风险水平从中等向高的转变发生在升温1.2°C至1.5°C之间（*中等信度*）。{7.2, 图SPM.2b, 文框SPM.1}
- A.6.3 在人口和土地利用变化增加、适应能力低以及存在其他适应障碍的路径（如SSP3）中，与气候变化导致的土地退化相关的风险更高。这些情景将导致更多人口暴露于生态系统退化、火灾和海岸洪水（*中等信度*）。对于土地退化，在SSP1中，预估风险水平从中等向高的转变发生在全球升温1.8°C至2.8°C之间（*低信度*）；而在SSP3中，风险水平从中等向高的转变发生在全球升温1.4°C至2°C之间（*中等信度*）。对于SSP3，预估风险水平从高向很高的转变发生在全球升温2.2°C至2.8°C之间（*中等信度*）。{4.4, 7.2, 图SPM.2b}

³¹ 西非的很多人口易受荒漠化加剧和产量下降的影响。北非易受水资源短缺的影响。

- A.6.4 在收入较低、粮食需求增加、土地竞争导致粮食价格上涨、贸易更加有限以及存在其他适应挑战的路径（如SSP3）中，与粮食安全有关的风险更高（*高信度*）。对于粮食安全，在SSP1中，风险水平从中等向高的转变发生在全球升温2.5°C至3.5°C之间（*中等信度*）；而在SSP3中，风险水平从中等向高的转变发生在全球升温1.3°C至1.7°C之间（*中等信度*）。对于SSP3，风险水平从高向很高的转变发生在全球升温2°C和2.7°C之间（*中等信度*）。{7.2, 图SPM.2b}
- A.6.5 预估城市扩张将导致农田转变，进而导致粮食生产受损（*高信度*），使得粮食系统承受额外风险。减少这些影响的战略包括城市和城郊粮食生产、城市扩张管理，以及可以减少城市气候风险的城市绿色基础设施³²（*高信度*）。{4.9.1, 5.5, 5.6, 6.3, 6.4, 7.5.6} (图SPM.3)

³² 本报告中考虑的土地系统不包括详细的城市生态系统动态。城市地区、城市扩张和其他城市过程及其与土地相关过程的关系是广泛的、动态的和复杂的。本报告涉及的几个问题，如人口、增长、收入、粮食生产和消费、粮食安全和饮食与这些城市进程密切相关。城市地区也是与土地利用变化动态相关的许多过程的背景，包括生态系统功能和服务的丧失（这可导致灾害风险的增加）。本报告评估了一些具体的城市问题。

B. 适应和减缓应对方案

B.1

{2.6, 4.8, 5.6, 6.1, 6.3, 6.4, SPM.3}

- B.1.1 已在采取一些与土地相关的行动，推进气候变化的适应、减缓和可持续发展。评估了在适应和减缓、防治荒漠化和土地退化、增强粮食安全和促进可持续发展等方面的应对方案，并面对所有这些挑战而提供了一组精选的方案。这些方案包括但不限于可持续粮食生产、改进的和可持续的森林管理、土壤有机碳管理、生态系统保护和土地恢复、减少毁林和退化，以及减少粮食损失和浪费（高信度）。这些应对方案需要综合考虑生物物理、社会经济及其它促成因素。{6.3, 6.4.5, 7.5.6,第7章跨章文框10}
- B.1.2 虽然有些应对方案具有立竿见影的效果，但其它方案需要数十年才能产生可测量的结果。具有立竿见影效果的应对方案实例包括保护高碳生态系统，如泥炭地、湿地、牧场、红树林和森林。具有多种生态系统服务和功能但需要更多时间见效的实例包括造林和再造林及恢复高碳生态系统、农林业和改良退化的土壤（高信度）。{6.4.5, 7.5.6,第7章跨章文框10}
- B.1.3 应对方案的成功实施取决于对当地环境和社会经济条件的考虑。土壤碳管理等一些方案有可能适用于广泛的土地利用类型，而涉及有机土壤、泥炭地和湿地，以及与淡水资源相关的土地管理实践的效果却取决于具体的农业生态条件（高信度）。由于气候变化对粮食系统组成部分的影响因地而异，以及农业生态系统的巨大差异，所以适应和减缓方案及其障碍都与区域和地方层面的环境和文化背景相关（高信度）。实现土地退化中立对策将取决于对地方、区域和国家尺度的各种响应及多个部门措施的综合，包括农业、畜牧、森林和水等部门（高信度）。{4.8, 6.2, 6.3, 6.4.4, 7.5.6,}
- B.1.4 可以实现土壤或植被碳固定的基于土地的方案，例如造林、再造林、农林业、矿质土壤的土壤碳管理，或木质林产品中的碳储存等，都不会无限期地固定碳（高信度）。然而，泥炭地可以将碳持续封存多个世纪（高信度）。当植被成熟或植被和土壤碳库达到饱和时，虽然可以持续保持碳储量，但每年从大气中移除的CO₂却会降至零（高信度）。不过，植被和土壤中累积的碳却面临着因未来洪水、干旱、火灾或虫害暴发或管理不善等干扰而可能损失（或碳汇逆转）的风险（高信度）。{6.4.1}

B.2

{4.8, 6.2, 6.3.6, 6.4.3; SPM.3}

- B.2.1 一些土地管理方案，例如改善耕地和牧场管理、改善和可持续森林管理及增加土壤有机碳含量等，都不需要土地利用变化，也不会产生更多土地转化的需求（高信度）。此外，提高粮食生产率、饮食选择，以及减少粮食损失和浪费等一系列应对方案可以减少对土地转化的需求，并且可能释放出一定面积的土地为强化落实其它应对方案创造机会（高信度）。可以减少土地竞争的应对方案是有可能的，并且适用于从农场到区域等不同尺度（高信度）。{4.8, 6.3.6, 6.4; 图SPM.3}

- B.2.2 有许多适应和减缓气候变化的措施，例如保护和恢复泥炭地、沿海土地和森林等自然生态系统、保护生物多样性、减少土地竞争、管理火灾、管理土壤，以及大多数风险管理方案（例如使用当地种子、灾害风险管理、风险分担工具），都有可能为促进可持续发展、加强生态系统功能和服务以及其它社会目标做出积极贡献（中等信度）。在某些情况下，基于生态系统的适应可以促进自然保护，同时有助于减贫，并且可以通过减排温室气体和保护生计（例如红树林）而带来协同效益（中等信度）。{6.4.3, 7.4.6.2}
- B.2.3 大多数基于土地管理的应对方案不会增加对土地的竞争，而且几乎所有基于价值链管理（如饮食选择、减少收获后损失、减少粮食浪费）和风险管理的方案，都有助于消除贫困和消除饥饿，同时有利于促进健康和福祉、清洁水和卫生、气候行动和陆地生物保护（中等信度）。{6.4.3}

B.3

GtCO₂yr⁻¹

{4.5, 6.2, 6.4; 6 7;

SPM.3}

- B.3.1 如果需要几个GtCO₂yr⁻¹的规模上移除大气中CO₂，那么造林、再造林和有或没有碳捕获与储存的生物能源提供原料及生物炭的土地利用，都会显著增加对土地转化的需求（高信度）。而把这些措施并入在相应规模的可持续的景观管理中，却可以减少不利的影晌（中等信度）。减少草地转为农田、恢复和减少泥炭地转化，以及恢复和减少沿海湿地转化等会影响全球较小的土地面积，这些方案对土地利用变化的影响较小或变化较大（高信度）。{第6章跨章文框7; 6.4; 图SPM.3}
- B.3.2 虽然土地可以为减缓气候变化做出重要的贡献，但对部署基于土地的减缓措施（如生物能源作物或造林）方面却存在限制。在全球数百万平方公里范围的广泛使用，会增加荒漠化、土地退化、粮食不安全和不可持续发展的风险（中等信度）。如果在总土地中仅使用小部分面积土地，取代其它土地利用的基于土地减缓的措施却具有较少的不利副作用，而且可对适应、防治荒漠化和土地退化及增强粮食安全方面有积极的协同效益。（高信度）{4.2, 4.5, 6.4; 第6章跨章文框7, 图SPM.3}
- B.3.3 生产及使用生物质能源会对土地退化、粮食不安全、GHG排放，以及其它环境和可持续发展的目标带来协同效益、不利的副作用，以及风险（高信度）。这些影响具有特定背景，取决于部署的规模、初始土地利用、土地类型、生物能源的原料、初始碳储量、气候特征和管理制度，而其它与土地需求有关的应对方案会产生类似的一系列后果（高信度）。把残茬和有机废弃物作为生物能源原料，可以减轻与生物能源部署相关的土地利用变化的压力，但残茬有限，并且清除留滞 in 土壤中残茬会导致土壤退化（高信度）。{2.6.1.5; 第6章跨章文框7; 图SPM.3}
- B.3.4 在预估的人口少、土地利用被有效监管、GHG排放低及粮食损失和浪费低的食物生产的社会经济路径（SSP1）下，在100万到400万平方公里范围规模内部署生物能源或BECCS将带来粮食不安全、土地退化和旱地缺水等从低到中的风险（中等信度）。相比之下，在人口多、收入低和技术变革缓慢的路径（SSP3）下，发生这样从低到中等风险而对应的生物能源或BECCS的部署规模在10万到100万平方公里（中等信度）。{6.4; 第6章跨章文框7; 表SM7.6; 文框SPM1}

{3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4, 3.7.1, 3.7.2}

- B.4.1 同时有助于适应和减缓气候变化及防治荒漠化的解决方案因地点和区域而异，尤其包括采取节水和微灌溉技术、利用抗旱生态适宜植物恢复退化土地，以及发展农林业及基于农业生态系统和基于生态系统适应气候变化的措施更是如此（高信度）。{3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5, 5.2, 5.6}
- B.4.2 减少沙尘暴和沙丘运动可以减轻风蚀的负面影响，并可改善空气质量和保护健康（高信度）。植树造林和生态系统恢复计划受可利用的有效水资源和土壤条件的限制，而利用本地和其它低耗水的气候适应性强的树种来营造“绿墙”和“绿坝”形式的防风林，可以减少沙尘暴、避免风蚀，并有助于增加碳汇，同时能够改善微气候条件和提高土壤养分与保水性（高信度）。{3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5}
- B.4.3 防治荒漠化的措施可以促进土壤固碳（高信度）。在退化土地上进行自然植被恢复和植树，经过长期过程，可使表土和底土中碳含量增加（中等信度）。旱地采用保护性农业措施后，模拟计算的碳固存率变化将取决于当地的条件（中等信度）。一旦土壤碳含量减少，那么再恢复这些碳量就可能需要较长的时间。{3.1.4, 3.3, 3.6.1, 3.6.3, 3.7.1, 3.7.2}
- B.4.4 采取各项促进牧场、农田和森林的土地退化中立措施（包括避免、减少和扭转土地退化），将有益于消除贫困和确保粮食安全，并促进荒漠化防治，同时可以在可持续发展框架内进行减缓和适应气候变化。这些措施包括避免毁林和采用因地制宜的管理牧场和森林火灾的做法（高信度）。{3.4.2, 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 4.8.5}
- B.4.5 目前，对气候变化和荒漠化综合影响的适应限制和潜在的适应不良还缺乏了解。在没有新的或增强的适应方案的情况下，出现残余风险和不良适应结果的可能性很高（高信度）。即使有有效的解决方案，但社会、经济和制度方面的限制也会对其实施带来障碍（中等信度）。有些适应方案会由于其环境方面的影响而产生适应不良的结果，例如灌溉可导致土壤盐渍化，过度开采可导致地下水枯竭（中等信度）。极端形式的荒漠化会导致土地生产力完全丧失，而成为适应限制（高信度）。{执行摘要第3章, 3.6.4, 3.7.5, 7.4.9}
- B.4.6 开发、扶持和促进获得更清洁能源与技术可以推动气候变化的适应和减缓，并可通过减少以传统生物质为能源的使用来防治荒漠化和森林退化，同时可增加能源供应的多样性（中等信度）。这些方面可以带来社会效益和健康效益，特别是对妇女和儿童。（高信度）。风能和太阳能基础设施的效能得到认可，而沙尘暴在有些地区会影响这些效能（高信度）。{3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 7.5.2, 第7章跨章文框12}

SDG

{1.3.2, 4.1.5, 4.8, 7.5.6, 4.2}

- B.5.1 农业系统中的土地退化问题，可以通过以生态和社会经济为重点的可持续土地管理来解决，同时对适应气候变化的带来协同效益。可减少受土壤侵蚀和养分流失影响的管理方案包括：种植绿肥作物和覆盖作物、保留作物残茬、进行少耕/免耕，以及通过改善放牧管理维持地表覆盖物（*很高信度*）。{4.8}
- B.5.2 下列方案还具有减缓协同效益。农林业、多年周期的牧草和多年生谷物的使用等农作制度可以大大减少土壤侵蚀和养分淋失，同时可积累土壤碳（*高信度*）。如果全球25%的农田采用覆盖作物，其全球碳固定的潜力约为 $0.44 \pm 0.11 \text{ GtCO}_2 \text{ yr}^{-1}$ （*高信度*）。应用一定的生物炭可以固定土壤碳（*高信度*），并可改善某些土壤/气候类型下土壤条件（*中等信度*）。{4.8.1.1, 4.8.1.3, 4.9.2, 4.9.5, 5.5.1, 5.5.4; 第5章跨章文框6}
- B.5.3 减少毁林和森林退化可降低GHG排放量（*高信度*），估计其技术减缓的潜力为 $0.4\text{--}5.8 \text{ GtCO}_2 \text{ yr}^{-1}$ 。通过为社区提供长期生计及可持续森林管理，可以减少森林转变为非森林用途（例如农田或居住区）的规模（*高信度*）。旨在提供木材、纤维、生物质、非木材资源及其它生态系统功能和服务的可持续森林管理，可以降低GHG排放量，并有助于适应。（*高信度*）。{2.6.1.2, 4.1.5, 4.3.2, 4.5.3, 4.8.1.3, 4.8.3, 4.8.4}
- B.5.4 可持续森林管理可以保持或增加森林碳储量，并可以维持森林碳汇，包括将碳转移到木材制品，从而解决碳汇饱和问题（*高信度*）。如果林木中的碳转移到木质林产品中，这些碳就可以长期储存，并可以替代排放密集型材料，从而减少其它部门排放（*高信度*）。如果将生物质用于能源，如作为减缓的战略选择，那么这些碳会更快地释放回大气中（*高信度*）。{2.6.1, 2.7, 4.1.5, 4.8.4, 6.4.1, 图SPM.3, 第6章跨章文框7}
- B.5.5 即使实施旨在避免、减少或扭转土地退化的各项措施，气候变化也会导致土地退化（*高信度*）。适应的限制是动态的，并因地制宜，这些限制可通过生物物理变化与社会和制度条件的相互作用来确定（*很高信度*）。在某些情况下，超过适应的限制会引发不断加大的损失或导致不良的转型变革（*中等信度*），例如强迫迁移（*低信度*）、冲突（*低信度*）或贫困（*中等信度*）。气候变化引起的可能会超出适应限制的土地退化的实例包括海平面上升加剧海岸侵蚀、造成土地消失（*高信度*），多年冻土融化影响基础设施和生计（*中等信度*）及极端土壤侵蚀导致生产能力丧失（*中等信度*）。{4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8}

³³ 本报告中对可持续土地管理的定义是土地资源的管理和利用，包括土壤、水、动物和植物，以满足人类不断变化的需求，同时确保这些资源的长期生产潜力及其环境功能的维护。方案的示例尤其包括农业生态（包括农林业）、保护性农业和林业做法、作物品种和森林树种多样性、适当的轮作和轮伐、有机农业、虫害综合管理、传粉昆虫保护、雨水收集、草场和牧场管理以及精准农业系统。

³⁴ 本报告中对可持续森林管理的定义是森林和林地的管理和使用方式和速度要能够保持其生物多样性、生产力、再生能力、活力及其在现在和将来在地方、国家和全球层面发挥相关生态、经济和社会功能的潜力，同时不会对其它生态系统造成破坏。

B.6

2050
20502.3- 9.6 GtCO₂e.yr⁻¹
0.7- 8 GtCO₂e.yr⁻¹ {5.3, 5.5, 5.6}

- B.6.1 有助于农田适应和减缓气候变化的做法包括：增加土壤有机质、控制土壤侵蚀、改进肥料管理、改进作物管理，例如稻田管理，以及进行的提高耐热性和耐旱性的各种品种和遗传改良的措施。对于畜牧业，方案包括提高放牧地管理、改进粪便管理、提高饲料质量、进行品种遗传改良。不同的农牧业系统能够达到降低畜产品温室气体排放强度的效果。根据农牧业系统和发展水平，减少畜产品的排放强度可使温室气体排放的绝对量减少（中等信度）。许多与畜牧业有关的方案可以提高农村社区，特别是小农和牧民的适应能力。适应和减缓之间存在显著的协同作用，如可持续的土地管理（高信度）。{4.8, 5.3.3, 5.5.1, 5.6}
- B.6.2 食物系统的多样化（如实施综合生产系统、基础广泛的遗传资源和饮食）可以减少气候变化带来的风险（中等信度）。平衡膳食，增加以植物性食物（如以粗粮、豆类、水果和蔬菜、坚果和种子为主的食物），以及在弹性、可持续和低温室气体排放系统中生产的动物性食物，可提供重要的适应和减缓机会，同时可在人类健康方面产生显著的协同效益（高信度）。到2050年，饮食变化可以释放数百万平方公里（中等信度）的土地，并且相对于通常的预估，可提供0.7到8.0 GtCO₂e yr⁻¹的技术性的减缓潜力（高信度）。向低温室气体排放的饮食过渡可能会受到当地生产实践、技术和财政方面的障碍，以及相关生计和文化习惯的影响（高信度）。{5.3, 5.5.2, 5.5, 5.6}
- B.6.3 减少食物损失和浪费可以减少温室气体排放，并可通过减少生产粮食所需的土地面积来促进适应（中等信度）。2010–2016年期间，全球食物损失和浪费造成的温室气体排放量占了人为温室气体排放总量的8–10%（中等信度）。目前，食物总产量的25–30%被损失或浪费了（中等信度）。技术方案，如改进收获技术、农场存储、基础设施、运输、包装、零售和教育可以减少整个供应链中食物损失和浪费。发达国家和发展中国家间，以及各区域间食物损失和浪费的原因差别很大（中等信度）。{5.5.2}到2050年，减少食物损失和浪费可以释放数百万平方公里的土地（低信度）。{6.3.6}

B.7

1.5 °C 2 °C

1.5°C
{2.6, 6.4, 7.4, 7.6} 6 6 SPM.4}

- B.7.1 模拟的将全球升温限制在1.5°C³⁵路径比更高升温水平的路径需要有更多的土地方面的减缓方案（高信度），但气候变化对这些路径中土地系统的影响不太严重（中等信度）。{2.6, 6.4, 7.4, 第6章的跨章节文框6, 图SPM.2, 图SPM.4}
- B.7.2 在模拟的将全球升温限制在1.5°C和2°C的路径下，与2010年相比，预估到2050年森林面积变化范围将是减少200万平方公里到增加1200万平方公里（中等信度）。在3°C路径下，预估森林面积将减少，变化范围为减少400万平方公里到增加600万平方公里（中等信度）。{2.5, 6.3, 7.3, 7.5; 第6章的跨章节文框9; 图SPM.3, 图SPM.4}
- B.7.3 因社会经济路径、变暖水平及所使用原料和生产系统的不同，在模拟路径中的生物能源所需的土地面积差异很大（高信度）。在模拟的将全球升温限制在1.5°C的路径下，在2050年生物能源需要使用的土地面积高达700万平方公里；在2°C和3°C路径下生物能源所需要的土地面积分别为40万至500万平方公里和10万至300万平方公里，都相对较小（中等信度）。在需要较高土地转化水平的路径下，意味着如果没有充分和谨慎的管理，会出现水资源短缺、土地退化、荒漠化及影响生物多样性和粮食安全等方面的副作用，而在适当规模上实施最好做法却可以带来协同效益。例如管理旱地盐度、加强生物防治和生物多样性及加强土壤碳固定（高信度）。{2.6, 6.1, 6.4, 7.2; 第6章的跨章节文框7, 图SPM.3}

³⁵ 在本报告中，将全球升温限制在特定水平的路径是参考了基于在MAGICC模式在2100年有66%概率保持低于该温度水平。

- B.7.4 大多数减缓路径包括大量部署生物能源技术。在少数模拟路径下，将全球升温限制在1.5°C需要较低的生物能源与BECCS（2050年土地面积<100万平方公里以下）及其他二氧化碳移除（CDR）方案的依赖（高信度）。与其它1.5 °C路径相比，在这些路径下更加依赖于能源、土地、城市系统和基础设施的快速与深远的转变，以及行为 and 生活方式的变化。{2.6.2, 5.5.1, 6.4, 第6章的跨章节文框7 }
- B.7.5 在这些模拟的路径下，没有考虑气候变化对土地的影响及CO₂施肥效应。此外，在这些路径下仅包括本报告中评估的一部分应对方案（高信度）；在模拟中考虑额外应对方案就可以减少对生物能源或CDR方案的使用，这些方案的使用增加了对土地的需求。{6.4.4, 第6章的跨章节文框9 }

应对方案对减缓、适应、防治荒漠化和土地退化以及加强粮食安全的潜在全球贡献

图A 为可在没有或存在有限土地竞争情况下实施的应对方案, 包括一些有可能减少土地需求的方案。图中根据评估的可能性区间的上限, 定量标示出协同效益和不利副作用。使用正面或负面影响阈值对贡献的大小进行分类。格内的字母表示与所用阈值相比的影响大小信度 (见图例)。变化方向的信度普遍较高。

基于土地管理的应对方案		减缓	适应	荒漠化	土地退化	粮食安全	成本
农业	提高粮食生产力	L	M	L	M	H	—
	农林业	M	M	M	M	L	●
	改善耕地管理	M	L	L	L	L	●●
	改进畜牧管理	M	L	L	L	LL	●●●
	农业多样化	L	L	L	M	L	●
	改进牧场管理	M	L	L	L	L	—
	水资源综合管理	L	L	L	L	LL	●●
	减少草地转为耕地	L	—	L	L	L	●
森林	森林管理	M	L	L	L	L	●●
	减少毁林和森林退化	H	L	L	L	L	●●
土壤	增加土壤有机碳含量	H	L	M	M	LL	●●
	减少土壤侵蚀	↔ L	L	M	M	LL	●●
	减少土壤盐渍化	—	L	L	L	L	●●
	减少土壤板结	—	L	—	L	L	●
其它生态系统	火灾管理	M	M	M	M	L	●
	减少滑坡和自然灾害	L	L	L	L	L	—
	减少污染, 包括酸化	↔ M	M	L	L	L	—
	沿海湿地恢复和减少转化	L	M	M	L	L	—
	泥炭地恢复和减少转化	M	—	na	M	L	●
于价值链管理的应对方案		减缓	适应	荒漠化	土地退化	粮食安全	成本
需求	减少收获后损失	H	M	L	L	H	—
	饮食变化	H	—	L	H	H	—
	减少粮食浪费 (消费者或商家)	H	—	L	M	M	—
供应	可持续采购	—	L	—	L	L	—
	改进食品加工和零售	L	L	—	—	L	—
	改进粮食系统的能源使用	L	L	—	—	L	—
基于风险管理的应对方案		减缓	适应	荒漠化	土地退化	粮食安全	成本
Risk	生计多样化	—	L	—	L	L	—
	城市扩张管理	—	L	L	M	L	—
	风险共担工具	↔ L	L	—	↔ L	L	●●

所列方案是那些有数据可用于对三个或更多土地挑战的全球潜力加以评估的方案。可对每个方案的影响幅度进行独立, 而且不是叠加。

用于确定每个综合应对方案影响程度的标准的关键

	减缓 Gt CO ₂ -eq yr ⁻¹	适应 百万人口	荒漠化 百万km ²	土地退化 百万km ²	粮食安全 百万人口
积极					
大	大于 3	积极的超过 25	积极的超过 3	积极的超过 3	积极的超过 100
中	0.3 至 3	1 至 25	0.5 至 3	0.5 至 3	1 至 100
小	小于 0.3	小于 1	小于 0.5	小于 0.5	小于 1
可忽略	无影响	无影响	无影响	无影响	无影响
消极					
小	小于 -0.3	小于 1	小于 0.5	小于 0.5	小于 1
中	-0.3 至 -3	1 至 25	0.5 至 3	0.5 至 3	1 至 100
大	大于 -3	消极的超过 25	消极的超过 3	消极的超过 3	消极的超过 100

↔ 变量: 正或负 — 无数据 na 不适用

信度

表示幅度等级估值的信度。

H 高信度
M 中等信度
L 低信度

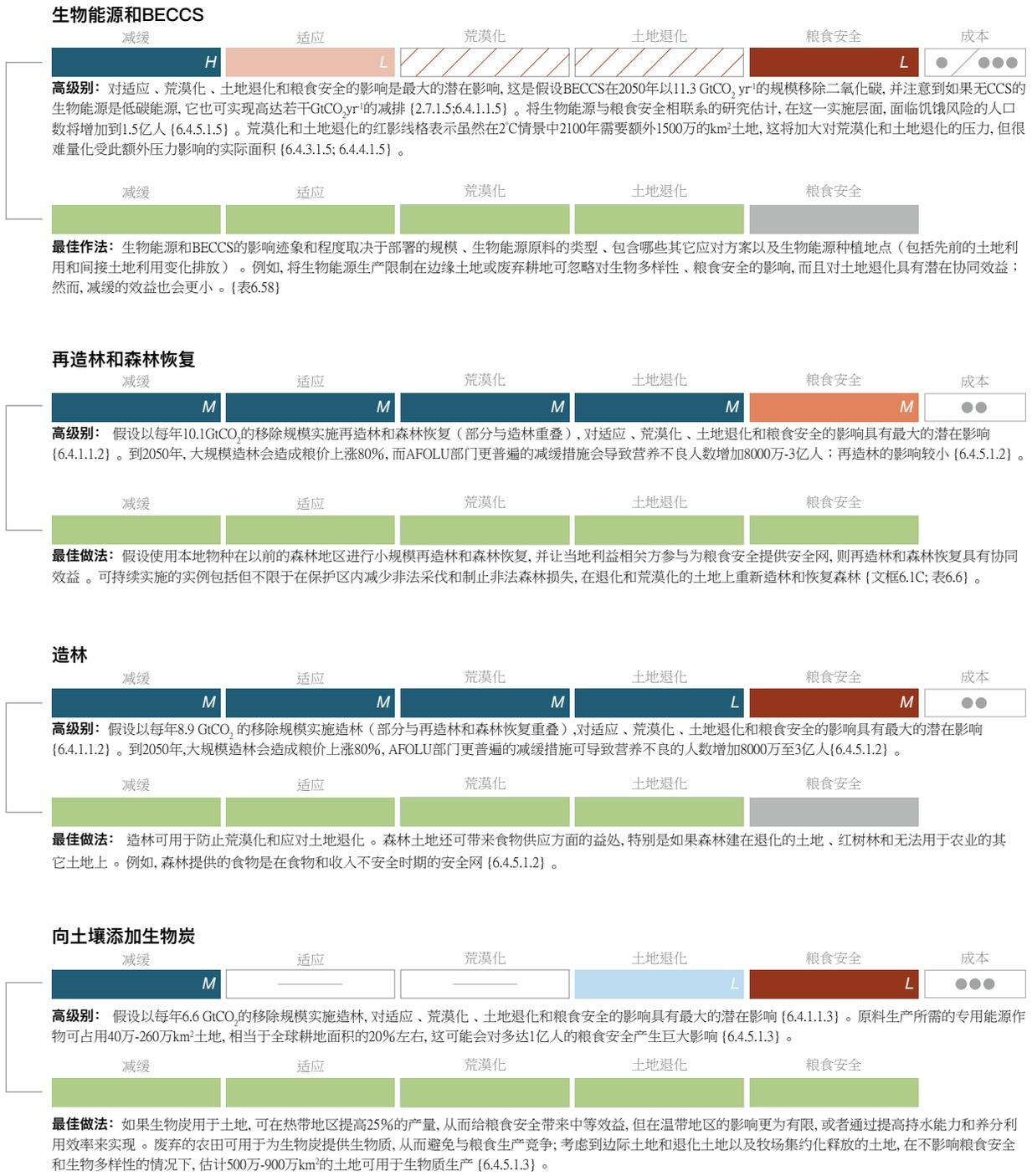
成本范围

参见成本范围的技术说明, 单位: 美元tCO₂e⁻¹或美元ha⁻¹

●●● 高成本
●● 中等成本
● 低成本
— 无数据

应对方案对减缓、适应、防治荒漠化和土地退化以及加强粮食安全的潜在全球贡献

图 B 中所示的应对方案依靠额外土地利用变化,并会在不同实施背景下对三个或更多土地挑战产生影响。每种方案的第一行(高级别实施)是利用图A所列幅度阈值,量化评估(如图A所示)对以实现每年移除超过3 GtCO₂规模上全球实施的影响。红影线格表示压力加大,但未量化影响。每种方案的第二行(最佳做法实施)是在计及高效和可持续资源利用并有相应治理机制支持的适当管理的地貌系统中使用最佳做法实施的情况下,对影响进行的定性估算。在这些定性评估中,绿色表示积极影响,灰色表示中性相互作用。



SPM.3

如何实施应对方案及其背景的各种假设。在地方到全球范围内以不同方式实施的应对方案可能会出现不同结果。对于图A，量级是针对全球应对方案的技术潜力。对于每种土地挑战，如下设置相对于标记水平的量级。对于减缓，潜力是相对于具有最大个体影响的减缓方案的近似潜力而设置的（ $\sim 3 \text{ GtCO}_2\text{-eq yr}^{-1}$ ）。“大”量级类别的阈值设置在此级别。对于适应而言，是相对于2010年至2030年期间估计受气候变化和碳基经济影响的1亿人而设定的量级。“大”量级类别的阈值占该总数的25%。对于荒漠化和土地退化，量级是相对于当前估计的退化土地的下限（1–6千万平方公里）而设定的。“大”量级类别的阈值占较低估计值的30%。就粮食安全而言，量级是相对于目前约8亿营养不良的人而设定的。“大”等级类别的阈值占该总数的12.5%。对于图B，对于每个应对方案的第一行（高级别实施），量级和阈值如图A所定义。在每个应对方案的第二行（有效做法实施）中，绿色的定性评估表示潜在的积极影响，灰色部分表示中性相互作用。假设可通过可持续集约化而不是通过不明智地应用如农药等其他外部投入来实现粮食产量的增加。

对减缓、适应、防治荒漠化和土地退化及加强粮食安全等每种方案所适用的量级类别的置信度（高、中或低）。高置信度意味着文献中存在高一致性和高证据量，以支持高、中或低量级的分类。低置信度表示量级分类基于少数研究。中等置信度反映了中等证据量和应对量级的一致性。

成本估算基于对通常为区域性研究的汇总，并且对于包含的成本各组成部分各不相同。在图B中，没有提供对有效做法实施的成本估算。一枚硬币表示低成本（ $< \text{USD}10 \text{ tCO}_2\text{-eq}^{-1}$ 或 $< \text{USD}20 \text{ ha}^{-1}$ ），两枚硬币表示中等成本（ $\text{USD}10\text{--}\text{USD}100 \text{ tCO}_2\text{-eq}^{-1}$ 或 $\text{USD}20\text{--}\text{USD}200 \text{ ha}^{-1}$ ），三枚硬币表示高成本（ $> \text{USD}100 \text{ tCO}_2\text{-eq}^{-1}$ 或 $> \text{USD}200 \text{ ha}^{-1}$ ）。用USD ha⁻¹表示阈值是为了有可比性，但精确的转换将取决于应对方案。

对基于土地管理的应对方案的数量潜力量级的支持证据如下：对于减缓见表6.13至6.20，以及第2.7.1节中的进一步证据；对于适用见表6.21至6.28；对于防治荒漠化见表6.29至6.36，第3章有进一步证据；对于防治土地退化见表6.37至6.44，第4章有进一步证据；对于加强粮食安全见表6.45至6.52，并在第5章中提供进一步证据。第6章讨论了此处未显示的其他协同作用和权衡取舍。图B中每个方案的第二行中定性评估的其他支持证据见表6.6、6.55、6.56和6.58，第6.3.5.1.3节、和文框6.1c。

C. 推进应对方案

C.1

{ SPM.1, SPM.2, SPM.3; 3.6.2, 3.6.3, 4.8, 4.9.4, 5.7, 6.3, 6.4, 7.2.2, 7.3, 7.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.6; 7 10}

C.1.1 土地利用区划、空间规划、综合环境规划、法规、激励措施（如生态系统服务支付）以及自愿或说服力手段（如环境农场规划、可持续生产的标准和认证、使用科学、地方和土著知识和集体行动）可以实现积极的适应和减缓结果（*中等信度*）。它们还可以增加收入并为恢复退化土地提供动力，并可在某些情况下适应和减缓气候变化（*中等信度*）。促进土地退化中性目标的政策还可以支持粮食安全、人类福祉和气候变化适应和减缓（*高信度*）。{图 SPM.2; 3.4.2, 4.1.6, 4.7, 4.8.5, 5.1.2, 5.7.3, 7.3, 7.4.6, 7.4.7, 7.5}

C.1.2 土地使用权得不到保障会影响人们、社区和组织改变土地用途的能力，从而影响适应和减缓的促进（*中等信度*）。对土地的习惯性获取和土地所有权的认识不够可能会导致脆弱性增加和适应能力下降（*中等信度*）。土地政策（包括承认习惯性权属、社区测绘、再分配、地方分权、共同管理、租赁市场监管）可以促进安全和灵活地应对气候变化（*中等信度*）。{3.6.1, 3.6.2, 5.3, 7.2.4, 7.6.4, 第5章的跨章节文框6}

C.1.3 实现土地退化中性将涉及通过采用可持续土地管理来平衡可避免和减少土地退化的措施，以及通过复原和恢复退化土地来扭转退化的措施。可实现土地退化中性的许多干预措施通常也可以提供气候变化适应和减缓效益。促进土地退化中性可提供同时解决土地退化和气候变化的动力（*高信度*）。{4.5.3, 4.8.5, 4.8.7, 7.4.5}

C.1.4 由于挑战的复杂性和参与解决土地挑战的行动方的多样性，各种政策的组合而非单一政策方法可以在应对可持续土地管理和气候变化的复杂挑战方面取得更好的成果（*高信度*）。政策组合可以大大减少人类和自然系统对气候变化的脆弱性和暴露度（*高信度*）。这些政策组合的要素可能包括天气和健康保险、社会保护和适应性安全网、应急融资和储备基金、普遍使用早期预警系统以及有效的应急计划（*高信度*）。{1.2, 4.8, 4.9.2, 5.3.2, 5.6, 5.6.6, 5.7.2, 7.3.2, 7.4, 7.4.2, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.4, 图 SPM.4}

C.2

{1.1.2, 1.2.1, 3.6.3, 4.7.1, 4.7.2, 4.8, 5.5, 6.4, 7.4.6, 7.6.5}

C.2.1 可促进和激励可持续土地管理以适应和减缓气候变化的政策包括改善市场准入的投入、产出和金融服务、赋予妇女和土著人民权力、加强地方和社区集体行动、改革补贴和促进有利的贸易体系等（*高信度*）。当政策支持地方管理自然资源，同时加强参与方和机构之间包括国际一级的合作，土地复原和恢复工作可以更加有效。{3.6.3, 4.1.6, 4.5.4, 4.8.2, 4.8.4, 5.7, 7.2}

- C.2.2 反映土地退化农作方式的环境成本可以激励更可持续的土地管理（高信度）。反映环境成本的障碍来自于估算这些成本和食品中所体现的成本的技术难度。{3.6.3, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.6, 5.7, 7.4.4, 第7章的跨章节文框10}
- C.2.3 通过全面的风险管理，包括风险分担和转移机制，可以促进对可影响粮食系统的极端事件的适应能力并增强恢复力（高信度）。农业多样化、扩大市场准入以及为供应链中断增多做好准备可以支持扩大粮食系统的适应性（高信度）。{5.3.2, 5.3.3, 5.3.5}
- C.2.4 针对改善营养的公共卫生政策，例如在公共采购中增加食物来源的多样性、健康保险、财政奖励和增强意识的宣传活动等，可能会影响粮食需求、降低医疗成本、有助于减少温室气体排放并提高适应能力（高信度）。通过推广基于公共卫生准则的饮食来影响对食物的需求，可以实现更可持续的土地管理，并有助于实现多项可持续发展目标（高信度）。{3.4.2, 4.7.2, 5.1, 5.7, 6.3, 6.4}

C.3

{ SPM.3; 4.8.5, 4.9, 5.6, 6.4, 7.3, 7.4.6, 7.4.8, 7.4.9, 7.5.6, 7.6.2}

- C.3.1 以综合、协调和连贯的方式解决荒漠化、土地退化和粮食安全等问题，有助于气候适应型发展，并可提供许多潜在的协同效益（高信度）。{3.7.5, 4.8, 5.6, 5.7, 6.4, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, 7.5.5}
- C.3.2 技术、生物物理、社会经济、金融和文化障碍可能会限制许多基于土地的应对方案的采用，而不确定性也会限制各种效益（高信度）。由于土地使用权不安全、缺乏资源和农业咨询服务、私人公共激励措施不充分和不平等以及缺乏知识和实践经验，许多可持续土地管理做法未得到广泛采用（高信度）。公共话语、精心设计的政策干预、融合社会学习和市场变革，可以共同帮助减少实施障碍（中等信度）。{3.6.1, 3.6.2, 5.3.5, 5.5.2, 5.6, 6.2, 6.4, 7.4, 7.5, 7.6}
- C.3.3 土地和粮食部门面临着体制分散的特殊挑战，并且往往受不同尺度的利益相关方之间缺乏参与以及狭隘的政策目标的影响（中等信度）。与公共卫生、交通、环境、水、能源和基础设施等其他部门开展协调可以增加协同效益，例如降低风险和改善健康（中等信度）。{5.6.3, 5.7, 6.2, 6.4.4, 7.1, 7.3, 7.4.8, 7.6.2, 7.6.3}
- C.3.4 一些应对方案和政策可能导致权衡取舍，包括社会影响、生态系统功能和服务损害、水资源枯竭或高成本，即使采用体制上有效做法也无法妥善管理（中等信度）。解决这些权衡取舍有助于避免适应不良（中等信度）。对潜在权衡取舍和知识差距的预期和评估可支持基于证据的政策制定，以权衡针对不同利益相关方的具体响应的成本和效益（中等信度）。成功的权衡取舍管理通常包括利用结构化反馈流程最大化听取利益相关方的意见，特别是在基于社区的模式中，使用创新论坛，如设有主持的对话或空间显式对映，以及迭代适应性管理，因其可促进在新证据出现时对政策进行持续调整（中等信度）。{5.3.5, 6.4.2, 6.4.4, 6.4.5, 7.5.6; 第7章的跨章节文框9}

C.4

{1.4, 3.1, 3.6, 3.7, 4.8, 4.9, 5.1.3, 5.1, 7.4, 7.6}

- C.4.1 成功实施可持续土地管理做法需要考虑当地的环境和社会经济条件（*很高信度*）。通过让所有相关利益相关方参与确定土地利用压力和影响（如生物多样性下降、土壤流失、地下水过度开采、栖息地丧失、农业土地利用变化、粮食生产和林业等）以及参与预防、减少和恢复退化的土地，通常可推进气候变化背景下的可持续土地管理（*中等信度*）。{1.4.1, 4.1.6, 4.8.7, 5.2.5, 7.2.4, 7.6.2, 7.6.4}
- C.4.2 衡量、报告和核实政策工具绩效方面具有包容性可以支持可持续土地管理（*中等信度*）。让利益相关方参与选择指标、收集气候资料、土地建模和土地利用规划，可调解和促进综合环境规划和政策选择（*中等信度*）。{3.7.5, 5.7.4, 7.4.1, 7.4.4, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, 7.6.6}
- C.4.3 包括土著和地方知识在内的农作方式有助于克服气候变化、粮食安全、生物多样性保护以及防治荒漠化和土地退化等各种挑战（*高信度*）。与土著人民和当地社区合作，在一系列参与方（包括企业、生产者、消费者、土地管理者和政策制定者）之间采取协调行动，可为采用应对方案创造有利条件（*高信度*）。{3.1.3, 3.6.1, 3.6.2, 4.8.2, 5.5.1, 5.6.4, 5.7.1, 5.7.4, 6.2, 7.3, 7.4.6, 7.6.4}
- C.4.4 赋予妇女权力可以为家庭粮食安全和可持续土地管理带来协同效应和协同效益（*高信度*）。由于妇女更易受气候变化的影响，因此将其纳入土地管理和土地使用权会受到限制。可以解决土地权利和妇女参与可持续土地管理的障碍的政策包括在扶贫方案的支持下向妇女提供资金转移、用于为妇女提供健康、教育、培训和能力建设，通过现有的妇女社区组织提供补贴信贷和方案传播（*中等信度*）。{1.4.1, 4.8.2, 5.1.3, 文框5.1, 第7章的跨章节文框11}

A. 将社会经济发展、减缓响应和土地相联系的路径

社会经济发展和土地管理会影响土地系统的演变,包括分配给**耕地**、**牧场**、**生物能源耕地**、**森林**和**自然土地**的相对土地数量。这些线表示对三种备选共享社会经济路径(RCP1.9的SSP1、SSP2和SSP5)的综合评估模式(IAM)的中位数;阴影区域为模式的区间。注意,路径可说明减缓气候变化的影响,但不是气候变化影响或适应的影响。

A. 可持续性为重点 (SSP1)

尽管人均粮食消费量有所增加,但土地管理、农业集约化、生产和消费模式等方面的可持续性可导致农业用地需求减少。而这种土地可用于再造林、造林和生物能源。

B. 中间道路 (SSP2)

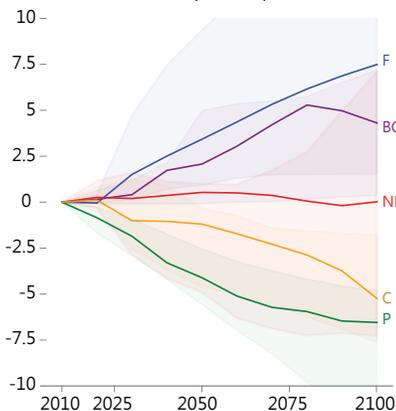
社会发展和技术发展遵循历史模式。对生物能源、毁林减少或造林等土地减缓方案的需求增加会减少粮食、饲料和纤维等农业用地的可用性。

C. 资源密集 (SSP5)

资源密集型生产和消费模式会导致高基线排放。减缓可侧重于技术解决方案,包括大量生物能源和BECCS。集约化和竞争性土地利用可促使农业土地减少。

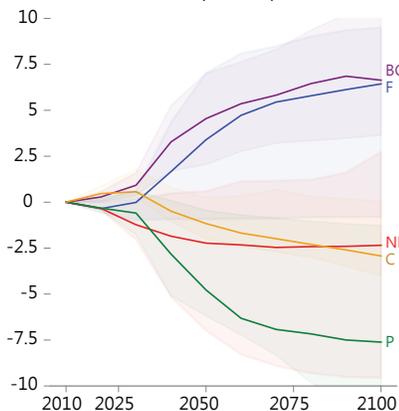
SSP1 可持续性为重点

从2010年起的土地变化(百万km²)



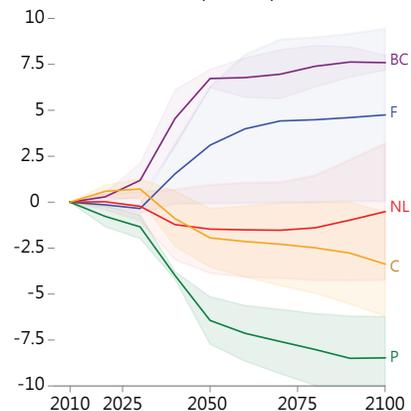
SSP2 中间道路

从2010年起的土地变化(百万km²)



SSP5 资源密集

从2010年起的土地变化(百万km²)



■ 耕地 ■ 牧场 ■ 生物能源耕地 ■ 森林 ■ 自然土地

B. SSP 中的土地利用和土地覆盖变化

SSP 的量化指标	涵盖的模式计数*	2010 年以来天然土地的变化 百万km ²	2010 年以来生物能源耕地的变化 百万km ²	2010 年以来耕地的变化 百万km ²	2010 年以来森林的变化 百万km ²	2010 年以来牧场的变化 百万km ²	
SSP1	RCP1.9 2050 年	5/5	0.5 (-4.9, 1)	2.1 (0.9, 5)	-1.2 (-4.6, -0.3)	3.4 (-0.1, 9.4)	-4.1 (-5.6, -2.5)
	↳ 2100 年		0 (-7.3, 7.1)	4.3 (1.5, 7.2)	-5.2 (-7.6, -1.8)	7.5 (0.4, 15.8)	-6.5 (-12.2, -4.8)
	RCP2.6 2050 年	5/5	-0.9 (-2.2, 1.5)	1.3 (0.4, 1.9)	-1 (-4.7, 1)	2.6 (-0.1, 8.4)	-3 (-4, -2.4)
	↳ 2100 年		0.2 (-3.5, 1.1)	5.1 (1.6, 6.3)	-3.2 (-7.7, -1.8)	6.6 (-0.1, 10.5)	-5.5 (-9.9, -4.2)
	RCP4.5 2050 年	5/5	0.5 (-1, 1.7)	0.8 (0.5, 1.3)	0.1 (-3.2, 1.5)	0.6 (-0.7, 4.2)	-2.4 (-3.3, -0.9)
	↳ 2100 年		1.8 (-1.7, 6)	1.9 (1.4, 3.7)	-2.3 (-6.4, -1.6)	3.9 (0.2, 8.8)	-4.6 (-7.3, -2.7)
	基线 2050 年	5/5	0.3 (-1.1, 1.8)	0.5 (0.2, 1.4)	0.2 (-1.6, 1.9)	-0.1 (-0.8, 1.1)	-1.5 (-2.9, -0.2)
	↳ 2100 年		3.3 (-0.3, 5.9)	1.8 (1.4, 2.4)	-1.5 (-5.7, -0.9)	0.9 (0.3, 3)	-2.1 (-7, 0)
SSP2	RCP1.9 2050 年	4/5	-2.2 (-7, 0.6)	4.5 (2.1, 7)	-1.2 (-2, 0.3)	3.4 (-0.9, 7)	-4.8 (-6.2, -0.4)
	↳ 2100 年		-2.3 (-9.6, 2.7)	6.6 (3.6, 11)	-2.9 (-4, 0.1)	6.4 (-0.8, 9.5)	-7.6 (-11.7, -1.3)
	RCP2.6 2050 年	5/5	-3.2 (-4.2, 0.1)	2.2 (1.7, 4.7)	0.6 (-1.9, 1.9)	1.6 (-0.9, 4.2)	-1.4 (-3.7, 0.4)
	↳ 2100 年		-5.2 (-7.2, 0.5)	6.9 (2.3, 10.8)	-1.4 (-4, 0.8)	5.6 (-0.9, 5.9)	-7.2 (-8, 0.5)
	RCP4.5 2050 年	5/5	-2.2 (-2.2, 0.7)	1.5 (0.1, 2.1)	1.2 (-0.9, 2.7)	-0.9 (-2.5, 2.9)	-0.1 (-2.5, 1.6)
	↳ 2100 年		-3.4 (-4.7, 1.5)	4.1 (0.4, 6.3)	0.7 (-2.6, 3.1)	-0.5 (-3.1, 5.9)	-2.8 (-5.3, 1.9)
	基线 2050 年	5/5	-1.5 (-2.6, -0.2)	0.7 (0, 1.5)	1.3 (1, 2.7)	-1.3 (-2.5, -0.4)	-0.1 (-1.2, 1.6)
	↳ 2100 年		-2.1 (-5.9, 0.3)	1.2 (0.1, 2.4)	1.9 (0.8, 2.8)	-1.3 (-2.7, -0.2)	-0.2 (-1.9, 2.1)
SSP3	RCP1.9 2050 年	在所有评估的模式中不可行		-	-	-	-
	↳ 2100 年			-	-	-	-
	RCP2.6 2050 年	在所有评估的模式中不可行		-	-	-	-
	↳ 2100 年			-	-	-	-
	RCP4.5 2050 年	3/3	-3.4 (-4.4, -2)	1.3 (1.3, 2)	2.3 (1.2, 3)	-2.4 (-4, -1)	2.1 (-0.1, 3.8)
	↳ 2100 年		-6.2 (-6.8, -5.4)	4.6 (1.5, 7.1)	3.4 (1.9, 4.5)	-3.1 (-5.5, -0.3)	2 (-2.5, 4.4)
	基线 2050 年	4/4	-3 (-4.6, -1.7)	1 (0.2, 1.5)	2.5 (1.5, 3)	-2.5 (-4, -1.5)	2.4 (0.6, 3.8)
	↳ 2100 年		-5 (-7.1, -4.2)	1.1 (0.9, 2.5)	5.1 (3.8, 6.1)	-5.3 (-6, -2.6)	3.4 (0.9, 6.4)
SSP4	RCP1.9 2050 年	在所有评估的模式中不可行**		-	-	-	-
	↳ 2100 年			-	-	-	-
	RCP2.6 2050 年	3/3	-4.5 (-6, -2.1)	3.3 (1.5, 4.5)	0.5 (-0.1, 0.9)	0.7 (-0.3, 2.2)	-0.6 (-0.7, 0.1)
	↳ 2100 年		-5.8 (-10.2, -4.7)	2.5 (2.3, 15.2)	-0.8 (-0.8, 1.8)	1.4 (-1.7, 4.1)	-1.2 (-2.5, -0.2)
	RCP4.5 2050 年	3/3	-2.7 (-4.4, -0.4)	1.7 (1, 1.9)	1.1 (-0.1, 1.7)	-1.8 (-2.3, 2.1)	0.8 (-0.5, 1.5)
	↳ 2100 年		-2.8 (-7.8, -2)	2.7 (2.3, 4.7)	1.1 (0.2, 1.2)	-0.7 (-2.6, 1)	1.4 (-1, 1.8)
	基线 2050 年	3/3	-2.8 (-2.9, -0.2)	1.1 (0.7, 2)	1.1 (0.7, 1.8)	-1.8 (-2.3, -1)	1.5 (-0.5, 2.1)
	↳ 2100 年		-2.4 (-5, -1)	1.7 (1.4, 2.6)	1.2 (1.2, 1.9)	-2.4 (-2.5, -2)	1.3 (-1, 4.4)
SSP5	RCP1.9 2050 年	2/4	-1.5 (-3.9, 0.9)	6.7 (6.2, 7.2)	-1.9 (-3.5, -0.4)	3.1 (-0.1, 6.3)	-6.4 (-7.7, -5.1)
	↳ 2100 年		-0.5 (-4.2, 3.2)	7.6 (7.2, 8)	-3.4 (-6.2, -0.5)	4.7 (0.1, 9.4)	-8.5 (-10.7, -6.2)
	RCP2.6 2050 年	4/4	-3.4 (-6.9, 0.3)	4.8 (3.8, 5.1)	-2.1 (-4, 1)	3.9 (-0.1, 6.7)	-4.4 (-5, 0.2)
	↳ 2100 年		-4.3 (-8.4, 0.5)	9.1 (7.7, 9.2)	-3.3 (-6.5, -0.5)	3.9 (-0.1, 9.3)	-6.3 (-9.1, -1.4)
	RCP4.5 2050 年	4/4	-2.5 (-3.7, 0.2)	1.7 (0.6, 2.9)	0.6 (-3.3, 1.9)	-0.1 (-1.7, 6)	-1.2 (-2.6, 2.3)
	↳ 2100 年		-4.1 (-4.6, 0.7)	4.8 (2, 8)	-1 (-5.5, 1)	-0.2 (-1.4, 9.1)	-3 (-5.2, 2.1)
	基线 2050 年	4/4	-0.6 (-3.8, 0.4)	0.8 (0, 2.1)	1.5 (-0.7, 3.3)	-1.9 (-3.4, 0.5)	-0.1 (-1.5, 2.9)
	↳ 2100 年		-0.2 (-2.4, 1.8)	1 (0.2, 2.3)	1 (-2, 2.5)	-2.1 (-3.4, 1.1)	-0.4 (-2.4, 2.8)

* 涵盖的模式计数/尝试的模式计数。一个模式没有提供土地数据，并且被排除在所有条目之外。

**一个模式可以通过 SSP4 达到 RCP1.9，但没有提供土地数据

SPM.4

未来情景可为认识减缓和社会经济学对土地的影响提供框架。共享社会经济路径 (SSP) 涵盖了一系列不同的社会经济假设 (文框SPM.1)。它们与代表性浓度路径 (RCP)³⁶相结合, 意味着不同程度的减缓。图中显示了2010年之后农田、牧场、生物能源耕地、森林和天然土地的变化。对于这张图: 农田包括种植食物、饲料和饲料作物的所有土地以及其他耕地 (耕地面积)。此类别包括第一代非森林生物能源作物 (例如乙醇玉米、乙醇甘蔗、生物柴油大豆), 但不包括第二代生物能源作物。牧场包括牧场用地类别, 不仅包括高质量的牧场, 还基于粮农组织对“永久性草地和牧场”的定义。生物能源农田包括专门用于第二代能源作物的土地 (例如柳枝稷、芒草、快速生长的木材种类)。森林包括有管理和无管理的森林。天然土地包括其他草原、稀树草原和灌木丛。A: 这个图显示了RCP1.9³⁷中SSP1、SSP2和SSP5的综合评估模式 (IAM)³⁸结果。对于每种路径, 阴影区域显示所有IAM的范围; 这条线表示各模式的中位数。对于RCP1.9, SSP1、SSP2和SSP5分别包括五个、四个和两个IAM的结果。B 土地利用和土地覆盖变化适用于各种SSP-RCP组合, 显示多模式中位数和范围 (最小值、最大值)。{文框 SPM.1, 1.3.2, 第1章的跨章节文框1, 2.7.2, 第6章的跨章节文框9 6.1, 6.4.4, 7.4.2, 7.4.4, 7.4.5, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.3, 7.5.6; 第6章的跨章节文框9}

³⁶ 代表性浓度路径 (RCP) 是包括全部温室气体 (GHG) 和气溶胶以及化学活性气体排放和浓度以及土地利用/土地覆盖的时间序列情景。

³⁷ 本报告中评估的RCP1.9路径在2100年将升温限制在1.5C的可能性为66%, 但其中一些路径在21世纪期间升温过冲1.5C的范围为> 0.1C。

³⁸ 综合评估模式 (IAM) 是将两个或两个以上领域的知识并入一个单一框架。在这张图中, IAM用于评估经济、社会和技术发展与气候系统演进之间的关系。

D. 近期可采取的行动

D.1

{3.6.1, 3.6.2, 3.7.2, 4.8, 5.3.3, 5.5, 5.6.4, 5.7, 6.2, 6.4, 7.3, 7.4, 7.6; 7 10}

- D.1.1 近期的能力建设、技术转让和部署以及有利的财务机制可以加强土地部门的适应和减缓。在不断变化的气候条件下，知识和技术转让有助于加强可持续利用自然资源以促进粮食安全（中等信度）。提高对可持续土地管理做法、农业推广和咨询服务的认识，提高这方面的能力建设和教育，以及扩大向生产者和土地使用者提供农业服务，可以有效地解决土地退化问题（中等信度）。{3.1, 5.7.4, 7.2, 7.3.4, 7.5.4}
- D.1.2 对土地利用变化（土地退化和荒漠化等）的测量和监测得到了以下方面的支持：新型信息和通信技术（基于手机的应用、基于云的服务、地面传感器、无人机图像）的广泛使用、气候服务的使用以及遥感土地和关于土地资源的气候信息（中等信度）。针对极端天气和气候事件的早期预警系统对于保护生命和财产以及加强降低和管理灾害风险至关重要（高信度）。季节预报和早期预警系统对粮食安全（饥荒）和生物多样性监测至关重要，包括病虫害和适应性气候风险管理（高信度）。人员能力和机构能力的投资回报率很高。这些投资包括获得观测和早期预警系统，以及原位水文气象和基于遥感的监测系统和资料提供的其他服务、实地观测资料、清查和调查以及数字技术的扩大使用（高信度）。{1.2, 3.6.2, 4.2.2, 4.2.4, 5.3.1, 5.3.6, 6.4, 7.3.4, 7.4.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4; 第3章的跨章节文框5}
- D.1.3 从风险管理方面对特定土地划定管理框架，可以通过景观方法、病虫害爆发的生物控制以及改善风险分担和转移机制在适应方面发挥重要作用（高信度）。提供与气候相关的风险信息可以提高土地管理者的能力，并可使其能够及时做出决策（高信度）。{5.3.2, 5.3.5, 5.6.2, 5.6.3; 第5章的跨章节文框6; 5.6.5, 5.7.1, 5.7.2, 7.2.4}
- D.1.4 对于与新出现的应对方案的有效性、协同效益和风险有关的资料和信息，通过增加其可用性和可获得性以及通过提高土地使用效率，可以改善可持续土地管理（高信度）。一些应对方案（例如，改进土壤碳管理）仅在小规模示范设施中实施，而在扩大和广泛部署这些方案方面存在知识、财政和体制方面的差距和挑战（中等信度）。{4.8, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.1, 5.6.5, 5.7.5, 6.2, 6.4,}

D.2

{3.4.2, 5.7, 7.5}

- D.2.1 促进可持续土地管理的近期行动将有助于减少与土地和粮食有关的脆弱性，并可创造更具弹性的生计，减少土地退化和荒漠化，以及减少生物多样性丧失（高信度）。在可持续土地管理、消除贫困努力、市场准入、非市场机制和消除低生产率做法之间存在协同作用。通过保护生态系统的功能和服务而最大限度地发挥这些协同作用可以带来适应、减缓和发展的协同效益（中等信度）。{3.4.2, 3.6.3, 表 4.2, 4.7, 4.9, 4.10, 5.6, 5.7, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6; 第7章的跨章节文框12}
- D.2.2 对土地恢复的投资可以带来全球效益，而对旱地的投资在恢复生态系统服务而带来的经济价值方面估计可以有3到6的效益成本比率（中等信度）。许多可持续土地管理技术和做法在3到10年内是有效益的（中等信度）。虽然可能需要前期投资，但确保可持续土地管理的行动可以提高作物产量和牧场的经济价值。土地复原和恢复措施可改善生计系统，并可在气候变化适应和减缓、生物多样性和增强生态系统功能和服务方面提供短期的积极经济回报和长期效益（高信度）。{3.6.1, 3.6.3, 4.8.1, 7.2.4, 7.2.3, 7.3.1, 7.4.6, 第7章的跨章节文框10}

- D.2.3 对可持续土地管理做法和技术的前期投资范围从大约20美元/公顷⁻¹到5000 美元/公顷⁻¹，中位数估计约为500美元/公顷⁻¹。政府支持和改善获得信贷的机会有助于克服采用上的障碍，特别是贫困小农所面临的障碍（*高信度*）。平衡饮食的近期变化（见B6.2）可以减少对土地的压力，并可通过改善营养提供重要的健康协同效益（*中等信度*）。{3.6.3, 4.8, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 6.4, 7.4.7, 7.5.5; 第6章的跨章节文框9}

D.3

GHG

{ SPM.1, SPM.2, 2.5, 2.7, 5.2, 6.2, 6.4, 7.2, 7.3.1, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6; 6, 9, 7, 10}

- D.3.1 推迟跨部门的行动可导致对广泛部署土地适应和减缓方案的需求日益增加，并且可能导致在世界上大多数地区部署这些方案的可能性降低，并可能限制其当前和未来的有效性（*高信度*）。现在采取行动可以避免或减少风险和损失，并可为社会带来效益（*中等信度*）。根据区域情况快速采取符合可持续土地管理和可持续发展的气候减缓和适应行动可以减少数百万人面临气候极端事件、荒漠化、土地退化以及粮食和生计不安全的风险（*高信度*）。{1.3.5, 3.4.2, 3.5.2, 4.1.6, 4.7.1, 4.7.2, 5.2.3, 5.3.1, 6.3, 6.5, 7.3.1}
- D.3.2 在未来的情景中，推迟减排GHG意味着权衡取舍，可导致与升温相关成本和风险的显著上升（*中等信度*）。随着气候变化的加剧，如增加土壤有机碳等一些应对方案的可能性会降低，因为在较高温度下土壤作为碳封存汇的能力会降低（*高信度*）。在避免或减少土地退化和促进积极的生态系统恢复等方面出现拖延，可能会产生长期影响，包括农业和牧场生产力迅速下降、多年冻土退化和很难实现泥炭地还湿等（*中等信度*）。{1.3.1, 3.6.2, 4.8, 4.9, 4.9.1, 5.5.2, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3; 第7章的跨章节文框10}
- D.3.3 推迟所有部门的GHG减排意味着权衡取舍，包括粮食、健康、居住区和生产所需土地生态系统功能和服务的不可逆转的损失，从而对世界许多地区的许多国家产生越来越大的经济影响（*高信度*）。如高排放情景所假设的，延迟行动可能会对某些生态系统产生不可逆转的影响，从长远来看，可能导致生态系统产生大量额外的GHG排放，从而加速全球变暖（*中等信度*）。{1.3.1, 2.5.3, 2.7, 3.6.2, 4.9, 4.10.1, 5.4.2.4, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3; 第6章的跨章节文框9, 第7章的跨章节文框10}

