

牲畜 总是对地球 有害吗？

重新审视蛋白质替代和
气候变化议题

来源

Houzer, E. and Scoones, I. (2021) 牲畜总是对地球有害吗？重新审视蛋白质替代和气候变化议题。布莱顿：PASTRES.

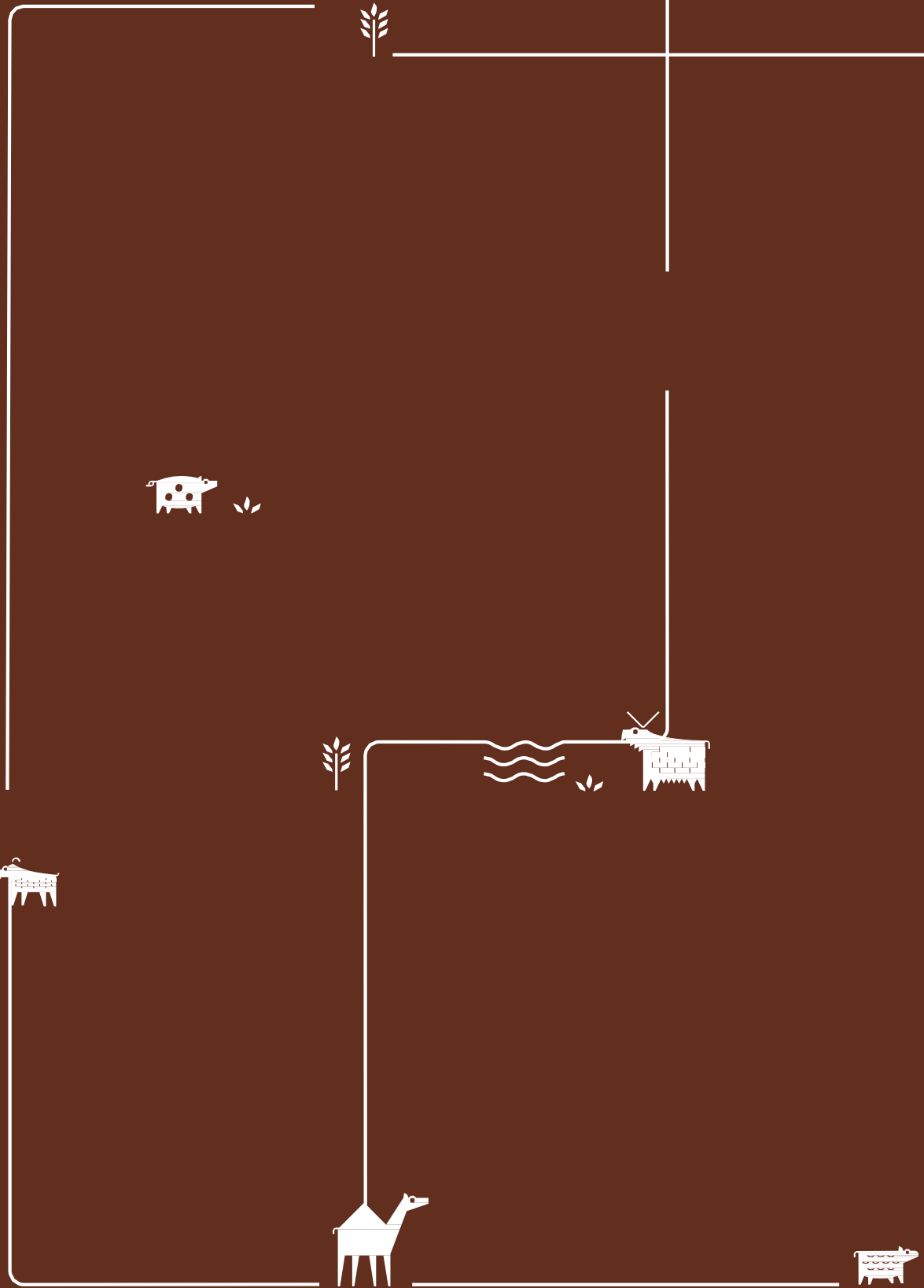
支持材料：pastres.org/livestock-report

封面图：放牧中的拉巴里牧民 摄影师：Nipun Prabhakar



ISBN: 978-1-78118-828-6
DOI: 10.19088/STEPS.2021.003
在知识共享署名 4.0 国际许可下发布(CC BY 4.0)







作者

Ella Houzer 毕业于萨塞克斯大学，硕士研究生攻读的是气候变化、发展与政策专业。

Ian Scoones 是萨塞克斯大学发展研究所的教授。他也是 ESRC STEPS 中心 (step-centre.org) 的联合主任和 ERC 资助的 PASTRES 项目（游牧业、不确定性和弹性：边缘地区给全球的启发）的负责人。

联合发布机构

本报告与以下机构联合发布：地中海自然与文化联盟（AMNC）、欧洲东非牧业游说团联盟（CELEP）、可持续发展与环境中心（CENESTA）、欧洲牧羊人网络（ESN）、国际环境与发展研究所（IIED）、国际牲畜研究所（ILRI）、意大利牧业网络（APPIA）、牧民和内生畜牧业发展联盟（LPP）、国际土地联盟牧场计划、西班牙天然放牧型畜牧业平台、无国界兽医组织（vSF）、世界流动土著人民和牧民联盟（WAMIP）以及 Yolda 行动计划。详情参见附录 1。

本报告支持 2026 国际牧场和牧民年。



www.iyrp.info

审校

非常感谢赫尔辛基大学的 Pablo Manzano、国际牲畜研究所（ILRI）的同事（Claudia Arndt, Todd Crane, Polly Ericksen, Sonja Leitner, César Patino, Jason Sircely 和 Shirley Tarawali）、PASTRES 团队的成员 (Antonello Franca, Gongbuzeren, Michele Nori, Nathan Oxley)，非常感谢 Wolfgang Bayer, Fernando García-Dory, Ilse Köhler-Rollefson, Saverio Krättli, Maryam Niamir-Fuller 和 Ann Waters-Bayer 为此报告写评论，同时感谢 PASTRES 全员团队在线上会议期间给予的重要反馈。如有错误和疏漏由作者负责。

本报告属于 PASTRES 项目（游牧业、不确定性和弹性：边缘地区给全球的启发），该项目获得了欧洲联盟地平线 2020 研究和创新计划下欧洲研究理事会（ERC）的高级拨款资助（拨款协议号 740342）。

PASTRES 由发展研究所（IDS）和欧洲大学研究所（EUI）联合运营。

www.pastres.org

感谢 Twin Scripts, Michele Nori, Antonello Franca, Matteo Caravani, Hijaba Ykhanbai, Mounir Louhaichi, Sawsan Hassan, Burcu Ateş and Engin Yılmaz 协助翻译简报和信息表。

页面设计： Ian Wrigglesworth/Mariano Sanz www.deletec.info



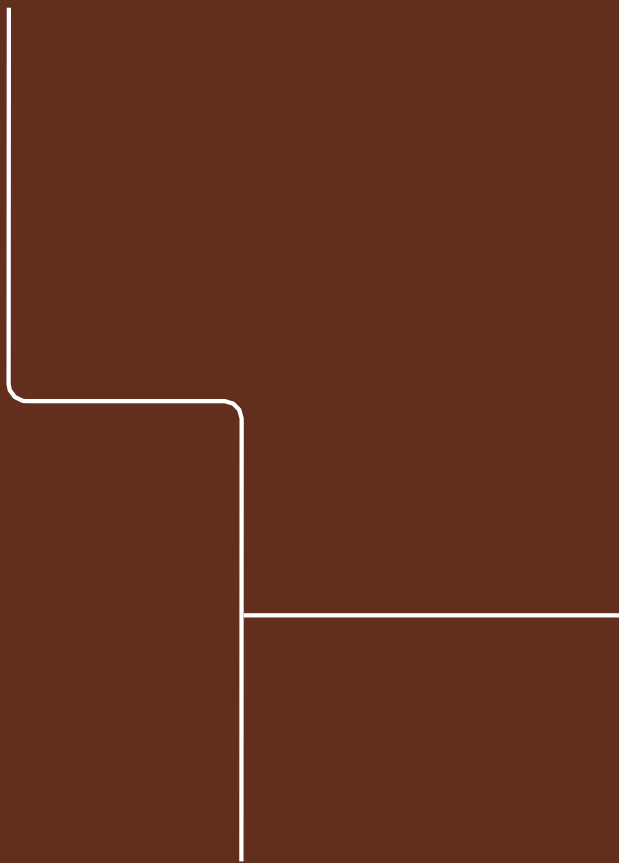
目录

内容摘要	1
1. 畜牧业与气候变化之争	5
2. “肉奶有害”论	10
分析：观点背后的数据	14
3. “全球性”评估：汇总和泛化的危险	16
可持续性 & 民生	18
营养与饮食	19
4. 局限性假设：为什么标准评估需要被审视	20
数据偏差	24
界定系统	28
基准和替代品	34
5. 气候和牲畜的相互作用：在系统中理解	38
案例 1：意大利，撒丁岛	40
案例 2：中国，安多藏区	42
案例 3：西非，塞内加尔北部	44
6. 畜牧业与气候变化：亟待新方法	47
7. 畜牧业的未来：把牧民纳入讨论核心	51
数据与方法论	52
区分各系统	53
多元化政策	53
管理与控制	55
公平与民生	56
环境监护与可持续性	56
食物系统	57
畜牧业的未来：应对气候挑战的六个建议	58
尾注	59
参考文献	62
附录 1：合作机构	69

内容摘要

牲畜总是对地球有害吗？

气候挑战迫在眉睫，人们的食品结构也亟需大范围的彻底改变，这也就意味着我们可能要从饮食中大量减少或者直接剔除动物性食品。然而这种高调的议论仅仅基于零星的证据，并没有对地区、环境和生产方式进行细化区分。在这种对于未来食品的讨论中，一些影响力没有那么大的天然放牧型生产方式，比如说游牧业，正在被与工业化生产混为一谈。



畜牧业生产是温室气体的主要来源之一，所以肉类和奶类对于环境是有害的。这种观点普及甚广，很多国际机构、活动团体、公司和政府也支持这种说法。这种占据首要话语权的观点引发了广泛的政策调整，这也确实适用于一些西方饮食结构和畜牧业生产方式。当然，这些政策也不时被警告继而中止，而政策和媒体传达出的信息还是被简化了，导致在政策制定和社会活动中经常忽略工业化畜牧业和天然放牧型畜牧业生产方式之间的差异。这类不合适的政策很可能给民生带来巨大的负面影响，包括当地环境和依靠天然放牧型畜牧业生活的牧民。天然放牧型畜牧业牵扯到数百万人的生活，他们活动的牧场面积可占全球陆地总面积的一半以上。

那么媒体上和政策辩论中广泛采用的数据又是从何而来呢？本报告探究了这些影响颇广的计算方法中的假设和不确定性。研究中经常使用生命周期评估模型，但使用的数据通常只来自于有限的几组案例，大部分来自于欧洲和北美洲的工业化系统。我们找出了这些评估中的 10 个核心假设和漏洞。我们主要讨论数据的局限性和偏差、分析各系统的方式——包含什么又排除了什么、以及怎样确认基准并评定替代品。

例如，由于缺少世界其他地区的数据，畜牧业排放量的假设通常基于对集中且密集的工业化系统的研究，而这些数据往往也会用于推断天然放牧型畜牧业。此外，评估不同温室气体影响的方法也有待商榷。比如说畜牧业生产过程中会排放大量的甲烷，而甲烷对全球变暖的影响相较于二氧化碳有着显著区别。具有局限性的生命周期评估可能忽视了天然放牧型畜牧业对于生态系统服务、景观保护和碳封存等更广范围上的环保优势。在粗放型畜牧系统中，碳循环是一个复杂的过程，随时间和空间的改变会发生很多变化，也会有特定的排放热点以及碳和氮的储存热点。



我们在把畜牧业排放数据和什么相比？如果天然放牧系统中的牲畜被淘汰，什么会替代它们呢？许多人想象“野生”生态系统能够回归，但多个研究显示在“天然”系统中的野生动物和白蚁也会产生至少同水平的排放量。在一些地区，天然放牧型畜牧业是当地民生支柱，那里的土地不适宜种植粮食或者种树，所以也不能转为他用。

因此，迫切需要一个更全面的系统方法来评估包括游牧业在内的低投入、粗放型畜牧系统中与牲畜有关的排放，以便采取更有针对性和现实的方法来缓解环境压力。而系统方法的关键在于聚焦生产方式而不只是产出的产品（比如说肉和奶）。系统方法也会认可游牧迁徙并解释其对于生态系统服务的益处和潜在碳封存能力。同时，对于工业化系统的分析应考虑到谷物饲料、化石燃料密集型加工、运输、市场营销和基础设施建设的成本。

了解天然放牧型畜牧业不仅要深入研究如何控制牧场排放，还应顾及如何持续保障民生、保护环境。在研究中，必须要与牲畜饲养者接触交流，他们了解自己的生产系统，也更清楚可持续利用牧场的可能性。

改变饮食结构的全球性讨论也需要一个更加客观中立的态

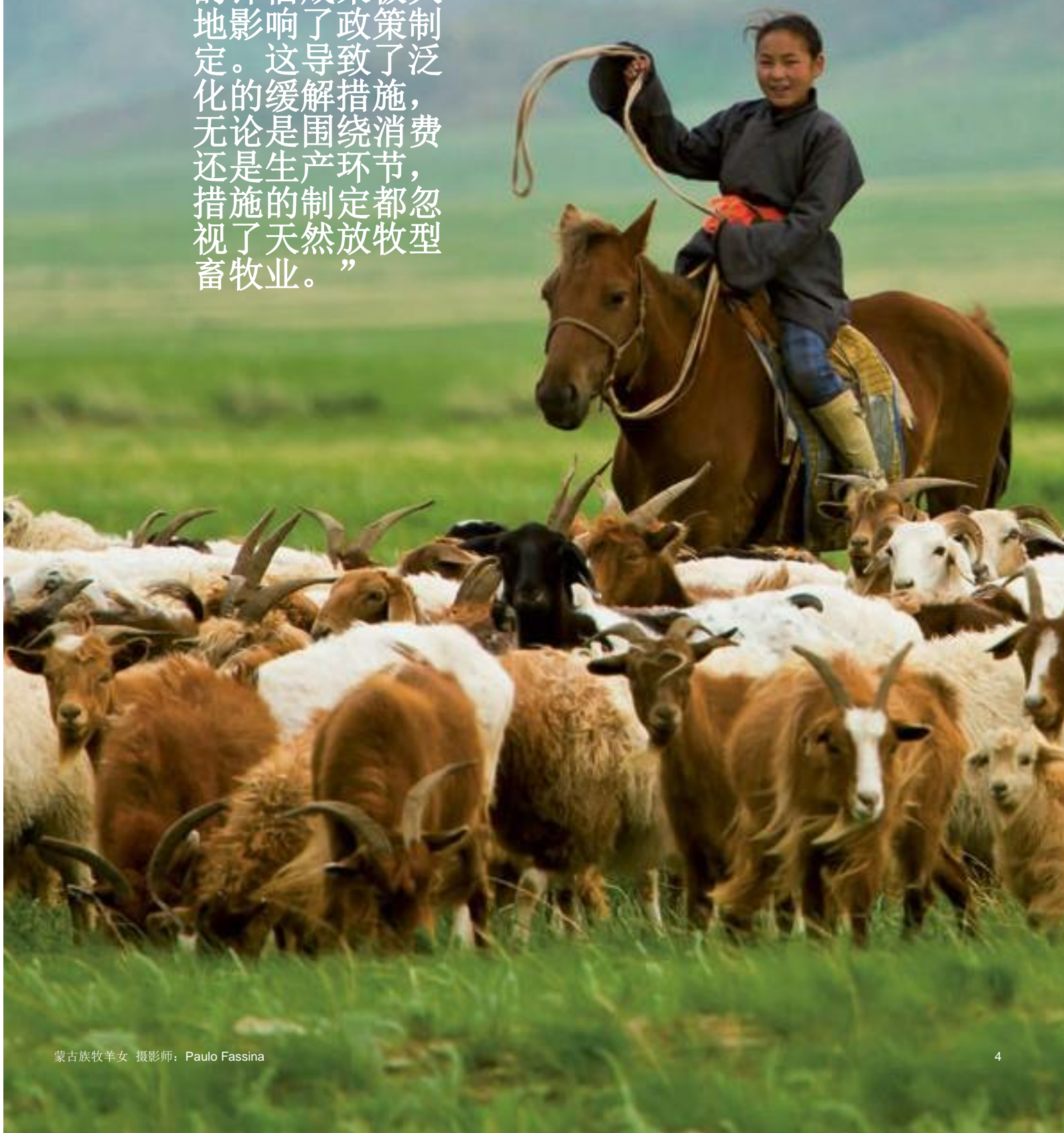
度。在全球许多地区，提供高密度的动物蛋白对于营养至关重要，尤其是对于贫穷人群和儿童来说。动物蛋白不能简单地被植物蛋白或者工业生产的其他蛋白代替。包括游牧业在内的低投入畜牧业生产是健康饮食的重要来源。这种说法显然与其他地区要求改变饮食结构的说法背道而驰，在那些地区，过量消耗工业化生产的动物性食品给人体健康和环境都带来了危害。

当然，天然放牧型畜牧业依然是温室气体排放的来源之一，仍需采取适宜当地情况的缓解措施。但这种多功能的畜牧业也带来了许多重要的益处，比如说保护环境、减贫并增加民生机遇、增加饮食中的蛋白质含量以及通过市场和交易促进经济发展。由此可见牲畜不是对地球百害而无一益的，气候变化和蛋白质替代的讨论也亟需考虑更多因素。

包括游牧业在内的低投入天然放牧型畜牧业或许能给我们一些关于未来的启发。确保牧民和小农牲畜养殖户的声音能被公众听见事关气候公正。为了避免施行可能带来危害的气候政策，在讨论中应当倾听来自各个角度的意见，而一些群体目前还尚未发声。国际气候政策的制定和食物系统的讨论不应忽略任何人。本报告针对上述问题提出了一些建议。



“运用生命周期分析方法论得出的评估成果极大地影响了政策制定。这导致了泛化的缓解措施，无论是围绕消费还是生产环节，措施的制定都忽视了天然放牧型畜牧业。”



畜牧业与气候变化之争



由于舆论普遍认为畜牧业会大量排放农业温室气体，近年来，它已然成为了农业生产中的气候公敌（FFCC 2021）。研究声称人为温室气体总排放（包括直接和间接排放）的 14.5%是由畜牧业造成的，而在畜牧业中，牛肉生产的排放占总量的 40%，牛奶占 20%。在这些排放中，44%的二氧化碳当量由甲烷、279%的一氧化二氮和 27%的二氧化碳构成（Gerber et al. 2013a: 15）。收入和人口的增长以及高速城市化进程使得全球对动物性食品的需求增加（Herrero et al. 2009; Nordhagen et al. 2020）。照当前趋势，全球人均饮食排放量在 2009-2050 年期间预计将增长 32%（Tilman and Clark 2014）。

这也引发了关于动物性食品对于环境影响以及如何减少畜牧业碳足迹的激烈讨论（UN Nutrition and Iannotti 2021）。媒体、活动团体以及政策制定者都开始呼吁全球大量减少或者彻底停止摄入动物性食品（Wellesley et al. 2015; Godfray et al. 2018; Willett et al. 2019; Greenpeace 2020），因为他们认为肉和奶对于环境和人体健康都有害。例如，50by40，一个多组织联盟，支持在 2040 年前减少 50%的动物性食品摄入¹。

尽管关于全球排放总量的统计数据各异，但基本观点还是牲畜，尤其是反刍动物，是甲烷等温室气体排放的一大来源，改变饮食结构、减少或者停止摄入肉和奶可以大量减少碳排放。人们提出了大规模的“蛋白质替代”计划，呼吁大家做出改变，选择对环境影响更小的饮食方案，比如食用素食、纯素食或不吃红肉。这些替代的植物性食品最好集中种植，这样有益于节约土地，省出的土地可以通过大规模植树造林等方式用于碳封存（Hayek et al. 2021）。

一些企业出于自身利益全力支持这类提议，比如说世界经济论坛上的代表企业，关注动物权益或者处于树木密集地区的环保主义者也对此类提议十分支持。他们提倡食用替代性蛋白质，包括细胞培养肉、真菌类蛋白质和昆虫（Godfray 2019; Warner 2019; Treich 2021）²。例如，

“农场动物投资风险及回报”计划声称“替代性蛋白质发展景气，可能成为食品行业的增长引擎”，还会带来充足的环境、社会和治理投资机会³。2021 联合国粮食系统峰会上的一些讨论中也重申了这些观点⁴。

天然放牧型畜牧业常常因其表现出的低生产效率、平均每只动物的高甲烷排放量和与更集约型生产方式相比较大地范围而备受诟病（Stehfest et al. 2009; Gerber et al. 2013a）。这种观点认为集约化生产可以减少温室气体排放，促进多样化用地，包括植树造林，也可以降低整体碳排放。当然，如果在集中圈养的饲养场喂奶牛吃高蛋白饲料，每只动物占用的土地面积和产生的甲烷都会减少，但气候变化是由各方面原因共同造成的。当饲料来源是露天牧场，饲料纤维含量较高的时候该怎么办？饲料厂的饲料从何而来，节约的土地又会被用在何处？或许饲料厂的饲料是从采伐森林过后的土地上种植出来的，还经过了全球运输？天然放牧型畜牧业会带来哪些好处呢？比如说保护景观或者提高生态系统服务能力。

牲畜和环境的关系远比当今观点论述的要复杂得多。许多全球性的评估并没有充分而全面地综合评估各种类型的畜牧业（Fairlie 2010; Herrero and Thornton 2013; Rivera-Ferre et al. 2016; Garnett et al. 2017; Manzano et al. 2021; Nagarajan 2021）。本报告认为当今



“缺失重点、破坏民生的气候政策是不适宜和不公正的。”

卡奇地区路上的牧民 摄影师：Natasha Maru

评估牲畜对环境的影响的方式被一些核心假设严重误导，这些假设为如何管理全球畜牧业提供的信息过于简单，也不够准确，尤其是涉及粗放型和低投入的畜牧生产方式，其中牲畜在露天牧场中活动的游牧业最为典型。本报告调查了为什么包括游牧业在内的天然放牧型畜牧业不被主流观点所接受，以及我们为什么必须谨慎对待简单而泛化的建议。

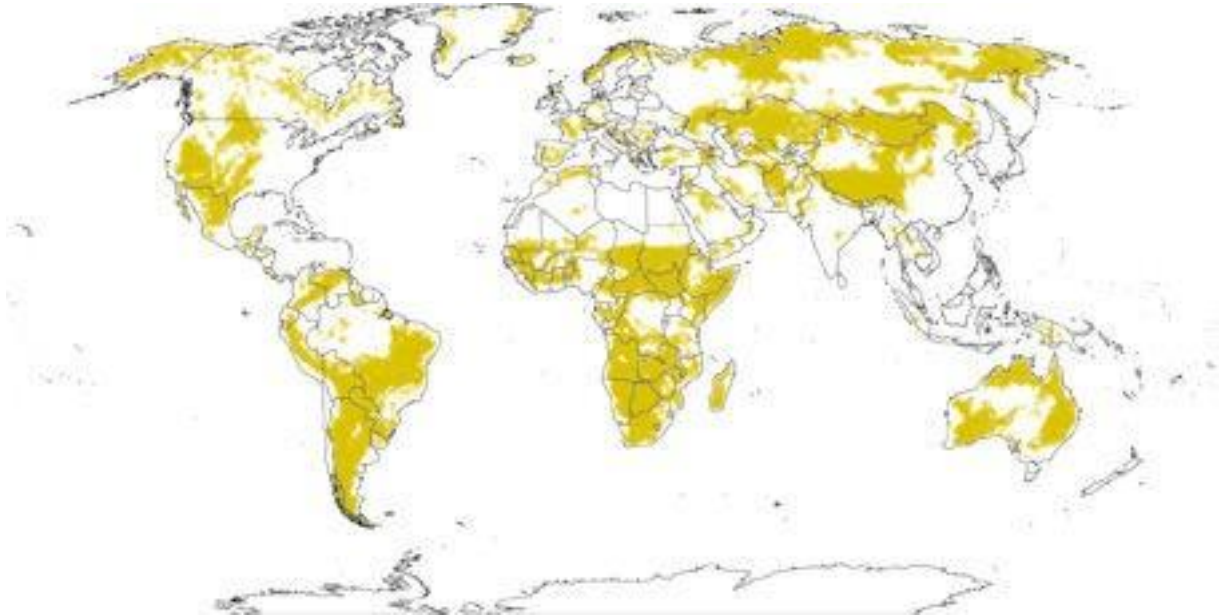
天然放牧型畜牧业可以分为很多不同的种类，各种不同的畜牧业也有相应的耕作制度。天然放牧型畜牧业能够利用不同类型的牧场，对牲畜的多功能利用也是它的一大特点。游牧业是天然放牧型畜牧业的一种重要形式，也是本报告的关注重点。牧民指在天然牧场上饲养管理牛群、山羊、绵羊、骆驼、美洲驼、牦牛、驯鹿等其他动物的人，他们活动的牧场面积占全球陆地面积的一半以上（ILRI 2021）。在环境多变、其他农耕方式不适用的地区，

数百万人依赖天然放牧型畜牧业为生。这些地区遍布全球，包括旱地稀树草原、稀树草原、沙漠、干草原、北极苔原、地中海山区、以及一些平原和山脉。从撒哈拉以南非洲的旱地到北极圈，世界上的每一个大洲（南极洲除外）都有牧民活动，他们是动物蛋白和营养饮食的重要提供者（图 1）。通过有计划、有经验的放牧，牧民们以多种方式灵活利用土地，最大限度地把多样性和不确定性化为己用（Krätti 2015; Manzano *et al.* 2021; Scoones 2021）。牧民们和小农牲畜养殖户一道，把天然牧场与农业系统紧密结合，为全人类提供了重要的营养来源，也常常为贫穷和边缘地带的人们提供高密度的动物蛋白（UN Nutrition and Iannotti 2021）。

虽然同属于畜牧业系统，牧民和小型养殖户的生产方式显然与高投入、依赖化石能源、密集集中的畜牧业生产方式大不相同。生产方式的不同也就决定了产出的

全球游牧业的分布

图1 来源: IUCN/UNEP (2015)



图例



肉类、奶类和其他食品的不同。无论是小型养殖户还是游牧业，任何生产系统都对气候都有着重要的影响，但区分生产动物制品的方式还是十分重要的。

例如在天然牧场的生态系统中牲畜为碳通量带来积极影响，而另一些系统中工业生产只给环境带来了人为的消极影响。

本报告仔细审阅了大量关于牲畜、气候变化和人类饮食的文献，并提出以下三个观点。

1.

目前有关牲畜、饮食和气候变化的政策和主张是建立在有限的证据上的，相关研究主要针对工业化农业。研究的假设中存在漏洞，这也极大地影响了研究结果以及建议。

2.

游牧业以及其他低投入的畜牧业系统（包括粗放利用牧场、低投入、畜群可以在一定程度上自由活动的方式）对环境、生物多样性和水资源的负面影响没有当前主流观点认为的那么大，反而会对环境大有好处。

3.

重新开展讨论、将不同的系统纳入考量可以为未来指明道路：低投入、可持续的畜牧业可以成为缓解气候变化的重点举措。与工业化、集中饲养的畜牧业相比，这种形式的畜牧业对民生和生态系统更加有益。

本报告首先概述了当前主流的气候政策观点。接着探究了该政策立场的支撑证据以及一些漏洞和假设，也正是这些漏洞和假设推导出了具有误导性和偏颇的观点。为了对遍布全球的自然型牧场进行研究，

“除了南极洲以外，世界上每个大洲和每个国家都存在天然放牧型畜牧业，牧场的面积占全球陆地面积的一半以上。”

本报告从之前的那些假设中跳脱出来，提出了一个区分不同畜牧业系统的新框架。报告最后评估了缓解气候变化的干预措施和政策可能带来的影响。

当前过分简化和广为人知的“肉奶有害”论并不适用于所有地区。所以我们呼吁建立一种新的系统方法，这种系统方法能够区分全球不同的畜牧生产系统以及它们给环境和民生带来的影响。通盘考虑相关背景因素是十分必要的，如民生、营养、食品安全和当地农业生态条件。这样可以避免为了应对气候变化挑战而实行政策或改变行为，结果却弊大于利的情况。新方法会更关注包括游牧业在内的天然放牧型畜牧业带来的机会，让应对气候变化的措施更有针对性、更有效，也能够让牲畜养殖户的声音在关于气候问题的讨论中被听见。

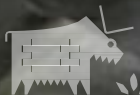
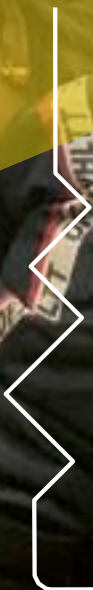
即使是对于天然放牧型畜牧业，我们也并不是要求无所作为、维持现状。毫无疑问，牲畜确实是温室气体的主要来源之一。如果想要实现降低全球温度的远大目标，我们必须做出改变。减少全球农业和食物系统的碳足迹需要改变整个消费和生产系统。

我们认为，肉类和奶类在未来仍是农业-食物系统的一份子，而一部分动物性食品可以从游牧业和其他天然放牧型畜牧业中获得，这样有利于在天然牧场系统中促进民生、保护环境。我们所提倡的全面的系统方法能够避免一刀切政策的危险，也会促进发展因地制宜的解决办法。

本报告是欧洲研究理事会（ERC）资助的 PASTRES 项目中游牧业与发展工作的一部分，该项目跨越三个大陆，在六个国家开展工作，探索牧民如何应对气候变化以及其他因素带来的不确定性⁵。本报告与其他一些同样致力于游牧业、环境保护和气候正义的组织共同出版（详情见附录 1）。



“肉奶有害”论



当前关于牲畜、气候变化和人类饮食的讨论呼吁全世界的人们大量减少饮食中的动物性食品，因为与耕种农业相比，畜牧业对气候的影响较大（Wellesley et al. 2015; Willett et al. 2019; Greenpeace 2020）。根据国际气候变化专门委员会（IPCC）关于气候和土地使用的重要报告（IPCC/Shukla et al. 2019: 159 - 160, Figure 2.9），畜牧业的甲烷排放量占全球甲烷总排放量的 33%，农业甲烷排放量的 66%，报告中的计算数据来源于多个数据库。亚洲的畜牧业排放量最高（37%），而非洲畜牧业相关的排放增长最快（2018 年占 14%）。这些甲烷来源于反刍动物，它们的食物中纤维含量很高，所以游牧业系统、农牧业系统和耕种畜牧混合系统都是重要的排放来源。

颇有影响力的联合国粮食和农业组织（FAO）曾经发表过一篇名为《牲畜厚厚的阴影》的报告（Steinfeld et al. 2006），报告突出了畜牧生产造成的环境影响并呼吁人们做出行动，自从那之后，全球的注意力转向了畜牧业。这份具有里程碑意义的报告中提出：畜牧业“不论是在地方还是全球，逐渐成为了最严重的环境问题的最重要诱因之一，它在其中至少可以排在前三位”（Steinfeld et al. 2006）。尽管该报告的方法论和结论都遭到了很多批评（例如 Pitesky et al. 2009; Glatzle 2014），其中的观点自那之后还是助长了很多人对动物性食品影响气候的担忧，包括学术界、活动团体、商业组织、新闻界、环保主义者，以及一些知名人物，比如比尔·盖茨、格蕾塔·桑伯格和大卫·爱登堡⁶。“拯救地球，改变饮食”成为了所有人的战斗口号，环保主义者们提倡素食主义，高科技公司生产低碳足迹的替代蛋白⁷。尽管有人试图对评估进行定性⁸，讨论还是得出了当前最普遍的观点：畜牧业是全球气候灾难的罪魁祸首⁹。

而当今这种普遍的观点从何而来呢？我们从经常出现在媒体上和其他政策文件中的文献资料中找出了 9 份关键报告，他们都在 2006 至 2020 年间发表，在关于牲畜、气候变化和未来食品的讨论中十分有影响力（表 1）¹⁰。继 FAO 发表的《牲畜厚厚的阴影》之后，许多富有影响力的智囊团、运动组织都开始支持这种观点，包括 IPCC 也发表了关于气候和土地使用的报告。可以看出的是，许多报告都使用了一样的数据来源

和模型来得出结论。一些报告更加细致地区分了工业化畜牧生产和其他畜牧生产方式，但所有的报告都提出了差不多的建议，即改变人类饮食结构、减少畜牧业生产来减少排放。

大量减少动物性食品摄入和畜牧业生产来缓解环境压力，并把全球气温上升幅度控制在巴黎协定中规定的 1.5°C 以内的建议已经成为共识¹¹，似乎也成为了“常识”性的政策立场。被大量引用的 EAT-Lancet 报告声称每单位动物性食品在多方面都会给环境带来巨大压力，包括温室气体排放、耕地使用和水资源使用。所以，为了将全球农业的环境压力控制在地球界限以内，报告呼吁在 2050 年之前减少 50% 的红肉摄入（Willett et al. 2019）。同时，绿色和平组织（2018）呼吁在 2050 年之前将所有动物性食品的摄入减少 50%。《农业的失败》（Greenpeace 2020: 10）中提到“与 10 年前相比（39MtCO₂-eq），欧洲动物养殖业增加的年排放总量对气候的影响相当于道路上增加 840 万辆汽车。”¹² 英国皇家国际事务研究所发表的名为《改善气候，改变饮食》的报告也提到（Wellesley et al. 2015:1）“单是动物养殖和饲料谷物的生产就造成了了近 1/3 的森林采伐和相关二氧化碳排放”，并认为畜牧业是“高度资源密集型”产业。Searchinger 等人（2019）从他们关于四种代替性饮食方案的分析中得出的最重要结论是

减少摄入反刍动物的肉是应对环境挑战的重要方法，尤其是在全球摄入肉类最多的地区，那里的摄入量可超过每年100kg 红肉（见下文）。

在这种占据首要话语权的观点下，粗放型畜牧系统，比如游牧型、农牧型和低投入的耕种养殖混合型畜牧业，因为

其低生产效率和因牲畜食用较低品质饲料而产生的高甲烷排放，也要为每只动物温室气体的高排放量负责（Steinfeld et al. 2006; Garnett et al. 2017）。尽管每只动物的甲烷排放水平较高，让本来就居于高位的天然甲烷通量雪上加霜是既定事实，

一些在牲畜和气候变化讨论中具有影响力的关键报告

表 1

报告题目	机构	作者	日期
《农业的失败：欧洲动物农业是怎样加剧气候危机的》	绿色和平组织	绿色和平组织	2020
《气候变化与土地：国际气候变化专门委员会关于气候变化、沙漠化、土地退化、可持续土地管理、粮食安全和温室气体在陆地生态系统内流动的特别报告》	国际气候变化专门委员会（IPCC）	Shukla et al.	2019
《人类世的食物：从可持续食物系统获得健康饮食》	EAT-Lancet 委员会	Willet et al.	2019
《创建可持续食品的未来：2050 年前供 100 亿人饱腹的食谱方案》	世界资源研究所（WRI）	Searchinger et al.	2019
《少即是多：减少肉奶摄入，享受健康的体魄和环境》	绿色和平组织	绿色和平组织	2018
《牧业的困境：对牛群、畜牧业系统、甲烷、一氧化二氮及土壤固碳问题的反思--以及其对温室气体排放的影响》	粮食气候研究网络	Garnett et al.	2017
《改善气候，改变饮食：通过减少肉类摄入的方式》	英国皇家国际事务研究所	Wellesley et al.	2015
《通过牲畜应对气候变化》	联合国粮食和农业组织（FAO）	Gerber et al.	2013
《牲畜厚厚的阴影》	联合国粮食和农业组织（FAO）	Steinfeld et al.	2006

但是其他缓解因素使净排放总量和人为全球变暖效应远低于预期，详情见下文（Liu *et al.* 2021）。然而，把粗放型畜牧系统认定为高排放来源的观点意味着政策措施会偏颇地针对低投入、低产出的粗放型畜牧系统（Manzano and White 2019）。

表 2 概述了主流舆论中 10 个关于牲畜和气候变化的说法。虽然一些报告和评估研究中做出了重要的限定和区分，一些运动也只针对工业化农业，但是在公众和政策讨论中过于泛化的观点还是占据主流。

10 个关于牲畜和气候变化的说法

表 2

1. 	农业生产在未来的十年中预计会增加 52% 的全球排放，其中约 70% 的排放来源于畜牧业和乳品业（Greenpeace 2020）。
2. 	畜牧业生产造成了约 33% 的全球甲烷排放和 66% 的农业排放（IPCC/Shukla <i>et al.</i> 2019）。
3. 	畜牧业为全球提供 18% 卡路里来源，但却占用了 83% 的农用地（Poore and Nemecek 2018）。
4. 	全球大约 33% 的耕地被用来种植动物饲料作物（Poore and Nemecek 2018）。
5. 	在每单位产出等的情况下，动物性食品比植物性食品对环境的影响更大。食用反刍动物对环境的压力最大，约比食用替代性植物性食物高 20 至 100 倍（Clark and Tilman 2017）。
6. 	畜牧和饲料生产加剧了森林采伐和土地利用变化，造成了全球 1/3 的森林采伐和相应排放（Wellesley <i>et al.</i> 2015）。
7. 	天然放牧型畜牧业排放的温室气体更多，因为牲畜食用的是低品质饲料，这导致了生产效率低下和甲烷排放增加（Steinfeld <i>et al.</i> 2006; Garnett <i>et al.</i> 2017）。
8. 	2050 年之前，如果食物系统想要维持在“安全运行地带”，红肉消耗需要减少 50%（Willet <i>et al.</i> 2019）。
9. 	减少 75% 的动物养殖业相当于减少排放 3.67 亿吨的二氧化碳（Greenpeace 2020）
10 	2050 年之前，全球需要减少 50% 的动物性食品生产和消耗（Greenpeace 2018）。

“主流观点是从特定情境下有限案例的汇总数据中得出的，它忽略了天然放牧型畜牧业的特殊性。”



雪灾，安多藏区 摄影师：Palden Tsering

生命周期分析： 观点背后的数据

主流观点主要是依托生命周期分析（LCA）方法论而得出的，有时也参考了标准化排放清单。LCA 是一个很常用的框架，可以用来计算产品、加工和服务在生命周期中给环境带来的压力（Hallström et al. 2015），也适用于食物生产系统（Clark and Tilman 2017）。大部分关于不同食物和饮食对环境影响的研究都基于这种方法论，包括前文提到的那些富有影响力的报告。

LCA 研究得出的结论得到了大范围的认可，即动物性食品比植物性食品带来的环境压力更大，全球转向植物性饮食可以缓解温室气体排放、土地利用变化、水体富营养化和海水或土壤酸化等环境问题¹³。在动物性食品当中，反刍动物的肉对环境影响最大这一观点也成为了共识。据估计，每生产 1kg 食物、1g 蛋白质、美国农业部规定的 1 份或 1 单位质量的反刍动物肉相当于生产 20 至 100 倍的植物性替代食品

(Springmann *et al.* 2016a, 2016b; Clark and Tilman 2017; Clune *et al.* 2017; Searchinger *et al.* 2019)。所以，减少摄入红肉可以最大化地减少排放 (Springmann *et al.* 2016a, 2016b)。Springmann 等人 (2018) 的研究还给出了量化的结论，提出全世界的人必须平均减少 75% 的红肉摄入，而西方人必须减少 90% 的红肉摄入才能实现全球减排目标。然而，关注摄入的蛋白质总量可能并不合适。食物的供能效率、营养价值以及产生的碳足迹都存在很大差异 (Drewnowski *et al.* 2015)。研究可获得的营养物质和具体的人体需求，而不是只关注每份蛋白质总量，可以得出更全面的评估结果。

Poore 和 Nemecek (2018) 在大名鼎鼎的《科学》杂志上发表过一篇研究论文，该研究被呼吁改变饮食结构的政策制定者、活动家和媒体引用的次数尤其多。他们的数据被广泛采用，比如说出色的 Our World in Data (“数据里的世界”) 网站就对他们的数据进行了可视化处理和分析，该网站也是研究学者和相关新闻工作者重要的数据来源¹⁴。他们的荟萃分析涉及 119 个国家里约 570 项研究中的 38700 家农场和 1600 家加工商，研究发现在饮食结构中剔除动物性食品可能会改变 31 亿公顷土地的使用情况 (相当于减少 19% 的可耕地)，减少 49% 的温室气体排放，减少 50% 的海水或土壤酸化和 49% 的水体富营养化问题¹⁵。

LCA 研究所得的数据，尤其是全球综合法和模型汇总得出的 LCA 衍生估算结果¹⁶，正在影响着全球政策建议，媒体和公众舆论。各种各样、有时相互矛盾的“标志性事实”被用来佐证重大变化的合理性，而这些事实的背后是从模型中得出的统计数据。然而，科学论文的作者通常也承认

——在脚注和补充材料里说明的居多——应用 LCA 方法论不免涉及一系列假设。在 Poore 和 Nemecek (2018) 的分析中，论文主体和 76 页的补充材料里都明确说明了这些假设。他们只研究“可商业化的”，也就是大部分的工业化畜牧系统。他们研究从生产到零售过程中产生的排放，不关注碳封存或其他对环境的益处。他们的案例大多来自欧洲、北美洲、澳大利亚、巴西和中国，为了形成全球视角，他们在国家内部和国家之间都使用了加权因素。在存在数据约束的前提下，即使有一个相当大的数据集，他们的研究方法还是不可避免的有局限性。但是，当新闻公告¹⁷和媒体评论¹⁸使用了这些数据，又忽略了研究中的细节时，这些研究就可能变得具有误导性，比如说错误地把畜牧生产和汽车或飞机运输作比较¹⁹。

这种情况下区分直接和间接排放就变得十分重要。基于 LCA 的全球畜牧业评估显示畜牧业造成了 14.5% 的全球排放，这一数据包含了由生产造成的直接排放和一些间接排放，例如由运输产生的排放 (Gerber *et al.* 2013a)。与此相比，全球对于运输相关排放的评估往往只关注直接排放。运输业的直接排放可能就占了 14% 的温室气体总排放，而对应的畜牧业直接排放仅占 5%，其余的部分都是由间接排放造成的。我们在下文中也会讨论到，如果把碳封存等其他因素考虑进来，低投入、粗放型畜牧系统的直接排放可能比“全球性” LCA 研究估计的要少，同时，粗放型畜牧系统中的间接排放也很有限，因为它对运输、饲料进口和其他基础设施建设的依赖度比较低²⁰。错误的比较以及对排放来源不加区分会得出十分具有误导性的结论，这也可能导致制定的气候变化政策不合适并对可能危害到全世界的天然放牧型畜牧业牧民造成危害。



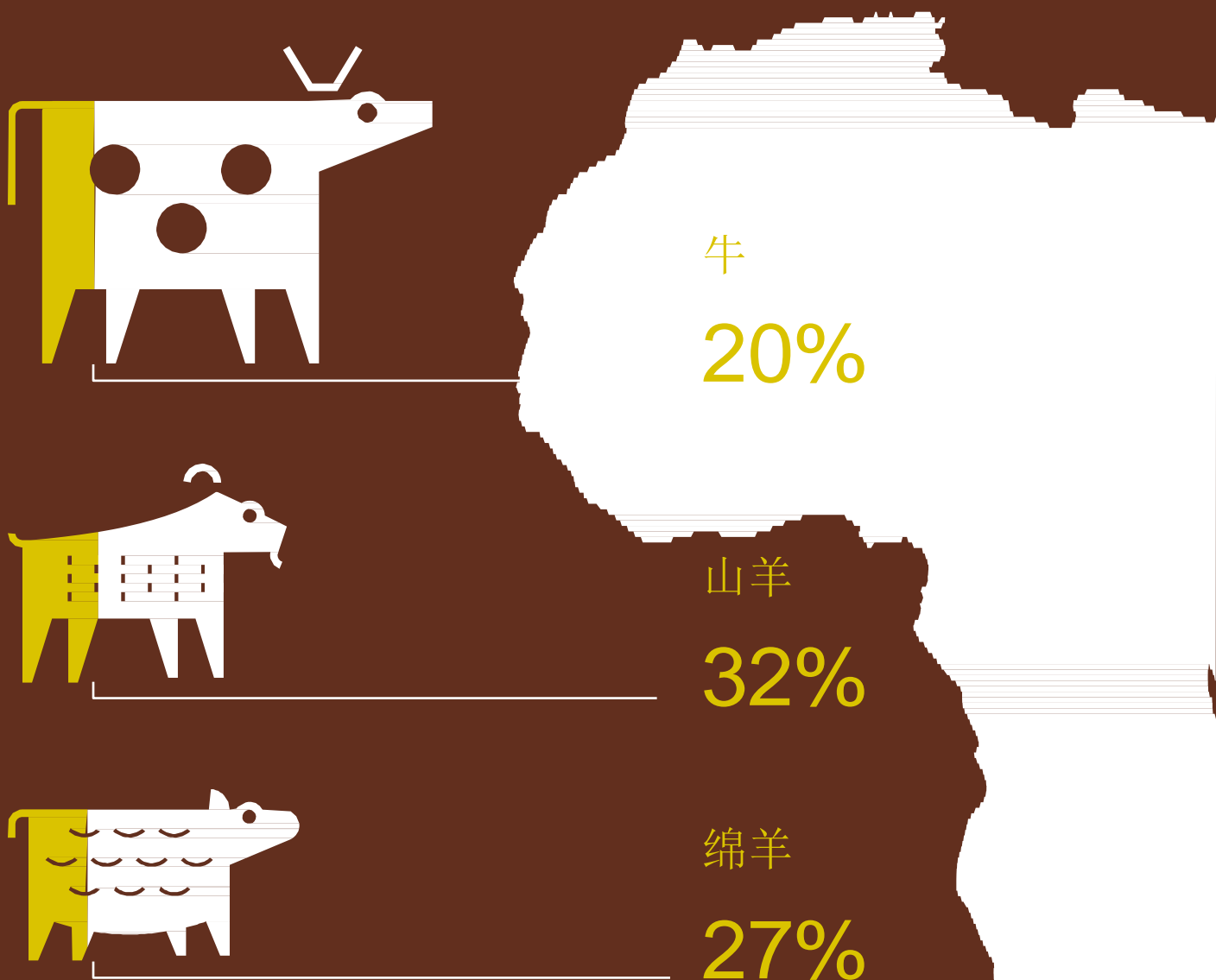
“全球性”评估： 汇总和泛化的危险



“全球性” LCA 研究（常常使用选择性数据）深刻地影响了人们对可持续性的理解（Manzano and White 2019）。大部分 LCA 研究的数据都是从高收入国家得来的，那里的农业系统工业化程度更高（Paul *et al.* 2020）。例如，在 1945 至 2018 年间发表的牲畜相关的文献中，只有 12.7% 涉及非洲，而非洲大陆却生活着全球 20% 的牛、27% 的绵羊和 32% 的山羊（Gilbert *et al.* 2018; Paul *et al.* 2020）。这就导致了当前的研究文献中严重缺少中低收入国家视角以及来源于这些国家的数据。Clark 和 Tilman（2017）的荟萃分析中包含 164 个 LCA 研究，其中大部分的数据来自欧洲、北美洲、澳大利亚和新西兰。对于非洲食物产品的 LCA 研究仅占 0.4%（Clark and Tilman 2017; 图 2）。同样的，Aleksandrowicz 等人（2016）的系统综述涉及 210 个饮食案例：204 个来自高收入国家，1 个来自中等收入国家，另外 5 个是全球的饮食共性习惯。他们的研究对象没有一个是完全来自低收入国家的。

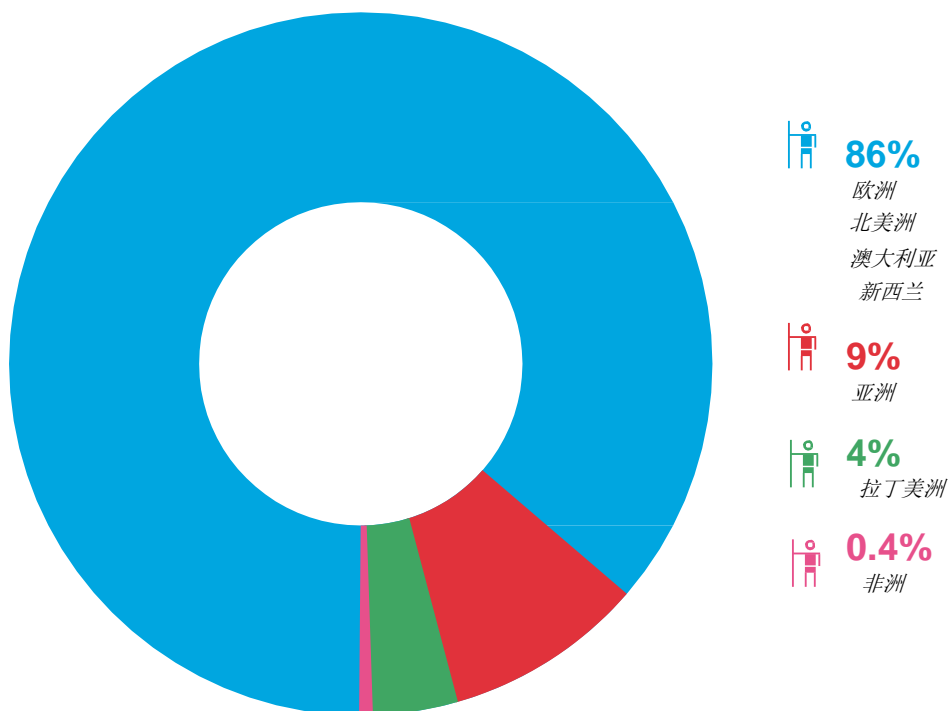
非洲反刍动物的全球占比

图 2 来源：Zhuang *et al.* (2020)



164 个生命周期分析包含的地区

图 3. 来源: Clark and Tilman (2017)



营养不良和贫困人口在关于动物性食品和气候变化的科学分析中总是被忽略或是代表性不足，这些人群的需求也在气候缓解政策的制定中被忽略 (Adesogan *et al.* 2020)，而牲畜对气候的影响也因地理特点和生产系统种类的不同而存在很大差异 (Herrero and Thornton 2013; Smith *et al.* 2013)。许多人呼吁收集更多针对中低收入国家的证据，以便使有关畜牧业可持续性的讨论更细致、更平衡 (Hallström *et al.* 2015; Johnsen *et al.* 2019; Nordhagen *et al.* 2020; Paul *et al.* 2020)。

可持续性与民生

因为大部分 LCA 研究关注的是高收入国家，所以某些可持续性的指标在文献中也被认为更加重要。但是，衡量可持续性的关键指标在各地区和生产系统中都存在差异 (Niamir-Fuller 2016)。Paul 等人 (2020) 最近进行的一项研究表明，欧洲的专家们认为温室气体排放是最重要的，而非洲专家认为土壤和土地退化问题最为重要，其次是土地利用，而温室气体排放则没有被特别关注。值得注意的是，许多 LCA 研究只评估了有限的一些环境压力，

主要是温室气体排放和土地利用 (McClelland *et al.* 2018)，其他环境指标的数据比较稀缺 (Nordhagen *et al.* 2020; Sahlin *et al.* 2020)，只有很少的一部分研究关注了畜牧生产对环境的潜在好处，包括碳封存和保护生物多样性。一些国家缺乏收集数据的能力也使数据偏差更严重，全球许多统计机构只能靠粗略估计。

LCA 研究主要关注高收入国家，这也意味着畜牧业通过保障民生为可持续性作出的重要贡献常常被忽视了，尤其是在南半球。畜牧业从营养、收入、住所提供、保险和养分循环多方面 (Herrero *et al.* 2009; Mehrabi *et al.* 2020; Paul *et al.* 2020) 保障着至少 13 亿贫穷乡村地区家庭的生计 (Herrero and Thornton 2013; Garnett *et al.* 2017)。一项关于亚洲、拉丁美洲和非洲的 13 个低收入国家的调查显示，畜牧业为乡村地区五个收入分类中收入最低的三类都提供了 10%-20% 的平均收入 (Pica-Ciamarra *et al.* 2011)。

总之，基于 LCA 分析的文献很少考虑到贫困、脆弱的群体在向植物性饮食过渡时的社会经济权衡问题。这依然归因于研究对富裕地区的偏重，而富裕国家的民生一般很少直接依赖农业耕种和牲畜养殖。天然放牧型畜牧业经常是一些碳排放已经很低的人维持生计的唯一选择（Herrero et al. 2009; Rivera-Ferre et al. 2016），而呼吁“可持续的集约型生产”很可能让在那种环境下的生产优势消失。在那种环境下，忽视畜牧系统的复杂性不仅威胁到某些畜牧生产方式的存亡，还会使一些与适应气候变化主题密切相关的文化价值和知识逐渐消失（Herrero et al. 2009; Mehrabi et al. 2020）。

“营养不良的贫困人口视角总是在科学分析中被遗漏或代表性不足。”

营养与饮食

从营养学的角度来看，从高收入国家视角出发而提出的向植物性饮食转变的建议，会降低全球对那些难以获得关键营养物质的人食用动物性食品的支持力度（Adesogan et al. 2020）。关注蛋白质总量而不是必需氨基酸很可能引起误导（Moughan 2021）。对于弱势群体而言，动物性食品是保证营养，避免发育迟缓和身体消瘦，提高认知健康的必要条件，尤其是在婴儿出生后的前几个月（Alonso et al. 2019; Adesogan et al. 2020; Mehrabi et al. 2020）。动物

性食品在某些环境下可能尤其重要，比如说在高海拔和气候寒冷的地区（Guo et al. 2014）。为了保证充足的营养，剔除动物性食品的饮食方案通常必须包含丰富多样的植物性食品 and 不同种类的食物。经济收入、知识水平和资源供给使得这一点在较贫穷地区难以实现（Nordhagen et al. 2020）。这样一来，在营养不良的地区动物性食品是非常必要的（Beal et al. 2021; Morris et al. 2021; Ryckman et al. 2021）。

所以，要求所有人都大量减少动物性食品摄入是极其不公平的，尤其是对于中低收入国家乡村地区的低收入人群（Searchinger et al. 2019; Nordhagen et al. 2020）。况且这些国家人们的动物性食品摄入量已经处于低位。2009年，全球 15 个最富裕国家的人均肉类蛋白质消耗比 24 个最贫穷国家高出 750%（Tilman and Clark 2014）。所以，任何气候缓解建议都需要采用因地制宜并照顾贫困人群的方法，这种方法也能综合评估可能给营养、环境和民生带来的影响。



局限性假设： 为什么标准评估需要被审 视



方法论是全世界评估牲畜对于气候影响的最主要方法，它也是政策辩论中许多关键的“代表性事实”的依据，我们需要进一步审视这种方法论及其假设。除了缺少来自中低收入国家的数据，这种分析方法也有许多其他局限。进行评估的科学家们也普遍承认这一点，但很多时候，这些限定条件和注意事项并没有出现在新闻稿和政策声明中。这会带来很严重的影响，引起具有误导性的建议。

LCA 方法论计算每单位吞吐量的净排放影响，也就是每只动物、每单位重量的肉和奶酪或每单位体积的牛奶。对于任何评估来说，都存在许多影响结果的限制性假设，也存在许多不确定性。大多数 LCA 研究评估一个产品从生产到被消耗，或者至少到零售环节的生命周期。这可能包括基础设施建设、交通运输和加工环节的成本，也就意味着工业化系统中会产生大量的化石燃料排放。然而，一些 LCA 研究只关注农场范围的排放，而忽略了周期下游的排放，所以评估的范围就被缩小了。相反，其他评估的研究范围较大，会将更大范围内的环境成本和益处考虑进来，所以研究也会涉及放牧过程中的碳损失或碳封存的影响。

怎样定义系统界限以及把哪些产出纳入考量对于结论来说十分重要。工业生产主义的逻辑只关注向市场输出的商品，比如说肉和牛奶，但多功能的畜牧系统会衍生出一系列好处。研究范围的扩大在突出粗放型畜牧系统优势的同时还可能突出更多工业系统的成本，包括长距离的运输链和环境成本，比如说产生泥浆，造成水和空气污染（Weis 2013; Domingo *et al.* 2021）。

评估中分析影响时必须制定基准线。人们常常认为用作天然型牧场的土地如果被森林覆盖的话可以成为碳汇。这种观点假定了“节约土地”的方案是可行的而且有助于将碳排放控制在碳预算之内，也能带来其他的好处，比如增加生物多样性。但这种假定并不现实，过于简化的评估（例如用郁闭林覆盖所有放牧区域的模型）忽略了牧民们生活的旱地或山地牧场特殊的生态条件和使用以大型有蹄类野生动物种群代替牲畜的基准线（Manzano and White 2019）。

这类观点也忽略了几百万年来火对大部分陆地生态系统的

形成起到的重要作用（Bond 2019）。我们需要关心的并不是野火究竟会不会着起来，而是什么时候着火。在火灾中，土壤里的碳比树叶和树枝里的碳更稳定，所以长期来看草原和稀树草原比郁闭林的碳储存能力更强（Holdo *et al.* 2009; Dass *et al.* 2018）。如果生态系统中存在大型食草动物，它们不但可以防止火灾，还能帮助将多余的碳储存在土壤中（Johnson *et al.* 2018）。大气中二氧化碳浓度的升高会增加草原土壤中储存的碳，但不能提高森林的固碳能力（Terrer *et al.* 2021）。

由于前提假设不准确，泛化的模型会导致泛化的、通常不合理的结果。牲畜对于气候的影响是毋庸置疑的，但问题是在哪些地区的哪些牲畜造成了这种影响。大多数情况下，甚至像 IPCC 这样的科学机构给出的建议也是基于缺乏细化区分的标准模型。比如说，IPCC 关于土地使用和气候的标志性报告（IPCC/ Shukla *et al.* 2019）中提出了一系列简单的技术官僚式的气候缓解措施，其中许多旨在促进天然放牧型畜牧业转为集约型系统（Table 6.5: 570）²¹。这些都是关于“全球”系统的文献综述，以及各种 LCA 模型推论出的结果（Gerber *et al.* 2013a; Herrero *et al.* 2016; Rojas-Downing *et al.* 2017）。然而它们并不适用于极其多样化的天然放牧型生产系统。

尽管使用模型无可厚非，但是它们会造成一些偏颇的结果。当然，所有的模型都不免涉及粗略估计，但如果把假设和限制条件设定准确了之后，它们对后续讨论会很有帮助。

“许多基于生命周期的分析研究数据的假设会导致对天然放牧型畜牧业排放量的过高估计。”

北非高阿特拉斯山上的畜群 摄影师：Inanc Tekguc

这些模型可以强调事态的重要性，提示今后发展的大体方向，尽管并没有明确说明应该怎样做。模型在政策讨论中也具有重要作用，而它们的作用常常比它们应该起到的还要大，因为这些模型可以十分方便地简化复杂的问题，而它们本身还带有假设，这些假设还常常具有政治和制度色彩。

前文提到过，影响政策讨论的观点很大程度上是由北半球的活动家和商业利益促成的，包括呼吁转变饮食结构（包括高科技蛋白质替代品，这些食品背后有大量的资金支持）和保护环境的团体，这些团体支持在畜牧生产中使用“壁垒保护”模型和“节约土地”的方案²²。这些模型通常是从他们的视角出发的，很少反映出世界各地的牧民和边缘化的

畜牧业从业者的首要利益。在提供明确的解决方案时，即使考虑到了多种情境，模型（以及从它们中得出的数据和标志性统计数据）依然具有很大的影响力。

正因如此，重新审视模型中的假设以及它们得出的统计数据对于在气候讨论中保持公正十分重要。如果假设条件不同，我们会看到另外一种非常不同的情境，这种情境可能也会挑战主流观点。这样看来，很多其他视角在现在的政策讨论中并没有体现出来。

表 3 展示了一些标准 LCA 方法论中常见的漏洞和假设，它们可能不经意间就会在结果中导致意想不到的偏差（Johnsen *et al.* 2019）。这些漏洞和假设可以分为三组：使用的数据偏差、系统的界定模糊以及假设的基准线和替代品。

主流评估中的十个漏洞和假设

表 3

数据	
1. 	数据偏差： 大部分 LCA 研究使用的数据来自高收入国家，主要集中在欧洲、北美洲以及部分拉丁美洲。这些国家的畜牧业大都是工业化系统。研究中极其缺少来自中低收入国家的数据，尤其是在天然型放牧业情境下的。这意味着大多数评估并没有自称的那样“全球化”，而是十分片面。
2. 	默认排放因数： 缺少来自中低收入地区的实证数据导致了許多研究使用 IPCC 计算出的默认排放因数来估计这些地区牲畜的排放。最近的研究显示这些默认因数会过高估计粗放型低投入系统中每只动物的实际排放量。将高投入工业化系统中得出的数据在全世界其他地方推广使用会得出具有严重误导性的结果。
3. 	温室气体计量： 评估不同种类的温室气体（二氧化碳、甲烷、一氧化二氮）需要一个统一的单位。一般会使用二氧化碳当量来评估温室气体“全球变暖潜能”。由于甲烷在大气中的半衰期短，用在计算中的因数可能过高估计甲烷对气候变化的影响。牲畜排放的甲烷量也因摄入的饲料和其自身基因型的不同而有很大差异。当前使用 LCA 模型进行的评估极大地高估了天然放牧型畜牧业中牲畜的甲烷排放。
系统	
4. 	概念僵化的“效率”： 主流定义下的“效率”优先考虑每只动物的最大产出，这也关乎计算每单位产品（肉或奶）的排放。这样一来，即使粗放型畜牧系统有效地利用了除放牧外其他用途有限的土地，它也被认为是效率最低的。我们需要一种研究范围更广的系统级评估来衡量牲畜的多功能用途以及不同的影响。
5. 	牲畜和碳循环： LCA 方法论认为土壤碳平衡处于长期平衡状态，而牲畜的存在会带来额外的排放。但是在低投入的游牧系统中，最近的研究显示牲畜可以维持碳循环平衡，甚至可以封存少量的碳。某些条件下的放牧，包括在天然牧场中有移动性的轻度放牧，对促进牧场碳封存具有显著效果。
6. 	动态的时间和空间： 进行对气候影响的汇总评估忽略了重要的空间异质性和时间流动性。排放在在同一地点的不同时间可能正增长也可能负增长，这也需要更加有针对性的缓解措施。
7. 	生态系统服务： 有界限的农场级 LCA 评估往往没有认识到牲畜，特别是在低投入的游牧系统中，提供了重要的生态系统服务，维护了景观、水循环和生物多样性，同时也减少了火灾、洪水等环境风险。

基准和替代品



土地的其他用途：许多 LCA 评估里都假设如果畜牧养殖业——尤其是粗放型畜牧系统-消失的话，有益于“节约的土地”重新野化并恢复再生，这样也能够促进碳封存。另外，植树造林也经常被视为畜牧生产的替代品。提高粮食生产，用植物性食物代替动物性蛋白也会造成很大后果。研究已经证明由于广泛的根部系统，草原相较于树林可能具有更好的碳封存能力，也不容易受到野火影响，而且植树造林在一些恶劣的旱地和山地环境中往往不可行。



利基替换：在减少天然放牧型畜牧业的用地时，替代它的不会仅有植被碳汇。替代牲畜的很有可能是野生反刍动物和白蚁，它们也很可能对环境景观和碳排放产生显著影响。家养牲畜出现之前野生动物在自然环境中的碳排放水平很可能已经达到高位，有可能比天然放牧型畜牧业中的排放还要高。



消费者选择和饮食习惯：LCA 研究中的假设性饮食方案往往认为肉类会被低排放、高产量的食品替代。但是，这种假设与现实中的消费者选择、饮食习惯和营养物质的生物利用率都不相符。工业化生产的肉类和奶类替代品可能带来严重的环境影响，并使食物系统中的权利更集中。

数据偏差

数据可用性

评估中可用的数据是有限的，而且主要来自于高收入国家的工业化系统。天然放牧型畜牧业在系统的国家数据集中代表性很差，因此不属于统计数据的一部分，而实验方法往往是根据高投入的系统设计的。在牲畜养殖者自身没有参与到确定问题和收集数据的情况下，数据不可避免地会出现偏差。

所以尽管大多数评估声称自己是“全球性的”，实际上却非常具有选择性。这些数据毋庸置疑地突出了高投入系统的问题，尤其是那些市场链较长、高度依赖化石燃料的系统，而这些数据也经常外推用于其他系统或者全球层面，应用国家内或国家间的加权来填补数据漏洞（实例参见 Poore and Nemecek 2018: supplementary materials）

由于缺少相关数据，对于低投入粗放型畜牧系统温室气体排放的假设往往来源于不合适的实验设定。如果给反刍动物食用低质量的粗饲料，而喂食率又很高的话，每只动物自然会产生更多的甲烷。鉴于有关粗放型畜牧系统的数据很少，外推和泛化的研究方法可能是不合适的。关于流动型畜牧系统的假设很可能是不准确的，因为牲畜的摄入量很少，又常常在牧场上摄入高养分的食物。这种情境下的动物也会在行为和生理上适应不同的环境（见下文），由于可以一直选择植被生长处于旺盛期的牧场进行放牧，流动型放牧系统的产量也比固定地点的畜牧系统高。

温室气体单位

评估牲畜对气候的影响时需要用到温室气体单位。进行全球性评估和对影响气候的各因素建模的一个特殊困难是

“需要淘汰哪里的
哪种牲畜？需要谁
改变怎样的饮食结
构？植树造林和节
约土地的计划现实
有效吗？”

如何衡量不同温室气体在总排放量中的比重，比如从动物肠道发酵产生的甲烷、运输中使用的化石燃料和基础设施的碳排放。区分这些温室气体并评估它们各自对全球变暖的影响是十分具有挑战性的（Lynch 2019）。将畜牧系统的排放（主要是甲烷排放）和其他行业，比如说运输业（一些活动团体偏好这种比较），进行比较并不合理（Lynch et al. 2021）。汽车和奶牛明显不是一回事²³。

我们为什么不能简单地把汽车和奶牛作比较？这是因为碳排放来源、它们在总温室气体中的比重以及它们各自对气候变暖造成的影响是不对等的。包括 LCA 研究在内的大多数排放评估通常都会使用二氧化碳当量来衡量每年每单位（有时是在某个地区）的排放。由于存在多种不同的温室气体，在排放的计算中就需要统一单位。在这种情况下，各种气体在大气中造成的影响也不同，“全球变暖潜能”在评估中就变得十分重要。评估的周期是 100 年（GWP₁₀₀），而且数据反映的是周期内的整体水平。甲烷的全球变暖潜能较强，目前标准下它的 GWP₁₀₀ 是二氧化碳的 28 倍。但是，甲烷是一种短期的污染物，它在大气中存留的时间很短，通常只有 9-12 年。相反，虽然二氧化碳的全球变暖潜能较弱，但是它几乎能够在大气中一直存留。在模型中只使用二氧化碳当量一种单位不免让人困惑：减少甲烷排放在短期内尤为重要，但长期看来减排的重点还是二氧化碳（Ritchie 2020）。

所以建模评估各种温室气体对气候的影响非常困难，需要周密选择合适的模型和数据。许多人认为 GWP₁₀₀ 这一因素过高估计了甲烷对气候的长期影响，所以畜牧业对气候变化的影响也被高估了。但是，短期看来，甲烷对气候的影响更高，它的 GWP₂₀（20 年内对全球变暖的潜能）是二氧化碳的 84 倍。在大多数畜牧业系统的温室气体排放中，甲烷占几乎一半的总排放，所以改变对气体的评估方式会带来很大不同（Ritchie 2020）。

从粗放型游牧系统中得出的数据表明已有的排放估计可能偏高。游牧中的牲畜摄入的食物远比假定中的要少，尤其是在较干旱的年份（Assouma et al. 2018a）。在一年中水草最丰茂的时节，牲畜们会食用大量不同种类的植物，而这些植物含有阻碍甲烷生成的次级化合物（例如浓缩单宁酸）（Katijua and Ward 2006; Schmitt et al. 2020）。

即使在干旱粗放的牧场上，牧民们饲养牲畜的策略也是具有高度选择性的（Ayantunde et al. 1999）。牧民们对动物的驯养和有计划、谨慎的放牧可以为牧草再生创造时间，也可以让牲畜们吃到质量更高的饲料。在游牧系统中，经验丰富的牧民在牧场上带领牲畜迁徙，从而可以利用不同地区的牧场资源（Krätli 2008; Krätli and Schareika 2010）。

在低投入、粗放型畜牧系统中，对不同动物甲烷排放率的估计可能也是不准确的。标准甲烷排放水平是在受控制的实验环境下，让动物充分进食不同饲料而计算出来的。虽然饲料品质下降会让反刍动物产生更多的甲烷，但甲烷总排放量还取决于饲料摄入量、饲料类型以及动物的品种（Hristov 2013a, 2013b; Montes et al. 2013; Beauchemin et al. 2020）。

我们迫切需要更多关于甲烷排放量和游牧环境下甲烷抵消机制的数据，也要彻底审视其中使用的因数。最近的研究提出可以使用一种改进的 GWP*来衡量甲烷排放，该单位和当前大多数 LCA 分析中使用的，也是 IPCC 先前推荐的标准单位不同。GWP*通过把积累的二氧化碳排放和目前大气中短期存在的污染气体，比如甲烷排放率联系起来，对在大气中短期和长期的留存的气体进行了区分（Allen et al. 2016, 2018; Cain et al. 2019）²⁴。Del Prado 等人（2021）发现如果使用这种计量方式，整个欧洲的绵羊和山羊奶制品行业在 1990 至 2018 年间就没有对全球变暖造成额外的影响。放眼未来，尽管还需要改变饲料来缓解气候变化，欧洲的这种支柱游牧经济不会加剧气候变化，如果把牧场土壤中的有机碳也考虑在内，游牧业甚至可能达到碳中和。

这对气候缓解措施的制定具有重要作用。二氧化碳排放需要达到净零才能阻止气温继续上升，而对甲烷排放量的控制不必那么严苛——尽管还是需要低于目前水平——就能阻止气温继续上升²⁵。虽然全球不同地区排放总量或平均排放的结果已经存在很大差异，但是改变计量方法，把大气中不同种气体的特性纳入考量，还是会让 LCA 评估的结果非常不同。

考虑温室气体造成影响的不同有望为区分不同类型的畜牧业生产系统提供基础，畜牧业可以根据饲养模式和甲烷产量来进行区分。尽管使用 GWP*来计量的结果在一定程度上降低了甲烷对气候变化影响的严重程度，我们依然需要继续减少甲烷排放，尤其是在短期内。评估结果的巨大差异需要人们从只关注二氧化碳转向不同种的温室气体以及它们各自的影响，尤其是在热带地区（Roman- Cuesta et al. 2016a, 2016b）。

默认排放因数

正如前文讨论过的一样，LCA 研究主要关注高收入国家，中低收入地区（比如撒哈拉以南的非洲）的实证经验非常少（ILRI 2018）²⁶，当缺少某区域的实地数据时，一些区域的已知数据就会被外推使用。许多 LCA 应用研究依托于 IPCC 的 I 级协议。这是一系列 IPCC 从现有科学文献中计算出的默认排放因数（IPCC 2006; Goopy et al. 2018; Rowntree et al. 2020）。从近期开始，研究才开始收集中低收入国家粗放型天然畜牧系统的实验证据²⁷，而热带生态系统中的排放都是基于默认 IPCC 的研究数值来估计的。这使得 LCA 评估中具有很多不确定性（Assouma et al. 2018a; Goopy et al. 2018, 2021; Ndung'u et al. 2019）；就连美国温带牧场中充分研究过的生产系统也是如此（cf. Stackhouse-Lawson et al. 2012; Stanley et al. 2018）。

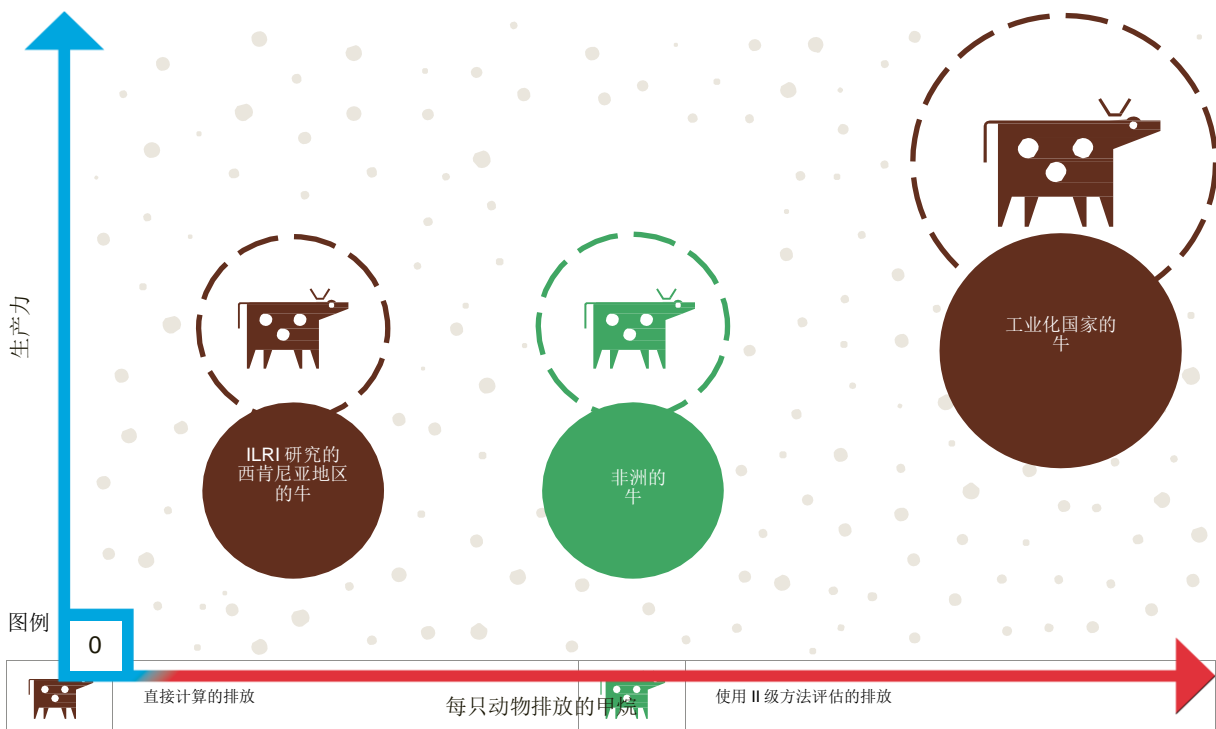
这是因为 I 级协议中的因数是在西方工业化系统中单只动物脱离外界环境达到最大生产力（产出肉类、奶类等）的情况下外推得出的。

I 级协议仅仅做了一些微调就被用于评估中低收入国家的系统，而这些地区的实测数据又不足以证实或质疑这些评估（Goopy et al. 2018; Alibés et al. 2020）。这些工业化系统大多是高密度养殖的奶牛或者肉用牛农场，它们养殖的牛的品种、使用的饲料、管理方法、气候区域和地形环境都和热带粗放型畜牧系统不一样（ILRI 2018）。广泛使用的全球环境评估模型就是如此（GLEAM）²⁸，该模型的排放因数是基于默认工业化系统的，使用该模型评估粗放型畜牧系统的排放得出的结果可能不够准确²⁹。

最近的实证研究发现 IPCC I 级协议过高地估计了非洲游牧环境下的排放。例如，Zhu 等人（2020b）研究发现，肯尼亚稀树草原上粗放型畜牧系统中牛粪产生的一氧化二氮排

放量比 IPCC I 级估计值低 14 倍。Assouma 等人（2019a, 2019b）的研究计量了塞内加尔费罗地区一年中反刍动物的每日食物摄入。结果显示现在 IPCC 用于计算排放的标准摄入量（25g 干饲料/kg 活体重量）很可能比非洲全境的实际情况高得多。他们提出了一种新的标准，对于牛使用 18g 干饲料/kg 活体重量进行计算，对于小型反刍动物使用 34g 干饲料/kg 活体重量，或者对于所有反刍动物都使用 73g/kg 代谢体重进行计算（Assouma et al. 2019a）。实地采集的排放数值也比 IPCC 默认的估计值少得多（参见下文的案例研究）。研究粪便中的排放时，大多数评估目前没有实地测量的数据，而是使用恒定的牲畜排泄率并假设粪便是均匀分布的。进一步的不确定性出现在处理粪便的比例上，使用的氮的排放因数也可能没有反映大多数粗放型畜牧生产系统的情况（Rufino et al. 2014）。

甲烷排放和单只动物生产力：直接测量和估计 Figure 4. 来源：ILRI (2018)



近期研究使用的 II 级协议是一种优化的研究方法，它考虑到了不同牲畜的活体重量。排放因数也基于使用代谢算法计算出的食物摄入量。Kouzounde 等人（2015）用 II 级方法研究了贝宁共和国内牲畜肠道发酵产生的甲烷排放，发现他们的研究结果和 I 级框架下产生的结果存在很大差异。基于 II 级框架和实测数据的初步结果显示小型畜牧系统中牲畜肠道发酵产生的甲烷排放比 I 级框架下的估计要少 40%。另外，西肯尼亚牲畜排放到土壤中的粪便和尿液与 I 级框架相比要少排放 50% 的甲烷和 90% 的一氧化二氮（ILRI 2018; Goopy *et al.* 2018）。因此，使用 I 级框架会持续地过高估计动物在粗放型系统中的碳排放，尤其是在较贫穷的国家，更需要针对具体地区使用特定估计方法（cf. Leitner *et al.* 2020; Marquardt *et al.* 2020）。

尽管如此，在使用 II 级框架评估粗放型低投入系统时也会有一些不合理的假设（Goopy *et al.* 2018）。II 级框架基于饲料摄入量和饲料质量来估计牲畜肠道发酵产生的甲烷排放，根据能量消化率和可代谢能量分配（用于维持生命、生长、体温调节、怀孕、运动和哺乳）的算法对推测的饲料摄入量进行计算。这些算法是在北半球做的实验的基础上得出的，而这些实验中动物们被控制在呼吸代谢箱中（IPCC 2006）。这种环境下很明显不能代表天然放牧系统中的情况，在实验中动物会不受限制

地持续进食，但在小型养殖户的农场里牛群通常会被整夜地圈养，而这一时段的食物摄入也受限（Goopy *et al.* 2018）。而且在估计代谢能量时，方法论假设动物全年以稳定速度生长。这在集中养殖的高投入系统里可能会实现，在那种系统中牛群可以实现最大生产力，但在具有季节性差异的粗放型低投入系统中并不现实。热带牧场上的反刍动物在旱季由于食物短缺往往会减重，而在雨季会因为食物充足加快增长速度（Goopy *et al.* 2018）。同样的，游牧中的牲畜在季节性迁徙中也可能减重（Wagenaar *et al.* 1986）。尽管已经出现了越来越多的区域性和动物品种之间的差异³⁰，研究中使用的模型还是忽略了这些差异的重要性，继续假设畜牧系统是稳定一致的，而这种差异性正是非平衡系统，尤其是游牧系统中的生产基础（Krätli *et al.* 2015）。

界定系统

什么算“高效”？

围绕畜牧系统可持续性的政策讨论往往集中在提高特定产品的生产效率上，特别是肉类和牛奶。主流的生产主义效率理念认为应当最大化产出并尽量减小每单位投入的负面影响（Garnett *et al.* 2015）。更广泛的效率概念不仅包括投入，还包括投入与不良产出的关系，如温室气体排放、土壤退化、水污染和土地利用变化。在僵化的效率概念下，一些人认为畜牧业生产本质上是效率低下的（表 4）。

充满漏洞的畜牧业“低效率”观点

表 4

<p>牲畜食用食物并占用人类本来可以使用的土地（Garnett <i>et al.</i> 2015），牲畜消耗的食物比它们生产的要多。</p> <p>（Wirsenius <i>et al.</i> 2010; Cassidy <i>et al.</i> 2013; Searchinger <i>et al.</i> 2019）。</p>	<p>83% 的农业用地都用于动物农业，但动物性食品（包括水产）只提供了 18% 的全球卡路里和 37% 的蛋白质。</p> <p>（Poore and Nemecek 2018）。</p>
<p>放牧是一种低效利用土地的方式。动物饲养业占用了 77% 全部的农业用地，却只为全球提供了 17% 的食物来源³¹。</p>	<p>动物农业的低效率用地加上对动物性食品需求的快速增长导致了农业的快速扩张，给原有土地的生态系统和生物多样性造成了危害。</p>

但是，牲畜除了生产动物制品还有许多其他的用途：牲畜可以是一种储蓄，一种保险，彩礼或嫁妆，在其他方面也是运输和耕作的动力和肥料来源。换句话说，牲畜是多功能的。所以我们需要一种更加复杂全面的研究方法来评估牲畜（Weiler *et al.* 2014; Mazzetto *et al.* 2020）。只关注动物制品的评估方式会让天然放牧型畜牧业成为效率最低下的生产方式，因为牲畜需要食用更多食物才能产生单位产品，养殖时间也需要更长才能让它们达到可屠宰体重，每单位产品输出也需要更多土地（Alibés *et al.* 2020）。许多粗放养殖的反刍动物每单位的排放也较高（Clark and Tilman 2017）。例如，吃草的牛比吃谷物的牛要占用更大的土地，平均生产每单位产品会多排放 19% 的温室气体（Clark and Tilman 2017）。有人说要想解决这个问题需要把养殖的动物换为低甲烷排放的反刍动物，但是这种做法的可行性很低，所以缓解措施需要基于现有系统来减少排放（Goopy 2019）。

只关注动物制品的话，使用的天然型牧场会被认为没有达到最大“生产力”，有研究显示天然牧场最多只达到了 20% 的“潜力”（Stehfest *et al.* 2009）。向有机畜牧业生产转型也不一定能提高这些方面的效率（Meier *et al.* 2015; Smith *et al.* 2019）。然而，这些评估都没有超越狭隘的生产主义视角，从更广泛的意义上反思“效率”，例如，关注广泛的畜牧业生产对环境和营养的益处。这些评估也没有把过度生产和过度消费（以饮食建议为基准）视作低效率的体现，也忽视了这种生产方式带来的更大的经济和健康成本。比如说 LCA 研究并没有将产出与任何需求上限作比较，所以得出的评估结果会更倾向于工业化系统。不对不同类型的“蛋白质”和饮食需求的具体情况进行区分也加剧了这种偏差（Lee *et al.* 2021; Moughan 2021）

也许这些衡量“效率”参数的最大漏洞就是把放牧动物食用的食物等同于谷物饲养的动物食用的食物。即使生产每单位产品使用的土地较少，但工业化农场用于种植饲料的土地本可以用来种植农作物

（McGahey *et al.* 2014）。集约化的系统也意味着需要砍伐森林来种植饲料，比如说黄豆。另一方面，粗放型畜牧系统无需注入合成氮，比如说种植豆科植物来固氮，就能生产食物。还很重要的一点是，放牧动物吃的植物并不能作为人类的食物，边缘狭小的土地也不适合用作耕地生产粮食（Garnett *et al.* 2017; Mottet *et al.* 2017a, 2017b; Adesogan *et al.* 2020; Alibés *et al.* 2020; Sahlin *et al.* 2020）。因此，游牧业和其他粗放型畜牧系统也可以很“高效”，因为它们可以利用许多边缘的土地和资源，不占用大片集中的耕地，也不消耗人类食用的粮食（Manzano and White 2019）。

在狭小的边缘土地上游牧也可以充分利用有限的资源，让动物在每年水草最丰茂的时节食用牧草（Krätli 2015）。不同的生产系统给生态系统和生物多样性带来的影响也大相径庭，种植业极大地减少了生物多样性，而流动的粗放型游牧业放牧时与迁徙的野生食草动物吃草并传播种子的模式非常相似，积极地促进了生物多样性（Manzano-Baena and Salguero-Herrera 2018），传粉昆虫种群繁衍（García-Fernández *et al.* 2019）以及树木再生（Carmona *et al.* 2013）。避免土地细分并提高流动性对生态系统大有益处。

所以在评估牲畜对环境的影响时区分不同类型的土地是至关重要的，因为不是所有的牧场都能被用作耕地（ASAS 2019）。如果能够从这个独特的角度来看待效率，粗放型畜牧系统也会与以往大不相同。现在主流僵化的“效率”概念为了能够全球适用被过于简化了，它不能体现“投入的资源质量的差异，产出种类和多样性以及它们之间不可分割的联系”（Garnett *et al.* 2015: 5）。在评估粗放型畜牧系统时尤其如此。总的来说，对不同生产系统的系统性比较表明，如果将更多的因素考虑在内，在不开荒的情况下，不施肥的草食畜牧生产可能比集约型的



向东前往古吉拉特邦中心 摄影师: Nipun Prabhakar

舍饲生产具有更明显的优势——当然，仍然需要采取气候缓解措施（Pierrehumbert and Eshel 2015）。

被计量的事物同样重要。LCA 研究方法估计排放时非常关注动物水平的排放或者每单位产品产生的排放。计量单位包括每单位重量、每份、每单位能量、每单位蛋白质和每单位主要营养价值（Poore and Nemecek 2018; Willett *et al.* 2019）。专注于动物水平的排放会使自然环境外部化，也就无法注意到排放与环境之间相互关系的复杂性。所以 LCA 研究不能全面评估牲畜对气候造成的影响（Herrero and Thornton 2013）。对游牧系统尤其如此，牲畜在游牧系统中与当地生态系统和景观环境相依相存。

由于在粗放型畜牧系统中每只动物的产出相对较低，使用标准度量方法会使结果偏离粗放型动物农业的实际情况。在游牧系统中，只有动物粪便和肠道发酵

是排放的最大来源，而牲畜也可以提供其他生态系统服务，例如牧场管理、防火、防洪、保护生物多样性或向土壤输送肥力（Alibés *et al.* 2020）。把正面影响和负面影响都纳入考量会得出不同的结果（Garnett 2017）。正如在下文中深入讨论的一样，我们需要一个更全面的生态系统方法，以便确定当地天然放牧型畜牧生产的背景环境，并准确评估碳足迹。

牲畜和碳循环

LCA 研究中一个关键假设是土壤中的碳平衡可以长期保持稳定（Rowntree *et al.* 2020），而牲畜给原本平衡的碳循环增加了额外的排放。大多数评估也没有在分析中涉及碳封存的研究。但是，当有关天然放牧型畜牧业的研究采用一个认可放牧对碳封存贡献的生态系统方法，在现实案例的系统中碳平衡就可以维持下去，而那里退化的土壤在牲畜吃草后还可以得到恢复（见下文）。

“危害气候的生活方式主要是由‘消费主义精英’引领的，他们通常是富裕国家的富人。”



牧场的土壤中包含着一些最大的碳库，有着非常高的碳封存潜力，牧场的碳封存潜力和放牧的方式（Herrero *et al.* 2016; Zhou *et al.* 2017）以及气候变化是否可能降低或提高初级生产力有关（Boone *et al.* 2018）。良性的放牧活动可以帮助土壤固碳，甚至在某些环境中可以提高土壤碳含量（Garnett *et al.* 2017; Fairlie 2018）³²。牲畜对维持土壤固碳水平十分重要，LCA 研究在分析中经常忽略这点（Rowntree *et al.* 2020）。牲畜的游牧活动给牧场留出了再生的时间，牧民们带领牲畜迁徙也可以最大限度地利用有限的资源（Conant *et al.* 2017）。在研究替代品和合适的基准时（见下文），许多研究发现持续利用土地会大量减少土壤碳含量（McSherry and Ritchie 2013）³³，而流动的轻型放牧实际上对固碳更有益。把牧场转变为耕地可能带来非常大的危害。例如，Han 等人(2008)研究发现当把内蒙古的牧场变为耕地后，土壤中的含碳量降低了22%。其他放牧系统也试图模仿自然中的食草动物吃草的模式，它们对轮作有着高度目的性的干预作用，对气候也有一些益处，尽管这些益处还存在争议（Savory 2017）。

尽管如此，人们对游牧生态系统中的碳储存潜力还是知之甚少，在研究中也假设天然牧场不能够大量储存碳

（Dabasso *et al.* 2014）。关于碳储量的研究常常假设复杂的牧场生态系统具有同质性。牧区环境在小气候、物理地貌、降水和初级生产力的季节性差异方面具有高度的异质性（Ayantunde *et al.* 1999; Schlecht *et al.* 2006; Hiernaux *et al.* 2009; Dabasso *et al.* 2014）。这意味着碳库在牧区环境中的分布是不均匀的，牧场中碳库的碳储量之间相差一个或两个数量级，而在假设系统具有同质性的情况下，对碳储量的估计并不准确，往往会导致对牧场碳储量的低估（Dabasso *et al.* 2014）。

一个更广泛的系统方法（Dabasso *et al.* 2014; Assouma *et al.* 2018a, 2018b, 2019a, 2019b）强调需要区分自然碳循环的基线排放和其他单独由畜牧业造成的额外排放，在此基础上确定家养牲畜对气候的真正影响（Alibés *et al.* 2020）。对于不受时间和空间影响的高投入工业化畜牧系统来说，当前关于土壤中碳含量的假设可能是合理的，但这些假设对于高度动态的天然放牧型畜牧业来说就不适用了。建立在那些假设上的研究结果常常过高地估计天然牧场中的碳排放。正如我们在下文中进一步讨论的那样，我们需要一个更广泛的生态系统方法来把自然中的碳循环和牧场中的碳封存纳入考量。

时间和空间的变化

不是所有的农业都需要一个固定的地点，但很多评估中没有考虑到人和动物的移动以及营养在不同地点之间的转移。汇总的 LCA 评估往往计算一个特定农场或其他有边界区域内的净平衡，而不考虑事物随着时间和空间的推移会发生的变化。为封闭的工业化系统而设计的方法往往忽略了重要的变化性，这也影响到了缓解气候变化方法的制定。这对高度易变的天然牧场尤其重要，那里的碳和氮通量可能与耕地完全不同（Pelster *et al.* 2016），特别是在给集中种植的作物施加肥料的情况下（Leitner *et al.* 2020）。研究显示二氧化碳通量在封闭区域中比在开放牧场中更高，因为封闭区域中通常有更多的水分和土壤有机物，因此牲畜的呼吸作用也更强（Oduor *et al.* 2018）³⁴。

在一个多变的天然牧场内，可能有特定的排放“热点”。这取决于动物的运动、它们的休息模式以及粪便和尿液的排泄模式（Pelster *et al.* 2016; Leitner *et al.* 2021; Zhu *et al.* 2021）。例如，在树荫下的粪便/尿液沉积点；动物前来饮水的暂时性水池和池塘；非洲夜间圈养动物的牲畜圈（kraal 和 boma）；以及其他“关键资源”放牧区，如旱地内的低洼湿地（Scoones 1991; Butterbach-Bahl *et al.* 2020）都可能产生较高的净排放。相比之下，其他牧场地区可能由于碳封存而吸收了碳。这种排放热点也可能长期存在，以前的牲畜圈的碳排放痕迹在几个世纪后还是很明显（Muchiru *et al.* 2009; Marshall *et al.* 2018）。

所以各地点的碳和氮通量存在很大差异，也会随时间变化（Ali *et al.* 2021; Rowntree *et al.* 2021）。

排放量在较热的潮湿季节可能更高，因为氧化和矿化作用发生得更快，而在一年中的其他时间则可能会放缓。在一年中的某些时间段，包括雨季前，一些热带草原林地可能会出现养分旺盛期，这会让动物们改变它们的采食模式，形成“碳封存热点”的可能性会增加，而长期干旱后的再次降雨可能导致排放高峰（Leitner *et al.* 2017）。在不同的年份，通量随着降雨量的变化而变化，在干燥的年份或动物在更广阔的地区分散活动时，排放量较低，从而减少了特定热点地区的集中效应。

这种变化来自于许多牧区生态系统的非平衡动态，土壤肥力和降雨之间的相互作用使土壤和草地中产生了一种特殊的养分动态，从而影响了放牧模式和喂养行为（Penning de vries and Djiteye 1982; Ellis and Swift 1988）。这种动态变化在营养不良和富营养类型的土壤中堪称天壤之别（Behnke *et al.* 1993; Frost *et al.* 1986）。

为解决以牲畜排放问题而提出的标准缓解措施清单（见上文）应根据天然放牧型畜牧业的实际情况进行适当调整。调整放牧模式、改善粪便管理策略和随季节变换改变饲料摄入量都对缓解气候变化有益，但这些措施也必须高度适合粗放的、有时是流动的环境。缓解措施确实可能减少粗放型系统中的碳排放，但首先要做的是正确理解该系统。直接向“高效”工业模式过渡的建议是非常错误的，而且可能会产生反作用。

生态系统服务

把生态系统服务纳入考量会展现出天然放牧型畜牧系统的更大作用，这也是当前很多评估所忽视的（D’ Ottavio *et al.* 2018）。大多数 LCA 研究优先评估一小部分环境指标，即温室气体排放和土地利用，可以对其他因素，如生物多样性和生态毒性，提供的数据十分有限（Clark and Tilman 2017; Sahlin *et al.* 2020）。因此，LCA 通常没有将牲畜与它们所处的生态系统之间的各种相互作用（包括积极和消极的作用）纳入其分析中，而且它们通常不考虑管理良好的牲畜在牧场环境中可提供的大量生态系统服务。

游牧业可以提供的一些生态系统服务包括：牧场维护，保持土壤和植被的碳封存能力；养分循环，以减少对合成肥料的需求；维持土壤健康；通过种子传播、物种保护、植物物种控制和再生促进景观生物多样性；栖息地保护；提供人类和动物食物；野火预防；水循环调节；以及通过旅游、文化认同和传统知识提供的文化服务（Assouma *et al.* 2018a; Paul *et al.* 2020; Russell *et al.* 2018）。全部的这些特定类型畜牧业生产带来的巨大环境保护效益都应该被考虑在内。

正如下文进一步讨论的那样，系统方法更有效地将这些因素纳入任何分析，



将环境作为一个整体来处理，因此更适合评估复杂、多变、粗放的系统。

基准和替代品

土地的其他用途

什么会代替牲畜？许多 LCA 评估都假设如果淘汰牲畜养殖——尤其是在粗放型畜牧系统中——有利于土地的再野化和再生，从而提高碳封存的效率。植树造林和其他“生态系统恢复”计划经常被设想为畜牧业生产的替代方案，作为不淘汰畜牧业和改为植物性饮食的“碳机会成本”（Hayek et al. 2021）。

但是，这些研究忽视了草原的碳封存潜力以及许多“恢复”措施给牧区带来的挑战，尤其是植树造林（Fleischman et al. 2020; Ramprasad et al. 2020）。研究表明，草原由于其广泛的根系，可能具有比树木更高的碳封存潜力，并且在定期“冷却”燃烧（“cool” burns）的情况下，草原更不易受火灾影响，作为碳库更安全。Terre 等人（2021）在分析了植物/根系生长和二氧化碳增长后被封存的实验后，发现随着二氧化碳水平的升高，草原可以积累更多的土壤碳，具有巨大的碳储存潜力，而植物生物量的增长与积累的土壤碳成反比。这与许多假设中的情况相反，在那些假设中最佳气候缓解措施是扩大植树造林范围而不是提升草原碳封存能力（Bastos and Fleischer 2021）。

所以我们需要对呼吁集约化生产，然后将节约的土地用于其他用途的观点有所保留（cf. Lusiana et al. 2012; Lamb et al. 2016; Folberth et al. 2020），包括将这些土地用于生物多样性保护和植树造林。毋庸置疑，在亚马逊等地区，减少因扩大牲畜饲养而导致的森林砍伐是至关重要的（Cohn et al. 2014），但是在其他草原长期存在的地区，考虑到牲畜对创造和维持生物多样性做出的贡献，这种方式有待商榷。呼吁将 30% 的土地面积用于生物多样性保护、建立全球生物多样性“安全网”或试图占用“半个地球”进行环境保护的计划（Wilson 2016; Dinerstein et al. 2020）受到了广泛批评（Kothari 2021; Pascual et al. 2021）。这些计划可能会极大破坏对于土地的可持续和粗放型使用，如游牧业，特别是当这些计划涉及在牧区植树造林，从而减少畜牧业生产的空间时。

“所有这些建议都意味着我们需要将牧民和其他低投入粗放型畜牧业中的生产者——以及代表他们的组织——纳入关于气候变化和未来粮食系统的全球辩论。”

利基替换

目前呼吁淘汰牲畜养殖的 LCA 文献做出了一些关键假设，他们假设了原来用于畜牧业的土地再野化和再生时会发生何种变化。研究中常常假设，替代放牧环境的是郁闭林，但在亚马逊等雨林之外，情况并非如此，因为大多数生态系统都依赖放牧，包括疏林、稀树草原、热带稀树草原和苔原（Bond 2019）。如果没有了牲畜，代替它们的很可能是其他排放甲烷的食草动物（Manzano and White 2019; Alibés et al. 2020），野生反刍动物或者白蚁（Deryabina et al. 2015）。因此，利用草原（通常相当于一小部分森林生态系统）的天然放牧型畜牧业模拟了“自然”或“野生”的系统。

这使得评估基准十分关键，因为牲畜可能不会再给（在气候情境下按照标准 LCA 衡量的）“自然”排放增加负担。淘汰牲畜可能给生物多样性带来负面影响，因为几千年以来大多数生态系统都是和食草动物共同进化的。在巨型食草动物灭绝之后，除了郁闭林的一部分地区（主要是雨林）之外，牲畜对大多数环境都具有重要作用，它们有利于维持生态系统并减少火灾带来的影响（Bond 2019）。因此，除了为了放牧或者种植饲料而对郁闭雨林区域进行高度破坏性的砍伐之外，在疏林部分地区和热带稀树草原环境中进行天然放牧对环境造成的影响可能不会像标准土地利用评估和土地利用变化评估假设的那样强，因为牲畜一直以来都是陆地生态系统的重要组成部分（Manzano and White 2019）。

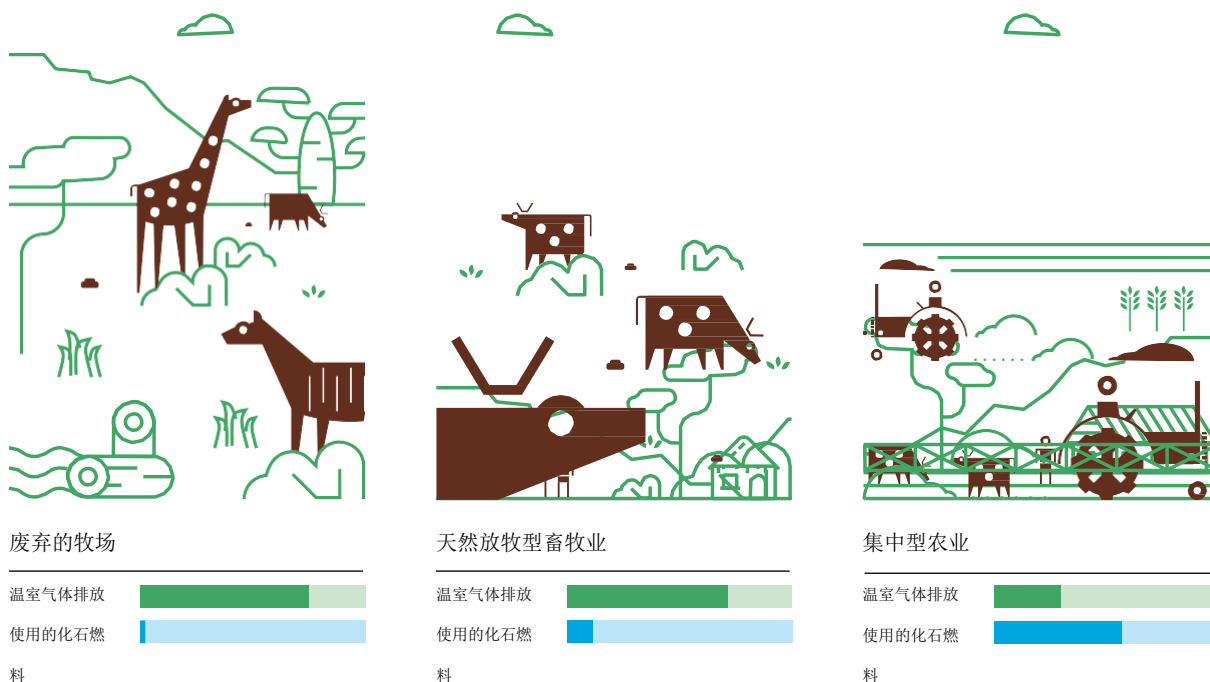
在家养牲畜出现在美国的牧场上之前，据估计野生动物就已经产生了大约 86% 的现有排放（Kelliher and Clarke

2010; Hristov 2012），如果将人类出现之前的巨型动物包括在内，这个数字可能会更高（Smith *et al.* 2016）。白蚁产生的排放很难确认，但可能也达到很高水平（Collins *et al.* 1984; Spahni *et al.* 2011）。例如，在非洲的热带稀树草原，白蚁的生物量比反刍动物类牲畜还要高，它们消耗的叶类食物也比牲畜要多（Huntley and Walker 1982）。食草动物组成成分的变化也会影响发生野火火灾的风险，而野火会排放大量的温室气体，包括甲烷（Alibés *et al.* 2020）。因此，在某些粗放型系统中，完全淘汰畜牧业生产可能会对当地排放产生负面影响。（Manzano and White 2019）。

目前使用 LCA 研究方法评估排放的研究通常不考虑这种基准条件，不论是提倡淘汰畜牧业后让生态系统“再野化”还是将天然放牧型畜牧业变为集约型农业。这导致了对结果解释的很大扭曲，也很大程度上影响到了政策制定（Manzano and White 2019; 见图 5）。

比较不同系统中每只动物的温室气体排放

图 5 来源：Manzano and White (2019)



消费者选择和饮食习惯

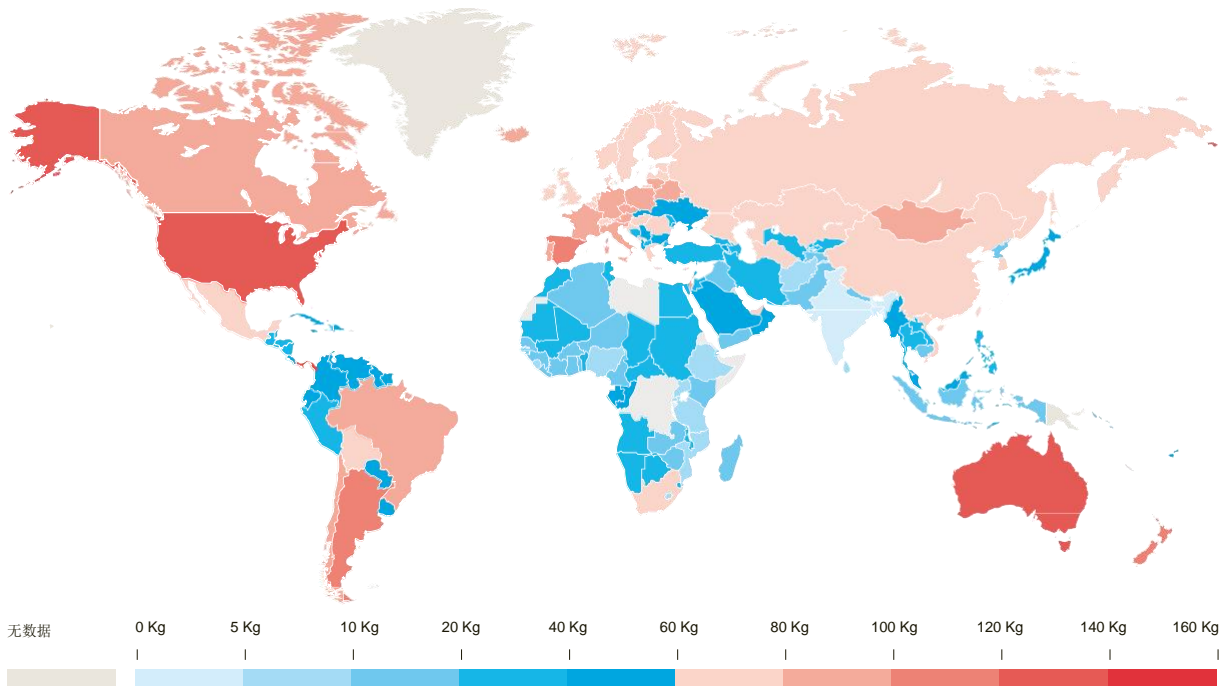
人们的饮食会怎样改变，又会带来怎样的结果呢？LCA 研究总是假设人们可以在多种食品中选择肉类的替代物。假设中替代肉类的食物通常都是高产量、对环境影晌小、不需要深度加工的植物性食品，比如说玉米、小麦、豆类、水果和蔬菜（Hallström *et al.* 2015; Searchinger *et al.* 2019; Willett *et al.* 2019）。然而，基于人们自己选择的植物性饮食往往比大多数 LCA 评估中的假设性饮食方案对环境影晌更大（vieux *et al.* 2012）。各研究评估的不吃红肉对温室气体排放的影晌差异很大，根据近期的研究，不吃红肉可以减少 3%到 28%的排放（Aston *et al.* 2012）。研究还发现如果一个人不吃肉，转而食用更多的植物性食品，他/她一生对气候的影晌可能只会减少 2%-4%，这样做还可能造成营养不良及相关后果（Barnsley *et al.* 2021）。

植物性食品也有其相应的成本和局限。代替肉类的深加工植物制品，如真菌蛋白、豆腐和印尼豆豉在现代植物性饮食中越来越普遍，而由于加工和运输对能量的高需求，它们对环境的影响可能高于未加工的植物性食品（Hallström *et al.* 2015）。例如，Smetana 等人（2015）研究发现生产 1kg 真菌蛋白对环境的影响几乎等同于生产 1kg 鸡肉，其中 45%的影响都是由加工带来的。研究还发现每 kg 真菌蛋白的 GWP（全球变暖潜能）是 5.55kg-6.15kg 二氧化碳当量，而鸡肉的 GWP 是每 kg 2kg-4kg 二氧化碳当量，猪肉是 4kg-6kg 二氧化碳当量（Smetana *et al.* 2015）。大量的既得商业利益催生了很多关于人造肉未来潜力的炒作³⁵，但它们取代动物性食品的可能性很小，尤其是在较贫穷的国家。

2

人均肉类供给

图 6 来源：数据中的世界



备注

数据不包括鱼类和其他海产品。数字没有校准家庭/消费层面的浪费，因此可能无法准确反映某个人最终消耗的食物总量。

创作共享来源： OurWorldInData.org/meat-production

“

不应该因为简单的评估过程得出的结果而将矛头指向牧民。”

在许多其他国家，获取一定量的肉或奶对营养非常重要，尤其是对那些需要更多营养补给的人群，比如儿童、孕妇和病人（Alonso *et al.* 2019）。正如 Adesogan 和他的同事们说的那样，EAT-Lancet 计划“高估了畜牧生产对于环境的影响，忽视了畜牧生产对于环境影响的巨大差异，也没有充分考虑到处于边缘中低收入国家的妇女和儿童的处境，而他们的饮食中经常缺乏必要的营养物质”（Adesogan *et al.* 2019）。尽管媒体普遍关注的是营养过剩和改变饮食习惯，但是世界上许多人依然没有摄入足够的动物性食品来满足营养需要。全球各地区的肉类生产非常不平衡（见图 5），参考饮食的成本和可承受性也是很重要的问题（Hirvonen *et al.* 2020）。所以，一个平衡的改变饮食方法需要保证公正和权利，而不是仅仅关注边界和限制（Fanzo *et al.* 2017; Béné *et al.* 2020）³⁶。

迄今为止，加工的肉类替代品对于环境的实际影响还没有被全面研究，也很少有 LCA 研究把它们纳入假设（Hallström *et al.* 2015; Godfray 2019; Chriki and Hocquette 2020）。而且，放弃食用肉类的人们可能会增加对奶类的摄入，这对于可持续性也有影响（Nordhagen *et al.* 2020）。关注特定的营养素，而不是广义上的“蛋白质”，会得出不一样的结果，因为牲畜产生的高密度蛋白可以帮助人体平衡摄入的营养物质（Lee *et al.* 2021; Moughan 2021）。而仅靠植物性饮食达到这点是非常困难的。

总之，LCA 研究采用不现实的假设饮食情境容易过高估计减少肉类摄入可以带来的好处（Searchinger *et al.* 2019）。假设的植物性饮食情境需要考虑到现实中的消费习惯，这样才能更加准确地预测饮食的转变。尽管如此，减少消耗工业生产的低质量肉类仍然是当务之急。这对人类的健康、动物福祉以及气候都有好处。重点是区分不同畜牧系统，对健康最重要的营养物质以及饮食需求。

气候和牲畜的 相互作用：在系统中理解



所以牲畜对地球究竟有多坏的影响，我们又是怎样知道的呢？是否能获得数据、数据的准确性、怎样界定系统、假设的基准和替代物都对评估牲畜对气候变化的影响有着重大意义。我们需要质疑过于泛化的“所有的牲畜和肉都有害”的观点。使用不同的框架来界定系统，采用更准确和全面的数据和不同的基准后，我们会发现粗放型畜牧系统对气候的负面影响没有通常假设的那么大³⁷。

我们对现有 LCA 方法论的研究显示，我们需要改变评估方法，或者至少不再使用会导致统一和简单化政策措施的汇总结果，而是关注效率和可持续性在单独系统中的具体体现形式。坚持这样的方法——这也是从殖民时代开始一直以生产主义为中心的一种延续——可能会导致不适当的政策，这些政策可能会影响到全世界天然牧场上数百万牧民和其他牲畜饲养者，却不能有效地解决气候变化的核心挑战。

针对粗放型畜牧业生产的分析表明了什么，又可以提出哪些替代的方法论？本节主要介绍三个案例，它们分别处于欧洲、亚洲和非洲，在这些案例中，我们针对游牧环境使用了更加全面复杂的研究方法。这些案例共同表明，我们在评估中需要采用一种系统方法来调整和延伸 LCA 方法论，同时区分不同的背景环境。只有通过这种方法的转变，我们才能避免在研究关于牲畜与气候关系时得出的简单化和误导性的政策信息。



案例 1: 意大利, 撒丁岛

撒丁岛的绵羊产业占整个欧盟的 1/4, 那里的 14000 家农场中饲养着超过 300 万头母羊。在 20 世纪 80 年代, 由于佩科里诺奶酪出口贸易的繁荣, 羊奶价格高涨, 牧业生产系统也开始集约化发展。补贴的出现进一步促进了低地地区灌溉生产饲料的发展, 而山区的游牧业则开始衰落。近几十年来情况发生了变化, 羊奶价格下跌, 天然型放牧开始回归。过去的几年中, Sheep2Ship 计划一直在研究这两种类型的畜牧生产对宏观环境的影响, 以及它们的温室气体排放 (vagnoni *et al.* 2015; vagnoni and Franca 2018)。

一项针对撒丁岛西北部奥西罗地区养羊场的 LCA 研究将 2001 年 (集约型畜牧业) 和 2011 年 (半粗放型畜牧业) 的情况进行了对比 (图 6)。2001 年, 该系统内同时生产羊奶和羊肉, 而到了 2011 年改为只生产羊奶制品。两种系统中农场水平的碳足迹比较相近, 集约型畜牧业中每 kg 最终产品 (脂肪和蛋白质校正羊奶) 产生 2.99 二氧化碳当量排放, 而半粗放型畜牧业中的这一数据是 3.25 二氧化碳当量。这两个时期中, 羊群肠道发酵产生的甲烷都占了将近一半总温室气体排放。其他地中海系统, 包括西班牙北部 (Batalla *et al.* 2015), 的情况都和该系统以及撒丁岛上其他地区类似 (Atzori *et al.* 2014)。

近期的系统只属于半粗放型畜牧业系统, 这些系统中还是使用了大量的进口饲料, 包括黄豆、豌豆和谷物。因为饲料是从外界进口的, 尤其是像远距离运送大豆, 所以这期间的碳足迹会大量增加。2001 年, 大豆还是最主要的饲料, 而到 2011 年, 饲喂收割的干草和自然放牧的情况更为普遍。尽管在生产当地运输手工制品常常被视为低效, 但是集约型系统对化石燃料的需求更高。

我们在查阅了许多关于该地区的研究文献后, 发现各研究中对排放量的估值大不相同。这既与在计算甲烷排放的二氧化碳当量时使用的因数有关, 又与食用不同饲料的动物产生排放的实际差异有关。然而, 针对撒丁岛的研究得出的结果与主流假设恰恰相反, 即粗放型系统在单位产品数量上产生更多的排放, 实际上集约型和半粗放型系统之间的农场排放差异并不明显。

另一项研究的研究范围更广, 该研究中对比了两种价值链产生的碳排放, 一种是工业化生产佩科里诺奶酪, 然后在 co-op 超市 (意大利最大的连锁超市) 进行销售, 另一种是在农场内以家族生意的方式手工生产佩科里诺奶酪

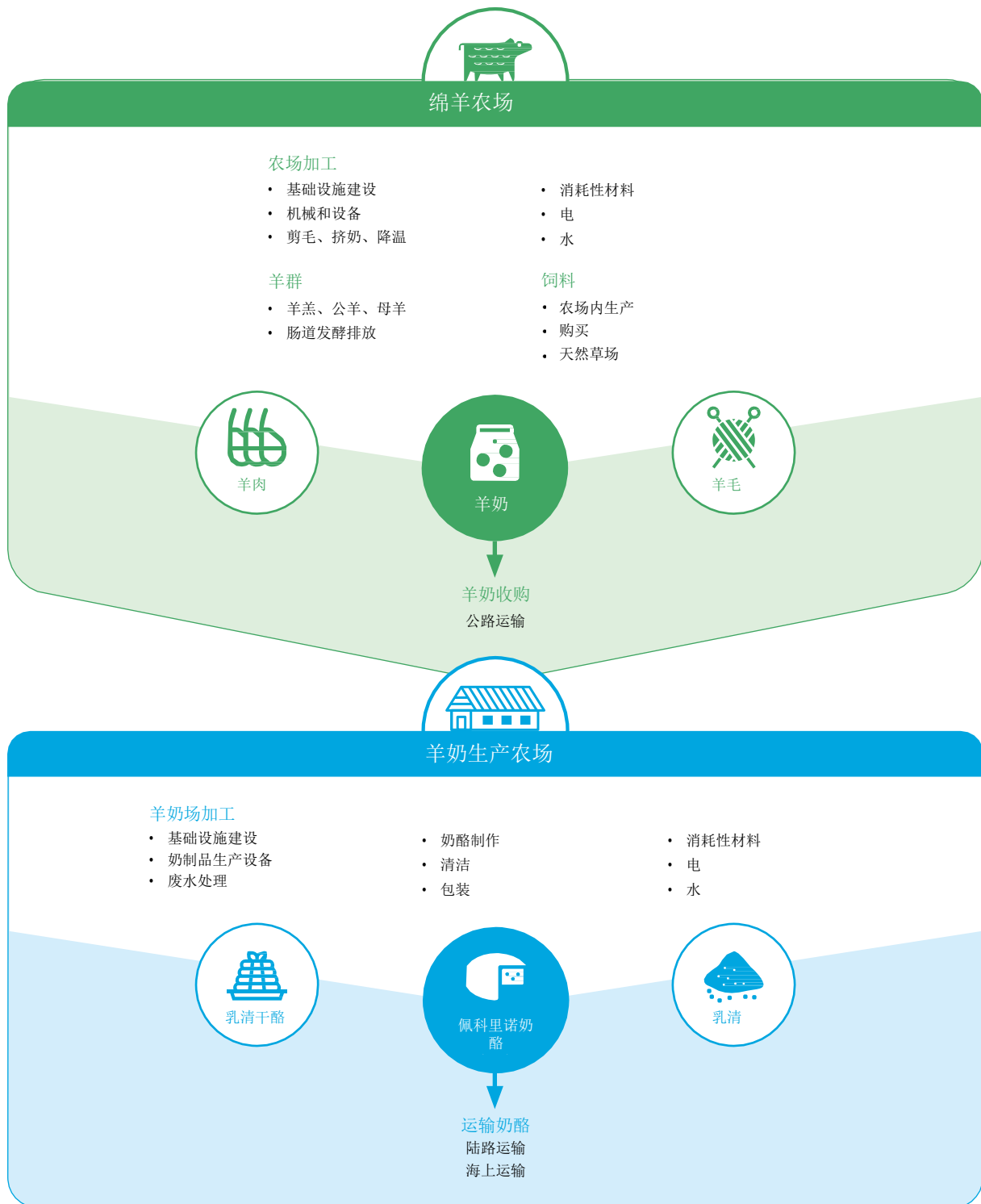
(Vagnoni *et al.* 2017)。在整个链条中, 生产要素造成了 92% 的排放, 剩余的排放由奶酪加工和分销造成。因为手工生产的奶酪分销时需要规律的短距离运输, 所以在此过程中产生的排放略高。然而, 这项研究并没有涉及碳封存潜力和生态系统服务的价值, 尤其是相对粗放的系统中的此类潜力和价值。其他研究 (Ripoll-Bosch *et al.* 2011; Feliciano *et al.* 2018) 显示天然放牧型畜牧系统对生态系统带来的一系列益处对评估畜牧业可能产生重大影响, 而整个欧洲的游牧系统中已经显示出了这些益处 (Torralba *et al.* 2018)。

当碳封存被考虑在内时, 这些益处尤其明显。最近的一项 LCA 研究分析了临时性和永久性草原中的碳封存 (Arca *et al.* 2021)。研究显示半粗放型畜牧业在永久性草原中有很强的通过碳封存来抵消温室气体排放的潜力。如果将土壤碳封存计算在内, 研究表明半粗放型生产系统中每生产 1 公斤牛奶排放的温室气体量略低 (每 kg 产品的排放从每公斤 3.37 kg 二氧化碳当量降至 3.12 kg 二氧化碳当量), 但半粗放型畜牧系统的减排量更高 (每 kg 产品的排放从 3.54 kg 二氧化碳当量降至 2.90 kg 二氧化碳当量)。

除了强调天然放牧型畜牧系统的重要性和永久性牧场的碳封存潜力外, 还可以通过转变饲料供给、提供抑制剂和瘤胃控制调节剂、加强放牧管理, 以及解决饲料供应链问题等缓解干预措施来减少牲畜肠道发酵排放的甲烷 (Marino *et al.* 2016)。然而, 尽管改变饲料可能会减少甲烷, 进而使温室气体排放明显减少, 但这样做也可能大大增加化石燃料产生的碳足迹, 种植富含蛋白质的饲料也会改变土地用途, 在其他地区产生新的排放 (del Prado 等人, 2021)。同样, 怎样界定系统对得出的结论有很大影响。

撒丁岛系统中羊奶奶酪生产的生命周期研究图表

图7 来源: Vagnoni 等人(2017)





安多藏区果洛藏族自治州牦牛。摄影师：Palden Tsering

案例 2: 中国，安多藏区

中国的草原面积约占中国国土总面积的 40%，占全球总草原面积的 6%-8%。这些地区的畜牧业——养殖牦牛、牛、绵羊和山羊——对许多人的生计来说非常重要，也对当地环境有着潜在的重要影响。在安多藏区贵南县开展的一项 LCA 研究中，研究者们将天然型游牧村庄系统和更加工业化的集约型系统进行了比较，后者包含饲养场、人工播种的牧场和外部进口的饲料（Zhuang *et al.* 2017）。

结果表明，无论是按照每单位面积还是每单位胴体重计算，集约型系统中的温室气体排放都更高。重要的是，这项评估中包含不同系统中的碳封存作用以及生产参数。这对评估产生了很重要的影响，因为系统中的碳并不像人们有时设想的那样是平衡的。虽然集约型系统相较于村庄系统排放的甲烷较少，但村庄系统中需要的外部成本较少，也有更强的碳封存能力，这也就抵消了多排放的甲烷。通过集约化生产实际减少了 6.95% 的甲烷排放，明显低于文献中经常提到的 22% 至 62%。这是由于牲畜管理存在局限性以及当地低温可能造成的影响。总的来说，集约型系统中每单位胴体重的排放量比粗放型系统高出 40%（图 7）。

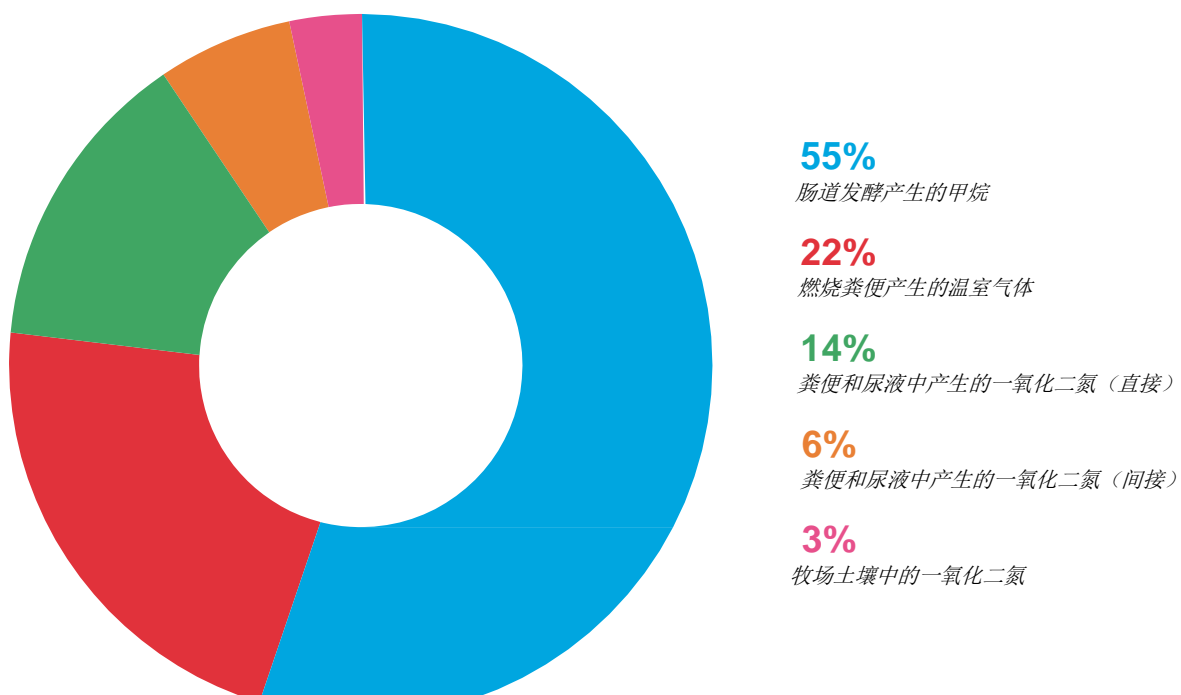
在此基础上，研究者们又深入研究了村庄系统，将长期在同一围栏内区域放牧的系统与更加传统的群落型系统对比，传统游牧方式会根据四季变

换迁移至不同牧场（Zhuang *et al.* 2019）。农场内的排放水平大致相似（每 kg 肉约产生 9kg 二氧化碳当量排放），但如果加上碳封存水平，差异就很明显了。灵活迁徙的游牧系统展现出净碳封存能力（每 kg 肉封存 0.62kg 二氧化碳当量排放），而固定的独立系统产生了较高的净碳排放（每 kg 肉产生 10.51kg 二氧化碳当量排放）。

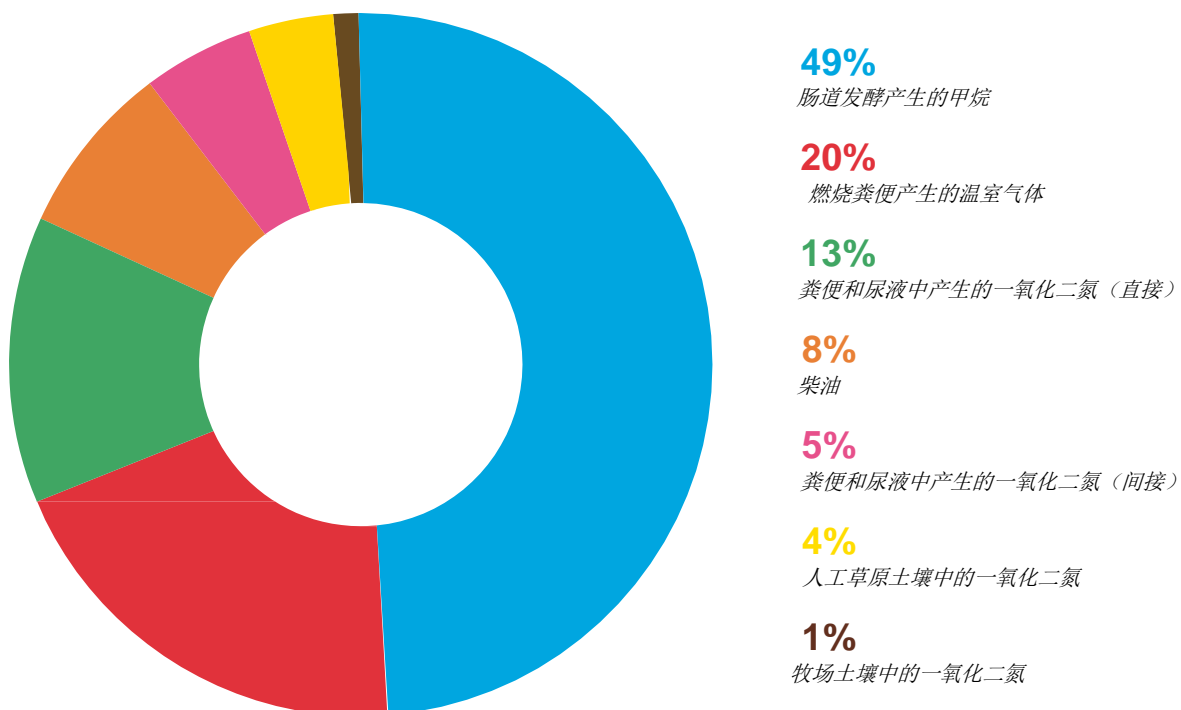
较低的排放估值可能是由于不同系统中碳封存能力的差异、牧场上大量的多年生植物、土壤吸收落叶以及牲畜排泄粪便的分布范围较广以及践踏粪便等原因造成的（Chen *et al.* 2015; Lu *et al.* 2015）。总的来说，轻度放牧有助于土壤对碳和氮的封存，而封闭区域的土壤则被压实，矿化程度较低，根系生物量较低，落叶和落草的质量也会下降（Shi *et al.* 2013; Zhou *et al.* 2017; Tang *et al.* 2018, 2019）。

安多藏区游牧系统中的排放来源

图 8. 来源: Zhuang et al. (2017)^a



安多藏区粗放/集约混合型系统中的排放来源





塞内加尔的牛群 摄影师：Karen Marshall

案例 3: 西非，塞内加尔北部

在北内加尔法罗地区的一项研究中（在前文第 4 节：数据偏差中提到过）确定了在更广阔系统中评估游牧系统的重要性（Assouma *et al.* 2017, 2018, 2019）。在此案例中，界定的系统是以一个水塘为中心点的“环境范围”。在 706 平方公里的区域内有 354 家游牧民住家，11000 头牛和 1800 只小型反刍动物。

研究中把整个生态系统视作一个整体，计量了包含动物排放在内的总体碳平衡。计算得出年度碳排放值为每年每公顷 -0.04 ± 0.01 吨碳当量，季节性差异较明显。在湿润的季节，月度排放呈正数（每公顷 $+0.58$ 吨碳当量），而寒冷干燥季节的排放呈负数（每公顷 -0.57 吨碳当量），炎热干燥季节时系统达到碳平衡状态（每公顷 -0.05 吨碳当量）。在整个研究范围内，动物粪便和肠道发酵产生的甲烷和一氧化二氮排放（约为每年 0.71 吨二氧化碳当量）会被土壤和植被的碳封存作用抵消（约为每年 0.75 吨二氧化碳当量）。这种抵消平衡在干旱季节尤其显著，彼时牲畜的粪便、草和树叶在动物践踏和蜣螂活动的帮助下会被土壤吸收。

研究还显示实际中动物摄入的食物比标准估计的要少得多。作者认为当前对肠道发酵产生甲烷排放的估值基准可能是实际水平的两倍。在流动型

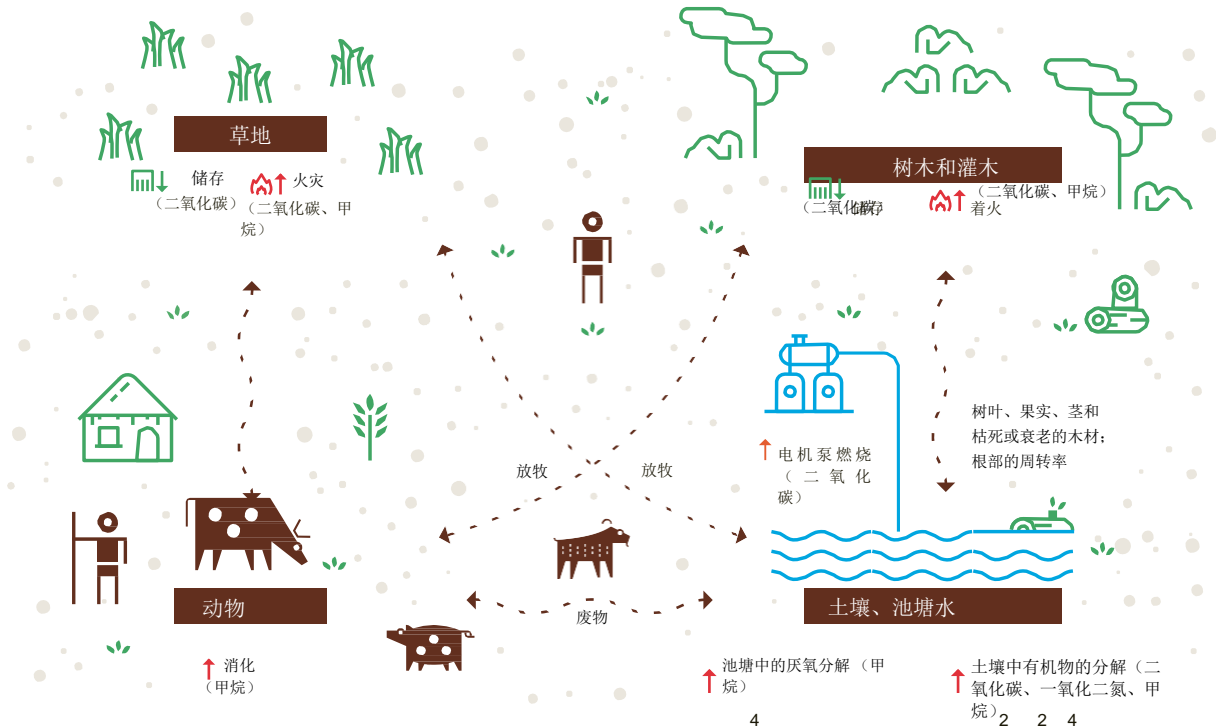
轻度放牧系统中，生产的牧草只有三分之一被动物食用，其余部分被土壤吸收。萨赫勒地区草原的不同区域在不同时间变化很大，所以游牧活动需要有高度的选择性。因此，相较于普通放牧来说，这种形式的游牧活动使得牲畜摄入的饲料质量更高（Ayatunde *et al.* 1999, 2001）。

所以碳排放也存在空间差异，牲畜固定活动的近水源地带的碳排放几乎是开放型牧场区域的 100 倍（cf. Butterbach-Bahl *et al.* 2020）。但这也为集中管理水源点并处理废水和动物排泄物创造了条件。排放热点是指季节性池塘附近或低洼湿地中比较潮湿的地点，那里容易吸引动物，从而积淀尿液和粪便。停滞的水会加速甲烷生成，所以这类环境中的温室气体排放会增加。

虽然一些年份的特殊条件（干旱的年份）不适用于外推，但这些研究体现出了季节性和地点特有因素的重要性。

塞内加尔一个游牧生态系统中温室气体排放和碳储存的简化系统图

图 9.来源: Assouma 等人 (2019b)



图例

	碳汇		温室气体排放		由植物储存的大气中的碳		植物和粪便中碳和氮的循环
--	----	--	--------	--	-------------	--	--------------

这些因素可以使用于其他研究中的标准默认排放因数更加准确，这种影响有时是关键性的。在了解流动型系统的影响时，评估区域的边界非常重要：由于干旱导致的动物外迁显然会对边界有所影响，如果延迟季节性迁移放牧，该区域内牲畜产生的排放也必定会增加。

所以，我们需要采取更全面的系统方法来区分不同空间内的土地使用，并考虑到土地使用时的季节性和年际变化，这样才能得出一个更加全面和真实的评估结果。图 8 显示了一个游牧系统牲畜养殖分析中的关键组成部分和流程示意图。

“一种断然对给出对方是点导性的并不奏效的。”

以上三个来自不同大陆游牧地区的案例研究再次印证了之前章节提出的一些观点：



实地计量

我们需要实地计量得出的数据来评估系统对气候的影响，否则依据标准基准评估低投入天然放牧型畜牧系统会持续产生偏差。



更广泛的益处

我们需要考虑到天然放牧型畜牧系统对碳封存的益处，以及游牧系统对更广泛的生态系统产生的益处。



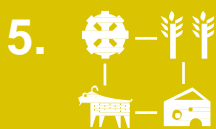
干预点

我们需要确定适合系统的重点干预点来减少排放，如在特定季节重点关注特定地点，而不是采用一般性的减排建议。



放牧的影响

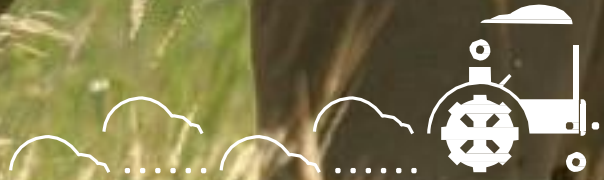
我们需要研究流动型相对轻度放牧对碳平衡的影响，这样可以为减少排放并增加碳和氮的封存量提供新思路。



系统方法

我们需要采用更全面的系统方法，将方法的适用范围从农场扩展到景观环境、生态系统和价值链。

畜牧业与气候变化： 亟待新方法



为了确定畜牧业对气候变化的影响，我们需要对复杂多变的天然放牧型畜牧业进行更多的实证研究，而现在相关领域的研究数据还很少。在默认排放值和外推结果基础上得出的动物消耗和生产是不足以支持政策建议的。缺失重点、破坏民生的气候政策是不适宜和不公正的。

本报告呼吁对牲畜和气候变化的关系重新进行讨论。目前，牲畜以及更广的蛋白质替换议题已经成为气候缓解政策计划中关于食物系统讨论的一部分（Lang 2009; Millstone and Lang 2003）。人们大都认为为了达到巴黎协定的目标，我们需要对全球土地使用和生产系统进行极大的转变。当前的讨论集中在个人行为的转变（尤其是在饮食上改变肉和奶的摄入量）和更广范围内在畜牧生产系统中的改变，以及要求减少天然放牧型畜牧业对土地的使用，转向集约型生产方式并发展肉和奶的替代品。这些措施都假设天然型放牧业原本使用的土地会转作其他用途，包括植树造林和再野化。

这些越来越主流的观点把畜牧生产，尤其是红肉和奶的生产，塑造为了气候问题的众矢之的，这也带来了许多问题，尤其是对于南半球的畜牧系统（Nagarajan 2021）。需要淘汰哪里的哪种牲畜？需要谁改变怎样的饮食结构？植树造林和节约土地的计划现实有效吗？这些对天然型和流动型游牧生态系统也适用吗？随着对食物生产需求的不断增加，我们是否能够接受并非闲置的土地上发展集约型畜牧业生产或作物农业，而让食草动物和野火在野化或植树造林的地区产生大量甲烷排放（Hempson *et al.* 2015; Archibald and Hempson 2016）？为了在北半球减少化石燃料密集型活动来促进实现净零承诺，“气候延迟”的论述（Lamb *et al.* 2020）会导致天然放牧型畜牧业中的牧民因其他“非农业”牧区的大规模植树投资而被迫迁徙吗？本报告着重讨论了许多此类问题，探究了主流观点的来源并质疑了其中的假设。

主流观点牵涉许多商业和政治利益，也被许多有影响力的团体或个人支持，包括活动团体、媒体、商界和其他著名公众人物³⁸。这是由对畜牧生产多样性的误解以及数据的缺乏造成的。这种主流观点对于政策制定的影响越来越大，尤其是在北半球。尽管在欧洲、北美、中国东部、澳大利亚和部分南美洲转变饮食结构和工业化畜牧生产系统是十分必要的，这种观点仍要针对不同环境条件进行细化调整，以免对天然放牧型畜牧业造成不利影响，天然放牧型畜牧业对环境影响较小，还可以在全球范围内促进民生、加强环境保护。这种系统通常使用的土地很少，但却维持着许多人的多种生计，促进了当地经济多样化发展和环境可持续性，天然放牧型畜牧系统所使用的土地通常难以改作他用，强行转变土地用途有可能造成对原住民的大范围驱逐和不公正。

除了南极洲以外，世界上每个大洲和每个国家都存在天然放牧型畜牧业，牧场的面积占全球陆地面积的一半以上。游牧业和其他形式的天然型畜牧生产方式直接支持了数百万人的生计和更大范围的经济活动，它们应该成为任何发展战略的核心部分。全球各地的牲畜饲养者们守护了一些最偏远、生态环境最脆弱的地区，他们对维护和提高生物多样性也做出了重要贡献。他们站在对抗气候变化的最前线，用富有经验和灵活的放牧策略在多变的气候中与不确定性共存并从中受益。包括游牧业在内的天然放牧型畜牧业不应该在气候讨论中被忽视，代表该系统从业者的组织也应在政策讨论中处于中心地位。

主流观点是从特定情境下有限案例的汇总数据中得出的，它忽略了天然放牧型畜牧业的特殊性，

经常认定所有的牲畜、肉和奶都是有害的。但是，就像本报告显示的一样，这种一概而论的说法基于的是不正确的假设和有限的的数据。LCA 方法论在大多数全球性评估和政策公布中的重点应用应当被细化，这样才能适应各种不同类型的畜牧生产方式，并对标准假设提出质疑。如上文所述，当前的政策建议都是基于这些分析，建议主要有两点：一是减少畜牧产品的消耗，二是改变生产方式。这些建议经常出现在用蛋白质替代应对气候变化挑战的“承诺性叙述”中，以及替代性蛋白质是“好”的，而肉、奶和牲畜是“坏”的政治宣传中（Sexton 2018; Sexton *et al.* 2019）。超越这种二元论的思考方式非常重要。

从消耗方面看，主要建议是通过饮食和行为上的改变来控制需求（Herrero *et al.* 2009; Willett *et al.* 2019），同时假设还有一系列“理想的”饮食方案来替代富含肉类和奶类的饮食方案。例如，EAT-Lancet 的“参考饮食”呼吁主要向植物性饮食以及鸡肉等肉类产品进行转变，这导致了肉类行业联合会部分团体的强烈抵制（García *et al.* 2019）。危害气候的生活方式主要是由“消费主义精英”引领的，他们通常是富裕国家的富人。标准化饮食建议忽略了营养政策中的政治问题（Gillespie *et al.* 2013; Weis 2013; Walls *et al.* 2020）。



牧场上的牧豆树 摄影师：Tahira Shariff

要解决这些问题，我们需要针对不同的系统采用不同的方法，认识到世界上许多人还不能摄入足够的肉类和奶类，而用植物肉和人造肉来作为替代品也并不可行。许多牧民的饮食中富含肉类和奶类，但他们也没有别的选择。牧民们需要卖掉牲畜再去购买其他食物产品，如谷物和蔬菜，而这种做法对牧民可能是不利的。许多游牧地区也不适宜种植粮食作物。放弃畜牧生产也常常意味着废弃这些地区，而这也带来更大的社会经济问题。对于牧民来说，通过牲畜制品维持营养是至关重要的，尽管他们摄入大量的肉、奶和动物血制品，他们的健康状况通常比定居一地的人们要好（Fratkin *et al.* 2004）。

在生产方面，政策主要在饲料、育种和动物养殖方面进行干预，以提高生产效率（Herrero *et al.* 2009; Gerber *et al.* 2013b; Searchinger *et al.* 2019 Willett *et al.* 2019; Nordhagen *et al.* 2020）。一个常见的干预措施是，通过实施轮牧、建立饲料库、改良牧草品种以及向饲料中添加粮食副产品和饲料添加剂的方法来为放牧的反刍动物提供更高质量的饲料（Adesogan *et al.* 2020; Herrero *et al.* 2020）。人们认为更高质量的动物饲料可以减少肠道发酵产生的甲烷（Herrero *et al.* 2009; Ali *et al.* 2019），而且富含单宁的饲料可能很重要（Hess *et al.* 2006; Aboagye *et al.* 2018）。其他措施包括提高动物健康水平，减少疾病的负担，培育生产力更强的动物品种，投资基因改良技术，使用生物科技提高单只动物的产出等（ASAS 2019）。所有这些以“效率”为中心的干预措施都假设动物生产系统是集约型的，而且稳定在同一地点，其中的工业化水平也不断提高，这些干预措施再次忽略了天然放牧型畜牧业，上述的这些条件在天然放牧型畜牧业中都不成立，也可能不适合达到长期的气候目标。相反，把 LCA 评估与农业中的最佳气候缓解措施调查相结合可以为改进政策提供新思路，同时也可以让生产者参与其中³⁹。

这些研究方法和政策措施都基于用于评估气候问题的模型中采用的假设。运用 LCA 方法论得出的评估成果极大地影响了政策制定。

这导致了泛化的缓解措施，无论是围绕消费还是生产环节，措施的制定都忽视了天然放牧型畜牧业。这些研究结果都是针对改变饮食结构和集约型生产可行的情境，尤其是像北半球富裕国家中工业化的固定农场。这并不意味着天然放牧型畜牧业没有缺点，在这一系统中也需要实行有关粪便管理、放牧模式、饮水点位置和流动性相关的气候缓解措施（Assouma *et al.* 2019a, 2019b）。正如 Reid 等人（2004）所说的一样，在此类系统中的缓解干预措施如果想要有效，最好建立在已有的、通常是传统的畜牧知识上，也要保证牲畜饲养者的食品安全和生计福利。

总之，主流观点、相关政策和技术性建议都没有考虑到天然型、季节性、低投入的系统——比如说流动型游牧业——也忽略了全世界相当多贫穷和边缘地带人们的生计。这些系统所在地区中，很多地方的饮食没有其他过多的选择，民生也极度依赖畜牧生产。把这些系统与固定在一地的、工业化的、集中的畜牧生产方式混为一谈是不合理的。是时候对不同的畜牧系统进行区分了。我们需要提高数据的可用性，优化计量方法，来得出更加复杂和有针对性的观点：重点关注高度碳密集型畜牧生产方式，同时鼓励其他对环境影响小的畜牧生产方式，也正是这些畜牧生产方式在社会、文化、经济和环境等多方面做出了贡献。



畜牧业的未来：把牧民纳入讨论核心



随着全球对蛋白质的需求增长，我们毋庸置疑需要改变“消费主义精英”的饮食结构和工业化的生产系统（集中在北半球）来应对气候变化。但是，这种转变不应该对全球从事天然放牧型畜牧业的牧民的生计和经济状况造成危害。不应该因为简单化、不恰当的评估过程得出的结果而将矛头指向牧民。

我们需要一个基于更加全面系统分析的复杂的替代方法，这种方法能够指明气候缓解措施适用的地区，也会认可天然放牧型畜牧系统对更广泛环境带来的切实益处。一种断然对所有牲畜给出统一应对方法的观点是具有误导性并不奏效的。反之，我们需要区分不同系统对全球变暖影响的大小，以及它们产出的肉类和奶类对环境的影响。包括牧民管理的系统在内的低投入、天然型的流动系统或许可以成为一种对环境有益的低碳的替代生产方式。

数以百万的牧民管理着天然放牧型畜牧业，他们也是富有经验的土地卫士，这种生产方式可以为集中型食物系统提供新方法，在集中型食物系统中肉和奶的生产需要投入很多资源，需要封闭的工业化系统的支持，使用的饲料、基础设施和运输方式都会产生很高的碳排放。天然放牧型畜牧业，尤其是游牧业，也为科技驱动、企业控制的低碳未来提供了新方法，高科技的低碳未来可以不仅依靠替代蛋白、植物、真菌制品或者以人造肉为代表的人造食品。实际上，解决气候挑战的部分方法可能早就存在于牧民们的实践行动和对环境的守护中，他们把生态系统和人类联系起来，但其所做的一切一直没有得到应有的认可和支持。

在本报告结尾，我们强调需要在七个方面做出改变，提出了六个建议，并呼吁转变观念来将不同的畜牧系统纳入考虑范围。

数据与方法论

主流观点框架下在对牲畜/蛋白质进行讨论时，使用的假设都基于用局限性 LCA 方法论进行的泛化评估，这导致了天然放牧型畜牧业被不公平地归为

可持续性最低、环境危害最大的土地使用方式之一，以至于需要对其进行彻底转变甚至彻底淘汰。然而，许多基于 LCA 研究数据的假设会导致对天然放牧型畜牧业排放量的过高估计。

在讨论“蛋白质替代”问题时我们也需要更加严谨。排放数值不应照单全收，而应加以审视，特别是当评估结果是推断出来的或是基于猜测的时候。我们也需要评估关于基准和替代品的假设的可行性和偏颇之处，还需要在不同方法间进行权衡，将民生、社会、文化和环境等更多因素纳入考量。低排放的生活方式对于不同经济状况、年龄和性别的人群造成的影响可能也会有差异（Tavenner and Crane 2018; Kihoro *et al.* 2021）。与其依赖狭隘的、由专家主导的、脱离受政策影响的当地环境而进行的全球性 LCA 研究，不如进行更全面的、让更多畜牧业从业者参与进来的系统分析（e.g. Crane *et al.* 2016），这种系统分析对当地复杂且多功能的畜牧系统了解得更透彻（Weiler *et al.* 2014）。

在系统方法中，根据目标之间的权衡，可以使用不同的衡量标准，不再单纯关注“效率”和每只动物/每个产品的影响，而是使用（比如）基于当地环境范围的“全成本核算”方法来为判断提供依据（Robertson and Grace 2004）。这种讨论可以为多功能畜牧系统与气候缓解措施、生物多样性保护、促进民生、饮食需求和其他重要议题之间的协商提供一系列方法。

一个基于对不同生产方式和影响的充分了解、更加全面、谨慎的农业食物系统方法可以更真实地反映出复杂多变、粗放型系统对气候的影响。我们需要让对不同系统有着深刻了解的人参与分析，

并让可能受到影响的人来商讨各种方法（Stirling *et al.* 2007）。我们需要搁置虚假的精确衡量和对局限性评估的严谨态度，转而使用一种更加自下而上的方法论（Holmes and Scoones 2000）。

“牲畜饲养者们长期以来一直都是其生活环境和人文环境的重要守卫者，他们并没有破坏环境，污染地球。”

区分各系统

使用能够区分不同畜牧生产系统及其产品的研究方法来确定政策是非常关键的。这样能够让事态重点更加明确，解决方法更加有效。对气候影响和缓解方案更加细化的分析表明，全球评估和通用的政策处方不但具有误导性，而且可能会带来危害。我们应该使用更细化的数据并针对具体环境进行分析，采用更复杂的评估方法可以使我们逐步区分碳排放不同的牲畜管理方法和生产系统。如果要达到这点，我们不能只强调集约化生产和提高饲料质量来减少甲烷排放的方法，而是要针对天然放牧型畜牧业，尤其是在游牧系统中，提出更加现实可行的缓解措施。

全球不同地区生产系统的排放模式各有不同。工业化生产为北半球富裕国家的“消费主义精英”们提供了多种饮食选择，而天然型小农牲畜养殖和游牧业是许多人的生计来源，也为各色各样的消费者提供了营养丰富的食物。所以在媒体和政策讨论中占据主流的泛化的全球性观点应当被细化，将当地环境条件、营养需求和重点民生考虑在内。当前过于泛化的观点只能在政策讨论中被当成噱头，其中对于全球饮食和食物生产提出的过于简化的解决方案并不奏效。我们需要针对具体情况提出不同的解决方案，认可不同系统的出发点以及其中可以用来减少排放的不同方法。

多元化政策

政策方法应当更加复杂全面，可以包含不同的解决方法。这些方法可以体现在政策规定（限制某种生产方式的同时鼓励其他生产方式）；价格和成本上的奖励机制（对某些生产方式加税，而对其他生产方式减税或者给予补贴）；或者通过标准和认证（关于碳排放、生物多样性或对人们生计的影响）来对市场进行区分等方面。在向消费者宣传可持续生产的畜牧产品的价值的同时，还需要通过允许用地、支持游牧模式等方法保护低投入的天然放牧型畜牧业。

比如说，我们可以想象在出售游牧地带生产的肉或者奶/奶酪时，需要符合一种市场标准，该标准能够确保对气候影响较低、提高生物多样性并且促进牧民民生。制定标准、颁发证书、设计法规、确定税收水平和价格点绝非易事，并且在此过程中容易出现试图在制度中钻空子的现象，但这些行动会向市场传达出更强的信号。这可以表明政策制定者的决心，即这是一个亟需解决的问题，政府和企业都在认真对待这个问题，同时也需要更有针对性的解决方案。随着市场和监管激励机制开始支持某些生产方式，天然放牧型畜牧业的发展可以得到促进而不会受到威胁，

这是由于该系统中的畜牧业从业者在低碳生产，提高生物多样性和生计方面的竞争优势得到了认可。

我们需要改进分析方法，使其能够根据不同地区的机会成本和替代品，区分生产和消费方式的（相对）优劣。我们可以看到，并不是所有的畜牧生产方式都对气候有害。同时，也不是所有以肉或奶为主的饮食都是有害的。为高碳排放的肉奶生产以及过度消费寻找解决办法无疑是困难的，但解决办法不一定需要在植物性饮食和人造肉之间二选一，或者将畜牧业集约化生产，再在余出的土地上植树造林。简单的解决办法不适用于复杂的挑战。反之，随着对不同系统理解的深入，针对某些“排放热点”进行干预可以使缓解措施更加完善（e.g. Thomassen *et al.* 2008）。

管理与控制

当前的全球性讨论实际上仅针对特定地区，局限性很强。引导讨论的全球性评估是由有限的专业知识得出的，但得出的结论却指向全球，这种结果不但具有误导性而且受到了个别利益团体的影响。牧民们的声音从来就没有被听见。因此，在农业食物系统中，很少有关于谁在控制系统，以及谁会从不同的替代方案中获益和损失的商讨。因此，像“国际牧场和牧民年”这样的倡议非常重要，它是动员其他观点的协调中心，并确保牧民——以及更多的天然放牧型畜牧业从业者——的声音在全球政策辩论中被听到⁴⁰。

开放讨论十分必要。畜牧生产集约化、大量减少饮食中的肉奶需求可以节约土地，这些土地可以用于生物多样性保护、植树造林、生态系统恢复和再野化，这种观点看似有益，但背后却隐藏着资源控制和生计权利的问题。在某些情况下，缓解气候的观点被用来为征地和圈地正名，以改善气候为由将土地转而用于环境保护，

而一直以来在该环境中以对环境影响很小的方式从事生产的牧民们却被驱逐了。

在没有放牧的情况下，植树造林和生态系统恢复计划是否能封存更多的碳排放令人存疑，而且用于植树造林的土地经常也不会有其他用途，这样就形成了另一种形式的种植园，这些植树造林活动往往由远离当地环境的政府或公司出资，用于实现他们的“净零”承诺。碳中和的管理尤其困难重重，一些强大的利益集团采取某些特定类型的“气候行动”来驱逐牧民，他们只把气候缓解观点当做借口。

例如，“蛋白质替代”的紧迫性被用来证明大规模的保护和野化措施是正当合理的。这些蛋白质替代计划往往没有考虑到包括游牧业在内的其他生计生产方式，而游牧业如果得到合理的支持，就可以在很大程度上改善气候，提高生物多样性并在贫穷和边缘地带促进民生。在蛋白质替代问题的讨论中，谁拥有话语权？目前，讨论往往由大型企业及其风险资本的支持者所左右，他们对肉类和乳制品的替代品有既得利益，对气候变化、生物多样性对话和动物福祉问题十分关切的环保组织和活动家也参与了讨论，但所有参与讨论的人都对全球畜牧系统的复杂性了解甚少。这使得新兴资本主义利益集团和环保团体难得地结成同盟。

在讨论中开放对利益和立场的辩论很重要，这样可以揭示出讨论中哪一方噤声或被忽略了。这样一来，一些进步的个人和组织可能会感到惊讶，他们目前正站在资本主义投资利益集团一边，反对世界各地贫穷和边缘化的牲畜饲养者。我们应该开放讨论应对挑战的措施，改变世界上某些地区，而不是所有地区的消费和生产模式，以及在某些地区支持某些替代品而不是其他替代品，这样可能有助于解决气候减缓措施中的权力和控制问题。新产品，比如说人造肉，在饮食结构转型中可能会带来巨大的利益，但在食物系统中作出如此大的转变可能带来的后果还是未知的，支持该方案的环保主义者也可能做出了错误的选择。

“包括牧民管理的系统在内的低投入、天然型的流动系统或许可以成为一种对环境有益的低碳的替代生产方式。”

我们需要对替代品及其影响进行全面的成本评估。例如，必须研究的不仅是生产的碳平衡核算，而且是整个价值链和更广义上的土地利用变化的后果。畜牧业可以帮助我们适应气候，也有一些气候环境方面的益处，这些考量都需要被纳入研究。同样的，将土地转为“保护地”或“碳汇森林”而进行圈地并驱逐原住民的成本也非常大，一刀切的政策也很可能有损民生。因为可能的气候益处而支持替代产品也有可能对贫穷牲畜饲养者的生计造成危害。这些更广范围内的影响都应该在全面的评估中有所体现。蛋白质生产市场的企业化进程会使农业食物系统中的控制权力更加集中，而一个更加灵活的系统是建立在多种所有制的基础上的，由不同的牲畜饲养者们共同控制，我们也需要在政治性评估中讨论这两种系统的后果。虽然改善气候是当务之急，我们仍然需要在寻求解决办法时顾及更多人的利益，也需要对任何方案措施的减贫影响和公正程度进行评估。

一个只服务权贵的气候解决方法在长期看来并不是最优解。只有当我们对更多的方案和替代品进行更全面的评估时，才能使讨论更加现实。这需要更多人的参与，包括那些拥有土地和牲畜、依赖畜牧业生活的人，而他们的声音现在并没有被大众听到。

公平与民生

关于蛋白质替代及畜牧生产和气候变化之间关系的讨论引发了一些有关公正的问题。应对气候变化的有效措施和转型过程必须是公正的。而这一点在当前的讨论中很少被提起。

气候公正涉及很多方面。首先是认识论方面的公正问题，谁掌握的知识应该被采纳？现今评估中使用的占主导地位并由专家引领的方法论尤其注重狭义上的量化、效率和全球汇总，这也有助于得出一种特定的观点。这也排除了某些数据和其他方法中可能强调的更有针对性的观点。

其次，第二是程序正义的问题，以及谁在辩论中发声谁又噤声的问题。目前，决定缓解方案的过程受到很多限制，整个过程以一套特定的技术解决方案为主，并得到特定利益集团的支持。在目前的辩论中，似乎只有一些声音是有意义的，而这一点也被讨论气候变化和粮食系统问题的方法所强化，这些讨论都是建立在精英系统中的——如《联合国气候变化框架公约》缔约方大会或联合国粮食系统首脑会议——并围绕全球问题和全球解决方案进行。

第三是关于分配的公正性问题，以及谁受益、谁受损的问题。正如我们所看到的，对全球性问题和解决方案的强调，加上特定的方法和决策风格，往往遏制了差异化分析。

气候变化是一个全球性挑战，需要在生产和食物系统中进行较彻底的结构转变。气候变化是由多种影响不同的成因导致的，而各种解决方法能产生的效果也存在差异。只有更多的差异化方法才能解决公正的问题，避免那些包括牧民在内的被边缘化的人不必要地受到特定商业和政治利益所控制的气候缓解措施的负面影响。气候正义的观点必须同时包括自决权、自主权、认可权以及在居住的牧区环境中追求生计的权利，这些都需要建立在一个可以产生有价值的产出，包括环境效益的弹性系统上。

环境监护与可持续性

从更广泛的系统角度看待畜牧业生产和消费，可以看到特定类型的畜牧业系统为环境带来的一系列益处。畜牧业确实会排放温室气体，但正如人类和其他碳基生物一样，它也是更广泛的农业生态系统重要的组成部分。畜牧业可以提供一系列的生态系统服务，特定类型的放牧/狩猎和动物养殖对动植物生物多样性也有益⁴¹。而且，畜牧管理方法也对更深层次的文化和传承做出了贡献，

尤其是在与特定环境和社会生态有关的文化和种族认同方面。

牲畜饲养者们长期以来一直都是其生活环境和人文环境的重要守卫者，他们并没有破坏环境，污染地球。正如前文讨论的一样，相较于植树造林和再野化的方法，由于地下碳库和土壤的影响，某些放牧模式可以产生更大的碳封存效应。而且，放牧行为可能促进另一种类型的高度有益的生物多样性，而成排密集的种植林或者将牲畜从长期放牧的生态系统中移除之后新长出来的灌木丛可能达不到这种效果。森林和假定的“野生”环境可能不像西方想象的那样对气候友好，甚至不是那么天然，而一些天然放牧型环境——包括农林牧复合系统或与种植业有关的系统——可能会是好得多的选择，在这些系统中的人们拥有丰富的环境知识以及人文环境的管理经验，所有的这些知识都有助于保护地球。

如果要使用范围更广的系统方法来寻找缓解气候问题的其他方法，我们必须研究如何管理生产中所有的投入和产出以及不同土地使用方法的机会成本。针对天然流动型畜牧生产系统设计气候缓解措施需要我们摒弃一刀切的解决方法。相反，基于当地牧民对系统的了解和实践，可以设计出既能减少排放又能促进碳封存的解决方案，同时让牲畜饲养者作为核心参与进来。可能的方案有：灵活放牧和补充饲料系统，使用当地生长的作物作为饲料来减少甲烷的产生，建立供水点以减少甲烷排放热点，以及通过流动型轻度放牧和添加有机物来促进碳封存。

低投入、天然放牧型畜牧业可以减少食物和饲料方面的市场竞争，避免使用不适宜的饲料或者在不适宜种植业的地区种植饲料。减少使用在可耕地上种植的牲畜饲料——例如大豆或者紫花苜蓿——意味着畜牧系统可以更加重视在天然牧场或者半天然型永久牧场上进行的天然型放牧，牲畜可以食用天然牧草、秸秆和副产品。这种系统促进了以减少废料为重点的供应链循环，而动物生产在无废料食物系统中发挥了重要作用。

食物系统

将讨论重点转向环境友好型、可持续的食物系统会减少针对畜牧生产排放问题的注意，并让人们开始关注食物系统中“廉价食品”（或蛋白质）的危险。目前，这些廉价食品极大地促进了动物性食品的需求和生产，各种刺激也为了达到特定类型的“高效率”使更多食品的生产成本越来越低。某些类型的生产方式（包括农作物和牲畜）在商业利益的驱使下生产“便宜货”⁴²，导致了大规模、毁灭性的环境危害。

究竟是什么在造成气候和生物多样性危机？并不是畜牧生产或者肉奶消费本身，而是更广的资本主义食物系统。这也正是我们需要改变的——不是利用技术手段解决，而是通过彻底转变权力关系和控制模式。现在，包括游牧业在内的低环境影响的天然放牧型畜牧业或许能给我们一些关于未来的启发。为了归纳本报告的要害，我们总结了六个建议，这些建议在提出气候缓解措施时重点考虑了包括游牧民在内的天然放牧型畜牧业从业者的利益。



畜牧业的未来： 应对气候挑战的六个建议

- 1.** 关注生产过程（工业化和天然游牧型生产方式）而不是最终产品（肉和奶）。采用系统方法，将成本、效益以及真实基准纳入考量。避免进行不区分各生产系统的全球性泛化评估。相反，要依靠实证研究的方式，在不同的农业生态系统中进行实地研究，而不是对所有的系统一概而论。
- 2.** 避免在过于简化、局限性的 LCA 研究的基础上制定政策；审视假设的合理性，提高全球性评估中的数据可用性，并确保分析也适用于易于变化且通常是流动型的粗放型系统。
- 3.** 支持更多主题的研究，包括碳和氮流动、特定环境排放以及全球游牧地区天然放牧型畜牧业中的碳封存；这种分析必须包括不同时间和空间上的差异，反映出系统中碳和氮循环的复杂动态。
- 4.** 依托当地牧民的知识与实践，与牲畜饲养者一起制定减少温室气体排放的实际解决方案：一方面可以通过优化饲养和粪便管理系统来减少甲烷排放，另一方面可以鼓励流动放牧以促进碳封存。
- 5.** 避免就应对气候变化改变饮食结构提出一般性建议；解决措施应该针对富裕的北半球“消费主义精英”，他们才是问题的根源。应以解决分配和公平问题，提高人们获得高质量营养品的机会为目标，尤其是对于儿童和营养不良的群体，营养品包括来源于肉类和奶类的高密度蛋白。
- 6.** 谨防不现实的使用替代品快速解决气候问题的承诺，无论是改为食用工业化生产的肉类或牛奶，还是将牲畜和人从土地上驱逐，将土地转为他用。了解这些立场的政治经济和它们背后的利益，并思考辩论中呼吁替代品的声音是由谁发出的。所有这些建议都意味着我们需要将牧民和其他低投入粗放型畜牧业中的生产者——以及代表他们的组织——纳入关于气候变化和未来粮食系统的全球辩论。



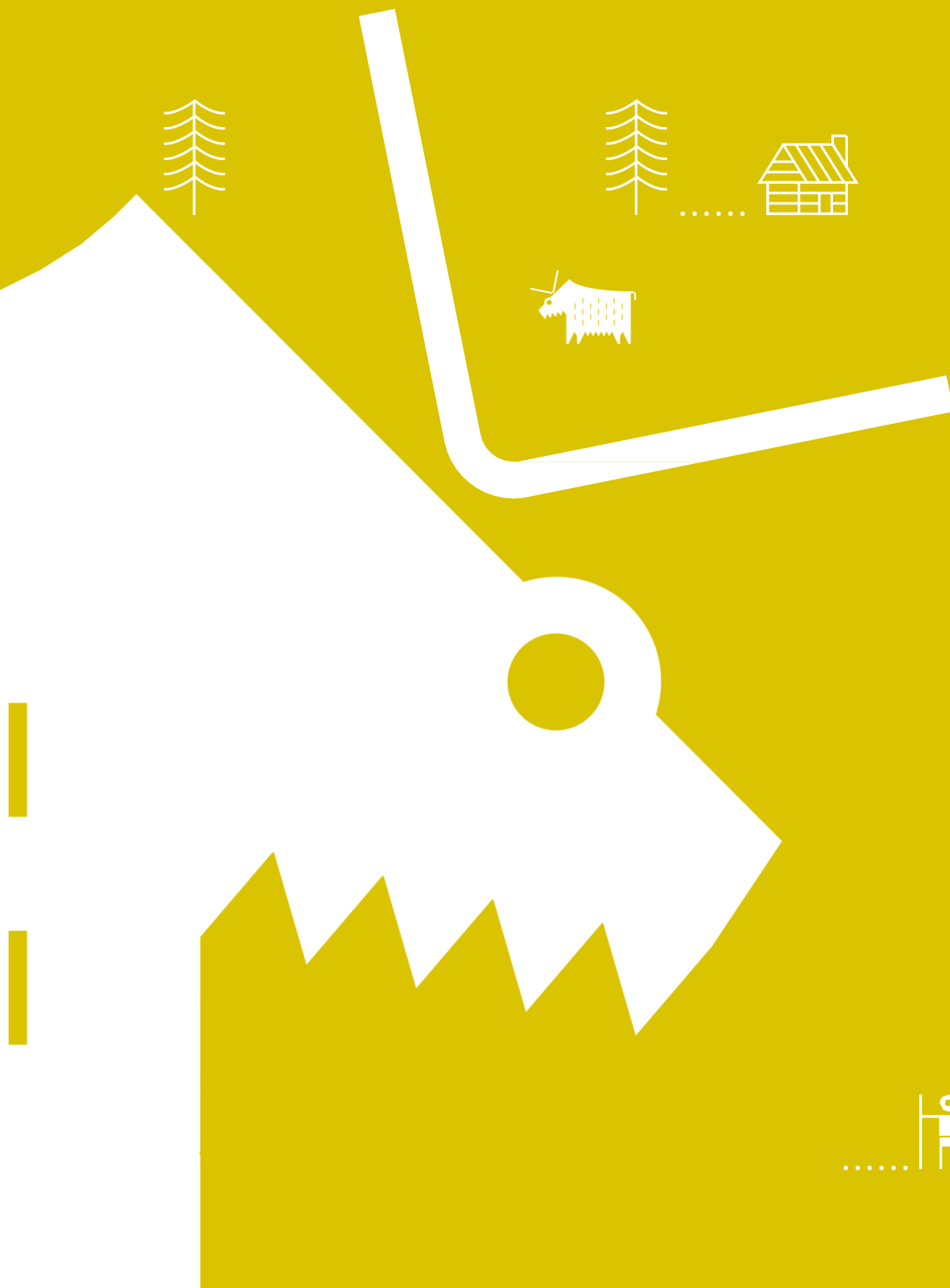
尾注



- 1 www.50by40.org
- 2 www.weforum.org/projects/meat-the-future
- 3 www.fairr.org/sustainable-proteins/food-tech-spotlight/building-esg-into-the-alternative-protein-terrain/; www.riacanada.ca/magazine/building-esg-into-the-alternative-protein-terrain
- 4 www.un.org/en/food-systems-summit/action-tracks
- 5 See www.pastres.org for more details.
- 6 See e.g. Technology Review (2021) 'Bill Gates: Rich Nations Should Shift Entirely to Synthetic Beef', www.technologyreview.com/2021/02/14/1018296/bill-gates-climate-change-beef-trees-microsoft/; The Independent (2020) 'Go Vegetarian to Save Wildlife and the Planet, Sir David Attenborough Urges', www.independent.co.uk/climate-change/news/david-attenborough-vegetarian-vegan-meat-life-on-our-planet-netflix-wildlife-earth-a9689816.html; and www.mercyforanimals.org/blog/greta-thunberg-animals-environment
- 7 For example George Monbiot (2017) 'Goodbye – and Good Riddance – to Livestock Farming', www.theguardian.com/commentisfree/2017/oct/04/livestock-farming-artificial-meat-industry-animals; The Independent (2020) 'Going Vegan Is "Single Biggest Way" to Reduce Our Impact, Study Finds', www.independent.co.uk/life-style/health-and-families/veganism-environmental-impact-planet-reduced-plant-based-diet-humans-study-a8378631.html; Roger Harrabin (2019) 'Plant-Based Diet can Fight Climate Change – UN', www.bbc.com/news/science-environment-49238749, among many, many others.
- 8 See 'Cars or Livestock: Which Contribute More to Climate Change?', September 2018, www.news.trust.org/item/20180918083629-d2wf0 and www.cgair.org/news-events/news/fao-common-flawed-comparisons-greenhouse-gas-emissions-livestock-transport/. A recent report from Friends of the Earth in Spain also offers a more nuanced perspective: www.tierra.org/wp-content/uploads/2020/09/Informe-Ganaderia-Cambio-climatico-Amigos-de-la-Tierra.pdf
- 9 While this narrative is now widespread, its direct impact on policies in livestock-dependent countries so far remains limited. However, dispelling myths and challenging assertions is important now before major shifts occur. To date, the impacts have been on changing markets (particularly in Europe) and the ways that national governments must report on national emissions levels through the UNFCCC reporting process, notably through the specification of Nationally Determined Contributions, and so how mitigation measures are planned and funded, often through donor efforts. In the UK, emerging plans for afforestation and removal of livestock from rangelands are central to carbon-neutral targets by 2030, while the European Union plans to plant three billion trees in the coming period as part of its climate mitigation policies. All these interventions will have a major negative impact on extensive livestock production systems and may not result in the desired climate mitigation outcomes.
- 10 Many more could be added, particularly around the now widespread debate about 'alternative proteins'; e.g. the World Economic Forum (www.weforum.org/whitepapers/meat-the-future-series-alternative-proteins) and RethinkX (www.rethinkx.com/food-and-agriculture), to name but a few. For example, RethinkX argue that "The current industrialised, animal-agriculture system will be replaced with a Food-as-Software model, where foods are engineered by scientists at a molecular level and uploaded to databases that can be accessed by food designers anywhere in the world. This will result in a far more distributed, localised, stable and resilience food-production system. ... By 2035, about 60% of the land currently being used for livestock and feed production will be freed for other uses. ... If all this freed land were dedicated for reforestation, all current sources of US greenhouse gas emissions could be fully offset by 2035" (Tubb and Seba 2019). In this assessment of narratives, however, we have focused on those focusing particularly on the link between livestock production and climate change.
- 11 The Paris Agreement: www.unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement
- 12 See for example this press release: Greenpeace European Unit (2020) 'Animal Farming in EU Worse for Climate than All Cars', www.greenpeace.org/eu-unit/issues/nature-food/45051/animal-farming-in-eu-worse-for-climate-than-all-cars
- 13 There are many other more focused analyses using a similar methodology; for example, Stehfest *et al.* 2009; Tilman and Clark 2014; Hallström *et al.* 2015; Aleksandrowicz *et al.* 2016; Springmann *et al.* 2016a, 2016b; Clark and Tilman 2017; Clune *et al.* 2017.
- 14 www.ourworldindata.org/meat-production
- 15 The study, however, only looked at protein as a whole, not the nutrient value of products or available nutrient combinations. Animal protein of course has amino acid composition closer to human needs and a much higher nutrient availability than comparable amounts of plant protein (Drewnowski *et al.* 2015). Assessments of land use change also included simplistic assumptions of land use change. Other models show how livestock systems focused on resource conservation, reducing waste and with a circular supply chain can conserve land while not contributing significantly to climate change (van Zanten *et al.* 2018).
- 16 Notably those emerging from the FAO, including Steinfeld *et al.* 2006; Gerber *et al.* 2013a.
- 17 www.ox.ac.uk/news/2018-06-01-new-estimates-environmental-cost-food
- 18 www.theguardian.com/environment/2018/may/31/avoiding-meat-and-dairy-is-single-biggest-way-to-reduce-your-impact-on-earth
- 19 www.bbc.co.uk/food/articles/cut_food_emissions
- 20 See, Anne Mottet's and Henning Steinfeld's piece, 'Cars or Livestock: Which Contribute More to Climate Change?', September 2018, www.news.trust.org/item/20180918083629-d2wf0. See also, www.cgair.org/news-events/news/fao-common-flawed-comparisons-greenhouse-gas-emissions-livestock-transport
- 21 The IPCC report states: "Improved livestock management is a collection of practices consisting of a) improved feed and dietary additives (e.g., bioactive compounds, fats), used to increase productivity and reduce emissions from enteric fermentation; b) breeding (e.g., breeds with higher productivity or reduced emissions from enteric fermentation), c) herd management, including decreasing neo-natal mortality, improving sanitary conditions, animal health and herd renewal, and diversifying animal species, d) emerging technologies (of which some are not legally authorised in several countries) such as propionate enhancers, nitrate and sulphate supplements, archaea inhibitors and archaeal vaccines, methanotrophs, acetogens, defaunation of the rumen, bacteriophages and probiotics, ionophores/antibiotics; and e) improved manure management, including manipulation of bedding and storage conditions, anaerobic digesters; biofilters, dietary change and additives, soil-applied and animal-fed nitrification inhibitors, urease inhibitors, fertiliser type, rate and timing, manipulation of manure application practices, and grazing management" (IPCC/Shukla *et al.* 2019: 570).
- 22 Although some conservationists advocate more inclusive, people-centred 'land-sharing' approaches as an alternative.
- 23 www.tabledebates.org/building-blocks/methane-and-sustainability-ruminant-livestock.
- 24 www.carbonbrief.org/guest-post-a-new-way-to-assess-global-warming-potential-of-short-lived-pollutants. The IPCC in the AR6 report of August 2021 now accepts the importance of using a number of different metrics, acknowledging the differences between them (https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf, section 7.6, boxes 7.3 and 1.6)
- 25 www.tabledebates.org/building-blocks/methane-and-sustainability-ruminant-livestock
- 26 www.ilri.org/outcomes/science-helps-tailor-livestock-related-climate-change-mitigation-strategies-africa
- 27 See Goopy *et al.* 2018, 2021; Zhu *et al.* 2018, 2020a, 2020b, 2021; Ndung'u *et al.* 2019; Ndao *et al.* 2020; Paule *et al.* 2020 for important work in Africa coming out of the International Livestock Research Institute.
- 28 www.fao.org/gleam/en/; see Gerber *et al.* (2013a), for example.
- 29 However, GLEAM does use GWP with carbon feedback, which gives different results to other assessments, where feedback effects are not included.
- 30 See www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/. This is a significant improvement on the 2006 guidelines, allowing for region-specific estimates, but most standard assessments still use estimates derived from earlier approaches and so continue to introduce biases.
- 31 Our World In Data (2020) Less Meat Is Nearly Always Better than Sustainable Meat, to Reduce Your Carbon Footprint. Oxford, ourworldindata.org/less-meat-or-sustainable-meat; Good Food Institute (2021) Plant-Based Meat, www.gfi.org/plant-based
- 32 See articles from the UK-based Sustainable Food Trust: www.sustainablefoodtrust.org/key-issues/sustainable-livestock/grazing-livestock

- 33 Sustainable Food Trust (2017) 'Grazed and Confused – An Initial Response from the Sustainable Food Trust', www.sustainablefoodtrust.org/articles/grazed-and-confused-an-initial-response-from-the-sustainable-food-trust
- 34 CO₂ fluxes from soils however are generally not accounted for in GHG inventories because they are assumed to be counterbalanced by CO₂ uptake through photosynthesis, although this is not the case when soil organic carbon is declining due to degradation.
- 35 See www.theguardian.com/environment/2021/may/11/lab-grown-meat-companies-swallow-record-investments, the World Economic Forum (www.weforum.org/projects/meat-the-future), and RethinkX (www.rethinkx.com/food-and-agriculture) for high-profile, promotional initiatives.
- 36 See also ILRI (2020) 'A Call for a Holistic View of Meat Eating by Lawrence Haddad, of the Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN)', www.ilri.org/news/call-holistic-view-meat-eating-lawrence-haddad-global-alliance-improved-nutrition
- 37 For an accessible overview, see www.youtube.com/watch?v=NbO4EEaH7YM
- 38 Alongside the advocacy of industrialised cultured meat mentioned earlier, global corporate interests are backing major tree-planting offsetting schemes as part of their efforts to 'green' business and address climate change. The commitment to plant one trillion trees for example is part of the World Economic Forum's efforts to promote 'nature-based solutions': see www.1t.org
- 39 See the work of www.sheeptoship.eu for examples of such approaches.
- 40 See www.iyrp.info
- 41 See FFCC 2021 and www.pastres.org/2021/05/14/crossbreeding-or-not-crossbreeding-that-is-not-the-question
- 42 See Patel 2012; Weis 2013; and Patel and Moore 2017 for a wider discussion.
- a Reprinted from Journal of Cleaner Production, vol 147, Zhuang M., Gongbuzeren, Li W., Greenhouse gas emission of pastoralism is lower than combined extensive/intensive livestock husbandry: A case study on the Qinghai-Tibet Plateau of China, figure 2, Copyright (2017), with permission from Elsevier.

参考文献



- Aboagye, I. A., Oba, M., Castillo, A. R., Koenig, K. M., Iwaasa, A. D. and Beauchemin, K. A. (2018) 'Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet', *Journal of Animal Science* 96(12): 5276 - 5286.
- Adesogan, A. T., Havelaar, A. H., McKune, S. L., Eilittä, M. and Dahl, G. E. (2020) 'Animal source foods: sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? Perspective matters', *Global Food Security* 25: 100325
- Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E. J. M., Smith, P. and Haines, A. (2016) 'The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: a systematic review', *PLOS One* 11(11): e0165797.
- Ali, A. I., Wassie, S. E., Joergensen, R. G., Korir, D., Goopy, J. P., Butterbach-Bahl, K., Merbold, L., Dickhoefer, U. and Schlecht, E. (2021) 'Feed quality and feeding level effects on faecal composition in east African cattle farming systems', *Animals* 11(2): 564
- Ali, A. I., Wassie, S. E., Korir, D., Merbold, L., Goopy, J. P., Butterbach-Bahl, K., Dickhoefer, U. and Schlecht, E. (2019) 'Supplementing tropical cattle for improved nutrient utilization and reduced enteric methane emissions', *Animals* 9(5): 210
- Alibés, J., García, J., Herrera, P. M., Llorente, M., Majadas, J., Manzano, P., Moreno, G., Navarro, A., Orodea, M. and Oteros-Rozas, E. (2020) *Extensive Farming and Climate Change: An in-Depth Approach*. Fundación Entretantos.
- Allen, M. R., Fuglestedt, J. S., Shine, K. P., Reisinger, A., Pierrehumbert, R. T. and Forster, P. M. (2016) 'New use of global warming potentials to compare cumulative and short-lived climate pollutants', *Nature Climate Change* 6(8): 773 - 776.
- Allen, M. R., Shine, K. P., Fuglestedt, J. S., Millar, R. J., Cain, M., Frame, D. J. and Macey, A. H. (2018) 'A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation', *npj Climate and Atmospheric Science* 1(1): 1 - 8.
- Alonso, S., Dominguez-Salas, P. and Grace, D. (2019) 'The role of livestock products for nutrition in the first 1,000 days of life', *Animal Frontiers* 9(4): 24 - 31.
- Arca, P., Vagnoni, E., Duce, P. and Franca, A. (2021) 'How does soil carbon sequestration affect greenhouse gas emissions from a sheep farming system? Results of a life cycle assessment case study', *Italian Journal of Agronomy*, 10.4081/ija.2021.1789.
- Archibald, S. and Hempton, G.P. (2016) 'Competing consumers: contrasting the patterns and impacts of fire and mammalian herbivory in Africa', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1703): 20150309
- ASAS (American Society of Animal Science) (2019) 'EAT - Lancet Report Ignores Nutrition Research and Food Security Needs', www.asas.org/taking-stock/blog-post/taking-stock/2019/02/24/eat-lancet-report-ignores-nutrition-research-and-food-security-needs.
- Assouma, M. H., Hiernaux, P., Lecomte, P., Ickowicz, A., Bernoux, M. and Vayssières, J. (2019a) 'Contrasted seasonal balances in a Sahelian pastoral ecosystem result in a neutral annual carbon balance', *Journal of Arid Environments* 162: 62 - 73.
- Assouma, M. H., Lecomte, P., Corniaux, C., Hiernaux, P., Ickowicz, A. and Vayssières, J. (2019b) 'Pastoral Landscapes in the Sahel: A Carbon Balance with Unexpected Potential for Climate Change Mitigation', *CIRAD Perspective*, 52. Montpellier: CIRAD.
- Assouma, M. H., Lecomte, P., Hiernaux, P., Ickowicz, A., Corniaux, C., Decruyenaere, V., Diarra, A. R. and Vayssières, J. (2018a) 'How to better account for livestock diversity and fodder seasonality in assessing the fodder intake of livestock grazing semi-arid sub-Saharan Africa rangelands', *Livestock Science* 216: 16 - 23.
- Assouma, M. H., Vayssières, J., Lecomte, P., Hiernaux, P., Bernoux, M., Ganglof, J. C. and Ickowicz, A. (2018b) *Intra-Annual Variability of the Greenhouse Gas Balance of a Sahelian Rangeland Ecosystem in Semi-Arid West Africa*. Rome: GASL.
- Aston, L. M., Smith, J. N. and Powles, J. W. (2012) 'Impact of a reduced red and processed meat dietary pattern on disease risks and greenhouse gas emissions in the UK: a modelling study', *BMJ Open* 2(5).
- Atzori, A. S., Pulina, G. and Cannas, A. (2014) 'Small ruminant greenhouse gas emissions, with broaden focus on Italian sheep and goats', *Large Animal Review* 4: 2 - 5.
- Ayantunde, A. A., Hiernaux, P., Fernandez-Rivera, S., Van Keulen, H. and Udo, H. M. J. (1999) 'Selective grazing by cattle on spatially and seasonally heterogeneous rangeland in Sahel', *Journal of Arid Environments* 42(4): 261 - 279.
- Ayantunde, A. A., Fernandez-Rivera, S., Hiernaux, P. H., Van Keulen, H., Udo, H. M. J. and Chanono, M. (2001) 'Effect of timing and duration of grazing of growing cattle in the West African Sahel on diet selection, faecal output, eating time, forage intake and live-weight changes', *Animal Science* 72(1): 117 - 128.
- Barnsley, J.E., Chandrakumar, C., Gonzalez-Fischer, C., Eme, P.E., Bourke, B.E., Smith, N.W., Dave, L.A., McNabb, W.C., Clark, H., Frame, D.J. and Lynch, J. (2021) 'Lifetime climate impacts of diet transitions: a novel climate change accounting perspective', *Sustainability* 13(10): 5568
- Bastos, A. and Fleischer, K. (2021) 'Effects of rising CO₂ levels on carbon sequestration are coordinated above and below ground', *Nature* 591: 532 - 534.
- Batalla, I., Knudsen, M. T., Mogensen, L., del Hierro, Ó., Pinto, M. and Hermansen, J. E. (2015) 'Carbon footprint of milk from sheep farming systems in northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands', *Journal of Cleaner Production* 104: 121 - 129.
- Beal, T., White, J. M., Arsenault, J. E., Okronipa, H., Hinnouho, G.-M., Murira, Z., Torlesse, H. and Garg, A. (2021) 'Micronutrient gaps during the complementary feeding period in South Asia: a comprehensive nutrient gap assessment', *Nutrition Reviews* 79(Supplement 1): 26 - 34.
- Beauchemin, K. A., Ungerfeld, E. M., Eckard, R. J. and Wang, M. (2020) 'Fifty years of research on rumen methanogenesis: lessons learned and future challenges for mitigation', *Animal* 14(S1): s2 - s16.
- Behnke Jr, R. H., Scoones, I. and Kerven, C. (eds.) (1993) *Range Ecology at Disequilibrium. New Models of Natural Variability and Pastoral Adaptation in African Savannas*. London: ODI.
- Béné, C., Fanzo, J., Haddad, L., Hawkes, C., Caron, P., Vermeulen, S., Herrero, M. and Oosterveer, P. (2020) 'Five priorities to operationalize the EAT - Lancet Commission report', *Nature Food* 1(8): 457 - 459.
- Bond, W. J. (2019) *Open Ecosystems: Ecology and Evolution Beyond the Forest Edge*. Oxford: Oxford University Press.
- Boone, R. B., Conant, R. T., Sircely, J., Thornton, P. K. and Herrero, M. (2018) 'Climate change impacts on selected global rangeland ecosystem services', *Global Change Biology* 24(3): 1382 - 1393.
- Butterbach-Bahl, K., Gettel, G., Kiese, R., Fuchs, K., Werner, C., Rahimi, J., Barthel, M. and Merbold, L. (2020) 'Livestock enclosures in drylands of sub-Saharan Africa are overlooked hotspots of N₂O emissions', *Nature Communications* 11(1): 1 - 6.
- Cain, M., Lynch, J., Allen, M. R., Fuglestedt, J. S., Frame, D. J. and Macey, A. H. (2019) 'Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants', *NPJ Climate and Atmospheric Science* 2(1): 1 - 7.
- Cain, M., Lynch, J., Shine, K., Fuglestedt, J., Macey, A., Frame, D. and Allen, M. (2019) 'Using GWP* to bring short-lived pollutants into a carbon budget or to evaluate NDCs of the Paris Agreement', *Geophysical Research Abstracts* 21: EGU2019-16999
- Carbonell, V., Merbold, L., Díaz-Piñés, E., Dowling, T. P. and Butterbach-Bahl, K. (2021) 'Nitrogen cycling in pastoral livestock systems in sub-Saharan Africa: knowns and unknowns', *Ecological Applications* e2368.
- Carmona, C. P., Azcárate, F. M., Oteros-Rozas, E., González, J. A. and Peco, B. (2013) 'Assessing the effects of seasonal grazing on holm oak regeneration: implications for the conservation of Mediterranean dehesas', *Biological Conservation* 159: 240 - 247.
- 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(3): 034015
- Chen, W., Huang, D., Liu, N., Zhang, Y., Badger, W. B., Wang, X. and Shen, Y. (2015a) 'Improved grazing management may increase soil carbon sequestration in temperate steppe', *Scientific Reports* 5(1): 1 - 13.
- Chriki, S. and Hocquette, J.-F. (2020) 'The myth of cultured meat: a review', *Frontiers in Nutrition* 7: 7
- Clark, M. and Tilman, D. (2017) 'Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice', *Environmental Research Letters* 12(6): 064016
- Clune, S., Crossin, E. and Verghese, K. (2017) 'Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories', *Journal of Cleaner Production* 140: 766 - 83.
- Cohn, A. S., Mosnier, A., Havlik, P., Valin, H., Herrero, M., Schmid, E., O' Hare, M. and Obersteiner, M. (2014) 'Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(20): 7236 - 7241.

- Collins, N. M., Wood, T. G., Zimmerman, P. R., Greenberg, J. P. and Darlington, J. P. E. C. (1984.) 'Termites and atmospheric gas production', *Science* 224: 84 – 87.
- Conant, R. T., Cerri, C. E. P., Osborne, B. B. and Paustian, K. (2017) 'Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis', *Ecological Applications* 27(2): 662 – 8.
- Crane, T. A., Pronk, M., Lakerveld, R., Weiler, v., Maat, H., Springate-Baginski, O. and Udo, H. (2016) 'Research design and the politics of abstraction: unpacking the environmentality of scientific practice in socioecological assessments', *Human Ecology* 44: 665 – 675.
- Dabasso, B. H., Taddese, Z. and Hoag, D. (2014) 'Carbon stocks in semi-arid pastoral ecosystems of northern Kenya', *Pastoralism* 4(1): 5
- Dass, P., Houlton, B. Z., Wang, Y. and Warland, D. (2018) 'Grasslands may be more reliable carbon sinks than forests in California', *Environmental Research Letters* 13(7): 074027
- Del Prado, A., Manzano, P. and Pardo, G. (2021) 'The role of the European small ruminant dairy sector in stabilising global temperatures: lessons from GWP* warming-equivalent emission metrics', *Journal of Dairy Research* 88(1): 8 – 15.
- Deryabina, T. G., Kuchmel, S. v., Nagorskaya, L. L., Hinton, T. G., Beasley, J. C., Lerebours, A. and Smith, J. T. (2015) 'Long-term census data reveal abundant wildlife populations at Chernobyl', *Current Biology* 25(19): R824 – R826.
- Dinerstein, E., Joshi, A. R., Vynne, C., Lee, A. T. L., Phairand-Deschênes, F., França, M., Fernando, S., Birch, T., Burkart, K. and Asner, G. P. (2020) 'A "Global Safety Net" to reverse biodiversity loss and stabilize Earth's climate', *Science Advances* 6(36): eabb2824.
- Domingo, N. G., Balasubramanian, S., Thakrar, S. K., Clark, M. A., Adams, P. J., Marshall, J. D., Muller, N. Z., Pandis, S. N., Polasky, S. and Robinson, A. L. (2021) 'Air quality-related health damages of food', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(20): e2013637118.
- D' Ottavio, P., Francioni, M., Trozzo, L., Sedić, E., Budimir, K., Avanzolini, P., Trombetta, M. F., Porqueddu, C., Santilocchi, R. and Toderi, M. (2018) 'Trends and approaches in the analysis of ecosystem services provided by grazing systems: a review', *Grass and Forage Science* 73(1): 15 – 25.
- Drewnowski, A., Rehm, C. D., Martin, A., Verger, E. O., Voinnesson, M. and Imbert, P. (2015) 'Energy and nutrient density of foods in relation to their carbon footprint', *The American Journal of Clinical Nutrition* 101(1): 184 – 191.
- Ellis, J. E. and Swift, D. M. (1988) 'Stability of African pastoral ecosystems: alternate paradigms and implications for development', *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives* 41(6): 450 – 459.
- Fairlie, S. (2010) *Meat: A Benign Extravagance*. London: Chelsea Green Publishing.
- Fairlie, S. (2018) 'Is grass-fed guilt-free?', *The Land* 22: 52 – 55.
- Fanzo, J., Arabi, M., Burlingame, B., Haddad, L., Kimenju, S., Miller, G., Nie, F., Recine, E., Serra-Majem, L. and Sinha, D. (2017) *Nutrition and Food Systems*. Rome: Report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security.
- Feliciano, D., Ledo, A., Hillier, J. and Nayak, D. R. (2018) 'Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions?', *Agriculture, Ecosystems & Environment* 254: 117 – 129.
- FFCC (Food, Farming and Countryside Commission) (2021) 'Farming for Change', www.fcc.co.uk/news-and-press/farmingforchange.
- Fleischman, F., Basant, S., Chhatre, A., Coleman, E. A., Fischer, H. W., Gupta, D., Güneralp, B., Kashwan, P., Khatri, D. and Muscarella, R. (2020) 'Pitfalls of tree planting show why we need people-centered natural climate solutions', *BioScience* 70(11): 947 – 950.
- Folberth, C., Khabarov, N., Balković, J., Skalský, R., visconti, P., Ciais, P., Janssens, I. A., Peñuelas, J. and Obersteiner, M. (2020) 'The global cropland-sparing potential of high-yield farming', *Nature Sustainability* 3(4): 281 – 289.
- Fratkin, E., Roth, E. A. and Nathan, M. A. (2004) 'Pastoral sedentarization and its effects on children's diet, health, and growth among Rendille of Northern Kenya', *Human Ecology* 32(5): 531 – 559.
- Frost, P., E. Medina, J. Menaut, O. Solbrig, M. Swift, and B. Walker (1986) 'Responses of Savannas to Stress and Disturbance'. *Biology International Special Issue 10*. Paris: International Union of Biological Science.
- García, D., Galaz, v. and Daume, S. (2019) 'EAT – Lancet vs yes2meat: the digital backlash to the planetary health diet', *The Lancet* 394(10215): 2153 – 2154.
- García-Fernández, A., Manzano, P., Seoane, J., Azcónrate, F.M., Iriondo, J.M., Peco, B. (2019) 'Herbivore corridors sustain genetic footprint in plant populations: a case for Spanish drove roads', *PeerJ* 7: e7311.
- Garnett, T., Godde, C., Muller, A., Röös, E., Smith, P., De Boer, I. J. M., zu Ermgassen, E., Herrero, M., van Middelaar, C. E. and Schader, C. (2017) *Grazed and Confused?: Ruminating on Cattle, Grazing Systems, Methane, Nitrous Oxide, the Soil Carbon Sequestration Question – And What It All Means for Greenhouse Gas Emissions*. Oxford: Food Climate Research Network.
- Garnett, T., Roos, E. and Little, D. C. (2015) 'Lean, Green, Mean, Obscene...? What is Efficiency? And is it Sustainable? Animal Production and Consumption Reconsidered', <http://dspace.stir.ac.uk/handle/1893/24127>.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A. and Tempio, G. (2013a) *Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Gerber, P. J., Hristov, A. N., Henderson, B., Makkar, H., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T. and Firkins, J. (2013b) 'Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review', *Animal* 7: 220 – 234.
- Gilbert, M., Nicolas, G., Cinardi, G., van Boeckel, T. P., vanwambeke, S. O., Wint, G. R. W. and Robinson, T. P. (2018) 'Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010', *Scientific Data* 5(1): 180227
- Gillespie, S., Haddad, L., Mannar, v., Menon, P., Nisbett, N., Maternal and Group, C. N. S. (2013) 'The politics of reducing malnutrition: building commitment and accelerating progress', *The Lancet* 382(9891): 552 – 569.
- Glatze, A. (2014) 'Questioning key conclusions of FAO publications "Livestock's Long Shadow" (2006) appearing again in "Tackling Climate Change Through Livestock" (2013)', *Pastoralism* 4(1): 1 – 6.
- Godfray, H. C. J. (2019) *Meat: The Future Series - Alternative Proteins*. Davos: World Economic Forum.
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M. and Jebb, S. A. (2018) 'Meat consumption, health, and the environment', *Science* 361(6399).
- Goopy, J. P., Ndung'u, P. W., Onyango, A., Kirui, P. and Butterbach-Bahl, K. (2021) 'Calculation of new enteric methane emission factors for small ruminants in western Kenya highlights the heterogeneity of smallholder production systems', *Animal Production Science* 61(6): 602 – 612.
- Goopy, J. P., Onyango, A. A., Dickhoefer, U. and Butterbach-Bahl, K. (2018) 'A new approach for improving emission factors for enteric methane emissions of cattle in smallholder systems of East Africa – results for Nyando, Western Kenya', *Agricultural Systems* 161: 72 – 80.
- Goopy, J. P. (2019) 'Creating a low enteric methane emission ruminant: what is the evidence of success to the present and prospects for developing economies?', *Animal Production Science* 59(10): 1769 – 1776.
- Greenpeace (2018) 'Reducing Meat and Dairy for a Healthier Life and Planet', www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/2018/03/698c4c4a-summary_greenpeace-livestock-vision-towards-2050.pdf.
- Greenpeace (2020) *Farming for Failure*, www.greenpeace.org/static/planet4-eu-unit-stateless/2020/09/20200922-Greenpeace-report-Farming-for-Failure.pdf.
- Guo, X., Long, R., Kreuzer, M., Ding, L., Shang, Z., Zhang, Y., Yang, Y. and Cui, G. (2014) 'Importance of functional ingredients in yak milk-derived food on health of Tibetan nomads living under high-altitude stress: a review', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54(3): 292 – 302.
- Hallström, E., Carlsson-Kanyama, A. and Börjesson, P. (2015) 'Environmental impact of dietary change: a systematic review', *Journal of Cleaner Production* 91: 1 – 11.
- Han, G., Hao, X., Zhao, M., Wang, M., Ellert, B.H., Willms, W. and Wang, M. (2008) 'Effect of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia', *Agriculture, Ecosystems & Environment* 125(1–4): 21 – 32.
- Havlík, P., valin, H., Herrero, M., Obersteiner, M., Schmid, E., Rufino, M. C., Mosnier, A., Thornton, P. K., Böttcher, H. and Conant, R. T. (2014a) 'Climate change mitigation through livestock system transitions', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(10): 3709 – 3714.
- Hayek, M. N., Harwatt, H., Ripple, W. J. and Mueller, N. D. (2021) 'The carbon opportunity cost of animal-sourced food production on land', *Nature Sustainability* 4(1): 21 – 24.

- Hempson, G.P., Archibald, S. and Bond, W.J. (2015) 'A continent-wide assessment of the form and intensity of large mammal herbivory in Africa', *Science*, 350(6264): 1056 - 1061.
- 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.
- Herrero, M., Henderson, B., Havlik, P., Thornton, P. K., Conant, R. T., Smith, P., Wirseniens, S., Hristov, A. N., Gerber, P. and Gill, M. (2016) 'Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector', *Nature Climate Change* 6(5): 452 - 461.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Gerber, P. and Reid, R. S. (2009) 'Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs', *Current Opinion in Environmental Sustainability* 1(2): 111 - 20.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Mason-D' Croz, D., Palmer, J., Benton, T. G., Bodirsky, B. L., Bogard, J. R., Hall, A., Lee, B. and Nyborg, K. (2020) 'Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system', *Nature Food* 1(5): 266 - 272.
- Hess, H. D., Tiemann, T. T., Noto, F., Carulla, J. E. and Kreuzer, M. (2006) 'Strategic use of tannins as means to limit methane emission from ruminant livestock', *International Congress Series* 1293: 164- 167.
- Hiernaux, P., Mougou, E., Diarra, L., Soumaguel, N., Lavenu, F., Tracol, Y. and Diawara, M. (2009) 'Sahelian rangeland response to changes in rainfall over two decades in the Gourma region, Mali', *Journal of Hydrology* 375(1 - 2): 114 - 127.
- Hirvonen, K., Bai, Y., Headey, D. and Masters, W. A. (2020) 'Affordability of the EAT - Lancet reference diet: a global analysis', *The Lancet Global Health* 8(1): e59 - e66.
- Holdo, R. M., Sinclair, A. R., Dobson, A. P., Metzger, K. L., Bolker, B. M., Ritchie, M. E. and Holt, R. D. (2009) 'A disease-mediated trophic cascade in the Serengeti and its implications for ecosystem C', *PLoS Biology* 7(9): e1000210.
- Holmes, T. and Scoones, I. (2000) *Participatory Environmental Policy Processes: Experiences from North and South*. IDS Working Paper 113. Brighton: IDS.
- Hristov, A. N. (2012) 'Historic, pre-European settlement, and present-day contribution of wild ruminants to enteric methane emissions in the United States', *Journal of Animal Science* 90(4): 1371 - 1375.
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H. P. S., Adesogan, A. T., Yang, W., Lee, C. and Gerber, P. J. (2013a) 'Special topics - mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. a review of enteric methane mitigation options', *Journal of Animal Science* 91(11): 5045 - 5069.
- Hristov, A. N., Ott, T., Tricarico, J., Rotz, A., Waghorn, G., Adesogan, A., Dijkstra, J., Montes, F., Oh, J., Kebreab, E. and Oosting, S. J. (2013b) 'Special topics - mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. a review of animal management mitigation options', *Journal of Animal Science* 91(11): 5095 - 5113.
- Huntley, B. J. and Walker, B. H. (eds.) (1982) *Ecology of Tropical Savannas*. Berlin: Springer Verlag.
- ILRI (2018) *ILRI Corporate Report 2016 - 2017*. Addis Ababa: International Livestock Research Institute, www.cgspace.cgiar.org/handle/10568/92517.
- ILRI, with IUCN, FAO, WWF, UNEP and ILC (2021) *Rangelands Atlas*. Nairobi: ILRI.
- ILRI.
- IPCC (2006) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, www.ipcc.ch/report/2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories.
- IPCC, Shukla, P. R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S. and Van Diemen, R. (2019) *IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. IPCC.
- IUCN/UNEP (2015) *Sustainable Pastoralism and the Post-2016 Agenda*. Gland/Nairobi: IUCN/UNEP, www.sustainabledevelopment.un.org/content/documents/3777unep.pdf.
- Johnsen, K. I., Niamir-Fuller, M., Bensada, A. and Waters-Bayer, A. (2019) *A Case of Benign Neglect: Knowledge Gaps About Sustainability in Pastoralism and Rangelands*. Nairobi and Ardena: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal.
- Johnson, C. N., Prior, L. D., Archibald, S., Poulos, H. M., Barton, A. M., Williamson, G. J. and Bowman, D. M. (2018) 'Can trophic rewinding reduce the impact of fire in a more flammable world?', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 373(1761): 20170443
- Katjua, M. L. J. and Ward, D. (2006) 'Cattle diet selection during the hot-dry season in a semi-arid region of Namibia', *African Journal of Range and Forage Science* 23(1): 59 - 67.
- Kelliher, F. M. and Clark, H. (2010) 'Methane emissions from bison - an historic herd estimate for the North American Great Plains', *Agricultural and Forest Meteorology* 150(3): 473 - 477.
- Kihoro, E. M., Schoneveld, G. C., Crane, T. A. (2021) 'Pathways toward inclusive low-emission dairy development in Tanzania: producer heterogeneity and implications for intervention design', *Agricultural Systems* 190: 103073
- Kothari, A. (2021) 'Half-Earth or Whole-Earth? Green or transformative recovery? Where are the voices from the Global South?', *Oryx* 55(2): 161 - 162.
- Kouazounde, J. B., Gbenou, J. D., Babatounde, S., Srivastava, N., Eggleston, S. H., Antwi, C., Baah, J. and McAllister, T. A. (2015) 'Development of methane emission factors for enteric fermentation in cattle from Benin using IPCC Tier 2 methodology', *Animal* 9(3): 526 - 33.
- Krätli S., Kaufmann B., Roba H., Hiernaux P., Li W., Easdale M., Hü lsebusch C. (2015) *A House Full of Trap Doors: Identifying Barriers to Resilient Drylands in the Toolbox of Pastoral Development*. IIED Discussion Paper. London and Edinburgh: IIED.
- Krätli, S. (2008) 'Cattle breeding, complexity and mobility in a structurally unpredictable environment: the WoDaaBe herders of Niger', *Nomadic Peoples* 12(1): 11 - 41.
- Krätli, S. (2015) *Valuing Variability: New Perspectives on Climate Resilient Dryland Development*. London: IIED.
- Krätli, S. and Schareika, N. (2010) 'Living off uncertainty: the intelligent animal production of dryland pastoralists', *The European Journal of Development Research* 22(5): 605 - 622.
- Lamb, A., Green, R., Bateman, I., Broadmeadow, M., Bruce, T., Burney, J., Carey, P., Chadwick, D., Crane, E. and Field, R. (2016) 'The potential for land sparing to offset greenhouse gas emissions from agriculture', *Nature Climate Change* 6(5): 488 - 492.
- Lamb, W. F., Mattioli, G., Levi, S., Roberts, J. T., Capstick, S., Creutzig, F., Minx, J. C., Müller-Hansen, F., Culhane, T. and Steinberger, J. K. (2020) 'Discourses of climate delay', *Global Sustainability* 3: e17.
- Lang, T., Barling, D. and Caraher, M. (2009) *Food Policy: Integrating Health, Environment and Society*. Oxford: Oxford University Press.
- Lee, M. R. F., McAuliffe, G. A., Tweed, J. K. S., Griffith, B. A., Morgan, S. A., Rivero, M. J., Harris, P., Takahashi, T. and Cardenas, L. (2021) 'Nutritional value of suckler beef from temperate pasture systems', *Animal* 15(7): 100257
- Leitner, S., Homyak, P. M. P. M., Blankinship, J. C. J. C., Eberwein, J., Jenerette, G. D. D., Zechmeister-Boltenstern, S. and Schimel, J. P. J. P. (2017) 'Linking NO and N O emission pulses with the mobilization of mineral and organic N upon rewetting dry soils', *Soil Biology and Biochemistry* 115: 461 - 466.
- Leitner, S., Pelster, D. E., Werner, C., Merbold, L., Baggs, E. M., Mapanda, F. and Butterbach-Bahl, K. (2020) 'Closing maize yield gaps in sub-Saharan Africa will boost soil N O emissions', *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 47: 95 - 105.
- Leitner, S., Pelster, D., Owino, J., Marquardt, S. and Merbold, L. (2020) *Protocol for Generating Region-Specific Tier 2 Emission Factors for Methane (CH₄) and Nitrous Oxide (N O) Emissions from Cattle Manure*. Nairobi: ILRI.
- 4 2
- Leitner, S., Ring, D., Wanyama, G. N., Korir, D., Pelster, D. E., Goopy, J. P., Butterbach-Bahl, K. and Merbold, L. (2021) 'Effect of feeding practices and manure quality on CH₄ and N O emissions from uncovered cattle manure heaps in Kenya', *Waste Management* 126: 209 - 220.
- 4 2
- Liu, S., Proudman, J. and Mitloehner, F.M. (2021) 'Rethinking methane from animal agriculture', *CABI Agriculture and Bioscience* 2(1): 1 - 13.
- Lu, X., Yan, Y., Sun, J., Zhang, X., Chen, Y., Wang, X. and Cheng, G. (2015) 'Short-term grazing exclusion has no impact on soil properties and nutrients of degraded alpine grassland in Tibet, China', *Solid Earth* 6(4): 1195 - 1205.
- Lusiana, B., van Noordwijk, M. and Cadisch, G. (2012) 'Land sparing or sharing? Exploring livestock fodder options in combination with land use zoning and consequences for livelihoods and net carbon stocks using the FALLOW model', *Agriculture, Ecosystems & Environment* 159: 145 - 160.
- Lynch, J. (2019) 'Availability of disaggregated greenhouse gas emissions from beef cattle production: a systematic review', *Environmental Impact Assessment Review* 76: 69 - 78.
- Lynch, J., Cain, M., Frame, D. and Pierrehumbert, R. (2021) 'Agriculture's contribution to climate change and role in mitigation is distinct from

- predominantly fossil CO₂-emitting sectors', *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4: 300
- Manzano, P. (2015) 'Pastoralist ownership of rural transformation: the adequate path to change', *Development* 58(2-3): 326-332.
- Manzano, P. and White, S. (2019) 'Intensifying pastoralism may not reduce greenhouse gas emissions: Wildlife-dominated landscape scenarios as a baseline in life-cycle analysis', *Climate Research* 77: 91-97.
- Manzano, P., Riera, D. B., Cadahía, L., Eronen, J. T., Onrubia, A. F.-L., Bencherif, S., Holand, Ø., Seitsonen, O., Byambaa, B. and Fortelius, M. (2021) 'Towards a holistic understanding of pastoralism', *One Earth*.
- Manzano-Baena P. and Salguero-Herrera C. (2018) *Mobile Pastoralism in the Mediterranean: Arguments and Evidence for Policy Reform and to Combat Climate Change*. Geneva: Mediterranean Consortium for Nature and Culture.
- Marino, R., Atzori, A. S., D'Andrea, M., Iovane, G., Trabalza-Marinucci, M. and Rinaldi, L. (2016) 'Climate change: production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming', *Small Ruminant Research* 135: 50-59.
- Marquardt, S., Ndung'u, P., Onyango, A. A. and Merbold, L. (2020) *Protocol for a Tier 2 Approach to Generate Region-Specific Enteric Methane Emission Factors (EF) for Cattle Kept in Smallholder Systems*. ILRI.
- Marshall, F., Reid, R. E., Goldstein, S., Storozum, M., Wreschnig, A., Hu, L., Kiura, P., Shahack-Gross, R. and Ambrose, S. H. (2018) 'Ancient herders enriched and restructured African grasslands', *Nature* 561(7723): 387-390.
- Mazzetto, A. M., Bishop, G., Styles, D., Arndt, C., Brook, R. and Chadwick, D. (2020) 'Comparing the environmental efficiency of milk and beef production through life cycle assessment of interconnected cattle systems', *Journal of Cleaner Production*, 277: 124108
- McClelland, S. C., Arndt, C., Gordon, D. R. and Thoma, G. (2018) 'Type and number of environmental impact categories used in livestock life cycle assessment: a systematic review', *Livestock Science* 209: 39-45.
- McGahey, D., Davies, J., Hageberg, N., and Ouedraogo, R. (2014) *Pastoralism and the Green Economy - a natural nexus?* Nairobi: IUCN and UNEP.
- McSherry, M. E. and Ritchie, M. E. (2013) 'Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review', *Global Change Biology* 19(5): 1347-1357.
- Mehrabi, Z., Gill, M., van Wijk, M., Herrero, M. and Ramankutty, N. (2020) 'Livestock policy for sustainable development', *Nature Food* 1: 160-165.
- Meier, M. S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C. and Stolze, M. (2015) 'Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - Are the differences captured by life cycle assessment?', *Journal of Environmental Management* 149: 193-208.
- Millstone, E. and Lang, T. (2003) 'The atlas of food', *Appropriate Technology* 30(2): 63
- Montes, F., Meinen, R., Dell, C., Rotz, A., Hristov, A. N., Oh, J., Waghorn, G., Gerber, P. J., Henderson, B., Makkar, H. P. S. and Dijkstra, J. (2013) 'Special topics - mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. a review of manure management mitigation options', *Journal of Animal Science* 91(11): 5070-5094.
- Morris, S. S., Garg, A. and Black, R. E. (2021) 'Nutrient gaps and affordability of complementary foods in Eastern and Southern Africa and South Asia', *Nutrition Reviews* 79(Supplement_1): 1-3.
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. and Gerber, P. (2017a) 'Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate', *Global Food Security* (Food Security Governance in Latin America) 14: 1-8.
- Mottet, A., Henderson, B., Opio, C., Falcucci, A., Tempio, G., Silvestri, S., Chesterman, S. and Gerber, P. J. (2017b) 'Climate change mitigation and productivity gains in livestock supply chains: insights from regional case studies', *Regional Environmental Change* 17(1): 129-141.
- Moughan, P. J. (2021) 'Population protein intakes and food sustainability indices: the metrics matter', *Global Food Security* 29: 100548
- Muchiru, A. N., Western, D. and Reid, R. S. (2009) 'The impact of abandoned pastoral settlements on plant and nutrient succession in an African savanna ecosystem', *Journal of Arid Environments* 73(3): 322-331.
- Nagarajan, A. (2021) 'Is it a case of 'meat-versus-planet'? Lessons for the Global South', *The India Forum*, www.theindiaforum.in/article/meat-versus-planet.
- Ndao, S., Traoré, E. H., Ickowicz, A. and Moulin, C. H. (2020) 'Estimation of enteric methane emission factors for Ndama cattle in the Sudanian zone of Senegal', *Tropical Animal Health and Production* 52: 2883-2895.
- Ndung'u, P. W., Bebe, B. O., Ondiek, J. O., Butterbach-Bahl, K., Merbold, L. and Goopy, J. P. (2019) 'Improved region-specific emission factors for enteric methane emissions from cattle in smallholder mixed crop: livestock systems of Nandi County, Kenya', *Animal Production Science* 59(6): 1136-1146.
- Newell, P., Daley, F. and Twena, M. (2021) *Changing our Ways: The Report of the Cambridge Sustainability Commission on Scaling Behaviour Change*. Cambridge: Cambridge Sustainability Commissions.
- Niamir-Fuller, M. (2016) 'Towards sustainability in the extensive and intensive livestock sectors', *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* 35(2): 371-387.
- Nordhagen, S., T. Beal and L. Haddad (2020) *The Role of Animal-Source Foods in Healthy, Sustainable and Equitable Food Systems*. GAIN Discussion Paper Series 5.
- Oduor, C. O., Karanja, N., Onwong'a, R., Mureithi, S., Pelster, D. and Nyberg, G. (2018) 'Pasture enclosures increase soil carbon dioxide flux rate in Semiarid Rangeland, Kenya', *Carbon Balance and Management* 13(1): 1-12.
- Pascual, U., Adams, W. M., Diaz, S., Lele, S., Mace, G. M. and Turnhout, E. (2021) 'Biodiversity and the challenge of pluralism', *Nature Sustainability* 1-6.
- Patel, R. and Moore, J. W. (2017) *A History of the World in Seven Cheap Things: A Guide to Capitalism, Nature, and the Future of the Planet*. Oakland: University of California Press.
- Patel, R., 2012. *Stuffed and Starved: The Hidden Battle for the World Food System*. Brooklyn: Melville House.
- Paul, B. K., Butterbach-Bahl, K., Notenbaert, A., Nderi, A. N. and Ericksen, P. (2020) 'Sustainable livestock development in low and middle income countries - shedding light on evidence-based solutions', *Environmental Research Letters*.
- Pelster, D. E., Gisore, B., Goopy, J., Korir, D., Koske, J. K., Rufino, M. C. and Butterbach-Bahl, K. (2016) 'Methane and nitrous oxide emissions from cattle excreta on an East African grassland', *Journal of Environmental Quality* 45(5): 1531-1539.
- Penning de vries, F. W. T. and Djitéye, M. A. (eds.) (1982) *La Productivité des Pâturages Sahéliens: Une étude des Sols, des Végétations et de l'Exploitation de Cette Ressource Naturelle*. Wageningen: Pudoc.
- Pica-Ciamarra, U., Tasciotti, L., Otte, J. and Zezza, A. (2011) *Livestock Assets, Livestock Income and Rural Households. Cross-Country Evidence from Household Surveys*. Washington DC, Rome, Addis Ababa: World Bank, FAO, ILRI.
- Pierrehumbert, R. T. and Eshel, G. (2015) 'Climate impact of beef: an analysis considering multiple time scales and production methods without use of global warming potentials', *Environmental Research Letters* 10(8): 085002.
- Pitesky, M. E., Stackhouse, K. R. and Mitloehner, F. M. (2009) 'Clearing the air: livestock's contribution to climate change', *Advances in Agronomy* 103: 1-40.
- Poore, J. and Nemecek, T. (2018) 'Reducing food's environmental impacts through producers and consumers', *Science* 360(6392): 987-992.
- Ramprasad, v., Joglekar, A. and Fleischman, F. (2020) 'Plantations and pastoralists: afforestation activities make pastoralists in the Indian Himalaya vulnerable', *Ecology and Society* 25(4).
- Reid, R. S., Thornton, P. K., McCrabb, G. J., Kruska, R. L., Atieno, F. and Jones, P. G. (2004) 'Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of the tropics?', in *Tropical Agriculture in Transition - Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions?* Berlin: Springer.
- Reynolds, M. (2019) 'How does going vegan help save the planet? Here are the facts', *Wired UK*, 8 September, www.wired.co.uk/article/vegan-diet-environmental-carbon-impact.
- Ripoll-Bosch, R., De Boer, I. J. M., Bernués, A. and vellinga, T. (2011) 'Greenhouse gas emissions throughout the life cycle of Spanish lamb-meat: A comparison of three production systems', in: Bernués A., Boutonnet J.P., Casasús I., Chentouf M., Gabiña D., Joy M., López-Francos A., Morand-Fehr P. and Pacheco F. (eds.), *Economic, Social and Environmental Sustainability in Sheep and Goat Production Systems*. Zaragoza: CIHEAM/FAO/CITA-DGA, pp. 125-130.
- Ritchie, H. (2020) *The Carbon Footprint of Foods: Are Differences Explained by the Impacts of Methane?* Oxford: Our World in Data, www.ourworldindata.org/carbon-footprint-food-methane.
- Rivera-Ferre, M. G., López-i-Gelats, F., Howden, M., Smith, P., Morton, J. F. and Herrero, M. (2016) 'Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 7(6): 869-892.

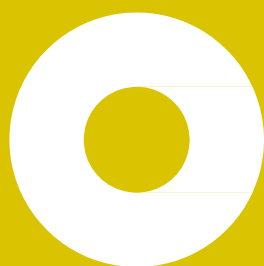
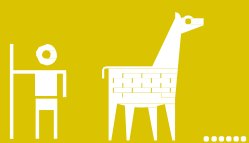
- Robertson, G. P. and Grace, P. R. (2004) 'Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture: the need for a full-cost accounting of global warming potentials', in *Tropical Agriculture in Transition - Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions?* Berlin: Springer.
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T. and Woznicki, S. A. (2017) 'Climate change and livestock: impacts, adaptation, and mitigation', *Climate Risk Management* 16: 145 - 163.
- Roman-Cuesta, R. M., Herold, M., Rufino, M. C., Rosenstock, T. S., Houghton, R. A., Rossi, S., Butterbach-Bahl, K., Ogle, S., Poulter, B. and Verchot, L. (2016a) 'Multi-gas and multi-source comparisons of six land use emission datasets and AFOLU estimates in the Fifth Assessment Report, for the tropics for 2000 - 2005', *Biogeosciences* 13(20): 5799 - 5819.
- Roman-Cuesta, R. M., Rufino, M. C., Herold, M., Butterbach-Bahl, K., Rosenstock, T. S., Herrero, M., Ogle, S., Li, C., Poulter, B. and Verchot, L. (2016b) 'Hotspots of gross emissions from the land use sector: patterns, uncertainties, and leading emission sources for the period 2000 - 2005 in the tropics', *Biogeosciences* 13(14): 4253 - 4269.
- Rowntree, J. E., Stanley, P. L., Maciel, I. C. F., Thorbecke, M., Rosenzweig, S. T., Hancock, D. W., Guzman, A. and Raven, M. R. (2020) 'Ecosystem impacts and productive capacity of a multi-species pastured livestock system', *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4.
- Rufino, M. C., Brandt, P., Herrero, M. and Butterbach-Bahl, K. (2014) 'Reducing uncertainty in nitrogen budgets for African livestock systems', *Environmental Research Letters* 9(10): 105008.
- Russell, S., Tyrrell, P. and Western, D. (2018) 'Seasonal interactions of pastoralists and wildlife in relation to pasture in an African savanna ecosystem', *Journal of Arid Environments* 154: 70 - 81.
- Ryckman, T., Beal, T., Nordhagen, S., Chimanya, K. and Matji, J. (2021) 'Affordability of nutritious foods for complementary feeding in Eastern and Southern Africa', *Nutrition Reviews* 79(Supplement_1): 35 - 51.
- Sadler, K., E. Mitchard, Abdullahi Abdi, Yoseph Shiferaw, G. Bekele, and A. Catley (2012) *Milk Matters: The Impact of Dry Season Livestock Support on Milk Supply and Child Nutrition in Somali Region, Ethiopia*. Boston, MA: Tufts University.
- Sahlin, K. R., Rööös, E. and Gordon, L. J. (2020) '“Less but better” meat is a sustainability message in need of clarity', *Nature Food* 1(9): 520 - 522.
- Savory, A. (2017) *A Global Strategy for Addressing Global Climate Change*. Savory Institute.
- Schlecht, E., Hiernaux, P., Kadaouré, I., Hülsebusch, C. and Mahler, F. (2006) 'A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger', *Agriculture, Ecosystems & Environment* 113(1-4): 226 - 242.
- Schmitt, M. H., Ward, D. and Shrader, A. M. (2020) 'Salivary tannin-binding proteins: a foraging advantage for goats?', *Livestock Science* 234: 103974.
- Scoones, I. (1991) 'Wetlands in drylands: key resources for agricultural and pastoral production in Africa', *Ambio* 20(8): 366 - 371.
- Scoones, I. (2021) 'Pastoralists and peasants: perspectives on agrarian change', *The Journal of Peasant Studies* 48(1): 1 - 47.
- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., Ranganathan, J., Dumas, P., Matthews, E. and Klirs, C. (2019) *Creating A Sustainable Food Future: A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050*. Final Report. Washington DC: World Resources Institute.
- Sexton, A. E. (2018) 'Eating for the post-Anthropocene: alternative proteins and the biopolitics of edibility', *Transactions of the Institute of British Geographers* 43(4): 586 - 600.
- Sexton, A. E., Garnett, T. and Lorimer, J. (2019) 'Framing the future of food: the contested promises of alternative proteins', *Environment and Planning E: Nature and Space* 2(1): 47 - 72.
- Shi, X.-M., Li, X. G., Li, C. T., Zhao, Y., Shang, Z. H. and Ma, Q. (2013) 'Grazing exclusion decreases soil organic C storage at an alpine grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau', *Ecological Engineering* 57: 183 - 187.
- Smetana, S., Mathys, A., Knoch, A. and Heinz, V. (2015) 'Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes', *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20(9): 1254 - 67.
- Smith, F. A., Hammond, J. I., Balk, M. A., Elliott, S. M., Lyons, S. K., Pardi, M. I., Tomé, C. P., Wagner, P. J. and Westover, M. L. (2016) 'Exploring the influence of ancient and historic megaherbivore extirpations on the global methane budget', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(4): 874 - 879.
- Smith, J., Sones, K., Grace, D., MacMillan, S., Tarawali, S. and Herrero, M. (2013) 'Beyond milk, meat, and eggs: role of livestock in food and nutrition security', *Animal Frontiers* 3(1): 6 - 13.
- Smith, L. G., Kirk, G. J., Jones, P. J. and Williams, A. G. (2019) 'The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods', *Nature Communications* 10(1): 1 - 10.
- Spahni, R., Wania, R., Neef, L., Weele, M.V., Pison, I., Bousquet, P., Frankenberg, C., Foster, P.N., Joos, F., Prentice, I.C. and Velthoven, P.V. (2011) 'Constraining global methane emissions and uptake by ecosystems', *Biogeosciences* 8(6): 1643-1665.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D' Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., De Vries, W., Vermeulen, S. J., Herrero, M. and Carlson, K. M. (2018) 'Options for keeping the food system within environmental limits', *Nature* 562(7728): 519 - 525.
- Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner, M. and Scarborough, P. (2016a) 'Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(15): 4146 - 4151.
- Springmann, M., Mason-D' Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H. C. J., Gollin, D., Rayner, M., Ballon, P. and Scarborough, P. (2016b) 'Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study', *The Lancet* 387(10031): 1937 - 1946.
- Stackhouse-Lawson, K. R., Rotz, C. A., Oltjen, J. W. and Mitloehner, F. M. (2012) 'Carbon footprint and ammonia emissions of California beef production systems', *Journal of Animal Science* 90(12): 4641 - 4655.
- Stanley, P. L., Rowntree, J. E., Beede, D. K., DeLonge, M. S. and Hamm, M. W. (2018) 'Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems', *Agricultural Systems* 162: 249 - 258.
- Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D. P., den Elzen, M. G. J., Eickhout, B. and Kabat, P. (2009) 'Climate benefits of changing diet', *Climatic Change* 95(1): 83 - 102.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T. D., Nations, F. and A. O. of the U., Castel, V., Rosales, M., M. M. R. and Haan, C. de (2006) *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome: FAO.
- Stirling, A., Leach, M., Mehta, L., Scoones, I., Smith, A., Stagl, S. and Thompson, J. (2007) 'Empowering designs: towards more progressive social appraisal of sustainability', *STEPS Working Paper 3*, Brighton: STEPS Centre.
- Tang, S., Ma, L., Wei, X., Tian, D., Wang, B., Li, Z., Zhang, Y. and Shao, X. (2019) 'Methane emissions in grazing systems in grassland regions of China: a synthesis', *Science of The Total Environment* 654: 662 - 670.
- Tang, S., Zhang, Y., Zhai, X., Wilkes, A., Wang, C. and Wang, K. (2018) 'Effect of grazing on methane uptake from Eurasian steppe of China', *BMC ecology* 18(1): 1 - 7.
- Tavener, K. and Crane, T. A. (2018) 'Gender power in Kenyan dairy: cows, commodities, and commercialization', *Agriculture and Human Values* 35: 701 - 715.
- Terrer, C., Phillips, R. P., Hungate, B. A., Rosende, J., Pett-Ridge, J., Craig, M. E., van Groenigen, K. J., Keenan, T. F., Sulman, B. N. and Stocker, B. D. (2021) 'A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂', *Nature* 591(7851): 599 - 603.
- Thomassen, M. A. et al. (2008), 'Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands', *Agricultural Systems* 96(1-3): 95 - 107.
- Tilman, D. and Clark, M. (2014) 'Global diets link environmental sustainability and human health', *Nature* 515(7528): 518 - 22.
- Torralba, M., Fagerholm, N., Hartel, T., Moreno, G. and Plieninger, T. (2018) 'A social-ecological analysis of ecosystem services supply and trade-offs in European wood-pastures', *Science Advances* 4(5): eaar2176.
- Treich, N. (2021) 'Cultured meat: promises and challenges', *Environmental and Resource Economics* 1 - 29.
- Tubb, C. and Seba, T. (2019) *Rethinking Food and Agriculture 2020 - 2030*. San Francisco: RethinkX.
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., Ferrara, A. F., House, J., Federici, S., Rossi, S., Biancalani, R., Condor Golec, R. D., Jacobs, H. and Flammini, A. (2015) 'The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990 - 2012', *Global Change Biology* 21(7): 2655 - 2660.
- UN Nutrition and Iannotti, I. (2021) *Livestock-Derived Foods and Sustainable Healthy Diets*. Rome: UN Nutrition Secretariat.
- Vagnoni, E. and Franca, A. (2018) 'Transition among different production systems in a Sardinian dairy sheep farm: Environmental implications', *Small Ruminant Research* 159: 62 - 68.

- vagnoni, E., Franca, A., Breedveld, L., Porqueddu, C., Ferrara, R. and Duce, P. (2015) 'Environmental performances of Sardinian dairy sheep production systems at different input levels', *Science of the Total Environment* 502: 354 - 361.
- vagnoni, E., Franca, A., Porqueddu, C. and Duce, P. (2017) 'Environmental profile of Sardinian sheep milk cheese supply chain: A comparison between two contrasting dairy systems', *Journal of Cleaner Production* 165: 1078 - 1089.
- van Zanten, H. H. E., Herrero, M., van Hal, O., Roos, *et al.* (2018) 'Defining a land boundary for sustainable livestock consumption', *Global Change Biology*, 24(9): 4185 - 4194.
- vieux, F., Darmon, N., Touazi, D. and Soler, L. G. (2012) 'Greenhouse gas emissions of self-selected individual diets in France: Changing the diet structure or consuming less?', *Ecological Economics* 75: 91 - 101.
- Wagenaar, K. T., Diallo, A. and Sayers, A. R. (1986) *Productivity of Transhumant Fulani Cattle in the Inner Niger Delta of Mali*. Bamako: ILCA
- Walls, H., Nisbett, N., Laar, A., Drimie, S., Zaidi, S. and Harris, J. (2020) 'Addressing malnutrition: the importance of political economy analysis of power', *International Journal of Health Policy and Management*.
- Warner, R. D. (2019) 'Analysis of the process and drivers for cellular meat production', *Animal* 13(12): 3041 - 3058.
- Weiler, v., Udo, H. M. J., viets, T., Crane, T. A., De Boer, I. J. M. (2014) 'Handling multi-functionality of livestock in a life cycle assessment: the case of smallholder dairying in Kenya', *Current Opinion in Environmental Sustainability* 8: 29 - 38.
- Weis, T., 2013. *The Ecological Hoofprint: The Global Burden of Industrial Livestock*. London: Zed Books.
- Wellesley, L., Happer, C., Froggatt, A. and the Royal Institute of International Affairs (2015) *Changing Climate, Changing Diets: Pathways to Lower Meat Consumption*. London: Chatham House, www.chathamhouse.org/2015/11/changing-climate-changing-diets-pathways-lower-meat-consumption
- Willet, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., Vries, W. D., Sibanda, L. M., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, v., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S. E., Reddy, K. S., Narain, S., Nishtar, S. and Murray, C. J. L. (2019) 'Food in the Anthropocene: the EAT - Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems', *The Lancet* 393(10170): 447 - 492.
- Wilson, E. O. (2016) *Half-Earth: Our Planet's Fight for Life*. New York: WW Norton & Company.
- Wirsenius, S., Azar, C. and Berndes, G. (2010) 'How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030?', *Agricultural Systems* 103(9): 621 - 638.
- Zanten, H. H. E. v., Herrero, M., Hal, O. v., Röö, E., Muller, A., Garnett, T., Gerber, P. J., Schader, C. and Boer, I. J. M. D. (2018) 'Defining a land boundary for sustainable livestock consumption', *Global Change Biology* 24(9).
- Zhou, G., Zhou, X., He, Y., Shao, J., Hu, Z., Liu, R., Zhou, H. and Hosseinibai, S. (2017) 'Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: a meta-analysis', *Global Change Biology* 23(3): 1167 - 1179.
- Zhu, Y., Merbold, L., Leitner, S., Pelster, D. E., Okoma, S. A., Ngetich, F., Onyango, A. A., Pellikka, P. and Butterbach-Bahl, K. (2020a) 'The effects of climate on decomposition of cattle, sheep and goat manure in Kenyan tropical pastures', *Plant and Soil* 451(1): 325 - 343.
- Zhu, Y., Merbold, L., Leitner, S., Wolf, B., Pelster, D., Goopy, J. and Butterbach-Bahl, K. (2021) 'Interactive effects of dung deposited onto urine patches on greenhouse gas fluxes from tropical pastures in Kenya', *Science of the Total Environment* 761: 143184.
- Zhu, Y., Merbold, L., Leitner, S., Xia, L., Pelster, D. E., Diaz-Pines, E., Abwanda, S., Mutuo, P. M. and Butterbach-Bahl, K. (2020b) 'Influence of soil properties on N₂O and emissions from excreta deposited on tropical pastures in Kenya', *Soil Biology and Biochemistry* 140: 107636.
- Zhu, Y., Merbold, L., Pelster, D., Diaz-Pines, E., Wanyama, G. N. and Butterbach-Bahl, K. (2018) 'Effect of dung quantity and quality on greenhouse gas fluxes from tropical pastures in Kenya', *Global Biogeochemical Cycles* 32(10): 1589 - 1604.
- Zhuang, M., Gongbuzeren and Li, W. (2017) 'Greenhouse gas emission of pastoralism is lower than combined extensive/intensive livestock husbandry: a case study on the Qinghai - Tibet Plateau of China', *Journal of Cleaner Production* 147: 514 - 522.



附录 1:

合作机构





本报告由以下机构联合发布，它们是 **PASTRES** 项目的合作伙伴。**PASTRES** 是欧洲研究理事会资助的研究项目，该项目在英国萨塞克斯大学的发展研究所，欧洲大学研究所和意大利佛罗伦萨都设有办事处。



地中海自然与文化联盟(AMNC)

地中海自然与文化联盟（AMNC）是一个由非政府组织组成的团体，各团体共同致力于提高对文化景观的认识和了解，倡导以传统方式维护文化景观并维持文化景观对生物多样性和当地民生的益处。

www.mednatureculture.org



可持续发展与环境中心

可持续发展与环境中心（CENESTA）是一家非盈利性的民间社会组织，总部设在伊朗德黑兰。CENESTA 致力于重新赋能伊朗及其他地区的原住民和当地社群，包括游牧部落、森林以及沿海和海洋地带的原住民。CENESTA 也是 UNINOMAD（伊朗原住民游牧部落联盟）的成员。

www.cenesta.org/en



欧洲东非牧业游说团联盟

欧洲东非牧业游说团联盟是一个由欧洲与东非的牧民组织和专家组成的非正式倡导小组，他们联合起来游说欧洲和东非的政府和机构，希望它们能够明确承认并支持东非旱地的游牧业和牧民。

www.celep.info



欧洲牧羊人网络

欧洲牧羊人网络把欧洲的天然放牧型畜牧业从业者和牧羊人组织联合起来，他们有着共同的目标，如支持游牧业和推动有凝聚力的社会运动。它也是世界流动土著人民和牧民联盟（WAMIP）的地方分支。

www.shepherdnet.eu



国际环境与发展研究所

国际环境与发展研究所是一所独立研究机构，致力于在全球范围内做出积极改变。

www.iied.org



国际牲畜研究所

国际牲畜研究所（ILRI）致力于在发展中国家让畜牧业为人们提供更好的生活。ILRI 的使命是通过研究高效、安全和可持续地利用畜牧业来改善发展中国家的粮食和营养安全，并且减少贫困——也就是让畜牧业提供更好的生活。

www.ilri.org



ILC 牧场倡议

ILC 牧场倡议是一个全球性组织，致力于让牧场原住民更安全地使用牧场。

www.rangelandsinitiative.org



意大利牧业网络

意大利牧业网络（APPIA）是一个非营利组织，于 2017 年注册成立，是一个由畜牧业的养殖者、研究人员、兽医和其他经营者组成的多样化团体，尤其关注粗放型养殖、游牧业及其社会、文化和政治影响。

APPIA 网络旨在提高公民、消费者和决策者对游牧业的关注度，倡导在不同层面把牧民的能力、需求和利益加入考量，包括在关于农业政策的讨论中。

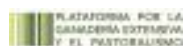
www.retepastorizia.it



牧民和内生畜牧业发展联盟

牧民和内生畜牧业发展联盟研究并支持牧民和小农牲畜养殖户。

www.pastoralpeoples.org



西班牙天然放牧型畜牧业平台

西班牙天然放牧型畜牧业平台是一个涵盖超过 200 个人和机构的联合网络，参与者都致力于支持这种农业活动。

通过一年两次的会议和线上交流，该平台使畜牧业从业者、环保主义者、研究人员、政府官员、农场顾问和许多第三产业从业者和利益相关者能够交流信息并进行更密切的合作。

www.ganaderiaextensiva.org



无国界兽医组织

无国界兽医组织是一个非营利性组织联合网络，在全球范围内支持小型农户和牲畜饲养者。我们的项目和计划服务于最弱势的农村人口，并采取集体行动支持小规模家庭农业和畜牧业、游牧业、动物和人类健康以及健康的环境。

www.vsf-international.org



世界流动土著人民和牧民联盟

WAMIP 是全世界牧民社区和流动原住民的联盟，我们的共同愿景是保护我们的生活方式，追求我们的生计和文化特性，可持续地管理共同的财产资源，并获得对我们权利的充分尊重。作为一个独立的草根运动，我们与其他公民社会组织一起工作，影响着国家、地区和国际层面的政策制定者，以及像联合国一样的超国家机构及其附属的粮农组织、生物多样性公约等机构。

www.wamipglobal.com



Yolda 行动计划

Yolda 行动计划是一家全球自然保护组织，致力于通过研究、倡议、交流和协作保护生物多样性。

www.yolda.org.tr





本报告属于 PASTRES 项目（游牧业、不确定性和弹性：边缘地区给全球的警示），该项目获得了欧洲联盟地平线 2020 研究和创新计划下欧洲研究理事会（ERC）的高级拨款资助（拨款协议号 740342）。

www.pastres.org

