



两全其美的环保饲料

Mariette DiChristina^{1*} 和 Javier Garcia Martinez²

¹波士顿大学传播学院 (美国, 马萨诸塞州, 波士顿)

²阿利坎特大学, 无机化学系, 分子纳米技术实验室 (西班牙, 阿利坎特)

少年审稿人



LEON

年龄: 13



STEPHANIE

年龄: 14

昆虫、藻类、微生物甚至食品废弃物正为鸡鸭牛羊提供新型替代蛋白饲料——在满足养殖需求的同时守护地球生态。这类饲料以昆虫、藻类、微生物及食品废弃物等可持续来源为原料, 与大豆玉米等传统饲料相比, 能显著减少土地、水等资源消耗并减少污染。替代蛋白饲料的推广应用将有助于遏制森林砍伐、减少温室气体排放并节约水资源。目前已有不少成功案例: 用食品废弃物饲养的昆虫作为鸡鱼饲料, 藻类用于水产养殖, 还有微生物蛋白为作物难以生长的地区提供营养支持。尽管仍需解决产能和养殖户接受度不足等挑战, 只要突破最终障碍, 替代蛋白饲料将推动农业向更高效、更环保的方向发展。

家畜需要更绿色的饲料

鸡、牛、猪等家畜为人类提供日常所需的蛋、奶、肉等食物。然而, 家畜养殖对环境的影响很大, 并且随着全球人口持续增长, 动物蛋白需求不断攀升, 给土地、水和能源等自然资源带来了前所未有的压力。

森林砍伐 (Deforestation)

大规模砍伐森林（通常为了腾出农业或建筑用地），这种行为会释放二氧化碳并破坏野生动物栖息地，对环境造成严重危害。

替代蛋白饲料 (Alternative Protein Feeds)

以昆虫、藻类或食品废弃物等可持续来源制成的新型动物饲料，可减少自然资源消耗并降低对环境的影响。

单细胞蛋白 (Single-Cell Proteins)

源自细菌或藻类等微生物的蛋白，可作为家畜饲料的原料。

可持续 (Sustainable)

以保护地球并确保资源能惠及子孙后代的方式利用资源。

生物反应器 (Bioreactors)

特制箱体或机器，通过控制微生物、藻类等生物的生长环境来生产蛋白或燃料等有用物质。

水产养殖 (Aquaculture)

在养殖箱或池塘等受控环境中培育鱼类、贝类等水生生物的农业生产方式。

传统饲料主要以大豆、玉米和小麦为原料，而这些作物的种植过程需要消耗大量自然资源。全球生产的近 80% 的大豆被用于饲养牲畜，这种巨大需求直接导致了大面积的森林砍伐。为开辟大豆种植园而砍伐树木不仅会释放储存在土壤和植物中的碳，还会削弱地球吸收二氧化碳（一种温室气体）的能力，进而加剧气候变化。此外，种植饲料作物需要施用大量化肥，下雨时过剩的化肥会流入河流和海洋，对鱼类及其他野生动物造成危害。这些做法正不断破坏生物多样性、侵蚀生态系统，因此我们需要更环保的家畜饲养方式。但出路究竟在哪里？

前沿技术：替代蛋白饲料

替代蛋白饲料或许能提供答案——既能满足动物营养需求，又可大幅减少资源消耗与环境负担。这类新型饲料以昆虫、藻类、单细胞蛋白及食品废弃物等可持续资源为原料，不仅营养丰富，其生产所需的土地、水和能源也远低于传统饲料。更可贵的是，它们往往能将原本被废弃的材料转化为高价值资源。

以藻类为例：这种生长在水中的单细胞植物状生物富含蛋白质、脂肪等多种营养素。在养殖箱或池塘中，微藻能快速吸收二氧化碳并增殖，是理想的动物饲料来源 [1]。此外，细菌、酵母菌和真菌等微生物也能作为单细胞蛋白的来源。与藻类一样，这些微生物可在生物反应器等受控环境中培养，通过精确调控温度与营养供给，仅需极少的土地和水即可实现规模化生产。某些系统甚至利用甲烷或二氧化碳等废气作为培养基，将污染物转化为高价值蛋白，这对于难以种植传统饲料作物的地区尤为适用（想了解更多将废气转化为有用产品的信息，请参阅本系列中的这篇文章）。

新型饲料技术

替代蛋白饲料已在全球各地的农场中测试和使用（图 1）。虽然目前全球产量仍远低于大豆和玉米，但不断增长的兴趣与投资正推动这一技术领域快速发展 [2, 3]。

例如，黑水虻幼虫被用于处理餐厅或农场的果蔬残渣等食品废弃物 [4]。这些富含蛋白质和脂肪的昆虫成为鸡、猪和鱼类的健康饲料，既提供了优质营养，又使本将填埋的食品废弃物得到循环利用。全球每年有数百万吨未食用的食物被丢弃，包括果皮、菜叶和剩饭等。当这些有机废物在填埋场分解时，会释放强效温室气体甲烷，加剧气候变化。研究人员正在探索将果皮、橙渣和菜叶等废弃物直接转化为动物饲料的方法 [5]。

藻类饲料正逐渐成为水产养殖中替代传统鱼食的高蛋白选择。藻类能在水中快速生长，并通过光合作用吸收二氧化碳，将其转化为生长所需的能量和养分。这一特性使藻类养殖不仅能减少大气中的二氧化碳含量，

图 1

替代蛋白饲料——例如喂鸡的黑水虻幼虫和喂鱼的藻类饲料——既能提供优质营养,又可显著降低自然资源消耗与环境污染。(A) 传统饲料作物在种植过程中需占用大量土地,改用替代蛋白饲料可减少森林砍伐(↓所示);(B) 替代蛋白饲料可减少化肥使用,避免伤害鱼群及其他野生动物(↓所示);(C) 总体而言,替代蛋白饲料的生产有助于减少二氧化碳等温室气体排放,维护地球环境健康。

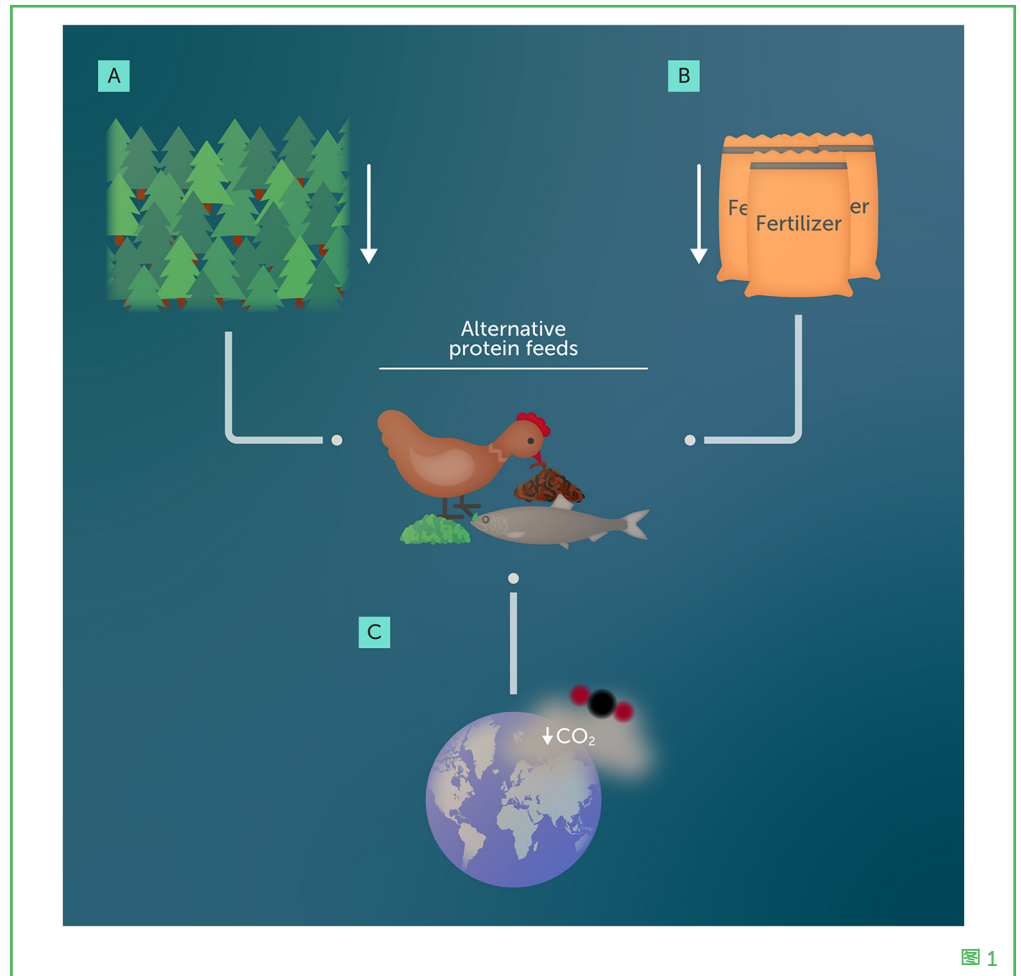


图 1

助力应对气候变化,还为鱼类和贝类养殖提供了环保选择。某些藻类还含有促进鱼类健康生长的必需脂肪。如今,藻类饲料也逐渐成为其他家畜的营养辅食。

由细菌和酵母菌等微生物制成的单细胞蛋白也被用作动物饲料。这些微生物可在培养箱的受控环境中轻松培育,其产生的蛋白可加工成类似豆粕的粉末状饲料。这在因干旱、土壤贫瘠或耕地匮乏而难以种植玉米、大豆等传统饲料作物的地区尤为适用。通过使用微生物替代作物,这些地区的养殖户仍能为动物提供维持健康所需的蛋白质。

替代蛋白饲料可根据不同的养殖类型进行定制。水产养殖户可选择藻类饲料,而家禽养殖户则可采用昆虫饲料。这种灵活性让养殖户能够根据自身养殖需求选择最佳方案,在节省成本的同时减少对环境的影响。

重大挑战与更大机遇

替代蛋白饲料有望推动养殖业实现可持续发展,但要达成这一愿景仍需克服一些关键挑战。首要难题是如何实现规模化生产以满足全球农场

需求。以黑水虻幼虫为例,小规模养殖虽已成熟,但要满足数百万头牲畜的饲料需求,必须建立全新的养殖体系及配套的大规模生产设施。同样,藻类和单细胞蛋白的大规模培育也面临成本高昂、技术复杂等难题,特别是在清洁水源和可再生能源匮乏的地区。

科研人员正深入研究替代饲料对动物的影响,以确保其安全性、营养适配性及在不同养殖系统中的适用性。具体工作包括监测动物的生长表现、健康状况,以及验证饲料营养成分是否满足动物需求。进一步的研究将有助于针对不同物种(如鸡、鱼、牛等)和不同环境条件(如气候炎热或寒冷的地区,或水资源及空间有限的农场)优化饲料配方。

改变养殖户的旧观念同样重要。他们早已习惯使用大豆、玉米等传统饲料作物,难免认为新型饲料存在风险。科学家和企业正在努力证明,替代饲料不仅更环保,而且安全可靠,有益动物健康且价格合理。为确保这些饲料对动物和人类都安全无害,建立明确的行业标准和监管规范是关键。

尽管存在这些挑战,替代蛋白饲料仍展现出令人振奋的前景。这些创新方案可减少了对传统饲料作物的依赖,有助于保护森林资源、节约用水并减少温室气体排放。它们还催生出全新的养殖模式,如利用食品废弃物养殖昆虫或在培养箱中培育单细胞蛋白。这些创新不仅可创造就业机会,造福当地社区,更能推动养殖业向更高效、更环保的方向转型。借助多方协作与持续创新,替代蛋白饲料有望在保障全球粮食供给的同时,成为守护地球生态的重要力量。

致谢

由 SJD Consulting, LLC. 科学撰稿人/编辑、毕业于美国马萨诸塞大学陈氏医学院晨兴生物医学研究生院的 Susan Debad 博士参与撰写和编辑。图表制作方为Somersault18:24。

AI 人工智能工具使用声明

本文中所有图表附带的替代文本 (alt text) 均由 Frontiers 出版社在人工智能支持下生成。我们已采取合理措施确保其准确性,包括在可行情况下经由作者审核。如发现任何问题,请随时联系我们。

原文

DiChristina, M. 和 Garcia-Martinez, J. 2024. Alternative livestock feeds. Revolutionizing animal nutrition for sustainability. 2024 年十大新兴技术报告, 世界经济论坛, 链接: <https://www.weforum.org/>

[publications/top-10-emerging-technologies-2024/](#) (访问日期:2025年 5 月 13 日)

参考文献

1. Saadaoui, I., Rasheed, R., Aguilar, A., Cherif, M., Al Jabri, H., Sayadi, S., et al. 2021. Microalgal-based feed: promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. *J. Animal Sci. Biotechnol.* 12:5. doi: 10.1186/s40104-021-00593-z
2. van Huis, A. 2020. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *J. Insects Food Feed* 6:27–44. doi: 10.3920/JIFF2019.0017
3. Tzachor, A., Richards, C. E., and Holt, L. 2021. Future foods for risk-resilient diets. *Nat. Food* 2:326–329. doi: 10.1038/s43016-021-00269-x
4. Li, H., and Chaudhuri, A. 2022. Animal design through functional dietary diversity for future productive landscapes. *Front. Sustain. Food Syst.* 6:933571. doi: 10.3389/fsufs.2021.546581
5. Altman, A. W., McLeod, K. R., Vanzant, E. S., Harmon, D. L., Kent-Dennis, C., and Klotz, J. L. 2024. Review: Utilizing industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products in livestock rations. *Animal Feed Sci. Technol.* 307:115850. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2023.115850

线上发布: 2025 年 9 月 30 日

编辑: [Robert T. Knight](#)

科学导师: [Jing Li](#) 和 [Junhong Chen](#)

引用: DiChristina M 和 Garcia Martinez J (2025) 两全其美的环保饲料. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2025.1575508-zh

英文原文: DiChristina M and Garcia Martinez J (2025) Feeding Farm Animals While Saving the Planet. *Front. Young Minds* 13:1575508. doi: 10.3389/frym.2025.1575508

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

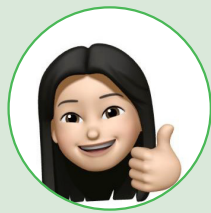
版权 © 2025 © 2025 DiChristina 和 Garcia Martinez. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有者, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人

LEON, 年龄: 13

Leon 是一名充满好奇心的 13 岁少年, 热爱科学, 尤其是数学、天文学、生物学和物理学。他痴迷科幻文学, 尤其喜欢《三体》三部曲。他还热衷于品尝和制作世界各国美食, 包括泰国菜、中餐、意大利菜和日本料理。





STEPHANIE, 年龄: 14

我叫 Stephanie, 今年 14 岁, 上八年级。爱好唱歌、打网球和演奏单簧管。在学校最喜欢英语文学课, 热爱阅读和创作悬疑与反乌托邦题材小说。我曾为 Univer Soul Circus 做过演出, 并为本刊物审过几篇科学论文。

作者

MARIETTE DICHRISTINA

Mariette DiChristina 是一位热心科普事业的记者与教授, 现任波士顿大学传播学院院长, 主要教授科技主题的通俗化写作。此前她曾担任世界顶级科普杂志《科学美国人》总编辑。凭借在展现科学魅力、推动科学普及方面的杰出贡献, 她被公认为科学传播领域的领军人物。*mdichris@bu.edu



JAVIER GARCIA MARTINEZ

Javier 现任西班牙阿利坎特大学无机化学教授兼分子纳米技术实验室主任, 致力于研发新型纳米材料, 以提升能源效率与化学可持续性。他的研究成果已被众多实验室和化工企业广泛应用, 每年可减少数十万吨二氧化碳排放。他还创办了一家公司, 负责推动个人研究成果转化。他曾于 2022 至 2023 年担任国际纯粹与应用化学联合会 (IUPAC) 主席——该组织负责为分子命名、维护元素周期表并在全球范围内推广化学。Javier 大力支持青年科学家成长, 曾于 2019 至 2023 年担任西班牙青年科学院创始主席, 并于 2014 年创建免费培养西班牙青年人才的 Celera 计划 (已惠及百余人)。Javier 曾荣获美国化学会 "Kathryn C. Hach 创业成就奖"、英国皇家化学会 "荣誉会员" 称号、西班牙国王 "国家研究奖" 等多项殊荣。



中文翻译由下列单位提供
Chinese version provided by

