



助力实现第二项可持续发展目标: 健康土壤长出健康食物

Zulma Lopez Reyes^{1*}, Dalia Alshahrani^{1*}, Jovana Cvorovic², Mary May³ 和 Maged M. Saad⁴

¹阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST), 生物、环境科学与工程学部 (BESE) (沙特阿拉伯, 图沃)

²阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST), 品牌国际化与传播 (沙特阿拉伯, 图沃)

³阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST), 学习与创新学院 (沙特阿拉伯, 图沃)

⁴阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST), 生物、环境科学与工程部 (BESE), DARWIN21 (沙特阿拉伯, 图沃)

少年审稿人



AISYAH

年龄: 15



ATHENA

年龄: 14



HANIYA

年龄: 13



LOKYA

年龄: 14



XIAO

年龄: 15

联合国制定的第二项可持续发展目标 (SDG 2) "消除饥饿" 旨在确保全球无人忍受饥饿。这一目标需要我们种植生态友好的健康作物，并确保人人拥有充足的食物。然而，种植作物并非易事，尤其是在某些气候恶劣或土壤贫瘠的地区。此时，我们的微生物朋友可助一臂之力。土壤中的有益微生物如同天然肥料，能改善土质并保护作物。我们正在探索如何利用微生物在温暖气候中促进植物生长，并将校内花园作为科学试验场，让学生了解健康土壤，运用新技术种植出美味营养的食物。通过探索食物、环境与人类健康的内在联系，我们将帮助实现 SDG 2，确保每个人都能获得充足且营养美味的食物。

欢迎观看本文作者的专访视频，获取更多精彩内容！(视频 1)。

如何在健康星球过上健康生活

想象一下你的日常饮食——如果食品供应突然出现问题，或者现有食物不够健康，会怎么样？遗憾的是，这正是全球许多人面临的现实困

境。当优质食物生产或供给不足时, 我们生活的方方面面都会受到影响: 健康受损、学习受阻 (没有人能饿着肚子学习!)、农民难以维持家庭生计。

联合国制定的 17 项可持续发展目标 (SDG) 旨在帮助人类在健康星球过上健康生活。这些获得所有成员国一致认同的目标针对多个问题: 从消除贫困、普及教育到保护陆地与海洋。其中第二项可持续发展目标为“消除饥饿” (SDG 2), 致力于在全球范围内消除饥饿。该目标不仅确保人人获得充足食物, 更要求食物提供维持健康所需的所有必需营养素。食物不足或不健康时, 人类便无法茁壮成长, 享受健康生活。SDG 2 还要求为种植和销售作物提供所需资源、投资农村道路与基础设施、确保粮食贸易公平, 以帮助小农户改善生计。

如果耕作方式不当, 土地会变得干旱贫瘠甚至逐渐沙漠化; 如果合理养护及耕作得当, 土壤将变得肥沃而充满养分, 有助于农民持续增产。这些问题与其他可持续发展目标紧密相连, 包括 SDG 3 (健康福祉)、SDG 4 (优质教育)、SDG 1 (消除贫困) 和 SDG 15 (陆地生态)。正因如此, 实现 SDG 2 至关重要, 可同时推动多项目标的达成。幸运的是, 无论我们身在何处, 都能通过学习高效种植技术帮助应对这些挑战。

在严酷环境中培育作物

我们的日常饮食必须包含大量蔬菜等植物性食物, 因为它们可提供蛋白质、健康脂肪、纤维素、维生素和矿物质等必需营养素, 这些都对人体健康至关重要。科学家正努力确保人人都能获得如此美味且营养的食物, 由此开发出各种新型种植技术, 例如采用特殊耕种方法、培育能适应恶劣环境的作物, 并运用科技在沙漠等困难地区种植新鲜农产品。

沙漠是植被极难生存的环境, 酷热缺水, 土壤贫瘠 [1]。沙漠土壤干燥, 缺乏植物生长所需的营养素, 有时甚至因含盐量过高而致使大多数植物难以存活。不过, 经过长期演化, 植物已具备足以应对沙漠生存挑战的巧妙特性 (表 1 与 图 1)。图 1 列举了沙漠植物与温带植物的一些典型差异。

微生物如何助力植物生长?

除上文提到的适应机制外, 土壤中的有益微生物群落也能帮助植物生存与茁壮成长。这些微小生物栖息于植物周围的土壤中, 帮助植物获取水分和养分并维持健康。科学家发现不同土壤中生活着特性各异的微生物。在沙漠环境中, 有益微生物分布于根系周围土壤、植物叶片甚至植株内部, 可为植物提供营养、抵御病害并促进生长。

营养素 (Nutrients)

维持生命与生长所必需的营养物质。

微生物 (Microbes)

细菌、病毒、真菌和原生生物等微型生物体。

表格 1

适应严酷环境的沙漠植物特性。

酷热	叶片形状狭小	植物通过改变叶片形态来适应环境, 有时将叶片向上或向下调整, 以免过度受热。
	叶片表面有厚厚的蜡层	部分植物叶片表面形成蜡层（如同防晒霜）, 用于保护自身免受阳光伤害。
缺水	深根系	沙漠植物通常具备深入土壤的深根系, 以获取地下水。
	根周保护层	植物利用土壤颗粒在根系周围形成保护层, 这有助于留住水分并从土壤中获取养分。
	特殊光合作用形式	植物还通过独特的光合作用方式来生成养分。某些植物借助一套特殊流程在极端干热环境下节约水分, 维持生存。
土壤盐分太高	细胞内的盐分储存区室	部分植物能够吸收盐分, 并将其储存于细胞内的特殊区室。

表格 1

图 1

沙漠植物与温带植物的差异: (A) 疾藜草原产于炎热地区, 其狭小的叶片可防止植株过热, 茂密的深根系则有助于最大限度吸收水分; (B) 蒲公英适宜生长于土壤湿润、气候温和的地区, 其宽大叶片和浅根系有助于在此类环境中茁壮成长 (插图: Jovana Cvorovic)。

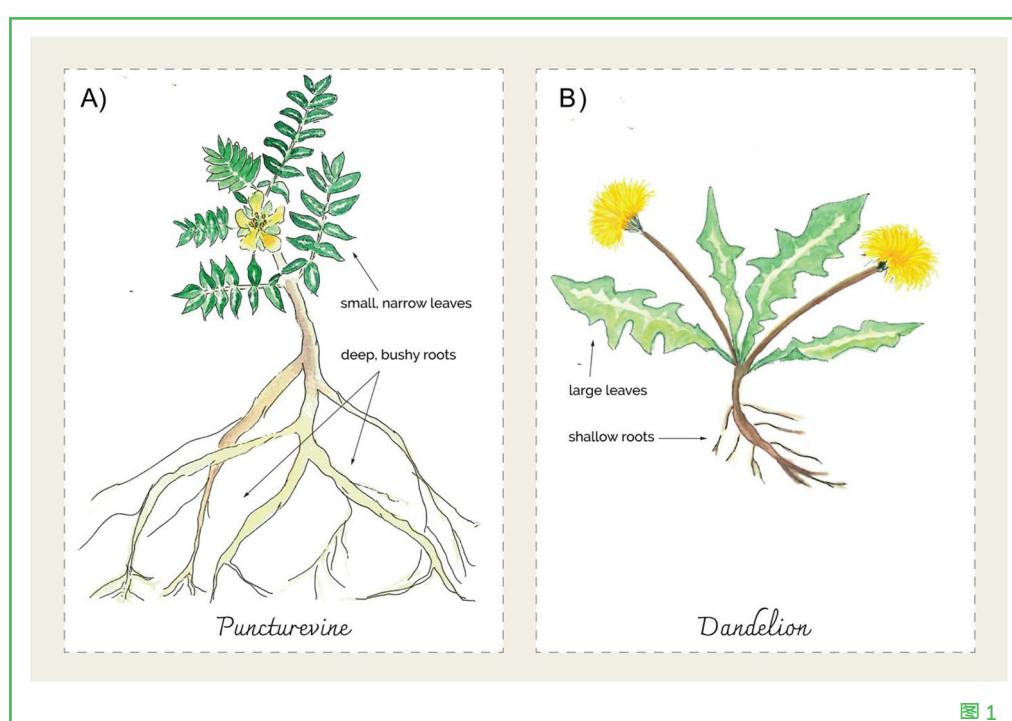


图 1

**植物根际促生菌 (PGPR)
(PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR))**

生活在植物根系周围的有益细菌, 可为植物提供重要养分、抵御病菌、帮助植物在沙漠等严酷环境中生存。

以植物根际促生菌 (PGPR) 为例, 这类分布于根际土壤的微生物通过多重方式发挥作用: 将土壤中的营养物质转化为植物可吸收的形式, 分泌特殊物质促进植物根系发育并增强抗病能力, 还能彼此交流甚至与植物进行跨物种通信!

PGPR 在沙漠中具有特殊价值 —— 它们组成了一支适应酷热缺水等恶劣条件的独特“植物护卫队”。科学家正尝试利用这些沙漠微生物增强非沙漠作物的抗旱能力, 通过这些微型助手改善沙漠土壤的种植潜力, 从而在作物难以存活的地区促进粮食生产。

发现新的沙漠微生物

在沙特阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST)，我们的团队致力于探索微生物如何促进植物生长 [2]。目前，我们已在中东沙漠中发现超过 10,000 种有益微生物，这对于粮食种植困难的该地区无疑是重大喜讯。利用这些本土微生物，我们有望培育出能适应当地环境的强化作物。

其他科学家也不断开展突破性实验，助力沙漠农业（表 2）[3]。这些实验发现，从盐碱土壤和原生沙漠植物中分离的微生物在植物生长和健康中扮演多重关键角色：增强植物的耐旱耐盐能力；合成必需营养素，提升作物营养价值；以及保护植物免受病害侵袭。

表格 2

在全球沙漠中发现的植物品种及其从土壤微生物中获得的益处。^{*} 标识表示可食用植物。

沙漠地区	作为研究对象的植物品种	从土壤微生物中获得的益处
南美	鳞叶帕拉菊 (一种灌木)	<ul style="list-style-type: none"> 盐渍土壤微生物提供特定激素促进植物生长。 微生物帮助植物从土壤中获取铁元素，铁是保证植物健康生长的必需营养素。
北美（索诺拉沙漠）	牧豆树 小叶帕洛维德树 蓝帕洛维德树	<ul style="list-style-type: none"> 原生沙漠植物的根际促生菌 (PGPR) 助其在严酷环境中茁壮成长。将原生 PGPR 引入其他植物后，即使在受损土壤中也能促进植株长高并增加分枝。
印度大沙漠	* 石榴 * 绿豆	<ul style="list-style-type: none"> 微生物确保植物获得充足氮元素。氮犹如植物的食物，助其长高并长出更多枝叶果实。
中国西北部	骆驼刺	<ul style="list-style-type: none"> 这种沙漠植物能在干旱盐渍土壤中生存。 科学家将骆驼刺微生物引入小麦后，发现其耐旱性显著提升。
南非	* 马拉玛豆	<ul style="list-style-type: none"> 微生物助其在贫瘠环境中存活并富含蛋白质。 高蛋白植物对人类至关重要：蛋白质能增强肌肉、修复组织、提升免疫力。
北非	* 沙漠草	<ul style="list-style-type: none"> 特定微生物产生化学物质，抑制土壤病害。 这些微生物维持植物健康，降低病害风险。

表格 2

让科学走进校内花园

实验室科研不仅能增进知识，更能在花园等现实情境中发挥效用。科学家的发现可直接帮助我们后院的植物生长得更加茁壮。例如，我们与阿卜杜拉国王科技大学附属学校 (TKS) 合作创建了“可食用校内花园”（图 2），让学生有机会探索奇妙的植物科学世界，了解植物如何让地球更宜居。在这座花园中，学生们学习种植果蔬的技能，理解健康土壤对植物和人类健康的重要性。更重要的是，在可食用花园的户外时光不仅富有教育意义，也极大地促进了学生的身心健康！

生物炭 (Biochar)

通过生物质热解技术（在受控条件下燃烧农业和森林有机废弃物）制成的类木炭材料。

堆肥 (Compost)

将树叶和食物残渣等有机废弃物转化为高效肥料的环保技术，有助于维持土壤健康并促进植物生长。

学生实践项目包括：种植豇豆并测试不同环境因素对生长的影响，利用沙特本土沙漠微生物提升户外蔬菜生长效果；研究生物炭和堆肥等环保材料对土壤健康的改善作用（这些材料均来自 KAUST 科学家的本地化研究）。通过亲手实践，学生们掌握了科学实验方法与数据收集技能，开始

图 2

(A) TKS 可食用校内花园示意图 —— 学生在此探索植物科学、学习园艺并亲近自然 (插图:Jovana Cvorovic);
(B) KAUST 可食用花园中蓬勃生长的植物群。向日葵、绿叶蔬菜等作物展示了科学园艺技术如何支持可持续粮食生产。

**图 2**

理解健康土壤对植物生长的重要性,认识到食物的来之不易,从而更加珍惜粮食。

与微生物携手共创可持续未来

当我们呵护土壤、节约水资源时,既能满足当前每个人的饮食需求,又能为子孙后代留下充足的食物。通过研究土壤中的微生物等多种手段,科学家在促进作物健康生长方面发挥着关键作用。微生物分布于根系周围、叶片表面甚至植物内部,因环境(如沙漠)不同而特性各异,它们如同植物的“盟友”,支持生长、抵御病害并增强植物的环境适应性。微生物研究让我们即使在严酷环境下也能提高粮食产量,确保人类获得营养食物,享受健康生活。

不用怀疑,你也能为此贡献力量! 具体方式包括:

- 珍惜粮食不浪费
- 了解可持续饮食理念
- 尝试在家种植香草和蔬菜

- 保持好奇心, 不断学习科学知识
- 思考如何为社区乃至社会带来积极改变

让我们一起努力, 确保人人都能获得健康美味的食物, 助力实现"SDG 2: 消除饥饿!"

致谢

谨向阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST) 的 Ruben Costa 与 Nicki Talbot 致以诚挚谢意, 感谢他们在初期撰写与审校阶段提供的宝贵支持, 本系列的完成离不开他们的专业贡献。同时向 KAUST 可持续发展办公室与联合国开发计划署沙特阿拉伯国家办公室表示谢意, 感谢他们始终致力于提升公众对联合国可持续发展目标 (SDG) 的认知, 共同推动世界走向更可持续的未来。

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。

参考文献

1. Köberl, M., Müller, H., Ramadan, E. M., and Berg, G. 2011. Desert farming benefits from microbial potential in arid soils and promotes diversity and plant health. *PLoS ONE* 6:e24452. doi: 10.1371/journal.pone.0024452
2. Alsharif, W., Saad, M. M., and Hirt, H. 2020. Desert microbes for boosting sustainable agriculture in extreme environments. *Front. Microbiol.* 11:1666. doi: 10.3389/fmicb.2020.01666
3. Guterman, Y. 2002. Plants in the deserts of the Middle East. Batanouny KH. 2001. *Ann. Botany* 89:501. doi: 10.1093/aob/mcf070

线上发布: 2025 年 11 月 05 日

编辑: Rod Wing

科学导师: Nicki Talbot

引用: Lopez Reyes Z, Alshahrani D, Cvorovic J, May M 和 Saad MM (2025) 助力实现第二项可持续发展目标: 健康土壤长出健康食物. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2025.1490605-zh

英文原文: Lopez Reyes Z, Alshahrani D, Cvorovic J, May M and Saad MM (2025) Towards SDG 2: Healthy Soil Leads to Healthy Food. *Front. Young Minds* 13:1490605. doi: 10.3389/frym.2025.1490605

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。

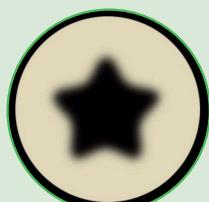
版权 © 2025 © 2025 Lopez Reyes, Alshahrani, Cvorovic, May 和 Saad. 这是一篇依据 Creative Commons Attribution License (CC BY) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例，在注明原作者和版权所有者，及在标明本刊为原始出处的前提下，允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款，则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人



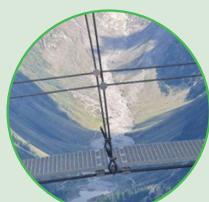
AISYAH, 年龄: 15

我热爱科学，最喜爱的学科是社会学与经济学。在课业之余，我喜欢烹饪美食、打羽毛球，或坐下来学习编程。我喜欢探索世界，并乐于与他人分享所学。



ATHENA, 年龄: 14

我是 Athena, 就读于阿卜杜拉国王科技大学附属学校，正在上九年级，热爱读书与体育运动。



HANIYA, 年龄: 13

我是 Haniya, 正在读八年级，非常喜欢阅读、绘画和体操。长大后我想做一名生态学家，写出像本文这样的研究论文。



LOKYA, 年龄: 14

大家好，我是 Lokya, 现就读于阿卜杜拉国王科技大学附属学校，热爱体操、羽毛球和科学。



XIAO, 年龄: 15

我是 Xiao, 从小便对自然与科学的许多领域充满好奇。这种兴趣随我的年龄一同增长，到了初高中阶段变得更加浓厚。我积极参与各类科学活动，并在科学课程中表现得很好。对科学的热爱促使我成为少年审稿人。

作者



ZULMA LOPEZ REYES

Zulma Lopez 目前正在攻读生物工程博士学位，主要研究炎热气候地区的可控环境农业，致力于提升温室效率与可持续性。她现在忙于研发直接空气捕获 (DAC) 技术，可用于增加温室中的二氧化碳浓度。除科研外，Zulma 积极主导可持续发展倡议，与 KAUST 内部利益相关方和决策者协作，切实推动可持续实践变革。由她主导的 KAUST“学生可持续发展”项目重点关注塑料污染、食物浪费，以及食物与可持续性的关联议题。
*zulma.lopezreyes@kaust.edu.sa



DALIA ALSAHRANI

Dalia 是教育与环境可持续发展的倡导者, 致力于赋能下一代。她拥有化学与生物材料专业背景, 持有罗格斯大学硕士学位和哈立德国王大学学士学位以及英国 NCFE CACHE 教学证书。她主导的 KAUST "可食用教育计划" 推动校园可持续食品教育与社区参与。她的职业经历涵盖教育、项目管理、粮食安全、农业及战略推广, 同时活跃于战略传播、翻译和公共关系领域。[*dalia.alshahrani@kaust.edu.sa](mailto:dalia.alshahrani@kaust.edu.sa)



JOVANA CVOROVIC

Jovana Cvorovic 持有意大利的里雅斯特大学生物医学博士学位, 曾在意大利、西班牙和美国的学术机构从事科研工作十余年, 随后怀着对科学的痴迷与讲故事的热情投身科普领域。现任《KAUST 发现》数字杂志编辑, 该杂志旨在展示阿卜杜拉国王科技大学的尖端研究成果。



MARY MAY

Mary Elizabeth May 领导 "种植变革咨询" 教育团队, 开发让学生了解食品知识、饮食文化遗产及环境管理的课程体系, 并与牧场主和生产者密切合作推进综合土地管理。她曾任沙特阿卜杜拉国王科技大学附属学校可持续发展协调员及可食用教育计划协调员, 拥有超过 25 年的中学科学教育经验。她持有哈佛大学可持续食品系统硕士学位、纽约州立大学科学教育硕士学位及科罗拉多大学博尔德分校分子生物学学士学位。



MAGED M. SAAD

Maged Saad 是阿卜杜拉国王科技大学特聘研究员, GROWBIOM 农业生物科技公司创始人兼 CEO。由他主导的 "DARWIN21 沙漠计划" 旨在开发沙漠生态系统农业创新可持续解决方案。获得日内瓦大学博士学位后, Saad 先后在法国国家农业研究院和伦敦帝国理工学院从事微生物遗传学与土壤健康博士后研究, 在利用沙漠微生物改善土壤健康、养分效率并促进生态系统恢复等关键领域取得突破性成果, 为干旱地区农业提供具有变革意义的环保策略。若想了解更多, 请访问 www.darwin21.org 与 www.growbiom.com。

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

