



黄瓜根系如何用气味信号召唤“守护者”

John M. Grunseich^{1*} 和 Lina Bernaola²

¹得克萨斯农工大学, 昆虫学系 (美国, 得克萨斯州, 大学城)

²得克萨斯农工大学, 农业生命研究中心 (美国, 得克萨斯州, 博蒙特)

少年审稿人



EVAN

年龄: 11



PARITHI

年龄: 13

植食性生物 (Herbivores)

以植物为食的生物。

植物气味 (Plant Odors)

植物产生的具有“气味”的化合物。

觅食行为 (Foraging Behavior)

在环境中搜寻食物资源的活动。

有没有听说过植物也会利用气味进行交流？有些植物甚至能通过释放特殊气味向环境中的其他生物传递重要信息。如今，科学家们开始探索植物在地下如何运用气味信号。本研究发现，当黄瓜根系遭到地下毛虫啃食时，会向土壤释放特定气味。这些气味既能驱赶其他有害昆虫，又能吸引一种名为“线虫”的微型杀虫生物。这种机制如同植物在招募“守护者”，既可消灭正在啃食根系的害虫，还能防备更多毛虫前来侵扰。

植物、植食性昆虫及其相互作用

植物对包括昆虫在内的众多生物都至关重要。以植物为食的昆虫被称为“植食性昆虫”，它们通过摄取植物获取繁殖、觅食等日常活动所需的能量。就像我们闻到烤箱里飘出的甜点香气便会奔向厨房一样，植食性昆虫也依靠气味定位食物源。由于植物无法像动物那样逃离天敌，它们必须学会保护自己。最直观的植物防御是物理性防护，比如尖刺。另一种重要防御方式是释放植物气味。当植食性昆虫对植物造成损伤后，植物往往会释放特殊气味来影响昆虫的觅食行为（更多植物自我保护机制，请参阅这篇 [Frontiers for Young Minds 文章](#)）。就像我们会避开刚运动完一身臭汗

天敌 (Natural Enemies)

在自然环境中捕食昆虫的生物,如线虫。

杀虫线虫 (Insect-Killing Nematodes)

一种寄生性土壤蛔虫,捕食土壤中的昆虫。

图 1

本研究中,我们选用了(A) 黄瓜植株(一种重要经济作物)、(B) 条纹黄瓜甲虫(黄瓜植株的主要害虫),以及(C) 杀虫线虫(以条纹黄瓜甲虫等地下植食性昆虫为食的天敌)。

的人,植食性昆虫也会避开散发不良气味的植物。这些气味还可能产生其他效应。科学家发现遭蚜虫侵食的植物会吸引捕食者充当"护卫" [1],这些被称为昆虫天敌的生物通过植物气味定位并捕食猎物 [2]。最近,科学家还发现,植物在地下同样运用气味!根系释放的气味能吸引天敌,去保护我们肉眼看不到的地下部分,抵御那里植食性昆虫的侵袭 [2, 3]。

目前科学家尚不清楚是所有植物都能在地下运用气味,还是仅有少数特殊植物具备在土壤中吸引天敌的能力。我们选择黄瓜作为研究对象,因其根系具有强烈气味——将黄瓜根从土壤中取出即可闻到一股浓烈的气味。虽然条纹黄瓜甲虫幼虫会啃食黄瓜根系(图 1),但土壤中的杀虫线虫能捕食这些害虫,使黄瓜植株得以存活。本研究提出了两个假设:第一,被植食性昆虫损伤后,黄瓜根的气味特征会发生整体改变;第二,这种气味变化将影响黄瓜甲虫幼虫与线虫的觅食行为。因此,我们最初的总体假设是:受损根系释放的气味强度将超过健康植株,从而吸引杀虫线虫;同时植食性昆虫会像人类避开猛兽出没区域那样,避开这些受损植株。

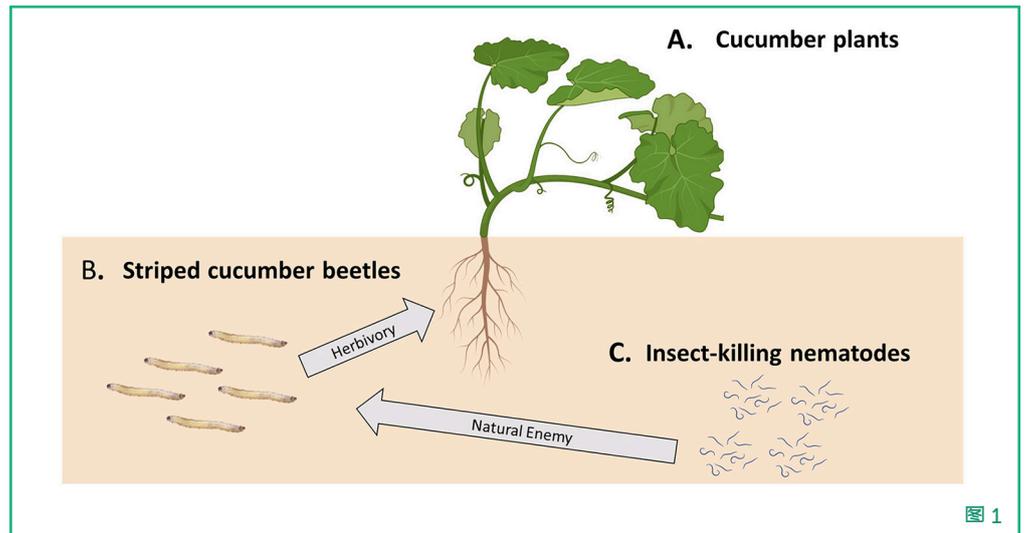


图 1

黄瓜根系被植食性昆虫啃食后气味会变化吗?

在检验这个假设前,我们首先需要确认黄瓜根系被植食性昆虫啃食后气味是否会发生变化。为此,我们分别采集了遭昆虫啃食的植株根系气味与未受侵害的植株根系气味样本。我们使用了一种名为"气相色谱-质谱联用"的特殊实验室技术来分析这些样本。简单来说,这套仪器能告诉我们植物气味由哪些化学物质组成,以及每种化学物质的含量有多少。你可以把它想象成一个赛车场:不同重量和尺寸的赛车(气味分子)以不同速度行驶。气相色谱仪按速度区分这些"赛车",质谱仪则对每辆"赛车"称重以确定其身份。通过这种分析方法,我们可量化根系的气味强度,发现遭昆虫啃食的根系气味远比未受损植株的根系更加强烈。

气相色谱-质谱联用技术 (Gas Chromatography With Mass Spectrometry)

一种实验室技术,通过分析分子质量及其运动速度来鉴别气味等化合物中的分子种类。

黄瓜根系气味会影响条纹黄瓜甲虫幼虫的行为吗？

接下来是第二个假设：正在觅食的条纹黄瓜甲虫幼虫会像人类避开猛兽出没区域那样，避开受损植株。

为检验该假设，需要一种能够测试植食性昆虫行为的方法。我们设计了一种**双选实验装置**：让昆虫嗅闻位于装置两侧的植物，一侧为受损植物，另一侧为健康植物，仅凭气味选择移动方向。甲虫幼虫被置于两株植物之间，由于无法接触或看到根系，它们的选择完全依赖嗅觉。在给幼虫一段较短的时间进行选择和移动后，我们统计了装置不同区域的幼虫数量（图 2A）。实验结果显示，条纹黄瓜甲虫幼虫倾向于远离其他幼虫啃食过的受损植株。这表明，当幼虫仅能通过气味感知植物根系时，它们会主动避开遭昆虫损害的根系。

双选实验装置 (Two-Choice Arena)

一种两端分别放置健康植株与受损植株的封闭管道，将幼虫置于管道中央以观察其移动方向。

图 2

(A) 采用双选装置测试觅食行为：一侧放置健康植株，另一侧放置根系被植食性昆虫啃食过的植株。
(B) 将甲虫幼虫或线虫置于中央区域，使其仅通过气味选择植株及相应的移动方向。经过特定时长后，统计装置各区域的昆虫数量。

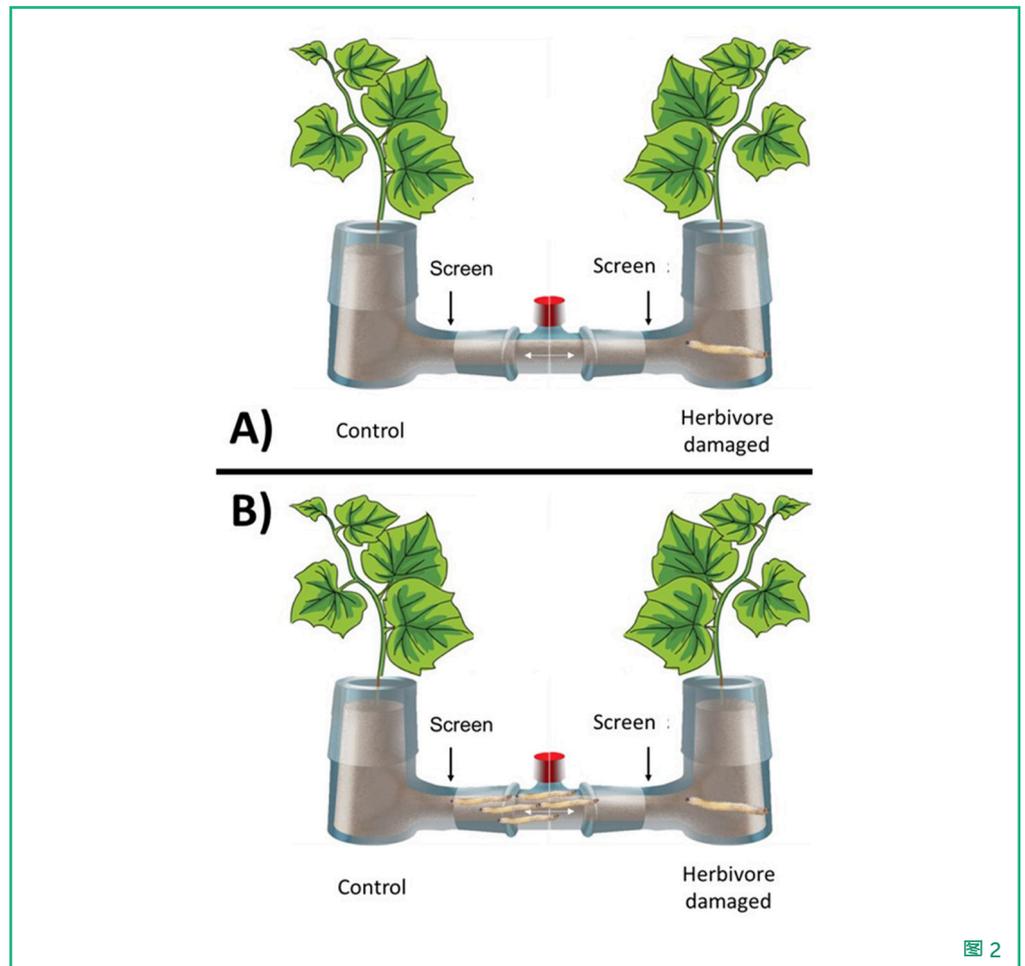


图 2

黄瓜根系气味会影响杀虫线虫的行为吗？

接下来，我们想知道杀虫线虫是否会被条纹黄瓜甲虫啃食过的根系气味吸引。为此，我们采用了与前述实验类似的双选装置，使线虫仅能通过气味感知两侧根系并做出选择。48 小时后统计线虫分布（图 2B），我们

发现更多线虫聚集在遭植食性昆虫损害的植株一侧, 这表明杀虫线虫确实会被受损植株根系的气味吸引。

本研究揭示了什么?

研究刚开始时, 我们已知植物地上部分及其他品种的气味重要性, 散发气味的植株往往能驱赶昆虫并吸引其天敌。经过本研究, 我们发现地下世界遵循相同规律: 遭昆虫损害的根系气味更浓烈, 植食性昆虫会避开这些气味, 而杀虫线虫 (天敌) 则被其吸引 (图 3)。总而言之, 虽然植物根系常隐匿于地下, 却扮演着至关重要的角色, 这些散发气味的根系正是植物的守护者!

图 3

当植食性昆虫啃食植物根系时, 根系释放的气味能吸引害虫天敌, 并驱避其他根系害虫。

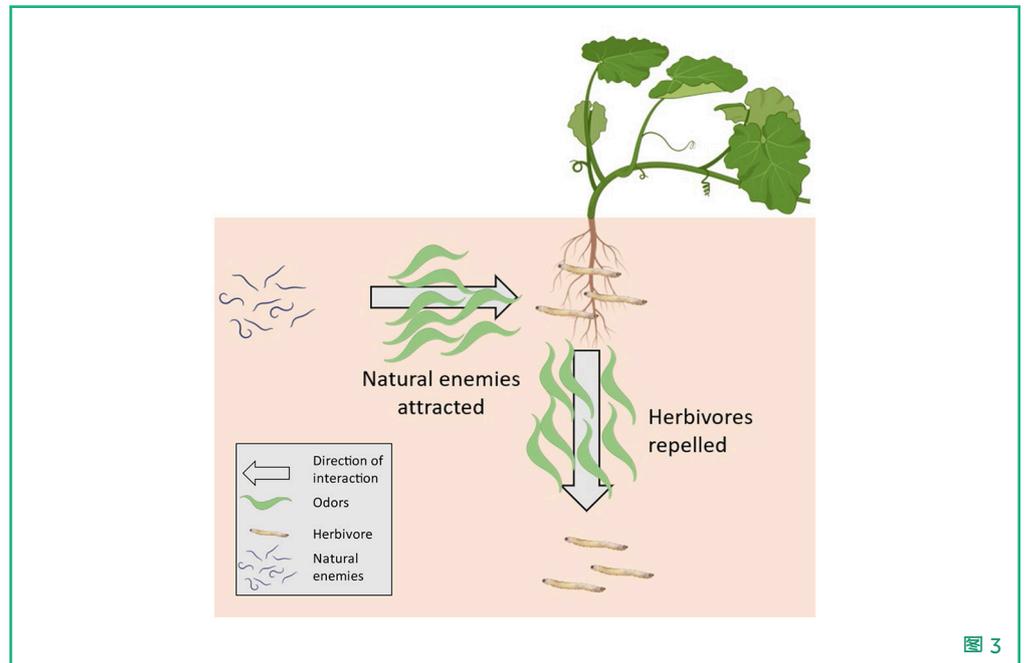


图 3

根系气味研究的未来前景

了解根系及其气味功能是科学界面临的挑战, 许多研究者正致力于探索它们在环境中的作用。根系气味可能被其他植物根系识别——就像植食性昆虫及其天敌能够识别这些气味一样。这或许能使邻近植物提前感知风险并启动防御机制。此外, 植物气味与细菌等微生物的相互作用研究尚还不够深入。但越来越清楚的是, 根系也能影响微生物群落结构: 植物气味可能通过其抗菌特性塑造周边微生物生态。总体而言, 关于根系气味及其功能仍存在大量认知空白, 但我们正在逐步揭开这些气味在土壤环境中独特的作用机制。

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

Grunseich, J. M., Thompson, M. N., Hay, A. A., Gorman, Z., Kolomiets, M. V., Eubanks, M. D. 等人, 2020. 危险的根部与谨慎的植食生物: 根系植食者的持续摄食削弱植物的间接防御能力. *Funct. Ecol.* 34:1779–1789. doi: 10.1111/1365-2435.13627

参考文献

1. Mallinger, R. E., Hogg, D. B., Gratton, C. 2011. Methyl salicylate attracts natural enemies and reduces populations of soybean aphids (Hemiptera: Aphididae) in soybean agroecosystems. *J. Econ. Entomol.* 104:115–124. doi: 10.1603/EC10253
2. Rasmann, S., Köllner, T. G., Degenhardt, J., Hiltbold, I., Toepfer, S., Kuhlmann, U., et al. 2005 Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature* 434:732–737. doi: 10.1038/nature03451
3. Ali, J. G., Alborn, H. T., and Stelinski, L. L. 2010. Subterranean herbivore-induced volatiles released by citrus roots upon feeding by *Diaprepes abbreviatus* recruit entomopathogenic nematodes. *J. Chem. Ecol.* 36:361–368. doi: 10.1007/s10886-010-9773-7

线上发布: 2026 年 2 月 13 日

编辑: [Melissa Hamner Mageroy](#)

科学导师: [R. Arthee](#) 和 [Blessing Nyamasoka-Magonziwa](#)

引用: Grunseich JM 和 Bernaola L (2026) 黄瓜根系如何用气味信号召唤"守护者". *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2025.1373482-zh

英文原文: Grunseich JM and Bernaola L (2025) How Cucumber Roots Call Their Bodyguards With Odor Signals. *Front. Young Minds* 13:1373482. doi: 10.3389/frym.2025.1373482

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 © 2026 Grunseich 和 Bernaola. 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

EVAN, 年龄: 11

Evan 对自然与科学的世界充满探索热情。他热爱足球, 喜欢与朋友们玩耍, 对建筑尤其感兴趣, 梦想未来成为一名建筑师。他还喜欢阅读, 最钟爱的食物是当地特色的糖豆炖菜。



PARITHI, 年龄: 13

痴迷电力与电动汽车电网系统, 始终密切关注可再生能源的利用。



作者

JOHN M. GRUNSEICH

John Grunseich 是得克萨斯农工大学的一名博士研究生, 研究方向为植物与昆虫的相互作用。他曾研究玉米、黄瓜等作物的根虫问题, 目前致力于探索驱动植物 - 昆虫相互作用的植物基因。在实验室之外, 他花费大量时间采集昆虫标本!
*johngrunseich@tamu.edu



LINA BERNAOLA

Lina Bernaola 是得克萨斯农工大学的一名助理教授, 研究方向为植物 - 微生物 - 昆虫三者的相互作用, 目前致力于水稻及其害虫的相关研究。她自幼对科学抱有浓厚兴趣, 而对植物世界的热爱则始于在秘鲁利马国际马铃薯中心的工作经历。她希望通过研究助力开发更具成本效益的虫害治理方案。



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

