研究发现，葡萄感染后会在可见变质前释放不同化学信号

炭黑曲霉和链格孢相关标志物或有助于在不切开果实的情况下，更早检测与霉菌毒素有关的污染

2026年11月25日星期三



11月24日（周二）发表于《Food Quality and Safety》的一项研究发现，受两种重要产毒真菌感染的葡萄果粒会出现不同的生物学反应，并释放不同的挥发性化合物。这一发现或有助于科学家开发更早、侵入性更低的污染检测方法。

研究考察了炭黑曲霉（Aspergillus carbonarius）和链格孢（Alternaria alternata）引发的感染。这两种真菌能够产生霉菌毒素，因此会威胁葡萄品质和食品安全。研究人员采用比较多组学方法，结合转录组学、代谢组学和挥发性有机化合物分析，追踪葡萄果粒对各类病原体的反应，并寻找能够区分两种感染的化学信号。

研究报告指出，葡萄果粒对这两种真菌的反应并不相同，而是各自引发了不同的防御模式。研究人员发现，与防御信号通路及次生代谢产物生成相关的基因表达存在差异。次生代谢产物是植物在受到胁迫或攻击时产生的化合物。这些差异表明，葡萄果粒能够分别识别这两种病原体，并启动不同的防御机制。

代谢组学结果还显示，不同病原体会引起果实内部特有的变化。研究称，每种感染都会形成自身的代谢特征，其中酚类化合物和抗氧化物质含量发生变化。这些化合物不仅与植物防御有关，也关系到葡萄品质。它们的变化可以反映果实对感染的反应强度，并可能为在可见变质加重前识别污染提供另一种途径。

研究的一项主要发现来自挥发性物质分析。挥发性有机化合物是容易蒸发、可从植物组织周围空气中检测到的分子。研究人员识别出与每种真菌感染相关的候选挥发性标志物，这意味着这些化合物有望充当早期预警信号。由于监测挥发性物质无需切开或破坏果实，这种方法未来或可用于无损检测葡萄健康状况。

论文指出，这些标志物可为葡萄园真菌污染的早期检测和管理提供工具。早期检测至关重要，因为感染扩散后或受污染果实进入供应链后，霉菌毒素问题往往难以控制。如果能在损害明显之前找到可靠信号，种植者或许可以更早分拣出受影响的葡萄，降低污染风险，并保护更多作物。

这项研究也进一步揭示了葡萄与真菌病原体相互作用的情况。多组学研究试图同时关联生物学的多个层面：基因活性、组织内部的化学变化，以及释放到空气中的化合物。通过比较同一批受感染果粒的这三个层面，研究人员发现，两种真菌留下的是不同的分子印记，而非一种笼统的胁迫反应模式。这可能为今后制定更具针对性的病害监测和作物保护策略提供参考。

对于饮料行业而言，这些发现的意义可能远不止于葡萄园病害研究。葡萄酒、果汁、烈酒及其他葡萄制品都依赖原料果实的品质，而产毒真菌造成的污染可能带来经济损失和食品安全隐患。如果研究中识别出的挥发性标志物在实际生产环境中得到验证，未来或可用于更快速地筛查进厂葡萄，并加强将受污染批次排除在加工环节之外的工作。不过，目前这项研究提出的仍是一种未来可能的用途，并非已经验证的商业化工具。

这项研究也可能为精准农业提供参考。精准农业利用传感器和数据系统更密切地监测作物，并及早应对问题。在这一领域，挥发性标志物颇受关注，因为无需从藤上摘下大量果粒也可能测量这些标志物。不过，实用的田间系统仍需证明，在天气、成熟度和葡萄园条件不断变化的情况下，这些信号依然能够被检测到。

研究以葡萄果粒为对象，其中包括汉堡麝香葡萄，旨在识别候选标志物，而非开发可立即投入使用的检测设备。尽管如此，研究结果仍更清晰地描绘了炭黑曲霉和链格孢感染相关的生物学变化。研究人员还需进一步验证，以确定所提出的标志物在采收、运输、储存和酒庄处理过程中是否仍能保持准确；在这些环节中，许多其他气味和化学变化都可能影响测量结果。