vinetur

研究发现 ABA 可触发延迟超过 65 天的葡萄成熟

研究人员表示，这种极端滞后反映的是成熟启动信号传导失灵，为炎热气候下的育种提供了潜在线索

2026年6月16日星期二



本月发表于 OENO One 的一项研究报告称，一种成熟缓慢的葡萄基因型，其浆果成熟时间比同胞全兄弟姊妹晚了超过 65 天，而施用脱落酸（ABA）能够触发果实中的糖分积累。研究结果指向的是启动成熟过程的信号传导环节出了问题，而不是单纯缺糖，或葡萄藤无法进行光合作用。

这项研究由与加州 E. & J. Gallo Winery 植物材料育种与遗传项目合作的科学家完成。团队比较了同一项 2013 年杂交获得的两株专有白果实实生苗。其中一株正常成熟，并在 9 月 1 日前达到超过 20° Brix，作者称这在当地对白葡萄品种而言属标准水平。另一株在该时间点仍保持绿色且质地坚硬，因此被归类为成熟缓慢。

这些葡萄藤种植在加州马德拉附近，在相同田间条件下管理，实行充分灌溉和标准化栽培措施。研究人员在三年内、部分测定则持续四年，跟踪了总可溶性固形物、浆果生长和浆果软化情况，以了解这对同胞之间的差异，以及这种异常延迟是否会随时间保持稳定。

论文指出，这一成熟缓慢基因型表现出作者所称前所未有的超过 65 天的延迟。这一差距意义重大，因为糖分积累是判断酿酒葡萄采收时机的主要指标之一。在更温暖的条件下，葡萄往往更早达到糖度目标，而酸度、色素化合物、香气前体及其他与品质相关的成分可能跟不上。因此，自然减缓或延后成熟的基因型，可能会在旨在减少这些失衡的育种项目中变得有用，尤其是在葡萄园适应气候变化之际。

该研究也回应了一个对酒庄而言很现实的问题。更早成熟会压缩不同品种和产区之间的采收窗口，在压榨季造成物流压力。尽管这项工作聚焦的是一株极其特殊的成熟缓慢实生苗，而非商业品种，但它有助于厘清哪些生物学控制机制最终可用于筛选更适合未来种植条件的葡萄。

为测试果实为何落后如此之多，研究人员考察了几种可能原因。他们在 2022 年测量了叶片水分状态和气体交换，以判断成熟缓慢的葡萄藤是否受到碳同化限制。他们还在 2023 年通过严重疏穗来调节产量负荷，以测试过高的果实需求是否正在延缓成熟。在 2022 年至 2025 年间的独立实验中，他们还用与激素信号或溶质驱动软化相关的化合物处理果穗。

这些处理包括 ABA、ACC、蔗糖和聚乙二醇，以及表面活性剂对照。ABA 是一种长期与葡萄成熟启动相关的植物激素。ACC 是参与乙烯生成的前体。蔗糖和聚乙二醇则用于测试改变浆果周围溶质或渗透条件是否能模拟成熟开始。

结果并不支持这样一种观点，即这些葡萄藤只是长势弱，或无法向果实提供足够碳源。作者报告称，成熟缓慢基因型的叶片生理并未受损。严重疏穗也未能显著改变成熟时间或成熟速率，这表明源-库平衡并不是延迟的主要解释。

相比之下，ABA 的效果十分明确。在论文所述实验中，ABA 处理迅速触发了成熟缓慢浆果中的糖分积累。这一反应强度取决于处理时机和剂量。研究人员根据正常成熟同胞，在不同发育阶段测试了 400 mg/L 和 2000 mg/L 的施用，包括豌豆粒大小期、转色期以及转色后时点。他们的结果显示，处理效果会随施用时间和用量而变化。

这一模式使作者得出结论：这些成熟缓慢果实很可能存在成熟启动信号传导失灵。在葡萄中，成熟通常从转色期左右开始，伴随浆果软化和与 ABA 相关的信号传导，随后是快速糖分积累；在有色品种中，还会出现色素发育。如果最初信号受扰，即便环境条件本可支持成熟，浆果也可能仍然坚硬、保持绿色。

论文谨慎地没有把这一基因型描述为可立即投入商业应用的解决方案。这是一个在实验条件下研究的专有育种材料，而不是面向种植者发布的品种。但其极端表现为研究人员提供了一个罕见模型，可用于研究成熟如何在生理层面启动，以及哪些基因或调控网络可能控制这一过程。

随着全球气候模式变化影响葡萄发育，这一问题变得更加紧迫。作者指出，更温暖、更干燥的条件往往会提前物候阶段，并缩短各阶段之间的间隔。在许多产区，这意味着葡萄积累糖分的速度可能快于酸度和风味化合物的发展速度。延迟修剪、抗蒸腾喷剂或晚期源限制等葡萄园措施可以帮助减缓成熟，但作者引用以往研究指出，这些方法通常最多只能带来约三周的延迟，而且如果时机不当还会带来权衡。

因此，育种者正更加关注自然遗传变异，把它作为一种更长期的适应策略。这项新研究进一步证明，与成熟启动和糖分积累速率直接相关的性状，即便在全同胞之间也可能存在显著差异。它还通过聚焦浆果软化和糖分积累——即当果实发育接近转色期时——将延迟成熟与整个生长季中的更广泛差异区分开来。

研究人员在 2022 年至 2025 年间进行了重复浆果取样，并在 2022 年至 2024 年间进行了无损硬度测量。他们每周采集浆果，并尽可能在接近转色期时增加采样频率。浆果重量直接测定，而每粒浆果中的糖含量则根据浆果重量和总可溶性固形物估算。硬度使用一种名为 GrapeGrabber 的仪器评估，该仪器通过压缩过程估算浆果弹性。

这项工作还包括 2025 年的一项水分胁迫比较实验。基于先前结果，研究人员在正常同胞上于类似转色后时点施用 2000 mg/L ABA，并将这些果穗与未处理果实以及通过停止滴灌而经历严重干旱下降水分供应的葡萄藤进行比较。该实验旨在比较外源施加 ABA 与已知会改变葡萄藤生理状态的胁迫条件。原文摘要部分并未给出该试验全部数值结果，但它将水分胁迫纳入更广泛的努力之中，以判断在这一基因型中，启动成熟的是激素信号而非溶质积累。

该研究于 2025 年 12 月 11 日收到稿件，5 月 12 日接受，并于 6 月 4 日发表于 OENO One 第 60 卷第 2 期。作者包括 Pietro Previtali、Oscar Bellon、Elizabeth Green、Kenneth Shackel、Marianna Fasoli、Sara Zenoni、Peter Cousins、Megan Bartlett 和 Nick Dokoozlian。

对于葡萄种植者和酿酒商来说，眼下并不能得出 ABA 喷施就能解决整个葡萄园气候相关成熟问题这一结论。更强烈的信息是，成熟时机可能由特定信号步骤控制，而这些步骤可以独立于葡萄藤活力或产量负荷而失灵或延迟。如果育种者能够更精确地识别这些机制，他们或许能够培育出在更炎热条件下，让糖分与其他品质性状更好同步达到采收标准的葡萄基因型。