

植物的直接与间接防御机制

Автор(и): проф. д-р Вили Харизанова, от Аграрен университет в Пловдив

Дата: 08.04.2021 Брой: 4/2021



直接防御基于形态（物理）特征的存在——如毛状体等，或基于能直接抑制昆虫取食的有毒化学物质的产生。

在**间接防御**中，植物通过各种方式吸引植食性昆虫的天敌——通过释放特定的挥发性物质、存在不同的结构（如花外蜜腺、空心刺等）或产生蛋白质体。

天敌的存在降低了植物遭受植食性昆虫攻击的风险。

吸引天敌的一种常见方式是它们提供食物。

花外蜜腺是位于花朵外部的腺体，能产生甜味分泌物。黄蜂、蚂蚁、苍蝇、蛾类等被这些液体吸引。蛾类通常被认为是害虫，但捕食者和寄生蜂的存在可能导致其幼虫密度降低。

然而，在缺乏捕食者和寄生蜂的情况下，花外蜜腺的存在可能产生相反的效果。没有花外蜜腺的棉花品种受红铃虫的危害较轻。

植物可能为植食性昆虫的天敌提供栖息地和食物，这种现象被称为“生物”防御机制。例如，血桐属的树木已适应其薄壁茎干，为某种蚂蚁（举腹蚁属）创造了理想的栖息地，而蚂蚁则反过来保护植物免受植食性昆虫侵害。除了提供栖息地，植物还为蚂蚁提供了额外的食物来源——特殊的蛋白质体。

类似地，一些金合欢属植物进化出了基部异常膨大的刺，形成适合蚂蚁栖息的空心结构。实际上，可以施用类似花蜜的液体、糖蜜和其他产品来刺激植食性昆虫的天敌。此类试验已在马铃薯中进行，结果是植食性昆虫的密度降低了。

利用其他生物进行植物保护的一个有趣策略是与内生微生物共存。内生菌是生活在特定植物（至少在其部分生命周期中）细胞间隙、组织腔或导管中的生物（细菌或真菌），不会引起可见的病害。它们无处不在，已在所有植物物种中发现。内生菌可以通过阻止病原体或寄生生物定殖来帮助宿主植物。

植物组织被内生菌定殖会产生“屏障效应”。内生菌也能产生影响病原生物（竞争者）生长的化学物质。一些内生菌可能释放对植食性昆虫（或植物病原体）有毒的物质。科学家们正深入研究通过内生发育的真菌或细菌来保护作物免受害虫侵害的可能性。

上述吸引天敌或与内生菌共存的机制属于所谓的组成型防御（植物固有存在的）。

诱导防御机制在植物遭受害虫攻击时表达，这一点特别有趣。

为了感知威胁，植物进化出了一套信号系统，能响应外部刺激并调节防御化合物的合成。植物通过昆虫唾液中存在的某些物质来区分机械损伤和昆虫取食。作为对攻击的响应，植物可能释放挥发性有机化合物，包括单萜类、倍半萜类和同萜类，用以驱避有害昆虫或吸引以害虫为食的有益昆虫。

科学研究中的例子已不胜枚举：小麦幼苗可以产生驱避蚜虫的VOCs；蚕豆和苹果在被叶螨攻击时释放吸引捕食性螨类的化学物质；棉花在被毛虫攻击时产生吸引寄生蜂的物质，等等。

几乎所有的植物都能释放VOCs，这些有机化合物的含量和组成既表现出基因型变异，也表现出表型可塑性。VOCs从叶片、花朵、果实和其他植物器官释放到大气中，并从根系释放到土壤中。

VOCs的释放在“信号感知”后发生——激发子是一种大分子，来源于宿主植物（内源激发子）或植物胁迫因子（外源激发子），能够触发与植物抗性相关的结构和/或生化反应。

具体在昆虫攻击的情况下，唾液和受攻击植物组织中的物质Volicitin扮演了激发子的角色。植物某一部分的取食可能诱导未受损组织和器官系统性地产生挥发性有机化合物，一旦释放，这些化合物可能作为信号，促使邻近植物开始产生类似的化合物。

除了释放VOCs，在感知到特定信号后，大多数植物开始快速形成氧化脂质，这会激活一系列导致植物细胞变化的级联反应。植物胁迫激素（茉莉酸、水杨酸、脱落酸、乙烯等）的积累及其在防御基因调控中的作用正被非常积极地研究。