

为了不被吃掉，叶子有多努力

文 | 廖鑫凤 卢宪雯

为了塑造地球的绿色面貌，大家知道植物有多努力吗？

植物通过一片片叶子亿万年的努力，从太阳那里夺取养料，以庞大的生物量，支撑起了这个活力星球多样且丰富的物种。这种壮观的场面是来之不易的，因为对于大多数植物来说，作为初级生产者，加上固着生长的生活方式，植物每一片叶子制造的养料都有许多动物觊觎，我们所看见的绿色星球是亿万年来在捕食者的口舌之下存留下来的。

许多食物链，最底端的一环都是植物。这意味着，一种植物可能要同时面对众多天敌的捕食。

尽管如此，植物还是造就了我们绿意盎然的星球，它们紧紧守住了这个星球的根基。这跟植物与捕食者在演化长河中攻防之间的军备竞赛是分不开的。这些演化的痕迹塑造了彼此，在植物身上表现为植物有一身的常备武器，尤其是最受捕食者关注的幼嫩部分——叶子。

作为动物捕食的重灾区，时至今日，叶子演化出

了许多“一看就不好惹”“一闻就不好吃”的防御性状，比如密布的刺、散发出有刺激性的气味；还有更主动的防御手段，如通过腺毛直接粘住捕食者等。

一些我们想不到的叶子特性竟然也是植物的防御手段，这些细小的特征通过演化于无声处听惊雷。

光靠叶形也能防御

科学家很早就注意到，叶子的某些外形变化仅以对水、温度等自然环境条件的适应是无法解释的，比如叶子边缘锯齿状的分裂。

有些植物，分裂的叶形在幼年期十分常见，但是在成年之后，叶形就变得更加完整和硕大了——这无疑在暗示叶形的变化可能是一种在植物界广泛存在的防御机制，因为处于幼年期的植物需要更多的保护，一旦受损，很难恢复。但是要追踪到昆虫啃食塑造了植物的叶形变化却并不容易。许多我们现在看到的植物的性状很可能都是在进化的长河中一步步塑造的，而且叶形可能是对自然与生物环境的综合适应的反应，因此很难追踪到某一个具体的生物或者环境因素对叶形的塑造作用。

在香茶菜属的一种植物中，植物学家却追踪到了正在进行的演化历程，找到了叶形可能是在捕食压力下慢慢塑造的证据。

香茶菜抵御象甲的秘密武器

科学家发现，亲缘关系很近的两种香茶在野外天





象甲



香茶菜

然混居在一起，但它们存在两种截然不同的叶形——一种叶子的边缘没有深分裂，另外一种叶子则有着很深的分裂。

有趣的是，这两个同属物种的叶子相似度很高，但遭到的捕食程度不同，无分裂的叶子更易受到昆虫的捕食。这种互相撕扯的性状是科研人员渴求的实验材料，暗示着一场正在进行的自然选择过程。

靠着这个线索，科学家马上找到了迫使叶子变形的始作俑者——一种卷叶的象甲。这种象甲会在香茶菜的叶子上产卵，孵化出来的幼虫靠食用香茶菜的叶子来生长。叶形会对象甲的产卵行为产生影响，处于繁殖期“怀孕”的母象甲会在产卵前先在叶子上检查一圈，为自己即将诞生的宝宝寻找一个稳妥的家。

叶子的完整性是一个关键性指标。不完整的叶子意味着叶子已经暴露在捕食者的面前了，或者已经被真菌等微生物感染，又或者已经被其他的母象甲产卵，再或者叶子生病了。无论哪种情况，对产下的幼虫都是不安全的，它们将会面临食物不够、被捕食或被感染的危险。

因此，母象甲在产卵前会按照固定的模式：在叶边沿一路巡逻，检查一遍；确定叶的完整性后，再回到叶基部，用口器从两侧把叶子剪得只剩一条脉连着；

接着像卷大饼一样，把叶子一圈圈卷起来，把卵产在其中；最后把叶子咬断，让它掉下去，幼虫就可以在一个既安全又温暖的家中安心长大。

这种香茶菜提供了很好的实验材料，它天然地提供了一组对照组——两种同属的植物，共存于同样的生活环境之中，仅存在叶形的区别，排除了自然环境中光、温度等其他变量可能对象甲产卵的影响。

通过实验，科学家也证实除了叶形，两者在营养与气味上都没有区别，人工把象甲的卵放入未深分裂的叶子上，幼虫也能正常孵化与生长。实验中，在分裂与未分裂的叶子之间，象甲更倾向于未分裂的。甚至在人工把未分裂的香茶菜叶子强行剪成分裂状后，象甲的选择也会受到干扰，更倾向于选择未分裂的叶子。象甲的偏好实验证明了，象甲在两种叶形上的选择差异完全是由叶形造成的。

对于香茶菜来说，自动分裂的叶子是它进化出的一种有效的防捕食手段。

这种抵抗似乎看起来有些“消极”，因为比起没有分裂的叶子，它似乎丧失了部分可以制造养料的领土，但是自然选择作用的基础就在于生物与环境、生物与生物之间的利益权衡，比起昆虫产卵后丧失一整片叶子，丧失部分更能获得生存优势。

消极抵抗何尝不是一种抵抗呢？