

凝视一朵花

——从不同层次谈植物花色及其生物学意义

钟若涵¹, 唐建军^{2(✉)}

1. 浙江大学农学院应用生物科学专业 2012 级本科, 杭州, 310058
2. 浙江大学生命科学学院生态学系, 杭州, 310058

摘要:以前人对花色素的生化本质与功能研究为基础, 本文通过科普的语言和风格, 围绕花儿为谁而开、花儿长成什么样、长这样有什么用、花儿为何长这样以及它是如何长成这样的等一连串相关而有趣的问题, 进行了自释式的深层解读, 以期展示花色之自然真相; 本文还在不同生命层次上探讨了花色现象背后的生物学意义, 展示了作者提出的理解花色现象可以采取的视角与立场——我们习以为常的自然表象之下总有不期而遇的惊喜, 我们自以为理解的自然原理之下也不乏更深层的解读。

关键词: 花, 色素, 生物学意义

Gazing into a Flower: Appearance and Its Implications from Different Dimensions

ZHONG Ruo-han¹, TANG Jian-jun^{2(✉)}

1. College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China
2. College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

一朵花会带给你什么样的联想呢?

在植物分类学上, 花的种种特征被认为是最保守的性状, 也是被子植物分类的最重要依据之一, 为人所关注和看重。

在植物解剖学上, 花的形态与结构似乎是如此的完美, 既照顾了自身种族繁衍的保守性, 又充分兼顾了包括传粉者在内的各种参与者的共赢机制和利益渠道, 是植物体内最精妙的结构之一。

植物的花堪称世间最美之物, 不仅在于她是未来生命的摇篮, 也在于她几乎无限的外在表现。花在人眼中似乎有一种浑然天成的美, 一些人钟情于花的

形态(无论简约还是繁复), 另一些人则会被色彩所吸引(无论素净还是艳丽), 也许还有一些人会被气味所吸引。鲜花也是婚礼、节日、庆典、病房的常客。不过在本文中, 我们并不想在花身上赋予太多的人为的一厢情愿的意义, 君子风骨云云也就此一并省去, 我们不妨还是回到花本身。花的美看似是直观而朴素的, 不需要我们费力去理解和分析, 可是当凝视着一朵花, 花儿为谁而开? 花儿又为什么万紫千红、婀娜多姿? 这些问题的答案不能改变任何事实, 但是却可以满足我们的好奇与欲望, 也可以改变我们对于一朵花的看法。那就让我们大家一起来凝视一朵花吧。

1 花儿为谁而开？

首先理解花儿为谁而开，或许去人格化很重要。花儿为谁开呢？很遗憾，花儿肯定不为你我而开，我们只是花儿的远房亲戚。花儿招蜂引蝶，也静候小鸟、蝙蝠的光顾，因为它们都是重要的传粉者，携带花儿繁殖后代的希望火种，说到底花儿还是为了植物本体而开。但我们不该把这个看作一种自私自利的行为——花儿为了自己的生存及后代的繁盛而开放，这近乎于生物本能，这种利己的行为可能会侵占到其他一些生物物种的利益，但也会给予更多其他生物种类实实在在的好处。这其实可以看作生物世界中最普遍也最有效的关系——建立在权衡交易原则（trade-off）上的互利互惠（mutualism），就像一个团队在长期的打拼中彼此间相互切磋之后形成的相互依存的微妙关系一般。我给你花蜜，你帮我传粉，和人类社会中的交易买卖也很相似，将一个系统中相互作用的个体孤立取出来分析，对于深层理解大概是无甚裨益的。

2 花儿长成什么样？

花的样子，主要包括经常混淆实际上也经常混用的两个方面：花的形态（花瓣离合、单瓣抑或重瓣，以及其他各种花部特征和空间布局）与花的色彩（色彩多样性及其组合乃至变化）。弄清一朵花长什么样，我们不妨从最直观可感的色彩说起。我们观察到的红、黄、蓝、紫等常见花色的本质是各种色素在不同的细胞内环境下的综合表现：最终呈现出来的颜色既取决于被合成的色素种类，也受到色素浓度、分子堆栈和其他物理、化学因素（如温度和 pH 等）的调控。

但是，花儿的面目真的仅限于此吗？用肉眼凝视一朵花，即使我们可以看到万千细节，或许还是走在了错误的方向，只能发现人类自认为的规律与意义。想想前文中“花儿为谁开”的答案，还是让我们先暂时放下熟悉的人类身份吧。

科学家们注意到，植物的花色是植物与授粉动物之间极为重要的信息媒介，一朵花呈现出某种颜色，往往与能感觉到这种颜色信号的昆虫有关。例如，蜜蜂、黄蜂偏爱粉红色、紫色和蓝色；蝇类和甲虫喜欢暗黄色花朵；夜间蛾类活动时开的花多为白色。蝴蝶识别红色的本领最高，在热带、亚热带，开大红色的植物种类较多。有人对 2 680 种花的颜色做过统计，结

果表明，白花最多，有 1 193 种，黄花种类居次，有 951 种，红花 307 种，绿花 153 种，橙色花 50 种，茶色花 18 种，黑色花 8 种。

据说，自然界中已知的蜜蜂种类有 20 000 种以上，是花的重要授粉者类型（pollinators），蜂媒花多数为黄色或蓝色，而很少是红色的。事实上，我们不该纠结于人类认知中所谓的黄色、蓝色、红色，蜜蜂眼中所见的其实是紫外光和部分可见光波段信息的整合体——绿色的植株主体在紫外线下对蜜蜂而言是灰色，类胡萝卜素对蜜蜂而言是明亮显眼的，而类黄酮类色素对蜜蜂则是暗黑的，就像深洞一般。人与蜂、蝶凝视的是同一个世界，但这个世界的呈现形式（或者说被观察者感知到的形式）却取决于观察者使用的“尺度”与“工具”。

不经意间突然意识到，这是被人们常常忽视的一个重要基本思想：不同种生物所感知到的自然世界未必是完全相同的，即使是同一种生物观察到的世界也未必一样，就像一位年轻学生和一位资深生物学教授同时沿着山沟走一趟后所描述的所见所想可能存在极大差异一样。所以，我们要时时避免以“个人”甚至“人”为中心的视角和思想的局限。一方面，看待外界事物时应该以不同视角观察理解别的生物所观察到的世界，就像人际交往中设身处地为不同背景、境遇的人们考虑一样；另一方面，我们也不能太过于依赖我们的感官或某一种观测仪器提供给我们的信息。倘若能怀有这样的思想，也许能在自然表象背后隐藏的层次中有更丰富的意外收获。

我们永远无法脱离人类肉体的局限以蜂蝶之眼打量这个世界，所幸我们可以利用工具与技术仿真模拟，步步接近可能的真实。当我们改变凝视花儿的波长时，隐秘而美妙的景象就显现出来了，关于这点我们将在花瓣中色素的功能里慢慢展开。

3 长这样有什么用？

叶片中的叶绿素参与光合作用，将捕获的光能转化为化学能供给植株的生命活动，保证最基本的生存需求。安身立命之后，花部中的类胡萝卜素、黄酮类花青素等便开始行使着另一较高层次功能。下面我们就来详细说说花色素最重要的功能——引导信号。

一些花部色素本身颜色与背景色有着鲜明反差，而另一些色素则由颜色差别间接引起温度的差异，就像我们夏天穿深色 T 恤和白色薄长裤走在大太阳下感

受到的上下温差是一样的。有差异才有吸引力，就像海报中常常采用的对比色配色方案，花儿卖力地吸引着其他生物注意力。引导信号功能其实有多种迷人的机制与表现，我们不妨按照花瓣、花粉、花蜜的层次来一一探讨。

3.1 花瓣

花瓣是花部中最显而易见、引人注目的部分，而对于隐藏其中的斑纹，直到1973年才由Thomas Eisner等人首次发现。以常见的黄花酢浆草（Yellow sorrel, *Oxalis fontana* Bunge）为例（图1），花瓣的边缘一圈含有黄色的类胡萝卜素而近基部的一圈含有黄色的类黄酮色素。可见光下人类观察到的通体金黄的普通小花在紫外线下显示出了鲜明的靶心图案——明亮的外圈和暗黑的中心。想想一只嗡嗡觅食的蜜蜂，在一片灰蒙蒙中感受到的这些靶心的巨大召唤力吧！这些靶心图案引导着传粉者走向中心的花蜜，保证它们收集足够的花粉并将其带到另外一朵花的柱头上，以实现传粉过程。



图1 黄花酢浆草（yellow sorrel, *Oxalis fontana* Bunge）在可见光下的照片（a）和紫外光下特殊摄影的照片（b）（照片来自 Bjørn Rørslett）

上述花瓣正面的紫外斑纹主要形成于盛开前的花苞阶段，盛开后原本反射紫外光的部分会因光照（可能是降解类胡萝卜素）而变色。不过花瓣的展开往往发生在清晨授粉者光顾高峰之前的短短几个小时之内，所以并不会造成什么破坏性影响，生命总是这样考虑周全、恰到好处！

说完花绽放时惊人的正面斑纹，我们再来看看花背面的光学特性。Thomas Eisner 等人通过对两种金丝桃属（*Hypericum*）植物的研究有以下发现。未绽放时花苞的背面暴露在光线之中，呈现出紫外光吸收的特性而表现出灰色，融入大背景中。一方面此时的花苞既不需要授粉者的光顾、也不希望靶心图案招来危险的不速之客；另一方面，这也避免了授粉者被未绽放的花干扰视线，它们可以直奔目标、更高效地为绽放的花朵授粉。

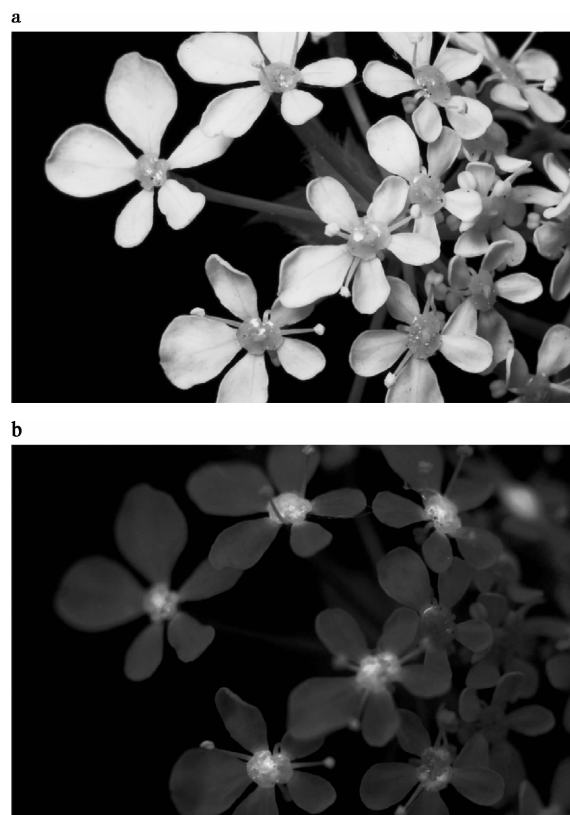


图2 当归属植物 *Angelica sylvestris* L. 在可见光下的照片（a）和紫外光下特殊摄影的照片（b）（照片来自 Bjørn Rørslett）

3.2 花瓣基部与花粉

黄酮类物质可以占到花粉干重的2%~5%。Heuschen 等人研究了大黄蜂（bumble bees, *Bombus terrestris*

L.) 天生的颜色偏好, 发现大黄蜂偏好那些花瓣基部(即我们俗称的“花心”)颜色接近花粉颜色的花。

让我们暂时恢复人类的身份, 猜猜这个发现背后可能的原因。一个有趣的猜想即是花瓣的基部实际是在模仿花粉, 这样做可以提高传粉效率, 以更好地完成自己的繁衍生息。

3.3 花蜜

花蜜的颜色与花粉类似, 更常有诱人芳香, 主要作用也是辅助吸引传粉者的光顾。有研究还认为, 花蜜还能起到威慑弱势授粉者、偷蜜贼以及抗菌的作用。

4 花儿为何长这样? 它又是如何长成这样的?

至此, 我们已经大致了解了花儿为谁而开、花儿的万紫千红有什么用等问题的可能解答, 但是你们是否还像我们一样意犹未尽? 花儿为何长这样? 它又是如何长成这样的呢?

弗朗西斯·达尔文(Francis Darwin, 也就是最著名的生物演化论学者查理斯·罗伯特·达尔文的爷爷)曾说“迷人的植物斑纹能使最明智的人疯狂(The fascinating plant pattern can drive the sanest man mad)。”将植物的外形、斑纹几何化后, 我们不难发现果实、叶片的形状, 叶序的排列都遵循着某种规律。为什么一个幼小南瓜包含等距离的10条沟, 而成熟的大南瓜通常含有大约20条沟呢? 哈密瓜表面菱格状凹陷的纹路是怎么形成的? 向日葵花盘的交叉螺线又如何发生?

在此提出斑纹, 是因为笔者大胆猜想: 如果说花色和形态是表象, 这些表象构成的斑纹大概就是连接表象和意义的中间桥梁。斑纹是理解这一层次问题的极好切入点, 找到生物表象背后最合理的斑纹图案, 将斑纹几何简化后数字化, 再从数字中找寻到规律性的结论, 唯有此般, 复杂混沌的生命才有可能被简化为质朴的原理。

长久以来, 我们对于生物中的几何现象所蕴含的原理颇为痴迷, 但是要解答这个现象背后的秘密似乎太过复杂恼人, 以至于这个问题被许多人选择性忽略了。其实对于每一个存在的终极意义的追问似乎都是作茧自缚, 小到一朵花为何又如何呈现此番相貌, 大

到世界为何存在, 又从何而来, 在各个领域均是如此。不过每个时代总有为数不多的心怀好奇与坚持的生物学家、数学家、理论物理学家以自己的见解与专业背景不知疲倦地探究这问题。

反观植物的花色, 本文中阐述了部分前人的研究成果, 可以说我们对于它的理解相比于对斑纹的理解已经较为深入, 但早在1973年就被揭示的不同波长下显示出的花瓣斑纹相比于它本身应该得到的关注与喝彩, 却一直未得到足够重视。正是科学理论的实用性与科学探索的趣味性之间永恒的牵绊让人觉得矛盾与痛苦!

不过跳出追寻答案的局限, 静静地欣赏着一朵花, 也许是我们每个人都能做到的一件美好的小事, 我不禁感慨: 一朵花的魅力大概还会经久不衰, 静候被人们真正理解的那一天。

参考文献

- [1] Miller R, Owens S J, Rørslett B. Plants and color: flowers and pollination [J]. *Optics and Laser Technology*, 2011, 43 (2): 282 - 294. (图1和图2引用自此论文, 图片版权所有为Bjørn Rørslett)
- [2] Grotewold Erich. The genetics and biochemistry of floral pigments. [J]. *Annual Review of Plant Biology*, 2006, 57: 761 - 780.
- [3] Heuschen B, Gumbert A, Lunau K. A generalised mimicry system involving angiosperm flower color, pollen and bumblebees' innate colour preferences [J]. *Plant Systematics and Evolution*, 2005, 252 (3-4): 121 - 137.
- [4] Cronquist M, Bezzerides A, Attygalle A, et al. Attractive and defensive functions of the ultraviolet pigments of a flower (*Hypericum calycinum*) [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2001, 98 (24): 13745 - 13750.
- [5] Eisner T, Eisner M, Aneshansley D. Ultraviolet patterns on rear of flowers: basis of disparity of buds and blossoms [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1973, 70 (4): 1002 - 1004.

(责编 李融)