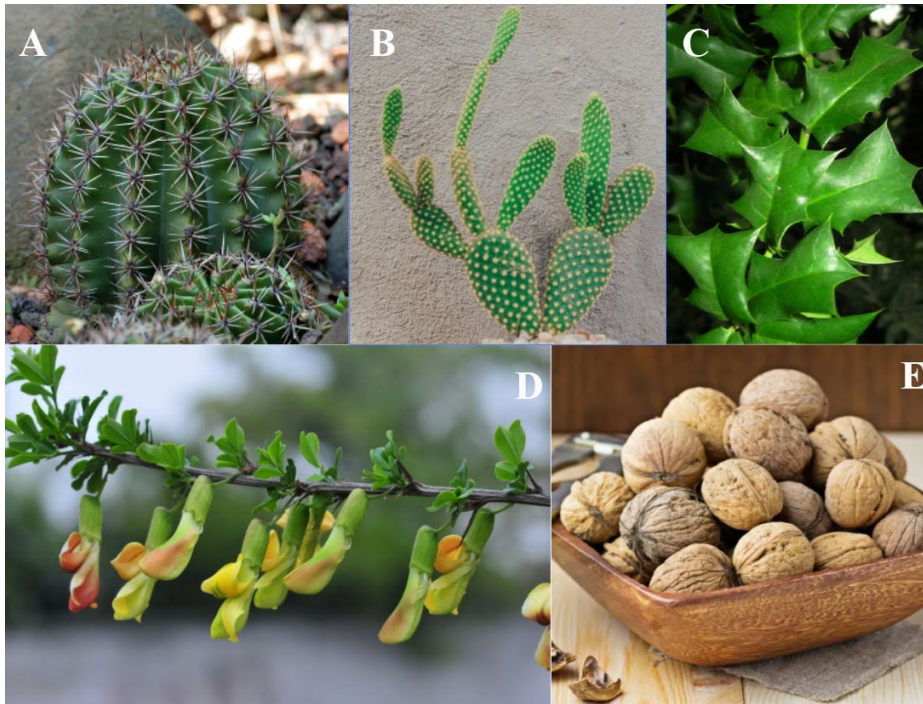


# 你有毒药？我有解药！-动物解毒的那些事儿

作者：赵吉东

看过金庸武侠剧的大都听过一些虚构的毒药，如七虫七花膏、十香软筋散等，在小说中，这些毒药通常威力巨大，一些毒药的原材料是取自有毒的植物。在现实世界中，也存在各种有毒的植物，常见的比如蓖麻、曼陀罗、夹竹桃等，那么有毒的植物有没有天敌呢？当然是有的！

动物逃避天敌的本领非常多，它们会采取伪装、快速逃跑、利用自身铠甲等各种手段避免被其他动物发现或捕食。而植物则难以伪装，更不能通过移动逃跑来避险，它们在漫长的进化历程中，逐渐拥有了物理防御术，比如茎杆上坚硬的刺、厚厚的革质叶片，厚且坚硬的果皮等。动物在采食这些装备了“武器”的植物时，要么被尖刺扎的嘴巴出血，要么叶子又厚又硬难以下咽，因此可以一定程度上躲避动物的捕食。



不同植物的物理防御手段。A.仙人球（来源，Wikipedia）通常有长而硬的刺。B.仙人掌(来源：昵图网)有小而密集的刺。C. 枸骨（来源：blog.sciencenet.cn/）有革质且带刺的叶片。D. 锦鸡儿（来源：fjcn.net）的茎上带有硬刺。E. 核桃（来源：thespruceeats.com）的果仁营养丰富，但果皮坚硬厚实难以打开，可防止被小型动物

比如松鼠大量采食。

植物只有物理防御还不够，有些动物比如骆驼、长颈鹿对植物的刺也没在怕的！植物的化学防御才是它们的重量级武器。



骆驼（来源：[youtube.com](https://www.youtube.com)）可轻松吃下仙人掌；长颈鹿（来源：[AskNature.org](https://www.AskNature.org)）灵巧的舌头和嘴巴专门对付金合欢树上的长刺。

植物的化学防御主要指它们产生的次生代谢物。已知的这类物质已超过 20 万种，它们有的能直接对动物造成生理性损伤，有的则会间接通过降低动物对养分的消化吸收来减弱自身对动物的吸引力，以达到逃避食草动物捕食的目的。然而有些动物的食谱中，大部分都是让其他动物望而生畏的有毒植物，这些动物是如何应对的呢？

### 1.树袋熊：我不爱运动是为了节省能量！才不是中毒了！

曾经看到网上有人问一个问题，“树袋熊看起来呆呆的，行动又缓慢，是不是吃桉树叶中毒了？”考拉要是知道人类这样说自己，非得发脾气不可！

树袋熊又称考拉，是澳大利亚的特有物种，也是仅存的几种以桉树叶为主要食物的动物。桉树叶子纤维素含量高，营养物质含量低，树袋熊有特化的消化道，它们的盲肠长达 2 米，可以最大化地吸收桉树叶中的营养物质。为了节省能量，树袋熊大部分时间都在树上睡觉，睡醒就专心吃树叶，因此它们行动缓慢并不是中毒了。桉树叶对其它动物都有一定毒性，树袋熊是如何应对有毒物质的呢？



仅存的几种以桉树叶为食的动物。左：环尾负鼠（来源：[australia.museum/](http://australia.museum/)）；中：大袋鼯（来源：[wilderness.org/](http://wilderness.org/)）；右：树袋熊（来源：[Wikipedia](http://Wikipedia)）

桉树叶中的有毒成分包括酚类化合物、萜烯类、单宁等物质。树袋熊取食桉树叶之后，消化道特别是盲肠内丰富的微生物可以帮助发酵纤维素、降解和吸收一部分毒素，树袋熊肝脏中的高浓度特殊酶类也可以参与解毒，这是它们不会中毒的秘密。有趣的是，小树袋熊由于分解毒素的能力尚不完善，只能食用母亲的糊状排泄物，这样既不会摄入太多桉树叶中的毒素，又可以从母亲那里获得能够解毒的肠道微生物。



左图：成年树袋熊和它的宝宝（来源：[Pinterest](http://Pinterest)）；右图：小树袋熊在取食母亲的粪便（来源：[163.com](http://163.com)）

## 2. 骡鹿：“雨露均沾”助我解毒！

单宁是广泛分布在植物种的次生代谢物质，它存在于植物的茎、叶子和果实中。它会让植物的口感变得苦涩无比。牲畜如果取食还有高单宁含量的草料，轻则导致营养物质吸收受阻、食欲降低，严重则会导致腹泻、肾功能衰竭甚至死亡。



单宁普遍存在于各种植物中，我们吃的水果中的涩味就是它导致的（来源：[51yuansu.com](http://51yuansu.com)）

而一些野生动物却可以轻松应对高单宁的食物。比如骡鹿。它们的唾液中含有产生单宁结合唾液蛋白，这种蛋白可以在它们咀嚼植物的时候和食物中的单宁结合，降低食物的苦涩味道，让后续的营养吸收不会受到阻碍。这种通过唾液预先解毒的例子在杂食性的美洲黑熊、吼猴、美洲河狸等动物中都普遍存在。

骡鹿还有一种对抗植物毒性的策略，那就是食谱多样化！它们的食谱中包含剧毒的植物——藜芦，这种植物包含多种生物碱，过量服用可严重损伤呼吸系统和神经系统。骡鹿在食用这种植物时会尽量多的食用其它树木和灌木的茎和叶，几乎各种类型都会吃一点，它们不会像牛羊一样偏爱青草。这种策略被认为可以有效稀释或降解单一植物中的有毒物质。



含有多种剧毒物质的芦藜（左，来源：[eol.org](http://eol.org)）和骡鹿（右，来源：[Wikipedia](http://Wikipedia)）

### 3.红蜘蛛：听说你有解药？拿来吧你！

有些植物毒素如单宁等可大量分布在植物的各个部位，然而还有一类有毒物质，植物仅在受到伤害时局部释放，比如氰化物。植物受到伤害而释放氰化物的生理现象被称为生氰作用，存在生氰作用的植物超过 2500 种。氰化物会抑制动物细胞线粒体呼吸链，导致细胞缺氧无法给机体供应能量。动物中毒的症状一般会体现为呼吸急促、四肢麻痹，严重可导致死亡。空气中氰化氢的浓度达到 0.1mg/L 就能使人在 1 小时内迅速死亡。

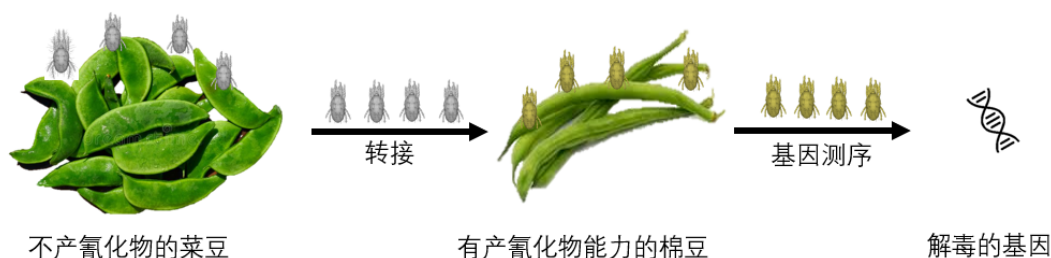
国外科学家做了一个有趣的实验，他们选取了 2 种植物（菜豆和棉豆）和以这些植物为食的红蜘蛛（学名叶螨，包含多个物种）作为研究对象，来探究红蜘蛛取食了含有氰化物的植物为什么不会中毒？



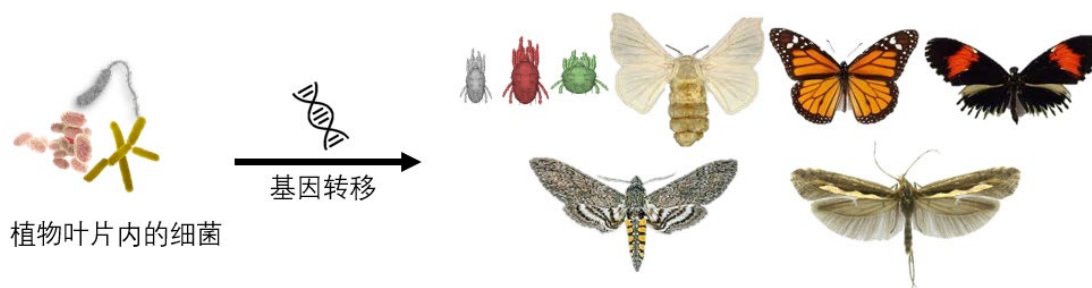
该研究使用的红蜘蛛学名是二斑叶螨（来源：[Wikipedia](http://Wikipedia)），上图展示二斑叶螨和它的卵

实验用的红蜘蛛刚开始在不会产生剧毒氰化物的菜豆上取食，之后被转移到可

以产生氰化物的棉豆上，经过了 35 代的繁殖，红蜘蛛逐渐适应了氰化物的毒性，研究人员对比了这些红蜘蛛的基因发生了哪些变化，他们发现了一种名为 *Tu-CAS* 的基因，正是这种基因帮助红蜘蛛解氰化物的毒！



研究人员进一步的分析发现目前仅少数几种红蜘蛛、蛾类和蝴蝶存在这种的基因。为什么红蜘蛛的大部分近亲没有这种解毒能力，而远方亲戚如蝴蝶和蛾子却有呢？研究人员扩大了对该“解毒基因”的搜索范围后，终于发现了奥秘，原来这种基因还存在于细菌体内，而这些细菌都是植物体内的共生细菌！也就是说这些细菌的解毒基因在漫长的进化历程中转移给了红蜘蛛、蛾子和蝴蝶，使得它们也能解氰化物的毒！然而细菌的基因是通过什么方式转移给了节肢动物，目前还无法解答。



道高一尺魔高一丈，捕食者和猎物在进化的道路上谁都不敢懈怠，没有见招拆招的本领，可能早已消失在生命演化史的长河中了。当然，有关于动物和植物“竞赛”的例子还远不止这些，有了兴趣和新技术的驱动，未来有更多动物-植物相互作用的有趣故事等待我们去发现。

#### 参考文献：

[1] Hagerman, A. E., and C. T. Robbins. 1993. Specificity of tannin-binding salivary proteins relative to diet

selection by mammals. *Canadian Journal of Zoology*, **71**:628-633.

- [2] Pfister, J. A. 1999. Behavioral strategies for coping with poisonous plants.
- [3] Wybouw, N., W. Dermauw, L. Tirry, C. Stevens, M. Grbic, R. Feyereisen, and T. Van Leeuwen. 2014. A gene horizontally transferred from bacteria protects arthropods from host plant cyanide poisoning. *Elife*, **3**: e02365.
- [4] Johnson, R. N., D. O'Meally, Z. Chen, G. J. Etherington, S. Y. W. Ho, W. J. Nash, C. E. Grueber, Y. Cheng, C. M. Whittington, S. Dennison, E. Peel, W. Haerty, R. J. O'Neill, D. Colgan, T. L. Russell, D. E. Alquezar-Planas, V. Attenbrow, J. G. Bragg, P. A. Brandies, A. Y. Chong, J. E. Deakin, F. Di Palma, Z. Duda, M. D. B. Eldridge, K. M. Ewart, C. J. Hogg, G. J. Frankham, A. Georges, A. K. Gillett, M. Govendir, A. D. Greenwood, T. Hayakawa, K. M. Helgen, M. Hobbs, C. E. Holleley, T. N. Heider, E. A. Jones, A. King, D. Madden, J. A. M. Graves, K. M. Morris, L. E. Neaves, H. R. Patel, A. Polkinghorne, M. B. Renfree, C. Robin, R. Salinas, K. Tsangaras, P. D. Waters, S. A. Waters, B. Wright, M. R. Wilkins, P. Timms, and K. Belov. 2018. Adaptation and conservation insights from the koala genome. *Nature Genetics*, **50**:1102-1111.

## 作者简介

赵吉东，男，生态学博士，陕西省动物研究所助理研究员。主要从事动物种群生态学、病原微生物研究。联系电话：15501257010；邮箱：zhao\_jd@qq.com