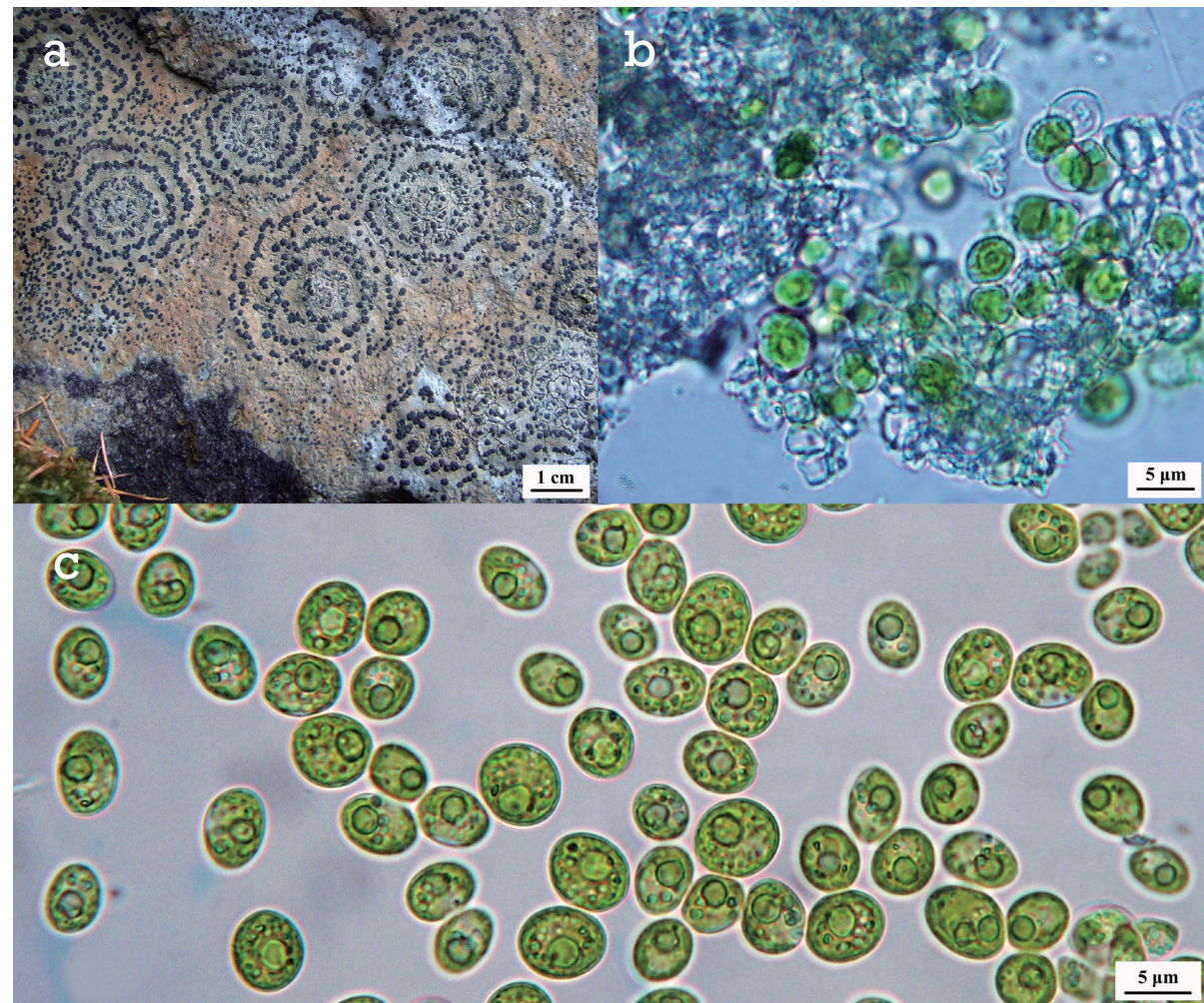


壳假网衣*Porpidia crustulata* (a) 及共生的小球藻*Chlorella* sp. (b, c)



助友为乐 ——漫话共生藻

撰文·供图 冯佳 李博

共生是指两种密切接触的不同生物之间形成的紧密互利关系。在共生关系中，一方为另一方提供有利于生存的帮助，同时也获得对方的帮助，相互依赖，彼此有利。藻类就是一类这样的生物，可以与许多生物共生，是它们“亲密无间”的好朋友。

地衣是藻类和真菌共生最熟知的例子。藻类通过光合色素进行光合作用制造有机物，为真菌提供营养。由于菌丝围绕，将藻细胞包被在

其中，只能依靠真菌从外界吸收水分和二氧化碳。真菌还以其产生的有机酸分解岩石，从而提供矿质元素供给共生藻类生活，同时还可以避免强光直射导致藻类细胞干燥。因此，在藻类和真菌形成的共生复合体中，受益较多的是菌类，地衣的形态特征也由共生真菌决定。在这种不是对等的特殊共生关系中，二者做到了和平共处。地衣中的共生藻类，少数是蓝藻中的念珠藻属(*Nostoc*)、粘球藻属(*Gloeocapsa*)，

大部分是单细胞绿藻，最多的是共球藻属(*Trebouxia*)，它能很好地与真菌共生。

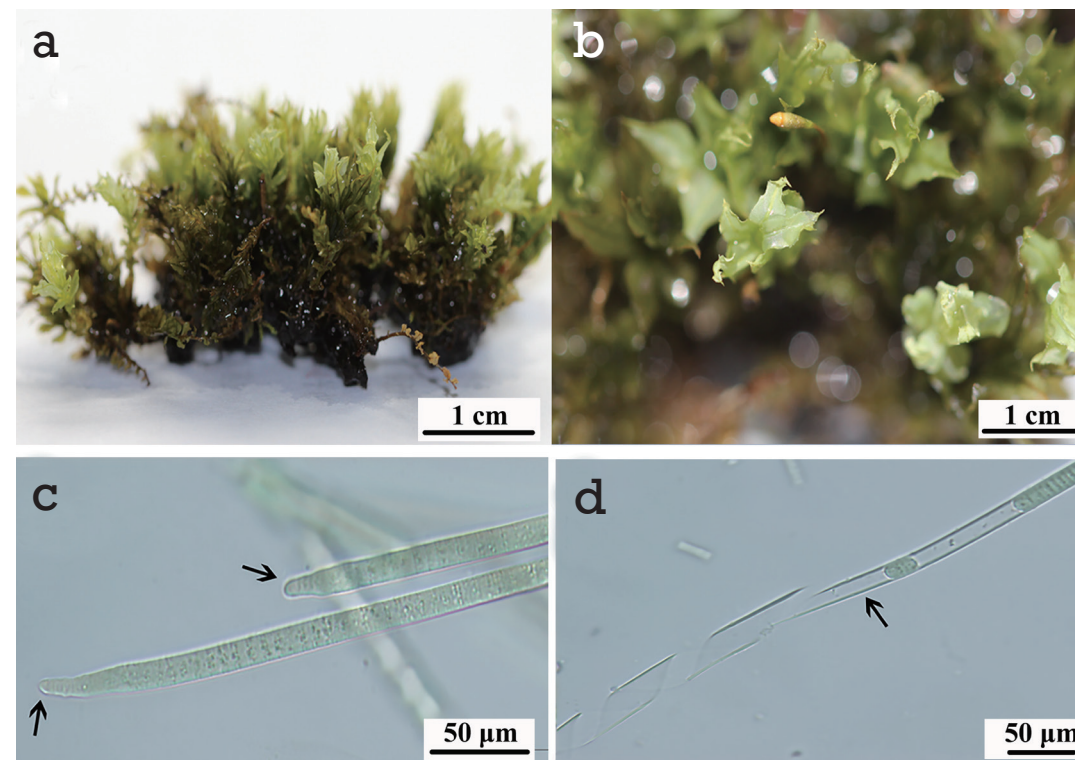
苔藓共生藻，是指进入苔藓体内与之共同生活的藻类。在与苔藓植物长期共生的进化过程中，为了适应生境，其形态特征常会发生变化。据文献报道，从尖叶提灯藓(*Mnium cuspidatum*)中分离的具鞘微鞘藻(*Microcoleus vaginatus*)，在共生状态下的形态与自然状态下有很大不同。与苔藓共生状态下的具鞘微鞘藻为单生，一个胶鞘内仅有一条藻丝，或胶鞘不明显，有的藻丝具帽状体，有的藻丝不具帽状体。自然状态下多数丝体形成皮壳状，边缘有时呈波状，鞘内含多条藻丝，细胞近方形，具帽状体。这可能是由于具鞘微鞘藻在自然状态下是干旱半干旱地区生物结皮的优势种，外面包裹着厚厚的胶鞘，胶鞘主要为一些多糖组成的胞外聚合物。在干旱时，胶鞘起着保护作用，藻丝处于休眠状态；在湿润时，胶鞘吸水能力增强，为藻体提供一个湿润的微环境。许多藻类的培养物在实验室条件下会失去形成胶鞘的能力，这说明胶鞘的特征与环境压力的选择

有关。从苔藓中分离的共生具鞘微鞘藻为单个藻丝，这可能与藻类和尖叶提灯藓的长期共生有关。尖叶提灯藓取代胶鞘给藻类提供一个相对适宜的微环境，并且能够提供藻类生长所需要的水分等。藻类在苔藓内部生长，为了更好地接受光能进行光合作用而渐渐失去了胶鞘。

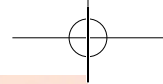
具鞘微鞘藻能够运动，还具有起保护作用的帽状体，所以它能够成功地钻入沙土缝隙中，成为一个先锋植物，并促进干旱半干旱荒漠地区的生物结皮。同样，在与苔藓植物的共生中，它的运动性和帽状体结构使它能够进入苔藓植物。分离的共生藻有的不具有帽状体，这可能与苔藓植物长期为其提供保护作用有关。

作为干旱半干旱地区生物结皮的优势种，具鞘微鞘藻与一些豆科植物一样，能够有效地固定大气中的氮素，在荒漠生态系统中发挥氮源的作用。与苔藓共生的具鞘微鞘藻可以固氮，而且固定的氮只有20%用于共生藻本身，剩下的都留给宿主。因此，具鞘微鞘藻与苔藓植物共生，可以为苔藓提供更多的氮源。

目前的研究已经发现，在苔纲中有壶苞苔



尖叶提灯藓(a, b)及共生的具鞘微鞘藻(c, d)



满江红 供图 / 李光敏

属 (*Blasia*) 和 *Cavicularia*, 藓纲中有泥炭藓属 (*Sphagnum*) 和砂藓属 (*Rhacomitrium*), 角苔纲中有角苔属 (*Anthoceros*)、树角苔属 (*Dendroceros*)、短角苔属 (*Notothylas*) 等苔藓植物可以与藻类共生。能够与苔藓共生的藻类大部分是蓝藻, 包括念珠藻属 (*Nostoc*)、真枝藻属 (*Stigonema*)、眉藻属 (*Calothrix*)、伪枝藻属 (*Scytonema*)、席藻属 (*Phormidium*)、鱼腥藻属 (*Anabena*)、鞘丝藻属 (*Lyngbya*)、颤藻属 (*Oscillatoria*)、色球藻属 (*Chroococcus*) 和微囊藻属 (*Microcystis*) 等。

藻类也可以与其他植物形成共生关系, 它们侵入到宿主体内, 生活在宿主的细胞间隙中或者细胞里。藻类本身的物质代谢功能完备, 只是利用宿主的身体作为生活的场所, 对宿主没有损害。在满江红和石杉 (蕨类植物)、苏铁 (裸子植物)、根乃拉草 (被子植物) 等植物中, 都发现有藻类与之共生。满江红常见于稻田或水池中, 为小型漂浮水生蕨类。叶片上面密布有瘤状突起, 绿色, 肉质, 下表面隆起, 形成空腔, 称为共生

腔。腔内生长能固氮的鱼腥藻, 因此能固定空气中的游离氮, 是稻谷的优良生物氮肥。

还有一些藻类生活在动物体内, 例如在变形虫类、纤毛虫类、有孔虫类、淡水水螅类和其他腔肠动物、淡水海绵类、涡虫类等体内发现有绿藻, 形成多样的共生关系。珊瑚和藻类之间的共生关系比人们之前预测的6 000万年还要早。珊瑚的动物宿主——珊瑚虫能为藻类提供营养和生活场所, 藻类则能为珊瑚虫提供食物。来自宾夕法尼亚州立大学的学者研究发现, 共生生物的起源与其宿主的起源相一致, 意味着这种伙伴关系是现代珊瑚多样化以及存活下来的主要原因之一。

作者简介

冯佳, 山西大学教授, 博士生导师, 主要从事藻类植物资源的研究。

李博, 太原师范学院副教授, 硕士生导师, 主要从事地衣共生藻类的研究。

(责编 桑新华)



美丽的珊瑚虫 供图 / 汇图网

