

绵参通体被白色绒毛



## 绒毛植物绵参的生存之道

撰文·供图 彭德力 杨丽娥

高山流石滩位于高山草甸及永久雪线之间，海拔通常在4300米以上，是陆地上海拔最高的生态系统。这里砾石成片、土壤贫瘠、空气稀薄、紫外线强、昼夜温差大，还经常出现霜冻、冰雹、暴雨和强风等恶劣天气。因此，该地理区域被认为是自然环境非常极端的区域之一，也常被科学家称为高山冰缘带。为了适应冰缘带恶劣的自然环境，植物进化出了一系列适应冰缘气候的奇特植物类群，如绒毛植物、温室植物、垫状植物、垂头植物等。说到绒毛植物，大家最先想到的肯定是雪莲花（菊科风毛菊属雪兔子亚属植物），它们的叶片和苞片被厚实的白色绒毛，被认为是适应低温多雨的冰缘环境的典型特征。其实，除了雪兔子亚属，还有其他的一些绒毛植物类群，它们对冰缘环境的适应策略也得到了关注。本文将介绍另外一类绒毛植物——绵参，让我们一起来聊聊它的生存之道吧。

绵参交互重叠的叶片



### 独特的外形

绵参 (*Eriophyton wallichii*) 隶属于唇形科绵参属，主要分布于喜马拉雅—横断山区，是高山流石滩的特有种之一。绵参通体被白色绒毛，包括叶片、茎、花萼和花冠，是典型的绒毛植物。除了具有厚厚的绒毛，绵参还具有特殊的叶形结构。绵参的叶片呈椭圆形或圆形，中间微凹，交互重叠包裹着里面的繁殖器官（花或果实）。这种形态的叶片就像是贝壳的外壳一样包裹着里面的器官，因此绵参也被形象地称为“贝壳叶植物”。

具有类似形态的类群还有唇形科扭连钱属 *Marmoritis* 植物，如圆叶扭连钱 (*M. rotundifolia*)，它们也分布在喜马拉雅—横断山区的高山冰缘带。那么，绵参独特的形态结构对生长和繁殖又有怎样的适应意义呢？

### 为何要长绒毛？

高山冰缘带通常温度低且降水丰富，那么绒毛是否就像“羽绒服”一样，能防水、保温呢？研究者通过解剖观察和控制实验，探讨了绒毛的保温和防水功能，结果表明：（1）叶片绒毛由多细胞构成，内凹，花冠和花萼的绒毛也具有相似的结构。在阳光的照射下，绒毛能够吸收较多的人射辐射，具有良好的聚热升温作用。（2）绒毛具有大的水滴接触角和小的水滴黏滞度，也就是说，绒毛能将水滴托举在毛被的上部，不会湿润叶表皮，且水滴容易从叶片上滚落，有很好的防水作用。因此，绒毛具有聚热升温和防水的作用，可以加速植物的生长和发育，是对高山生境内低温、多雨且植物生长期短适应。

### 为何叶片要相互重叠来覆盖繁殖器官（花和果实）？

绵参叶片被白色绒毛，且相互重叠，覆盖着花朵（果实）。从表面上看，绒毛结构具有防水和保温的作用，可以使内部的



圆叶扭连钱的形态及生境

花和果实免受雨水、紫外辐射或者低温的伤害。也就是说，雨水、紫外辐射或者低温都有可能作为选择因子驱动了重叠叶片的进化。另外，高山环境中也容易出现短期的极端的强太阳辐射，特别是正午，叶片覆盖花朵（果实），可以对它们起到遮阴作用，重叠叶片的作用也可能是保护花朵（果实）免受极端高温的伤害。那么，极端高温也可能是重叠叶片（包裹着花朵和果实）的进化动力。研究者通过检测花粉对雨水、紫外辐射和温度的响应，及野外人为托举叶片的操控实验，探讨了叶片盖住花（果实）的进化驱动因子。结果表明：绵参花粉对雨水和强紫外辐射敏感。虽然重叠叶片可以使花朵免遭雨水和强紫外辐射的伤害，但是绵参具有半包围的保护性花冠，本身就能防止雨水和强紫外辐射对花粉的伤害。绵参的花冠和花萼具有厚实的绒毛，当它们直接暴露在强辐射下时，花冠内（花期）和花萼内（果期）的温度会波动很大，并出现极端的高温（35℃以上）。在花期，高温能显著降低花粉的萌发；在果期，没有叶片的遮盖后，种子产量或种子的活力也会显著降低。重叠的叶片盖住花和果实，能避免花冠（花期）和花萼（果期）内出现极端的高温，同时也具有一定的温室效应（不会使内部的温度太低），使花和果实的发育温度维持在最佳的水平范围内。也就是说，花冠半包围的结构可以防止雨水和紫外辐射伤害花粉；花萼和花冠上的绒毛具有聚热升温的作用，在强太阳辐射下，如果没有叶片的遮阴，花内容易出现极端高温，从而不利于花粉和种子的发育。绵参交互重叠的叶片覆盖着花和果实就避免了花内过高温度的出现，提高了繁殖适合度。

### 叶片覆盖花是否会导致传粉困难？

绵参的花隐藏于交互重叠的叶丛中，非常不利于吸引传粉昆虫，是否会造成传粉困难呢？研究者对其开展了传粉生物学研究，套袋和授粉实验表明：绵参具有大量的花蜜，有利于吸引传粉者，不存在传粉困难。绵参自交亲和，但结实必须依赖熊蜂传粉，它们在植株内的连续访花行为容易导致花粉在同株异花之间传递，在完成异交的同时也容易引起“协助自交”。在突降暴雨时，绵参重叠的叶片还能为熊蜂提供临时的避难所。这些特征说明绵参通过传粉昆虫既能实现异交也能实现自交，最大限度地保证了结实，这也可能是绵参在高山冰缘地区赖以存活和延续的一个重要原因吧。

野外状态下，绵参绒毛对雨水的托举作用



研究者野外对绵参叶片进行托举实验

### 结语

高山冰缘带环境极端恶劣，非常不利于植物的生长。那么，人们可能会以为，这样的高海拔地区应该是一片荒凉，且寸草不生。然而，事实并非如此。在这样的高海拔地区，还生活着许许多多的“土著居民”，为了降低或者消除冰缘环境对自身生长繁殖造成的不利影响，它们进化出了一系列适应冰缘气候的奇特外部形态，如绒毛、温室、垫状、垂头等形态特征。但是，除了这些明星植物具有的特殊形态结构，其他的类群应该也具有一些“独门绝技”来适应冰缘环境，只是这些绝技还不为人所知。随着第二次青藏高原综合科学考察的开始，这些独门绝技的面纱也将逐渐被揭开。

本文得到了国家自然科学基金（32060079），the Second Tibetan Plateau Scientific Expedition and Research (STEP) program (2019QZKK0502) 和云南省科技厅基础研究专项（202001AU070092）的支持。

### 作者简介

彭德力，云南师范大学生命科学学院副教授，主要从事种子生物学和高山植物适应进化的研究。

杨丽娥，云南师范大学地理学部副教授，主要从事植物系统分类与生物地理学的研究。

绵参为熊蜂提供临时避难所（a. 雨天来不及回巢的熊蜂在绵参叶片下躲雨 b. 熊蜂正常访花）

（责编 桑新华）

