

“固氮工厂”的“部门”氧气之争，是如何调和的？

上海科学家发现豆科植物生物固氮新调控机制

2021年11月03日 版面：B2

作者：耿挺

在豆科植物的“固氮工厂”——根瘤中，有两个对氧气要求截然不同的“部门”：植物根瘤细胞和寄生其中的固氮菌，为了自身的生存和固氮的高能耗，固氮菌渴望大量的氧气；但对于将氮气变成氨的关键“岗位”——固氮酶来说，只有低氧环境才适合工作。

豆科植物是如何调和“固氮工厂”的“部门”之争的？10月29日，一篇由中国科学院分子植物科学卓越创新中心Jeremy Dale Murray研究组及其合作团队完成的论文，在线发表于国际学术期刊《科学》上，进一步揭开了“固氮工厂”的运作机制之谜。

豆科植物也有“血红蛋白”

对于“部门”间的氧气之争，豆科植物的“固氮工厂”早就安排了一个“调解员”——共生血红蛋白（豆血红蛋白）。

豆血红蛋白类似人体血液中的血红蛋白，包含了血红素和蛋白质。其中，结合了铁元素的血红素，在氧气浓度过高时可以与氧气结合，降低其含量；而在氧气不足时，豆血红蛋白可以将氧气释放给固氮菌供其呼吸。

如此一来，豆血红蛋白就能恰到好处地维持根瘤细胞中的氧气浓度，既能满足宿主细胞与根瘤菌在生存和固氮时的能量消耗，又能让固氮酶能安心工作。然而，谁又在“幕后”操控着豆血红蛋白在“三个鸡蛋上跳舞”？这一直是科学家们试图破解的难题。

颜色之差带来意外惊喜

突破，来自颜色的差异。在实验室的试管里，正常的豆血红蛋白使根瘤呈现粉红色。然而，在Jeremy Dale Murray研究组里，一根试管里呈现出不一样的粉红色——红色更淡一些，这表明这只试管里的豆血红蛋白，在结合氧气的能力上有所不同。

这一意外发现，让科研人员倍感惊喜，因为这支试管里的豆血红蛋白缺少了NLP2基因，而这个基因可能在调控豆血红蛋白基因表达中发挥作用。NLP家族是植物特有的一类转录因子，它能够结合靶基因启动子中的特殊“元件”——硝酸盐响应元件（NRE）来激活下游基因的表达，参与调节植物氮代谢过程。

研究组随后的一系列研究证实，NLP家族中的两个成员NLP2和NIN在根瘤中具有“高人一等”的表达量。当植物缺少了NLP2后，豆血红蛋白基因的表达也受到了影响，同时根瘤的固氮能力下降。

进一步研究显示，NIN和NLP2通过直接结合豆科植物保守的双重硝酸盐响应元件（dNRE）来激活根瘤中豆血红蛋白基因的表达，平衡固氮所必需的氧气微环境。系统发育分析表明，dNRE和NLP2仅在豆科植物中高度保守，暗示着其进化有助于提高根瘤中豆血红蛋白的表达水平。

事实上，除了豆科植物，其他不少种类的植物里，都有血红蛋白。不同的是，其他植物的血红蛋白都只是负担着体内清除氧气的作用，从而能够在洪水泛滥等低氧环境中生存。研究团队发现，其他NLP能够通过植物中普遍存在的硝酸盐响应元件激活非共生血红蛋白基因的表达。这表明NLP-血红蛋白模块与缺氧生存的作用在根瘤中得以延续，以解决生物固氮的氧气悖论。

剑指生物固氮新途径


豆科植物已经存在了数千万年，早在中国周朝时期，就有学者注意到了它对农业的重要性。由于能源成本的逐年提高，氮肥的生产成本也在增加。因此，生物固氮作为潜在的新型氮肥来源，对于农业可持续发展具有重要意义。

“我们希望通过把豆科植物固氮基因转移到水稻或玉米里，或改变固氮菌基因从而适应水稻或玉米，由此实现非豆科植物的自主固氮，进而降低工业氮肥的使用，这对于节约农业生产成本和生态环境保护具有重大意义。”Jeremy Dale Murray表示，在实现这一宏伟目标之前，豆科植物固氮还有很多机理还需要进一步研究。

编辑：chunchun 审核：刘纯

 点击下载PDF (<http://www.shkjb.com/FileUploads/pdf/211103/kj11036.pdf>)

证件信息：沪ICP备10219502号 (<https://beian.miit.gov.cn>)

 沪公网安备 31010102006630号 (<http://www.beian.gov.cn/portal/registerSystemInfo?recordcode=31010102006630>)

中国互联网举报中心 (<https://www.12377.cn/>)

Copyright © 2009-2022

上海科技报社版权所有

上海科荧多媒体发展有限公司技术支持



(<http://bszs.conac.cn/sitename?method=show&id=5480BDAB3ADF3E3BE053012819ACCD59>)