根瘤共生机制研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/16323.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

农业绿色革命以来，氮肥主要来自化学生产，而自然界存在天然的生物固氮系统——土壤中的固氮菌。豆科植物大多可与固氮根瘤菌建立共生关系，形成高效的“固氮工厂”——根瘤。根瘤含有大量的固氮工具——类菌体。类菌体内的固氮酶能够将空气中的氮气转变成植物可利用的氨，同时植物可提供根瘤菌需要的碳水化合物，实现互惠互利。然而，固氮反应过程需要消耗大量的能量，对植物来说是较为“昂贵”的交换，不仅如此，固氮酶对氧气高度敏感，需要在低氧环境中才能工作，但宿主细胞和根瘤菌本身的呼吸作用又需要大量氧气。为了同时满足固氮酶、宿主细胞与根瘤菌的不同需求，根瘤细胞通过合成大量的共生血红蛋白（又名豆血红蛋白）来调节氧气浓度。豆血红蛋白存在于豆科植物根瘤中，类似人体血液中的血红蛋白，包含血红素和蛋白质，结合了铁元素的血红素可与氧气结合，降低其含量；可将结合的氧气释放给类菌体供其呼吸，与氧气结合的豆血红蛋白使根瘤呈粉红色。豆血红蛋白的含量和组分直接影响根瘤内固氮酶的活性，并在豆科植物生物固氮中发挥关键作用，但迄今尚无关于根瘤内豆血红蛋白基因表达调控机制的报道。

10月29日，《科学》在线发表了中国科学院分子植物科学卓越创新中心Jeremy Dale Murray研究组与合作团队，完成的题为*NIN-Like Protein Transcription Factors Regulate Leghemoglobin Genes in Legume Nodules*（《根瘤起始类蛋白转录因子调控豆科植物根瘤中的豆血红蛋白基因的表达》）的研究论文。该研究首次发现转录因子NLP家族调控根瘤中豆血红蛋白基因表达的分子机制。

NLP（NIN-Like Protein）家族是植物特有的一类转录因子，能够结合靶基因启动子中的特殊“元件”——硝酸盐响应元件（Nitrate Response Element，NRE）来激活下游基因的表达，参与调节植物氮代谢过程。研究团队发现，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，在分析*nlp2*突变体根瘤时，意外地发现当植物缺少*NLP2*后，豆血红蛋白基因的表达也受到了影响，且根瘤的固氮能力下降。

进一步研究表明，NLP家族成员*NIN*和*NLP2*直接结合豆科植物保守的双重硝酸盐响应元件（double Nitrate Response Element，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。而非共生血红蛋白的携氧特性有助于植物在低氧环境中生存。研究显示，其他NLP可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

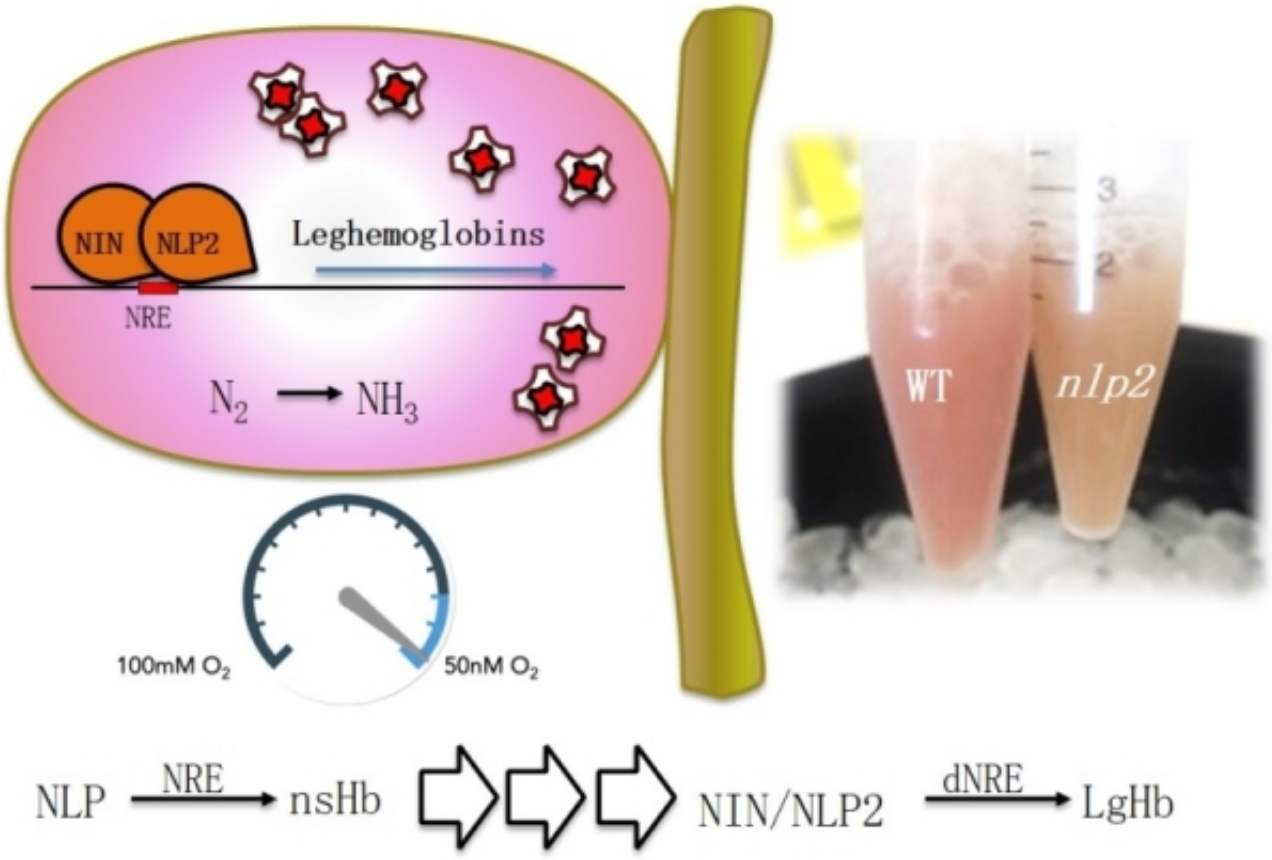
用在根瘤中得以延续，以解决生物固氮的“氧气悖论”。此外，该研究还挖掘出该调控机制的进化和起源。

豆科植物存在数千万年，周朝的学者便注意到其对农业的重要性。由于能源成本的提高，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。该研究阐释了豆科植物生物固氮的新调控机制，为提高豆科植物的固氮能力奠定了理论基础，并有助于对水稻和玉米等非豆科植物实现自主固氮的研究，进而降低工业氮肥的使用，对于节约农业生产成本和生态环境保护具有重要意义。

该工作主要在分子植物卓越创新中心完成。该研究团队同时隶属于中科院与英国约翰·英纳斯中心合作共建的国际联合单元植物和微生物科学联合研究中心。上海师范大学、法国图卢兹大学和英国牛津大学的科研人员参与部分工作。研究工作得到中科院基础研究青年科学家项目、国家自然科学基金、国家重点研发计划、中科院战略性先导科技专项和国家重点实验室的资助。

论文链接

[video:豆科植物如何建造“固氮工厂”]



豆科植物“NLP-LgHb”模块的功能与进化



观察植物生长情况

研究团队单位：分子植物科学卓越创新中心

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发