

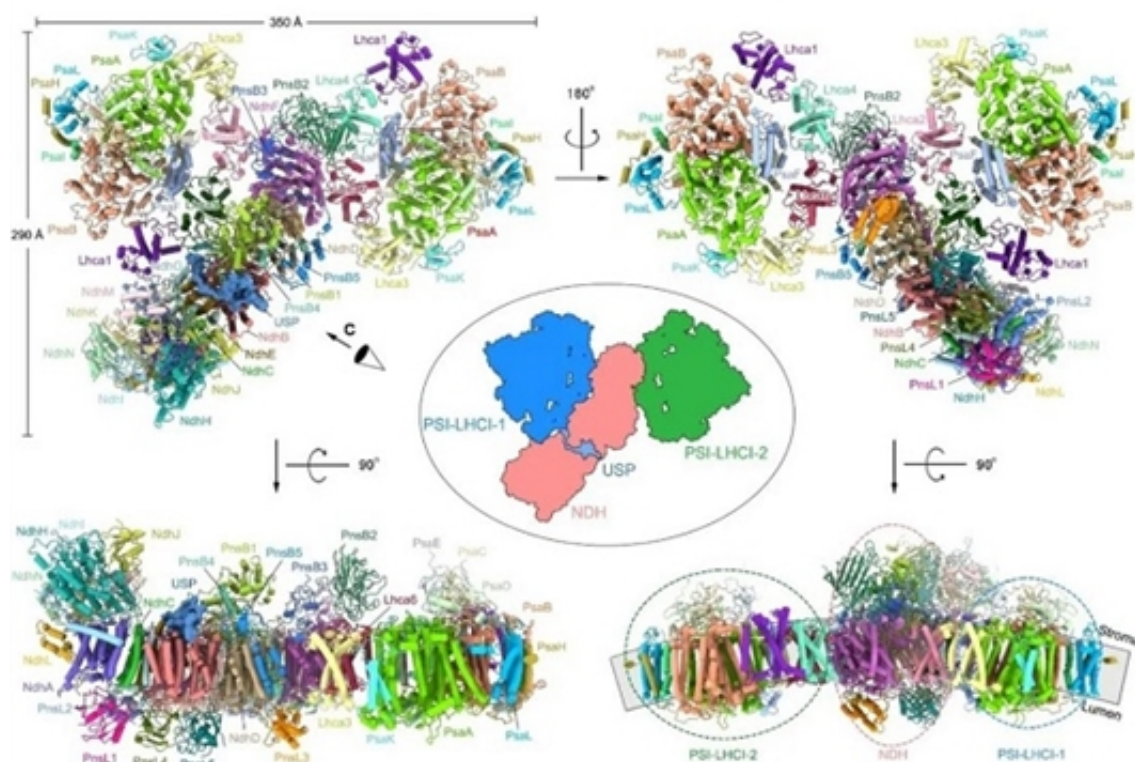
匡廷云团队首次解析光合作用“绿巨人”空间结构

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16808.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！

匡廷云团队首次解析光合作用“绿巨人”空间结构。



高等植物大麦光系统I-NDH的整体结构。中科院植物所供图

光合作用是地球生物安全而又高效地获取太阳能量的主要途径。在植物中，运行光合作用的场所——光合膜有着复杂而精细的结构。

北京时间2021年12月9日凌晨0时，《自然》以长文形式在线发表了中国科学院植物研究所（以下简称植物所）匡廷云院士团队与浙江大学张兴团队联合完成的突破性研究成果。

他们首次解析了大麦中一个包含55个蛋白亚基的叶绿体超分子复合体的高分辨率空间结构，是目

前最大的已获得高分辨率结构的高等植物叶绿体超分子复合体，并首次揭示了光合膜上这个绿巨人的组装原理。

解析大块头的精细结构

光合作用中光能的吸收、传递和转换发生在光合膜上，是由光合膜上具有一定分子排列和空间构像的蛋白质超分子复合体完成的。中国科学院院士匡廷云在接受《中国科学报》采访时说，光合膜上有光系统 I 和光系统 II 等多个超分子复合体，是光能高效吸收、传递和转化的场所。

该研究首次解析的绿巨人就是由其中多个超分子复合体进一步组装而成的。论文通讯作者、植物所研究员韩广业告诉《中国科学报》，此前研究已经得知该复合体由三个大基团组成，是一个庞大而复杂的结构。但其具体组成和精细结构尚不清楚。

匡廷云解释说，光合作用的电子传递在光合膜上有两种类型，一种是线性电子传递，另一个是围绕光系统 I 的环式电子传递。

环式电子传递是光能转化途径之一，也调控着二氧化碳的高效固定。而该超分子复合体就与环式电子传递链有密切关系。搞清楚绿巨人的精细结构对理解光合作用光能转化调控机理有着非常重要的理论意义。

国际上有几个先进的研究团队在做这项研究。这次我们首先发表了它的高分辨率结构，得益于长期坚持不懈的努力。匡廷云说。

韩广业告诉《中国科学报》，像绿巨人这么大的超分子复合体很难获得，要想获得它的结构并不容易。经过多年实验，他们最终分离提纯到该超分子复合体，并利用冷冻电镜看到了它的高分辨率结构。

论文共同第一作者、植物所研究员王文达介绍，大麦光系统 I—NDH 复合体由 2 个光系统 I 亚复合体、1 个 NDH 亚复合体及一个未知蛋白 USP 组成，共包含 55 个蛋白亚基、298 个叶绿素分子、67 个类胡萝卜素分子和 25 个脂分子，总分子量约 1.6 MDa。其中，NDH 是一个类还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸脱氢酶复合体。

这是目前最大的已获得高分辨率结构的高等植物叶绿体超分子复合体。匡廷云说。

揭示环式光电子传递的结构基础

在获得了大麦光系统 I (PSI)—NDH 复合体高分辨率结构之后，该团队进一步解析了复合体中各个基团之间的相互作用和组装原理。

论文第一作者、植物所已毕业博士研究生沈亮亮介绍，光合作用光反应过程是在一系列镶嵌在光合膜上的蛋白质超分子复合体中进行的，通过光驱动光系统 II 和光系统 I 反应中心的电荷分离及光合电子传递，将光能转化为化学能，形成 ATP（腺嘌呤核苷三磷酸）和还原力 NADPH，用于暗反应中的二氧化碳固定。光系统 I 和光系统 II 催化两种类型光合电子传递，分别为环式电子传递和线性电子传递。

通过光诱导水裂解产生的电子依次经过光系统 II、细胞色素 b6f 和光系统 I，最后形成还原力 NADP

H，这样的电子传递方式称为线性电子传递。在这个过程中，质子被泵入类囊体囊腔中，产生跨膜质子梯度来驱动ATP合酶合成ATP。

沈亮亮说，如果电子经过光系统I后没有形成还原力NADPH，而是返回到质体醌库和细胞色素b₆f中，并继续返回到光系统I上，这种围绕PSI进行的电子传递方式称为环式电子传递。这一过程仅产生跨膜质子梯度并形成ATP，而不产生还原力NADPH。

韩广业解释说，围绕光系统I的环式电子传递在调节植物光合作用中ATP/NADPH的比例、满足二氧化碳固定、各种生理反应需求和调节光合生物响应环境变化等方面具有重要作用。

而NDH介导的围绕光系统I的环式电子传递是光合环式电子传递的主要途径之一，对维持光合固碳过程中ATP的供应及逆境胁迫条件下类囊体膜基质氧化还原状态具有重要功能。

他们的研究首次揭示了光系统I中两个特殊天线亚基的精确位置和结构特点，其介导了光系统I与NDH之间的相互作用；首次揭示了10个高等植物叶绿体特有的NDH亚基的精确位置和结构特点，这些新亚基与NDH的膜内亚基相互作用，对维持该超分子复合物的稳定有着重要的功能。

我们解析的大麦光系统I—NDH复合体高分辨率结构，揭示了高等植物叶绿体PSI—NDH复合体介导环式光合电子传递调控的结构基础。匡廷云说。

为提高光合效率提供新思路

匡廷云团队长期关注光合作用机理研究。她告诉《中国科学报》，这项研究结果不仅对深入理解环式光合电子传递调控的机制有重要意义，而且还帮助理解被子植物在进化过程中如何适应陆生光环境具有重要意义。

她说，进化史上，植物登陆前生活在海水中，光线会随着水深的增加而逐渐减弱，水生生物的光合作用善于捕捉各种光强的光线，以充分吸收和利用太阳光能。然而，随着被子植物登陆，生活环境发生了巨大变化，其中一个显著变化就是光照变强了。于是，光合膜适应陆生环境，进化出抗强光照射的光保护机制，这使得被子植物得以生存下来。

匡廷云指出，光合生物的光系统是不尽相同的。大麦是一种高等植物，因此，大麦光系统I—NDH复合体的空间结构有典型性，同时也能为研究其他植物的叶绿体超分子复合体提供参考。

大麦既是一种粮食作物，也是一种饲草作物。匡廷云说，这项研究对提高饲草及作物光能转化、二氧化碳固定效率及抗逆能力具有重要指导意义。

韩广业说，了解了光系统I—NDH复合体的空间结构之后，就可以利用合成生物学技术，构建新型高效的光合膜电子传递线路，优化光合膜能量传递途径，为打造高光效和高固碳光合元件和模块提供新思路。

大麦的基因组图谱是很清楚的，所以这项研究也为设计高产和高抗逆性的优质饲草及作物提供了新的技术路线。匡廷云说。（来源：中国科学报李晨）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-021-04277-6>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：匡廷云等 来源：《自然》

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](https://www.iikx.com)转发