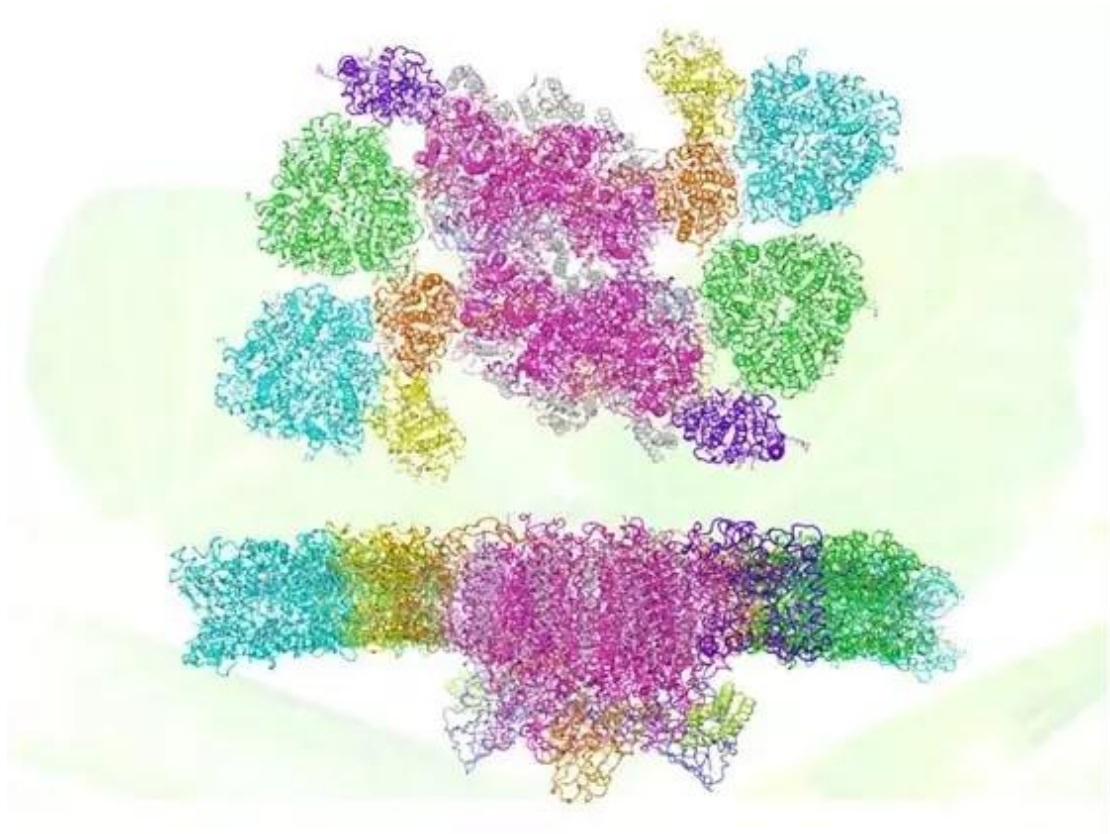


中科院生物物理所报道植物光合作用中高效捕光的超分子 机器结构

Institute of Biophysics Reported the Structure of light-harvesting supercomplex in photosynthesis

【Science 系列】2017年8月25日，Science 期刊发表了常文瑞/李梅研究组、章新政研究组与柳振峰研究组的合作研究成果，题为“Structure and assembly mechanism of plant C2S2M2-type PSII-LHCII supercomplex”。该项工作报道了豌豆光系统 II-捕光复合物 II 超级复合物的高分辨率电镜结构，揭示了植物在弱光条件下进行高效捕光的超分子基础。

光合作用是地球上最为重要的化学反应之一。植物、藻类和蓝细菌进行的放氧型光合作用不仅为生物圈中的生命活动提供赖以生存的物质和能量，同时还维持着地球上的大气环境和碳氧平衡。对光合作用机理的研究不仅具有重要的理论意义，并且将为基于光合作用原理的应用研究提供具有启示性的方案。在高等植物中，光合作用的原初反应始于一个被称为光系统 II 的超分子机器，它能够捕获光能并将其用于驱动能量转换和在常温常压下裂解水分子。高等植物的光系统 II 是一个复杂的膜蛋白-色素超分子复合物，通常以二体形式存在，其每个单体包含了约 30 个蛋白亚基以及数百个色素分子和其它辅因子。为了适应不同的外界光照条件，高等植物光系统 II 与外周的捕光复合物组装成多种不同形式的超级复合物。在适应弱光条件的植物叶片中，光系统 II 核心复合物的外侧结合了两种主要捕光复合物 LHCII（根据亲和力的不同分别被称为 S-LHCII 和 M-LHCII）及三种次要捕光复合物（CP29、CP26 和 CP24）。这些捕光复合物与光系统 II 核心复合物组装形成 C2S2M2 型超级复合物，使其得以在弱光条件下高效地捕获光能并完成能量转换。C2S2M2 型复合物是迄今为止在高等植物中能被稳定分离得到的最大的光系统 II 超级复合物。解析该复合物的完整结构对于人们认识其内部的亚基组成及排布方式、色素结合位置及相互取向和距离具有重要的科学意义。研究结果有助于深入理解植物高效捕获和传递光能的分子机理。



以豌豆叶片为背景的 C2S2M2 型 PSII-LHCII 超级复合物整体结构（上：俯视图；下：侧视图）。核心跨膜大亚基（洋红色）；核心跨膜小亚基（白色）；放氧中心外在蛋白 PsbO（蓝色）；PsbP（浅橘色）；PsbQ（浅绿色）；外周捕光天线蛋白 S-LHCII（绿色）；M-LHCII（青色）；CP29（橙色）；CP26（紫色）；CP24（黄色）

由生物物理所三个课题组组成的联合研究团队解析了处于两种不同条件下的豌豆 C2S2M2 超级复合物的单颗粒冷冻电镜结构，分辨率分别达到 2.7 埃和 3.2 埃，其中 2.7 埃分辨率的结构是目前世界上通过冷冻电镜单颗粒法解析获得的分辨率最高的膜蛋白结构。该项工作首次展示了植物 C2S2M2 型超级复合物的精确三维结构，该复合物总分子量达到 140 万道尔顿（1.4 megadalton, 1,400 kDa），是一个同源二聚体的超分子体系。两个结构中的每个单体分别包含了 28 或 27 个蛋白亚基、159 个叶绿素分子、44 个类胡萝卜素分子和众多的其它辅因子。该项工作首次解析了 CP24 和 M-LHCII 的结构，并指认了 M-LHCII 所特有的 Lhcb3 亚基；展示了不同外周捕光蛋白彼此之间以及它们与核心复合物之间相互识别和装配的位点和机制；在对豌豆 C2S2M2 超级复合物内部高度复杂的色素网络进行深入分析的基础上，揭示了外周天线捕获光能并向核心复合物传递能量的途径。同时，两种不同状态的 C2S2M2 结构的比较分析结果显示超级复合物中的外周捕光复合物 M-LHCII 和 CP24 的结合位置可变，提示高等植物光系统 II 超级复合物可对环境条件的变化做出响应，通过整体结构的变化实现对捕光过程的调节。上述研究结果对于进一步在分子水平深入理解高等植物光系统 II 超级复合物中的能量传递和光保护机理具有重要意义。Science 杂志在同期为该项研究工作配发了题为“*The complex that conquered the land*”的评述。



Structure and assembly mechanism of plant C2S2M2-type PSII-LHCII supercomplex

植物 C2S2M2 型 PSII-LHCII 超分子的结构和装配机制

中科院生物物理所 李梅、章新政、柳振峰

2017 年 8 月 25 日

DOI: 10.1126/science.aan0327

In plants, the photosynthetic machinery photosystem II (PSII) consists of a core complex associated with variable numbers of light-harvesting complexes II (LHCII). The supercomplex, comprising a dimeric core and two strongly bound and two moderately bound LHCII (C2S2M2), is the dominant form in plants acclimated to limited light. Here we report cryo-electron microscopy structures of two forms of C2S2M2 (termed stacked and unstacked) from *Pisum sativum* at 2.7- and 3.2-angstrom resolution, respectively. In each C2S2M2, the moderately bound LHCII assembles specifically with a peripheral antenna complex CP24-CP29 heterodimer and the strongly bound LHCII, to establish a pigment network that facilitates light harvesting at the periphery and energy transfer into the core. The high mobility of peripheral antennae, including the moderately bound LHCII and CP24, provides insights into functional regulation of plant PSII.