

光合作用过程中水的光解需要酶吗

白小军

(陕西省神木中学 719300)

摘要 绿色植物的光合作用是高中生物必修一教材中较为重要的知识板块,而关于绿色植物光合作用过程中水的光解是否需要酶这一问题,市场上现流行的很多教辅资料和一些模拟试题都认为不需要,再加上我们很多一线老师手头资料欠缺或教学任务繁重无暇去查阅相关资料,导致我们一线老师在对待光合作用过程中水的光解是否需要酶这一问题出了很多分歧,当然据我了解大部分高中一线老师一直认为水的光解是不需要酶参与的。本人通过查阅及搜索相关资料,为我们广大高中一线生物老师提供了自己的一些想法及光合作用水的光解需要酶的一些证据,明确了光合作用水的光解其实是需要酶参与的,也希望我们老师能够统一这一认知,把光合作用过程中水的光解需要酶的这一观点落实到平时的教学过程中。

关键词: 水的光解; 光合作用; 酶

1 教学反思及问题

光合作用是高中生物课本必修一第三章“生物的新陈代谢”第三节的教学内容。在学习这一内容之前,学生已经学过了“细胞”以及理解生物体的“新陈代谢与酶”、“新陈代谢与ATP”等相关知识;光合作用是一些生物(绿色植物、大多数藻类和一些细菌,高中阶段只探讨绿色植物)体内最基本的物质代谢和能量代谢途径,是学生学习后面的呼吸作用、生态系统等内容的基础,光合作用在整个生态系统的物质循环和能量流动中,具有十分重要的意义。

生物界生命的基本特征之一就是生物体在体内不断地进行着纷繁复杂的新陈代谢,而所谓新陈代谢在生物学上我们平时亦称之为“代谢”,是生物体维持繁殖、生长、运动等生命活动过程中生物体内所发生的一系列复杂化学变化的总称,生物体内发生的各种各样的化学反应几乎都是在酶的催化作用下进行的。既然细胞内的代谢反应几乎都是需要酶来催化的,这里的几乎指的是绝大多数而不是全部,那么哪些反应不需要酶来催化呢?所以自己在初次接受这一结论的时候就思考着哪些反应不需要酶来催化这一问题了,当然了当时在自己初次教授这一知识点时在这也产生过困惑,与大部分老师不同的是自己当时并没有直接就认为水的光解就不需要酶,再加上平时在教学过程中经常听一些老师在讨论交流这一问题,所以自己觉得有必要把这一问题和自己对这一问题的一些思考与同仁们交流一下,于是在假期挤出一部分时间将自己所学的生物学知识尤其是与高中生物学有关的知识整理了下,并翻阅和参考了一些资料,提出自己对这一问题的一些看法和拙见,希望与同仁们共同交流看法。

1.1 有关酶

1.1.1 酶的定义

酶是活细胞产生的,具有催化活性和催化作用上的专一性的这样一类特殊蛋白质或者核糖核酸(RNA)类物质,其中具有催化活性的RNA又叫核酶,许多酶的催化活性与辅助因子有关。

1.1.2 酶的辅因子

根据酶的组成,可将酶分为两大类,简单蛋白质酶类(单纯酶)和结合蛋白质酶类(结合酶)。单纯酶是指酶分子中除了蛋白质外不含其它成分,蛋白质本身就具有催化活性,而结合酶指酶分子由蛋白质和非蛋白的小分子物质或一些离子组成,非蛋白小分子或者

离子称为辅(助)因子,就结合酶而言,全酶=脱辅基酶蛋白(脱辅酶)+辅助因子。辅助因子可以分为三大类:(1)辅酶,与酶蛋白结合比较松散的小分子有机化合物,如NAD⁺、NADP⁺。(2)辅基,与酶蛋白结合比较紧密的小分子有机化合物(包括共价键结合),如FAD、FMN。(3)金属离子,如K⁺、Na⁺、Mg²⁺、Mn²⁺、Fe²⁺、Fe³⁺、Cu²⁺、Zn²⁺、Mo⁶⁺。此外有些蛋白质本身也起辅助因子的作用,可称之为蛋白辅酶。一种脱辅基酶蛋白一般只与一种辅酶或辅基结合形成一种酶,而一种辅基可与多种不同的脱辅基酶蛋白结合组成不同的酶;金属离子或参与酶活性部位的组成,或帮助形成酶分子的特定构象。

1.2 酶的结构与功能

一般的蛋白没有催化功能,而酶具有多种多样的催化活性,关键在于酶分子的空间结构具有特殊性,酶的特殊催化作用,只局限于酶分子的一定特殊的区域,一个很大的酶只有恨恨很小的这样一个特定的小区域,只有这个小区域是与底物结合并与酶的催化功能直接相关,这个区域称之为酶的活性部位。活性部位决定酶的催化特性,酶的活性部位位于酶分子的表面,一般称裂缝状,单纯酶和结合酶中,酶活性部位的组成不同,单纯酶的活性部位是由某些特定氨基酸残基的基团构成,而结合酶(或复合酶)的活性部位是有某些氨基酸残基的基团+辅基(或辅酶),有的还需要金属离子的参与,构成酶活性区域的基团并不多。

1.3 酶分子的必需基团

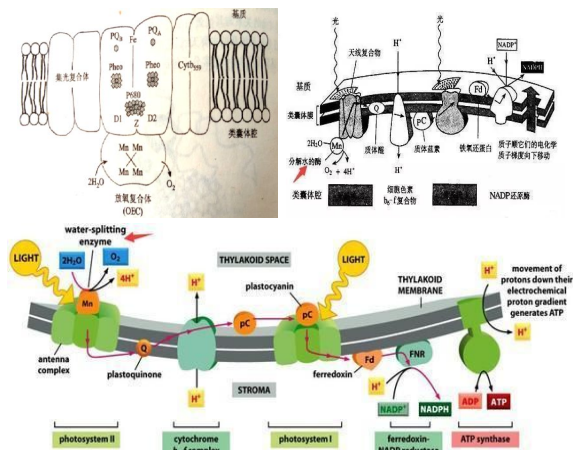
酶分子的必需基团是指酶分子中与酶活性有关的基团,包括组成酶活性部位的基团和维持酶分子空间构象的基团。组成酶活性部位的基团包括结合基团(构成结合部位、与底物结合)和催化基团(构成催化部位、催化反应)。酶分子的催化下依赖于酶分子在分子结构上的完整性。

2 光合作用的意义及光合系统的组成及功能的简单介绍

2.1 光合系统的组成

光合作用过程中能产生氧气的生物包括蓝藻、藻类植物以及高等的绿色植物,它们都同时含有两个光合作用中心或者两套光系统(PS I 和 PS II)。其中光合系统 I 是由位于类囊体膜上的由 11 个不同的蛋白亚基组成蛋白复合体,光合系统 II 也是由位于类囊膜上的,但是由 20 多个蛋白亚基组成,膜上的色素分子行使集光功能,蛋白质亚基行使电子传递的功能。另外在类囊体膜腔一侧上还有一

个含锰的外在膜蛋白，称为放氧复合体，早期又称醇素、水裂解酶（如下图）。放氧复合体（OEC）由三条外周肽链（包括 33 kDa、23 kDa 和 17kDa）及与放氧有关的锰复合物（锰簇）、氯和钙离子组成。



国外教材《细胞生物学精要》第 3 版

2.2 光合系统的功能

光系统 II（PS II）主要由核心复合体（core complex）、PS II 捕光复合体（PS II light-harvesting complex, LHC II）和放氧复合体（oxygen-evolving complex, OEC）等亚单位组成。PS II 的功能主要是进行水裂解放氧。

其实很早之前人们就知道水的裂解反应需要锰的参与，锰直接作用于水裂解反应，每个放氧复合体结合 4 个锰离子，其中一部分可在积累氧化当量中起直接作用，其余仅作为结构因子。

放氧复合体（OEC）包含有分子量为 33 kD 外周蛋白和 4 个锰离子所组成的锰复合物结合在 PS II 放氧中心复合体靠近叶绿体的类囊体囊腔一侧。33kD 外周蛋白对锰簇具有保护作用，又被称为锰簇保护蛋白。除了这种蛋白之外，在高等植物和绿藻中另外还有 23 和 17 kD 的 2 个外周蛋白结合于 PS II 的囊腔侧，这两种蛋白在持 PS II 放氧活力方面起着重要作用。在光合作用过程中，虽然外周蛋白并不直接参与水光解的放氧反应，也不直接提供锰簇主要的结合位点，但它们是光和系统 II 执行放氧功能的必需组成成分。另外 Ca²⁺ 和 Cl⁻ 在氧化水释放氧的过程中作为一种辅助因子在发挥作用。总之在光合作用过程中水的光解释放氧气的反应离不开放氧复合体各个成分之间的相互配合，这些成分缺一不可，其中 PS II 氧化侧的 4 个锰原子组成的锰簇在这一过程中起着主要的催化作用，或者说放氧复合体就是分解水的酶，称作水分解酶或水裂解酶。

光合放氧是一个极其复杂的生化反应过程，近些年来研究者们取得了很多成果，但还不能说我们已经了解了光合放氧的机理。虽然对光合放氧机理的认识还不统一，但大家关注的问题却是愈加一致。要最终了解这一过程的确切机理，还需要生物化学、化学、物

理学和计算机等多种学科之间在知识和技术手段上不断加强协作与相互渗透。

3 小结

通过对与光合作用有关的光和系统的简单介绍（详细资料敬请读者自己参阅相关书籍），这里我们只讨论与水光解有关的成分。水的光解，顾名思义肯定是水在分解的时候需要光的参与，其实这里面的光实际上指的是光能，那么光能怎样才能被绿色植物利用能？当然这里就离不开色素分子的作用了，色素分子在这里起了吸收、传递和转化（特殊状态的叶绿素 a）光能，这些成分实际上就是光和系统中的核心复合体和捕光复合体的组成成分，但是这些成分从化学本质的角度来讲并不属于蛋白质，也不算是前文中提到的类似酶中辅助因子的成分，但是我们别忘了，水的光解在色素分子将光能吸收进来就算结束了，还有后续成分即放氧复合体的参与才能完成水分子的分解，而放氧复合体（OEC）包含有分子量为 33 kD 外周蛋白和 4 个锰离子（Mn²⁺）子所组成的锰复合物结合在 PS II 放氧中心复合体靠近叶绿体的类囊体囊腔一侧，那么这里放氧复合体中的外周蛋白和锰离子其实就是我们最容易忽略的地方。这里的放氧复合体就是一种结合酶（复合酶），锰离子在这里充当了该酶必不可少的辅基的作用。水的光解放氧是放氧复合体中各个成分相互配合一起发挥作用的一个极其复杂的生化反应过程，在这一反应中，各个成分缺一不可，其中 PS II 氧化侧的 4 个锰原子组成的锰簇起主要的催化作用，或者说放氧复合体就是将水分解的酶，称作水分解酶或水裂解酶。因此我们在以后的教学中应该统一认识，在水的光解这一环节上应与大学教材相关内容进行一定程度上的衔接。

参考文献

[1] 王镜岩.生物化学（下册）.第三版.北京：高等教育出版社,2002.208-214.

[2] 王金发.细胞生物学.北京：科学出版社，2003.320-323.

[3] 于勇，翁俊，徐春和.植物光系统 II 放氧复合体外周蛋白结构和功能的研究进展[J].植物生理学报，2001.27(6):441-450.

[4] 翁俊，徐春和.光合作用氧释放机理研究进展[M].植物生理与分子生物学报，2003.29(2):83-91.

作者简介：

白小军 男 1984.09.18 汉 陕西神木市 硕士 中教二级 高中生物教学 陕西省神木中学