

## ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ХЛОРОФИЛЛ-СВЯЗЫВАЮЩИЕ БЕЛКИ WSCP КЛАССА II: АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО РОДСТВА

**Обухов Ю.Н.<sup>1</sup>, Малеева Ю.В.<sup>2</sup>, Неверов К.В.<sup>1</sup>, Крицкий М.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии»  
РАН, Москва, Россия,

<sup>2</sup>Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Водорастворимые хлорофилл (Хл)-связывающие белки (WSCP, water soluble chlorophyll-binding proteins) высших растений уникальны среди других хлорофилл-содержащих белков, поскольку формируют водорастворимые пигмент-белковые комплексы, связывающие до 4 молекул Хл *a* или Хл *b* [1]. Они не участвуют в фотосинтезе, но являются стресс-индуцируемыми. Белки WSCP класса II обладают КТI-мотивом и потенциально могут ингибировать некоторые протеазы [1, 2]. Подобно укладке Хл в реакционных центрах (РЦ) фотосинтеза, молекулы Хл в нативных тетрамерных комплексах WSCP организованы в виде димеров. При этом для Хл-белковых комплексов *BoWSCP* и *LvWSCP* установлена способность фотосенсибилизировать редокс-реакции *in vitro* как с участием молекулярного кислорода, так и без него [2]. Поэтому белки WSCP заманчивы для моделирования фотохимических событий в РЦ, в том числе, в контексте процессов ранней эволюции. При этом происхождение и разнообразие данного семейства изучено слабо.

С целью анализа разнообразия и филогенетического родства известных белков WSCP мы провели поиск гомологов белков WSCP подкласса IIa из *Brassica oleracea* (*BoWSCP*) и WSCP подкласса IIb из *Lepidium virginicum* (*LvWSCP*) в базе данных Uniprot (алгоритмом BLAST). По результатам поиска выбрали 23 наиболее сходных последовательности, которые затем сравнили методом множественного выравнивания (сервис EMBL-EBI Clustal Omega) и использовали для построения филогенетического дерева методом Maximum likelihood с помощью программы MEGA7.

Было установлено, что на филогенетическом дереве белки WSCP класса II формируют две обособленные друг от друга группы. В первой обнаруживаются белки WSCP подкласса IIb из *L. virginicum*, *B. rapa*, *B. juncea* и *Sinapis arvensis*, а во второй – белки WSCP подкласса IIa, выделенные из различных подвидов *B. oleracea*, *B. napus*, *B. nigra*, *Raphanus sativus* и *Arabidopsis thaliana*, ингибиторы протеаз (эндогенный ингибитор альфа-амилазы/субтилизина и белок 1, подобный ингибитору трипсина типа Кунитца из *Noccaea caerulea*) и индуцируемые при засухе белки (белок 22kDa из *R. sativus* и белок VnD22 из *B. napus*). Ветвь WSCP подкласса IIa выглядит более многочисленной и гетерогенной, чем ветвь подкласса IIb. Четкое разделение данных подклассов, выведенных в прошлом на основе различий их физических свойств, указывает на существование у них определенной структурной и функциональной дифференциации, а разная консервативность отражает уровень специализации. Белки подкласса IIb менее специфичны, например, *LvWSCP* связывает как Хл *a*, так и Хл *b*, а *BoWSCP* — только Хл *a*. Полученные данные свидетельствуют в пользу того, что белки подкласса IIa дивергировали активнее, чем подкласса IIb. Возможно, этим можно объяснить более высокую фотокаталитическую активность белка *BoWSCP* по сравнению с *LvWSCP*.

### Библиографические ссылки

1. Horigome D., Satoh H., Itoh N. et al. Structural Mechanism and Photoprotective Function of Water-soluble Chlorophyll-binding Protein // J. Biol. Chem. 2007. Vol. 282. P. 6525–6531.
2. Малеева Ю.В., Неверов К.В., Обухов Ю.Н., Крицкий М.С. Водорастворимые хлорофиллсвязывающие белки растений // Молек. биол. 2019. Т. 53. С. 998-1011.