

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-25

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕГИДРИНОВ У РОДА *QUERCUS*<sup>\*</sup>

### MOLECULAR CHARACTERIZATION OF DEHYDRIN IN THE GENUS *QUERCUS*

А. А. Олейников, П. А. Зыбинская, П. А. Крылов

Федеральный научный центр агроэкологии РАН, Волгоград

A. A. Oleynikov, P. A. Zybinskaya, P. A. Krylov

Federal Scientific Center of Agroecology RAS, Volgograd

✉ krylov-p@vfanc.ru

#### Аннотация

Дегидрины обеспечивают защиту растений от влияния различных неблагоприятных факторов окружающей среды, в частности засухи. Ввиду того что геномы рода *Quercus* секвенированы относительно недавно, аннотация генов дегидринов выполнена не была. С использованием инструментов биоинформатики было выявлено 30 дегидринов у четырех основных видов рода *Quercus* и дана их структурно-функциональная и филогенетическая аннотация.

#### Abstract

Dehydrins provide plant protection against the effects of various adverse environmental factors, particularly drought. Since the genomes of the *Quercus* genus have been sequenced relatively recently, the annotation of the dehydrin genes has not been performed. Using bioinformatics tools, 30 dehydrins were identified in four main species of the *Quercus* genus and their structural, functional and phylogenetic annotation was provided.

Неблагоприятные условия окружающей среды, такие как засуха, оказывают значительное влияние на рост и развитие растений [1]. Среди множества молекулярно-генетических механизмов защиты клеток растений от повреждений важную роль играют дегидрины [2]. Основной особенностью дегидринов является их динамичная структура, которая позволяет им выполнять защитные функции [3, 4]. В связи с вышеуказанным целью работы стала структурно-функциональная и филогенетическая аннотация дегидринов у представителей рода *Quercus*, которые используются в защитном лесоразведении и агролесомелиорации.

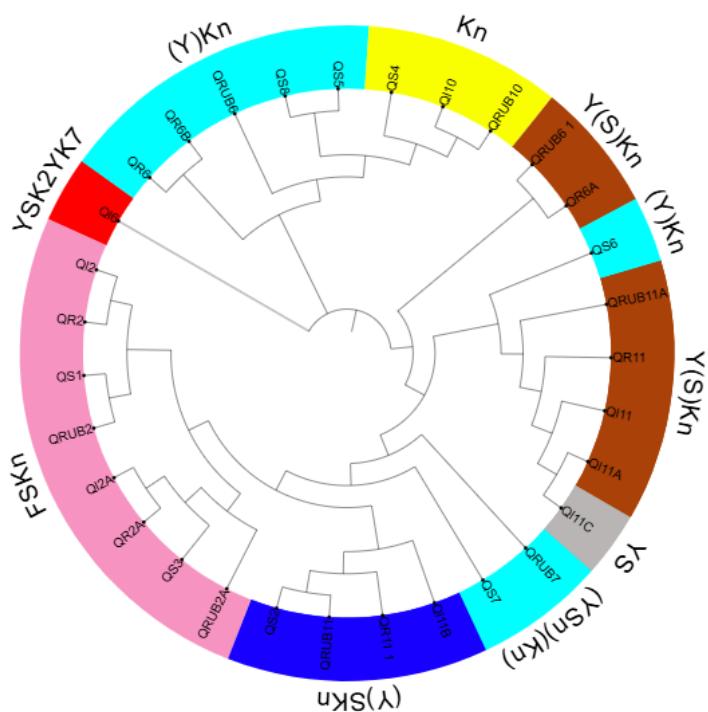
Аминокислотные последовательности дегидринов *Q. robur*, *Q. lobata*, *Q. suber*, *Q. rubra* были получены из информационных баз данных NCBI. Для идентификации всех потенциальных дегидринов была использована HMMER v3.3.2 с задействованием скрытой марковской модели (HMM) UCH (PF00257) из Pfam против последовательностей всего генома. ModelTest-NG v0.1.7 и RAxML-NG v1.2.0 были использованы для поиска наилучшей модели филогенетического дерева максимального правдоподобия со значением бутстрепа 1000. Физико-химические характеристики идентифицированных дегидринов были проанализированы с помощью веб-инструмента ProtParam. Субклеточная локализация дегидринов была предсказана с помощью WOLF PSORT. Консервативные мотивы в последовательностях дегидринов были идентифицированы с использованием MEME v5.5.3 со следующими параметрами: максимальное количество мотивов — 20, с нулевым или одним появлением на последовательность.

С помощью поиска HMM и необходимых критериев фильтрации мы идентифицировали 30 потенциальных дегидринов: у *Q. robur* — 7, *Q. lobata* — 8, *Q. suber* — 8, *Q. rubra* — 7. Учитывая, что для отнесения белка к дегидринам он должен иметь консервативные сегменты, мы провели множественные выравнивания 30 этих последовательностей с использованием MAFFT v7.520. Результаты показали, что 6 идентифицированных белков имеют структуру YSK<sub>2</sub>, 6 белков имеют структуру FSK<sub>3</sub>, 2 белка были определены как FSK<sub>2</sub>-дегидрины, по 3 белка относятся к типам YSK<sub>3</sub> и K<sub>3</sub> и по 1 белку относятся к типам дегидринов YSK<sub>2</sub>YK<sub>1</sub>, SK<sub>3</sub>, YS, YK<sub>5</sub>, YK<sub>4</sub>, YK<sub>9</sub>, YK<sub>2</sub>, YK<sub>3</sub>, YK, K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub>. Анализ физико-химических свойств показал, что молекулярные массы дегидринов у рода *Quercus* варьируются от 10,4 до 87,7 кДа, а значения рI варьируются от 4,81 до 9,79, что подразумевает разнообразие функций в пределах семейства. Было определено, что все дегидрины в большей степени локализуются в ядре, цитоплазме и мембране. Данные, полученные на основе прогнозирования субклеточного расположения дегидринов, показали, что большая их часть локализована в ядре. Это требует дальнейшего изучения, так как функция, выполняемая ими в клеточном ядре, в полной степени не ясна.

\* Исследование выполнено в рамках государственного задания № FNFE-2025-0013.

© А. А. Олейников, П. А. Зыбинская, П. А. Крылов, 2025

Филогенетический анализ дегидринов у 4 видов рода *Quercus* позволил идентифицировать 3 ветви (см. рисунок): первая содержит 1 группу, вторая имеет в своем составе 2 группы без наличия S-сегмента, третья ветвь содержит 7 групп с различными сегментами.



Филогенетические связи дегидринов у *Q. robur* (QR), *Q. lobata* (QL), *Q. suber* (QS) и *Q. rubra* (QRUB)

В частности, единственным представителем первой ветви является белок YSK2YK7 *Q. lobata*. Группы (Y)K<sub>n</sub>, K<sub>n</sub> содержат от одного до трех дегидринов у видов рода *Quercus*. Группы Y(S)K<sub>n</sub>, (Y)K<sub>n</sub>, YS, (YS<sub>n</sub>)K<sub>n</sub>, (YS)K<sub>n</sub>, FSK<sub>n</sub> охватывают от 5 до 6 белов соответственно. Дегидрины четырех видов были хаотично распределены по группам, что может говорить о сохранении определенных эволюционных паттернов. Это также может указывать на то, что основные функции дегидринов сохраняются у разных видов, несмотря на филогенетические различия. Кроме того, такое распределение может отражать функциональную диверсификацию дегидринов внутри каждого вида, иными словами, на различные роли в ответе на стресс.

Полученные результаты способствуют расширению знаний о роли дегидринов в механизмах устойчивости к стрессу у рода *Quercus* и их дальнейшему изучению.

## Литература

1. Ding Y., Shi Y., Yang, S. Molecular regulation of plant responses to environmental temperatures // *Molecular plant*. 2020. Vol. 13 (4). P. 544–564.
  2. Karas M., Vešelényiová D., Boszorádová E. et al. Comparative analysis of dehydrins from woody plant species // *Biomolecules*. 2024. Vol. 14 (3). P. 250.
  3. Азаркович М. И. Дегидрины в ортодоксальных и рекальцитрантных семенах. // *Физиология растений*. 2020. Т. 67, № 2. С. 130–140.
  4. Szlachtowska Z., Rurek M. Plant dehydrins and dehydrin-like proteins: characterization and participation in abiotic stress response // *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. P. 1213188.