

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

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕГИДРИНОВ У РОДА *QUERCUS*^{*}
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 вышесказанным целью работы стала структурно-функциональная и филогенетическая аннотация дегидринов у представителей рода *Quercus*, которые используются в защитном лесоразведении и агролесомелиорации.

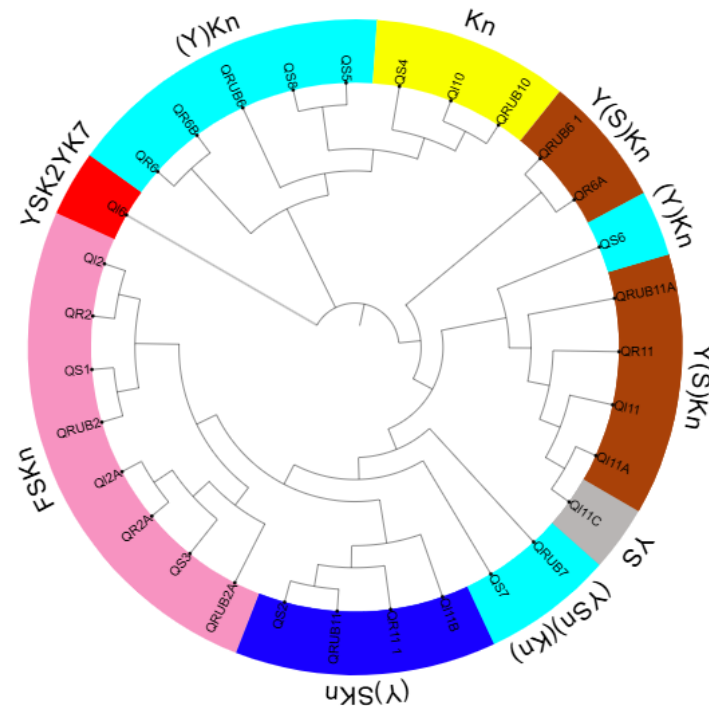
Аминокислотные последовательности дегидринов *Q. robur*, *Q. lobata*, *Q. suber*, *Q. rubra* были получены из информационных баз данных NCBI. Для идентификации всех потенциальных дегидринов была использована HMMER v3.3.2 с задействованием скрытой марковской модели (HMM) UCH (PF00257) из Pfam против последовательностей 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 бутстрэпа 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 YSK₂, 6 белков имеют структуру FSK₃, 2 белка были определены как FSK₂-дегидрины, по 3 белка относятся к типам YSK₃ и K₃ и по 1 белку относятся к типам дегидринов YSK₂YK₇, SK₃, YS, YK₅, YK₄, YK₉, YK₂, YK₃, YK, K₁ и K₂. Анализ физико-химических свойств показал, что молекулярные массы дегидринов у рода *Quercus* варьируются от 10,4 до 87,7 кДа, а значения pI варьируются от 4,81 до 9,79, что подразумевает разнообразие функций в пределах семейства. Было определено, что все дегидрины в большей степени локализируются 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* (QI), *Q. suber* (QS) и *Q. rubra* (QRUB)

В частности, единственным представителем первой ветви является белок YSK2YK7 *Q. lobata*. Группы (Y)K_n, K_n содержат от одного до трех дегидринов у видов рода *Quercus*. Группы Y(S)K_n, (Y)K_n, YS, (YS_n)(K_n), (Y)SK_n, FSK_n охватывают от 5 до 6 белков 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., Vešeléňiová 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. Szlachetowska 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.