

УДК:582.683.2

АРАБИДОПСИС КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ.

Жерихова Я.Н. Гальцова Е.А., Ищенко Ю.А., Солодовник В.В.

ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки «Биология», Россия, Волгоград, e-mail: zherikhova.yana@mail.ru

Arabidopsis thaliana уже несколько десятилетий используется в качестве модели для биологических и генетических исследований растений. В данной статье указано, что представители рода *Arabidopsis thaliana* имеют небольшой геном, у них небольшие размеры и они не требуют большой площади для разведения, но при этом дают огромное потомство. В данной работе рассматриваются как общие факторы и особенности *Arabidopsis thaliana*, так и сделан акцент на адаптацию этого вида. Естественная изменчивость этого вида связана с его географическим ареалом, который охватывает различные климатические зоны и ареалы обитания. Способность занимать такую большую площадь у арабидопсиса возможна благодаря стрессоустойчивости данного вида и его адаптивности. Образцы *Arabidopsis thaliana* демонстрируют фенотипическое и генотипическое изменения, которые являются результатом адаптации к местным условиям окружающей среды. В процессе развития растения подвергаются различным стрессовым факторам. В данной статье описывается предположение о том, что популяция одного и того же вида *Arabidopsis thaliana* из разных географических регионов, которые приспособились к стрессовым условиям среды, развивает набор аллелей, которые позволяет им расти и размножаться.

Ключевые слова: арабидопсис, модельный объект, адаптация, общие факты, особенности.

ARABIDOPSIS AS A MODEL OBJECT.

Zherihova. Y.N. Arzhanova T.P., Ischenko Y.A., Solodovnik V.V.

FBSEI HE VolgSMU of the Ministry oh Healthcare of the Russia – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University" of the

Ministry of Healthing of the Russian Federation of preparation «Biology», Volgograd, e-mail: zherikhova.yana@mail.ru

Arabidopsis thaliana has been used for decades as a model for biological and genetic studies of plants. This article indicates that members of the genus Arabidopsis thaliana have a small genome, they are small in size and they do not require a large area for breeding, but they give a huge offspring. This paper examines both the General factors and features of Arabidopsis thaliana, and focuses on the adaptation of this species. The natural variability of this species is related to its geographic range, which covers different climatic zones and habitats. The ability to occupy such a large area in Arabidopsis is possible due to the stress resistance of this species and its adaptability. Samples of Arabidopsis thaliana show phenotypic and genotypic changes that result from adaptation to local environmental conditions. In the process of development, plants are exposed to various stress factors. This paper describes the assumption that populations of the same species of Arabidopsis thaliana from different geographical regions that have adapted to stressful environmental conditions develop a set of alleles that allow them to grow and reproduce.

Key words: Arabidopsis thaliana, a model object, adaptation, General facts and features.

Основной моделью в биологии растений является – Arabidopsis thaliana. Arabidopsis это мелкое, однолетнее травянистое растение с белыми, многочисленными цветками, листьями, собранные в розу (мерозоиты). Плод - удлинённая чешуя, содержащая многочисленные семена. Он принадлежит к семейству Brassicaceae (Brassicaceae), к которому также относятся капуста, брокколи или рапс. В результате недавнего таксономического пересмотра [1] род Arabidopsis теперь включает 9 видов [1], где оказались таксоны отнесенные ранее к Cardaminopsis, Arabis и Nylandra.

В пределах типа Arabidopsis, Arabidopsis thaliana имеет наименьшее число хромосом ($2n = 10$). Некоторые из остальных видов, такие как *A. lyrata* ($2n = 16$) или *A. halleri* ($2n = 16$), также являются предметом интенсивных исследований.

Arabidopsis был открыт в XVI веке Иоганнес Талья (от его имени происходит название видов thaliana) в горах Гарц в Германии (Нижняя Саксония) [14]. Таль изначально присвоил этому виду имя *Pilosella siliquosa*, потом оно еще несколько раз изменялось. Первое упоминание о мутанте Arabidopsis началось с 1873 года [14]. Для регулярных исследований и как модель в генетике, Arabidopsis был введен в 1943 году Ф. Лайбахом. Этот ученый ранее проводил исследования по этому виду, будучи первым, давая в 1907 году правильное количество хромосом. Первая коллекция мутантов, индуцированных с помощью рентгеновского излучения, была создана ученицей Лайбаха - Эрне Рейнхольц [12,14]. Интересно, что работа Эрне была опубликована в 1945 году армией США. Вероятно, диссертация, в названии которой были слова «Рентген» и «мутации» (нем.

Röntgen-Mutationen), обратила внимание тех, кто искал следы программы немецкой атомной бомбы [14]. Потом появлялись сообщения об использовании *Arabidopsis* в физиологических исследованиях, а первый информационный бюллетень под названием *Arabidopsis Information Services* вышел в 1964 году.

Первый Конгресс, касающийся исследований *Arabidopsis* состоялся в 1965 году в Геттингене [14]. Исследования с использованием *Arabidopsis* во многих областях начались в восьмидесятые годы XX века.

Первую полную последовательность одного гена *Arabidopsis* опубликовали в 1986; в том же году было также проведено первое преобразование с использованием метода T-ДНК[5,13]. С 2000 года, когда последовательность генома *Arabidopsis* опубликована в открытом доступе, генетических исследований стало намного больше.

Arabidopsis - вид, произрастающий в Европе и Центральной Азии, и распространенный почти по всему миру [10]. Из исследований глобального распространения этого вида следует, что факторы, ограничивающие его возникновение - это слишком низкая температура весной и осенью, высокая температура (ежемесячно в среднем выше, чем 22°C) и небольшие осадки в летнее время [8]. В дополнение к исследованиям *Arabidopsis*, Хоффман [8] показал, что большинство лабораторных условий (температура 20-25°C ~60% влажность, частые орошения) не соответствует этим важным факторам в естественной среде обитания, за исключением экотипов, происходящих с юга Северной Америки. Это говорит о том, что *Arabidopsis* может расти в различных климатических условиях, он намного лучше переносит изменения факторов окружающей среды, чем другие виды из семейства Brassicaceae. Это в свою очередь, позволяет использовать *Arabidopsis* для разных видов исследований.

Ключевыми особенностями, которые обуславливают продолжительность естественного жизненного цикла *Arabidopsis* это время цветения и покоя семян [6]. В Экотипах *Arabidopsis* было обнаружено большое разнообразие с точки зрения этих двух параметров [10]. В Европе, *Arabidopsis* цветет обычно весной и ранним летом, а семена созревают с мая по июль [4]. Иногда цветущие экземпляры были найдены также в конце лета и даже осенью (сорт хара). Разница во времени прорастания становятся видна, когда экотипы, собранные из местных местообитаний, выращивают в тепличных условиях.

Первые анализы естественной дифференциации в пределах экотипов *Arabidopsis* касались цветения, а также размера растений и семян, картины иннервации листьев [7,9], времени продолжительность покоя семян, экономики фосфатдегидрогеназы и воды, а также

активности ферментов [11]. Несмотря на простой цикл развития, под воздействием условий окружающей среды различные его фазы могут претерпевать изменения, что нарушает развитие и репродуктивный успех *Arabidopsis* [15]. Особенно это касается цветения. Принимая во внимание этот параметр, выделены по крайней мере четыре группы *Arabidopsis* [15]: 1) очень ранние цветущие экотипы (так называемые весенние *efemeryty*), цветут уже после 40 дней от посева, 2), цветущие в начале лета (цветет чуть позже от посева); 3) цветение в конце лета, 4), цветущие зимой, даже 6 месяцев после посева, но и процесс цветения может быть значительно ускорен (до месяца) на долгий промежуток времени (например, 70 дней). Продолжительность вегетативной стадии, а благодаря этому и время, по истечении которого экотипы достигают готовности цветения, строго зависит от места их появления и преобладания температурных условий, наличие воды и длины дня (света) [2].

Предполагается, что население одного вида *Arabidopsis* из разных географических регионов, которое подвергалось воздействию различных стрессовых факторов, развивается, оставив «пакет» этих аллелей, которые им необходимы для роста и размножения [3]. Поэтому, исследования естественной дифференциации в ответ на стресс и могут помочь определить ключевые гены и аллели. Это, однако, довольно сложная задача, поскольку полученные результаты зависят от характеристик / параметров, которые мы измеряем. Поэтому в лабораторных исследованиях выбор параметров измерения, как правило, является своего рода компромиссом между характеристиками, которые могут свидетельствовать об общем состоянии растения в данных условиях, (например, внешний вид или размер розетки), конкретными измеряемыми величинами для данного типа стресс-фактор (например, утечка электролита в условиях стресса, холода или уровень пролина в режиме засухи).

Arabidopsis является организмом широко используется в молекулярной генетике, а также в исследованиях по биологии развития и биологии клетки. *Arabidopsis* имеет небольшой геном (125 Мб, и только 5 хромосом), короткий жизненный цикл (2-3 месяца в теплице или камере для разведения) и производит огромное количество семян в одном поколении (больше, чем 10 000 семян с одного растения). Кроме того, имеет небольшие требования к жизни, небольшие размеры, не требует больших площадей для разведения, он самоопыляется и легко трансформируется. Геном *Arabidopsis* содержит около. 25 000 генов, а функции в основном белков, не кодируемых по-прежнему необъяснимые [11].

Таким образом, все особенности такого вида как *Arabidopsis thaliana* делают его отличной моделью для исследований. Изучение естественной изменчивости в ответ на

абиотический стресс у представителей семейства *Arabidopsis thaliana* позволяет выявить ключевые гены или аллели, а следовательно, и механизмы, с помощью которых растения справляются с неблагоприятными физико-химическими условиями.

Список литературы:

- [1] Al-Shehbaz I. A., O'Kane Jr S. L. Taxonomy and phylogeny of *Arabidopsis* (Brassicaceae) //The *Arabidopsis* Book/American Society of Plant Biologists. – 2002. – Т. 1.
- [2] Alonso-Blanco C. et al. Natural allelic variation at seed size loci in relation to other life history traits of *Arabidopsis thaliana* //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1999. – Т. 96. – №. 8. – С. 4710-4717.
- [3] Alonso-Blanco C., Koornneef M. Naturally occurring variation in *Arabidopsis*: an underexploited resource for plant genetics //Trends in plant science. – 2000. – Т. 5. – №. 1. – С. 22-29.
- [4] Hoffmann M. H. Biogeography of *Arabidopsis thaliana* (l.) heynh.(Brassicaceae) //Journal of Biogeography. – 2002. – Т. 29. – №. 1. – С. 125-134.
- [5] Chang C., Meyerowitz E. M. Molecular cloning and DNA sequence of the *Arabidopsis thaliana* alcohol dehydrogenase gene //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1986. – Т. 83. – №. 5. – С. 1408-1412.
- [6] Hoffmann M. H. Biogeography of *Arabidopsis thaliana* (l.) heynh.(Brassicaceae) //Journal of Biogeography. – 2002. – Т. 29. – №. 1. – С. 125-134.
- [7] Johanson U. et al. Molecular analysis of FRIGIDA, a major determinant of natural variation in *Arabidopsis* flowering time //Science. – 2000. – Т. 290. – №. 5490. – С. 344-347.
- [8] Koornneef M., Alonso-Blanco C., Vreugdenhil D. Naturally occurring genetic variation in *Arabidopsis thaliana* //Annu. Rev. Plant Biol. – 2004. – Т. 55. – С. 141-172.
- [9] Szymańska R., Gabruk M., Kruk J. Ekotypy *Arabidopsis thaliana*—nowe narzędzie w badaniach biochemicznych i filogenetycznych //Postępy Biochemii. – 2015. – Т. 61. – №. 1.
- [10] Lefebvre V., Kiani S. P., Durand-Tardif M. A focus on natural variation for abiotic constraints response in the model species *Arabidopsis thaliana* //International Journal of molecular sciences. – 2009. – Т. 10. – №. 8. – С. 3547-3582.

- [11] Lloyd A. M. et al. Transformation of *Arabidopsis thaliana* with *Agrobacterium tumefaciens* //Science. – 1986. – T. 234. – №. 4775. – C. 464-466.
- [12] Meyerowitz E. M. Prehistory and history of *Arabidopsis* research //Plant physiology. – 2001. – T. 125. – №. 1. – C. 15-19.
- [13] Meyerowitz E. M., Pruitt R. E. *Arabidopsis thaliana* and plant molecular genetics //Science. – 1985. – T. 229. – №. 4719. – C. 1214-1218.
- [14] Nasrallah M. E. et al. *Arabidopsis* species hybrids in the study of species differences and evolution of amphiploidy in plants //Plant Physiology. – 2000. – T. 124. – №. 4. – C. 1605-1614.
- [15] Shindo C., Bernasconi G., Hardtke C. S. Natural genetic variation in *Arabidopsis*: tools, traits and prospects for evolutionary ecology //Annals of Botany. – 2007. – T. 99. – №. 6. – C. 1043-1054.