

РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕТОК *ARDISSONEA CRYSTALLINA* (BACILLARIOPHYTA), ОБИТАЮЩЕЙ У ПОБЕРЕЖЬЯ КАРАДАГА

Ю. А. Подунай, О. И. Давидович, Н. А. Давидович

Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН, Феодосия, РФ,
yu.podunai@yandex.ru

Изучены размерные характеристики популяции *Adissonea cristallina*, обнаруженной у побережья Карадага осенью 2015 г. Определено, на какой стадии жизненного цикла находится большинство клеток в популяции. Для изучения особенностей жизненного цикла представители популяции выделены в культуру, показана их способность к скрещиванию.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, *Adissonea cristallina*, жизненный цикл, размеры

Диатомовые водоросли, являясь неотъемлемой частью бентоса и планктона морских и пресноводных водоемов, имеют цикл развития, в процессе которого длина клеток постепенно уменьшается (согласно правилу МакДональда-Пфитцера) [1]. После достижения клеткой определенной длины, равной у большинства видов 45 – 55% от максимального видоспецифического размера [2, 3], происходит половое воспроизведение, которое приводит к образованию особой клетки – ауксоспоры и восстановлению первоначального размера [4]. Знание размерной характеристики популяции позволяет определить её стадию развития, выяснить, какая часть популяции находится в генеративной фазе, дать оценку, когда произойдет и возможно ли половое воспроизведение.

Ardissonea cristallina (C.Agardh) Grunow представляет интерес для всестороннего изучения в связи со своим спорным таксономическим положением. В рамках классической таксономии [1] вид относили к группе бесшовных пеннатных диатомей (Fragilariophyceae), тогда как по результатам молекулярных исследований показана его принадлежность к биполярным центрическим диатомовым водорослям (Mediophyceae) [5]. Уточнить положение вида можно, изучив особенности полового процесса, который отличается у центрических и пеннатных диатомей [6].

В настоящей работе представлены данные о размерах клеток *A. cristallina*, обитающей у побережья Карадага, и дан анализ размерного распределения с точки зрения теории жизненного цикла.

Материал и методы. Клетки *Ardissonea cristallina* обнаружены у побережья Карадага (около насосной станции Карадагского дельфинария) в ноябре 2015 г. Пробы собраны в 1 м от берега на глубине около 20 см с обрастаний камней. Одиночные клетки *A. cristallina* выделены при помощи микропипетки в клоновые культуры, которые содержались на искусственной морской воде (20 ‰), приготовленной по рецепту ESAW [7] с небольшими модификациями [8]. Культивирование проводили в стеклянных чашках Петри диаметром 9 см и высотой 1,4 см при наполнении средой 15–20 мл. Чашки находились в изолированной комнате с постоянной температурой 20±2°C на полках у окон, обращенных на север; таким образом обеспечивалось естественное освещение. Для скрещивания использовали культуры, находящиеся в экспоненциальной фазе роста, которая поддерживалась еженедельным пересевом в свежую питательную среду. Для наблюдения использовали микроскоп Biolar PI (PZO, Польша), настроенный по методу дифференциально-интерференционного контраста и освещении по [9]. Длину клеток измеряли окулярной линейкой, нанесенной на объект-микрометр.

Результаты и обсуждение. Апикальная длина клеток *Ardissonea crystallina* в природной популяции у побережья Карадага (одноразовая съемка) колебалась от 145 до 373 мкм, в среднем $272 \pm 4,4$ мкм ($N=110$). Апикальная длина клеток *A. crystallina*, обнаруженных в июле 2011 г. в пробах из Казачьей бухты (г. Севастополь), составила 118 – 498 мкм (в среднем $316 \pm 2,5$ мкм) [10]. Разница в среднем размере и максимальной длине клеток *A. crystallina* из разных регионов может быть связана со спецификой популяций, удаленных друг от друга, или с сезоном отбора проб, определяющих размерную структуру популяций. В процессе вегетативного размножения в культуре длина клеток *A. crystallina* равномерно уменьшается со скоростью $8,6 \pm 0,3$ (среднее $\pm$ ошибка среднего) мкм/месяц (рассчитано для клонов *A. crystallina* из бухты Казачья) [10]. Таким образом, за указанное время (июль – ноябрь) и может произойти, согласно правилу МакДональда-Пфитцера, уменьшение средней и максимальной длины клеток.

По литературным данным, длина клеток черноморской *A. crystallina* колеблется от 450,0 до 562,0 мкм [11], тогда как размер клеток этого же вида в других частях Мирового океана может достигать 700,0 мкм [12]. Если принять максимально известную из литературных данных длину клеток вида за максимальный видоспецифический размер, можно рассчитать, что половое воспроизведение может наступить при достижении клетками длины порядка 350 мкм и меньше.

Распределение длины клеток *A. crystallina*, обнаруженной у побережья Карадага, показано на рис. 1. Видно, что в ноябре в популяции не встречаются клетки с размером, близким к максимальному видоспецифическому. Кроме того, большинство клеток оказываются в диапазоне, при котором возможно наступление полового процесса.

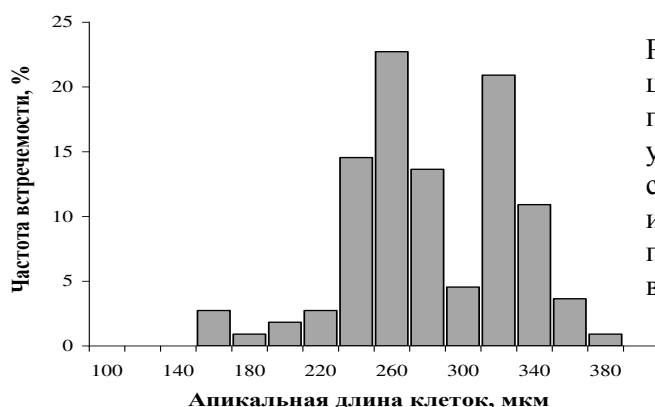


Рис. 1 Распределение размеров в популяции *Ardissonea crystallina*, обитающей у побережья Карадага. Пунктирной линией указана критическая граница (50% от максимального видоспецифического размера, известного по литературным источникам), после достижения которой они способны вступать в половое воспроизведение

Таким образом, скорее всего, процесс ауксоспорообразования прошел какое-то время назад и мог повториться в осеннее время вновь. Часть клеток (длиной более 350 мкм) в принципе еще не способна приступить к половому воспроизведению. Для популяции характерно бимодальное распределение размеров клеток, присутствуют два пика, по положению отличающихся на 60 мкм. Это предполагает существование в популяции двух когорт, произошедших в результате двух последовательных периодов ауксоспорообразования, разделенных существенным временным интервалом [13]. Для уменьшения длины на 60 мкм с вышеуказанной средней скоростью требуется 7 мес.

Несколько клеток *A. crystallina* были изолированы в культуру для проверки возможности их вступления в гомо- и гетероталлическое половое воспроизведение. Из семи клонов пять (размерами 257 – 301 мкм) показали способность к активному гамето-

генезу и аукоспорообразованию. Два клона не смогли вступить в половой процесс, очевидно, из-за слишком большой для этого длины клеток (358 и 365 мкм).

Выводы. В популяции *Ardissonaea crystallina*, обитающей у побережья Карадага, на момент отбора проб (ноябрь) большинство клеток имели размеры, соответствующие генеративной фазе жизненного цикла. Бимодальное распределение размеров клеток свидетельствует, очевидно, о двух когортах, появившихся в результате двух этапов аукоспорообразования, разделенных временным интервалом порядка 7 мес.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-04-00237 А.

1. Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 747 pp.
2. Davidovich N.A. Species specific sizes and size range of sexual reproduction in diatoms // *Proc. 16th Int. Diatom Symp.* Athens, 2001. P. 191–196.
3. Podunay Yu.A., Davidovich O.I., Davidovich N.A. Mating system and two types of gametogenesis in the fresh water diatom *Ulnaria ulna* (Bacillariophyta) // *Algologia*. 2014. Vol. 24, N 1. P. 3–19.
4. Geitler L. Der Formwechsel der pennaten Diatomeen (Kieselalgen) // *Archiv für Protistenkunde*. 1932. N. 78. P. 1–226.
5. Medlin L.K., Sato S., Mann D.G., Kooistra W. Molecular evidence confirms sister relationship of *Ardissonaea*, *Climacospheia*, and *Toxarium* within the bipolar centric diatoms (Bacillariophyta, Mediophyceae), and cladistic analyses confirm that extremely elongated shape has arisen twice in the diatoms // *J. Phycol.* 2008. Vol. 44, N 5. P. 1340–1348.
6. *Drebes G. Sexuality // The Biology of Diatoms. Botanical Monographs / Ed. by D. Werner; Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1977. P. 250–283.*
7. Andersen R.A., Berges J.A., Harrison P.J., Watanabe M.M. Recipes for freshwater and seawater media // *Algal culturing techniques / Andersen R.A., Ed.; Burlington: Elsevier Academic Press, 2005. P. 429–538.*
8. Давидович Н.А., Давидович О.И. Использование среды ESAW в опытах по изучению полового воспроизведения диатомовых водорослей. – Карадаг-2009 // *Сборн. тр., посвящ. 95-летию Карадагск. науч. ст. и 30-летию Карадагск. природн. заповедника НАН Украины / Под ред. А. В. Гаевской, А. Л. Морозовой; Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 538–544.*
9. Федин Л.А., Барский И.Я. *Микрофотография*. – Л.: Наука, 1971. 220 с.
10. Подунай Ю.А., Давидович О.И., Давидович Н.А. Изменение размеров диатомовой водоросли *Ardissonaea crisstalina* (C. Agardh) Grun. при содержании в культуре // *Проблемы систематики и географии водных растений: мат. междунар. конф. (21-24.10.2015). Ярославль, 2015. С.60–61.*
11. Прошкина-Лавренко А.И. *Диатомовые водоросли планктона Черного моря*. М.-Л.: АН СССР, 1955. 223 с.
12. Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. Diatom Flora of Marine Coast // *Iconographia Diatomologica*. 2000. Vol. 7. 925 pp
13. Mann D.G. Why didn't Lund see sex in *Asterionella*? A discussion of the diatom life cycle in nature // *Algae and the Aquatic Environment / Ed. by F.E. Round; Bristol.: Biopress Ltd., 1988. P. 384–412.*

CELL SIZE CHARACTERISTICS OF ARDISSONEA CRYSTALLINA (BACILLARIOPHYTA) INHABITING THE LITTORAL NEARBY KARADAG

Yu. A. Podunai, O. I. Davidovich, N. A. Davidovich

Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Feodosia, RF, yu.podunai@yandex.ru

Dimensional characteristics of *Adissonea crystallina* population, found near the coast at Karadag in the autumn of 2015 were studied. Lifecycle stage of the population was determined. Some cells were isolated from the population to initiate clonal cultures; their ability to reproduce sexually was shown.

Key words: diatoms, *Adissonea crystallina*, life cycle, cell sizes