

коловраток в весенний период и ветвистоусых ракообразных в весенне-летний период.

Основная часть продукции (более 90 %) создавалась доминирующими видами ракообразных *Pseudocalanus elongatus* (Boeck), *Temora longicornis* (Muller), видами р. *Acartia*, *Centropages hamatus* (Lilljeborg), *Bosmina coregoni maritima* (Mueller) и *Evadne nordmanni* (Loven). При этом большая часть продукции зимой и более трети осенью создавалась *P. elongatus*, а в весенне-летний период более половины продукции создавали Cladocera. Минимальная величина продукции отмечалась в зимний сезон (1 % годовой) с нарастанием к весне (16 %), максимумом летом (72 %) и резким падением в осенний период (11 %). Максимальное развитие зоопланктона и соответственно максимальная его биомасса и продукция наблюдались в годы наиболее сильного прогрева воды, за счет массового развития Cladocera в весенне-летний период этих лет.

Виды-вселенцы *Cercopagis pengoi* и *Evadne anonyx* успешно натурализовавшиеся в юго-восточной части Балтийского моря могут оказывать существенное влияние на структуру и функционирование планктонных сообществ исследованного района. Одним из ключевых факторов, влияющих на количественные показатели этих видов-вселенцев, является температура. В условиях экстремально теплого лета 2010 г. они достигали своего максимального развития в исследуемом районе, при этом кормовая база рыб-планктофагов и молоди рыб Балтийского моря в период их максимального развития может быть в значительной мере подорвана. Помимо видов-вселенцев, в последние годы обеспокоенность вызывает массовое развитие сцифомедуз *Aurelia aurita* в позднелетний и раннеосенний периоды, что создает дополнительный пресс на зоопланктонное сообщество.

Согласно индикаторным характеристикам зоопланктона наибольшая эффективность утилизации первичной продукции зоопланктоном и наиболее благоприятные условия для удовлетворения пищевых потребностей рыб-планктофагов, отмечались в период с 2001 по 2006 гг., в последние годы, начиная с 2007 г. и по настоящее время они значительно ухудшились. Это связано с продолжительным отсутствием значительных адвекций североморских вод, которое привело к ухудшению кислородного режима и снижению солености, что в свою очередь повлекло за собой значительное снижение количественного развития крупного рачка *Pseudocalanus elongatus*, который является ценным пищевым объектом рыб-планктофагов.

Список литературы

1. Методы определения продукции водных животных. Минск : Выш. шк., 1968. 245 с.
2. Gorokhova E., Lehtiniemi M., Postel L., Rubene G., Amid C., Lesutiene J. Indicator Properties of Baltic Zooplankton for Classification of Environmental Status within Marine Strategy Framework Directive // PLoS ONE. 2016. Vol. 11, no. 7. Art. no. e0158326 (26 p.).

ЭВОЛЮЦИЯ КОРОТКИХ ТАНДЕМНЫХ ПОВТОРОВ (SSR) ПОД ДАВЛЕНИЕМ СЕЛЕКЦИИ: ПРИМЕР КАРПОВЫХ РЫБ (CYPRINIDAE)

Тихонов А. Ю.¹, Орлов М. А.²

¹Группа компаний "Аква-Лого"Москва

²Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», Пушкино

Ключевые слова: SSR, Short Sequence Repeats, Короткие tandemные повторы, *Carassius auratus*

Короткие tandemные повторы (Short Sequence Repeats, микросателлиты) –

повторяющиеся подряд участки ДНК, длиной от 1 до нескольких нуклеотидов. Они широко представлены в различных геномах и подвержены активным мутациям, связанным с выпадениями либо вставками повторов. Это определяет их роль в качестве источника мутационной изменчивости и связь с “горячими точками” различных эволюционных преобразований. В числе последних - локусы хромосомных перестроек и гены, подвергающиеся активному селекционному давлению. Наличие протяженных правильных SSR, как и их длина, коррелируют с выраженностью признака, на который проводится селекция (у видов под интенсивным искусственным отбором, как это показано в работе для пород собак [1]). Локализация таких микросателлитов соответствует положению генов, определяющих целевой признак.

На примере карпообразных рыб Cyprinidae, включая золотую рыбку (*Carassius auratus*) возможно изучение эволюционных преобразований и действия селекционного отбора на SSR. Для данных рыб характерна сложная картина геномных перестроек: полногеномные удвоения, межвидовая и межродовая гибридизация, партеногенез и многовековая история искусственного отбора на простые, внешне отслеживаемые декоративные признаки.

В данной работе рассмотрены полные наборы SSR для 28 представителей Cyprinidae, включая золотую рыбку, а также ее полная геномная последовательность [4]. Положение в геноме и первичная структура SSR выявлены с помощью текстового анализа.

Для всех возможных-олигонуклеотидов (в том числе ди-, три-, тетра-нуклеотиды) получены частоты встречаемости. Они проанализированы с применением иерархической кластеризации (метод Уорда) и метода анализа главных компонент (PCA).

Литературные данные позволили нам разделить 28 рассмотренных видов на группы в соответствии с их степенью одомашненности и, как следствие, степени селекционного давления на них. Мы выделили:

- 1) природные виды (в искусственных условиях не разводятся, могут вылавливаться в аквариумы/пруды);
- 2) промысловые виды (разводятся в искусственных условиях на еду);
- 3) декоративные виды (разводятся в искусственных условиях).

Нами установлено, что нуклеотидный состав наборов SSR карповых варьирует и характеризуется видоспецифичностью, а культивируемые виды более склонны иметь отдельные повторы, достаточно длинные для нестабильности. В то же время первичная структура доступных наборов SSR видоспецифична и может отличать культивируемые виды от диких, что выявлено при помощи метода главных компонент (PCA). Кластерный анализ позволяет разделить геномы “дикий” и “культивируемой” групп. Для “одомашненного” кластера характерна большая представленность TG/CA-динуклеотидов. Что согласуется с данными о большей склонности генерировать мутации и нестабильности именно TG-пар.

Список литературы

1. Fondon J. W., Garner H. R. Molecular origins of rapid and continuous morphological evolution // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2004. Vol. 101, no. 52. P. 18058–18063. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408118101>
2. Xie K. T., Wang G., Thompson A. C., Wucherpfennig J. I., Reimchen T. E., MacColl A. D., Kingsley D. M. DNA fragility in the parallel evolution of pelvic reduction in stickleback fish // Science. 2019. Vol. 363, no. 6422. P. 81-84. <https://doi.org/10.1126/science.aan1425>
3. Nagpure N. S., Rashid I., Pati R., Pathak A. K., Singh M., Singh S. P., Sarkar U. K. FishMicrosat: a microsatellite database of commercially important fishes and shellfishes of the Indian subcontinent // BMC Genomics. 2013. Vol. 14, no. 1. Art. no. 630 (10 p.).

<https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-630>

4. Chen Z., Omori Y., Koren S., Shirokiya T., Kuroda T., Miyamoto A., Wolfsberg T. G. De novo assembly of the goldfish (*Carassius auratus*) genome and the evolution of genes after whole-genome duplication // Science Advances. 2019. Vol. 5, no. 6. Art. no. eaav0547 (13 p.). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav0547>

ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ПЛАСТИКА В ОКЕАНЕ (ФТАЛАТОВ) НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОМОРСКОЙ МИДИИ (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*)

Ткачук А. А.^{1,2}, Андреева А. Ю.², Кладченко Е. С.²

¹Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

²Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Ключевые слова: Пластиковое загрязнение, ди(2-этилгексил)фталат, мидии, гемоциты, АФК.

С момента появления пластика в 1950-х годах 20 века мировое производство пластмасс быстро растет. В настоящее время пластмассы составляют в среднем 75% морского мусора [1]. Пластиковые отходы перемещаются на большие расстояния за счет океанических течений, распадаются на мелкие кусочки и накапливаются [2]. Пластмассовые отходы распространены во всех водах Мирового океана в силу своих универсальных свойств и повсеместного использования в хозяйственной деятельности [3]. Распадающиеся пластмассовые отходы наносят не только физический, но и токсикологический вред живым организмам всех уровней трофической цепи [4].

Цель настоящей работы – провести анализ воздействия различных концентраций продуктов разложения пластикового загрязнения (ди(2-этилгексил)фталата (ДЕНП)) на функциональные показатели средиземноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis*).

Особей средиземноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis*) весом $12,9 \pm 2,3$ г и размером $57,8 \pm 1,8$ мм отбирали на мидийно-устричной ферме в Севастопольской бухте в феврале 2020 г. После транспортировки мидий размещали в стеклянных аквариумах емкостью 20 л, оборудованных системой аэрации и протока воды. Температура воды в аквариумах соответствовала сезонной температуре воды в Черном море и составляла $+8[U+2103]$. Период акклиматизации к лабораторным условиям составлял не менее 3 дней.

Ди(2-этилгексил)фталат (ДЕНП) (аналитическая чистота $> 99,0$ %) был первично растворен в 96 % этиловом спирте в концентрации $1 \text{ мг} \cdot \text{мл}^{-1}$. Моллюски были распределены случайным образом в аэрируемых аквариумах емкостью 20 л. Объем выборки для каждой точки составлял не менее 14 особей. В работе анализировали воздействие ДЕНП на организм моллюсков в концентрации $0,4 \text{ л} \cdot \text{мг} \cdot \text{мл}^{-1}$ и $4,0 \text{ л} \cdot \text{мг} \cdot \text{мл}^{-1}$ в течение 24 ч. и 48 ч. Контрольная группа мидий ($n = 14$) содержалась в 20 л аквариуме, оборудованном системой аэрации. Гемолимфу отбирали стерильным шприцем из экстрапалиального пространства. Гемоциты трижды отмывали в стерильной морской воде путем центрифугирования (350 g в течение 5 мин). Готовую суспензию гемоцитов разводили стерильной морской водой ($1-2 \cdot 10^6$ гемоцитов на мл) и окрашивали ДНК-красителем SYBR Green I (финальная концентрация в пробе 10 мкМ , 30 мин в темноте). Спонтанная продукция клетками активных форм кислорода оценивалась по флуоресценции красителя DCF-DA. Анализ данных проводили в компьютерной программе Flowing Software 5.2.

Инкубация моллюсков в воде, содержащей ДЕНП, достоверно влияла на клеточный состав гемолимфы, причём более существенные изменения в соотношении типов