Новый представитель *Chlorophyta* (*Ulva*) из прибрежных вод Карачи (Пакистан)

Хан Х.¹, Айша К.²

¹ Морской справочно-ресурсный центр, Университет Карачи,
Карачи 75270, Пакистан

² Кафедра ботаники, Университет Карачи,
Карачи 75270, Пакистан
heeno.khan321@gmail.com
draisha14@gmail.com

Реферат

Проведено таксономическое изучение нового представителя зеленых водорослей рода *Ulva* Linneaus. Образцы водорослей отбирали с сентября 2018 г. по март 2019 г. на побережье Аравийского моря возле Карачи. В результате к представителям рода *Ulva*, уже известным для побережья Карачи, был добавлен недавно описанный вид *U. ohnoi* Hiraoka et Shimada. Экземпляры его были найдены на приносимом прибоем мусоре (обрывках одежды, рыболовных сетей и канатов, пластиковых пакетах и т.п.) у прибрежных деревень Буледжи и Абдул Рехман Гот. Визуальное изучение морфологических признаков и прямое микроскопирование с целью изучения клеточных особенностей найденных экземпляров выявило ряд признаков, по которым они отличались от других находок этого вида. Среди них – хрупкость ветвей, которые рассыпаются при прикосновении к таллону, почковидная форма хлоропластов, наличие краевых шипов и отсутствие матрикса между ризоидальными клетками базальной части таллома. Также был проведен сравнительный анализ образцов *U. ohnoi* из Пакистана, Ирана и Японии. Обсуждаются черты сходства и несоответствия *U. ohnoi* с видами *U. anandii* Amjad et Shameel и *U. bifrons* Ardré, которые также имеют талломы небольшого размера, сходные с найденными образцами. Является ли выявленный вид нативным для Пакистана или заносным, пока неизвестно. Необходимы дальнейшие исследования с точки зрения экологии и физиологии этого вида.

К л ю ч е в ы е с л о в а : *Ulva ohnoi*, побережье Карачи, Пакистан, морфология, экология

© Хан Х., Айша К., 2020

Введение

Космополитный род *Ulva*, известный как «морской салат», встречается в прибрежной зоне, в пресной и солоноватой воде по всему миру (Reed, Russell, 1979; van den Hoek et al., 1995; Martins et al., 1999; Mc Avoy, Klug, 2005; Shimada et al., 2007b; 2008; Wichard et al., 2015).

Представители рода *Ulva* считаются самыми распространенными среди зеленых водорослей на побережье Пакистана. Таксономические исследования морских водорослей побережья Карачи были выполнены Børgesen (1934, 1935) и Anand (1940). Исследования по таксономии, включающие порядок *Ulvales*, проводились пакистанскими авторами (Saifullah, Nizamuddin, 1977; Amjad, Shameel, 1993; Saifullah, Rasool, 1998). Наше исследование посвящено первой находке вида *U. ohnoi* на побережье Карачи. После 26 лет наблюдений за водорослями этого побережья, вид был зарегистрирован впервые здесь вместе с другими видами ульвы, что, возможно, связано с изменением климата и экологии побережья.

В работе проведено детальное изучение новой находки.

Материалы и методы

Для исследования использовали альгологические пробы, собранные в период с сентября 2018 г. по март 2019 г. на побережье Аравийского моря возле г. Карачи на юге Пакистана. Талломы *U. ohnoi* встречались на приносимом прибоем мусоре (обрывках рыболовных сетей и канатов, полиэтиленовых пакетах, пластиковых бутылках и т.п.) и песке у прибрежных деревень Буледжи и Абдул Рехман Гот.

Собранные образцы были доставлены в лабораторию в закрытых пакетах и несколько раз промыты для удаления эпифитов и частиц песка. Часть образцов были сохранена в виде гербария, остальные были зафиксированы в 4–5% формалиновой морской воде для морфологических или клеточных исследований под микроскопом. Срезы талломов были получены вручную, используя лезвие. Образец голотипа (KUH-SW № 401-xi a) хранится в гербарии Университета Карачи.

Результаты и обсуждение

Собранные образцы были идентифицированы по морфологическим признакам таллома (размер ветвей, характер края таллома, толщина таллома, цвет таллома, структура подошвы) и клеток (размер и форма клеток, количество пиреноидов на клетку). Ниже мы приводим их характеристику.

Ulva ohnoi M. Hiraoka et S. Shimada

Flagella et al., 2010, 54; Kazi et al., 2016, 47; Lawton et al., 2013, 4 e77344; Melton et al., 2016, 227; Miladi et al., 2018, 100; Pirian et al., 2016, 153.

Рис. 1. Разрастание *Ulva ohnoi*, найденное на побережье Карачи

Рис. 2. Талломы *Ulva ohnoi*, растущие на пластиковом пакете

Морфологические признаки

Таллом темно-зеленого цвета (рис. 1–3), 3–5 см выс., округлый или неправильной формы (рис. 4), с зубчатым краем. Прикрепляется к субстрату с помощью находящегося у его основания круглого ризоидального диска с небольшой ножкой до 3 мм в длину (рис. 5). Ветви легко отделяются от слоевища или распадаются, хрупкие по своей природе. Перфорации отсутствуют. Таллом легко прилипает к бумаге, после высыхания приобретает воскообразный вид.

Цитологические особенности

Клетки (вид с поверхности) прямоугольной до гексагональной формы (рис. 6). Межклеточное пространство присутствует. Размер поверхностных клеток 20–30 мкм, они заполнены хлоропластом с 2–3 пиреноидами. Зубцы по краю таллома (рис. 7) состоят из 3–18 клеток, их размер варьирует от 20 до 70 мкм. На поперечном сечении видно, что таллом состоит из двух слоев стромы (рис. 8). Толщина таллома в средней части составляет 50–

65 мкм, в базальной части – 70–100 мкм. Клетки на поперечном сечении прямоугольные, 20–30 мкм дл., 15–20 мкм шир., длина их превышает ширину. Хлоропласт почковидной формы, достигающий до внешних стенок клетки (см. рис. 8). Ризоидальные клетки в базальной части без центрального матрикса (рис. 9).

Рис. 3. Гербарный образец *Ulva ohnoi* KUN-SW-No. 401-xi 'a'

Рис. 4. Свежий образец *Ulva ohnoi* с побережья Карачи

Рис. 5. Базальная часть таллома *Ulva ohnoi* с ризоидальным диском с небольшой ножкой

Рис. 6. Клетки *Ulva ohnoi*: вид с поверхности, $\times 20$

Рис. 7. *Ulva ohnoi*: краевые шипы, $\times 40$

Рис. 8. *Ulva ohnoi*: поперечный разрез средней части таллома, $\times 40$

Рис. 9. *Ulva ohnoi*: поперечный разрез базальной части таллома, $\times 40$

Фенология

Репродуктивные органы отсутствовали.

Место и дата сбора. Буледжи (коллектор Хина, 10.9.2018, 6.10.2018, 24.11.2018, 3.12.2018, 3.1.2019, 14.2.2019, 13.3.2019), Абдул Рехман Гот (коллектор Хина, 10.9.2018, 6.10.2018, 24.11.2018, 3.12.2018, 3.1.2019, 14.2.2019, 13.3.2019).

Общее распространение. Карибское море, Восточная Австралия, Индия, Иран, Япония, Средиземное море, Тунис.

Примечания. Исследование морфологии талломов и клеток были проведены в соответствии с Hiraoka et al. (2004). Талломы найдены в литоральной и сублиторальной зоне. В месяцы сбора сезонных колебаний не наблюдалось. В естественной среде обитания, например, на скалах или камнях, талломы этого вида обнаружены не были. Все находки сделаны на морских выбросах: пластиковых пакетах, тряпках, мешках и других мягких волокнистых материалах.

Наше исследование дополнило список видов *Ulva* побережья Карачи. Наша находка, *U. ohnoi* впервые обнаружена на побережье Пакистана. Этот вид был описан из Японии (Hiraoka et al., 2004), где его экземпляры были обнаружены в виде свободно плавающих талломов, вызывающих «зеленые» приливы. Этот вид также был зарегистрирован в последние годы в разных странах Карибского моря (Melton et al., 2016), в Средиземном море (Miladi et al., 2018), Иране (Pirian et al., 2016), Индии (Kazi et al., 2016) и Восточной Австралии (Lawton et al., 2013). На побережье Карачи мы не выявили свободно плавающих экземпляров, все они были обнаружены на берегу среди приносимого прибоем мусора. Вид *U. ohnoi* не формировал зеленый прилив в прибрежных зонах Карачи. Сложно сказать, является ли он криптогенным видом и каково его влияние на окружающую среду в регионе.

Высота обнаруженных нами талломов едва достигала 5 см, что значительно меньше 20–30 см, отмеченных у берегов Японии (табл. 1).

Таблица 1. Морфологические признаки *Ulva ohnoi* из разных местообитаний

Признак	<i>U. ohnoi</i>		
	из Японии (Hiraoka et al., 2004)	из Персидского залива (Pirian et al., 2016)	из Пакистана (оригинальные данные)
Форма таллома	Округлые до неправильных	Ланцетовидные до округлых	Округлые до неправильных
Цвет таллома	—	Темно-зеленый	Темно-зеленый
Форма клеток (вид с поверхности)	От многоугольной до неправильной	От квадратной до многоугольной	От многоугольной до неправильной
Расположение клеток	Беспорядочное	Беспорядочное	Беспорядочное
Краевые шипы	Есть	Есть	Есть
Размер клеток	14–20 мкм × 7–15 мкм	3–7 мкм × 4–6 мкм	15–20 мкм × 20–30 мкм
Количество пиреноидов	1–3	1–2	2–3

Морфология изученных экземпляров (зубчатый край таллома, клетки на поверхности прямоугольной до гексагональной формы, положение содержимого хлоропласта на поперечном сечении таллома) схожа с японской *U. ohnoi*. Ризоидальный диск с небольшой ножкой также отмечали Kazi et al. (2016). Строение хлоропласта вблизи базальной части таллома отличается от известного ранее.

Таблица 2. Сравнительная характеристика некоторых видов рода *Ulva* побережья Пакистана

Признак	<i>U. anandii</i> (Amjad, Shameel, 1993)	<i>U. bifrons</i> (Ardre, 1967)	<i>U. ohnoi</i> (оригинальные данные)
Морфология			
Общее строение	Таллом кустистый, 1,5–2,0 см выс., ярко-зеленый, с волнистым краем, с короткой и полый ножкой	Таллом кустистый, 2–3 см выс., темно-зеленый, с волнистым краем, ножка маленькая	Таллом от округлой до неправильной формы, 3–5 см выс., темно-зеленый, с зубчатым краем, ножка маленькая
Цитология			
Форма клеток с поверхности	От квадратной до многоугольной	Многоугольная	От многоугольной до неправильной
Форма клеток в поперечном сечении	—	—	От квадратной до прямоугольной
Размер клеток	41–48 мкм × 14–18 мкм	Два ряда имеют клетки разного размера: более крупные клетки 41–44 мкм × 14–17 мкм, а более мелкие клетки составляют 3/4 их размера	15–20 мкм × 20–30 мкм
Структура хлоропласта	—	—	Почковидный хлоропласт, касающийся внешних стенок клетки

Ulva ohnoi по сравнению с *U. lactuca* Linnaeus 1753 отличается по морфологической и клеточной структуре. *U. ohnoi* имеет хрупкие талломы, которые легко распадаются на две части и при высыхании в гербарии выглядят как восковые. Клетки с поверхности выглядят полигональными до неправильных, в поперечном сечении имеют прямоугольную форму с изогнутым хлоропластом, достигающим до внешних стенок клетки; между двумя слоями клеток отсутствует пространство, кутикула отсутствует. Также она отличается от других видов рода *Ulva*, найденных у побережья Пакистана (табл. 2).

Необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить, является ли этот вид заносным для Пакистана, так как его развитие не зависело от сезонных колебаний, а также мы не смогли обнаружить талломы, произрастающие в естественных условиях.

Выводы

Зеленая водоросль *Ulva ohnoi* впервые найдена на побережье Аравийского моря в Пакистане. Исследованные экземпляры *U. ohnoi* с побережья Карачи сходны с типовым материалом этого вида с японского побережья, но имеют некоторые различия по сравнению с образцами из Персидского залива. Морфологически талломы округлые/ланцетные с зубчатым краем. Расположение клеток на поверхности и количество пиреноидов на клетку сходны у образцов из Японии и Пакистана, но отличаются от образцов из Персидского залива.

Выявленный вид имеет четкие морфологические отличия от других представителей рода *Ulva* небольшого размера с маленькой ножкой, также обнаруженных в Пакистане. Зубчатый край таллома, темно-зеленая окраска, почковидная форма хлоропласта в поперечном сечении и базальная часть с ризоидальными клетками без центрального матрикса отличает *U. ohnoi* от *U. anandii* и *U. bifrons*.

REFERENCES

- Amjad M.T., Shameel M. 1993. Two new species and two new records of *Ulva* L. (*Ulvophyceae*) from the coast of Karachi, Pakistan. *Pak. J. Mar. Sci.* 2(1): 5–16.
- Anand P.L. 1940. *Marine algae from Karachi. Pt I. Chlorophyceae*. Lahore: Punjab Univ. Bot. Publ. 52 p.
- Ardre F. 1967. Une *Ulve* a thalle remarquable des Cotes du Portugal. *Rev. Algol. N.S.* 8: 292–297.
- Børgesen F. 1934. Some marine algae from the northern part of the Arabian Sea with remarks on their geographic distribution. *Det. Kgl. Danske Videnskab. Selskab., Biol. Meddel.* 11(6): 1–72.
- Børgesen F. 1935. List of marine algae from Bombay. *Det. Kgl. Danske Videnskab. Selskab., Biol. Meddel.* 12(2): 1–64.
- Flagella M.M., Andreakis N., Hiraoka M., Verlaque M., Buia M.C. 2010. Identification of cryptic *Ulva* species (*Chlorophyta, Ulvales*) transported by ballast water. *J. Biol. Res.* 13: 47–57.

- Hiraoka M., Shimada S., Uenosono M., Masuda M. 2004. A new green tide forming algae *Ulva ohnoi* Hikora et Shimada sp. nov. (*Ulvales*, *Ulvaceae*) from Japan. *Phycol. Res.* 52: 17–29.
- Kazi A.M., Kayale G.M., Singh V.V. 2016. Morphological and molecular characterization of *Ulva chaugulii* sp. nov., *U. lactuca* and *U. ohnoi* (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*) from India. *Phycologia*. 55(1): 45–54.
- Lawton R.J., Mata L., de Nys R., Paul N.A. 2013. Algal bioremediation of waste waters from land-based aquaculture using *Ulva*: selecting target species and strains. *PLoS One*. 8(10): e77344.
- Linnaeus C. 1753. In: *Species plantarum*. Vol. 2. Stockholm: Laurentius Salvius Holmiae. Pp. 561–1200.
- Martins I., Oliviria J.M., Findt M.R., Marques J.C. 1999. The effect of salinity on the growth rate of the macroalgae *Enteromorpha intestinalis* (*Chlorophyta*) in the Mondego estuary (west Portugal). *Acta Oecol.* 20: 259–265.
- Mc Avoy K.M., Klung L. 2005. Positive and negative effects of riverine input on the estuarine green algae *Ulva intestinalis* (syn. *Enteromorpha intestinalis*) Linnaeus. *Hydrobiologia*. 545: 1–9.
- Melton III J.T., Collado-Vides L., Lopez-Bautista J.M. 2016. Molecular identification and nutrient analysis of the green tide species *Ulva ohnoi* (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*), a new report and likely nonnative species in the Gulf of Mexico and Atlantic Florida, USA. *Aquat. Invas.* 11(3): 225–237.
- Miladi R., Manghisi A., Minicante S.A., Genovese G., Abdelkafi S., Morabito M. 2018. A DNA barcoding survey of *Ulva* (*Chlorophyta*) in Tunisia and Italy reveals the presence of the overlooked alien *U. ohnoi*. *Cryptogam. Algol.* 39(1): 85–108.
- Pirian K., Piri K., Sohrabipour J., Jahromi S.T., Blomster J. 2016. Molecular and morphological characterization of *Ulva chaugulii*, *U. paschima* and *U. ohnoi* (*Ulvaceae*) from the Persian Gulf, Iran. *Bot. Mar.* 59(2): 147–158.
- Reed R.H., Russell G. 1979. Adaptation to salinity stress in populations of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. *Estuar. and Coastal Mar. Sci.* 8(3): 251–258.
- Saifullah S.M., Nizamuddin M. 1977. Studies of the marine algae from Pakistan: *Ulva*. *Bot. Mar.* 20(8): 521–536.
- Saifullah S.M., Rasool F. 1998. Standing crop of macroalgae in mangrove habitat of Sandspit area, Karachi. *Pak. J. Mar. Sci.* 7(1): 61–64.
- Shimada S., Tadano T., Tanaka J. 2007. A new species *Codium tenuifolium* (*Codiales*, *Chlorophyta*) from Japan. *J. Jap. Bot.* 82: 117–125.
- Shimada S., Yokoyama N., Arai S., Hiraoka M. 2008. Phylogeography of genus *Ulva* (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*), with special reference to the Japanese fresh water and brackish water taxa. *J. Appl. Phycol.* 20: 979–989.
- Van den Hoek C., Mann D.G., Jahns H.M. 1995. *Algae*. An introduction to phycology. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 623 p.
- Wichard T., Charrier B., Mineur F., Bothwell J.H., De Clerk O., Coates J.C. 2015. The green seaweed *Ulva*: a model system to study morphogenesis. *Front. Plant Sci.* 6(72): 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00072>

Поступила 02.10.2019

Подписал в печать П.М. Царенко

Khan H.¹, Aisha K.²

¹ Marine Reference Collection and Resource Center, University of Karachi,
Karachi 75270, Pakistan

² Department of Botany, University of Karachi,
Karachi 75270, Pakistan

New species of green algae belonging to *Ulva* Linneaus in the coastal waters of Karachi, Pakistan

The study was carried out to access the taxonomy of new species of *Ulva*. For this purpose, the collections of green algae were done from September 2018 to March 2019 on the coast of the Arabian Sea near Karachi. *Ulva ohnoi* Hiraoka et Shimada was added in previous list of the genus *Ulva*. Growth of this species was found on debris (dumbed fishing nets, clothes, sand bores and ropes) at the coasts of Buleji and Abdul Rehman Goth. Morphological characters, observed visually, whereas cellular characters examined under upright microscope which revealed that this species varied from other *Ulva* species for its dissorted fronds character when thallus is touched, kidney (blunt) shaped chloroplast structure, the presence of marginal spines and absence of matrix in between rhizoidal cell of lower part of the thallus near the holdfast. The comparative study of *U. ohnoi* reported from Pakistan was done with *U. ohnoi*, reported species from Iran and Japan. The similarities and dissimilarities of *U. ohnoi* with *U. anandii* Amjad et Shameel and *U. bifrons* Ardré were mentioned, which also have small thallus like describe specimens. If the species is native or exotic are still unknown. Further study is required in terms of ecology and physiology of this species. This was first report from the coast of Karachi, Pakistan.

Key words: *Ulva ohnoi*, coast of Karachi, morphology, ecology