

УДК [5745:582.232](541/548)

Ч. РАМЕШ,

Офіс польових досліджень Національного центру досліджень узбережжя,
Мандапам-623519, Таміл Наду, Індія

С. КУШИК,

Офіс польових досліджень Національного центру досліджень узбережжя,
Мандапам-623519, Таміл Наду, Індія

Т. ШУНМУГАРАДЖ,

Офіс польових досліджень Національного центру досліджень узбережжя,
Мандапам-623519, Таміл Наду, Індія

М.В. РАМАНА МЕРТІ,

Національний центр досліджень узбережжя
Ченнай-600100, Таміл Наду, Індія

**ІНТЕНСИВНЕ «ЦВІТІННЯ» ЦІАНОБАКТЕРІЙ
TRICHODESMIUM ERYTHRAEUM І
SYNECHOCOCCUS SP. БІЛЯ ГРУПИ ОСТРОВІВ
МАНДАПАМ, ПІВДЕННО-СХІДНЕ УЗБЕРЕЖЖЯ ІНДІЇ**

У квітні 2019 р. було відмічено інтенсивне цвітіння *Trichodesmium erythraeum* (8×10^5 філаментів/мл³) смугою до кількох кілометрів біля островів групи Мандапам на південно-східному узбережжі Індії. Також у тому районі відмічене цвітіння *Synechococcus* sp. (3×10^5 кл/мл³) у районі мису Кундукал. При цьому не було ніяких ознак смертності риб або інших морських організмів. Найімовірніше, розвитку «цвітіння» сприяла підвищена температура води і солоність. Моніторинг показників якості води та спостереження за цвітіннями необхідні для оцінки впливу цих ціанобактерій на прибережну фауну для розробки управлінської стратегії.

Ключові слова: цвітіння ціанобактерій, *Trichodesmium erythraeum*, *Synechococcus* sp., якість води, Мандапам.

«Цвітіння» води — несприятливе явище, шкідливе для морської біоти та навколишнього середовища [23]. Багаторічні дані свідчать, що більшість випадків «цвітіння» мікроводоростей і ціанобактерій відбувається у передмусонний період [5]. Біогени в океанічній воді, такі, як найбільш поширена летка сполука сірки диметилсульфопріонат (ДМСП) у поверхневому шарі та органічний фосфор значною мірою сприяють розвитку «цвітіння» водоростей різних видів [23]. Евтрофікація та спільний

Ц и т у в а н н я: Рамеш Ч., Кушик С., Шунмугарадж Т., Рамана Мерті Т.В. Інтенсивне «цвітіння» ціанобактерій *Trichodesmium erythraeum* і *Synechococcus* sp. біля групи островів Мандапам, південно-східне узбережжя Індії. *Гідробіол. журн.* 2021. Т. 57, № 1. С. 32—37.

вплив підвищених температури і солоності також створюють сприятливі умови для їх формування. Хоча цвітіння деяких водоростей нешкідливе, таке явище у прибережних водах вказує на порушення продукційного балансу. Через шкодочинний вплив «цвітіннь» на морську біоту, цьому явищу останнім часом приділяється все більша увага, особливо з огляду на зміни клімату, що безпосередньо впливають на них [20].

За 1998—2010 частота «цвітіннь» ціанобактерій в Індійській економічній зоні зростає на 34 % [16]. Статистичні дані підтверджують, що випадки шкодочинних «цвітіннь» водоростей (ШЦВ) пов'язані зі змінами клімату [16]. Впродовж вказаного періоду відбулось очевидне зміщення їх виникнення навколо західного та східного узбережжя Індії [16]. Тому дуже важливо проводити моніторинг «цвітіннь» водоростей та їх динаміки у прибережних водах. Метою роботи було встановлення характеристик інтенсивних «цвітіннь» двох різних ціанобактерій вздовж південно-східного узбережжя Індії у квітні 2019 р.

Матеріал і методика досліджень

Під час робіт з відновлення коралового рифу у районі групи островів було відмічено два скупчення ціанобактерій. Проби відібрані одноразово. Ціанобактерія *Trichodesmium erythraeum* має світло-коричневе забарвлення, загалом широко розповсюджена в районі групи островів Мандапам, інтенсивний розвиток відмічений в окремих локаціях у районі островів Крусадай і Пумарічан (09° 15' 34" N, 079° 13' 28" E; 09° 12,562" N, 079° 08,020" E and 09° 12,562" N, 079° 08,020" E). «Цвітіння» іншої ціанобактерії *Synechococcus* sp. (скупчення зеленувато-жовтого забарвлення) зареєстроване у районі Кундукал (рис. 1).

Оскільки проби відібрані одноразово, дані представлені без статистичного відхилення. Підрахунок клітин проводили лише у межах плям «цвітіння». Відібрані проби послідовно розводили для підрахунку клітин за допомогою лічильника крові. Показники якості води встановлювали за допомогою зонду Manta+Water Quality. Видову ідентифікацію і підрахунок чисельності проводили за допомогою світлового мікроскопа OEM зі збільшенням 1000×. Мікрофотографії зроблені смартфоном Motorola Moto G6 Android.

Результати досліджень та їх обговорення

Однчасне цвітіння *T. erythraeum* і *Synechococcus* sp. відмічено лише у літоральній зоні мису Кундукал, в інших місцях — лише скупчення *T. erythraeum* у вигляді довгих смуг або окремих плям (рисунок). Цвітіння *Synechococcus* sp. у цьому районі спостерігається вперше, у той же час цвітіння *Trichodesmium* за останні два десятиріччя відбувалось неодноразово. Також вони зареєстровані поблизу острова Хее і узбережжя Ведалай у жовтні 2018 р. При цьому прибережні води були каламутними і мали коричневе забарвлення, а при контакті зі шкірою викликали свербіж. Блідо-рожеве забарвлення води, що оточувала плями цвітіння *Synechococcus* sp., свідчили про продукування значної кількості каротиноїдів

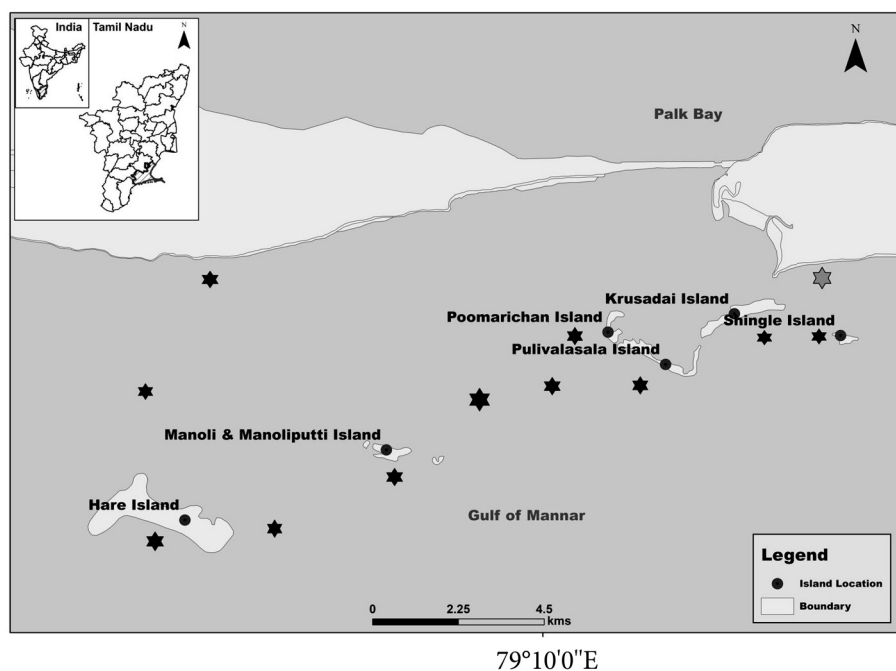


Рисунок. Карта схема розташування плям «цвітіння» *Trichodesmium* і *Synechococcus* у районі групи островів Мандапам

завдяки підвищеній солоності [6]. У той же час при зберіганні природного матеріалу *T. erythraeum* у колбах Еппендорфа вода набувала пурпурно-синього забарвлення через продукування фікоеритробіліну, що має антиоксидантні властивості. У квітні 2019 р. у районі групи островів Мандапам відмічено зростання температури води і солоності. До початку «цвітіння» середні показники становили $30,0 \pm 0,6$ °C і $33,00 \pm 0,91$ ‰, а під час цвітіння вони досягали 33,3 °C і 34,95 ‰. Як вже вказувалось [12], підвищена температура і солоність є першопричинами розвитку «цвітіння».

Цвітіння *T. erythraeum* у передмусонний період вздовж східного і західного узбережжя Індії реєструються з 1964 р. [5, 20]. У районі Мандапам у цей період відбувається масовий розвиток *Rhizosolenia alata* і *Rhizosolenia imbricata* [18], *Noctiluca miliaris* [17, 19], *T. thiebautii* [3] and *T. erythraeum* [1, 2, 4, 13]. З перелічених цвітіння *T. erythraeum* викликало загибель *Holothuria atra* і риб [2], риб і крабів [4], тунців [13] та деяких інших риб і молюсків [1]. Цвітіння іншого виду ціанобактерій, *T. thiebautii* також викликало загибель риб [3]. Під час наших робіт загибелі гідробіонтів не було. З дев'яти випадків «цвітіння» *T. erythraeum* на південно-східному узбережжі Таміл Наду, чотири відмічені у районі затоки Манар, випадок, що розглядається, є п'ятим.

Цвітіння *Trichodesmium* частіше відбувається вздовж західного узбережжя Індії, ніж східного, через більш сприятливі гідрологічні та метео-

рологічні умови [8, 10, 11, 15, 16, 22]. Слід відмітити, розвиток «цвітіння» у різних прибережних водах супроводжувався підвищеним вмістом хлорофілу *a* і феофітину у воді, зниженням вмісту нітратів, мінливістю видового складу фітопланктону [9, 12], низьким вмістом неорганічного фосфору і азоту амонійного, високими кількісними показниками діатомових водоростей та веслоногих раків [21], підвищеним вмістом розчинного кисню [15], високим вмістом аміаку та збідненим видовим складом фітопланктону [24]. У цьому дослідженні не було можливості встановити гідрохімічні показники (включно з вмістом біогенів) та склад планктону, щоб оцінити вплив «цвітіння» на екосистему. Цвітіння *Synechococcus* sp. відмічено для Індії вперше. Види р. *Synechococcus* — агенти «цвітіння» відмічені у деяких океанах [7]. Вид, про який йде мова у цьому дослідженні, зовні нагадував *Dunaliella salina*, але не мав джгутиків. Чисельність *T. erythraeum* досягала 8×10^5 кл/мл, чисельність *Synechococcus* sp. — 3×10^5 кл/мл. Хоча останній вид відмічений у цьому районі вперше, не можна з впевненістю встановити чинники, що сприяли цвітінню, крім температури і солоності.

Дослідження екстрактів *T. erythraeum in vitro* показали виражену антимікробну, антигрибкову дію, цитотоксичність щодо клітинних культур НерG2 і HaCat, порушення ДНК в лімфоцитах людини [14] і 100 %-ву смертність *Artemia salina* [25]. Можливо, біомаса цих ціанобактерій може бути використана як джерело біологічно активних речовин. Розуміння динаміки розвитку водоростей у зв'язку з режимом біогенів і чинниками довкілля допоможе з'ясувати зміни, що відбуваються у біохімічних, біогеохімічних та екологічних характеристик у біосферному резерваті Затока Маннар. Моніторинг «цвітіння» у районі також слід проводити за допомогою космічного зондування для прогнозу цих явищ у майбутньому. Крім того, встановлення частоти трапляння цих видів ціанобактерій у часі і просторі разом з детальними відомостями щодо фізико-хімічних властивостей води і донних відкладів необхідне для розуміння їх екології у певних умовах.

Список використаної літератури

1. Anantharaman P., Thirumaran G., Arumugam R. et al. Monitoring of *Noctiluca* bloom in Mandapam and Keelakarai coastal waters; South-East coast of India. *Recent Res. Sci. Technol.* 2010. Vol. 2, N 10. P. 51—58.
2. Chacko P.I. An unusual incidence of mortality of marine fauna. *Curr. Sci.* 1942. Vol. 11. P. 404.
3. Chellam A., Alagarwami K. Blooms of *Trichodesmium thiebautii* and their effect on experimental pearl culture at Veppalodai. *Ind. J. Fisheries.* 1978. Vol. 25. P. 237—239.
4. Chidambaram K., Unny M.M. Note on the swarming of the planktonic algae *Trichodesmium erythraeum* in the Pamban area and its effect on the fauna. *Curr. Sci.* 1944. N 13. P. 263.
5. D'Silva M.S., Anil A.C., Naik R.K., D'Costa, P.M. Algal blooms: a perspective from the coasts of India. *Nat. Hazards.* 2012. Vol. 63. P. 1225—1253.
6. Graham J.E., Lecomte J.T.J., Bryant D.A. Synechoxanthin, an aromatic C₄₀ xanthophyll that is a major carotenoid in the cyanobacterium *Synechococcus* sp. PCC 7002. *J. Nat. Products.* 2008. Vol. 71. P. 1647—1650.

7. Hamilton T.J., Paz-Yepes J., Morrison R.A. et al. Exposure to bloom-like concentrations of two marine *Synechococcus* cyanobacteria (strains CC9311 and CC9902) differentially alters fish behaviour. *Conservation Physiol.* 2014. Vol. 2. DOI:10.1093/conphys/cou020.
8. Jabir T., Dhanya V., Jesmi Y. et al. Occurrence and distribution of a diatom-diazotrophic cyanobacteria association during a *Trichodesmium* bloom in the Southeastern Arabian Sea. *Intern. J. Oceanogr.* 2013. ID 350594.
9. Jyothibabu R., Madhu N.V., Murukesh N. et al. Intense blooms of *Trichodesmium erythraeum* (Cyanophyta) in the open waters along east coast of India, *Ind. J. Mar. Sci.* 2003. Vol. 32. P. 165—167.
10. Jyothibabu R., Karnan C., Jagadeesan L. et al. *Trichodesmium* blooms and warm-core ocean surface features in the Arabian Sea and the Bay of Bengal. *Marine Pollution Bull.* 2017. DOI:10.1016/j.marpolbul.2017.06.002.
11. Krishnan A.A., Krishnakumar P.K., Rajagopalan M. *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) bloom along the Southwest coast of India (Arabian Sea) and its impact on trace metal concentrations in seawater. *Estuar., Coast. Shelf Sci.* 2007. Vol. 71, N 3—4. P. 641—646.
12. Mohanty A.K., Satpathy K.K., Sahu G. et al. Bloom of *Trichodesmium erythraeum* (Ehr.) and its impact on water quality and plankton community structure in the coastal waters of southeast coast of India. *Ind. J. Marine Sci.* 2010. Vol. 39, N 3. P. 323—333.
13. Nagabhushanam A.K. On an unusually dense phytoplankton «bloom» around Minicoy Island (Arabian Sea) and its effect on the local tuna fisheries. *Curr. Sci.* 1967. Vol. 36. P. 611—612.
14. Narayana S., Chitra J., Tapase S. R. et al. Toxicity studies of *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg, 1830) bloom extracts, from Phoenix Bay, Port Blair, Andamans. *Harmful Algae.* 2014. Vol. 40. P. 34—39.
15. Padmakumar K.B., Smitha B.R., Thomas L.C. et al. Blooms of *Trichodesmium erythraeum* in the South Eastern Arabian Sea during the onset of 2009 summer monsoon. *Ocean Sci. J.* 2010. Vol. 45. P. 151.
16. Padmakumar K.B., Menon N.R., Sanjeevan V.N. Is occurrence of harmful algal blooms in the exclusive economic zone of India on the rise? *Int. J. Oceanogr.*, 2012. DOI: 10.1155/2012/263946.
17. Raghu Prasad R. Swarming of *Noctiluca* in the Palk Bay and its effect on the «Chodai» fishery with a note on the possible use of *Noctiluca* as an indicator species. *Proc. Ind. Acad. Sci., Section B.* 1953. N 38. P. 40—47.
18. Raghu Prasad R. Further studies on the plankton of the inshore waters off Mandapam, *Ind. J. Fish.* 1956. N 1. P. 42—31.
19. Raghu Prasad R. A note on the occurrence and feeding habits of *Noctiluca* and their effects on the plankton community and fisheries. *Proc. Ind. Acad. Sci., Section B.* 1958. N 331. P. 33—76.
20. Sachithanandam V., Mohan P.M., Karthik R. et al. Climate changes influence the phytoplankton bloom (Prymnesiophyceae: *Phaeocystis* spp.) in North Andaman coastal region. *Ind. J. Geo-Marine Sci.* 2013. Vol. 42, N 1. P. 58—66.
21. Sahu B.K., Begum M., Kumarasamy P. et al. Dominance of *Trichodesmium* and associated biological and physico-chemical parameters in coastal water of Port Blair, South Andaman Island. *Ibid.* 2014. Vol. 43 N 9. P. 1739—1745.
22. Sarangi R.K., Chauhan P., Nayak S.R. Detection and monitoring of *Trichodesmium* blooms in the coastal waters off Saurashtra coast, India using IRS-P4 OCM data. *Curr. Sci.* 2004. Vol. 86, N 12. P. 1636—1641.
23. Sarkar S.K. Marine algal bloom: characteristics, causes and climate change impacts. Singapore: Springer Nature, 2018. 170 p.
24. Satpathy K.K., Mohanty A.K., Sahu G. et al. On the occurrence of *Trichodesmium erythraeum* (Ehr.) bloom in the coastal waters of Kalpakkam, east coast of India. *Ind. J. Sci. Technol.* 2007. Vol. 1, N 2. P. 1—9.

25. Shunmugam S., Gayathri M., Prasannabalaji N. et al. Unraveling the presence of multi-class toxins from *Trichodesmium* bloom in the Gulf of Mannar region of the Bay of Bengal. *Toxicon.*, 2017. N 135. P. 43—50.

Надійшла 19.08.2020

Ch. Ramesh,

National Centre for Coastal Research NCCR Field Office,
Mandapam-623519, Tamil Nadu, India

S. Koushik,

National Centre for Coastal Research NCCR Field Office,
Mandapam-623519, Tamil Nadu, India.

T. Shunmugaraj,

National Centre for Coastal Research NCCR Field Office,
Mandapam-623519, Tamil Nadu, India.

M.V. Ramana Murthy,

National Centre for Coastal Research
Chennai-600100, Tamil Nadu, India.

MASSIVE BLOOMS OF CYANOBACTERIA *TRICHODESMIUM ERYTHRAEUM*
AND *SYNECHOCOCCUS* SP. IN MANDAPAM GROUP OF ISLANDS, SOUTHEAST
COAST OF INDIA, TAMIL NADU

Massive blooms of *Trichodesmium erythraeum* (8×10^5 filaments/ml) forming several long chains extended up to few kilometres were observed in the Mandapam group of Islands, Southeast coast of India, Tamil Nadu during April 2019. Bloom of *Synechococcus* sp. (3×10^5 cells/ml) was also recorded near Kundukal jetty, Mandapam region merely. There were no indications of mortality of any fish or other marine organisms during this event. The water quality parameters suggested that elevated temperature and salinity were the key factors favoured the formation of *T. erythraeum* and *Synechococcus* sp. blooms. Seasonal monitoring of water quality parameters and observations on these blooms are underway to evaluate the ecological impacts of these cyanobacterial species on coastal fauna for devising management strategies.

Keywords: Cyanobacterial blooms, *Trichodesmium erythraeum*, *Synechococcus* sp., water quality, Mandapam.