

SỰ NỞ HOA CỦA LOÀI VI KHUẨN LAM ĐỘC *RAPHIDIOPSIS RACIBORSKII* TẠI HỒ BUÔN PHONG, TỈNH ĐẮK LẮK

Ngô Thị Diễm My^{1*}, Tôn Thất Pháp², Nguyễn Thị Thu Liên¹

¹ Viện Công nghệ sinh học, Đại học Huế, Tinh lộ 10, Phú Thượng, Phú Vang, Thừa Thiên Huế, Việt Nam

² Khoa Sinh, Trường đại học Khoa học, Đại học Huế, 77 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

* Tác giả liên hệ Ngô Thị Diễm My <ngothidiemmy@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 20-5-2021; Ngày chấp nhận đăng: 05-9-2021)

Tóm tắt. Nghiên cứu này điều tra thành phần loài, đặc điểm hình thái, sự biến động mật độ tế bào của vi khuẩn lam (VKL) *Raphidiopsis raciborskii* và hàm lượng độc tố cylindrospermopsin trong hồ Buôn Phong. Hàm lượng độc tố được xác định bằng phương pháp ELISA. Kết quả cho thấy sự có mặt của 23 loài VKL phân bố trong 10 chi, 5 họ và 3 bộ (Chroococcales, Oscillatoriales, Noctoscales). *Raphidiopsis raciborskii* tồn tại dưới dạng sợi thẳng, nở hoa quanh năm với số lượng tế bào $53,6 \times 10^6$ – $58,3 \times 10^7$ tb/L. Độc tố cylindrospermopsin tồn tại trong suốt 12 tháng nghiên cứu với hàm lượng 0,04–0,72 µg/L. Mặc dù hàm lượng độc tố vẫn nằm dưới mức độ nguy hại (1 µg/L), nhưng sự xuất hiện độc tố trong nước hồ chứa cho thấy rủi ro tiềm tàng do đây là nguồn nước được sử dụng cho sinh hoạt, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: phức titanium peroxide, g-C₃N₄, TiO₂, TiO₂/g-C₃N₄, xử lý nước thải

Blooming of harmful cyanobacterium *Raphidiopsis raciborskii* in Buon Phong reservoir, Daklak province

Ngo Thi Diem My^{1*}, Ton That Phap², Nguyen Thi Thu Lien¹

¹ Hue University, Institute of Biotechnology, Road 10, Phu Thuong, Phu Vang, Thua Thien Hue, Vietnam

² Department of Biology, University of Science, Hue University, 77 Nguyen Hue, Hue, Vietnam

* Correspondence to Ngo Thi Diem My <ngothidiemmy@hueuni.edu.vn>

(Received: 20 May 2021; Accepted: 05 September 2021)

Abstract. This study investigates species biodiversity composition, morphological characteristics and fluctuation in cell density of cyanobacterial *Raphidiopsis raciborskii*, and cylindrospermopsin toxin concentration in Buon Phong reservoir. The cylindrospermopsin concentration in the reservoir was identified by using the ELISA test. The results show that 23 species of cyanobacteria in 10 genera, 5 families, 3 orders (Chroococcales, Oscillatoriales, Noctoscales) were identified. Straight filamentous *Raphidiopsis raciborskii* bloomed all year round in the reservoir with cell densities of $53,6 \times 10^6$ – $58,3 \times 10^7$ cells/L. The results of the ELISA test show that cylindrospermopsin toxin in the reservoir existed during the 12 months of the studied period, ranging from 0.04 to 0.72 µg/L. Although the toxin concentration is below the hazard level (1 µg/L), the presence of cylindrospermopsin in the reservoir poses a potential risk because the reservoir water is used for domestic, livestock and aquaculture activities.

Keywords: cyanobacteria, cylindrospermopsin, bloomed, reservoir, Dak Lak

1 Mở đầu

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng hiện tượng phú dưỡng, nồng độ CO₂ tăng và sự nóng lên toàn cầu có khả năng làm tăng tần suất, cường độ và thời gian nở hoa của vi khuẩn lam (VKL) trong nhiều hệ sinh thái thủy sinh trên toàn cầu. Xu hướng này rất đáng lo ngại vì nó có thể có tác động tiêu cực đến đa dạng sinh học và hoạt động của lưới thức ăn trong hệ sinh thái thủy sinh cũng như tiềm năng nguy hại khi sử dụng các vùng nước này làm nước uống, sinh hoạt và các mục đích giải trí khác. *Raphidiopsis raciborskii* (trước đây được gọi là *Cylindrospermopsis raciborskii*) là một trong những VKL dạng sợi được nghiên cứu nhiều nhất do sự phân bố trên toàn cầu và khả năng gây độc của nó [1, 2]. Sự xâm lấn ồ ạt của loài này có lẽ một phần chúng có khả năng thích nghi cao với những thay đổi của các yếu tố môi trường; mặt khác, chúng tồn tại trong nhiều kiểu sinh thái khác nhau của môi trường sống [3, 4].

Cylindrospermopsin (CYN) là độc tố do *Raphidiopsis raciborskii* tạo ra. Nó là một alkaloid (C₁₅H₂₁N₅O₇S; 415,43 Da) với gốc guanidine ba vòng, một nhóm sulfat và một vòng uracil. Hoạt động sinh học của hợp chất này rất rộng. Cylindrospermopsin gây độc tính trên tế bào, gen, hệ miễn dịch, thần kinh và nội tiết. Cơ chế gây độc chủ yếu bằng cách ức chế sự tổng hợp protein, tương tác với cytochrome P450 (CYP450), gây ra stress oxy hóa và đứt gãy sợi DNA, liên kết với các thụ thể estrogen và ảnh hưởng đến hoạt động của acetylcholinesterase (AChE) [5, 6]. Không giống như độc tố microcystin (MC), phần lớn độc tố CYN được giải phóng ra môi trường nước bên ngoài, tan mạnh trong nước, bền với ánh sáng mặt trời, bền nhiệt và tồn tại trong khoảng pH rộng [7, 8]. Tốc độ phân hủy của CYN trong môi trường tự nhiên rất nhỏ. Vì vậy, CYN gây ra nhiều nguy cơ tiềm

năng và khó khăn trong việc sử dụng và quản lý nguồn nước.

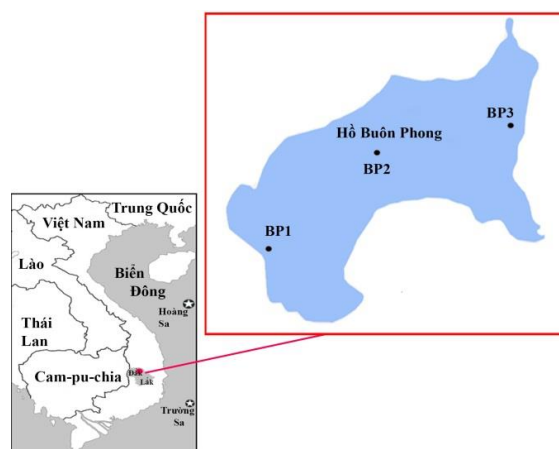
Buôn Phong là hồ chứa nhân tạo có vai trò quan trọng trong đảm bảo an toàn nguồn nước nhằm đáp ứng nhu cầu cho con người như: cung cấp nước sinh hoạt, tưới tiêu, phục vụ cho chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản. Do đó, trong bài báo này, chúng tôi tập trung nghiên cứu về thành phần loài VKL, đặc điểm hình thái *Raphidiopsis raciborskii*, sự biến động mật độ *Raphidiopsis raciborskii* và hàm lượng độc tố CYN trong nước hồ Buôn Phong. Kết quả cho thấy tiềm năng nguy hại của loài VKL này và độc tố CYN trong vấn đề sử dụng và quản lý nguồn nước nơi đây.

2 Phương pháp

2.1 Vị trí nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 5-2019 đến 4-2020 tại Hồ Buôn Phong (12°9'21", 108°16'24") thuộc tỉnh Đắk Lắk. Vị trí điểm thu mẫu được xác định như trong Hình 1.

Hồ Buôn Phong là hồ chứa nhân tạo; dung tích toàn bộ là 3,3 triệu m³; diện tích lưu vực 13 km²; hồ có độ sâu trung bình 10 m; nơi sâu nhất vào mùa



Hình 1. Bản đồ vị trí hồ Buôn Phong với các điểm thu mẫu: BP1, BP2 và BP3

mưa là 20 m. Hồ nhận nước từ ba con suối nhỏ và nước mưa, cung cấp nước sinh hoạt, nước tưới, phục vụ chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản. Hồ nhận nguồn thải từ nước thải sinh hoạt và nước thải nông nghiệp.

2.2 Phương pháp thu mẫu

Thời gian thu mẫu: Mẫu nước và mẫu thực vật phù du được thu hàng tháng tại ba điểm thu mẫu ở Buôn Phong (BP1, BP2 và BP3), trong suốt thời gian từ tháng 5 năm 2019 đến tháng 4 năm 2020.

Mẫu định tính: Mẫu được thu bằng cách sử dụng lưới thu mẫu với kích thước mắt lưới 20 μm và được bảo quản bằng dung dịch formaldehyde 4%. Tại mỗi điểm lấy mẫu, mẫu sống (không cố định formaldehyde) được thu trong chai nhựa dùng cho phân lập [9].

Mẫu định lượng: Mẫu được thu thập bằng một ống nhựa dài 2 m và đường kính 10 cm. Sau đó, các mẫu nước (độ sâu 0–2 m) được khuấy đều trong một xô và lấy 100 mL mẫu nước đựng trong chai thủy tinh sẫm màu. Tất cả các mẫu định lượng được bảo quản bằng dung dịch Lugol's acid [9].

Mẫu phân tích độc tố: 3 mL nước được lấy từ hồ chứa đựng trong ống eppendorf và lưu trữ ở $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ cho tới khi phân tích.

2.3 Phân tích định tính

Sử dụng phương pháp so sánh hình thái. Việc định loại và mô tả loài được dựa trên cả mẫu sống, mẫu cố định cũng như các mẫu nuôi cấy. Ảnh được chụp bằng kính hiển vi BX51 có gắn bộ phận chụp hình [9].

2.4 Phân tích định lượng

Đếm số lượng tế bào dựa vào phương pháp đếm với buồng đếm Sedgewick – Rafter (dung tích 1 mL với 1000 ô đếm) [10].

2.5 Phân tích độc tố CYN

Thí nghiệm miễn dịch liên kết với enzym (ELISA). Nồng độ cylindrospermopsin trong mẫu nước tự nhiên và trong môi trường nuôi cấy được phân tích độc tố với bộ kit Abraxis Cylindrospermopsin ELISA (Microtiter Plate) (Abraxis, Hoa Kỳ). Tất cả các bước được thực hiện theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Mật độ quang của mẫu được đo ở bước sóng 450 nm trên hệ thống máy đọc ELISA tự động (CODA, Bio-Rad, Hoa Kỳ) và nồng độ cylindrospermopsin ($\mu\text{g/L}$) trong các mẫu được xác định dựa vào đường chuẩn của cylindrospermopsin-HRP. Nếu nồng độ cylindrospermopsin trong các mẫu cao hơn chất chuẩn (2 $\mu\text{g/L}$) thì các mẫu được pha loãng cho đến khi nằm trong khoảng của đường chuẩn.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Thành phần loài VKL ở hồ Buôn Phong

Kết quả khảo sát thành phần loài VKL đã ghi nhận được 23 loài thuộc 10 chi, 5 họ và 3 bộ (Chroococcales, Oscillatoriales, Noctoscales). Danh mục thành phần loài VKL được sắp xếp theo hệ thống phân loại của Komárek và Anagnostidis và được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần loài VKL ở hồ Buôn Phong tỉnh Đắk Lắk

STT	Tên khoa học	Hồ Buôn phong (BP)	
		Mùa mưa	Mùa khô
Bộ Chroococcales			
Họ Merismopediaceae			
1	<i>Aphanocapsa holsatic</i>	+	+
2	<i>Merismopedia tenuissima</i>	+	–
3	<i>Woronichinia compacta</i>	+	+
4	<i>Woronichinia naegeliana*</i>	–	+
5	<i>Snowella fennica</i>	+	–
Họ Microcystaceae			
6	<i>Microcystis aeruginosa*</i>	+	+

STT	Tên khoa học	Hồ Buôn phong (BP)	
		Mùa mưa	Mùa khô
7	<i>Microcystis wesenbergii</i> *	+	+
8	<i>Microcystis botrys</i> *	+	+
9	<i>Microcystis flos-aquae</i> *	+	+
10	<i>Microcystis panniformis</i> *	+	+
11	<i>Microcystis novacekii</i>	+	+
12	<i>Microcystis cf natan</i>	+	+
13	<i>Microcystis sp1.</i>	+	-
14	<i>Microcystis sp2.</i>	+	-
Bộ Oscillatoriales			
Họ Oscillatoriaceae			
15	<i>Oscillatoria limosa</i> *	-	+
16	<i>Oscillatoria sancta</i>	-	+
17	<i>Oscillatoria sp1.</i>	+	+
Họ Pseudanabaenaceae			
18	<i>Planktolyngbya circumcreta</i> *	+	+
19	<i>Planktolyngbya limnetica</i> *	+	+
Bộ Nostocales			
họ Nostocaceae			
20	<i>Anabaena sp.*</i>	+	+
21	<i>Anabaena circinalis</i> *	-	+
22	<i>Aphanizomenon ovalisporum</i> *	-	+
23	<i>Raphidiopsis raciborskii</i> *	+	+

Ghi chú: Dấu +: Xuất hiện; dấu *: Loài sinh độc tố.

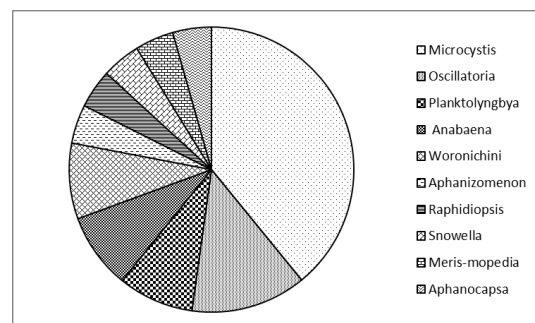
Tại hồ Buôn Phong tất cả các loài đều có mặt tại ba vị trí nghiên cứu (BP1, BP2 và BP3), trong đó 13 loài sinh độc tố (chiếm 56,5% tổng số loài) tập trung chủ yếu ở bộ Chroococcales (46,2%). Nhìn chung, không có sự khác biệt trong phân bố theo không gian của các loài VKL trong hồ nghiên cứu. Điều này phản ánh tính chất khá đồng nhất của môi trường nước trong toàn hồ.

Trong số 23 loài VKL ghi nhận được, bộ Chroococcales bao gồm những loài dạng đơn bào, tập đoàn có 2 họ (chiếm 40% tổng số họ), 5 chi (chiếm 50% tổng số chi) và 14 loài (chiếm 60,7% tổng số loài). Tiếp đến là bộ Oscillatoriales bao gồm những loài dạng sợi, không có tế bào dị hình có 2 họ (chiếm 40%), 2 chi (chiếm 20%), 5 loài (chiếm

21,7%); bộ Nostocales gồm những loài dạng sợi, có tế bào dị hình có 1 họ (chiếm 18,1%), 3 chi (chiếm 30%), 4 loài (chiếm 17,4%) (Hình 2). Như vậy, bộ Chroococcales chiếm số lượng nhiều nhất cho cả họ, chi và loài.

Ti lệ phần trăm tương đối của các chi VKL trong khu vực nghiên cứu là *Microcystis* 39,1%, *Oscillatoria* 13,1%, các chi như *Planktolyngbya*, *Anabaena*, *Woronichini*, mỗi chi chiếm 8,7% và các chi còn lại như *Aphanizomenon*, *Raphidiopsis*, *Snowella*, *Merismopedia*, *Aphanocapsa* mỗi chi chiếm 4,4%, trong đó chi *Microcystis* chiếm số lượng loài nhiều nhất trong quần xã VKL (Hình 2). Kết quả này hoàn toàn phù hợp với những nghiên cứu của một số tác giả khi thấy rằng *Microcystis* là thành phần chính trong các thủy vực họ nghiên cứu [11, 9, 12]. Sự giàu loài của những chi này trong các vực nước có thể vì trong những hồ nông và phú dưỡng thường xuất hiện nhiều loài của nhóm VKL không có khả năng cố định nitơ (nitơ trong hồ không giới hạn), đặc biệt là bộ Chroococcales và bộ Oscillatoriales bao gồm chi *Microcystis* và *Oscillatoria* [13].

Khi so sánh với các nghiên cứu về thành phần loài VKL trong một số thủy vực đã được công bố, kết quả khảo sát cho thấy số lượng loài VKL trong khu vực nghiên cứu ít hơn so với hồ Dầu Tiếng – 42 loài [12], hồ Hoàn Kiếm – 55 loài [11] và hồ Trị An – 59 loài [14]. Có thể sự kém đa dạng về thành phần loài ở hồ nghiên cứu một phần là do sự nở hoa thuần loài của *R. raciborskii* xuyên suốt cả năm kết hợp với sự nở hoa của các loài thuộc chi



Hình 2. Tỷ lệ phần trăm số loài trong các chi VKL ở hồ Buôn Phong

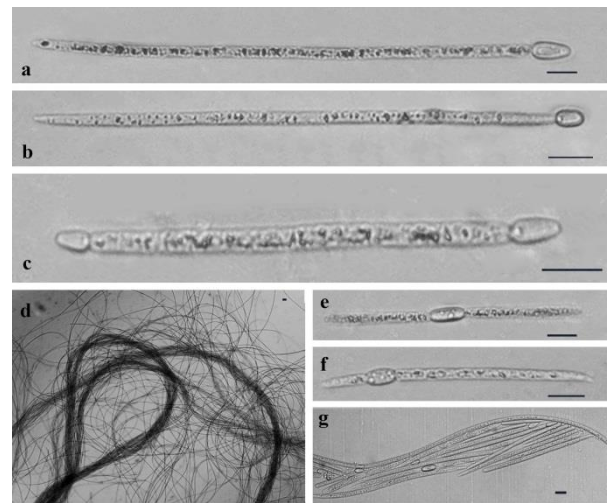
Microcystis (*Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *Microcystis botrys*, *Microcystis flos-aquae*, *Microcystis panniformis*) trong suốt những tháng mùa khô. Các loài này được cho là có khả năng tạo ra độc tố như chất ức chế cảm nhiễm. Tại hồ Waahi cũng bắt gặp hiện tượng tương tự khi *R. raciborskii* nở hoa thuần loài, đạt số lượng tế bào trên 262.700 tb/L thì chỉ bắt gặp sự xuất hiện của một loài tảo silic với mật độ rất thấp 1900 tb/L. Khi hiện tượng nở hoa giảm, sự đa dạng thành phần loài tăng lên với sự xuất hiện của một số loài như: *Peridinium* sp., *Trachelmonas volvocina* và *Scenedesmus* sp. [15]

3.2 Sự xuất hiện của *Raphidiopsis raciborskii* và hàm lượng độc tố CYN trong hồ Buôn Phong

Hình thái của *Raphidiopsis raciborskii* (Woloszyńska) Aguilera, Berrendero Gómez, Kastovsky, Echenique và Salerno

Hình thái: Ngoài tự nhiên, sợi đơn độc, dài 100–250 μm , thẳng, trôi nổi tự do, hơi eo thắt tại vách tế bào, thon dần về cuối sợi với những tế bào tận cùng hình nón tròn. Các tế bào dinh dưỡng hình trụ, dài 4,5–10,5 μm , rộng 2,5–4,5 μm . Tế bào dị hình đơn độc, hình nón hoặc hình mũi tên, rộng 3–3,5 μm , dài 6,5–10,5 μm . Bào tử nghỉ không quan sát thấy trong tự nhiên. Trong nuôi trồng, chiều dài sợi biến đổi mạnh từ 50 μm cho đến hàng chục cm, bện lại với nhau thành đám (Hình 3d). Các tế bào dinh dưỡng dài 10–12,5 μm , rộng 3–4,5 μm . Hình thái tế bào dị hình thay đổi đa dạng trong cùng môi trường nuôi cấy, xuất hiện tận cùng ở một hoặc cả hai đầu mao tán, dài 6–11,5 μm , rộng 2,5–5,5 μm . Bào tử nghỉ dài 8,5–13,5 μm , rộng 4,5–5,5 μm .

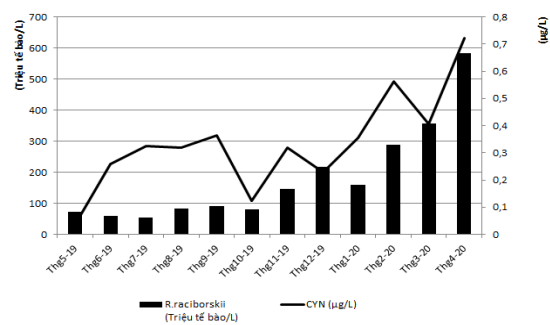
Phân bố: Loài xâm lấn, có mặt hầu hết ở các lục địa ngoại trừ vùng cực. Loài này trước đây được tìm thấy ở Hà Nội, Huế và Nha Trang với tên gọi *Anabaenopsis raciborskii* Woloszyńska. Trong các năm gần đây chúng xuất hiện ở hồ Xuân Hương, hồ Dầu Tiếng, hồ Trị An và một số thủy vực ở Huế [3, 10, 11]. Loài có khả năng tạo độc tố cylindrospermopsin, saxitoxin.



Hình 3. Hình thái của *Raphidiopsis raciborskii* ở hồ Buôn Phong trong tự nhiên và trong nuôi trồng. Kích thước 10 μm

Sự xuất hiện của loài VKL độc *Raphidiopsis raciborskii* và hàm lượng độc tố CYN trong hồ Buôn Phong

Loài *R. raciborskii* xuất hiện xuyên suốt cả năm trong hồ nghiên cứu với mật độ biến động đáng kể theo mùa, thấp vào những tháng mùa mưa và cao hơn vào những tháng mùa khô. Mật độ dao động từ $53,6 \times 10^6$ đến $58,3 \times 10^7$ tb/L (Hình 4). Trong những nghiên cứu trước đây, mật độ nở hoa của *R. raciborskii* ở nhiều thủy vực là khác nhau: trên 262×10^6 tb/L [15], trên 200×10^6 tb/L [16] hoặc nằm trong khoảng từ $1,3 \times 10^6$ đến $41,5 \times 10^6$ tb/L [17]. Với số lượng tế bào trong khoảng từ $53,6 \times 10^6$ đến $58,3 \times 10^7$ tb/L, loài *R. raciborskii* được xem là nở hoa quanh năm tại hồ nghiên cứu. Hiện tượng



Hình 4. Mật độ và hàm lượng độc tố từ tháng 5-2019 đến 4-2020 ở hồ Buôn Phong

này cũng xuất hiện trong một số thủy vực ở vùng cận nhiệt đới và nhiệt đới [18, 2]. Có lẽ vì nhu cầu nhiệt độ cao cho sự sinh trưởng nên *R. raciborskii* không thể tồn tại dạng tế bào dinh dưỡng trong suốt mùa đông ở vùng ôn đới. Riêng ở vùng nhiệt đới ẩm quanh năm, quần thể chủ yếu tồn tại dạng sợi dinh dưỡng và đây cũng được xem như nguồn nguyên liệu cho sự nở hoa quanh năm của loài này trong những thủy vực nhiệt đới [16]. Bên cạnh đó, trong hồ còn xuất hiện loài VKL *Anabaena* sp. với mật độ tế bào khá cao từ $2,2 \times 10^6$ đến $72,3 \times 10^6$ tb/L. Đồng thời với việc phân tích sự hiện diện và mật độ tế bào *R. raciborskii* trong hồ, chúng tôi cũng phân tích hàm lượng độc tố CYN trong mẫu nước tự nhiên. Các kết quả phân tích ELISA cho thấy độc tố CYN trong nước hồ chứa có mặt trong suốt 12 tháng nghiên cứu, dao động từ 0,04 đến 0,72 $\mu\text{g/L}$. Hàm lượng cao nhất rơi vào cuối mùa khô (tháng 4) và thấp nhất là đầu mùa mưa (tháng 5). Mặc dù hàm lượng độc tố vẫn nằm dưới mức độ nguy hại (1 $\mu\text{g/L}$ – WHO) nhưng sự xuất hiện độc tố trong nước hồ chứa đã cho thấy rủi ro tiềm tàng do đây là nguồn nước được sử dụng sinh hoạt, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản.

4 Kết luận

Qua điều tra thành phần loài VKL ở hồ nghiên cứu, chúng tôi ghi nhận được 23 loài phân bố trong 10 chi, 5 họ và 3 bộ (Chroococcales, Oscillatoriales, Noctoscales). Trong đó, bộ Chroococcales có số lượng họ, chi và loài cao hơn hai bộ còn lại. Chi *Microcystis* có số lượng loài nhiều nhất trong quần xã VKL tại khu vực nghiên cứu.

Raphidiopsis raciborskii (sợi thẳng) nở hoa quanh năm trong hồ với mật độ tế bào dao động từ $53,6 \times 10^6$ đến $58,3 \times 10^7$ tb/L (thấp vào những tháng mùa mưa và cao hơn vào những tháng mùa khô). Hàm lượng độc tố CYN trong môi trường có mặt trong suốt 12 tháng nghiên cứu, dao động từ 0,03 đến 0,72 $\mu\text{g/L}$ (ELISA). Hàm lượng cao nhất rơi vào

cuối mùa khô (tháng 4) và thấp nhất là đầu mùa mưa (tháng 5). Mặc dù hàm lượng độc tố vẫn nằm dưới mức độ nguy hại (1 $\mu\text{g/L}$ – WHO) nhưng sự xuất hiện độc tố trong nước hồ chứa đã cho thấy rủi ro tiềm tàng do đây là nguồn nước được sử dụng sinh hoạt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản.

Tài liệu tham khảo

1. Burford MA, Willis A, Chuang A, Man X, Orr P. Recent insights into physiological responses to nutrients by the cylindrospermopsin producing cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2018(36):1032-1039.
2. Werner VR, Tucci A, da Silva LM, Yunes JS, Neuhaus EB, Berthold DE, et al. Morphological, ecological and toxicological aspects of *Raphidiopsis raciborskii* (Cyanobacteria) in a eutrophic urban subtropical lake in southern Brazil. Iheringia, Série Botânica. 2020;75.
3. Amaral V, Bonilla S, Aubriot L. Growth optimization of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in response to phosphate fluctuations. Eur J Phycol. 2014(49):134-41.
4. Rigamonti N, Aubriot L, Martigani F, Bonilla S, Piccini C. Effect of nutrient availability on cylindrospermopsin gene expression and toxin production in *Cylindrospermopsis raciborskii*. Aquat. Microb. Ecol. 2018(82):105-110.
5. Puerto M, Prieto AI, Maisanaba S. Mutagenic and genotoxic potential of pure Cylindrospermopsin by a battery of in vitro tests. Food Chem Toxicol. 2018(121):413-422.
6. Yang Y, Yu G, Chen Y, Jia N, Li R. Four decades of progress in cylindrospermopsin research: The ins and outs of a potent cyanotoxin. Journal of hazardous materials. 2021;406:124653.
7. Jin Y, Zhang SS, Xu HZ, Ma CX, Sun JM, Li HM, Pei HY. Application of N-TiO₂ for visible light photocatalytic degradation of *Cylindrospermopsis raciborskii* more difficult than that for photodegradation of *Microcystis aeruginosa*? Environmental Pollution. 2019(245):642-650.
8. Stefanova K, Radkova M, Uzunov B, Gärtner G, Stoyneva-Gärtner M. Pilot search for cylindrospermopsin-producers in nine shallow Bulgarian waterbodies reveals nontoxic strains of

- Raphidiopsis raciborskii, R. mediterranea and Chrysochroma bergii. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2020;34(1):384-94.
9. Nguyen TTL, Hoang TH, Nguyen TK, Duong TT. The occurrence of toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* and its toxin cylindrospermopsin in the Huong River, Thua Thien Hue province, Vietnam. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017;189(10):490.
 10. Karlson B, Cusack C, Bresnan E. Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis (IOC Manuals and Guides, no. 55) (IOC/2010/MG/55). UNESCO, Paris. 2010.
 11. Duong TT, Sabine J, Le TPQ, Ho CT, Hoang TK, Nguyen TK, et al. The occurrence of cyanobacteria and microcystins in the Hoan Kiem Lake and Nui Coc Reservoir (Northern Vietnam). *Environ Earth Sci*. 2014(71):-2419-2427.
 12. Pham TL, Dao TS, Tran ND, Jorge N, Claudia W, Utsumi M. Influence of environmental factors on cyanobacterial biomass and microcystin concentration in the Dau Tieng reservoir, a tropical eutrophic water body in Vietnam. *Int J Limnol*. 2017(53):89-100.
 13. Havens KE, James RT, East TL, Smith VH. N:P ratios, light limitation, and cyanobacterial dominance in a subtropical lake impacted by non-point source nutrient pollution. *Environmental Pollution*. 2003;122(3):379-90.
 14. Dao TS, Cronberg G, Nimptsch J, Do-Hong LC, Wiegand C. Toxic cyanobacteria from Tri An Reservoir, Vietnam. *Nova Hedwigia*. 2010b-(90):433-448.
 15. Ryan EF, Hamilton DP, Barnes GE. Recent occurrence of *Cylindrospermopsis raciborskii* in Waikato lakes of New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 2003(37):829-836.
 16. McGregor GB, Fabbro LD. Dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanoprokaryota) in Queensland tropical and sub-tropical reservoirs: implications for monitoring and management. *Lakes and Reservoirs Research and Management*. 2000;5(3):195-205.
 17. Li X, Huo S, Zhang J, Xiao Z, Xi B, Li R. Factors related to aggravated *Cylindrospermopsis* (cyanobacteria) bloom following sediment dredging in an eutrophic shallow lake. *Environmental Science and Ecotechnology*. 2020;2:100014
 18. Recknagel F, Zohary T, Rucker J, Orr PT, Branco CC, Nixdorf B. Causal relationships of *Raphidiopsis* (formerly *Cylindrospermopsis*) dynamics with water temperature and N:P-ratios: A meta-analysis across lakes with different climates based on inferential modelling. *Harmful Algae*. 2019;84:222-32.