

## BÀO TỬ CỦA MỘT SỐ LOÀI THUỘC CHI *Protopteridinium* TRONG TRẦM TÍCH VEN BỜ PHÚ YÊN, KHÁNH HOÀ VÀ NINH THUẬN

Phan Tấn Lượm<sup>1,2\*</sup>, Nguyễn Ngọc Lâm<sup>2</sup>, Đoàn Như Hải<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm KH & CN Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KH & CN Việt Nam

**TÓM TẮT:** Tám dạng bào tử khác nhau thuộc chi *Protopteridinium* được ghi nhận trong trầm tích được thu ở bảy trạm ở ven bờ Nam Trung bộ Việt Nam. Tất cả các dạng bào tử lần đầu tiên được mô tả và thảo luận chi tiết. Trong số đó, *Protopteridinium latissimum*, *P. conicum*, *P. cf. shanghaiense* và *Protopteridinium* sp.3 có lỗ mở kiểu saphopylic tương ứng tấm 2a; *P. parthenopes* và *Protopteridinium* sp.1 (*Islandinium brevispinosum*) được đặc trưng bởi lỗ mở kiểu saphopylic bao gồm ba tấm đỉnh.

*Từ khóa:* *Protopteridinium*, bào tử, trầm tích, Nam Trung bộ, Việt Nam.

### MỞ ĐẦU

Chi tảo dị dưỡng *Protopteridinium* Bergh là một trong những chi lớn của tảo Hai roi (Dinoflagellates), hiện có khoảng 380 loài (và dưới loài), trong đó khoảng 329 loài được chấp nhận về phân loại (Guiry & Guiry, 2016). Hiện nay, đã biết có hơn 60 loài thuộc chi *Protopteridinium* sản sinh bào tử (Li et al., 2015; Sarai et al., 2013), chúng có hình thái rất đa dạng từ hình cầu đơn giản đến hình năm cạnh phức tạp với u lồi và sừng (Attaran-Fariman et al., 2011). Harland (1982) lần đầu tiên đề xuất sử dụng bào tử của chi *Protopteridinium* trong phân loại học và cũng đã nhấn mạnh tầm quan trọng của các tấm xen tương ứng với hình dạng lỗ mở “archoeopyle” của nhiều loài thuộc *Protopteridinium*. Tuy nhiên, một số loài bào tử *Protopteridinium* có hình dạng rất tương tự nhau và khó xác định (Faust, 2003). Những năm gần đây, nhiều loài mới cho khoa học thuộc chi *Protopteridinium* đã được công bố và vị trí phát sinh loài được sáng tỏ nhờ kết hợp kết quả phân tích cả hình thái bào tử, vỏ giáp và phân tích sinh học phân tử, đó là các loài *Protopteridinium tricingulatum* (Kawami et al., 2009); *P. haizhouense* (Liu et al., 2013); *P. fukuyoi* (Mertens et al., 2013); *P. paraoblongum* và *P. quadrioblongum* (Sarai et al., 2013); *P. fuzhouense* (Liu et al., 2015); *P. lewisiae* (Mertens et al., 2015); *P. parthenopes* (Zingone and Montresor, 1988) và *P. shanghaiense* (Gu et al., 2015).

Ở Việt Nam, đã có công trình nghiên cứu về

bào tử tảo Hai roi của Doan & Nguyen (2002) từ các mẫu trầm tích trong vịnh Cam Ranh, danh sách 25 dạng bào tử khác nhau, trong đó, các tác giả đã đề cập đến 5 dạng bào tử thuộc chi *Protopteridinium*, nhưng chỉ có 3 dạng được minh họa và không có mô tả nào.

Bài báo này cung cấp những dẫn liệu chi tiết về hình thái học của bào tử nghi thuộc chi *Protopteridinium* trong trầm tích ven bờ Việt Nam.

### VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng các mẫu trầm tích thu ở 7 trạm thuộc 3 khu vực trong vùng biển Nam Trung Bộ (hình 1): Vũng Rô (Phú Yên) thuộc đề tài VAST05.03/15-16, đầm Nha Phu (Khánh Hoà) thuộc đề tài CLIMEEViet (2009-2010) và ven bờ Ninh Thuận từ đề tài hợp đồng Ninh Thuận (2012-2013).

#### *Phương pháp thu thập mẫu trầm tích*

Các mẫu trầm tích được thu bằng phương pháp thợ lặn có khí tời (SCUBA), sử dụng các ống bằng nhựa PVC có chiều cao 20 cm và đường kính miệng ống 90 mm để thu mẫu trầm tích. Các ống mẫu sau khi thu luôn được giữ cố định theo chiều thẳng đứng và bảo quản trong điều kiện tối và mát cho đến khi phân tích. Trong phòng thí nghiệm, lõi mẫu sẽ được cắt ở 2 cm đầu tiên (tầng mặt) và bảo quản trong tủ đông sâu -24°C.

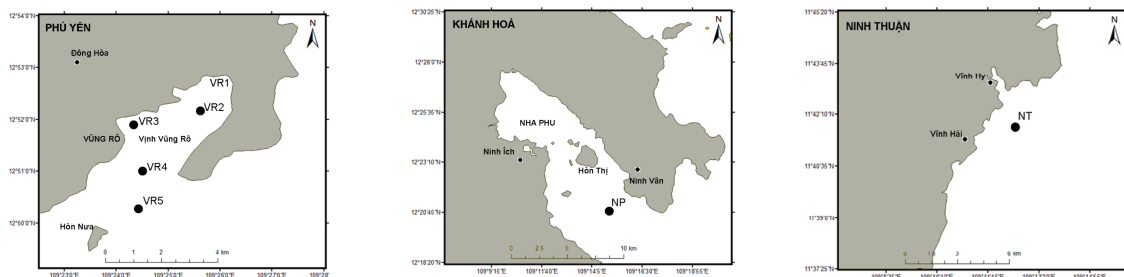
#### *Phương pháp phân tích mẫu trầm tích*

Các bào tử được tách ra khỏi trầm tích theo phương pháp của Bolch (1997). Lấy khoảng 1g mẫu trầm tích cho vào ống ly tâm và pha trộn với khoảng 15 mL nước biển lọc, sau đó dùng đầu siêu âm (Ultrasonic processor) đánh tới mẫu trong một phút để tách bào tử ra khỏi trầm tích. Sau đó mẫu được lọc qua rây 100  $\mu\text{m}$  và 20  $\mu\text{m}$  với nước biển lọc, thu phần mẫu trên rây 20  $\mu\text{m}$  (khoảng 10 mL). Tiếp theo áp dụng phương pháp tỷ trọng để tách bào tử khỏi trầm tích, cho vào ống ly tâm 3 mL dung dịch sodium polytungstate và cho thêm 7 mL mẫu. Sau đó, cho mẫu vào máy ly tâm trong 10 phút với tốc độ 3.000 rpm. Tiếp theo thu phần hữu cơ nhẹ hơn ở trên và ly tâm thêm 2 phút với vận tốc 2.000 rpm để lấy phần nước chứa mẫu ở

phía trên (bỏ phần trầm tích ở đáy ống). Lúc này mẫu đã sẵn sàng cho việc quan sát dưới kính hiển vi quang học (KHVQH).

Hình thái các bào tử cũng được quan sát dưới KHVQH như các tế bào sống phù du, nhưng đặc biệt chú ý hình dạng lỗ mở, màu sắc và các chặm trở rất đặc trưng. Các tài liệu chủ yếu được dùng để định loại các dạng bao gồm: Wall & Dale (1968), Matsuoka (1987), Bolch & Hallegraeff (1990), Kawami & Matsuoka (2009), Liu et al. (2015) và Gu et al. (2015).

Các thuật ngữ dùng mô tả các hợp phần tấm của bào tử nghi là 2'=tấm đỉnh thứ hai, 3'=tấm đỉnh thứ ba, 4'=tấm đỉnh thứ tư, 2a=tấm xen thứ hai, pS=parasulcus.



Hình 1. Sơ đồ một phần các khu vực của 3 tỉnh được thu mẫu trầm tích  
VR: Vũng Rô; NP: Nha Phu; NT: Ninh Thuận.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Thành phần loài bào tử

Tám dạng bào tử khác nhau thuộc chi *Protoperdinium* đã được xác định từ các mẫu trầm tích tại ba khu vực ở ven bờ Nam Trung bộ (hình 1, bảng 1). Tất cả các dạng bào tử được xác định trong nghiên cứu đều được ghi nhận và mô tả lần đầu tiên cho khu hệ bào tử tảo hai roi trong trầm tích của Việt Nam. Trước đó, Doan & Nguyen (2002) cũng đã xác định được 5 dạng bào tử thuộc chi *Protoperdinium*, bao gồm *P. conicoides*, *P. cf. avenllana/thorianum*, *P. cf. minutum*, *P. cf. leonis* và *P. oblongum* trong trầm tích vịnh Cam Ranh (Khánh Hòa).

Trong nghiên cứu này, bào tử của *P. parthenopes* rất giống với bào tử của *P. americanum* (Gran & Braarud, 1935) Balech 1974, nhưng có thể phân biệt ở hình dạng của vỏ ngoài, đường kính bào tử và nắp mở. Bào tử

của *P. parthenopes* có vỏ ngoài ít dính với vỏ trong, đường kính bào tử nhỏ hơn (khoảng 35-40  $\mu\text{m}$ ), nắp mở kết nối với vỏ bào tử và đường nối giữa ba tấm của nắp kết nối với nhau không hoàn toàn; trong khi vỏ ngoài của bào tử *P. americanum* có nhiều chỗ nối với vỏ trong, đường kính lớn hơn (35-52  $\mu\text{m}$ ) và hiếm khi nắp mở kết nối với vỏ của bào tử (Zonneveld & Pospelova, 2015).

Liu et al. (2015) lần đầu tiên xác định được mối quan hệ hình thái giữa bào tử nghi và tế bào dinh dưỡng của *P. abei* var. *rotundata*, bào tử của loài này rất giống với bào tử được tạo ra từ *P. avellana*, chỉ khác ở một đặc điểm là bào tử của *P. abei* var. *rotundata* lớn hơn đáng kể (50-55  $\mu\text{m}$ ) so với bào tử của *P. avellana* (30-35  $\mu\text{m}$ ), bào tử của cả hai loài này đều được xác định là *Brigantedinium cariacense* (Wall, 1967; Lentini & Williams, 1993). Bào tử của *P. abei* var. *rotundata* được tìm thấy trong trầm

tích của vịnh Vũng Rô và ven bờ Ninh Thuận rất giống với mô tả và minh họa của Liu et al. (2015). Một dạng bào tử rất đặc trưng và dễ phân biệt với các bào tử khác của chi *Protopteridinium* đó là bào tử của *P. latissimum*; tuy nhiên, bào tử của *P. latissimum* được tìm thấy trong trầm tích ở ven bờ Ninh Thuận có hai sừng dưới dài, khoảng cách giữa chúng rất hẹp và giữa hai sừng lõm vào sâu hơn so với bào tử của loài này trong các tài liệu khác (Gu et al., 2015; Matsuoka & Fukuyo, 2000; Narald et al., 2013; Wall & Dall, 1968). Bào tử của *P. cf. shanghaiense* tương tự với bào tử của *Protopteridinium shanghaiense* (Gu et al., 2015) về hình dạng bào tử, rãnh ngang không lệch, các gai trên bề mặt vỏ và lỗ mở tương ứng với tấm 2a. Tuy nhiên, bào tử của *P. shanghaiense* có kích thước lớn hơn (chiều dài khoảng 77-100

µm, chiều rộng khoảng 66,8-80,0 µm), trong khi bào tử của *P. cf. shanghaiense* trong trầm tích ven bờ Ninh Thuận có kích thước nhỏ hơn (chiều dài khoảng 58-59 µm, đường kính khoảng 57-58 µm). Bào tử *Trinovantedinium applanatum* trước đây thường được công nhận là bào tử của *P. pentagonum* (Bolch & Hallegraeff, 1990; Wall & Dale, 1968). Gu et al. (2015) đã kết luận *Brigantedinium majusculum* là bào tử *P. pentagonum* và bào tử *Trinovantedinium applanatum* tương ứng với một loài mới được mô tả là *P. shanghaiense*. Tuy nhiên, sau đó Li et al. (2015) lại không đồng ý với kết quả của Gu et al. (2015) về *Brigantedinium majusculum* là bào tử *P. pentagonum* mà chỉ đồng ý *Trinovantedinium applanatum* là bào tử của loài *Protopteridinium shanghaiense*.

Bảng 1. Danh sách các loài *Protopteridinium* tạo bào tử được tìm thấy trong trầm tích ven bờ Nam Trung Bộ: VR = Vũng Rô; NP = Nha Phu; NT = Ninh Thuận

Số TT	Tên loài tạo bào tử	Trạm						
		VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	NP	NT
1	<i>P. abei</i> var. <i>rotundata</i> (Abé, 1936) Taylor, 1967	+						+
2	<i>P. cf. shanghaiense</i> Gu, Liu & Mertens, 2015							+
3	<i>P. conicum</i> (Gran, 1902) Balech, 1974			+				
4	<i>P. latissimum</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974							+
5	<i>P. parthenopes</i> Zingone & Montresor, 1988	+	+					+
6	<i>Protopteridinium</i> sp.1		+					
7	<i>Protopteridinium</i> sp.2			+				+
8	<i>Protopteridinium</i> sp.3						+	

Trong nghiên cứu này có 3 dạng bào tử chưa xác định cụ thể loài nào của chi *Protopteridinium* tạo ra do chưa đủ các đặc trưng để định loại. Tuy nhiên, chúng vẫn cho thấy một số đặc điểm thuộc bào tử do *Protopteridinium* tạo ra. Cụ thể, bào tử của *Protopteridinium* sp.1 tương ứng với bào tử *Islandinium brevispinosum* Pospelova & Head, 2002. Zonneveld & Pospelova (2015) cho rằng, *I. brevispinosum* là bào tử của loài *Protopteridinium haizhouense* Liu, Gu & Mertens, 2013, nhưng bào tử của *P. haizhouense* có các gai nhỏ với mật độ dày hơn so với *I. brevispinosum* (trong Pospelova & Head, 2002), cả hai bào tử này có các gai với chiều dài khoảng 0,3-3,5 µm. Bào tử *Islandinium brevispinosum* trong nghiên cứu này có hình dạng tương đồng với các công bố khác (Pospelova & Head, 2002;

Radi et al., 2013; Zonneveld & Pospelova, 2015). Tuy nhiên, bào tử này có các gai dài (khoảng 4-5 µm) và thô hơn. Bào tử *Protopteridinium* sp.2 mặc dù chưa quan sát được hình dạng lỗ mở nhưng rất giống với bào tử của *P. parthenopes*. Có thể phân biệt ở đặc điểm *Protopteridinium* sp.2 có kích thước nhỏ hơn (đường kính khoảng 25-27 µm so với 35 µm) và chỉ có một lớp vỏ thay vì hai lớp như bào tử của *P. parthenopes*. Bào tử của *Protopteridinium* sp.2 cũng tương tự với bào tử của *P. conicoides* (Alves-de-Souza et al., 2008; Dale, 2001).

**Mô tả hình thái bào tử**

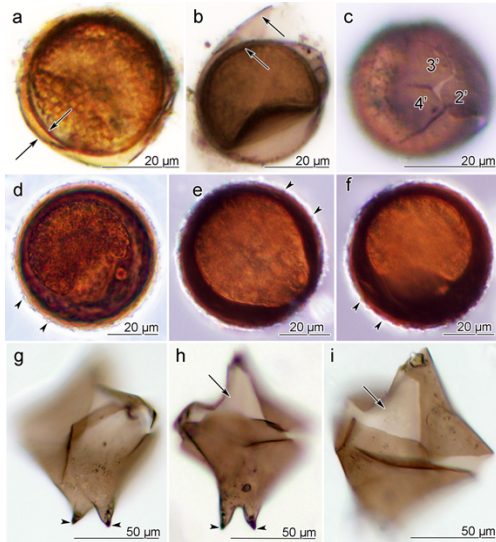
*Protopteridinium parthenopes* Zingone & Montresor, 1988 (Hình 2a-c)

Kawami & Matsuoka, 2009: Plate 1, figs. 1-

8, Text-Figure 1; Liu et al., 2013:9, figs 54, 55; Zonneveld & Pospelova, 2015.

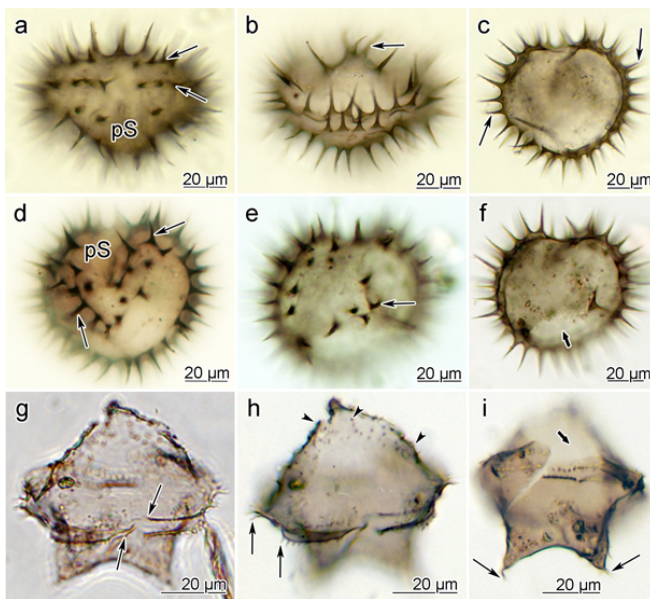
**Mô tả:** Bào tử của *Protopteridinium parthenopes* có dạng hình cầu và màu nâu. Vỏ của bào tử có hai lớp: một lớp mỏng bên ngoài ít nổi với lớp dày ở bên trong (hình 2a, b). Đường

kính bào từ khoảng 40  $\mu\text{m}$  (bao gồm vỏ ngoài) và khoảng 35  $\mu\text{m}$  (không kể vỏ ngoài). Lỗ mở (archeopyle) kiểu “saphopylic” với nắp mở bao gồm ba tấm vòng đỉnh (2', 3' và 4'), nắp mở kết nối với vỏ bào tử và đường nối giữa ba tấm kết nối với nhau không hoàn toàn (hình 2c).



**Hình 2.** (a-c). Bào tử của *Protopteridinium parthenopes*: a & b. Hình dạng bào tử với hai lớp vỏ (mũi tên); c. Bào tử nhìn từ đỉnh cho thấy có dạng hình cầu, nắp của lỗ mở bao gồm ba tấm vòng đỉnh; (d-f). Bào tử của *Protopteridinium abei* var. *rotundata*: Bào tử hình cầu, màu nâu đậm, bề mặt sần sùi với các nốt nhô lên (mũi tên);

(g-i). Bào tử của *Protopteridinium latissimum*: g. Bào tử nhìn ở mặt bụng và h & i nhìn ở mặt lưng cho thấy bào tử hình năm cạnh với hai sừng dưới dạng hình nón hẹp (đầu mũi tên), hình dạng lỗ mở (mũi tên). Hình được chụp dưới KHVQH.



**Hình 3.** (a-f). Bào tử của *Protopteridinium conicum*

a. Bào tử nhìn ở mặt bụng với hai hàng gai ở mép rãnh ngang (mũi tên), rãnh dọc không gai (parasulcus-pS); b. Nhìn ở mặt lưng với ba gai ở đỉnh; c. Nhìn từ dưới lên có dạng hình trái tim với các gai nhọn tỏa ra xung quanh (mũi tên); d. Nhìn từ dưới với các gai xung quanh khu vực đối đỉnh (mũi tên); e & f. Nhìn từ đỉnh cho thấy ba gai ở đỉnh (mũi tên) và hình dạng lỗ mở (mũi tên dày);

(g-h). Bào tử của *Protopteridinium* cf. *shanghaiense*: g. Bào tử hình năm cạnh nhìn từ mặt bụng với rãnh ngang không lệch (mũi tên); h. Bề mặt bào tử có nhiều gai nhỏ (đầu mũi tên), ở hai mép rãnh ngang có nhiều gai dài (mũi tên); i. Bào tử ở mặt lưng với lỗ mở là tấm 2a (mũi tên dày), đầu mút của hai sừng dưới có gai dài (mũi tên). Tất cả hình được chụp dưới KHVQH.

*Protopteridinium abei* var. *rotundata* (Abé, 1936) Taylor, 1967 (Hình 2d-f)

Tên bào tử: *Brigantedinium cariacense* (Wall) Lentin & Williams, 1993

Liu et al., 2015: 9, fig. 56.

**Mô tả:** Bào tử có dạng hình cầu với vỏ màu nâu đậm, bề mặt vỏ sần sùi với những nốt nhô lên rất đặc trưng (hình 5d-f). Bào tử có đường

kính khoảng 53-55  $\mu\text{m}$ .

*Protopteridinium latissimum* (Kofoid, 1907) Balech, 1974 (Hình 2g-i)

Gu et al., 2015: 55, figs 64, 65; Matsuoka & Fukuyo, 2000: pl. 19, pl. 21, figs 10a, b; Narale et al., 2013 fig 3j; Wall & Dale, 1968: 274, pl. 2, fig.7.

*Mô tả:* Bào tử rộng của *Protopteridinium latissimum* có màu nâu nhạt, bề mặt vỏ mịn và bị nén theo hướng lưng-bụng. Bào tử dài khoảng 100-105  $\mu\text{m}$ , đường kính khoảng 75-80  $\mu\text{m}$ . Phần vỏ trên kéo dài thành sừng với các cạnh bên lõm (hình 2h), lỗ mở kiểu “saphopylic” tương ứng với tấm 2a, có dạng hình thang (hình 2h, i). Phần vỏ dưới với các cạnh bên lõm, hai sừng dưới ngắn và khoảng cách giữa hai sừng rất ngắn (hình 2g, h).

*Protopteridinium conicum* (Gran, 1902) Balech, 1974 (Hình 3a-f)

Tên bào tử: *Selenopemphix quanta* (Bradford, 1975) Matsuoka, 1985.

*Multispinula quanta* Bradford, 1975.

Wall & Dale, 1968: 273, pl. 2, fig. 4, 5; Matsuoka, 1987: 62, pl. 11 figs 1-5; Bolch & Hallegraeff, 1990: 180, fig. 16a-c; Nehring, 1994: fig. 1K.

*Mô tả:* Bào tử có dạng hình thận khi nhìn từ đỉnh hoặc đối đỉnh (hình 3c & d). Kích thước bào tử (không tính gai) với chiều dài khoảng 50

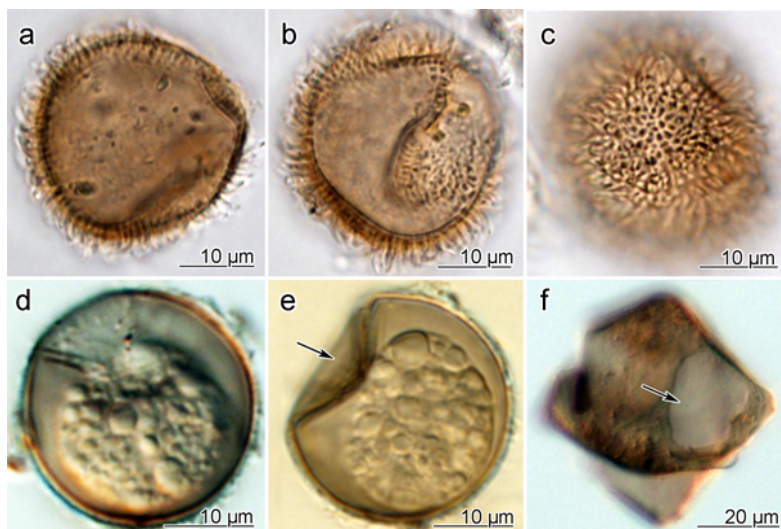
$\mu\text{m}$ , đường kính khoảng 75  $\mu\text{m}$ , chiều sâu khoảng 80  $\mu\text{m}$ . Bề mặt vỏ mịn, có màu nâu nhạt được trang trí với nhiều gai nhọn hình kim tập trung ở xung quanh sừng đỉnh, sừng dưới và nhiều nhất ở hai mép rãnh ngang (hình 3a-e), khu vực rãnh dọc không có gai (hình 3a & d). Lỗ mở kiểu “saphopylic” tương ứng với tấm 2a (có sáu cạnh ở tế bào hoạt động), lỗ mở có các cạnh tròn và hơi lệch sang trái (hình 3f).

*Protopteridinium cf. shanghaiense* Gu, Liu & Mertens, 2015 (Hình 3g-i)

Tên bào tử: *Trinovantedinium applanatum* Bujak & Davies, 1983

Matsuoka, 1987: 63, pl. 2, figs 1-6; Bolch & Hallegraeff, 1990: 180, fig. 15; Li et al., 2015: 521, figs 52-55; Gu et al., 2015: 51, figs 8-10, Guiry, 2016.

*Mô tả:* Bào tử có dạng hình năm cạnh và bị nén theo hướng lưng-bụng với sừng đỉnh ngắn, hai sừng dưới hình nón, phân kỳ, phần đối đỉnh lõm vào có dạng hình vòng cung (hình 3g-i) và rãnh ngang không lệch (hình 3g). Bào tử có chiều dài và đường kính gần bằng nhau (chiều dài khoảng 58-59  $\mu\text{m}$ , đường kính khoảng 57-58  $\mu\text{m}$ ). Lỗ mở kiểu “saphopylic” tương ứng với tấm 2a (hình 3i). Bề mặt vỏ bào tử có rất nhiều gai nhỏ (ngoại trừ khu vực mặt bụng), ở hai mép rãnh ngang và đầu mút của hai sừng dưới có các gai dài hơn (hình 3h & i).



**Hình 4.** (a-c). Bào tử của *Protopteridinium* sp.1. Hình dạng bào tử với bề mặt vỏ có rất nhiều các gai nhỏ; (d-e). Bào tử của *Protopteridinium* sp.2.: d. Hình dạng của bào tử với bề mặt sần sùi; e. Trên bề mặt có một khu vực lõm sâu vào trong (mũi tên). (f). Bào tử của *Protopteridinium* sp.3.: Hình dạng bào tử nhìn từ mặt bên với các sừng tròn, lỗ mở tương ứng với tấm 2a (mũi tên). Tất cả hình được chụp dưới KHVQH.

*Protopteridinium* sp.1 (Hình 4a-c)

Tên bào tử: *Islandinium brevispinosum* Pospelova & Head, 2002.

Pospelova & Head, 2002: 594, figs 3, 4; Radi et al., 2013: 43, pl.1, figs 9-12; Zonneveld & Pospelova, 2015.

**Mô tả:** Bào tử có dạng gần như hình cầu với vỏ màu nâu đến nâu nhạt, bề mặt vỏ có rất nhiều các gai nhỏ giống nhau về chiều dài và hình dạng; vỏ bào tử cũng không cho thấy các tấm vỏ (hình 4a-c). Bào tử có đường kính khoảng 25-27  $\mu\text{m}$  (không tính gai). Lỗ mở kiểu "saphopylic" với nắp bao gồm ba tấm vòng đỉnh (2', 3' và 4') bị mất đi khi bào tử nảy mầm (Pospelova et al., 2002).

*Protopteridinium* sp.2 (Hình 4 d-e)

Dale, 2001: fig. 9; Alves-de-Souza et al., 2008: figs 16, 17.

**Mô tả:** Bào tử gần như hình cầu, viền ngoài tròn, vỏ có màu nâu đến nâu nhạt (hình 4d & e). Bào tử có đường kính khoảng 25-27  $\mu\text{m}$ . Bề mặt vỏ sần sùi, một phần vỏ lõm sâu vào trong dạng hình chữ V (hình 4e).

*Protopteridinium* sp.3 (Hình 4f)

Matsuoka, 1987: pl. 9, figs 1-4, pl. 10, figs 1-9.

**Mô tả:** Bào tử có dạng hình thoi khi nhìn từ mặt bên, sừng đỉnh và sừng dưới tròn. Bề mặt vỏ không mịn, có màu nâu. Bào tử có chiều dài và đường kính gần bằng nhau khoảng 60  $\mu\text{m}$ . Lỗ mở kiểu "saphopylic" tương ứng với tấm 2a, các cạnh của lỗ mở không rõ ràng.

**KẾT LUẬN**

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, các dạng bào tử của *Protopteridinium* từ trầm tích của các khu vực khác nhau gần như không giống nhau. Đây chỉ là nghiên cứu ban đầu với số lượng mẫu chưa đủ nhiều và rộng. Điều này cũng chỉ ra tiềm năng về đa dạng loài bào tử trong trầm tích ven bờ Việt Nam rất lớn, không chỉ ở riêng chi *Protopteridinium* mà cả bào tử của tảo Hai roi. Vì vậy, cần tiến hành nhiều nghiên cứu hơn về bào tử tảo hai roi về cả định tính, sinh học và sinh thái học.

**Lời cảm ơn:** Các tác giả xin cảm ơn Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) đã tài trợ kinh phí cho đề tài nghiên cứu cơ bản mã số 106-NN.06-2014.08. Nghiên cứu này cũng nhận được sự hỗ trợ về mẫu vật từ các đề tài: CLIMEEViet (2009-2010), hợp đồng Ninh Thuận (1012-1013) và VAST05.03/15-16.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- Alves-de-Souza C., Varela D., Navarrate F., Fernández P., Leal P., 2008. Distribution, abundance and diversity of modern dinoflagellate cyst assemblages from southern Chile (43-54°S). *Botanica Marina*, 51(5): 399-410.
- Attaran-Fariman G., Khodami S., Bolch, C. J. S., 2011. The cyst-motile stage relationship of three *Protopteridinium* species from south-east coast of Iran, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10(1): 1-12.
- Bolch C. J. S., Hallegraeff G. M., 1990. Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Tasmania, Australia. *Botanica Marina*, 33(2): 173-192.
- Bolch C. J. S., 1997. The use of polytungstate for the separation and concentration of living dinoflagellate cysts from marine sediments. *Phycologia*, 36(6): 472-478.
- Dale B., 2001. The sedimentary record of dinoflagellate cysts: looking back into the future of phytoplankton blooms. *Sci. Mar.*, 65 (Suppl. 2): 257-272.
- Doan Như Hai, Nguyen Ngoc Lam, 2002. Studies of HABs in Vietnamese waters: - Screening of Dinoflagellate cyst in sediments for historical blooms in Cam Ranh bay, Central Vietnam. Proceeding IAEA/RCA Regional Technical Workshop on Radiometric Dating/Cysts Analysis Techniques and Receptor Binding assay for Harmful Algal Blooms Management (C1-RAS/8/076-9009-01). Cheevaporn, V. and Elvira, Z. Sombrito (eds). Burapha University's workshops, Thailand, 137-144.
- Faust M. A., 2003. *Protopteridinium belizeanum* sp. nov. (Dinophyceae) from Mantatee Cay,

- Belize, Central America. *Journal of Phycology*, 39(2): 390-394.
- Gribble K. E., Anderson D. N., Coats D.W., 2009. Sexual and Asexual Processes in *Protooperidinium steidingeriae* Balech (Dinophyceae), with Observations on Life-History Stages of *Protooperidinium depressum* (Bailey) Balech (Dinophyceae), *J. Eukaryot. Microbiol.*, 56(1): 88- 103.
- Gu H., Liu T., Mertens K. N., 2015. Cyst-theca relationship and phylogenetic positions of *Protooperidinium* (Peridinales, Dinophyceae) species of the sections Conica and Tabulata, with description of *Protooperidinium shanghaiense* sp. nov. *Phycologia*, 54(1): 49-66.
- Guiry M. D., Guiry G. M., 2016. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 11 June 2016.
- Harland R., 1982. A review of Recent and Quaternary organic-walled dinoflagellate cysts of the genus *Protooperidinium*. *Palaeontology*, 25(2): 369-397.
- Kawami H., Matsuoka K., 2009. A new cyst-theca relationship for *Protooperidinium parthenopes* Zingone & Montresor 1988 (Peridinales, Dinophyceae). *Palynology*, 33(2): 11-18.
- Kawami H., van Wezel R., Koeman R. P. T., Matsuoka K., 2009. *Protooperidinium tricingulatum* sp. nov. (Dinophyceae), a new motile form of a round, brown, and spiny dinoflagellate cyst. *Phycological Research*, 57(4): 259-267.
- Li Z., Matsuoka K., Shin H. H., Kobayashi S., Shin K., Lee T., Han M.-S., 2015. *Brigantedinium majusculum* is the cyst of *Protooperidinium sinuosum* (Protooperidiniaceae, Dinophyceae). *Phycologia* 54(5): 517-529.
- Liu T., Gu H., Mertens K. N., Lan D., 2013. New dinoflagellate species *Protooperidinium haizhouense* sp. nov. (Peridinales, Dinophyceae), its cyst-theca relationship and phylogenetic position within the Monovela group. *Phycological Research*, 62(2): 109-124.
- Liu Y., Mertens K. N., Ribeiro S., Ellegaard M., Matsuoka K., Gu H., 2015. Cyst-theca relationships and phylogenetic positions of Peridinales (Dinophyceae) with two anterior intercalary plates, with description of *Archaeperidinium bailongense* sp. nov. and *Protooperidinium fuzhouense* sp. nov. *Phycological Research*, 63(2): 134-151.
- Matsuoka K., Fukuyo Y., 2000. Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC, Japan Society for the Promotion of Science, 29 pp.
- Matsuoka K., 1987. Organic-walled dinoflagellate cysts from surface sediments of Akkeshi Bay and Lake Saroma, north Japan. Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University, Natural Science, Bulletin, 28(1): 35-123, pl.1-19.
- Mertens K. N., Takano Y., Gu H., Yamaguchi A., Pospelova V., Ellegaard M., Matsuoka K., 2015. The cyst-theca relationship of a new dinoflagellate with a spiny round brown cyst, *Protooperidinium lewisiae*, and its comparison to the cyst of *Oblea acanthocysta*. *Phycological Research*, 63(2): 110-124.
- Mertens K. N., Yamaguchi A., Takano Y., Pospelova V., Head M. J., Radi T., Pienkowski A. J., Vernal A. de, Kawami H., Matsuoka K., 2013. A new heterotrophic dinoflagellate from the north-eastern Pacific, *Protooperidinium fukuyoi*: cyst-theca relationship, phylogeny, distribution and ecology. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 60(6): 545-563.
- Narale D. D., Patil J. S., Anil A. C., 2013. Dinoflagellate cyst distribution in recent sediments along the south-east coast of India. *Oceanologia*, 55(4): 979-1003.
- Nehring S., 1994. Spatial distribution of dinoflagellate resting cysts in Recent sediments of Kiel Bight, Germany (Baltic Sea). *Ophelia*, 39(2): 137-158.
- Pospelova V., Head M. J., 2002. *Islandinium*

- brevispinosum* sp. nov. (Dinoflagellata), a new organic-walled dinoflagellate cyst from modern estuarine sediments of New England (USA). *Journal of Phycology*, 38(3): 593-601.
- Radi T., Bonnet S., Cormier M.-A., de Vernal A., Durantou L., Faubert E., Head M. J., Henry M., Pospelova V., Rochon A., Van Nieuwenhove N., 2013. Operational taxonomy for round, brown, spiny dinocysts from high latitudes of the Northern Hemisphere. *Marine Micropaleontology*, 98: 41-57.
- Sarai C., Yamaguchi A., Kawami H., Matsuoka K., 2013. Two new species formally attributed to *Protoperidinium oblongum* (Aurivillius) Park et Dodge (Peridinales, Dinophyceae): Evidence from cyst incubation experiments. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 192: 103-118.
- Wall D., Dale B., 1968. Modern dinoflagellate cysts and evolution of the Peridinales. *Micropaleontology*, 14(3): 265-304.
- Zingone A., Montresor M., 1988. *Protoperidinium parthenopes* sp. nov. (Dinophyceae), an intriguing dinoflagellate from the Gulf of Naples. *Cryptogamic Algologie*, 9(2): 117-125, 6 figs.
- Zonneveld K. A. F., Pospelova V., 2015. A determination key for modern dinoflagellate cysts. *Palynology*, 39(3): 387-407.

**CYSTS OF THE GENUS *Protoperidinium* SPECIES IN SEDIMENTS FROM COASTAL WATERS OF PHU YEN, KHANH HOA AND NINH THUAN PROVINCES, SOUTH CENTRAL VIETNAM**

**Phan Tan Luom<sup>1,2\*</sup>, Nguyen Ngoc Lam<sup>2</sup>, Doan Nhu Hai<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Graduate University of Science and Technology, VAST

<sup>2</sup>Institute of Oceanography, VAST

**SUMMARY**

Eight different types of cysts belonging to the genus *Protoperidinium* were recorded in sediments sampled at seven stations in the coastal waters of South Central Viet Nam. All types of cysts are firstly described and discussed in detail. Among them, *Protoperidinium latissimum*, *P. conicum*, *P. cf. shanghaiense*, and *Protoperidinium* sp.3 that have the saphopylic archeopyle type correspondent to 2a paraplate; *P. parthenopes* and *Protoperidinium* sp.2 (*Islandinium brevispinosum*) are characterized by a saphopylic archeopyle comprising three apical paraplates.

*Keywords:* *Protoperidinium*, cyst, South Central, Vietnam.

*Citation:* Phan Tan Luom, Nguyen Ngoc Lam, Doan Nhu Hai, 2017. Cysts of the genus *Protoperidinium* species in sediments from coastal waters of Phu Yen, Khanh Hoa and Ninh Thuan provinces, south central Vietnam. *Tap chi Sinh hoc*, 39(1): 32-39. DOI: 10.15625/0866-7160/v39n1.8403.

\*Corresponding author: luom.dt@gmail.com.

Received 14 June 2016, accepted 20 March 2017