

## SỰ HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN CỦA BÙN HẠT HIẾU KHÍ Ở CÁC LƯU LƯỢNG SỤC KHÍ KHÁC NHAU TRÊN BỀ PHẢN ỨNG THEO MẸ LUÂN PHIÊN

Trần Quang Lộc<sup>1</sup>, Nguyễn Đăng Hải<sup>1</sup>, Trần Thị Tú<sup>1</sup>, Hoàng Ngọc Tường Vân<sup>1</sup> và Nguyễn Quang Hưng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Tài nguyên và Môi trường - Đại học Huế

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 22/12/2014

Ngày chấp nhận: 24/04/2015

### Title:

Formation and development of aerobic granular sludge under different aeration rate in sequencing batch reactor

### Từ khóa:

Bùn hạt, bùn hiếu khí, hình thành bùn hạt, lưu lượng sục khí, xử lý chất hữu cơ

### Keywords:

Aeration rate, aerobic sludge, granular sludge, granular sludge formation, organic matter removal

### ABSTRACT

This paper presents the results of the effect of aeration rate on the formation and development of aerobic granular sludges in sequencing batch reactor (SBR). The study was conducted under two different aeration rates at 2.5 L/min and 4 L/min with synthetic wastewater prepared from glucose as a main carbon source. The experimental results showed that, at aeration rate of 2.5 L/min, granular sludges were formed after 25 days with a larger size of 4-5 mm but they were uneven and unstable with the dominant growth of filamentous bacteria. Meanwhile, at aeration rate of 4 L/min, aerobic sludges were formed after 35 days with a smaller size in the range of 2-3 mm, but they were rounder and more stable. It was also found that organic matter (COD) removal efficiency was around 85-95% with granular sludge formation.

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của các mức sục khí khác nhau đến sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí trên bề phản ứng theo mẻ luân phiên (SBR). Nghiên cứu được thực hiện với hai mức lưu lượng sục khí 2,5 L/phút và 4 L/phút với nước thải tổng hợp có nguồn cacbon từ glucose. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng, với lưu lượng sục khí 2,5 L/phút, bùn hạt hình thành sau 25 ngày với kích thước lớn 4-5 mm nhưng không đồng đều và không ổn định với sự phát triển và chiếm ưu thế của vi khuẩn dạng sợi. Trong khi đó với lưu lượng sục khí 4 L/phút, bùn hạt hiếu khí hình thành lâu hơn sau 35 ngày với kích thước hạt bùn nhỏ hơn, dao động trong khoảng 2-3 mm nhưng tròn đều và ổn định hơn. Bùn hạt hiếu khí tạo được đều cho khả năng xử lý COD tốt dao động trong khoảng 85-95%.

## 1 MỞ ĐẦU

Quá trình tạo bùn hạt được nghiên cứu vào những thập niên 1980, tập trung chủ yếu là bùn hạt kỵ khí trên bề UASB. Công nghệ tạo bùn hạt được phát triển và nghiên cứu rộng rãi khoảng 20 năm qua (Lương Đức Phâm, 2007). Quá trình hình thành bùn hạt là kết quả sự kết hợp các tế bào vi

sinh tiếp xúc nhau tương đối ổn định dưới các điều kiện lý - hóa - sinh. Bùn hạt cũng có thể được xem như là trường hợp đặc biệt của sự phát triển màng sinh học (Beun JJ *et al.*, 1999). Tuy nhiên, các nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng bùn kỵ khí có một số nhược điểm như: thời gian hình thành hạt bùn dài (thường > 5 tháng), khó kiểm soát các điều

kiện vận hành, phải duy trì bề phản ứng trong điều kiện nhiệt độ cao, không xử lý hiệu quả các loại nước thải có hàm lượng chất hữu cơ thấp và đặc biệt hiệu quả xử lý chất hữu cơ và dinh dưỡng rất thấp (Lương Đức Phẩm, 2007).

Gần đây, một loại bùn hạt mới đã được nghiên cứu đã khắc phục được những nhược điểm của quá trình bùn hoạt tính thông thường, đồng thời kế thừa được những đặc tính nổi trội của bùn hạt kỵ khí, đó là bùn hạt hiếu khí. Nghiên cứu về quá trình tạo bùn hạt trong điều kiện hiếu khí và ứng dụng của nó chỉ mới được thực hiện trên thế giới trong vòng 10-15 năm trở lại đây và bước đầu đã có một số kết quả khả quan. Nhiều nghiên cứu về bùn hạt hiếu khí cho thấy, bùn hạt hiếu khí có nhiều ưu điểm hơn bùn hoạt tính thông thường: khả năng lắng tốt, duy trì được nồng độ sinh khối cao, có khả năng chịu được tải trọng chất hữu cơ cao, cấu trúc dày đặc, rắn chắc và có khả năng xử lý đồng thời chất hữu cơ và nitơ. Ngoài ra, khả năng lắng tốt của bùn hạt cải thiện được việc tách sinh khối từ nước thải, làm giảm diện tích được công trình lắng phía sau. Điều này có ý nghĩa rất thực tiễn ứng dụng xử lý nước thải (Beun JJ *et al.*, 1999, Nguyễn Trọng Lực và *ctv.*, 2009)

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hình thành và tính chất của bùn hạt. Các yếu tố bao gồm cơ chất, tải trọng chất hữu cơ, thủy lực, thời gian lắng, DO... (Adav SS *et al.*, 2007; Tay JH *et al.*, 2003). Tuy nhiên, những nghiên cứu trước cho rằng việc lựa chọn thủy động lực và lực cắt đóng vai trò chủ yếu trong quá trình tạo hạt (Jiang *et al.*, 2004 ; Tay J.H *et al.*, 2003). Chế độ thủy động lực học được tạo bằng dòng khí đưa vào bể. Vì vậy, trong nghiên cứu này sẽ đánh giá ảnh hưởng của các mức sục khí khác nhau đến sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí trên mô hình bể phản ứng theo mẻ SBR.

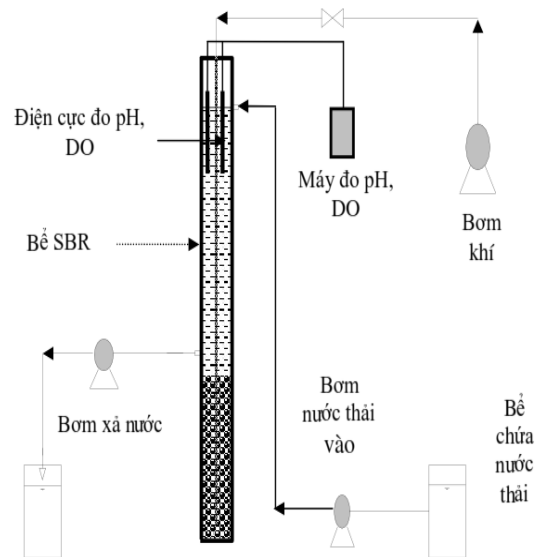
## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Mô hình thí nghiệm

Nghiên cứu tạo bùn hạt được thực hiện trên bể theo mẻ luân phiên (Sequencing Batch Reactor, SBR), bể sẽ hoạt động thành từng mẻ (từng chu

kỳ). Với bề phản ứng này, lực xáo trộn do dòng khí cấp vào sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành bùn hạt. Mặt khác, theo nhiều nghiên cứu, bể SBR thuận lợi hơn so với hệ thống liên tục trong việc hình thành bùn hạt.

Bể SBR được chế tạo từ nhựa acrylic, đường kính ống 9 cm, cao 85 cm, trong đó chiều cao chứa nước là 80 cm. Thể tích làm việc của bể khoảng 5 L (xem Hình 1). Không khí được đưa vào bể SBR bằng máy sục khí với bộ khuếch tán khí bằng đá bọt được đặt ở đáy. Nhiệt độ nuôi cấy dao động trong khoảng 27-30 °C. Van xả được đặt cách đáy bể 40 cm để thể tích xả khoảng 50% lượng nước sau một chu kỳ hoạt động. Hệ thống được kiểm tra pH, DO bằng máy đo pH, DO cầm tay gắn trực tiếp vào giá treo.



**Hình 1: Cấu tạo bể SBR trong thí nghiệm tạo bùn hạt hiếu khí**

### 2.2 Thành phần nước thải tổng hợp

Sử dụng nước thải tổng hợp có thành phần cơ chất là glucose và bổ sung thêm các chất dinh dưỡng, vì lượng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí. Nước thải tổng hợp được chuẩn bị bằng cách hòa tan khối lượng đã xác định trước các hóa chất (cụ thể xem trong Bảng 1) vào nước máy. Nước máy được để qua đêm trong bể chứa để loại bỏ lượng clo dư có trong nước, hạn chế ảnh hưởng đến vi sinh vật trong bùn. Đặc điểm, thành phần nước thải tổng hợp được trình bày tại Bảng 1.

**Bảng 1: Thành phần nước thải tổng hợp (Nguyễn Trọng Lực và ctv., 2008)**

Thành phần	Khối lượng (mg) trong 1 L nước	
Glucose	664	996
NaHCO <sub>3</sub>	270	405
NH <sub>4</sub> Cl	127	190
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	53	80
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	30	45
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	12	12
FeCl <sub>3</sub>	3,6	3,6
Vi lượng (1mL/L) bao gồm: H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 0,15g/L; CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O 0,15g/L; CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O 0,03 g/L; FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O 1,5g/L; MnCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O 0,12 g/L; Na <sub>2</sub> Mo <sub>4</sub> O <sub>24</sub> .2H <sub>2</sub> O 0,06 g/L; ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O 0,12 g/L; KI 0,03 g/L.		

**2.3 Nguồn bùn nuôi cấy**

Nguồn bùn dùng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí là bùn hoạt tính được lấy từ bể Aerotank của Trạm xử lý nước thải Khu công nghiệp Phú Bài – tỉnh Thừa Thiên Huế.

**2.4 Chế độ vận hành**

Bể SBR được vận hành tự động theo chu kỳ lập

**Bảng 2: Các thông số vận hành mô hình bể SBR trong nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí với các tải trọng hữu cơ (OLR) khác nhau**

Giai đoạn	Thời gian	OLR kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	Thời gian vận hành cho mỗi mẻ của bể SBR (phút)			
			Bơm nước vào	Sục khí	Lắng	Xả nước
Khởi động	Ngày 1-7	2,4	2	164	10-8	4
	Ngày 8-15		2	166	8-6	4
Tạo hạt bùn	Ngày 16-35	3,6	2	168	4	4

Mô hình sẽ được sục khí ở hai mức lưu lượng khác nhau là 2,5 L/phút và 4 L/phút để khảo sát sự ảnh hưởng của mức sục khí đến sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí.

**2.5 Phương pháp phân tích**

*a. Đo kích thước hạt bùn*

Đường kính hạt được xác định bằng thước đo có độ phân vạch nhỏ nhất là 1 mm.

*b. Chỉ số thể tích bùn SVI*

Chỉ số thể tích bùn SVI xác định theo công thức:

$$SVI \text{ (mL / g)} = \frac{\text{Thể tích bùn lắng}}{\text{Nồng độ SS}} \times 1000$$

– Thể tích bùn lắng: thể tích bùn (tính bằng

trình sẵn. Mỗi chu kỳ hoạt động là 3h (trung ứng với 8 chu kỳ/ngày) gồm 4 pha: bơm nước thải vào, sục khí, lắng và xả nước thải ra.

Trong tuần đầu tiên của giai đoạn khởi động bể, thời gian lắng sẽ được chọn là 10 phút để đảm bảo các bông bùn không bị cuốn trôi ra khỏi bể, sau đó giảm dần xuống 8 phút. Trong tuần tiếp theo giảm dần thời gian lắng xuống 6 phút nhằm mục tiêu giữ lại các bông bùn để lắng vào tạo mầm bùn hạt.

Trong giai đoạn khởi động, bể vận hành với nước thải tổng hợp có giá trị COD khoảng 600 mg/L, tương ứng với tải trọng hữu cơ (OLR) 2,4 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày. Sau 2 tuần khởi động hệ thống, để tạo điều kiện cho các mầm bùn hạt phát triển, nhóm nghiên cứu vận hành bể ổn định chu kỳ 3 h (gồm 2 phút bơm nước vào, 170 phút sục khí, 4 phút lắng và 4 phút xả nước) và tăng giá trị COD từ 600 mg/L lên khoảng 900 mg/L tương ứng tăng OLR từ 2,4 lên 3,6 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày đêm. Giai đoạn này kéo dài trong vòng 3 tuần. Thời gian cụ thể cho từng chu kỳ và OLR tại các thời điểm thí nghiệm khác nhau được thể hiện trong Bảng 2.

mL) lắng trong 30 phút trong ống đong thể tích 1 L. Cho một lít bùn trong bể phản ứng vào ống lắng, khuấy trộn rồi để lắng tự nhiên 30 phút rồi đo thể tích bùn lắng.

– Nồng độ chất rắn lơ lửng SS (mg/L): xác định theo phương pháp trọng lượng

*c. Phương pháp phân tích thông số môi trường*

Các thông số sau sẽ được phân tích trong quá trình nghiên cứu bao gồm: pH, DO, SS, VSS, COD. Các phương pháp phân tích thông số SS, VSS thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN), COD phân tích theo hướng dẫn của Standar methods for the examination of water and waste water (SMEWW) (APHA, AWWA, WPCF, 2012) và được trình bày trong Bảng 3.

**Bảng 3: Phương pháp phân tích các thông số môi trường**

STT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp đo, phân tích
1	pH	-	Đo bằng sensor, máy pH cầm tay WTW 340i, Đức
2	DO	mg/L	Đo bằng sensor, máy đo DO cầm tay, Orion, Mỹ
3	SS	mg/L	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000
4	VSS	mg/L	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000
5	COD	mg/L	Phương pháp trắc quang, SMEWW 5220 - D:2012

**3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

- Tỷ lệ VSS/SS: 62-64%

Nguồn bùn dùng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí là bùn hoạt tính được lấy từ bể Aerotank của Trạm xử lý nước thải KCN Phú Bài – tỉnh Thừa Thiên Huế với các thông số như sau:

- Giá trị SS: 3743-3840 mg/L
- Giá trị VSS: 2394-2488 mg/L
- Chỉ số SVI<sub>30</sub>: 120,3 mL/g

Nước thải tổng hợp với nguồn cơ chất cacbon từ glucose được chuẩn bị bằng cách hòa tan khối lượng đã định sẵn các hóa chất (xem Bảng 1) vào nước máy. Nhóm nghiên cứu tiến hành kiểm tra giá trị COD của nước thải tổng hợp sau mỗi lần pha. Kết quả kiểm tra nồng độ COD nước thải tổng hợp được chuẩn bị cho thí nghiệm tạo bùn hạt hiếu khí được thể hiện trong Bảng 4.

**Bảng 4: Nồng độ COD nước thải tổng hợp trong thí nghiệm tạo bùn hạt hiếu khí trên bể SBR**

Thời gian	COD đầu vào (mg/L)
Giai đoạn khởi động hệ thống	Ngày 1-15 612 ± 25 (n=35)
Giai đoạn phát triển bùn hạt	Ngày 16-35 927 ± 20 (n=35)

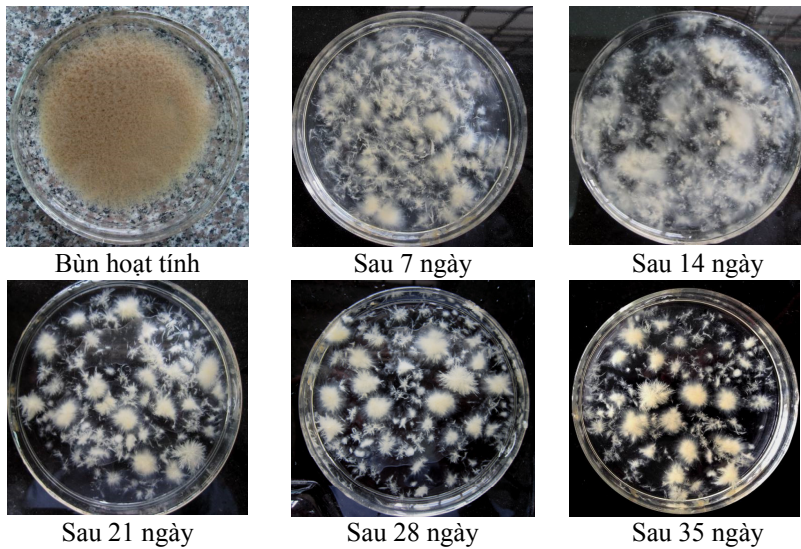
**3.1 Sự hình thành và phát triển hạt bùn hiếu khí ở các mức sục khí khác nhau**

Hình 2 thể hiện sự thay đổi bùn hạt theo thời gian ở lưu lượng sục khí 2,5 L/phút. Sau 7 ngày có thể nhận thấy có sự thay đổi, bông bùn hoạt tính chuyển thành các mầm bùn cấu trúc lớn, nhiều mầm bùn dạng que hơn, có xu thế kết thành từng đám, có nhiều dịch nhầy xung quanh, lúc này bông bùn vẫn chiếm ưu thế. Vào ngày 14, có thể quan sát được sự hình thành và sự chiếm ưu thế của các cụm bông bùn và các mầm hạt bùn dạng vệt dài. Sau khi tăng giá trị OLR lên 3,6 kg COD/m<sup>3</sup>.ngày đêm, kích thước bùn bắt đầu có sự gia tăng nhanh chóng. Vào 21 ngày, bùn tạo thành với kích thước lớn (4-5 mm) nhưng không có hình dạng cố định, bùn tạo ra không chắc chắn. Sau 28 ngày vận hành, hạt bùn tiếp tục phát triển và cấu trúc không có sự thay đổi, tuy nhiên có sự phát triển mạnh của dạng sợi.

khuan dạng sợi bên ngoài và hạt bùn mềm, không chắc dễ bị vỡ, thực tế cũng cho thấy rằng khi tiếp tục chạy hệ thống bùn bị vỡ ra. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Adav, nghiên cứu chỉ ra rằng bùn hạt cũng hình thành với kích thước lớn (3-3,5 mm) với sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi khi sục khí lưu lượng 2 L/phút (Adav SS *et al.*, 2008).

Như vậy, có thể thấy rằng sau 5 tuần chạy với bể SBR với lưu lượng sục khí 2,5 L/phút, bùn hạt hiếu khí hình thành từ nguồn bùn hoạt tính. Cấu trúc hạt bùn lớn, có sự phát triển mạnh của vi

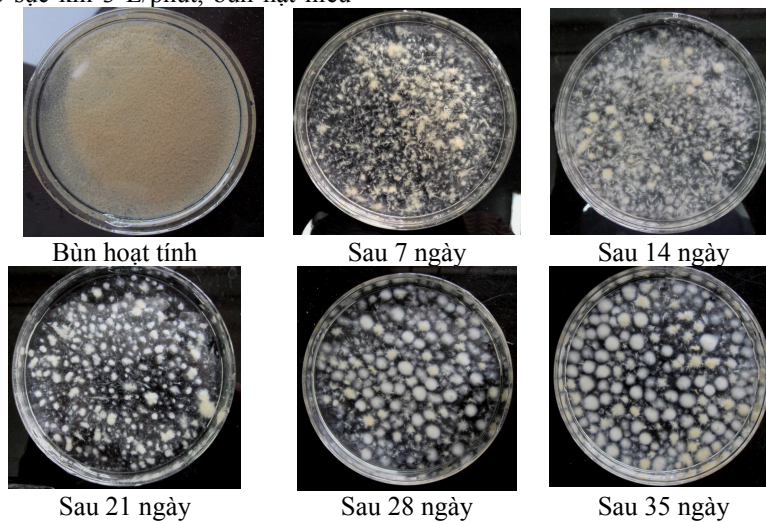
Trong khí đó với lưu lượng sục khí 4 L/phút, sau 7 ngày khởi động đã bắt đầu xuất hiện các mầm bùn kích thước nhỏ, mầm bùn dạng que có vệt dài chiếm ưu thế và chúng có xu thế tách nhau ra. Đến ngày thứ 14 nhận thấy rõ có sự hình thành các hạt bùn nhưng kích thước rất nhỏ <1mm và không đồng đều, đây chính là mầm bùn tốt cho sự hình thành bùn hạt. Sau 21 ngày, từ các mầm bùn hạt này đã phát triển thành các hạt bùn với kích thước hạt khoảng 1 mm nhưng không nhiều, các mầm bùn hạt kích thước < 1mm vẫn chiếm ưu thế trong bể. Sau 26 ngày vận hành, từ các mầm bùn hạt này đã phát triển thành các hạt bùn với kích thước lớn 1-2 mm, hạt bùn có cấu trúc tròn đều, nhẵn, màu trắng.



**Hình 2: Sự hình thành bùn hạt hiếu khí ở lưu lượng sục khí 2,5 L/phút**

Vào ngày thứ 30, các hạt bùn hiếu khí tạo ra có kích thước đồng đều hơn khoảng 2-3 mm, bùn hạt có cấu trúc ổn định. Vào ngày thứ 35 kích thước hạt bùn không thay đổi nhiều, hạt bùn tròn đều, nhẵn màu trắng vàng, hạt bùn kích thước 2-3 mm với số lượng lớn và chiếm ưu thế trong bể SBR (xem Hình 3). Trong khi đó, công bố của Adav cho thấy rằng ở tốc độ sục khí 3 L/phút, bùn hạt hiếu

khí hình thành sau 40 ngày với kích thước dao động 1-1,5 mm rắn chắc (Adav SS *et al.*, 2007). Nghiên cứu của Nguyễn Trọng Lực cho rằng ở lưu lượng sục khí 4 L/phút, hạt bùn kích thước khoảng 2 mm được hình thành (Nguyễn Trọng Lực và *ctv*, 2008). Kết quả trong nghiên cứu này cũng phù hợp với nghiên cứu của Adav SS và Nguyễn Trọng Lực.



**Hình 3: Sự hình thành hạt hiếu khí ở lưu lượng sục khí 4 L/phút**

Sự khác nhau về bùn tạo thành ở hai lưu lượng sục khí có thể được giải thích như sau, với lưu lượng sục khí 2,5 L/phút, khả năng xáo trộn trong bể phản ứng không cao, do đó mầm bùn hạt có dạng sợi phát triển rất mạnh và dính kết với nhau thành các khối nhầy. Trong khi đó, với lưu lượng sục khí 4 L/phút, khả năng xáo trộn trong bể phản

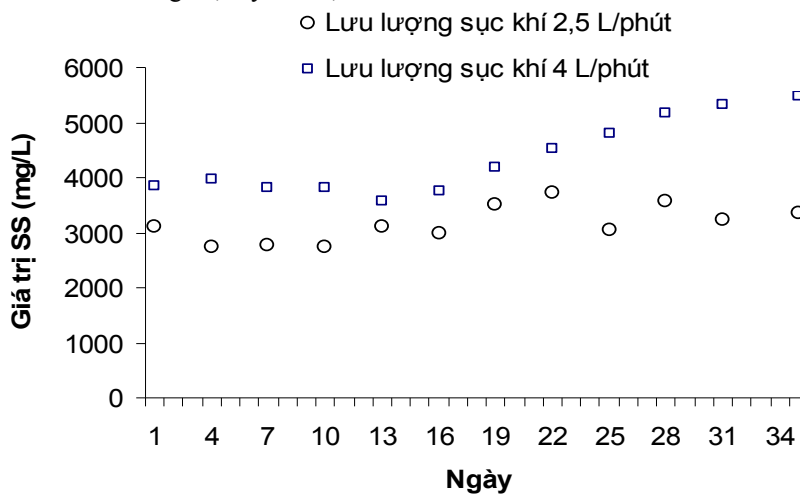
ứng cao hơn, các mầm bùn tạo ra có được sự chuyển động lên xuống dọc thân bể nhanh và mạnh nên tạo nên các mầm bùn rắn chắc hơn. Như vậy, mức lưu lượng sục khí càng cao thì kích thước bùn hạt nhỏ hơn nhưng hạt bùn rắn chắc và ổn định hơn so với lưu lượng sục khí thấp.

### 3.2 Sự thay đổi sinh khối trong bể phản ứng

Có thể nhận thấy rõ sự phát triển của hệ vi sinh trong bể SBR ở hai mức lưu lượng sục khí là hoàn toàn khác nhau thông qua theo dõi sự biến thiên của giá trị SS và VSS trong suốt thời gian vận hành. Với cả hai mức sục khí, trong giai đoạn khởi động hệ thống, khi thời gian lắng giảm từ 10 phút xuống còn 6 phút đã làm lượng lớn sinh khối trong bể trôi ra khỏi hệ thống, điều này làm sinh khối suy giảm đáng kể trong bể. Tuy nhiên, bước sang tuần thứ 2, sau khi các mầm bùn đã hình thành trong bể và khả năng lắng của các mầm bùn cũng được tăng lên thì sinh khối trong bể tăng lên nhanh chóng.

Ở cả hai mức độ sục khí đều quan sát thấy có sự gia tăng sinh khối theo thời gian, tuy nhiên, với

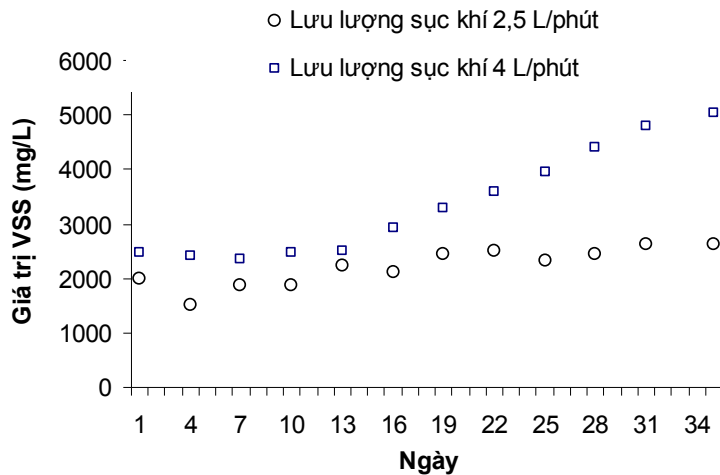
mức sục khí 2,5 L/phút, sự gia tăng sinh khối không đều, không ổn định và chậm hơn, nguyên nhân do bùn hạt tạo thành với mức sục khí này không ổn định, cùng với đó là khả năng lắng không cao nên sinh khối thường xuyên bị trôi ra khỏi hệ thống. Sau 5 tuần vận hành ở mức lưu lượng sục khí 2,5 L/phút, sinh khối biến thiên liên tục, không ổn định và chỉ đạt khoảng 3.350 mg/L. Trong khi đó, ở mức sục khí 4 L/phút, sinh khối có sự gia tăng nhanh chóng và ổn định theo thời gian, đặc biệt sinh khối tăng nhanh khi tăng giá trị COD đầu vào. Giá trị SS tăng từ mức 3.840 mg/L lên 5.480 mg/L sau 35 ngày vận hành. Sự thay đổi sinh khối trong bể ở hai mức sục khí khác nhau thể hiện trong Hình 4.



Hình 4: Sự thay đổi giá trị SS trong bể SBR ở hai mức sục khí khác nhau

Quá trình hình thành bùn hạt cũng cho thấy sự phát triển của hệ vi sinh vật trong bể khá tốt thông qua theo dõi giá trị VSS trong bể SBR. Thực tế quan sát và phân tích cũng thấy rằng với mức sục khí 4 L/phút, giá trị VSS đo được trong bể luôn tăng đều và ổn định, đặc biệt tỷ lệ VSS/SS sau 3 tuần vận hành luôn cao, dao động trong khoảng 88-93% (so với mức 64% của bùn hoạt tính ban đầu), điều này chứng tỏ vi sinh trong bể phát triển rất mạnh mẽ.

Trong khi đó, giá trị VSS ở mức sục khí 2,5 L/phút không ổn định, nguyên nhân do bùn hạt tạo thành kích thước lớn nhưng không ổn định, khó lắng nên sinh khối trong bể ở mức sục khí này hay bị trôi ra ngoài hệ thống. Tuy nhiên, tỷ lệ VSS/SS vẫn cao khoảng 78-82%. Sự biến thiên giá trị VSS trong bể SBR ở hai mức sục khí khác nhau được thể hiện trong Hình 5.



**Hình 5: Sự thay đổi giá trị VSS trong bể SBR ở hai mức sục khí khác nhau**

### 3.3 Khả năng lắng của hạt bùn

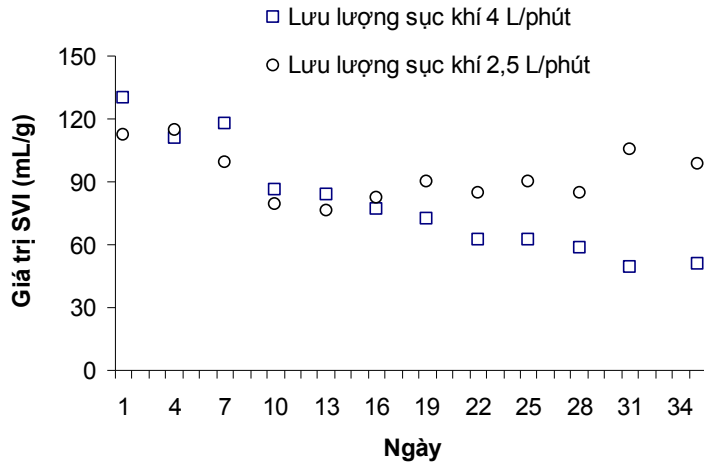
Khả năng lắng của bùn hạt được đánh giá thông qua chỉ số thể tích bùn (SVI). Chỉ số này đóng vai trò quan trọng trong xử lý nước thải vì nó đánh giá được sự tách pha rắn - lỏng của bùn. Chỉ số SVI càng nhỏ chứng tỏ bùn càng dễ lắng. Bùn hoạt tính ban đầu lấy từ bể Aerotank của Trạm xử lý nước thải KCN Phú Bài – tỉnh Thừa Thiên Huế có SVI khoảng 120-132 mL/g.

Ở mức sục khí 2,5 L/phút, sau một tuần vận hành, SVI giảm xuống 102 mL/g, lúc này các bông bùn vẫn còn trong bể phản ứng và các mầm bùn nhỏ mới được tạo thành nên bùn vẫn còn tương đối khó lắng. Sau 14 ngày vận hành, giá trị SVI tiếp tục giảm xuống còn 76,5 mL/g khi các mầm bùn tạo ra có khả năng lắng tốt hơn so với bông bùn hoạt tính và đã được chọn lọc và giữ lại trong bể SBR khi thay đổi thời gian lắng. Sang tuần thứ 3, khi tăng OLR lên 3,6 kg COD/m<sup>3</sup>.ngày đêm, kích thước hạt bùn bắt đầu gia tăng đạt 2-3 mm. Hạt bùn tạo ra lúc này tuy kích thước lớn nhưng không ổn định và có sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi nên lại làm hạt bùn trở nên khó lắng hơn, do đó, chỉ số SVI đo được tăng lên trở lại mức 90,5 mL/g vào ngày thứ 19. Từ ngày 20 đến ngày 35,

chỉ số SVI đo được biến thiên liên tục, dao động ở mức 75,5-80,7 mL/g, điều này chứng minh cho khả năng lắng của bùn hạt tạo ra ở mức độ sục khí 2,5 L/phút tuy cao hơn so với bùn hoạt tính nhưng không ổn định.

Tuy nhiên, đối với bùn hạt được tạo ra khi vận hành bể ở mức sục khí 4 L/phút cho thấy khả năng lắng của hạt bùn rất tốt. Khi kích thước hạt bùn càng tăng, hạt bùn càng ổn định thì giá trị SVI đo được càng giảm xuống, điều này chứng tỏ khả năng lắng của bùn hạt tăng lên đáng kể. Giá trị SVI đo được bùn hạt ở mức độ sục khí này giảm theo thời gian từ mức 130,3 mL/g vào ngày đầu tiên giảm xuống chỉ còn 48,9 mL/g vào ngày thứ 35. Điều này một lần nữa cho thấy, hạt bùn tạo ra khi sục khí ở mức 4 L/phút có kích thước nhỏ hơn nhưng lại chắc, ổn định, khả năng lắng tốt hơn hẳn so với bùn tạo ra ở mức sục khí 2,5 L/phút.

Bên cạnh đó, một điều có thể rõ ràng nhận thấy là bùn hạt hiếu khí có SVI thấp hơn nhiều so với bùn hoạt tính, thông qua đánh giá chỉ số SVI có thể thấy, khả năng lắng của bùn hạt hiếu khí tốt hơn hẳn so với bùn hoạt tính. Biến thiên giá trị SVI tại các thời điểm khác nhau trong quá trình vận hành bể được thể hiện tại Hình 6.

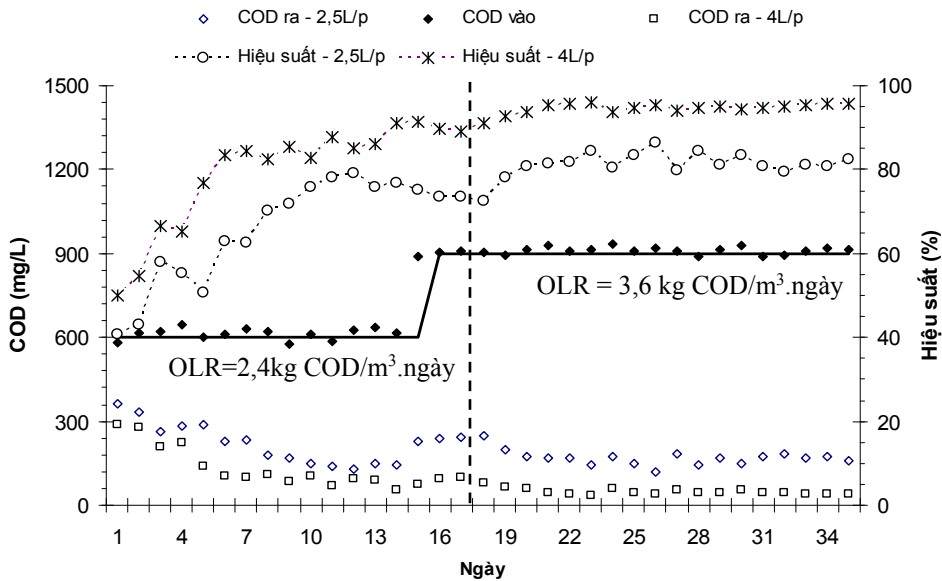


Hình 6: Sự thay đổi chỉ số SVI của bùn hạt ở hai mức sục khí khác nhau

3.4 Hiệu quả xử lý COD

Giá trị COD nước thải sau khi xử lý có sự giảm đều theo thời gian đối với cả hai mức sục khí hay nói cách khác hiệu quả xử lý chất hữu cơ tăng lên theo thời gian. Điều này có thể lý giải do các vi khuẩn trong bể phản ứng tăng nhanh trong bể SBR thể hiện qua tỷ lệ VSS/SS đạt 78% ở mức sục khí 2,5 L/phút và lên tới 92% với mức sục khí 4 L/phút

sau 5 tuần nuôi trong bể SBR. Với sự phát triển sinh khối như thế trong bể SBR, cùng với đó là kích thước hạt bùn tăng nhanh đã thúc đẩy sự chuyển hóa chất hữu cơ của viny vật trong bể diễn ra nhanh hơn. Biến thiên giá trị COD đầu ra và hiệu suất xử lý COD ở hai mức sục khí khác nhau được thể hiện ở Hình 7.



Hình 7: Hiệu quả xử lý COD của bùn hạt hiếu khí ở mức sục khí khác nhau

Kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu quả xử lý COD ở mức sục khí 4 L/phút tăng đều từ 66% lên 91% sau 2 tuần vận hành. Sau đó hiệu suất xử lý đạt được tăng nhẹ và ổn định, dao động trong khoảng 90-95%. Hiệu quả xử lý tăng cùng với sự gia tăng sinh khối trong bể và sự tăng kích thước

hạt bùn, lúc này đạt khoảng 2-3 mm. Sau 4 tuần vận hành, giá trị COD đầu ra luôn thấp hơn 50 mg/L, hiệu quả đạt được cao nhất 95% vào các ngày từ 30-35.

Trong khi đó, hiệu quả loại COD của bùn hạt tạo thành ở mức sục khí 2,5 L/phút cũng có sự tăng



đều từ 45-83% trong khoảng thời gian từ lúc khởi động đến ngày thứ 25, sau đó hiệu quả xử lý biến thiên không đều, có sự tăng giảm liên tục. Sự thay đổi liên tục này có thể được giải thích do từ tuần thứ 3, bùn hạt tăng nhanh kích thước (4-5 mm) nhưng hình thành những khối bùn lớn, hạt bùn không ổn định. Bùn hạt hình thành ở mức sục khí 2,5 L/phút có sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi nên bùn khó lắng dễ trôi ra khỏi hệ thống, chính điều này làm giảm sinh khối trong bể, gây nên sự xáo trộn và thay đổi liên tục hiệu quả xử lý của hệ thống.

Như vậy, có thể thấy hiệu quả loại COD của bùn hạt phụ thuộc vào kích thước, độ ổn định của hạt bùn và nồng độ sinh khối trong bể. Bùn hạt hiếu khí được hình thành ở mức sục khí 4 L/phút tạo thành cấu trúc ổn định, sinh khối phát triển nhanh nên có hiệu quả loại COD cao hơn và ổn định hơn hẳn so với bùn hạt tạo thành với mức sục khí 2,5 L/phút với kích thước lớn nhưng không ổn định, dễ bị vỡ ra trong quá trình vận hành.

Bảng 5 tóm tắt một số thông số của bùn hạt tạo thành trong bể SBR ở hai mức sục khí khác nhau sau 35 ngày vận hành.

**Bảng 5: Một số chỉ tiêu bùn hạt ở hai mức sục khí sau 35 ngày vận hành trên bể SBR**

STT	Thông số	Đơn vị	Mức sục khí	
			2,5 L/phút	4 L/phút
1	SS	mg/L	3.350	5.490
2	VSS	mg/L	2.610	5.050
3	Vận tốc lắng	m/h	5,5	11,8
4	Chỉ số thể tích bùn SVI	mL/g	98,5	48,9
5	Hiệu suất loại COD	%	80-85%	92-96%
6	Tỷ lệ VSS/SS	%	78	92

**4 KẾT LUẬN**

– Đối với mức sục khí 2,5 L/phút, hạt bùn hình thành với kích thước lớn sau 35 ngày vận hành, có sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi, hình dạng hạt bùn không đều, rất kém ổn định, bùn có chỉ số SVI dao động trong khoảng 76-90 mL/g, hiệu quả xử lý COD chỉ đạt được khoảng 83-85%.

– Trong khi đó, với mức sục khí 4 L/phút, hạt bùn hình thành với kích thước 2-3 mm sau 5 tuần vận hành, có cấu trúc tròn đều, hạt bùn ổn định, khả năng lắng rất tốt thể hiện qua chỉ số SVI thấp, dao động trong khoảng 48,9-54,3 mL/g. Hiệu quả xử lý COD đạt được rất cao, khoảng 93-95% và ổn định trong suốt thời gian vận hành.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. APHA, AWWA, WPCF – (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC, USA: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation.
2. Adav SS, Lee DJ, Tay JH (2007). Activity and structure of stored aerobic granules. Environ Technol 2007 f 28:12, pp 27–35.
3. Adav SS, Duu-Jong Lee, Kuan-Yeow Show, Joo-Hwa Tay (2008). Aerobic granular sludge: Recent advances, Biotechnology Advances 26 (2008), p 411–423.
4. Beun JJ, Hendriks A, van Loosdrecht MCM, Morgenroth E, Wilderer PA, Heijnen JJ (1999). Aerobic granulation in a sequencing batch reactor, Water Res 33.
5. Jiang HL, Tay JH, Tay STL (2004). Changes in structure, activity and metabolism of aerobic granules as a microbial response to high organic loading. Appl Microbiol Biotechnol 2004a; 63:602–8.
6. Lương Đức Phẩm (2007). Công nghệ xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học, Nhà xuất bản Giáo dục. 375 trang
7. Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân, Trần Tây Nam (2008). Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí khử COD và Amoni trên bể phản ứng nâng từng mẻ luân phiên (SBR). Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, tập 12, số 2/2009. NXB Khoa học Kỹ thuật.
8. Tay, J.H., Pan S., Tay S., Ivanov V., Liu Y. (2003). The effect of organic loading rate on aerobic granulation: The development of shear force theory, Water Science and Technology, 47, p235-240.