

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ MÀNG LỌC MBR XỬ LÝ CÁC CHẤT DINH DƯỠNG NITƠ VÀ PHOTPHO TRONG NƯỚC THẢI

STUDY ON MEMBRANE BIOREACTOR TECHNOLOGY FOR NUTRIENTS (TN AND TP) REMOVAL FROM WASTEWATER

Nguyễn Minh Kỳ¹, Nguyễn Hoàng Lâm²

¹Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 7/01/2017, ngày phân biện đánh giá 7/03/2017, ngày chấp nhận đăng 15/4/2017.

TÓM TẮT

Mô hình nghiên cứu MBR tiến hành vận hành trong thời gian 121 ngày với chế độ HRT khác nhau để đánh giá hiệu quả xử lý N, P. Nồng độ MLSS ban đầu trong bể phản ứng duy trì tương đương 10.000 mg/l. Module màng nhúng chìm có kích thước lỗ lọc 0,4 μ m. Chu kỳ hoạt động và nghỉ của màng lọc với thời gian 10:1 phút. Thời gian lưu bùn SRT được kiểm soát theo chế độ 25 ngày. Hiệu suất lọc qua màng tương đương 15-20 l/(m².h). Tải trọng hữu cơ OLR dao động trong khoảng 1,7 đến 6,8 kgCOD/m³.ngày. Nhờ nồng độ sinh khối cao nên gia tăng hiệu quả xử lý nước thải so với phương pháp truyền thống. Hiệu quả xử lý trung bình TN, TP tương ứng lần lượt 64,6 và 79,2%. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng công nghệ màng lọc sinh học MBR ưu điểm và có thể sử dụng để xử lý hiệu quả nước thải đô thị.

Từ khóa: MBR; TN; TP; MLSS; Nước thải đô thị.

ABSTRACT

The membrane bioreactor (MBR) technology model was operated in 121 days with different HRT to evaluate the efficient removal of nitrogen and phosphorus. The initial MLSS concentration in reactor was maintained 10,000 mg/l. The submerged membrane module with filter pore size 0.4 μ m was used to separate the treated wastewater. Permeation cycles were performed at 10 min ON/1.0 min OFF. The SRT sludge retention time was controlled in 25 days. The membrane filtration rate was performed at 15-20 l/(m².h). The OLRs organic loading was varied in the range from 1.7 to 6.8 kgCOD/m³.d. The high biomass concentration was found to increase the wastewater treatment efficiency in comparison with those by the traditional methods. The average removal efficiencies of TN, TP were 64.6 and 79.2%, respectively. The studying results indicated that the MBR biological membrane technology advantages could be efficiently applied for urban wastewater treatment.

Keywords: MBR; TN; TP; MLSS; Urban wastewater.

1. GIỚI THIỆU

Công nghệ màng lọc sinh học MBR (Membrane Bioreactor) là sự kết hợp quá trình bùn hoạt tính sinh học và màng lọc [1]. Đây là một trong những phương pháp tiên tiến, đã được áp dụng xử lý thành công nhiều loại nước thải khác nhau từ đô thị cho tới các loại nước thải công nghiệp, y tế có thành

phần phức tạp và khó xử lý. MBR là sự kết hợp quá trình bùn hoạt tính với màng để tách bùn ra khỏi dòng sau xử lý. Với việc sử dụng màng lọc có kích thước lỗ màng dao động từ 0,01-0,4 μ m nên vi sinh vật, chất ô nhiễm, bùn bị giữ lại tại bề mặt màng. Đồng thời, bùn sinh học sẽ được giữ lại trong bể phản ứng, mật độ vi sinh cao nên nâng cao hiệu suất xử lý chất ô nhiễm [2].

Các nghiên cứu trước đây cho thấy tính ưu việt của việc ứng dụng công nghệ MBR xử lý các loại nước thải khác nhau [3,4,5]. Một số công trình trong nước nghiên cứu xử lý nước thải đô thị/sinh hoạt như của các tác giả Đỗ Khắc Uẩn và cs (2010) [6], Trần Đức Hạ và nnk (2012) [7] cũng đạt được kết quả khả quan. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã tiến hành thực hiện mô hình thí nghiệm MBR, đó là sự kết hợp giữa hai quá trình cơ bản (phân hủy sinh học chất hữu cơ và kỹ thuật tách sinh

khối bằng màng) trong một đơn nguyên nhằm mục đích đánh giá hiệu quả xử lý nước thải đô thị ở TP. Hồ Chí Minh.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nước thải nghiên cứu được lấy từ một số khu dân cư ở TP. Hồ Chí Minh. Thành phần và hàm lượng các chất ô nhiễm được thể hiện chi tiết ở Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả chất lượng nước thải đô thị và giới hạn cho phép

| TT | Chỉ tiêu | Đơn vị | Kết quả | | QCVN 14:2008/BTNMT (Cột A) |
|----|--------------|--------|---------|--------|-------------------------------|
| | | | Mean | SD | |
| 1 | pH | - | 7,6 | 0,4 | 5-9 |
| 2 | DO | mg/l | 1,1 | 0,1304 | $\geq 2^a$ |
| 3 | Nitơ tổng | mg/l | 33 | 4,7115 | 20^b |
| 4 | Photpho tổng | mg/l | 21 | 3,2047 | 4^b |

Chú thích: QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt

^aQCVN 39:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu

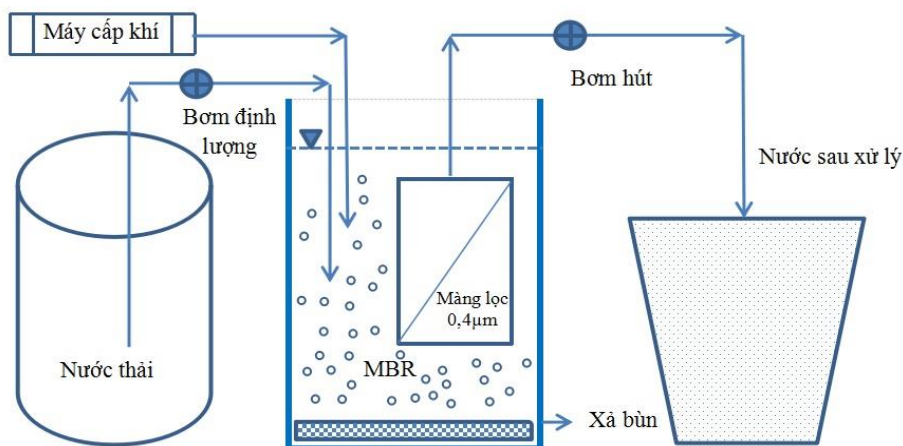
^bQCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (cột A)

Màng MBR sử dụng là màng sợi rỗng, có kích thước lỗ lọc $0,4\mu\text{m}$, nhãn hiệu Mitsubishi, Japan (có thể tách các chất rắn lơ lửng, hạt keo, vi khuẩn, một số virus và các phân tử hữu cơ kích thước lớn).

2.2. Mô hình thí nghiệm

Bể phản ứng được thiết kế với dung tích hữu ích 36 lít (kích thước L.W.H = $24*20*75\text{cm}$) và module màng nhúng chìm có kích thước lỗ lọc $0,4\mu\text{m}$, diện tích bề mặt $0,9\text{ m}^2$ (Mitsubishi, Japan). Thời gian lưu bùn

SRT được kiểm soát theo chế độ 25 ngày. Chu kỳ hoạt động và nghỉ của màng lọc với thời gian 10:1 phút. Đề duy trì $\text{DO} \geq 2,0\text{ mg/l}$ trong quá trình vận hành, nghiên cứu bố trí sử dụng thiết bị cấp khí có lưu lượng $1,7\text{ m}^3/\text{h}$. Hiệu suất lọc qua màng tương đương $15-20\text{ l}/(\text{m}^2.\text{h})$. Không khí được cung cấp để vi sinh vật phân hủy chất hữu cơ, thúc đẩy quá trình nitrate hóa và giảm tắc nghẽn màng. Nồng độ MLSS ban đầu trong bể phản ứng duy trì tương đương 10.000 mg/l .



Hình 1. Sơ đồ mô hình thí nghiệm

Mô hình nghiên cứu tiến hành điều chỉnh pH dao động trong khoảng 6,5-8,0 và vận hành trong thời gian 121 ngày với chế độ HRT khác nhau để đánh giá hiệu quả xử lý N, P. Trong quá trình vận hành chỉ rửa súc màng bằng nước sạch, sục khí bề mặt và không bổ sung dinh dưỡng cũng như không kiểm soát F/M. Thí nghiệm với dòng nước thải: 4, 8, 12, 16 lít/giờ. Tương ứng thời gian lưu thủy lực HRT lần lượt 9,0; 4,5; 3,0 và 2,25 giờ. Tải trọng hữu cơ OLR dao động trong khoảng 1,7 đến 6,8 kgCOD/m³.ngày.

2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Phương pháp phân tích các thông số chất lượng nước theo phương pháp chuẩn APHA, 2005 [8]. Tần suất đo đạc các chỉ tiêu chất lượng nước được thực hiện 3 lần/tuần. Các giá trị pH, nhiệt độ, DO được đo bằng thiết bị đo nhanh. Hàm lượng TN, TP đo bằng máy quang phổ UV-VIS. Chỉ số MLSS, MLVSS được xác định theo phương pháp trọng lượng (lọc bằng giấy lọc có kích thước 0,45μm rồi sấy khô đến khối lượng không đổi ở các nhiệt độ 105⁰C và 550⁰C).

Các số liệu nghiên cứu được thống kê và xử lý bằng các phần mềm Microsoft Excel 2010, SPSS 13.0 for Windows.

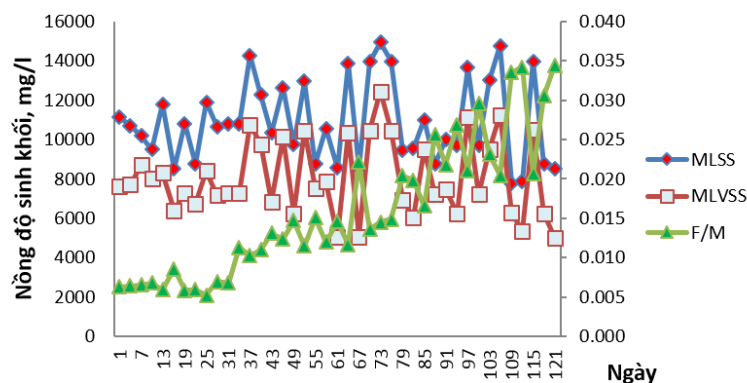
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả vận hành mô hình thí nghiệm bể phản ứng MBR

Thông số pH được duy trì trong khoảng giá trị từ 6,7 đến 8,4 và có trung bình bằng 7,5 (SD=0,44; n=41). Trong khi, hàm lượng oxy hoàn tan DO biến thiên từ 3,7 đến 6,5 mg/l và có trung bình 4,8 mg/l (SD=0,92; n=41). Nhiệt độ bề phản ứng trung bình 35,2⁰C (SD=1,84; n=41), các giá trị thấp nhất - cao nhất lần lượt tương ứng 28,7⁰C và 44,3⁰C. Nhìn chung, hàm lượng MLSS trung bình bề phản ứng được duy trì tương đương 10.913,1 ± 2089,7 mg/l. Nồng độ MLSS theo các giai đoạn vận hành thí nghiệm có giá trị lần lượt 10431,1 ± 1114,5 (OLR₁); 11092,5 ± 1887,0 (OLR₂); 11403,5 ± 2501,9 (OLR₃) và 10773,4 ± 2756,8 mg/l (OLR₄). Nồng độ MLSS cao được duy trì trong bể phản ứng gia tăng hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm.

Bảng 2. Điều kiện vận hành thí nghiệm

| Thông số | Đơn vị | MBR | | | |
|----------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | OLR ₁ | OLR ₂ | OLR ₃ | OLR ₄ |
| F/M | ngày ⁻¹ | 0,006±0,000914 | 0,013±0,001723 | 0,018±0,004541 | 0,027±0,005809 |
| OLR | kgCOD/m ³ .d | 1,7 | 3,4 | 5,1 | 6,8 |
| HRT | giờ | 9,0 | 4,5 | 3,0 | 2,25 |
| SRT | ngày | 25 | 25 | 25 | 25 |
| MLSS | mg/l | 10431,1±1114,5 | 11092,5±1886,9 | 11403,5±2501,9 | 10773,4±2756,8 |
| pH | - | 7,4±0,5 | 8,0±0,2 | 7,2±0,4 | 7,5±0,4 |
| DO | mg/l | 6,1±0,4 | 5,2±0,3 | 4,1±0,2 | 3,9±0,1 |
| Nhiệt độ | ⁰ C | 32,0±1,6 | 34,9±2,1 | 37,0±1,9 | 40,6±1,2 |



Hình 2. Nồng độ sinh khối và chỉ số F/M trong bể phản ứng theo các tải trọng

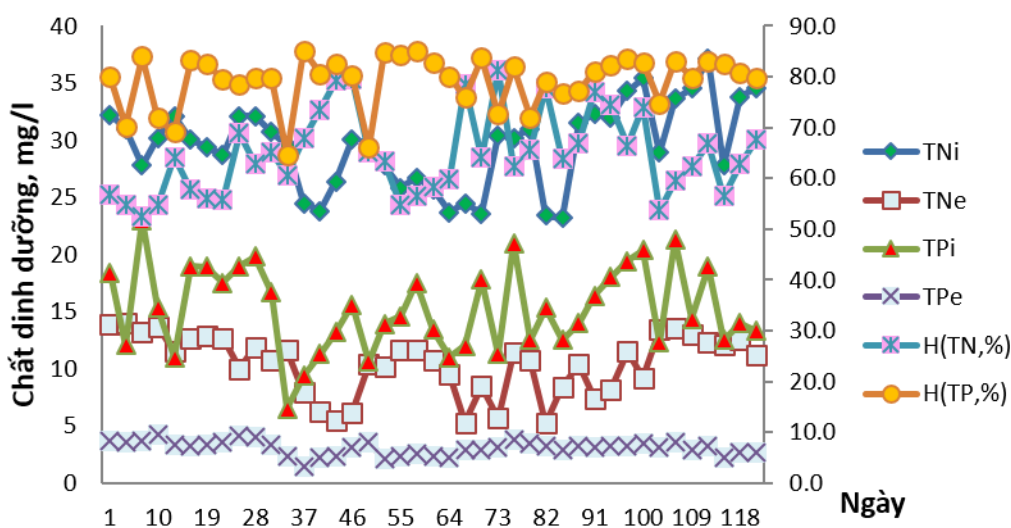
Hoạt động vận hành có tỷ số F/M khá thấp và dao động từ 0,005 đến 0,034 (ngày⁻¹). Quá trình tạo bùn thấp trong điều kiện F/M thấp cũng được khẳng định trong nghiên cứu của Huang et al., 2001 [9]. Thông thường, giá trị F/M thấp do sinh khối được giữ lại để duy trì nồng độ MLSS ở mức độ cao (Metcalf & Eddy, 2003) [10]. Việc áp dụng công nghệ màng lọc MBR có những ưu điểm và có thể sử dụng để xử lý nước thải đô thị (Rosenberger et al., 2002) [11].

3.2. Tiềm năng xử lý các chất dinh dưỡng N, P

Hiệu quả xử lý Nitơ ở giai đoạn đầu khá thấp (59,0%) do quá trình nitrate hóa diễn ra còn chậm. Ở các giai đoạn 2 và 3, khi tăng tải trọng hữu cơ lên mức 3,4 và 5,1 kgCOD/m³.ngày thì mức độ xử lý TN đạt được sự ổn định nhất định, với lần lượt hiệu suất 65,9% và 69,7%. Do thiết lập thời gian lưu bùn SRT dài giúp ngăn ngừa thất thoát vi khuẩn nitrate hóa và cải thiện khả năng nitrate hóa của bùn hoạt tính.

Bảng 3. Hiệu quả xử lý N và P theo các tải trọng khác nhau

| OLR | Kết quả | TN | | | TP | | |
|-----------------------------------------------------|---------|--------|-------|------|--------|-------|------|
| | | TN vào | TN ra | H, % | TP vào | TP ra | H, % |
| OLR ₁ =1,7 kgCOD/m ³ .ngày | Mean | 30,6 | 12,5 | 59,0 | 17,3 | 3,7 | 78,0 |
| | SD | 1,5 | 1,3 | 5,3 | 3,5 | 0,3 | 5,2 |
| OLR ₂ =3,4 kgCOD/m ³ .ngày | Mean | 27,0 | 9,2 | 65,9 | 12,6 | 2,4 | 79,6 |
| | SD | 2,2 | 2,5 | 9,0 | 3,2 | 0,6 | 7,7 |
| OLR ₃ =5,1 kgCOD/m ³ .ngày | Mean | 27,4 | 8,3 | 69,7 | 14,4 | 3,1 | 78,0 |
| | SD | 4,0 | 2,3 | 8,0 | 3,2 | 0,4 | 3,9 |
| OLR ₄ =6,8 kgCOD/m ³ .ngày | Mean | 33,2 | 11,7 | 64,4 | 16,5 | 3,0 | 81,2 |
| | SD | 2,9 | 1,8 | 6,9 | 3,5 | 0,4 | 2,6 |



Hình 3. Sự thay đổi hàm lượng và hiệu quả xử lý Nitơ và Photpho trong quá trình vận hành

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng việc loại Photpho cao hơn so với Nitơ. Mức độ xử lý TP dao động trong khoảng 52,5% (ngày thứ 7) đến 81,3% (ngày thứ 73). Lượng Photpho được loại bỏ liên quan đến quá trình sinh học đi vào bắt buộc của Photpho trong sinh khối bùn hoạt tính. Trung bình hiệu suất xử lý TN

và TP lần lượt đạt 64,6% (SD=8,1; n=41) và 79,2% (SD=5,2; n=41). Hiệu suất loại Photpho thấp nhất đạt 64,6% (ngày thứ 34) và cao nhất là 85,1% (ngày thứ 37). Trong điều kiện vận hành SRT dài thúc đẩy quá trình tăng cường hiệu quả xử lý Photpho. Việc cấp khí liên tục có vai trò thúc đẩy quá trình loại bỏ N

và P dựa trên các cơ chế nitrate hóa - khử nitrate hóa và hấp thụ - giải phóng Photpho trong bể phản ứng MBR. Công nghệ màng MBR hiếu khí được xem là giải pháp thích hợp xử lý, loại bỏ Nitơ trong nước thải đô thị/sinh hoạt nhờ quá trình khử nitrate hóa không hoàn toàn [12].

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu áp dụng công nghệ màng MBR xử lý nước thải đô thị có hiệu quả xử lý Nitơ đạt 52,5-81,3% và Photpho đạt 64,6-

85,1%. Chất lượng nước đầu ra đáp ứng yêu cầu Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải. Hiệu quả loại N và P được tăng cường ngay cả trong điều kiện vận hành OLR thấp. Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm có xu hướng tăng dần khi lần lượt tăng tải trọng hữu cơ. Ưu điểm của công nghệ MBR là duy trì nồng độ MLSS ổn định, cao và tạo điều kiện để vi sinh xử lý chất ô nhiễm cũng như được thẩm lọc qua màng, đồng thời thích hợp cho việc ứng dụng kiểm soát ô nhiễm và bảo vệ môi trường./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Baker, R.W., *Membrane Technology and Application, 2nd Ed.* Jonh Wiley & Sons Ltd, USA, 2004.
- [2] Water Enviroment Federation, *Membrane systems for wastewater treatment.* Press McGraw-Hill, New York, 2006.
- [3] Porntip, C.S., Jansongkod, K., Anthony, P., & Christelle, W., *Benefits of MBR in seafood wastewater treatment and water reuse: study case in Southern part of Thailand.* Desalination, 200:712-714, 2006.
- [4] Qin, J.J., Oo, M.H., Tao, G., & Kekre, K.A., *Feasibility study on petrochemical wastewater treatment and reuse using submerged MBR.* Journal of Membrane Science, 293:161-166, 2007.
- [5] Saima Fazal, Beiping Zhang, Zhengxing Zhong, Lan Gao, Xiejuan Lu, *Membrane Separation Technology on Pharmaceutical Wastewater by Using MBR (Membrane Bioreactor).* Journal of Environmental Protection, 6:299-307, 2015.
- [6] Đỗ Khắc Uẩn, Rajesh Banu, Ick- Tae Yeom, *Đánh giá các ảnh hưởng của thông số động học và điều kiện vận hành đến sản lượng bùn dư trong hệ thống xử lý nước thải đô thị bằng phương pháp sinh học kết hợp với lọc màng.* Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, 4(39):25-33, 2010.
- [7] Trần Đức Hạ, Trần Thị Việt Nga, Trần Hoài Sơn, *Ứng dụng công nghệ AO-MBR để xử lý nước thải sinh hoạt Hà Nội.* Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Viện KH&CN Việt Nam, 50(2B):40-47, 2012.
- [8] APHA, AWWA, WEF, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Ed.* American Public Health Association, Washington DC, 2005.
- [9] Huang, X., Gui, P. and Qian, Y., *Effect of sludge retention time on microbial behaviour in a submerged membrane bioreactor.* Process Biochem, 36:1001-1006, 2001.
- [10] Metcalf & Eddy., *Wastewater engineering treatment and reuse, 4th Ed.* McGraw Hill, 2003.
- [11] Rosenburger, S., Kruger, U., Witzig, W., Manz, W., Szewzyk, U., Kraume, M., *Performance of a Bioreactor with Submerged membranes for Anaerobic Treatment of Municipal Waste Water.* Water Research, 36(2):413-420, 2002.
- [12] Ueda, T., Hata, K., and Kikuoka, Y., *Treatment of domestic sewage from rural settlements by a membrane bioreactor.* Water Sci. Technol., 34:189-196, 1996.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Nguyễn Minh Kỳ

Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

Email: nmky@hcmuaf.edu.vn