

## VI TẢO – MỘT GIẢI PHÁP TIỀM NĂNG CHO CÁC VẤN ĐỀ MÔI TRƯỜNG

Nguyễn Thanh Tuyền<sup>(1)</sup>

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận bài 20/02/2020; Ngày gửi phản biện 28/02/2020; Chấp nhận đăng 25/05/2020

Liên hệ email: [tuyennt@tdmu.edu.vn](mailto:tuyennt@tdmu.edu.vn)

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2020.03.036>

---

### **Tóm tắt**

Vi tảo có tiềm năng lớn làm nguồn nguyên liệu cho quá trình trích ly các hợp chất có giá trị sinh học và sản xuất nhiên liệu sinh học, phân bón sinh học, giúp giảm lượng khí CO<sub>2</sub> trong khí quyển và xử lý nước thải. Bài tổng quan này nhằm giới thiệu về tiềm năng của vi tảo trong việc xử lý các nguồn nước thải khác nhau bao gồm nước thải chăn nuôi, nước thải ngành dệt, nước thải ngành công nghiệp dược phẩm và nước thải có chứa kim loại nặng. Vi tảo còn là nguồn sinh khối có giá trị trong việc sản xuất nhiên liệu sinh học, phân bón sinh học giúp làm giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính ứng phó với bối cảnh biến đổi khí hậu – nước biển dâng hiện nay.

**Từ khóa:** phương pháp sinh học, vi tảo, xử lý nước thải

### **Abstract**

#### **MICROALGAE - A POTENTIAL SOLUTION FOR ENVIRONMENTAL ISSUES**

Microalgae have potential not only as a raw source for the extraction of bioactive compounds but also as a potential material for the production of biofuel, reducing the carbon dioxide concentration in the atmosphere, bio-fertilizer as well as in the treatment of pharmaceutical wastewater, heavy metal containing wastewater, textile dyes wastewater, livestock wastewater and livestock wastewater. In this review, we aim to introduce the potential of microalgae to treat various wastewater sources including livestock wastewater, textile wastewater, pharmaceutical industry wastewater and heavy metal - containing wastewater. In addition, the potential of microalgae is considered a valuable biomass source in fuel production and bio-fertilizer which is intended to lower emissions of greenhouse gases in the context of climate change - sea level rise.

---

### **1. Giới thiệu**

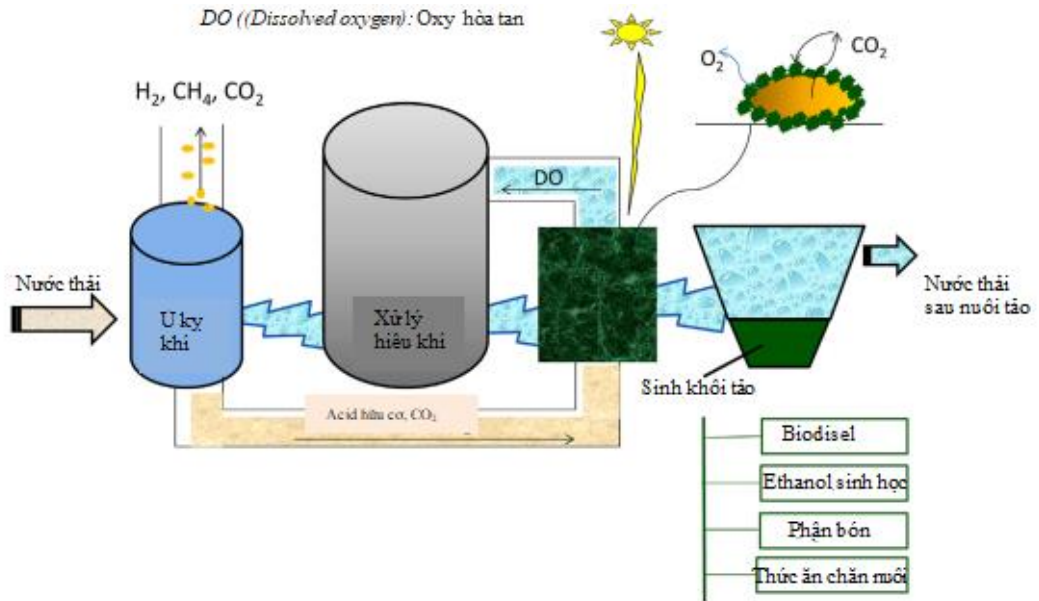
Tình hình gia tăng dân số hiện nay và những hậu quả của nó đã trở thành mối quan tâm to lớn của cả cộng đồng quốc tế. Dân số tăng kéo theo nhiều vấn đề đặt ra

đó là tình trạng thiếu lương thực thực phẩm, cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên và đặc biệt làm ô nhiễm môi trường. Vì vậy, việc tìm kiếm nguồn nguyên liệu không cạnh tranh với cây lương thực là hết sức cần thiết, vi tảo với thể mạnh tăng sinh khối nhanh được xem là sự lựa chọn chiến lược cho việc sản xuất nhiên liệu sinh học, đồng thời ứng phó với bối cảnh biến đổi khí hậu – nước biển dâng. Bên cạnh đó, chất thải từ các hoạt động sản xuất của con người trong công nghiệp, nông nghiệp, sản xuất là nguồn gây ô nhiễm lớn đến môi trường. Đã có rất nhiều nghiên cứu tập trung vào việc xử lý nước thải này trước khi thải ra môi trường tự nhiên. Trong khi việc sử dụng công nghệ xử lý truyền thống để loại bỏ các chất ô nhiễm này đòi hỏi chi phí và vận hành phức tạp cũng như tạo ra sản phẩm phụ không mong muốn (Christenson và Sims, 2011; Ruiz và ctv, 2012). Phương pháp sử dụng vi tảo để xử lý các chất ô nhiễm từ nước thải, đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới, đạt hiệu quả cao, chi phí thấp nhưng lại an toàn với môi trường (Christenson và Sims, 2011; Hoffmann, 1998). Đặc biệt, sự ô nhiễm N và P trong nước thải gây ra sự phú dưỡng cho các hệ sinh thái thủy sinh, nhưng chúng đều là các nguồn dinh dưỡng quan trọng cung cấp dinh dưỡng cho công nghệ vi tảo (Tiow-Suan và Anthony, 1988; Sevrin-Reyssac, 1998). Trong các công nghệ vi tảo, tảo sử dụng năng lượng ánh sáng mặt trời, đồng thời hấp thụ các chất dinh dưỡng từ nước thải để cố định nguồn cacbon tạo ra sinh khối, điều này không chỉ làm giảm được các chất gây ô nhiễm trong nước thải mà còn tạo ra được một nguồn sinh khối có giá trị, giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính giúp cho việc chống biến đổi khí hậu toàn cầu.

## 2. Tiềm năng của vi tảo cho các vấn đề môi trường

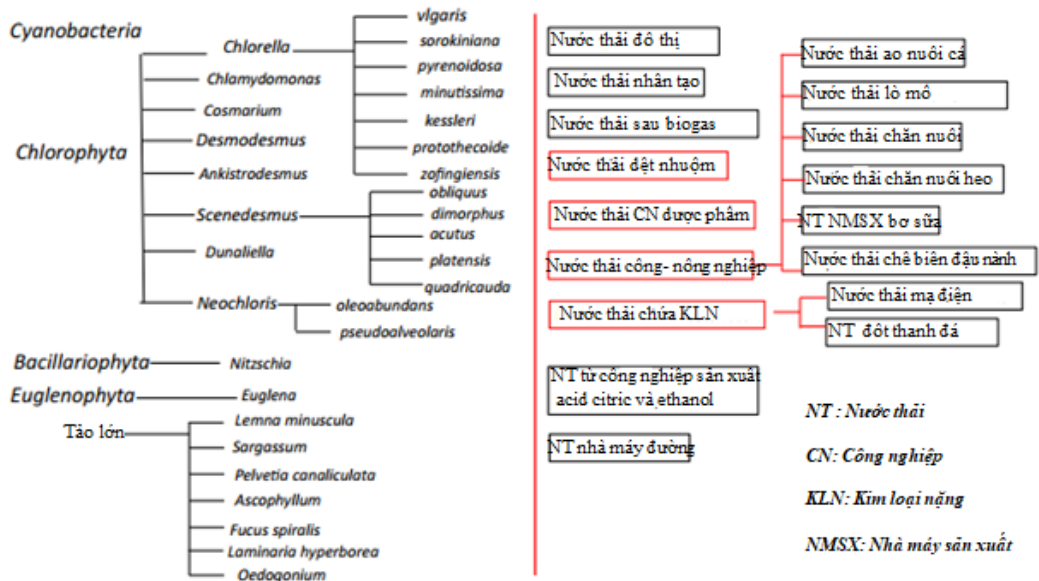
### 2.1. Vi tảo trong xử lý nước thải

Hiện nay, bên cạnh những phương pháp xử lý nước thải truyền thống như dùng hóa chất, lắng, lọc... thì phương pháp xử lý nước thải bằng vi tảo cũng đã được áp dụng rộng rãi và đã được nghiên cứu trong ít nhất nửa thế kỷ. So với các phương pháp xử lý nước thải truyền thống, việc sử dụng vi tảo để xử lý nước thải có những lợi ích quan trọng như chi phí thấp để loại bỏ các hợp chất phosphat cũng như các hợp chất N và mầm bệnh. Không tiêu tốn năng lượng mà lại sản xuất ra oxy cần thiết cho các vi khuẩn hiếu khí. Hơn nữa, các cơ sở xử lý nước thải bằng vi tảo sẽ tạo ra bùn là sinh khối vi tảo với hàm lượng năng lượng cao, có thể tận dụng để sản xuất phân bón hoặc nhiên liệu sinh học (Đặng Diễm Hồng, 2019). Công nghệ xử lý nước thải bằng vi tảo cũng không sử dụng hóa chất và toàn bộ quy trình xử lý khá đơn giản, chỉ tạo ra lượng bùn ở mức tối thiểu và giải phóng carbonic nhưng nhỏ hơn nhiều so với lượng carbonic mà vi tảo tiêu thụ, nhờ đó toàn bộ quy trình xử lý bằng vi tảo không phát sinh mà còn tiêu thụ carbonic. Đồng thời tạo ra nguồn sinh khối có giá trị có thể sử dụng làm thức ăn chăn nuôi, phân bón, nguồn nguyên liệu cho quá trình sản xuất nhiên liệu sinh học (Hình 1) (Wang và ctv, 2016).



**Hình 1.** Sử dụng hệ thống nuôi vi tảo - vi khuẩn để loại bỏ chất dinh dưỡng/COD (COD: Chemical oxygen demand) (Wang và ctv, 2016)

Các tiêu chí để lựa chọn chủng tảo sử dụng trong xử lý nước thải và sản xuất nhiên liệu sinh học bao gồm: tốc độ tăng trưởng mạnh, hàm lượng lipid và năng suất cao; khả năng dung nạp tốt các chất gây ô nhiễm như các ion kim loại, các hợp chất độc hại, hấp thụ được nồng độ cao của  $NH_4^+$ , tốc độ tạo oxy và sử dụng  $CO_2$  cao, đặc biệt có khả năng sinh trưởng và phát triển tốt ở các điều kiện môi trường khác nhau (hình 2).



**Hình 2.** Các chủng vi tảo được sử dụng trong xử lý các nguồn nước thải khác nhau (Wang và ctv, 2016)

Tùy thuộc vào đặc tính của nước thải ở mỗi vùng hay mỗi ngành nghề khác nhau mà những tiêu chí của vi tảo được chọn phù hợp để chúng có thể phát triển và xử lý nước thải một cách hiệu quả nhất. Một số chủng vi tảo như *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Desmodesmus* sp., *Neochloris* sp., *Chlamydomonas* sp., *Nitzschia* sp., và *Cosmarium* sp. (Wang và ctv, 2016; Xiong và ctv, 2016) đã được nuôi thành công khi sử dụng các nguồn nước thải khác nhau như là nguồn cung cấp chất dinh dưỡng cho vi tảo trong điều kiện nuôi khử trùng hoặc không khử trùng kết hợp với sản xuất nhiên liệu sinh học. Trong số đó, *Chlorella*, *Scenedesmus* và một số vi khuẩn lam là những chủng vi tảo có tốc độ tăng trưởng cao, khả năng thích nghi với môi trường tốt, hàm lượng lipid và tích lũy tinh bột cao. Đây được xem là những chủng tiềm năng trong việc xử lý được nhiều nguồn nước thải khác nhau (Kim và ctv, 2016; Wang và ctv, 2015).

*Nước thải chăn nuôi:* Việc sử dụng vi tảo trong quá trình xử lý nước thải góp phần loại bỏ N, P, kim loại nặng và giảm COD, BOD trong nước. Nếu nguồn N và P trong nước thải không được xử lý sẽ gây ô nhiễm nguồn nước mặt và gây mất cân bằng sinh thái. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng nước thải chính là nguồn dinh dưỡng tốt cho vi tảo phát triển (Choudhary và ctv, 2017; Xu và ctv, 2017; Hu và ctv, 2013; Zhou và ctv, 2014; Nam và ctv, 2017). Theo Zhou và ctv (2014), nhiều loại phân động vật có thành phần dinh dưỡng tương tự như thành phần của môi trường nuôi cấy vi tảo và nó hỗ trợ tốt cho sự tăng trưởng của một số chủng vi tảo (Zhou và ctv, 2014). Trong đó đáng chú ý là thành phần của nước thải chăn nuôi heo giàu nguồn carbon hữu cơ, đường và các chất dinh dưỡng khác như nitơ (N) và photpho (P), đây được xem là một nguồn phân bón tuyệt vời trong nông nghiệp. Dạng chính của nitơ hòa tan trong phân heo là amoni ( $\text{NH}_4^+$ -N), đây là nguồn dinh dưỡng phù hợp cho vi tảo đồng hóa để xây dựng tế bào. Theo Hu và ctv (2013), ngoài lượng lớn N và P, thì trong nước thải chăn nuôi heo có chứa hàm lượng acid béo dễ bay hơi với hàm lượng 6773mg/l, bao gồm acid axetic, acid propionic và acid butyric (Bảng 1). Đây được coi là nguồn carbon hữu cơ hòa tan tiềm năng trong nuôi trồng vi tảo.

**Bảng 1.** Đặc tính của nước thải chăn nuôi heo trước và sau quá trình ủ kỵ khí (Hu và ctv, 2013)

| Thông số      | Nước thải chăn nuôi heo trước khi ủ kỵ khí | Nước thải chăn nuôi heo sau khi ủ kỵ khí |
|---------------|--|--|
| pH            | 7,45 ± 0,31                                | 8,31 ± 0,29                              |
| COD (mg/L)    | 20.820 ± 45,1                              | 7.752 ± 24,1                             |
| NH3-N (mg/ L) | 5.190 ± 9,2                                | 1.576 ± 6,0                              |

|                    |             |             |
|--------------------|-------------|-------------|
| N tổng số (mg N/L) | 6.880 ± 6,1 | 2.140 ± 4,2 |
| P tổng số (mg/L)   | 367 ± 1,5   | 604 ± 2,4   |

Đã rất nhiều nghiên cứu cho thấy vi tảo có thể loại bỏ N, P, CO<sub>2</sub>, COD, BOD trong nước. Mulbry và Wilkie (2001) đã sử dụng công nghệ ATS (algal turf scrubber) để đánh giá khả năng xử lý nước thải cũng như sinh khối của vi tảo khi sử dụng nước thải chăn nuôi thô (chưa được phân hủy kỵ khí) và nước thải sau biogas để nuôi vi tảo. Kết quả cho thấy với thành phần N của nước thải ban đầu từ 0,6 - 0,96g N/ngày thì cho năng suất sinh khối tảo đạt 5g/m<sup>2</sup>/ngày. Thành phần sinh hóa của tảo thu được có chứa 1,5 - 2% P, 5 - 7% N. Hiệu quả loại bỏ N, P lần lượt là 34,3 và 100%. Johnson và Wen (2010) đã sử dụng nước thải chăn nuôi bò sữa để nuôi thu sinh khối *Chlorella*. Kết quả cho thấy sau 10 ngày nuôi thì hiệu quả loại bỏ N, P lần lượt là 61-79% và 62-93%.

*Nước thải từ ngành công nghiệp dược phẩm:* Các hợp chất có hoạt tính dược phẩm (Pharmaceutically active compounds- PhACs) chủ yếu hiện diện trong môi trường nước, chúng có ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người cũng như đến hệ sinh thái. Đến nay, các nhà nghiên cứu đã phát hiện hơn 200 PhAC khác nhau có trong môi trường nước. Trong số này, các loại thuốc thường thấy nhất là thuốc chống viêm không steroid (non-steroidal anti-inflammatory drugs - NSAIDs) ibuprofen và diclofenac, thuốc kháng sinh (erythromycin, roxithromycin, ketoco-nazole, quinolones, fluoroquinolones), thuốc ức chế beta (propranolol), thuốc chống trầm cảm và thuốc chống co giật, động kinh (carbamazepine) (Petrie và ctv, 2015).

Vi tảo là nhà máy sản xuất chính trong chuỗi thức ăn thủy sản và chúng được xem như là những sinh vật chỉ thị để đánh giá chất lượng nước và độc tính sinh thái của các chất ô nhiễm (Stevenson và Graham, 2014). Carbamazepine (CBZ) là một trong những hợp chất được nghiên cứu nhiều nhất trong ngành công nghiệp dược phẩm và được xử lý sinh học thành công bằng vi tảo. Xiong và ctv (2016) đã đánh giá độc tính, stress tế bào và khả năng phân hủy carbamazepine (CBZ) của 2 loài vi tảo *Chlamydomonas mexicana* và *Scenedesmus obliquus* ở những nồng độ CBZ khác nhau. Kết quả cho thấy sự phát triển của *S. obliquus* đã bị ức chế đáng kể (gần 97%) trong khi đó *C. mexicana* chỉ bị ức chế 30% ở nồng độ 200mg CBZ/l, hiệu suất phân hủy CBZ của *C. mexicana* và *S. obliquus* có thể đạt được tối đa lần lượt là 35% và 28% (Xiong và ctv, 2016) (Bảng 2). Các PhAC (bao gồm CBZ) có thể làm giảm mạnh hoạt động sự tổng hợp ATP trong vi tảo, can thiệp vào sự tải nạp năng lượng trong ty thể và lục lạp của vi tảo (Vannini và ctv, 2011). Gần đây, Matamoros và ctv (2016) đã cho rằng tập đoàn vi tảo bao gồm *Chlorella* sp. và *Scenedesmus* sp. có thể loại bỏ thành công 20% CBZ từ nước thải đô thị (Bảng 2).

**Bảng 2.** Vi tảo được sử dụng trong xử lý chất thải dược phẩm.

| Chủng vi tảo                  | Chất thải dược phẩm                            | Hiệu suất phân hủy (%) | Tài liệu tham khảo      |
|-------------------------------|--|------------------------|-------------------------|
| <i>Chlamydomonas mexicana</i> | Carbamazepine                                  | 35                     | Xiong và ctv (2016)     |
| <i>Scenedesmus obliquus</i>   | Carbamazepine                                  | 28                     | Xiong và ctv (2016)     |
| Tập đoàn nhiều vi tảo         | 4-octylphenol, galaxolide, tributyl phosphate  | 90                     | Matamoros và ctv (2016) |
| Tập đoàn nhiều vi tảo         | Caffeine                                       | 17                     |                         |
| Tập đoàn vi khuẩn - vi tảo    | Caffeine                                       | 99                     |                         |
| Tập đoàn nhiều vi tảo         | Ibuprofen                                      | 15                     |                         |
| Tập đoàn vi khuẩn - vi tảo    | Ibuprofen                                      | 60                     |                         |
| Tập đoàn vi khuẩn - vi tảo    | Carbamazepine và tris(2-chloroethyl) phosphate | <20                    |                         |

*Nước thải ngành công nghiệp dệt may:* Các ngành công nghiệp dệt may thường thải ra một lượng lớn nước thải, trong đó có các loại thuốc nhuộm vải khác nhau là thành phần chính. Có hơn 100.000 loại thuốc nhuộm thương mại và hơn  $7 \cdot 10^5$  tấn thuốc nhuộm được sản xuất trên toàn thế giới hàng năm (Robinson và ctv, 2001). Nước thải công nghiệp dệt may có đặc trưng bởi màu sắc mạnh, độ mặn cao, nhiệt độ cao, pH thay đổi và nhu cầu oxy hóa học (COD) cao. Hầu hết ngành dệt may sử dụng một lượng lớn thuốc nhuộm tổng hợp, natri sulphide, muối glauber (trong dung dịch thuốc nhuộm) và hydro peroxide (như tác nhân oxy hóa) (Vijayaraghavan và Shanthakumar, 2015). Vi tảo đã được sử dụng để loại bỏ thuốc nhuộm thông qua cơ chế hấp thụ sinh học hoặc khử. Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng có hơn 30 loại thuốc nhuộm azo bị phân hủy bởi *Chlorella* sp. và *Oscillatoria* sp.. *Caulerpa lentillifera* có thể loại bỏ hiệu quả ba loại thuốc nhuộm cơ bản (CI Basic Blue, CI Basic Red, CI Basic Blue) bằng cách hấp thụ sinh học (Jinqi và Houtian, 1992; Marungrueng và Pavasant, 2007). Một số chủng vi tảo được sử dụng để xử lý nước thải từ ngành dệt may được chỉ ra trên Bảng 3.

**Bảng 3.** Vi tảo được sử dụng để xử lý thuốc nhuộm từ ngành dệt may (Wang và ctv, 2016)

| Chủng vi tảo              | Hợp chất               | Cơ chế  | Chú thích                            |
|---------------------------|------------------------|---------|--------------------------------------|
| <i>Chlorella vulgaris</i> | Lanaset Red 2GA        | Hấp thụ | Hiệu suất đạt 44% ở nồng độ 7,5 mg/l |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | Supranol Red 3BW       | Hấp thụ | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 50%        |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | mono-azo dye yellow 2G | Hấp thụ | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 63–90%     |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | Indigo textile dye     | Hấp thụ | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 46%        |

|   |                                   |          |   |
|---|-----------------------------------|----------|---|
| <i>Caulerpa lentillifera</i>              | Astrazon Blue FRGL                | Hấp thụ  | Sinh khối tảo khô dùng làm chất hấp thụ sinh học                                    |
| <i>Synechocystis</i> và <i>Phormidium</i> | Thuốc nhuộm hoạt tính             | Hấp thụ  | Vi tảo có thể được sử dụng để loại bỏ thuốc nhuộm với kích thích sản xuất sinh khối |
| <i>Phormidium. sp</i>                     | Remazol Blue and Reactive Black B |          | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 88%   |
| <i>Nostoc linckia</i>                     | Methyl red                        | Phân hủy | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 82%   |
| <i>Oscillatoria rubescens</i>             | Fuschin                           | Phân hủy | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 99%   |
| <i>Lynghya lagerlerimi</i>                | Orange II                         | Phân hủy | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 47%   |
| <i>Nostoc linckia</i>                     | Cationic                          | Phân hủy | Hiệu suất loại bỏ màu đạt 92%   |

**Nước thải chứa kim loại nặng:** Vi tảo có thể liên kết các ion kim loại nặng và phản ứng của peptide với các ion kim loại nặng tạo thành các phức hợp kim loại hữu cơ lưu trữ trong tế bào vi tảo. Nghiên cứu đã chứng minh rằng việc bổ sung các ion kim loại nặng đã kích hoạt sự tổng hợp của metallothionein của vi tảo. Những phức này có thể liên kết các ion kim loại nặng như  $Cd^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Au^{2+}$ . Trong quá trình nuôi cấy, vi tảo có thể hấp thụ ion kim loại Zn. Những loài như *Spirogyra sp.* có thể giảm nồng độ ion kim loại Zn tới 90-95% trong 30 phút. Các loài thuộc chi *Chlorella* có thể hấp thụ urani và các ion chì. *Synechocystis salina* được sử dụng để loại bỏ ion kim loại nặng khỏi nước, sau 15 ngày xử lý khoảng 60% ion Cr, 66% ion Fe, 70% ion Hg, 65% ion Ca, 63% Mg bị loại bỏ. *Spirulina* đã được sử dụng thành công cho việc hấp thụ sinh học ion Cd và Pb, trong đó khả năng hấp thụ Cd cao hơn so với Pb (Đặng Đình Kim, 2018).

Vi tảo ngoài khả năng hấp thụ các kim loại nặng thì còn có khả năng xử lý các nhóm chất hữu cơ mạch vòng tương đối tốt. Hàm lượng chất hữu cơ được loại bỏ tùy thuộc vào từng loài vi tảo và từng nhóm chất. Ví dụ: *Chlorella pyrenoidosa* có khả năng loại bỏ triclosan lên đến 104mg/L.h, còn *Selenastrum capricornutum* có khả năng loại bỏ đồng thời kim loại nặng và PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons), hay *Scenedesmus obliquus* có thể loại bỏ 2,6 dichlorophenol lên đến 13 $\mu$ mol/ngày (Kumar và ctv, 2015; Đặng Đình Kim, 2018).

## 2.2. Sử dụng vi tảo làm phân bón sinh học

Trong bối cảnh môi trường toàn cầu đang bị đe dọa do ô nhiễm môi trường thì việc dùng vi tảo làm nguồn phân bón trong sản xuất nông nghiệp có ý nghĩa hết sức thiết thực và thân thiện với môi trường, làm giảm thiểu đáng kể nguồn phân bón hóa học được xem như là một tác nhân góp phần vào ô nhiễm môi trường, giảm chi phí sản xuất và có thể sử dụng để thay thế phân bón tổng hợp

một cách bền vững và hiệu quả (Kawalekar, 2013). Nghiên cứu của Abdel-Raouf và ctv (2012) cho thấy sử dụng phân bón sinh học góp phần cải thiện dinh dưỡng và chất lượng của đất, kích thích tăng trưởng của thực vật. Ngoài ra, một số loại vi tảo được sử dụng làm phân bón và cải tạo đất trong nông nghiệp. Đáng chú ý là vi khuẩn lam cố định đạm đóng một vai trò quan trọng trong việc duy trì và tái tạo độ màu mỡ của đất, nó được xem như là phân sinh học tự nhiên giúp tăng tốc độ tăng trưởng của lúa (Song và ctv, 2005). Một số loài vi khuẩn lam điển hình có khả năng cố định đạm bao gồm: *Nostoc*, *Anabaena*, *Tolypothrix* và *Aulosira* có khả năng giúp cây tăng trưởng tốt hơn.

### 2.3. Ứng dụng vi tảo trong sản xuất nhiên liệu sinh học (NLSH)

Vi tảo là một nguồn NLSH có khả năng tái tạo rất hấp dẫn, đặc biệt là diesel sinh học. Nhiều loài vi tảo có chứa hàm lượng lipid cao, bao gồm triacyl glycerides thích hợp cho sản xuất diesel sinh học. Vi tảo chứa carbohydrate có thể lên men để sản xuất ethanol sinh học. Sử dụng NLSH có nguồn gốc vi tảo có những ưu điểm sau (Đặng Đình Kim, 2018):

- NLSH sản xuất từ sinh khối vi tảo có thể được sản xuất trong cả năm, không phụ thuộc vào mùa vụ, tốc độ sinh trưởng cao.
- Năng suất dầu trên đơn vị diện tích của vi tảo cao gấp nhiều lần so với năng suất của cây trồng lấy dầu khác.
- Vi tảo không cạnh tranh với cây lương thực, không chiếm diện tích đất canh tác đã được chú ý đến như là một trong những giải pháp phù hợp nhất trong bối cảnh thiếu hụt nguồn nguyên liệu cho việc sản xuất NLSH. Có thể sử dụng nước ngọt, nước mặn, nước lợ cho nuôi vi tảo sinh dầu.
- Có thể vừa xử lý nước thải bằng việc nuôi vi tảo sinh dầu làm nguyên liệu cho sản xuất NLSH vừa loại bỏ các chất gây ô nhiễm.
- Việc nuôi trồng vi tảo sinh dầu làm nguyên liệu cho sản xuất NLSH vừa xử lý môi trường, vừa giảm phát thải khí carbonic gây hiệu ứng nhà kính, giảm biến đổi khí hậu toàn cầu.

Một số loài tảo được sử dụng để sản xuất methan thông qua quá trình lên men kỵ khí như: *Scenedesmus* spp., *Chlorella* spp., *Euglena* spp., *Oscillatoria* spp., *Synechocystis* sp., *Dunaliella*, *Botryococcus braunii*. Các năng lượng sinh học có nguồn gốc từ sinh khối vi tảo tuy khó có thể thay thế hoàn toàn xăng dầu hoặc khí tự nhiên trong vòng 10-12 năm tới, nhưng cho dù chỉ giới hạn ở mức bổ sung nguồn nhiên liệu tự nhiên có khả năng tái tạo thì chúng vẫn có một vai trò quan trọng trong việc hạn chế gây ô nhiễm môi trường.



### 3. Kết luận

Vi tảo được áp dụng thành công để xử lý nhiều nguồn nước thải khác nhau như nước thải công nghiệp, nước thải đô thị, nước thải dược phẩm và nước thải từ ngành công nghiệp dệt may bằng cách hấp thụ sinh học hoặc con đường chuyển đổi sinh học. Sinh khối vi tảo thu được sau quá trình xử lý nước thải có thể được sử dụng để sản xuất biodiesel, thức ăn chăn nuôi, sản xuất ethanol sinh học, phân bón. Tuy nhiên, một số cơ chế liên quan đến quá trình loại bỏ chất ô nhiễm và chuyển đổi sinh học trong xử lý nước thải của vi tảo vẫn chưa được hiểu rõ và cần phải được nghiên cứu thêm để nâng cao hiệu suất xử lý nước cũng như năng suất, hàm lượng của các dược chất có trong vi tảo.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Abdel-Raouf N., Al-Homaidan A. A. and Ibraheem I. B. M. (2012). Agriculture importance of algae. *Afr J Biotechnol*, 11: 11648-11658.
- [2] Christenson L. and Sims R. (2011). Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels and bioproducts. *Biotechnology Advances*, 29:686–702.
- [3] Choudhary P., Prajapati S. K., Kumar P., Malik A. and Pant K. K. (2017). Development and performance evaluation of an algal biofilm reactor for treatment of multiple wastewaters and characterization of biomass for diverse applications. *Bioresour Technol*, 224:276–84.
- [4] Hoffmann J. P. (1998). Wastewater treatment with suspended and nonsuspended algae. *Journal of Philosophy*, 34:757–763.
- [5] Hu B., Zhou W., Min M., Du Z., Chen P., Ma X., Liu Y., Lei H., Shi J. and Ruan R. (2013). Development of an effective acidogenically digested swine manure-based algal system for improved wastewater treatment and biofuel and feed production. *Appl. Energ*, 107: 255-263.
- [6] Đặng Diễm Hồng (2019). Nuôi trồng vi tảo giàu dinh dưỡng làm thực phẩm chức năng cho người và động vật nuôi ở Việt Nam. NXB Khoa học Tự nhiên và công nghệ.
- [7] Đặng Đình Kim (2018). Công nghệ sản xuất và ứng dụng vi tảo. NXB Khoa học Tự nhiên và công nghệ.
- [8] Kawalekar S. J. (2013). Role of biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture. *J Biol Innov*, 2: 73-78.
- [9] Kim H. C., Choi WJ., Chae AN., Park J., Kim HJ. and Song KG (2016). Evaluating integrated strategies for robust treatment of high saline piggery wastewater. *Water Res.* 89, 222–231.
- [10] Kumar K. S., Dahms H. U., Won E. J., Lee J. S. and Shin K. H. (2015). Microalgae – A promising tool for heavy metal remediation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113: 329–352.
- [11] Johnson M. B. and Wen Z. (2010). Development of an attached microalgal growth system for biofuel production. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85:525–534.

- [12] Jinqi L. and Houtian L. (1992). Degradation of azo dyes by algae. *Environ. Pollut.* 75 (3), 273–278.
- [13] Mulbry W. W. and Wilkie A. C. (2001). Growth of benthic freshwater algae on dairy manures. *Journal of Applied Phycology* 13: 301–306.
- [14] Matamoros V., Uggetti E., Garcia J. and Bayona J. M. (2016). Assessment of the mechanisms involved in the removal of emerging contaminants by microalgae from wastewater: a laboratory scale study. *J. Hazard. Mater.* 301, 197–205.
- [15] Marungrueng K. and Pavasant P. (2006). Removal of basic dye (Astrazon Blue FGRL) using macroalga *Caulerpa lentillifera*. *J. Environ. Manage.* 78 (3), 268–274.
- [16] Nam, K., Lee, H., Heo, S.W., Chang, Y.K., Han, J.I., 2017. Cultivation of *Chlorella vulgaris* with swine wastewater and potential for algal biodiesel production. *J. Appl. Phycol.* 29: 1171-1178.
- [17] Petrie B., Barden R. and Kasprzyk-Hordern B. (2015). A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Res.* 72, 3–27.
- [18] Robinson T., McMullan G., Marchant R. and Nigam P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresour. Technol.* 77 (3), 247–255.
- [19] Ruiz J., Alvarez P., Arbib Z., Garrido C., Barragan J. and Perales J. A. (2012). Effect of Nitrogen and Phosphorus Concentration on Their Removal Kinetic in Treated Urban Wastewater by *Chlorella vulgaris*. *Inter. J. of Phytoremediation*, 13:884–896.
- [20] Sevrin-Reyssac J. (1998). Biotreatment of swine manure by production of aquatic valuable biomass. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 68: 177–186.
- [21] Stevenson J. and Graham L. (2014). Ecological assessments with algae: a review and synthesis. *J. Phycol.* 50 (3), 437–461.
- [22] Song T., Martensson L., Eriksson T., Zheng W. and Rasmussen U., 2005. Biodiversity and seasonal variation of the cyanobacterial assemblage in a rice paddy field in Fujian, China. *The Federation of European Materials Societies Microbiology Ecology*, 54: 131–140.
- [23] Tiow-Suan S. and Anthony G. (1988). Ecology of microalgae in a high rate pond for piggery effluent purification in Singapore. *MIRCEN J.*, 4: 285–297.
- [24] Vannini C., Domingo G., Marsoni M., De Mattia F., Labra M., Castiglioni S. and Bracale M. (2011). Effects of a complex mixture of therapeutic drugs on unicellular algae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Aquat. Toxicol.* 101 (2), 459–465.
- [25] Vijayaraghavan G. and Shanthakumar S. (2015). Removal of sulphur black dye from its aqueous solution using alginate from *sargassum sp* (brown algae) as a coagulant. *Environ. Prog. Sustainable Energy* 34 (5), 1427–1434.
- [26] Wang Y., Ho S. H., Cheng C. L., Guo W. Q., Nagarajan D., Ren N. Q., Lee D. J. and Chang J. S. (2016). Perspectives on the feasibility of using microalgae for industrial wastewater treatment. *Bioresource Technology*, 222, 485–497. doi:10.1016/j.biortech.2016.09.106

- [27] Wang M., Yang H., Ergas S. J. and van der Steen P. (2015). A novel shortcut nitrogen removal process using an algal-bacterial consortium in a photo-sequencing batch reactor (PSBR). *Water Res.* 87, 38–48.
- [28] Xiong J. Q., Kurade M. B., Abou-Shanab R. A. I., Ji M. K., Choi J., Kim J. O. and Jeon B. H. (2016). Biodegradation of carbamazepine using freshwater microalgae *Chlamydomonas mexicana* and *Scenedesmus obliquus* and the determination of its metabolic fate. *Bioresour. Technol.* 205, 183–190.
- [29] Xu X. Q., Wang J. H., Zhang T. Y., Dao G. H. , Wu G. X. and Hu H. Y. (2017). Attached microalgae cultivation and nutrients removal in a novel capillary-driven photo-biofilm reactor. *Algal Res.* 27:198–205.
- [30] Zhou W., Chen, P., Min, M., Ma, X., Wang, J., Griffith, R., Hussain, F., Peng, P., Xie, Q., Li, Y., Shi, J., Meng, J., Ruan, R. (2014). Environment-enhancing algal biofuel production using wastewaters. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 36: 256-269.