

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VN**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Thị Kiều Oanh

**NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG VI KHUẨN LAM NHẢM XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH
HOẠT VÀ THU HỒI SINH KHỐI LÀM PHÂN BÓN KÍCH THÍCH SINH
TRƯỞNG CÂY TRỒNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ NGÀNH
KỸ THUẬT HÓA HỌC, VẬT LIỆU, LUYỆN KIM VÀ MÔI TRƯỜNG**

Hà Nội - 2022

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VN**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Thị Kiều Oanh

**NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG VI KHUẨN LAM NHĂM XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH
HOẠT VÀ THU HỒI SINH KHỐI LÀM PHÂN BÓN KÍCH THÍCH SINH
TRƯỞNG CÂY TRỒNG**

Chuyên ngành: Kỹ thuật môi trường

Mã số: 8520320

**LUẬN VĂN THẠC SĨ NGÀNH
KỸ THUẬT HÓA HỌC, VẬT LIỆU, LUYỆN KIM VÀ MÔI TRƯỜNG**

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. PGS.TS. Dương Thị Thủy
2. TS. Vũ Thị Nguyệt

Hà Nội - 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đề tài nghiên cứu trong luận văn “Nghiên cứu sử dụng vi khuẩn lam nhằm xử lý nước thải sinh hoạt và thu hồi sinh khối làm phân bón kích thích sinh trưởng cây trồng” là công trình nghiên cứu của tôi dựa trên những tài liệu, số liệu do chính tôi tự tìm hiểu và nghiên cứu. Chính vì vậy, các kết quả nghiên cứu đảm bảo trung thực và khách quan nhất. Đồng thời, kết quả này chưa từng xuất hiện trong bất cứ một nghiên cứu nào. Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực nếu sai tôi hoàn chịu trách nhiệm.

Tác giả luận văn

Nguyễn Thị Kiều Oanh

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình học tập và thực hiện luận văn tốt nghiệp này, tôi đã nhận được rất nhiều sự động viên, hướng dẫn tận tình của các thầy cô giáo, đồng nghiệp, bạn bè và gia đình.

Đầu tiên, tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến cô PGS.TS. Dương Thị Thủy và cô TS. Vũ Thị Nguyệt đã luôn dành nhiều thời gian, công sức, sự quan tâm, chỉ bảo tận tình và tạo điều kiện thuận lợi nhất cho tôi trong quá trình học tập, thực hiện luận văn. Luận văn được thực hiện trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu tuyển chọn vi khuẩn lam sinh chất kích thích sinh trưởng thực vật (KTSTTV) dung cho sản xuất phân bón”, mã số ĐTĐL.CN - 46/21, tôi xin chân thành cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ cấp kinh phí và tạo điều kiện để thực hiện luận văn.

Tôi cũng xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới Ban Giám đốc Học viện, Phòng Đào tạo và các thầy cô Khoa Công nghệ Môi trường – Học viện Khoa học và Công nghệ đã giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn.

Tôi xin chân thành cảm ơn Viện Công nghệ môi trường, phòng Thủy sinh học môi trường đã tạo điều kiện thuận lợi, các trang thiết bị, phòng thí nghiệm cần thiết để hoàn thành tốt nghiên cứu.

Tôi xin chân thành cảm ơn cô TS. Đoàn Thị Oanh - Khoa Môi trường - Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội và các anh chị phòng Thủy sinh học môi trường, Viện Công nghệ môi trường đã giúp đỡ tôi trong suốt quá trình thực hiện các thí nghiệm đề tài.

Nguyễn Thị Kiều Oanh được tài trợ bởi Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn thuộc Tập đoàn Vingroup và hỗ trợ bởi Chương trình học bổng thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn (VinBigdata), mã số VINIF.2021.ThS.81. Tôi xin chân thành cảm ơn Quỹ đổi mới sáng tạo VINIF thuộc tập đoàn Vingroup đã tài trợ kinh phí thực hiện.

Học viên

Nguyễn Thị Kiều Oanh

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG I. TỔNG QUAN	3
1.1. Tổng quan về nước thải sinh hoạt	3
1.1.1. Khái niệm và phân loại	3
1.1.2. Đặc trưng của nước thải sinh hoạt	3
1.1.3. Hiện trạng nước thải sinh hoạt tại Việt Nam	3
1.1.4. Các phương pháp xử lý nước thải sinh hoạt	5
1.2. Vi khuẩn lam <i>Spirulina platensis</i>	7
1.2.1. Đặc điểm phân loại và hình thái	7
1.2.2. Một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng và phát triển của vi khuẩn lam và VKL <i>Spirulina platensis</i>	8
1.3. Ứng dụng vi tảo và vi khuẩn lam trong xử lý nước thải	9
1.3.1. Các nghiên cứu trên thế giới	9
1.3.2. Các nghiên cứu ở Việt Nam	11
1.4. Ứng dụng vi khuẩn lam làm phân bón trong nông nghiệp	13
CHƯƠNG II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	16
2.1. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu	16
2.2. Hóa chất, thiết bị và dụng cụ nghiên cứu	16
2.2.1. Môi trường nuôi cấy	16
2.2.2. Hóa chất, dụng cụ sử dụng trong phân tích mẫu	17
2.3. Phương pháp nghiên cứu	17
2.3.1. Phương pháp thu thập thông tin tài liệu	17
2.3.2. Phương pháp lấy mẫu nước thải	17
2.3.3. Phương pháp đo nhanh các thông số trong nước thải (đo nhanh các thông số: pH, nhiệt độ, độ dẫn điện, DO,...)	18
2.3.4. Phương pháp phân tích mẫu nước thải	18
2.3.5. Phương pháp xác định hormone (chất kích thích tăng trưởng thực vật, IAA)	18
2.4. Bố trí thí nghiệm	18
CHƯƠNG III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	22
3.1. Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của chủng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4	22
3.1.1. Khảo sát mẫu nước thải sinh hoạt	22
3.1.2. Đề xuất mô hình sinh học sử dụng vi khuẩn lam xử lý nước thải sinh hoạt	24
3.1.3. Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng sinh trưởng của chủng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4	25
3.1.4. Khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của mô hình sinh học sử dụng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4	29
3.2. Nghiên cứu sử dụng vi khuẩn lam làm phân bón kích thích tăng trưởng cây trồng	36
3.2.1. Xác định hàm lượng IAA trong sinh khối và dịch chiết vi khuẩn lam <i>Spirulina platensis</i> SP4	36

3.2.2. Đánh giá khả năng nảy mầm của hạt lúa sử dụng dịch nuôi chủng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4 trong nước thải sinh hoạt.....	38
3.2.3. Đánh giá khả năng ảnh hưởng sinh khối vi khuẩn lam thu sau khi xử lý nước thải sinh hoạt đến năng suất sinh trưởng của cây lúa giống BC15.....	39
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	45
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ.....	46
TÀI LIỆU THAM KHẢO	47
PHỤ LỤC.....	58

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Đặc tính của nước thải sinh hoạt thông thường.....	3
Bảng 2.1. Thành phần môi trường nuôi cấy vi khuẩn lam.....	16
Bảng 2.2. Hóa chất, dụng cụ phân tích mẫu PTN.....	17
Bảng 3.1. Nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt trước khi nuôi VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4	22
Bảng 3.2. Chất lượng nước thải sinh hoạt trong một số nghiên cứu	23
Bảng 3.3. Thành phần dinh dưỡng của đất trồng thí nghiệm.....	40
Bảng 3.4. Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4 đến chiều cao cây lúa	41
Bảng 3.5. Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4 đến số nhánh cây lúa	42
Bảng 3.6: Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4 đến số lá ở giống lúa BC15	42
Bảng 3.7. Ảnh hưởng của sinh khối VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4 đến chiều cao giống lúa BC15.....	43
Bảng 3.8. Ảnh hưởng của sinh khối VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4 đến số nhánh giống lúa BC15.....	44
Bảng 3.9. So sánh khối lượng tươi và khô của cây lúa sau 10 tuần thí nghiệm	44

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Tỷ lệ phát sinh nước thải sinh hoạt tại các vùng trên cả nước	4
Hình 1.2. Hình thái của vi khuẩn lam của <i>Spirulina platensis</i> SP4 dưới kính hiển vi ở độ phóng đại a) 20 lần và b) 40 lần. Thước đo 20 μm	7
Hình 3.1. Mô hình sinh học sử dụng <i>Spirulina platensis</i> SP4 xử lý NTSH.....	24
Hình 3.2. Sơ đồ mô hình xử lý NTSH sử dụng <i>Spirulina platensis</i> SP4	25
Hình 3.3. Sinh trưởng của <i>Spirulina platensis</i> SP4 ở các tỷ lệ cấp giống đầu vào khác nhau	26
Hình 3.4. Hàm lượng N-NH ₄ ⁺ trong nước thải trước và sau khi xử lý	27
Hình 3.5. Hàm lượng T-P trong nước thải trước và sau khi xử lý	27
Hình 3.6. Hàm lượng P-PO ₄ ³⁻ trước và sau khi xử lý	28
Hình 3.7. Hàm lượng COD trước và sau khi xử lý	28
Hình 3.8. Biến động hàm lượng N-NH ₄ ⁺ và T-N của mô hình ở chế độ tĩnh.....	29
Hình 3.9. Biến động hàm lượng N-NO ₂ ⁻ và N-NO ₃ ⁻ trong hệ xử lý ở chế độ tĩnh...30	
Hình 3.10. Biến động hàm lượng P-PO ₄ ³⁻ và T-P trong hệ xử lý ở chế độ tĩnh	31
Hình 3.11. Khả năng xử lý COD ở chế độ tĩnh.....	31
Hình 3.12. Hàm lượng N-NH ₄ ⁺ trước và sau xử lý của mô hình chế độ động	32
Hình 3.13. Hàm lượng COD trước và sau xử lý của mô hình ở chế độ động.....	33
Hình 3.14. Hàm lượng T-P trước và sau xử lý của mô hình ở chế độ động	34
Hình 3.15. Hàm lượng P-PO ₄ trước và sau xử lý của mô hình ở chế độ động	34
Hình 3.16. Biến động hàm lượng N-NO ₃ ⁻ trong hệ xử lý ở chế độ động	35
Hình 3.17. Biến động hàm lượng N-NO ₂ ⁻ trong hệ xử lý ở chế độ động	36
Hình 3.18. Phổ IAA xác định trong dịch nuôi cấy và sinh khối <i>Spirulina platensis</i> SP4	37
Hình 3.19. Phổ IAA của dịch nuôi chủng VKL <i>Spirulina platensis</i> SP4 trong nước thải sinh hoạt	38
Hình 3.20. Ảnh hưởng của dịch môi trường nuôi chủng VKL <i>S. platensis</i> SP4 đến khả năng nảy mầm của hạt lúa BC 15 sau 48 h	39

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

Kí hiệu từ viết tắt	Tiếng Việt	Tiếng Anh
BOD	Nhu cầu oxy hóa sinh học	Biochemical Oxygen Demand
COD	Nhu cầu oxy hóa hóa học	Chemical Oxygen Demand
ĐC	Đối chứng	
NC	Nghiên cứu	
NTSH	Nước thải sinh hoạt	
QCVN	Quy chuẩn Việt Nam	
T-N	Tổng nitơ	Total nitrogen
T-P	Tổng photpho	Total phosphorous
TN	Thí nghiệm	
VKL	Vi khuẩn lam	
XKNT	Xử lý nước thải	

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ô nhiễm môi trường nước là một trong những vấn đề nghiêm trọng và cấp thiết. Hầu hết, nước thải sinh hoạt ở các thành phố đều chưa được xử lý và thải trực tiếp ra môi trường tiếp nhận như kênh mương, ao hồ và các con sông. Nguồn nước thải sinh hoạt từ các hoạt động dân sinh rất khó kiểm soát, cần đưa ra những biện pháp xử lý phù hợp. Theo Chuyên gia môi trường của Tổ chức Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA) nước thải sinh hoạt chính là tác nhân gây ô nhiễm nguồn nước và là hiểm họa môi trường hàng đầu tại Việt Nam hiện nay. Theo thống kê của Bộ Y tế, các bệnh liên quan đến ô nhiễm nước vẫn đứng đầu danh sách trong tổng số ca bệnh trong cả nước. Bên cạnh đó, nước thải sinh hoạt không qua xử lý đổ ra các thủy vực có nồng độ COD, BOD, nito và photpho khá cao. Lượng nước thải này xả ra các thủy vực làm chết các loài động thực vật thủy sinh, cạn kiệt nguồn tài nguyên và giảm khả năng sinh trưởng phát triển...

Hiện nay có rất nhiều phương pháp được áp dụng để xử lý nước thải sinh hoạt, trong đó phương pháp sinh học là phương pháp đem lại hiệu quả cao về mặt kinh tế, không ảnh hưởng tới môi trường, phù hợp và dễ áp dụng thực tế. Phương pháp sinh học có thể tận dụng chính hệ vi sinh vật có sẵn trong nước thải để phân hủy các chất bẩn. Một trong những phương pháp được nghiên cứu hiện nay và đã có những kết quả khả quan đó là sử dụng vi tảo và vi khuẩn lam trong xử lý nước thải.

Theo thống kê, lượng phân bón sử dụng tại Việt Nam ngày càng tăng. Việc lạm dụng phân bón tổng hợp (phân bón hoá học) và thuốc bảo vệ thực vật trong sản xuất nông nghiệp là một trong những nguyên nhân làm giảm độ phì nhiêu và chất lượng đất, giảm năng suất cây trồng, giảm đa dạng sinh học, gây ô nhiễm môi trường và các hiệu ứng khí nhà kính, suy giảm tầng ozone... Chính vì vậy, phân bón có nguồn gốc từ vi tảo và vi khuẩn lam thân thiện với môi trường đã thu hút được sự quan tâm của nhiều nghiên cứu khoa học do có khả năng khắc phục được tình trạng ô nhiễm môi trường, hiệu quả đối với cây trồng, cung cấp nhu cầu dinh dưỡng khoáng chất, giúp cho cây trồng sinh trưởng và phát triển bền vững.

Trên cơ sở đó, đề tài "***Nghiên cứu sử dụng vi khuẩn lam nhằm xử lý nước thải sinh hoạt và thu hồi sinh khối làm phân bón kích thích sinh trưởng cây trồng***" được thực hiện nhằm đánh giá được khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của vi khuẩn lam và tận dụng được sinh khối sau xử lý làm phân bón ứng dụng cho cây trồng.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Nghiên cứu, đánh giá được khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của chủng vi khuẩn lam.

- Thu hồi được sinh khối vi khuẩn lam và sử dụng làm phân bón sinh học ứng dụng cho cây trồng.

3. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của chủng vi khuẩn lam

- Nghiên cứu sử dụng vi khuẩn lam làm phân bón kích thích tăng trưởng cây trồng

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về nước thải sinh hoạt

1.1.1. Khái niệm và phân loại

Theo Quy chuẩn Việt Nam QCVN 14:2008/BTNMT [1]: Nước thải sinh hoạt là nước thải của các hoạt động sinh hoạt từ các khu dân cư, khu vực hoạt động thương mại, khu vực công sở, trường học và các cơ sở tương tự khác.

Nước thải sinh hoạt gồm hai loại chính:

- Nước thải đen: nước thải có độ nhiễm bẩn rất cao do chất bài tiết của con người từ nhà vệ sinh, thường được xử lý sơ bộ qua bể tự hoại. Tuy nhiên, hầu như chất lượng đầu ra sau bể tự hoại vẫn chưa đạt tiêu chuẩn, nhưng nhờ bể tự hoại mà một lượng lớn chất ô nhiễm được xử lý.

- Nước thải xám: nước thải có nồng độ nhiễm bẩn thấp hơn nước thải đen, phát sinh từ các hoạt động tại nhà bếp, tắm giặt, vệ sinh nhà cửa... Nước thải xám hầu như chưa được xử lý và thải trực tiếp ra môi trường.

1.1.2. Đặc trưng của nước thải sinh hoạt

Đặc trưng của nước thải sinh hoạt có hàm lượng chất dinh dưỡng nitơ và photpho (N, P) cao đặc biệt là hợp chất hữu cơ chứa nitơ. Ngoài ra trong nước thải sinh hoạt có chứa hàm lượng lớn các chất rắn lơ lửng, BOD₅, coliform, dầu mỡ và các chất hoạt động bề mặt có nguồn gốc phát sinh do sử dụng các chất tẩy rửa trong sinh hoạt.

Bảng 1.1. Đặc tính của nước thải sinh hoạt thông thường

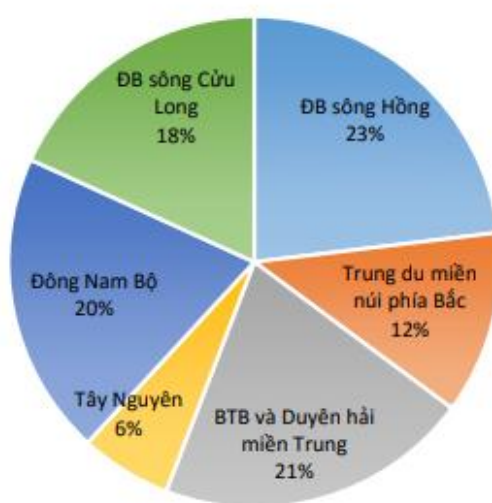
Chỉ tiêu	Nồng độ		
	Cao	Trung bình	Thấp
BOD ₅	400	220	110
COD	1000	500	250
Amoni	50	25	12
TN	85	40	20
TP	15	8	4
TSS	1200	720	350
SS	250	220	100

(Nguồn: Metcalf và Eddy. 1979. Trích bởi Chongrak 1989)

1.1.3. Hiện trạng nước thải sinh hoạt tại Việt Nam

Việt Nam đang phải đối mặt với vấn đề nước thải sinh hoạt, đặc biệt là nước thải từ các khu đô thị, thu dân cư tại các thành phố lớn. Theo số liệu thống kê của Bộ

Tài nguyên và Môi trường tính đến năm 2017, tổng lưu lượng nước thải xả thải trên toàn quốc theo giấy phép xả thải đã cấp khoảng 100 triệu m³/ ngày đêm. Tùy theo khu vực, tỷ lệ nước thải phát sinh từ các nguồn là khác nhau (Hình 1.1). Tuy nhiên, lượng nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp vẫn chiếm tỷ lệ lớn nhất trong cơ cấu nước thải phát sinh, trong đó khu vực Đồng bằng Sông Hồng và Đông Nam Bộ là hai vùng tập trung nhiều lượng nước thải sinh hoạt nhất cả nước. Hà Nội là thành phố lớn tập trung đông dân cư, do đó lượng nước thải sinh hoạt phát sinh cao, chiếm 37% tổng lượng nước thải sinh hoạt của Đồng bằng sông Hồng, thành phố Hồ Chí Minh chiếm trên 54% tổng lượng nước thải của vùng Đông nam bộ [2].



Hình 1.1. Tỷ lệ phát sinh nước thải sinh hoạt tại các vùng trên cả nước

(Nguồn: Báo cáo Hiện trạng môi trường Quốc gia 2018)

Số liệu báo cáo năm 2018 cho thấy, tỷ lệ nước thải sinh hoạt ở các đô thị loại IV trở lên được thu gom, xử lý đạt khoảng 12,5%. Tại Hà Nội, lượng nước thải được xử lý tại khu xử lý nước thải tập trung cao hơn các khu đô thị khác tuy nhiên vẫn chưa đáp ứng được nhu cầu thực tế. Tổng lượng nước thải sinh hoạt của thành phố được xử lý ước tính là 20,62%. Hiện nay vẫn có nhiều nguồn xả không được kiểm soát và thải trực tiếp ra môi trường. Sông Tô Lịch, sông Nhuệ trên thực tế đã trở thành một phần của hệ thống thoát nước thải của Thành phố Hà Nội và nước sông trở nên đen sẫm, bốc mùi như nước cống.

Như vậy, tình hình phát sinh nước thải sinh hoạt ở Việt Nam hiện nay đang là vấn đề đáng được quan tâm và cần có những biện pháp phù hợp đến ngăn chặn nguy cơ ô nhiễm, suy thoái môi trường và bảo vệ sức khỏe cho cộng đồng.

1.1.4. Các phương pháp xử lý nước thải sinh hoạt

Xử lý nước thải sinh hoạt nhằm loại bỏ các thành phần ô nhiễm bao gồm các chất không tan, chất ít tan và những hợp chất tan trong nước, làm sạch nước và có thể đưa nước vào nguồn tiếp nhận. Việc lựa chọn phương pháp xử lý thích hợp thường được căn cứ trên đặc điểm của các loại tạp chất có trong nước thải. Các phương pháp chính thường được sử dụng trong các công trình xử lý nước thải sinh hoạt là: phương pháp cơ học, hóa học, hóa lý, và sinh học.

a) Phương pháp xử lý cơ học

Phương pháp xử lý cơ học để loại bỏ các hợp chất hữu cơ không hòa tan, tồn tại trạng thái lơ lửng và một phần các chất dạng keo ra khỏi nước thải. Những công trình xử lý cơ học bao gồm: song chắn rác, bể điều hòa, bể lắng, bể lọc, bể tách dầu mỡ... Phương pháp xử lý cơ học có thể loại bỏ 60% các hợp chất không tan và 20% BOD trong nước thải. Ngoài ra, phương pháp này có thể xử lý hàm lượng lớn các chất lơ lửng. Thông thường, xử lý cơ học chỉ là giai đoạn tiền xử lý trước khi chuyển sang phương pháp xử lý hóa học hay sinh học.

b) Phương pháp xử lý hóa học

Phương pháp xử lý hóa học là đưa vào nước thải chất phản ứng để tham gia các phản ứng hóa học với các chất ô nhiễm có trong nước thải nhằm tách các chất bẩn trong nước thải dưới dạng cặn lắng hay dưới dạng hòa tan không độc hại. Các phương pháp hóa học dùng trong hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt gồm có: trung hòa, oxy hóa khử, tạo kết tủa hoặc phản ứng phân hủy các hợp chất độc hại. Ưu điểm của phương pháp này là có hiệu quả xử lý cao, hóa chất dễ kiếm trên thị trường, công trình tốn ít diện tích, thường được sử dụng trong các hệ thống xử lý nước khép kín. Tuy nhiên, chi phí vận hành cao, không thích hợp cho các hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt với quy mô lớn, tính toán xử lý phức tạp, đòi hỏi kỹ sư phải có chuyên môn, sản phẩm cuối của quá trình cần có biện pháp xử lý hiệu quả.

c) Phương pháp xử lý hóa lý

Phương pháp hoá lý trong quá trình xử lý nước thải sinh hoạt là áp dụng các quá trình vật lý và hoá học để đưa vào nước thải chất phản ứng nào đó để gây tác động với các tạp chất bẩn, biến đổi hoá học, tạo thành các chất khác dưới dạng cặn hoặc chất hoà tan nhưng không độc hại hoặc gây ô nhiễm môi trường. Những phương pháp hoá lý thường được áp dụng để xử lý nước thải là: keo tụ, tuyển nổi, đông tụ, hấp phụ, trao đổi ion, thẩm lọc ngược và siêu lọc... Giai đoạn xử lý hoá lý có thể là giai đoạn xử lý độc lập hoặc xử lý cùng với các phương pháp cơ học, hoá học, sinh học trong công nghệ xử lý nước thải hoàn chỉnh [3].

d) Phương pháp xử lý sinh học

Phương pháp sinh học trong quá trình xử lý nước thải sinh hoạt là sử dụng khả năng sống và hoạt động của các vi sinh vật có ích để phân huỷ các chất hữu cơ và các thành phần ô nhiễm trong nước thải. Các quá trình xử lý sinh học chủ yếu có năm nhóm chính: quá trình hiếu khí, quá trình trung gian anoxic, quá trình kỵ khí, quá trình kết hợp hiếu khí – trung gian anoxic – kỵ khí [4]. Phương pháp này thường được sử dụng để làm sạch nước thải có chứa các chất hữu cơ hòa tan hoặc các chất phân tán nhỏ, keo. Đối với các chất vô cơ có trong nước thải thì phương pháp này dùng để khử các hợp chất sunfit, muối amoni nitrat – tức là các chất chưa bị oxy hóa hoàn toàn. Sản phẩm cuối cùng của quá trình phân huỷ sinh hóa các chất bản sẽ là CO_2 , H_2O , N_2 , SO_4^{2-} ,...

Một trong những phương pháp sinh học xử lý nước thải là sử dụng sinh vật, thực vật thủy sinh và vi tảo là những loài sinh trưởng và phát triển trong môi trường nước. Chúng có tốc độ sinh trưởng khá nhanh và phân bố rộng. Một số loài thực vật thủy sinh vừa có khả năng xử lý nước thải, vừa tận dụng làm phân compost và làm thức ăn gia súc.

Hiện nay các loại vi tảo và vi khuẩn lam (tảo lam) được ứng dụng nhiều trong xử lý nước thải, đặc biệt là nước thải giàu dinh dưỡng. Tảo được nuôi trong các bể ngoài trời được khuấy trộn thường xuyên và cung cấp thêm CO_2 . Các chất ô nhiễm trong nước thải chủ yếu là N và P là nguồn dinh dưỡng chính cho tảo phát triển. Tuy nhiên, nước thải phải đảm bảo độ đục không cao để không cản trở quá trình quang hợp của tảo. Sinh khối rong, tảo sau đó sẽ được tận dụng làm thức ăn cho gia súc, thủy sản, làm phân bón, hoặc làm nguyên liệu sinh học [5].

Phương pháp sinh học ngày càng được nghiên cứu sâu và sử dụng rộng rãi vì có nhiều ưu điểm hơn các phương pháp khác. Xử lý sinh học giúp phân huỷ các chất trong nước thải nhanh, triệt để mà không gây ô nhiễm môi trường. Có thể xử lý nước thải có phổ nhiễm bản chất hữu cơ rộng. Thiết bị đơn giản, phương pháp dễ làm, có thể tận dụng nhiên liệu có sẵn trong tự nhiên, thân thiện với môi trường. Sản phẩm cuối cùng thường không gây ô nhiễm thứ cấp và chi phí xử lý thấp hoặc tạo ra được một số sản phẩm có ích để sử dụng trong công nghiệp và sinh hoạt (Biogas, etanol...), trong nông nghiệp (phân bón). Tuy nhiên, phương pháp này có thời gian xử lý kéo dài, hệ thống phải hoạt động liên tục. Bên cạnh đó, quá trình xử lý chịu ảnh hưởng của các yếu tố như nhiệt độ, ánh sáng, pH, DO, hàm lượng các chất dinh dưỡng... Trên thực tế, đòi hỏi diện tích khá lớn để xây dựng mô hình xử lý. Cần phải pha loãng các nguồn thải có nồng độ chất hữu cơ quá cao do vậy làm tăng lượng nước thải cần xử lý.

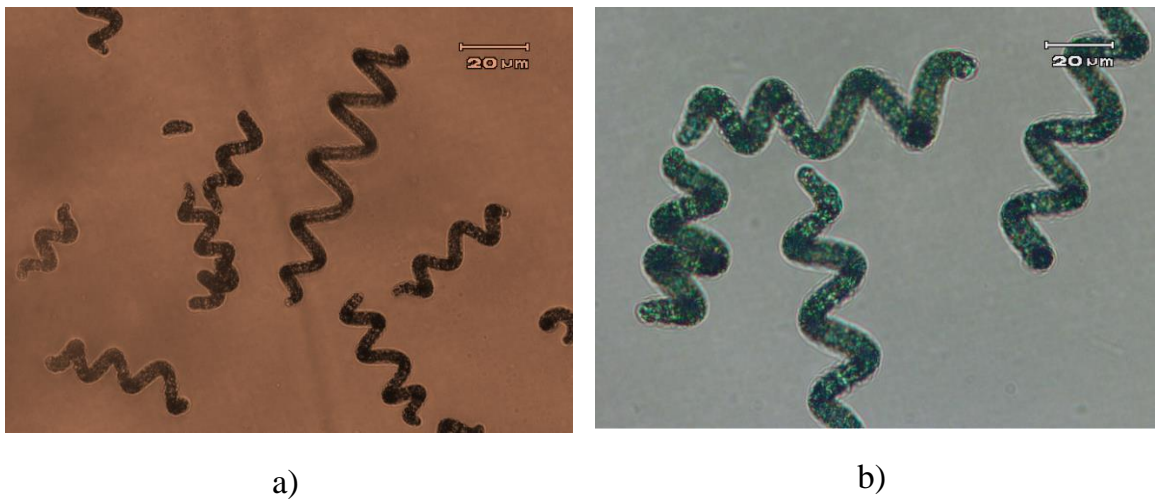
1.2. Vi khuẩn lam *Spirulina platensis*

1.2.1. Đặc điểm phân loại và hình thái

Hệ thống phân loại VKL *Spirulina* được phân loại như sau:

- Ngành: Cyanobacteria
 - Lớp: Chlorobacteria
 - Bộ: Oscillatoriales
 - Họ: Phormidiaceae
 - Chi: *Spirulina* (*Arthrospira*)
 - Loài: *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*)

Spirulina platensis là một chủng vi khuẩn lam có màu xanh lam, có dạng hình xoắn lò xo, không phân nhánh, không có tế bào dị hình, không có bao (Hình 1.2). Sợi vi khuẩn lam có 5 – 7 vòng xoắn đều nhau (đường kính xoắn khoảng 35-50 μm , bước xoắn khoảng 60 μm) phân chia thành những tế bào với vách ngăn và có thể xoay tròn xung quanh trục của nó. Tùy thuộc vào chu kỳ sinh dưỡng và phát triển mà hình dạng có thể xoắn kiểu và chiều dài khác nhau. Ngay trong một dạng, chiều dài mỗi sợi cũng khác nhau. Nó được đặc trưng bởi các trichomes hình trụ, đa bào trong một chuỗi xoắn mở.



Hình 1.2. Hình thái của vi khuẩn lam của *Spirulina platensis* SP4 dưới kính hiển vi ở độ phóng đại a) 20 lần và b) 40 lần. Thước đo 20 μm

(Ảnh chụp tại PTN-Phòng Thủy sinh học môi trường –VCNMT)

1.2.2. Một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng và phát triển của vi khuẩn lam và VKL *Spirulina platensis*

a) Nhiệt độ

Nhiệt độ là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của vi tảo và vi khuẩn lam. Trần Bảo Trâm và cs (2018) đã chỉ ra rằng, ở nhiệt độ thấp 15 -20°C *Spirulina* có hoạt tính quang hợp thấp, dẫn đến sinh trưởng và phát triển chậm, khi nhiệt độ tăng (từ 25-30°C) cường độ quang hợp tăng dẫn đến sinh trưởng của *Spirulina* tăng và sinh khối đạt cực đại ở ngày nuôi thứ 7-8 [6]. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng lên quá nhiệt độ tối thích của VKL sẽ làm giảm hoạt tính quang hợp và dẫn đến ngừng hẳn quang hợp [9]. Một nghiên cứu khác của Vonshak và cộng sự (1982) cho thấy, khi nhiệt độ cao VKL sử dụng nhiều năng lượng dự trữ như cacbohydrate để tăng hoạt động hô hấp trong chu kỳ tối dẫn đến làm giảm trọng lượng của tế bào [7]. Chính vì vậy, trong sản xuất tảo đại trà, ảnh hưởng của nhiệt độ là rất quan trọng đến năng suất của sinh khối.

b) Ánh sáng

Ánh sáng là một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng tới vận động của hầu hết các loài tảo chuyển động được. Vi khuẩn lam có khả năng nổi hoặc chìm để phản ứng với cường độ ánh sáng nhờ có không bào khí: khi bị chiếu sáng với cường độ cao, không bào khí xẹp xuống dẫn đến tỉ trọng của tế bào so với nước tăng lên và tảo chìm xuống. Người ta cũng xác nhận VKL *Oscillatoria* điều chỉnh việc chìm nổi dưới tác động của ít nhất 3 yếu tố là chế độ sáng, CO₂ và chế độ dinh dưỡng.

Màu sắc ánh sáng cũng là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của tảo và vi khuẩn lam. Theo Koc (2013), thì tảo *Chorella kessleri* khi nuôi dưới ánh sáng đỏ sinh ra nhiều sinh khối hơn mặc dù kích thước trung bình của tế bào tảo nhỏ hơn khi được nuôi dưới đèn LED xanh [8]. Wang et al. (2007) cho rằng *S. platensis* đạt được sinh khối lớn nhất khi được nuôi dưới ánh sáng màu đỏ, thời gian duy trì quần thể là một tuần [9]. Võ Hồng Trung và ctv., (2017) cũng cho rằng sự tăng trưởng của *Spirulina* sp. ở điều kiện ánh sáng đỏ cao hơn so với ánh sáng xanh dương và trắng [10].

c) Hàm lượng các chất dinh dưỡng

Nitơ và photpho là hai khoáng chất đa lượng quan trọng nhất cho sự sinh trưởng và trao đổi chất của tế bào tảo. Nitơ là nguồn dinh dưỡng quan trọng trong quá trình sản xuất sinh khối tảo, là nguyên tố cơ bản cho sự hình thành của protein và nucleic acid, và là thành phần không thể thiếu của các phân tử thiết yếu như ATP, chất

mang năng lượng trong tế bào. Nitơ chiếm khoảng 1-10% SKK của tế bào và cung cấp cho quá trình nuôi dưới dạng amoni. Photpho là một phần của bộ khung DNA và RNA, những đại phân tử cần thiết cho tất cả các tế bào sống[11]. Nghiên cứu của Yusoff và cộng sự [12] chỉ ra rằng, hàm lượng chất dinh dưỡng quá cao, chủ yếu là hàm lượng phospho hòa tan, ammonia và nitrate là một trong các trở ngại chính ở ao nuôi tôm thâm canh. Khi ở mức cao, nguồn chất dinh dưỡng này thúc đẩy sự phát triển của thực vật thủy sinh, dẫn đến sự phát triển quá mức của các nhóm thực vật nổi, hiện tượng nở hoa của tảo làm thay đổi cơ bản khu hệ thủy sinh vật. Khi P tổng số cao ($N/P < 5$) sẽ tạo điều kiện cho tảo phát triển, nhất là nhóm vi khuẩn lam và tảo mắt [13].

1.3. Ứng dụng vi tảo và vi khuẩn lam trong xử lý nước thải

Nước thải sinh hoạt chứa nhiều chất hữu cơ và nguyên tố dinh dưỡng là môi trường cho tảo và các loài sinh vật khác phát triển. Theo các chu trình dinh dưỡng trong thủy vực, nó là nguồn thức ăn cho cá và các loại thủy sản khác. Các loài tảo lục đơn bào như *Chlorella*, *Scenedesmus* hoặc vi khuẩn lam đa bào như *Spirulina*... giàu protein, mỡ, cacbon, hydrat và vitamin cùng các chất hoạt tính sinh học khác đang được nuôi trồng rộng rãi trong nước thải sinh hoạt ở Nhật Bản, các nước Trung Á SNG, Áo...[14].

1.3.1. Các nghiên cứu trên thế giới

Vi khuẩn lam là sinh vật tiên nhân quang tự dưỡng có một số tính chất đặc trưng của cả vi khuẩn và vi tảo: là sinh vật tiên nhân và có vách tế bào giống với vi khuẩn Gram âm nhưng lại chứa chlorophyll-a và một số sắc tố phụ có khả năng quang hợp như các loài tảo khác và có màu xanh lam [15]. Vi khuẩn lam đóng vai trò quan trọng trong hệ sinh thái thủy vực và đất, là sinh vật sơ cấp trong môi trường nước, cung cấp năng lượng sơ cấp cho những sinh vật bậc cao, đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì và làm tăng độ phì nhiêu của đất nhờ khả năng cố định đạm, đặc biệt là trong các ruộng lúa [16]. Hiện nay, vi khuẩn lam thu hút được sự chú ý ngày càng tăng của các nhà khoa học, công nghệ và thương mại do có nhiều tiềm năng ứng dụng ở nhiều lĩnh vực như nông nghiệp, y học, công nghiệp thực phẩm, dược liệu và bảo vệ môi trường.

Vi tảo và VKL từ lâu đã được biết là có tiềm năng rất lớn để sử dụng trong công nghệ xử lý nước thải, vì những lý do sau:

(i) Sự tăng trưởng của vi tảo không đòi hỏi hợp chất giàu năng lượng giống như các vi sinh vật khác;

(ii) Chúng có thể sử dụng các chất dư thừa trong tự nhiên để sinh trưởng;

(iii) Nhiều loài VKL có thể kết hợp quang hợp và nitơ cố định. Đây là một lợi thế khác so với các sinh vật nhân chuẩn quang hợp khác. Sử dụng vi tảo trong xử lý nước thải góp phần loại bỏ ni tơ (N), phốt pho (P), kim loại nặng và giảm COD, BOD trong nước thải.

Nhiều nghiên cứu cho thấy nước thải chính là nguồn dinh dưỡng tốt cho vi tảo phát triển [17]. Nhiều loài vi tảo đã được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu để loại bỏ N, P bao gồm tảo lục (*Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Botryococcus braunii*, *Chlamydomonas reinhardtii*,...) và VKL (*Arthrospira* sp., *Phormidium* sp., *Synechococcus* sp.,...). Một số loài vi tảo như *Chlorella* sp. [18], *Scenedesmus* sp. hoặc *Desmodesmus* sp. [19,20], *Neochloris* sp., *Chlamydomonas* sp., *Nitzschia* sp., và *Cosmarium* sp. đã được áp dụng cho nhiều loại xử lý nước thải cùng với sản xuất nhiên liệu sinh học. Trong số đó, các loài thuộc chi *Chlorella*, *Scenedesmus* và một số loài VKL được sử dụng nhiều nhất trong xử lý nước thải do tốc độ tăng trưởng cao, khả năng chịu đựng với môi trường ô nhiễm và tiềm năng tích lũy lipid/ tinh bột cao. Hiện nay, *Chlorella* sp. được ứng dụng rộng rãi trong xử lý nước thải vì khả năng loại bỏ nitơ, phốt pho và nhu cầu oxy hóa học (COD) cao, trong khi *Scenedesmus* sp. có thể được nuôi trong nước thải chăn nuôi lợn với độ mặn cao [21] và nước thải chăn nuôi với COD cao [22]. Trong đó, *Scenedesmus* sp. có năng suất sinh khối là 247 mg/L/ngày với 30% chất béo/SKK. Trong một nghiên cứu khác, khi được nuôi trong nước thải đô thị, loài *Scenedesmus* sp. đạt năng suất sinh khối là 132,4 mg/L/ngày với hàm lượng lipid là 11,04% trọng lượng tươi/L. Nước thải của nhà máy dầu cũng được sử dụng cho nuôi cấy *Scenedesmus* sp. [23]. Theo Kong và cs., vi tảo *Chlamydomonas reinhardtii* có khả năng loại bỏ 42-55% NH_4^+ và 13-15% P từ nước thải nhân tạo với tỉ lệ N/P là 1:1. Hỗn hợp các chủng vi tảo *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus falcatus*, *Chlamydomonas mirabilis*, và *Microcystis aeruginosa* được sử dụng trong xử lý nước thải với hiệu suất loại bỏ NH_4^+ và PO_4^{3-} lần lượt là 58% và 34%. Theo Olguín và cs., (2003) khả năng loại bỏ NH_4^+ và PO_4^{3-} của VKL *Arthrospira* sp. từ nước thải chăn nuôi lợn đạt 84-96% và 72-87%, tương ứng. Tỷ lệ N/P tối ưu đối với VKL để loại bỏ chất ô nhiễm phụ thuộc vào từng chủng, nhưng thường thấp hơn so với tảo lục. Chẳng hạn, tốc độ loại bỏ PO_4^{3-} của VKL *Phormidium bohneri* từ nước thải đô thị sau xử lý thứ cấp tăng lên 8,6 lần khi tỷ lệ N/P giảm từ 6:1 đến 1:1. Markou và cs., 2012 cho rằng, *Spirulina platensis* có thể loại bỏ được 73% COD và loại bỏ hoàn toàn P và NO_3^- trong nước thải của nhà máy dầu ô liu. Nước thải trại gia cầm được cho là môi trường thuận lợi cho nuôi trồng VKL *S. platensis* và tảo lục *C. vulgaris* và các chủng tảo này có khả năng loại bỏ 99% N và

phốt phát so với nước thải ban đầu [24]. Ngoài khả năng loại bỏ nitơ, photpho cũng như giảm COD và BOD, vi tảo còn có khả năng loại bỏ kim loại nặng trong nước thải. Tảo trong quá trình nuôi cấy có thể hấp thụ ion kim loại Zn. *Spirogyra* sp. có thể giảm nồng độ ion kim loại Zn tới 90-95% trong 30 phút (Chang và cs., 2011). Các loài tảo thuộc chi *Chlorella* có thể hấp thụ urani và các ion chì (Moghaddam và cs., 2013). *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 Ni, 77% ion Hg, 65% ion Ca, 63% Mg bị loại bỏ (Worku và cs., 2014). Tảo *Spirulina* đã được sử dụng thành công cho việc hấp thụ sinh học ion Cr (Rezaei., 2013).

Hệ thống ao nuôi mở xử lý nước thải sinh hoạt bằng *Spirulina platensis* tích hợp với nhà máy sinh học được sử dụng như một hệ thống canh tác. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mô hình này có thể loại bỏ 2,86 g COD/ngày, 0,12 g P- PO_4^{3-} /ngày, 0,88 g tổng N/ngày, 0,82 g N- NH_4^+ /ngày và 0,13 g N- NO_3^- /ngày. Sinh khối sau xử lý được sử dụng để sản xuất biomethane ở công suất 0,1 L và 5 L. Sinh khối thu được có chứa 26,65% (trọng lượng khô) của lipit với axit béo, hàm lượng mêtan trung bình là $62,38 \pm 2,12\%$. Nghiên cứu này cho thấy tiềm năng thương mại của canh tác *S. platensis* sử dụng nước thải để giảm chi phí xử lý nước thải và tăng thu nhập từ các sản phẩm giá trị gia tăng [20].

1.3.2. Các nghiên cứu ở Việt Nam

Trong những năm gần đây, công nghệ sinh học dựa trên vi tảo đã nhận được nhiều sự chú ý và phương pháp thay thế quy trình xử lý nước thải nhiều bước, đặc biệt đối với nước thải có chứa hàm lượng nitơ và hợp chất photpho cao. Nguồn dưỡng chất N, P này có thể được hấp thu bởi các vi tảo. Thông qua quang hợp, tảo sử dụng ánh sáng mặt trời và hấp thu muối dinh dưỡng N, P từ nước thải để cố định trong sinh khối vi tảo.

Tại Việt Nam, nghiên cứu ứng dụng vi tảo để xử lý nước thải được tiến hành từ khá lâu. Theo đó, các đối tượng tảo khác nhau được nuôi trên các môi trường nước thải chăn nuôi, thủy sản, sinh hoạt, làng nghề,... và đã đạt được kết quả khả quan trong loại bỏ các hợp chất nitơ và photpho. Chẳng hạn, hai chủng tảo *Chlorella* TC1 và TC2 phân lập từ nước thải ở ngoại thành Hà Nội được sử dụng để xử lý nước thải chế biến nông sản kết hợp với chăn nuôi. Kết quả cho thấy hàm lượng NH_4^+ đã giảm tới 150mg/Lít sau 5 ngày xử lý, NO_3^- giảm tới 15mg/Lít và hàm lượng O_2 hòa tan tăng lên đáng kể, *Chlorella* sp. được dùng để xử lý nước thải nhà máy đường Sông Lam. Kết quả của quá trình xử lý này là tăng đáng kể các chỉ số DO, giảm BOD, COD, NH_4^+ và PO_4^{3-} . *Spirulina* đã được sử dụng để xử lý (theo mẻ) nước thải làng

nghe bún Phú Đô, Mễ Trì, Hà Nội. Nước thải sản xuất bún có chất lượng đầu vào cho các thông số COD, BOD₅, tổng N, tổng P lần lượt là 1376 mg/L, 621 mg/L, 85.24 mg/L, và 6.92 mg/L. Sau khi xử lý với bùn hoạt tính (5%), nước thải đạt được 149.97 mg/L, 97.60 mg/L, 75.68 mg/L, và 11.45 mg/L cho các thông số COD, BOD₅, tổng N, tổng P, tương ứng. Sau khi bổ sung VKL *Spirulina* và tiếp tục xử lý nước thải với sục khí trong 20 ngày, nước thải đạt COD: 70.36 mg/L, BOD₅:52.02 mg/L, TN:7.43 mg/L, và TP:2.71 mg/L [25]. Theo Nguyễn Hoàng Oanh, (2011), VKL *Spirulina platensis* có thể phát triển trong các nguồn nước thải ao nuôi cá tra, nước thải biogas, nước thải sinh hoạt khi mật độ tảo có thể đạt 87.775 tế bào/mL. Hàm lượng dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt sau khi nuôi VKL giảm đáng kể so với ban đầu NO₃⁻ giảm 76,1%, PO₄³⁻ giảm 98,1%. Hơn nữa, nhiều nghiên cứu còn tiến hành thử nghiệm đưa ra các điều kiện tối ưu (nhiệt độ, ánh sáng, nhiệt độ, ...) nhằm tăng hiệu quả xử lý nước thải của vi tảo. Võ Thị Kiều Thanh và cs., 2012 đã nghiên cứu hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi sau biogas của vi tảo *Chlorella* sp. ở điều kiện nuôi cấy ánh sáng 1000 lux, nhiệt độ 24°C và sục khí trong 16 ngày. Kết quả cho thấy hàm lượng COD trong nước thải chăn nuôi giảm từ 65,8 – 88,2 %, BOD₅ giảm từ 61,4-84%; TN giảm 87,4- 90,18% và đạt tiêu chuẩn xả thải. 3 chủng tảo *Tetraselmis suiscica*, *Tetraselmis* sp. và *Platymonas* sp. được sử dụng để xử lý nước thải nuôi tôm với hiệu suất xử lý cao đối với các thông số COD, PO₄³⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ và tổng nitơ ngay ở điều kiện nước thải đậm đặc. Cả 3 chủng tảo trên đều có khả năng loại bỏ tổng nitơ và tổng photpho khoảng 80-85%. Theo Đoàn Thị Thái Yên và cs., 2014 vi tảo *Chlorella* sp.B5 nuôi trong nước thải chăn nuôi lợn có khả năng loại bỏ NH₄, TP và COD lần lượt là 60 - 95,8%, 22 - 68% và 34 - 73,8%. Ngoài ra, sinh khối của tảo *Chlorella* sp.B5 thu được sau 8 ngày chứa hàm lượng lipid đạt 20-30% trọng lượng khô. Trong một nghiên cứu khác vi tảo *Chlorella* sp. A8 có khả năng loại bỏ COD, NH₄ và PO₄-P trong nước thải chăn nuôi lợn là 71-76%; 40-47% và 64-77% tương ứng [26].

Ở Việt Nam, ứng dụng vi tảo và VKL trong xử lý môi trường đã được một số các nhà khoa học nghiên cứu nhằm tìm ra các giải pháp tối ưu nhất trong xử lý môi trường. Ứng dụng tảo *Chlorella vulgaris* loại bỏ nitơ và photpho trong nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại đã xác định vi tảo *Chlorella vulgaris* có khả năng xử lý nước thải giàu dinh dưỡng Nitơ và photpho từ bể phốt trên quy mô nhỏ trong hệ thống bioreactor và trên quy mô pilot (1,2 m³) ngoài trời đạt hiệu quả tương ứng 87,55% và 76,90% đối với N và P dạng tổng số; 94,6% và 95,1% đối với dạng dễ tiêu; đồng thời cũng đạt hiệu quả cao đối với chất hữu cơ (88,9% đối với COD) thông qua cơ chế tăng oxy hòa tan cung cấp cho vi sinh vật hoại sinh [27]

Mô hình ao thâm canh VKL *Spirulina* sp. vận hành ở thời gian lưu nước 3 ngày và 5 ngày để đánh giá hiệu suất làm giảm nồng độ chất hữu cơ và tái sử dụng các dưỡng chất trong nước thải hầm ủ biogas tạo sinh khối VKL [28]. Nước thải từ hầm ủ biogas được lắng 30 phút và pha loãng với nước máy để giảm bớt nồng độ chất ô nhiễm và độ màu trước khi nuôi tảo. Đối với mô hình thời gian lưu nước 5 ngày, kết quả phân tích cho thấy nồng độ BOD₅, COD, TKN, TP, N-NH₄⁺ và tổng coliform trong nước thải đầu ra sau khi thu sinh khối tảo giảm lần lượt là 73,78%, 74,07%, 95,71%, 83,08%, 99,4% và 100%. Ở mô hình lưu nước 3 ngày hàm lượng BOD₅, COD, TKN, TP, N-NH₄⁺ và tổng coliform giảm lần lượt là 61,76%, 61,78%, 95,13%, 67,43%, 98,45%, và 100%.

Nhìn chung, từ những năm 2000 đến nay, Việt Nam các công bố về ứng dụng vi tảo và VKL (*Spirulina*, *Chlorella*, *Tetraselmis suisicica*, *Tetraselmis* sp., và *Platymonas* sp.) trong xử lý nước thải như thải từ công nghiệp cao su, làng nghề, thủy sản, chăn nuôi, nước thải dân cư) cho kết quả khả quan. Tuy nhiên, việc tận dụng sinh khối vi tảo, VKL sau xử lý nước thải để phục vụ các mục đích khác còn bỏ ngỏ và chưa nhiều nghiên cứu.

1.4. Ứng dụng vi khuẩn lam làm phân bón trong nông nghiệp

Việc sử dụng VKL như nguồn phân bón sinh học đã được sử dụng ở nhiều nơi trên thế giới nhằm giải quyết các vấn đề môi trường do lạm dụng các hoá chất trong sản xuất nông nghiệp. Cho đến nay, VKL chủ yếu được biết đến với khả năng cố định nitơ trong không khí, là nguồn phân bón sinh học quan trọng và được nghiên cứu ở nhiều quốc gia trên thế giới. Hơn 100 loài VKL có khả năng cố định nitơ từ khí quyển đã được xác định và cung cấp 20-25 kg N/ha/vụ [26]. Bên cạnh đó, VKL còn được biết đến với khả năng sản sinh nhiều chất chuyển hoá thứ cấp như vitamin, amino acid, kháng sinh và độc tố và các hormone tăng trưởng thực vật. Nhiều loài VKL có khả năng tổng hợp các hợp chất thứ cấp (hormone: gibberellins, cytokinin, auxin hoặc abscisic acids) có khả năng thúc đẩy sự tăng trưởng ở thực vật (nảy mầm hạt giống và tăng trưởng rễ và chồi), giúp tăng cường sức chống chịu của thực vật bằng rất nhiều cơ chế khác nhau (*Nostoc*, *Chlorogloeopsis*, *Calothrix*, *Plectonema*, *Gloeotheca*, *Anabaena*, *Cylindrospermum*, và *Anabaenopsis*) [30,31].

Vi tảo có khả năng tổng hợp các hormone tăng trưởng bao gồm gibberellins, auxin và cytokinin có vai trò quan trọng trong sự phát triển của cây trồng. Nhiều loài vi tảo như *Klebsormidium flaccidum* và *Stigeoclonium nanum* được phát hiện chứa auxin (0,29-21,40 nmol/g SKK) [32], gibberellins trong *Raphidocelis subcapitata* (342,7 pg/mg) và *Scotiellopsis terrestris* (4746,1 pg/mg) và brassinosteroids trong *Raphidocelis subcapitata* (117,3 pg/mg) và *Klebsormidium flaccidum* (997,8 pg/mg)

(hàm lượng tính theo SKK của tảo) (Stirk và cs., 2013b). Auxin cũng được phát hiện ở trong tảo lục *Scenedesmus armatus*, *Chlorella pyrenoidosa* và *Chlorella minutissima* [33]. Trong các điều kiện nuôi cấy và ức chế quang học khác nhau, *Chlorella minutissima* có thể tổng hợp cả auxin, ABA, CK, và GA [34]. Một số nghiên cứu gần đây cho thấy VKL cũng có thể tổng hợp các chất kích thích tăng trưởng như IAA, cytokinin, gibberellin, ethylene, axit jasmonic hoặc axit abscissic. Sinh tổng hợp indole-3-acetic (IAA, Auxin) được cho là tăng cường khi bổ sung tryptophan ngoại sinh trong môi trường [35]. Khả năng tổng hợp IAA được phát hiện ở các chi VKL sống tự do hoặc cộng sinh bao gồm các chi *Nostoc*, *Chlorogloeopsis*, *Calothrix*, *Plectonema*, *Gloeotheca*, *Anabaena*, *Cylindrospermum*, và *Anabaenopsis* khi bổ sung hoặc không có mặt tryptophan trong môi trường nuôi cấy.

Theo thống kê, lượng phân bón sử dụng trong năm 2012 tại Việt Nam là trên 2,7 triệu tấn chất dinh dưỡng (N, P₂O₅ và K₂O). Năm 2013, con số này đạt gần 3 triệu tấn với khoảng 10 triệu tấn phân bón quy chuẩn [36]. Việc lạm dụng phân bón hoá học nhiều năm qua làm cho nền nông nghiệp đã và đang phải đối mặt với những hậu quả nghiêm trọng. Do vậy phát triển phân bón hữu cơ là hướng đi cần thiết trong chuyển đổi nông nghiệp Việt Nam theo hướng nông nghiệp hữu cơ hiện nay. Những nghiên cứu về vi tảo và vi khuẩn lam để sử dụng trong nông nghiệp như phân bón sinh cũng được cập nhật trong nhiều năm trở lại đây [27,37]. Từ năm 1990, một nhóm khác nhà khoa học Ấn Độ nghiên cứu tốc độ tăng trưởng, ra hoa, và kết trái của cà chua trồng trên đất nền bổ sung vi tảo lam gồm *Aulosira fertilissima*, *Spirulina platensis*, và phân bón vô cơ diamonium phosphate (DAP). Kết quả chỉ ra rằng, chất nền trộn giữa *Aulosira fertilissima* (2.25 g) + *Spirulina platensis* (2.25 g) + diamonium phosphate (DAP) (0.5 g) làm tăng số lượng quả và năng suất lên lần lượt là 52,2% và 97,7% so với mẫu chuẩn [38].

Hiện nay để góp phần giảm thiểu việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hóa học và phân bón hóa học, một số loại phân bón lá có thành phần chiết xuất từ tự nhiên như các loài rong biển, các loài thực vật... đã được nghiên cứu và sử dụng. Cho đến nay, các công bố sáng chế liên quan đến nhóm hoạt chất kích thích sinh học bao gồm: Axit humic-axit fluvic (chiếm 28%); Rong tảo-thực vật (chiếm 26%); Chất thủy phân protein và các hợp chất chứa N khác (chiếm 17%); Chitosan và các loại polymer sinh học (chiếm 15%); Các loại phức vô cơ (chiếm 6%); Các loại VK có lợi (chiếm 4%) và Các loại nấm có lợi (chiếm 4%). Bên cạnh đó, hoạt chất kích thích sinh học được sản xuất từ rong tảo và đang được quan tâm nghiên cứu và chiếm thị phần lớn trong thị trường hoạt chất kích thích sinh học trên thế giới. Từ thực tiễn nông nghiệp bền

vững đã cho thấy tầm quan trọng của các vi sinh vật này đến an ninh lương thực mà không gây ra những vấn đề môi trường. Là một vi sinh vật có lợi, VKL có thể đóng vai trò tiềm năng trong sự tăng cường năng suất nông nghiệp và giảm phát thải khí nhà kính[39].

Các nhà khoa học Singapore đã dùng VKL *Spirulina plantensis* xử lý hiệu quả nước thải nuôi cá chứa nhiều nitơ (bao gồm amonia và nitrat), đồng thời thu hoạch sinh khối vi tảo dùng làm chất nền phân bón sinh học để nghiên cứu tốc độ nảy mầm và sinh trưởng của các cây trồng nông nghiệp bao gồm Cải lông, Dền đỏ và Cải bẹ trắng [40]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, xử lý hạt của của cây Cải bẹ trắng và Cải bắp với vi tảo đã làm tăng tốc độ nảy mầm so với mẫu không xử lý với vi tảo. Bên cạnh đó, bổ sung sinh khối vi tảo vào đất trồng cải thiện tốc độ sinh trưởng của Cải lông, Dền đỏ và Cải bẹ trắng.

Một nghiên cứu thực nghiệm thực trên đồng ruộng của công ty Kilpest India Ltd., (Ấn Độ) trên cây lúa dùng sinh khối *Chlorella pyrenoidosa* cho thấy, bón sinh khối vi tảo với hàm lượng 20 kg / hecta sẽ thu được 3.35 tấn thóc khô /hecta, cao hơn nhiều so với thóc thu được khi dùng phân hữu cơ thương mại Fytozyme (chỉ đạt 3.05 tấn / hecta) [41].

Nghiên cứu của các nhà khoa học Serbia dùng hỗn hợp vi tảo *Chlorella vulgaris*- nước (1.6% tảo) phun lên mầm của các cây Ngô, Đậu, Lúa mỳ, và rau Xà lách (phun 2 đợt, đợt 1 phun vào ngày thứ 7 sau khi nảy mầm và đợt 2 phun sau đợt 1 là 18 ngày), và kết thúc thí nghiệm sau khi phun đợt 2 là 5 ngày. Kết quả cho thấy 28.5% chiều cao và 17.9% khối lượng tươi của rễ cây Ngô, 24.2% chiều cao mầm Lúa mỳ, và 56.34% khối lượng tươi cây Xà lách cao hơn so với các thí nghiệm đối chứng [42].

Như vậy, kết quả công bố của những công trình nghiên cứu trên đã minh chứng tiềm năng to lớn của vi tảo và VKL trong sản xuất phân bón sinh học cho cây trồng trong nông nghiệp. Tại Việt Nam, sự phân bố và đa dạng loài VKL rất đa dạng, phong phú và sinh trưởng tạo sinh khối nhanh. Tuy nhiên các nghiên cứu về sử dụng vi khuẩn lam làm thúc đẩy nảy mầm và tăng trưởng ở thực vật còn rất hạn chế. Chính vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng vi khuẩn lam làm phân bón kích thích tăng trưởng cây trồng là rất cần thiết.

CHƯƠNG II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

- Nước thải sinh hoạt thu tại công xả của khu dân cư đường Nguyễn Đình Hoàn, Cầu Giấy, Hà Nội vào thời gian sáng, trưa và chiều. Vị trí điểm lấy mẫu có tọa độ 20 độ 22' 27 N và 105 độ 48' 15 E.

- Chủng vi khuẩn lam *Spirulina platensis* SP4 từ bộ sưu tập giống được lưu giữ và nuôi cấy tại Phòng Thủy sinh học môi trường, Viện Công nghệ môi trường

- Giống lúa thuần BC15 thuộc bản quyền của Công ty cổ phần Tập đoàn ThaiBinh Seed, được công nhận giống Quốc gia năm 2008. Là giống có năng suất cao nhất, chất lượng gạo ngon, thích ứng với biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, hiện nay, giống lúa này thường bị nhiễm đạo ôn, nhất là sản xuất ở vụ xuân, khi gặp thời tiết không thuận lợi thì năng suất và sản lượng bị ảnh hưởng rất nhiều.

- Đất trồng lúa được lấy mẫu tại Bắc Giang.

Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu được thực hiện tại phòng Thủy sinh học môi trường Viện Công nghệ Môi trường từ tháng 03/2022 đến tháng 08/2022

2.2. Hóa chất, thiết bị và dụng cụ nghiên cứu

2.2.1. Môi trường nuôi cấy

Bảng 2.1. Thành phần môi trường nuôi cấy vi khuẩn lam

STT	Thành phần môi trường	Nồng độ(g/L)
1	NaHCO ₃	16,8
2	NaNO ₃	2,5
3	NaCl	1,0
4	K ₂ HPO ₄	0,5
5	K ₂ SO ₄	1,0
6	EDTA	0,08
7	CaCl ₂ .2H ₂ O	0,04
8	FeSO ₄ .7H ₂ O	0,01
9	MgSO ₄ .7H ₂ O	0,2
10	Vi lượng	1ml

(Nguồn: Đặng Đình Kim và cs, 2018)

2.2.2. Hóa chất, dụng cụ sử dụng trong phân tích mẫu

Bảng 2.2. Hóa chất, dụng cụ phân tích mẫu PTN

STT	Tên hóa chất, dụng cụ, thiết bị sử dụng	STT	Hóa chất, dụng cụ, thiết bị sử dụng
1	Axit sunfuric (H ₂ SO ₄)	14	Kali autimonyl tatrát (K ₂ Sb ₂ C ₈ H ₄ O ₁₂ · 3 H ₂ O)
2	EDTA(C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈)	15	Thủy ngân Sunfat (HgSO ₄)
3	Natri Hydroxit (NaOH)	16	Muối Morh ((NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O)
4	Axit sulphanamide (C ₆ H ₈ N ₂ O ₂ S)	17	1-1.Phenanthroline monohydrate C ₁₂ H ₈ N ₂ ·H ₂ O
5	N-(1-naphthyl) etylene diamin dihydrochloride(NED) dihydrochloride)	18	Kali dicromat (K ₂ Cr ₂ O ₇)
6	Axit photphoric (H ₃ PO ₄ 85%)	19	Bạc sunfat (Ag ₂ SO ₄)
7	Natri salyxinat (C ₇ H ₆ O ₃ Na)	20	Bếp đun cách thủy
8	Natridiclorosoxyanurat (C ₂ N ₃ O ₃ Cl ₂ Na·2H ₂ O)	21	Nồi hấp phá mẫu
9	Trinatrixytrat (C ₆ H ₅ O ₇ Na ₃ ·2H ₂ O)	22	Bếp đun COD
10	Fe(CN) ₅ NO}Na ₂ ·2H ₂ O	23	Máy li tâm
11	Axit acobic (C ₆ H ₈ O ₆)	24	Tủ sấy
12	Kali persulphat (K ₂ S ₂ O ₈)	25	Dụng cụ phòng thí nghiệm : pipet, bình định mức,...
13	Amonium Molibdat tetrahydat ((NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄)	26	Máy đo nhanh đa chỉ tiêu

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp thu thập thông tin tài liệu

- Thu thập tài liệu tổng quan VKL, ứng dụng của VKL trong xử lý nước thải; tổng quan tài liệu về nước thải sinh hoạt, số liệu thống kê nguồn thải, tải lượng các chất ô nhiễm, lưu lượng thải...

2.3.2. Phương pháp lấy mẫu nước thải

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5999:1995 (ISO 5667/10: 1992) về chất lượng nước - lấy mẫu – hướng dẫn lấy mẫu nước thải.

2.3.3. *Phương pháp đo nhanh các thông số trong nước thải* (đo nhanh các thông số: pH, nhiệt độ, độ dẫn điện, DO,...)

2.3.4. *Phương pháp phân tích mẫu nước thải*

Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6202:2008 Chất lượng nước – xác định phospho phương pháp đo phổ dùng amoni molipdat;

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6180: 1996 ISO 7890-3: 1988 (E): Chất lượng nước - xác định nitrat phương pháp trắc phổ dùng axit sunfosalixylic;

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6178: 1996 ISO 6777: 1984 (E): Chất lượng nước - xác định nitrit phương pháp trắc phổ hấp thụ phân tử;

Tiêu chuẩn Việt Nam 6179-1:1996 Chất lượng nước - xác định amoni.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6491:1999 Chất lượng nước - Xác định nhu cầu oxi hoá học

2.3.5. *Phương pháp xác định hormone (chất kích thích tăng trưởng thực vật, IAA)*

Hàm lượng IAA sinh ra trong môi trường nuôi cấy và trong sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 được xác định trên máy sắc ký lỏng hiệu năng cao (UltiMate 3000, Thermo Scientific) kết hợp khối phổ (LCQ Fleet, Thermo Scientific) có trang bị nguồn ion hóa phun (HPLC-ESI-MS/MS) với khí Heli dùng cho quá trình ion hóa. Cột HPLC là cột pha đảo ngược C18 (3 μ m, 150 \times 2.1 mm, Part No. 25303-152130, Thermo Scientific). Khối phổ chạy hai chế độ quét là âm và dương. Các chất hormones auxin được phát hiện dùng chế độ SIM (selected ion monitoring).

2.4. **Bố trí thí nghiệm**

2.4.1. *Đánh giá ảnh hưởng của mật độ ban đầu lên khả năng sinh trưởng của *Spirulina platensis* SP4*

Để lựa chọn được mật độ thích hợp cho sinh trưởng của *Spirulina platensis* SP4, chủng VKL này được nhân nuôi trong các bình tam giác thủy tinh 250ml với môi trường Zarrouk. Các mật độ VKL ban đầu (optical density, OD) ứng với các công thức CT1, CT2, CT3, CT4 và CT5 lần lượt là 0,1; 0,15; 0,2; 0,3 và 0,4, tương ứng. Các thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ 25°C, cường độ chiếu sáng 5000 lux, chu kỳ sáng: tối là 8:16. Các thí nghiệm được theo dõi trong 8 ngày. Mỗi công thức lặp lại 3 lần.

2.4.2. Đánh giá ảnh hưởng của nồng độ nước thải lên khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4

Tiến hành thí nghiệm ở các nồng độ nước thải: CT1 (25%), CT2 (50%), CT3 (75%), CT4 (100%), lặp lại 3 lần với mật độ VKL ban đầu được lựa chọn với OD = 0,3 theo tỉ lệ 20ml dung dịch nuôi cấy chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 và 230 ml nước thải. Các điều kiện thí nghiệm như sau: nhiệt độ 25°C, cường độ chiếu sáng 5000 lux, chu kỳ sáng: tối là 8:16. Khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 được theo dõi trong 8 ngày, các chỉ tiêu phân tích chất lượng nước thải qua trắc bao gồm: N-NH₄, NO₃, NO₂, TP, PO₄³⁻, COD.

2.4.3. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của *Spirulina platensis* SP4 ở quy mô 10 lít (Chế độ tĩnh)

Các mẫu nước thải sinh hoạt trước khi đưa vào nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4 được tiền xử lý bằng cách để lắng tĩnh 30 phút và được lọc sơ bộ bằng bộ lọc hút chân không sử dụng giấy lọc để loại bỏ các chất rắn lơ lửng.

Chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 với mật độ ban đầu OD ban đầu là 0,3 được đưa vào bể nước thải thể tích 10 lít. Nồng độ nước thải sinh hoạt nuôi VKL là nước thải được tiền xử lý như đã trình bày ở trên và được bổ sung 16,8 g/L NaHCO₃. Ngoài ra, hệ thí nghiệm được sục khí với thời gian 8h/ ngày, chu kỳ chiếu sáng 8:16; cường độ ánh sáng 5000 lux. Thí nghiệm đối chứng được thực hiện tương tự nhưng không bổ sung VKL *Spirulina platensis* SP4. Khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 được theo dõi trong 8 ngày. Mẫu nước thải được thu ở ngày đầu (T0) và kết thúc thí nghiệm (T8). Các chỉ tiêu phân tích chất lượng nước thải qua trắc bao gồm: NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, TP, PO₄³⁻, COD. Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

2.4.4. Đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình sinh học sử dụng *Spirulina platensis* SP4 xử lý nước thải sinh hoạt (Chế độ động)

Tiến hành chạy thử nghiệm mô hình thí nghiệm quy mô bể 10 lít. Chọn thời gian lưu nước t = 4 ngày, tương ứng công suất bơm nước vào bể 2,5 l/ngày đêm. Nước thải sau khi qua bể lắng và bể lọc sơ bộ, được đưa vào bể nuôi VKL. Chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 được đưa vào nước thải với mật độ ban đầu OD ban đầu là 0,3. Nồng độ nước thải sinh hoạt nuôi VKL là nước thải được tiền xử lý như đã trình bày ở trên và được bổ sung 16,8 g/L NaHCO₃. Ngoài ra, hệ thí nghiệm được sục khí với thời gian 8h/ ngày, chu kỳ chiếu sáng 8:16; cường độ ánh sáng 5000 lux. Thí nghiệm chạy liên tục trong 20 ngày tương ứng với 5 mẻ thí nghiệm của mô hình. Mẫu nước thải được thu hàng ngày và các chỉ tiêu phân tích chất lượng nước thải bao gồm NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, TP, PO₄³⁻, COD.

2.4.5. Đánh giá khả năng kích thích sự nảy mầm của hạt lúa BC15 của dịch nuôi chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 trong nước thải

Ảnh hưởng kích thích nảy mầm của hạt lúa BC15 từ dịch môi trường nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4 trong nước thải được bố trí và tiến hành như sau. Môi trường nước thải có bổ sung L-tryptophan khi nuôi chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 được thu và sử dụng trong nghiên cứu thử nghiệm nảy mầm của hạt. Mỗi thí nghiệm sử dụng 100 hạt trong 50 mL dịch đã loại bỏ sinh khối vi khuẩn lam; các công thức ĐC1 (nước máy), ĐC2 (dung dịch thu được sau quá trình nuôi VKL môi trường Zarrouk có bổ sung 16,8 g/L NaHCO₃), TN1 (dung dịch thu được sau quá trình nuôi VKL trong môi trường Zarrouk chuẩn chứa 16,8 g/L NaHCO₃ + 0,5 g/L L-tryptophan), TN2 (nước thải nuôi VKL có bổ sung L-tryptophan sau quá trình xử lý). Hạt giống được rửa sạch nhiều lần bằng nước cất trong tủ cấy vô trùng. Các hạt được khử trùng bằng cồn 70° trong 1 phút. Sau khi khử trùng, hạt được ngâm trong dung dịch như trình bày ở trên trong 12h, sau đó các hạt giống được rửa bằng nước cất trong tủ cấy vô trùng và ủ trong 48h.

2.4.6. Đánh giá lựa chọn nồng độ sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 đến chiều cao, số nhánh và số lá của cây lúa BC15

Thí nghiệm trồng lúa được tiến hành trong các chậu nhựa với đường kính 24cm (diện tích 0,018m²). Nhằm đánh giá khả năng sinh trưởng của cây lúa BC15 khi sử dụng sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4, hàm lượng sinh khối chủng VKL nuôi trong MT Zarrouk có bổ sung L-tryptophan được phối trộn với đất theo các tỷ lệ như sau: 0g (không bổ sung sinh khối), 1g, 5g, 10g và 15g sinh khối tươi/1,5 kg đất/chậu thí nghiệm. Mỗi công thức thí nghiệm được lặp lại 3 lần, các thông số chiều cao, số nhánh và số lá của lúa được theo dõi trong thời gian 4 tuần.

2.4.7. Đánh giá ảnh hưởng sinh khối của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 nuôi trong nước thải đến khả năng sinh trưởng của cây lúa BC15

Thí nghiệm trồng lúa được tiến hành trong các chậu nhựa với đường kính 24cm (diện tích 0,018m²). Nhằm đánh giá khả năng sinh trưởng của cây lúa BC15 khi sử dụng sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 nuôi trong các điều kiện nuôi cấy (MT Zarrouk, MT Zarrouk+L-tryptophan, nước thải sinh hoạt, nước thải sinh hoạt + L-tryptophan) được tiến hành. 10g sinh khối VKL *Spirulina platensis* SP4 từ các điều kiện nuôi cấy trên được trộn với 1,5 kg đất chậu (Bảng...) Mỗi công thức lặp lại 3 lần, trong thời gian 10 tuần. Các thông số sinh trưởng của lúa được theo dõi như sau: chiều cao, số nhánh, trọng lượng tươi và khô của cây lúa sau khi kết thúc thí nghiệm.

Công thức thí nghiệm	Thành phần
Đối chứng	1,5 kg đất không bổ sung sinh khối VKL
SK1	1,5 kg đất + 10g sinh khối VKL nuôi trong MT Zarrouk
SK2	1,5 kg đất + 10g sinh khối VKL nuôi cấy trong MT Zarrouk có bổ sung Ltryptophan
SK3	1,5 kg đất + 10g sinh khối VKL nuôi trong nước thải sinh hoạt
SK4	1,5 kg đất + 10g sinh khối VKL nuôi cấy trong nước thải sinh hoạt có bổ sung Ltryptophan

CHƯƠNG III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4

3.1.1. Khảo sát mẫu nước thải sinh hoạt

Quan sát bằng cảm quan nhận thấy nước thải có mùi hôi, chứa nhiều cặn lơ lửng và các vẩn đục màu trắng. Cặn lơ lửng và độ màu cao sẽ ảnh hưởng đến khả năng khuếch tán của ánh sáng vào trong nước, làm giảm hiệu suất quang hợp của vi khuẩn lam, do đó nước thải sinh hoạt được để lắng trong khoảng 30 phút và lọc nhằm giảm bớt cặn lơ lửng và độ đục trước khi đưa vào bể xử lý. Trước khi tiến hành thí nghiệm, nước thải sinh hoạt được phân tích các thông số ô nhiễm cơ bản nhằm đánh giá hàm lượng các muối đa lượng (N, P) để sử dụng nuôi cấy VKL *Spirulina platensis* SP4 và đồng thời đưa ra các giải pháp điều chỉnh nếu cần thiết.

Bảng 3.1. Nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt trước khi nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4

STT	Thông số	Đơn vị	Hàm lượng
1	pH	-	7,39 ± 0,25
2	Nhiệt độ	°C	25,67 ± 0,62
3	TSS	mg/L	0,063 ± 0,015
4	Độ mặn	mg/L	0,57 ± 0,02
5	N-NH ₄ ⁺	mg/L	28,08 ± 1,01
6	N-NO ₃ ⁻	mg/L	0,039 ± 0,012
7	N-NO ₂ ⁻	mg/L	0,01 ± 0,003
8	Tổng N	mg/L	30,53 ± 1,29
9	Tổng P	mg/L	7,18 ± 0,14
10	P-PO ₄ ³⁻	mg/L	5,21 ± 0,08
11	COD	mg/L	205,3 ± 2,20

Các số liệu phân tích nhận được thể hiện trên bảng 3.1 cho thấy nước thải sinh hoạt qua lọc trước khi đưa vào hệ xử lý có môi trường trung tính. Hàm lượng COD dao động trong khoảng 205,3 ± 2,2 mg/L. Nước thải sinh hoạt giàu nitơ, hàm lượng

amoni (N-NH_4^+) cao với nồng độ là $28,1 \pm 1,01$ mg/L. N-NO_3^- và N-NO_2^- có hàm lượng thấp dưới 0,5 mg/L. Hàm lượng photphat (P-PO_4^{3-}) là dạng hợp chất photpho chủ yếu được tìm thấy trong nước thải sinh hoạt với nồng độ dao động là $5,2 \pm 0,08$ mg/L. Tổng nitơ T-N và tổng photpho T-P ghi nhận trong nghiên cứu này nằm trong khoảng $30,53 \pm 1,29$ mg/L và $7,18 \pm 0,14$ mg/L tương ứng. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) sau lọc đạt $0,063 \pm 0,015$ mg/L, và thể được không ảnh hưởng đến sự truyền ánh sáng khi nuôi VKL trong điều kiện phòng thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu về chất lượng nước thải sinh hoạt trong nghiên cứu này cũng tương tự với các công bố của Nguyễn Thị Thu Hà (2019) và Trần Đức Thảo (2019) (Bảng 3.2).

Bảng 3.2. Chất lượng nước thải sinh hoạt trong một số nghiên cứu

Thông số	Nghiên cứu này	Nghiên cứu 1 Nguyễn Thành Lộc và cs, 2015 [43]	Nghiên cứu 2 Nguyễn Thị Thu Hà và cs 2019 [44]	Nghiên cứu 3 Trần Đức Thảo và cs, 2019 [45]	QCVN 14:2008 BTNMT (Cột B) [1]
pH	7,39	7,13	7,5-8,05	6,5 - 7,6	5 ~ 9
N-NH₄⁺	28,08	-	33-39	32,52 - 84,11	10
N-NO₂⁻	0,01	-	-	-	-
N-NO₃⁻	0,04	-	0,09-0,1	0,29 - 1,62	50
TN	30,5	-	91-97	-	-
TP	7,2	1,78	20,1-26,2	-	-
P-PO₄³⁻	5,21	-	3,9-4,8	-	10
COD	205,3	250,17	120-200	128 - 198	175*

(*) được quy định theo QCVN 14:2015/BTNMT

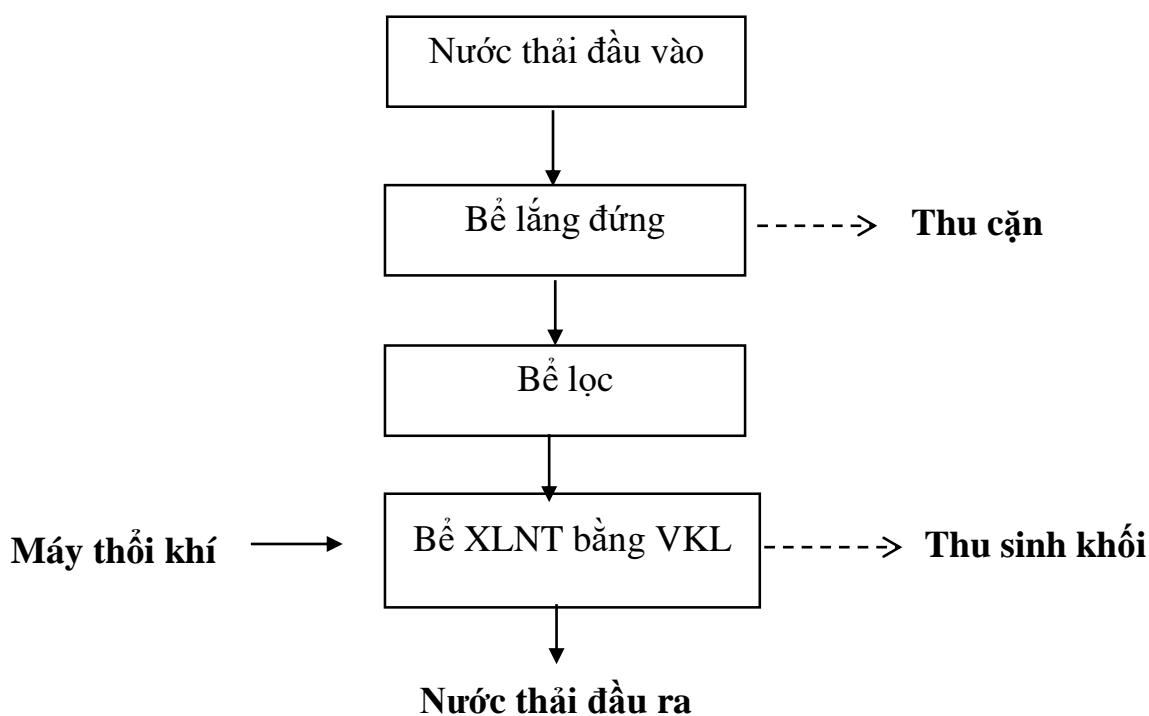
So sánh với một số nghiên cứu về chất lượng nước thải sinh hoạt trong một số nghiên cứu, có thể thấy thành phần nước thải sinh hoạt thường có độ pH trung tính hoặc có tính kiềm nhẹ, giàu nitơ và photpho, đặc biệt là hàm lượng N-NH_4^+ . So với QCVN 14:2008/BTNMT, hàm lượng N-NH_4^+ trong nước thải sinh hoạt của nghiên cứu này cao hơn 2,8 lần quy chuẩn cho phép tại Cột B. Tuy nhiên so với thành phần

đinh dưỡng trong môi trường Zarrouk, hàm lượng các chất ô nhiễm này tạo điều kiện thuận lợi cho VKL phát triển.

Để nuôi VKL *Spirulina platensis SP4*, thông số pH trong nước thải sinh hoạt trong mẫu thu tại cống thải tương đối thấp so với điều kiện nuôi cấy chủng VKL trong môi trường chuẩn Zarrouk. Chính vì vậy, nước thải được bổ sung thêm NaHCO_3 để tăng pH cũng như bổ sung lượng muối cacbon cho vi khuẩn lam *Spirulina* sinh trưởng và phát triển.

3.1.2. Đề xuất mô hình sinh học sử dụng vi khuẩn lam xử lý nước thải sinh hoạt

Dựa trên các kết quả nghiên cứu thu được như đã trình bày ở trên, nhận thấy nước thải sinh hoạt có thể sử dụng để nuôi cấy vi tảo và. Nước thải sinh hoạt có chứa các nguyên tố cần thiết cho sinh trưởng của vi khuẩn lam như các hợp chất chứa nitơ, photpho, cacbon. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất mô hình xử lý nước thải sinh hoạt bằng VKL như hình 3.1.

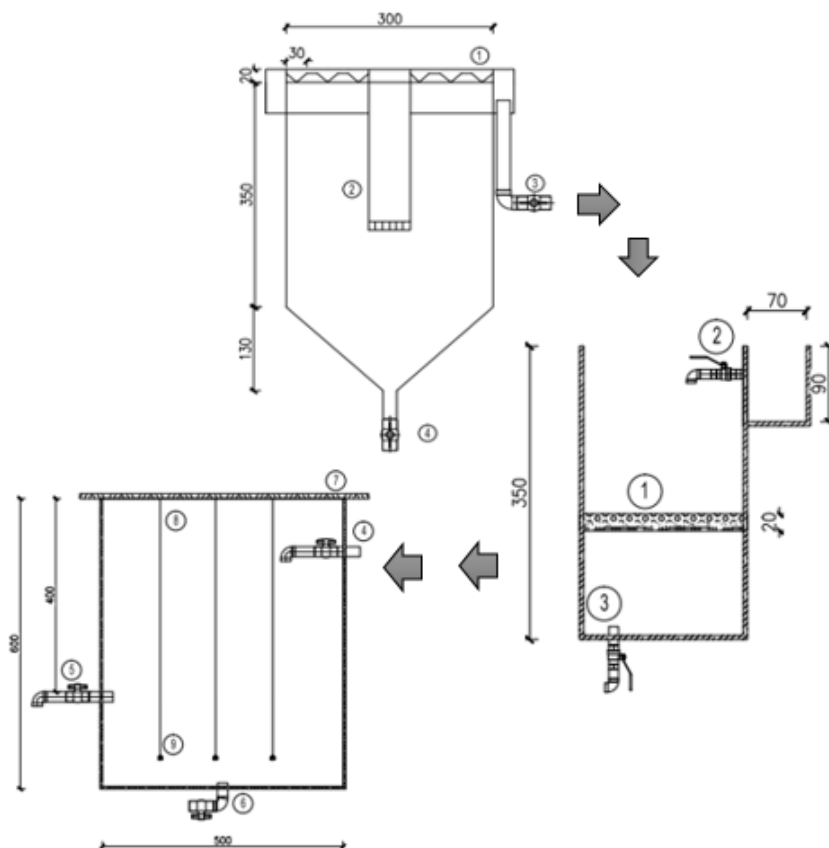


Hình 3.1. Mô hình sinh học sử dụng *Spirulina platensis SP4* xử lý NTSH

Thuyết minh công nghệ: Nước thải sinh hoạt đầu vào được bơm định lượng vào bể lắng đứng. Tại đây, xảy ra quá trình lắng phần nước trong của bể theo máng tràn xuống bể lọc. Tại bể lọc, nước thải sinh hoạt được loại bỏ cặn và một số tạp chất. Nước sau khi lọc đi xuống bể nuôi *S. platensis SP4* và tại bể này chủng VKL đóng vai trò là vi sinh vật hiếu khí hấp thu các chất dinh dưỡng.

- Ưu điểm: Chi phí xử lý thấp, trong quá trình xử lý không tạo ra bùn nên không phải xử lý bùn mà tận dụng được sinh khối cho mục đích khác.

- Nhược điểm: Thời gian xử lý kéo dài, phải theo dõi thường xuyên.

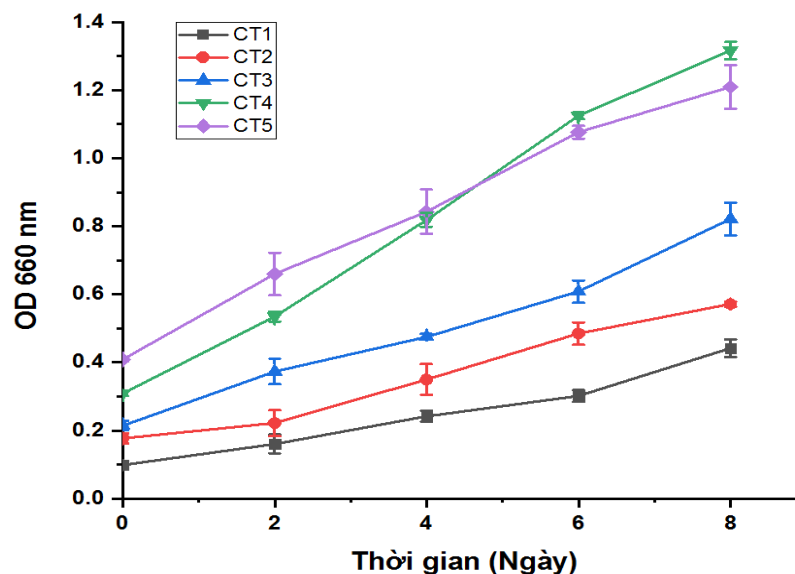


Hình 3.2. Sơ đồ mô hình xử lý NTSH sử dụng *Spirulina platensis* SP4

3.1.3. Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng sinh trưởng của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4

a) Đánh giá ảnh hưởng của mật độ ban đầu lên khả năng sinh trưởng của *Spirulina platensis* SP4

Lượng giống (mật độ) cấp ban đầu có vai trò quan trọng và có thể ảnh hưởng đến sinh trưởng của vi tảo, vi khuẩn lam trong môi trường dinh dưỡng. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này các tỷ lệ cấp giống ban đầu được khảo sát với mật độ ban đầu tương ứng với giá trị OD_{660nm} lần lượt là 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4. Sinh trưởng của chủng VKL được theo dõi sau 0; 2; 4; 6 và 8 ngày (Hình 3.3).



Hình 3.3. Sinh trưởng của *Spirulina platensis* SP4 ở các tỷ lệ cấp giống đầu vào khác nhau

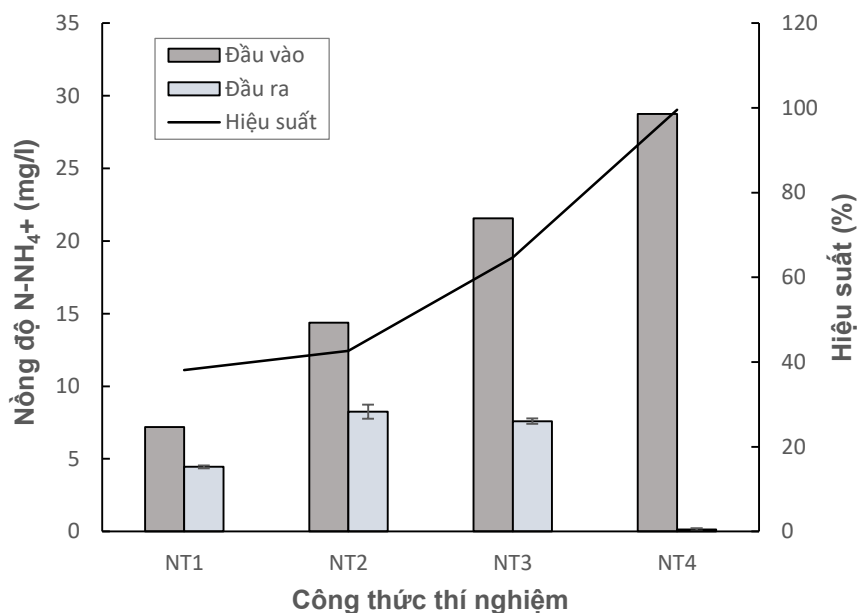
Số liệu hình 3.3 cho thấy lượng cấp giống ban đầu có ảnh hưởng rõ rệt đến tốc độ sinh trưởng của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4. Ở các nghiệm thức CT1, CT2 và CT3 với các mật độ giống cấp ban đầu từ $OD_{660nm} = 0,1$; $0,15$ và $0,2$, tốc độ sinh trưởng của *S. platensis* SP4 tăng trưởng chậm, sau 8 ngày nuôi giá trị OD_{660nm} chỉ đạt $0,44 \pm 0,026$; $0,6 \pm 0,008$ và $0,82 \pm 0,05$, tương ứng. Điều này có thể được lý giải khi lượng giống cấp ban đầu thấp sinh khối đạt được không cao dẫn đến mật độ sinh khối thấp. Kết quả nghiên cứu của Vonshak và cộng sự, 1982 khẳng định mật độ tảo nuôi thấp sẽ gây kìm hãm quang hợp do cường độ ánh sáng đến từng tế bào tảo quá cao [7].

Tại các nghiệm thức CT4 và CT5, với mật độ giống cấp ban đầu là $OD = 0,3$ và $0,4$ tương ứng, sinh trưởng của *S. platensis* SP4 tăng khá nhanh và đạt giá trị cực đại ở ngày nuôi T8, $OD = 1,32 \pm 0,025$ và $1,21 \pm 0,064$ tương ứng, các giá trị ghi nhận này cao gấp 2-3 lần so với các nghiệm thức CT1, CT2 và CT3. Trong đó, ở công thức CT4 với mật độ cấp giống ban đầu là $OD = 0,3$ VKL sinh trưởng tốt nhất. Chính vì vậy, mật độ cấp giống ban đầu với $OD = 0,3$ được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

b) Khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của vi khuẩn lam *Spirulina platensis* SP4 ở các nồng độ nước thải khác nhau

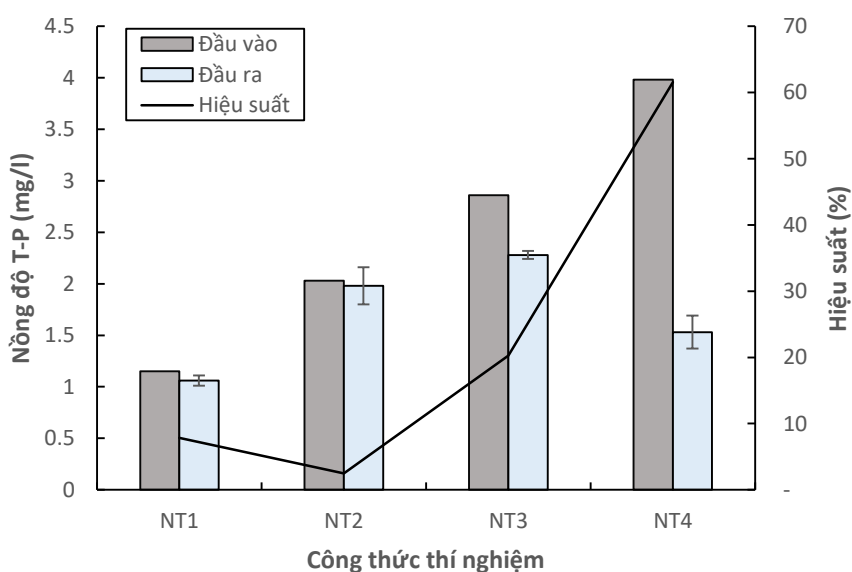
Trong nghiên cứu này, nước thải sinh hoạt được lấy trực tiếp từ cống xả của khu dân cư, sau đó để lắng khoảng 30 phút, lọc sơ bộ để loại bỏ cặn lơ lửng và tiến hành pha loãng ở các nồng độ nước thải 25% (NT1), 50% (NT2), 75% (NT3) và 100% (NT4). 20 mL dịch nuôi chủng VKL *S. platensis* SP4 với mật độ ban đầu $OD =$

0,3 được thêm vào mỗi bình thí nghiệm. Kết quả sinh trưởng của chủng VKL *S. platensis* SP4 ở các nồng độ nước thải khác nhau sau 8 ngày được thể hiện ở hình 3.4.



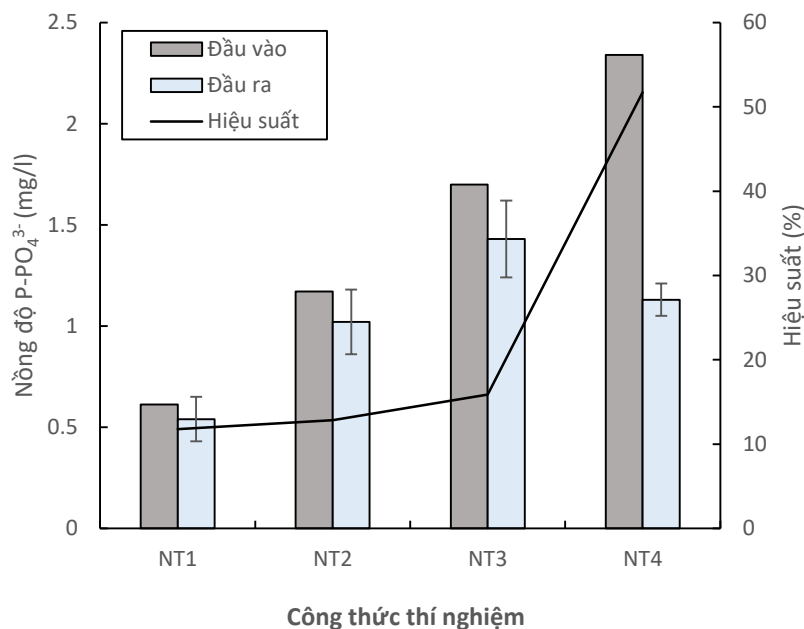
Hình 3.4. Hàm lượng N-NH₄⁺ trong nước thải trước và sau khi xử lý

Từ hình 3.4 ta thấy, sau 8 ngày thí nghiệm, hàm lượng N-NH₄⁺ ở các nồng độ thí nghiệm đều giảm. Trong đó, ở NT4 (100% nước thải) có hiệu suất xử lý cao nhất đạt 99,5%, hàm lượng amoni đầu vào là 28,6 mg/l giảm còn 0,14 mg/l (đầu ra), tương ứng giảm 2,861 mg NH₄⁺/ngày. Hiệu suất xử lý amoni tỉ lệ thuận với nồng độ nước thải thí nghiệm. Điều đó cho thấy khả năng xử lý amoni của *Spirulina platensis* SP4 là rất tốt.

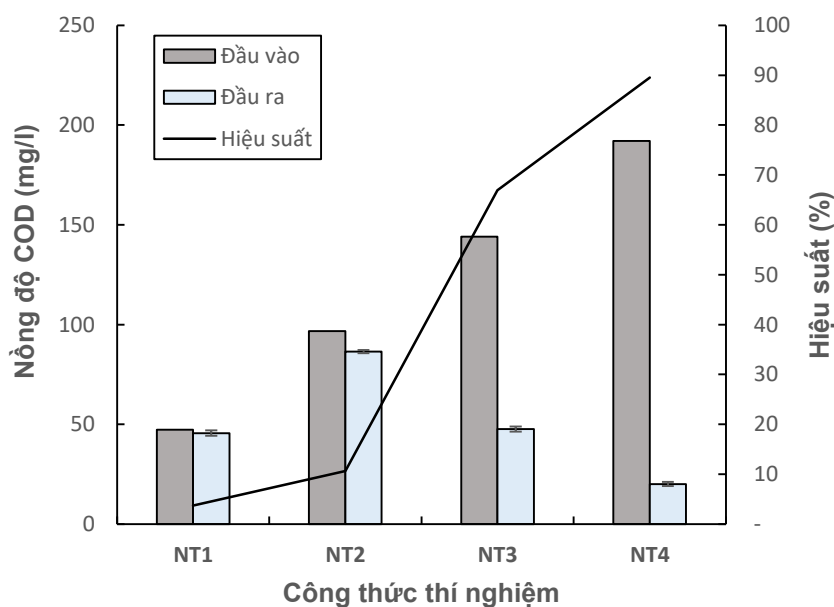


Hình 3.5. Hàm lượng T-P trong nước thải trước và sau khi xử lý

Tương tự khả năng loại bỏ $N-NH_4^+$ của chủng VKL *S. platensis* SP4, ở nghiệm thức NT4 khả năng loại bỏ $P-PO_4^{3-}$ cũng đạt hiệu suất cao nhất. Hàm lượng TP giảm từ 3,98 mg/l (đầu vào ngày T0) xuống còn 1,53 mg/l (đầu ra, ngày T8) tương ứng với hiệu suất xử lý đạt 61,56% sau 8 ngày thí nghiệm. Tương tự, ở công thức NT3, hiệu suất xử lý $P-PO_4^{3-}$ đạt 51,7%, giảm từ 2,34 mg/l xuống còn 1,13 mg/l (Hình 3.6)



Hình 3.6. Hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ trước và sau khi xử lý



Hình 3.7. Hàm lượng COD trước và sau khi xử lý

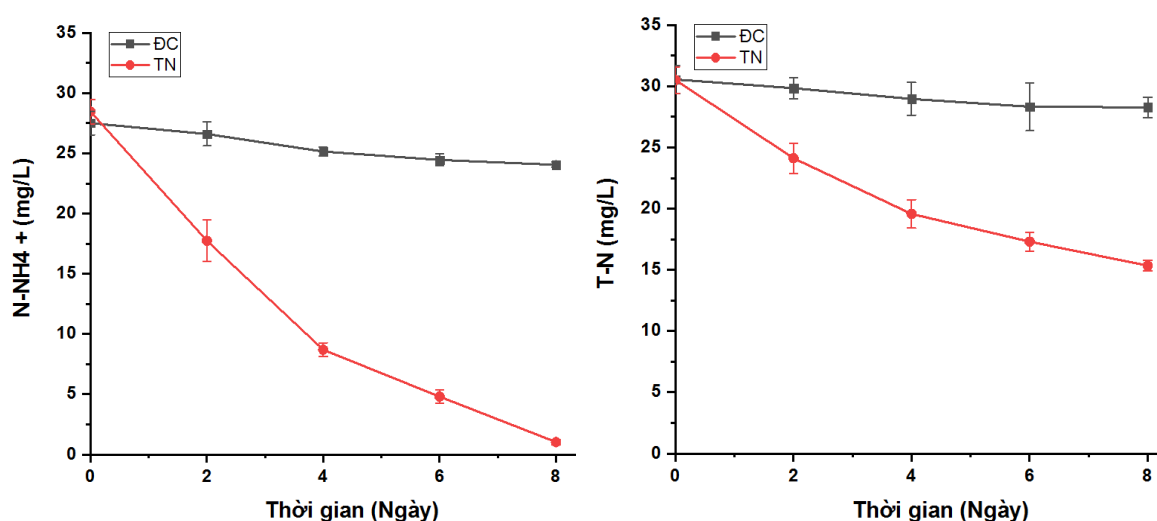
Bên cạnh khả năng loại bỏ nitơ và phospho, khả năng loại bỏ chất hữu cơ (COD) trong nước thải của chủng VKL *S. platensis* SP4 cũng được xem xét (Hình 3.7). Hiệu suất loại bỏ COD ở các nồng độ nước thải 25% (NT1), 50% (NT2), 75% (NT3) và 100% (NT4) của chủng VKL lần lượt là 7,9%, 10,7%, 66,9%, và 89,5%. Các nghiệm thức nước thải 25% (NT1) và 50% (NT2) hiệu xuất xử lý COD thấp hơn rất nhiều so với NT3 và NT4. Ở NT4 (100% nước thải) cho thấy khả năng xử lý COD của *S. platensis* SP4 là tốt nhất. Hàm lượng COD đầu vào (T8) là 192 mg/l giảm còn 20,1 mg/l ở ngày (T8), tương ứng với khả năng xử lý là 172 mg COD/ngày.

3.1.4. Khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của mô hình sinh học sử dụng VKL *Spirulina platensis* SP4

a) Đánh giá khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của mô hình sinh học sử dụng *Spirulina platensis* SP4 ở chế độ tĩnh quy mô 10L

Biến động hàm lượng các chất dinh dưỡng N-NH₄⁺; TN, P-PO₄³⁻, TP và COD) trong hệ xử lý theo thời gian nuôi cấy chủng VKL *S. platensis* SP4 được trình bày ở các hình 3.8, 3.9, 3.10 và 3.11 dưới đây.

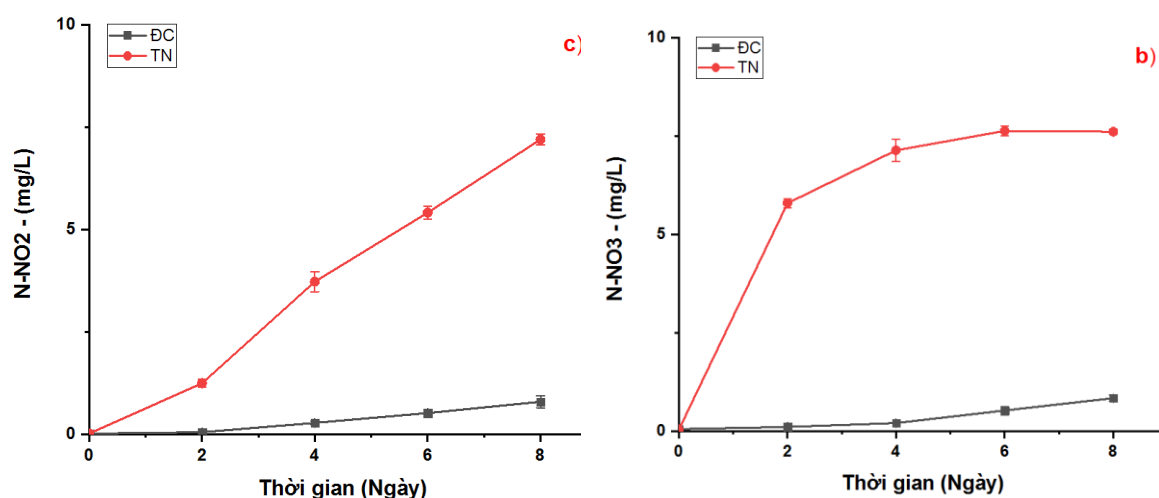
Tại nghiệm thức nước thải sinh hoạt không bổ sung VKL (ĐC), biến động hàm lượng nitơ (N-NH₄⁺ và TN) trong hệ xử lý ở ngày kết thúc thí nghiệm (T8) thay đổi không nhiều so với ngày T0. Hàm lượng N-NH₄ và TN dao động từ 28,15± 1,01 mg/l và 31,15± 0,3 mg/l (T0) đến 26,12± 0,21 mg/l và 29,02± 0,32 mg/l (T8) tương ứng.



Hình 3.8. Biến động hàm lượng N-NH₄⁺ và T-N của mô hình ở chế độ tĩnh

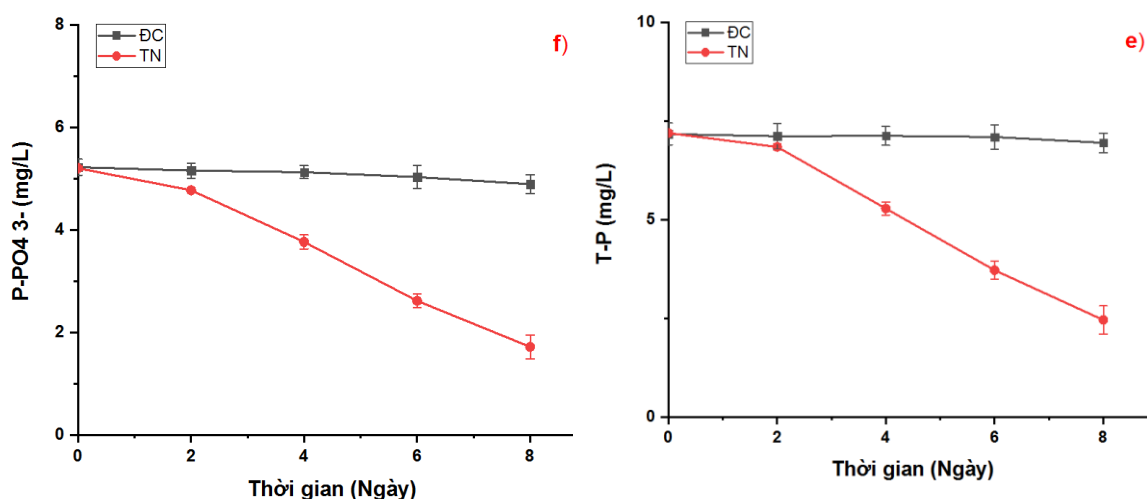
Tại nghiệm thức nước thải sinh hoạt có bổ sung VKL (TN), nồng độ N-NH₄⁺ giảm dần từ 28,5 ± 1,01 xuống 1,03 ± 0,21 mg/L, hiệu suất xử lý đạt 96,37%. Trong khi đó tổng hiệu suất loại bỏ nitơ được xác định là 49,7%, cho thấy rằng N-NH₄⁺

được *Spirulina platensis* SP4 sử dụng chủ yếu. Trên thực tế, vi khuẩn lam có thể đồng thời đồng hóa tất cả các loài nitơ trong khi tạo ra sinh khối [23]. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này việc đánh giá khả năng loại bỏ N-NO_3^- và N-NO_2^- của *Spirulina platensis* SP4 vẫn cần được nghiên cứu thêm. Khả năng loại bỏ N-NH_4^+ trong nước thải sinh hoạt của *Spirulina platensis* SP4 cao gấp hai lần so với loài vi tảo *Chlorella sorokiniana* UTEX 2805 [22]. Điều này chỉ ra rằng *Spirulina platensis* SP4 có thể tồn tại trong nước thải sinh hoạt có nồng độ N-NH_4^+ cao. Việc loại bỏ N-NH_4^+ khỏi nước thải sinh hoạt của vi tảo, VKL là do hai quá trình: (1) quá trình sử dụng trực tiếp N-NH_4^+ của vi khuẩn lam và (2) quá trình tách NH_3 [47]. Trong nghiên cứu của Tran Dang Thuan và cs (2020) báo cáo rằng sự tách NH_3 chỉ xảy ra trong điều kiện môi trường kiềm, nhiệt độ cao và sự hiện diện phong phú của hàm lượng urê trong nước thải [48]. Trong nghiên cứu này, thực nghiệm được thực hiện với điều kiện nhiệt độ phòng ($27^\circ\text{C} \pm 2$) và urê không có trong nước thải, do đó việc tách NH_3 khỏi nước thải có thể không đáng kể và việc mất N-NH_4^+ chủ yếu có thể là do đến sự hấp thụ của VKL. Hơn nữa, sự giảm nồng độ N-NH_4^+ được cho là do quá trình nitrat hóa sinh học tạo ra N-NO_3^- và N-NO_2^- và làm cho nồng độ của chúng tăng lên.



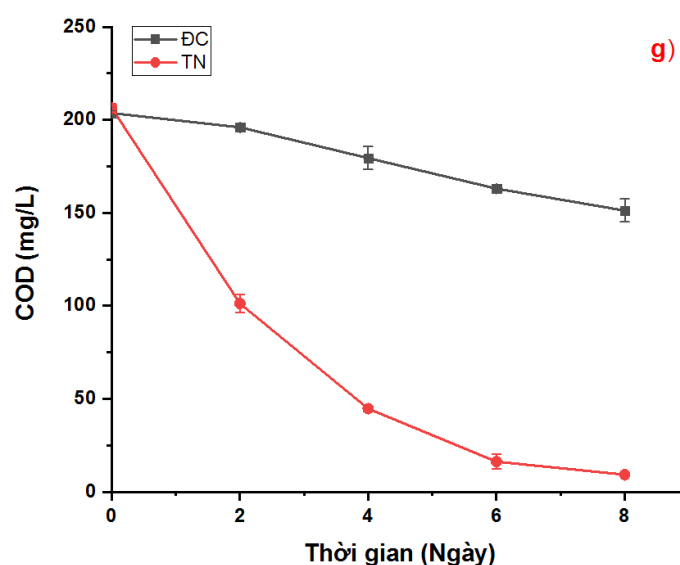
Hình 3.9. Biến động hàm lượng N-NO_2^- và N-NO_3^- trong hệ xử lý ở chế độ tĩnh

Hình 3.9 cho thấy nồng độ N-NO_3^- và N-NO_2^- ở nghiệm thức ĐC tại thời điểm kết thúc thí nghiệm (T8) tăng nhẹ so với thời điểm ban đầu (T0). Điều này cho thấy, nếu không bổ sung vi sinh vật hoặc vi khuẩn lam, quá trình tự xử lý trong nước thải vẫn có thể diễn ra, nhưng hiệu suất xử lý thấp và do vậy thật cần thiết phải bổ sung vi sinh vật hoặc vi tảo/ vi khuẩn lam để tăng khả năng xử lý.



Hình 3.10. Biến động hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ và T-P trong hệ xử lý ở chế độ tĩnh

Sau 8 ngày nuôi VKL *S. platensis* SP4 trong nước thải, hàm lượng photphat ($P-PO_4^{3-}$) và tổng phospho (T-P) trong nước thải sinh hoạt giảm từ $5,2 \pm 0,05$ mg/L xuống $1,71 \pm 0,24$ mg/L và từ $7,19 \pm 0,04$ mg/L xuống $2,45 \pm 0,36$ mg/L tương ứng, hiệu suất xử lý trung bình đạt khoảng 67,1% và 65,9% tương ứng. Khả năng xử lý TP của *Spirulina platensis* SP4 trong nghiên cứu này thấp hơn so với hiệu quả xử lý T-P khoảng 97.1–99.9% của *Chlorella variabilis* TH03 được nuôi trong nước thải đô thị [50].



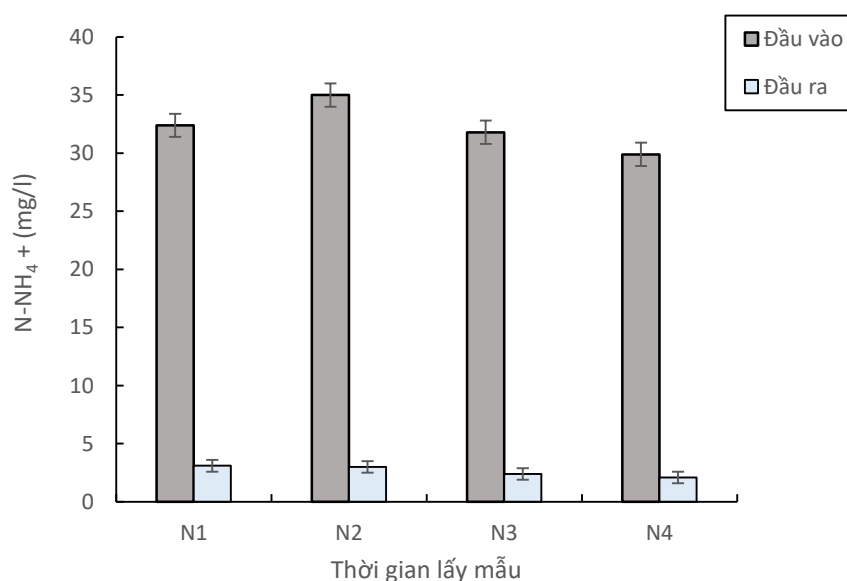
Hình 3.11. Khả năng xử lý COD ở chế độ tĩnh

Khả năng xử lý COD của chủng VKL *S. platensis* SP4 được thể hiện trong hình 3.11. Hàm lượng COD đã giảm đáng kể từ $206,4 \pm 2,11$ xuống $9,2 \pm 0,27$ mg/L sau 8 ngày nuôi cấy, tương ứng với hiệu suất loại bỏ COD của chủng VKL này là 95,53%.

Các kết quả cho thấy rằng *Spirulina platensis* SP4 được sử dụng trong nghiên cứu này có thể sử dụng tốt các hợp chất hữu cơ khác nhau làm nguồn cacbon bên cạnh NaHCO_3 . Điều này tương tự với kết quả được báo cáo bởi các nghiên cứu khác cho rằng *Spirulina platensis* có thể sinh trưởng và phát triển trong điều kiện hỗn hợp (ví dụ: chúng có thể sử dụng đồng thời ánh sáng và các hợp chất hữu cơ làm nguồn năng lượng, đồng hóa CO_2 và glucose hoặc các axit đơn giản làm nguồn cacbon [49]. Nhìn chung, nước thải sinh hoạt sau khi xử lý bằng chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 ở đạt quy chuẩn cho phép (cột B QCVN 14:2008/BTNMT).

b) Đánh giá khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của mô hình sinh học sử dụng *Spirulina platensis* SP4 ở chế độ động quy mô 10L

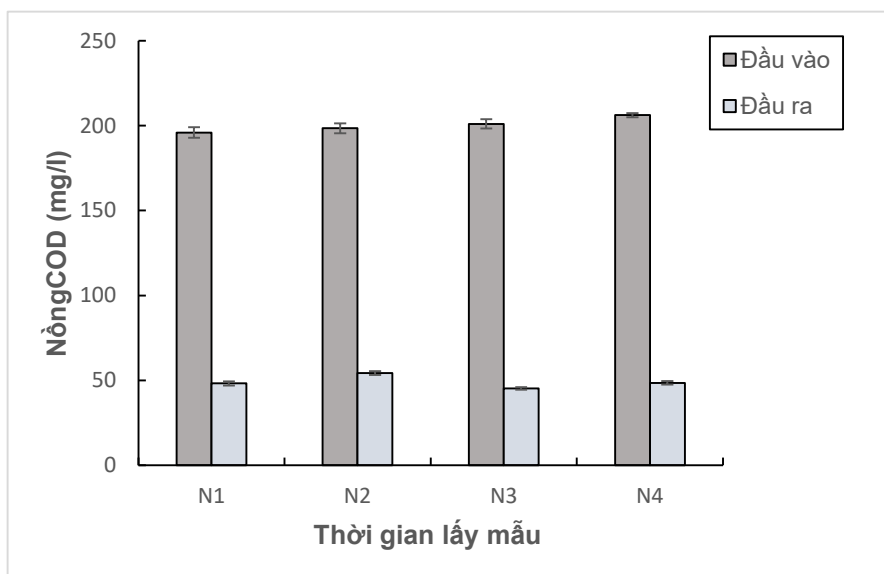
Trong nước thải sinh hoạt đô thị, nitơ vô cơ chiếm phần lớn đặc biệt là hàm lượng Amoni. Đó là chất dinh dưỡng, là môi trường cho các loại tảo phát triển. Biến động hàm lượng N-NH_4^+ của mô hình nuôi VKL ở chế độ động được thể hiện trong hình 3.12.



Hình 3.12. Hàm lượng N-NH_4^+ trước và sau xử lý của mô hình chế độ động

Kết quả cho thấy hàm lượng N-NH_4^+ của nước thải đầu vào giao động từ 29,9 mg/l đến 32,4 mg/l, cao hơn khoảng 3 lần so với quy chuẩn cho phép QCVN 14:2008/BTNMT. Với thời gian lưu nước là 4 ngày, hàm lượng N-NH_4^+ giảm đáng kể. Hàm lượng N-NH_4^+ đầu ra trung bình các ngày lấy mẫu là 2,65 mg/l đạt hiệu suất cao 91,8%. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với nghiên cứu của He và cs (2013) khi sử dụng vi tảo *Chlorella* loại bỏ hơn 95% NH_4^+ trong nước thải đô thị sau 8 ngày xử lý và khẳng định sự phát triển của vi tảo trong môi trường có chứa nhiều amoni.

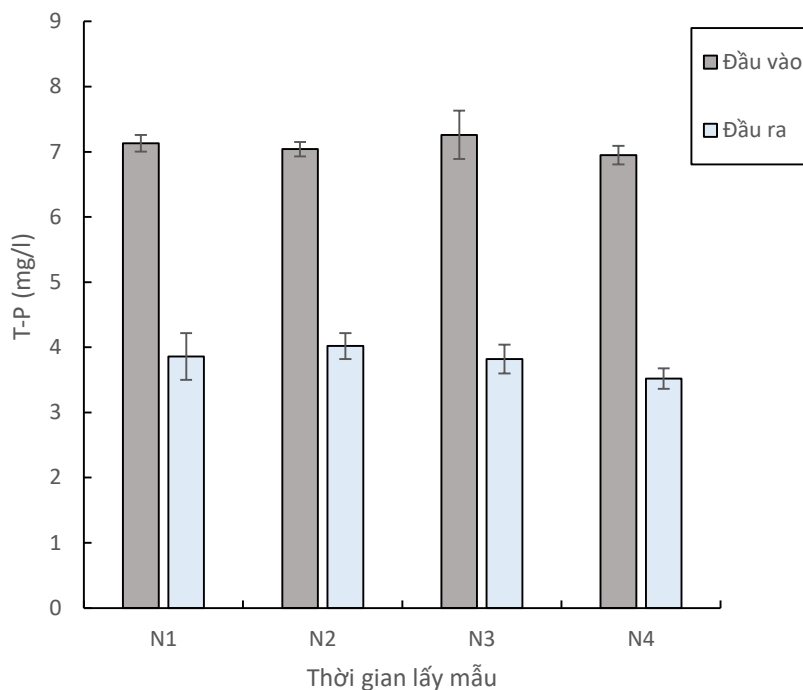
Bên cạnh đó, hàm lượng COD trong nước thải đầu vào khá cao dao động từ 196 mg/l đến 206,2 (mg/l). Trong nước thải đầu ra của mô hình giảm đáng kể trung bình các lần lấy mẫu là $49,03 \pm 3,76$ (mg/l), tương ứng với hiệu suất trung bình đạt 75,5%.



Hình 3.13. Hàm lượng COD trước và sau xử lý của mô hình ở chế độ động

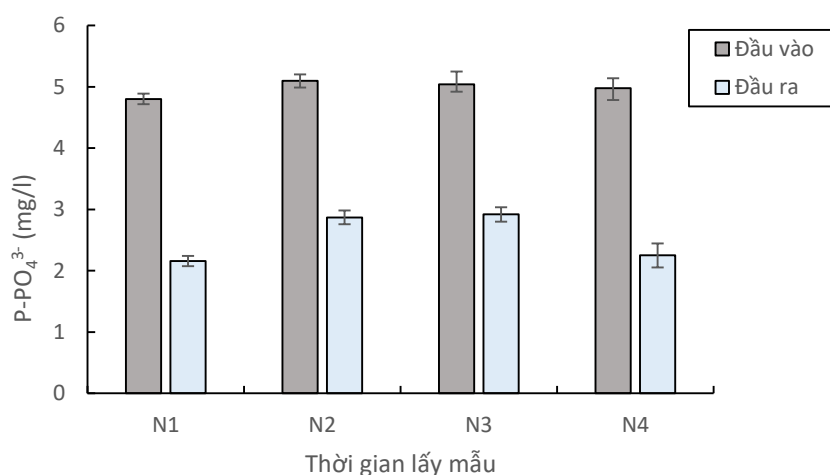
Kết quả của nghiên cứu này tương ứng với công bố của Lê Việt Hoàng và cộng sự (2016) cũng chỉ ra *S. platensis* có khả năng xử lý COD rất tốt trong nước thải chăn nuôi, hiệu suất lên đến 74,05% [28]. Điều đó chứng minh rằng *Spirulina platensis* SP4 trong bể sinh học đã sử dụng phần lớn chất hữu cơ để tổng hợp tế bào.

Photpho có nguồn gốc từ các chất thải là phân, nước tiểu, ure, phân bón trong nông nghiệp và các chất tẩy rửa dùng trong sinh hoạt hàng ngày. Hàm lượng photpho tổng số trong nước thải sinh hoạt cũng dao động lớn từ 5-50 mg/l. Trong quá trình xử lý sơ bộ nước thải, photpho hữu cơ sẽ bị chuyển hóa sinh học thành photphat. Photpho cũng là chất dinh dưỡng cần thiết cho thực vật, đặc biệt là sự phát triển của tảo. Một số nghiên cứu trước đây báo cáo rằng, vi tảo và VKL có khả năng xử lý photpho tổng số trong nước thải chăn nuôi lợn pha loãng lên đến 42-98% sau 4-5 ngày nuôi. Tương tự, trong nghiên cứu này, hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ và T-P của bể nuôi VKL giảm đáng kể (Hình 3.14)



Hình 3.14. Hàm lượng T-P trước và sau xử lý của mô hình ở chế độ động

Hình 3.14 cho thấy nồng độ T-P trong nước thải đầu vào trung bình đạt $7,1 \pm 0,12$ mg/L. Nồng độ T-P trong nước thải đầu ra của mô hình giảm còn $3,81 \pm 0,2$ mg/L. Hiệu suất xử lý của mô hình ở chế độ động đạt 46,37%. Nồng độ T-P sau xử lý giảm là do tảo sử dụng để tổng hợp tế bào. Ngoài ra, phốt-pho cũng được sử dụng để tổng hợp, duy trì và vận chuyển năng lượng của *S. platensis* SP4

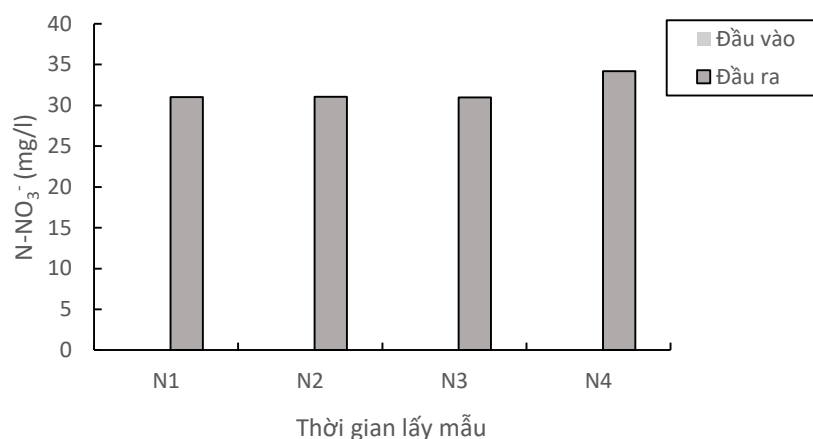


Hình 3.15. Hàm lượng P-PO₄ trước và sau xử lý của mô hình ở chế độ động

Tương tự với T-P, nồng độ P-PO₄ trong nước thải đầu vào giảm từ $4,98 \pm 0,13$ mg/L xuống còn $2,55 \pm 0,4$ mg/L, hiệu suất đạt 48,9% (Hình 3.15). Như vậy, đối với

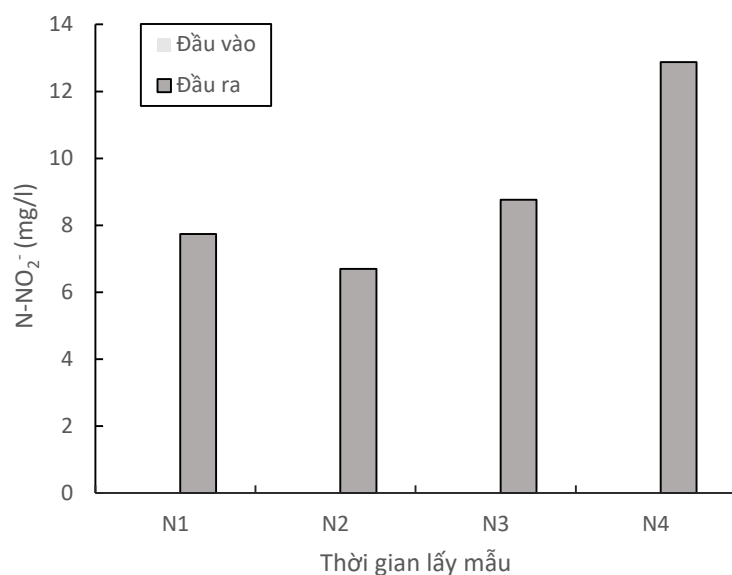
mô hình chạy liên tục có thời gian lưu nước là 4 ngày hàm lượng T-P và $P-PO_4^{3-}$ đầu ra đạt quy chuẩn cho phép QCVN 14:2008/BTNMT về nước thải sinh hoạt.

Kết quả phân tích cho thấy trong hệ thí nghiệm liên tục, hàm lượng N- NH_4 khá cao từng bình đạt $32,28 \pm 2,1$ mg/L trong khi lượng N- NO_3^- thấp chỉ $0,025 \pm 2,1$ mg/L. Sau khi nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4 trong môi trường nước thải, nồng độ N- NO_3^- tăng lên là $31,8 \pm 1,5$ mg/L, tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn cho phép QCVN 14:2008/BTNMT. Điều này cho thấy trong quá bể xử lý diễn ra quá trình chuyển hóa ni-tơ hữu cơ thành amoni và chuyển amoni thành nitrat. Một phần amoni trong nước thải được *Spirulina platensis* SP4 sử dụng trực tiếp, và một phần được chuyển thành NO_3^- cho tái sử dụng. Do đó, nồng độ N- NH_4^+ trong nước thải đầu ra đều giảm nhưng nồng độ N- NO_3^- lại tăng.



Hình 3.16. Biến động hàm lượng N- NO_3^- trong hệ xử lý ở chế độ động

Nitrit là sản phẩm trung gian của quá trình oxy hóa amonic hoặc nito trong điều kiện hiếu khí nhờ các loài vi khuẩn *Nitrosomonas*. Sau đó nitrit hình thành tiếp tục được vi khuẩn *Nitrobacter* oxy hóa thành nitrat. Ở trạng thái cân bằng của môi trường nước, nồng độ nitrit, nitrat là rất thấp, nó thường nhỏ hơn 0,02 mg/L. Trong quá trình xử lý nước, nitrit trong nước sẽ tăng lên đột ngột [14]. Biểu đồ hình cho thấy nồng độ N- NO_2^- đầu vào thấp khoảng 0,005 mg/L. Sau quá trình xử lý, hàm lượng NO_2 tăng lên đến 9,02 mg/L.



Hình 3.17. Biến động hàm lượng $N-NO_2^-$ trong hệ xử lý ở chế độ động

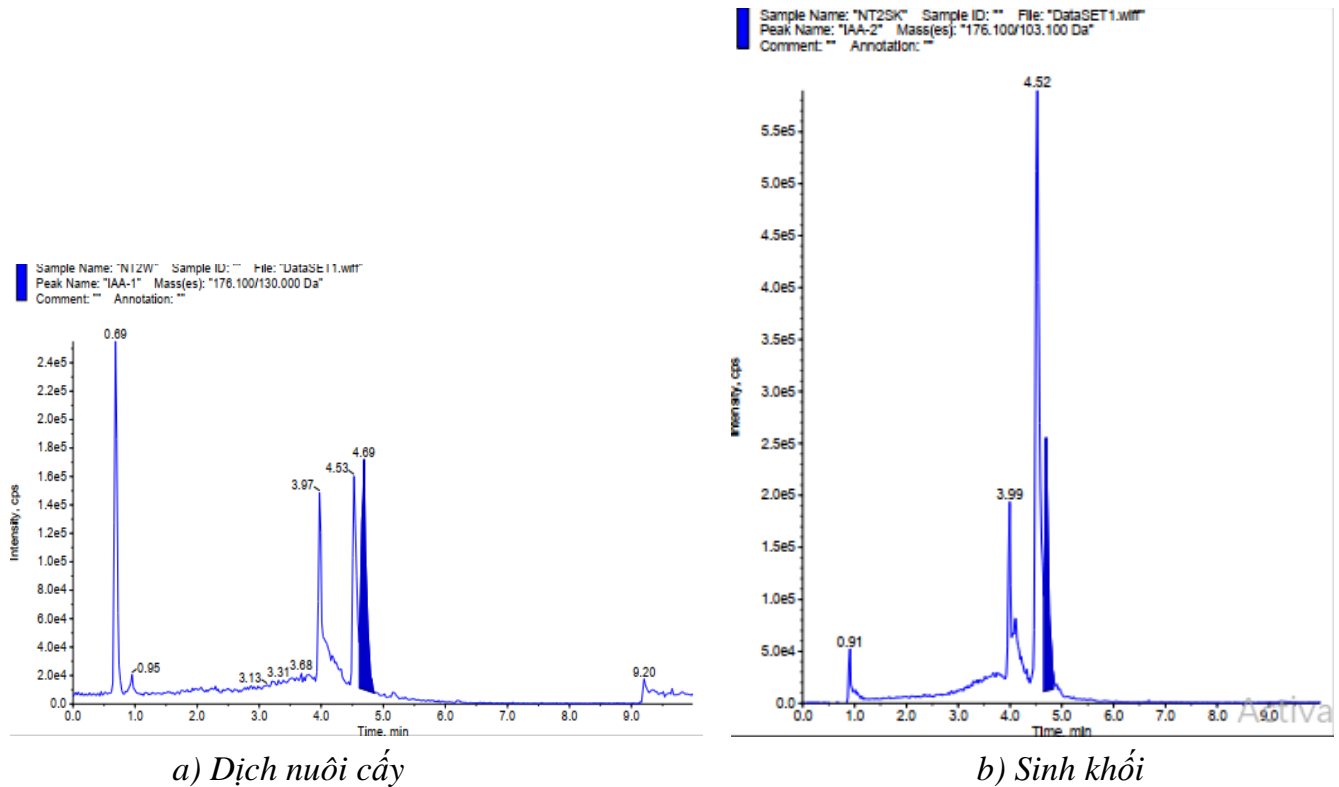
Các quá trình này phản ánh mức độ khoáng hóa của các chất hữu cơ nhưng quan trọng hơn là quá trình nitrat hóa đã tích lũy được một lượng oxy dự trữ có thể ứng dụng để oxy hóa các chất hữu cơ không chứa nito khi lượng oxy tự do đã tiêu hòa hoàn toàn. Sự có mặt của nitrat phản ánh mức độ khoáng hóa hoàn toàn các chất bản hữu cơ, chứng tỏ sự hoàn thiện của công trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học.

3.2. Nghiên cứu sử dụng vi khuẩn lam làm phân bón kích thích tăng trưởng cây trồng

3.2.1. Xác định hàm lượng IAA trong sinh khối và dịch chiết vi khuẩn lam *Spirulina platensis* SP4

a) Hàm lượng IAA chủng VKL *S. platensis* SP4 nuôi trong môi trường Zarouk

Sinh khối chủng VKL của *S. platensis* SP4 nuôi trong môi trường Zarouk có bổ sung L-tryptophan được tiến hành thu ở pha sinh trưởng (sau 8 ngày nuôi cấy). Kết quả phân tích hàm lượng IAA bằng phương pháp HPLCS cho *Spirulina platensis* SP4 trong môi trường Zarouk có khả năng sinh chất tổng hợp IAA cả ở trong môi trường nuôi cấy (ngoại bào) và sinh khối (nội bào). Hàm lượng IAA được phát hiện trong môi trường nuôi cấy đạt 0,135 $\mu\text{g/ml}$ và 0,294 $\mu\text{g/g}$ sinh khối tươi.



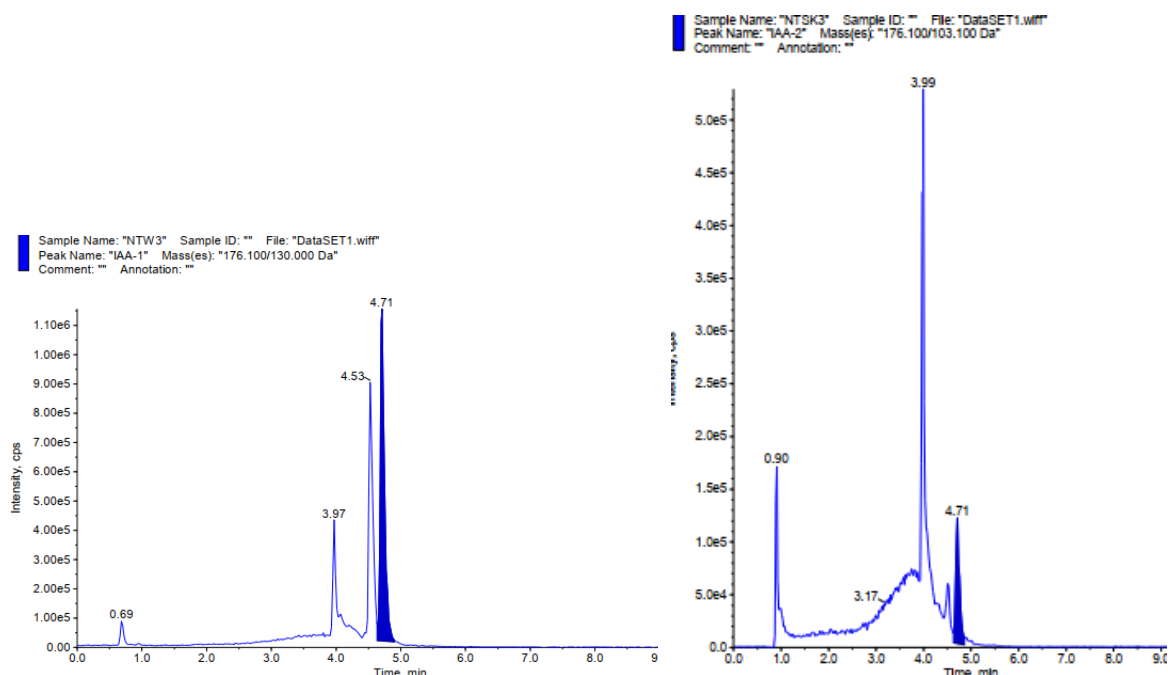
a) Dịch nuôi cấy
b) Sinh khối

Hình 3.18. Phổ IAA xác định trong dịch nuôi cấy và sinh khối *Spirulina platensis* SP4

Như vậy, chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 có khả năng sinh tổng hợp chất kích thích sinh trưởng IAA phụ thuộc và tiền chất L-tryptophan. Nhiều nghiên cứu đã cho thấy khả năng sinh tổng hợp IAA ở một số chủng vi khuẩn và VKL phụ thuộc vào sự hiện diện của L-tryptophan trong môi trường (Mehboob và cs., 2010; Hasnain, 2011). Ngoài ra, nghiên cứu này cũng ghi nhận chủng *P. raciborskii* 1PL có khả năng sinh tổng hợp IAA phụ thuộc L-tryptophan nhưng có cũng khả năng tự sản sinh IAA độc lập với L-tryptophan. Kết quả nghiên cứu này cũng tương đồng với công bố của Chittapun và cs., 2018. Sinh tổng hợp IAA không phụ thuộc vào tryptophan được ghi nhận ở hai chủng *Nostoc* là *N. carneum* TUBT04 và *N. soc* TUB05 [50]. Ngoài ra, hai chủng *Anabeana* có khả năng tổng hợp với hàm lượng IAA cao khi chúng được nuôi cấy trong môi trường không có tryptophan và được nuôi ở điều kiện chiếu sáng liên tục [51].

b) Hàm lượng IAA của *S.platensis* SP4 sau khi xử lý nước thải sinh hoạt

Như trình bày ở trên, chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 có khả năng loại bỏ các chất dinh dưỡng đặc biệt là $N-NH_4^+$ trong nước thải sinh hoạt. Sinh khối chủng VKL của *S. platensis* SP4 nuôi trong nước thải có bổ sung L-tryptophan được tiến hành thu ở pha sinh trưởng (sau 8 ngày).



a) Dịch nuôi cấy

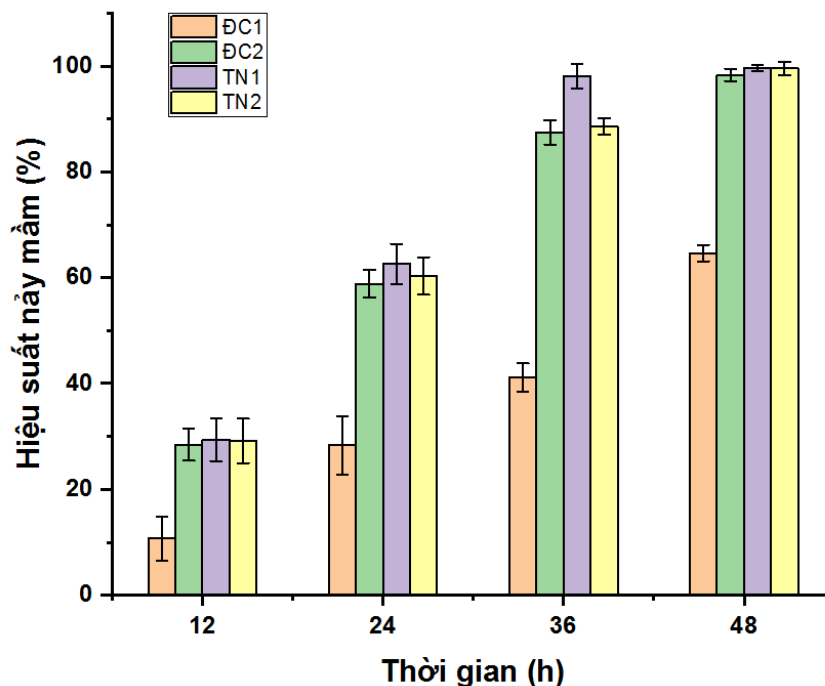
b) Sinh khối

Hình 3.19. Phổ IAA của dịch nuôi chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 trong nước thải sinh hoạt

Kết quả cho thấy, sinh tổng hợp IAA ngoại bào và nội bào của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 là 0,824 $\mu\text{g}/\text{mL}$ và 0,058 $\mu\text{g}/\text{g}$ sinh khối tươi tương ứng. Như vậy, có thể thấy chủng VKL nghiên cứu vừa có khả năng loại bỏ các chất dinh dưỡng, chất hữu cơ dư thừa trong nước thải vừa có khả năng sinh tổng hợp IAA nội bào và ngoại bào trong môi trường nuôi là nước thải sinh hoạt. Do đó, sử dụng vi khuẩn lam có khả năng sinh hormone thực vật để xử lý nước thải góp phần bảo vệ môi trường và có thể tận dụng sinh khối và dịch nuôi là nguồn phân bón kích thích sinh trưởng cây trồng là rất tiềm năng ứng dụng trong nông nghiệp.

3.2.2. Đánh giá khả năng nảy mầm của hạt lúa sử dụng dịch nuôi chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 trong nước thải sinh hoạt

Ảnh hưởng của dịch môi trường nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4 đến khả năng nảy mầm của hạt lúa giống BC 15 sau khi ủ 48h được trình bày ở hình 3.20



Hình 3.20. Ảnh hưởng của dịch môi trường nuôi chủng VKL *S. platensis* SP4 đến khả năng nảy mầm của hạt lúa BC 15 sau 48 h

Hình 3.20 cho thấy ở thí nghiệm ĐC1, hạt lúa BC15 được ngâm trong nước máy nảy mầm với hiệu suất thấp nhất đạt $64,7 \pm 1,53\%$ sau 48h. Ở nghiệm thức ĐC2, TN1 và TN2 cho hiệu suất nảy mầm hạt lúa đạt $87,5 \pm 2,3\%$; $98,1 \pm 2,32\%$ và $88,6 \pm 1,53\%$ sau 36 giờ ủ và đạt $98,32 \pm 1,17\%$; $99,61 \pm 0,58\%$ và $99,54 \pm 1,25\%$ tương ứng sau 48 giờ ủ. Sử dụng dịch nuôi cấy VKL trong nước thải có bổ sung tiền chất L-tryptophan ở nghiệm thức TN1 cho tỉ lệ nảy mầm của hạt lúa BC15 cao nhất đạt $99,6 \pm 0,58\%$ sau 48h ủ. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy không có khác biệt có ý nghĩa khi sử dụng dịch nuôi VKL *S. platensis* SP4 trong nước thải, trong môi trường chuẩn Zarrouk trong việc kích thích sự nảy mầm của hạt lúa giống BC15. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với các nghiên cứu ngâm hạt lúa trong môi trường nuôi cấy để làm giảm thất thoát từ các quá trình khử sunfat và điều này được cho là do tăng cường khả năng nảy mầm và cây con phát triển nhanh hơn [52].

3.2.3. Đánh giá khả năng ảnh hưởng sinh khối vi khuẩn lam thu sau khi xử lý nước thải sinh hoạt đến năng suất sinh trưởng của cây lúa giống BC15.

a) Thành phần dinh dưỡng và các chỉ tiêu hóa lý của đất trồng

Dinh dưỡng khoáng N, P, K là nguồn dinh dưỡng quan trọng cho sinh trưởng và phát triển của cây lúa [53]. Đạm là yếu tố quan trọng giúp tăng năng suất cây Lúa: số lượng hạt trên bông, tỷ lệ hạt chắc, hàm lượng protein trong gạo. Lân có chức năng lưu trữ, chuyển đổi năng lượng và bảo vệ màng sinh chất cho cây. Lân là yếu tố

chuyên vị trong cây, có tác dụng thúc đẩy đẻ nhánh, phát triển bộ rễ và trổ bông sớm. Kali có chức năng khác là thẩm thấu, kích hoạt Enzyme, điều hòa sự thoát hơi nước qua lá, thân qua khí khổng và quá trình vận chuyển các chất đồng hóa của cây, tăng khả năng chống chịu cho cây trồng. Nguồn cung cấp dinh dưỡng NPK cho cây lúa chủ yếu là từ đất, phân bón và thải thực vật để lại. Ngoài ra, nó còn được bổ sung thêm từ nước tưới, nước mưa và vi sinh vật có trong đất [54,55].

Bảng 3.3. Thành phần dinh dưỡng của đất trồng thí nghiệm

TT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị tính	Nghiên cứu này	Nghiên cứu 4 (Nguyễn Hữu Chiếm và cs, 2017)[56]	Nghiên cứu 5 (Chu Sỹ Huân và cs, 2020)[57]
1	pH KCl	-	5,78	-	3,88-5,56
2	pH H ₂ O	-	6,29	5,93-5,09	-
3	OM	%	1,49	4,7-6,93	-
4	N tổng số	%	0,08	0,2-0,26	0,2-0,32
5	P ₂ O ₅ tổng số	%	0,50	0,13-0,16	112,37-182,09
6	K ₂ O tổng số	%	0,29	1,02-1,45	21,74-40,66

Kết quả bảng 3.3 cho thấy các chất dinh dưỡng đất sử dụng cho trồng lúa trong nghiên cứu này có hàm lượng thấp. Độ chua của đất được thể hiện qua giá trị pH H₂O là 6,29 và pH KCl là 5,78 được đánh giá là đất trung tính và gần trung tính (Theo FAO-UNESCO, Sổ tay phân tích - ĐHTH Hà Nội). Về thành phần dinh dưỡng, chất hữu cơ OM đạt 1,49% được xếp vào đất có dinh dưỡng hữu cơ trung bình (Đất Việt Nam - Hội KH Đất). Bên cạnh đó, hàm lượng N tổng số và K₂O tổng số lần lượt là 0,08% và 0,29% được đánh giá ở mức nghèo. Hàm lượng P₂O₅ tổng số có giá trị là 0,5% cao hơn so với N và K₂O, so sánh với thang đánh giá chất lượng đất, hàm lượng tổng lân >0,1% là đất giàu dinh dưỡng. Ngoài ra, số liệu bảng 3.3 cho thấy, các chất hữu cơ của đất đất thí nghiệm được sử dụng trong nghiên cứu này tương đối nghèo dinh dưỡng so với các nghiên cứu của cùng loại. Theo Nguyễn Hữu Chiếm (2017), đất trồng lúa vùng đê bao khép kín có giàu dinh dưỡng đặc biệt là chất hữu cơ và N tổng số[56]. Đối với đất trồng lúa tại tỉnh Thái Bình (NC5) [57], chất dinh dưỡng trong đất rất cao. Tuy nhiên, đất có pH KCl tương thấp hơn so với nghiên cứu của luận văn này. Sự khác nhau này phụ thuộc vào khu vực lấy mẫu và loại đất khác nhau.

Như vậy, kết quả phân tích chất lượng đất cho thấy, đất được sử dụng trong thí nghiệm cần được bổ sung các chất dinh dưỡng khi tiến hành nghiên cứu, đặc biệt cần bổ sung đạm và kali để đảm bảo sinh trưởng và phát triển của cây lúa.

b) Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 đến chiều cao, số nhánh và số lá của cây lúa BC15

Nhiều nghiên cứu đã cho thấy việc sử dụng sinh khối vi khuẩn lam kết hợp với đất trồng như một biện pháp hỗ trợ khả năng sinh trưởng của cây lúa. Việc sử dụng sinh khối của VKL đã cho thấy năng suất lúa tăng từ 15-20% trong các thí nghiệm đồng ruộng [58]. Chiều cao cây thường tỉ lệ với chiều dài bông (tiềm năng nhiều hạt hơn) nhưng khi thừa phân sẽ làm tăng chiều cao dễ gây đổ ngã và nhiều sâu bệnh nên xác định liều lượng phân bón đáp ứng đủ nhu cầu cây lúa là rất quan trọng [59]. Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 đến chiều cao, số nhánh và số lá của cây lúa BC15 được trình bày ở bảng 3.4.

Bảng 3.4. Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 đến chiều cao cây lúa

Tên mẫu	Chiều cao thân (cm)				
	Ban đầu	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4
Đối chứng	17,5±1,5	19,2±1,26	24,7±0,58	30,7±2,08	40,3±1,53
SK 1	18,7±1,89	20,3±2,08	25,0±1	33,7±2,08	45,7±1,79
SK 2	18,0±1,73	20,0±1,32	25,0±1	34,0±1	46,7±1,16
SK 3	18,2±1,89	20,2±1,53	27,7±0,58	38,3±1,53	50,7±2,08
SK 4	18,8±1,04	22,7±0,76	27,7±0,58	37,7±0,58	49,7±2,54

Số liệu bảng 3.4 cho thấy lượng sinh khối vi khuẩn lam được phối trộn và bổ sung vào đất càng nhiều góp phần thúc đẩy mạnh chiều cao của cây lúa. Các nồng độ sinh khối trộn với đất khác nhau có ảnh hưởng tốt đối với chiều cao cây khi chỉ số này ở các nghiệm thức sinh khối VKL đều cao hơn đối chứng. Lúa ở các nghiệm thức đều tăng trưởng tốt trong 4 tuần thí nghiệm. Trong 2 tuần đầu tiên, hầu như chiều cao của cây lúa không có sự khác biệt rõ rệt. Bước sang tuần thứ 3 và 4, các công thức phối trộn sinh khối VKL đã có những thay đổi đáng kể. Công thức SK 3 (phối trộn 1.5kg đất với 10g sinh khối) có sự tăng trưởng nhanh nhất là 50,7 cm, cao hơn so với đối chứng là 10,4 cm. Như vậy, có thể thấy rằng khi bổ sung sinh khối chủng VKL đã làm tăng chiều cao thân cây lúa.

Bảng 3.5. Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 đến số nhánh cây lúa

Tên mẫu	Số nhánh				
	Ban đầu	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4
Đối chứng	5±0	5±0	5±0	7±0,54	9±1
SK 1	5±0	5±0	5±0	8±0,43	9±0,58
SK 2	5±0	5±0	5±0,28	8±0,5	10±1
SK 3	5±0	5±0	6±58	11±1	13±1,15
SK 4	5±0	5±0	6±0,45	9±1,15	11±1

Bổ sung sinh khối VKL *Spirulina platensis* SP4 vào đất đã có những ảnh hưởng đến quá trình đẻ nhánh của giống lúa BC15. Từ tuần 2 (14 ngày sau cấy lúa), các chậu lúa bắt đầu đẻ nhánh. Công thức SK3 và SK4 đẻ nhánh sớm hơn so với các công thức còn lại. Điều này cho thấy, sinh khối chủng VKL đã góp phần tăng nhanh sinh trưởng của giống lúa. Tuần thứ 3 và 4, các công thức ĐC, SK1 và SK2 đã có sự thay đổi đáng kể, số nhánh tính đến tuần thứ 4 lần lượt là 9, 9 và 10 nhánh/chậu. Công thức SK3 có số nhánh nhiều nhất trung bình là 13 nhánh/chậu và có thể kết thúc giai đoạn đẻ nhánh để chuẩn bị bước sang giai đoạn làm đòng. Chức năng quan trọng của lá chuyên năng lượng ánh sáng mặt trời thành năng lượng hóa học tích lũy trong các hợp chất hữu cơ qua quá trình quang hợp. Tăng số lá là làm tăng bề mặt hấp thụ ánh sáng, tăng khả năng quang hợp, qua đó ảnh hưởng tích cực đến sinh trưởng, phát triển và năng suất cây trồng. Số lá của mỗi chậu cũng tỷ lệ thuận với số nhánh (Bảng 3.6).

Bảng 3.6: Ảnh hưởng của nồng độ sinh khối chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 đến số lá ở giống lúa BC15

Tên mẫu	Số lá				
	Ban đầu	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4
Đối chứng	15±0	15±0	15±0	19±2,52	29±3,04
SK 1	15±0	15±0,6	15±0,5	21±0,55	34±2,51
SK 2	15±0	15±0,58	15±0,38	25±1,53	33±2,65
SK 3	15±0	15±0	16±1,15	35±3,01	43±2,06
SK 4	15±0	15±0	16±1,73	31±2,08	37±2,52

Như vậy có thể thấy với nồng độ sinh khối VKL *Spirulina platensis* SP4 là 10g sinh khối tươi trộn với 1,5 kg đất đã góp phần làm tăng chiều cao, đẻ nhánh và số lá ở giống lúa B 15 so với các nghiệm thức thử nghiệm khác. Đây cũng là nồng độ sinh khối VKL được sử dụng cho các nhiên cứu tiếp theo.

c) Đánh giá ảnh hưởng sinh khối của chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 nuôi trong nước thải sinh hoạt đến khả năng sinh trưởng của cây lúa BC15

Số liệu trong bảng 3.7 thể hiện, sinh khối VKL có tác dụng làm tăng các yếu tố cấu thành sinh trưởng của giống lúa BC15.

Bảng 3.7. Ảnh hưởng của sinh khối VKL *Spirulina platensis* SP4 đến chiều cao giống lúa BC15

Tên mẫu	Đối chứng	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	
Thời gian thí nghiệm	Ban đầu	19,2±1,26	20,3±2,08	20±1,32	20,2±1,5	22,7±0,8
	Tuần 1	19,7±1,15	21,3±1,61	20,8±1,53	21,3±1,6	23,7±0,6
	Tuần 2	22,3±0,58	24,5±0,5	25±1	27,7±0,6	27,7±0,6
	Tuần 3	29,0±1	33,0±1,73	33±1	36,7±1,5	39,7±0,6
	Tuần 4	44,7±1,53	45,7±3,79	46,7±4,16	50,7±2,1	49,7±2,5
	Tuần 5	45,0±1,73	43,5±0,5	45,7±0,58	45,3±1,2	43,7±2,1
	Tuần 6	57,5±0,71	55,3±2,52	60±2	56,7±1,5	55,3±2,1
	Tuần 7	58,0±0	57,3±2,52	61±1,32	61,0±1,7	61,4±2,8
	Tuần 8	61,0±1,41	60,6±2,15	62,8±1,26	64,2±1,2	64,8±1,3
	Tuần 9	65,5±0,71	64,3±1,04	63,5±0,5	66,0±1,7	68,0±1,5
	Tuần 10	66,0±1,41	66,2±1,04	64±0,5	66,8±1,3	70,0±2

Số liệu bảng 3.7 cho thấy ở cả 5 công thức thí nghiệm lúa đều phát triển rõ rệt từ ngày tuần thứ 3 sau cấy. Công thức SK1, SK2, SK3 và SK4 đều cho thấy sự tăng trưởng chiều cao nhanh hơn so với đối chứng lần lượt là 4cm, 4cm, 7,7cm và 10,7 cm. Trong đó, hai công thức SK3 và SK4 cho sinh trưởng cây lúa nhanh nhất. Kết thúc thí nghiệm, nghiệm thức SK4 cho thấy sự phát triển chiều cao của lúa là nhanh nhất, cao hơn so với đối chứng là 4 cm.

Kết quả phân tích số nhánh lá giống lúa BC15 trong giai đoạn đẻ nhánh rõ được trình bày ở Bảng 3.8. Bảng số liệu cho thấy VKL đã làm tăng khả năng đẻ nhánh của lúa. Trong thời gian sinh trưởng, phát triển của lúa, các công thức lúa thí nghiệm nhìn chung có tổng số nhánh giao động từ 11 đến 17 nhánh. Trong đó, SK3 có số nhánh cao nhất là 17 nhánh nhiều hơn so với đối chứng 6 nhánh.

Bảng 3.8. Ảnh hưởng của sinh khối VKL *Spirulina platensis* SP4 đến số nhánh giống lúa BC15

Tên mẫu	Đối chứng	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	
Thời gian	Ban đầu	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0
	Tuần 1	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0
	Tuần 2	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0
	Tuần 3	5±0,58	5±0,6	6±0,58	5±0,6	5±0,58
	Tuần 4	5±0,58	6±0,6	6±0	6±0,6	6±0,58
	Tuần 5	7±1,15	8±1	8±1,53	8±1	9±1
	Tuần 6	10±0,71	12±0,6	12±1,53	13±1,2	11±0,58
	Tuần 7	11±1,41	12±0,6	13±0,58	14±1,2	13±1,15
	Tuần 8	11±1,41	12±0,6	13±0	15±1,7	14±1
	Tuần 9	11±1,41	13±0,6	14±0,58	17±1,5	15±1,15
Tuần 10	11±1,41	13±0,6	15±1,15	17±1,2	15±1,15	

Lúa được thu hoạch ở tuần thứ 10 để cân trọng lượng tươi và trọng lượng khô. Kết quả được thể hiện trong bảng 3.9.

Bảng 3.9. So sánh khối lượng tươi và khô của cây lúa sau 10 tuần thí nghiệm

Tên mẫu	Trọng lượng tươi (g)	Trọng lượng khô (g)
Đối chứng	23,54±0,65	5,73±0,13
SK1	39,24±1,1	10,94±0,11
SK2	38,32±0,55	10,01±0,12
SK3	54,76±0,39	15,05±0,72
SK4	49,39±0,66	14,15±0,36

Kết quả bảng 3.9 cho thấy trọng lượng của cây lúa ở các công thức thí nghiệm đều cao hơn vượt trội so với đối chứng. Trong đó công thức SK3 có trọng lượng cao nhất là 54,76 g trọng lượng tươi, cao hơn so với đối chứng là 31,19 g.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Từ các kết quả thu được trong quá trình nghiên cứu, chúng tôi rút ra những kết luận sau:

- *Spirulina platensis* SP4 có thể loại bỏ rất tốt N-NH_4^+ , T-N, P-PO_4^{3-} , T-P và COD trong nước thải sinh hoạt với hiệu suất đạt 96,37 %, 49,71 %, 67,05 %, 65,88 % và 95,53 % đối với hệ tĩnh và hiệu quả xử lý N-NH_4^+ , P-PO_4^{3-} , T-P và COD của mô hình lần lượt là 91,8%, 48,9%, 46,37% và 75,7% đối với hệ động. Hàm lượng các chất thải đầu ra đều nằm trong quy chuẩn cho phép QCVN 14:2008/BTNMT về nước thải sinh hoạt.

- Chủng VKL *Spirulina platensis* SP4 có khả năng sinh hormon thực vật IAA cả nội bào và ngoại bào trong điều kiện nuôi cấy ở môi trường Zarrouk và trong nước thải sinh hoạt , với hàm lượng 0,294 $\mu\text{g/g}$ sinh khối tươi; 0,135 $\mu\text{g/ml}$; 0,058 $\mu\text{g/g}$ sinh khối tươi và 0,824 $\mu\text{g/mL}$ tương ứng.

- Sử dụng dịch nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4 đã kích thích nảy mầm hạt lúa BC15 sau 48h ủ đạt 99,5% cao hơn đối chứng là 34,9%.

- Sử dụng sinh khối VKL *Spirulina platensis* SP4 có tác dụng tích cực đến sự sinh trưởng, phát triển của giống lúa BC 15 (chiều cao, đẻ nhánh, số lá, trọng lượng cây) được thử nghiệm ở quy mô phòng thí nghiệm so với đối chứng.

2. Kiến nghị

Cần nghiên cứu các ảnh hưởng điều kiện môi trường đến khả năng xử lý nước thải của VKL *Spirulina platensis* SP4

Cần nghiên cứu sâu hơn về các phương pháp thu hồi sinh khối VKL để ứng dụng cho các mục đích khác.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

Bài báo đã được chấp nhận đăng tháng 07/2022

Nguyen Thi Kieu Oanh, Duong Thi Thuy, Doan Thi Oanh, Vu Thi Nguyet, Nguyen Van Nam, 2022, The domestic wastewater treatment capacity of *Spirulina platensis* SP4 and the application of the treated wastewater in stimulating rice germination, *Tạp chí Công nghệ sinh học*.

(Bản thảo được đính kèm theo phụ lục luận văn này)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quy chuẩn Việt Nam QCVN 14:2008/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt
2. Báo cáo Hiện trạng môi trường Quốc gia 2018
3. Trịnh Lê Hùng, 2006, *Kỹ thuật xử lý nước thải*, NXB giáo dục, Hà Nội
4. Lương Đức Phẩm, 2002, *Công nghệ xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học*, NXB Giáo dục
5. Rasoul-Amimi S., Montazeri-Najafabady N., Shaker S., Safari A., Kazemi A., Mousavi P., Mobasher M, Ghasemi Y., 2014, Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater using microalgae free cells in batch culture system, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3(2): 126-131
6. Trần Bảo Trâm, Nguyễn Thu Hiền và cs., 2018, Ảnh hưởng của một số yếu tố môi trường đến quá trình nhân giống *Spirulina platensis* nước lợ phục vụ sản xuất sinh khối tại tỉnh Thanh Hóa, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp* 6(12).
7. A. Vonshak, A. Abeliovich, S. Boussiba, S. Arad, A. Richmond (1982), Production of *Spirulina* biomass: effects of environmental factors and population density, *Biomass*, 2(3), pp.175-185.
8. Koc, C., Gary A. A, and Kommareddy, A., 2013, Use of Red and Blue Light-Emitting Diodes (LED) and Fluorescent Lamps to Grow Microalgae in a Photobioreactor, *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, IJA. 65:797-805.
9. Wang, C.Y., Fu, C.C., and Ciu, Y.C., 2007, Effects of using light-emitting diodes on the cultivation of *Spirulina platensis*, *Biochemical Engineering Journal*, 37: 21-25.
10. Võ Hồng Trung, Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trần Huỳnh Phong và Nguyễn Thị Hồng Phúc, 2017, Ảnh hưởng của chất lượng ánh sáng lên sự tăng trưởng, hàm lượng carbohydrate và protein ở *Spirulina sp*, *Tạp chí khoa học Trường Đại học sư phạm thành phố Hồ Chí Minh*, 14 (12): 117-126.
11. Ankita Juneja, Ruben Michael Ceballos, and Ganti S. Murthy ,2013, Effects of Environmental Factors and Nutrient Availability on the Biochemical Composition of Algae for Biofuels Production, *Energies* 2013, 6(9), 4607-4638

12. F.M. Yusoff, A.T. Law and J. Soon, 2003, Effects of aeration and chemical treatments on nutrient release from the bottom sediment of tropical marine shrimp ponds, *Asian Fisheries Society*, 16, pp.41-50
13. Lưu Đức Điền, Nguyễn Văn Hào, Đặng Ngọc Thuỳ và Thới Ngọc Bảo, 2012, Đánh giá hiện trạng chất lượng nước các ao nuôi tôm thâm canh ở huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng, Trung tâm Quốc gia quan trắc cảnh báo môi trường và phòng ngừa dịch bệnh thủy sản khu vực Nam Bộ, *Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản II*.
14. Trần Đức Hạ, 2006, *Xử lý nước thải đô thị*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
15. Hazarika D, Duarah I, Barukial J, 2012, An ecological assessment of algal growth with particular reference to blue-green algae from 18. upper Brahmaputra valley of Assam. *Ind J Appl Life Sci* 2(3):29-35.
16. Stanier R. Y., R. Kunisawa, M. Mandel, and G. Cohen-Bazire, 1971. Purification and properties of unicellular blue-green algae (Order Chroococcales). *Bacterial Rev.* 35:171-205.
17. Rasoul-Amimi S, Montazeri-Najafabady N., Shaker S., Safari A., Mousavi P., Mobasher M., Ghasemi Y., 2014, Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater using microalgae free cells in bath culture system, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 3, Issue 2, Pages 126-131
18. Wang Y., Guo W., Yen HW., Ho SH., Lo YC., Cheng CL., Ren N., Chang JS ,2015b, Cultivation of *Chlorella vulgaris* JSC-6 with swine wastewater for simultaneous nutrient/COD removal and carbohydrate production. *Bioresour. Technol.* 198, 619–625.
19. Ji F., Liu Y., Hao R., Li G., Zhou Y., Dong R, 2014, Biomass production and nutrients removal by a new microalgae strain *Desmodesmus* sp. in anaerobic digestion wastewater. *Bioresour. Technol.* 161, 200–207
20. Martinez ME., Sanchez S., Jimenez JM., El Yousfi F., Munoz L ,2000, Nitrogen and phosphorus removal from urban wastewater by the microalga *Scenedesmus obliquus*. *Bioresour. Technol.* 73 (3): 263–272
21. Kim, H.C., Choi, W.J., Chae, A.N., Park, J., Kim, H.J., Song, K.G., 2016. Evaluating integrated strategies for robust treatment of high saline piggery wastewater. *Water Res.* 89: 222–231
22. Prandini, J.M., da Silva, M.L., Mezzari, M.P., Pirolli, M., Michelon, W., Soares, H.M., 2016. Enhancement of nutrient removal from swine wastewater digestate coupled to biogas purification by microalgae *Scenedesmus* spp. *Bioresour. Technol.* 202, 67–75

23. Wang Y., Ho SH., Cheng C.L., Guo WQ., Nagarajan D., Ren NQ., Lee DJ., Chang JS ,2016, Perspectives on the feasibility of using microalgae for industrial wastewater treatment, *Bioresource Technology* 222: 485–497
24. Markou G., Iconomou D., Muylaert K ,2016, Applying raw poultry litter leachate for the cultivation of *Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris*. *Algal Res.* 13 79–84, <http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2015.11.018>
25. Nguyễn Minh Phương (2010) Nghiên cứu ứng dụng vi sinh vật và vi tảo lam *Spirulina* trong xử lý nước thải làng nghề Phú Đô. Luận văn Thạc sỹ Khoa học.
26. Đỗ Khắc Uẩn, Đoàn Thị Thái Yên, Nguyễn Tiến Thành. 2016. Nghiên cứu áp dụng kỹ thuật lọc màng để thu vi tảo nuôi trồng từ nước thải chăn nuôi lợn. *Tạp chí KH Nông nghiệp Việt Nam*, 14 (11): 1773-1780
27. Nguyễn Thị Thu Hà và cộng sự, 2016, Ứng dụng tảo *Chlorella vulgaris* loại bỏ Nitơ và Photpho trong nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại, *Tạp Chí Kinh Tế Sinh Thái*, Số 51, Trang 45-52
28. Lê Hoàng Việt và cộng sự, 2016, Xử lý nước thải sinh hoạt bằng ao thâm canh tảo *Chlorella* sp. kết hợp nuôi trứng nước Ứng dụng tảo *Chlorella vulgaris* loại bỏ Nitơ và Photpho trong nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại, *Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Quản lý đất đai vùng ĐBSCL*
29. Amarsinh B., Pravin P., Sunil P ,2016, Screening and optimization of indole 3 acetic acid producing non-heterocystous cyanobacteria isolated from saline soil. *Scholars Academic Journal of Biosciences* 4(9): 738-744
30. Karthikeyan N., Prasanna R., Lata N., Kaushik BD ,2007,. Evaluating the potential of plant growth promoting cya- nobacteria as inoculants for wheat. *Eur J Soil Biol* 43: 23 – 30
31. Singh DP., Prabha R., Yandigeri MS., Arora DK ,2011. Cyanobacteria-mediated phenylpropanoids and phytohormones in rice (*Oryza sativa*) enhance plant growth and stress tolerance. *Antonie van Leeuwenhoek* (2011) 100:557–568
32. Stirk WA., Ördög V., Novák O., J. Rolčik, M. Strnad, P. Bálint, J. van Staden, 2013a, Auxin and cytokinin relationships in 24 microalgal strains, *J. Phycol.*, 49 459-467
33. Mazur H., Konop A., Synak R ,2001, Indole-3-acetic acid in the culture medium of two axenic green microalgae. *J. Appl. Phycol.*, 13 35-42
34. Stirk WA., Balint P., Tarkowska D., Novak O., Maroti G., Ljung K., Tureckova V., Strnad M., Ordog V., Staden JV (2014) Effect of light on growth and endogenous hormones in *Chlorella minutissima* (Trebouxiophyceae), *Plant Physiol. Biochem* 79: 66-76

35. Khan AL., Halo BA., Elyassi A., Ali S., Al-Hosni K., Hussain J., Al-Harrasi A., Lee I (2016) Indole acetic acid and ACC deaminase from endophytic bacteria improves the growth of *Solanum lycopersicum*. *Electronic Journal of Biotechnology* 21:58– 64
36. Nguyễn Văn Bộ, Trần Minh Tiến, Ngô Vĩnh Viễn, Chu Văn Hách và Phạm Văn Toàn, 2015, Cẩm nang sản xuất lúa thông minh, NXB Nông nghiệp Hà Nội.
37. Wenguang Zhou, Bing Hu, Yecong Li, Min Min, Michael Mohr, Zhenyi Du, Paul Chen, Roger RuanMass, 2012, Cultivation of Microalgae on Animal Wastewater: a Sequential Two-Stage Cultivation Process for Energy Crop and Omega-3-Rich Animal Feed Production, *Appl Biochem Biotechnol* 168: 348-363.
38. Yuzhen Lu, Chen Zhuoa, Yongjun Li, Huashou Li, Mengying Yang, Danni Xua, Hongzhi He, 2020, Evaluation of filamentous heterocystous cyanobacteria for integrated pigfarm biogas slurry treatment and bioenergy production, *Bioresource Technology* 297.
39. Singh DP., Prabha R., Yandigeri MS., Arora DK, 2011. Cyanobacteria-mediated phenylpropanoids and phytohormones in rice (*Oryza sativa*) enhance plant growth and stress tolerance. *Antonie van Leeuwenhoek* 100:557–568.
40. Shy Chyi Wuang, Mar Cho Khin, Pei Qiang Dann Chua, Yanpei Darren Luo, 2016, Use of Spirulina biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers, *Algal Research* Volume 15, April 2016, Pages 59-64
41. A. Dubey and D. K. Dubey, 2010, Evaluation of cost effective organic fertilizers, *Research & Development Centre*, Kilpest India Ltd., Govindpura, Bhopal, 462023, (M.P), India
42. Mirjana Jarak, Nastasija Mrkovački, Dragana Bjelić, Dragana Jošić, Timea Hajnal-Jafari and Dragana Stamenov, 2012, Effects of plant growth promoting rhizobacteria on maize in greenhouse and field trial, *African Journal of Microbiology Research* Vol. 6(27), pp. 5683-5690
43. Nguyễn Thành Lộc, Võ Thị Cẩm Thu, Nguyễn Trúc Linh, Đặng Cường Thịnh, Phùng Thị Hằng và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2015, Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của một số loại thủy sinh thực vật, *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 119-128
44. Nguyễn Thị Thu Hà, Hồ Thị Thúy Hằng, Đỗ Phương Chi, Đinh Tiến Dũng, Trịnh Quang Huy, 2019, Xử lý nước thải sinh hoạt và nước thải chăn nuôi bằng tảo bám trên vật liệu lọc, *Tap chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 17(10): 826-834

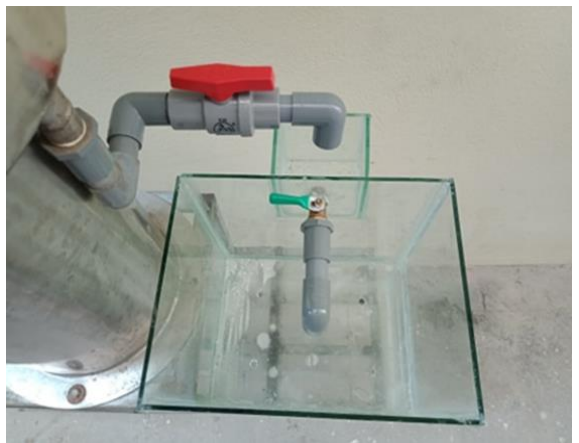
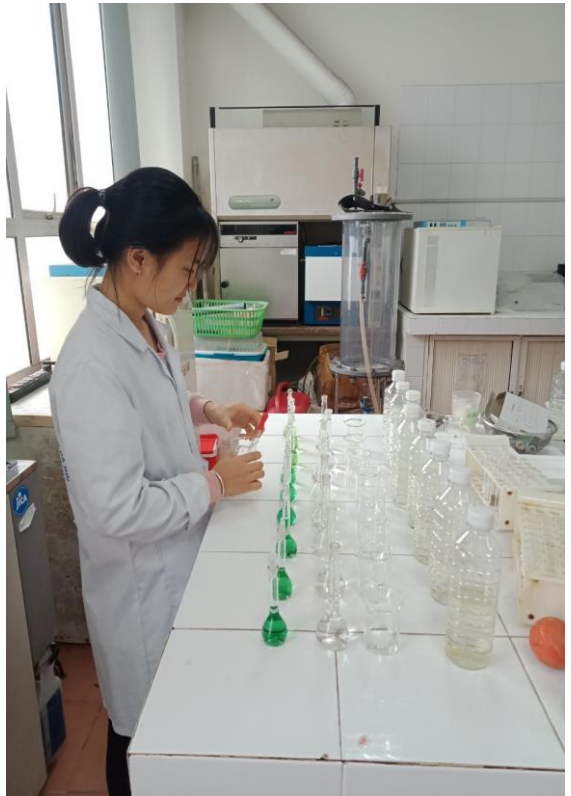
45. Trần Đức Thảo, Trần Thị Kim Chi, Trương Thị Thùy Trang, Nguyễn Thị Liễu, Trần Thị Thu Hiền, Nguyễn Tiến Hán, 2019, Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt bằng công nghệ bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm sinh học *Bacillus sp*, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* số 50:2019
46. Trịnh Văn Tuyên, Vũ Thị Phương Anh, 2014, *Giáo trình Các quá trình và thiết bị công nghệ môi trường*, NXB Khoa học tự nhiên và Công nghệ - Hà Nội.
47. Mennaa FZ, Arbib Z, Perales JA, 2015, Urban wastewater treatment by seven species of microalgae and an algal bloom: biomass production, N and P removal kinetics and harvestability. *Water Res* 83: 42-51
48. Dang Thuan Tran, Thi Cam Van Do, Quang Trung Nguyen, Truong Giang Le (2020) Simultaneous removal of pollutants and high value biomaterials production by *Chlorella variabilis* TH03 from domestic wastewater. *Clean Technologies and Environmental Policy*
49. Zhai J, Xiaoting Li, Wei Li, Md Hasibur Rahaman, Yuting Zhao, Bubo Wei, Haoxuan Wei, 2017, Optimization of biomass production and nutrients removal by *Spirulina platensis* from municipal wastewater, *Ecological Engineering* 108: 83-92
50. Chittapun S., Limbipichai S., Amnuaysin N., Boonkerd R., Charoensook, M., 2018. Effects of using cyanobacteria and fertilizer on growth and yield of rice, Pathum Thani I: a pot experiment. *Journal of applied phycology*, 30, 79-85.
51. Prasanna, R., Jishi, M., Rana, A., Nain, L., 2010. Modulation of IAA production in cyanobacteria by tryptophan and light. *Pol J Microbio.* 59 (2), 99–105.
52. Shariatmadari Z, Riahi H, Shokravi S, 2011, Study of soil blue-green algae and their effect on seed germination and plant growth of vegetable crops, *Bot J Iran* 12: 101–110.
53. Ngô Ngọc Hưng và cs, 2019, Lượng dinh dưỡng N, P, K cây lúa hấp thu trên đất phèn Đồng bằng sông Cửu Long, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 17(3): 187-195
54. Fairhurst T.H., Witt C., Buresh R.J. & Dobermann A., 2007. Rice: A practical Guide to Nutrient Management (2nd edition), International Rice Research Institute, *International Plant Nutrition Institute and International Potash Institute*
55. Phạm Sỹ Tân và Chu Văn Hách (2012). Bón phân cho lúa ở vùng đồng bằng sông Cửu Long.

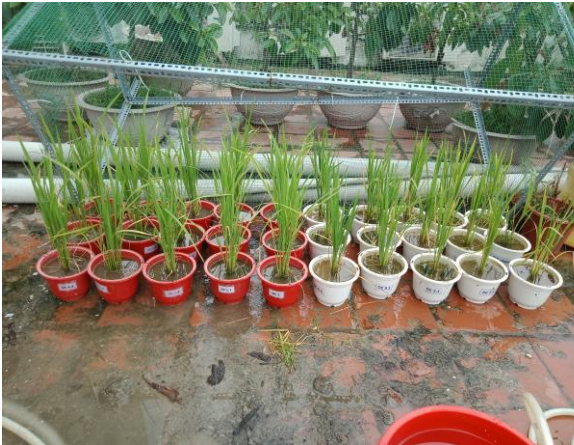
56. Nguyễn Hữu Chiếm, Huỳnh Công Khánh, Nguyễn Xuân Lộc và Đinh Thị Việt Huỳnh, 2017, Đánh giá và so sánh tính chất lý-hóa học đất trồng lúa trong và ngoài đê bao khép kín tỉnh An Giang, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 86-92
57. Chu Sỹ Huân, Mai Văn Trinh, Cao Việt Hà, Bùi Thị Phương Loan, Vũ Thị Hằng, Đinh Quang Hiếu, Đào Thị Minh Trang, Bùi Thị Thu Trang, 2020, Nghiên cứu phát thải khí nhà kính trên đất trồng lúa tỉnh thái bình, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* 18(2): 113-122
58. Mishra U, Pabbi S, 2004, Cyanobacteria: a potential biofertilizer for rice, *Resonance* 6-10.
59. Nguyễn Ngọc Đệ, Giáo trình cây lúa, Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, 2008.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Một số hình ảnh thực hiện luận văn









Phụ lục 2. Bảng kết quả phân tích mẫu nước thải sinh hoạt

STT	Thông số	Giá trị				Sai số
		Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	TB	
1	pH	7,16	7,36	7,65	7,39	0,25
2	Nhiệt độ	25,15	26,36	25,5	25,67	0,62
3	TSS	0,048	0,077	0,064	0,063	0,015
4	Độ mặn	0,55	0,58	0,58	0,57	0,02
5	N-NH ₄ ⁺	27,96	27,14	29,14	28,08	1,01
6	N-NO ₃ ⁻	0,032	0,042	0,043	0,039	0,01
7	N-NO ₂ ⁻	0,009	0,01	0,011	0,01	0,00
8	Tổng N	29,92	32,01	29,66	30,53	1,29
9	Tổng P	7,02	7,22	7,3	7,18	0,14
10	P-PO ₄ ³⁻	5,26	5,12	5,25	5,21	0,08
11	COD	203,92	207,84	204,14	205,3	2,20

Kết quả phân tích Amoni thí nghiệm liên tục theo mẻ

	Mẻ 1		Mẻ 2		Mẻ 3		Mẻ 4		Mẻ 5		TB		Sai số	
	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR
N1	31,5	3,5	33,16	3,2	32,78	2,84	30,05	3,06	34,51	2,9	32,4	3,1	1,696	0,264
N2	34,7	2,96	35,87	3,12	34,56	3,02	35,45	2,93	34,42	2,97	35	3	0,628	0,074
N3	29,78	2,32	32,05	2,57	32,34	2,48	33,3	2,52	31,53	2,11	31,8	2,4	1,3	0,187
N4	29,34	1,96	30,22	2,24	30,12	2,38	30,45	2,02	29,37	1,9	29,9	2,1	0,512	0,202

Kết quả phân tích COD thí nghiệm liên tục theo mẻ

	Mẻ 1		Mẻ 2		Mẻ 3		Mẻ 4		Mẻ 5		TB		Sai số	
	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR
N1	192,12	46,23	196,28	49,30	198,50	48,16	198,07	49,02	192,03	48,29	196,00	48,20	3,15	1,20
N2	198,30	54,12	201,10	55,37	196,78	53,86	201,54	55,12	194,78	52,53	198,50	54,20	2,87	1,13
N3	198,43	44,92	203,16	46,24	204,20	45,18	201,34	45,50	198,37	44,16	201,10	45,20	2,67	0,76
N4	206,56	48,02	206,18	48,54	206,20	50,24	204,45	47,30	207,61	48,40	206,20	48,50	1,14	1,09

Kết quả phân tích P-PO4 thí nghiệm liên tục theo mẻ

	Mẻ 1		Mẻ 2		Mẻ 3		Mẻ 4		Mẻ 5		TB		Sai số	
	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR
N1	4,92	2,12	4,78	2,08	4,67	2,26	4,81	2,10	4,82	2,24	4,80	2,16	0,09	0,08
N2	5,23	2,94	5,15	2,78	4,98	2,86	5,02	3,02	5,12	2,75	5,10	2,87	0,10	0,11
N3	4,83	2,82	5,20	3,12	5,24	2,86	4,80	2,92	5,13	2,88	5,04	2,92	0,21	0,12
N4	4,71	1,97	5,00	2,40	5,12	2,42	5,04	2,12	5,03	2,34	4,98	2,25	0,16	0,20

Kết quả phân tích T-P thí nghiệm liên tục theo mẻ

	Mẻ 1		Mẻ 2		Mẻ 3		Mẻ 4		Mẻ 5		TB		Sai số	
	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR	ĐV	ĐR
N1	7,05	3,27	7,26	4,01	7,10	3,92	6,98	3,87	7,26	4,23	7,13	3,86	0,13	0,36
N2	7,14	3,98	7,17	3,75	7,02	4,22	6,93	3,94	6,94	4,21	7,04	4,02	0,11	0,20
N3	7,22	3,80	7,34	4,10	6,80	3,96	7,12	3,71	7,82	3,53	7,26	3,82	0,37	0,22
N4	7,02	3,34	6,87	3,42	6,78	3,74	7,15	3,50	6,93	3,60	6,95	3,52	0,14	0,16

Phụ lục 3. Tính toán, thiết kế mô hình xử lý nước thải sinh hoạt quy mô phòng thí nghiệm [46]

Tính toán bể lắng đứng

$$Q = 10 \text{ lít/ngày đêm}$$

Thời gian lưu nước của bể lắng là 30 phút.

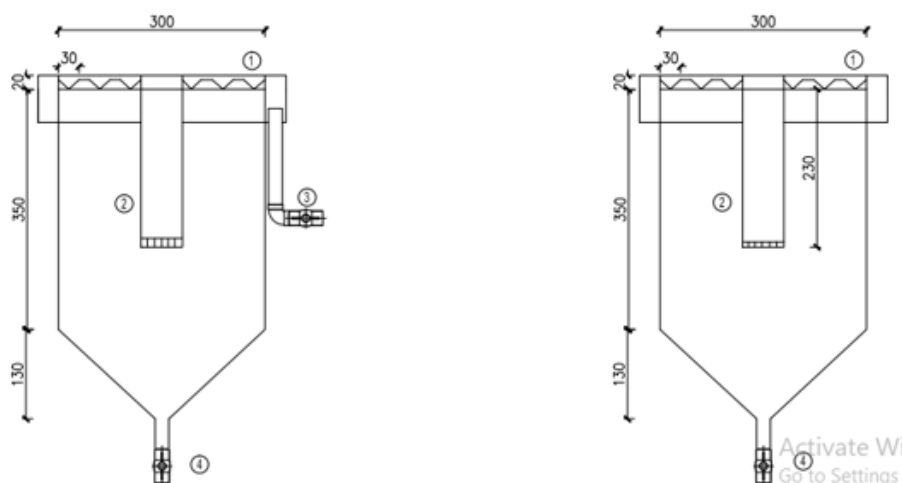
Do công suất bể lắng đứng nhỏ, trong quá trình chế tạo, gia công bể lắng chúng tôi chọn các thông số của bể lắng như sau:

h_{bv} (m)	h_n (m)	h_c (m)	h_{xd} (m)	Số bể
0,02	0,35	0,13	0,5	1

+ Đường kính bể lắng là 0,3m

Máng thu nước răng cưa hình chữ V, góc 90^0 chiều cao khe là 30mm bề rộng mỗi khe là 0,05m, hai khe kế tiếp nhau một khoảng 0,01m, chiều cao máng thu nước 0,1m bề dày máng răng cưa là 0,002m, máng được bắt định với thành bể lắng.

+ Chọn ống nhựa uPVC có đường kính 21mm, ống thải bùn có $D = 21\text{mm}$, van xả đáy kích thước 21mm.



Tính toán bể lọc

Dựa theo TCXDVN 33:2006 Cấp nước – mạng lưới đường ống và công trình- Tiêu chuẩn thiết kế.

+ Chọn bể lọc chậm công suất $0,01 \text{ m}^3/\text{ngày đêm}$

+ Chọn $v=0,2$ m/h

+ Diện tích bể:

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{0,01}{0,2} = 0,05 \text{ (m}^2\text{)}$$

+ Chọn chiều dài bể là 0,25m, chiều rộng bể là 0,2m

+ Chọn vật liệu lọc là lớp sỏi kích thước 5-10mm, có chiều dày lớp sỏi là 20mm, chiều dày lớp bông lọc là 10mm

+ Tổng chiều dày lớp vật liệu lọc là: $h_1 = 10+10=20\text{mm} = 0,02\text{m}$

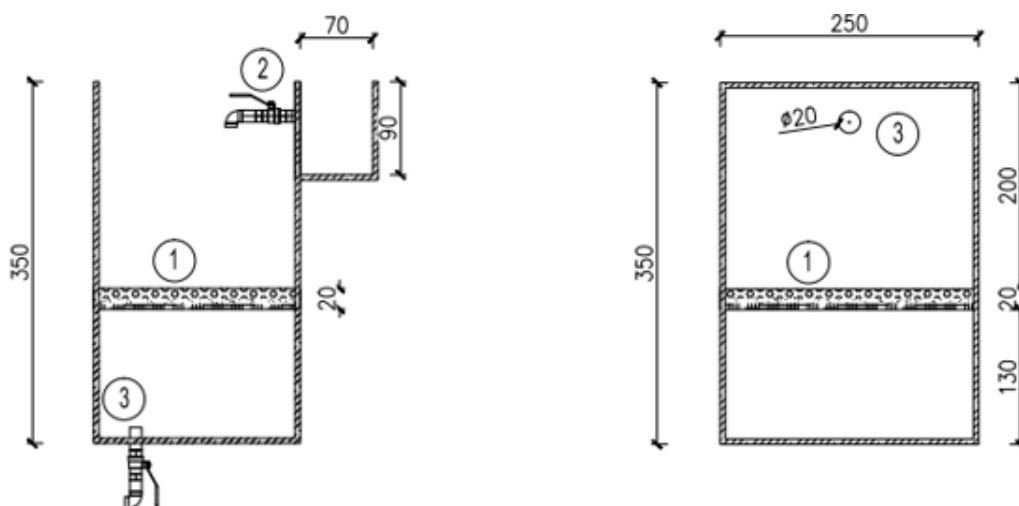
+ Chiều cao lớp chứa nước $h_2 = 0,2\text{m}$

+ Chiều cao lớp thu nước sau lọc $h_3 = 0,13\text{m}$

+ Tổng chiều cao bể lọc $H = 0,02+0,2+0,13 = 0,35\text{m}$

+ Chọn van nước vào là van 16mm.

+ Chọn đường ống dẫn nước ra là ống nhựa PVC 21mm.



Tính toán bể sinh học nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4 [13]

+ Ta có: $K_{20^\circ} = 1,44 \text{ ngày}^{-1}$

+ Ở điều kiện nhiệt độ nước thải $T = 24^\circ\text{C}$, ta có:

$$K_{24^\circ} = 1,44 \times (1,056)^{24-20} = 1,79 \text{ (ngày}^{-1}\text{)}$$

Với BOD_5 của nước thải trước khi xử lý là 76,44 mg/l và sau xử lý là 28,6 mg/l, thời gian lưu nước trong bể được tính theo công thức:

$$t = \frac{\frac{Lt}{Ls} - 1}{K} = \frac{\frac{76,44}{28,6} - 1}{1,79} = 0,93 \text{ (ngày)}$$

Để đảm bảo cho quá trình xử lý diễn ra ổn định trong nghiên cứu này đề xuất chọn thời gian tối đa $t = 10$ ngày.

+ Chọn bể sâu 0,6 m, khi đó diện tích bề sinh học là:

$$F = \frac{10 \times 0,01}{0,6} = 0,17 \text{ m}^2$$

⇒ Chiều dài bể là 0,5m, chiều rộng bể là 0,5m

+ Với $t = 10$ ngày, khi đó BOD của nước thải sau xử lý là:

$$L_s = \frac{Lt}{1 + K.t} = \frac{76,44}{1 + 1,79 \times 10} = 4,04 \text{ (mg/l)} [5]$$

+ Lượng khí cần cấp vào bể sinh học là:

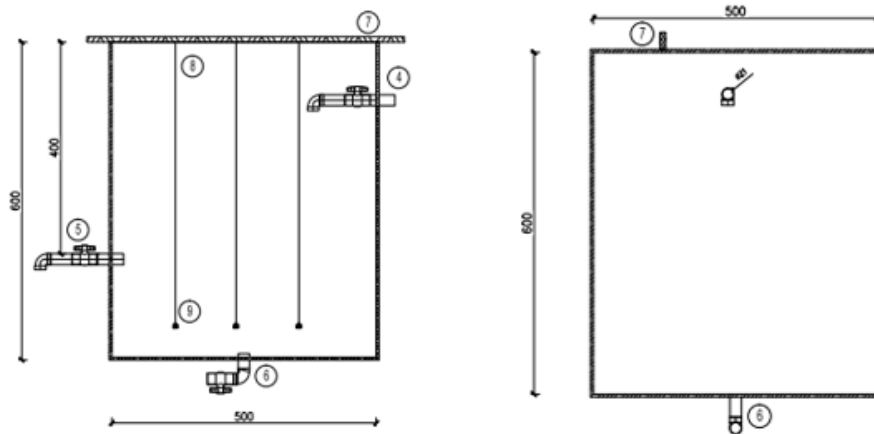
$$G = 1,5 (L_t - L_s) \times Q = 1,5 (76,44 - 4,04) \times 0,01 = 1,086 \text{ kg O}_2/\text{ngày}$$

+ Sử dụng máy thổi khí có công suất 150W, chi thành 3 nhánh, mỗi nhánh có 1 quả sục công suất 50W.

+ Đường ống dẫn khí nhánh chính là ống silicol 10mm, ống nhánh là ống silicol 4mm.

+ Đường ống dẫn nước vào là ống nhựa PVC 21mm.

+ Van nước vào, van nước ra, van xả đáy là van PVC 21mm.



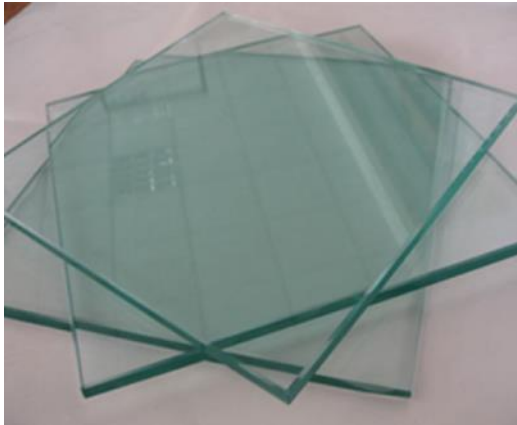
Hình 3.21. Bản vẽ chi tiết bể sinh học sử dụng *Spirulina platensis* SP4

Phụ lục 4. Vật liệu chế tạo mô hình sinh học nuôi VKL *Spirulina platensis* SP4 để xử lý nước thải sinh hoạt

Bể lọc và bể tảo được làm bằng vật liệu kính trong suốt, chiều dày 5mm, có mức độ chịu lực trung bình.

Ống nhựa PVC đường kính 21mm, van nhựa PVC đường kính 21mm.

Keo dán kính Apollo A200



Tiến hành gia công bể lắng, bể lọc và bể tảo:

- Gia công bể lắng:

- + Chọn vật liệu bể lắng là inox, khung giá đỡ là thép hộp vuông
- + Hàn khung giá đỡ và lắp ghép các hạng mục của bể lắng.



Gia công bể lọc và bể nuôi tảo/VKL:

- + Chọn vật liệu là kính 5mm
- + Sử dụng keo dán kính Apollo A500 để dán bể.
- + Khoan lỗ kính, lắp van, ống dẫn nước

+ Lắp đặt đường ống sục khí cho bể tảo/ VKL.



Sau khi lắp ghép xong, mô hình được tiến hành chạy thử để kiểm tra đường ống, các van có xảy ra sự cố kỹ thuật hay không để bắt đầu tiến hành nghiên cứu khả năng xử lý nước thải của mô hình sinh học sử dụng VKL.