



Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ  
Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường

website: [sj.ctu.edu.vn](http://sj.ctu.edu.vn)



DOI:10.22144/ctu.jsi.2017.051

## NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG CUNG CẤP ĐẠM CỦA NƯỚC THẢI BIOGAS CHO ĐẤT

Nguyễn Phương Thảo<sup>1</sup>, Trần Đức Thanh<sup>1</sup>, Bùi Thị Nga<sup>1</sup> và Châu Minh Khôi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 28/07/2017

Ngày nhận bài sửa: 12/10/2017

Ngày duyệt đăng: 26/10/2017

### Title:

Study on nitrogen-supplying capability of biogas effluent for soils

### Từ khóa:

Đạm amôn, đạm nitrat, khí cacbonic, nước thải biogas, sự hô hấp vi sinh vật đất

### Keywords:

Ammonium, biogas effluent, carbon dioxide, nitrate, soil microbial respiration

### ABSTRACT

The experiment was conducted to assess the capability of biogas effluent in supplying ammonium and nitrate for soils. The experiment was designed with 4 treatments: soil added 100% distilled water (control treatment), soil added 50% biogas effluent and 50% distilled water, soil added 75% biogas effluent and 25% distilled water, and soil added 100% biogas effluent. The results showed that  $N-NH_4^+$  and  $N-NO_3^-$  concentrations significantly increased in biogas effluent-supplying treatments in comparison to the treatment without biogas effluent addition. The concentrations of  $N-NH_4^+$  and  $N-NO_3^-$  were  $171 \pm 5.45$  mg/kg and  $78.9 \pm 3.08$  mg/kg, respectively, in the soil added 100% biogas effluent. The nitrogen-supplying capability increased proportionately to soil microbial respiration, which was showed by the highest accumulated  $CO_2$  concentration in the soil added 100% biogas effluent (855 mg $CO_2$ /kg). The result also showed that mineralized nitrogen concentration positively correlated with  $CO_2$  accumulation in soil, indicating that soil microbial activity increased in line with increasing added-biogas effluent volume and amount of soil mineralized nitrogen.

### TÓM TẮT

Thí nghiệm được tiến hành nhằm đánh giá khả năng cung cấp đạm amôn và đạm nitrat cho đất từ nước thải biogas. Thí nghiệm gồm 4 nghiệm thức: đất được bổ sung 100% nước khử khoáng (đối chứng), bổ sung 50% nước thải biogas và 50% nước khử khoáng, bổ sung 75% nước thải biogas và 25% nước khử khoáng, và bổ sung 100% nước thải biogas. Kết quả cho thấy hàm lượng  $N-NH_4^+$  và  $N-NO_3^-$  trong đất được cung cấp nước thải biogas với thể tích khác nhau đều cao khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức đối chứng. Hàm lượng  $N-NH_4^+$  và  $N-NO_3^-$  trong đất được cung cấp 100% nước thải biogas đạt giá trị tương ứng là  $171 \pm 5.45$  mg/kg và  $78.9 \pm 3.08$  mg/kg. Khả năng cung cấp đạm tăng tương ứng với sự hô hấp của vi sinh vật đất được thể hiện qua hàm lượng  $CO_2$  tích lũy trong đất, đạt cao nhất ở nghiệm thức 100% nước thải biogas (855 mg $CO_2$ /kg) và đạt giá trị thấp hơn với các thể tích nước thải biogas bổ sung thấp tương ứng. Kết quả thí nghiệm cho thấy sự gia tăng hàm lượng đạm có tương quan thuận với sự tích lũy  $CO_2$  trong đất, điều này cho thấy sự hiện diện vi sinh vật trong đất có liên quan với thể tích bổ sung nước thải biogas và lượng đạm hữu dụng trong đất.

Trích dẫn: Nguyễn Phương Thảo, Trần Đức Thanh, Bùi Thị Nga và Châu Minh Khôi, 2017. Nghiên cứu khả năng cung cấp đạm của nước thải biogas cho đất. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (2): 36-44.

## 1 GIỚI THIỆU

Nước thải biogas với hàm lượng chất hữu cơ, tổng đạm, tổng lân khá cao (Nguyễn Thị Kiều Phương, 2011), có thể sử dụng làm phân bón cho sản xuất rau màu (Ngô Kế Sương và Nguyễn Lân Dũng, 1997). Chất dinh dưỡng có trong nước thải biogas cao hơn so với phân chuồng và phân ủ theo phương pháp thông thường, ngoài các dưỡng chất như N, P, K, nước thải biogas còn chứa nhiều chất hữu cơ và các nguyên liệu cần thiết cho cây trồng (Nguyễn Hoài Nam, 2014). Nước thải biogas đã được nghiên cứu tưới cho một số loại cây trồng như cải xanh và rau xà lách (Ngô Quang Vinh, 2010), vụn thò (Bùi Thị Nga và *ctv.*, 2015), ớt (Phạm Việt Nữ và *ctv.*, 2015) và đậu bắp (Bùi Thị Nga và *ctv.*, 2016). Theo Nguyễn Quang Khải (2009) các nguyên tố NPK của nguyên liệu sau khi phân hủy qua hệ thống biogas hầu như không bị tổn thất mà được chuyển hóa thành dạng phân lỏng mà cây dễ hấp thụ như  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , đồng thời chứa chất hữu cơ cao cải thiện tính chất đất, giúp cây phát triển mạnh, ít sâu bệnh. Tuy nhiên, khả năng cung cấp  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$  của nước thải biogas cho đất và sự hiện diện của vi sinh vật khi sử dụng nước thải biogas vẫn chưa được quan tâm nghiên cứu. Do vậy, “Nghiên cứu khả năng cung cấp đạm của nước thải biogas cho đất” đã được thực hiện là cần thiết.

## 2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Vật liệu nghiên cứu

Đất thí nghiệm là loại đất phù sa trồng các loại hoa màu như bắp, đậu xanh và nước thải biogas được thu tại nông hộ Nguyễn Văn Bình, xã Nhơn Nghĩa, huyện Phong Điền, thành phố Cần Thơ.

**Bảng 1: Lượng nước cần thêm vào đất để đạt độ ẩm 60%**

Nghiệm thức	Khối lượng Rìng (g)	Khối lượng Rìng + Đất đã bão hòa nước (g)	Khối lượng Rìng + Đất sau khi sấy (g)	Ấm độ của đất bão hòa nước (%)	Thể tích nước để đất đạt ẩm độ 60% trong 100g (mL)
100% nước khử khoáng	97,98	231,51	179,04	64,73	38,84
50% nước thải biogas	97,09	227,48	175,72	65,83	39,50
75% nước thải biogas	97,15	226,65	174,85	66,67	40,00
100% nước thải biogas	97,13	223,54	172,64	67,41	40,44

a. *Thí nghiệm 1: Khảo sát hàm lượng đạm amôn ( $NH_4^+$ ) và đạm nitrate ( $NO_3^-$ ) trong đất theo các tỉ lệ nước thải biogas khác nhau*

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 4 nghiệm thức, mỗi nghiệm thức được lặp lại 4 lần. Nghiệm thức 1 (NT1): đất bổ sung nước khử khoáng (đối chứng); Nghiệm thức 2 (NT2): đất bổ sung 50% nước thải biogas và 50% nước khử khoáng; Nghiệm thức 3 (NT3): đất bổ sung 75%

## 2.2 Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm Bộ môn Khoa học đất, Khoa Nông Nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ. Trước khi thực hiện thí nghiệm, khả năng giữ nước tối đa của đất được xác định để ước tính lượng nước bổ sung vào đất ở các nghiệm thức để đạt được độ ẩm 60% khả năng giữ nước tối đa của đất, tương đương lực giữ nước dao động trong khoảng - 0,01 MPa (Coyne, 1999). Đây là ẩm độ tối hảo cho hoạt động phân hủy chất hữu cơ và trao đổi chất của vi sinh vật trong đất (Tate, 1987). Ở độ ẩm này, trong đất có tỷ lệ tế không chứa nước và chứa không khí phù hợp, thuận lợi cho sự khuếch tán  $O_2$  và các chất hòa tan trong đất làm tăng hoạt động của vi sinh vật (Luo và Zhou, 2006).

Phương pháp xác định khả năng giữ nước tối đa của đất được thực hiện theo Anderson (1982): cân khối lượng đất xác định (100g đất khô) cho vào ống hình trụ rỗng hai đầu (Ring). Bịt kín hai đầu ống bằng vải lưới có đường kính lưới <45  $\mu m$  để ngăn không cho đất di chuyển ra ngoài ống. Đặt ống vào becker chứa nước cho mực nước ngập 2/3 ống. Sau 2 ngày, đặt ống trên mâm chứa lớp cát mỏng trong khoảng 3 giờ để loại bỏ các phần tử nước tự do trong đất và trên ống chứa mẫu. Cân khối lượng đất đã bão hòa nước. Sau đó sấy đất ở 105°C đến khi khối lượng không thay đổi. Cân lại khối lượng đất sau khi sấy. Sai biệt giữa khối lượng đất trước và sau khi sấy tương đương với lượng nước tối đa đất có khả năng giữ được (lượng nước bão hòa). Ẩm độ 60% khả năng giữ nước tối đa của đất được tính bằng 60% lượng nước bão hòa (Bảng 1).

nước thải biogas và 25% nước khử khoáng; Nghiệm thức 4 (NT4): đất bổ sung 100% nước thải biogas. Mỗi lần lặp lại với lượng đất là 100 g trộn đều với nước khử khoáng; nước khử khoáng và nước thải biogas; nước thải biogas với thể tích đã xác định bên trên. Đất được ủ ở 28 – 30 °C, trong điều kiện thoáng khí. Theo dõi chỉ tiêu  $N-NH_4^+$  và  $N-NO_3^-$  trong đất ở ngày ủ thứ 2, 5, 10, 15, 20, 25 và 30. Sau mỗi thời điểm lấy mẫu phân tích  $N-NH_4^+$  và  $N-NO_3^-$ , cân khối lượng chai nhựa + đất,

nhằm mục đích bổ sung lượng nước mất đi do bốc thoát, với tổng thể tích cho mỗi nghiệm thức suốt quá trình thí nghiệm trong khoảng từ 0,5 – 1 mL, tương đương trung bình 0,1 mL cho mỗi thời điểm.

*b. Thí nghiệm 2: Khảo sát hàm lượng khí cacbonic (CO<sub>2</sub>) trong đất theo các tỉ lệ nước thải biogas khác nhau*

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 4 nghiệm thức, mỗi nghiệm thức được lặp lại 4 lần. Các nghiệm thức tương tự như ở Thí nghiệm 1.

Mỗi lần lặp lại với lượng đất là 20 g trộn đều với lượng nước khử khoáng; nước khử khoáng và nước thải biogas; nước thải biogas, đạt ẩm độ của đất là 60%. Đất được ủ trong chai nhựa kín để tránh sự khuếch tán CO<sub>2</sub> từ không khí vào mẫu ủ. Để tạo điều kiện trao đổi khí cho hoạt động hô hấp của vi sinh vật đất, chai đựng mẫu được mở nắp định kỳ tại các thời điểm lấy mẫu để phân tích CO<sub>2</sub>. Theo dõi hàm lượng CO<sub>2</sub> trong đất sinh ra do vi sinh vật trong đất (hô hấp đất) ở ngày ủ thứ 2, 5, 10, 15, 20, 25 và 30 theo phương pháp được mô tả bởi Anderson (1982): Đất được ủ trong chai nhựa (thể tích 150 mL) đậy kín, bên trong có đặt lọ thủy tinh (thể tích 15 mL) chứa dung dịch NaOH 0,1N, để hấp thu CO<sub>2</sub> bốc thoát do hoạt động hô hấp của vi sinh vật đất:  $\text{CO}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ . Hàm lượng CO<sub>2</sub> (tương ứng với tốc độ hô hấp đất) được phân tích bằng cách xác định lượng NaOH đã được tiêu thụ bằng cách chuẩn độ với dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N. Lượng CO<sub>2</sub> tích lũy được tính toán thông qua việc xác định sự thay đổi nồng độ NaOH theo thời gian.

### 2.2.2 Phương pháp thu và phân tích mẫu nước

Nước thải biogas được thu gom trực tiếp từ đầu ra của túi ủ biogas sau khi dội chuồng khoảng 10 phút, chứa vào xô nhựa 10 lít và khuấy đều, sau đó dùng chai nhựa 1 lít để thu mẫu, trữ lạnh ở 4°C, trong vòng 24 giờ.

Phương pháp phân tích mẫu nước: pH: đo trực tiếp bằng máy đo pH, EC: đo trực tiếp bằng máy đo EC, TSS: Phương pháp trọng lượng (APHA – 2540 D), DO: Phương pháp Winkler cải tiến, COD: Phương pháp K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/kg): Phương pháp so màu indophenol blue: mẫu ủ được ly trích bằng KCl 2M theo tỷ lệ 1:10 và so màu ở bước sóng 640 nm, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/kg): Phương pháp so màu hydrazine sulphate: ly trích đất bằng KCl 2M theo tỷ lệ 1:10 và so màu ở bước sóng 543 nm, TN: Phương pháp Kjeldahl (TCVN 6638:2000), P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: Phương pháp Ascorbic axit, TP: phương pháp acid Ascorbic (APHA, 1998), K<sup>+</sup>: xác định bằng quang kế ngọn lửa bước sóng 768 nm, Tổng Coliform: Phương pháp MPN (TCVN 8775:2011), *E.coli*: Phương pháp TCVN:NMKL 125:2005.

### 2.2.3 Phương pháp thu và phân tích mẫu đất

Mẫu đất được thu ở độ sâu 0 - 20 cm, tại 3-5 điểm theo đường chéo. Mẫu đất được để khô tự nhiên ở nhiệt độ phòng, sau đó nghiền qua rây 2 mm. Trong quá trình nghiền rây cây, xác bã thực vật được loại bỏ.

Phương pháp phân tích các chỉ tiêu hóa học đất: pH<sub>nước</sub>: Trích bằng nước cất, đo bằng máy đo pH, EC: đo bằng EC kế, Chất hữu cơ (%C): Phương pháp Walkley – Black, TN: phương pháp Kjeldahl, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: phương pháp so màu blue-indophenol, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: phương pháp so màu hydrazine sulphate, CO<sub>2</sub>: phương pháp Anderson (1982).

### 2.3 Phương pháp tính toán

Lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (hoặc N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) gia tăng trong đất bổ sung nước thải biogas được tính theo công thức:

$$A = B - C$$

Trong đó:

A (mg/kg): Lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (hoặc N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) gia tăng trong đất được bổ sung nước thải B (mg/kg): hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (hoặc N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) trong đất được cung cấp nước thải biogas ở các nghiệm thức nước thải biogas.

C (mg/kg): hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (hoặc N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) trong đất không được cung cấp nước thải biogas (nghiệm thức đối chứng).

### 2.4 Phương pháp xử lý số liệu

Phần mềm Microsoft Excel được sử dụng để tổng hợp số liệu và vẽ đồ thị. Phần mềm IBM SPSS 20.0 được sử dụng để phân tích ANOVA, so sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức qua phép kiểm định Duncan 5% và phân tích tương quan.

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Đặc tính nước thải biogas

Kết quả phân tích nước thải biogas được trình bày trong Bảng 2. Trung bình giá trị pH trong nước thải biogas là 7,2±0,11, độ dẫn điện là 2.037±4,5 µS/cm, với độ dẫn điện khá cao cho thấy nước thải biogas giàu ion hòa tan. Các thông số như tổng chất rắn lơ lửng (TSS) là 552±7,6 mg/L, hàm lượng COD (508±26,7 mg/L), TKN (229±1,5 mg/L) đều vượt giới hạn cho phép của QCVN 62-MT:2016/BTMNT (cột B). Nước thải biogas có hàm lượng COD và TKN khá cao khi bổ sung vào đất với hiện diện của vi sinh vật góp làm tăng lượng đạm hữu dụng cho đất (Võ Thanh Phong và ctv., 2015). Chất lượng nước thải biogas trong quá trình thí nghiệm có nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dao động trong khoảng 138 – 193 mg/L, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> từ 0,35 – 0,39 mg/L, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> từ 144 – 167 mg/L.

**Bảng 2: Đặc tính nước thải biogas**

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nước thải biogas				QCVN 62 – MT:2016/ BTNMT (Cột B)
		Ban đầu	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	
pH	-	7,20 ± 0,11	-	-	-	5,5 - 9
EC	μS/cm	2.037 ± 4,50	-	-	-	-
TSS	mg/L	552 ± 7,60	-	-	-	150
DO	mg/L	KPH	-	-	-	-
COD	mg/L	508 ± 26,7	-	-	-	300
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	193 ± 1,50	138,25 ± 1,45	182,91 ± 1,53	180,15 ± 1,50	-
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,39 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,39 ± 0,01	-
TKN	mg/L	229 ± 1,50	-	-	-	150
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	167 ± 0,66	159,18 ± 0,60	143,49 ± 0,56	144,47 ± 0,50	-
TP	mg/L	183 ± 1,00	-	-	-	-
K <sup>+</sup>	mg/L	138 ± 1,30	137 ± 0,90	132 ± 1,20	137,5 ± 1,30	-

Ghi chú: Số liệu được trình bày dạng Trung bình ± Độ lệch chuẩn, n=3

QCVN 62-MT: 2016/BTNMT (Cột B): Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi khi xả ra nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt

### 3.2 Đặc tính đất thí nghiệm

Kết quả phân tích các chỉ tiêu đất thí nghiệm được trình bày ở Bảng 3. Trung bình giá trị pH của đất là 5,78±0,17 phù hợp cho cây trồng sinh trưởng và phát triển (pH từ 5,5 đến 8,5); giá trị trung bình EC của đất là 153±25,6 μS/cm cho thấy hàm lượng muối tan trong đất ở mức thấp, không ảnh hưởng đến cây trồng (Võ Thị Gương và *ctv.*, 2010). Hàm lượng chất hữu cơ trong đất có giá trị 3,78±0,27%, ở mức trung bình theo thang đánh giá của Chiurin (1972) về hàm lượng chất hữu cơ trong đất. Theo thang đánh giá đất của Kyuma (1976), đất giàu đạm với hàm lượng đạm tổng số là 0,24%, nên đất cần bổ sung lượng hữu cơ và độ ẩm thích hợp cho vi sinh vật hoạt động để tăng đạm hữu dụng trong đất (Võ Thị Gương và *ctv.*, 2004).

**Bảng 3: Đặc tính đất thí nghiệm**

Chỉ tiêu	Đơn vị	Đất thí nghiệm
pH	-	5,78±0,17
EC	μS/cm	153±25,6
Chất hữu cơ	%	3,78±0,27
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/kg	7,3±0,14
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/kg	14,1±0,10
Đạm tổng số (TN)	%	0,24±0,02

Ghi chú: Số liệu được trình bày dạng Trung bình ± Độ lệch chuẩn, n=3

### 3.3 Diễn biến hàm lượng đạm trong đất thí nghiệm

#### 3.3.1 Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

##### a. Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong đất ở các thí nghiệm

Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giữa các thí nghiệm thức có sự khác biệt thống kê ở các thời điểm theo dõi. Giá trị N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tăng dần theo thể tích nước thải biogas được cung cấp và tất cả các thí nghiệm thức được cung cấp nước thải biogas với thể tích khác nhau đều có hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cao khác biệt có ý nghĩa so với thí nghiệm thức không được cung cấp nước thải, trong đó thí nghiệm thức cung cấp 100% nước thải biogas đạt giá trị N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cao nhất (Bảng 4).

Ở thí nghiệm thức không tưới nước thải biogas-thí nghiệm thức đối chứng, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> diễn biến tăng dần và đạt giá trị cao nhất ở ngày thứ 10 là 15,1 mg/kg. Trong khi đó, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong đất ở các thí nghiệm thức tưới nước thải biogas đều tiếp tục tăng đến ngày thứ 20 do sự khoáng hóa đạm diễn ra mạnh sau 2 tuần ủ (Nguyễn Mỹ Hoa, 2013). Sự gia tăng các thành phần hữu cơ trong đất ở giai đoạn đầu sau khi ủ đã kích thích hoạt động khoáng hóa NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của vi sinh vật trở lại, cung cấp lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vào ngày thứ 20 sau khi ủ, hàm



lượng  $N-NH_4^+$  giảm dần do sự chuyển hóa sang dạng  $N-NO_3^-$  (Võ Thị Gương và *ctv.*, 2004). Hàm lượng  $N-NH_4^+$  ở NT1, NT2, NT3 giảm dần sau ngày thứ 20, nhưng NT4 vẫn tiếp tục duy trì đến ngày thứ 25 mới bắt đầu giảm. Hàm lượng  $N-NH_4^+$

ở các nghiệm thức giảm thấp ở ngày 30 tương đương với giá trị ở ngày 2. Theo thời gian ủ, các nghiệm thức hàm lượng  $N-NH_4^+$  bị mất đi do chuyển đổi thành dạng  $N-NO_3^-$  (Brady, 1988).

**Bảng 4: Hàm lượng  $N-NH_4^+$  (mg/kg) trong đất ở các nghiệm thức theo thời gian**

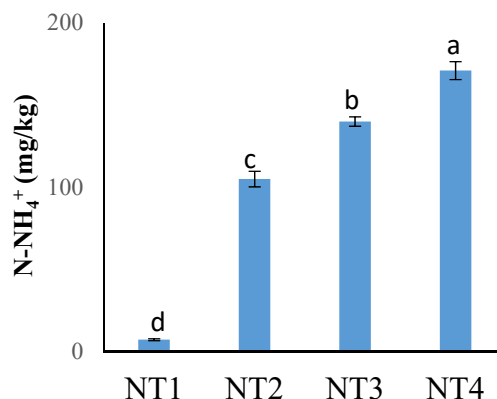
Nghiệm thức	Thời gian						
	ngày 2	ngày 5	ngày 10	ngày 15	ngày 20	ngày 25	ngày 30
100% nước khử khoáng	7,78±0,31 <sup>Cd</sup>	12,0±1,44 <sup>Bd</sup>	15,1±2,06 <sup>Ad</sup>	14,8±2,01 <sup>Ad</sup>	13,3±1,95 <sup>ABd</sup>	7,53±0,96 <sup>Cd</sup>	7,28±0,59 <sup>Cd</sup>
50% nước thải biogas	71,6±4,24 <sup>CDc</sup>	77,0±4,43 <sup>Cc</sup>	90,8±1,49 <sup>Bc</sup>	93,5±5,49 <sup>Bc</sup>	105±4,57 <sup>Ac</sup>	93,7±3,00 <sup>Bc</sup>	68,5±1,80 <sup>Dc</sup>
75% nước thải biogas	103±2,27 <sup>Eb</sup>	107±4,90 <sup>DEb</sup>	125±4,30 <sup>Cb</sup>	135±9,65 <sup>Bb</sup>	140±2,85 <sup>Ab</sup>	127±3,20 <sup>Cb</sup>	107±2,17 <sup>DEb</sup>
100% nước thải biogas	138±1,94 <sup>BCa</sup>	146±7,10 <sup>Ba</sup>	161±3,39 <sup>Aa</sup>	163±3,73 <sup>Aa</sup>	171±5,45 <sup>Aa</sup>	163±5,74 <sup>Aa</sup>	141±3,02 <sup>BCa</sup>

Ghi chú: Số liệu được trình bày dạng  $TB \pm SD$ ,  $n=4$ . Các giá trị trong cùng một hàng có cùng kí tự (A, B, C, D, E, F) và các giá trị trong cùng một cột có cùng kí tự (a, b, c) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5% qua phép thử Duncan.

b. Sự gia tăng hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong đất có bổ sung nước thải biogas

Hàm lượng  $N-NH_4^+$  gia tăng ở các nghiệm thức được bổ sung nước thải biogas tăng dần từ ngày 2 và đạt giá trị cao nhất ở ngày 20, với giá trị trung bình lần lượt là 90,8±5,49 mg/kg, 127±3,07 mg/kg và 158±5,57 mg/kg (Bảng 5). Ở tất cả các đợt theo dõi, hàm lượng  $N-NH_4^+$  gia tăng của nghiệm thức tưới 100% nước thải biogas cao khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức 75% nước thải biogas và 50% nước thải biogas ( $p<0,05$ ), điều này cho thấy nước thải biogas có khả năng cung cấp  $N-NH_4^+$  trong đất.

Nhìn chung, lượng  $N-NH_4^+$  gia tăng theo thể tích nước thải biogas cung cấp, thể hiện hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong đất ở nghiệm thức tưới 100% nước thải biogas đạt giá trị cao nhất ở ngày 20 là 171±5,45 mg/kg so với hai nghiệm thức nước thải biogas còn lại là 140±2,85 mg/kg và 105±4,57 mg/kg tương ứng (Hình 1).



**Hình 1: Hàm lượng  $N-NH_4^+$  cao nhất tích lũy trong đất được cung cấp nước thải biogas (mg/kg)**

Thanh sai số trên đồ thị biểu thị sai số chuẩn. Các giá trị không cùng kí tự thì khác biệt có ý nghĩa ở mức  $\alpha = 5\%$ . NT1: bổ sung 100% nước khử khoáng (đối chứng); NT2: bổ sung 50% nước thải biogas và 50% nước khử khoáng; NT3: bổ sung 75% nước thải biogas và 25% nước khử khoáng; NT4: bổ sung 100% nước thải biogas

**Bảng 5: Hàm lượng  $N-NH_4^+$  (mg/kg) gia tăng trong đất được bổ sung nước thải biogas**

Nghiệm thức	Thời gian						
	ngày 2	ngày 5	ngày 10	ngày 15	ngày 20	ngày 25	ngày 30
50% nước thải biogas	63,8±4,15 <sup>zc</sup>	65,0±3,59 <sup>zc</sup>	75,8±2,9 <sup>zb</sup>	78,8±5,21 <sup>zb</sup>	90,8±5,49 <sup>za</sup>	86,2±2,40 <sup>za</sup>	61,2±1,27 <sup>zc</sup>
75% nước thải biogas	95,6±2,21 <sup>yd</sup>	94,8±4,55 <sup>yd</sup>	110±4,64 <sup>yc</sup>	118±5,96 <sup>yb</sup>	127±3,07 <sup>ya</sup>	119±3,83 <sup>yb</sup>	99,9±2,37 <sup>yd</sup>
100% nước thải biogas	130±1,96 <sup>xd</sup>	134±6,99 <sup>xd</sup>	146±5,02 <sup>xc</sup>	149±5,15 <sup>xbc</sup>	158±5,75 <sup>xa</sup>	155±4,99 <sup>xab</sup>	134±3,5 <sup>xd</sup>

### 3.3.2 Hàm lượng $N-NO_3^-$

#### a. Hàm lượng $N-NO_3^-$ trong đất ở các nghiệm thức

Kết quả ở Bảng 6 cho thấy kể từ ngày thứ 5 giá trị  $N-NO_3^-$  giữa các nghiệm thức có sự khác biệt ( $p < 0,05$ ). Hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong đất tăng theo sự gia tăng thể tích nước thải biogas bổ sung cho

đất. Ở nghiệm thức không tưới nước thải biogas, giá trị  $N-NO_3^-$  giảm từ ngày 2 đến ngày 5 và tăng cao nhất vào ngày 15 là 20,0 mg/kg và giảm thấp nhất ở ngày 20 (7,60 mg/kg). Điều này cho thấy ở NT1 có diễn biến  $N-NO_3^-$  không theo xu hướng nhất định, do hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong đất ít, không thúc đẩy sự nitrate hoá diễn ra rõ rệt (Brady, 1984).

**Bảng 6: Hàm lượng  $N-NO_3^-$  (mg/kg) trong đất ở các nghiệm thức theo thời gian**

Nghiệm thức	Thời gian						
	ngày 2	ngày 5	ngày 10	ngày 15	ngày 20	ngày 25	ngày 30
100% nước khử khoáng	19,7±2,83 <sup>ABa</sup>	15,0±0,99 <sup>Cc</sup>	17,9±0,56 <sup>Bc</sup>	20,0±0,72 <sup>Ab</sup>	7,60±0,70 <sup>Fc</sup>	10,2±0,40 <sup>Ec</sup>	12,7±2,28 <sup>Dc</sup>
50% nước thải biogas	20,2±1,11 <sup>CDa</sup>	19,1±1,16 <sup>DEb</sup>	21,0±0,75 <sup>CDb</sup>	22,1±0,94 <sup>CDb</sup>	24,95±1,93 <sup>Cb</sup>	30,63±1,61 <sup>Bb</sup>	63,70±4,88 <sup>Ab</sup>
75% nước thải biogas	21,3±1,12 <sup>Fa</sup>	23,2±4,33 <sup>EFa</sup>	25,8±0,94 <sup>DEa</sup>	29,0±2,05 <sup>CDa</sup>	31,1±3,30 <sup>Ca</sup>	39,4±1,28 <sup>Ba</sup>	74,1±3,31 <sup>Aa</sup>
100% nước thải biogas	20,4±1,22 <sup>FGa</sup>	23,9±1,66 <sup>EFa</sup>	26,8±1,16 <sup>DEa</sup>	29,6±3,37 <sup>CDa</sup>	33,0±3,85 <sup>Ca</sup>	41,3±1,57 <sup>Ba</sup>	78,9±3,08 <sup>Aa</sup>

Ghi chú: Số liệu được trình bày dạng  $TB \pm SD$ ,  $n=4$ . Các giá trị trong cùng một hàng có cùng kí

tự (A, B, C, D, E, F, G) và các giá trị trong cùng một cột có cùng kí tự (a, b, c) khác biệt không có ý nghĩa ở mức  $\alpha=5\%$

Ở các nghiệm thức tưới nước thải biogas, hàm lượng  $N-NO_3^-$  tăng liên tục theo thời gian và tăng theo thể tích nước thải biogas tăng tương ứng. Giá trị  $N-NO_3^-$  tăng vọt đáng kể từ ngày 25 và đạt cao nhất vào ngày 30 lần lượt là 63,70±4,88 mg/kg, 74,1±3,31 mg/kg và 78,9±3,08 mg/kg. Hàm lượng  $N-NO_3^-$  khoáng hóa trong đất tăng không nhiều trong 15 ngày đầu vì xảy ra sự bất động đạm do vi sinh vật (Trịnh Thị Thu Trang và Nguyễn Mỹ Hoa, 2007) và sau 15 ngày, tiến trình nitrate hóa diễn ra (Chau Minh Khoi, 2000) nên một lượng lớn  $N-NH_4^+$  phóng thích từ nước thải biogas đã được chuyển hóa nhanh sang dạng  $NO_3^-$ .

#### b. Sự gia tăng hàm lượng $N-NO_3^-$ trong đất được bổ sung nước thải biogas

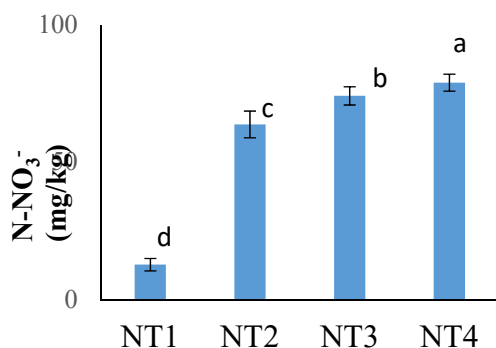
Hàm lượng  $N-NO_3^-$  gia tăng ở các nghiệm thức được bổ sung nước thải biogas theo thời gian và đạt giá trị cao nhất ở ngày thứ 30 lần lượt là 51,0±5,33 mg/kg, 61,4±4,42 mg/kg và 66,2±3,85 mg/kg (Bảng 7). Nghiệm thức bổ sung 100% nước thải biogas có sự gia tăng hàm lượng  $N-NO_3^-$  tương đương so với nghiệm thức bổ sung 75% nhưng khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức bổ sung 50% kể từ ngày thứ 5.

**Bảng 7: Hàm lượng  $N-NO_3^-$  (mg/kg) gia tăng trong đất được bổ sung nước thải biogas**

Nghiệm thức	Thời gian						
	ngày 2	ngày 5	ngày 10	ngày 15	ngày 20	ngày 25	ngày 30
50% nước thải biogas	0,50±0,22 <sup>yc</sup>	4,10±0,72 <sup>yc</sup>	3,18±1,14 <sup>yc</sup>	2,10±0,54 <sup>yc</sup>	17,4±2,44 <sup>yb</sup>	20,4±1,70 <sup>yb</sup>	51,0±5,33 <sup>ya</sup>
75% nước thải biogas	1,60±0,8 <sup>xe</sup>	8,23±1,77 <sup>xd</sup>	7,95±0,61 <sup>xd</sup>	9,05±1,42 <sup>xd</sup>	23,5±2,94 <sup>xc</sup>	29,1±1,52 <sup>xb</sup>	61,4±4,42 <sup>xa</sup>
100% nước thải biogas	0,63±0,43 <sup>ye</sup>	8,88±0,56 <sup>xd</sup>	8,90±0,62 <sup>xd</sup>	9,63±0,87 <sup>xd</sup>	25,4±4,16 <sup>xc</sup>	31,1±1,94 <sup>xb</sup>	66,2±3,85 <sup>xa</sup>

Sự nitrat hóa tăng nhanh là do nước thải biogas có các nguyên tố vi lượng và sự cân bằng thích hợp của N, P, K (Võ Thị Gương, 2004). Nghiệm thức giàu chất hữu cơ và giàu đạm hữu cơ dễ phân hủy có lượng đạm khoáng hóa cao hơn so với nghiệm thức có chất hữu cơ trung bình và nghèo (Tất Anh Thư và ctv., 2007) nên lượng đạm tăng theo sự gia tăng thể tích nước thải biogas bổ sung cho đất.

Hàm lượng  $N-NO_3^-$  tích lũy trong đất tăng dần theo thể tích nước thải biogas cung cấp cho đất và khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức, đạt cao nhất ở ngày thứ 30 (Hình 2). Điều này cho thấy sự nitrat hóa diễn ra trong đất phụ thuộc vào thể tích nước thải biogas bổ sung cho đất.



**Hình 2: Hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cao nhất tích lũy trong đất được cung cấp nước thải biogas (mg/kg)**

Thanh sai số trên đồ thị biểu thị sai số chuẩn. Các giá trị không cùng kí tự thì khác biệt có ý nghĩa ở mức  $\alpha = 5\%$ . NT1: bổ sung 100% nước khử khoáng (đối chứng); NT2: bổ sung 50% nước thải biogas và 50% nước khử khoáng; NT3: bổ sung 75% nước thải biogas và 25% nước khử khoáng; NT4: bổ sung 100% nước thải biogas.

### 3.4 Hàm lượng CO<sub>2</sub> trong đất

Theo Bossuyt *et al.* (2001), hàm lượng CO<sub>2</sub> trong đất thể hiện sự hô hấp của vi sinh vật đất,

chất hữu cơ làm tăng hoạt động và sự đa dạng của vi sinh vật đất, cho thấy sự gia tăng hoạt động của vi sinh vật đất có liên quan đến sự tăng hàm lượng đạm N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong đất.

Hàm lượng CO<sub>2</sub> trong đất được ghi nhận tương ứng với sự biến động hàm lượng đạm ở theo các đợt khảo sát. Theo kết quả được trình bày trong Bảng 8, hàm lượng CO<sub>2</sub> ở nghiệm thức cung cấp nước thải biogas (NT2, NT3, NT4) tăng lên gần gấp đôi tại ngày 5 cho thấy đã có một lượng lớn CO<sub>2</sub> được sinh ra từ sự phân hủy vật chất hữu cơ trong đất, trong sự phân hủy này có sự khoáng hóa các chất dinh dưỡng, cụ thể là N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Luo và Zhou, 2006).

Ở giai đoạn từ ngày thứ 5 đến ngày thứ 10, hàm lượng CO<sub>2</sub> của nghiệm thức 75% nước thải biogas (NT3) và 100% nước thải biogas (NT4) tăng cao khác biệt có ý nghĩa so với 50% nước thải biogas (NT2) và 100% nước khử khoáng (NT1). Đến ngày thứ 15, bắt đầu có sự khác biệt thống kê giữa NT2 với NT1. Điều này cho thấy lượng nước thải biogas được bổ sung càng nhiều làm tăng hoạt động của vi sinh vật trong đất, CO<sub>2</sub> được phóng thích ra tỷ lệ với sự hữu dụng vật chất thêm vào (Luo và Zhou, 2006).

**Bảng 8: Hàm lượng CO<sub>2</sub> (mg/kg) trong đất theo thời gian**

Nghiệm thức	Thời gian						
	ngày 2	ngày 5	ngày 10	ngày 15	ngày 20	ngày 25	ngày 30
100% nước khử khoáng	201±10,5 <sup>aG</sup>	305±13,8 <sup>bF</sup>	407±8,98 <sup>bE</sup>	498±12,7 <sup>cD</sup>	527±22,7 <sup>cC</sup>	613±22,6 <sup>cB</sup>	649±28,4 <sup>cA</sup>
50% nước thải biogas	165±8,98 <sup>bG</sup>	291±7,78 <sup>bF</sup>	424±10,0 <sup>bE</sup>	545±21,3 <sup>bD</sup>	638±23,1 <sup>bC</sup>	679±22,2 <sup>bB</sup>	723±23,1 <sup>bA</sup>
75% nước thải biogas	154±12,7 <sup>bG</sup>	322±5,50 <sup>aF</sup>	470±5,50 <sup>aE</sup>	608±15,6 <sup>aD</sup>	710±18,8 <sup>aC</sup>	770±21,1 <sup>aB</sup>	825±20,1 <sup>aA</sup>
100% nước thải biogas	151±13,8 <sup>bG</sup>	330±6,35 <sup>aF</sup>	484±20,1 <sup>aE</sup>	627±24,4 <sup>aD</sup>	732±27,5 <sup>aC</sup>	798±29,7 <sup>aB</sup>	855±25,9 <sup>aA</sup>

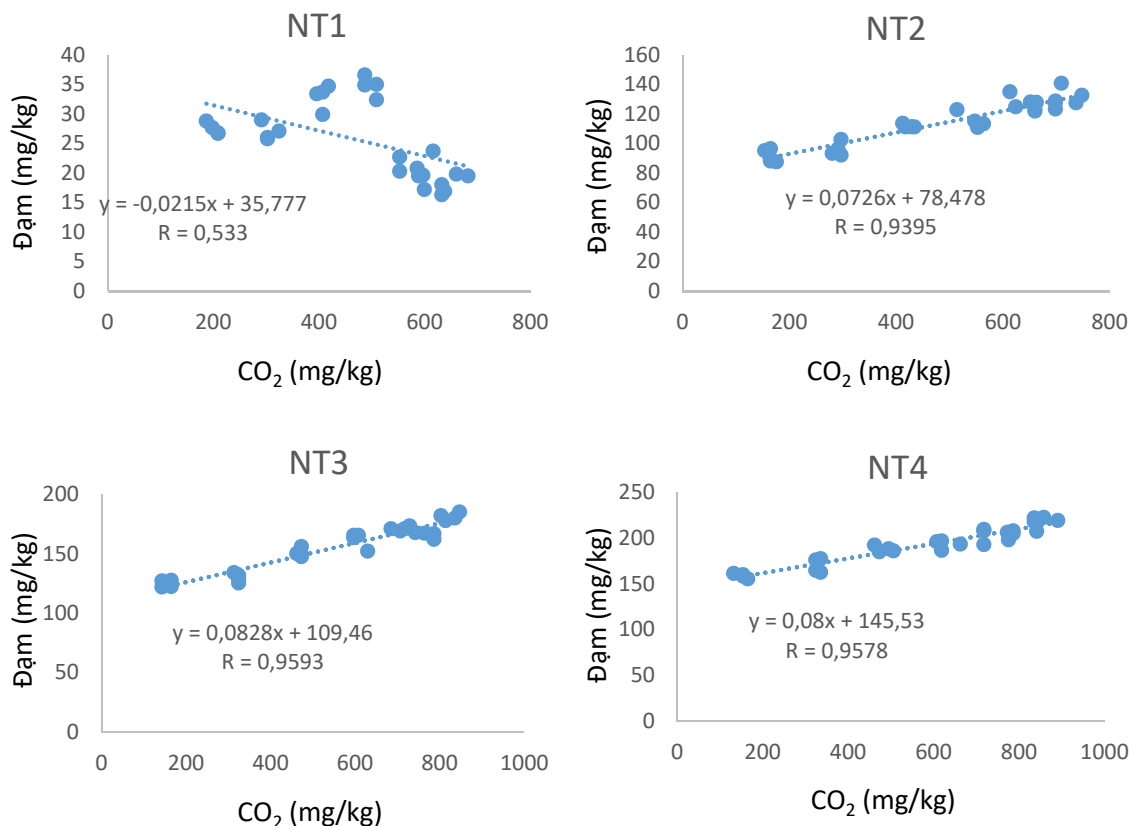
Ghi chú: Ghi chú: Số liệu được trình bày dạng TB±SD, n=4. Các giá trị trong cùng một hàng có cùng kí tự (A, B, C, D, E, F, G) và các giá trị trong cùng một cột có cùng kí tự (a, b, c) khác biệt không có ý nghĩa ở mức  $\alpha = 5\%$

Hàm lượng CO<sub>2</sub> tích lũy trong đất của tất cả các nghiệm thức đạt mức tối đa ở thời điểm sau 30 ngày. Hàm lượng CO<sub>2</sub> đạt cao nhất ở 2 nghiệm thức bổ sung 100% nước thải biogas (855±25,9 mgCO<sub>2</sub>/kg) và 75% nước thải biogas (825±20,1 mgCO<sub>2</sub>/kg), tiếp đến là nghiệm thức bổ sung 50% nước thải biogas (723±23,1 mgCO<sub>2</sub>/kg). Nghiệm thức bổ sung 100% nước khử khoáng tích lũy CO<sub>2</sub> thấp nhất (649±28,4 mgCO<sub>2</sub>/kg).

Sự gia tăng hàm lượng CO<sub>2</sub> tương ứng với sự

gia tăng hàm lượng đạm hữu dụng (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) trong đất với các hệ số tương quan ở các nghiệm thức đối chứng, nghiệm thức bổ sung nước thải biogas 50, 75 và 100% lần lượt là R:0,533, R:0,9395; R:0,9593, R:0,9578 (Hình 3).

Tóm lại, khi tăng thể tích nước thải biogas vào đất đã làm tăng hàm lượng CO<sub>2</sub> và tăng hoạt động của vi sinh vật trong đất đồng thời đạm hữu dụng trong đất tăng tương ứng với thể tích nước thải biogas bổ sung cho đất.



**Hình 3: Sự tương quan giữa hàm lượng đạm hữu dụng và CO<sub>2</sub> trong đất ở các nghiệm thức**

Ghi chú: NT1: đất bổ sung nước khử khoáng (đối chứng); NT2: bổ sung 50% nước thải biogas và 50% nước khử khoáng; NT3: bổ sung 75% nước thải biogas và 25% nước khử khoáng; NT4: bổ sung 100% nước thải biogas

## 4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

### 4.1 Kết luận

Hàm lượng đạm hữu dụng trong đất gia tăng theo lượng nước thải biogas bổ sung cho đất và gia tăng tương ứng với hàm lượng CO<sub>2</sub> trong đất. Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> gia tăng ở nghiệm thức bổ sung 100% nước thải biogas đạt cao nhất (lần lượt là 158 mg/kg và 66,2 mg/kg), khác biệt có ý nghĩa với nghiệm thức bổ sung 75% (127 mg/kg và 61,4 mg/kg) và nghiệm thức bổ sung 50% (90,8 mg/kg và 51,0 mg/kg). Hàm lượng CO<sub>2</sub> trong đất thấp nhất là nghiệm thức không bổ sung nước thải biogas (649 mgCO<sub>2</sub>/kg), tăng dần ở các nghiệm thức còn lại có thể tích nước thải biogas được bổ sung lần lượt là 50% (723 mgCO<sub>2</sub>/kg), 75% (825 mgCO<sub>2</sub>/kg) và 100% (855 mgCO<sub>2</sub>/kg).

### 4.2 Đề xuất

Nghiên cứu về cân bằng đạm trong đất có bổ sung nước thải biogas trong quá trình thí nghiệm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anderson, J. P. E., 1982. Soil respiration. Methods of Soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological properties. Soil Sci. Soc. Am., 831-845.
- Bossuyt H., K. S. Danef, J. Frey, R. Merckx and K. Paustian, 2001. Influence of microbial population and residue quality on aggregate stability, Applied soil ecology. 16: 199 – 201.
- Brady, 1988. Potential C and N mineralization and microbial biomass from intact and increasingly disturbed soils of varying texture. Soil Biol. Biochem. 31:1083–1090.
- Bùi Thị Nga, Taro Izumi và Nguyễn Công Thuận, 2015. Sử dụng nước thải mô hình khí sinh học trồng cây vạn thọ (*Tagetes patula* L.). Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Kỳ 1: 55 - 60.
- Bùi Thị Nga, Nguyễn Phương Thảo, Huỳnh Văn Thảo, Nguyễn Thị Lan Anh, 2016. Nghiên cứu sử dụng nước thải từ mô hình khí sinh học trồng đậu bắp (*Abelmoschus esculentus* L.). Tạp chí Nông nghiệp và phát triển Nông thôn. Số 10: 147-154.



- Chau Minh Khoi, 2000. Nitrogen mineralization in relation to soil organic carbon and its C:N ratio in acid sulfate soils from the Mekong Delta area VietNam. Master Thesis. Department of Soil Science. Division for Soil Fertility and plant nutrition. Uppsala University.
- Coyne M. S., 1999. Soil Microbiology: An exploratory approach. International Thomson Publishing company. Trang 317-323.
- Luo Y. and Zhou X., 2006. Soil Respiration and the Environment, Elsevier, Inc. All rights reserved.
- Ngô Kế Sương và Nguyễn Lâm Dũng, 1997. Sản xuất khí đốt biogas bằng kỹ thuật lên men kỵ khí. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội.
- Ngô Quang Vinh, 2010. Nghiên cứu sử dụng nước xả của các công trình khí sinh học làm phân bón cho rau cải xanh và xả lách ở Đồng Nai. Báo cáo tổng kết. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.
- Nguyễn Hoài Nam, 2014. Nghiên cứu sử dụng nước thải túi ủ biogas với nguyên liệu nạp phân heo tưới cho cây vụn thọt (*Tagetes patula* L.). Luận văn tốt nghiệp đại học ngành Khoa học môi trường. Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.
- Nguyễn Mỹ Hoa, Lê Văn Khoa và Trần Bá Linh, 2010. Giáo trình hóa lý đất. Trường Đại học Cần Thơ.
- Nguyễn Mỹ Hoa, 2013. Khảo sát khả năng hấp thụ đạm của Biochar trong điều kiện ủ hiếu khí. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số 29:52-59.
- Nguyễn Quang Khải, 2009. Công nghệ khí sinh học. Nhà xuất bản Lao động – xã hội. Hà Nội. Trang 1- 20.
- Nguyễn Thị Kiều Phương, 2011. Đánh giá khả năng hấp thụ đạm và lân trong nước thải biogas bằng tro trấu, tro than đá. Thạc sĩ ngành Khoa học môi trường. Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.
- Phạm Việt Nữ, Bùi Thị Nga và Taro Izumi, 2015. Sử dụng nước thải túi ủ biogas có vật liệu nạp là phân heo và bèo tai tượng (*Pistia stratiotes*) canh tác cây ớt (*Capsicum frutescens* L.). Tạp chí khoa học Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề Môi trường và biến đổi khí hậu: 35 – 40.
- Tate R. L., 1987. Soil organic matter: Biological and Ecological effects. John Wiley & Sons, Inc. Trang 2-22.
- Tất Anh Thư, Võ Thị Gương và Nguyễn Văn Hòa, 2007. Sự khoáng hóa đạm hữu cơ trong đất đáy ao nuôi artemia tại Vĩnh Châu, Sóc Trăng. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số 7: 176-182.
- Trịnh Thị Thu Trang và Nguyễn Mỹ Hoa, 2007. Ảnh hưởng của việc bón chất thải biogas, urê, vôi đến lượng đạm khoáng trên đất phèn trung bình canh tác lúa và mối tương quan giữa hàm lượng đạm khoáng trong đất và sự hấp thụ đạm của cây. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ. Số 7:58 – 66.
- Võ Thanh Phong, Trần Thanh Phong, Nguyễn Minh Đông và Nguyễn Mỹ Hoa, 2015. Ảnh hưởng của các dạng phân đạm đến sự phân bố  $\text{NH}_4^+$  trong đất và bốc thoát  $\text{NH}_3$  trong canh tác lúa ở Tam Bình, Vĩnh Long. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ. Số 40 (2015) (2) Phần B: Nông nghiệp, Thủy sản và Công nghệ Sinh học: 128-135.
- Võ Thị Gương, 2004. Giáo trình phì nhiêu đất. Chương 2, Động thái chất đạm trong đất. Đại học Cần Thơ.
- Võ Thị Gương, Ngô Xuân Hiền, Hồ Văn Thiệt và Dương Minh, 2010. Cải thiện sự suy giảm độ phì nhiêu hóa lý và sinh học đất vườn cây ăn trái ở Đồng bằng sông Cửu Long. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.