

Vận hành sử dụng và đặc điểm vệ sinh nước thải hầm biogas hộ gia đình tại một số xã của tỉnh Hà Nam năm 2014

Lưu Quốc Toàn^{1,2}, Nguyễn Việt Hùng^{2,3},
Nguyễn Mai Hương², Lê Thị Thu², Phạm Đức Phúc²

Tóm tắt: Vận hành sử dụng hầm biogas phù hợp giúp tăng hiệu quả xử lý chất thải của hầm biogas và đảm bảo vệ sinh nước thải của hầm biogas. Nghiên cứu vận hành sử dụng hầm biogas tại 451 hộ gia đình ở 3 xã thuộc tỉnh Hà Nam năm 2014. Nội dung nghiên cứu gồm phỏng vấn người dân về vận hành sử dụng hầm biogas hộ gia đình và lấy mẫu nước thải tại bể áp của hầm biogas để xét nghiệm một số chỉ số vệ sinh. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tỷ lệ hộ gia đình có sử dụng phân lợn, phân gia cầm và phân người nạp cho hầm biogas tương ứng là 90,2%, 29,7% và 80,3%. Nước thải hầm biogas chảy trực tiếp ra cống rãnh chung và ao hồ lần lượt là 66,5% và 12,9%. Các chỉ số vi sinh và hóa học trong chất thải có giảm sau khi xử lý bằng hầm biogas. Tuy nhiên, tỷ lệ nước thải hầm biogas phát hiện có Salmonella, Giardia, Cryptosporidium vẫn từ 34,7 – 56,0%. Nồng độ E. coli trong nước thải bể áp của hầm biogas vẫn vượt mức khuyến nghị của WHO về nước E. coli trong thải chăn nuôi sử dụng trong nông nghiệp. Người dân có sử dụng bảo hộ lao động khi tiếp xúc với nước thải hầm biogas nhưng còn thiếu đồng bộ.

Từ khóa: biogas, nước thải, Hà Nam

Operating and sanitation characteristics of household biogas in some communes of the Ha Nam province in 2014

Luu Quoc Toan^{1,2}, Nguyen Viet Hung^{2,3},
Nguyen Mai Huong², Thi Thu Thu², Pham Duc Phuc²

Abstract: Research the operation of biogas plant in 451 households in three communes of Hanam province in 2014. Field survey had interviewed farmers about the operation using household biogas

plant. Biogas wastewater samples were collected in tank pressure of biogas plant to test the hygiene indicators. The study results showed that the proportion of households, that use pig manure, poultry manure and human excrement for biogas loaded were 90.2%, 29.7% and 80.3%, respectively. Biogas waste water was discharged into drains directly and commune lakes shared that were 66.5% and 12.9%, respectively. The chemical and microbiological index of wastes was reduced by biogas treatment. However, the rate of biogas sewage had detected *Salmonella*, *Giardia*, and *Cryptosporidium* that was from 34.7 to 56.0%. *E. coli* concentration in the biogas wastewater of tank pressure has exceeded the WHO recommendation that are applied for animal wastewater using in agriculture. The people have used protection when exposed to sewage of biogas plant. However, protection using are not comprehensive.

Key words: biogas, wastewater, Hanam

Tác giả:

1. Bộ môn Dinh dưỡng và an toàn vệ sinh thực phẩm, Trường Đại học Y tế Công cộng
2. Trung tâm Nghiên cứu Y tế công cộng và Hệ sinh thái, Trường Đại học Y tế Công cộng
3. Viện Chăn nuôi Quốc tế (ILRI)

1. Đặt vấn đề

Tại Việt Nam, hầm biogas được nghiên cứu và phát triển mạnh từ những năm 1990. Cả nước hiện có 8,5 triệu hộ chăn nuôi, lượng chất thải chăn nuôi cần xử lý hàng năm khoảng 85 triệu tấn phân/năm và 37 triệu tấn nước thải/năm [4]. Quá trình vận hành hầm biogas đúng quy trình và phù hợp sẽ giúp loại bỏ phần lớn các tác nhân có hại trong chất thải chăn nuôi, tạo ra khí gas và các phụ phẩm có thể tái sử dụng trong canh tác nông nghiệp và chăn nuôi, giảm ô nhiễm môi trường [8], [5]. Nạp chất thải hàng ngày là một trong 6 yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu suất hoạt động của hầm biogas.

Ngoài cung cấp khí đốt, nước thải của hầm biogas là nguồn phân bón hữu cơ giàu dinh dưỡng cho canh tác nông nghiệp. Khoảng 40,3% hộ gia đình có sử dụng phụ phẩm sau hầm biogas làm phân bón trồng lúa, hoa màu, rau [6]. Tuy nhiên, nước

thải và phụ phẩm sau xử lý của hầm biogas còn chứa nhiều tác nhân gây hại cho sức khỏe do quá trình vận hành hầm biogas chưa phù hợp. Một số nghiên cứu cho thấy, nồng độ *E. coli*, *Salmonella* trong nước thải sau xử lý bằng hầm biogas chỉ giảm được 1 – 2 log₁₀ [11].

Hà Nam là một tỉnh thuộc khu vực đồng bằng sông Hồng với ngành chăn nuôi phát triển bền vững và đóng góp quan trọng cho nền kinh tế. Song song với sự phát triển về chăn nuôi, tỉnh Hà Nam cũng đã chú trọng tới công tác xử lý chất thải chăn nuôi và lựa chọn giải pháp tăng cường sử dụng hầm biogas. Tuy nhiên, chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá việc vận hành sử dụng hầm biogas cũng như đặc điểm vệ sinh của nước thải hầm biogas quy mô nông hộ tại địa bàn tỉnh Hà Nam. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục tiêu: Mô tả hoạt động vận hành sử dụng hầm biogas và vệ sinh nước thải hầm biogas hộ gia đình tại một số xã của tỉnh Hà Nam năm 2014.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Hộ gia đình có sử dụng hầm biogas để xử lý chất thải chăn nuôi.

Người dân sống tại hộ gia đình được chọn vào nghiên cứu.

Mẫu nước thải tại bể áp từ hầm biogas hộ gia đình.

2.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành tại huyện Kim Bảng (xã Hoàng Tây và xã Lê Hồ) và huyện Duy Tiên (xã Chuyên Ngoại), tỉnh Hà Nam.

Thời gian nghiên cứu từ tháng 1-12/2014.

2.3. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp cắt ngang mô tả

2.4. Mẫu và phương pháp chọn mẫu

Chọn hầm biogas hộ gia đình, sử dụng công thức tính cỡ mẫu ước lượng cho 1 tỷ lệ:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \times p \times q}{d^2}$$

Trong đó:

n cỡ mẫu; $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$

p : tỷ lệ hộ gia đình có sử dụng phân lợn/gia cầm/phân người nạp vào hầm biogas, để cỡ mẫu lớn nhất lấy $p=0,5$

$q = 1-p = 0,5$; $d = 0,05$ (sai số cho phép)

Cỡ mẫu tính được là 385 hộ, lấy thêm 10% mẫu dự phòng. Tổng cỡ mẫu tính được xấp xỉ 450 hộ gia đình.

Tại thời điểm nghiên cứu, theo thống kê của UBND xã Hoàng Tây, Lê Hồ và Chuyên Ngoại số hộ gia đình có hầm biogas là 988 hộ gia đình. Dựa trên danh sách đó, nhóm nghiên cứu lựa chọn hộ gia đình bằng phương pháp ngẫu nhiên hệ thống với khoảng cách mẫu là 2. Số hộ gia đình thực tế chọn được là 451 hộ gia đình có sử dụng hầm biogas trong xử lý chất thải chăn nuôi.

Tại mỗi hộ được chọn, lựa chọn một người đại

diện hộ gia đình để trả lời các câu hỏi nghiên cứu. Người được chọn thỏa mãn tiêu chí: 18 - 60 tuổi, trực tiếp tham gia các hoạt động sản xuất nông nghiệp của hộ gia đình và đồng ý tham gia nghiên cứu.

Chọn mẫu nước thải tại bể áp của hầm biogas:

Sử dụng phương pháp chọn mẫu chủ đích. Dựa trên danh sách hộ gia đình được chọn, lựa chọn chủ đích mỗi xã 5 hộ gia đình để lấy mẫu nước thải tại bể áp. Các hộ gia đình được chọn cần đảm bảo nắp bể áp của hầm biogas có thể dễ dàng mở ra được. Mẫu nước thải bể áp hầm biogas tại các hộ gia đình được lấy lặp lại 5 lần (bao gồm cả 1 lần lấy thử), mỗi lần lấy chính cách nhau 3 tháng. Tổng số 75 mẫu nước thải bể áp đã được thu thập.

2.5. Các nhóm biến số nghiên cứu chính

Thông tin chung về hầm biogas hộ gia đình.

Các thông tin về vận hành hầm biogas trong xử lý chất thải chăn nuôi tại hộ gia đình.

Chất lượng vệ sinh nước thải tại bể áp của hầm biogas hộ gia đình bao gồm:

Các chỉ số vi sinh (*E. coli*, *Salmonella*, *Giardia* và *Cryptosporidium*)

Các chỉ số hóa học (BOD₅, COD)

2.6. Phương pháp thu thập và phân tích số liệu

Thực trạng sử dụng hầm biogas trong xử lý chất thải chăn nuôi tại hộ gia đình được phỏng vấn bằng bộ câu hỏi.

Mẫu nước thải tại bể áp hầm biogas được thu thập và gửi về phòng thí nghiệm để xét nghiệm các chỉ số theo yêu cầu. Các mẫu xét nghiệm được phân tích tại các phòng thí nghiệm của Viện Vệ sinh dịch tễ Trung ương, Viện Thú y, Trường Đại học Y tế Công cộng.

Số liệu được nhập bằng phần mềm Epidata, Excel và phân tích bằng SPSS.

3. Kết quả nghiên cứu

Nghiên cứu khảo sát 451 hộ gia đình có sử dụng biogas nhằm mô tả các thông tin chung về hầm biogas hộ gia đình như thời gian sử dụng, vật liệu xây và kích thước bể.

Bảng 1. Đặc điểm của hầm biogas hộ gia đình

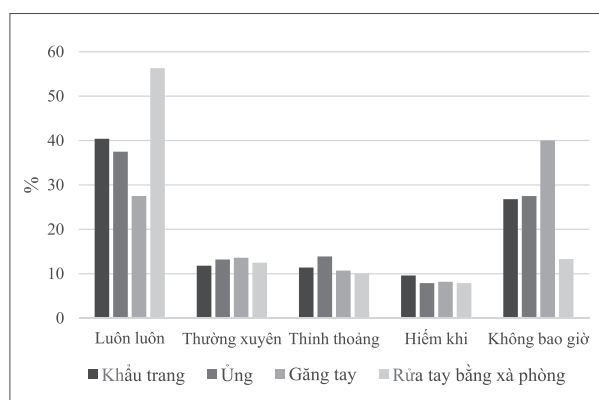
Đặc điểm	Trung bình	Min-Max	
Số năm được đưa vào sử dụng (năm)	5,2 ± 3,5	0,2 – 28,0	
Thể tích bể phân giải (m³)	11,3 ± 3,1	3,0 – 22,0	
Thể tích bể áp (m³)	2,6 ± 1,4	0 – 10,0	
Đặc điểm	N	%	
Có xây dựng bể lắng sau bể áp	136	30,1	
Vật liệu xây dựng	Gạch và xi măng	391	86,7
	Nhựa composite	60	13,3

Kết quả nghiên cứu cho thấy, 86,7% hầm biogas trên địa bàn nghiên cứu được xây dựng bằng gạch và xi măng, các hầm composite có tỷ lệ thấp hơn (13,3%). Tỷ lệ hầm biogas có xây dựng thêm bể lắng sau bể điều áp chiếm 30,1%. Thời gian sử dụng trung bình của các hầm biogas trong nghiên cứu khoảng 5,2 năm. Kích thước trung bình bể phân giải và bể áp hầm biogas lần lượt là 11,3 m³ và 2,9 m³ (Bảng 1).

Bảng 2. Hoạt động vận hành hầm biogas trong xử lý chất thải chăn nuôi

Hoạt động	N	%
Hầm biogas được sửa chữa, thông tắc	114	25,3
Có nạp phân lợn cho hầm biogas	407	90,2
Có nạp phân gia cầm cho hầm biogas	134	29,7
Có nạp phân người cho hầm biogas	362	80,3
Nước thải bể áp bị tràn ra khỏi các bể chứa	62	13,7
Nước thải từ bể áp chảy trực tiếp ra cống rãnh chung	300	66,5
Nước thải bể áp chảy trực tiếp vào hệ thống ao/hồ	58	12,9

Trong quá trình sử dụng, 25,3% các hầm biogas hộ gia đình đã từng được sửa chữa như thông tắc hoặc nạo hút. Khảo sát nguồn chất thải nạp vào bể áp hầm biogas hàng ngày cho thấy 90,2% có sử dụng phân lợn, 29,7% có sử dụng phân gia súc và 80,3% có sử dụng phân người. Một tỷ lệ nhỏ hầm biogas (13,7%) đã từng bị tràn nước thải ra khỏi các bể chứa. Về đường đi của nước thải, khoảng 2/3 (66,5%) số hầm biogas thải nước thải bể áp trực tiếp vào hệ thống cống rãnh chung của xóm và 12,9 % xả nước thải từ bể áp trực tiếp vào hệ thống ao hồ của gia đình, hàng xóm hoặc ao hồ chung của địa phương (Bảng 2).



Biểu đồ 1. Sử dụng bảo hộ lao động khi tiếp xúc với nước thải hầm biogas

Sử dụng bảo hộ trong các hoạt động vận hành hầm biogas cũng được đánh giá trong nghiên cứu. Theo đó, người dân khi tham gia các hoạt động có tiếp xúc với nước thải biogas đã có sử dụng các hình thức bảo hộ như đeo khẩu trang, đi găng tay, đi ủng và rửa tay bằng xà phòng ở các mức độ khác nhau. Tuy nhiên, vẫn còn 40% người dân không bao giờ đi găng tay, 27,5% không bao giờ đi ủng, 26,8% không bao giờ đeo khẩu trang và 13,3% không bao giờ rửa tay bằng xà phòng khi vận hành hầm biogas (Biểu đồ 1).

Bảng 3. Kết quả xét nghiệm vi sinh vật trong nước thải hầm biogas

Tác nhân	Đương tính		Nồng độ trung bình	QCVN 01-79: 2011 (Coliform/100 ml)
	n	%		
E. coli (*)	75	100	14665 ± 34854	5000
Salmonella(*)	42	56,0	6,0 ± 21,8	-
Giardia(**)	33	44,0	9,4 ± 23,0	-
Cryptosporidium(**)	26	34,7	9,2 ± 25,7	-

(*) CFU/ml; (**) bào nang/100 ml

Xét nghiệm 75 mẫu nước thải lấy tại bể áp của các hầm biogas hộ gia đình, kết quả cho thấy tỷ lệ mẫu nước thải bể áp hầm biogas phát hiện có *Salmonella*, *Giardia*, *Cryptosporidium* lần lượt là 56%, 44%, 34,7%. Mẫu nước thải bể áp hầm biogas phát hiện có *E. coli* là 100% với nồng độ trung bình là 14665 ± 34854 CFU/ml (Bảng 3).

Bảng 4. Kết quả xét nghiệm COD và BOD5 trong nước thải hầm biogas

Chỉ số	N	Nồng độ trung bình (mg/L)	QCVN 01-79: 2011 (mg/L)
COD	75	373,8 ± 238,1	100
BOD5	75	254,6 ± 174,6	50

Kết quả xét nghiệm 75 mẫu nước thải bể áp hầm biogas về nhu cầu oxy sinh học (BOD5) và nhu cầu oxy hóa học (COD) cho thấy, chỉ số COD và BOD5 trung bình trong nước thải lần lượt là 373,8 mg/L và 254,6 mg/L (Bảng 4).

4. Bàn luận

Quá trình lên men yếm khí trong bể phân giải hầm biogas sẽ làm giảm một số chỉ số hóa lý của chất thải như BOD₅, COD. Trong nghiên cứu này, chỉ số COD, BOD₅ trung bình trong nước thải sau khi xử lý bằng biogas là 373,8 mg/L, 254,6 mg/L. Kết quả này thấp hơn nghiên cứu của Lansing và cộng sự (2008), chỉ số COD được xác định là 472 mg/L [12]; và thấp hơn kết quả nghiên cứu của Vũ Đình Tôn (2008) tại các trang trại chăn nuôi lợn thịt ở Hải Dương, Hưng Yên, Bắc Ninh với chỉ số COD được xác định là 552,7 mg/L, 445,8 mg/L và 424,9 mg/L [9]. Nhưng kết quả BOD₅ trong nghiên cứu này (254,6 mg/L) cao hơn kết quả BOD₅ trong nghiên cứu của Vũ Đình Tôn (169,5 mg/L, 116,1 mg/L, 207,8 mg/L) [9]. Mặc dù vậy, chỉ số COD, BOD₅ của nước thải hầm biogas tại địa bàn nghiên cứu vẫn chưa đạt tiêu chuẩn về nước thải chăn nuôi theo QCVN 01-79: 2011 [1]. Mặt khác, so sánh kết quả chỉ số COD, BOD₅ trong nghiên cứu này với các nghiên cứu khác chỉ mang tính tương đối vì trong nghiên cứu này các mẫu nước thải bể áp chỉ là sản phẩm đầu ra. Chỉ số COD, BOD₅ và các chỉ số khác của nước thải hầm biogas phụ thuộc rất nhiều vào chất thải đầu vào. Đây là một điểm hạn chế của nghiên cứu.

Các chỉ số vi sinh như coliforms, *E. coli* và *Salmonella* cũng được giảm thiểu đáng kể dưới quá trình phân hủy rác thải của hầm biogas [10]. Theo Nguyễn Thị Hồng và cộng sự (2012), xử lý chất thải chăn nuôi bằng hầm biogas làm giảm 50% lượng Fecal coliform trong chất thải [6]. Tuy nhiên, do nhiều lý do khác nhau, đa phần chất lượng nước thải sau xử lý của hầm biogas tại Việt Nam còn chứa nhiều tác nhân gây hại cho sức khỏe. Trong nghiên cứu này, tỷ lệ mẫu nước thải tại bể áp dương tính với *Salmonella*, *Giardia* và *Cryptosporidium* tương ứng

là 56%, 44% và 34,7%. Nồng độ *Salmonella* trong nước thải bể áp được xác định là 6 CFU/ml. Kết quả này có tỷ lệ mẫu nước thải biogas dương tính với *Salmonella* cao hơn kết quả nghiên cứu của Lưu Quỳnh Hương (32,6%) nhưng nồng độ *Salmonella* trong mẫu nước thải lại thấp hơn (10²-10³ CFU/25 g) [11]. *E. coli* là một vi khuẩn chỉ điểm vệ sinh quan trọng đối với đánh giá chất lượng nước và môi trường. Trong nghiên cứu này, nồng độ *E. coli* trung bình của các mẫu nước thải biogas là 14665 CFU/ml. Kết quả này cao hơn khuyến nghị của WHO về nồng độ *E. coli* trong nước thải sử dụng trong nông nghiệp (10³ – 10⁵ CFU/100 ml) [13]. Kết quả nồng độ *E. coli* trong nước thải biogas trong nghiên cứu này cũng cao hơn QCVN 01-79:2011 về nước thải chăn nuôi (5000 CFU/100 ml) [1].

Vận hành hầm biogas là rất quan trọng để đảm bảo hiệu quả xử lý chất thải, trong đó có hoạt động nạp chất thải hàng ngày cho hầm biogas hộ gia đình. Tính chất của chất thải là một trong sáu yếu tố quan trọng tác động tới hoạt động của hầm biogas [8]. Khảo sát từ nghiên cứu cho thấy tỷ lệ hộ gia đình có sử dụng phân lợn nạp cho hầm biogas rất phổ biến (90,2%), tỷ lệ sử dụng phân gia cầm thấp hơn (29,7%). Kết quả này cũng phù hợp với kết quả khảo sát của Chương trình khí sinh học cho ngành chăn nuôi Việt Nam năm 2010 và 2013, tỷ lệ sử dụng phân lợn để nạp cho hầm biogas là 97,7% và 98% [2] [3]. Theo khảo sát thực tế cho thấy, một trong những lý do dẫn tới tỷ lệ sử dụng phân gia cầm thấp là do phân gia cầm có lẫn nhiều lông, thành phần khó phân hủy và không tốt cho hầm biogas. Ngoài phân lợn và phân gia cầm, phân người cũng là nguồn chất thải nạp cho hầm biogas. Tỷ lệ hộ gia đình có nạp phân người cho hầm biogas là 80,3%. Điều này chỉ ra rằng, có 80,3% hộ gia đình có kết nối nhà vệ sinh của người với hầm biogas. Tỷ lệ này cao hơn một chút so với kết quả khảo sát của Chương trình Khí sinh học cho ngành Chăn nuôi Việt Nam năm 2010 (65,3%) [2].

Tương tự như các hoạt động lao động sản xuất khác, sử dụng bảo hộ như ủng, găng tay, khẩu trang và rửa tay bằng xà phòng là cần thiết để giảm thiểu các nguy cơ sức khỏe liên quan đến sử dụng và vận hành hầm biogas hộ gia đình. Kết quả nghiên cứu cho thấy, người dân tham gia nghiên cứu đã thực hiện sử dụng bảo hộ khi dọn vệ sinh cũng như sử dụng nước thải hầm biogas trong canh tác nông nghiệp tương đối tốt. Tỷ lệ người dân luôn luôn rửa

tay bằng xà phòng sau khi dọn vệ sinh hầm biogas hoặc sử dụng nước thải biogas tưới cây/hoa màu là khá cao (56,3%). Tuy nhiên, vẫn còn nhiều người dân không bao giờ đi giặt tay khi làm các việc liên quan đến biogas như mô tả ở trên (40%), tiềm ẩn các nguy cơ sức khỏe khi thực trạng ô nhiễm vi sinh vật trong nước thải biogas là khá cao như kết quả trong nghiên cứu này.

Tóm lại, nguồn phân nạm hàng ngày cho hầm biogas hộ gia đình chủ yếu là phân lợn. Có một tỷ lệ rất cao (80,3%) hầm biogas có kết nối với nhà vệ sinh của hộ gia đình nên phân người cũng là một nguồn chất thải đáng kể nạp cho các hầm biogas.

Sử dụng găng tay, ủng, khẩu trang khi dọn vệ sinh hoặc các hoạt động sản xuất liên quan đến hầm biogas đã được chú trọng nhưng chưa đồng bộ. Tỷ lệ người dân không sử dụng găng tay khi tiếp xúc với nước thải biogas còn cao (40%).

Xử lý chất thải bằng hầm biogas đã giảm đáng kể các vi sinh vật và một số chỉ số hóa học trong chất thải. Tuy nhiên, quá trình xử lý này chưa triệt để, các tác nhân gây bệnh như *Salmonella*, *Giardia*, *Cryptosporidium* vẫn hiện diện trong nước thải hầm biogas với tỷ lệ cao (34,7-56,0%).

Sử dụng nước thải hầm biogas trong canh tác và sản xuất nông nghiệp là rất phổ biến và mang lại nhiều lợi ích. Tuy nhiên, vệ sinh của nước thải sau xử lý bằng hầm biogas còn tiềm ẩn nhiều tác nhân gây bệnh. Do vậy, cần tăng cường khuyến nghị người dân có các biện pháp xử lý thêm nước thải sau hầm biogas trước khi sử dụng như xây thêm các bể lắng sau bể áp.

Tăng cường khuyến nghị người dân thực hiện tốt các biện pháp bảo hộ như đi ủng, găng tay, khẩu trang và rửa tay bằng xà phòng khi tiếp xúc với nước thải biogas.

Tài liệu tham khảo

Tiếng Việt

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2011), QCVN01-79/2011: Cơ sở chăn nuôi gia súc, gia cầm - Quy trình kiểm tra, đánh giá điều kiện vệ sinh thú y, chủ biên.
2. Chương trình khí sinh học cho ngành chăn nuôi Việt Nam (2011), Khảo sát người sử dụng khí sinh học 2010-2011.
3. Chương trình khí sinh học cho ngành chăn nuôi Việt Nam (2014), Khảo sát người sử dụng khí sinh học năm 2013.
4. Hoàng Kim Giao (2011), Công nghệ khí sinh học quy mô hộ gia đình, Hà Nội.
5. Hoàng Kim Giao (2010), Sổ tay hướng dẫn khí sinh học, 5.
6. Lưu Hữu Mạnh (2009), “Đánh giá sự ô nhiễm môi trường nước mặt và hiệu quả của các phương pháp xử lý chất thải chăn nuôi heo ở qui mô nông hộ”, Tạp chí Khoa học 12, tr. 33-41.
7. Nguyễn Thị Hồng và Phạm Khắc Liệu (2012), “Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn bằng hầm biogas quy mô hộ gia đình ở Thừa Thiên Huế”, Tạp chí Khoa học Đại học Huế. 73(4), tr. 83-91.
8. Nông nghiệp Nông thôn Việt Nam (2013), Nghiên cứu, đề xuất các giải pháp về thể chế, chính sách trong quản lý môi

trường chăn nuôi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Hà Nội, truy cập ngày 2-9-2015, tại trang web <http://xtm.mard.gov.vn/Site/vi-VN/76/tapchi/69/106/5580/Default.aspx>.

9. Vũ Đình Tôn, Lại Thị Cúc, Nguyễn Văn Duy (2008), “Đánh giá hiệu quả xử lý chất thải bằng bể biogas của một số trang trại chăn nuôi lợn vùng đồng bằng sông Hồng”, Tạp chí Khoa học và Phát triển. 6(6), tr. 556-561.

Tiếng Anh

10. Elisabeth Bagge, Leena Sahlström and Ann Albihi (2005), “The effect of hygienic treatment on the microbial flora of biowaste at biogas plants”, Water Research. 39(20), p. 4879-4886.
11. Luu Quynh Huong et al., (2014), “Survival of *Salmonella* spp. and fecal indicator bacteria in Vietnamese biogas digesters receiving pig slurry”, International Journal of Hygiene and Environmental Health. 217(7), p. 785-795.
12. Stephanie Lansing, Raúl Botero Botero and Jay F. Martin (2008), “Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters”, Bioresource Technology. 99(13), p. 5881-5890.
13. WHO (2006), Volume II: Wastewater use in agriculture.