

NGHIÊN CỨU MỐI LIÊN HỆ GIỮA YẾU TỐ LƯỢNG MƯA VÀ SỰ GIA TĂNG TRỰC KHUẨN ĐƯỜNG RUỘT (FECAL COLIFORM) Ở MỘT SỐ HỒ KINH THÀNH HUẾ

Nguyễn Minh Kỳ¹, Nguyễn Tri Quang Hưng¹,
Đoàn Thị Quỳnh Trâm¹, Bạch Quang Dũng²

Tóm tắt: Mục đích của nghiên cứu nhằm xác định mối liên hệ tác động của yếu tố lượng mưa đến sự nhiễm bẩn Fecal coliform một số hồ Kinh thành Huế. Nghiên cứu lựa chọn địa điểm lấy mẫu và quan trắc chỉ số Fecal coliform tại các hồ Tịnh Tâm, Cây Mung, Tân Miếu và Hộ Vệ. Mức độ nhiễm bẩn hàm lượng Fecal coliform trong mùa mưa cao hơn so với mùa khô. Điều này được lý giải bởi nguy cơ nhiễm bẩn vi sinh cao vào mùa mưa thông qua quá trình chảy tràn đô thị. Tương quan giữa lượng mưa với hàm lượng Fecal coliform được thể hiện qua hệ số Pearson với $R = 0,626$ ($p < 0,01$). Phương trình liên hệ giữa yếu tố hàm lượng Fecal coliform và lượng mưa: $Fecal\ coliform = 33,840 + 4,108 * \text{Lượng mưa}$ ($R^2 = 0,392$; $F = 19,372$; $p < 0,01$). Hệ thống các hồ Kinh thành Huế đã và đang chịu tác động bởi khu dân cư liền kề thải các chất có thể gây ô nhiễm các hồ có ý nghĩa về mặt di tích lịch sử, văn hóa. Vì vậy cần có những giải pháp thiết thực ngăn chặn khả năng gia tăng ô nhiễm và có thể gây mất cân bằng sinh thái cho các hồ này.

Từ khóa: Fecal coliform, hồ, Kinh thành Huế, lượng mưa, tương quan.

Ban Biên tập nhận bài: 12/05/2019 Ngày phản biện xong: 20/06/2019 Ngày đăng bài: 25/07/2019

1. Đặt vấn đề

Với mật độ dày đặc ao hồ lớn nhỏ khác nhau, các hồ Kinh thành Huế (tỉnh Thừa Thiên Huế) vốn được biết là hệ thống khá khép kín [1]. Quá trình khảo sát cho thấy, bên cạnh việc tiếp nhận lượng nước thải sinh hoạt chưa qua xử lý từ các hộ dân cư, hệ thống các hồ Kinh thành Huế chỉ tiếp nhận lượng nước bổ cấp từ các trận mưa trong năm. Chính việc tiếp nhận một lượng lớn nước mưa chảy tràn đô thị, kéo theo nhiều chất ô nhiễm nhất trong đó có vi sinh như trực khuẩn đường ruột (*Fecal coliform*). Fecal coliform thường được dùng làm chỉ thị sự ô nhiễm phân người hoặc động vật máu nóng trong môi trường [2]. Fecal coliform là nhóm vi khuẩn được sử dụng chỉ thị nhiễm bẩn phân trong hệ sinh thái thủy sinh, đánh giá chất lượng nguồn nước cũng như dự báo mức độ gia tăng hàm lượng liên quan đến yếu tố như lũ lụt, sự biến động lượng mưa

[3]. Do đó, chúng có vai trò quan trọng trong hoạt động quan trắc, đánh giá chỉ thị vi sinh trong môi trường nhằm xem xét khả năng rủi ro sức khỏe với các vấn đề ô nhiễm phân [4]. Việc sử dụng Fecal coliform chỉ thị nhiễm bẩn phân dựa trên các căn cứ như sự có mặt phổ biến của chúng trong môi trường nước; mức độ phổ biến trong phân người và động vật; phương pháp phát hiện nhanh chóng, chính xác, dễ thực hiện [5].

Nhìn chung, nguồn nước chảy tràn đô thị là nguồn thải có khả năng nhiễm bẩn cao hàm lượng Fecal coliform [6]. Sự tiếp xúc trực tiếp với các nguồn nước bị nhiễm bẩn Fecal coliform có thể gây ra những ảnh hưởng bất lợi cho sức khỏe của cộng đồng cũng như đối với môi trường. Nguồn nước có sự hiện diện của Fecal coliform sẽ không an toàn cho các mục đích sử dụng để ăn uống, sinh hoạt [7]. Đặc biệt đối với các nguồn nước có chất lượng kém, ít lưu thông với bên ngoài và lại thường xuyên tiếp nhận lượng nước thải từ các hộ sinh hoạt, chảy tràn thì nguy cơ nhiễm bẩn trực khuẩn đường ruột càng cao. Việc nghiên cứu đánh giá hàm lượng trực

¹Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

²Tổng cục Khí tượng Thủy văn

Email: nmky@hcmuaf.edu.vn

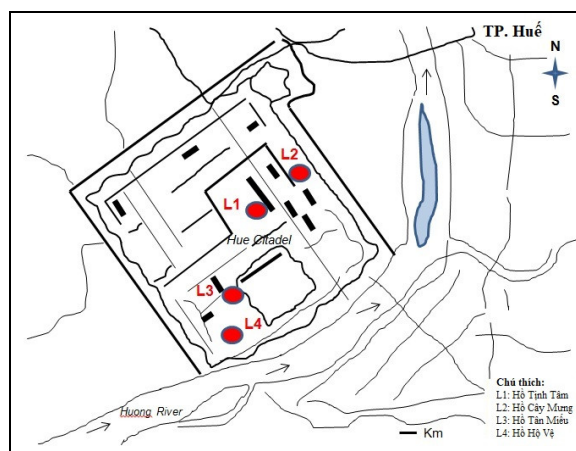
khuẩn đường ruột trong môi trường nước có vai trò quan trọng và nhận được nhiều sự quan tâm [8]. Tuy nhiên, những công trình nghiên cứu ở hệ thống các hồ Kinh thành Huế chủ yếu tập trung quan trắc đánh giá chất lượng nước dựa trên Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về nước mặt [9], chỉ số phú dưỡng hồ [10, 11]. Do đó, rất cần những nghiên cứu mới đánh giá mối liên hệ giữa các yếu tố tiềm ẩn tác động đến hàm lượng trực khuẩn đường ruột. Các nghiên cứu trước đây cho thấy mối liên hệ giữa sự nhiễm bẩn trực khuẩn đường ruột với yếu tố khí hậu như lượng mưa [12, 13]. Với việc sử dụng phương pháp phân tích thống kê tương quan Pearson và hồi quy tuyến tính đã cho thấy những mối liên hệ rõ rệt [12, 14]. Đây là cơ sở quan trọng để tiến hành đánh giá và xác định mối liên hệ giữa yếu tố vi sinh và biến độc lập quan trọng như lượng mưa. Mục đích nghiên cứu này nhằm xác định mối liên hệ tác động của yếu tố lượng mưa thông qua chảy tràn đô thị đến sự nhiễm bẩn trực khuẩn

đường ruột, nghiên cứu điển hình ở một số hồ Kinh thành Huế.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Vị trí nghiên cứu

Nghiên cứu tiến hành trên yếu tố khí hậu lượng mưa và thông số vi sinh trực khuẩn đường ruột các hồ Tịnh Tâm, Cây Mung, Tân Miếu và Hộ Vệ tại Kinh thành Huế, tỉnh Thừa Thiên Huế.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí lấy mẫu

Bảng 1. Thông tin vị trí các hồ quan trắc Fecal coliform

Hồ	Ký hiệu	Diện tích (m ²)	Vị trí quan trắc	Vĩ độ	Kinh độ
Tịnh Tâm	L1	105.220	P. Thuận Lộc và Thuận Thành, TP. Huế	16°47'809"N	107°57'711"E
Cây Mung	L2	10.710	P. Thuận Lộc, TP. Huế	16°47'877"N	107°58'104"E
Tân Miếu	L3	13.650	P. Thuận Hòa, TP. Huế	16°46'986"N	107°57'178"E
Hộ Vệ	L4	9.363	P. Thuận Hòa, TP. Huế	16°46'493"N	107°57'341"E

Nằm ở phía Bắc sông Hương thành phố Huế, có tổng diện tích xấp xỉ 520ha, Kinh thành Huế được được xây dựng trong giai đoạn 1803-1832 dưới triều đại nhà Nguyễn [15]. Nơi đây là một trong những công trình kiến trúc nghệ thuật quan trọng và được UNESCO (1993) công nhận di sản văn hóa thế giới. Về đặc điểm khí hậu, Kinh thành Huế nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa, khí hậu mang tính chuyển tiếp từ á xích đạo đến nội chí tuyến gió mùa với hai mùa rõ rệt. Mùa khô thời tiết nóng và oi bức, thường được bắt đầu từ tháng 3 đến tháng 8, nhiệt độ cao điểm lên tới 40°C. Từ giữa cuối tháng 8, đầu tháng 9 bắt đầu mùa mưa và kết thúc vào cuối tháng 2 năm sau. Vào những tháng mùa mưa thường xuyên xảy ra các trận mưa lớn và nhiệt độ trung bình ở mức 20°C [16]. Trong quá khứ, Kinh

thành Huế có vai trò chiến lược quan trọng, là trung tâm hành chính của triều Nguyễn. Kinh thành Huế ngày nay vẫn là nơi quần tụ đông đúc của hàng ngàn hộ dân cư sinh sống.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp khảo sát và thu thập số liệu

Quá trình khảo sát thực địa được thực hiện tại xung quanh các hồ trong Kinh thành Huế. Cấu trúc bảng hỏi dùng trong quá trình phỏng vấn bao gồm thông tin cá nhân đối tượng được hỏi và thực trạng nuôi nhốt vật nuôi hoặc thú cưng các hộ dân xung quanh các hồ. Nội dung chính phỏng vấn tập trung vào những vấn đề liên quan đến như các loại thú cưng, vật nuôi; thói quen nuôi nhốt cũng như mức độ thả rong, v.v.. Với phương thức chọn mẫu ngẫu nhiên, quy mô cỡ mẫu phỏng vấn 120 phiếu và tương ứng 30 phiếu

mỗi một khu vực hồ nghiên cứu.

Đối với số liệu khí tượng thủy văn về lượng mưa trung bình tháng được thu thập từ Trạm Khí tượng Thủy văn Thừa Thiên Huế.

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu và phân tích phòng thí nghiệm

Nghiên cứu lấy mẫu và quan trắc hàm lượng Fecal coliform tại 4 hồ Tịnh Tâm, Cây Mung, Tân Miếu và Hộ Vệ với tần suất định kỳ 3 tháng/lần trong giai đoạn 2014-2015 và cụ thể vào các tháng I, IV, VIII, XII.

Quy cách lấy mẫu, bảo quản và vận chuyển: Mẫu được lấy ở độ sâu 10-30 cm so với mặt nước, cách bờ 3-5 m và trong điều kiện thời tiết nắng nhẹ. Nghiên cứu lấy mẫu theo quy định của Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663-1:2011 Chất lượng nước- Lấy mẫu [17]. Mẫu được bảo quản và vận chuyển theo TCVN 6663-3:2008 [18]. Fecal coliform được xác định bằng phương pháp MPN và tuân theo tiêu chuẩn SMEWW 9221E [19].

2.2.3. Phương pháp xử lý dữ liệu và phân tích thống kê

Các số liệu được tính toán tần suất (f), giá trị trung bình ($mean$), độ lệch chuẩn (SD), sai số chuẩn (SE), trị số nhỏ nhất (min) và lớn nhất (max). Để xác định mối liên hệ tác động của yếu tố khí hậu lượng mưa với chỉ số vi sinh Fecal coliform, nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích thống kê tương quan Pearson và hồi quy

tuyến tính. Mô hình dự báo giữa biến phụ thuộc với các biến độc lập có đơn vị tính lần lượt cụ thể: Fecal coliform (MNP/100ml); lượng mưa (mm), thời gian (tháng) và địa điểm (khu vực) được mã hóa theo 4 cấp độ. Các dữ liệu nghiên cứu được xử lý và phân tích bằng phần mềm thống kê SPSS 13.0 cho Windows (IBM, Hoa Kỳ) với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả quan trắc hàm lượng vi sinh các hồ Kinh thành Huế

Bảng 1 trình bày tổng hợp kết quả quan trắc thực trạng nhiễm bẩn Fecal coliform các hồ Kinh thành Huế. Kết quả quan trắc hàm lượng trực khuẩn đường ruột lần lượt ở các hồ dao động trong khoảng giá trị 350 đến 1.400 MNP/100ml (hồ Tịnh Tâm), 90 đến 1.100 MNP/100ml (hồ Cây Mung), 50 đến 4.050 MNP/100ml (hồ Tân Miếu) và 50 đến 3.100 MNP/100ml (hồ Hộ Vệ). Thông thường, sự có mặt hàm lượng trực khuẩn đường ruột trong các nguồn nước tự nhiên sẽ chỉ thị sự nhiễm bẩn có nguồn gốc từ phân [20]. Kết quả ở trên có thể cho thấy tác động của con người là nguyên nhân khiến nhiễm bẩn vi sinh ở các thủy vực nghiên cứu. Quá trình khảo sát thực địa các hồ xác định nguồn thải được mô tả ở Bảng 3. Điều này cũng giải thích phần nào về sự khác nhau hàm lượng Fecal coliform giữa các hồ thuộc trong khu vực nghiên cứu.

Bảng 2. Tổng hợp hàm lượng Fecal coliform ở các hồ Kinh thành Huế

Hồ	N	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Sai số chuẩn	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Tịnh Tâm	8	680	370	130	350	1.400
Cây Mung	8	820	330	120	90	1.100
Tân Miếu	8	1.180	1.270	450	50	4.050
Hộ Vệ	8	880	1.050	370	50	3.100

Bảng 3. Đặc điểm nguồn tiếp nhận khu vực các hồ

Khu vực	Tuyến đường	Tác động	Đặc điểm
Tịnh Tâm	Đình Tiên Hoàng, Tịnh Tâm, Tạ Quang Bửu, Tô Ngọc Vân	Khu dân cư	Nước thải sinh hoạt
Cây Mung	Tịnh Tâm, Ngô Đức Kế, Nhật Lệ	Khu dân cư	Nước thải sinh hoạt
Tân Miếu	Thạch Hãn, Nguyễn Trãi, Yết Kiêu	Khu dân cư, hoạt động kinh doanh	Nước thải đô thị
Hộ Vệ	Trần Nguyên Đán, Trần Nguyên Hãn	Khu dân cư, hoạt động kinh doanh	Nước thải đô thị

Chú thích: Nước thải sinh hoạt là nguồn nước thải phát sinh từ các hoạt động sinh hoạt ở khu dân cư; Nước thải đô thị là nguồn nước thải trộn lẫn của nước thải sinh hoạt, từ các hộ sản xuất, kinh doanh nhỏ lẻ và nước mưa chảy tràn.

Tham chiếu hướng dẫn của WHO [21] hàm lượng Fecal coliform nước tưới tiêu giới hạn mức 1000 vi khuẩn/100ml. Tuy nhiên, giới hạn nghiêm ngặt hơn khi sử dụng tưới cỏ nơi công cộng với ngưỡng 200 vi khuẩn/100ml. Tương tự, so sánh với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu (QCVN 39:2011/BTNMT) cho thấy hàm lượng Fecal coliform các hồ vượt quá giá trị giới hạn các thông số chất lượng nước dùng cho tưới tiêu (200 vi khuẩn/100ml). Điều này đồng nghĩa với việc dẫn sẽ đến các nguy cơ ảnh hưởng về sức khỏe nếu

như tùy tiện sử dụng cho mục đích nước tưới rau hay các thực vật ăn tươi sống. Nước nhiễm bẩn tiềm chứa rủi ro về mặt sức khỏe cho đời sống thủy sinh, làm mất giá các giá trị mỹ quan, ảnh hưởng đến hoạt du lịch, giải trí [22]. Đối với hồ Tân Miếu tiếp giáp lần lượt với các đường Thạch Hãn, Nguyễn Trãi và Yết Kiêu. Xung quanh là các hộ dân và các cơ sở kinh doanh. Kết quả quan trắc cho thấy trung bình hàm lượng fecal coliform ở hồ Tân Miếu cao nhất (Trung bình = 1.180; Độ lệch chuẩn = 1.270).

Bảng 4. Hàm lượng Fecal coliform theo mùa ở các hồ Kinh thành Huế

Hồ	Tịnh Tâm		Cây Mưng		Tân Miếu		Hộ Vệ	
Mùa	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Mùa khô	570	150	730	440	470	370	575	600
Mùa mưa	790	500	910	220	1890	1510	1175	1400

Mức độ nhiễm bẩn hàm lượng Fecal coliform trong mùa mưa cao hơn so với mùa khô (Bảng 4). Quá trình khảo sát thực địa Hồ Cây Mưng tiếp giáp với các đường giao thông Tịnh Tâm (phía Bắc), đường Ngô Đức Kế (phía Đông Bắc) và hẻm đường Nhật Lệ (phía Đông Nam và Tây Nam) có nhiều hộ dân sinh sống chung quanh. Hồ Hộ Vệ nằm giữa khu dân cư, được bao quanh là các đường giao thông theo các hướng Tây Nam (đường Trần Nguyên Đán), phía Đông Nam (Trường Trung học Đặng Trần Côn), phía

Tây Bắc (đường Trần Nguyên Hãn) và phía Đông Bắc giáp với hồ Thành Hoàng. Do sự tập trung và phát triển các cơ sở kinh doanh cũng như hoạt động xả thải nước thải sinh hoạt từ khu dân cư kéo theo dòng chảy tràn ô nhiễm, làm gia tăng áp lực lên nguồn tài nguyên nước. Sự gia tăng vi sinh có thể chỉ thị quá trình ô nhiễm hữu cơ và sự suy giảm chất lượng nước [23]. Như vậy, quá trình xuất hiện của yếu tố vi khuẩn trong nguồn nước sẽ gây ra những mối nguy về sức khỏe và bệnh tật [24].

Bảng 5. Kết quả điều tra tình trạng sở hữu động vật nuôi của người dân

Khu vực	Số hộ	Tình trạng vật nuôi (n, %)					
		Chó	Mèo	Gà	Vịt	Chim	Khác
Tịnh Tâm	30	21 (70,0)	13 (43,3)	6 (20,0)	1 (3,3)	9 (30,0)	2 (6,7)
Cây Mưng	30	18 (60,0)	15 (50,0)	7 (23,3)	3 (10,0)	10 (33,3)	1 (3,3)
Tân Miếu	30	24 (80,0)	10 (33,3)	9 (30,0)	2 (6,7)	15 (50,0)	0 (0,0)
Hộ Vệ	30	25 (83,3)	14 (46,7)	11 (36,7)	9 (30,0)	5 (16,7)	4 (13,3)
Tổng cộng	120	88 (73,3)	52 (43,3)	33 (27,5)	15 (12,5)	39 (32,5)	7 (5,8)

Nhìn chung, cộng đồng dân cư sinh sống chung quanh khu vực các hồ Kinh thành Huế có thói quen và xu hướng sở hữu vật nuôi trong gia đình. Trong đó, chó và mèo là thú cưng được lựa chọn nuôi nhiều nhất với tỷ lệ lần lượt là 73,3% (88 hộ) và 43,3% (52 hộ). Kết quả khảo sát cho thấy tỷ lệ thả rong vật nuôi do thói quen lần lượt

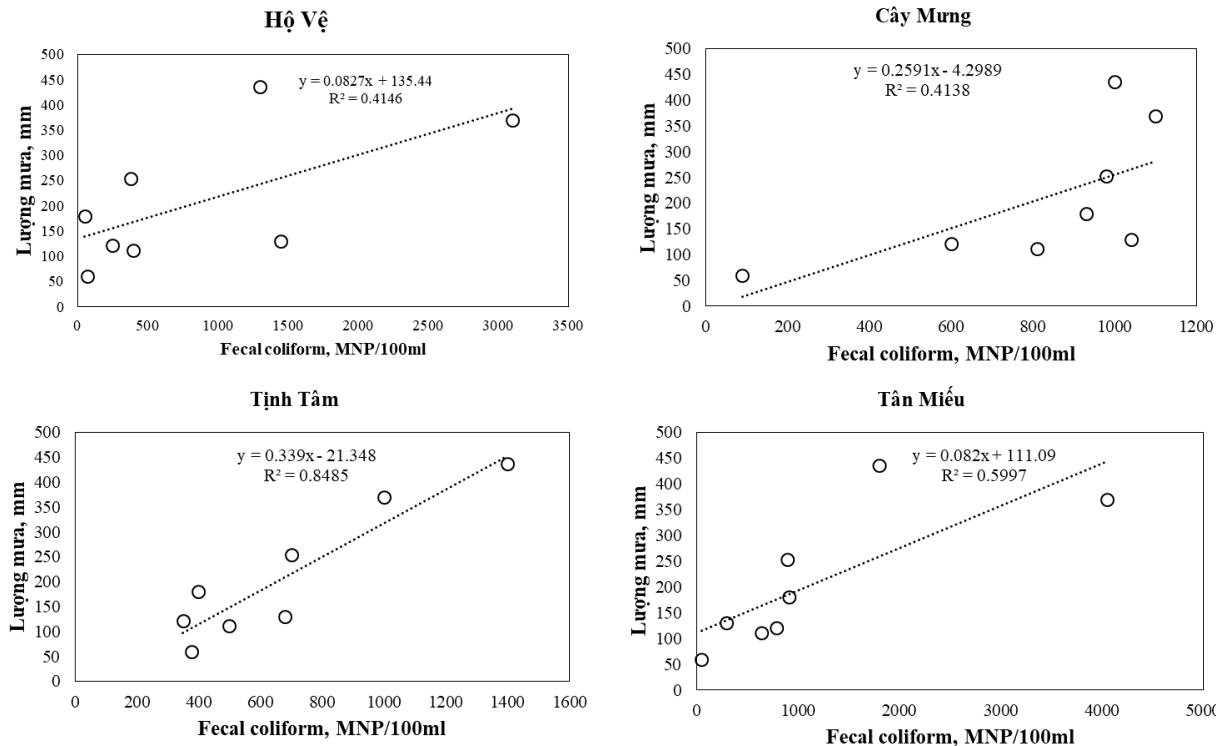
tương ứng 54% (Tịnh Tâm), 62% (Cây Mưng), 41% (Tân Miếu) và 58% (Hộ Vệ). Các hoạt động nuôi động vật như chó, mèo, các loại gia cầm, v.v.. không kiểm soát chặt chẽ gián tiếp góp phần sự nhiễm bẩn vi sinh nguồn nước trong mùa mưa. Các loại mầm bệnh trong nước do nhiều nguồn khác nhau từ rò rỉ hầm chất thải, cống

nước thải cho tới các nguồn chảy tràn đô thị và các hoạt động xả thải của con người [25, 26].

3.2. Phân tích và đánh giá mối liên hệ giữa lượng mưa với hàm lượng Fecal coliform

Nước mưa chảy tràn được chỉ thị là nguồn đóng góp sự nhiễm bẩn thành phần vi sinh vào môi trường nước [27, 28]. Mối liên hệ tác động giữa lượng mưa với thông số Fecal coliform ở

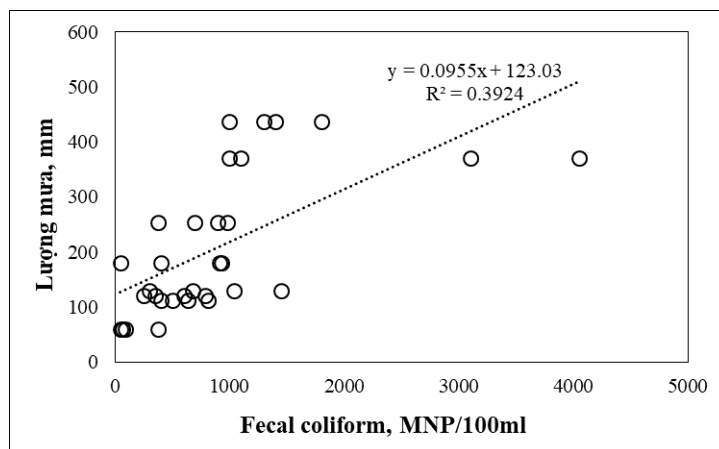
các hồ Kinh thành Huế được biểu diễn ở các Hình 2 và 3. Xu hướng tương đồng giữa yếu tố lượng mưa và hàm lượng Fecal coliform ở hồ Tịnh Tâm chỉ thị qua biểu đồ tương quan tăng dần theo các tháng trong năm với hệ số $R = 0,921$ ($p < 0,01$). Ở hồ Cây Mung, hàm lượng vi sinh thay đổi đột biến và có trị số thấp nhất vào đợt quan trắc tháng 4.



Hình 2. Mối liên hệ giữa lượng mưa và Fecal coliform tại các hồ Kinh thành Huế

Theo nghiên cứu [29] cho biết vấn đề chảy tràn đô thị là nguyên nhân chính gây nhiễm bẩn phân. Các hiện tượng cụ thể cực đoan thời tiết như lũ lụt hay hạn hán dưới tác động của biến đổi khí hậu cũng gây ra sự thay đổi về chất lượng nước [30]. Trong khoảng thời gian các tháng mùa mưa (tháng 8-12) Fecal coliform có khuynh hướng vượt trội và tăng dần (Hình 2). Đặc biệt, tồn tại mối liên hệ chặt chẽ được thể hiện qua hệ số tương quan giữa hàm lượng vi sinh với lượng mưa (Bảng 6). Hệ số tương quan Pearson giữa lượng mưa và yếu tố vi sinh ở hồ Tân Miếu tương ứng 0,774 ($p < 0,05$). Đối với các hồ Cây

Mung, Hồ Vệ kết quả phân tích tương quan lần lượt với hệ số 0,643 và 0,644. Liên quan đến tương quan tổng quát giữa lượng mưa với hàm lượng Fecal coliform được thể hiện qua hệ số Pearson $R = 0,626$ ($p < 0,01$). So sánh với kết quả nghiên cứu [31] cho thấy sự tương quan chặt chẽ về mối liên hệ giữa lượng mưa và nồng độ thành phần vi sinh. Sử dụng phương pháp hồi quy đơn biến có phương trình liên hệ giữa yếu tố hàm lượng Fecal coliform và lượng mưa như sau: Fecal coliform = $33,840 + 4,108 \cdot$ Lượng mưa ($R = 0,626$; $R^2 = 0,392$; $F = 19,372$; $p < 0,01$).



Hình 3. Mối tương quan giữa yếu tố lượng mưa và thông số Fecal coliform

Bảng 6. Tương quan giữa hàm lượng Fecal coliform giữa các hồ và lượng mưa

	Hệ số Pearson	Tịnh Tâm	Cây Mung	Tân Miếu	Hộ Vệ	Lượng mưa
Tịnh Tâm	Pearson Correlation	1	0,571	0,618	0,664	0,921(**)
	Sig. (2-tailed)		0,139	0,103	0,072	0,001
Cây Mung	Pearson Correlation	0,571	1	0,528	0,568	0,643
	Sig. (2-tailed)	0,139		0,179	0,142	0,085
Tân Miếu	Pearson Correlation	0,618	0,528	1	0,852(**)	0,774(*)
	Sig. (2-tailed)	0,103	0,179		0,007	0,024
Hộ Vệ	Pearson Correlation	0,664	0,568	0,852(**)	1	0,644
	Sig. (2-tailed)	0,072	0,142	0,007		0,085
Lượng mưa	Pearson Correlation	0,921(**)	0,643	0,774(*)	0,644	1
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,085	0,024	0,085	

** Tương quan mức ý nghĩa $\alpha=0.01$. * Tương quan mức ý nghĩa $\alpha=0.05$.

Mật độ vi sinh có tương quan với sự gia tăng lượng mưa và sự nhiễm bẩn Fecal coliform gần liền với nguồn gốc động vật cũng như các hoạt động của con người [13]. Vào mùa mưa, lượng nước đô thị chảy tràn tác động tiêu cực đến độ đục và là nguyên nhân chính khiến gia tăng thành phần vi sinh như trực khuẩn đường ruột ở các thủy vực [32]. Ngoài ra, nghiên cứu còn tiến hành phân tích hồi quy các biến độc lập giữa hàm lượng Fecal coliform với các yếu tố lượng mưa, thời gian và địa điểm.

Phương trình chưa chuẩn hóa (3.1): Fecal coliform = $-251,759 + 2,477 \cdot \text{Lượng mưa} + 61,583 \cdot \text{Thời gian} + 95,825 \cdot \text{Địa điểm}$ ($R=0,677$; $R^2=0,445$; $F=7,439$; $p<0,01$).

Phương trình chuẩn hóa (3.2): Fecal coliform = $0,378 \cdot \text{Lượng mưa} + 0,310 \cdot \text{Thời gian} + 0,130 \cdot \text{Địa điểm}$.

Phương trình chưa chuẩn hóa (3.1) và chuẩn hóa (3.2) lần lượt được sử dụng để dự báo và xem xét mức độ tác động của các biến tiềm ẩn đến sự gia tăng hàm lượng trực khuẩn đường ruột. Với giá trị $R^2=0,445$ điều này cho thấy các biến độc lập có thể giải thích được 44,5% biến thiên gia tăng hàm lượng trực khuẩn đường ruột. Mặt khác, kết quả ước lượng chuẩn hóa hồi quy tuyến tính giữa các biến độc lập (lượng mưa, thời gian, địa điểm) với biến phụ thuộc (hàm lượng Fecal coliform) cho thấy tác động của yếu tố lượng mưa tương đối lớn (với hệ số tác động

tương đương 0,378 đơn vị). Điều này lý giải tác động của yếu tố thời tiết (lượng mưa) thông qua chảy tràn đô thị lên thành phần vi sinh và hệ quả làm ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt [33, 34]. Yếu tố thời gian và địa điểm cũng góp phần vào sự nhiễm bẩn Fecal coliform và có sự đóng góp lần lượt tương ứng 0,310 và 0,130 đơn vị.

4. Kết luận và kiến nghị

Từ những kết quả nghiên cứu cho thấy xu hướng biến động trực khuẩn đường ruột các hồ Kinh thành Huế vượt quá Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu (QCVN 39:2011/BTNMT). Điều đó chứng tỏ những dấu hiệu báo động thực trạng nhiễm khuẩn tới các hồ nước trong Kinh Thành Huế do việc tiếp nhận các nguồn thông qua nước mưa chảy tràn qua khu dân cư. Kết quả quan trắc hàm lượng Fecal coliform lần lượt ở các hồ dao động trong khoảng giá trị 350 đến 1.400 MNP/100ml

(hồ Tịnh Tâm), 90 đến 1.100 MNP/100ml (hồ Cây Mung), 50 đến 4.050 MNP/100ml (hồ Tân Miếu) và 50 đến 3.100 MNP/100ml (hồ Hộ Vệ) vượt so với tiêu chuẩn chất lượng nước cho phép. Nghiên cứu này chỉ ra rằng tương quan chỉ ra sự tương đồng về mối liên hệ chặt chẽ giữa lượng mưa và nồng độ trực khuẩn đường ruột. Đồng thời, nghiên cứu còn thể hiện mối tương quan đồng thời giữa Fecal coliform và các yếu tố khác như thời gian và địa điểm. Kết quả có ý nghĩa quan trọng đối với một nghiên cứu thí điểm về tác nhân liên quan đến sự nhiễm bẩn trực khuẩn đường ruột ở các hồ. Trong đó, nước mưa chảy tràn đô thị kéo theo các chất ô nhiễm từ các nguồn thải làm gia tăng áp lực lên nước hồ và có thể sẽ tác động đến sinh vật trong các hồ này. Do đó, cần có chiến lược phòng ngừa và kiểm soát ô nhiễm nhằm bảo vệ chất lượng nước các hồ Kinh thành Huế.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Đức Anh Sơn, Vũ Hữu Minh (1993), *Hồ trong Kinh Thành Huế*. Tạp chí Thông tin Khoa học và Công nghệ, Ban Khoa học và Kỹ thuật Thừa Thiên Huế, 2, 11-20.
2. Sandra, L.M, Murat, A.E. (2014), *Discovering new indicators of fecal pollution*. Trends Microbiol., 22 (12), 697-706.
3. Rochelle-Newall, E., Nguyen, T.M., Le, T.P., Sengtaheuanghoung, O., Ribolzi, O. (2015), *A short review of fecal indicator bacteria in tropical aquatic ecosystems: knowledge gaps and future directions*. Frontiers in microbiology, 6, 308.
4. Ashbolt N.J., Grabow W.O.K., Snozzi M. (2001), *Indicators of microbial water quality, Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. IWA Publishing, London.
5. Tallon, P., Magajna, B., Lofranco, C., Kam, T.L. (2005), *Microbial Indicators of Faecal Contamination in Water: A Current Perspective*. Water Air Soil Pollut, 166, 139.
6. Pachepsky Y.A., Shelton D.R. (2011), *Escherichia Coli and Fecal Coliforms in Freshwater and Estuarine Sediments*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 41(12), 1067-1110.
7. EPA (1998), *Environmental impacts of animal feeding operations preliminary data summary*. Washington DC: Feedlots point source category study USEPA office of water.
8. Anna E., Richard M.V., (2005), *Predicting fecal coliform bacteria levels in the Charles river, Massachusetts, USA*. Journal of the American Water Resources Association, 41 (5), 1195-1209.
9. Lê Văn Thăng, Nguyễn Quang Hưng (2013), *Đánh giá chất lượng môi trường nước của một số hồ ở khu vực thành phố Huế*. Tạp chí Môi trường, 4, 50-53.
10. Nguyễn Văn Hợp, Phạm Nguyễn Anh Thi, Nguyễn Hữu Hoàng, Võ Thị Bích Vân, Thủy Châu Tờ (2012), *Chất lượng nước và tình trạng phú dưỡng các hồ trong Kinh thành Huế*. Tạp chí Khoa học, Đại học Huế, 73(4), 93-102.
11. Nguyễn Thị Cẩm Yến, Phạm Khắc Liệu (2012), *Đánh giá tình trạng dinh dưỡng của nước*

một số hồ trong Kinh thành Huế qua các chỉ số dinh dưỡng. Tạp chí Khoa học Đại học Huế, 75 (6), 267-272.

12. Hill D.D., Owens W.E., Tchounwou P.B. (2006), *The impact of rainfall on fecal coliform bacteria in Bayou Dorcheat (North Louisiana)*. Int J. Environ. Res. Public. Health., 3 (1), 114-117.

13. Shehane S.D., Harwood V.J., Whitlock J.E., Rose, J.B. (2005), *The influence of rainfall on the incidence of microbial faecal indicators and the dominant sources of faecal pollution in a Florida river*. Journal of Applied Microbiology, 98, 1127-1136.

14. Crowther J., Kay D., Wyer M. (2001), *Relationships Between Water Quality and Environmental Conditions in Coastal Recreational Waters: The Fylde Coast, United Kingdom*. Water Research, 35(17), 4029-4038.

15. Phan Thuận An (2017), *Kinh Thành Huế - Tìm hiểu quá trình xây dựng Kinh đô Nhà Nguyễn - Di sản thế giới của Việt Nam*. NXB Hội Nhà Văn, Hà Nội.

16. Cục Thống kê tỉnh Thừa Thiên Huế (2017), *Niên giám thống kê tỉnh Thừa Thiên Huế năm 2016*. NXB Thống kê, Hà Nội.

17. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011), *Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663-1:2011 Chất lượng nước- Lấy mẫu*, Hà Nội.

18. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2008), *Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663-3:2008 Chất lượng nước- Lấy mẫu- Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu*, Hà Nội.

19. APHA, AWWA, WEF (2005), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington, D.C: American Public Health Association.

20. Whitlock J.E., Jones D.T., Harwood V.J., (2002), *Identification of the sources of fecal coliforms in an urban watershed using antibiotic resistance analysis*. Water Res., 36(17), 4273-82.

21. WHO (1989), *Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*, Geneva: Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series No. 778.

22. Trevett, A.F., Carter, R.C., Tyrrel, S.F., (2005), *The importance of domestic water quality management in the context of faecal-oral disease transmission*. J. Water Health, 3, 259-270.

23. Brown M. (2017), *Macroinvertebrate survey and biological assessment of water quality: Tributaries of Canadarago Lake; NY: Otsego County*. In 49th Ann. Rept. SUNY Oneonta Bio. Fld. Sta: SUNY Oneonta, 188-197.

24. Teklehaimanot G.Z., Coetzee M.A., Momba M.N. (2014), *Faecal pollution loads in the wastewater effluents and receiving water bodies: a potential threat to the health of Sedibeng and Soshanguve communities, South Africa*. Environ Sci Pollut Res., 21, 9589-9603.

25. Andrew K.L., Byron C.C., and Raleigh R.H. (2018), *Assessment of Fecal Indicator Bacteria and Potential Pathogen Co-Occurrence at a Shellfish Growing Area*. Front Microbiol., 9, 384.

26. Aslan-Yilmaz, A., Okus, E., Ovez, S., (2004), *Bacteriological indicators of anthropogenic impact prior to and during the recovery of water quality in an extremely polluted estuary, Golden Horn, Turkey*. Mar. Pollut. Bull., 49, 951-958.

27. Haack, S.K., Fogarty, L.R., Wright, C., (2003), *Escherichia coli and enterococci at beaches in the Grand Traverse Bay, Lake Michigan: Sources, characteristics, and environmental pathways*. Environ. Sci. Technol., 37, 3275-3282.

28. István G.H., Alexander K.T.K., Andreas H.F., Péter T., Alois H., (2018), *Hotspots and main drivers of fecal pollution in Neusiedler See, a large shallow lake in Central Europe*. Environmental Science and Pollution Research, 25, 28884-28898.

29. Kelsey, H., Porter D.E., Scott G., Neet M., White D. (2004), *Using Geographic Information Systems and Regression Analysis to Evaluate Relationships Between Land Use and Fecal Coliform*

Bacterial Pollution. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 298, 197-209.

30. Senhorst H.A., Zwolsman J.J. (2005), Climate change and effects on water quality: A first impression. Water Sci Technol., 51 (5), 53-59.

31. Drew A., Stephen B.W. (2003), *Relationship between rainfall and beach bacterial concentrations on Santa Monica Bay beaches*. Journal of Water and Health, 1 (2), 85-89.

32. Mallin, M.A., Williams K.E., Esham E.G., Low R.P., (2000), *Effect of Human Development on Bacteriological Water Quality in Coastal Watersheds*. Ecological Applications, 10 (4), 1047-1056.

33. Ingun, T., Lucy, R., Anne-Grete, B.B., Markus, L., Thomas, R., Helge, L., (2011), *Impact of rainfall on microbial contamination of surface water*. International Journal of Climate Change Strategies and Management, 3 (4), 361-373.

34. Tornevi A., Bergstedt O., Forsberg B., (2014), *Precipitation Effects on Microbial Pollution in a River: Lag Structures and Seasonal Effect Modification*. PLoS ONE 9(5), e98546.

STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN PRECIPITATION FACTOR AND FECAL COLIFORM CONTAMINATION AT LAKES OF HUE CITADEL

Nguyen Minh Ky¹, Nguyen Tri Quang Hung¹,
Doan Thi Quynh Tram¹, Bach Quang Dung²

¹Nong Lam University of Ho Chi Minh City, Vietnam

²Viet Nam Meteorological and Hydrometeorological Administration, Ha Noi, Vietnam

Abstract: *The aim of this study is to determine the influence of precipitation factors on Fecal coliform contamination at lakes of Hue Citadel. The investigation selected and monitored Fecal coliform at lakes such as Tinh Tam, Cay Mung, Tan Mieu and Ho Ve. Fecal coliform levels in the rainy season were higher than the dry season's results. This is explained by the high risk of microbial contamination through urban runoff in the wet season. The correlation between rainfall and Fecal coliform showed by Pearson coefficient with $R = 0.626$ ($p < 0.01$). Linear relationship between Fecal coliform and rainfall shown as: $\text{Fecal coliform} = 33.840 + 4.108 * \text{Rainfall}$ ($R^2 = 0.392$; $F = 19.372$; $p < 0.01$). Lakes of Hue Citadel has affected by residential areas related to discharging pollutants into the lake system which is significant in terms of historical and cultural relic aspects. Therefore, it is necessary to make possibility solutions to prevent the increasing pollution and cause ecological imbalance for these lakes.*

Keywords: *Fecal coliform, lake, Hue Citadel, rainfall, correlation.*