

ƯỚC TÍNH HỆ SỐ LÂY NHIỄM CƠ BẢN VÀ TỈ LỆ BAO PHỦ VACCIN PHÒNG BỆNH DỊCH TẢ LỢN CHÂU PHI Ở CÁC TRẠI LỢN THỊT QUY MÔ LỚN

Mai Thị Ngân*, Vũ Thị Ngọc, Trương Hà Thái

Khoa Thú y, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: mtngan@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 23.12.2021

Ngày chấp nhận đăng: 05.07.2022

TÓM TẮT

Bệnh dịch tả lợn châu Phi là bệnh lây lan nhanh, tỉ lệ tử vong lên tới 100%, gây thiệt hại lớn về kinh tế. Tại Việt Nam, bệnh được công bố lần đầu vào tháng 2/2019 và nhanh chóng lây lan ra tất cả các tỉnh, thành. Nghiên cứu này nhằm mục đích ước tính hệ số lây nhiễm cơ bản và mô tả động lực học của bệnh ở đàn lợn thịt trong năm dịch đầu tiên, từ đó đề xuất tỉ lệ bao phủ vaccin cần thiết để phòng bệnh trong tương lai. Dữ liệu về số mới mắc theo ngày được thu thập từ 6 trại lợn thịt quy mô lớn trong đợt bùng phát dịch ASF đầu tiên ở nước ta. Hai phương pháp được sử dụng để ước tính hệ số lây nhiễm cơ bản (R_0) bao gồm phương pháp tăng trưởng theo cấp số nhân (EG) và phương pháp ước tính khả năng tối đa (ML). Các giá trị R_0 trung bình được ước tính lần lượt là 2,97 (khoảng tin cậy 95%: 2,44-3,59) và 3,18 (khoảng tin cậy 95%: 2,52-3,96). Từ mô hình SIR cho thấy tình huống xấu nhất, tất cả lợn trong đàn sẽ bị nhiễm bệnh và bị loại bỏ trong vòng 50 ngày. Tỉ lệ tiêm phòng dao động từ 75-94% số lợn trong trại tùy theo hiệu quả bảo hộ của vaccin để tạo miễn dịch đàn phòng bệnh tái phát.

Từ khóa: ASF, hệ số lây nhiễm cơ bản, quy mô lớn, tỉ lệ bao phủ vaccin.

Estimating the Basic Reproductive Number and Vaccine Coverage for African Swine Fever Prevention in Large-scale Fattening Farms

ABSTRACT

African swine fever (ASF) is a highly contagious disease with a mortality of up to 100%, resulting in high economic losses. In Vietnam, ASF was first reported in February 2019 and quickly spread to all provinces. This study aimed to estimate the basic reproduction number (R_0) and developed a dynamic model to explain how ASF spreads in the pig herd during the first epidemic year to suggest vaccine coverage level required to prevent future outbreaks. The outbreak data were collected from 6 large-scale fattening farms within the first wave of ASF outbreaks. Two methods were used to estimate the R_0 including the Exponential Growth method (EG) and Maximum Likelihood method (ML). The average R_0 values were estimated at 2.97 (95%CI: 2.44-3.59) and 3.18 (95%CI: 2.52-3.96), respectively. Based on the worst-case scenario, all pigs in a herd would be infected and removed within 50 days. The vaccination rate ranges from 75-94% of pigs in each farm depending on the vaccine effectiveness.

Keywords: African Swine Fever, basic reproduction number, large-scale, vaccine coverage.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bệnh dịch tả lợn châu Phi (African swine fever - ASF) do virus ASF (ASFV) gây ra, tỉ lệ tử vong lên tới 100%, gây thiệt hại lớn về kinh tế (Sánchez-Vizcaíno & cs., 2015). ASF được báo cáo lần đầu ở Kenya vào năm 1921 và nhanh chóng lan ra một số quốc gia châu Phi

(Montgomery, 2021). Sau đó, ASF được ghi nhận ở Trung Âu năm 1957 và tái xuất hiện ở Georgia năm 2007 và tiếp tục lan ra các quốc gia thuộc Đông Âu (Halasa & cs., 2016). Tháng 8/2018, ASF xuất hiện ở Trung Quốc và nhanh chóng lan sang các nước khác ở châu Á như Việt Nam, Lào, Campuchia, Mông Cổ,... Tại Việt Nam, ASF lần đầu tiên được công bố vào tháng

2/2019 và nhanh chóng lây ra tất cả các tỉnh, thành. Tính đến tháng 8/2019, bệnh đã xảy ra ở 63 tỉnh, thành với số lợn tiêu hủy là hơn 4 triệu con, gây thiệt hại nặng cho ngành chăn nuôi. Năm 2019, sản lượng thịt hơi xuất chuồng đã giảm 14,1% (Tổng Cục Thống kê, 2021). Do ASFV có sức đề kháng cao nên nguy cơ tái phát, lây lan rộng là rất lớn, ảnh hưởng đến việc tái đàn, tăng đàn và đảm bảo nguồn cung.

Cho đến nay bệnh vẫn chưa có vaccin phòng bệnh. Một số chiến lược nghiên cứu phát triển vaccin phòng bệnh ASF đã được tiến hành và đánh giá, tuy nhiên phần lớn là không thành công (Gaudreault & Richt, 2019). Các nhà nghiên cứu gần đây đã chứng minh chủng ASFV có nguồn gốc từ Georgia xóa gen I177L (ASFV-G-Delta I177 L) có khả năng bảo vệ chống lại chủng ASFV-G độc lực cao. Đặc biệt là ASFV-G-Delta I177 L tạo ra kháng thể bảo vệ cả ở liều thấp và vẫn hoàn toàn giảm độc lực khi được tiêm ở liều cao. Chủng ASFV-G-Delta I177 L đã được chứng minh là một ứng cử viên cho sản xuất vaccin thương mại phòng ASF. Mới đây, công ty Cổ phần Thú y Trung ương Navetco đã tiến hành thử nghiệm vaccin nhược độc đông khô từ chủng ASFV-G-Delta I177 L trong điều kiện sản xuất và cho thấy 80-100% lợn được tiêm vaccin được bảo hộ khi công cường độc (Trần Xuân Hạnh & cs., 2021).

Việc kiểm soát sự lây lan của bệnh bằng cách tiêu hủy toàn đàn cả khi chỉ có vài con bị bệnh trong giai đoạn đầu của dịch, đặc biệt là các trại lợn thịt quy mô lớn đã gây thiệt hại lớn về kinh tế và ảnh hưởng đến nguồn cung. Do đó, những thông tin về dịch tễ học của bệnh là có ý nghĩa rất quan trọng, giúp kiểm soát và ngăn chặn sự lây lan của bệnh. Các mô hình lây nhiễm trong dịch tễ học là một công cụ hiệu quả được sử dụng trong nghiên cứu động lực học của bệnh và đưa ra đề xuất về biện pháp can thiệp. Một trong những mô hình được sử dụng phổ biến là mô hình động lực học (dynamic model) của bệnh thể hiện diễn biến của số động vật mẫn cảm (S), số động vật nhiễm trùng (I) và số động vật loại bỏ (R) thay đổi theo thời gian - mô hình SIR (Begon & cs., 2002; Keeling & Rohani, 2008). Hệ số lây nhiễm cơ bản (basic

reproduction number - R_0) là số trường hợp nhiễm bệnh mới trực tiếp từ một trường hợp nhiễm bệnh ban đầu được sử dụng để xây dựng mô hình SIR. Giá trị R_0 có thể ước tính được từ các mô hình toán học và sử dụng để dự đoán bệnh có lây lan hay không. Giá trị của R_0 càng lớn thì càng khó kiểm soát dịch. Hơn nữa, từ giá trị R_0 có thể xác định tỉ lệ bao phủ vaccin để tạo miễn dịch đàn trong phòng chống bệnh. Trên thế giới, một số nghiên cứu đã tiến hành định lượng các hệ số lây truyền của ASF tuy nhiên các nghiên cứu này thực hiện trong điều kiện thí nghiệm; hoặc đánh giá cho sự truyền lây ở cấp độ trại hoặc là ở lợn rừng (De Carvalho Ferreira & cs., 2013; Barongo & cs., 2015; Guinat & cs., 2016; Iglesias & cs., 2016). Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào được thực hiện ở Việt Nam khi mà dịch ASF vừa mới xảy ra, đồng thời cũng chưa có nghiên cứu nào đánh giá các hệ số truyền lây ở cấp độ đàn (từ cá thể này sang cá thể khác) đối với ASF tại các trại lợn thịt có quy mô lớn. Nghiên cứu này nhằm mục đích ước tính hệ số lây nhiễm cơ bản và xây dựng mô hình thể hiện diễn biến của ASF ở các trại lợn thịt từ đó đề xuất mức bao phủ vaccin cần thiết để phòng bệnh trong tương lai.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thu thập và xử lý số liệu

Ở nước ta, quy mô chăn nuôi lợn được chia thành lớn và nhỏ dựa vào số lượng lợn. Trang trại có quy mô >300 con lợn được coi là quy mô lớn. Trong nghiên cứu này, số liệu về số lợn mắc ASF từ 6 trang trại lợn thịt quy mô lớn (từ 1.600 con đến 5.500 con) được thu thập hàng ngày trong 4 tuần sau khi các trang trại này được xác nhận tình trạng nhiễm ASF bằng phương pháp real time PCR theo khuyến cáo của OIE. Số liệu về tỉ lệ tử vong và tỉ lệ mắc các bệnh truyền nhiễm như ASF được thu thập thường xuyên tại các trang trại này như một phần của thực hành quản lý và giám sát đàn lợn trong trại. Những con lợn bị bệnh sẽ được trại tiến hành chôn tiêu hủy.

Xử lý số liệu, xác định các hệ số lây truyền và xây dựng mô hình SIR được thực hiện bằng

phần mềm miễn phí R phiên bản 3.4.3, với các gói câu lệnh trong “R₀” và “deSolve”.

2.2. Phương pháp xác định hệ số lây nhiễm cơ bản (R₀)

Chúng tôi đã xác định phân phối Generation Time (GT) phù hợp nhất cho dữ liệu số con mắc ASF hàng ngày của mỗi trại bằng hàm “est.GT” trong gói “R₀”. GT là khoảng thời gian từ trường hợp lây nhiễm ban đầu đến một trong các ca nhiễm thứ cấp. Bên cạnh đó, giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của các số liệu thu được cũng được ước tính bằng hàm “est.GT”. Sau đó, R₀ được ước tính cho sự lây truyền ASF ở cấp độ đàn bằng hai phương pháp: tăng trưởng theo cấp số nhân (Exponential Growth - EG) và ước tính khả năng tối đa (Maximum Likelihood - ML) bằng các hàm est.R0.EG và est.R0.ML. Giá trị R₀ trung bình của hai phương pháp đã được tính từ giá trị R₀ của 6 trại. Do R₀ là số trường hợp thứ cấp trung bình sẽ được tạo ra bởi một trường hợp nhiễm bệnh ban đầu. Vì vậy, khi R₀ > 1, bệnh có thể lây lan trong quần thể và ngược lại bệnh dần biến mất nếu R₀ < 1. Giá trị R₀ càng cao thì khả năng lây lan càng mạnh. Đối với các bệnh ở trạng thái cân bằng lưu hành, R₀ sẽ có giá trị trung bình là 1.

2.3. Xác định các hệ số lây truyền và xây dựng mô hình lây truyền ASF ở cấp độ đàn

Dựa trên giá trị R₀ ước tính được, tốc độ lây truyền (β) là tốc độ chuyển từ trạng thái miễn cảm sang nhiễm trùng, được xác định bằng công thức $\beta = R_0/T$; trong đó T là thời gian lây nhiễm là khoảng thời gian mà con bị nhiễm bệnh có khả năng truyền mầm bệnh trực tiếp hoặc gián tiếp sang cá thể miễn cảm (Korennoy & cs., 2017). Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng giá trị trung bình của thời gian lây nhiễm ASF ngắn nhất và dài nhất tương ứng là 3-6 ngày (Mô hình 1) và 3-14 ngày (Mô hình 2) (Guinat & cs., 2016).

Sau khi ước tính được các hệ số lây truyền, mô hình SIR thể hiện sự lây lan ASF trong đàn được xây dựng bằng gói “deSolve”. Giả sử ban đầu đàn lợn 1.000 con và có một con bị nhiễm

bệnh vào ngày đầu. Mô hình SIR được xây dựng bởi hệ phương trình vi phân theo thời gian (t - ngày) như sau:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \frac{-\beta SI}{N}; \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - \gamma I; \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I\end{aligned}$$

Trong đó: S là số động vật miễn cảm, I là số động vật nhiễm và R là số động vật loại bỏ tại thời điểm t. N là tổng đàn, β là tốc độ lây truyền và γ là tốc độ loại bỏ (là tốc độ chuyển từ trạng thái nhiễm trùng sang trạng thái loại bỏ được tính bằng 1/thời gian lây nhiễm T) (Korennoy & cs., 2017).

2.4. Xác định ngưỡng miễn dịch đàn và tỉ lệ bao phủ vaccin

Giá trị R₀ có thể được sử dụng để tính toán ngưỡng miễn dịch đàn - Herd immunity threshold (I_c), là tỉ lệ phần trăm tối thiểu các cá thể trong quần thể cần có miễn dịch để đảm bảo rằng bệnh không xảy ra. Ngưỡng miễn dịch đàn được tính theo công thức $1-1/R_0$ (Fine & cs., 2011).

Tỉ lệ bao phủ vaccin (Vaccine coverage - V_c) là tỉ lệ động vật cần được tiêm phòng để đạt được ngưỡng miễn dịch đàn, cần thiết để ngăn chặn sự lây lan của bệnh trong một quần thể (Plans-Rubió, 2012). Giá trị này phụ thuộc vào hiệu quả của vaccin (E). Theo báo cáo từ thử nghiệm ban đầu của Công ty Cổ phần thuốc Thú y trung ương Navetco, ít nhất 80% số lợn được tiêm phòng đã phát triển đủ miễn dịch chống lại ASFV (Trần Xuân Hạnh & cs., 2021). Do đó trong nghiên cứu này, chúng tôi giả định hiệu quả của vaccin là 80% (E = 0,8). Giá trị V_c được tính bằng I_c/E (Fine & cs., 2011; Plans-Rubió, 2012).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Giá trị hệ số lây nhiễm cơ bản (R₀)

Dữ liệu thu thập được bao gồm số cá thể mắc ASF hàng ngày ở mỗi trại trong 4 tuần (Bảng 1). Thời gian xảy ra dịch ASF tại các trại này là tháng 5/2019 vào đợt bùng phát dịch ASF đầu tiên ở nước ta.

Bảng 1. Số ca mắc ASF hàng ngày ở các trại lợn thịt quy mô lớn qua 4 tuần theo dõi

Ngày theo dõi	Trại 1 (n = 4.000)	Trại 2 (n = 2.700)	Trại 3 (n = 1.700)	Trại 4 (n = 3.300)	Trại 5 (n = 5.500)	Trại 6 (n = 1.600)
1	4	1	0	3	1	1
2	1	7	3	2	2	2
3	3	5	0	1	2	0
4	2	3	1	2	6	0
5	1	7	2	7	3	2
6	5	4	0	10	1	0
7	4	6	3	4	8	2
8	6	9	0	5	4	1
9	0	17	1	7	2	0
10	6	3	0	8	0	1
11	5	10	1	7	2	0
12	3	21	1	10	0	1
13	4	21	1	15	3	1
14	2	16	0	36	0	0
15	2	18	1	38	13	1
16	2	17	0	39	16	2
17	5	27	1	33	6	0
18	7	14	0	69	10	4
19	26	21	1	29	11	5
20	3	16	2	35	1	3
21	6	24	7	0	17	6
22	2	21	7	23	7	7
23	7	0	16	126	0	17
24	72	56	9	0	15	9
25	0	36	24	6	12	39
26	1	33	32	7	3	20
27	2	0	19	7	8	12
28	12	0	8	13	0	7

Bảng 2. Phân phối GT, giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và giá trị R_0 ở cấp độ đàn của các trại lợn thịt quy mô lớn

Trại	Quy mô	Phân bố GT phù hợp	Trung bình (Độ lệch chuẩn)	Phương pháp tính R_0	R_0	95% CI
Trại 1	4.000	Lognormal	5,73	EG	1,92	1,73-2,12
			(8,06)	ML	2,19	1,76-2,68
Trại 2	2.700	Weibull	15,86	EG	3,77	2,93-4,73
			(12,84)	ML	4,66	3,79-5,66
Trại 3	1.700	Lognormal	3,78	EG	2,82	2,18-3,63
			(9,19)	ML	2,58	1,91-3,38
Trại 4	3.300	Lognormal	21,10	EG	4,54	4,00-5,13
			(45,81)	ML	4,27	3,62-5,00
Trại 5	5.500	Weibull	5,81	EG	1,82	1,37-2,34
			(5,78)	ML	2,19	1,51-3,06
Trại 6	1.600	Lognormal	3,99	EG	2,97	2,19-3,83
			(8,04)	ML	3,18	2,46-4,02

Ghi chú: 95% CI: Khoảng tin cậy 95%.

Bằng hàm “est.GT” phân phối GT phù hợp nhất, giá trị trung bình, độ lệch chuẩn đã được xác định từ số liệu thu thập được ở 6 trang trại. Từ đó, giá trị R_0 ước tính cho số liệu thu được của 6 trại trong 4 tuần bằng hai phương pháp EG, ML được trình bày ở bảng 2.

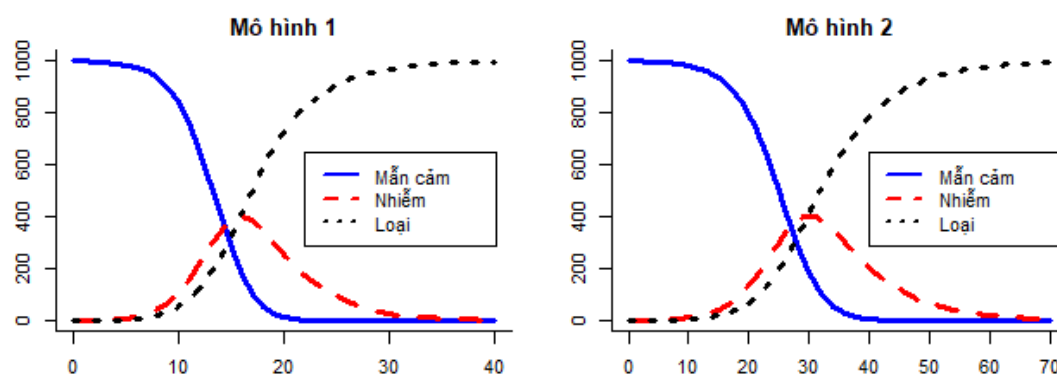
Giá trị R_0 trung bình theo hai phương pháp EG và ML tương ứng là 2,97 (95%CI: 2,44-3,59) và 3,18 (95%CI: 2,52-3,96). Giá trị R_0 của mỗi trại bằng các phương pháp khác nhau có sự khác biệt nhỏ. Trại 1 và trại 5, giá trị R_0 thấp hơn so với các trang trại khác. Theo chúng tôi có thể là do hai trại này có quy mô chăn nuôi lớn nhất nên quy trình an toàn sinh học thực hiện cao hơn các trại khác. Nghiên cứu trước đây cũng đã chỉ ra rằng việc lây lan dịch bệnh trong đàn có thể được giảm thiểu thông qua việc áp dụng các biện pháp an toàn sinh học nghiêm ngặt (Depner & cs., 2017). Mức độ an toàn sinh học thấp hơn của các trại quy mô nhỏ hơn có thể làm tăng nguy cơ lây lan của bệnh so với các trại lớn hơn. Giá trị R_0 đã được ước tính là 2,8

trong điều kiện thí nghiệm (Guinat & cs., 2016). Giá trị R_0 ở cấp độ đàn dao động từ 3,9 đến 15,6 đã được xác định ở các trại có quy mô nhỏ lẻ (Gulenkin & cs., 2011). Giá trị R_0 khác nhau đã được chỉ ra ở các điều kiện khác nhau như quần thể, loài lợn, kiểu gen ASFV, mật độ đàn lợn và phương pháp ước tính (De Koeijer & cs., 2004; Gulenkin & cs., 2011; Brooks-Pollock & cs., 2015; Guinat & cs., 2016). Vì vậy, hình thức quản lý chăn nuôi (nuôi chung trong một ô chuồng hay chia thành các ô chuồng khác nhau) cũng ảnh hưởng đến hệ số lây truyền. Trong nghiên cứu này, giá trị R_0 trung bình ước tính bằng phương pháp ML cao hơn phương pháp EG. Do đó, để chuẩn bị cho tình huống xấu nhất, chúng tôi đã sử dụng các giá trị R_0 thu được từ phương pháp ML trong các tính toán tiếp theo. Phương pháp ML cũng đã được sử dụng để ước tính R_0 cho các bệnh truyền nhiễm khác như COVID-19 (Dharmaratne & cs., 2020; Xu & cs., 2020; Zhang & cs., 2020) và bệnh cúm (Nikbakht & cs., 2018)

Bảng 3. Các hệ số lây truyền của ASF cấp độ đàn ở trại lợn thịt

Hệ số	Mô hình 1	Mô hình 2
T	4,5 (ngắn nhất)	8,5 (dài nhất)
R_0	3,18 (95%CI: 2,52- 3,96)	
γ	0,22	0,12
β	0,72 (95%CI: 0,56-0,88)	0,37 (95%CI: 0,30-0,47)

Ghi chú: 95% CI: Khoảng tin cậy 95%.



Hình 1. Mô hình SIR thể hiện số cá thể mắc cảm, nhiễm và loại bỏ do ASF ở các trại lợn thịt theo thời gian (ngày)
(Mô hình 1 và 2 tương ứng với thời gian lây nhiễm ngắn và dài nhất)

Bảng 4. Ước tính ngưỡng miễn dịch đàn và tỉ lệ bao phủ vaccin

Thông số	Ý nghĩa	Giá trị
E	Hiệu quả bảo hộ của vaccin	80%
I_c	Ngưỡng miễn dịch đàn	0,6854 (95%CI: 0,6027-0,7473)
V_c	Tỉ lệ bao phủ vaccin để đạt miễn dịch đàn	0,8567 (95%CI: 0,7534-0,9341)

Ghi chú: 95% CI: Khoảng tin cậy 95%.

3.2. Hệ số lây truyền và mô hình lây truyền ASF ở cấp độ đàn

Từ giá trị R_0 ước tính bằng phương pháp ML, chúng tôi đã tiến hành ước lượng các hệ số lây truyền của quá trình lây truyền ASF ở cấp độ đàn tại một số trại lợn thịt (Bảng 3).

Giá trị γ lần lượt là 0,22 và 0,12 cho thời kỳ lây nhiễm ASFV ngắn nhất và dài nhất. Và giá trị β ước tính dao động từ 0,37 đến 0,72 ở hai mô hình khác nhau. Hình 1 cho thấy số lượng lợn nhiễm ASF cao nhất được thấy vào khoảng ngày 15 và 30 trong các mô hình 1 và 2 cho các thời gian lây nhiễm ngắn nhất và dài nhất tương ứng. Trong trường hợp thời gian lây nhiễm dài 3-14 ngày, tất cả lợn bị loại bỏ trong vòng 50 ngày

Giá trị của các hệ số lây truyền cung cấp kiến thức định lượng về dịch tễ học ASF, có ý nghĩa cho việc thiết kế và đánh giá các biện pháp kiểm soát hiệu quả hơn. Tốc độ truyền bệnh (β) của lợn mới mắc bệnh mỗi ngày phụ thuộc vào số lượng cá thể nhiễm bệnh và nhạy cảm (Kirkeby & cs., 2017). Trong nghiên cứu này, giá trị β nằm trong khoảng 0,37 đến 0,72. Nghiên cứu trước đây cho rằng giá trị β có thể thay đổi do thời gian lây nhiễm khác nhau (Guinat & cs., 2016). Do đó, chúng tôi đã xây dựng mô hình SIR cho các khoảng thời gian lây nhiễm khác nhau. Mô hình SIR này giúp ước tính động lực học của ASF trong các tình huống khác nhau; dự đoán số lượng nhiễm, mắc cảm, loại bỏ cũng như thời gian cao điểm của dịch (Cooper & cs., 2020). Mô hình SIR của chúng tôi cung cấp một công cụ dự đoán hữu ích để đánh giá tác động của việc giảm số lượng động vật mắc cảm cũng như cho phép mô phỏng sự lây truyền động trong đàn của ASFV. Đồng thời, mô

hình SIR là cơ sở để giảm bớt tác động của bệnh, chỉ tiêu hủy những con mắc bệnh có thể làm giảm số động vật mắc bệnh trong đàn (Chladná & cs., 2020). Biện pháp này đã được đề cập trước đây như một cách hiệu quả để kiểm soát sự bùng phát ASF (De Carvalho Ferreira & cs., 2012). Do đó, mô hình SIR của chúng tôi có thể cung cấp cơ sở cho các biện pháp kiểm soát sự lây lan của ASFV tránh tiêu hủy cả đàn.

3.3. Ngưỡng miễn dịch đàn và tỉ lệ bao phủ vaccin

Tỉ lệ các cá thể trong quần thể cần có miễn dịch để tạo miễn dịch đàn là 68,54% (95%CI: 60,27-74,73%) (Bảng 4). Tỉ lệ tiêm phòng cần thiết để tạo đủ miễn dịch đàn là 85,67 (95%CI: 75,34-93,41%). Miễn dịch đàn là một dạng miễn dịch xảy ra khi một tỉ lệ lớn các cá thể có miễn dịch với bệnh sẽ tạo nên một lớp bảo vệ cho những cá thể không có miễn dịch (Fine & cs., 2011). Để chuẩn bị cho tình huống xấu nhất, chúng ta không thể dựa vào các giá trị trung bình vì các trại bùng phát dịch cao hơn sẽ không được bảo vệ. Do đó, chúng tôi khuyến cáo nên tiêm phòng ở giới hạn trên của khoảng tin cậy 95% có giá trị cao nhất (74,73%), là khoảng 94% số lợn trong mỗi trại để có miễn dịch đàn trong trường hợp vaccin có hiệu quả bảo hộ ở mức 80%. Trường hợp vaccin có hiệu quả bảo hộ là 100% thì 74,73% số lợn trong mỗi trại nên được tiêm phòng để đạt miễn dịch đàn, tuy nhiên đây là trường hợp rất ít gặp.

Một số chiến lược nghiên cứu phát triển vaccin phòng bệnh ASF đã được tiến hành, tuy nhiên cho đến nay vẫn chưa có vaccin thương mại nào được cung cấp trên thị trường. Do đó, việc xác định mức độ miễn dịch đàn và tỉ lệ bao

phủ vaccin chuẩn bị cho vaccin sắp ra mắt trong tương lai là rất cần thiết. Bộ NN&PTNT đang chỉ đạo việc phát triển vaccin thương mại cho ASF từ chủng ASFV-G-Delta I 177 L do công ty Cổ phần Thú y Trung ương Navetco thực hiện. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng dữ liệu thực thu tại các trại lợn thịt trong đợt dịch đầu tiên xảy ra và đưa ra khuyến cáo 75-94% số lợn trong các trại lợn thịt quy mô lớn cần được tiêm phòng để ngăn ngừa các đợt bùng phát ASF trong tương lai. Nghiên cứu trước đây trong điều kiện thí nghiệm đã đề xuất các ngưỡng miễn dịch của đàn từ 55 đến 74% (95%CI: 9-93%) (dựa trên các giá trị R_0 khác nhau) (Guinat & cs., 2016).

4. KẾT LUẬN

Đây là nghiên cứu đầu tiên ước tính giá trị của hệ số lây nhiễm cơ bản của ASF tại một số trại lợn thịt quy mô lớn ở nước ta trong đợt bùng phát dịch đầu tiên. R_0 trung bình theo hai phương pháp EG và ML tương ứng là 2,97 và 3,18. Từ giá trị của hệ số lây nhiễm cơ bản sẽ được sử dụng để dự đoán tốc độ lây lan, mức độ miễn dịch nhằm củng cố các chiến lược kiểm soát hợp lý. Trong tương lai gần, khi vaccin ASF đã thử nghiệm thành công và được sản xuất thương mại, tùy theo hiệu quả bảo hộ của vaccin từ mà tỉ lệ tiêm phòng dao động từ 75-94% số lợn trong mỗi trại để tạo miễn dịch đàn phòng bệnh tái phát.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành nhất đến các bác sĩ thú y đã hỗ trợ theo dõi, ghi chép và thu thập dữ liệu thực địa cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Barongo M.B., Ståhl K., Bett B., Bishop R.P., Fèvre E.M., Aliro T., Okoth E., Masembe C., Knobel D. & Ssematimba A. (2015). Estimating the Basic Reproductive Number (R_0) for African Swine Fever Virus (ASFV) Transmission between Pig Herds in Uganda. *PLoS One*. 10(5): e0125842.

Begon M., Bennett M., Bowers R.G., French N.P., Hazel S.M. & Turner J. (2002). A clarification of

transmission terms in host-microparasite models: numbers, densities and areas. *Epidemiol Infect.* 129(1): 147-53.

- Brooks-Pollock E., De Jong M.C., Keeling M.J., Klinkenberg D. & Wood J.L. (2015). Eight challenges in modelling infectious livestock diseases. *Epidemics*. 10: 1-5.
- Chladná Z., Kopfová J., Rachinskii D. & Rouf S.C. (2020). Global dynamics of SIR model with switched transmission rate. *J. Math. Biol.* 80(4): 1209-1233.
- Cooper I., Mondal A. & Antonopoulos C.G. (2020). A SIR model assumption for the spread of COVID-19 in different communities. *Chaos Solitons Fractals*. 139: 110057.
- De Carvalho Ferreira H.C., Backer J.A., Weesendorp E., Klinkenberg D., Stegeman J.A. & Loeffen W. L. (2013). Transmission rate of African swine fever virus under experimental conditions. *Vet Microbiol.* 165(3-4): 296-304.
- De Koeijer A., Heesterbeek H., Schreuder B., Oberthür R., Wilesmith J., Van Roermund H. & De Jong M. (2004). Quantifying BSE control by calculating the basic reproduction ratio R_0 for the infection among cattle. *J Math Biol.* 48(1): 1-22.
- Depner K., Gortazar C., Guberti V., Masiulis M., More S., Oļdevskis E., Thulke H.H., Viltrop A., Woźniakowski G., Cortiñas Abrahantes J., Gogin A., Verdonck F. & Dhollander S. (2017). Epidemiological analyses of African swine fever in the Baltic States and Poland: (Update September 2016-September 2017). *Efsa j.* 15(11): e05068.
- Dharmaratne S., Sudaraka S., Abeyagunawardena I., Manchanayake K., Kothalawala M. & Gunathunga W. (2020). Estimation of the basic reproduction number (R_0) for the novel coronavirus disease in Sri Lanka. *Virol J.* 17(1): 144.
- Fine P., Eames K. & Heymann D.L. (2011). "Herd Immunity": A Rough Guide. *Clin. Infect. Dis.* 52(7): 911-916.
- Gaudreault N.N. & Richt J.A. (2019). Subunit Vaccine Approaches for African Swine Fever Virus. *Vaccines*. 7(2).
- Guinat C., Gubbins S., Vergne T., Gonzales J.L., Dixon L. & Pfeiffer D.U. (2016). Experimental pig-to-pig transmission dynamics for African swine fever virus, Georgia 2007/1 strain. *Epidemiol. Infect.* 144(1): 25-34.
- Gulenko V.M., Korennoy F.I., Karaulov A.K. & Dudnikov S.A. (2011). Cartographical analysis of African swine fever outbreaks in the territory of the Russian Federation and computer modeling of the basic reproduction ratio. *Prev. Vet. Med.* 102(3): 167-74.

- Halasa T., Bøtner A., Mortensen S., Christensen H., Toft N. & Boklund A. (2016). Simulating the epidemiological and economic effects of an African swine fever epidemic in industrialized swine populations. *Vet Microbiol.* 193: 7-16.
- Iglesias I., Muñoz M. J., Montes F., Perez A., Gogin A., Kolbasov D. & De La Torre A. (2016). Reproductive Ratio for the Local Spread of African Swine Fever in Wild Boars in the Russian Federation. *Transbound. Emerg. Dis.* 63(6): e237-e245.
- Keeling M.J. & Rohani P. (2008). *Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals.* 10.2307/j.ctvc4gk0. Princeton University Press.
- Korennoy F.I., Gulenkin V.M., Gogin A.E., Vergne T. & Karaulov A.K. (2017). Estimating the Basic Reproductive Number for African Swine Fever Using the Ukrainian Historical Epidemic of 1977. *Transbound. Emerg. Dis.* 64(6): 1858-1866.
- Montgomery R.E. (2021). On A Form of Swine Fever Occurring in British East Africa (Kenya Colony). *Journal of Comparative Pathology.* 34: 159-191.
- Nikbakht R., Baneshi M.R. & Bahrampour A. (2018). Estimation of the Basic Reproduction Number and Vaccination Coverage of Influenza in the United States (2017-18). *J Res Health Sci.* 18(4): e00427.
- Plans-Rubió P. (2012). The vaccination coverage required to establish herd immunity against influenza viruses. *Prev. Med.* 55(1): 72-77.
- Sánchez-Vizcaíno J.M., Mur L., Gomez-Villamandos J.C. & Carrasco L. (2015). An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. *J Comp Pathol.* 152(1): 9-21.
- Trần Xuân Hạnh, Nguyễn Văn Dung, Lê Thị Thu Phương, Nguyễn Quang Huy, Đỗ Thanh Thủy, Quách Vô Ngôn, Phạm Hào Quang, Nguyễn Tân Liêm, Hồ Nguyễn Hải Vy, Huỳnh Thị Ngọc Ánh, Bùi Anh Thy, Trần Hữu Huy, Đào Huỳnh Thiên Thanh, Phạm Thị Yến Như, Nguyễn Đức Huy, Nguyễn Thanh Hoài, Đỗ Thị Thủy Dung, Trần Thu Lâm, Nguyễn Thị Thủy, Đoàn Ngọc Trung, Tạ Hoàng Long, Nguyễn Thị Thúy Hà, Hoàng Thị Thu Hương, Nguyễn Trung Tiến, Phạm Quang Trung, Bạch Đức Lữ, Võ Văn Hùng, Nguyễn Thanh Phương, Cyril G. Gay, Manuel V. Borca & Gladue D.P. (2021). Đánh giá hiệu quả phòng bệnh của vaccin dịch tả heo châu Phi nhược độc dòng khô chủng G-delta-I177L trên heo. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thú y.* 28(7): 5-14.
- Tổng Cục Thống kê (2021). Chăn nuôi lợn đang đà hồi phục. Truy cập từ <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2021/04/chan-nuoi-lon-dang-da-hoi-phuc/> ngày 08/04/2021.
- Xu C., Dong Y., Yu X., Wang H., Tsamlag L., Zhang S., Chang R., Wang Z., Yu Y., Long R., Wang Y., Xu G., Shen T., Wang S., Zhang X., Wang H. & Cai Y. (2020). Estimation of reproduction numbers of COVID-19 in typical countries and epidemic trends under different prevention and control scenarios. *Front Med.* 14(5): 613-622.
- Zhang S., Diao M., Yu W., Pei L., Lin Z. & Chen D. (2020). Estimation of the reproductive number of novel coronavirus (COVID-19) and the probable outbreak size on the Diamond Princess cruise ship: A data-driven analysis. *Int J Infect Dis.* 93: 201-204.