MÔ HÌNH HOÁ ĐỘNG THÁI SINH TRƯỞNG ĐỂ ƯỚC TÍNH KHỐI LƯỢNG, TĂNG KHỐI LƯỢNG VÀ XÁC ĐỊNH TUỔI GIẾT THỊT PHÙ HỢP CỦA GÀ HẮC PHONG

Nguyễn Thị Phương Giang, Bùi Huy Doanh, Nguyễn Thị Châu Giang, Nguyễn Thị Vinh, Hà Xuân Bộ*

Khoa Chăn nuôi, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Tác giả liên hệ: hxbo@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 18.06.2024 Ngày chấp nhận đăng: 16.10.2024

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành nhằm mô hình hoá động thái sinh trưởng để ước tính khối lượng, tăng khối lượng và dự báo tuổi giết thịt phù hợp của gà Hắc Phong. Tổng số 100 gà (53 trống và 47 mái) được theo dõi khối lượng cá thể lúc 1 ngày tuổi và lặp lại hàng tuần đến 20 tuần tuổi. Dữ liệu về sinh trưởng của gà Hắc Phong được phân tích bằng phần mềm R 4.2.2. Bẩy hàm sinh trưởng (von Bertalanffy, Janoschek, Gompertz, Logistic, Lopez, Richards và Weibull) được sử dụng để đánh giá tính phù hợp với động thái sinh trưởng của loại gà này. Kết quả cho thấy hàm Lopez phù hợp nhất để mô hình hoá động thái sinh trưởng của cả gà trống và mái. Tăng khối lượng hàng tuần đạt cực đại ở tuần tuổi 6 đối với cả gà trống và mái. Tăng khối lượng bình quân cả kỳ (AWG) của cả gà trống và gà mái đạt cao nhất lúc 17,34 tuần tương ứng với khối lượng cơ thể đạt 1.105g, trong đó gà trống có AWG đạt cao nhất lúc 21,72 tuần tuổi và gà mái có AWG đạt cao nhất lúc 12,23 tuần tuổi. Thời điểm giết thịt cho hiệu quả kỹ thuật cao nhất lúc 17,34 tuần tương ứng với khối lượng cơ thể đạt 1.105g đối với cả gà trống và mái Hắc Phong.

Từ khóa: Đường cong sinh trưởng, gà bản địa, gà Hắc Phong, hàm hồi quy phi tuyến tính.

Modelling Growth Curves to Predict Live Weight, Weight Gains and Suitable Slaughter Age for Hac Phong chicken

ABSTRACT

This study was carried out to determine growth curve models for estimating live weight, weight gains and suitable slaughter age for Hac Phong chicken. A total of 100 (53 males and 47 females) birds were raised and and individual live weight data was collected every week from 1 to 20 weeks of age. The data for growth performance was analyzed in R software (version 4.2.2). Seven growth functions, *viz.* (von Bertalanffy, Janoschek, Gompertz, Logistic, Lopez, Richards, and Weibull), were used to be fitted with the growth data. The results showed that Lopez function was the best model to describe the growth of Hac Phong males and females. The weekly gain (WG) reached the maximum at the 6^{th} week age for both male and female chockens. The maximum of the average weekly gain (AWG) was obtained at the 17.34^{th} week for both of the male and female; 21.72^{th} week of age and the 12.32^{th} week of age for the male and the female, respectively. This suggested the suitable slaughter ages are 17.73 weeks for both of the males and females, with a weights of 1,105g.

Keywords: Growth curve, local chicken, Hac Phong chicken, nonlinear models.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gà Hắc Phong có nguồn gốc từ Trung Quốc với các đặc điểm ngoại hình tương tự như gà Ác, gà H'mông của Việt Nam với lông, da, thịt và xương đều có màu đen (Nguyễn Thị Phương Giang & cs., 2022). Giống gà này đã được nuôi tại một số vùng của tỉnh Quảng Ninh và Trung tâm nghiên cứu vịt Đại Xuyên đã tiếp nhận giống gà này để nuôi bảo tồn nguồn gen từ năm 2006. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy loại gà này có khả năng chống chịu bệnh tốt, đã thích nghi và phù hợp với điều kiện chăn nuôi tại Việt Nam (Nguyễn Thị Phương Giang & cs.,

2022). Tuy nhiên, việc ước tính khối lượng, tăng khối lượng và xác định thời điểm giết thịt phù hợp của giống gà này vẫn chưa được thực hiện.

Nhiều nhà nghiên cứu đã mô hình hoá quy luật sinh trưởng của nhiều giống gà để dự báo về khối lượng, tăng khối lượng ở mọi thời điểm, từ đó có cơ sở khoa học cho việc chăm sóc, nuôi dưỡng, quản lý và đặc biệt là xác định được thời điểm giết thịt phù hợp nhằm mang lại hiệu quả chăn nuôi cao hơn. Mô hình hồi quy phi tuyến tính đã được sử dụng để mô tả động thái sinh trưởng của gà (Goliomytis & cs., 2003; Kuhi & cs., 2003; Porter & cs., 2010; Osei-Amponsah & cs., 2014).

Tại Việt Nam, nghiên cứu về động thái sinh trưởng của gà cũng đã được thực hiện trên các giống gà Mía (Nguyen Hoang & cs., 2021; Hoàng Anh Tuấn & cs., 2022), gà Ri (Bo & cs., 2022) và gà lai F1 Hồ × Lương Phượng (Hà Xuân Bộ & Đặng Thuý Nhung, 2022). Hoàng Anh Tuấn & cs. (2022) đã sử dụng hàm hồi quy phi tuyến tính để ước tính khối lượng, tăng khối lượng và xác định thời điểm giết thịt mang lại hiệu quả kinh tế cao nhất ở giữa 15-16 tuần đối với gà trống Mía và giữa 14-15 tuần tuổi đối với gà mái Mía. Tuy nhiên, các nghiên cứu xác định thời điểm giết thịt phù hợp của gà bằng hàm hồi quy phi tuyến tính tại Việt Nam còn khá hạn chế và đặc biệt chưa có nghiên cứu nào tại Việt Nam sử dụng hàm hồi quy phi tuyến tính để xác định tăng khối lượng và dự đoán tuổi giết thịt phù hợp của gà Hắc Phong. Do đó, nghiên cứu này sử dụng 7 hàm hồi quy phi tuyến tính (von Bertalanffy, Janoschek, Gompertz, Logistic, Lopez, Richards và Weibull) để ước tính dựa trên kết quả theo dõi khối lượng từ 1 ngày tuổi đến 20 tuần tuổi nhằm xác định hàm hồi quy phi tuyến tính phù hợp nhất để mô tả sinh trưởng của gà Hắc Phong và dự đoán tăng khối lượng, thời điểm giết thịt phù hợp của giống gà này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Gà Hắc Phong thương phẩm gồm 100 con (53 trống và 47 mái) nuôi từ 1 ngày tuổi đến hết 20 tuần tuổi tại trại thực nghiệm Khoa Chăn nuôi, Học viện Nông nghiệp Việt Nam từ 2/2021 đến 9/2021.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Gà được đeo số chân cho từng con và nuôi tách riêng trống mái trong chuồng bán kín. Gà được cho ăn, uống nước tự do. Quy trình chăm sóc nuôi dưỡng và thành phần khẩu phần thức ăn nuôi gà được mô tả trong nghiên cứu của Nguyễn Thị Phương Giang & cs. (2022). Khối lượng được xác định bằng cách cân gà vào buổi sáng trước khi cho ăn, cân lặp lại hàng tuần với cùng thời điểm bằng cân điện tử (giai đoạn từ 1 ngày tuổi đến 7 tuần tuổi) và bằng cân đồng hồ (Nhơn Hoà, loại 5kg, sai số 20g) giai đoạn từ 8 đến 20 tuần tuổi. Số liệu về khối lượng của 100 gà Hắc Phong (53 trống và 47 mái) được theo dõi từ 1 ngày tuổi đến 20 tuần tuổi và được khảo sát bằng 7 hàm hồi quy phi tuyến tính, gồm von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1957), Janoschek, Gompertz (Gompertz, 1825), Logistic (Pearl, 1977), Lopez (López & cs., 2000), Richards (Richards & Kavanagh, 1945) và Weibull (Murthy & cs., 2004). Bảy hàm hồi quy phi tuyến tính được sử dụng để mô tả sinh trưởng của gà Hắc Phong được trình bày ở bảng 1.

Các tham số W_0 - khối lượng lúc một ngày tuổi; α - khối lượng tiệm cận lúc trưởng thành (g); k - hằng số biến thiên tốc độ sinh trưởng; β - tuổi (tuần) tại điểm uốn (Gompertz và Logistic) và tuổi khi gà đạt được một nửa tốc độ sinh trưởng tối đa (von Bertalanffy, Bridge, Janoschek, Lopez, Monomolecular, Richards và Weibull); m - là tham số xác định vị trí của điểm uốn được ước tính bằng hàm hồi quy phi tuyến tính với phần mềm R 4.2.2 (R Core Team, 2022). Các tham số này của 7 hàm (von Bertalanffy, Janoschek, Gompertz, Logistic, Lopez, Richards và Weibull) được ước tính bằng câu lệnh nlsLM() trong gói minpack.lm (Elzhov & cs., 2016) của phần mềm R 4.2.2. Tăng khối lượng hàng tuần (WGt) là sự chênh lệch khối lượng gà ở tuần tuổi t so với tuần trước đó ($WG_t = BW_t - BW_{t-1}$). Giá trị này chính là đạo hàm bậc 1 của hàm sinh trưởng vì nó thể hiện sự thay đổi khối lượng gà khi tăng một đơn vị tuổi

($WG_t = dBW_t/d_t$). Giá trị AWGt được tính bằng tổng khối lượng tăng cả kỳ chia cho số tuần tuổi đã nuôi theo công thức $AWG_t = (BW_t - BW_0)/t$; trong đó BW_t là khối lượng gà ở tuần tuổi t và BW_0 là khối lượng gà con 1 ngày tuổi. Giá trị AWG_t cực đại (AWGmax) được xác định khi $AWG_t = WG_t$. Thời điểm giết thịt phù hợp khi AWGmax đạt giá trị cực đại và là điểm giao nhau của hai đường WG_t và AWG_t trên đồ thị (Hình 1, 2 và 3). Phương pháp này dựa theo nguyên tắc về xác định năng suất bình quân (average product - AP) cực đại của quy luật năng suất biên (hiệu suất) giảm dần (Drummond & Goodwin, 2004; Nguyễn Xuân Trạch, 2023).

Tham số AIC (Akaike's information criterion) và BIC (Bayesian information criterion) thường được sử dụng để so sánh giữa các mô hình và được xác định bằng câu lệnh AIC(), BIC() trong phần mềm R. Sai số tiêu chuẩn của hàm hồi quy (SER) cũng được sử dụng như một tiêu chuẩn để lựa chọn mô hình tốt nhất và SER được tính theo mô tả của García-Muñiz & cs. (2019). Các tiêu chuẩn thông tin AIC, BIC và SER được xếp hạng từ thấp nhất (= 1) đến cao nhất (= 7). Hệ số xác định được xếp hạng từ lớn nhất (= 1) đến nhỏ nhất (= 7). Mô hình mô tả sinh trưởng được coi là tốt nhất khi có giá trị AIC, BIC và SER nhỏ nhất và hệ số xác định (R2) cao nhất, tương ứng với giá trị xếp hạng của các tham số này đều bằng 1. Dự báo khối lượng bằng câu lệnh predict() và hệ số tương quan giữa khối lượng thực tế và khối Lượng ước tính theo mô hình được tính bằng câu lệnh cor() trong phần mềm R 4.2.2.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tham số ước tính và đánh giá mức độ tin cậy của các hàm mô tả sinh trưởng của gà Hắc Phong

Các tham số ước tính, tuổi và khối lượng tại điểm uốn của các hàm sinh trưởng trên gà Hắc Phong được trình bày ở bảng 2.

Bảng 1. Hàm sinh trưởng sử dụng trong nghiên cứu

Hàm	Công thức	Tuổi tại điểm uốn	Khối lượng tại điểm uốn
von Bertalanffy	$BW_t = \alpha \times \left(1 - \beta \times e^{-kt^3}\right)$	$\frac{\ln(3 \times \beta)}{k}$	$\frac{8 \times \alpha}{27}$
Janoschek	$BW_t = \alpha - (\alpha - W_0) \times e^{-kt^m}$	$\frac{(m-1)}{(k \times m)^{\frac{1}{m}}}$	$\alpha - (\alpha - k) \times e^{\frac{-(m-1)}{m}}$
Gompertz	$BW_t = \alpha \times e^{-\beta \times e^{-kt}}$	$\frac{\ln(\beta)}{k}$	$\frac{\alpha}{e}$
Logistic	$BW_t = \frac{\alpha}{\beta \times \left(1 + e^{-kt}\right)}$	$\frac{\ln(\beta)}{k}$	$\frac{\alpha}{2}$
Lopez	$BW_t = \frac{\left(W_0 \times \beta^k + \alpha \times t^k\right)}{\left(\beta^k + t^k\right)}$	$\beta \times \left[\frac{(k-1)}{(k+1)}\right]^{\frac{1}{k}}$	$\frac{\left[\left(1 + \frac{1}{k}\right) \times BW_0 + \left(1 - \frac{1}{k}\right) \times \alpha\right]}{2}$
Richards	$BW_t = \frac{\alpha}{\left(1 - \beta + e^{-kt}\right)^{\frac{1}{m}}}$	$\frac{\ln(m \times \beta)}{k}$	$\frac{a}{(m+1)^{\frac{1}{m}}}$
Weibull	$BW_t = \alpha - \beta \times e^{-kt^m}$	-	-

Ghi chú: BW_t: Khối lượng ước tính của gà tại tuần tuổi t (g); W0: khối lượng lúc một ngày tuổi; α: Khối lượng tiệm cận lúc trưởng thành (g); k: Hằng số biến thiên tốc độ sinh trưởng; β: Tuổi (tuần) tại điểm uốn (Gompertz và Logistic) và tuổi khi gà đạt được một nửa tốc độ sinh trưởng tối đa (von Bertalanffy, Janoschek, Lopez, Richards và Weibull); m: Tham số xác định vị trí của điểm uốn và exp: Hàm số mũ của e; e: số Euler (~ 2,718282).

Bảng 2. Tham số ước tính của bảy hàm mô tả sinh trưởng của gà Hắc Phong

Tính biệt/ mô hình	α ± SE	β ± SE	k ± SE	m ± SE	w_0 ± SE	Tuổi và khối lượng tại điểm uốn	
			Chung				
Von Bertalanffy	1968,18 ± 54,55	0,73 ± 0,01	0,08 ± 0,003			9,48	583,16
Janoschek	2731,62 ± 402,90		0,01 ± 0,001	1,29 ± 0,05	18,33 ± 7,71	9,22	553,20
Gompertz	1665,16 ± 32,21	3,36 ± 0,04	0,12 ± 0,003			9,94	612,58
Logistic	1372,51 ± 15,53	13,4 ± 0,37	0,23 ± 0,004			11,05	686,25
Lopez	4314,71 ± 735,60	39,32 ± 8,05	1,33 ± 0,06		19,91 ± 7,80	8,91	546,67
Richards	3087,95 ± 518,48	0,04 ± 0,01	0,98 ± 0,02	-0,7 ± 0,07		9,09	558,63
Weibull	2731,77 ± 402,96	2713,44 ± 407,28	0,01 ± 0,001	1,29 ± 0,05		-	-
			Trống				
Von Bertalanffy	2472,96 ± 76,58	0,75 ± 0,005	0,07 ± 0,002	-	-	11,20	732,73
Janoschek	3049,61 ± 405,65	-	0,01 ± 0,001	1,41 ± 0,05	28,11 ± 6,95	11,97	770,46
Gompertz	1976,97 ± 40,37	3,56 ± 0,04	0,11 ± 0,003	-	-	11,14	727,29
Logistic	1549,65 ± 17,76	15,69 ± 0,40	0,23 ± 0,004	-	-	11,79	774,82
Lopez	5081,70 ± 833,27	40,11 ± 7,19	1,43 ± 0,06	-	28,51 ± 7,07	11,90	785,96
Richards	3359,71 ± 499,72	0,04 ± 0,009	0,94 ± 0,03	-0,56 ± 0,07	-	11,83	780,80
Weibull	3049,61 ± 405,65	3021,51 ± 409,55	0,009 ± 0,001	1,41 ± 0,05	-		
			Mái				
Von Bertalanffy	1583,32 ± 48,50	0,71 ± 0,01	0,10 ± 0,004	-	-	7,93	469,13
Janoschek	2126,85 ± 328,26	-	0,02 ± 0,002	1,23 ± 0,07	11,76 ± 10,63	6,30	362,19
Gompertz	1401,92 ± 31,77	3,20 ± 0,06	0,13 ± 0,005	-	-	8,70	515,74
Logistic	1209,20 ± 17,37	11,70 ± 0,47	0,24 ± 0,006	-	-	10,16	604,60
Lopez	3105,13 ± 541,15	30,53 ± 7,01	1,29 ± 0,08	-	14,96 ± 10,69	6,17	362,89
Richards	2329,63 ± 386,58	0,04 ± 0,01	0,99 ± 0,02	-0,76 ± 0,09	-	6,09	358,51
Weibull	2126,81 ± 328,24	2115,05 ± 334,06	0,019 ± 0,002	1,23 ± 0,07	-		

Ghi chú: w_0: Khối lượng lúc một ngày tuổi; α: Khối lượng tiệm cận lúc trưởng thành (g); k: Hằng số biến thiên tốc độ sinh trưởng; β: Tuổi (tuần) tại điểm uốn (Gompertz và Logistic) và tuổi khi gà đạt được một nửa tốc độ sinh trưởng tối đa (von Bertalanffy, Janoschek, Lopez, Richards và Weibull); m: Tham số xác định vị trí của điểm uốn.

Khối lượng tiệm cận ước tính (α) của gà Hắc Phong đạt giá trị thấp nhất ở hàm Logistic (1.372,51g) và cao nhất ở hàm Lopez (4.314,71g). Giá trị này có xu hướng tương tự ở gà trống và gà mái, đạt thấp nhất khi ước tính với hàm Logistic (1.549,65g và 1.209,20g) và cao nhất khi ước tính với hàm Lopez (5.081,70g và 3.105,13g). Khối lượng tiệm cận của gà mái Hắc Phong khi được ước tính ở bẩy hàm hồi quy phi tuyến tính này luôn thấp hơn so với gà trống.

Nguyen Hoang & cs. (2021) khi nghiên cứu động thái sinh trưởng trên gà Mía cho thấy, khối lượng tiệm cận ước tính của gà trống và gà mái đạt thấp nhất ở hàm Logistic (2.241,91g và 1.537,36g) và cao nhất ở hàm Bridges (2.465,60g và 1.958,36g). Kết quả công bố của Hoàng Anh Tuấn & cs. (2022) cho thấy khối lượng ước tính tiệm cận của gà Mía trống và mái cũng đạt thấp nhất ở hàm Logistic (2.453g và 1.765g) và đạt cao nhất ở hàm Lopez (3.348g và 2.591g). Kết quả công bố của Bo & cs. (2022) cho thấy khối lượng ước tính tiệm cận của gà Ri trống và mái đạt thấp nhất ở hàm Logistic (2.130g và 1.500g) và cao nhất ở hàm von Bertalanffy (2.600g và 1.816g). Như vậy, kết quả nghiên cứu này về

khối lượng tiệm cận ước tính của gà Hắc Phong có xu hướng tương tự với kết quả công bố của Nguyen Hoang & cs. (2021), Hoàng Anh Tuấn & cs. (2022) trên gà Mía và Bo & cs. (2022) trên gà Ri. Kết quả công bố của Osei-Amponsah & cs. (2014) cho thấy khối lượng tiệm cận ước tính trên gà bản địa Ghana đối với con trống đạt 1.607g đến 1.777g và đối với con mái đạt 1.170g đến 1.332g.

Khối lượng tiệm cận của gà Hắc Phong trong nghiên cứu này có xu hướng cao hơn so với kết quả công bố trên gà bản địa của Italy (Rizzi & cs., 2013), gà Creole (Mata-Estrada & cs., 2020), gà Castellana Negra (Miguel & cs., 2008).

Hằng số biến thiên về tốc độ sinh trưởng (k) được ước tính bằng các hàm hồi quy phi tuyến tính trong nghiên cứu này có xu hướng tương tự với kết quả công bố trên gà vàng của Trung Quốc (Yang & cs., 2006), gà Mía (Nguyen Hoang & cs., 2021), gà Ri (Bo & cs., 2022) và gà bản địa của Hàn Quốc (Manjula & cs., 2018).

Gà Hắc Phong trong nghiên cứu này có tuổi đạt điểm uốn từ 8,91 đến 11,05 tuần với khối lượng tại điểm uốn từ 546,67g đến 686,25g. Trong đó, gà mái có tuổi và khối lượng tại điểm uốn thấp hơn so với gà trống. Kết quả nghiên cứu ngày về tuổi và khối lượng tại điểm uốn của gà Hắc Phong có xu hướng tương tự với kết quả công bố của Bo & cs. (2022) khi nghiên cứu về động thái sinh trưởng của gà Ri cũng cho rằng gà mái có tuổi và khối lượng tại điểm uốn thấp hơn so với gà trống. Kết quả nghiên cứu này về tuổi và khối lượng tại điểm uốn của gà mái và gà trống Hắc Phong có xu hướng tương tự với kết quả công bố của Nguyen Hoang & cs. (2021), Hoàng Anh Tuấn & cs. (2022) khi nghiên cứu trên gà Mía.

Các tham số đánh giá mức độ tin cậy, khả năng ước tính khối lượng của gà Hắc Phong được thể hiện qua bảng 3.

Tiêu chuẩn quan trọng để đánh giá hàm sinh trưởng phù hợp bao gồm hệ số xác định (R^2), tiêu chuẩn thông tin Akaike (AIC, Akaike's information criterion), tiêu chuẩn thông tin Bayesian (BIC, Bayesian information criterion) và sai số tiêu chuẩn của mô hình hồi quy (SER, Standard error of the regression). Kết quả nghiên cứu này cho thấy hệ số xác định của tất cả 7 hàm đều cao hơn 93% đối với kết quả ước tính dựa trên số liệu về khối lượng chung bao gồm cả gà trống và gà mái. Trong khi đó, hệ số xác định của tất cả 7 hàm hồi quy phi tuyến tính đều cao hơn 92% đối với kết quả ước tính chỉ dựa trên số liệu của gà mái và đạt trên 97% đối với kết quả ước tính trên số liệu về khối lượng của gà trống (Bảng 3). Điều này cho thấy rằng, khả năng sinh trưởng của gà Hắc Phong có thể được ước tính bằng bất kỳ hàm sinh trưởng nào trong 7 hàm đã sử dụng trong nghiên cứu này. Xét theo tiêu chuẩn thông tin Akaike (AIC), tiêu chuẩn thông tin Bayesian (BIC), sai số tiêu chuẩn của mô hình hồi quy (SER), hệ số xác định (R^2) và kết quả xếp hạng của các tham số này (Bảng 3) thì hàm Lopez được coi là phù hợp nhất để mô tả động thái sinh trưởng chung cho gà Hắc Phong (bao gồm cả gà trống và mái) vì có hệ số xác định cao nhất (R^2 = 94,19%), AIC thấp nhất (25.208,77) và BIC thấp nhất (25.237,02). Tuy nhiên, có sự khác biệt về hàm hồi quy phi tuyến tính phù hợp để ước tính khối lượng, tăng khối lượng của gà trống và gà mái. Đối với gà trống, hàm Weibull được coi là phù hợp nhất vì có hệ số xác định cao nhất (R^2 = 97,81%), AIC thấp nhất (11.018,41), BIC thấp nhất (11.042,88) và SER thấp nhất (15,08). Trong khi đó, hàm Lopez được coi là phù hợp nhất để mô tả động thái sinh trưởng của gà mái vì có hệ số xác định cao nhất (R^2 = 93,51%), AIC thấp nhất (13.292,88) và BIC thấp nhất (13.317,95). Bên cạnh đó, hàm Logistic được coi là không phù hợp nhất với động thái sinh trưởng cả gà trống và mái vì có hệ số xác định được xếp hạng thấp nhất, AIC, BIC và SER cao nhất. Tuy nhiên, cũng cần thấy rằng sự phù hợp của các hàm nói trên đối với gà Hắc Phong trong nghiên cứu này chỉ được đảm bảo trong giới hạn 20 tuần tuổi. Có sự khác nhau khá lớn về các tham số động thái (α, β, k và m) giữa 7 hàm, phản ánh định dạng động thái (đường cong toàn đồ thị) khác nhau giữa các hàm đó. Mặt khác, sự khác nhau đó cũng có thể do số liệu khảo sát chỉ có đến 20 tuần tuổi mà chưa khảo sát đến khi khối lượng gà Hắc Phong thực sự tiệm cận khối lượng trưởng thành.

Bảng 3. Tham số thống kê đánh giá mức độ tin cậy của các hàm sinh trưởng đối với gà Hắc Phong

Tính biệt/mô hình	Xếp hạng mô hình dựa trên các tham số				AIC	BIC	SER	R^2
	AIC	BIC	SER	R^2				
Chung								
Bertalanffy	5	5	5	5	25.234,30	25.256,90	21,99	94,11
Janoschek	2	2	4	2	25.209,95	25.238,20	19,06	94,19
Gompertz	6	6	6	6	25.284,68	25.307,28	27,51	93,97
Logistic	7	7	7	7	25.471,01	25.493,61	42,74	93,41
Lopez	1	1	3	1	25.208,77	25.237,02	18,88	94,19
Richards	4	4	2	4	25.211,01	25.239,26	18,67	94,18
Weibull	3	3	1	3	25.209,95	25.238,20	18,52	94,19
Trống								
Bertalanffy	5	5	5	1	11.026,78	11.046,36	16,66	97,81
Janoschek	1	1	3	1	11.018,41	11.042,88	15,51	97,81
Gompertz	6	6	6	1	11.064,02	11.083,6	21,52	97,81
Logistic	7	7	7	7	11.222,26	11.241,84	36,51	97,42
Lopez	3	3	4	1	11.018,81	11.043,28	15,58	97,81
Richards	4	4	2	1	11.019,58	11.044,06	15,26	97,81
Weibull	1	1	1	1	11.018,41	11.042,88	15,08	97,81
Mái								
Bertalanffy	5	5	5	5	13.313,56	13.333,62	29,23	93,32
Janoschek	3	3	4	1	13.294,96	13.320,04	26,43	93,51
Gompertz	6	6	6	6	13.346,65	13.366,71	34,28	93,12
Logistic	7	7	7	7	13.462,03	13.482,09	48,69	92,35
Lopez	1	1	3	1	13.292,88	13.317,95	26,04	93,51
Richards	2	2	1	1	13.294,70	13.319,78	25,64	93,51
Weibull	3	3	2	1	13.294,96	13.320,04	25,69	93,51

Ghi chú: AIC: Tiêu chuẩn thông tin Akaike, BIC: Tiêu chuẩn thông tin Bayesian; SER: Sai số tiêu chuẩn của hàm hồi quy và R^2: Hệ số xác định.

Kết quả về hệ số xác định của các hàm sinh trưởng trong nghiên cứu này có xu hướng tương tự với kết quả công bố của Hoàng Anh Tuấn & cs. (2022), nhưng thấp hơn kết quả công bố của Nguyen Hoang & cs. (2021) khi nghiên cứu về động thái sinh trưởng của gà Mía bằng một số hàm hồi quy phi tuyến tính. Kết quả về hệ số xác định của các hàm sinh trưởng trong nghiên cứu này thấp hơn kết quả công bố của Bo & cs. (2022) khi nghiên cứu về động thái sinh trưởng của gà Ri bằng một số hàm hồi quy phi tuyến tính. Nguyên nhân của sự khác nhau này là do các nghiên cứu được thực hiện trên các giống gà khác nhau, điều kiện chăm sóc nuôi dưỡng khác nhau và thời điểm cân khối lượng kết thúc cũng khác nhau.

3.2. Ước tính khối lượng, tăng khối lượng của gà Hắc Phong theo tuần tuổi

Kết quả ước tính khối lượng theo tháng tuổi (BW), tăng khối lượng hàng tuần (WG) và tăng khối lượng bình quân cả kỳ (AWG) theo hàm Lopez và hàm Weibull đối với gà trống và mái được trình bày ở bảng 4, hình 1, 2 và 3.

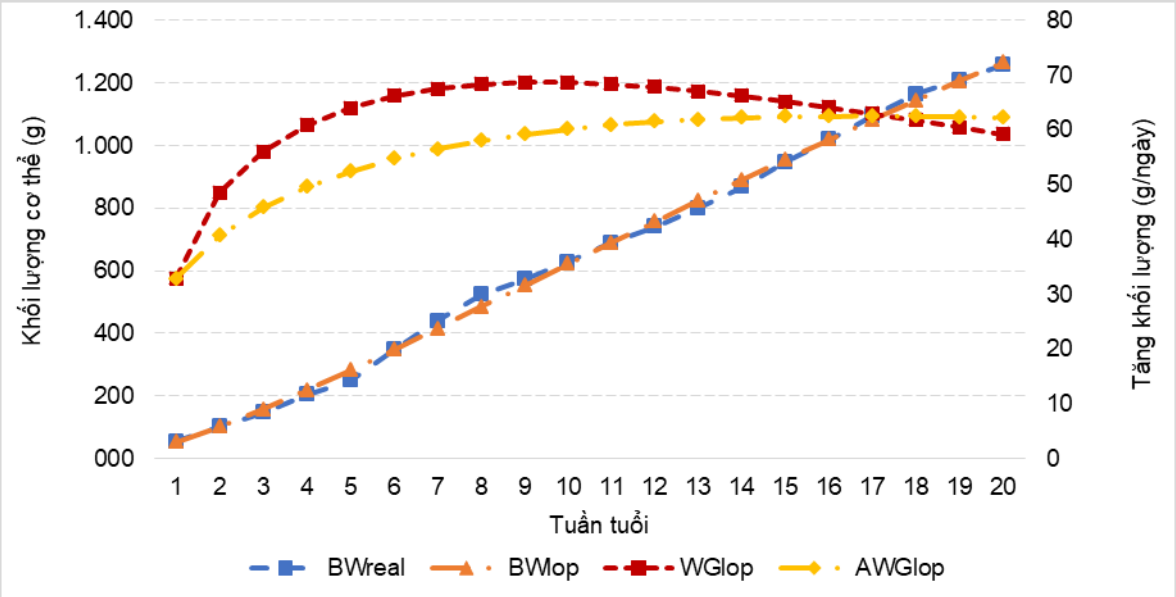
Khối lượng gà Hắc Phong tăng liên tục từ trong thời gian nghiên cứu từ 1 ngày tuổi đến 20 tuần tuổi. Tại thời điểm 20 tuần tuổi, khối lượng

của gà Hắc Phong đạt 1.257,91g, trong đó gà trống có khối lượng (1.370,26g) cao hơn so với gà mái (1.158,28g). Giá trị WG ước tính theo đạo hàm bậc 1 của hàm sinh trưởng đã lựa chọn cũng sát với số liệu WG tính từ khối lượng thực tế của gà Hắc Phong (Bảng 4). Điều này cho thấy rằng, khả năng tăng khối lượng của gà Hắc Phong được thể hiện thông qua quy luận hiệu suất giảm dần và phản ánh xu hướng tăng dần từ đầu và đạt cao nhất ở một độ tuổi nào đó rồi giảm dần. Tăng khối lượng hàng tuần đạt cao nhất lúc 6 tuần tuổi đối với gà Hắc Phong (97,68 g/tuần), trong đó gà trống có WG (90,47 g/tuần) thấp hơn so với gà mái (104,08 g/tuần) (Bảng 4). Tăng khối lượng bình quân cả kỳ (AWG) của cả gà trống và gà mái đạt cao nhất lúc 17,34 tuần tương ứng với khối lượng cơ thể đạt 1.105g, trong đó gà trống có AWG đạt cao nhất lúc 21,72 tuần tương ứng với khối lượng cơ thể đạt 1.511g và gà mái có AWG đạt cao nhất lúc 12,23 tuần tương ứng với khối lượng cơ thể đạt 741g. Do đó, các độ tuổi cho AWG tối đa ước tính bằng hàm hồi quy phù hợp nhất nói trên được coi là độ tuổi giết thịt tối ưu kỹ thuật đối với gà Hắc Phong.

Xác định được hàm sinh trưởng phù hợp không chỉ cho phép ước tính được khối lượng gà Hắc Phong mà còn giúp ước tính được tốc độ tăng khối lượng ở bất kỳ thời điểm nào trong chu kỳ chăn nuôi cũng như tăng khối lượng bình quân tính đến thời điểm đó. Số liệu ở bảng 4 cũng như đồ thị trên hình 1, 2 và 3 cho thấy khối lượng ước tính rất sát với số khối lượng thực tế chung, cũng như so với khối lượng thực tế riêng theo tính biệt (trống và mái) theo động thái tăng phi tuyến (curve-linear). Điều đó cho thấy tính sát thực của các số liệu ước tính theo hàm sinh trưởng đã được chọn trong phạm vi 20 tuần tuổi và cũng có nghĩa là khối lượng của gà Hắc Phong có thể được ước tính theo tuổi với độ chính xác cao bằng những hàm này.

Việc ước tính chính xác được cả khối lượng và tốc độ tăng khối lượng theo độ tuổi như trên sẽ cho phép tính toán được nhu cầu duy trì (theo khối lượng) và nhu cầu sinh trưởng (theo tốc độ tăng khối lượng), từ đó sẽ xác định tiêu chuẩn ăn và chế độ nuôi dưỡng phù hợp cho gà Hắc Phong theo từng giai đoạn nuôi. Điều này là một trong những ý nghĩa thực tiễn của việc xác định được hàm sinh trưởng cụ thể cho gà Hắc Phong trong nghiên cứu này.

Hoàng Anh Tuấn & cs. (2022) khi nghiên cứu trên gà Mía thương phẩm nhằm đề xuất tuổi giết thịt cho giống gà này lúc 15 tuần tuổi đối với gà trống và 14 tuần tuổi đối với gà mái.

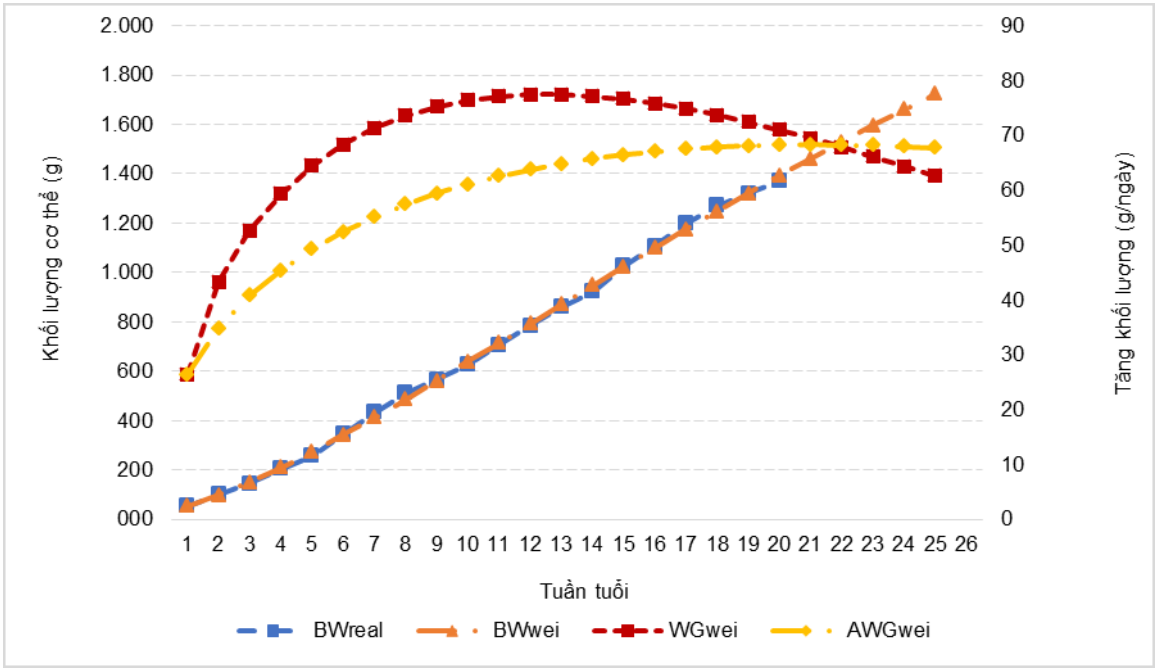


Hình 1. Khối lượng thực tế (BW_{real}) **và khối lượng** (BW_{lop})**, tăng khối lượng hàng tuần** (WG_{lop})**, tăng khối lượng bình quân cả kỳ** (AWG_{lop}) **ước tính bằng hàm Lopez đối với gà Hắc Phong** (tuổi giết thịt kỹ thuật 17,34 tuần với khối lượng đạt 1.105g)

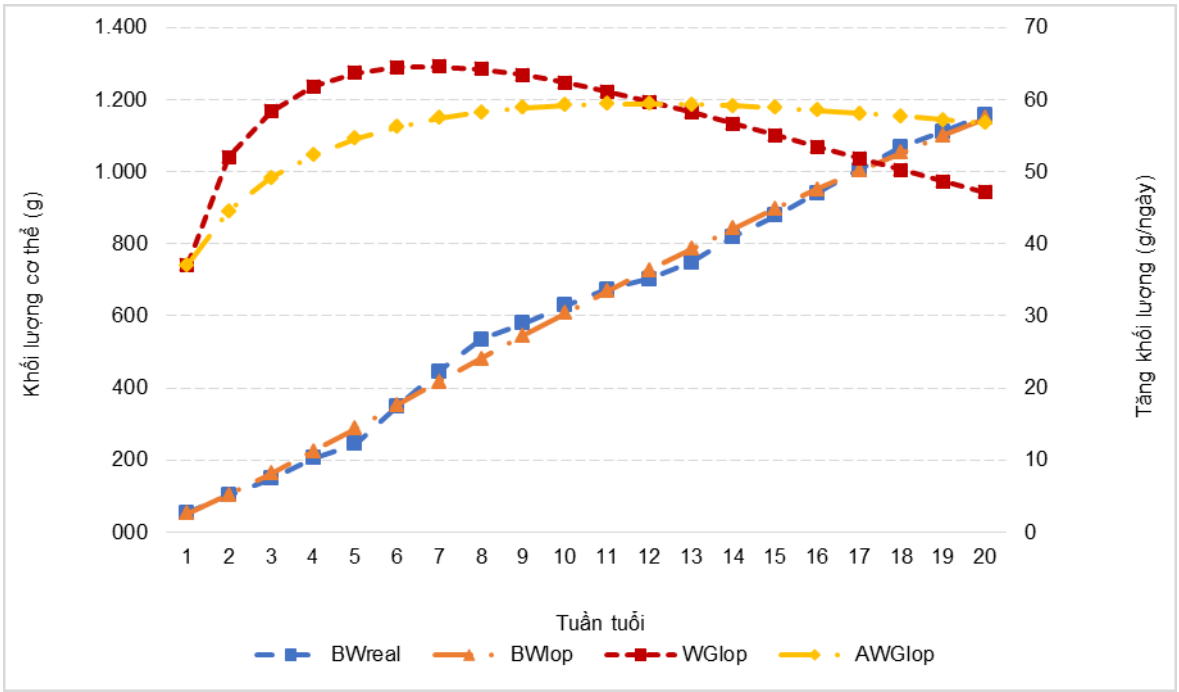
Bảng 4. Khối lượng (g)**, tăng khối lượng hàng tuần** (WG_t, g/tuần) **và tăng khối lượng bình quân cả kỳ** (AWG_t, g/tuần) **thực tế và ước tính bằng hàm Lopez và Weibull ở gà Hắc Phong**

Tuần tuổi	Chung						Trống						Mái					
	Giá trị thực tế			Lopez			Giá trị thực tế			Weibull			Giá trị thực tế			Lopez		
	BW_t	WG_t	AWG_t	BW_t	WG_t	AWG_t	BW_t	WG_t	AWG_t	BW_t	WG_t	AWG_t	BW_t	WG_t	AWG_t	BW_t	WG_t	AWG_t
0	29,14 ± 2,47			19,91			29,32 ± 2,42	-	-	28,11	-	-	28,98 ± 2,53	-	-	14,96	-	-
1	53,80 ± 7,23	24,66	24,66	52,77	32,86	32,86	53,83 ± 7,34	24,51	24,51	54,49	26,39	26,39	53,77 ± 7,2	24,79	24,79	51,99	37,03	37,03
2	101,69 ± 9,68	47,89	36,28	101,30	48,53	40,69	102,38 ± 10,5	48,55	36,53	97,76	43,27	34,83	101,08 ± 8,95	47,30	36,05	104,01	52,02	44,53
3	147,43 ± 14,88	45,74	39,43	157,33	56,04	45,81	145,81 ± 14,23	43,43	38,83	150,43	52,67	40,77	148,87 ± 15,43	47,79	39,96	162,32	58,31	49,12
4	205,06 ± 22,73	57,63	43,98	218,15	60,82	49,56	204,21 ± 20,5	58,40	43,72	209,79	59,36	45,42	205,81 ± 24,71	56,94	44,21	224,09	61,77	52,28
5	249,96 ± 22,1	44,90	44,16	282,19	64,04	52,45	256,09 ± 27,88	51,87	45,35	274,21	64,42	49,22	244,53 ± 13,35	38,72	43,11	287,73	63,64	54,55
6	347,64 ± 31,1	97,68	53,08	348,37	66,19	54,74	346,55 ± 33,05	90,47	52,87	342,52	68,31	52,40	348,6 ± 29,55	104,08	53,27	352,20	64,47	56,21
7	439,76 ± 48,56	92,12	58,66	415,94	67,57	56,58	433,53 ± 49,48	86,98	57,74	413,83	71,31	55,10	445,28 ± 47,51	96,68	59,47	416,78	64,58	57,40
8	523,82 ± 34,98	84,06	61,84	484,31	68,36	58,05	512,77 ± 28,8	79,23	60,43	487,41	73,58	57,41	533,62 ± 37,25	88,34	63,08	480,96	64,18	58,25
9	573,58 ± 13,63	49,76	60,49	553,01	68,70	59,23	567,81 ± 4,83	55,04	59,83	562,66	75,25	59,40	578,7 ± 16,62	45,08	61,08	544,36	63,40	58,82
10	628,54 ± 31,99	54,96	59,94	621,69	68,68	60,18	627,6 ± 31,62	59,79	59,83	639,07	76,40	61,10	629,38 ± 32,59	50,67	60,04	606,71	62,35	59,17
11	689,82 ± 33,93	61,28	60,06	690,05	68,37	60,92	708,15 ± 17,68	80,55	61,71	716,18	77,12	62,55	673,57 ± 36,65	44,19	58,60	667,80	61,09	59,35
12	740,42 ± 54,24	50,60	59,27	757,87	67,82	61,50	784,74 ± 44,17	76,60	62,95	793,63	77,44	63,79	701,11 ± 22,89	27,55	56,01	727,50	59,70	59,38
13	800,72 ± 77,45	60,30	59,35	824,97	67,09	61,93	860,79 ± 53,82	76,04	63,96	871,07	77,44	64,84	747,45 ± 52,01	46,34	55,27	785,70	58,20	59,29
14	868,04 ± 91,5	67,32	59,92	891,18	66,21	62,23	922,15 ± 60,97	61,36	63,77	948,21	77,14	65,72	820,06 ± 87,51	72,60	56,51	842,35	56,65	59,10
15	948,86 ± 122,76	80,82	61,31	956,40	65,22	62,43	1.027,94 ± 71,31	105,79	66,57	1.024,79	76,59	66,45	878,74 ± 116,32	58,68	56,65	897,40	55,05	58,83
16	1.018,95 ± 145,01	70,09	61,86	1.020,53	64,13	62,54	1.108,45 ± 89,44	80,51	67,45	1.100,60	75,81	67,03	939,58 ± 138,92	60,85	56,91	950,84	53,44	58,49
17	1.095,19 ± 168,57	76,24	62,71	1.083,49	62,97	62,56	1.197,26 ± 100,76	88,81	68,70	1.175,43	74,83	67,49	1.004,68 ± 165,38	65,09	57,39	1.002,66	51,82	58,10
18	1.164,47 ± 182,71	69,28	63,07	1.145,25	61,75	62,52	1.271,74 ± 113,32	74,49	69,02	1.249,11	73,68	67,83	1.069,34 ± 180,48	64,66	57,80	1.052,88	50,22	57,66
19	1.210,63 ± 189,72	46,16	62,18	1.205,75	60,50	62,41	1.321,91 ± 120,3	50,17	68,03	1.321,50	72,39	68,07	1.111,94 ± 186,03	42,60	57,00	1.101,52	48,64	57,19
20	1.257,91 ± 190,8	47,28	61,44	1.264,97	59,22	62,25	1.370,26 ± 130,84	48,34	67,05	1.392,47	70,97	68,22	1.158,28 ± 180,66	46,34	56,47	1.148,60	47,08	56,68

Ghi chú: BW: Khối lượng (g), WG: tăng khối lượng hàng tuần (g/tuần); AWG: tăng khối lượng trung bình cả kỳ (g/tuần).



Hình 2. Khối lượng thực tế (BW_{real}) **và khối lượng** (BW_{wei})**,**
tăng khối lượng hàng tuần (WG_{wei})**,**
tăng khối lượng bình quân cả kỳ (AWG_{wei}) **ước tính bằng hàm Weibull**
đối với gà trống Hắc Phong (tuổi giết thịt kỹ thuật 21,72 tuần với khối lượng đạt 1.511g)



Hình 3. Khối lượng thực tế (BW_{real})
và khối lượng (BW_{lop})**, tăng khối lượng hàng tuần** (WG_{lop})**,**
tăng khối lượng bình quân cả kỳ (AWG_{lop}) **ước tính bằng hàm Lopez**
đối với gà mái Hắc Phong (tuổi giết thịt kỹ thuật 12,23 tuần với khối lượng đạt 741g)

4. KẾT LUẬN

(1) Sử dụng bảy hàm hồi quy phi tuyến tính để mô hình hoá động thái sinh trưởng của gà Hắc Phong từ 1 ngày tuổi đến 20 tuần tuổi đều đạt kết quả cao với hệ số xác định đạt từ 92% đến 97% đối với gà mái và gà trống. Trong đó, hàm hồi quy phi tuyến tính phù hợp nhất để mô hình hoá động thái sinh trưởng của gà Hắc Phong nuôi đến 20 tuần tuổi đối với cả gà trống và mái là hàm Lopez: $BW_t = (19{,}91 \times 39{,}32^{1{,}33} + 4.314{,}71 \times t^{1{,}33})/(39{,}32^{1{,}33} + t^{1{,}33})$. Đối với gà trống là hàm Weibull: $BW_t = 3.049{,}61 - 3.021{,}51 \times \exp(-0{,}009 \times t^{1{,}41})$. Đối với gà mái là hàm Lopez: $BW_t = (14{,}96 \times 30{,}53^{1{,}29} + 3105{,}13 \times t^{1{,}29})/(30{,}53^{1{,}29} + t^{1{,}29})$

(2) Gà Hắc Phong nuôi thịt có tăng khối lượng hàng tuần (WG_t) tăng dần trong những tuần tuổi đầu, đạt cực đại lúc 6 tuần tuổi đối với cả gà trống và gà mái Hắc Phong, sau đó giảm xuống theo quy luật hiệu suất giảm dần.

(3) Tăng khối lượng bình quân cả kỳ theo tuần (AWG_t) tăng dần, cao nhất lúc 17,34 tuần tuổi đối với cả gà trống và gà mái; lúc 21,72 tuần tuổi ở riêng gà trống Hắc Phong và lúc 12,32 tuần ở riêng gà mái Hắc phong, sau đó giảm xuống. Thời điểm này giết thịt sẽ cho hiệu quả kỹ thuật cao nhất đối với gà Hắc Phong.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bo H. X., Hoa D. V., Nhung D. T., Hue D. T. & Luc D. D. (2022). Nonlinear growth models for indigenous Vietnamese Ri chicken. Journal of Animal and Plant Science. 32(6): 1535-1541.

Drummond H.E. & Goodwin J. (2004). Agricultural Economics, Second Edition. Upper Saddle River, New Jersey, UK.

Elzhov T.V., Mullen K.M., Spiess A., Bolker B., Mullen M.M. & Suggests M. (2016). Package 'minpack. lm'. Title R Interface to the Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Squares Algorithm Found in MINPACK, Plus Support for Bounds'. Retrieved from https://cran.rproject.org/web/packages/minpack. lm/minpack. lm.pdf on Jul 12, 2021.

García-Muñiz J., Ramírez-Valverde R., Núñez-Domínguez R. & Hidalgo-Moreno J.A. (2019). Dataset on growth curves of Boer goats fitted by ten non-linear functions. Data Brief. 23: 103672.

Goliomytis M., Panopoulou E. & Rogdakis E. (2003). Growth curves for body weight and major component parts, feed consumption, and mortality of male broiler chickens raised to maturity. Poultry Science. 82(7): 1061-1068.

Gompertz B. (1825). On nature of the equation expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. Philosophical Transactions of the Royal Society. 115: 513-585.

Hà Xuân Bộ & Đặng Thuý Nhung (2022). Sử dụng một số hàm hồi quy phi tuyến tính mô tả sinh trưởng của gà F1 (Hồ × Lương Phượng). Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 20(1): 24-33.

Hoàng Anh Tuấn, Hà Xuân Bộ, Phạm Kim Đăng, Nguyễn Xuân Trạch, Nguyễn Hoàng Thịnh & Bùi Hữu Đoàn (2022). Mô hình hoá động thái sinh trưởng để ước tính khối lượng, tăng khối lượng và tuổi giết thịt phù hợp của gà Mía thương phẩm. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 20(7): 900-910.

Kuhi H.D., Kebreab E., Lopez S. & France J. (2003). An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken. Poultry Science. 82(10): 1536-1543.

López S., France J., Gerrits W.J., Dhanoa M.S., Humphries D.J. & Dijkstra J. (2000). A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. Journal of Animal Science. 78(7): 1816-28.

Manjula P., Park H.B., Seo D., Choi N., Jin S., Ahn S.J., Heo K.N., Kang B.S. & Lee J.H. (2018). Estimation of heritability and genetic correlation of body weight gain and growth curve parameters in Korean native chicken. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 31(1): 26-31.

Mata-Estrada A., González-Cerón F., Pro-Martínez A., Torres-Hernández G., Bautista-Ortega J., Becerril-Pérez C.M., Vargas-Galicia A.J. & Sosa-Montes E. (2020). Comparison of four nonlinear growth models in Creole chickens of Mexico. Poultry Science. 99(4): 1995-2000.

Miguel J., Ciria J., Asenjo B. & Calvo J.L. (2008). Effect of caponisation on growth and on carcass and meat characteristics in Castellana Negra native Spanish chickens. Animal. 2(2): 305-311.

Murthy D.P., Xie M. & Jiang R. (2004). Weibull models. (505). John Wiley & Sons. pp. 1-17.

Nguyen Hoang T., Do H.T.T., Bui D.H., Pham D.K., Hoang T.A. & Do D.N. (2021). Evaluation of non-linear growth curve models in the Vietnamese

indigenous Mia chicken. Animal Science Journal. 92(1): e13483.

Nguyễn Thị Phương Giang, Nguyễn Thị Châu Giang, Nguyễn Văn Thông, Nguyễn Thị Vinh & Phạm Kim Đăng (2022). Đặc điểm ngoại hình và khả năng sinh trưởng của gà Hắc Phong. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 20(6): 722-731.

Nguyễn Xuân Trạch (2023). Ứng dụng quy luật hiệu suất giảm dần trong phát triển chăn nuôi bền vững - Bài tổng luận. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 21(9): 1202-1215.

Osei-Amponsah R., Kayang B.B., Naazie A., Barchia I.M. & Arthur P.F. (2014). Evaluation of models to describe temporal growth in local chickens of Ghana. Iranian Journal of Applied Animal Science. 4(4): 855-861.

Porter T., Kebreab E., Kuhi H.D., Lopez S., Strathe A. & France J. (2010). Flexible alternatives to the Gompertz equation for describing growth with age in turkey hens. Poultry Science. 89(2): 371-378.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing Vienna, Austria. Retrieved from https://www.R-project.org/ on Mar 15, 2023.

Richards O.W. & Kavanagh A.J. (1945). The analysis of growing form. Oxford: Oxford Univ.

Rizzi C., Contiero B. & Cassandro M. (2013). Growth patterns of Italian local chicken populations. Poultry Science. 92(8): 2226-2235.

von Bertalanffy L. (1957). Quantitative laws for metabolism and growth. The Quarterly Review of Biology. 32(3): 217-231.

Yang Y., Mekki D.M., Lv S.J., Wang L.Y., Yu J.H. & Wang J.Y. (2006). Analysis of fitting growth models in Jinghai mixed-sex yellow chicken. International Journal of Poultry Science. 5(6): 517-521.