

## SỬ DỤNG HÀM HỒI QUY PHI TUYẾN TÍNH MÔ TẢ SINH TRƯỞNG CỦA LỢN PIÉTRAIN KHÁNG STRESS

Hà Xuân Bộ<sup>1\*</sup>, Đỗ Đức Lực<sup>1,2</sup>, Đặng Vũ Bình<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Chăn nuôi, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

<sup>2</sup>Hội Chăn nuôi Việt Nam

\*Tác giả liên hệ: hxbo@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 24.08.2020

Ngày chấp nhận đăng: 10.09.2020

### TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành nhằm xác định hàm sinh trưởng phù hợp nhất để ước tính khối lượng, tăng khối lượng trung bình của lợn Piétrain kháng stress nuôi tại Xí nghiệp Chăn nuôi Đồng Hiệp, Hải Phòng và Trung tâm Giống lợn chất lượng cao, Học viện Nông nghiệp Việt Nam từ tháng 12/2007 đến tháng 12/2015. Bốn hàm sinh trưởng Logistic, Von Bertalanffy, Gompertz, Richards được sử dụng để ước tính khối lượng, tăng khối lượng của lợn Piétrain kháng stress ở 5 thời điểm tương ứng: sơ sinh (1.198 đực và 1.141 cái), cai sữa (808 đực và 773 cái), 60 ngày tuổi (472 đực và 483 cái), 5,5 tháng tuổi (94 đực và 108 cái), 7,5 tháng tuổi (228 đực và 292 cái). Hàm Richards, Gompertz mô tả sinh trưởng của lợn đực và cái có hệ số xác định (0,968 và 0,966) cao nhất và tham số AIC (16813 và 17498), phương sai sai số  $\sigma^2_e$  (23,6633 và 30,4267) thấp nhất. Ước tính tăng khối lượng từ 60 ngày tuổi đến 7,5 tháng tuổi bằng mô hình Gompertz, Richards trên lợn đực (487 và 492 g/ngày) và cái (493 kg/ngày) phù hợp so với tăng khối lượng thực tế. Hàm Richards, Gompertz được coi là tối ưu và phù hợp nhất để mô tả sinh trưởng của lợn Piétrain kháng stress.

Từ khóa: Hàm hồi quy phi tuyến tính, lợn Piétrain kháng stress, mô hình sinh trưởng, mô hình ảnh hưởng cố định.

### Application of Different Nonlinear Functions to Describe the Growth of Stress - Negative Piétrain Pigs

#### ABSTRACT

This study was conducted to describe the growth and determine the best growth models to estimate body weight and average daily gain (ADG) of stress-negative Piétrain pigs raised in Dong Hiep livestock farm, Hai Phong province and animal farm of Vietnam National University of Agriculture from December 2007 to December 2015. Four functional growth Logistic, Von Bertalanffy, Gompertz and Richards models were used to estimate body weight, ADG of Piétrain pigs at birth (1198 intact male and 1141 gilts), weaning (808 intact male and 773 gilts), 60 days (472 intact male and 483 gilts), 5.5 months (94 intact male and 108 gilts), 7.5 months (228 intact male and 292 gilts). Richards, Gompertz functions had the highest coefficient of determination (0.968 and 0.966) and the lowest AIC (16813 and 17498), residual variance (23,6633 and 30,4267). Average daily gain from 60 days to 7.5 months of intact male (487 and 492 g per day) and gilts (493 g per day) were predicted by Richards, Gompertz similar an actual ADG. The growth of stress-negative Piétrain pigs can be well described with the Richards and Gompertz functions.

Keywords: Nonlinear models, fixed-effects models, growth models, stress negative Piétrain pig.

#### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hàm sinh trưởng được sử dụng để chọn lọc những cá thể được dự báo có đặc tính sinh trưởng tốt và ước tính số ngày nuôi dưỡng cần thiết để đạt được khối lượng theo yêu cầu ở giai đoạn tuổi nhất định nhằm nâng cao năng suất chăn nuôi

lợn. Sử dụng mô hình hồi quy phi tuyến tính để mô tả sinh trưởng ở lợn được đề cập trong các nghiên cứu của Kebreab & cs. (2007); Strathe & cs. (2010); Kebreab & cs. (2011); Cai & cs. (2012); Vincek & cs. (2012); Shull (2013); Silva & cs. (2013). Mô hình ảnh hưởng cố định phi tuyến tính hỗn hợp sử dụng để ước tính biến động về

khối lượng trong quần thể của lợn được mô tả trong nghiên cứu của tác giả Craig & Schinckel (2001); Schinckel & Craig (2002).

Khả năng sinh trưởng, phẩm chất tinh dịch, năng suất sinh sản, các chỉ tiêu về sinh lý, sinh hoá máu và năng suất thân thịt, chất lượng thịt của dòng lợn Piétrain kháng stress nuôi tại Việt Nam đã được mô tả trong các nghiên cứu của các tác giả Đỗ Đức Lực & cs. (2008); Phạm Ngọc Thạch & cs. (2010); Do & cs. (2013); Hà Xuân Bộ & cs. (2013); Hà Xuân Bộ (2015). Lợn Piétrain nói chung và Piétrain kháng stress nói riêng được sử dụng ở Việt Nam như đực cuối cùng trong các công thức lai cũng như sử dụng để tạo đực lai PiDu (Phạm Thị Đào & cs., 2013).

Nghiên cứu này nhằm xác định được hàm hồi quy phi tuyến tính phù hợp nhất để mô tả sinh trưởng, ước tính khối lượng và tăng khối lượng của lợn Piétrain kháng stress qua các giai đoạn tuổi khác nhau.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

Các số liệu theo dõi về khối lượng của lợn Piétrain kháng stress nuôi tại Xí nghiệp Chăn nuôi Đồng Hiệp - Hải Phòng từ 12/2007 đến 12/2015 và Trung tâm Giống lợn chất lượng cao - Học viện Nông nghiệp Việt Nam từ 11/2011 đến 12/2015.

Khối lượng sơ sinh ( $n = 2.339$ : 1.198 đực và 1.141 cái), khối lượng cai sữa ( $n = 1581$ : 808 đực và 773 cái), khối lượng 60 ngày tuổi ( $n = 955$ : 472 đực và 483 cái), khối lượng 5,5 tháng tuổi ( $n = 202$ : 94 đực và 108 cái) và khối lượng ở 7,5 tháng tuổi ( $n = 520$ : 228 đực và 292 cái).

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hệ thống chuồng nuôi và khẩu phần thức ăn ở từng giai đoạn của lợn Piétrain kháng stress đã được mô tả trong công bố của Hà Xuân Bộ (2015). Khối lượng của lợn Piétrain kháng stress được xác định tại 5 thời điểm sơ sinh (0), cai sữa (28 ngày), 60 ngày tuổi, 5,5 tháng tuổi (165 ngày) và 7,5 tháng tuổi (225 ngày). Khối lượng sơ sinh, cai sữa, 60 ngày tuổi được xác định bằng cân đồng hồ. Khối lượng lúc 5,5 tháng tuổi, 7,5 tháng tuổi được xác định bằng cân điện tử (Úc).

Sử dụng thủ tục NLIN và NLMIXED của phần mềm SAS 9.0 (2002) để ước tính các tham số hàm hồi quy phi tuyến tính trên cơ sở dữ liệu khối lượng của lợn đực và cái riêng biệt với mô hình ảnh hưởng cố định được trình bày ở bảng 1. Xác định tăng khối lượng, tuổi và khối lượng tại điểm uốn với công thức được thể hiện ở bảng 2.

Thủ tục NLIN của phần mềm SAS 9.0 (2002) ước tính được các tham số bao gồm:  $m$ ,  $a$ ,  $b$ , sai số tiêu chuẩn (SE) và hệ số xác định ( $R^2$ ). Thủ tục NLMIXED của phần mềm SAS 9.0 (2002) ước tính được các tham số bao gồm:  $m$ ,  $a$ ,  $b$ , phương sai của sai số ( $\sigma^2$ ), sai số tiêu chuẩn (SE), tiêu chuẩn thông tin Akaike (Akaike's information criteria, AIC) và tiêu chuẩn thông tin Bayesian (Bayesian information criteria, BIC). Mô hình có hệ số xác định ( $R^2$ ) càng lớn và giá trị AIC hoặc BIC càng nhỏ thể hiện mô hình càng tối ưu và phù hợp.

Tăng khối lượng trung bình hàng ngày ước tính được xác định dựa trên chênh lệch về khối lượng ước tính giữa hai thời điểm (60 ngày và 7,5 tháng tuổi) bằng các hàm sinh trưởng và thời gian từ 60 ngày đến 7,5 tháng tuổi (225 ngày).

Các giá trị "Starting value" của các tham số  $m$ ,  $a$ ,  $b$  và phương sai sai số sử dụng trong nghiên cứu này được ước tính dựa trên các nghiên cứu của Kebreab & cs. (2007); Strathe & cs. (2010); Kebreab & cs. (2011); Cai & cs. (2012); Vincek & cs. (2012); Shull (2013); Silva & cs. (2013).

## 3. KẾT QUẢ

### 3.1. Mô tả sinh trưởng của lợn Piétrain kháng stress bằng các hàm hồi quy phi tuyến tính

Các tham số ước tính của bốn hàm sinh trưởng trên lợn đực và cái Piétrain kháng stress được trình bày tại bảng 3. Khối lượng ước tính của lợn đực và cái Piétrain kháng stress lúc trưởng thành thấp nhất ở hàm Logistic (115,43 và 108,95kg) và cao nhất ở hàm Von Bertalanffy (200,73 và 177,83kg). Khối lượng lúc trưởng thành của lợn đực Piétrain kháng stress ước tính bằng các hàm sinh trưởng luôn cao hơn so với lợn cái.

**Bảng 1. Mô hình ảnh hưởng cố định hàm hồi quy phi tuyến tính**

Tên mô hình	Công thức
Logistic (Robertson, 1908)	$Y_{i,t} = m/(1+a \cdot \exp(-b \cdot T)) + \varepsilon_{i,t}$
Von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1957)	$Y_{i,t} = m \cdot (1 - a \cdot \exp(-b \cdot T))^3 + \varepsilon_{i,t}$
Gompertz (Gompertz, 1825)	$Y_{i,t} = m \cdot \exp(-a \cdot \exp(-b \cdot T)) + \varepsilon_{i,t}$
Richards (Richards, 1959)	$Y_{i,t} = m_0 \cdot m / (m_0^a + (m^a - m_0^a) \cdot \exp(-b \cdot T))^{(1/a)} + \varepsilon_{i,t}$

**Bảng 2. Công thức xác định tăng khối lượng, tuổi và khối lượng tại điểm uốn**

Tên mô hình	Tăng khối lượng	Tuổi tại điểm uốn	Khối lượng tại điểm uốn
Logistic	$b \cdot Y \cdot (1 - m/Y)$	$1/b \cdot \ln(m/m_0 - 1)$	$m/2$
Von Bertalanffy	$(b \cdot m^v/v) \cdot Y^{(1-v)} - (b/v) \cdot Y$	$1/b \cdot \ln(3 \cdot (1 - (m_0/m)^{1/3}))$	$m \cdot (8/27)$
Gompertz	$b \cdot Y \cdot \ln(m/Y)$	$1/b \cdot \ln(\ln(m/m_0))$	$m/e$
Richards	$b \cdot Y \cdot (m^a - Y^a)/(a \cdot m^a)$	$1/b \cdot \ln((m^a - m_0^a)/a \cdot m_0^a)$	$m \cdot 0,380$

Ghi chú:  $Y_{i,t}$ : Khối lượng ước tính của lợn thứ  $i$  tại ngày tuổi thứ  $t$  (kg);  $m_0$ : khối lượng thực tế lúc sơ sinh ( $m_0 = 1,4$ kg);  $m$ : khối lượng lúc trưởng thành ước tính (kg);  $a$ : hằng số tích hợp liên quan đến khối lượng sơ sinh;  $b$ : hằng số liên quan đến tốc độ sinh trưởng;  $v$ : hằng số liên quan đến ước tính tăng khối lượng ( $v = 0,000001$ );  $\exp$ : cơ số logarit tự nhiên ( $e = 2,7182818$ );  $\varepsilon_{i,t}$ : Sai số ngẫu nhiên;  $T$ : tuổi của lợn (ngày).

Nguồn: Goshu & Koya (2013).

**Bảng 3. Tham số ước tính của hàm sinh trưởng trên lợn Piétrain kháng stress**

Mô hình		m	SE	a	SE	b	SE
Logistic	Đực	115,43	1,0683	33,7046	0,6961	0,02288	0,000244
	Cái	108,95	0,9674	34,2519	0,8235	0,02457	0,0003
Von Bertalanffy	Đực	200,73	5,2285	0,8214	0,003094	0,005804	0,00014
	Cái	177,83	4,582	0,8337	0,00457	0,006614	0,000175
Gompertz	Đực	149,51	2,3312	4,3503	0,02987	0,01005	0,000159
	Cái	137,72	2,1368	4,4388	0,03973	0,01108	0,000196
Richards	Đực	168,97	5,6479	-0,1949	0,02275	0,007727	0,000393
	Cái	141,08	3,727	-0,06618	0,02645	0,01036	0,000492

**Bảng 4. Phương sai sai số và tham số thống kê đánh giá mức độ tin cậy của hàm sinh trưởng trên lợn Piétrain kháng stress**

Mô hình		$\sigma_e^2$	SE	AIC	BIC	R <sup>2</sup>
Logistic	Đực	27,5182	0,7354	17236	17259	0,962
	Cái	33,4313	0,894	17762	17785	0,962
Von Bertalanffy	Đực	23,8961	0,6387	16840	16864	0,967
	Cái	31,1543	0,8331	17564	17588	0,965
Gompertz	Đực	23,7434	0,6346	16823	16846	0,968
	Cái	30,4267	0,8136	17498	17522	0,966
Richards	Đực	23,6633	0,6324	16813	16837	0,968
	Cái	30,4547	0,8144	17501	17525	0,966

Các tham số đánh giá mức độ tin cậy, khả năng ước tính khối lượng của lợn Piétrain kháng stress đực và cái được thể hiện qua bảng 4. Sử dụng các hàm sinh trưởng Logistic, Von Bertalanffy, Gompertz và Richards mô tả sinh trưởng của lợn đực và cái Piétrain kháng stress đều có hệ số xác định ở mức cao ( $R^2 > 0,96$ ).

**3.2. Ước tính khối lượng, tăng khối lượng của lợn Piétrain kháng stress bằng các hàm hồi quy phi tuyến tính**

Khối lượng cân thực tế, ước tính bằng hàm sinh trưởng ở các giai đoạn sơ sinh, cai sữa, 60 ngày tuổi, 5,5 tháng tuổi, 7,5 tháng tuổi của lợn Piétrain kháng stress đực, cái nuôi trong điều

kiện khí hậu nhiệt đới tại miền Bắc nước ta đạt các giá trị ở mức trung bình thấp (Bảng 5), ngoại trừ khối lượng sơ sinh ước tính bằng hàm Logistic ở mức cao 3,33kg (lợn đực) và 3,09kg (lợn cái).

Hệ số tương quan giữa khối lượng thực tế và khối lượng ước tính bằng hàm sinh trưởng được trình bày ở bảng 5. Khối lượng ước tính bằng hàm sinh trưởng với khối lượng cân thực tế có mức độ tương quan rất chặt ( $r > 0,98$ ) và có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,001$ ). Trong đó, hàm Richards ước tính khối lượng của lợn đực có hệ số tương quan cao nhất (0,98374) và hàm Gompertz ước tính khối lượng của lợn cái có hệ số tương quan cao nhất (0,98268).

**Bảng 5. Khối lượng thực tế và ước tính (Mean và SD, kg)**

Thời điểm		Thực tế		Logistic		Von Bertalanffy		Gompertz		Richards	
Sơ sinh	Đực (n = 1198)	1,43	0,29	3,33	-	1,14	-	1,93	-	1,40	-
	Cái (n = 1141)	1,39	0,28	3,09	-	0,82	-	1,63	-	1,40	-
Cai sữa	Đực (n = 808)	6,00	1,47	6,00	0,30	5,26	0,50	5,39	0,42	5,16	0,46
	Cái (n = 773)	5,89	1,38	5,82	0,41	4,89	0,68	5,09	0,57	4,91	0,59
60 ngày	Đực (n = 472)	14,10	4,44	12,75	2,14	15,73	2,77	14,65	2,67	15,16	2,76
	Cái (n = 483)	14,07	4,70	13,20	2,90	16,16	3,59	15,10	3,51	15,19	3,56
5,5 tháng	Đực (n = 94)	66,59	11,37	66,25	8,86	65,54	7,38	66,35	7,66	66,16	7,48
	Cái (n = 108)	67,45	10,20	70,39	9,07	68,92	7,99	69,85	8,15	69,83	8,11
7,5 tháng	Đực (n = 228)	93,92	17,98	93,84	10,52	93,31	13,96	93,50	12,60	93,44	13,18
	Cái (n = 292)	93,94	15,82	92,66	8,49	92,47	11,76	92,58	10,47	92,58	10,57

**Bảng 6. Ước tính tuổi, khối lượng tại điểm uốn, tuổi đạt 30 và 100kg**

Chỉ tiêu		Logistic	Von Bertalanffy	Gompertz	Richards
Tuổi tại điểm uốn (ngày)	Đực	152,78	152,75	153,37	130,07
	Cái	176,70	132,57	137,51	128,91
Khối lượng tại điểm uốn (kg)	Đực	57,72	59,48	55,00	64,21
	Cái	54,48	52,69	50,66	53,61
Tuổi đạt 30 kg (ngày)	Đực	108	97	99	98
	Cái	105	94	97	96
Tuổi đạt 100 kg (ngày)	Đực	236	238	237	238
	Cái	243	237	238	238
Tăng khối lượng từ sơ sinh đến khi đạt khối lượng tiệm cận (g/ngày)	Đực	165	133	199	208
	Cái	173	146	209	349
Tăng khối lượng từ 60 ngày đến 7,5 tháng tuổi (g/ngày)	Đực	512	498	492	487
	Cái	507	502	493	493

Ước tính tuổi tại điểm uốn, khối lượng tại điểm uốn, tuổi đạt 30kg, tuổi đạt 100kg, tăng khối lượng từ sơ sinh đến khi đạt khối lượng tiệm cận và tăng khối lượng từ 60 ngày đến 7,5 tháng tuổi được trình bày ở bảng 6. Tuổi tại điểm uốn, ước tính đối với lợn đực và cái thấp nhất ở hàm Richards (130,07 và 128,91 ngày), cao nhất ở hàm Logistic (152,78 và 176,70 ngày). Khối lượng tại điểm uốn ước tính đối với lợn đực Piétrain kháng stress cao hơn so với lợn cái ở tất cả các hàm sinh trưởng. Tuổi ước tính để đạt được 30 đến 100kg bằng mô hình sinh trưởng trên lợn đực, cái Piétrain kháng stress ở 3,5 và 8,5 tháng tuổi. Tăng khối lượng từ sơ sinh đến khi đạt khối lượng tiệm cận và tăng khối lượng từ 60 ngày đến 7,5 tháng tuổi ước tính từ các hàm sinh trưởng đạt mức thấp.

#### 4. THẢO LUẬN

##### 4.1. Mô tả sinh trưởng của lợn Piétrain kháng stress bằng các hàm hồi quy phi tuyến tính

Khối lượng tiệm cận (m) ước tính bằng các hàm sinh trưởng Logistic, Von Bertalanffy, Gompertz và Richards thấp hơn so với công bố của tác giả Shull (2013) với khối lượng tiệm cận ước tính bằng hàm Logistic trên lợn đực (180,1kg), cái (179,7kg); hàm Von Bertalanffy trên lợn đực (270,8kg), cái (270,7kg); hàm Gompertz trên lợn đực (223,1kg), cái (223,0kg); mô hình Richards trên lợn đực (201,5kg), cái (211,9kg). Strathe & cs. (2010) sử dụng hàm Generalized Michaelis -Menten (GMM) ước tính khối lượng tiệm cận của lợn đực (466,3kg) cao hơn so với lợn cái (382,1kg). Schinckel & cs. (2009) ước tính khối lượng tiệm cận bằng mô hình các hàm Gompertz, Bridges, GMM đạt các giá trị tương ứng 211,9kg; 238,7kg và 379,3kg. Sabbioni & cs. (2009) ước tính khối lượng tiệm cận bằng các hàm sinh trưởng Brody, Logistic, Janoscheck, Von Bertalanffy, Gompertz trên lợn “Nero di parma” đạt các giá trị tương ứng 397,1kg, 216,8kg, 237,5kg, 259,7kg và 240,2kg. Schinckel & cs. (2006) sử dụng hàm Bridges, GMM ước tính khối lượng tiệm cận trên lợn đực (200,8kg và 301,4kg) và lợn cái (191,4kg và 286,8kg).

Hàm Gompertz và Richards đều có thể sử dụng được để mô tả sinh trưởng của lợn Piétrain kháng stress vì mức độ biến thiên về khối lượng được giải thích thông qua các mô hình này ở mức cao ( $R^2 > 0,96$ ). Trong đó, sử dụng hàm Richards mô tả sinh trưởng của lợn đực Piétrain kháng stress được đánh giá phù hợp nhất với hệ số xác định cao nhất ( $R^2 = 0,968$ ), tham số AIC (16813) và phương sai sai số ( $\sigma_e^2 = 23,6633$ ) ở mức thấp nhất. Sử dụng hàm Gompertz mô tả sinh trưởng của lợn cái Piétrain kháng stress được đánh giá phù hợp nhất với hệ số xác định cao nhất ( $R^2 = 0,968$ ), tham số AIC (17498) và phương sai sai số ( $\sigma_e^2 = 30,4267$ ) ở mức thấp nhất.

Shull (2013) khi sử dụng các hàm sinh trưởng Logistic, Von Bertalanffy, Gompertz và Richards để mô tả sinh trưởng của lợn đực và cái Yorkshire cũng chỉ ra rằng hàm Richards được đánh giá phù hợp nhất với hệ số xác định cao nhất ( $R^2 = 0,999$ ), tham số AIC (287,2 và 303,9) và phương sai của sai số  $\sigma_e^2$  (1,23 và 1,40) thấp nhất so với các mô hình đã sử dụng. Sabbioni & cs. (2009) khi sử dụng các hàm sinh trưởng Brody, Logistic, Janoscheck, Von Bertalanffy, Gompertz để mô tả sinh trưởng của lợn “Nero di parma” nuôi tại Ý cũng cho rằng hàm Gompertz được đánh giá tốt nhất với hệ số xác định ( $R^2 = 0,968$ ) cao nhất, tham số AIC (5139,4) và độ lệch chuẩn của sai số ( $\sigma_e = 10,1$ ) thấp nhất so với các mô hình còn lại.

##### 4.2. Ước tính khối lượng, tăng khối lượng của lợn Piétrain kháng stress bằng các hàm hồi quy phi tuyến tính

Khối lượng sơ sinh, cai sữa cân thực tế và ước tính bằng mô hình sinh trưởng của lợn đực, cái Piétrain kháng stress đều thấp hơn so với công bố của Nguyễn Văn Đức & cs. (2010) trên lợn Piétrain thuần với khối lượng sơ sinh (1,48kg), khối lượng cai sữa lúc 42 ngày tuổi (14,43kg), ngoại trừ khối lượng sơ sinh ước tính bằng hàm Logistic cao hơn (lợn đực: 3,33kg và lợn cái: 3,09kg). Tuy nhiên, khối lượng sơ sinh của lợn Piétrain kháng stress ước tính bằng hàm Logistic không phù hợp so với thực tế.

Kết quả công bố của Schinckel & cs. (2009) cho thấy khối lượng ước tính bằng các hàm sinh trưởng Bridges (132,12kg), GMM (132,28kg), Gompertz (131,52kg) thấp hơn so với khối lượng cân thực tế tại thời điểm 188 ngày tuổi đạt 133,26kg và hệ số tương quan giữa khối lượng cân thực tế với khối lượng ước tính bằng hàm Gompertz thấp nhất (0,96) và cao nhất ở hàm Bridges (0,972). Schinckel & cs. (2009) ước tính ngày tuổi đạt 105, 125 kg bằng hàm Bridges (149,6 và 172,7 ngày), GMM (149,7 và 172,7 ngày), Gompertz (149,1 và 173,2 ngày).

Khối lượng ước tính bằng hàm sinh trưởng Richards trên lợn đực Piétrain kháng stress, hàm Gompertz trên lợn cái Piétrain kháng stress với khối lượng cân thực tế rất chặt chẽ và hoàn toàn phù hợp với kết quả công bố Sabbioni & cs. (2009) với hệ số tương quan giữa khối lượng cân thực tế và khối lượng ước tính bằng hàm Gompertz cao nhất (0,98).

Kết quả ước tính tăng khối lượng trung bình giai đoạn từ 60 ngày tuổi đến 7,5 tháng tuổi trên lợn đực, cái bằng hàm Gompertz (492 và 493 g/ngày), Richards (487 và 493 g/ngày) phù hợp với kết quả công bố của Hà Xuân Bộ & cs. (2014) tăng khối lượng trung bình thực tế của lợn Piétrain kháng stress đạt 489,54 g/ngày. Ước tính tăng khối lượng trung bình bằng hàm Gompertz, Richards tỏ ra chính xác hơn khi ước tính bằng hàm Logistic và Von Bertalanffy.

## 5. KẾT LUẬN

Các hàm sinh trưởng Logistic, Von Bertalanffy, Gompertz và Richards đều sử dụng tốt trong việc ước tính khối lượng, tăng khối lượng trung bình của lợn Piétrain kháng stress. Tuy nhiên, hàm Gompertz phù hợp nhất để ước tính khối lượng, tăng khối lượng trung bình của lợn cái Piétrain kháng stress và hàm Richards phù hợp nhất để ước tính khối lượng, tăng khối lượng trung bình của lợn đực Piétrain kháng stress.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

Cai W., Kaiser M.S. & Dekkers J.C.M. (2012). Bayesian analysis of the effect of selection for residual feed intake on growth and feed intake

curves in Yorkshire swine. *Journal of Animal Science*. 90(1): 127-141.

Craig B.A. & Schinckel A.P. (2001). Nonlinear Mixed Effects Model for Swine Growth. *The Professional Animal Scientist*. 17(4): 256-260.

Do D.L., Bo H.X., Thomson P.C., Binh D.V., Leroy P. & Farnir F. (2013). Reproductive and productive performances of the stress-negative Piétrain pigs in the tropics: the case of Vietnam. *Animal Production Science*. 53(2): 173-179.

Đỗ Đức Lực, Bùi Văn Định, Nguyễn Hoàng Thịnh, Phạm Ngọc Thạch, Vũ Đình Tôn, Nguyễn Văn Duy, Verleyen V., Farnir F., Le Roy P. & Đặng Vũ Bình (2008). Kết quả bước đầu đánh giá khả năng sinh trưởng của lợn Piétrain kháng stress nuôi tại Hải Phòng (Việt Nam). *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 6(6): 549-555.

Gompertz B. (1825). On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. FRS & c. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*. (115): 513-583.

Goshu A.T. & Koya P.R. (2013). Derivation of inflection point of nonlinear regression curves - implications to statistics. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. 2(6): 268-272.

Hà Xuân Bộ (2015). Tính năng sản xuất và định hướng chọn lọc nâng cao khả năng sinh trưởng của lợn Piétrain kháng stress. Luận án Tiến sĩ chuyên ngành Chăn nuôi, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

Hà Xuân Bộ, Đỗ Đức Lực & Đặng Vũ Bình (2013). Ảnh hưởng của kiểu gen halothane, tính biệt đến năng suất thân thịt và chất lượng thịt lợn Piétrain kháng stress. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 11(8): 1126-1133.

Hà Xuân Bộ, Đỗ Đức Lực & Đặng Vũ Bình (2014). Ước tính hệ số di truyền các tính trạng sinh trưởng và tỷ lệ nạc của lợn Piétrain kháng stress. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 12(1): 16-21.

Kebreab E., Schulin-Zeuthen M., Lopez S., Soler J., Dias R. S., De Lange C. F. M. & France J. (2007). Comparative evaluation of mathematical functions to describe growth and efficiency of phosphorus utilization in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 85(10): 2498-2507.

Kebreab E., Strathe A.B., Yitbarek A., Nyachoti C.M., Dijkstra J., Lopez S. & France J. (2011). Modeling the efficiency of phosphorus utilization in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 89(9): 2774-2781.

Nguyễn Văn Đức, Bùi Quang Hộ, Giang Hồng Tuyển, Đặng Đình Trung, Nguyễn Văn Trung, Trần Quốc Việt & Nguyễn Thị Viễn (2010). Năng suất sinh sản, sản xuất của lợn Móng Cái, Piétrain,

- Landrace, Yorkshire, và ưu thế lai của lợn lai  $F_1(LR \times MC)$ ,  $F_1(Y \times MC)$  và  $F_1(Pi \times MC)$ . Tạp chí Khoa học Công nghệ. 22(2): 29-36.
- Phạm Ngọc Thạch, Đỗ Đức Lực, F. Farnir, P. Leroy & Đặng Vũ Bình (2010). Chỉ tiêu huyết học của lợn Piétrain kháng stress nuôi tại Xí nghiệp chăn nuôi Đồng Hiệp Hải Phòng. Tạp chí Khoa học và Phát triển. 8(6): 969-974.
- Phạm Thị Đào, Nguyễn Văn Thắng, Vũ Đình Tôn, Đỗ Đức Lực & Đặng Vũ Bình (2013). Năng suất sinh trưởng, thân thịt và chất lượng thịt của các tổ hợp lai giữa lợn nái  $F_1$  (Landrace x Yorkshire) với đực giống (Piétrain x Duroc) có thành phần Piétrain kháng stress khác nhau. Tạp chí Khoa học và Phát triển. 11(2): 200-208.
- Richards F.J. (1959). A flexible growth equation for empirical use. *Journal of Experimental Botany*. 10: 290-300.
- Robertson T.B. (1908). On the normal growth rate of an individual and its biochemical significance. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*. 25: 581-614.
- Sabbioni A., Beretti V., Manini R., Cervi C. & Superchi P. (2009). Application of different growth models to “Nero di Parma” pigs. *Italian Journal of Animal Science*. 8(2): 537-539.
- Schinckel A.P. & Craig B.A. (2002). Evaluation of Alternative Nonlinear Mixed Effects Models of Swine Growth. *The Professional Animal Scientist*. 18(3): 219-226.
- Schinckel A.P., Einstein M.E., Jungst S., Booher C. & Newman S. (2009). Evaluation of Different Mixed Model Nonlinear Functions to Describe the Body Weight Growth of Pigs of Different Sire and Dam Lines. *The Professional Animal Scientist*. 25(3): 307-324.
- Schinckel A.P., Pence S., Einstein M.E., Hinson R., Preckel P.V., Radcliffe J.S. & Richert B.T. (2006). Evaluation of Different Mixed Model Nonlinear Functions on Pigs Fed Low-Nutrient Excretion Diets. *The Professional Animal Scientist*. 22(5): 401-412.
- Shull C.M. (2013). Modeling growth of pigs reared to heavy weights, Doctor of Philosophy in Animal Sciences University of Illinois at Urbana-Champaign, 137 trang.
- Silva F.F.e., Resende M.D.V.d., Rocha G.S., Duarte D.A.S., Lopes P.S., Brustolini O.J.B., Thus S., Viana J.M.S. & Guimarães S.E.F. (2013). Genomic growth curves of an outbred pig population. *Genetics and Molecular Biology*. 36: 520-527.
- Strathe A.B., Danfær A., Chwalibog A., Sørensen H. & Kebreab E. (2010). A multivariate nonlinear mixed effects method for analyzing energy partitioning in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 88(7): 2361-2372.
- Vincek D., Sabo K., Kušec G., Kralik G., Đurkin I. & Scitovski R. (2012). Modeling of pig growth by S-function - least absolute deviation approach for parameter estimation. *Archives Animal Breeding*. 55(4): 364-374.
- Von Bertalanffy L. (1957). Quantitative laws for metabolism and growth. *The quarterly review of biology*. 32(3): 217-231.