

ĐÁNH GIÁ SINH TRƯỞNG CỦA BÒ CÁI HOLSTEIN FRIESIAN (HF) VÀ CON LAI F₁, F₂, F₃ (HF X LAI SIND) NUÔI TẠI LÂM ĐỒNG

Growth Evaluation of Holstein Friesian (HF) Cows and Hybrids (F₁, F₂ and F₃)
between HF and lai Sind in Lam Dong province

Trần Quang Hạnh¹, Đặng Vũ Bình²

¹Trường Đại học Tây Nguyên

²Khoa Chăn nuôi và Nuôi trồng thủy sản, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành nhằm đánh giá khả năng sinh trưởng của các nhóm bò sữa. Các số liệu điều tra khối lượng bò cái Holstein Friesian (HF) và các con lai giữa bò HF và lai Sind nuôi tại Lâm Đồng tại các thời điểm: sơ sinh, 6 tháng, 12 tháng, 18 tháng và 24 tháng tuổi của 257 con bò HF và 348 con lai (F₁, F₂ và F₃) và số liệu nuôi theo dõi khối lượng 80 con (4 nhóm bò nói trên, mỗi nhóm 20 con). Kết quả biểu diễn khả năng sinh trưởng bằng hàm Gompertz như sau:

- Với bò điều tra, các hàm sinh trưởng của bò HF và bò lai F₁, F₂ và F₃ (HF x lai Sind) lần lượt là:

$$Y_1 = 498,82 * \text{EXP} [- 2,37 * \text{EXP} (- 0,108x)]$$

$$Y_2 = 420,80 * \text{EXP} [- 2,37 * \text{EXP} (- 0,105x)]$$

$$Y_3 = 441,95 * \text{EXP} [- 2,36 * \text{EXP} (- 0,104x)]$$

$$Y_4 = 478,55 * \text{EXP} [- 2,36 * \text{EXP} (- 0,106x)]$$

- Với bò nuôi theo dõi, các hàm sinh trưởng của bò HF và bò lai F₁, F₂ và F₃ (HF x lai Sind) là:

$$Y_1 = 522,87 * \text{EXP} [- 2,41 * \text{EXP} (- 0,109x)]$$

$$Y_2 = 448,48 * \text{EXP} [- 2,30 * \text{EXP} (- 0,105x)]$$

$$Y_3 = 468,18 * \text{EXP} [- 2,38 * \text{EXP} (- 0,107x)]$$

$$Y_4 = 490,21 * \text{EXP} [- 2,37 * \text{EXP} (- 0,108x)]$$

Y: body weight (kg), x : time (month).

Từ khóa: Bò Holstein Friesian, bò lai Sind, hàm Gompert, sinh trưởng.

SUMMARY

A survey was undertaken to determine growth pattern of several types of dairy cattle from birth to 24 months of age. Body weight was recorded at birth, 6, 12, 18 and 24 months for 257 HF cows, 348 cows of F₁, F₂ and F₃ crossbreds between HF and lai Sind and the experimental data of body weight of 80 cows (the mentioned four groups, each of 20 cows) were used for evaluation. The purpose of the research was to evaluate the growth pattern of cows according to Gompertz function. The results showed that:

The growth function of HF, F₁, F₂ and F₃ cows for the surveyed group were respectively:

$$Y_1 = 498.82 * \text{EXP} [- 2.37 * \text{EXP} (- 0.108x)]$$

$$Y_2 = 420.80 * \text{EXP} [- 2.37 * \text{EXP} (- 0.105x)]$$

$$Y_3 = 441.95 * \text{EXP} [- 2.36 * \text{EXP} (- 0.104x)]$$

$$Y_4 = 478.55 * \text{EXP} [- 2.36 * \text{EXP} (- 0.106x)]$$

The growth function of HF, F₁, F₂ and F₃ cows for the experimental groups was respectively:

$$Y_1 = 522.87 * \text{EXP} [- 2.41 * \text{EXP} (- 0.109x)]$$

$$Y_2 = 448.48 * \text{EXP} [- 2.30 * \text{EXP} (- 0.105x)]$$

$$Y_3 = 468.18 * \text{EXP} [- 2.38 * \text{EXP} (- 0.107x)]$$

$$Y_4 = 490.21 * \text{EXP} [- 2.37 * \text{EXP} (- 0.108x)]$$

Key words: Growth, Gompertz function, Holstein Friesian, lai Sind.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cho đến nay, các nhà nghiên cứu đã xây dựng nhiều hàm hồi qui để mô hình hóa quá trình sinh trưởng của động vật và thực vật: Gompertz, 1825; Koller, 1878; Weber, 1891; Terazaki, 1907; Korsun, 1935; Schumacher, 1935; Korf, 1973... (Alder, 1980; Nguyễn Ngọc Lung, 1987). Hàm Gompertz đã được chính tác giả ứng dụng trên người năm 1825 và sau đó đã được nhiều tác giả sử dụng để mô hình hóa sinh trưởng của nhiều loài động vật: Agrarray, 2002; Nahashon và cs., 2006; Sengl và cs., 2005; Ahmadi, 2008 (ở gà); Brown và cs., 1976 (ở bò); Lambe và cs., 2006 (ở cừu); Khn và cs., 2006 (ở lợn mini Goettingen); Lopez de Torre và cs., 1992 (ở bò cái); Wurzinger và cs., 2005 (ở lạc đà Bolivia); Trần Quang Hân, 1996 (ở lợn Trắng Phú Khánh và con lai Yorkshire x Trắng Phú Khánh)... Để góp thêm tư liệu đánh giá sinh trưởng của bò cái tơ HF cũng như con lai của chúng nuôi tại Việt Nam phục vụ cho công tác chọn giống, chúng tôi nghiên cứu đánh giá khả năng sinh trưởng, sử dụng hàm Gompertz để biểu diễn sinh trưởng của bò cái tơ Holstein Friesian và các con lai cấp tiến của chúng với bò lai Sind nuôi tại tỉnh Lâm Đồng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng tập hợp số liệu theo dõi khối lượng tại các thời điểm: sơ sinh, 6 tháng, 12 tháng, 18 tháng và 24 tháng tuổi của 257 bò cái HF, 114 bò cái F₁ (1/2 HF), 118 bò cái F₂ (3/4 HF) và 116 bò cái F₃ (7/8 HF) nuôi tại Công ty Thanh Sơn, Công ty cổ phần sữa Lâm Đồng và tại các nông hộ thuộc thành phố Đà Lạt, huyện Đức Trọng, Đơn Dương, thị xã Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng và kết quả nuôi theo dõi 80 bò cái (mỗi nhóm bò cái HF, F₁, F₂ và F₃ có 20 con) cũng tại các lứa tuổi trên. Nhu cầu dinh dưỡng của nhóm bò nuôi theo dõi dựa theo tiêu chuẩn NRC (2001).

Khối lượng bê sơ sinh được cân bằng cân đồng hồ (sai số 0,05 kg). Từ 6 tháng tuổi đi, cân dùng cân điện tử của Úc (hãng Ruddweigh

Ply. Ltd. sản xuất, sai số ± 0,05 kg). Bê, bò được cân vào buổi sáng trước khi cho ăn.

Biểu diễn sinh trưởng của các nhóm bò nói trên theo hàm Gompertz (1825):

$$Y = m * \text{EXP} [-a * \text{EXP} (-bx)]$$

Trong đó: Y là khối lượng bò (kg), x là tuổi (tháng), m là khối lượng tiệm cận trên (kg), a là hằng số tích hợp liên quan đến khối lượng sơ sinh, b là tỷ lệ tốc độ tăng trưởng tối đa so với khối lượng trưởng thành của bò, e là cơ số logarit tự nhiên (2,71828). Tính toán các giá trị của hàm: xPI (ln(a)/b) và YPI (m/e) là tuổi và khối lượng bò tại điểm uốn, MWGPI (mb/e) là trị số tăng khối lượng tuyệt đối cực đại (kg/tháng) tại điểm uốn.

Ước lượng tối ưu các tham số m, a và b của phương trình hồi quy trên cơ sở cực tiểu hoá tổng bình phương các phần dư (residual sum of squares) theo phương pháp hồi quy phi tuyến (nonliner regression) của Marquardt (1963) bằng các phần mềm Statgraphics Plus 3.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sinh trưởng tích lũy các nhóm bò

Các số liệu điều tra và nuôi theo dõi về khả năng sinh trưởng của các nhóm bò cái HF và bò lai F₁, F₂, F₃ giữa HF với bò lai Sind trình bày trong bảng 1 và 2.

Khối lượng sơ sinh của bò HF, F₁, F₂ và F₃ tương ứng là: 35,45 ± 0,15 kg; 29,47 ± 20,22 kg; 30,85 ± 0,21 kg và 33,85 ± 0,24 kg. Sau thời gian 24 tháng nuôi khối lượng của các nhóm bò đạt tương ứng: 423,55 ± 1,14 kg; 352,50 ± 1,38 kg; 370,71 ± 1,19 kg và 402,45 ± 1,34 kg. Tăng khối lượng tuyệt đối trung bình trong thời gian 24 tháng nuôi đạt tương ứng: 539,03 g; 448,65 g; 472,03 g và 511,94 g/ngày. Tăng khối lượng tuyệt đối đạt cao nhất là ở bò HF và thấp nhất là bò F₁, theo thứ tự tỷ lệ máu HF giảm dần trong các con lai. Khối lượng của bò HF qua các tháng tuổi đều lớn hơn so với bò F₁, F₂ và F₃. Khối lượng trung bình các nhóm bò qua các độ tuổi khác biệt có ý nghĩa thống kê (P < 0,05).

Bảng 1. Khối lượng bò (kg) từ sơ sinh đến 24 tháng tuổi (số liệu điều tra)

Nhóm bò	Tham số thống kê	Tuổi bò				
		Sơ sinh	6 tháng	12 tháng	18 tháng	24 tháng
HF (n = 257)	\bar{X}	35,45 ^a	158,06 ^a	257,79 ^a	346,07 ^a	423,55 ^a
	SE	0,15	0,66	1,01	1,12	1,14
	Cv%	6,61	6,72	6,26	5,20	4,33
F ₁ (n = 114)	\bar{X}	29,47 ^b	130,01 ^b	212,23 ^b	286,59 ^b	352,50 ^b
	SE	0,22	0,87	1,37	1,26	1,38
	Cv%	8,10	7,13	6,92	4,68	4,17
F ₂ (n = 118)	\bar{X}	30,85 ^c	137,47 ^c	223,83 ^c	298,67 ^c	370,71 ^c
	SE	0,21	0,86	1,36	1,77	1,19
	Cv%	7,52	6,81	6,62	6,45	3,49
F ₃ (n = 116)	\bar{X}	33,85 ^d	149,65 ^d	243,01 ^d	327,88 ^d	402,45 ^d
	SE	0,24	0,67	1,03	1,44	1,34
	Cv%	7,59	4,80	4,56	4,72	3,58

Các số trung bình mang các chữ cái khác nhau của một chỉ tiêu trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê, $P < 0,05$

Bảng 2. Khối lượng bò (kg) từ sơ sinh đến 24 tháng tuổi (số liệu nuôi theo dõi)

Nhóm bò	Tham số thống kê	Tuổi bò				
		Sơ sinh	6 tháng	12 tháng	18 tháng	24 tháng
HF (n = 20)	\bar{X}	33,58	164,67 ^a	274,60 ^a	362,30 ^a	448,96 ^a
	SE	0,12	0,52	0,93	0,78	2,25
	Cv%	1,57	1,40	1,51	0,96	2,24
F ₁ (n = 20)	\bar{X}	33,46	143,49 ^b	227,51 ^b	305,25 ^b	374,59 ^b
	SE	0,17	0,68	0,88	0,91	1,16
	Cv%	2,33	2,1	1,74	1,33	1,38
F ₂ (n = 20)	\bar{X}	33,42	148,42 ^c	246,78 ^c	328,22 ^c	401,18 ^c
	SE	0,20	0,41	1,44	1,82	3,03
	Cv%	2,66	1,25	2,61	2,49	3,37
F ₃ (n = 20)	\bar{X}	33,64	157,40 ^d	258,18 ^d	342,63 ^d	420,89 ^d
	SE	0,11	0,91	1,39	1,14	2,37
	Cv%	1,52	2,60	2,41	1,49	2,52

Các số trung bình mang các chữ cái khác nhau của một chỉ tiêu trong cùng một cột thì khác nhau có ý nghĩa thống kê, $P < 0,05$

Kết quả trong bảng 2 cho thấy, khối lượng sơ sinh của 4 nhóm bò HF, F₁, F₂ và F₃ tương ứng là: 33,58 ± 0,12 kg; 33,46 ± 0,17 kg; 33,42 ± 0,20 kg và 33,64 ± 0,11 kg. Sau 24 tháng nuôi đạt tương ứng: 448,96 ± 2,25 kg; 374,59 ± 1,16 kg; 401,18 ± 3,03 kg và 420,89 ± 2,37 kg. Tăng trưởng tuyệt đối trong suốt 24 tháng nuôi của các nhóm bò đạt tương ứng là: 576,92 g; 473,79 g; 510,78 g và 537,85 g/ngày, cao hơn so với nhóm bò điều tra.

Trong suốt 24 tháng nuôi, hệ số biến sai về khối lượng của nhóm bò điều tra có trị số cao hơn so với nhóm bò nuôi theo dõi. Chứng tỏ nhóm bò nuôi theo dõi sinh trưởng đồng đều hơn nhóm bò điều tra, sự đồng đều này là do kết quả của quá trình chọn lọc ngay từ khi bắt đầu thí nghiệm. Cũng tương tự như nhóm bò điều tra, khối lượng các nhóm bò nuôi theo dõi có xu hướng tăng lên khi tỷ lệ máu HF trong con lai tăng. Ở các độ tuổi, khối lượng của các nhóm bò khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Nguyễn Kim Ninh và cs. (1994) cho biết đàn bò F₁ (HF x lai Sind) nuôi tại Ba Vì lúc sơ sinh là 22,1 ± 0,29 kg, 6 tháng tuổi đạt 106,9 ± 2,1 kg, 12 tháng tuổi là 165,1 ± 3,3 kg, 24 tháng tuổi đạt 251,8 ± 3,5 kg. Khối lượng đàn bò F₂ tại các thời điểm trên tương ứng là: 26,2 ± 0,36; 116,1 ± 2,3 kg; 166,9 ± 2,5 kg và 292,5 ± 5,2 kg. Theo Trần Trọng Thêm (2006), khối lượng trung bình bò F₂ (HF x lai Sind) ở Hà Tây, Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh lúc sơ sinh, 6 tháng, 12 tháng, 18 tháng và 24 tháng tương ứng là: 32,46 ± 0,37 kg; 128,83 ± 1,54 kg; 202,06 ± 2,29 kg; 268,21 ± 4,86 kg và 330,57 ± 4,9 kg. Khối lượng bò F₃ (HF x lai Sind) qua các độ tuổi trên tương ứng là: 33,19 ± 0,37 kg; 137,22 ± 1,51 kg; 213,38 ± 1,87 kg, 297,01 ± 3,89 kg và 344,3 ± 3,24 kg.

Vũ Văn Nội và cs. (2001) thông báo đàn bê cái lai nuôi tại Tp. Hồ Chí Minh lúc sơ sinh là 30,96 kg; 6 tháng tuổi đạt 114,16 kg; 12 tháng tuổi đạt 201,97 kg và 24 tháng tuổi là 352,36 kg.

So sánh với các kết quả trên, khối lượng các nhóm bò HF và con lai của nó với bò lai Sind nuôi ở Lâm Đồng cao hơn, đặc biệt là ở nhóm thí nghiệm.

3.2. Mô hình hóa sinh trưởng của các nhóm bò

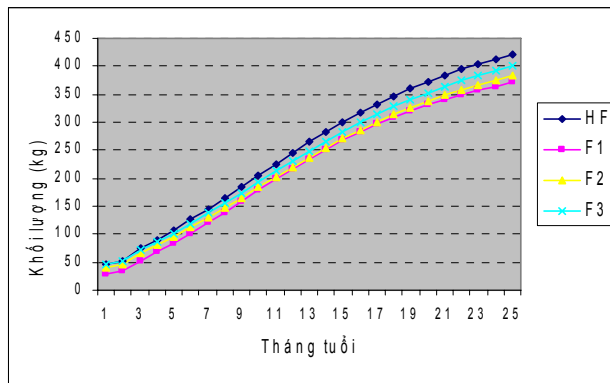
Kết quả tính toán các tham số m, a và b của hàm sinh trưởng Gompertz được trình bày trong bảng 3 và được minh họa ở các hình 1 và 2 cho thấy các tham số m, a và b của hàm hồi qui có xác suất tồn tại với độ tin cậy cao ($P < 0,001$), hệ số xác định mối tương quan giữa đường cong lý thuyết và thực nghiệm rất chặt chẽ ($R^2 > 0,9$; $P < 0,001$). Tuy nhiên hàm hồi qui thành lập trên nhóm bò điều tra có R^2 luôn nhỏ hơn, chẳng hạn: hàm sinh trưởng của bò HF điều tra có $R^2 = 0,986$, của bò HF nuôi theo dõi là 0,994; hàm sinh trưởng của bò F₁ điều tra có $R^2 = 0,965$, của bò F₁ nuôi theo dõi là 0,993; hàm sinh trưởng của bò F₂ điều tra có $R^2 = 0,986$, của bò F₂ nuôi theo dõi là 0,992; hàm sinh trưởng của bò F₃ điều tra có $R^2 = 0,987$, của bò F₃ nuôi theo dõi là 0,993. Có thể do việc xác định tuổi của nhóm bò nuôi theo dõi bò chính xác hơn nên nhóm bò nuôi theo dõi có R^2 cao hơn.

Kết quả thu được ở bảng 3 cho phép ước tính khối lượng trưởng thành của nhóm bò điều tra lần lượt là: 498,82; 420,80; 441,95 và 478,55 kg; của các nhóm bò nuôi theo dõi lần lượt là: 522,87; 444,48; 468,18 và 490,21 kg. Trên cơ sở các tham số của hàm sinh trưởng, kết quả tính toán tuổi, khối lượng và tăng khối lượng tối đa tại điểm uốn được trình bày trong bảng 4.

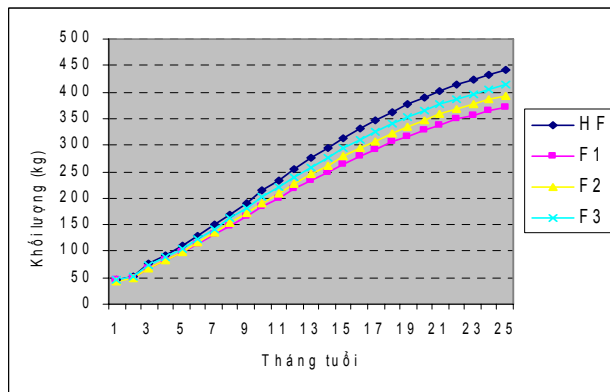
Toạ độ điểm uốn của đường cong PI ($\ln(a)/b$; m/e) cho thấy: tuổi tại điểm uốn của các nhóm bò điều tra lần lượt là: 7,99 tháng, 8,22 tháng, 8,26 tháng và 8,10 tháng, tương ứng với khối lượng cơ thể là 183,49 kg, 154,59 kg, 168,48 kg và 176,04 kg. Với các nhóm bò nuôi theo dõi, tuổi bò tại điểm uốn lần lượt là: 8,07 tháng, 7,93 tháng, 8,10 tháng và 7,99 tháng, tương ứng với khối lượng cơ thể là: 192,35 kg, 163,47 kg, 172,16 kg và 180,34 kg.

Bảng 3. Hàm sinh trưởng Gompertz của bò HF và các con lai

Nhóm bò	Tham số			Hàm sinh trưởng	R ²
	m ± SE	a ± SE	b ± SE	Y = m*EXP[-a(EXP(-bx))]	
Điều tra					
HF	498,82± 3,38	2,37± 0,02	0,108± 0,001	Y ₁ = 498,82*EXP[- 2,36*EXP(- 0,108x)]	0,986
F ₁	420,80± 4,89	2,37± 0,02	0,105± 0,002	Y ₂ = 420,80*EXP[- 2,37*EXP(- 0,105x)]	0,983
F ₂	441,95± 5,16	2,36± 0,02	0,104± 0,002	Y ₃ = 458,02*EXP[- 2,41*EXP(- 0,107x)]	0,985
F ₃	478,55± 4,61	2,36± 0,02	0,106± 0,002	Y ₄ = 478,55*EXP[- 2,36*EXP(- 0,106x)]	0,987
Nuôi theo dõi					
HF	522,87 ± 8,78	2,41 ± 0,04	0,109 ± 0,004	Y ₁ = 522,87*EXP[- 2,41*EXP(- 0,109x)]	0,994
F ₁	444,48 ± 7,62	2,30 ± 0,03	0,105 ± 0,003	Y ₂ = 448,48*EXP[- 2,30*EXP(- 0,105x)]	0,993
F ₂	468,18 ± 8,03	2,38 ± 0,04	0,107± 0,004	Y ₃ = 468,18*EXP[- 2,38*EXP(- 0,107x)]	0,992
F ₃	490,21 ± 8,35	2,37 ± 0,04	0,108± 0,004	Y ₄ = 490,21*EXP[- 2,37*EXP(- 0,108x)]	0,993



Hình 1. Đường cong sinh trưởng của các nhóm bò (số liệu điều tra)



Hình 2. Đường cong sinh trưởng của các nhóm bò (số liệu nuôi theo dõi)

Bảng 4. Tuổi và khối lượng và tăng khối lượng tuyệt đối cực đại tại điểm uốn

Nhóm bò	x_{PI} (ln(a)/b)	Y_{PI} (m/e)	MWG_{PI} (mb/e)
Điều tra			
HF	7,99	183,49	19,82
F ₁	8,22	154,59	16,25
F ₂	8,26	168,48	16,91
F ₃	8,10	176,04	18,66
Nuôi theo dõi			
HF	8,07	192,35	20,97
F ₁	7,93	163,47	17,17
F ₂	8,10	172,16	18,43
F ₃	7,99	180,34	19,48

X_{PI} : tuổi bò tại điểm uốn (tháng), Y_{PI} : khối lượng bò tại điểm uốn (kg), MWG_{PI} : tăng khối lượng tuyệt đối cực đại tại điểm uốn (kg/tháng)

Tỷ lệ khối lượng tại điểm uốn so với khối lượng trưởng thành (m) của nhóm bò điều tra nằm trong khoảng 36,74% - 38,12%, của nhóm nuôi theo dõi nằm trong khoảng 36,77% - 36,79%. Theo Gille (2003), phần lớn điểm uốn luôn nằm ở một vị trí cố định so với giá trị trưởng thành và nó thường xuyên ở khoảng 36,8% giá trị trưởng thành (khoảng 1/3 giá trị trưởng thành). Như vậy, kết quả của chúng tôi là phù hợp.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

- Sau 24 tháng nuôi, khối lượng của nhóm bò HF, F₁, F₂ và F₃ điều tra đạt tương ứng là: 423,55 ± 1,14 kg; 352,50 ± 1,38 kg; 370,71 ± 1,19 kg và 402,45 ± 1,34 kg. Ở nhóm bò nuôi theo dõi đạt tương ứng: 448,96 ± 2,25 kg; 374,59 ± 1,16 kg; 401,18 ± 3,03 kg và 420,89 ± 2,37 kg.

- Sinh trưởng của bò HF và bò lai F₁, F₂ và F₃ (HF x lai Sind) có thể biểu diễn bằng hàm Gompertz như sau:

Đối với bò điều tra, các hàm sinh trưởng của bò HF và bò lai F₁, F₂ và F₃ (HF x Lai Sind) lần lượt là:

$$Y_1 = 498,82 * \text{EXP}[- 2,37 * \text{EXP}(- 0,108x)]$$

$$Y_2 = 420,80 * \text{EXP}[- 2,37 * \text{EXP}(- 0,105x)]$$

$$Y_3 = 441,95 * \text{EXP}[- 2,36 * \text{EXP}(- 0,104x)]$$

$$Y_4 = 478,55 * \text{EXP}[- 2,36 * \text{EXP}(- 0,106x)]$$

Các hàm sinh trưởng của bò HF và bò lai F₁, F₂ và F₃ (HF x lai Sind) nuôi theo dõi lần lượt là:

$$Y_1 = 522,87 * \text{EXP}[- 2,41 * \text{EXP}(- 0,109x)]$$

$$Y_2 = 448,48 * \text{EXP}[- 2,30 * \text{EXP}(- 0,105x)]$$

$$Y_3 = 468,18 * \text{EXP}[- 2,38 * \text{EXP}(- 0,107x)]$$

$$Y_4 = 490,21 * \text{EXP}[- 2,37 * \text{EXP}(- 0,108x)]$$

- Đề nghị sử dụng hàm sinh trưởng Gompertz để dự đoán sinh trưởng của bò sữa HF và bò lai F₁, F₂ và F₃ (HF x lai Sind) qua các độ tuổi phục vụ cho công tác giống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aggrey S. E. (2002). "Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves", Poultry Science, Vol 81, Issue 12, pp. 1782 - 1788.
- Ahmadi H. and Golian A. (2008). "Non-linear Hyperbolastic Growth Models for Describing Growth Curve in Classical Strain of Broiler Chicken", Research Journal of Biological Sciences, 3 (11), pp. 1300 - 1304.
- Alder (1980). Estimation des volumes et accroissement des peulements foresties, Vol. 2, FAO. Rome. PP. 30 - 40.

- Brown J. E, H. A. Fitzhugh H. A., and Cartwright T. C. (1976). "A Comparison of Nonlinear Models for Describing Weight-Age Relationships in Cattle", *Journal of Animal Science*, 42, pp. 810-818.
- Gille U. (2003). Analysis of Growth.
- Gompertz, B. (1825). "On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new model of determining life contingencies", *Philos. Trans. Roy. Soc*, 182, pp. 513 - 585.
- Trần Quang Hân (1996). Nghiên cứu các tính trạng năng suất chủ yếu của lợn Trắng Phú Khánh và lợn lai F₁ Yorkshire Trắng Phú Khánh. Luận án Phó Tiến sỹ khoa học Nông nghiệp, Hà Nội, tr. 76- 79.
- Khn F., Sharifi A. R. and Simianer H. (2007). "Modeling the growth of the Goettingen minipig", *Journal of Animal Science*, 85, pp. 84 - 92.
- Lambe N. R., Navajas E. A., Simm G. and Bnger L. (2006). "A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds", *Journal of Animal Science*, 84, pp. 2642 - 2654.
- Lopez de Torre G., Candotti J. J., Reverter A., Bellido M. M., Vasco P., Garcia L. J, and Brinks J. S. (1992). "Effects of growth curve parameters on cow efficiency", *Journal of Animal Science*, 70, pp. 2668 - 2672.
- Nguyễn Ngọc Lung (1987). "Mô hình hoá quá trình sinh trưởng của cây mọc nhanh để dự đoán sản lượng", *Tạp chí Lâm nghiệp*, số 8, tr. 14 - 18.
- Nahashon S. N., Aggrey S. E., Adefope N. A., Amenyenu A., and Wright D. (2006). "Growth characteristics of pearl gray guinea fowl as predicted by the Richards, Gompertz, and Logistic Models", *Poultry Science*, 85, pp. 359 - 363.
- Nguyễn Kim Ninh, Nguyễn Văn Thường, Trần Trọng Thêm, Lê Trọng Lạp, Nguyễn Hữu Lương, Lê Văn Ngọc (1995). "Kết quả nghiên cứu về bò lai hướng sữa và xây dựng mô hình bò sữa trong dân", Tuyển tập các công trình nghiên cứu khoa học kỹ thuật chăn nuôi (1969 -1995) - Viện Chăn nuôi, NXB. Nông nghiệp, Hà Nội, tr. 225 – 231.
- Vũ Văn Nội, Nguyễn Quốc Đạt, Nguyễn Kim Ninh, Nguyễn Thanh Bình, Lê Trọng Lạp, Bùi Thế Đức, Lê Văn Ngọc, Nguyễn Quốc Toàn, Ngô Đình Tân (2001). "Ảnh hưởng của mức dinh dưỡng khác nhau đến khả năng sinh trưởng và phát triển của đàn bê cái lai hướng sữa (HF x lai Sind) nuôi trong điều kiện hộ gia đình", Báo cáo khoa học chăn nuôi thú y 1999 – 2000, phần dinh dưỡng vật nuôi, Tp. Hồ Chí Minh, tr. 3 - 12.
- Sengl T., and Kiraz S. (2005). "Non-linear models for growth curves in large white turkeys", *Turkey Journal of Veterinary Animal Science*, 29, pp. 331 – 337.
- Trần Trọng Thêm (2006). Báo cáo tổng kết khoa học kỹ thuật đề tài nghiên cứu chọn tạo giống bò sữa đạt sản lượng trên 4000 kg/chu kỳ giai đoạn 2001 - 2005, Viện Chăn nuôi, Hà Nội, tr. 16 - 19.
- Wurzinger M., Delgado J., Nrnberg M., Valle Zarate A., Stemmer A., Ugarte G., and Silkner J. (2005). "Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas", *Livestock Production Science*, 95, pp. 73 - 81.