

Esmer ve Siyah Alaca Sığırlarda Büyüme Eğrilerinin Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Modellerle Analizi*

Bahri Bayram¹, Ömer Akbulut²

¹Gümüşhane Üniversitesi, Kelkit Aydın Doğan M.Y.O., Organik Tarım Programı, 29600 Kelkit, Gümüşhane

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 25240 Erzurum

*e-posta: bbayram@atauni.edu.tr; Tel: +90 (456) 317 3992; Faks: +90 (456) 317 3993

Özet

Bu çalışmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftliği'nde yetiştirilen Esmer ve Siyah Alaca dişi sığırlarda ağırlık-yaş değişimini açıklayacak en iyi büyüme eğrisi modelinin tespiti amaçlanmıştır. Bu amaçla, 1987-1998 yılları arasında doğan ve doğumdan-48 aylık yaşa kadar 6 aylık periyotlarla ağırlıkları tam olan 123 Esmer ve 56 Siyah Alaca olmak üzere toplam 179 dişi sığırın bireysel ağırlıkları, 2 doğrusal ve 5 doğrusal olmayan modelle analiz edilmiştir. En iyi modelin seçiminde, modellerden elde edilen belirleme katsayısı (R^2) ve hata kareler ortalaması (HKO) istatistikleri kullanılmıştır. Brody, Bertalanffy, Logistik, Gompertz ve Richards modellerine ait R^2 değerleri sırasıyla 96.06±0.14, 95.99±0.22, 95.12±0.17, 95.96±0.15 ve 96.53±0.13 olmuştur. Aynı modellerin HKO değerleri sırasıyla 983±34.05, 981±37.70, 1217±42.29, 1011±37.83 ve 960±39.44 bulunmuştur. Kuadratik ve kübik doğrusal modellerin R^2 değerleri 94.85±0.24 ve 96.50±0.14, HKO değerleri sırasıyla 1042 ±61.22 ve 871±42.40 bulunmuştur.

R^2 ve HKO istatistiklerine modellerin etkisi önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre, ağırlık-yaş değişimini en iyi Richards modeli açıklamıştır. Richards modeline ait A, B, k ve m parametreleri Esmerlerde sırasıyla 504±6.89 kg, 0.6674±0.0263, 0.0573±0.0019/ay ve 3.8±0.4, Siyah Alacalarda ise 492±6.97 kg, 0.7708±0.0341, 0.0537±0.0031/ay ve 3.5±0.9 tahminlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İsviçre Esmeri, Siyah Alaca, büyüme eğrileri, doğrusal ve doğrusal olmayan modeller, ergin canlı ağırlık

Analysis of Growth Curve in Brown Swiss and Holstein Friesian Cattle Using Linear and Non-linear Models

Abstract

This study was carried out to determine the best fitting model to weight-age data of Brown Swiss and Holstein Friesian female cattle born between 1987 and 1998 and reared in the Agriculture Faculty Farm of Atatürk University. For this purpose, individual weight-age data of 123 Brown Swiss and 56 Holstein Friesian cows collected every six month from birth to 48 month age were analyzed using 2 linear and 5 non-linear models. Coefficient determination (R^2) and mean residual square (MRS) were used to select the best model. Coefficient of determination (R^2) of Brody, Bertalanffy, Logistic, Gomperz and Richards models were 96.06 ± 0.14, 95.99 ± 0.22, 95.12 ± 0.17, 95.96 ± 0.15 and 96.53 ± 0.13, respectively. Mean residual square (MRS) for the same models were 983 ± 34.05, 981 ± 37.70, 1217 ± 42.29, 1011 ± 37.83 and 960 ± 39.44, respectively. Coefficients of determinations (R^2) of Quadratic and Cubic were 94.85 ± 0.24 and 96.50 ± 0.14, and Mean residual square (MRS) were 1042±61.22 and 871±42.40, respectively.

The effect of model on R^2 and MRS were significant ($P<0.01$). According to Duncan multiple test, the Richards model gave the best fit to growth curves of both breeds. A, B, k and m parameters of Richards model were 504 ± 6.89 kg, 0.6674 ± 0.0263, 0.0573 ± 0.0019/month and 3.8 ± 0.4 for Brown Swiss and, 492 ± 6.97 kg, 0.7708 ± 0.0341, 0.0537 ± 0.0031/month and 3.5 ± 0.9 for Holstein Friesian, respectively.

Key words: Brown Swiss, Holstein Friesian, growth curves, linear and non-linear models, mature live weight.

Giriş

İnsanlara ekonomik fayda sağlayan evcil hayvanlarda, ele alınması ve üzerinde durulması gereken en önemli özelliklerden birisi büyümedir. Birim zamanda canlıların kütlelerinde meydana gelen artış büyüme olarak tanımlanmaktadır (Trenkle ve Marple., 1983;

Efe, 1990; Owens ve ark., 1993; Akbaş ve ark., 1999). Canlıların yaşa bağlı olarak büyümelerinde göstermiş olduğu değişim ise büyüme eğrisi olarak isimlendirilir (Goonewardene ve ak., 1981; Kocabaş ve ark., 1997). Büyüme eğrisi, genetik ve çevresel faktörlerin etkisiyle şekillenen büyümenin matematiksel bir ifadesidir. Bir başka ifade ile büyüme eğrisi, hayvanın

* Bu çalışma, Bahri Bayram'ın aynı isimli doktora tezinden özetlenmiştir.

ağırlığı ve yaşı arasındaki matematiksel ilişkiyi göstermektedir (Bethard, 1997).

Büyüme modelleri, büyümenin sona erdiği ergin canlı ağırlığa ulaşılan döneme kadar olan büyümenin fizyolojik mekanizmasını açıklayan biyolojik parametrelere sahiptirler (Menchaca ve ark., 1996; Behr ve ark., 2001). Bu parametreler sayesinde, karmaşık yapıya sahip olan büyüme sürecinin anlaşılması ve bu süreç içerisinde büyümeye etkili faktörlerin tespiti mümkündür (Brown ve ark., 1976). Büyüme eğrisi modellerinin en önemli faydası, yaşa bağlı olarak farklı noktalarda elde edilen ve yorumlanması zor olan bilgilerin biyolojik olarak yorumlanmasıdır (Akbaş, 1995).

Ergin canlı ağırlık, canlı ağırlık artış hızı, erginleşme hızı ve bunlarla ilgili özelliklerin ekonomik öneminin anlaşılması, bilim adamları ve yetiştiricilerin yaşam boyu ağırlık-yaş ilişkisinin incelenmesine olan ilgilerini artırmıştır (Brown ve ark., 1976; Lopez de Torre ve Rankin, 1978; Krieter ve ark., 1987). Bunun sonucu olarak, gerek süt ve gerekse et ırkı sığırlarda çok sayıda büyüme eğrisi çalışması yapılmıştır.

Uygulamada, sığırların ağırlık-yaş ilişkisinin belirlenmesi oldukça fazla masraf ve zaman gerektirmektedir. Her sürüde güvenilir tahminlerin yapılabilmesi ve elde edilen parametrelerin seleksiyon amaçlı kullanılabilmesi için öncelikle uygun modelin seçimi gereklidir. Böyle geçerli bir model tespit edildikten sonra, bu model büyümeyi açıklama, tahmin etme ve karşılaştırma amaçlı kullanılabilir (Goonewardene ve ark., 1981).

Süt ırkı sığırlarda yürütülmüş olan büyüme eğrisi çalışmalarında en iyi modelin Richards (Brown ve ark., 1976; Perotto ve ark., 1992) veya Bertalanffy modelinin (Wada ve ark., 1983; Krieter ve ark., 1987; Koenen ve Groen 1996; Akbaş ve ark., 2001) olduğu bildirilmiştir.

Jerseylerde, ağırlık-yaş değişiminin incelendiği çalışmada (Brown ve ark., 1976), Brody, Bertalanffy, Gompertz, Logistik ve Richards modelleri arasında en iyi uyumu Richards modeli vermiştir. Bu modele ait A, B, k ve m parametreleri sırasıyla 424 kg, 0.70, 0.058 ve 2.94 olarak tahminlenmiştir. Siyah Alaca, Ayrshire ve Siyah Alaca x Ayrshire melezlerinde Bertalanffy dışında kalan diğer dört modelin karşılaştırıldığı çalışmada (Perotto ve ark., 1992), en iyi uyumu Richards modeli vermiştir. Bu model ile Siyah Alacalar için tahminlenen A, B, k ve m parametreleri sırasıyla 619 kg, 0.905, 0.0608 ve 1.23 olmuştur. İki çalışmada da, Gompertz ve Logistik modellerin erken dönem

ağırlıklarını çok yüksek, Logistik modelinin ise ergin ağırlığı çok düşük tahminlediği bildirilmiştir.

Wada ve ark. (1983) ve Akbaş ve ark. (2001)'nin Siyah Alacalarda yürütülmüş olduğu çalışmalarda Brody, Bertalanffy, Gompertz, Logistik ve Richards modelleri arasında en iyi uyumu sağlayan modelin Bertalanffy olduğu bildirilmiştir. Birinci çalışmada A ve k parametreleri 450 kg ve 0.104, ikinci çalışmada ise A, B ve k parametreleri sırasıyla 448 kg, 0.59 ve 0.09/ay olarak bildirilmiştir. Siyah Alacalarda yürütülmüş olan çalışmalardan, Krieter ve ark. (1987) Richards, Koenen ve Groen (1996) ise Brody dışında kalan diğer dört modeli karşılaştırıldığı çalışmada en iyi sonucu Bertalanffy modeli vermiştir.

Bu çalışmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftliği'nde yetiştirilen Esmer ve Siyah Alaca dişi sığırların yaşa bağlı olarak canlı ağırlıktaki değişimlerini açıklayacak en iyi büyüme eğrisi modelinin tespiti amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Bu çalışmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftliği'nde 1987-1998 yılları arasında doğan, Esmer ve Siyah Alaca dişi sığırların ağırlık kayıtları kullanılmıştır. Çiftlikte, buzağular doğumdan sonra üç gün analarıyla birlikte barındırılarak, yeterli miktarda ağız sütü almaları sağlanmakta ve ortalama olarak 5-7 hafta sürede süttten kesilmektedir. Süt içme döneminde buzağulara doğum ağırlığının %10'u kadar süt ve %18 ham proteinli buzağı başlatma yemi verilmektedir. Süttten kesim-6 aylık dönemde buzağulara yiyebildiği kadar kuru ot ve %16 ham proteinli buzağı büyütme yeminden 1.5-2 kg verilmektedir. Dişilere, 6 aylık yaştan ilk buzağılamaya kadar ağırlıklı olarak kuru ot verilmekte, buna ilave olarak hayvan başına günlük 1-2 kg kesif yem yedirilmektedir. Günde iki defa sağımlı yapılmakta, sağımlı esnasında her bir ineğe 2 kg kesif yem yedirilmektedir.

Çiftlikte genelde meraya dayalı bir hayvancılık faaliyeti yürütülmekte olup, sığırlar ilkbaharda (mayıs) meraya çıkartılmakta ve sonbaharda (kasım) işletmeye getirilmektedir. Buzağuların doğum ağırlıkları, doğumu takip eden ilk birkaç saat içerisinde alınmakta ve daha sonra tüm sığırlar sürüyü terk edene kadar, her yıl ilkbahar ve sonbaharda olmak üzere yılda iki kez tartılmaktadırlar. Bu şekilde doğum ağırlığı ve doğumdan-48 aylık yaşa kadar 6 aylık periyotlarla ağırlıkları tam olan 123 Esmer ve 56 Siyah Alaca olmak

üzere toplam 179 dişi sığıra ait ağırlık-yaş verileri değerlendirilmeye alınmıştır.

Metot

En iyi modelin tespiti için Çizelge 1'de belirtilen doğrusal ve doğrusal olmayan modeller kullanılmıştır.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan büyüme eğrisi modelleri

Model	Eşitlik
Doğrusal Modeller	
Kuadratik	$Y_t = a + b_1t + b_2t^2$
Kübik	$Y_t = a + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$
Doğrusal Olmayan Modeller	
Brody	$Y_t = A(1 - B \cdot \exp(-k \cdot t))$
Bertalanffy	$Y_t = A(1 - B \cdot \exp(-k \cdot t))^3$
Logistik	$Y_t = A(1 + B \cdot \exp(-k \cdot t))^{-1}$
Gompertz	$Y_t = A \cdot \exp(-B \cdot \exp(-k \cdot t))$
Richards ¹	$Y_t = A(1 \pm B \cdot \exp(-k \cdot t))^m$

¹Richards modelinde $m < 1$ durumunda pozitif işareti, diğer durumlarda negatif işareti kullanılmıştır (Perotto ve ark., 1992)

Modellerde;

Y_t : t aylık yaşta gözlenen ağırlığı, t: ağırlığın alındığı dönemlerde sığırların yaşını,

Doğrusal modellerde;

a: incelenen özellik bakımından doğrunun y eksenini kestiği başlangıç değeridir. b_1 , b_2 ve b_3 ise doğrusal modellere ait regresyon katsayılarıdır.

Doğrusal olmayan modellerde ise;

Çizelge 2. Esmer ve Siyah Alaca dişi sığırlara ait ağırlıkların doğrusal modellerle bireysel analizi sonucu elde edilen parametreler

Modeller	a	b_1	b_2	b_3	R^2
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
GENEL (N=179)					
Kuadratik	54 ± 1.59	13.83 ± 0.24	-0.1172±0.0043	-	94.9 ± 0.02
Kübik	32 ± 0.83	17.61 ± 0.27	-0.2427±0.0120	0.0013±0.0001	96.5 ± 0.01
ESMER (N=123)					
Kuadratik	52 ± 1.98	13.98 ± 0.32	-0.1188±0.0059	-	95.2 ± 0.02
Kübik	32 ± 1.00	17.09 ± 0.34	-0.2159±0.015	0.0017±0.0001	96.7 ± 0.01
SİYAH ALACA (N=56)					
Kuadratik	57 ± 2.60	13.49 ± 0.29	-0.1137±0.0051	-	94.2 ± 0.04
Kübik	31 ± 1.53	18.75 ± 0.40	-0.3016±0.017	0.0018±0.0002	96.1 ± 0.02

A: ergin ağırlığı, B: doğumdan sonra kazanılan ağırlığın ergin ağırlığa oranını, k: erginleşme hızını, bu parametre canlı ağırlığın hangi hızla ergin ağırlığa yaklaştığını göstermektedir. m: eğrinin şekli hakkında bilgi veren ve tahmin edilen büyüme hızındaki değişikliğin artıştan azalışa geçtiği durumda meydana gelen değişim noktasını göstermektedir.

A, B, k ve m parametreleri, SPSS istatistik programı kullanılarak genelleştirilmiş en küçük kareler metodu ve Levenberg-Marquardt iterasyon işlemi sonucu tahminlenmiştir. İterasyon yapılırken, yakınsama kriteri olarak 1.0E-8 kullanılmıştır (Akbaş ve ark., 1999; Akbaş ve ark., 2001).

Modellerin karşılaştırılmasında, toplam varyasyonda modelin açıkladığı kısmı gösteren R^2 ve modele ait tahminlenen büyüme eğrisi ile gerçek büyüme eğrisine ait noktalar arasındaki farkı gösteren HKO kullanılmıştır.

Bulgular

Doğrusal modellerle analiz

Doğrusal modellerden kuadratik ve kübik modellerle yapılan analizler sonucu elde edilen parametreler Çizelge 2'de sunulmuştur.

Doğrusal olmayan modellerle analiz

179 dişi sığıra ait bireysel ağırlıkların doğrusal olmayan 5 büyüme eğrisi modeli ile analizi sonucu elde edilen parametreler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Esmer ve Siyah Alacalara ait ağırlıkların doğrusal olmayan modellerle bireysel analizi sonucu elde edilen parametreler

Modeller	A	B	k	m	HKO	R ²
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
GENEL (N=179)						
Brody	518 ± 5.80	0.9517±0.0069	.0439±.0023	-	983 ± 34	96.1 ±.14
Bertalanffy	478 ± 3.66	0.5586±0.0036	.0708±.0030	-	981 ± 37	96.0 ±.20
Logistik	455 ± 3.92	5.7964 ± 0.0884	.1168±.0017	-	1217 ± 42	95.1 ±.17
Gompertz	468 ± 3.47	2.2506±0.0170	.0800±.0011	-	1011 ± 37	96.0 ±.15
Richards	500 ± 5.22	0.6998±0.0213	.0562±.0016	3.7±0.4	960 ± 39	96.5 ±.30
ESMER (N=123)						
Brody	523 ± 6.93	0.9570±0.0100	.0443±.0039	-	946 ± 40	96.3 ±.14
Bertalanffy	480 ± 4.61	0.5640±0.0046	.0674±.0012	-	904 ± 40	96.2 ±.28
Logistik	457 ± 4.15	5.8962±0.1080	.1160±.0021	-	1138 ± 46	95.5 ±.17
Gompertz	471 ± 4.36	2.2762±0.0211	.0795±.0013	-	945 ± 42	96.3 ±.15
Richards	504 ± 6.89	0.6674±0.0263	.0573±.0019	3.8±0.4	910 ± 44	96.8 ±.15
SİYAH ALACA (N=56)						
Brody	508 ± 10.5	0.9400±0.0025	.0431±.0011	-	1064 ± 62	95.5 ±.29
Bertalanffy	471 ± 5.84	0.5466±0.0052	.0783±.0092	-	1152 ± 77	95.5 ±.32
Logistik	452 ± 5.45	5.5772±0.1502	.1184±.0026	-	1392 ± 83	94.3 ±.37
Gompertz	464 ± 5.58	2.1945 ± 0.0293	.0813±.0017	-	1153 ± 74	95.2 ±.33
Richards	492 ± 6.97	0.7708±0.0341	.0537±.0031	3.5±0.9	1070 ±76	96.0 ±.28

Çizelge 4. Modellerden elde edilen R² ve HKO değerlerine ait varyans analiz sonucu

Varyasyon Kaynağı	SD	Belirleme Katsayısı (R ²)		Hata Kareler Ortalaması (HKO)	
		Kareler Ort.	F	Kareler Ort.	F
Doğrusal Olmayan Modeller					
Model	4	464733	9.08**	2011331	7.63**
Hata	890	51147		263314	
Doğrusal Modeller					
Model	1	24144	35.58**	1267525	6.40**
Hata	356	698		197773	

** P<0.01 Çok önemli.

En iyi modelin tespiti

En iyi modelin seçimi için modellerden elde edilen R² ve HKO istatistiklerine varyans analizi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. Hem doğrusal hemde doğrusal olmayan modellerde R² ve HKO'na modellerin etkisi önemli (P<0.01) çıkmıştır.

R² ve HKO değerlerine Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak en iyi modelin analitik olarak seçimi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, doğrusal olmayan modeller içerisinde R² değeri bakımından en iyi uyumu Richards modeli vermiştir. HKO değerine göre en düşük uyumu Logistik model vermiş, diğer dört model ise aynı sınıflandırmaya girmiştir. R² istatistiği bakımından kübik modelin,

kuadratikte göre uyumu % 1.65 daha iyi çıkmış, bu fark önemli bulunmuştur (P<0.01).

Tartışma

Sığırlarda hayatın erken dönemlerindeki büyüme, genelde doğrusal bir artış sergilediği için bu periyottaki ağırlık yaş değişiminin incelenmesinde daha çok doğrusal modeller kullanılmaktadır. Fakat daha sonraki dönemlerde, büyüme doğrusal bir artış sergilemediği için uzun dönemi kapsayan ağırlık-yaş verilerinin analizinde eğrisel büyüme yapısını da açıklayan modellerin kullanımını gerektirmektedir. Bu durum esas alınarak, bu çalışmada basit doğrusal model kullanılmamıştır. Literatürde uzun döneme ait ağırlık-yaş değişimini doğrusal modellerle karşılaştırmalı olarak inceleyen çalışma sayısı çok azdır. Bu kapsamda Türkiye'de yapılmış olan bir çalışmada (Akbaş ve ark., 2001), doğrusal modeller içerisinde en iyi sonuç, kübik

model ile elde edilmiştir. Akbaş ve ark. (2001)'nin sonucu ile uyumlu olarak, bu çalışmada da R^2 değeri bakımından kübik modelin kuadratik modele göre uyumu yaklaşık % 1.65 daha iyi olmuş ve bu fark önemlidir ($P < 0.01$).

Doğrusal modellerde a parametresi, doğrunun y eksenini kestiği nokta, incelenen özelliğe ait başlangıç değerini göstermektedir. Bu çalışmada a parametresi, doğrusal modellerle tahminlenen doğum ağırlığını göstermektedir. Araştırmada kuadratik modelin Esmer ve Siyah Alaca sığırlar için tahminlediği doğum ağırlığı oldukça yüksek (52 ve 57 kg) bulunmuştur. Aynı işletmede ise doğum ağırlığı ile ilgili yürütülmüş kapsamlı bir araştırmada (Akbulut ve ark., 2001), Esmer ve Siyah Alaca buzağular için gözlenen doğum ağırlığı ortalamaları sırasıyla 36.5 ve 36.3 kg bildirilmiştir. Kübik modeline ait tahminler (32 ve 31 kg) düşük olmakla birlikte, ırklara ait gözlenen doğum ağırlıklarına nispeten daha yakın bulunmuştur. İki ırkta da, kübik modele ait parametrelerin işaretleri (+, -, +) ve büyüklükleri benzer düzeydedir. Bu sonuç, söz konusu modelin Esmer ve Siyah Alacalarda ağırlık-yaş değişimini benzer şekilde açıkladığı şeklinde yorumlanabilir.

Çalışmada, modellerin karşılaştırılmasında R^2 ve HKO istatistikleri kullanılmıştır. Yapılan varyans analiz sonucunda R^2 ve HKO değerlerine modellerin etkisi önemli ($P < 0.01$) çıkmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre, doğrusal olmayan modeller içerisinde ağırlık-yaş değişimini en iyi açıklayan Richards modeli olmuştur. Richards modeline göre R^2 değeri bakımından yaklaşık %1.41 daha düşük uyum sağlayan Logistik modelinin uyumu en zayıf bulunmuştur. Brody, Bertalanffy ve Gompertz büyüme modellerinin uyumları birbirine yakın olmuş ve ilgili modellerin uyumları Richards modelinden daha düşük

ve Logistik modelinden ise daha yüksek çıkmıştır. HKO istatistiği bakımından Logistik model en yüksek değere sahip olmuş, diğer dört model ise çoklu karşılaştırma testinde aynı sınıflandırmada yer almıştır. Bu çalışmada, Logistik modelinin sığırlarda yaşa bağlı olarak ağırlıktaki değişimi açıklamadaki etkinliğinin diğer modellerden daha düşük çıkması, bu modelin dahil edildiği gerek et (Goonewardane ve ark., 1981; Behr ve ark., 2001), gerekse süt sığırları ile yapılan çalışmaların (Brown ve ark., 1976; Wada ve ark., 1983; Jenkins ve ark., 1991; Krieter ve ark., 1987; Akbaş ve ark., 2001) sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Modellerin karşılaştırılmasında kriter olarak kullanılan R^2 ve HKO değerleri birlikte ele alındığında, iki ırkta da yaşa bağlı olarak canlı ağırlıktaki değişimi en iyi Richards modeli açıklamıştır. Süt ırkı sığırlarda yürütülmüş olan çalışmalarda en iyi büyüme eğrisi modelinin Richards (Brown ve ark., 1976; Perotto ve ark., 1992) veya Bertalanffy modelinin (Wada ve ark., 1983; Krieter ve ark., 1987; Koenen ve Groen; 1996; Akbaş ve ark., 2001) olduğu bildirilmiştir. Et ırkı sığırlar da ise, değişim noktası bulunmayan Brody yada değişken bir değişim noktasına sahip Richards en iyi model olarak bildirilmiştir (Goonewardane ve ark., 1981).

Çalışmada, doğrusal olmayan beş modelde, Esmerlere ait ergin ağırlığı, Siyah Alacalardan daha yüksek tahminlenmiştir. Bu fark, Brody modelinde 15, Bertalanffy modelinde 9, Logistik modelinde 5, Gompertz modelinde 7 ve Richards modelinde 12 kg olmuştur. Her iki ırkta da, ergin ağırlığı en yüksek Brody, en düşük Logistik model tahminlemiştir. En yüksek ile en düşük tahminleri veren modeller arasındaki fark, Esmerlerde 66, Siyah Alacalarda ise 56 kg olmuştur.

Çizelge 5. Doğrusal ve doğrusal olmayan modellere ait R^2 ve HKO istatistiklerine ait en küçük kareler ortalamaları, standart hataları ve çoklu karşılaştırma test sonuçları

Varyasyon Kaynakları	R^2	HKO
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
Doğrusal Olmayan Modeller	F= 9.08**	F= 7.63**
Brody	96.06 \pm 0.14 ^b	983 \pm 34.05 ^b
Bertalanffy	95.99 \pm 0.22 ^b	981 \pm 37.70 ^b
Logistic	95.12 \pm 0.17 ^c	1217 \pm 42.29 ^a
Gompertz	95.96 \pm 0.15 ^b	1011 \pm 37.83 ^b
Richards	96.53 \pm 0.13 ^a	960 \pm 39.44 ^b
Doğrusal Modeller	T= 5.88**	T= 5.26**
Kuadratik	94.85 \pm 0.24	1042 \pm 61.22
Kübik	96.50 \pm 0.14	871 \pm 42.40

**:(P<0.01) Çok önemli. a, b, c: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsizdir

Bu çalışmada elde edilen bulguya paralel olarak, Brown ve ark. (1976), Krieter ve ark. (1987), Perotto ve ark. (1992) ve Akbaş ve ark. (2001) tarafından yapılmış olan çalışmalarda da, ergin ağırlığı Brody modelinin yüksek, Logistik modelin ise düşük tahminlediği bildirilmiştir. Buna gerekçe olarak, Bertalanffy, Logistik ve Gompertz modellerinin değişim noktalarının sabit olmasından dolayı, parametre tahminlerinin az sayıda iterasyonla elde edildiği, bunun sonucu olarak da bu modellerin doğum ağırlığını yüksek, ergin ağırlığı düşük tahminlediği bildirilmiştir (Goonewardene ve ark., 1981). Gerek doğum ağırlığını yüksek ve ergin ağırlığı düşük tahminlemesinde, gerekse R^2 ve HKO istatistikleri bakımından düşük uyum göstermesi nedeniyle, Logistik modelinin sığırlarda ağırlık-yaş değişimini açıklamada yetersiz olduğu söylenebilir.

Esmerler için Brody modeli ile tahminlenen ergin canlı ağırlık, Jenkins ve ark. (1991) tarafından bildirilen 520 kg'lık değere yakın bulunmuştur. Siyah Alacalarda, en iyi model olarak tespit edilen Bertalanffy modeli ile ergin canlı ağırlıklar sırasıyla 450, 596, 667 ve 459 kg bildirilmiştir (Wada ve ark., 1983; Krieter ve ark., 1987; Koenen ve Groen, 1996; Akbaş ve ark., 2001). Saf Siyah Alacalarda (Perotto ve ark., 1992), Siyah Alaca x Angus (Nadarajah ve ark., 1984) ve Siyah Alaca x Gir melezlerinde (Perotto ve ark., 1997) en iyi model olarak tespit edilen Richards modeli ile tahminlenen ergin ağırlıklar sırasıyla 613, 494 ve 492 kg olmuştur. Bu çalışmada, doğrusal olmayan modellerin Siyah Alacalar için tahminledikleri ergin ağırlıklar (452-508 kg) saf Siyah Alacalarla ilgili yurtdışında yürütülmüş olan değerlerden düşük çıkmıştır. Bu sonuç, çalışmanın yürütüldüğü işletmenin sahip olduğu şartlara bağlanabilir. İşletmenin bulunduğu bölgenin rakımı oldukça yüksek olup, karasal bir iklim sürmekte ve mera ağırlıklı bir hayvancılık yapılmaktadır. Bu olumsuzluklar, söz konusu ırklarda büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemiş olabilir. Nitekim bu işletmede yetiştirilen kültür ırkı sığırların, ırklarına özgü büyüme ve gelişmelerini sağlayamadıkları daha önceki çalışmada da bildirilmiştir (Akbulut, 1999).

B parametresi, doğumdan sonra kazanılan ağırlığın ergin ağırlığa oranını göstermekle birlikte, Brody dışında kalan diğer dört doğrusal olmayan modelde, bu parametrenin anılan biyolojik anlamı tam olarak taşımadığı söylenebilir. Brown ve ark. (1976), Richards modeline dördüncü parametre olarak, değişkenlik gösteren m parametresinin ilave edilmesinin bu modeldeki B parametresinin biyolojik anlamlılığını

sınırladığını bildirmişlerdir. Buna gerekçe olarak da, B ile m arasında çok yüksek ve negatif (-0.97) bir ilişkinin bulunduğunu, B parametresinin m'nin aldığı değere göre değiştiğini bildirmişlerdir. Bertalanffy, Logistik ve Gompertz modellerinde ise değişim noktalarının sabit olmasından dolayı (sırasıyla; 3, -1 ve ∞), değişim noktasının meydana geleceği koordinatlar önceden tayin edildiği için bazı parametrelerin anılan biyolojik anlamlılığını kaybettiği söylenebilir. Siyah Alacalarda, Krieter ve ark. (1987), Perotto ve ark. (1992), Akbaş ve ark. (2001) B parametresini Logistik model için 4.62, 6.33, 4.77, Gompertz model için 2.03, 2.34, 2.18, Bertalanffy model için 0.52, -, 0.56, Richards modeli için, -, 0.68, 0.73 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada Logistik hariç, diğer üç model ile elde edilen B parametreleri, yukarıda bildirilen sonuçlara nispeten yakın bulunmuştur.

Modellerin ortak tahminlediği ve pratikte kullanılabilirliği en fazla olan parametre k'dır. Bu parametre, erginleşme hızını, bir diğer ifade ile t yaşta gözlenen ağırlığın hangi hızla ergin ağırlığa yaklaştığını göstermektedir. Bu çalışmada da, Brown ve ark. (1976), Krieter ve ark. (1987), Perotto ve ark. (1992)'nın bildirdiklerine paralel olarak, k parametresini, ergin ağırlığı düşük tahminleyen Logistik modelinin en yüksek, ergin ağırlığı yüksek tahminleyen Brody modeli ise en düşük tahmin etmiştir. Bu ilişkiye göre, aynı ırk hayvanlarda k'yı yüksek tahminleyen modelin, A'yı düşük tahminlediği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bir çok çalışmada (Brown ve ark., 1972; Lopez de Torre ve Rankin, 1978; Krieter ve ark., 1987; DeNise ve Brinks, 1985), ergin ağırlıkla (A) erginleşme hızı arasında (k) 0.55 ile 0.72 aralığında değer alan oldukça yüksek ve negatif ilişki bildirilmiştir. Bu çalışmada da, A ile k parametreleri arasında oldukça yüksek ve negatif (-0.64) fenotipik korelasyon tahmin edilmiştir. Bu ilişki, erginleşme hızı yüksek olan sığırlarda ergin ağırlığa ulaşma süresinin daha kısa, fakat ergin ağırlığın daha düşük olacağını göstermektedir.

Esmerlerde Brody modeli ile tahminlenen k değeri, Jenkins ve ark. (1991) tarafından aynı ırk hayvanlarda aynı modelle tahminlenen 0.055/ay değerinden daha düşük olmuştur.

Siyah Alacalarda, Krieter ve ark. (1987) ve Koenen ve Groen (1996) Bertalanffy modelle erginleşme hızını sırasıyla 0.068 ve 0.0027* (0.0820), Perotto ve ark.

* Söz konusu değerler günlük erginleşme hızını, bu değerlerin 30.4 ile çarpılması sonucu elde edilen aylık erginleşme hızları parantez içerisinde verilmiştir.

(1992) ise Richards modelle aynı parametreyi 0.0022 (0.0668) olarak bildirilmiş, bildirilen sonuçlar bu çalışmada elde edilen değerlerden daha yüksektir.

m, eğrinin şekli hakkında bilgi veren bir parametre olup, tahmin edilen büyüme hızındaki değişikliğin artıştan azalışa geçtiği durumlarda meydana gelen değişim noktasını (Point of Inflection) göstermektedir. Richards modelinde Esmerlere ait m parametresi (3.8), Siyah Alacalardan (3.5) daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuç, Siyah Alacaların değişim noktasına daha erken ulaştıklarını ve bu noktada Esmerlere göre daha düşük ağırlıkta olduklarını göstermektedir.

$0 < m < 1$ aralığında, değişim noktasının tanımsız olduğu bildirilmiştir (Brown ve ark., 1976; Nadarajah ve ark., 1984; Perotto ve ark., 1992; Beltran ve ark., 1992). Bir diğer ifade ile değişim noktasının meydana gelmediğini göstermektedir.

Et ırkı sığırlarda yapılmış olan iki çalışmada da (Goonewardene ve ark., 1981; Beltran ve ark., 1992), m parametresi 1'den küçük tahminlenmiştir. Etçi sığırlarda ağırlıkla ilgili kayıt tutma işlemi genelde sütten kesim ağırlıkları ile başlamakta, büyüme eğrisi ile ilgili çalışmalarda ilk ağırlıkları oluşturan sütten kesim ağırlıkları 205. günde alınmaktadır. 205 ve daha sonraki ağırlıkların kullanılması sonucu, değişim noktasının bu dönemden önce meydana gelmesi halinde (Nadarajah ve ark., 1984), et ırkı sığırlarda modellerin tahminlediği değişim noktası tanımsız çıkabilmektedir.

Sonuç olarak, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftliği'nde yetiştirilen Esmer ve Siyah Alaca dişi sığırların ağırlık-yaş değişimini en iyi Richards modeli açıklamıştır. Söz konusu işletmede bu model kullanılarak, Esmer ve Siyah Alaca sığırların bazı büyüme ve gelişme özelliklerinin tahmini mümkün olacaktır. Özellikle ergin ağırlıkla erginleşme hızı arasındaki ilişkiden faydalanılarak sürünün ergin canlı ağırlığının istenilen yönde değişimi mümkün görünmektedir.

Kaynaklar

- Akbaş, Y. 1995. Büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılması. Hayvansal Üretim 36: 73-81.
- Akbaş, Y., Taşkın, T., Demirören E. 1999. Farklı modellerin Kıvrıkcık ve Dağlıç erkek kuzularının büyüme eğrilerine uyumunun karşılaştırılması. Turk J. Vet. and Anim. Sci. 23(ek sayı 3): 537-544.
- Akbaş, Y., Akbulut, Ö., Tüzemen, N. 2001. Growth of Holstein in high altitude of Turkey. Indian J. Animal. Sci. 71(5): 476-479.

- Akbulut, Ö. 1999. Esmer ve Siyah Alaca düvelerin sert iklim şartlarında büyüme analizleri. Turk J. Vet. Anim. Sci. 23 (ek sayı 1): 131-137
- Akbulut, Ö., Bayram, B., Yanar, M. 2001. Yarı entansif şartlarda yetiştirilen Esmer ve Siyah Alaca buzağuların doğum ağırlığına ait fenotipik ve genotipik parametre tahminleri. Lalahan Hay. Arşt. Derg. 41(2): 11-20.
- Behr, V., Hornick, J. L., Cabaraux, J. F., Alvarez, A., Istasse, L. 2001. Growth patterns of Belgian Blue replacement heifers and growing males in commercial farms. Lives. Prod. Sci. 71: 121-130.
- Beltran, J. J., Butts, W. T., Olson, T. A., Koger, M. 1992. Growth patterns of two lines of Angus cattle selected using predicted growth parameters. J. Anim. Sci. 70: 734-741.
- Bethard, G. L. 1997. A microcomputer simulation to evaluate management strategies for rearing dairy replacement. Doctor of philosophy in animal science (dairy), April 18, 1997, Blacksburg, Virginia.
- Brown, J. E., Brown, C. J., Butts, W. T. 1972. A discussion of the genetic aspects of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. J. Anim. Sci. 34(4): 525-537.
- Brown., J. E., Fitzhugh, H. A., Cartwright, T. C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. J. Anim. Sci. 42(4): 810-818.
- DeNise, R. S. K., Brinks, J. S. 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. J. Anim. Sci. 61(6): 1431-1440.
- Efe, E.1990. Büyüme eğrileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1990.
- Goonewardene, L. A., Berg, R. T., Hardin, R. T.1981. A study growth of beef cattle. Can. J. Anim. Sci. 61: 1041-1048.
- Jenkins, T. G., Kaps, M., Cundiff, L. V., Ferrel, C. L. 1991. Evaluation of between-and within-breed variation in measures of weight-age relationships. J. Anim. Sci. 69: 3118-3128.
- Kocabaş, Z., Kesici, T., Eliçin, A. 1997. Akkaraman, İvesi x Akkaraman ve Malya x Akkaraman kuzularında büyüme eğrisi. Turk. J. Vet. and Anim. Sci. 21: 267-275.
- Koenen, E. P. C., Groen, A. F. 1996. Genetic analysis of growth patterns of Black and White dairy heifers. J. Dairy Sci. 79: 495-501.
- Krieter, J., Junge, W., Kalm, E. 1987. Comparison of different growth functions in dairy cattle. 38th Annual Meeting of European Association for Animal Production. Lisbon, Portugal, 27. september-1. October, 1987.

- Lopez de Torre, G., Rankin, B. J. 1978. Factors affecting growth curve parameters of Hereford and Brangus cows. *J. Anim. Sci.* 46(3): 604-613
- Menchaca, M. A., Chase, C. C., Olson, T. A., Hammond, A. C. 1996. Evaluation of growth curves of Brahman cattle of various frame sizes. *J. Anim. Sci.* 74: 2140-2151
- Nadarajah, K., Marlowe, T. J., Noter, D. R. 1984. Growth patterns of Angus, Charolais, Charolais x Angus and Holstein x Angus cows from birth to maturity. *J. Anim. Sci.* 59(4): 957-966.
- Owens, F. N., Dubeski P., Hanson, C. F. 1993. Factors that alter growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 71(11): 3138-3150.
- Perotto, D., Cue, R. I., Lee A. J. 1992. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve oh three genotypes of dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 773-782.
- Perotto, D., Castanho, M. J. D., da Rocha, J. L., Pinto, J. M. 1997. Description of growth curves of female Guzera, Gir, Holstein x Guzera, and Holstein x Gir cattle. *J. Brazilian Soc. Anim. Sci.* 26(2): 283-288.
- Trenkle, A., Marple, D. N. 1983. Growth and development of meat animals. *J. Anim. Sci.* 57(supplement 2): 273-282.
- Wada, Y., Sasaki, Y., Mukai, F., Matsumoto, Y. 1983. Describing weight-age data in Japanese Black females with nonlinear growth models. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 54(1): 46-51.