

Araştırma Makalesi

Beyaz Yeni Zelanda Tavşanlarında Büyüme Eğrilerinin Karşılaştırılması

Turgay ŞENGÜL*, Şenol ÇELİK, M. Reşit TAYSI, Bünyamin SÖĞÜT

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü – Bingöl

*Sorumlu yazar: tsengul2001@yahoo.com

Geliş Tarihi: 28.06.2018

Düzeltilme Geliş Tarihi: 03.09.2018

Kabul Tarihi: 04.09.2018

Özet

Bu çalışmada, Beyaz Yeni Zelanda ırkı tavşanlara (erkek ve dişi) ait 0-20 haftalık dönemdeki canlı ağırlıkların büyüme eğrileri karşılaştırılmıştır. Tavşanların canlı ağırlıklarını tanımlamak için Lojistik, Gompertz ve Von Bertalanffy modelleri kullanılmıştır. Modellerin karşılaştırılmasında, determinasyon katsayısı (R^2), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Hata Kareler Ortalamasının karekökü (HKO karekökü), Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesci Bilgi Kriteri (BIC) değerleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Von Bertalanffy modelinin tavşanların canlı ağırlığını belirleyen en iyi model olduğu, R^2 , HKO ve büyüme oranlarının (k) sırasıyla; erkek tavşanlar için 0.998, 2214.925, 0.107; dişi tavşanlar için 0.997, 2277.812, 0.104 olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Tavşan, canlı ağırlık, büyüme eğrisi, nonlinear model.

Comparison of Growth Curves Using Nonlinear Models in New Zealand White Rabbits

Abstract

This study was conducted to compare the growth curves of male and female rabbits (New Zealand White) using live weights in during 0-20 weekly period. Logistics, Gompertz, and Von Bertalanffy models were used to define the live weights of the rabbits. In the comparison of the models, the determination coefficient (R^2), mean square error (MSE), root mean square error (RMSE), Akaike's Information Criterion (AIC) and Bayesian Information Criterion (BIC) values were used. As a result of the study, it is seen that Von Bertalanffy model is the best model to define live weight of the rabbits in the Von Bertalanffy, R^2 , MSE and growth rates (k) for male rabbits were 0.998, 2214.925, and 0.107, respectively; for female rabbits were 0.997, 2277.812 and 0.104, respectively.

Key words: Rabbit, body weight, growth curve, nonlinear models.

Giriş

Büyüme modelleri, genellikle hayvanlarda büyüme-yaş ilişkilerinin tanımlanması amacıyla uygulanmaktadır (Malhado ve ark., 2008, Agudelo-Gomez, 2009; Bayram ve Akbulut, 2009; Prestes ve ark., 2012; Çelik ve ark., 2017). Bu modeller, canlı ağırlığın alabileceği en büyük değeri, çıkıştan sonraki ilk canlı ağırlığı ve büyüme hızı gibi önemli parametreleri tanımlamaktadır (Karadavut ve ark., 2010). Ayrıca büyüme modelleri ile hayvanların genel sağlık durumları, ileri dönemlerdeki büyümeleri, damızlığa ayrılma yaşı, optimum kesim yaşı ve bazı parametreler tahmin edilebilmektedir (Bayram ve Akbulut, 2009). Bu parametreler, hayvanların ağırlık kazancı üzerine etkili olan

çevresel faktörlerin etkilerini belirlemek ve hayvanların günlük yem ihtiyaçlarını tespit etmek amacıyla kullanılabilir (Teleken ve ark., 2017).

Doğrusal olmayan fonksiyonlardan oluşan ve farklı matematik modelleri içeren bu modellerle, farklı hayvan türlerinin büyümesindeki hız ve ivmenin değişimleri incelenebilmektedir. Hayvanların en son canlı ağırlığa ulaşmasında biyolojik parametreler önemli rol oynamakta ve fizyolojik büyümenin açıklanması büyüme modelleri ile tahmin edilebilmektedir (Behr ve ark., 2001; Söğüt ve ark., 2016).

Büyüme modelleri herhangi bir hayvanın ileri yaşlardaki büyümesini tahmin etme olanağı

sağlayarak, büyümesi iyi olarak kabul edilebilecek hayvanları erken yaşta damızlığa ayırma olanağı sağlamaktadır (Efe, 1990; Tekel, 1998).

Büyüme modelleri birçok çiftlik hayvanları (inek, domuz, koyun, keçi, tavşan ve farklı kanatlı türleri) için uygulanmış olup, bu çalışmalardan farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Konu ile ilgili hayvancılıkta değişik canlı türlerinde yapılmış çalışmalar mevcuttur (Tekel, 1998; Yeni, 2003; Şahin ve ark., 2014). Kanatlı hayvanlar kadar olmasa da, farklı ülkelerde bazı tavşan ırklarının büyümeleri üzerinde çalışmalar yürütülmüştür (Larzul ve Rochambeau, 2004; Maj ve ark., 2009; Orheruata ve ark., 2010a; Papa ve ark., 2013). Ancak, tavşanların büyüme modelleri üzerine yapılmış çalışmalar çok fazla değildir. Bu nedenle, Beyaz Yeni Zelanda ırkı tavşanların büyüme eğrilerinin farklı modeller kullanılarak belirlenmesi üzerine bir çalışma planlanmıştır.

Bu çalışmada, 3 farklı büyüme modeli (Lojistik, Gompertz ve Von Bertalanffy modelleri) kullanılarak Beyaz Yeni Zelanda tavşanları için en uygun büyüme modelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çizelge 1. Büyüme eğrilerini tahmin etmek için kullanılan doğrusal olmayan modeller.

Model	Eşitlik	IPW	IPW
Lojistik	$y_t = \frac{A}{(1 + b * \exp(-k * t))}$	$-\ln\left(\frac{1}{b}\right)/k$	A/2
Gompertz	$y_t = A * \exp(-b * \exp(-k * t))$	$\frac{\ln b}{k}$	A/e
Von Bertalanffy	$y_t = A * (1 - b * \exp(k * t))^3$	$\frac{\ln 3b}{k}$	$A \frac{8}{27}$

Bu modellerde; A, b, k büyüme eğrisi parametreleridir. A: Asimptotik büyüklük veya ağırlık, b: Canlının başlangıç büyüklüğü, k: Büyüme hızı, t: Zaman (yaş), Y: Canlı ağırlık, IPT: Büküm noktasındaki zaman, IPW: Büküm noktasındaki ağırlık.

En iyi modeli belirlemek için, Hata Kareler Ortalaması (HKO), Hata Kareler Ortalaması Karekökü (RMSE), belirleme katsayısı (R^2), Akaike'nin Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesci Bilgi Kriteri (BIC) gibi uyum iyiliği kriterleri kullanılmıştır. Hata Kareler Ortalaması, hata kareleri toplamının serbestlik derecesine bölünmesiyle elde edilmekte ve en uygun model için en küçük HKO değeri tercih edilmektedir (Nasri ve ark., 2006). AIC istatistiğinde k bilinmeyen parametrelili olabirlik fonksiyonu, n örneklem büyüklüğü olmak üzere en küçük kareler yöntemi (EKK) için hesaplanmıştır. BIC kriteri de AIC kriterine benzemektedir. BIC değeri daima AIC değerinden küçük çıkar ve sadece seçili örnek büyüklüğü içinde değil aynı zamanda seçili örnek büyüklüğü dışındaki gelecek tahmini içinde geçerlidir (Ucal, 2006). RMSE istatistiği ise HKO istatistiğinin karekök değeridir.

Materyal

Çalışmada, bir günlük yaşta 14 adet dişi ve 6 adet erkek olmak üzere toplam 20 adet Beyaz Yeni Zelanda tavşanı (*Oryctolagus cuniculus* L.) kullanılmıştır. Deneme 20 hafta süreyle yürütülmüştür. Hayvanlar bir günlük yaştan itibaren bireysel kafeslerde (95x50x40 cm) barındırılmışlar ve günde iki kez yemlenmişlerdir. Her bölmeye birer adet yemlik ve suluk konulmuştur. Deneme süresince oda sıcaklığı ortalama 23°C olarak düzenlenmiş olup, günlük aydınlatma süresi 12 saat aydınlık-12 saat karanlık şeklinde uygulanmıştır. Hayvanlar için gerekli havalandırmanın sağlanması için fanlar kullanılmıştır.

Yöntem

Tavşanlar doğumdan itibaren 20. haftalık yaşa kadar her hafta tartılmışlardır. Ağırlık-yaş verileri haftalık ağırlık ortalamaları alınarak analiz edilmiştir. Analizlerde doğrusal olmayan 3 farklı büyüme modeli (Lojistik, Gompertz ve Von Bertalanffy) kullanılmıştır (Verhulst, 1838; Von Bertalanffy, 1957; Panik, 2014; Gurcan, ve ark., 2017). Bu modellere ait denklem ve büküm noktaları Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan uyum iyiliği kriterleri Çizelge 2'de verilmiştir (Narinc ve ark., 2010, Eydurun ve Akbaş, 2015).

Bulgular ve Tartışma

Tavşanların canlı ağırlık değerleri Lojistik, Gompertz ve Von Bertalanffy modelleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde, erkek ve dişi tavşanların ağırlıklarının analizinde, ergin canlı ağırlığı (A) hem erkeklerde hem de dişilerde en yüksek Von Bertalanffy, en düşük Lojistik modeli tahmin etmiştir. Bu iki modelin tahmin ettiği A değerleri arasındaki fark, erkeklerde 818.267 g, dişilerde ise 838.391 g olmuştur. Erginleşme hızını ifade eden k parametresini erkeklerde ve dişilerde en yüksek tahmin eden Lojistik, en düşük tahmin eden ise Von Bertalanffy modeli olmuştur.

Tavşanların doğumundan itibaren elde edilen canlı ağırlık kazancının ergin canlı ağırlığa oranını gösteren b parametresini, erkek ve dişilerde en

yüksek tahmin eden Lojistik modeli, en düşük tahmin eden Von Bertalanffy modeli olmuştur. Eğrilere ait büküm noktaları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 2. Büyüme modelleri için uyum iyiliği kriterleri.

İstatistikler	Formül
Hata Kareler Ortalaması	$HKO = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2$
Hata Kareler Ortalamasının Karekökü	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}$
Belirleme Katsayısı (R^2)	$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$
Akaike's Bilgi Kriteri (AIC),	$AIC = n \ln \left(\frac{HKT}{n} \right) + 2k$
Bayesci Bilgi Kriteri (BIC)	$BIC = n \ln \left(\frac{HKT}{n} \right) + k \ln(n)$

n: Gözlem sayısı, HKT: Hata kareler toplamı, k: Parametre sayısı, Y_t : Gözlenen değer, \hat{Y}_t : Beklenen değer.

Çizelge 3. Büyüme modeli parametreleri ve fonksiyonları.

Cinsiyet	Model	A	b	k	Fonksiyon
Erkek	Lojistik	2902.617	14.487	0.268	$y_t = \frac{2902.617}{(1 + 14.487 * \exp(-0.268 * t))}$
	Gompertz	3328.387	3.564	0.148	$y_t = 3328.387 * \exp(-3.564 * \exp(-0.148 * t))$
	Von Bertalanffy	3720.884	0.765	0.107	$y_t = 3720.884 * (1 - 0.765 * \exp(0.107 * t))^3$
Dişi	Lojistik	2812.545	14.704	0.264	$y_t = \frac{2812.545}{(1 + 14.704 * \exp(-0.264 * t))}$
	Gompertz	3245.595	3.584	0.145	$y_t = 3245.595 * \exp(-3.584 * \exp(-0.145 * t))$
	Von Bertalanffy	3650.936	0.767	0.104	$y_t = 3650.936 * (1 - 0.767 * \exp(0.104 * t))^3$

Çizelge 4. Büyüme modellerine ait büküm noktaları.

Cinsiyet	Model	IPW	IPW
Erkek	Lojistik	9.975	1451.309
	Gompertz	8.587	1224.445
	Von Bertalanffy	7.764	1102.484
Dişi	Lojistik	10.182	1406.273
	Gompertz	8.803	1193.988
	Von Bertalanffy	8.013	1081.759

Erkek ve dişi tavşanlarda büküm noktası yaşını en büyük tahmin eden Lojistik, en düşük tahmin eden Von Bertalanffy modeli olmuştur. Büküm noktası ağırlığını ise, yine benzer şekilde, erkek ve dişi tavşanlarda en yüksek tahmin eden Lojistik, en düşük olarak tahmin eden Von Bertalanffy modeli olmuştur. Uyum iyiliği istatistikleri Çizelge 5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5'de görüldüğü gibi, modelleri karşılaştırmak için R^2 , HKO, HKO karekökü, AIC ve BIC uyum iyiliği istatistikleri kullanılmıştır. Lojistik, Gompertz ve Von Bertalanffy modellerinde R^2 değerleri erkek tavşanlar için sırasıyla; 0.989, 0.996 ve 0.998 bulunurken, dişi tavşanlar için 0.988, 0.996 ve 0.997 olarak elde edilmiştir. R^2 değeri en yüksek olarak hem erkek hem de dişi tavşanlar için Von Bertalanffy modelinde elde edilmiştir. Tüm

modellerin R^2 değerleri çok yüksek ve birbirlerine yakın bulunmuştur. En düşük HKO, HKO karekökü, AIC ve BIC değerleri hem erkeklerde hem dişilerde Von Bertalanffy modelinde elde edilmiştir. Hem erkek hem de dişi tavşanlarda büyüme için Von

Bertalanffy modelinin en iyi uyumu gösterdiği görülmüştür. Erkek ve dişi tavşanlarda elde edilen sonuçlar birbirine çok yakın bulunmuştur. Bu durum erkek ve dişi tavşanların benzer büyüme özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5. Farklı modellere göre uyum iyiliği kriterleri.

Cinsiyet	Model	R^2	HKO	HKO karekökü	AIC	BIC
Erkek	Lojistik	0.989	10700.974	103.446	61.669	61.044
	Gompertz	0.996	3751.424	61.249	55.379	54.755
	Von Bertalanffy	0.998	2214.925	47.063	52.218	51.593
Dişi	Lojistik	0.988	10567.648	102.799	135.718	135.093
	Gompertz	0.996	3933.435	62.717	121.882	121.257
	Von Bertalanffy	0.997	2377.812	48.763	114.835	114.210

Büyüme eğrisinin şekli hakkında bir fikir veren büküm noktası ise, erkek ve dişi tavşanlarda farklılık göstermiştir. Büküm noktasındaki zaman, dişi tavşanlarda daha yüksek bulunurken, büküm noktasındaki ağırlık erkeklerde daha yüksek olmuştur. Bu durum, erkek tavşanların büküm noktasına daha erken ulaştıklarını ve bu zamanda erkeklerin daha yüksek ağırlıkta olduklarını göstermektedir.

Doğumdan 20 haftalık yaşa kadar olan besi döneminde Beyaz Yeni Zelanda ırkı tavşanların büyüme eğrilerine ait grafikler Şekil 1'de sunulmuştur. Şekil 1 incelendiğinde genel olarak tüm modellerde gözlenen ve tahmin edilen değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir.

Larzul ve Rochambeau (2004), 10 farklı genotipte tavşanlar üzerinde Gompertz büyüme eğrisi parametrelerinden k 'yı 0.0272-0.0307, büküm noktasındaki yaşı 41.3-52.6 gün ve büküm noktasındaki ağırlığı ise 1.06-1.96 kg olarak tahmin etmişlerdir. Araştırmacıların bildirdikleri sonuçlar ile bu çalışmanın sonuçları birbirinden farklılık göstermiştir. Bu farklılıklar yer ve yetiştirme koşullarından kaynaklanmış olabilir.

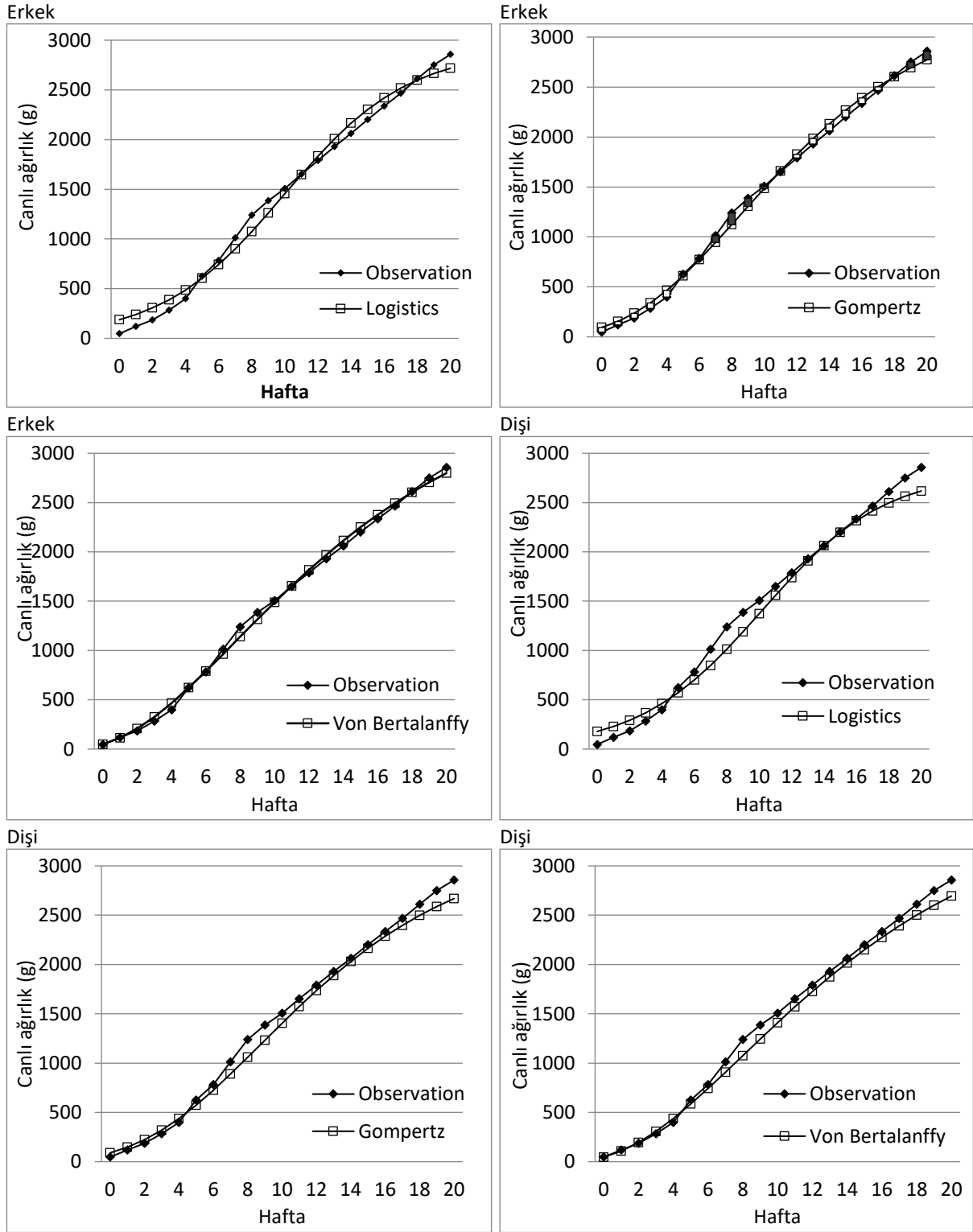
Sampaio ve ark. (2005), Gompertz eğrisini kullanarak 154 günlük yaşta Yeni Zelanda beyaz dişi tavşanlarda ergin ağırlığı (A) 3600 g ve b parametresini 0.113 elde etmişlerdir. Araştırmacıların bildirdikleri sonuçlar, bu çalışmanın bulguları ile farklılık göstermiştir. Farklılığın nedenleri olarak model ve yaş farklılığı düşünülebilir.

Orheruata ve ark. (2010b), Beyaz Yeni Zelanda tavşanların büyümesini lineer, logaritmik, kuadratik, exponential ve lojistik modellerle araştırmışlardır. Araştırmacıların bildirdikleri R^2 değerleri 0.893-0.997 arasında olup, bu çalışmadaki değerlere yakın bulunmuştur. Papa ve ark. (2013),

Arnavut yerel tavşanlarında büyüme Gompertz model ile tanımlamışlar ve R^2 değerlerini 0.77-0.89 arasında bulmuşlardır. Elde edilen sonuç bu çalışmanın sonucundan daha düşük bulunmuştur. Bunun sebebi genotip farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Setiaji ve ark. (2013), tavşanlarda büyüme Gompertz yöntemi ile analiz etmişlerdir. Erkeklerde A parametresini Flamish Giant, Local ve Rex grupları için sırasıyla; 1249.77, 558.21, 1107.38, dişilerde 1521.78, 559.19, 1258.87 g olarak bulmuşlardır. Aynı gruplarda b parametresini sırasıyla; erkeklerde 3.16, 2.74, 3.00, dişilerde 3.17, 2.69, 3.18 olarak elde etmişlerdir. Araştırmacılar, k parametresini erkeklerde 0.0279, 0.04, 0.03, dişilerde ise 0.02, 0.04 ve 0.03 bulmuşlardır. Bildirilen sonuçlar, bu çalışma sonuçları ise b parametresi yönünden kısmen benzerlik gösterse de, diğer parametreler yönünden farklılık arz etmiştir. Değişik modellerin analiz edilmesi, çalışmalarda ortaya çıkan bu farklılıkları göstermektedir.

Teleken ve ark. (2017), Yeni Zelanda tavşanlarında büyüme en uygun olarak Von Bertalanffy modeli ile tanımlamışlardır. Belirledikleri modele göre R^2 , RMSE, BIC ve AIC değerlerini sırasıyla; 0.9985, 42.07, 60.803 ve 64.752 olarak bulmuşlardır. Bildirilen değerler, bu çalışmadan elde edilen R^2 değerine çok yakın, RMSE, AIC ve BIC değerlerine göre ise daha yüksek olmuştur. Araştırmacılar, Kaliforniya tavşanlarındaki büyüme Gompertz modeli ile belirlemişlerdir. Gompertz modeliyle elde ettikleri R^2 , HKO karekökü, BIC ve AIC değerleri sırasıyla; 0.9976, 49.91, 63.477 ve 67.425'dir. Bildirilen sonuçlar bu çalışmanın bulguları ile kısmen benzerlik göstermiştir. Bu benzerlik, aynı genotipe sahip tavşanların incelenmesinden kaynaklanmış olabilir.



Şekil 1. Tavşanların tahmin edilen büyüme eğrileri.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Beyaz Yeni Zelanda tavşanlarının doğumdan 20. haftaya kadar olan canlı ağırlıkları kullanılarak 3 farklı büyüme eğrileri karşılaştırılmıştır. Tavşanlarda büyümeyi en iyi tanımlayan model Von Bertalanffy modeli olmuştur. Von Bertalanffy modelinde, erkek ve dişi tavşanlarda sırasıyla; belirlenme katsayısı (R^2) 0.998

ve 0.997; HKO değeri 2214.925 ve 2277.812; HKO karekökü değeri 47.063 ve 48.763; AIC değeri 52.218 ve 114.835; BIC değeri 51.593 ve 114.210 olarak bulunmuştur. Von Bertalanffy modeline göre, en büyük yaşa geldiklerinde tavşanların ergin canlı ağırlıkları (A) erkeklerde 3720.884 g, dişilerde 3650.936 g olarak tahmin edilmiştir. Ergin büyüme hızı (k) erkek tavşanlarda 0.107, dişi tavşanlarda

0.104 olmuştur. En yüksek canlı ağırlık artışının olduğu yaş, erkeklerde 7.764, dişilerde ise 8.013 hafta olmuştur. Yani, canlı ağırlık artışının en fazla olduğu dönem 7-8. haftalar arası olmuştur. Bu dönemde, canlı ağırlıklar erkeklerde 1102.484 g, dişilerde 1081.759 g olmuştur.

Sonuç olarak, tavşanların 20 haftalık büyüme eğrileri incelendiğinde, modellerin birbirine büyük ölçüde benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Hem erkek hem de dişi tavşanların büyümesinde, R^2 , HKO, HKO karekökü, AIC ve BIC değerleri dikkate alındığında Von Bertalanffy modelinin Gompertz ve Lojistik modellerine göre daha iyi uyum gösterdiği söylenilebilir.

Kaynaklar

- Agudelo-Gómez, D., Hurtado-Lugo, N., Cerón-Muñoz, M.F. 2009. Growth curves and genetic parameters in Colombian buffaloes (*Bubalus bubalis artiodactyla*, Bovidae). Rev Colomb Cienc Pec., 22: 178-188.
- 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 faMSR. Livest Prod Sci., 71: 121-130.
- Bayram, B., Akbulut, Ö. 2009. Esmer ve Siyah Alaca sığırlarda büyüme eğrilerinin doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle analizi. Hayvansal Üretim, 50(2): 33-40.
- Çelik Ş., Şengül T., İnci H., Söğüt B., Şengül A. Y., K. Ç., Ayaşan, T. 2017. Estimation of egg weight from some external and internal quality characteristics in quail by using various data mining algorithms. Indian Journal of Animal Sciences, 87(12): 1524-1530.
- Efe, E. 1990. Büyüme Eğrileri. Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Adana.
- Eyduran, E., Akbaş, Y. 2015. Performance of several covariance structures with missing data in repeated measures design. The Journal Animal Plant Science, 25(6): 1543-1548.
- Gurcan, E.K., Çobanoğlu, Ö., Kaplan, S. 2017. Flexible alternatives to models widely used for describing growth in Japanese quail. The Journal of Animal and Plant Sciences, 27(1): 48-56.
- Karadavut, U., Genç, A., Tozluca, A., Palta, Ç. 2010. Silajlık ve danelik mısırlarda kuru madde birikiminin bazı matematiksel büyüme modelleri ile analizi. Tarım Bilimleri Dergisi, 16: 89-96.
- Larzul, C., Rochambeau, H.D. 2004. Comparison of ten rabbit lines of terminal bucks for growth, feed efficiency and carcass traits. Anim. Res. 53: 535-545.
- Maj, D., Bieniek, J., Lapa, P., Sternstein, I. 2009. The effect of crossing New Zealand White with Californian rabbits on growth and slaughter traits. Archiv Tierzucht, 52: 205-211.
- Malhado, C.H.M., Ramos, A.A., Carneiro, P.L.S., Souza, J.C., Wechsler, F.S., Eler, J.P., Azevedo, D.M.M.R., Sereno, J.R.B. 2008. Nonlinear models to describe the growth of the buffaloes of Murrah breed. Arch Zootec, 57(220): 497-503.
- Narinc, D., Aksoy, T., Karaman, E. 2010. Genetic parameters of growth curve parameters and weekly body weights in Japanese quail. Journal Animal and Veterinary Advances. 9(3): 501-507.
- Nasri, M.H.F., Mesgaran, M.D., France, J., Cant, J.P., Kebreab, E. 2006. Evaluation of models to describe ruminal degradation kinetics from in situ ruminal incubation of whole soybeans. American Dairy Science Association, 89: 3087-3095.
- Orheruata, A.M., Ajise, E.E., Oyekpen, E., Ojo, A.E. 2010a. Selecting for higher growth in rabbit raised in the rainforest zone of Nigeria using stochastic approach. Journal of Cell and Animal Biology, 4(11): 154-157.
- Orheruata, A.M., Nwokoro, S.O., Oyekpen, E., Ojo, A.E. 2010b. Modeling the growth of rabbits raised in humid climate for improved breeding. African Journal of Agricultural Research, 5(22): 3126-3129.
- Panik, M.J., 2014. Growth Curve Modelling Theory and Applications. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Papa, L., Kume, K., Llambiri, A. 2013. Comparing study of productive characteristics of local rabbit breed and F1 crossbreds (Californian line (♂) x Albanian local rabbit breed (♀)) rearing in traditional and improved system. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19(4): 806-809.
- Prestes, A.M., Garnero, A.D.V., Marcondes, C.R., Damé, M.C., Janner, E.A., Rorato, P.R.N. 2012. Estudo da curva de crescimento de bubalinos da raça Murrah criados no estado do Rio Grande do Sul. IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal João Pessoa. PB-20, 22 de junho de 2012 SBMA.
- Sampaio, I.B., Ferreira, W.M., Bastos, A.F. 2005. The use of a stochastic model of rabbit growth for culling. World Rabbit Science, 13: 107-112.
- Setiaji, A., Sutopo, A., Kurnianto, E. 2013. Growth analysis in rabbit using Gompertz non-linear model. J. Indonesian Trop. Anim. Agric., 38(2): 92-97.

- Söğüt B., Çelik Şenol, Ayaşan T., İnci, H. 2016. Analyzing Growth Curves of Turkeys Reared in Different Breeding Systems (Intensive and Free Range) with some Nonlinear Models Brazilian Journal of Poultry Science, 18(8): 619-628.
- Şahin, A., Ulutaş, Z., Karadavut, U., Yıldırım, A., Arslan, S. 2014. Anadolu Mandası Malaklarında Büyüme Eğrisinin Çeşitli Doğrusal Olmayan Modeller Kullanılarak Karşılaştırılması. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 20(3): 357-362.
- Tekel, N. 1998. İvesi Kuzularının Süt Emme ve Mer'alama Dönemlerinde Büyüme Eğrilerinin Çizilmesi Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Teleken, J.T., Galvao, A.C., Robazza, W.S. 2017. Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals. Animal Sciences, 39(1): 73-81.
- Ucal, M.Ş. 2006. Ekonometrik Model Seçim Kriterleri Üzerine Kısa Bir İnceleme. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 7(2): 40-57.
- Verhulst, P.F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Corr. Math. Phys., 10: 113-121.
- Von Bertalanffy, L. 1957. Quantitative laws for metabolism and growth. Q. Rev. Biol. 32:217-231.
- Yeni, H. 2003. Genç Ankara Keçilerinde Büyüme Fonksiyonunun Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.