

Anadolu Mandası Malaklarında Büyüme Eğrisinin Çeşitli Doğrusal Olmayan Modeller Kullanılarak Karşılaştırılması

Aziz ŞAHİN¹  Zafer ULUTAŞ² Ufuk KARADAVUT¹ Arda YILDIRIM² Servet ARSLAN²

¹ Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, TR-40100 Kırşehir - TÜRKİYE

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, TR-60250 Tokat - TÜRKİYE

Makale Kodu (Article Code): KVFD-2013-10171

Özet

Bu araştırmada, doğrusal olmayan modeller ile Anadolu mandalarının canlı ağırlıklarındaki değişimi açıklamak için en iyi matematiksel modelin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu hedefle, Tokat ili ve ilçelerinde 2011-2012 yılları arasında yetiştirilen 309 baş erkek ve 331 baş dişi olmak üzere toplam 640 baş Anadolu mandası malağına ait canlı ağırlık kayıtlarından yararlanılmıştır. Çalışmada, doğrusal olmayan Lojistik, Richards, Gompertz ve Brody modelleri kullanılmıştır. Büyüme en iyi tanımlayan modelin belirlenmesinde kriter olarak belirleme katsayısı (R^2) ve hata kareler ortalaması (HKO) kullanılmıştır. Belirleme katsayısı (R^2) yüksek ve hata kareler ortalaması (HKO) düşük olan model büyüme tanımlayan en iyi model olarak seçilmiştir. Lojistik, Brody, Gompertz ve Richards modellerde erkek malaklar için belirleme katsayıları 0.94, 0.93, 0.95 ve 0.97 olarak bulunurken, hata kareler ortalamaları (HKO) sırasıyla 637.48, 688.32, 598.12 ve 528.74 olarak saptanmıştır. Dişi malaklara ait belirleme katsayıları 0.96, 0.92, 0.96, 0.98 ve hata kareler ortalamaları 682.32, 703.51, 548.66 ve 498.63 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Richards modeli, Anadolu mandalarında büyüme en iyi tanımlayan model olmuştur. Ayrıca, Richards model kullanılarak, erkek ve dişi malaklarda eşeyel olgunluk yaşı, damızlıkta kullanma yaşı ve uygun kesim yaşı gibi bazı büyüme ve gelişme özellikleri tahmin edilebilecektir.

Anahtar sözcükler: Büyüme eğrileri, Lojistik, Brody, Gompertz, Richards, Anadolu mandası

Comparison of Growth Curve Using Some Nonlinear Models in Anatolian Buffalo Calves

Summary

The aim of the research was to detect the best model to explain the variation of live weight of Anatolian buffaloes using the nonlinear models. For this purpose, in the production period of 2011-2012, live weight records of 640 heads Anatolian buffalo calves including 309 male and 331 female reared in different farm conditions of Tokat were used. To achieve the objective of the study, the non-linear models of Logistic, Richards, Gompertz and Brody function were used. To decide which one is the best model, the coefficient of determination (R^2) and the mean square error (MSE) statistics were used. The coefficient of determination (R^2) for Logistic, Brody, Gompertz and Richards models were found as 0.96, 0.92, 0.96 and 0.98 for female calves and 0.94, 0.93, 0.95 and 0.97 for male calves, respectively. And mean squared errors (MSE) were found as 682.32, 703.51, 548.66 and 498.63 for females and 637.48, 688.32, 598.12 and 528.74 for male Anatolian buffaloes, respectively. As a result, the best fitted model based on MSE and R^2 criterias was Richards model. Also, the growth and development traits such as sexual maturity age, breeding age, appropriate slaughter age in male and female Anatolian buffalo calves can be estimated using the Richards model.

Keywords: Growth curves, Logistic, Brody, Gompertz, Richards, Anatolian buffalo

GİRİŞ

Canlıların genetik yapısı ve buldukları çevre koşullarının etkileşimi ile şekillenen, hücrelerin sayısı ve boyutlarında hayvanın türü ile uyumlu olarak belirli zaman aralıklarında meydana gelen artışlar, büyüme olarak ifade edilmektedir. Gelişme ise canlılarda yeni biyolojik fonksiyon-

ların işlevsel hale gelmesi ile oluşan fizyolojik ve morfolojik farklılaşmalar ile vücut kısımları oranlarında meydana gelen değişikliklerdir. Yumurthanın zigot tarafından döl lenmesi ile başlayan büyüme, doğum öncesi ve doğum sonrası olmak üzere iki safhada incelenmektedir. Bir hayvan



İletişim (Correspondence)



+90 386 2804830



aziz.sahin@ahievran.edu.tr

doğumdan ergin hale gelene kadar değişik aşamalardan geçer. Büyüme özellikleri hayvanlarda karmaşık metabolik faaliyetler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden, araştırmacılar karmaşık olan bu biyolojik olayı daha kolay ifade edebilmek için çeşitli matematik modeller geliştirerek sayısal olarak büyüme karakterini açıklamaya çalışmışlardır. Ergin yaşa ulaşan hayvanlardan beklenen performansın elde edilebilmesi, hayvanların büyüme ve gelişmeleri ile ilgilidir. Diğer bir ifade ile hayvan yetiştiriciliğinde ekonomik öneme sahip olan özellikler hayvanın cüssesi ve büyüme hızından doğrudan etkilenmektedir. Canlıların büyümesinde yaşa bağlı olarak oluşan değişim büyüme eğrisi olarak ifade edilmektedir ^[1-6]. Bu değişim, hücre büyüklüğü, hücre sayısı, bir organın ağırlığı ya da bireyin canlı ağırlığı şeklinde olabilmektedir ^[1,7,8]. Hayvanlarda büyümenin sona erdiği ergin canlı ağırlığına ulaşılan kadar geçen süreçte büyüme eğrisi modelleri ile, fizyolojik olarak büyümenin açıklanmasında önemli bir yeri olan biyolojik parametreler tahmin edilebilmektedir ^[9,10]. Büyüme eğrileri ile belirlenecek parametreler büyüme üzerinde etkili faktörlerin tespit edilmesi ve karmaşık bir yapıya sahip olan büyüme sürecinin tanımlanmasında kullanılmaktadır ^[11]. Hayvan yetiştiriciliğinde büyüme eğrilerinin kullanımı ilk defa Brody ^[12] tarafından çeşitli büyüme özelliklerinin, büyüme modeli kullanılarak tahmin edilmesi ile başlatılmış ve sonrasında Richards'ın ^[13] çalışmaları ile yaygınlaştırılmıştır. Gompertz, Lojistik, Brody ve Richards hayvan yetiştiriciliğinde büyüme özelliklerinin tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılan büyüme eğrisi modelleridir ^[1,14,15]. Büyüme eğrisi modelleri ile ortak olarak tahmin edilebilen parametreler ergin canlı ağırlık (A), erginleşme hızı (k) ve (B) parametreleridir. Bir hayvanın biyolojik büyüme süreci, büyüme eğrisi modelleri ile tespit edilen parametreler yardımı ile açıklanabilir. Canlılarda birim zamanda meydana gelen büyümenin ifade edilmesinde büyüme eğrisi modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller ile hayvanların genel sağlık durumları, ileri dönemlerindeki büyümeleri, damızlığa ayrılma yaşı, optimum kesim yaşı ve bazı parametreler tahmin edilebilmektedir ^[1,5,16]. Bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler, model parametrelerinin tahmin edilmesini kolaylaştırmış ve büyüme eğrilerinin hayvan yetiştiriciliğinde kullanılmasını yaygınlaşmasına neden olmuştur. Büyüme eğrisi modelleri ile, hayvanlardan farklı yaş ve zamanda elde edilen ve yorumlanması zor olan veriler biyolojik olarak açıklanabilmektedir. Büyüme eğrilerini belirlemede kullanılacak model ile ilgili parametreler biyolojik olarak ifade edilebilir olmalıdır. Bu durum hayvanın üzerinde durulan özelliği ile ilgili genetik ve çevre etkileşiminin anlaşılabilir olmasına bağlıdır. Analizlerde kullanılacak verilerin yapısı ve analiz amacı büyüme eğrilerinin tahmin edilmesinde kullanılacak model veya modellerin tespit edilmesinde dikkate alınacak önemli kriterler arasında yer almaktadır. Diğer hayvan türlerinde olduğu gibi Anadolu mandalarında da yaş ve canlı ağırlık ilişkilerinin tespit edilebilmesi için fazla zaman ve işgücüne gereksinim bulunmaktadır. Büyümeyi en iyi tanımlayan

modelin belirlenebilmesi, sonuçların seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi ve güvenilir tahminler yapılarak yorumlanabilmesi açısından önemlidir. Son yıllarda çeşitli hayvan türlerinde belirli dönemlere ait büyüme eğrilerinden ıslah programlarında yararlanılmaya çalışılmaktadır ^[16-19]. Doğrusal olmayan büyüme eğrisi modelleri kullanılarak günümüze kadar çeşitli araştırmacılar tarafından bazı manda ırklarında ^[6,19-24] büyüme eğrilerinin modellenmesi ile ilgili araştırmalar yapılmış olmasına rağmen, Anadolu mandalarında bu konuda yapılmış bir çalışma bulgusuna rastlanılmamıştır.

Bu araştırmada, günümüzde hayvanlarda büyüme eğrilerinin tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılan, Lojistik, Richard, Brody ve Gompertz modelleri ile Tokat ili ve ilçelerinde yetiştirilen erkek ve dişi malaklarda yaşa bağlı olarak canlı ağırlıktaki değişimi açıklayabilecek en iyi büyüme eğrisi modelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Araştırma materyalini Tokat ili ve ilçelerinde 2011-2012 yıllarında doğan, 309 baş erkek, 331 baş dişi olmak üzere toplam 640 baş malağa ait canlı ağırlık kayıtları oluşturmuştur. Araştırmada kullanılan hayvanların canlı ağırlıkları Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen Halk Elinde Manda Islahı Ülkesel Projesi kapsamında elde edilmiştir. Malaklar doğumu takip eden ilk 24 saat içerisinde tartılarak doğum ağırlıkları kayıt edilmiştir. Erkek ve dişi malaklar 360 günlük yaşa kadar, en az dört defa tartılmıştır ^[6,25]. Ağırlık ölçümleri 100 g hassasiyette ölçüm yapan 1000 kg kapasiteli baskül ile yapılmıştır. Doğum ağırlığı ve doğumdan 360 günlük yaşa kadar 3'er aylık periyotlar ile ağırlıkları alınan 309 baş erkek ve 331 baş dişi olmak üzere toplam 640 malağın ağırlık ve yaş verileri bu araştırmada değerlendirilmiştir. Malaklar doğumdan süttan kesime kadar anneleri ile birlikte barındırılarak yeterli kolostrum ve süt tüketmeleri sağlanmıştır. Yörede genellikle meraya dayalı bir manda yetiştiriciliği yapılmakta olup, mevsim şartlarının otlatma için uygun olduğu günlerde tüm mandalar sabah sağımından sonra meraya çıkartılmıştır. Mera döneminde mandalara genellikle ek yemleme yapılmamış, sadece kış ayları gibi mevsim şartlarının otlatma için uygun olmadığı durumlarda, işletmelerde bulunan yemler (saman, kuru yonca otu, silaj vb.) kullanılarak ek yemleme yapılmıştır.

Metot

Bu çalışmada kullanılan modellerin büyüme eğrilerine uyumlarının tahmininde Statistica 5.0. V ^[26] paket programı kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan modeller *Tablo 1*'de gösterilmiştir.

Modellerde; A: Ağırlığın asimtotik limitidir. Asimtotik limit bazı çevresel faktörlerin etkisi, laktasyon ve gebelik

Tablo 1. Büyüme eğrilerinin tahmininde kullanılan doğrusal olmayan modeller

| Büyüme Eğrisi Modelleri | Eşitlikler |
|-------------------------|---------------------------------|
| Lojistik | $Y_t = A(1 + B \exp(-kt))^{-1}$ |
| Gompertz | $Y_t = A \exp(-B \exp(-kt))$ |
| Richards | $Y_t = A(1 - B \exp(-kt))^m$ |
| Brody | $Y_t = A(1 - B \exp(-kt))$ |

Exp: matematiksel üs fonksiyon

gibi nedenler ile hayvanın canlı ağırlığındaki kısa dönem değişimlerinden bağımsız, hayvanın ulaşabileceği en yüksek ağırlıktır. Ergin canlı ağırlığı gösteren bu parametre bütün büyüme eğrisi modellerinde ortak olarak tahmin edilir ve ölçü birimi kg'dır. Bir hayvanın t aylık yaşta belirlenen ağırlığı, hiçbir zaman bu parametreden (A) fazla olamaz. B: doğum sonrası dönemde kazanılan ağırlığın ergin canlı ağırlığa oranını gösterir ve bu parametre ağırlık (Y_t) ve zamanın (t) başlangıç değeri kullanılarak tahmin edilir. Y_t : t aylık yaşta gözlenen ağırlığı, t: ağırlığın alındığı dönemlerde mandaların yaşını göstermektedir. k: erginleşme hızı olarak ifade edilir ve canlı ağırlığın (Y_t) hangi hızla ergin ağırlığa yaklaştığını göstermektedir. m: eğrinin şekli hakkında bilgi veren ve tahmin edilen büyüme hızındaki değişimin artıştan azalışa geçtiği durumda meydana gelen bükülme noktasını göstermektedir. Bu noktada ağırlıktaki değişim maksimumdur. Richards modeli çok geniş bir bükülme noktasına sahipken, Lojistik ve Gompertz modellerinde ise bu bükülme noktaları sabittir (m: -1, ∞). A, B, k ve m parametreleri, Statistica 5.0. V [26] istatistik programı kullanılarak genelleştirilmiş en küçük kareler metodu ve Levenberg Marquardt iterasyon işlemi sonucu tespit edilmiştir. İterasyon yapılırken, yakınsama kriteri olarak $1.0E-8$ kullanılmıştır [5,27-29]. Modellerin karşılaştırılmasında, toplam varyasyonda modelin açıkladığı kısmı gösteren R^2 ve modele ait belirlenen büyüme eğrisi ile gerçek büyümeye ait noktalar arasındaki farkı gösteren HKO kullanılmıştır.

BULGULAR

Bu araştırmada Anadolu mandası malaklarına ait canlı ağırlıkların zamana bağlı olarak değişimi Lojistik, Richards, Brody ve Gompertz modelleri ile incelenmiş ve elde edilen parametreler, belirleme katsayıları (R^2) ve hata kareler ortalamaları (HKO) Tablo 2 ve Tablo 3'te özetlenmiştir. Ayrıca, erkek ve dişi malaklarda dört farklı büyüme eğrisi modelinin kullanılması ile belirlenen tahmin eğrileri Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir. Bu araştırmada

Lojistik, Richards, Brody ve Gompertz modellerde erkek malaklar için belirleme katsayılarının (R^2) sırası ile 0.94, 0.97, 0.93 ve 0.95 olduğu saptanmış ve hata kareler ortalamaları (HKO) aynı sıra ile 637.48, 528.74, 688.32 ve 598.12 olarak tahmin edilmiştir.

Tablo 2. Erkek malaklarda Lojistik Gompertz, Richards ve Brody modelleri ile tahmin edilen parametreler ve standart hataları (S_x)

| Modeller | Parametre | X | Sx | HKO | R^2 |
|----------|-----------|--------|--------|--------|-------|
| Lojistik | A | 547.6 | 26.55 | 637.48 | 94.38 |
| | B | 2.682 | 0.309 | | |
| | k | 0.360 | 0.054 | | |
| Gompertz | A | 528.8 | 26.47 | 598.12 | 95.62 |
| | B | 2.093 | 0.406 | | |
| | k | 0.218 | 0.039 | | |
| Richards | A | 573.80 | 29.72 | 528.74 | 97.59 |
| | B | 1.057 | 0.108 | | |
| | k | 0.0268 | 0.0189 | | |
| | m | 1,26 | 0.0065 | | |
| Brody | A | 528.82 | 29.64 | 688.32 | 93.24 |
| | B | 0.966 | 0.203 | | |
| | k | 0.0324 | 0.0027 | | |

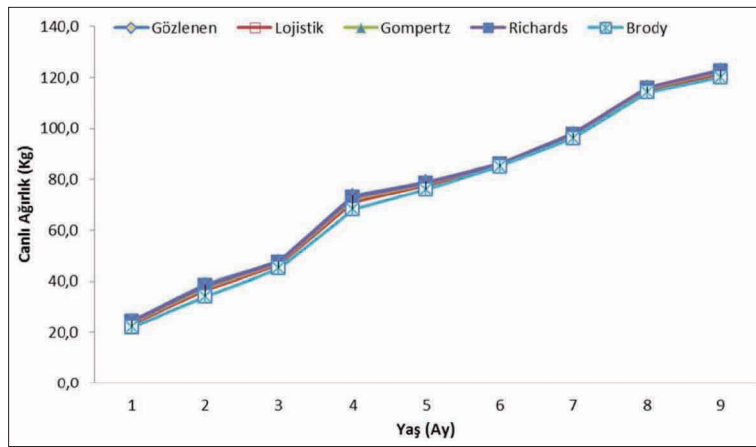
Tablo 3. Dişi malaklarda Lojistik Gompertz, Richards ve Brody modelleri ile tahmin edilen parametreler ve standart hataları (S_x)

| Modeller | Parametre | X | Sx | HKO | R^2 |
|----------|-----------|--------|--------|--------|-------|
| Lojistik | A | 516.2 | 25.47 | 682.32 | 96.14 |
| | B | 2.361 | 0.211 | | |
| | k | 0,216 | 0,056 | | |
| Gompertz | A | 496.8 | 23.68 | 548.66 | 96.87 |
| | B | 1.842 | 0.367 | | |
| | k | 0.309 | 0.0477 | | |
| Richards | A | 538.4 | 28.16 | 498.63 | 98.22 |
| | B | 0.966 | 0,096 | | |
| | k | 0.0386 | 0.0217 | | |
| | m | 1.18 | 0,006 | | |
| Brody | A | 506.3 | 30.68 | 703.51 | 92.18 |
| | B | 1.068 | 0.106 | | |
| | k | 0.0496 | 0.0018 | | |

Yine bu çalışmada Lojistik, Richards, Brody ve Gompertz modellerde dişi malaklara ait belirleme katsayıları (R^2) 0.96, 0.98, 0.92 ve 0.96 olarak tespit edilmiştir. Bu modeller ile belirlenen hata kareler ortalamaları (HKO) ise 682.32, 498.63, 703.51 ve 548.66 olarak bulunmuştur.

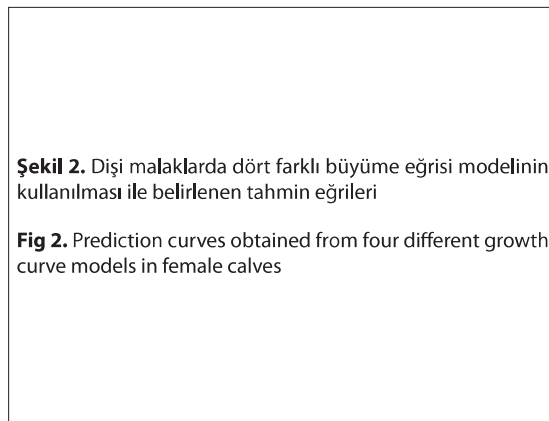
TARTIŞMA ve SONUÇ

Büyüme modellerinin uyumları, belirleme katsayıları (R^2), hata kareler ortalamaları (HKO), parametrelerin standart hataları, biyolojik anlamlılıkları ve tahminlerdeki tutarlılık gibi birçok ölçüt hayvan yetiştiriciliğinde büyümeyi



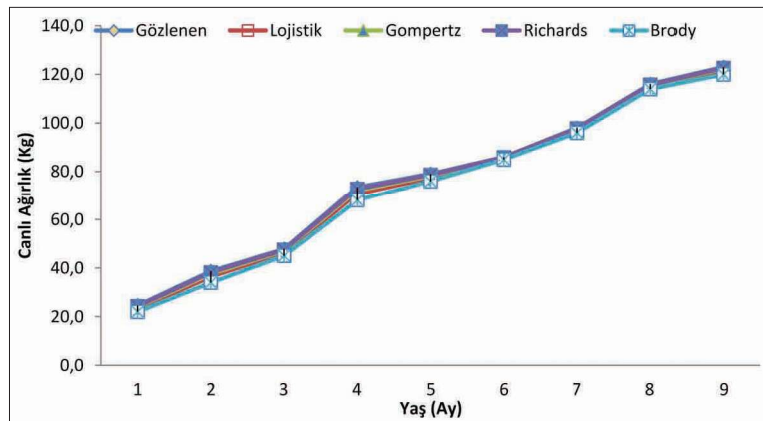
Şekil 1. Erkek mandalarda dört farklı büyüme eğrisi modelinin kullanılması ile belirlenen tahmin eğrileri

Fig 1. Prediction curves obtained from four different growth curve models in males



Şekil 2. Dişi malaklarda dört farklı büyüme eğrisi modelinin kullanılması ile belirlenen tahmin eğrileri

Fig 2. Prediction curves obtained from four different growth curve models in female calves



tanımlayan büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılabilir. Büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılmasında R^2 ve HKO değerlerinin birlikte değerlendirildiği araştırmalarda canlı ağırlığın yaşa göre değişimini en iyi, en yüksek R^2 ve en küçük HKO değerine sahip olan modelin açıkladığı birçok çalışmada bildirilmiştir [5,17,32]. Erkek ve dişi malaklarda büyümeyi en iyi tanımlayan Richards modeline göre R^2 değeri bakımından %4.35 ve %6.04 daha az uyumlu olan Brody modeli büyümeyi en az tanımlayan model olmuştur. Lojistik ve Gompertz modellerinin uyumları arasındaki fark erkek ve dişiler için sırası ile %1.24 ve %0.73 olarak belirlenmiştir. İlgili modellerin uyumları Richards modelinden düşük, Brody modelinden yüksek bulunmuştur. Büyümeyi en iyi tanımlayan Richards modeli ile Lojistik ve Gompertz modelleri arasındaki farklar sırası ile erkek malaklarda, %3.21, %1.97, dişilerde ise 2.08, 1.35 olarak tespit edilmiştir.

Büyüme eğrisi modelleri incelendiğinde modelleri karşılaştırmada kıstas olarak kullanılan R^2 erkek ve dişi malaklarda en düşük Brody modelinden elde edilmiştir. Her iki cinsiyette de en yüksek R^2 katsayısı Richards modelinden elde edilirken, bu modeli Gompertz ve Lojistik modeller takip etmiştir. Erkek ve dişi malaklarda HKO bakımından modeller karşılaştırıldığında ise, en yüksek değer Brody modeli kullanıldığında elde edilmiş ve bu modeli sırası ile Lojistik, Gompertz ve Richards modelleri izlemiştir. Hata kareler ortalaması ile ilgili en küçük değer

her iki cinsiyette de Richards modeli ile tespit edilmiştir. Yani, her iki cinsiyette de canlı ağırlığın yaşa göre değişimini en iyi, en yüksek R^2 ve en küçük HKO değerine sahip olan dört parametrelili (A, B, k, m) Richards modeli açıklamaktadır. Prestes ve ark.^[6] Murrah ırkı mandalarda büyümeyi en iyi tanımlayan modelin Richards modeli olduğunu bildirmişlerdir. Araştırma bulgusu ve Prestes ve ark.'nın [6] bildirişinin aksine, Nehir mandalarında Lojistik model [20], Murrah ırkı mandalarda Gompertz modeli [32], melez mandalarda Brody ve Gompertz modelleri [18], Akdeniz mandalarında Brody modeli [21], Murrah ırkı mandalarda Lojistik ve Gompertz modelleri [19] büyümeyi en iyi tanımlayan model olarak belirlenmiştir. Erkek malaklarda ergin canlı ağırlık (A) en yüksek Richards, en düşük canlı ağırlık ise Gompertz ve Brody modelleri ile belirlenmiştir. Bu modeller arasındaki fark erkeklerde 45 kg olarak tespit edilmiştir. Dişi malaklarda ise ergin canlı ağırlık (A) en yüksek Richards, en düşük canlı ağırlık ise Gompertz modeli ile tahmin edilmiştir. Bu modeller arasındaki fark dişilerde 32.1 kg olarak saptanmıştır. Bu araştırmada kullanılan bütün modellerde erkeklerin ergin canlı ağırlıkları dişilerden daha fazla bulunmuştur. Erkek malaklarda Richards modeli ile tahmin edilen canlı ağırlık, Gompertz ve Brody modelleri ile tahmin edilen canlı ağırlıktan, dişi malaklarda ise Lojistik ve Brody modelleri ile belirlenen canlı ağırlıktan yüksek bulunmuştur. Araştırma bulgusunun aksine, Murrah ırkı mandalarda yapılan bir çalışmada ergin canlı ağırlığı Brody modelinin yüksek,

lojistik modelin ise düşük tahmin ettiği bildirilmiştir [3].

Büyüme eğrisinin şekli hakkında bilgi veren bir parametre olan m , tahmin edilen büyüme hızındaki değişimin artıştan azalışa geçtiği durumlarda meydana gelen büküm noktasını göstermektedir. Erkek malaklar için tespit edilen m parametresi (1.26), dişi malaklardan (1.18) yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, dişi malakların büküm noktasına daha erken ulaştıklarını ve bu noktada erkek malaklara göre daha düşük ağırlıkta olduklarını göstermektedir. Murrah ırkı mandalarda yapılan çalışmalarda [3,6] m parametresi sırası ile 1.14 ve 1.50 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada erkek ve dişi malaklar için belirlenen m parametresi bu bildirişler ile uyumlu bulunmuştur.

Richards modeli ile A , B , k ve m parametreleri erkeklerde sırası ile 573.80 kg, 1.057, 0.0268 ve 1.26, dişilerde ise 538.4 kg, 0.966, 0.0386 ve 1.18 olarak tahmin edilmiştir. Erkek malaklarda Richards modeli ile tahmin edilen ergin canlı ağırlık, dişi malaklardan 35.4 kg kadar yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan büyüme eğrisi modellerinde ortak olarak tahmin edilen k parametresi, t yaşta gözlenen canlı ağırlığın hangi hızla ergin canlı ağırlığa yaklaştığını ifade etmektedir. Erkek malaklarda büyüme hızı hakkında bilgi veren k parametresi ile ilgili en yüksek değer Lojistik (0.360) modelin kullanımı ile elde edilirken, bunu Gompertz (0.218), Brody (0.0324) ve Richards modelleri (0.0268) izlemiştir. Dişi malaklarda ise erginleşme hızı (k parametresi) ile ilgili en yüksek değer Gompertz (0.309) modeli kullanılarak saptanırken, bu modeli Lojistik (0.218), Brody (0.0496) ve Richards modelleri (0.0386) izlemiştir.

Murrah ırkı mandalarda yapılan bir çalışmada [3], Brody, Gompertz, Lojistik ve Richards modeller ile tahmin edilen k parametresi sırası ile 0.0011, 0.0022, 0.0026 ve 0.0015 olarak belirlenmiştir. Yine aynı ırk mandalara ait verilerin değerlendirildiği bir diğer çalışmada [19] ise Brody, Gompertz ve Lojistik modelleri ile erginleşme hızı (k parametresi) 0.0020, 0.0041 ve 0.0049 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada erkek ve dişi Anadolu mandası malakları için aynı modeller ile tahmin edilen k parametresi Malhado ve ark.[3] ve Araújo ve ark.'nın [19] bulgularından yüksek bulunmuştur.

Araştırmada kullanılan modellerde ortak olarak tahmin edilen B parametresi doğum sonrasında kazanılan canlı ağırlığın ergin canlı ağırlığa oranını ifade etmektedir. Erkek malaklarda, en yüksek B parametresi Lojistik model kullanıldığında (2.682) elde edilmiş olup, bu modeli Gompertz, Richards ve Brody modelleri izlemiştir. Dişi malaklarda da B parametresi ile ilgili en yüksek değer, Lojistik model (2.361) kullanıldığında tespit edilmiş olup, bu modeli Gompertz, Brody ve Richards modelleri izlemiştir. Malhado ve ark.[3] tarafından Murrah ırkı mandalarda yapılan çalışmada B parametresi Brody, Gompertz ve Richards modelleri kullanıldığında sırası ile 0.98, 2.38 ve 0.86 olarak saptanmıştır. Murrah ırkı mandalarda yapılan bir çalışmada [3] B parametresi Brody, Gompertz ve Richards

modeller ile sırası ile 0.98, 2.38 ve 0.86 olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde Murrah ırkı mandalarda yürütülen bir diğer çalışmada [19] B parametresi Brody ve Gompertz modeller kullanıldığında dişi malaklarda sırası ile 0.911, 1.866, erkek malaklarda ise 0.908 ve 1.854 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada erkek malaklarda Gompertz model ile tahmin edilen B parametresi Araújo ve ark.'nın [19] Murrah ırkı mandalarda aynı modeli kullanarak tespit ettiği değerden yüksek bulunmuştur. Brody modeli kullanılarak tespit edilen B parametresinin Araújo ve ark.'nın [19] bulgusu ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Dişi malaklarda Gompertz model ile tahmin edilen B parametresinin Araújo ve ark.'nın [19] Murrah ırkı mandalarda aynı modeli kullanarak tespit ettiği değerle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Brody model kullanılarak tespit edilen B parametresi Araújo ve ark.'nın [19] bulgusundan yüksek bulunmuştur.

Erkek malaklarda belirleme katsayıları Lojistik, Brody, Gompertz ve Richards modelleri kullanıldığında sırası ile 0.94, 0.93, 0.95 ve 0.97 olarak saptanmış ve hata kareler ortalamaları aynı sıra ile 637.48, 688.32, 598.12 ve 528.74 olarak tahmin edilmiştir. Belirleme katsayıları dişi malaklarda aynı modeller ile 0.96, 0.92, 0.96, 0.98 ve hata kareler ortalamaları ise 682.32, 703.51, 548.66 ve 498.63 olarak saptanmıştır.

Modellerin karşılaştırılmasında kriter olarak kullanılan R^2 ve HKO değerleri birlikte değerlendirildiğinde, erkek ve dişi malaklarda büyüme performansını en iyi Richards modelinin açıkladığı belirlenmiştir.

Büyüme süreci içerisinde bazı dönemlerde malakların büyüme ve gelişmelerinin izlenmesinin, sürü yönetimi, bakım ve beslemenin düzenlenmesi açısından işletmeye büyük yararı olacaktır. Ayrıca malakların büyümelerinin takip edilmesi ile büyümelerinde aksama tespit edilen malaklara erken müdahale imkanı sağlanabilecektir.

Özellikle doğum öncesinden doğuma, doğumdan süttten kesime, süttten kesimden ergin döneme kadar olan dönemlerde malakların bazı özelliklerinin (canlı ağırlığın) izlenmesinin yetiştiricilere yetiştirme amaçlarına (damızlık, kasaplık) uygun stratejik kararları (uygun kesim çağı, damızlıkta kullanma yaşı ve damızlık dışı bırakma vb. gibi) almalarında katkı sağlayacaktır. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde Richards modeli kullanılarak, erkek ve dişi malakların genel gelişme ve büyüme durumları ile ilgili bilgi edinilebilecek, eşeyssel olgunluk yaşı, damızlıkta kullanma yaşı ve uygun kesim yaşı gibi büyüme ve gelişme özellikleri tahmin edilebilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde imkân sağlayan Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne ve Tokat İli Damızlık Manda Yetiştiricileri Birliğine ve proje teknik elemanlarına katkılarlarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Akbaş Y: Büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılması. *Hay Üret*, 36, 73-81, 1995.
2. Akbaş Y, Taşkın T, Demirören E: Farklı modellerin Kıvrıkcık ve Dağlıç erkek kuzularının büyüme eğrilerine uyumunun karşılaştırılması. *Türk J Vet Anim Sci*, 23 (Suppl 3): 537-544, 1999.
3. Malhado, CHM, Ramos AA, Carneiro PLS, Souza JC, Wechsler FS, Eler JP, Azevedo DMMR, Sereno JRB: Non linear models to describe the growth of the buffaloes of murrh breed. *Arch Zootec*, 57 (220): 497-503, 2008.
4. Agudelo-Gómez D, Hurtado-Lugo N, Cerón-Muñoz MF: Growth curves and genetic parameters in colombian buffaloes (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae). *Rev Colomb Cienc Pecu*, 22, 178-188, 2009.
5. Bayram B, Akbulut Ö: Siyah Alaca sığırlarda büyüme eğrilerinin doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle analizi. *Hay Üret*, 50 (2): 33-40, 2009.
6. Prestes AM, Garnero ADV, Marcondes CR, Damé MC, Janner EA, Rorato PRN: Estudo da curva de crescimento de bubalinos da raça Murrh criados no estado do Rio Grande do Sul. *IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal João Pessoa*. PB - 20 a 22 de junho de 2012 SBMA, 2012.
7. Kocabaş Z, Kesici T, Eliçin A: Akkaraman, İvesi x Akkaraman ve Malya x Akkaraman kuzularında büyüme eğrisi. *Türk J Vet Anim Sci*, 21, 267-275, 1997.
8. Bethard GL: A microcomputer simulation to evaluate management strategies for rearing dairy replacement. Doctor of philosophy in animal science (dairy), April 18, 1997, Blacksburg, Virginia, 1997.
9. Menchaca MA, Chase CC, Olson TA, Hammond AC: Evaluation of growth curves of Brahman cattle of various frame sizes. *J Anim Sci*, 74, 2140-2151, 1996.
10. Behr V, Hornick JL, Cabaraux JF, Alvarez A, Istasse L: Growth patterns of Belgian Blue replacement heifers and growing males in commercial farms. *Livest Prod Sci*, 71, 121-130, 2001.
11. Brown JE, Fitzhugh HA, Cartwright TC: A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *J Anim Sci*, 42 (4): 810-818, 1976.
12. Brody S: Bioenergetics and growth. Reinhold Publication. New York. 1023, 1945.
13. Richards FJ: A flexible growth functions for empirical use. *J Exp Bot*, 10, 290-300, 1959.
14. Bathaei SS, Leroy PL: Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. *Small Rumin Res*, 29, 261-269, 1998.
15. Lopez S, France J, Gerrits WJ, Dhanoa MS, Humphries DJ, Dijkstra J: A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *J Anim Sci*, 78, 1816-1828, 2000.
16. Yakupoglu Ç, Atıl H: Etlik piliçlerde büyüme eğrilerinin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniv. Fen Bil. Enst., 1999.
17. Goonewardene LA, Berg RT, Hardin RT: A study growth of beef cattle. *Can J Anim Sci*, 61, 1041-1048, 1981.
18. Agudelo-Gómez D, Hurtado-Lugo N, Cerón-Muñoz MF: Growth curves and genetic parameters in colombian buffaloes (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae). *Rev Colomb Cienc Pecu*, 22, 178-188, 2009.
19. Araújo RO, Marcondes CR, Damé MCF, Garnero AV, Gunski RJ, Everling DM, Rorato PRN: Classical nonlinear models to describe the growth curve for Murrh buffalo breed. *Ciência Rural, Santa Maria*, 42 (3): 520-525, 2012.
20. Fundora O, Torres V, Gonzalez M. E, Noda A: Growth curve and live weight in a river buffalo herd. *Cuban J Agric Sci*, 40 (4): 401-405, 2006.
21. Nogueira JR, Lima, MLP, Gadini CH, Soares WVB: Estimativas De Parametros De Curvas De Crescimento De Bufalos Da Raca Mediterraneo. In, Reuniao Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, Botucatu. Anais Botucatu: Sociedade Brasileira De Zootecnia, (Cd-Rom), 374-376, 1998.
22. Sharma A, Basu SB: Genetic architecture of Nili buffaloes. 1. Growth. *Indian Vet J*, 61, 227-232, 1984.
23. Kirmani SMS, Rao GN, Sharma PLN: A note on the body weights from birth to two years of age in graded Murrh buffaloes. *Indian Vet J*, 62, 619-621, 1985.
24. Gupta JP, Sachdeva GK, Gandhi RS, Wakchaure RS, Chakravarty AK: Growth Based strategy formulation for selection of murrh buffalo at early ages. *J Adv Vet Res*, 1, 109-111, 2011.
25. Marinho KNS, Freitas AR, Falcão AJ, Dias FEF: Nonlinear models for fitting growth curves of Nellore cows reared in the Amazon Biome. *R Bras Zootec*, 42 (9): 645-650, 2013.
26. Statistica 5.0: Stat soft, Inc. 2325 East 13th Street, U.S.A, 1995.
27. Yıldız G, Soysal Mİ, Gürçan EK: Tekirdağ ilinde yetiştirilen Karacabey Merinosu x Kıvrıkcık melezi kuzularda büyüme eğrisinin farklı modellerle belirlenmesi. *Tekirdağ Zir Fak Derg*, 6 (1): 11-19, 2009.
28. Efe E: Büyüme eğrileri. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst., 1990.
29. Akbaş Y, Akbulut Ö, Tüzemen N: Growth of Holstein cows in high altitude of Turkey. *Indian J Anim Sci*, 71 (5): 476-479, 2001.
30. Torres V, Ortiz J: Application of modelling and simulation to the production and feeding farm animals. *Cuban J Agric Sci*, 39, 385, 2005.
31. Torres V, Barbosa I, Meyer R, Noda A, Sarduy L: Criteria of goodness of fit test in the selection of non-linear models for the description of biological performances. *Cuban J Agric Sci*, 46 (4): 345-350, 2012.
32. Quirino CR, Bergmann JA, Vale Filho VR, Andrade VJ, Pereira JC: Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nellore bulls. *Theriogenology*, 52 (1): 25-34, 1999.