

KAREKÖK ve LOGARİTMA DÖNÜŞÜMLERİNİN SÜT VERİMİNE AİT KALITIM DERECESİNİN TAHMİNİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İsmet DOĞAN¹

Mahiye ÖZÇELİK²

The effects of square root and logarithmic transformations on heritability estimation of milk yield

SUMMARY

In this study, the effects of square root and logarithmic transformations on heritability estimation of corrected (according to 305-d, mature equivalent) milk yield were examined. Data consisted of milk yield records of 1022 Holstein cows from 36 sires in the period of 1988-1992 in Bala State Farm.

Heritability estimations have been obtained by the half-sib correlation method. Heritabilities of milk yield were estimated separately from the different situations below;

- Using 305-d, mature equivalent milk yield,
- Using square root and logarithmic transformation on 305-d, mature equivalent milk yield.

The square root and logarithmic transformations couldn't get the distribution of data suitable to Normal Distribution. Skewness and kurtosis coefficients of 305-d mature equivalent milk yield are 0.2 and 0.374 respectively. The same coefficients have been obtained as -0.245 and 0.522 respectively when the square root transformation was applied and -0.767 and 1.645 respectively when the logarithmic transformation was applied. Heritability estimates have been effected by the both transformations.

Heritability degrees of milk yield have been estimated 0.25 for 305-d mature equivalent milk yield, 0.23 for square root transformation and 0.20 for logarithmic transformation.

KEY WORDS: Heritability, milk yield, transformation, Holstein,

ÖZET

Bu çalışmada, karekök ve logaritma dönüşümlerinin, EÇx305 güne göre düzeltilmiş süt verimine ait kalıtım derecesi tahmini üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, 1988-1992 yılları arasında Bala Tarım İşletmesinde yetiştirilen Holştayn sürüsüne ait 36 baş babadan elde edilen 1022 baş ineğin süt verim kayıtları kullanılmıştır.

Kalıtım derecesi tahminleri, baba bir üvey kardeşler korelasyonu metodu ile elde edilmiştir. Süt verimine ait kalıtım dereceleri,

- EÇ x 305 günlük süt verimine herhangi bir dönüşüm uygulanmadan,
- EÇ x 305 günlük süt verimine karekök ve logaritma dönüşümleri uygulanarak, elde edilen veriler kullanılarak tahmin edilmiştir.

Karekök ve logaritma dönüşümleri verinin dağılımını tam olarak Normal Dağılım'a uygun hale getirememiştir. EÇx305 günlük süt verimine ait çarpıklık ve basıklık katsayıları sırasıyla 0.2 ve 0.374'dür. Aynı katsayılar karekök dönüşümü uygulandığında sırasıyla -0.245 ve 0.522 olarak, logaritma dönüşümü uygulandığında ise -0.767 ve 1.645 olarak hesaplanmıştır. Kalıtım derecesi tahminleri her iki dönüşümden de etkilenmiştir.

Süt verimine ait kalıtım dereceleri EÇx305 günlük süt verimi için 0.25, EÇx305 günlük süt verimine karekök dönüşümü uygulandığında 0.23 ve EÇx305 günlük süt verimine logaritma dönüşümü uygulandığında 0.20 olarak tahmin edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Kalıtım derecesi, süt verimi, dönüşüm, Holştayn

GİRİŞ

Seleksiyon, hayvan ıslahının başarılmasında en etkin araçlardan biridir. Başarılı bir şekilde yürütülecek olan seleksiyon işlemi amaca ulaşmayı kolaylaştırır.

Belirlenen amaca ulaşabilmek için hayvan yetiştiriciliğinde uyulması gereken prensipler bilinmeli ve uygulanmalıdır. Seleksiyonda öncelikle, genotip ve ekonomik faydalılığı düşünmek gerekir. Dolayısıyla, seleksiyonda dikkate alınacak olan karakterlerin kalıtım derecesi ve ekonomik faydalılığı göz ardı edilmemelidir (Aritürk 1977).

Yayına Kabul Tarihi: 13.08.2001

1: A. K. Ü. Veteriner Fakültesi Biyoistatistik ABD - AFYON

2: F. Ü. Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ABD - ELAZIĞ

Varyasyon bütün canlı topluluklarında en göze çarpan özelliklerden biridir. Canlılarla uğraşan hemen her bilim dalının konusu bu farklılıkları kalitatif veya kantitatif olarak tespit etmek, bunların sebeplerini belirleyerek her birinin etkinliğini araştırmaktır (Düzgüneş ve Akman 1995). Bu tür bir araştırmada doğrusal yada doğrusal olmayan modeller kullanılabilir. Doğrusal modellerin analizi için kullanılan metotlardan birisi de Varyans Analizi Metodu' dur. Varyans Analizi Metodu' nun esası, denemede ki toplam varyasyonu bu varyasyona neden olan unsurlara göre kısımlara ayırmak, analiz etmektir (Yurtsever 1984). Denemelerden elde edilen verilere Varyans Analizi Metodu'nun doğrudan uygulanabilmesi için bazı varsayımların geçerli olması gerekir. Özellikle denemede kullanılan örnek büyüklüğünün sınırlı olduğu durumlarda varsayımların dikkate alınması şarttır. Temel varsayımların herhangi biri veya birkaçı geçerli olmadan yapılacak değerlendirmeler, tahminlerin doğruluğu açısından yetersizdir (Yıldız ve Bircan 1991).

Varyans Analizi'nin temel varsayımları :

- Modelde yer alan ana etkiler toplamsal olmalı,
- Gözlemler ve hata değişkeni normal dağılımı göstermeli,
- Hata terimlerinin varyansları homojen olmalı,
- Hata terimleri bağımsız olmalı,
- Hata terimleri değerlerini rasgele almalıdır, şeklinde sıralanmaktadır (Saka, 1994).

Box ve Cox (Box ve Cox, 1964) tarafından yapılan çalışmada ise bu varsayımlar;

- Bağımlı değişkenin beklenen değeri için yapının basitliği (ana etkiler arasında etkileşimin olmaması),
- Hata varyansının sabitliği,
- Dağılımın normalliği,
- Gözlemlerin bağımsızlığı,

şeklinde sıralanmaktadır. Bu varsayımlardan bir yada birkaçının sağlanmaması durumunda varyans analizi, verilerin dönüşüm uygulanmış değerlerine uygulanır ve gerekli hipotezler bu analiz sonuçları ile kontrol edilirler (Düzgüneş ve ark. 1987).

Verinin elde edilmiş biçimi ve gösterdiği dağılıma göre önerilmiş çok sayıda dönüşüm metodu bulunmaktadır. Sağa ya da sola megafon biçimleri için karekök, logaritma ya da 1/Sayı dönüşümleri uygun olabilir. Kullanılan verilere ait sayısal değerlerin dağılım genişliği çok büyük olduğunda veya ortalama ile standart sapmanın ilişkili olduğu durumda logaritma dönüşümü uygulanabilir. Veri, Poisson Dağılımı gösteriyorsa karekök dönüşümü, Binom ya da Oransal Dağılım gösteriyorsa sinüs dönüşümü çok uygundur (Erar 1985).

Winkelman ve Schaeffer (Winkelman ve Schaeffer 1988) tarafından yapılan çalışmada, 111.196 baş Holştayn ineğin ilk laktasyonlarına ait süt verimi kayıtları kullanılmıştır. Bu çalışmada dört farklı yöntem kullanılarak süt verimine ait kalıtım derecesi tahmin edilmiştir. Kalıtım dereceleri Henderson Yöntemi 4 ve MIVQUE (Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimator) yöntemleri kullanıldığında 1.64 olarak, Kısıtlı En Çok Olabilirlik yöntemi kullanıldığında 0.39 olarak ve Pseudo-Expectation yöntemi kullanıldığında ise 0.49 olarak tahmin edilmiştir.

Boldman ve Freeman (Boldman ve Freeman 1990) tarafından yapılan çalışmada, üç ayrı verim düzeyine (düşük, orta, yüksek) ayrılmış bulunan toplam 91.206 baş Holştayn ineğe ait 121.136 adet laktasyon kaydı kullanılmış ve her bir üretim düzeyi için süt verimine ait kalıtım dereceleri, hem dönüşüm uygulanmadan hem de logaritma dönüşümü uygulanarak, Kısıtlı En Çok Olabilirlik Metodu ile tahmin edilmiştir. Yapılan bu çalışmada, logaritma dönüşümü uygulanmış veriler kullanılarak elde edilen kalıtım derecesi tahminlerinin (0.16, 0.21, 0.23) dönüşüm uygulanmadan elde edilen tahminlerden (0.18, 0.22, 0.24) düşük oldukları ancak bu farkların önemli farklar olmadıkları tespit edilmiştir. Çalışmada, varyans heterojenliğinin göz ardı edilmesi durumunda dönüşüm uygulanmamış verilerin kullanılabilceği belirtilmiştir.

Van Vleck ve ark. (1985) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuç elde edilmiştir. Holştaynların ilk laktasyonlarına ait süt verimi kayıtlarının kullanıldığı bu çalışmada 197.338 baş ana-yavru çiftine ait veriler ana-yavru regresyonu metodu ile analiz edilmiştir. Süt verimine ait kalıtım derecesi, dönüşüm uygulanmadan 0.34 olarak, logaritma dönüşümü uygulandığında ise 0.31 olarak tahmin edilmiştir. Karekök ve 0.4'ncü dereceden kuvvet dönüşümü uygulanarak elde edilen kalıtım derecesi tahminleri hem dönüşüm uygulanmadan hem de logaritma dönüşümü uygulanarak elde edilen tahminlerden düşük bulunmuştur.

Amerika'da üç ayrı eyalette bulunan toplam 345.701 Holştayn ana-yavru çiftine ait Ergin Çağ x 305 güne göre düzeltilmiş süt verimi kullanılarak süt verimine ait kalıtım dereceleri her bir eyalet için ayrı ayrı tahmin edilmiştir. Verilere dönüşüm uygulanmadığında 0.36, 0.34 ve 0.38 olarak tahmin edilen kalıtım derecesi değerleri, karekök dönüşümü uygulandığında 0.35, 0.33 ve 0.37 olarak, logaritma dönüşümü uygulandığında ise 0.33, 0.31 ve 0.36 olarak hesaplanmıştır (Wade ve Van Vleck 1989).

Bu çalışma, EÇx305 günlük süt veriminin kalıtım derecesinin tahminine logaritma ve karekök dönüşümlerinin etkilerini incelemek amacı ile düzenlenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Çalışmanın materyalini, 1988-1992 yılları arasında Bala Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen 1022 baş Holştayn inek oluşturmuştur. Her bir babadan elde edilen yavru sayıları Tablo 1' de verilmiştir.

Çalışmada EÇ x 305 düzeltmesi yapılmış süt verimleri kullanılmıştır. Düzeltmelerde laktasyon süresi 305 günden uzun olan laktasyon süt verimleri (Alpan 1990, Kendirck 1955) ve 305 günden kısa süren laktasyon süt verimleri (Alpan 1990, Arpacık 1982, McDaniel ve ark. 1965) düzeltme faktörleri kullanılarak düzeltilmiş, kendiliğinden kuruya çıkan ineklerin süt verimleri ise 305 günlük süt verimi olarak kabul edilmiştir.

Kalıtım derecesi ile ilgili tahminlerde baba bir üvey kardeşler korelasyonu metodu kullanılmıştır (Becker, 1992). Metodun uygulanmasında Çok Etkenli Deney

Düzenlerinde Varyans Analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Varyans Analizi'nde,

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : i.yılda, j. mevsimde k. babadan olan l.ineğin süt verimi,

μ : genel ortalama,

A_i : i. yıl etkisi, (i = 1, 2, 3, 4, 5)

B_j : j. mevsim etkisi, (j = 1, 2, 3, 4)

AB_{ij} : yıl, mevsim etkileşimi,

C_k : k. baba etkisi, (k = 1, 2, 3,, 36)

AC_{ik} : yıl, baba etkileşimi,

BC_{jk} : mevsim, baba etkileşimi,

ABC_{ijk} : yıl, mevsim, baba etkileşimi,

e_{ijkl} : kontrol edilemeyen çevresel ve genetik

sapmalar,

modeli kullanılmıştır (Muluk ve ark., 1985).

Süt verimine ait kalıtım dereceleri,

a. EÇ x 305 günlük süt verimine herhangi bir dönüşüm uygulanmadan,

b. EÇ x 305 günlük süt verimine karekök ve logaritma dönüşümleri uygulanarak, elde edilen veriler kullanılarak tahmin edilmiştir.

İstatistiksel hesaplamalar ve dönüşümler "SPSS for Windows Release 10.0" paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

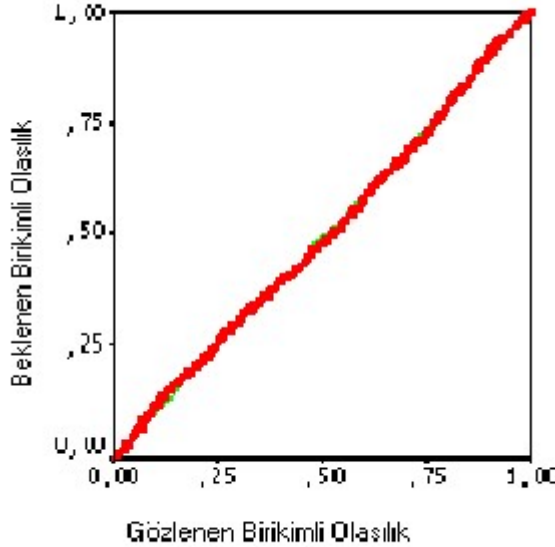
Çalışmada kullanılan verilerin normal dağılım gösterip göstermediği araştırılmış ve gerek herhangi

bir dönüşüm uygulanmadan gerekse karekök ve logaritma dönüşümlerinin uygulanmaları durumunda verinin tam olarak normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Karekök ve logaritma dönüşümleri veriyi hem sola çarpık hem de normal dağılıma göre daha dik hale getirmiştir. EÇx305 günlük süt verimi ile karekök ve logaritma dönüşümlerinin uygulandığı durumlara ait özetleyici istatistikler Tablo 2' de verilmiştir.

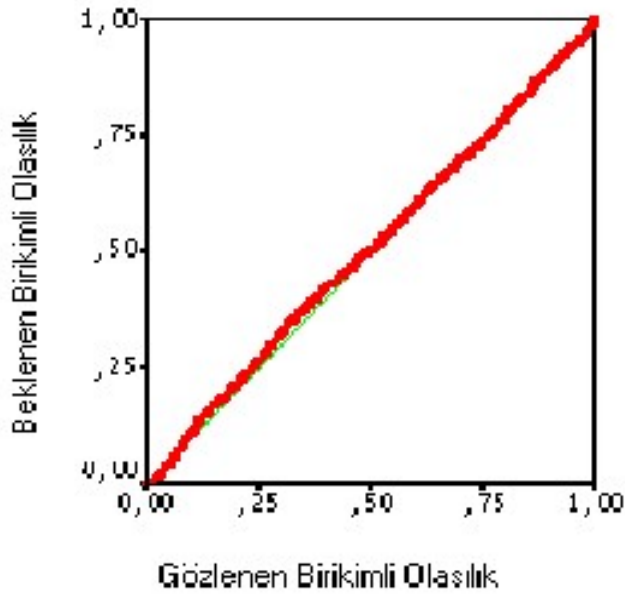
EÇx305 güne göre düzeltilmiş süt veriminin Normal Dağılım olasılık eğrisi, Grafik 1' de, karekök dönüşümü uygulanmış süt veriminin Normal Dağılım olasılık eğrisi Grafik 2' de, logaritma dönüşümü uygulanmış süt veriminin Normal Dağılım olasılık eğrisi ise Grafik 3' te verilmiştir.

Grafiklerden de görüldüğü gibi, EÇx305 günlük süt verimi ile karekök dönüşümü uygulanmış süt verimi Normal Dağılım'a yakın bir dağılım göstermektedir. Logaritma dönüşümü ise verinin dağılımını Normal Dağılım'dan uzaklaştırmıştır.

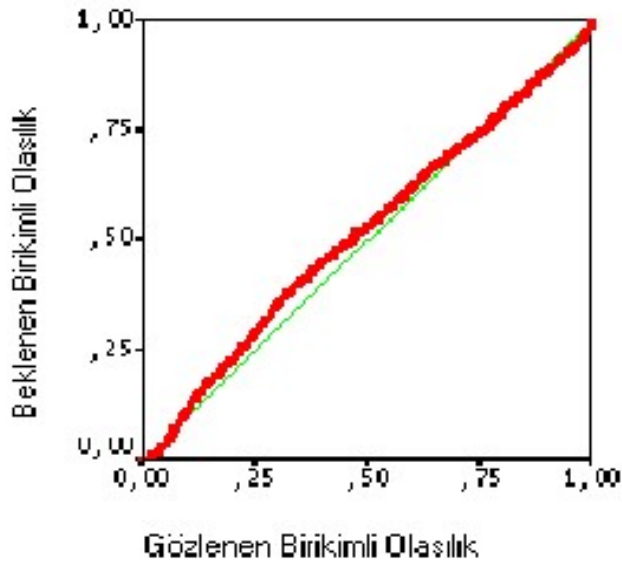
Dikkate alınan üç farklı durum için süt verimine ait kalıtım derecelerinin tahmin edilmesinde Baba Bir Üvey Kardeşler Korelasyonu Metodu kullanılmıştır. EÇx305 günlük süt verimi için yapılan Varyans Analizi'ne ait sonuçlar ve tahmin edilen kalıtım derecesi Tablo 3' te, karekök dönüşümü uygulandıktan sonra yapılan Varyans Analizi'ne ait sonuçlar ve tahmin edilen kalıtım derecesi Tablo 4' te, logaritma dönüşümü uygulandıktan sonra yapılan Varyans Analizi'ne ait sonuçlar ve tahmin edilen kalıtım derecesi ise Tablo 5' te verilmiştir.



Grafik 1. EÇx305 Güne Göre Düzeltilmiş Süt Veriminin Normal Dağılım Olasılık Grafiği.



Grafik 2. Karekök Dönüşümü Uygulanmış Süt Veriminin Normal Dağılım Olasılık Grafiği.



Grafik 3. Logaritma Dönüşümü Uygulanmış Süt Veriminin Normal Dağılım Olasılık Grafiği.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5' den de görüldüğü gibi, gerek EÇx305 günlük süt verimine ait gerekse EÇ x 305 günlük süt verimine karekök ve logaritma dönüşümleri uygulanarak elde edilen kalıtım derecelerine ait tahminler Boldman ve Freeman tarafından yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlarla hemen hemen aynı, diğer araştırmacıların elde ettiği değerlerden ise biraz düşüktür.

Bu çalışmada karşılaşılan sonuçlara benzer sonuçların, çok sayıda hayvan üzerinde yapılan çalışmaların içerildiği makalelerde nadiren yer almaları, kalıtım derecesi ile ilgili çalışmalarda kullanılan hayvan sayısının önemli olduğunu, özellikle de baba bir üvey kardeşler korelasyonu yönteminde kullanılan baba sayısının, her bir babadan elde edilen yavru sayısının ve genel olarak dikkate alınan yavru sayısının doğru ve gerçek değer tahmininde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Gerek bu çalışmada gerekse diğer çalışmalarda (Boldman ve Freeman 1990, Wade ve Van Vleck 1989, Van Vleck ve ark. 1985), logaritma dönüşümü uygulanan verilerden yararlanarak hesaplanan kalıtım derecesi tahminlerinin gerek herhangi bir dönüşüm yapılmadan gerekse karekök dönüşümü uygulanan verilerden elde edilen kalıtım derecesi tahminlerinden küçük olduğu görülmektedir. Bu durum, logaritma dönüşümünün karekök dönüşümüne göre ya da herhangi bir dönüşüm uygulanmamış durumdaki verilerin sayısal olarak küçülmesine yol açarak veriler arasındaki varyasyonu

azaltması ile açıklanabilir. Çünkü, varyasyon sayısal değerler arasındaki büyüklük farklılıklarından etkilenmektedir. Matematik biliminin sunduğu gerçeklerden birisi de logaritma dönüşümünün sayıların büyüklükleri arasındaki farklılıkları gerek karekök dönüşümüne göre gerekse dönüşüm uygulanmamış duruma göre azaltmasıdır. Sayısal değerler büyüdükçe bunlar arasındaki fark logaritma dönüşümü uygulandığında hissedilir derecede azalmaktadır. Yani 4000 ile 4750 sayıları arasındaki fark 750 birim iken bu sayıların logaritmaları arasındaki fark ($\log 4000 = 3,60$; $\log 4750 = 3,68$) sadece 0,08'dir. Dolayısıyla logaritma dönüşümü uygulanan veriler birbirine daha çok benzeyen değerler alacağından sayısal büyüklüklerden yararlanılarak hesaplanan varyasyon otomatik olarak daha küçük çıkacaktır.

Tablo 2'den de görüldüğü gibi logaritma dönüşümü sonucunda veri normal dağılıma göre daha dik ve sola çarpık hale gelmiştir. Dolayısıyla verilerin yayıldığı alt ve üst sınırlar arasındaki alan daraltılmıştır. Bu daralma verilerin büyüklük olarak birbirlerine yaklaşmaları ya da daha açık bir ifade ile veriler arasındaki varyasyonun azalması olarak ifade edilebilir. Varyasyonun en aza indirilmesi özellikle hayvan yetiştiriciliğinde elit bir sürünün elde edilmesi şeklinde değerlendirilebilir.

Sonuç olarak herhangi bir verim özelliği için elit bir sürüden elde edilecek kalıtım derecesi tahmininin, ilgili sürü ve ilgilenilen özellik için maksimum olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 1. Her Bir Babadan Elde Edilen Yavru Sayıları.

Baba Kulak No	Yavru Sayısı	Baba Kulak No	Yavru Sayısı	Baba Kulak No	Yavru Sayısı
12	11	3634	25	4152	18
36	24	3697	37	4204	12
176	19	3841	15	4383	94
276	14	3970	16	6683	57
376	19	3978	15	11580	41
3438	26	3998	11	12580	10
3480	11	4020	11	12583	12
3481	24	4050	13	13580	53
3519	42	4078	83	13783	62
3534	24	4096	10	18081	83
3583	53	4133	11	20984	19
3589	12	4136	16	28419	19
				TOPLAM	1022

Tablo 2. Dikkate Alınan Farklı Durumlar İçin Özetleyici İstatistikler (n=1022)

	Eç x 305 Günlük Süt Verimi	Karekök Dönüşümü Uygulanmış Süt Verimi	Logaritma Dönüşümü Uygulanmış Süt Verimi
Ortalama	5667.936±42.327	74.7284±0.2862	3.7401±0.00346
Ortanca	5593.5	74.7897	3.7477
Tepe Değeri	4371	66.11	3.64
Çarpıklık	0.2±0.077	-0.245±0.077	-0.767±0.077
Basıklık	0.374±0.153	0.522±0.153	1.645±0.153

Tablo 3. EÇx305 Günlük Süt Verimi İçin Yapılan Varyans Analizi'ne Ait Sonuçlar ve Süt Verimi İçin Tahmin Edilen Kalıtım Derecesi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Düzeltilmiş Model	395	1.00E+09	2535411.000	1.829	0.000
Kesim Noktası	1	1.48E+10	14845912935	10707.43	0.000
Yıllar Arası	4	36384763	9096190.739	6.561	0.000
Yıllar İçi	16.411	27017574	1646345.852		
Mevsimler Arası	3	10100670	3366890.087	2.428	0.064
Mevsimler İçi	15.185	24992171	1645830.539		
Babalar Arası	35	1.71E+08	4883706.860	3.522	0.000
Babalar İçi	58.512	99676843	1703542.630		
Yıl x Mevsim	12	18753501	1562791.791	1.127	0.335
Yıl x Baba	96	1.53E+08	1592926.164	1.149	0.172
Mevsim x Baba	96	1.52E+08	1583912.915	1.142	0.181
Yıl x Mevsim x Baba	148	2.14E+08	1448304.745	1.045	0.357
Hata	626	8.68E+08	1386505.820		
Genel	1022	3.47E+10			
Düzeltilmiş Genel	1021	1.87E+09			

 $h^2 = 0.2511 \pm 0.0882$

Tablo 4. Karekök Dönüşümü Uygulanan Süt Verimi İçin Yapılan Varyans Analizi'ne Ait Sonuçlar ve Süt Verimi İçin Tahmin Edilen Kalıtım Derecesi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Düzeltilmiş Model	395	44936.91	113.764	1.758	0.000
Kesim Noktası	1	2522788	2522788	38987.25	0.000
Yıllar Arası	4	1648.892	412.223	6.371	0.000
Yıllar İçi	16.530	1284.224	77.689		
Mevsimler Arası	3	375.210	125.070	1.645	0.222
Mevsimler İçi	14.717	1118.936	76.029		
Babalar Arası	35	7268.397	207.668	2.668	0.000
Babalar İçi	57.669	4455.886	77.267		
Yıl x Mevsim	12	883.550	73.629	1.138	0.326
Yıl x Baba	96	7090.804	73.863	1.141	0.183
Mevsim x Baba	96	6825.939	71.104	1.099	0.257
Yıl x Mevsim x Baba	148	9855.562	66.592	1.029	0.402
Hata	626	40507.23	64.708		
Genel	1022	5792631			
Düzeltilmiş Genel	1021	85444.14			

 $h^2 = 0.2284 \pm 0.0839$

Tablo 5. Logaritma Dönüşümü Uygulanan Süt Verimi İçin Yapılan Varyans Analizi'ne Ait Sonuçlar ve Süt Verimi İçin Tahmin Edilen Kalıtım Derecesi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Düzeltilmiş Model	395	6.390	1.618E-02	1.656	0.000
Kesim Noktası	1	6220.501	6220.501	636588.6	0.000
Yıllar Arası	4	0.237	5.918E-02	5.061	0.007
Yıllar İçi	16.797	0.196	1.169E-02		
Mevsimler Arası	3	4.21E-02	1.404E-02	1.257	0.326
Mevsimler İçi	14.306	0.160	1.117E-02		
Babalar Arası	35	0.978	2.795E-02	2.479	0.001
Babalar İçi	57.069	0.643	1.127E-02		
Yıl x Mevsim	12	0.132	1.100E-02	1.126	0.336
Yıl x Baba	96	1.058	1.102E-02	1.128	0.205
Mevsim x Baba	96	0.981	1.022E-02	1.046	0.371
Yıl x Mevsim x Baba	148	1.450	9.796E-03	1.002	0.482
Hata	626	6.117	9.772E-03		
Genel	1022	14308.91			
Düzeltilmiş Genel	1021	12.507			

 $h^2 = 0.2017 \pm 0.0778$

KAYNAKLAR

- Alpan O (1990) Sığır Yetiştiriciliği ve Besiciliği, Medisan Yayın No: 3, Ankara. Arıtürk E (1977), Genel Zootekni, F. Ü. Veteriner Fakültesi Yayınları, Yayın No: 14, A. Ü. Basımevi, Ankara.
- Arpacık R (1982) Sığır Yetiştiriciliği, U. Ü. Basımevi, Bursa.
- Becker WA (1992) Manual of Quantitative Genetics, 5th Edition, Academic Enterprises, USA.
- Boldman KG, Freeman AE (1990) Adjustment for Heterogeneity of Variances by Herd Production Level in Dairy Cow and Sire Evaluation. Journal of Dairy Sci., 73: 503-512.
- Box GEP, Cox DR (1964) An Analysis of Transformations. Journal of The Royal Statistical Society, Series B (Methodological), 26, 2: 211-252.
- Düzgüneş O, Akman N (1995) Varyasyon Kaynakları, A. Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1408, Ankara.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F (1987) Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları - II). A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021. Ankara.
- Erar A (1985) Bağlanım (Regresyon) Çözümlemesi (Basılmamış Ders Notları). H. Ü. Fen Fakültesi İstatistik Bölümü. Ankara.
- Kendirck JF (1955) Standardising Dairy Herd Improvement Association Records In Proving Sires, Usda-Ars-51-1.
- McDaniel BT, Miller RH, Corley EL (1965) Dhia Factors For Projecting Incomplete Records To 305 Days, Usda-Ars-44-164, 41(6): 10-12.
- Muluk Z, Toktamış Ö, Kurt S, Karaağaoğlu E (1985) Deney Düzenlemede İstatistiksel Yöntemler, Akademi Matbaası, Ankara.
- Saka O (1994) Oransal Verilerin Doğrusal Model Varsayımlarını Gerçekleştirmek Amacıyla Kullanılan Dönüşüm Tekniklerinin Seçimi Üzerine Bir Çalışma, A. Ü. Tıp Fakültesi Derg., XI, 2-3: 29-41.
- Van Vleck LD, Cox LR, Mirande SL (1985) Heritability Estimates of Milk Production from Daughter On Dam Regression by Year and Management Level. Journal of Dairy Sci., 68: 2964-2969.
- Wade KM, Van Vleck LD (1989) Genetic Parameters for Production Traits of Holsteins in California, NY and Wisconsin. Journal of Dairy Sci., 72: 1280-1285.
- Winkelman A, Schaeffer LR (1988) Effect of Heterogeneity of Variance on Dairy Sire Evaluation. Journal of Dairy Sci., 71: 3033-3039.
- Yıldız N, Bircan H (1991) Araştırma ve Deneme Metodları. A. Ü. Yayınları. No. 697. Erzurum.
- Yurtsever N (1984) Deneysel İstatistik Metotlar. Tarım-Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayını. No. 121/56. Ankara.