

## Farklı Sulama Rejimleri Altında Yetiştirilen Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) Yaprak Alanı Gelişiminin Bazı Matematiksel Büyüme Modelleri İle Karşılaştırılması

Sultan KIYMAZ<sup>1</sup> Ufuk KARADAVUT<sup>2</sup> Galip ŞİMŞEK<sup>3</sup>  
Kübra SOĞANCI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir

<sup>2</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kırşehir

<sup>3</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Kırşehir

<sup>1</sup>Sorumlu yazar: skiyamaz@ahievran.edu.tr

Geliş tarihi: 19/07/2018 Yayına kabul tarihi: 20/11/2018

**Özet:** Bitkilerin büyüme, verimlilik ve kalitesi doğrudan yaprak alanı ile ilgilidir. Yaprak alanı radyasyon durdurma, transpirasyonu ve fotosentezi etkileyen önemli bir rol oynar. Bazı matematiksel modeller, bitki büyümesini ve gelişimini analiz etmek için yararlı bir araçtır. Bu çalışmanın amacı, farklı sulama rejimleri altında yetiştirilen baklanın (*Phaseolus vulgaris* L.) yaprak alanı gelişimindeki bazı matematiksel büyüme modellerini karşılaştırmaktır. Deneme Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Uygulama ve Araştırma serasında, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Üç sulama rejimi (%50, %75 ve %100 tarla /saksı kapasitesi) ve dört fasulye çeşidinden ("Sarıköz", "Sazova", "Kırgünlük" ve "Gina") oluşturulmuştur. Yaprak ölçümleri ilk sulamadan hasada kadar sekiz kez ölçülmüştür. Yaprak alanlarının belirlenmesi için Gompertz, Weibull, Lojistik ve Monomoleküler modeller kullanılmıştır. Karşılaştırma kriterleri olarak belirleme katsayısı ( $R^2$ ) ve hata kareler ortalaması (HKO) kullanılmıştır. Sonuç olarak, fasulye çeşidine ve farklı sulama seviyesine göre yaprak alanı büyümesinin değiştiği belirlenmiştir. Bitkilerin yaprak alanı, bazı matematiksel büyüme modelleri ile tahmin edilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Fasulye, sulama seviyeleri, yaprak alanı, matematiksel modeller

### Comparison with some mathematical growth models of leaf area development of bean grown (*Phaseolus vulgaris* L.) under different irrigation regimes

**Abstract:** Growth, productivity and quality of plants are directly related to leaf area. Leaf area plays an important role affecting radiation interception, transpiration and photosynthesis. Some mathematical models are useful tool for analyzing the plant growth and development. The aim of the study was to compare some mathematical growth models of leaf area development of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different irrigation regimes. Experiment was conducted in randomized block design with three replications in a greenhouse Application and Research, Kırşehir Ahi Evran University, Turkey. Three irrigation regimes (50, 75 and 100 % of field/pot capacity) and four bean cultivars ("Sarıköz", "Sazova", "Kırgünlük" and "Gina") were performed. Leaf area measurement were done from germination to harvesting time, as total eight times. Gompertz, Weibull, Logistic and Monomolecular models were used for determining leaf areas. As comparison criteria were used the coefficient of determination ( $R^2$ ) and mean square error (MSE). As a result, leaf area growth was determined to vary according to bean varieties and different irrigation levels. The development leaf area of plants can be predicted by some mathematical growth models.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*, irrigation levels, leaf area, mathematical models

### Giriş

Fasulye dünyada olduğu gibi Türkiye tarımında da önemli bir yere sahiptir. Fasulye sodyum, magnezyum, demir,

potasyum gibi çok önemli mineral ve protein kaynağıdır. Az gelişmiş ülkeler protein ihtiyaçlarının büyük bir kısmını bu kaynaktan temin ederler. Yapraklar, ışık enerjisinin tutulduğu ve bitki büyümesi için

gerekli olan besin maddelerinin üretiminde kullanıldığı organlardır. Bu özelliğinden dolayı bitkinin yaşamı boyunca alabileceği enerjinin büyük bir kısmı yapraklarda üretilir. Yaprak alanının tahmini, bitki büyüme analizinin ve evapotranspirasyon çalışmalarının önemli bir bileşenidir. Yaprak alanı radyasyonu önleme, terleme ve fotosentezi etkilemede önemli bir rol oynar. Bitkilerin büyüme, verimlilik ve kalitesi doğrudan yaprak alanı ile ilgilidir. Yaprak alanı yaprakların sayısı, büyüklüğü ve her ikisinin bir fonksiyonudur, ancak özellikle boyutu su stresi ile azaltılabilir. Su kısıtı fotosentez kapasitesi, yaprak alan gelişimi ve büyümenin azalmasına yol açarak bitki gelişmesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Önceki yapılan çalışmalar, su kısıtının fasulye veriminde bir azalmaya neden olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Modelleme, canlıların büyüme ve gelişme aşamaları hakkında genel bir bilgi vermesi açısından önemlidir. Bazı matematiksel modeller, bitki büyümesini ve gelişimini analiz etmek ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunmayı kolaylaştırmak için yararlı bir araçtır. En yaygın yaklaşım, uzunluk ve genişlik gibi kolayca ölçülen yaprak parametrelerini kullanarak büyüme oranı ve regresyon tahmin eşitliklerini geliştirmektir (Kvet and Marshall, 1971; Pandey and Sing, 2011). Yaprak alanı ile yaprak boyutları (uzunluk, genişlik) arasındaki basit ve doğrusal ilişkilerin yaprak bölgesinin tahribatsız tahmini için yararlı olabileceği ifade edilmektedir (Lu et al. 2004). Pek çok araştırmacı tarafından çeşitli bitkilerin büyümesini ve gelişimini simüle etmek için birçok büyüme modeli geliştirilmiştir (Chanda and Singh, 1997; Gutierrez-Boem and Thomas, 2001; Bhatt and Chanda, 2003; Öner ve ark., 2012; Kandiannan et al., 2002; Rouphael et al., 2007; Tsialtas and Maslaris, 2005; Kıymaz ve ark., 2016).

Modelleme çalışmaları yapılırken, bitki büyüme ve gelişiminin olduğu çevre hakkında ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Dong et al. 2001). Birçok araştırmacı, farklı bitki türlerinde su rejiminin yaprak alanı gelişimine etki ettiğini bildirmiştir. Su stresi, yaprak büyüme oranını, son yaprak boyutunu ve

yaprak görünümü oranını azaltabilir, tüm bu etkiler daha düşük bir bitki yaprağı alanına yol açabilir (Muchow and Carbery, 1989; Randall and Sinclair, 1988; Vendeland et al., 1982; Gutiérrez-Boem and Thomas, 2001). Ancak, farklı sulama rejimleri altında yetişen fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) yaprak alanı gelişiminin bazı matematiksel büyüme modellerinin belirlenmesi konusunda yapılmış çalışmalar halen az sayıdadır. Bu nedenle, çalışmanın amacı farklı sulama rejimleri altında yetiştirilen fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) yaprak alanı gelişiminin bazı matematiksel büyüme modelleri ile karşılaştırmaktır.

### Materyal ve Metot

Çalışmada materyal olarak "Sarıköz", "Sazova", "Kırkgünlük" ve "Gina" fasulye çeşitlerinden alınan yaprak örnekleri kullanılmıştır. Tohumlar 5 Temmuz 2017'de saksıya 1 adet bitki olacak şekilde 10 adet saksıya (3'er adet tohum) tohumlar ekilmişlerdir. Ekim işleminden önce çeşitlere ait tohumların canlılık oranlarını belirleyebilmek için çimlenme testleri yapılmıştır. Çıkışta tek kalması için seyreltme işlemi yapılmıştır. Deneme Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Uygulama ve Araştırma serasında, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Sera kuruluş yeri itibariyle tek yönlü rüzgâr alan bir konumdadır. Bu etkiyi azaltabilmek için tesadüf parselleri yerine blok kullanılmıştır. Fasulye tohumları ekildikten üç hafta süresince tüm saksılara eşit miktarda su (150 ml) uygulandı. Fideler belirli bir yüksekliğe ulaştıkça planlanan sulama programına göre konulara sulama suyu verilmesine başlandı. Başlangıçta tüm konulara tarla kapasitesine gelinceye kadar eşit miktarda su uygulandı. Daha sonraki aşamada, tam sulama yapılan saksı tartıldı %40 su azalınca yani mevcut nem %60'a düştüğünde yeniden sulama yapıldı. Tam sulama uygulamaları tarla kapasitesine (TK) gelinceye kadar sulandı. Tam sulama uyguladığımız saksılarda (3 saksı) saksıların altından ilk su çıkışı başlar başlamaz sulama suyu kesildi, 15-20 dakika bekledikten sonra sızan su tartıldı, uyguladığımız sulama miktarından çıkarılıp tam sulama konularına

uygulayacağımız sulama miktarı bulundu. Daha sonra bu miktarın %60 ve %80'ni kadar miktarda su diğer sulama konularına uygulandı. Sulama ölçülü kaplar ile yapılarak uygulanan miktarlar kesin olarak belirlendi.

Denemede kullandığımız 5.8 litre hacimdeki (Ø 25 x 21 cm) saksıya toprak dolduruldu, saksının üzeri bir naylon ile örtüldü ve kurumaya bırakıldı. İyice kurduktan sonra azalan toprak hacmi kadar yeni toprak ilave edildi. Hava kurusu kıvamına gelen saksı toprağına ölçülü bir kapla azar azar su uygulandı. Saksı tabağından su sızmaya başladığında sulamaya son verildi. Sızma takibi yapılarak sızma bitiminden sonra sızan su ölçüldü ve uyguladığımız miktardan çıkarıldı. Bu miktar TK'sindeki nokta, yani toprağın su tutma kapasitesi olarak belirlendi.

Sulamalar üç günde bir yapılmıştır. Yaprak ölçümleri ilk sulama başladıktan üç gün sonra başlamış olup, her yedi günde bir olmak üzere hasada kadar toplam 8 kez yapılmıştır. Her bir çeşitten rastgele 3 bitki seçilmiş ve etiketlenmiştir. Ölçümler bu bitkiler üzerindeki 3 adet orta yaprakтан alınmıştır. Her bir saksının ortasından aynı yapraklardan üç tekrarlı olarak dokuz bitki ölçülmüştür. Yaprak alanı dijital bir planimetre ile, yaprak sapı uzunluğu milimetre hassasiyetli bir cetvelle ölçülmüştür ve her bir bitkideki toplam yaprak sayısı ise elle sayılmıştır.

Yaprak parametre ölçümleri, uzunluk, genişlik, yaprak sapı uzunluğu ve her bir fasulye bitkisindeki toplam yaprak sayısından oluşmuştur. Bitkideki toplam yaprak sayısı hariç diğer ölçülen tüm yaprak parametreleri santimetre (cm) olarak ifade edilmiştir.

Bu çalışmada, fasulye bitkilerinin yaprak alanlarının belirlenmesinde doğrusal olmayan modeller (Monomoleküler, Lojistik, Richards ve Gompertz modeller) kullanılmıştır. Doğrusal olmayan modeller sırasıyla aşağıdaki eşitlik (1), (2), (3) ve (4) 'te verilmiştir (Draper and Smith, 1998; Karadavut, 2009).

Monomoleküler büyüme modeli:

$$Y = a/(1 - be^{ct}) \quad (1)$$

Lojistik büyüme modeli:

$$Y = a/(1 - be^{-ct}) \quad (2)$$

Richards büyüme modeli:

$$Y = a(1 \pm be^{-ct})^d \quad (3)$$

Gompertz büyüme modeli

$$Y = ae^{-be^{-ct}} \quad (4)$$

Burada; a, bir asimptot değeri, b, bitkilerin gelişmeye başladıkları periyottaki yaprak değerlerin büyüklüğünü, c, net büyüme oranını, d, büküm noktasını ifade eder. Yani matematiksel olarak fonksiyonu sıfır yapan nokta olarak tanımlanmaktadır. Büyümenin en yüksek olduğu dönem aynı zamanda büyümenin azalmaya başladığı dönem olarak kabul edilmektedir. Büküm noktası parametresi bu noktayı bize vermesi açısından önemlidir.

Yaprak alanı büyümesinin tahmin edilmesinde Monomoleküler, Lojistik, Richards, ve Gompertz matematiksel büyüme modelleri, en iyi uyumu gösteren modelin veya modellerin belirlenmesinde karşılaştırma ölçütü olarak belirleme

katsayısı ( $R^2 = 1 - \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$ ) burada

$\hat{y}_i$ ; tahmin edilen y değerlerini,  $\bar{y}$ ; y değerlerinin ortalamasını ve  $y_i$  ise her bir y değerini ifade etmektedir. Hata kareler ortalaması

( $HKO = \frac{HKT}{HSD}$ ) kullanılmıştır. Burada

HKT; hata kareler toplamını, HSD ise hata serbestlik derecesini ifade etmektedir. Belirleme katsayısı en yüksek ve hata kareler ortalaması en düşük olan model en başarılı model olarak değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen verilerin analizinde Statistica 6.0 V istatistik paket programından yararlanılmıştır (Douglas and Donald, 1998; Karadavut, 2009).

## Bulgular ve Tartışma

Yapılan çalışmada fasulye çeşitlerine göre elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo incelendiğinde en yüksek tanımlama başarısı ortalama 0.90 R<sup>2</sup>

değeri ile "Kırgünlük" çeşitinde gözlenmiştir. Bu çeşiti 0.87 R<sup>2</sup> değeri ile "Sarıköz" çeşiti takip etmiştir. En düşük tanımlama değeri ise 0.85 R<sup>2</sup> değeri ile "Sazova" çeşitinde elde edilmiştir. Hata kareler ortalaması değerleri bakımından incelendiğinde ise en düşük HKO 1.420 değeri ile yine "Kırgünlük" çeşitinde olmuştur. Bunu 2.481 değeri ile yine "Sarıköz" çeşidi izlemiştir. En yüksek ise 2.879 değeri ile "Sazova" çeşidinde olmuştur. Bu sonuçlara göre yaprak büyümesinin en başarılı şekilde tahmin edilmesinde "Kırgünlük" bitkilerinin yaprak alanları tahmininde en başarılı tahminlemenin yapıldığı görülmektedir. En kötü tanımlama ise "Sazova" çeşitinde olmuştur.

Tablo 1. Sulamanın fasulye çeşitlerinin yaprak alanı (LA, cm<sup>2</sup>) tahminine ait parametre değerleri ve modellerin karşılaştırılması

Table 1. The parameter values and comparisons of models for leaf area (LA, cm<sup>2</sup>) estimation of beans according to cultivars

Çeşitler	Modeller		R <sup>2</sup>	HKO
"Sarıköz "	Monomoleküler	$Y = 18,14 / (1 - 1,240e^{0,315r})$	0.86	2.616
	Lojistik	$Y = 22,614 / (1 + 1,366e^{0,156r})$	0.88	2.331
	Richards	$Y = 20,401(1 - 1,098e^{0,305r})^{1,067}$	0.82	3.084
	Gompertz	$Y = 20,517e^{-1,224e^{-0,117r}}$	0.91	1.891
<b>Ortalama</b>			<b>0.87</b>	<b>2.481</b>
"Sazova"	Monomoleküler	$Y = 17,63 / (1 - 0,951e^{0,411r})$	0.85	2.762
	Lojistik	$Y = 22,551 / (1 + 0,935e^{-0,416r})$	0.84	2.816
	Richards	$Y = 20,084(1 - 1,228e^{-0,207r})^{1,504}$	0.81	3.567
	Gompertz	$Y = 20,801e^{-1,008e^{-0,118r}}$	0.89	2.371
<b>Ortalama</b>			<b>0.85</b>	<b>2.879</b>
"Kırgünlük"	Monomoleküler	$Y = 18,394 / (1 - 0,942e^{1,054r})$	0.91	1.380
	Lojistik	$Y = 22,715 / (1 + 1,818e^{-0,395r})$	0.90	1.408
	Richards	$Y = 20,902(1 - 1,284e^{-0,449r})^{1,094}$	0.86	1.927
	Gompertz	$Y = 20,334e^{-1,1,140e^{-0,068r}}$	0.93	0.966
<b>Ortalama</b>			<b>0.90</b>	<b>1.420</b>
"Gina"	Monomoleküler	$Y = 18,065 / (1 - 1,005e^{0,951r})$	0.88	2.445
	Lojistik	$Y = 22,504 / (1 + 1,817e^{-0,063r})$	0.85	2.698
	Richards	$Y = 20,307(1 - 1,098e^{-0,374r})^{1,097}$	0.80	3.258
	Gompertz	$Y = 20,680e^{-1,125e^{-0,107r}}$	0.90	2.217
<b>Ortalama</b>			<b>0.86</b>	<b>2.655</b>

R<sup>2</sup>: Belirleme Katsayısı, HKO:Hata Kareler Ortalaması

Modeller bazında incelendiğinde ise "Sarıköz" çeşidini en iyi tanımlayan eşitlik 0.91 R<sup>2</sup> katsayısı ve 1.891 HKO değeri ile Gompertz modeli olmuştur. Bu modeli 0.88 R<sup>2</sup> ve 2.331 HKO değeri ile Lojistik modeli izlemiştir. En düşük tanımlama ise 0.82 R<sup>2</sup> ve 3.084 HKO değeri ile Richard modelinde

olmuştur. Buna göre "Sarıköz" fasulye çeşidinin yaprak alanı büyümesinin tanımlanmasında Gompertz modelinin kullanılması uygun olabilir.

"Sazova" çeşidine bakıldığında 0.89 R<sup>2</sup> ile ve 2.371 HKO değeri ile Gompertz modelinin en başarılı tanımlamayı yaptığı

görülmektedir. Bu modeli 0.85 R<sup>2</sup> ve 2.762 HKO değeri ile Monomoleküler model izlemiştir. En düşük tanımlama ise 0.81 R<sup>2</sup> ve 3.567 HKO değeri ile Richards modeli olmuştur.

"Kırgünlük" çeşidinde ise en başarılı tanımlama 0.93 R<sup>2</sup> ve 0.966 HKO değeri ile Gompertz modelinde olurken, bu modeli 0.91 R<sup>2</sup> ve 0.380 HKO değeri ile monomoleküler model izlemiştir. En düşük tanımlama değeri ile en yüksek hata değeri ise 0.90 ve 1.408 değerleri ile Richards modelinde olmuştur.

"Gina" çeşidine baktığımızda da daha önce incelenen üç çeşitte gözlenen özellikler söz konusu çeşitte de gözlenmiştir. En yüksek tanımlama başarısı 0.90 ve 2.217 HKO değeri ile yine Gompertz modelinde olurken, bu modeli 0.88 R<sup>2</sup> ve 2.445 HKO ile monomoleküler model izlemiştir. En düşük tanımlama değeri ve en yüksek hata

HKO değeri ise yine Richards modelinde olmuştur.

Model ortalamaları dikkate alındığında en yüksek ortalama R<sup>2</sup> 0.9075 değeri ve 1.8613 HKO ile Gompertz modelinde tespit edilmiştir. En düşük ortalama R<sup>2</sup> ve en yüksek HKO değeri ise 0.8225 ve 2.9590 ile Richards modelinde olmuştur. Lojistik model 0.8775 ve 2.3133 değerlerine sahip olurken, Monomoleküler model 0.8750 ve 2.3008 değerlerine sahip olmuştur. Sulama rejimine göre çeşitlerin hangi model tarafından daha başarılı şekilde tanımlandığını belirlemek için yapılan çalışmanın sonuçları Tablo 2 'de gösterilmektedir. Tablo incelendiğinde en başarılı tanımlama 0.90 R<sup>2</sup> ve 3.101 HKO değeri ile %50 sulama konusundan elde edilmiştir. Buna karşın en düşük tanımlama ise 0.85 R<sup>2</sup> ve 4.568 HKO ile %100 sulama rejiminden elde edilmiştir.

Tablo 2. Sulama rejimlerine göre fasulyelerin yaprak alanı (LA, cm<sup>2</sup>) tahminine ait parametre değerleri ve modellerin karşılaştırılması

Table 2. The parameter values and comparisons of models for leaf area (LA, cm<sup>2</sup>) estimation of beans according to irrigation regimes

Sulama Rejimleri	Çeşitler	Modeller		R <sup>2</sup>	HKO
%50	"Sarıköz"	Gompertz	$Y = 19,948 e^{-1,094e^{-0,206t}}$	0.91	3.145
	"Sazova"	Gompertz	$Y = 20,068 e^{-1,102e^{-0,211t}}$	0.92	3.095
	"Kırgünlük"	Monomoleküler	$Y = 18,008 / (1 - 1,036e^{0,968t})$	0.90	3.255
	"Gina"	Gompertz	$Y = 19,806 e^{-0,977e^{-0,192t}}$	0.93	2.907
<b>Ortalama</b>				<b>0.92</b>	<b>3.101</b>
%75	"Sarıköz"	Gompertz	$Y = 20,318 e^{-0,917e^{-0,227t}}$	0.88	4.162
	"Sazova"	Gompertz	$Y = 20,091 e^{-0,933e^{-0,142t}}$	0.89	4.102
	"Kırgünlük"	Monomoleküler	$Y = 18,768 / (1 - 1,047e^{0,906t})$	0.89	4.096
	"Gina"	Gompertz	$Y = 19,934 e^{-1,058e^{-0,382t}}$	0.90	3.962
<b>Ortalama</b>				<b>0.89</b>	<b>4.081</b>
%100	"Sarıköz"	Richards	$Y = 20,462(1 - 1,522e^{-0,417t})^{1,192}$	0.85	4.588
	"Sazova"	Richards	$Y = 20,717(1 - 1,416e^{-0,221t})^{0,813}$	0.86	4.492
	"Kırgünlük"	Lojistik	$Y = 21,891 / (1 + 1,912e^{-0,124t})$	0.84	4.697
	"Gina"	Lojistik	$Y = 21,662 / (1 + 1,943e^{-0,442t})$	0.86	4.494
<b>Ortalama</b>				<b>0.85</b>	<b>4.568</b>

Sulama rejimleri kendi içlerinde değerlendirildiğinde ise %50 sulama rejiminde en yüksek tanımlamayı 0.93 R<sup>2</sup> ve 2.907 HKO değeri ile "Gina" çeşidinde

Gompertz modeli tanımlamıştır. Bunu 0.92  $R^2$  ve 3.095 HKO değeri ile "Sazova" çeşidinde yine Gompertz modeli izlemiştir. "Sarıköz" için 0.91 ve 3.234 değerleri ile yine Gompertz modeli olurken "Kırkgünlük" çeşiti için ise 0.90 ve 3.255 değerleri ile Monomoleküler modelde olmuştur. %75 sulama rejiminin de  $R^2$  ve HKO değerlerinde değişimler olsa da modeller aynı olarak tespit edilmiştir. Ancak %100 sulama rejiminde durum değişmiştir. Diğer iki sulama rejiminde en başarılı olarak görülen Gompertz ve Monomoleküler model yerine burada Richards modelinin ve Lojistik modelin ön planda olduğunu görmekteyiz.

Sözen ve Karadavut (2016) kuru fasulye bitkisinde üç farklı zamanda ve bitkilerin farklı yerlerinden aldıkları örnekler üzerinde yaptıkları çalışmada örneğin alım zamanına ve alınan yere göre yaprak alanında ciddi farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Öner ve ark. (2012) mısır bitkisinde yaptıkları çalışmada çoklu regresyon analizi kullanmışlar ve çeşitler arasında istatistiksel olarak farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada çeşitler arasında farklılığın çıkması ve alım yerlerinin etki yapmış olabileceği anlaşılmaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlar araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Ayrıca Granados et al. (1987) bitki yetiştiriciliği esnasında yapılan tarımsal uygulamaların (sulama, gübreleme ve ekim zamanı gibi) büyüme modellerinin yönünü ve şeklini değiştirdiğini tespit etmişlerdir. Karadavut ve ark. (2011) yonca bitkisinde yaptıkları çalışmada gübrelemenin çeşitlere göre büyüme modellerinin seyrini ciddi olarak değiştirdiğini belirtmişlerdir. Kıymaz ve ark. (2018) farklı azot dozları altında yetiştirilen şeker pancarı yapraklarının yapay sinir ağları ve farklı doğrusal olmayan modeller ile yaptıkları tahminlemede çeşitlere ve gübre dozlarına göre modeller arasında değişimlerin önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada sulama rejimlerinin modeller arasında önemli farklılığa sebep olduğu görülmüştür. Elde edilen bulguları ile araştırmacıların bulguları benzerlik göstermiştir.

## Sonuç ve Öneriler

Elde edilen sonuçlara göre Gompertz modelinin fasulye bitkilerinin yaprak alanı tahmininde en başarılı model olduğu söylenebilir. Bu modeli ise monomoleküler model izlemiştir. Sulama rejimleri bakımından ise yine Gompertz ve Monomoleküler model ön plana çıkarken, %100 sulama düzeyinde yetiştirilen fasulye bitkilerinin yaprak alanlarının tanımlanmasında Richards ve Lojistik modeller ön planda olmuşlardır. Fasulye bitkisi ile ilgili yapılacak yaprak alan tahminin hesaplanmasında basit ve hızlı sonuç almada adı geçen modeller kullanılabilir.

## Kaynaklar

- Bhatt, M. and Chanda, S.V. 2003. Prediction of leaf area in *Phaseolus vulgaris* by non-destructive method. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 29, 96-100.
- Chanda S.V. and Singh, Y. D. 1997. A rapid method for determining leaf area in sunflower. *Acta Agronomica Journal*, 27, 70-75.
- Dong, S., Scagel, C.F., Ghang, L., Fuchigami, L. and Rygievureaz, P.T. 2001. Soil temperature and plant growth stage influence nitrogen uptake and amino acid concentration of apple during early spring growth. *Tree Physiology*, 21(8):541-547.
- Draper, N.R. and Smith, H. 1998. *Applied Regression Analysis*, 3rd Edition. pp.736.
- Gutierrez-Boem, F. H. and Thomas, G. W. 2001. Leaf Area Development in Soybean as Affected by Phosphorus Nutrition And Water Deficit. *Journal of Plant Nutrition*, 24 (11):1711-1729.
- Granados, A.R., Ortega, D.M. and Zarate, L.G. 1987. Dry weight and nitrogen content in plant organs and their influence on bean yield and seed protein content. *Revista Chapingo*, 11-12 (54-55): 47-52.
- Kandiannan, K., Kailasam, C. Chandaragiri, K.K. and Sankaran, N. 2002. Allometric Model for Leaf Area

- Estimation in Black Pepper (*Piper nigrum* L.). Journal of Agronomy and Crop Science, 188: 138-140.
- Karadavut, U. 2009. Non-Linear Models for growth curves of triticale plants under irrigation conditions. Turkish Journal Field Crops, 14(2): 105-110.
- Kıymaz, S., Karadavut, U. and Ertek, A., 2016. Leaf area estimation of the sugar beet (*Beta vulgaris* L) at different irrigation regimes. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 3(1): 8-16.
- Kıymaz, S., Karadavut, U. and Ertek, A., 2016. A Comparison of Artificial Neural Networks and Some Nonlinear Models of Leaf Area Estimation of Sugar Beet at Different Nitrogen Levels. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(3): 303–309.
- Kvet J. and Marshall, K. 1971. "Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces," in Plant Photosynthetic Production, Z. Sestak, J. Catsky, and P. G. Jarvis, Eds., Manual of Methods, pp. 517–555, Junk Publishers, The Hague, The Netherlands.
- Lu, H.Y., Lu, C.T., Wei, W.L. and Chan L.F. 2004. Comparison of different models for nondestructive leaf area estimation intaro," Agronomy Journal, 96 (2):448–453.
- Muchow, R. C. and Carberry, P.S. 1989. Environmental control of phenology and leaf growth in a tropically adapted maize. Field Crops Research, 20: 221–36
- Öner, F., Gülümser, A., Sezer, M.İ., Odabaş, S., Akay, M.H. ve Açıkgöz, A. 2012. Mısır (*Zea mays* L.) Yaprak Alanının Matematiksel Model ile Tahmin Edilmesi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (1): 128-130.
- Pandey, S.K. and Singh H. 2011. A Simple, Cost-Effective Method for Leaf Area Estimation. Journal of Botany, 1-6.
- Randall, H.C. and Sinclair T.R. 1988. Sensivity of soybean leaf development to water deficits. Plant Cell Environment, 11:835-839.
- Rouphael, Y., Colla, G., Fanasca, S. and Karam, F. 2007. "Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements," Photosynthetica, 45 (2):306–308.
- Sözen, Ö. ve Karadavut, U. 2016. Kuru Fasulyede Farklı Yaprak Alanı Tahminlerinin Karşılaştırılması. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 3(3): 192–196.
- Tsialtas J.T. and Maslaris, N., 2005 "Leaf area estimation in a sugar beet cultivar by linear models," Photosynthetica, 43, 3, 477-479.
- Vendeland J.S., Sinclair T.R, Spaeth S.C. and Cortes P.M.1982. Assumptions of plastochron index evaluation with soybean Glycine maxcultivar Wilkin under field drought conditions. Annals of Botany, 50: 673-680.