

PAPER DETAILS

TITLE: Biber bitkisinde dogrusal ölçümlerle yaprak alan modelinin olusturulmasi

AUTHORS: Sefer BOZKURT,Gülsüm SAYILIKAN MANSUROGLU

PAGES: 77-86

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/793554>

Creating of leaf area model with linear measurements in pepper plant

Biber bitkisinde doğrusal ölçümlerle yaprak alan modelinin oluşturulması

Sefer BOZKURT¹ , Gülsüm SAYILIKAN MANSUROĞLU² 

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

²Hatay Mustafa Kemal University, Samandag Vocational School, Department of Plant Protection, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:02.01.2019

Kabul tarihi/Accepted:27.05.2019

Keywords:

Leaf area, growth model, leaf area index, water stress.

 Corresponding author: Sefer BOZKURT

: sbozkurt@mku.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Simple, accurate, and nondestructive methods of determining leaf area of plants are important for many experimental comparisons. The objectives of this study were to establish equations to estimate the leaf area of greenhouse-pepper and nondestructive leaf area determination by using this model and to evaluate the effects of different irrigation water levels (I₂₀, I₄₀, I₆₀, I₈₀, I₁₀₀ and I₁₂₀) on this estimative.

Methods and Results: A total of 300 leaves for each irrigation water level (totally 1800 leaves) were collect and predict the wide (W), length (L) and area (LA) of individual leaves of pepper plants. The wide and length of the leaves were measured with digital compass and leaf areas were measured with digital planimeter. The relationships among W, L and LA of leaves were invested graphically by using MS-Excel 2010. The mathematical model estimated with measured leaf parameters were derived from Unscrambler software MLR. The RMSEP and R² values were used for comparison of the models. Mean leaf area values were decreased by restricted irrigation amounts and, the leaf area values in I₂₀ (22 cm²), I₄₀ (23 cm²) and I₆₀ (23.1 cm²) were lower than the other leaf area values in sufficient and/or excess irrigation amounts. In the experiment, the best pepper leaf area estimating model was determined as $LA (cm^2) = 0.2462 * (W^2 + L^2) - 0.4357$ (RMSEP=2.47 and R²=0.98).

Conclusions: With the help of the model developed in the light of the data obtained, it is possible to determine the leaf area of pepper plant for using physiological, morphological and other scientific purposes.

Significance and Impact of the Study: Leaf area measurements without damaging the leaves are important because they provide researchers with the opportunity to continuously work on the same plant and leaf and thus reduce the high coefficient of variation that may occur in trials. Furthermore, the determination of leaf areas with simple linear measurements will eliminate the need for very expensive and complex leaf area measuring devices.

Atıf / Citation: Bozkurt S, Sayılıkan Mansuroğlu G (2019) Creating of leaf area model with linear measurements in pepper plant. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24(2) : 77-86

GİRİŞ

Biber sebzesi, günümüzde sera sebze yetiştiriciliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizde 2015 yılı verilerine göre, meyvesi yenen sebzeler içinde biber, 2.307.456 ton

üretim miktarı ile %9.38'lik üretim payına sahiptir. Örtü altındaki biber üretimi ise 548.660 ton olup örtü altı sebze üretiminin %8.64'ünü oluşturmaktadır. Bu üretim değeri ile biber, örtü altında yetiştirilen sebzeler arasında domates, hıyar ve karpuzdan sonra gelerek dördüncü

sırada yer almaktadır. Türkiye biber üretiminin % 23.78'i örtü altında gerçekleştirilmektedir (Anonim 2016).

Solanaceae familyasının bir üyesi olan biberin Latince adı *Capsicum annuum*'dur. Biber meyveleri değişik şekillerde (taze, turşu, salça, közleme, baharat, vb.) tüketilmektedir. Değişik mineraller ve vitaminler içeren biber meyvesinin acı çeşitlerinde bulunan alkolitler mide salgısını arttırarak iştah açmakta ve sindirimi kolaylaştırmaktadır. Biber meyvesi %93 oranında su içermekte olup C vitamini içeriği en yüksek sebzelerden biridir. Ayrıca A vitamini ve potasyum minerali yönünden de zengindir (Kaygısız 2000). Bu özelliklerinden dolayı biber üzerinde birçok bilimsel çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

Yapraklar, ışık enerjisinin tutulduğu ve bitki büyümesi için gerekli olan metabolitlerin üretiminde kullanıldığı en önemli organlardır. Diğer çevre koşullarının sınırlı olmadığı bir ortamda, bitkisel üretim (madde birikimi) bitkinin yaşamı boyunca yakalayabildiği ışık enerjisi miktarı tarafından belirlenmektedir (Kanemasu ve ark. 1985). Buna bağlı olarak yaprak alanı, bitki büyümesini ve verimliliği teşvik eden en önemli faktördür (Kandiannan ve ark. 2002). Yaprak alanının artması, kesilen fotosentetik radyasyon miktarına etkisinden dolayı bitkinin gelişmesinde asıl faktördür (Lawlor 1995). Yaprak fotosentez ve evapotranspirasyonla ilişkili önemli bir bitki organıdır. Bu nedenle, yaprak büyümesinin ölçülmesi bitki gelişiminin yanı sıra çoğu agronomik ve fizyolojik çalışmaların değerlendirilmesinde zorunlu bir uygulamadır (Guo ve Sun 2001). Yaprak alanı tahmini ile ilgili yöntemlerin çoğu budama veya söküm işlemlerinin yanı sıra, zahmetli veya zaman alıcıdır. Yaprakların budandığı örneklem yöntemleri, özellikle küçük parseller veya az sayıda bitki ile çalışıldığından, genellikle tercih edilmemektedir. Bunun yanı sıra, bazı diğer yöntemler ise pahalı ekipman kullanımı ve bu ekipmanların kullanımı için yüksek düzeyde teknik yeterlilik, işletme ve bakım ihtiyaçları gerektirmektedir. Araştırmacıların bu koşulları sağlaması çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle yaprak alanı tahmininde basit, ucuz ve yaprağa zarar vermeyen bir yöntemin geliştirilmesi önem kazanmaktadır.

Yaprak alanı, özellikle bitkideki yaprak sayısı ve yaprak büyüklüğüne bağlıdır. Bitkide yaprak sayısı ve büyüklüğü su stresi ve besin eksikliğinden olumsuz etkilenmektedir (Longnecker 1994). Bitkide su ve besin maddesi alınımının azalması fotosentetik radyasyonun azalmasına ve dolayısıyla fotosentezin yavaşlamasına

neden olmaktadır (Koç ve Barutçular, 2000). Yaprak alanı, fotosentetik aktivasyonla ilişkili olduğu için, bitkilerin karbonhidrat metabolizması, kuru madde oluşumu, verim ve kalitesini de etkilemektedir (Centritto ve ark. 2000).

Yapraklara zarar vermeden yaprak alanı ölçümleri, araştırmacılara sürekli aynı bitki ve yaprakta çalışma fırsatı sağlaması ve dolayısıyla denemelerde ortaya çıkabilen yüksek varyasyon katsayılarını azaltma potansiyeli nedeniyle, yapraklara zarar veren alan ölçümlerine kıyasla çok daha fazla tercih edilmektedir. Ayrıca, basit doğrusal ölçümlerle yaprak alanlarının belirlenebilmesi çok pahalı ve karmaşık yaprak alan ölçüm cihazlarına gereksinimi ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenlerle bireysel veya toplam yaprak alanlarının doğrusal yaprak ölçümleriyle elde edilen verilerden yararlanılarak oluşturulan matematiksel formüller ve modeller yardımıyla belirlenmesi bitki çalışmalarında oldukça yararlı olmaktadır (Çamaş ve ark. 2005).

Yaprak alanlarının doğrudan bitkiye zarar vermeden belirlenmesine yönelik farklı bitkiler için yapılmış çalışmalar (Manivel ve Weaver 1974; Sepaskhah 1977; Strik ve Proctor 1985; Robbins and Pharr 1987; Guo and Sun, 2001) bulunmaktadır. Ancak, literatürde biberde su stresi altında yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

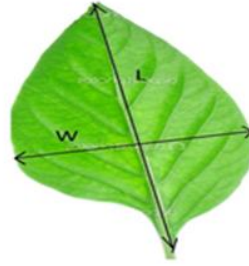
Gelişen bilgisayar teknolojilerinden günümüz tarımının birçok alanlarında yararlanılmaktadır. Bu çalışma ile bilgisayara yükleyebildiğimiz basit bir yazılım sayesinde biberde yaprak alan ölçümlerinin daha kısa sürede ve daha az hata ile sonuçlandırılması amaçlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında geliştirilen model yardımıyla biber üzerinde yapılacak fizyolojik, morfolojik ve diğer çalışmalarda kullanılan toplam yaprak alanının hesaplanmasında özellikle araştırma yapan bilim adamlarına faydalı olacaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada yörede yaygın olarak yetiştirilen Ural-F1 biber çeşidi kullanılmıştır.

Parseller 12.0m x 1.5m boyutlarında 18 m² taban alanına sahiptir. Biber bitkileri 100x50x50cm sıra arası ve sıra üzeri mesafelerde çift sıralı olarak dikilmiştir. Parsel başlarında tesir bitkileri bırakılmış ve gözlemler ortadaki bitkilerde yapılmıştır (Şekil 1).

Denemede uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketim değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Biber yaprak en (W) ve boy (L) ölçümlerinin yapılış pozisyonu

Verilerin değerlendirilmesi

Farklı boyutlara sahip yaprakların en (W), boy (L) ve alanları (LA) önceden belirtilen yöntemlerle belirlenip, ortalamaları karşılaştırılarak su stresinin yaprak alan geometrisine etkisi ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, elde edilen veriler yardımıyla yaprak alanı ile W ve L parametreleri arasındaki doğrusal veya doğrusal olmayan ilişkiler farklı matematiksel formüllerle açıklanmaya çalışılmış ve en uygun model belirlenmiştir (Gomez ve Gomez, 1984).

Matematiksel modelleme çalışmalarında UnScrambler (Versiyon 9.7) paket programı kullanılmıştır. En iyi modelin belirlenmesinde RMSEP ve R^2 değerleri kullanılmış olup, RMSEP değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Esbensen, 2009):

$$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_{i,ref})^2}{n}}$$

Burada; y_i : ölçülen alan, $y_{i,ref}$: tahmin edilen alan ve n gözlemlenen deneysel veri sayısıdır.

Sonuçta, uygun görülen modelin MS-Ofis Excell programında programı oluşturulmuş ve sadece yaprakların en ve boy değerlerinin girilmesiyle, bireysel yaprak alanı (LA), toplam bitki yaprak alanı (TLA) ve bitki

yaprak alan indeksi (LAI) değerlerinin doğrudan belirlenmesi sağlanabilecektir.

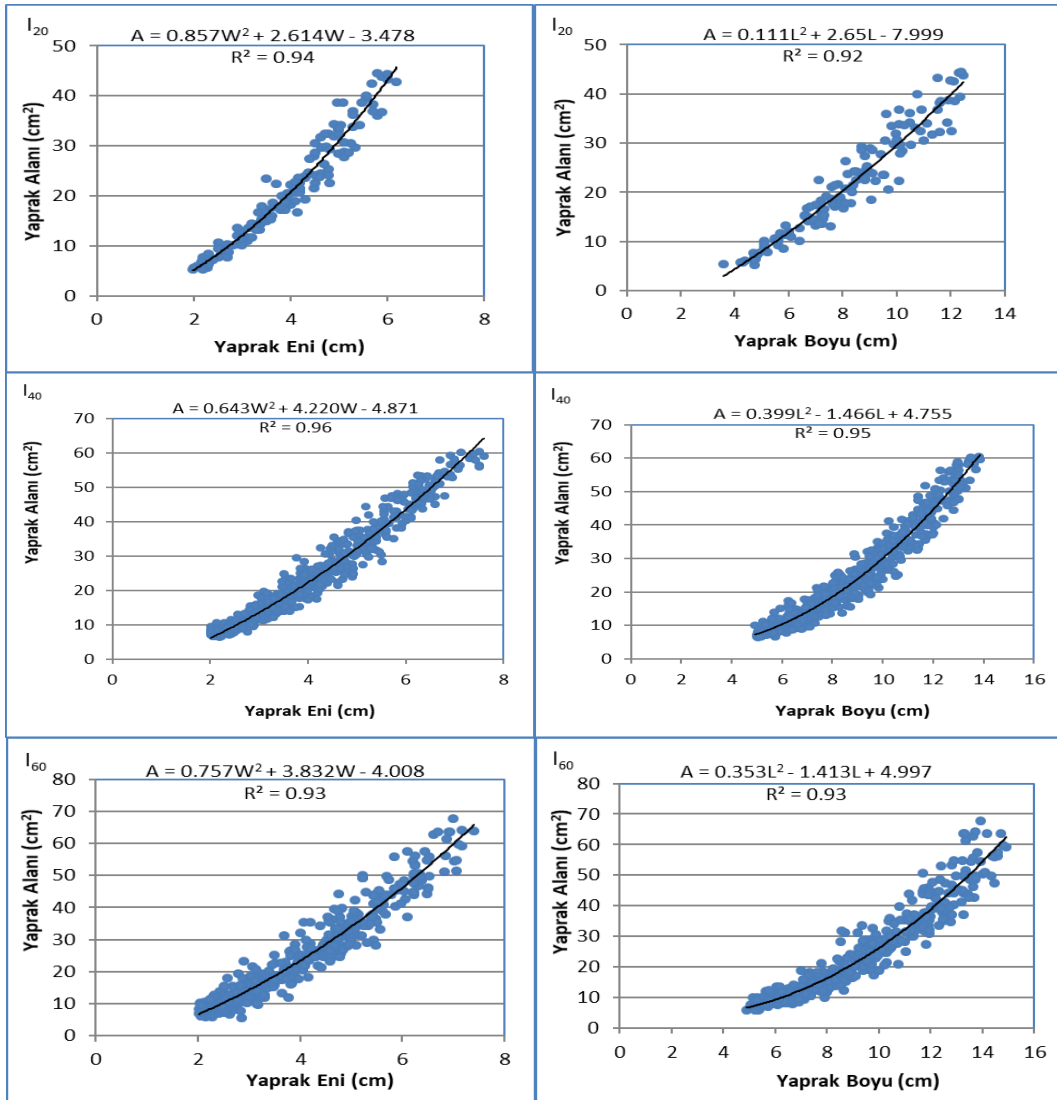
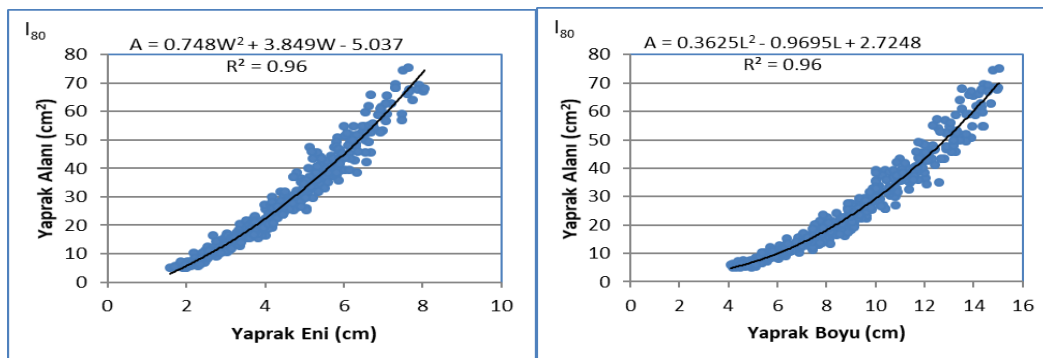
BULGULAR ve TARTIŞMA

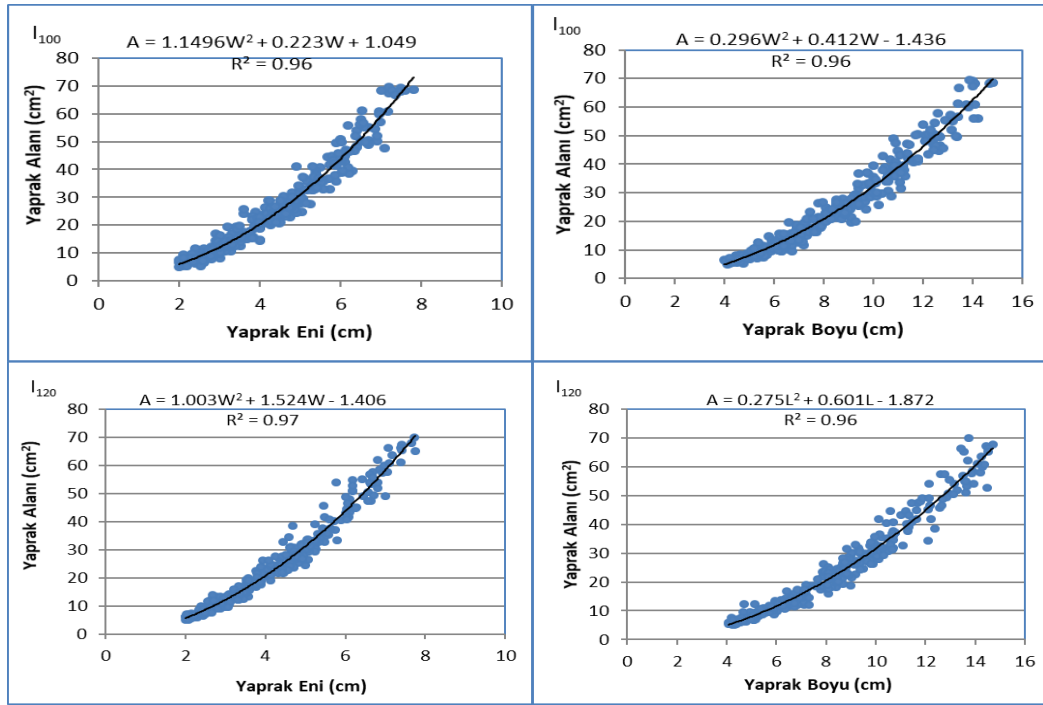
Farklı sulama düzeylerinin ortalama yaprak alanı üzerindeki etkisi Çizelge 3’de verilmiştir. Kısıtlı sulamaları temsil eden I_{20} , I_{40} ve I_{60} sulama düzeyinde sulanan bitkilerin ortalama yaprak alanı değerlerinin diğer sulama düzeylerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). En yüksek ortalama yaprak alanı I_{80} sulama konusunda 26.2 cm^2 olarak elde edilmiştir. Ortalama yaprak alan değerleri uygulanan sulama suyu miktarları arttıkça belirli bir düzeye kadar artış göstermiş, yüksek su uygulamalarında ise kısmen düşüş göstermiştir. Buradan su uygulamalarının kısıtlı olduğu koşullarda ve aşırı su uygulamalarında bitki yaprak gelişiminin olumsuz etkilendiği anlaşılmaktadır.

Çalışmada farklı sulama düzeylerinde yetiştirilen bitkilerin yaprak eni, boyu ve yaprak alanı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yaprak W, L ve yaprak alanı arasındaki ilişki I_{20} , I_{40} ve I_{60} sulama düzeyleri için Şekil 3’de, I_{80} , I_{100} ve I_{120} sulama düzeyleri için ise Şekil 4’de verilmiştir. Hem yaprak eni ve yaprak alanı hem de yaprak boyu ve yaprak alanı arasında yüksek düzeyde bir polinomial ilişki olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Farklı sulama düzeylerinin ortalama yaprak alanı üzerindeki etkisi ($\text{cm}^2/\text{yaprak}$)

	I_{20}	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{100}	I_{120}
N	300	300	300	300	300	300
Ortalama	22.0	23.0	23.1	26.2	25.0	24.8
Standart Sapma	10.5	13.6	14.5	16.5	16.2	15.7
Standart Hata	0.9	0.5	0.7	0.8	0.9	0.9

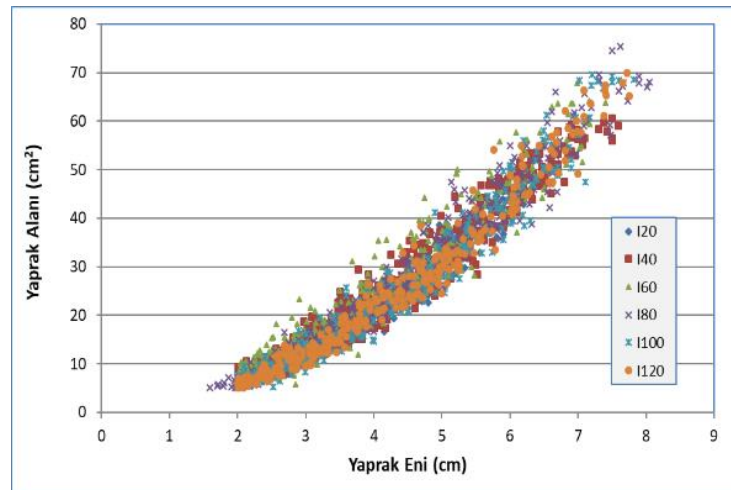
Şekil 3. I₂₀, I₄₀ ve I₆₀ sulama düzeyinde yaprak eni, boyu ve yaprak alanı arasındaki ilişkiler



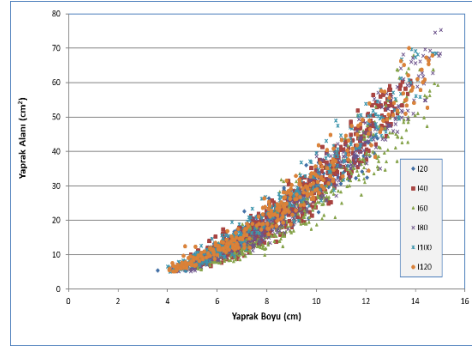
Şekil 4. I₈₀, I₁₀₀ ve I₁₂₀ sulama düzeyinde yaprak eni, boyu ve yaprak alanı arasındaki ilişkiler

Sulama düzeylerinin yaprak W veya L ile yaprak alanı arasındaki ilişkiyi önemli düzeylerde etkilemediği görülmüştür (Şekil 5 ve 6). Bu nedenle modelleme aşamasında tüm sulama düzeylerinde ölçülen değerler veri sayısını artırmak ve bu yolla elde edilecek denklemlerin temsil yeteneğini artırmak için

birleştirilmiştir (Şekil 7). Şekil 5, 6 ve 7 incelendiğinde verilerde önemli bir dağılma veya farklılaşma olmadığı görülmektedir. Birleştirilmiş verilerden elde edilen grafikten de anlaşıldığı üzere (Şekil 7), yaprak W ile yaprak alanı ilişkisi yaprak L ve yaprak alanı ilişkisine göre daha homojen veri dağılımı ($R^2=0.95$) göstermiştir.



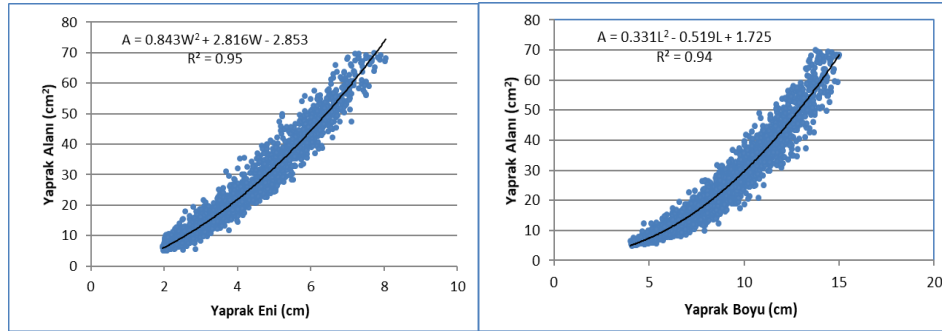
Şekil 5. Farklı su miktarlarıyla sulanan bitkilerde yaprak eni ve yaprak alanı arasındaki ilişki



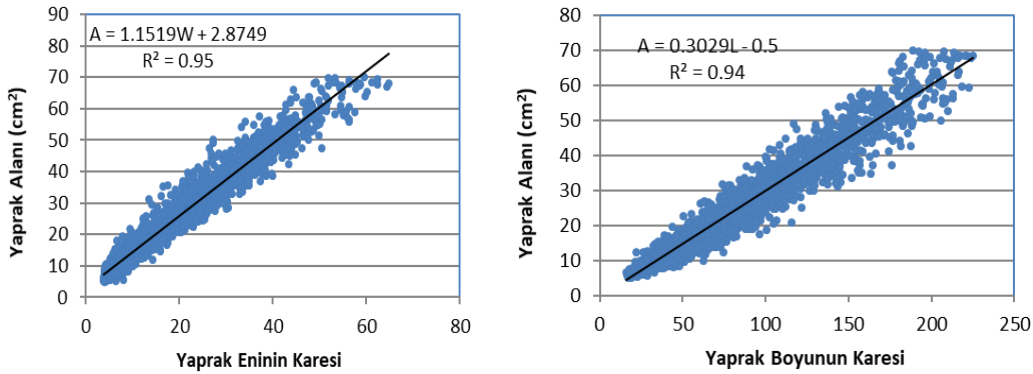
Şekil 6. Farklı su miktarlarıyla sulanan bitkilerde yaprak boyu ve alanı arasındaki ilişki

Yaprak eni ile yaprak alanı ve yaprak boyu ile yaprak alanı arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu görüldüğünden (Şekil 5), çalışmanın amacı doğrultusunda, veriyi doğrusal hale getirmek için yaprak

eninin ve yaprak boyunun karesi alınarak veri dönüşümü yapılmıştır. Dönüşüm yapılan veriler arasındaki ilişkiler belirlenmek üzere Şekil 8’de grafiklenmiştir.



Şekil 7. Yaprak eni, yaprak boyu ve yaprak alanı arasındaki ilişki (Birleştirilmiş veri)



Şekil 8. Yaprak eninin karesi ile yaprak alanı ve yaprak boyunun karesi ile yaprak alanı arasındaki ilişki (Birleştirilmiş veri)

Veri analizinin modelleme aşamasında beş model geliştirilmiştir. Bunlar:

- 1) Yaprak eninden alan tahmini (Model 1)
- 2) Yaprak boyundan alan tahmini (Model 2)
- 3) Yaprak eninin karesinden alan tahmini (Model 3)
- 4) Yaprak boyunun karesinden alan tahmini (Model 4)

5) Yaprak eninin karesinden ve yaprak boyunun karesi toplamından alan tahmini (Model 5)

Model eşitlikleri ve modellere ilişkin RMSEP ve R² değerleri Çizelge 4’de verilmiştir. Ölçülen yaprak alanı ile tahmin edilen yaprak alanı arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler ise Şekil 9 ve 10’da verilmiştir.

Çizelge 4. Yaprak alanı tahmini model eşitlikleri ve modellere ilişkin RMSEP ve R² değerleri

Model No	Model Eşitliği	RMSEP	R ²
1	$A = 10.285 * (W) - 17.64$	3.21	0.94
2	$A = 5.5272 * (L) - 23.644$	3.66	0.92
3	$A = 1.1519 * (W)^2 + 2.8749$	3.27	0.95
4	$A = 0.3029 (L)^2 - 0.5$	3.67	0.94
5	$A = 0.2462 * (W^2 + L^2) - 0.4357$	2.47	0.98

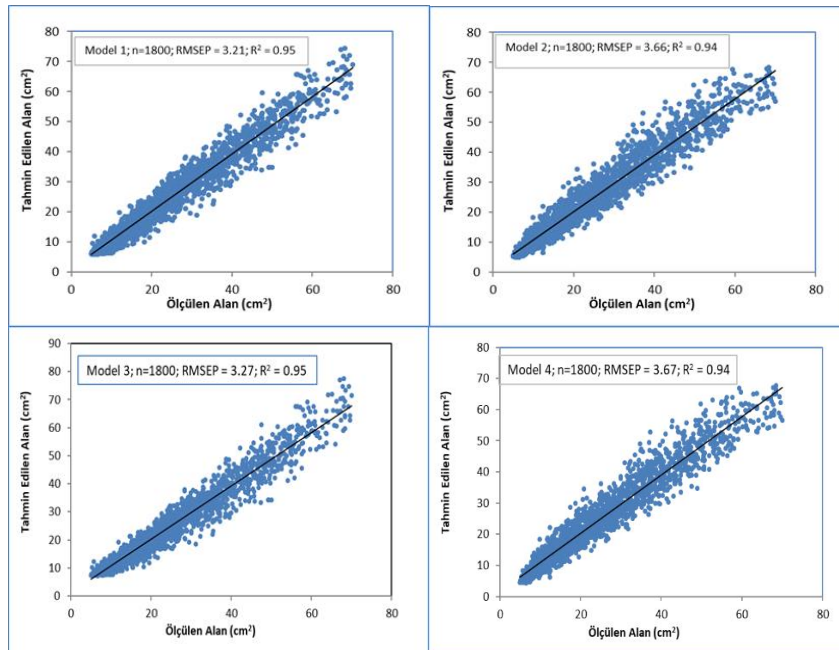
Model 1 çalışmasında, doğrudan ölçülen ve yaprak eninden tahmin edilen alanlar arasında R²=0.95 güvenilirlik düzeyinde bir ilişki gözlenmektedir. Ancak anılan modelin RMSEP değerinin (3.21) yüksek olması modelin geçerliliğini zayıflatmaktadır.

Model 2 çalışmasında ise doğrudan ölçülen ve yaprak boyundan tahmin edilen alanlar arasında Modele 1'e göre daha düşük bir ilişki (R²=0.94) olduğu belirlenmiştir. Zaten bu modelin RMSEP değeri (3.66) en yüksek çıkmış ve bu modelin zayıflığını göstermektedir.

Model 3 çalışmasında, doğrudan ölçülen ve yaprak eninin karesinin kullanılarak tahmin edilen alanlar arasında R²=0.95 düzeyinde bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

Ancak, bu modelin RMSEP değeri (3.27) sadece yaprak eni kullanılan modelin RMSEP değerinden daha yüksek bir değere sahiptir. Bu tespit 3. Model yerine birinci modelin daha doğru tahmin sonuçları verdiğini göstermektedir.

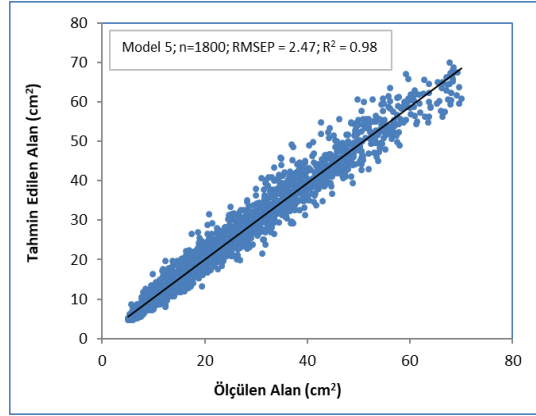
Model 4 çalışmasında, doğrudan ölçülen ve yaprak boyunun karesinin kullanılarak tahmin edilen alanlar arasında R²=0.94 düzeyinde bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Ancak, bu modelin RMSEP değeri (3.67) tüm modeller içinde en yüksek değer olarak tespit edilmiştir. RMSEP değerinden çok yüksek olduğu için en başarısız model olmuştur.



Şekil 9. Model 1, 2, 3 ve 4 için ölçülen yaprak alanı ile tahmin edilen yaprak alanı arasındaki ilişki

Model 5 çalışmasında doğrudan ölçülen ve yaprak eni ve boyunun kareleri toplamının kullanılarak tahmin edilen alanlar arasında R²=0.98 düzeyinde bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Bu model en düşük RMSEP değeri (2.47) ve

en yüksek R² değerleri nedeniyle yapılan modellemeler içinde en kesin alan tahmini yapabilen ve en güvenilir model olarak kabul edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Model 5 için ölçülen yaprak alanı ile tahmin edilen yaprak alanı arasındaki ilişki

Sonuç olarak, Yapılan çalışma, yaprak alanlarının kolaylıkla, yaprak boyutlarının bir kompas yardımıyla ölçülüp doğrudan belirlenebileceğini göstermiştir. En uygun yaprak alanı belirleme Modeli:

Yaprak Alanı (cm²) = 0.2462 * (W²+L²) - 0.4357 (RMSEP=2.47 ve R²=0.98)

Biber yaprak alan belirlemesi için çok pahalı ve hassas cihazlara gerek olmadan bu denklem kullanılarak rahatlıkla yaprak alanları belirlenebilir ve böylece aynı yaprak üzerinde sürdürülen çalışmalara yapraklara zarar vermeden devam edilebilecektir. Bunun yanı sıra yapılacak çalışmaların bütçeleri azalarak, zamandan tasarruf edilebilecektir.

ÖZET

Amaç: Bitkilerin yaprak alanının belirlenmesinde kullanılan basit, doğru ve bitkiye zarar vermeyen yöntemler, birçok deneysel karşılaştırmada önemli yer tutmaktadır. Bu çalışmada serada yetiştirilen biber bitkisinin farklı sulama suyu miktarları (I₂₀, I₄₀, I₆₀, I₈₀, I₁₀₀ ve I₁₂₀) altında yaprak alan modellerinin geliştirilmesi ve bu modelden faydalanılarak bitkiye zarar vermeden yaprak alanlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem ve Bulgular: Her konuda 300'er adet (toplam 1800 adet) yaprak üzerinde çalışılmış ve en (W), boy (L) ve alanları (LA) belirlenmiştir. En ve boy ölçümleri dijital kompasla yapılırken, alan ölçümleri dijital planimetre ile yapılmıştır. Yaprak eni, yaprak boyu ve yaprak alanı değerleri arasındaki ilişki MS-Excel 2010 yazılımı ile grafiksel olarak incelenmiştir. Yaprak eni, yaprak boyu ve yaprak alanı değerleri arasındaki matematiksel tahmin modelleri ise; Unscrambler yazılımında MLR yöntemine göre oluşturulmuştur. Modellerin karşılaştırılması amacıyla her bir model için Unscrambler yazılımından elde edilen RMSEP ve R² değerleri kullanılmıştır. Sonuçlara göre kısıtlı su uygulamalarının ortalama yaprak alanını azalttığı belirlenmiş ve bu bağlamda I₂₀ (22

cm²), I₄₀ (23 cm²) ve I₆₀ (23.1 cm²) kısıtlı su uygulama konuları diğer konulara göre daha düşük ortalama yaprak alanı değerleriyle sonuçlanmıştır. Araştırmada elde edilen en başarılı modelin; Biber Yaprak Alanı (cm²) = 0.2462 * (W²+L²) - 0.4357 (RMSEP=2.47 ve R²=0.98) olduğu belirlenmiştir.

Genel Yorum: Elde edilen veriler ışığında geliştirilen model yardımıyla biber üzerinde yapılacak fizyolojik, morfolojik ve diğer çalışmalarda kullanılan yaprak alanlarının belirlenmesi mümkündür.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Yapraklara zarar vermeden yaprak alanı ölçümleri, araştırmacılara sürekli aynı bitki ve yaprakta çalışma fırsatı sağlaması ve dolayısıyla denemelerde ortaya çıkabilen yüksek varyasyon katsayılarını azaltma potansiyeli nedeniyle önemlidir. Ayrıca, basit doğrusal ölçümlerle yaprak alanlarının belirlenebilmesi çok pahalı ve karmaşık yaprak alan ölçüm cihazlarına gereksinimi ortadan kaldıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Yaprak alanı, büyüme modeli, yaprak alan indeksi, su stresi.

TEŞEKKÜR

Araştırma Mustafa Kemal Üniversitesi BAP birimi tarafından 18M010 Nolu proje ile desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim (2009) TÜİK, Türkiye İstatistik Yıllığı.
- Anonim (2016) TÜİK, Türkiye İstatistik Yıllığı.
- Centritto M, Loreto F, Massacci A, Pietrini F, Villani MC ve Zacchine M (2000) Improved growth and water use efficiency of cherry saplings under reduced light intensity. Ecological Res 15: 385–392.

- Çamaş N, Ayan AK, Esendal E (2005) Leaf area prediction model for safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) Pakistan. J of Biological Sci 8(11): 1541-1543.
- Esbensen KH (2009) Multivariate Data Analysis – In Practice. 5th Edition. Camo. Norway.
- Gomez KA, Gomez AA (1984) Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley and Sons, New York.
- Guo DP, Sun YZ (2001) Estimation of leaf area of stem lettuce (*Lactuca Sativa* Var *Angustana*) from linear measurements. Indian J of Agric Sci 71(7): 483-486.
- Gülümser A, Bozoğlu H, Peşken E (1998) Yemeklik Tane Baklagiller (Uygulama Kitabı). OMÜ. Ziraat Fak. Ders Kitabı No.27. Samsun.
- Kandiannan K, Kailasam C, Chandaragiri KK, Sankaran N (2002) Allometric model for leaf area estimation in black pepper (*Piper Nigrum* L.). J Agronomy & Crop Sci 188: 138–140.
- Kanemasu ET, Asrar G, Fuchs M (1985) Application of remotely sensed data in wheat growth modelling. In: Wheat Growth and Modelling, Eds.: W. Day and R.K. Atkin. Nato Asi Series, Series A: Life Sciences 86:357-369.
- Kaygısız H (2000) Sebzeçilik Genel Teknikler Özel Uygulamalar (Domates, Biber, Patlıcan, Biber). Genişletilmiş İkinci Baskı, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul.
- Koç M, Barutçular C (2000) Buğdayda çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi ile verim arasındaki ilişkinin Çukurova koşullarındaki durumu. Turk J Agric For 24:585-593.
- Lawlor DW, 1995. Photosynthesis, Productivity and Environment. J Exp Bot 46:1449–1461.
- Longnecker N (1994) Nutrient deficiencies and vegetative growth. In Mechanisms of Plant Growth And Improved Productivity. Basra, A.S., Ed.; Marcel Dekker: New York, 137–172.
- Manivel L, Weaver RJ (1974) Biometric correlations between leaf area and length measurements of Grenache grape leaves. Hortscience 9(1): 27-28.
- Robbins NS, Pharr DM (1987). Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements. Hortscience 22(6): 1264-1266.
- Sepaskhah AR (1977) Estimation of individual and total leaf areas of safflowers. Agronomy J 69(5): 783-785.
- Stewart DW, Dwyer LM (1993). Mathematical characterization of maize canopies. Agricultural and Forest Meteorology 66:247-265.
- Strik BC, Proctor JTA (1985) Estimating the area of trifoliate and unequally imparipinnate leaves of strawberry. Hortscience 20(6): 1072-1074.