

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)
**Asma Yaprak Alanın Belirlenmesinde Farklı İki Yöntemin
Karşılaştırılması**

Adnan DOĞAN*, Cüneyt UYAK, Ruhan İlknur GAZİOĞLU ŞENSOY,
Nurhan KESKİN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van
*e-posta: adnandogan@yyu.edu.tr

Öz: Bitkilerde fotosentez, transpirasyon, solunum gibi birçok hayati mekanizmayı kontrol eden yapraklar, bilimsel çalışmalarda tür ya da çeşit tespitinin yapıldığı, bitkinin çeşitli stres şartlarına olan tepkisinin ölçüldüğü temel organlardır. Yaprakların yüzey alanının tespiti de birçok çalışmaya ışık tutmaktadır. Bu çalışmada yaprak alanını belirlemede iki farklı yöntemin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Kullanılan birinci yöntemle görüntü işleme programı Photoshop CS6 kullanılarak piksel değerleri üzerinden piksel-alan hesaplaması ile yaprak alanını tespit edilmiştir. Bir diğer yöntem ise ağırlık-alan ilişkisinden yararlanılarak, yaprak alanı belirlenmeye çalışılmıştır. Ele alınan 28 farklı yerel üzüm çeşidinin yapraklarında iki yöntem arasındaki alanın -12.93-9.2 cm² arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada iki yöntem karşılaştırılarak her çeşit için yaprak alan katsayısı saptanmıştır. Bilgisayarda taranan ve Adobe Photoshop 6.0 programı ile belirlenen alan ile ağırlık alan ilişkisi yöntemi kullanılarak belirlenen alan arasındaki regresyon katsayısı R²=0.908 (p<0.01) olarak bulunmuştur. İki yöntem arasındaki bu ilişkinin istatistik olarak önemli olması, bilgisayarla tespitinin mümkün olmadığı durumlarda ağırlık-alan ilişkisinden yararlanılarak yaprak alanlarının hesaplanabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ağırlık-alan, Asma, Piksel-alan, Yaprak alanı

Comparison of Two Different Methods in Determination of Grape vine Leaf Area

Abstract: Leaves are the basic organs that control many vital mechanisms such as photosynthesis, transpiration and respiration in plants; the species or variety is determined based on them in scientific studies; and the response of the plant to various stress conditions is measured on them. The determination of the surface area of leaves also sheds light on many studies. The present study aimed to compare two different methods for determining leaf area. With the first method used, the leaf area was determined from the pixel-area calculation using pixel values using the image processing program Photoshop CS6. The other method has been tried to determine the leaf area by using the weight-area relation. It was determined that the area found between the two methods varied between -12.93 cm² to 9.2 cm² on the leaves of 28 different grapevine varieties. By comparing these two methods, leaf area coefficient was determined for each variety. The regression coefficient was found as R² = 0.908 (p <0.01) between the area scanned on the computer and then determined by the Adobe Photoshop 6.0 program and the area by the weighted relational method. This statistically significant relationship between the two methods shows that the determination of leaf areas by using the weight-area relationship can be used in the condition where it is not possible to determine it by computer.

Keywords: Weight-area, Grapevine, Pixel-area, Leaf area

Giriş

Yaprak yüzey alanının belirlenmesi, ürünlerin yetiştirilmesi ve işlenmesi aşamasında bahçe bitkileri yetiştiriciliği ile ilgilenen araştırmacılar için önemlidir. Yaprak alanı, fotosentez kapasitesi ve bitki büyüme oranının bir göstergesidir. Yaprak yüzey alanının ölçülmesi yapraklardan olan ısı ve kütle transferinin, ışık-besin maddeleri ve bitki-toprak-su ilişkilerinin, insektisitler ile fungusitlerin uygulama oranlarının belirlenmesi açısından gereklidir (Mohsenin 1980). Yaprak alanı genellikle bitki büyüme modellerinde ve bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılır. Yaprak alanı evapotranspirasyonu ya da ürün verimini hesaplayan modellerde girdi olarak kullanılabilir (Kliwer 1981; Trooinen ve Heermann 1992; Kaçar ve ark. 2006).

Bitki büyüme ve gelişmesini gözlemlemek için yaprak alanı ölçümü tarımsal ve biyolojik araştırmalarda neredeyse vazgeçilmez bir husustur. Farklı araştırmacılar tarafından yaprak alanının belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda yaprak alanı ölçüm yöntemleri olarak yaprak alanının uzunluk ve genişlik oranlamasına göre (Diao ve ark. 2009, Giuffrida ve ark. 2011), yaprak alanının belirlenmesi için kağıt tartımı, ızgara sayımı, regresyon denklemi (Pandey and Singh2011), genişlik ve yükseklik korelasyon modeli (Wulfshon ve ark. 2010, Mendoza-de Gyves ve ark. 2008), bir planimetre ile bir kağıda kopyalanan yaprağın alanının ölçülmesi (Caldas ve ark. 1992, Igathinathane ve ark. 2006) gibi farklı yaklaşımlarda yaprak alanı belirlenmeye çalışılmıştır. Öte yandan, kesin yaprak alanını ölçmek zaman alır. Gravimetrik yöntem olarak adlandırılan kağıt tartımı, konturun izi ile tam olarak yaprak şeklinde kesilen kağıt ağırlığına ve daha sonra önceden belirlenmiş yaprak-alan-kurutucu ile yaprakların kuru ağırlığına kıyasla oluşturulmuştur. Ağırlık oranları, yaprak alanının kesin bir ölçümünü sağlar, ancak aslında uygun olmayan bir prosedürdür ve çok sayıda yaprağa uygulanmaz. Regresyon denklemi yöntemi, belirli bir bitki için oluşturulmuştur, ancak uygulama sınırlıdır. Taşınabilir bir yaprak alanı ölçer, yaprak alanını yüksek doğrulukla belirler, ancak çoğunlukla pahalıdır.

Çağımızda önemli ölçüde gelişme gösteren tekniklerden bir tanesi de görüntü işleme teknikleridir. Görüntü işleme teknikleri özellikle fotoğraf çekimi ve kullanımının son derece artış gösterdiği günümüzde sıkça kullanılmaktadır. (Tosun ve Şenol 2016). Görüntü işleme tekniği; kamera, tarayıcı vb. araçlar tarafından bilgisayara aktarılan görüntülerin özel yazılımlar veya bilgisayar programları aracılığıyla incelenmesini içerir (Kabas ve Özmerzi 2010). Sanayi, güvenlik, jeoloji, tıp, tarım gibi çeşitli alanlarda görüntü işleme tekniğinden yararlanılmaktadır. Tarım sektöründe ise meyvelerde renk analizi, sınıflandırma, meyvelerde zedelenme, kök gelişiminin izlenmesi, yaprak alanlarının ölçümü, yabancı otların belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Neuman ve ark. 1989; Keefe 1992, Trooien ve Heermann 1992).

Çelik ve Kök (2011), Asma yaprağında ağırlık-alan ilişkisinden yararlanarak gerçek yaprak alanını belirlemişlerdir. Bu yöntemle bulunan yaprak alanı, tarama ile bulunan yaprak alanı ile karşılaştırıldığında 5 çeşit asma yaprağı için iki yöntem arasındaki alan farklılıkları 17.24-27.12 cm² aralığında değişim göstermiştir. Araştırmacılar bu iki yöntemi karşılaştırarak her çeşit için yaprak alan katsayısı belirlemişlerdir.

Bu araştırmanın başlıca amacı, bilgisayar ortamında özel bir alete ya da fonksiyonel bir programa ihtiyaç duymadan görüntü piksel değerleri üzerinden yaprak alanının tespit edilmesidir. Bunun yanı sıra görüntü piksel değerlerinin elde edilmesinin mümkün olmadığı durumlarda ise ağırlık-alan ilişkisinden hesaplanan alan değerlerinin de kullanılabilirliğinin belirlenmesi araştırmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışma, 2017 yılı vejetasyon periyodunda Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Materyal olarak, Hizan (Bitlis) yöresinde yetiştirilen yerel üzüm çeşitlerinin (Tortor, Hüsnü Beyaz, Ziraat Üzümlü, Tayifi-3, Alaki, Bakaltı Biski Sor, Boğa, Siyah Miri, Kırmızı Miri, Siyah Güzane, Beyaz Bineteti, Kırmızı Bineteti, Siyah Güzane, Beyaz Sinciri, Kırmızı Sinciri, Tilka Piri, Beyaz Güzane, Tayifi-1, Tayifi-2, Yediveren, Bağlıtı Biski Sipi, Kırmızı Üzümlü, Reşa Aliya, Pekmezlik, Siyah Üzümlü, Siyah Kışmış, Kuş Üzümlü-1 ve Kuş Üzümlü-2, Doğan ve ark. (2017)) 4-11. boğumlar arasında gelişimini tamamlamış yapraklar seçilmiş ve bu yapraklarda alan ölçümleri bilgisayar yardımıyla yaprak-alan ve yaprak-ağırlık-alan yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

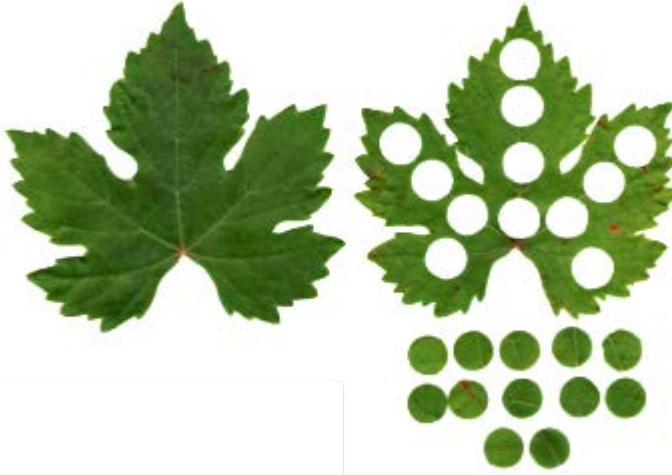
Yöntem

Çalışmada yaprak alanı ölçüm işlemi için pek çok bilgisayar kullanıcısının bildiği görüntü işleme programı Photoshop CS6 kullanılmıştır. Piksel değerleri üzerinden piksel-alan ilişkisinden yararlanarak gerçek yaprak alanı belirlenmiştir. Ayrıca ağırlık alan ilişkisinden yararlanılarak yaprak alanı belirlenmiştir. Böylece iki farklı yöntemin karşılaştırılması olanağı doğmuştur. İki yöntemde ayrı ayrı olmak üzere her çeşitten üç tekrarda toplam 30 yaprak üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada yaprak alanı ölçüm işlemi görüntü işleme programı Photoshop CS6 kullanılarak Doğan ve ark. (2018) belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bilgisayarla belirlemenin mümkün olmadığı durumlarda ağırlık alan ilişkisinden yararlanılarak yaprak alanı belirlenmiştir. Böylece iki farklı yöntemin karşılaştırılması olanağı doğmuştur.

Ağırlık-Alan hesaplanması

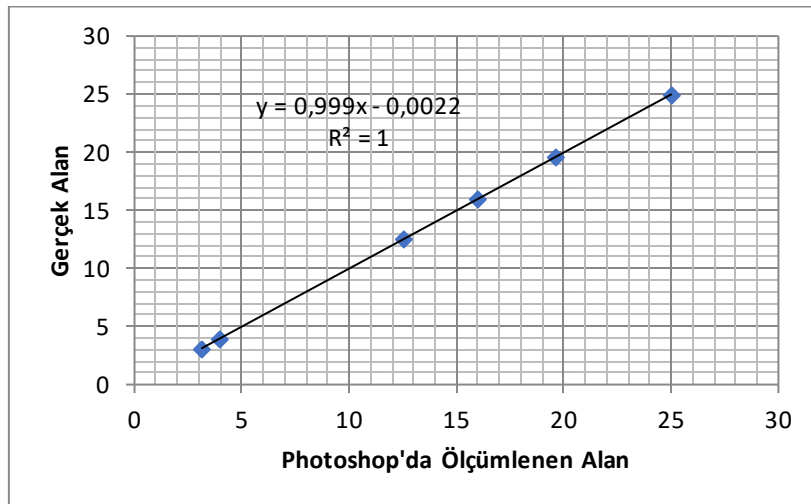
1. Polietilen poşetler içerisinde +4 °C laboratuvara getirilen üzüm yaprakları 0.001 g hassasiyetli terazi ile ağırlıkları belirlenmiştir (A). Her ne kadar yapraktaki nem kaybı düşünülse de tüm yaprak ve kesilen parçalar aynı oranda nem kaybına uğradıklarından elde edilen alan değerlerini değiştirmez. Tartılan her yaprağın loblarna giden 5 adet ana damar boyunca, 2 cm çapında en az 10-12 adet daire şeklinde parçalar kesilerek alınmıştır (Şekil 1). Kesilen bu parçaların toplam ağırlıkları (B) ve toplam alanları (C) bulunurken; toplam yaprak alanı ise $(A \times C/B)$ formülü ile saptanmıştır (Çelik ve Kök 2011).
2. Görüntü işleme programı (Photoshop CS6) ile bulunmuş olan yaprak alan değerleri (T), ağırlık-alan ilişkisinden bulunan yaprak alan değerlerine (A) oranlanarak, çeşitler için yaprak alan katsayıları (Y.A.K.) belirlenmiştir (Çelik ve Kök 2011).



Şekil 1. Ağırlığı ölçülen yaprak ve alınan dairesel parçalar.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada Hizan (Bitlis) yöresinden alınan 28 farklı yerel üzüm çeşitlerinden örnekler alınarak ölçüm yapılmıştır. Dogan ve ark. 2018 bildirdiğine göre bilgisayarda Adobe Photoshop 6.0 ile belirlenen alan ile gerçek alan arasındaki regresyon katsayısı $R^2=1$ ($p<0.01$) bulunmuştur. İstatistikî ilişkinin oldukça önemli olması bilgisayarla ölçümlemenin doğruluğunu göstermektedir (Şekil 2)



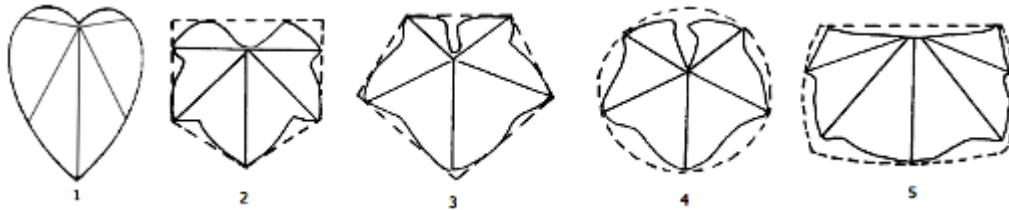
Şekil 2. Gerçek alan ile bilgisayarla belirlenen alan değerleri arasındaki ilişki.

Çalışmada yer alan çeşitlerde, aynı çeşidin aynı yaprağının görüntü işleme programı (Photoshop CS6) ile bulunan yaprak alan değerinin, ağırlık-alan ilişkisinden bulunan yaprak alan değerinden 12 çeşitte daha fazla olduğu 16 çeşitte ise ağırlık-alan ilişkisinden bulunan yaprak alan değerlerinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Pixel-Alan (T) ve Ağırlık-Alan (A) ile elde edilen yaprak alanlarının farklılıkları

No	Çeşit	Ayanın şekli (OIV 067)	T (cm ²)	A (cm ²)	Fark	Y.A.K. (T/A)
1	Tortor	Beşgen	120.77±6.15	119.10±5.72	1.67	1.01
2	Hüsni Beyaz	Beşgen	77.52±5.21	77.81±4.19	-0.29	1.00
3	Ziraat Üzümlü	Beşgen	92.25±5.14	84.52±4.49	7.73	1.09
4	Tayifi-3	Beşgen	89.85±2.11	87.07±2.63	2.78	1.03
5	Alaki-1	Beşgen	100.89±4.21	105.7±4.12	-4.81	0.95
6	Bakıltı Biski Sor	Beşgen	75.67±2.68	67.13±2.42	8.54	1.13
7	Boğa	Beşgen	109.75±5.29	100.55±4.60	9.2	1.09
8	Siyah Miri	Beşgen	109.75±4.98	118.83±5.44	-9.08	0.92
9	Kırmızı Miri	Beşgen	117.74±4.56	117.53±3.85	0.21	1.00
10	Siyah Güzane	Beşgen	122.33±5.57	123.91±5.69	-1.58	0.99
11	Beyaz Bineteti	Beşgen	84.89±3.15	80.24±4.05	4.65	1.06
12	Kırmızı Bineteti	Beşgen	75.69±2.79	72.92±3.04	2.77	1.04
13	Siyah Güzane	Beşgen	93.29±3.82	106.22±4.10	-12.93	0.88
		Max	122.33	119.10	9.20	1.13
		Min	75.67	67.13	-12.93	0.92
14	Beyaz Sinciri	Kama	88.00±4.80	93.11±4.72	-5.11	0.95
15	Kırmızı Sinciri	Kama	61.96±3.54	68.44±4.12	-6.48	0.91
16	Tilka Piri	Kama	85.61±4.72	84.52±5.01	1.09	1.01
17	Beyaz Güzane	Kama	96.53±3.11	93.24±3.07	3.29	1.04
18	Tayifi-1	Kama	120.01±6.85	117.54±3.94	2.47	1.02
19	Tayifi-2	Kama	89.87±3.20	90.47±3.46	-0.60	0.99
20	Yediveren	Kama	88.63±2.54	88.03±6.12	0.60	1.01
21	Bağıltı Biski Sipi	Kama	82.44±2.33	90.86±3.85	-8.42	0.91
22	Kırmızı Üzüm	Kama	86.31±3.76	93.29±3.20	-6.98	0.93
23	Reşa Aliya	Kama	104.67±4.30	110.69±3.28	-6.02	0.95
24	Pekmezlik	Kama	129.45±5.60	134.09±4.68	1.67	0.97
		Max	129.45	134.09	3.29	1.04
		Min	61.96	68.44	-8.42	0.88
25	Siyah Üzüm	Yuvarlak	94.58±3.16	93.59±5.27	1.00	1.00
26	Siyah Kışmış	Yuvarlak	83.26±3.10	79.44±3.15	3.82	1.05
27	Kuş Üzümlü-1	Yuvarlak	59.65±1.85	57.50±2.36	2.15	1.04
28	Kuş Üzümlü-2	Yuvarlak	102.73±2.64	100.10±4.51	2.63	1.03
		Max	59.65	57.50	3.82	1.05
		Min	102.73	100.10	1.00	1.00

(T): Pixel-Alan, (A): Ağırlık-Alan, Y.A.K.: Yaprak alan katsayısı, OIV 067: Şekil 3.



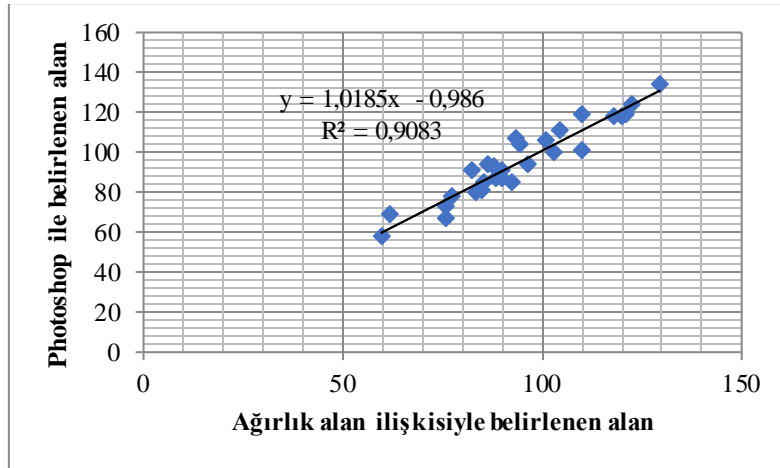
Şekil 3. Olgun yaprakta ayanın şekilleri (Anonim 2001) 1. kalp, 2. kama, 3. beşgen, 4. yuvarlak, 5. böbrek.

Çeşitlerin farklı iki yöntem ile hesaplanan yaprak alan ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir. Her bir çeşit için iki farklı yöntemle bulunan alan farklılık oranları -12.93-9.2 aralığında değişim göstermiştir. Bu durumun yaprak damarlarının ağırlığa etkisi ile yaprak kalınlıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çelik ve Kök (2011), üzüm çeşitleri arasında bulunan ortalama yaprak alan değerlerinin birbirinden farklılık göstermesinin olağan bir durum olduğunu bildirmektedirler.

Olgun yaprak şekilleri açısından (Ayanın şekli OIV 067) incelenen üzüm çeşitlerinin yaprakları kama, beşgen ve yuvarlak gruplarında yer almışlardır. Her iki metotla belirlenen alanlar yaprağı yuvarlak şekilde olan üzüm çeşitlerinde Y.A.K. (T/A) değerleri 1-1.05 aralığında belirlenmiştir. Ayanı şekli beşgen olan yapraklarda her iki metot farklılığının Y.A.K. (T/A) değerleri -12.93-9.20 değeri ile en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yuvarlak ayaya sahip olan yapraklar genellikle ayanın yüzeyi düz dalgalanmaların hemen hemen olmadığı,

yaprak loplarnın üst üste çakışmadığı gözlemlenmiştir. Yapraklarda damarlanmanın iri olduğu, yaprak büyüklüğünün orta ve üzeri grupta yer alan ayanın şekli beşgen olan yapraklarda farklılık en fazla olması iki metot arasındaki alan farklılıklarını arttırdığı yönünde çıkarımda bulunmamızı sağlamıştır.

Piksel-alan ve ağırlık-alan yöntemleri kullanılarak yaprak alanının hesaplanması (T/A) ile elde edilen yaprak alanı katsayıları Çizelge 1'de sunulmuştur. Bilgisayarda taranan ve Adobe Photoshop 6.0 programı ile belirlenen alan ile ağırlık alan ilişkisi yöntemi ile belirlenen alan arasındaki regresyon katsayısı $R^2=0.908$ ($p<0.01$) olarak bulunmuştur. İki yöntem arasındaki bu ilişkinin istatistik olarak önemli olması, bilgisayarla tespiti mümkün olmadığı durumlarda ağırlık alan ilişkisinden de yararlanılarak yaprak alanlarının belirlenmesinin mümkün olabileceğini göstermektedir (Şekil 4). Burada önemli olan bir durum yaprak alanının tespiti için üzüm çeşidinin ağırlık-alan ilişkisinden elde edilen yaprak alanının tam olarak gerçek değerlere çevrilebilmesi için; aynı çeşidin o bölge için saptanmış olan yaprak alan katsayısı ile çarpılmasının gerekliliğidir.



Şekil 6. Piksel-Alan ile Ağırlık-Alan yöntemleri kullanılarak belirlenen yaprak alan değerleri arasındaki ilişki.

Sonuç

Yapraklar, asmanın fotosentez, terleme ve solunum olaylarının gerçekleştiği organlar olmalarının yanı sıra salkımları da gölgeleyerek güneşin yakıcı etkisinden korumaktadırlar. Yapraklar ampelografik özellikleri itibarıyla asma tür ve çeşitlerinin teşhis ve tanımlanmasında en çok yararlanan organlardır. Asma bitkisi için son derece önemli olan yaprakların yüzey alanlarının belirlenmesi de bir o kadar önemlidir. Yaprak yüzey alanı fotosentez kapasitesi ve bitki büyüme oranının bir göstergesidir.

Yaprak yüzey alanının hesaplanması başta bitki-toprak-su ilişkisinin anlaşılmasının yanı sıra bitkiye uygulanacak tarım ilaçlarının uygulama oranlarının belirlenmesi açısından da önemlidir. Bu çalışmada asma yaprak alanının belirlenmesinde kullanılan iki farklı yöntemin (piksel-alan ve ağırlık-alan) karşılaştırılması yapılmıştır. Bitlis (Hizan) yöresinden temin edilen 28 farklı üzüm çeşidinin yapraklarında iki yöntem arasındaki alan farklılıklarının $-12.93-9.2 \text{ cm}^2$ arasında değişim gösterdiği dikkati çekmiştir.

Çelik ve Kök (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, araştırmada yer alan çeşitlerde, aynı çeşidin bilgisayardan tarama ile bulunan yaprak alan değerinin ağırlık-alan ilişkisinden bulunan yaprak alan değerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Çeşitler arasında bulunan ortalama yaprak alan değerlerinin birbirinden farklılık göstermesi olağan bir durum olduğunu bildirmektedirler. Aynı zamanda teorik olarak aynı çeşit için iki farklı yöntemle bulunan alan değerlerinin birbirine çok yakın olması veya aradaki farklılık olmaması beklenirken; sonuçlar beklendiği gibi olmadığını ve aynı çeşit için bulunan yaprak alan değerleri birbirinden farklılık gösterdiğini rapor etmektedirler. Yapmış olduğumuz çalışmada ağırlık alan ilişkisinden elde edilen değerlerin farklılığının 2 cm çapında çıkarılan parçaların çıkarımı sırasındaki hatalar, parçaların üzerindeki ana veya yan damarların kalınlıklarının yaprak yüzey/damar dağılımı oranından yüksek olması, yaprak loblarnın üst üste çakışma durumu ve yaprak ayasının şekli farklılığı nedeni olarak düşünülmektedir.

Bu amaçla, bir bölgede herhangi bir üzüm çeşidinin ağırlık-alan ilişkisinden bulunan yaprak alanının gerçek yaprak alanına çevrilebilmesi için; aynı çeşidin o bölgede için saptanmış olan yaprak alan katsayısı ile çarpılması gerekmektedir (Çelik ve Kök 2011). Araştırmada her çeşit için ayrı ayrı yaprak alan katsayıları

çıkarılmıştır. Piksel-alan ile ağırlık-alan ilişkisi yöntemi kullanılarak belirlenen alan arasındaki regresyon katsayısı $R^2=0.908$ ($p<0.01$) olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda iki yöntem arasındaki ilişki istatistik olarak önemli bulunmuştur.

Böylece her iki yöntemin de yaprak alan hesaplamasında sağlıklı olarak kullanılabileceğini söylemek yanlış olmayacaktır. Çalışmanın bundan sonra yapılacak olan bilimsel çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Caldas LS, Bravo C, Piccolo H, Faria CR (1992). Measurement of leaf area with a hand-scanner linked to a microcomputer. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, vol. 4, no. 1, pp. 17–20.
- Çelik S, Kök D (2011). Asma yaprağında ağırlık-alan ilişkisinden gerçek alanın bulunması. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-8 Ekim 2011, Şanlıurfa. S:117-120.
- Diao J, Lei X, Hong L, Rong J, Shi Q (2009). Estimating single leaf area of Eucalyptus (*Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*) using leaf length and width in Proceedings of the 3rd International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications (PMA '09), pp. 53–57, November 2009.
- Doğan A, Uyak C, Saday M (2017). Hizan (Bitlis) yöresinde yetiştirilen yerel üzüm çeşitlerinin ampelografik tanımlanması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 27(3): 424–435.
- Dogan A, Uyak C, Keskin N, Akcay A, Gazioglu Sensoy Rİ, Ercisli S (2018). Grapevine leaf area measurements by using pixel values. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences* 72 (6) 772-779.
- Giuffrida F, Roupheal Y, Toscano S, Scuderi D, Romano D, Rivera CM, Colla G, Leonardi C (2011). A simple model for nondestructive leaf area estimation in bedding plants, *Photosynthetica*, 49, 380–388.
- Igathinathane C, Prakash VSS, Padma U, Babu GR, Womac AR (2006). Interactive computer software development for leaf area measurement. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 51, no. 1-2, pp. 1–16.
- Kabas Ö, Özmerzi A (2010). “Balo” tipi dolmalık biberin bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme yöntemiyle belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon* 26. Ulusal Kongresi. Hatay.
- Kaçar B, Katkat V, Öztürk Ş (2006). Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, Fen Bilimleri Dizini: 28, 2. Basım, 563 s.
- Keefe PD (1992). A dedicated wheat grain image analyzer. *Plant Varieties and Seeds*.5: 27-33.
- Kliever WM (1981). *Grapevine Physiology*. Division of Agricultural Sciences, University of California, 21231, California, USA.
- Mendoza-de Gyves E, Cristofori V, Fallovo C, Roupheal Y, Bignami C (2008). Accurate and rapid technique for leaf area measurement in medlar (*Mespilus germanica* L.). *Advances in Horticultural Science*, 22(3): 223-226.
- Mohsenin NN (1980). *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, p.78-81, Gordon and Beach Science Publishers, New York.
- Neuman MR, Sapirstein HD, Shweddyk E, Bushuk W (1989). Wheat grain colour analysis by digital image processing. II. Wheat class discrimination. *Journal of Cereal Science* 10: 183-188.
- Pandey S, Singh H (2011). A simple cost-effective method for leaf area estimation. *Journal of Botany*, vol. 2011, Article ID 658240, 6 pages.
- Tosun O, Şenol R (2016). Görüntü işleme metotlarıyla yaprak alanı tayini ile bitki gelişiminin gözlenmesi. *El-Çezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(1): 154-166.
- Trooien TP, Heermann DF (1992). Measurement and simulation of potato leaf area using image processing. I. Model Development, *Transaction of ASAE*, 35: 1709-1712.
- Wulfsohn D, Sciortino M, Aaslyng JM, García-Fiñana M (2010). Nondestructive, stereological estimation of canopy surface area. *Biometrics*, 66(1): 159-168.