

Aşılı ve aşısız kestane (*Castanea sativa* Mill.) yapraklarının fraktal boyut analizi

Ekrem AKÇİÇEK^{1,*}, Mehmet BAYIRLI², Neşet DEMİRCİ³

¹Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Balıkesir

²Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Balıkesir

³Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Fizik Anabilim Dalı, Balıkesir

Özet

Yapraklara ait fraktal boyut hesaplaması, onların nesnel, nicel ve öz olarak tanımlanmasında yardımcı olabilir ve bazı yaprak şekillerinin basit tanımlanmasına katkı sağlayabilir. Fraktal geometri, kestane ağacı yapraklarının morfolojisini tanımlamak için yeni bir yaklaşım olarak sunulmaktadır. Bu çalışmada kestane ağacı yapraklarının fraktal boyutunu hesaplamak için kutu-sayma yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, kestane ağacı yapraklarının sadece fraktal analizinden elde edilen sonuçların yeni bir yaklaşım olarak yalnız başına kullanılması yerine bitkilerin diğer taksonomik özellikleri ile birlikte kullanıldığı taktirde bitkilerin tanımlanması ve sınıflanmasında literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler : Fraktal boyut, bitki sistematigi, aşılı ve aşısız kestane yaprağı

The comparison of fractal dimension of inoculated and uninoculated chestnut (*Castanea sativa* Mill.) leaves

Abstract

It is suggested that calculating leaves' fractal dimension is contributed to describing objective, quantitative and genuine characteristics of leaves. Besides, this process gives some details of basic shapes of leaves. In this study, to calculate fractal dimension of leaves, the box-counting method was used. As a result, we proposed that the fractal geometry is a new approach for describing and classifying plants and make contribution to current literature if obtained results from the analysis were used with the taxonomical properties of the plants.

Keywords: Fractal dimension, plant systematic, *Castanea sativa* leaves.

* Ekrem AKÇİÇEK, eakcicek@balikesir.edu.tr.

1. Giriş

Fraktal kavramı, ilk defa Mandelbrot tarafından ortaya atılmış olup birbirine benzeyen karmaşık oluşumları tanımlamak için kullanılmaktadır [1]. Fraktal bir nesne iki grupta incelenmektedir: Birincisi, birbirini tam olarak benzeyen yapılar için geometrik; ikincisi ise birbirine birebir benzemeyen yapılar için ise geometrik olmayan [2], şeklinde.

Fraktal geometri yada analizi bir çok bilim dalında kullanılmaktadır. Bunlar içinde her ne kadar kaotik sistem veya yapıları tanımlama veya modellemede daha çok kullanılsa da son 20 yıldanberi biyoloji bilim dalında sık sık kullanım sahası bulmuştur [3]. Bunlardan en çarpıcı olan ise bitki sistematiğinde kullanımındır [4].

Morfolojik karakterleri bakımdan taksonomik araştırmalarda bitki yapraklarının açılı, alanı, dişleri, petiol uzunluğu gibi özellikleri geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte bitkilerin orijini, heterojenliği, homonim ve sinonim durumları sınıflandırmada karışıklığa neden olabilmektedir. Bu yüzden yaprak şekillerine etkili bir şekilde uygulanabilen en iyi ölçüm şeklini tanımlamak çok önemlidir. Böylece türlerin anlamlı ve objektif kriterler ile karşılaştırılıp analiz edilmeleri ile bitkilerin veya yapraklarının daha kolay tanımlanıp sınıflandırılabilmesi olanağı sağlanmış olunur [5-9].

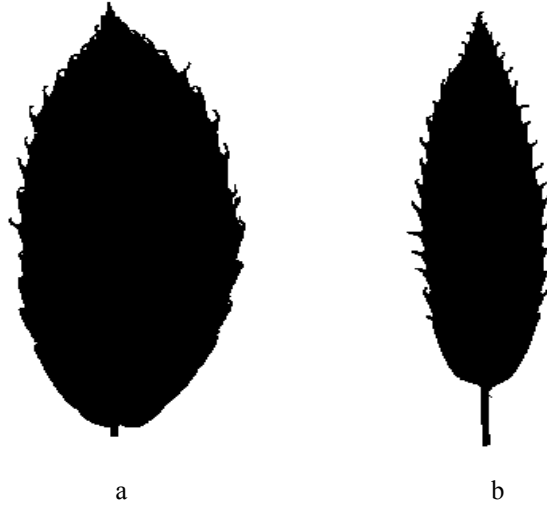
Günümüzde kompleks biyolojik yapıları karakterize etmek için fraktal geometriyi temel alan çalışmalar giderek artmaktadır [5,6,10,11]. Biyolojik şekilleri tanımlamak için önerilen araştırmalara bir yaklaşım, dijital olarak elde edilmiş görüntülerin fraktal tabanlı değerlerinin ölçülmesidir [12,13].

Kestane, kalın ve düzgün gövdeli, 25-30 m kadar boylanan ve geniş tepe tacı yapan bir ağaçtır. Yapraklar saplı, kenarları dişli, üst yüzü tüysüz, parlak yeşil renkte, alt yüzü soluk yeşil renktedir. Kestanenin sürgün verme yeteneği çok yüksek ve kütükleri de uzun ömürlüdür. 100-150 yıl sürgün verme yeteneğini sürdürür [14].

Bu çalışmada aşılı ve aşısız kestane yapraklarının fraktal boyutu kutu-sayma yöntemini kullanarak hesaplanmış ve çalışmada elde edilen sonucun taksonomik sınıflandırmaya katkısı değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve metod

Çok sayıda kestane ağacından alınan aşılı ve aşısız yapraklar, Madra Dağı'nın (Balıkesir) floristik çalışması esnasında toplanmıştır[15,16]. Şekil 1'de sağlıklı ve birim yapılı yaprakların tarayıcı kullanılarak bilgisayar ortamına taşınmış şekillerinden iki tanesi örnek olarak verilmiştir.



Şekil 1. Aşılı (a) ve aşısız (b) kestane ağacı yapraklarının tarayıcı yardımıyla elde edilen görüntüleri.

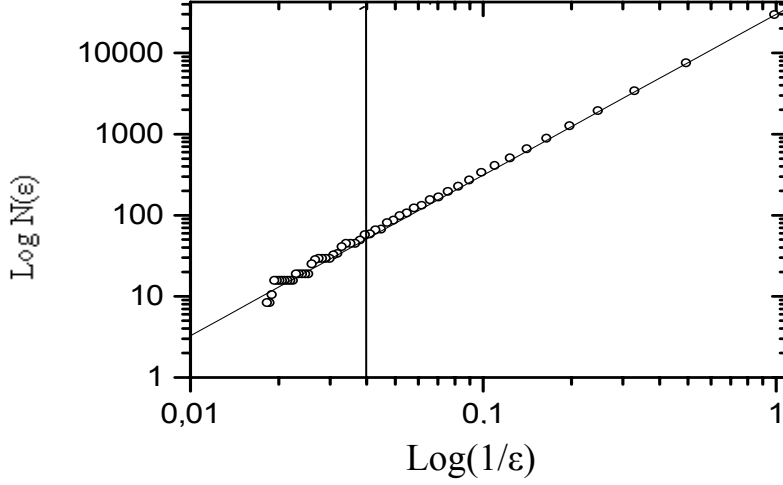
Fraktal boyut değerlerini hesaplamak için kutu-sayma (box-counting) yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda daha detayı anlatılan kutu-sayma yöntemi tarayıcıdan taranmış grafiklerin kolayca analiz edilmesi için kullanılabilir bir yöntem olup Mandelbrot'un fraktal boyutunun özel bir durumudur. Buradan elde edilen veriler yardımıyla çizilen log-log eğrinin fraktal boyutunu hesaplamak için kullanılır [1,2,12,13,17,18].

Bu yöntemde, öncelikle orijinal yapraklar tarayıcıdan tarandıktan sonra (siyah/beyaz olarak) yaprakların fraktal boyutunu hesaplamak için geliştirilen özel programa aktarıldı[19]. Program kutu sayma yöntemini kullanmak için görüntüyü pixel-pixel kutulara bölüp her kutudaki doluluğu veya boşluğu olmasına göre eğer o pixelde siyah görüntü varsa yani o kutu dolu ise 1 yoksa yani kutu boş ise 0 olarak sayma işlemini gerçekleştirdi. Bu pixel genişliğindeki kutuların genişliği ε ve taranmış resimdeki toplam genişlik $N(\varepsilon)$ sayıldı. Elde edilen sayılardan $\log N(\varepsilon)$ ve $\log 1/\varepsilon$ değerleri hesaplanıp buradan $\log N(\varepsilon)$ dikey, $\log(1/\varepsilon)$ yatay olmak üzere grafiği çizdirildi (Şekil 2'ye bakınız). Bu grafikte elde edilen değerler doğrusal bir eğri olduğu için bu eğrinin detaylı özelliklerini elde etmek için lineer regresyon uygulandı ve elde edilen bulgu ve yorumlar bundan sonraki bölümlerde tartışılmıştır.

3. Bulgular

Önceki bölümün sonunda anlatıldığı gibi tarayıcıdan elde edilen aşılı ve aşısız kestane ağacı yapraklarına ait grafik dosyaları özel program yardımıyla hücrelere (pixellere) bölünmüş ve her hücredeki doluluk oranlarına göre sayımı kutu-sayma yöntemini bilgisayar kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde elde edilen toplam hücrelerin (kutu) $N(\varepsilon)$ sayısını ve bu hücrelerin genişliğini ε büyüklüklerini kullanma yerine bunların logaritmik değerleri kullanılmaktadır [2]. Her bir yaprağa ait $\log N(\varepsilon)$ nin $\log(1/\varepsilon)$ 'ye bağlı değişim grafikleri çizildiğinde, bir örneği Şekil 2'de verilen grafikler elde edildi. Örnek şekilde gösterildiği gibi verilerin doğrusal olduğu bir bölge ve doğrusallıktan saptığı değerleri içeren diğer bir bölge bulunmaktadır. Kılavuz çizgisi yardımıyla bu iki bölgenin ayrılma noktaları ve doğrusal

noktaların eğimi çizilmiştir. Bu doğrusal çizginin eğimi ise o yaprağa ait fraktal boyut değerini(D) vermektedir.



Şekil 2. Yapraklara ait veri değerlerine ait $\text{Log } N(\varepsilon)$ nin $\text{Log}(1/\varepsilon)$ 'ye bağlı değişim grafiği.

Her bir aşılı ve aşısız kestane yapraklarına ait fraktal boyut (D) değerleri Şekil 2'de örneği verilen benzer grafikler yardımıyla eğimleri hesaplanmış olup bu değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Kutu sayma yönteminde kullanılan aşılı ve aşısız kestane yaprakları ve her bir yaprağın hücre (pixel) sayıları ve bu hücrede doğrusal eğim için hücre fit aralıkları, bu eğimlerden elde edilen fraktal boyutlar ve regresyon katsayıları ise Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Aşılı ve aşısız kestane ağacı yapraklarına ait bazı özellikler ve bunlara ait fraktal boyut (D) ve regresyon katsayı değerleri.

Doğal resimler	Hücre sayısı	Fit aralığı	D ^a	Regresyon katsayısı
Aşılı örnek 1	32405	1-104	1.752 ± 0.009	0.998
Aşılı örnek 2	31367	1-84	1.758 ± 0.010	0.998
Aşılı örnek 3	23355	1-84	1.741 ± 0.011	0.998
Aşısız örnek 1	15923	1-72	1.676 ± 0.013	0.997
Aşısız örnek 2	16543	1-84	1.672 ± 0.013	0.997
Aşısız örnek 3	14109	1-67	1.704 ± 0.010	0.998

Not: [a] Sonuçlarda hata oranı yalnızca istatistik hata olarak verilmiştir.

Tablo 1'den de anlaşılacağı üzere veriler üçü aşılı ve üçü de aşısız olmak üzere toplam altı kestane ağacı yaprağından elde edilmiştir. Hücre sayıları yaprağın büyüklüğüne göre değişiklik göstermekte olup fit aralıkları ise log-log grafiğinde elde edilen doğruyu en az yüzde 99 oranda doğru olduğu aralıkların kullanılması sonucu değişik değerler içermektedir ve bu iki değer fraktal boyutla bir ilişkisi bulunmamaktadır. Fraktal boyut değerleri (D) aşılı kestane yaprakları için 1.741 ile 1.758 aralığında, aşısız kestane yaprakları için ise 1.672 ile 1.704 aralığında değiştiği bulunmuştur.

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada aşılı ve aşısız kestane yapraklarının fraktal boyutu kutu-sayma yöntemini kullanarak hesaplanmış ve bu değerlerin aşılı kestane yaprakları için 1.741 ile 1.758 arasında ve aşısız kestane yaprakları için de 1.672 ile 1.704 aralığında değiştiği bulunmuştur. Yaprak şekli aşılı kestanede genişçe dikdörtgensel-eliptik (oblong-elliptic) iken aşısız kestanede mızraksı (lanseolat)'dır. Aşılı kestanenin fraktal boyut değeri aşısız kestaneden daha büyük çıkmıştır. Literatürde aynı konu üzerinde yapılan çalışma bulunmamakla birlikte Dickey, Marrash ve Sapir [20], üç farklı ağacın (kayın, meşe ve kestane) yapraklarına ait fraktal boyutları karşılaştırmak için yaprakların çevrelerini kullanmış ve çalışmalarında kestane yapraklarının çevrelerine ait fraktal boyutu 1.05 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada bulduğumuz fraktal boyut değerlerinin farklı olması normaldir çünkü biz yaprakların çevrelerini değil alanlarını kullanmamızdan kaynaklanmaktadır. Seçilen çizgi, bölge veya alana göre fraktal boyutlar da değişiklik göstermektedir [2]. Benzer bir çalışmada ise [21] yaprakları kestane yapraklarına benzer olan Akçağacı (Acer) yapraklarının fraktal boyutunun hesaplanması ile ilgili olan çalışmadır. Bu çalışmada ise bu ağaç yaprağın fraktal boyutu 1.84 olarak bulunmuştur.

Her ne kadar aşılı kestane yapraklarının aşısızla göre fraktal boyut ortalama değerleri daha büyük olsa da genel olarak kestane ağacı yapraklarının, gerçekten kendine-benzer nesnelere olup olmadıkları ile ilgili olarak fraktal analizin uygulanabilirliği sorunlu görülmektedir. Çünkü yaprakların büyümesi sırasında geometrik şekillerine bir çok beklenmeyen etkiler etmekte (izotropik/izotropik olmayan) bu da fraktal boyut değerlerini etkilemektedir. Halley ve ark. [22] ekolojide fraktal analiz metodunun kullanımı ile ilgili olarak yaptıkları çalışmada çoğu çalışmada ortaya konan hatalar ve yanlış kullanımı ile ilgili bir çok araştırma sonucunu kritik etmişler ve ekolojik olarak gerçek fraktal bir nesnenin olamayacağı sonucuna varmışlar ancak ekolojik olay sonucu oluşan desenlerin tanımlanmasında fraktal boyutun kullanılabilirliğinden bahsetmişlerdir. Sonuç olarak, fraktal boyut analizi kutu-sayma yöntemi gibi benzer yöntemlerle kestane ağacı yaprağı gibi karmaşık kompleks yapıların karmaşıklığını ifade için kullanılabilir bir yöntem olup yaprakların sınıflandırılmasında farklı bir açıdan değerlendirme imkanı sağlamaktadır. Bu yüzden yapraklara ait fraktal boyut, yalnız başına ayırt edici bir özellik olmayıp ağaçların taksonomik sınıflandırılmasında diğer özellikleri ile birlikte kullanarak bitkilerin tanımlanmalarında literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Peitgen, H., Jürgens, H., and Saupe, D. “**Chaos and Fractals, New Frontiers of Science**”, Second Edition, Springer (2004).
- [2] Falconer, K. “**Fractal Geometry, Mathematical Foundations and Applications**”. Wiley, New York, 1990.
- [3] Kenkel, N.C. and D.J. Walker.”Fractals and ecology”. **Abst. Bot.** 17: 53-70, 1993.
- [4] Corbit, J.D. and D.J. “Garbary. Fractal dimension as a quantitative measure of complexity in plant development”. **Proc. R. Soc. Lond. B** 262: 1-6, 1995.

- [5] Pita, J.R.C., Galan, A.S., and Garcia, R.C. “Fractal dimension and self-similarity in *Asparagus plumosus*”. **Fractals**, 10: 429-434, (2002).
- [6] Borkowski, W. “Fractal dimension based features are useful descriptors of leaf complexity and shape”. **Can. J. For. Res.** 29: 1301-1310, (1999).
- [7] Barnsley, M.F., Ervin, V., Hardin, D., and Lancaster, I. “Solution of an inverse problem for fractals and other sets”. **Proc. Natl. Acad. Sci.** 83: 1975-1977, (1986).
- [8] Fitter, A.H., and Stickland, T.R. “Fractal characterization of root system architecture”. **Functional Ecology**, 6: 632-635, (1992).
- [9] Prusinkiewicz, P., Hammel, M., Hanan, J and Radamir M. Visual models of plant development. in G. Rozenberg andn A. Salomaa, editors, **Handbook of formal language**. Springer-Verlag, (1996).
- [10] Mancuso, S. “The Fractal Dimension of Grapevine Leaves as a Tool for Ampelographic Research”. **HarFA-Harmonic and Fractal Image Analysis**. 6-8, (2001).
- [11] Rodrigo, P.d.O., Maurício, F., Juliano, P., Carlos, B.L., Carneiro, V.M.L, CondeXavier, O.G., and Martinez, B.O. “Leaf shape analysis using the multiscale Minkowski fractal dimension, a new morphometric method: a study with *Passiflora* (Passifloraceae)”. **Can. J. Bot.** 83: 287-301, (2005).
- [12] Milne, B.T. “Spatial aggregation and neutral models in fractal landscapes”. **Am. Nat.** 139: 32-57, (1992).
- [13] Virkkala, R. “Ranges of northern forest passerines: a fractal analysis”. **Oikos** 67: 218-226, (1993).
- [14] Gümüşdere, İ., “Ormanlarımızda önemli bir ağaç türü KESTANE”. **Tabiat ve İnsan** 27(4):21-26, (1994).
- [15] Davis, P.H. (ed.), “**Flora of Turkey and the East Aegean Islands**”, Edinburgh University Press, Edinburgh, 7, (1982).
- [16] Stearn, W.T., “**Botanical Latin**” 566 S, R. et R. Clark Ltd., Edinburgh, (1973).
- [17] Longley, P.A. and M. Batty. “On the fractal measurement of geographical boundaries”. **Geogr. Anal.** 21:47-67, (1989).
- [18] Pruess, S.A. “Some remarks on the numerical estimation of fractal dimension”. In: C.C. Barton and P.R. La Pointe (eds.). **Fractals in the earth sciences**. pp. 65-75. Plenum Press, New York, (1995).
- [19] Bayırlı M. “The geometrical approach of the manganese compound deposition on the surface of magnetize ore”, *Physica A* 353C, 1-8, (2005).
- [20] Dickey, K., Marrash, G., ve Sapir, F. Investigating fractal patterns of leaves. (on-line: <http://polymer.bu.edu/pins/pins96.gbeans.html>) (13.05.07 tarihinde ziyaret edildi).
- [21] Elert, G. Fractal Dimesnson of Leaves. (online: <http://hypertexbook.com/facts/2002/leaves.shtml>)(09.05.2007 tarihinde ziyaret edildi)
- [22] Halley, J. M., Hartley, S., Kallimanis, A. S., Kunin, W. E., Lennon, J.J., Sgardelis, P. Review: Uses and abuses of fractal methodology in ecology. **Ecology Letters**, 7 (3), 254-271, (2004).