

Sürmeli Çiğdemi (*Crocus mathewii* Kernd. & Pasche) Türünün Yaprak Anatomisinde Anahat Morfometrisi Yöntemlerinin Kullanım Olanakları

Almila ÇİFTÇİ*¹, Rachel MOLLMAN², Osman EROL¹

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Botanik Anabilim Dalı, Vezneciler, Fatih, 34134, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fatih, 34134, İstanbul, Türkiye

*Sorumlu yazar / Correspondence: almila.ciftci@istanbul.edu.tr

Geliş/Received: 30.04.2024 • Kabul/Accepted: 30.09.2024 • Yayın/Published Online: 30.12.2024

Öz: Yaprak morfolojisi, entomoloji ve paleontolojide geniş kullanım alanı bulan Eliptik Fourier Analizi, bir şekil anahat analiz yöntemidir. *Crocus* yaprakları enine kesitinde görülen, ortada dikdörtgen ya da yuvarlanmış karina ve bu karinanın iki yanından çıkan kollar ile karakterize edilen özel şekilleri nedeniyle sistematikte kullanım alanı bulan karakterlere sahiptir. Sistematik anatomide kullanılan ölçülemeyen ve şekle bağlı karakterlerin yorumuna açık oluşu nedeniyle güncel ve daha niceliksel yöntemlere bu alanda şans verilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle anahat morfometrisi yönteminin, yaprak anatomisinde kullanılıp kullanılmayacağını ve geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında ne kadar pratik olacağını belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada Eliptik Fourier Analizi ve temel bileşen analizi nadir ve endemik *Sürmeli çiğdemi* (*Crocus mathewii* Kernd. & Pasche) türünün çeşitli popülasyonlarında uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçları, *Crocus* yaprak enine kesitlerinde Eliptik Fourier analizinin geleneksel yöntemlere yakın ve hatta daha net bir sonuç verdiğini göstermiştir.

Anahat Kelimeler: Anahat morfometrisi, *Crocus*, Iridaceae, PCA


Possibilities of Using Outline Morphometry Methods in Leaf Anatomy of *Crocus mathewii* Kernd. & Pasche (*Sürmeli Çiğdemi*)


Abstract: Elliptic Fourier Analysis, which has found wide usage in leaf morphology, entomology and paleontology, is a method of shape contour analysis. Due to their distinctive shapes, with their rectangular or rounded carina in the middle with two arms emerging from this carina in cross-section, *Crocus* leaves have characters that are used in systematic studies. Because some unmeasurable or shape-dependent characters used in systematic anatomy are open to interpretation, it is important to test current and more quantitative methods in this field. For this reason, the aim was to determine whether or not this contour morphometric method could be used in leaf anatomy and, how practical it is when compared with traditional methods. In this study, Elliptic Fourier analysis and principal component analysis were applied to and compared across various populations of the rare endemic taxon *Crocus mathewii* Kernd. & Pasche. (*Sürmeli çiğdemi*) The results of this work show that Elliptic Fourier Analysis of crocus leaf cross sections gave results similar to and even clearer than traditional methods.


Keywords: Elliptic Fourier, *Crocus*, Iridaceae, PCA

GİRİŞ

Kincaid ve Schneider (1983) normalleştirilmiş Fourier katsayılarını (harmonikler) kullanan ilk araştırmacıdır. Temelde bu yöntem, basit bir yuvarlak ile başlar ve bu ilk geometrik şekil verilen şekille uyumlu hale gelene kadar şekle sinüs dalgaları gönderilir. Bu katsayılar veya harmonikler Eliptik Fourier tarafından çıkarılan verilerdir (McLellan ve Endler, 1998). Eliptik Fourier analizi, Fourier katsayılarının frekanslarına dayanan bir karmaşıklık indeksi ve yaklaşık yaprak şekli için bir diseksiyon indeksi veya yuvarlaklık değeridir (Neto vd., 2006). Bu katsayılar, ortalama yaprakları yeniden yapılandırmak, şeklin istatistiksel analizine izin vermek, formlar arasındaki farklılıkları ölçmek ve şekli boyut ve yönelimden bağımsız olarak değerlendirmek için istatistiksel olarak analiz edebilir (Kincaid ve Schneider, 1983). Bu analiz genellikle yaprak morfolojisi, entomoloji ve paleontolojide geniş kullanım alanı bulmuştur (Mollman vd., 2023).

A. ÇİFTÇİ  0000-0002-3406-3064

O. EROL  0000-0002-6310-1402

R. MOLLMAN  0000-0002-6873-6212

Anatomide istatistiki yöntemlerin kullanılması yoğun emek isteyen bir iştir ve çok zaman alır. Bu çalışmanın amacı anatomik / morfolojik verilerin sistematik amaçlı kullanımında eliptik fourier analizinin daha pratik olup olmayacağını sorgulamaktır. *Crocus* (Çiğdem) cinsinin yaprakları morfolojik olarak az çok benzerdir, ancak çoğu çiğdem türünün yaprakları enine kesitte benzersiz ve ayırt edici bir şekle sahiptir. Bazı istisnaları olmasına rağmen *C. carpetanus* Boiss. & Reut. (*Karpat çiğdemi*, **yeni Türkçe bilimsel ad**) silindirik, *C. lazicus* Boiss. (*Civden*) ve *C. scardicus* Kusanin (*Alaycı çiğdem*, **yeni Türkçe bilimsel ad**) dört köşeli] genellikle bir karina ve bu karinanın her iki tarafından az ya da çok kıvrılarak uzanan iki kol ile karakterize edilirler (Rudall ve Mathew, 1990). Karina şekli, kolların uzunluğu, kıvrılma derecesi, kol altlarında çıkıntıların bulunup bulunmaması gibi türe özgü olabilen farklı anahat karakterlerine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı *Crocus* cinsinin yaprak anatomisi, sistematikte sıklıkla kullanılan ve taksonomik olarak önemli bir karakterdir. Bu durum, bu yöntemin yaprak şekillerinden ziyade enine kesit taslaklarında kullanılıp kullanılmayacağını sorgulamaya itmektedir.

Bu çalışma için yaşam alanları antropojenik baskı altında olan, dar endemik bir tür, *Sürmeli çiğdem* (*Crocus mathewii*) seçilmiştir. *C. mathewii* güney batı Anadolu'da çok az sayıda popülasyonla bilinen, sonbaharda çiçeklenen bir çiğdem türüdür. Yaprakları 4-10 adet, 1-2 mm eninde, koyu yeşil ve genellikle seyrek tüylüdür. Çiçekleri geleneksel olarak beyaz ve bu beyaz renkle kontrast oluşturan koyu mor boğaza sahip olsa da bazı popülasyonlarda iki form gözlenebilmektedir. Bunlardan biri mor boğazlı, diğeri ise beyaz boğazlı formlardır. Karışık popülasyonların *C. mathewii* ile yakın akraba olan *Kofu çiğdemi* (*C. kofudagensis* Ruksans) popülasyonlarına yakın bölgelerde görülüyor olması, hibritleşmenin yaygın görüldüğü bu grupta son derece ilgi çekicidir. Bu nedenle çalışma bitkisi seçilirken bu iki formun yaprak anatomisinin farklı olup olmadığının da araştırılması amaçlanmıştır. Kontrol için dış grup olarak *Crocus kofudagensis* de analizlere ve ölçümlere katılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma için 10 popülasyondan 250 yaprak kullanılmıştır. *Crocus mathewii* türünün karışık formları ve saf formlarını içeren tüm popülasyonları ve ona en yakın tür olan ve yalnızca tip lokasyonundan bilinen *C. kofudagensis* popülasyonu çalışmada kullanılmıştır. Kullanılan popülasyonlardan şahit örnekler İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Herbaryumunda (ISTF) saklanmaktadır (Tablo 1). Yapraklar yükselen alkol (%70, %80, %90, %100) ve ksilol (%100) serilerinden geçirilerek parafine gömülmüş ve mikrotom ile 250 yapraktan kesitler 12 mikrometre kalınlığında alınmıştır. Kesitler ksilol ve inen alkol serilerinden (%100, %100, %90, %80, %70) geçirilerek boyama için parafinden kurtarılmıştır. Tüm kesitler, geleneksel anatomik ölçümlerin de yapılması ve iki yöntemin karşılaştırılabilmesi için *Safranin* ve *Alcian Blue* ikili boyası (Tolivia ve Tolivia, 1987) ile boyanmıştır. Mikrotom ile kesit alınırken çalışmayı engelleyecek kadar parçalanmış kesitler Çiftçi vd. (2021)'de anlatıldığı şekilde, elde alınmıştır. Son durumda ezilmemiş veya parçalanmamış kesitler seçilerek kullanılmayacak durumda olan kesitler elendikten sonra, analize sokulması için 10 popülasyondan 116 yaprak kesiti elde edilmiştir. Seçilen kesitler Zeiss AxioScope A1 ışık mikroskobu ve Argenit Kameram v3 programı ile fotoğraflanmıştır. Bu kesitlerden analize dahil edilen 20 birey karışık, 18 birey mor boğazlı *C. mathewii* formu ve 3 birey *C. kofudagensis* türüne aittir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan bitki materyalinin toplandığı lokasyon bilgileri

Örnek numarası	ISTF No	Takson	Lokasyon	Yükseklik	Toplayıcı	Tarih
CM01A	41414	<i>C. mathewii</i>	Muğla: Fethiye: Babadağ dağ yolu	810	A. Çiftçi, O. Erol	26.10.2020
CM01B	41414	<i>C. mathewii</i>	Muğla: Fethiye: Babadağ dağ yolu	810	A. Çiftçi, O. Erol	26.10.2020
CM02	41415	<i>C. mathewii</i>	Muğla: Fethiye: Babadağ	1223	A. Çiftçi, O. Erol	26.10.2020
CM03	41416	<i>C. mathewii</i>	Muğla: Fethiye: Kayaköy	144	A. Çiftçi, O. Erol	26.10.2020
CM04	41417	<i>C. mathewii</i>	Antalya: Kalkan: Gökçeören	973	A. Çiftçi, O. Erol	27.10.2020
CM05	41418	<i>C. mathewii</i>	Antalya: Akçay-Kalkan yolu	876	A. Çiftçi, O. Erol	27.10.2020
CM06	41419	<i>C. mathewii</i>	Antalya: Finike yolu, Belpınar geçidi	1194	A. Çiftçi, O. Erol,	27.10.2020
CM09	41422	<i>C. mathewii</i>	Antalya: Kızıllı	290	A. Çiftçi, O. Erol, K. Terzioğlu	28.10.2020
CM10	41400	<i>C. kofudagensis</i>	Antalya: Sineklibeli	1360	A. Çiftçi, O. Erol,	28.10.2020

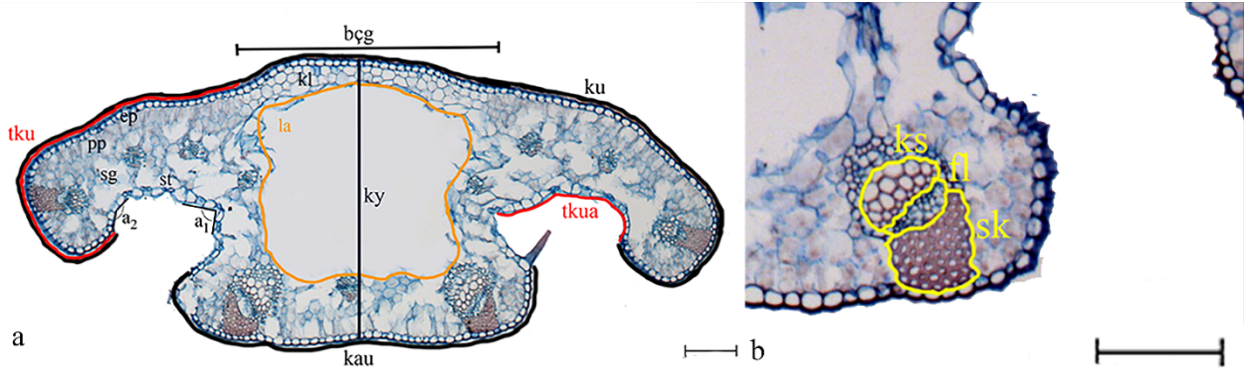
					K. Terzioğlu	
CP213	41409	<i>C. mathewii</i>	Antalya: Kaş, Yeniköy	969	A. Çiftçi, O. Erol, L. Şık	29.10.2019
CP215	41411	<i>C. mathewii</i>	Muğla: Fethiye, Mendos Yaylası	1212	A. Çiftçi, O. Erol, L. Şık	29.10.2019

Klasik morfoanatomik yöntemler için, sıklıkla kullanılan 28 karakter belirlenmiş (Raca vd., 2017, 2019) ve ölçümler Argenit Kameram v3.1 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerin detaylı açıklaması ve şekil üzerinde gösterimi, ileride yapılacak çalışmalara yardımcı olması için Tablo 2 ve Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 2. *Crocus* yapraklarında taksonomik öneme sahip olan ve sıkça kullanılan anatomik karakterler

Karakter	Değerlendirme biçimi
iletim demeti sayısı	büyük (Karina ve kolların uçlarında yer alan demetler) ve küçük iletim demetlerinin (büyüklerin dışında kalan daha az belirgin demetler) sayısı. Çok sayıda farklı boyda iletim demeti bulunması halinde küçük ve büyükler ayrı sayılır.
kol altındaki çıkıntı sayısı	bazı türlerin kol altında çıkıntı (“rib”) bulunur, bu çıkıntıların varlığı ve sayısı sistematik açıdan anlamlıdır.
kesit yüksekliği	kesitin tam ortasından, üst epidermisten alt epidermise kadar ölçülür, yaprağın kalınlığı ile eşittir.
kesit uzunluğu	iki kolun ucundaki üst epidermisen başlangıç noktaları arasındaki mesafesi, yaprağın genişliği ile eşittir.
beyaz çizgi genişliği	yaprak ortasındaki boşluğun yaprağın adaksiyal yüzeyindeki iz düşümüdür ve bu boşluğun adaksiyal taraftaki genişliği ile ölçülür.
beyaz çizgi/kesit uzunluk oranı	beyaz çizginin yaprağın genişliğinin ne kadarını kapladığını ifade eder.
üst epidermis hücre yüksekliği	beyaz çizgiden ya da yaprağın adaksiyal yüzeyindeki epidermis hücrelerinin temsilcisi bir hücrenin yüzeye dik ölçülmesi ile bulunur.
üst epidermis hücre genişliği	beyaz çizgiden ya da yaprağın adaksiyal yüzeyindeki epidermis hücrelerinin temsilcisi bir hücrenin yüzeye paralel şekilde ölçülmesi ile bulunur.
alt epidermis hücre yüksekliği	karinanın abaksiyal yüzeyinin temsilcisi bir hücreden yüzeye dik olarak ölçülür.
alt epidermis hücre genişliği	karinanın abaksiyal yüzeyinin temsilcisi boyutunda bulunan bir hücreden yüzeye paralel şekilde ölçülür.
palizad hücre yüksekliği	sol koldan, yaprağın orta kısmından çok uzaklaşmadan, üst palizad sırasından seçilen ortalama boyutlu bir hücreden yüzeye dik ölçülür.
palizad hücre genişliği	sol koldan, yaprağın orta kısmından çok uzaklaşmadan, üst palizad sırasından seçilen ortalama boyutlu bir hücreden yüzeye paralel ölçülür.
palizad doku yüksekliği	sol koldan, yaprağın orta kısmından çok uzaklaşmadan, çıkıntı varsa çıkıntıya denk gelmeyecek şekilde, tüm palizad sıralarının toplam yüksekliği, yüzeye dik ölçülür.
sünger parenkiması hücre yüksekliği	sol koldan, yaprağın orta kısmından çok uzaklaşmadan, ortalama boyutlu bir sünger parankimasi hücresinden yüzeye dik ölçülür.
sünger parenkiması hücre genişliği	sol koldan, yaprağın orta kısmından çok uzaklaşmadan, ortalama boyutlu bir sünger parankimasi hücresinden yüzeye paralel şekilde ölçülür.

sünger parankimasi yüksekliği	sol koldan, yaprağın orta kısmından çok uzaklaşmadan, çıkıntı varsa çıkıntıya denk gelmeyecek şekilde, sünger parankimasi dokusunun toplam yüksekliği yüzeye dik ölçülür.
iletim demeti ksilem alanı	karinanın sol tarafında kalan büyük iletim demetinin ksilem alanıdır.
iletim demetinin sklerenkima alanı	karinanın sol tarafında kalan büyük iletim demetinin sklerenkima alanıdır
iletim demetinin floem alanı	karinanın sol tarafında kalan büyük iletim demetinin floem alanıdır.
kol uzunluğu	kolun distal tarafındaki üst epidermisten beyaz çizgiye kadar ölçülür.
adaksiyal yüzeyde stoma varlığı	abaksiyal yüzeyde her zaman bulunurken, adaksiyal stomalar belli <i>Crocus</i> türlerinde bulunmaktadır, bu nedenle dikkatle taranıp varlığının not edilmesi gerekir.
karinaya göre kol açısı	kolun altında, kol ve karinanın buluştuğu yerdeki açı ölçülür.
kol ucu açısı	yaprak kenarına yakın yerde kollar aşağıya doğru eğilir, bunun açısı abaksiyal yüzeyden ölçülür.
karina yüzey şekli	karina, çeşitli şekiller gösterebilir (örn. yuvarlak, kare, sivri uçlu).
iletim demetleri ve epidermis arasında bulunan hücre sıra sayısı	bazı türlerde iletim demetleri epidermis ile bitişiktir, diğerlerinde epidermis arasında bir ya da birkaç sıra parenkima bulunabilir.
klorenkima yüksekliği	laküne alanı ile epidermis arasında bazen klorenkima dokusu bulunabilir, bu dokunun yüksekliği yüzeye dik ölçülür.
lakuna alanı	karinanın ortasındaki hücrelerin gelişim devam ederken parçalanarak oluşturduğu 'boşluk' alanı, parenkima hücrelerinin bittiği yerleri takip ederek ölçülür.



Şekil 1. Çiğdem yapraklarında sistematik morfoanatomik çalışmalar için ölçüm yapılan kısımların şekil üzerinde gösterimi. a: genel yaprak anatomisi karakterlerinin ve b: iletim demeti elemanlarının ölçülmesi. ölçek 100 mikron (**bçg**, beyaz çizgi genişliği; **ep**, epidermis; **fl**, floem; **kau**, karina uzunluğu; **kl**, kollenkima; **ks**, ksilem; **ku**, tüm kol uzunluğu; **ky**, kesit yüksekliği; **la**, parankimatik lacuna alanı; **pp**, palizat parenkiması; **sg**, sünger parankiması; **sk**, sklerenkima alanı; **st**, stoma; **tku**, tek kol uzunluğu (üst); **tkua**, tek kol uzunluğu (alt).

Klasik morfometrik ölçümler tek yönlü ANOVA kullanılarak değerlendirilmiş ve $p \leq 0,01$ olanlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiş ve bu karakterlerle analize devam edilmiştir (Tablo 3).

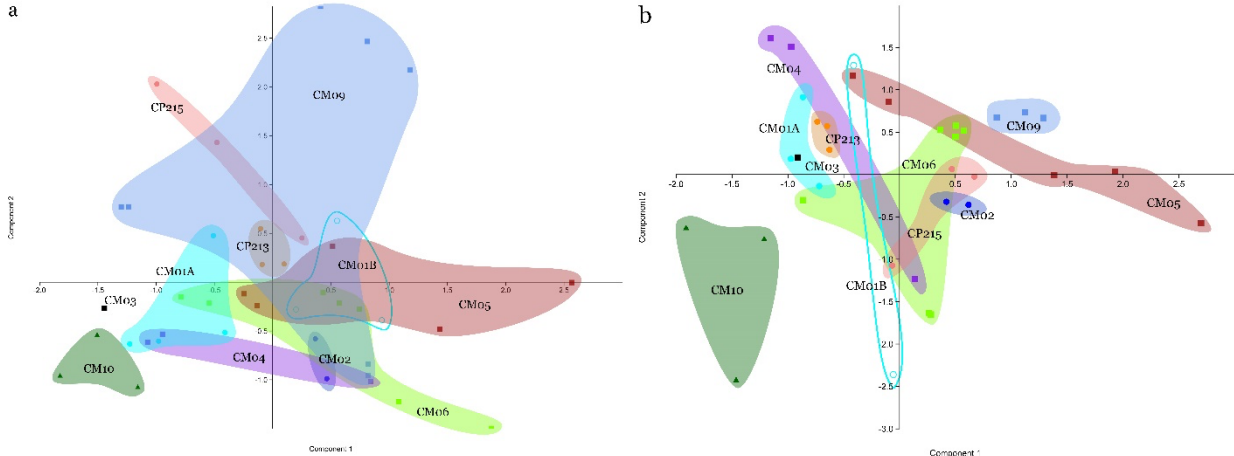
Eliptik Fourier Analizi için MASS programı kullanılmıştır (Chuanromanee vd., 2019). Kullanılan program (MASS) arka planın şekil analizi yapılacak olan kesitten net bir şekilde ayırt edilmesini gerektirdiğinden kesit fotoğrafları Adobe Inc. Photoshop v.25.9.1 programı ile ön işlemden geçirilmiştir. Bunun için kesitler "magnetic lasso tool" ile kenarları boyunca seçilmiş ve kesit tamamen siyaha boyandıktan sonra ters seçim yapılarak kesit dışındaki alanlar beyaza boyanmıştır.

Eliptik Fourier analizinde oluşturulan sinüs dalgası katsayıları, örneklerin şekillerinin kantitatif tanımlamalara dönüştürülmesi için gereklidir. Katsayılar, örnek şekile kaç adet sinüs dalgası gönderildiğini ifade etmektedir. Ön çalışmalarda farklı sinüs dalgası katsayıları denendikten sonra 35 katsayının "aşırı uyma sorunu" oluşturmadan şekli doğru verdiği tespit edilmiştir ve analiz için 35 katsayının kullanılması kararlaştırılmıştır.

Programdan elde edilen veriler birleştirilerek hem klasik morfometriden hem de eliptik fourierden elde edilen veriler ayrı ayrı PAST programında (Hammer vd., 2001) PCA ile analiz edilmiştir.

Tablo 3. Tek yönlü ANOVA sonuçları.

	F	p
kesit yüksekliği	1.73	0.14
kesit uzunluğu	8.97	<0,01
beyaz çizgi genişliği	8.96	<0,01
beyaz çizgi genişliği /kesit uzunluk oranı	0.89	0.54
üst epidermis hücre yüksekliği	2.21	0.06
üst epidermis hücre genişliği	2.37	0.04
alt epidermis hücre yüksekliği	2.56	0.03
alt epidermis hücre genişliği	0.46	0.87
palizat parankiması hücreleri yüksekliği	2.62	0.03
palizat parankiması hücreleri genişliği	2.18	0.06
palizat parankiması doku kalınlığı	2.88	0.02
sünger parankiması hücreleri yüksekliği	1.44	0.22
sünger parankiması hücreleri genişliği	0.47	0.86
sünger parankiması doku kalınlığı	2.39	0.04
ksilem alanı	6.14	<0.01
sklerenkima alanı	4.91	<0.01
floem alanı	5.67	<0.01
kollenkima kalınlığı	6.86	<0,01
kol uzunluğu	9.30	<0,01
kolların karınayla olan açısı	1.15	0.36
kol uçlarının açısı	9.30	<0,01
lakuna alanı	15.35	<0,01



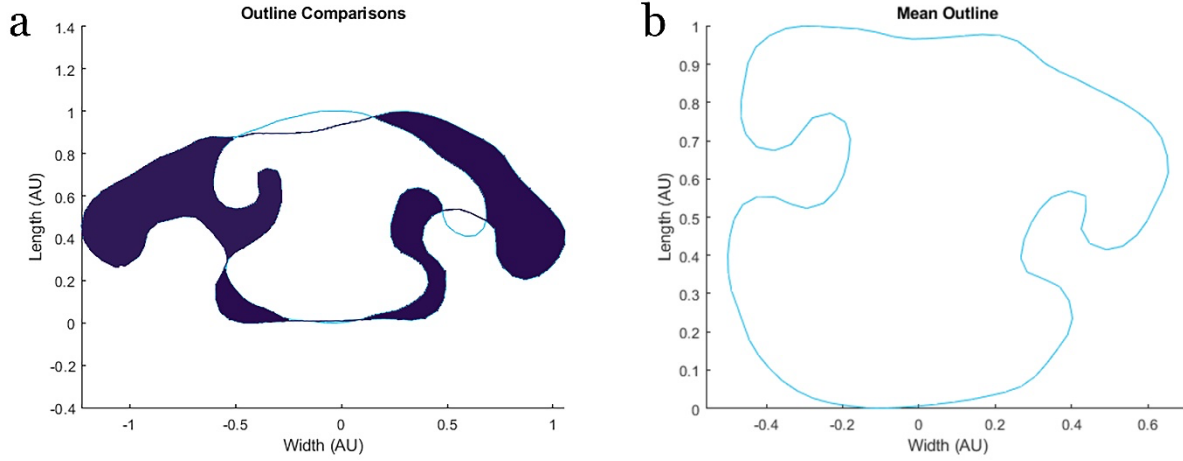
Şekil 2. a: Eliptik Fourier analizi sonuçları kullanılarak gerçekleştirilen ve b: Klasik morfoanatomik ölçüm sonuçları kullanılarak gerçekleştirilen PCA grafikleri. Renkler popülasyonları ifade etmektedir (CP215, pembe; CM01b, CM02, lacivert; CM03, CM04, mor; CM05, kırmızı; CM06, açık yeşil; CM10, koyu yeşil).

BULGULAR

Eliptik Fourier analizi sonuçları kullanılarak gerçekleştirilen (Şekil 2-a) ve klasik morfoanatomik ölçüm sonuçları kullanılarak gerçekleştirilen (Şekil 2-b) PCA grafiklerinde elde edilen gruplar benzer şekilde *C. kofudagensis* türünü diğerlerinden ayırmıştır. Eliptik fourier ile yapılan PCA sonuçlarının *C. mathewii* türünün popülasyonları arasında çok daha net bir ayırım yaptığı gözlenmiştir. PCA sonuçları *C. kofudagensis* (CM10) popülasyonunun *C. mathewii* popülasyonlarından yaprak kesiti anahattında oldukça farklı olduğunu göstermektedir. Bu bakımdan klasik morfoanatomik ölçümler ve Eliptik Fourier analizi ile hazırlanan PCA grafiklerinde çok fazla fark

görülmemiştir. *Crocus mathewii*'nin farklı formlarının yaprakları, her iki PCA analizinin sonucunda net bir şekilde ayrı gruplar oluşturmamıştır.

Bir diğer ilgi çekici bulgu da MASS ile gerçekleştirilen ortalama anahat karşılaştırması analizinde *C. mathewii* popülasyonlarındaki beyaz ve mor boğazlı formların birbirlerinden farklı bir ortalama anahat şekline sahip olduğunu, buna ek olarak beyaz formların *C. kofudagensis* yaprak kesitlerinin ortalama anahattına daha çok benzediğini göstermiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Ortalama anahat karşılaştırması analiz grafikleri. a: *Crocus mathewii* beyaz ve mor formların yaprak kesiti dış hat karşılaştırmasında mor renkli yaprak anahattı mor boğazlı bireyleri, beyaz yaprak anahattı beyaz boğazlı bireyleri göstermektedir, b: *Crocus kofudagensis* ortalama anahattı.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Genel olarak Eliptik Fourier metotları çok yoğun programlama bilgisi gerektirdiğinden çoğu biyolog için ulaşılmaz görülmektedir ancak günümüzde bu analizleri erişilebilir kılmak için Mass gibi bazı bilgisayar programları oluşturulmuştur (Chuanromanee vd., 2019). Mass programının kullanımı için ölçek çubuğu olan arka planı temizlenmiş bir fotoğraf yeterli olmaktadır. Her bir fotoğrafın bu açıdan işlenmesi çok zaman alan bir işlem değildir. Dahası, bu işlemin gerçekleştirilmesi yüzlerce örneği defalarca her bir anatomik karakter için teker teker ölçmekten çok daha kolay olmaktadır. Yapılması gereken, örnek ile arka plan arasında net bir kontrast ve arka planda gürültü olmayan bir fotoğraf oluşturulmasıdır. Genel şekil bozulmadığı sürece, fotoğraf üzerinden anahattaki küçük kırılmalar da düzeltilebileceğinden bazı karakterleri ölçülemeyecek durumda olan kesitlerin de kullanıma kazandırılması bu yöntemde mümkün olmaktadır.

Harmonik sayısı seçimi, programın göndereceği sinüs dalgalarının sayısını etkilediğinden bu dalgaların sayısına göre daha ayrıntılı bir şekil elde edilir. Ancak çok fazla harmonik kullanımı, gereğinden fazla ayrıntı verebilir ve bu nedenle genel şekli sağlıklı bir biçimde belirlenmesine engel olabilmektedir. Bu nedenle kaç adet harmonik kullanılacağına doğru seçilmesi önemlidir (Mollman vd., 2023).

Çiğdem taksonlarının yaprak anatomisi üzerine birçok çalışma olmasına rağmen bu çalışmaların çoğunda morfoanatomik karakterlerin ölçümlerinde eksikler bulunmaktadır (Akyol vd., 2012, 2014; Özdemir ve Akyol, 2007; Uslu vd., 2022). Genel olarak bu çalışmalarda kalitatif veri kullanılarak daha biçimsel bir yol izlenmiştir ve bunlar genellikle deskriptif çalışmalar olarak kalmıştır. Bu çalışmalarda belirli bir standart ile çalışılmamış olduğundan var olan çalışmaların karşılaştırılması ya da bu verinin kullanılarak daha kapsamlı bir çalışma yapılması mümkün değildir. Morfolojik verinin, özellikle de birbirine yakın şekiller değerlendirilirken yanıltıcı olabileceği göz önüne alındığında bu çalışmada yer verilen yöntemlerin kullanımı önem kazanmaktadır.

Klasik morfometrik yöntemlerde ölçüm yapılması gereken çok sayıda eleman olması, buna ek olarak ölçümlerin yapılabilmesi için kesitlerin temiz ve tüm elemanlarının rahatlıkla görünebilir olmasının gerekmesi ve bu nedenle kesitlerin yeniden alınmasına ihtiyaç duyulması, bu yöntemle veri eldesinin uzun vakit almasına sebebiyet vermektedir. Eliptik Fourier Analizi ise, popülasyonlar arasındaki farklar hakkında iyi bir fikir verirken zamandan tasarruf sağlar ve her bir kesitte çok sayıda ölçüm yapılmasına ihtiyaç duyulmadığından işçiliği hafifletmektedir. Bu bağlamda son derece özel bir şekli olan *Crocus* yapraklarının anatomik kesitlerinde morfometrik yöntemlerin kullanımının faydalı olduğu bu çalışma ile tespit edilmiştir. Bununla beraber, anatomik karakterlerin ekolojik koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebildiği düşünüldüğünde, bu yöntemin tek başına anlamlı bir sistematik sonuca ulaştıramayacağı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, bu tür anatomik kesitlerde gelişmiş morfometrik yöntemlerin kullanımına yönelik ilk çalışmadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi FBA-2020-36860 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Arazi çalışmasındaki desteğinden ötürü Prof. Dr. Levent Şık'a ve İ.Ü. Biyoloji Bölümü SEM/Görüntüleme Laboratuvarından Bilge Saadet Kaleli'ye teşekkür ederiz.

KAYNAK LİSTESİ

- Akyol, Y., Yetişen, K., Özdemir, C., Bozdağ, B. ve Kocabaş, O. (2012). Türkiye'deki *Crocus biflorus* Miller subsp. *tauri* (Maw) Mathew (Iridaceae) üzerine morfolojik ve anatomik bir çalışma. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2: 15-20.
- Akyol, Y. (2014). The morphological and anatomical studies on endemic *Crocus biflorus* Miller subsp. *pulchricolor* (Herbert) Mathew (Iridaceae) in Turkey. *Pak. J. Bot.* 46: 573-578.
- Chuanromanee, T.S., Cohen, J.I. ve Ryan, G.L. (2019). Morphological analysis of size and shape (MASS): An integrative software program for morphometric analyses of leaves. *Applications in Plant Sciences* 7(9): p.e11288.
- Çiftçi, A., Mollman, R., Yıldırım, H. ve Erol, O. (2021). Türkiye'nin bazı kayıp çiğdem taksonları üzerine gözlemler ve yabancı türlerin korunması üzerine bazı görüşler. *Bağbahçe Bilim Dergisi* 8(3): 47-52. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.941036>
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. ve Ryan, P.D. (2001). PAST-Palaeontological statistics. *Palaeontologia electronica* 4(1): 1-9.
- Kincaid, D. T. ve Schneider, R. B. (1983). Quantification of leaf shape with a microcomputer and Fourier transform. *Canad. J. Bot.* 61(9): 2333-2342.
- McLellan, T. ve Endler, J.A. (1998). The relative success of some methods for measuring and describing the shape of complex objects. *Systematic Biology* 47(2): 264-281.
- Mollman, R., Çiftçi, A. ve Erol, O. (2023). Variable leaf shape on short and long shoots: An elliptic Fourier analysis of *Prunus microcarpa* CA Mey. *Brazilian J. Bot.* 46(1): 113-125.
- Neto, J.C., Meyer, G.E., Jones, D. D. ve Samal, A.K. (2006). Plant species identification using Elliptic Fourier leaf shape analysis. *Computers and electronics in agriculture* 50(2): 121-134.
- Özdemir, C. ve Akyol, Y. (2007). Some morphological and anatomical investigations on *Crocus pallasii* Goldb. subsp. *pallasii*. *Afyon Kocatepe University Journal of Science* 7(1): 313-322.
- Raca, I., Ljubisavljević, I., Jušković, M., Randelović, N. ve Randelović, V. (2017). Comparative anatomical study of the taxa from series Verni Mathew (*Crocus* L.) in Serbia. *Biologica Nyssana* 8(1): 15-22.
- Raca, I., Jovanovic, M., Ljubisavljevic, I., Juskovic, M. ve Randelovic, V. (2019). Morphological and leaf anatomical variability of *Crocus* cf. *heuffelianus* Herb.(Iridaceae) populations from the different habitats of the Balkan Peninsula. *Turk. J. Bot.* 43(5): 645-658.
- Rudall, P. ve Mathew, B. (1990). Leaf Anatomy in *Crocus* (Iridaceae). *Kew Bulletin* 45(3): 535-544. <https://doi.org/10.2307/4110516>
- Tolivia, D. ve Tolivia, J. (1987). Fasga: a new polychromatic method for simultaneous and differential staining of plant tissues. *Journal of Microscopy* 148(1): 113-117.
- Uslu, E., Babaç, M.T. ve Bakış, Y. (2022). Investigations on anatomical and morphological characteristics of some *Crocus* L. taxa around Abant Lake. *Anatolian Journal of Botany* 6(2): 122-131.