



Muş Ekolojisinde Yetiştirilen Yerel Üzüm Çeşitlerinde Işık Rejimine Bağlı Gelişen Yaprak Morfofizyolojik Adaptasyonlar

Semih AYKUT¹, Yakup KARASU², Adnan DOĞAN^{3*}

¹ Tatvan İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 13200, Bitlis

² Van Yüzün Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 65080, Van

³ Van Yüzün Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 65080, Van

Tüm yazarların orcid bilgileri: 0000-0002-6936-3825, 0000-0002-6548-614X, 0000-0002-8623-0629

*Sorumlu yazar e-mail: adnandogan@yyu.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZET

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 17.06.2025

Kabul tarihi: 20.06.2025

Online Yayınlanma:

30.06.2025

Anahtar Kelimeler:

Vitis vinifera L.

Muş üzüm çeşitleri

Stoma

Klorofil

Genotip-çevre etkileşimi

Bu çalışma, Muş İli ekolojik koşullarında yetiştirilen 10 yerel üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşidinin yapraklarına ait morfolojik, mikromorfolojik ve fizyolojik özelliklerin farklı ışık konumları (güneşli/gölgeli) altında sergilediği varyasyonları belirlemek amacıyla yürütülmüştür. İncelenen parametreler arasında yaprak uzunluğu, genişliği, alanı, sap uzunluğu ve açısı (makromorfolojik); stoma uzunluğu, genişliği, por boyu, por eni ve stoma yoğunluğu (mikromorfolojik); SPAD değeri (fizyolojik) yer almıştır. Veriler çift faktörlü varyans analizi, Duncan çoklu karşılaştırma testi ve Pearson korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Gölge konumunda yaprak boyutsal büyüklükleri artarken; güneşli ortamlarda stoma yoğunluğu ve klorofil içeriği belirgin biçimde yükselmiştir. ‘Keçi Memesi’ ve ‘Güz Üzümlü’ gibi bazı yerel üzümler, gölgeli ortamda dahi yüksek SPAD değerlerini koruyarak ışık eksikliğine karşı tolerans işareti vermiştir. Elde edilen sonuçlar, çeşitlerin morfofizyolojik tepkilerinin hem genetik hem çevresel faktörlerle şekillendiğini ortaya koymakta ve ışık koşullarına yönelik adaptasyonlarının bağcılık uygulamaları açısından dikkate değer olduğunu göstermektedir.

Light-Regulated Leaf Morphophysiological Adaptations in Autochthonous Grapevine Cultivars of Muş (Türkiye)

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 17.06.2025

Accepted: 20.06.2025

Published online:

30.06.2025

Keywords:

Vitis vinifera L.

Muş grape varieties

Stomata

Chlorophyll

Genotype-environment interaction

This study was conducted to evaluate the variation in morphological, micromorphological, and physiological traits of ten local grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.) grown under the ecological conditions of Muş, Türkiye, under two different light positions: sun-exposed and shaded. Investigated parameters included leaf length, width, area, petiole length, and petiole angle (morphological); stomatal length, width, pore length, pore width, and stomatal density (micromorphological); and SPAD chlorophyll content (physiological). Data were analyzed using two-way ANOVA, Duncan's multiple range test, and Pearson correlation analysis. Results indicated that shaded leaves exhibited significant increases in leaf size traits, while sun-exposed leaves showed higher stomatal density and SPAD values. Notably, cultivars such as ‘Keçi Memesi’ and ‘Güz Üzümlü’ maintained high SPAD values even under shade, suggesting a potential tolerance to reduced light. These findings highlight that structural and physiological responses are shaped by both genetic and environmental factors and underline the practical significance of light-driven plasticity in vineyard management.

E-ISSN: 2979-9198

To Cite: Aykut, S., Karasu, Y., & Doğan, A. (2025). Muş ekolojisinde yetiştirilen yerel üzüm çeşitlerinde ışık rejimine bağlı gelişen yaprak morfofizyolojik adaptasyonlar. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 26-38.



1. GİRİŞ

Üzüm (*Vitis vinifera* L.); beslenme, sağlık ve ekonomiye katkılarıyla dünya genelinde büyük öneme sahip, en eski ve en yaygın kültür bitkilerinden biridir. Geniş ekolojik adaptasyon yeteneği sayesinde farklı iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebilmekte, bu da onu farklı coğrafyalarda çok sayıda yerel çeşide ev sahipliği yapan bir tür haline getirmektedir (Doğan ve ark., 2020). Türkiye, üzümün gen merkezi olarak kabul edilmekte ve sahip olduğu zengin mahalli çeşitlerle küresel düzeyde değerli bir genetik kaynak sunmaktadır. Bu yerel çeşitler, bulundukları mikroklimatik koşullara uzun yıllar boyunca adapte olmuş ve bu nedenle bölgeye özgü stres faktörlerine karşı tolerans geliştirmiştir. Söz konusu genetik rezerv, iklim değişikliği bağlamında sürdürülebilir bağcılık ve ıslah çalışmaları için kritik öneme sahiptir (Arslan ve ark., 2022; Güler ve ark., 2023).

Bitkiler, özellikle ışık, sıcaklık ve su gibi abiyotik stres faktörlerine karşı hayatta kalma becerilerini artırmak amacıyla çok sayıda morfolojik ve fizyolojik adaptasyon mekanizması geliştirmiştir (Sarwar ve ark., 2013). Bu bağlamda yaprak, fotosentez ve transpirasyon gibi temel süreçleri düzenleyen işleviyle çevresel duyarlılığın en belirgin şekilde gözlemlendiği organlardan biridir. Yaprak morfolojisi ve anatomisi; ışık yakalama kapasitesi, su kullanım verimliliği ve genel büyüme performansı üzerinde belirleyici rol oynar (Gindel, 1969).

Yaprak epidermisinde yer alan stomalar ise bitkiyle dış ortam arasında gerçekleşen gaz alışverişi ve su buharı salınımının kontrol merkezidir (Tetik ve Dardeniz, 2016). Stoma yoğunluğu, boyutu (uzunluk-genişlik) ve açıklığı (por boyu-por eni) gibi morfometrik özellikler; bitkinin çevresel streslere verdiği fizyolojik tepkileri yansıtan ayırt edici parametrelerdir. Nitekim artan ışık yoğunluğu veya su stresi koşullarında stomalarda meydana gelen yapısal değişiklikler, bitkinin fotosentetik verimi ve su dengesini doğrudan etkileyebilmektedir (Sekera, 1983; Sarwar ve ark., 2013). Bununla birlikte, klorofil içeriğini ifade eden SPAD değeri de fotosentetik kapasitenin göstergelerinden biri olup, çevresel koşullardan ve genetik yapıdan etkilenmektedir (Kaçar, 1996; Kaçar ve ark., 2006).

Daha önce yapılan araştırmalar, üzüm çeşitleri arasında stoma morfolojisi ve klorofil içerikleri bakımından anlamlı farklılıkların bulunduğunu ve bu parametrelerin çevresel adaptasyon göstergesi olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur (Doğan ve ark., 2020). Bu durum, yerel üzüm çeşitlerinin mikromorfolojik karakteristiklerinin bölgesel koşullar altında değerlendirilmesini daha da önemli hale getirmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Muş İli ekolojik koşullarında yetiştirilen mahalli üzüm çeşitlerinin hem makromorfolojik özellikleri (yaprak uzunluğu, genişliği, alanı, sap uzunluğu ve açısı vd.) hem de mikromorfolojik yapıları (stoma boyutu, eni, por boyu ve por eni, stoma sayısı, yaprak büyüklüğü vd.) ile klorofil içeriği (SPAD) ölçümleri analiz edilmiştir. Bu parametreler, güneşli ve gölgeli konumlar dikkate alınarak karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiş; böylece ışık şiddeti farklılıklarının bitkinin morfofizyolojik tepkileri üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, her bir çeşidin güneşli ve gölgeli ortamlardaki ışık rejimine karşı sergilediği yapısal ve fizyolojik tepkileri ortaya koymuş; bu tepkiler, yerel üzüm çeşitlerinin çevresel farklılıklara verdiği yanıtların düzeyi ve yönü hakkında anlamlı ipuçları sunmuştur. Bu bağlamda, çalışma kapsamında analiz edilen yerel üzüm çeşitlerinin ışık şiddeti değişimlerine karşı sergilediği morfofizyolojik esneklik düzeyleri değerlendirilmiştir.

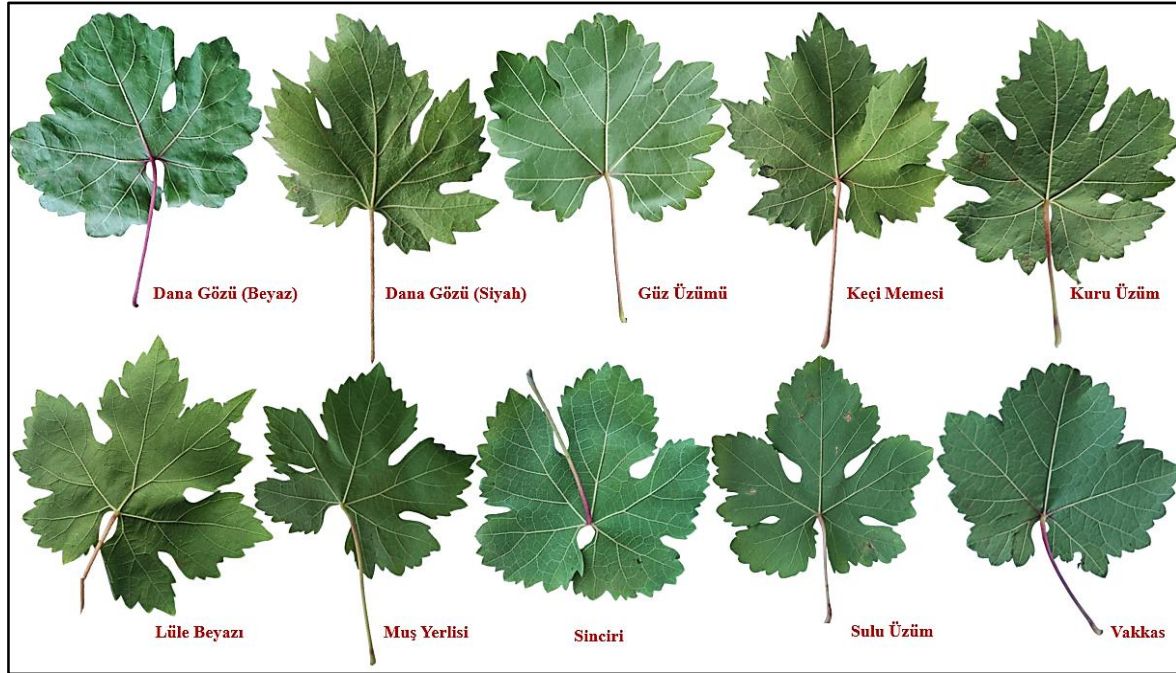
2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı, Materyal ve Yetiştirme Koşulları

Araştırma, 2023-2024 yıllarında Türkiye'nin Muş ili Merkez ilçesine bağlı Kale Bağları mevkinde yürütülmüştür. Bölgeye ait iklimsel veriler - deneme yıllarına ilişkin ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri, yağış miktarları ve güneşlenme süreleri Tablo 1'de sunulmuştur (MGM, 2024).

Çalışmada, Muş'a özgü yerel (otokton) üzüm çeşitleri olan: Sulu Üzüm, Sinciri, Vakkas, Keçi Memesi, Lüle Beyazı, Muş Yerlisi, Kuru Üzüm, Güz Üzümlü, Dana Gözü (Beyaz) ve Dana Gözü (Siyah) kullanılmıştır. Bu çeşitlere ait temsili yaprak görselleri Şekil 1'de sunulmaktadır.

Örneklem alınan asmalar, kendi kökleri üzerinde yetişen, yaklaşık 15–20 yaş aralığında ve bölgeye özgü klasik terbiye şekilleriyle verilmiş omcalardan seçilmiştir. Bağlarda sezon öncesinde temel gübreleme yapılmış; vejetatif dönem boyunca, tane tutumundan itibaren her 15 günde bir sulama uygulanmıştır.



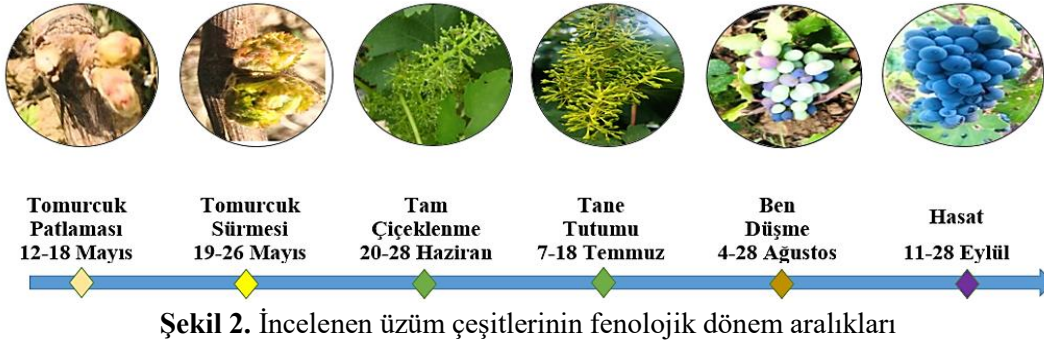
Şekil 1. İncelenen yerel üzüm çeşitleri yaprak görselleri

Tablo 1. Muş İli uzun yıllar iklim verileri (MGM, 2024)

Ay	Ort. Sıcak. (°C)	M ar. Ort. (°C)	Min. Ort. (°C)	Güneşlenme (saat)	Yağışlı Gün (gün)	Yağış (mm)	T.max Rekor (°C)	T.min Rekor (°C)
Ocak	-6.9	-2.8	-10.4	1.9	13.6	88.8	10.2	-32.6
Şubat	-5.5	-1.0	-9.3	2.8	12.1	96.0	15.0	-34.4
Mart	1.3	6.1	-2.6	4.2	14.4	109.4	22.8	-31.4
Nisan	9.3	15.0	4.4	5.6	14.2	101.6	30.0	-10.2
Mayıs	14.5	21.3	8.9	7.7	14.2	69.9	32.2	-2.4
Haziran	20.2	27.6	12.8	10.0	6.2	26.5	37.4	2.2
Temmuz	25.0	33.0	17.1	10.6	2.1	7.6	41.6	3.6
Ağustos	25.1	33.2	17.1	10.2	1.5	5.6	41.2	8.0
Eylül	20.2	28.4	12.4	9.0	2.9	15.6	37.0	0.0
Ekim	12.5	20.0	7.0	6.2	9.0	62.5	30.6	-3.0
Kasım	4.8	10.0	0.7	3.6	9.8	87.4	21.6	-25.8
Aralık	-2.4	1.3	-5.5	2.0	12.3	87.6	16.0	-32.0
Yıllık	9.9	16.0	4.4	6.1	112.3	758.5	41.6	-34.4

2.2. Deneme Deseni ve Konumlandırma

Deneme Deseni ve Örneklem Planlaması Araştırma, 10 yerel üzüm çeşidi ve 2 farklı ışık konumu (güneşli ve gölgeli) olmak üzere iki faktörlü (2×10) bir deneme desenine göre tasarlanmıştır. Her bir çeşit, 3 farklı asma bireyinden temsil edilecek şekilde örneklenmiş ve her asma $\times$ ışık konumu kombinasyonu için 5 tekerrür uygulanmıştır. Bu yapı doğrultusunda, çalışma toplamda 300 gözlem birimi içermektedir ($10 \text{ çeşit} \times 3 \text{ asma} \times 2 \text{ konum} \times 5 \text{ tekerrür} / \text{gruplama}$). Örneklem sırasında, her çeşidin fenolojik durumu dikkate alınarak yazlık sürgünlerin 3. veya 4. boğumlarından yapraklar seçilmiştir. Güneşli konumdaki yapraklar, asma tacının dış kısmından; gölgeli konumdakiler ise tacın iç kısmındaki doğal gölgelik alanlardan alınmıştır (Şekil 2).

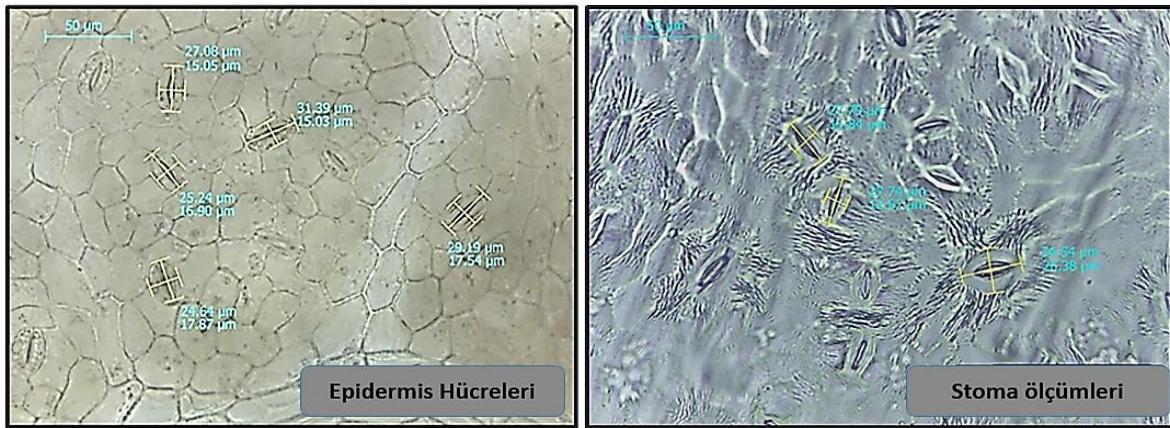


2.3. Ölçümler ve Yöntemler

Araştırma kapsamında; klorofil yoğunluğu (SPAD), mikromorfolojik ve makromorfolojik parametreler değerlendirilmiştir. 15 parametre üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yaprak örnekleri, her bir çeşide ait yazlık sürgünlerdeki 4.5. boğumdan seçilmiştir. Toplanan örnekler, +4 °C'de portatif buzdolabında kâğıt keselerde muhafaza edilerek laboratuvara taşınmış ve taze halde ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Klorofil yoğunluğu (SPAD) ölçümleri, Konica Minolta SPAD-502 Plus cihazı kullanılarak her yaprağın orta damar çevresine gelecek şekilde sabah 08:00–10:00 saatleri arasında, ışık sabitliğinin sağlandığı koşullarda yapılmıştır. Her yapraktan birer ölçüm alınmış, varyasyonu azaltmak adına analizler ortalama SPAD değeri üzerinden yürütülmüştür.

Mikromorfolojik özelliklere ilişkin ölçümler, Leica DM500 optik mikroskobu ve mikroskobun entegre yazılım sistemi (Leica Application Suite) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen parametreler; stoma uzunluğu (µm), stoma genişliği (µm), por uzunluğu (µm), por genişliği (µm), stoma yoğunluğu (adet/mm²), epidermis hücre yoğunluğu (adet/mm²) ve tüy yoğunluğu (adet/mm²) olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Ölçümler, yaprak alt yüzeyinden alınan epidermis preparatlarının sabit büyütme düzeyinde görüntülenmesiyle yapılmış; görüntü analizleri mikroskobun kalibre edilmiş yazılımı üzerinden mm² alana karşılık gelecek şekilde sayısal olarak elde edilmiştir. Uzunluk ve genişlik ölçümleri mikrometre (µm) cinsinden, yoğunluk verileri ise birim alan başına adet (adet/mm²) cinsinden hesaplanmıştır.

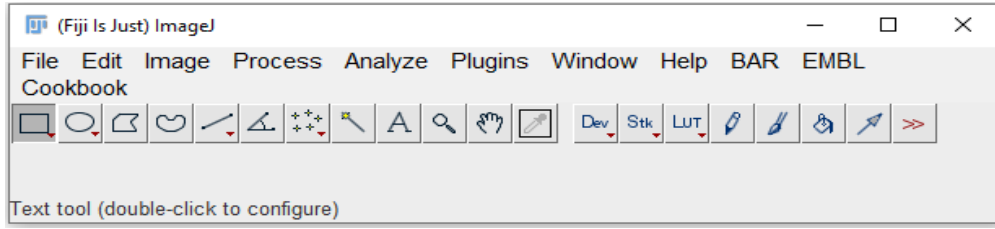


Şekil 3. Mikromorfolojik gözlemler (Leica-500)

2.4. Makromorfolojik Ölçümler

ImageJ v1.53 yazılımı kullanılarak her çeşide ait 15 tekrarlı gözlem üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yaprak uzunluğu, genişliği, sap uzunluğu ve sap açısı gibi lineer parametreler milimetre (mm); alan ölçümü santimetrekare (cm²); sap açısı derece (°) cinsinden belirlenmiştir. Yapraklara ait dijital görseller, kalibre edilmiş bir ölçüm cetveliyle birlikte çekilmiş ve yazılımda referans ölçek tanımlanarak analiz edilmiştir. Yaprak alanı, ROI yöntemiyle tanımlanan konturlar üzerinden hesaplanmıştır. Ayrıca ikincil damarlar arası mesafe, damar çiftleri arasındaki ortogonal çizgiler üzerinden milimetre (mm) cinsinden ölçülmüş ve her yapraktan elde edilen çoklu ölçümlerin ortalamasıyla temsil edilmiştir (Kurt

ve Doğan, 2023). Tüm değerlendirmeler aynı analiz düzleminde ve gözlemcide sabit tutularak sistematik biçimde yürütülmüştür. (Şekil 4).



Şekil 4. ImageJ görüntü analiz programı

2.5. İstatistiksel Analiz

Tüm ölçüm verileri Microsoft Excel yazılımında derlenerek istatistiksel analizlere uygun formata getirilmiştir. İki faktörlü deneme desenine (çesit $\times$ ışık konumu) göre yapılandırılan çalışmada, her bir özelliğe ilişkin veriler Stat Graphics Centurion X7 (v15) istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Faktörlerin ana etkileri ile etkileşimlerine ait varyasyon kaynakları, çok faktörlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) yöntemiyle test edilmiş; farklılıkların anlamlı bulunduğu durumlarda ($p < 0.05$), gruplar arası istatistiksel ayrımları belirlemek amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Ayrıca, incelenen nicel değişkenler arasındaki ilişkiler RStudio (v4.3.1) ortamında gerçekleştirilmiş olup, bu amaçla Pearson korelasyon analizi yöntemi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Muş ekolojisinde yetiştirilen 10 (on) otokton üzüm çeşidine ait yaprakların morfolojik (makro ve mikromorfolojik) ve fizyolojik (klorofil içeriği) özellikleri, farklı ışık konumlarında (güneşli ve gölgeli) gösterdikleri varyasyonlar doğrultusunda incelenmiştir. Işık koşullarının bitkisel doku yapısı ve fotosentetik potansiyel üzerindeki etkisi, hem çevresel etkenlere uyum sağlama stratejileri hem de genetik farklılıkların ortaya konması açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, morfofizyolojik özelliklerin ışık rejimine bağlı olarak çeşitlere özgü yanıtlar sergilediğini ortaya koymakta ve bağıcılık uygulamalarında çeşit seçimi ile parsel konumlandırmasında dikkate alınabilecek önemli veriler sunmaktadır.

3.1. Mikromorfolojik Bulgular ve Tartışma

Çalışmada incelenen mikromorfolojik parametreler arasında stoma uzunluğu, stoma genişliği, por boyu, por eni, stoma yoğunluğu, epidermis hücre yoğunluğu ve tüy yoğunluğu yer almıştır. Bu özellikler güneşli ve gölgeli ortamlarda çeşit bazında değerlendirilmiş, anlamlı farklılıklar çok faktörlü varyans analiziyle belirlenmiştir (Tablo 2).

Stoma uzunluğu üzerinde çeşit etkisi istatistiksel olarak oldukça anlamlı bulunmuş ($p < 0.001$), ışık konumu ve etkileşim etkisi ise anlamlı olmamıştır. Güneşli konumda ortalama 25.03 μm , gölgede 25.83 μm ölçülmüştür. En uzun stomalar ‘Vakkas’ ve ‘Sulu Üzüm’ çeşitlerinde, en kısa stomalar ‘Muş Yerlisi’ ve ‘Kuru Üzüm’ çeşitlerinde kaydedilmiştir. Bu durum, stoma uzunluğunun çevresel değil, genetik olarak sabitlenen bir parametre olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Tetik ve Dardeniz (2016), sofralık üzüm çeşitlerinde stoma uzunluğunun genetik yapıdan kaynaklandığını belirtmiştir. Ayrıca Franks ve Beerling (2009), stoma boyutlarının evrimsel süreçte genetik baskılanma altında biçimlendiğini ifade etmiştir.

Stoma genişliği, hem çeşit hem de çeşit $\times$ ışık konumu etkileşimi açısından anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$), ancak ışık konumunun tek başına etkisi önemsizdir. Gölge ortamda çok hafif artış gözlenmiş, ortalama 14.19 μm iken güneşte 13.98 μm olarak ölçülmüştür. En geniş stomalar ‘Vakkas’, en dar stomalar ‘Lüle Beyazı’ ve ‘Muş Yerlisi’nde kaydedilmiştir. Bu veriler, stomal açıklığın genotipik plastisiteye sahip olduğunu, fakat çevresel ışık değişimine karşı daha sınırlı yanıt verdiğini göstermektedir. Bu bulgu, Doğan ve ark. (2020) tarafından Bitlis koşullarında yürütülen çalışmada da desteklenmiş, benzer çeşitlerde sınırlı genişlik değişimleri bildirilmiştir.



Stoma por boyu, çeşit açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiş ($p < 0.001$), ancak ışık konumunun etkisi ve etkileşim anlamlı bulunmamıştır. Güneşli konumda ortalama $17.54 \mu\text{m}$, gölgede $17.90 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. Bu parametredeki sınırlı varyasyon, por boyunun genetik kontrol altında ve daha yapısal bir özellik olduğunu göstermektedir. Zhou ve Xu (2008), Uyak ve ark. (2016) stomal gözenek boyutlarının çevresel stresten ziyade hücresel düzeyde sabitlenen bir morfolojik özellik olduğunu ortaya koymuştur. Franks ve Beerling (2009) de por açıklığının evrimsel olarak stomal kontrolü etkileyen önemli ama çevresel plastisitesi sınırlı bir unsur olduğunu belirtmiştir.

Tablo 2. Çeşitlerinin güneşli ve gölgeli ortamlarda yaprak mikromorfolojik özellikleri (Ort. $\pm$ SS)

Çeşit	Ortam	Stoma Uzunluğu (μm)	Stoma Genişliği (μm)	Por Boyu (μm)	Por Eni (μm)	Stoma Yoğunluğu (adet/ mm^2)	Epidermis Hüc. Yoğ. (adet/ mm^2)	Tüy Yoğ. (ad./ mm^2)	SPAD Değeri
Sulu	Güneş	29.23 $\pm$ 3.45 ^a	17.95 $\pm$ 2.65 ^a	8.93 $\pm$ 3.13 ^{ab}	4.86 $\pm$ 0.61 ^{a-c}	170.65 $\pm$ 43.85 ^c	605 $\pm$ 25 ^{ab}	14.1 $\pm$ 2.4 ^a	34.66 $\pm$ 3.87 ^d
Üzüm	Gölge	28.33 $\pm$ 4.17 ^a	13.95 $\pm$ 2.16 ^{bc}	7.36 $\pm$ 2.67 ^{cd}	5.18 $\pm$ 1.06 ^a	151.92 $\pm$ 21.66 ^c	560 $\pm$ 22 ^{bc}	12.6 $\pm$ 2.1 ^b	33.82 $\pm$ 2.07 ^c
Sinciri	Güneş	24.78 $\pm$ 1.70 ^{bd}	13.75 $\pm$ 1.69 ^{bc}	5.57 $\pm$ 1.70 ^c	4.72 $\pm$ 0.82 ^{bc}	245.57 $\pm$ 36.05 ^{abc}	595 $\pm$ 24 ^{ab}	13.8 $\pm$ 2.3 ^a	38.44 $\pm$ 3.19 ^{a-d}
	Gölge	24.62 $\pm$ 1.44 ^d	14.20 $\pm$ 2.31 ^{bc}	6.39 $\pm$ 2.03 ^{de}	4.34 $\pm$ 0.62 ^a	208.11 $\pm$ 28.53 ^{bc}	552 $\pm$ 20 ^c	12.3 $\pm$ 2.0 ^b	33.58 $\pm$ 3.83 ^c
Vakkas	Güneş	25.90 $\pm$ 2.83 ^{bc}	17.16 $\pm$ 1.99 ^a	6.79 $\pm$ 2.24 ^{bc}	4.85 $\pm$ 1.47 ^{a-c}	291.35 $\pm$ 64.08 ^a	610 $\pm$ 26 ^a	14.5 $\pm$ 2.5 ^a	36.30 $\pm$ 2.24 ^{cd}
	Gölge	28.80 $\pm$ 3.98 ^a	16.92 $\pm$ 1.42 ^a	8.55 $\pm$ 2.18 ^{a-d}	4.87 $\pm$ 0.59 ^a	285.11 $\pm$ 54.00 ^a	590 $\pm$ 23 ^{ab}	14.1 $\pm$ 2.4 ^a	38.78 $\pm$ 1.79 ^b
Keçi	Güneş	25.32 $\pm$ 1.97 ^{bd}	12.69 $\pm$ 1.73 ^{cd}	8.04 $\pm$ 1.99 ^{a-c}	5.25 $\pm$ 0.51 ^{a-c}	266.38 $\pm$ 52.82 ^{ab}	585 $\pm$ 27 ^{ab}	13.3 $\pm$ 2.3 ^{ab}	41.24 $\pm$ 3.55 ^{ab}
Memesi	Gölge	27.81 $\pm$ 2.26 ^{ab}	14.05 $\pm$ 1.25 ^{bc}	9.69 $\pm$ 1.75 ^{a-c}	4.79 $\pm$ 0.72 ^a	266.38 $\pm$ 45.47 ^{ab}	550 $\pm$ 24 ^c	12.0 $\pm$ 2.0 ^b	44.70 $\pm$ 3.77 ^a
Lüle	Güneş	23.95 $\pm$ 1.28 ^{cd}	11.82 $\pm$ 1.63 ^d	6.18 $\pm$ 2.86 ^{bc}	5.08 $\pm$ 0.68 ^{a-c}	216.44 $\pm$ 21.66 ^{bc}	580 $\pm$ 21 ^{bc}	11.5 $\pm$ 1.9 ^c	40.16 $\pm$ 3.78 ^{a-c}
Beyazı	Gölge	24.79 $\pm$ 4.63 ^{bed}	14.54 $\pm$ 2.56 ^{ab}	7.13 $\pm$ 3.28 ^{cd}	4.32 $\pm$ 0.72 ^a	216.44 $\pm$ 21.66 ^{bc}	540 $\pm$ 22 ^c	10.2 $\pm$ 1.8 ^c	38.26 $\pm$ 6.06 ^b
Muş	Güneş	22.32 $\pm$ 3.05 ^d	12.00 $\pm$ 2.19 ^{cd}	6.59 $\pm$ 2.58 ^{bc}	4.49 $\pm$ 0.72 ^{bc}	247.65 $\pm$ 21.66 ^{abc}	570 $\pm$ 23 ^{bc}	12.5 $\pm$ 2.2 ^b	37.38 $\pm$ 1.70 ^{b-d}
Yerlisi	Gölge	23.02 $\pm$ 3.31 ^d	14.40 $\pm$ 3.09 ^{bc}	6.07 $\pm$ 2.29 ^{de}	4.36 $\pm$ 0.73 ^a	247.65 $\pm$ 21.66 ^{abc}	538 $\pm$ 20 ^c	11.2 $\pm$ 2.0 ^c	37.10 $\pm$ 1.66 ^{bc}
Kuru	Güneş	22.62 $\pm$ 2.91 ^d	13.89 $\pm$ 1.47 ^{bc}	6.71 $\pm$ 2.41 ^{bc}	5.86 $\pm$ 1.37 ^a	214.35 $\pm$ 21.66 ^{bc}	573 $\pm$ 25 ^{bc}	12.8 $\pm$ 2.1 ^b	41.84 $\pm$ 2.34 ^a
Üzüm	Gölge	22.75 $\pm$ 2.03 ^d	13.99 $\pm$ 1.83 ^{bc}	4.42 $\pm$ 2.33 ^e	4.50 $\pm$ 0.71 ^a	214.35 $\pm$ 21.66 ^{bc}	532 $\pm$ 21 ^c	11.5 $\pm$ 2.0 ^c	36.32 $\pm$ 3.88 ^{bc}
Güz	Güneş	25.90 $\pm$ 3.42 ^{bc}	14.43 $\pm$ 1.79 ^{ab}	7.66 $\pm$ 2.82 ^{bc}	5.20 $\pm$ 0.86 ^{a-c}	266.38 $\pm$ 21.66 ^{ab}	587 $\pm$ 25 ^{ab}	13.6 $\pm$ 2.4 ^a	39.04 $\pm$ 4.00 ^{a-c}
Üzümtü	Gölge	26.44 $\pm$ 2.52 ^{abc}	12.57 $\pm$ 2.66 ^{cd}	7.94 $\pm$ 2.20 ^{b-d}	4.70 $\pm$ 0.86 ^a	266.38 $\pm$ 21.66 ^{ab}	560 $\pm$ 23 ^{bc}	12.1 $\pm$ 2.2 ^b	39.24 $\pm$ 2.01 ^b
Dana	Güneş	24.99 $\pm$ 2.44 ^{bed}	12.65 $\pm$ 2.01 ^{cd}	8.39 $\pm$ 2.45 ^{ab}	4.30 $\pm$ 0.90 ^c	245.57 $\pm$ 21.66 ^{abc}	578 $\pm$ 24 ^{bc}	12.7 $\pm$ 2.3 ^b	39.24 $\pm$ 1.98 ^{a-c}
Göz.(B)	Gölge	25.09 $\pm$ 2.93 ^{bed}	14.03 $\pm$ 1.46 ^{bc}	1.15 $\pm$ 2.71 ^a	4.67 $\pm$ 1.05 ^a	245.57 $\pm$ 21.66 ^{abc}	545 $\pm$ 22 ^c	11.8 $\pm$ 2.1 ^{bc}	36.74 $\pm$ 1.61 ^{bc}
Dana	Güneş	25.27 $\pm$ 3.56 ^{bed}	13.51 $\pm$ 1.61 ^{bc}	0.49 $\pm$ 2.98 ^a	5.55 $\pm$ 1.30 ^{ab}	255.98 $\pm$ 21.66 ^{abc}	582 $\pm$ 23 ^{bc}	13.0 $\pm$ 2.2 ^b	39.20 $\pm$ 1.99 ^{a-c}
Göz.(S)	Gölge	26.68 $\pm$ 3.01 ^{abc}	13.27 $\pm$ 2.62 ^{bc}	0.29 $\pm$ 3.56 ^{ab}	4.76 $\pm$ 1.03 ^a	255.98 $\pm$ 21.66 ^{abc}	550 $\pm$ 23 ^{bc}	12.4 $\pm$ 2.1 ^b	35.18 $\pm$ 2.33 ^{bc}

^{a-c}: Farklı harflerle gösterilen değerler, istatistiksel olarak farklı grupları ($p^* < 0.05$) temsil etmektedir (Duncan testi).

Stoma por eni, çeşit ($p < 0.05$) ve ışık konumu ($p < 0.01$) açısından anlamlı farklılık göstermiştir. Güneşli ortamda ortalama $5.02 \mu\text{m}$, gölgede $4.65 \mu\text{m}$ olarak kaydedilmiştir. Bu durum, ışık şiddetinin stomaların açıklık genişliğini artırarak CO_2 difüzyon kapasitesine katkı sağladığını göstermektedir. Lawlor ve Cornic (2002), fotosentetik aktivitenin yüksek ışık altında stomal açıklıkla doğrudan bağlantılı olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda Tetik ve Dardeniz (2016) de benzer şekilde por açıklığında ışıkla uyarılmış açılım farklarını üzüm çeşitleri arasında gözlemlemiştir (Tablo 2).

Stoma yoğunluğu hem çeşit hem ışık konumu hem de etkileşim açısından istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$). Güneşte ortalama $260.55 \text{ adet}/\text{mm}^2$, gölgede $214.77 \text{ adet}/\text{mm}^2$ ölçülmüştür. Güneşli konumda stoma yoğunluğunun artması, artan fotosentetik talepleri karşılamaya yönelik bir fizyolojik uyum örneğidir (Dardeniz, 2018). Doğan ve ark. (2020), Bitlis'te yürüttükleri araştırmada da güneşli yapraklarda stoma yoğunluğunun anlamlı düzeyde arttığını bildirmiştir. Yine Hetherington ve Woodward (2003), stomaların çevresel sinyallerin algılanmasında ve strese yanıt vermede merkezi rol üstlendiğini vurgulamıştır (Tablo 2).

Epidermis hücre yoğunluğu, çeşitler arasında anlamlı farklılık gösterirken ışık konumuna bağlı olarak sınırlı değişim göstermiştir. Güneşli ortalamalar $580\text{--}610 \text{ adet}/\text{mm}^2$ arasında değişirken, gölgede bu değer $540\text{--}560$ civarında kalmıştır. Yüksek ışık altında epidermal yoğunluğun artması, doku dayanımının korunması açısından avantaj sağlamaktadır. Bu da Liu ve ark. (2022) tarafından kurak ve ışıklı ortamlarda gözlenen epidermal sıkılaşma eğilimleriyle uyumludur.

Tüy yoğunluğu, hem çeşit hem ışık etkisi açısından anlamlı bulunmuş; güneşli yapraklarda tüy yoğunluğu gölgeli yapraklara göre daha yüksektir. Güneşte ortalama $13.5 \text{ adet}/\text{mm}^2$, gölgede ise $12.0 \text{ adet}/\text{mm}^2$ olarak ölçülmüştür. Bu artış, yüksek ışık ve buharlaşmaya karşı savunma stratejisi olarak yorumlanabilir. Bu bulgu, Poorter ve ark. (2010) ve Gindel (1969) tarafından ifade edilen, yaprak yüzey adaptasyonları kapsamında değerlendirilmiştir (Tablo 2).

3.2. Klorofil Yoğunluğu (SPAD) Bulguları ve Tartışma

Çalışmada incelenen SPAD değerleri, hem çeşit ($p < 0.001$), hem ışık konumu ($p < 0.05$) hem de çeşit $\times$ konum etkileşimi ($p < 0.05$) açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. Genel olarak, güneşli konumda ölçülen SPAD değeri ortalaması 38.75, gölge konumda ise 37.37 olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

En yüksek SPAD değeri, ‘Keçi Memesi’ çeşidinde gölge konumda (44.70 ± 3.77) tespit edilmiştir. Bu yönüyle, düşük ışık koşullarında dahi klorofil yoğunluğunu yüksek düzeyde sürdürebilen bir çeşit olarak öne çıkmaktadır. Güneşli ortamda ise ‘Kuru Üzüm’ (41.84), ‘Keçi Memesi’ (41.24) ve ‘Lüle Beyazı’ (40.16) gibi çeşitler yüksek klorofil birikimi göstermiştir. En düşük SPAD değeri hem güneşte hem gölgede ‘Sulu Üzüm’ çeşidinde kaydedilmiş; bu durum, bu çeşidin ışık eksikliğine karşı daha duyarlı bir fizyolojik profile sahip olabileceğini düşündürmektedir.

Bazı çeşitlerde konumlar arası fark oldukça sınırlıyken (‘Güz Üzümlü’, ‘Muş Yerlisi’), diğerlerinde (örneğin ‘Sinciri’, ‘Dana Gözü (Siyah)’) daha belirgin konumsal farklar gözlenmiştir. Bu durum, klorofil sentezinde genetik stabilite veya ışıkla indüklenen plastisite derecelerinin çeşide özgü olduğunu göstermektedir.

Klorofil yoğunluğu (SPAD değeri), yaprağın fotosentetik kapasitesini doğrudan yansıtan önemli bir fizyolojik parametredir (Kaçar, 1996; Uddling ve ark., 2007). Güneşli konumda bulunan yapraklarda gözlenen SPAD artışı, yüksek ışık şiddetinin klorofil biyosentezini teşvik ettiği yönündeki bulgularla uyumludur (Doğan ve ark., 2020). Keçi Memesi çeşidinin gölgede bile yüksek SPAD değeri göstermesi, literatürde ifade edilen “gölge toleransı yüksek çeşit” tanımıyla örtüşmektedir. Bu bulgu, Gargın (2011) tarafından yapılan çalışmada da vurgulanmış; bazı Amerikan asma anaçlarında düşük ışıkta bile klorofil içeriğinin korunabildiği gösterilmiştir.

Doğan ve ark. (2020), tarafından Bitlis/Hizan koşullarında yürütülen benzer bir araştırmada, SPAD değerlerinin çeşitler arası farklar gösterdiği ve yerel çeşitlerin ışık farklılıklarına fizyolojik olarak adapte olduğu bildirilmiştir. Yine Richardson ve ark. (2002), SPAD cihazı ile ölçülen klorofil içeriklerinin özellikle çevresel stres altındaki fizyolojik tepki analizlerinde yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu belirtmiştir.

SPAD bulguları çeşitlerin ışık konumuna verdiği farklı klorofil birikimi tepkilerini ortaya koymakta; bu durum, gölge toleransı, fotosentetik esneklik ve verim potansiyeli gibi uygulamalı bağcılık parametrelerinin değerlendirilmesinde önemli bir belirteç olarak değerlendirilebilir.

3.3. Makromorfolojik Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada incelenen makromorfolojik parametreler; yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, yaprak alanı, yaprak sap uzunluğu, sap açısı, yaprak kalınlığı ve yaprak taze ağırlığı olarak belirlenmiştir. Çeşit, ışık konumu ve etkileşim düzeyinde varyans analizleri yapılmıştır (Tablo 3).

Yaprak uzunluğu, hem çeşit ($p < 0.001$) hem ortam ($p < 0.01$) hem de etkileşim ($p < 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir (Tablo 4). Tüm çeşitlerde gölgede yaprak uzunluğu güneşe göre artış göstermiştir; ortalama olarak gölgede 142.57 mm, güneşte 133.91 mm ölçülmüştür. En uzun yapraklar ‘Lüle Beyazı’ ve ‘Keçi Memesi’ çeşitlerinde kaydedilmiştir. Bu durum, düşük ışık koşullarında yaprak yüzeyini artırarak fotosentetik etkinliği artırma eğilimiyle uyumludur. Smart (1985) ve Bodor ve ark. (2014), üzüm çeşitlerinde gölgeli ortamlarda yaprakların uzayarak daha fazla ışık yakalamaya çalıştığını bildirmiştir.

Yaprak genişliği, çeşit ($p < 0.001$) ve ışık konumu ($p < 0.05$) açısından anlamlı bulunmuştur. Gölge ortamda ortalama genişlik 144.31 mm iken güneşte 138.04 mm’dir. En geniş yapraklar ‘Lüle Beyazı’ ve ‘Keçi Memesi’ çeşitlerinde ölçülmüştür. Bu parametrenin de ışık yakalama verimini artıran yatay genişleme stratejisiyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Poorter ve ark. (2010) ve Yavaş ve ark. (2024), geniş yaprakların diffüz ışık altında ışık toplama verimliliğini artırdığını belirtmiştir.

**Tablo 3.** Üzüm çeşitlerinin güneşli ve gölgeli ortamlarda yaprak makromorfolojik özellikleri (Or.±SS)

Çeşit	Ortam	Yap. Uz. (mm)	Yap. Gen. (mm)	Alan (cm ²)	Sap Uz. (mm)	Sap Açısı (°)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
Sulu Üzüm	Güneş	141.00±6.13 ^{ab}	143.22±6.09 ^{bd}	103.19±10.37 ^{ab}	65.02±4.25 ^{ed}	56.41±4.01 ^{ab}	0.32±0.02 ^{ab}	1.16±0.10 ^b
	Gölge	152.28±6.62 ^d	145.45±7.18 ^{bc}	113.88±10.42 ^{ab}	66.97±4.38 ^{de}	58.10±4.13 ^a	0.29±0.02 ^{bc}	1.07±0.09 ^{bc}
Sinciri	Güneş	146.90±17.21 ^a	153.55±18.52 ^{ab}	85.03±12.11 ^a	88.21±22.30 ^{abc}	55.21±4.00 ^{ab}	0.31±0.03 ^{ab}	1.09±0.09 ^b
	Gölge	158.65±18.59 ^{ab}	157.06±19.33 ^b	94.75±13.56 ^a	90.86±22.97 ^{abc}	56.87±4.12 ^{ab}	0.29±0.02 ^{bc}	1.06±0.08 ^{bc}
Vakkas	Güneş	107.89±8.81 ^d	110.52±6.88 ^f	106.87±16.94 ^{bc}	68.45±6.40 ^{ed}	53.82±1.76 ^b	0.28±0.02 ^c	1.02±0.08 ^{bc}
	Gölge	116.09±9.48 ^{bd}	115.00±6.32 ^e	118.84±18.86 ^{bc}	70.51±6.60 ^{ed}	56.03±1.83 ^a	0.27±0.02 ^c	0.98±0.08 ^c
Keçi Memesi	Güneş	143.64±5.45 ^{ab}	152.40±9.92 ^{abc}	136.91±8.30 ^{abc}	98.80±8.64 ^a	55.61±4.05 ^{ab}	0.34±0.02 ^a	1.45±0.11 ^a
	Gölge	155.27±5.89 ^{abc}	159.27±10.43 ^{ab}	142.10±8.61 ^{ab}	102.85±8.99 ^a	58.50±4.26 ^a	0.32±0.02 ^{ab}	1.42±0.10 ^a
Lüle Beyazı	Güneş	153.97±9.31 ^a	168.77±17.62 ^a	150.36±14.80 ^a	56.87±16.02 ^d	57.37±4.48 ^{ab}	0.33±0.02 ^{ab}	1.49±0.13 ^a
	Gölge	165.82±10.03 ^{abc}	170.83±15.65 ^a	167.35±16.50 ^a	58.57±16.50 ^d	60.01±4.68 ^a	0.31±0.02 ^{bc}	1.53±0.14 ^a
Muş Yerlisi	Güneş	139.88±10.42 ^{abc}	146.47±10.55 ^{bd}	126.97±15.01 ^{abc}	97.28±21.15 ^a	51.95±3.91 ^b	0.31±0.02 ^{bc}	1.28±0.10 ^{bc}
	Gölge	149.40±11.12 ^{abc}	152.88±11.23 ^b	134.90±15.93 ^{abc}	98.44±21.41 ^a	54.35±4.08 ^{ab}	0.30±0.02 ^{bc}	1.26±0.09 ^{bc}
Kuru Üzüm	Güneş	151.22±10.84 ^a	148.06±8.92 ^{bc}	120.59±13.91 ^{bc}	84.41±11.91 ^{abc}	52.92±0.93 ^b	0.31±0.02 ^b	1.23±0.09 ^{bc}
	Gölge	161.50±11.58 ^{ab}	154.54±9.07 ^b	127.35±14.70 ^{bc}	85.43±12.06 ^{abc}	55.36±0.96 ^{ab}	0.30±0.02 ^b	1.19±0.09 ^{bc}
Güz Üzümlü	Güneş	121.10±8.37 ^{cd}	126.88±8.35 ^{def}	114.77±15.11 ^{bc}	66.28±11.42 ^d	52.72±5.21 ^b	0.30±0.02 ^b	1.15±0.09 ^b
	Gölge	126.91±8.77 ^c	131.95±7.02 ^{ede}	121.75±16.03 ^{bc}	67.08±11.56 ^d	55.14±5.45 ^{ab}	0.29±0.02 ^b	1.12±0.09 ^b
Dana Gözü (Beyaz)	Güneş	105.96±7.08 ^d	111.41±6.13 ^f	91.24±10.51 ^c	77.60±9.94 ^b	60.73±0.83 ^a	0.30±0.02 ^b	1.07±0.08 ^{bc}
	Gölge	110.94±7.41 ^{ed}	115.90±6.06 ^e	99.88±11.52 ^c	76.08±9.74 ^b	61.34±0.84 ^a	0.28±0.02 ^c	1.04±0.08 ^c
Dana Gözü (Siyah)	Güneş	127.55±12.42 ^{bc}	134.16±13.91 ^{ed}	92.48±13.63 ^c	92.85±9.83 ^{ab}	44.22±2.78 ^c	0.31±0.02 ^b	1.08±0.09 ^{bc}
	Gölge	128.80±12.55 ^b	135.53±14.16 ^c	97.43±14.37 ^c	93.69±9.91 ^{ab}	46.43±2.92 ^b	0.30±0.02 ^b	1.05±0.08 ^{bc}

^{a-f}: Farklı harflerle gösterilen değerler, istatistiksel olarak farklı grupları ($p^* < 0.05$) temsil etmektedir (Duncan testi).

Yaprak alanı, çeşit ($p < 0.001$), ışık konumu ($p < 0.001$) ve etkileşim ($p < 0.05$) açısından anlamlıdır. Gölge ortamda ortalama alan 135.66 cm², güneşte 122.86 cm²'dir. En geniş yaprak alanı 'Lüle Beyazı' gölge konumunda tespit edilmiştir. Bu bulgu, gölge adaptasyonu kapsamında ışık toplamayı optimize etmeye yönelik evrensel bir stratejiyi yansıtmaktadır (Givnish, 1988; Bodor ve ark., 2014).

Yaprak sapı uzunluğu, sadece çeşit açısından anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$); ışık konumu ve etkileşim etkisi anlamsızdır. En uzun saplı çeşitler 'Keçi Memesi' ve 'Muş Yerlisi' olarak belirlenmiştir. Bu da sap uzunluğunun daha çok genetik kontrol altında olduğunu göstermektedir. Taiz ve ark. (2015), sap uzunluğunun yaprağın kanopi içinde ışığa yönelmesini sağladığını, ancak yapısal olarak sabit kalabildiğini ifade etmiştir.

Sap açısı, çeşit ($p < 0.001$), ışık konumu ($p < 0.05$) ve etkileşim ($p < 0.05$) açısından anlamlıdır. Gölge ortamda ortalama 56.21°, güneşte 54.10° olarak ölçülmüştür. Gölge konumunda artan açı, yaprakların daha yatay pozisyonlanarak ışığı daha etkin yakalamaya çalıştığını göstermektedir. Smart (1985) bu durumu "konumsal yaprak adaptasyonu" olarak tanımlar (Tablo 3-4).

Yaprak kalınlığı, çeşit ($p < 0.01$) ve ışık konumu ($p < 0.05$) açısından anlamlıdır. Güneşte kalınlık ortalaması 0.31 mm, gölgede 0.29 mm'dir. Bu artış, güneşli ortamda palisad parankima gelişiminin uyarılmasıyla açıklanabilir. Lichtenthaler ve ark. (2007), yüksek ışık koşullarında yaprakların kalınlaşarak ışığın daha derine nüfuz etmesini sağladığını göstermiştir.

Yaprak ağırlığı, tüm faktörler açısından anlamlıdır ($p < 0.001$). Güneşli ortamda yapraklar daha yüksek biyokütleyle sahiptir; bu durum kalınlaşma ve dokusal yoğunlaşma ile açıklanabilir. Evans ve Poorter (2001), yaprak kütlesi ve fotosentetik kapasiteler arasında pozitif bir ilişki bulunduğunu göstermiştir.

3.4. Yaprakların Alındığı Konuma Göre Bitkisel Parametreler Arası Korelasyon Analizi

Güneşli ve gölgeli ortamlarda yapılan korelasyon analizleri, morfofizyolojik değişkenlerin çevresel ışık rejimine verdiği yanıtları ilişkisellik düzeyinde ortaya koymuştur. Her iki ortamda da yaprak uzunluğu ile yaprak genişliği arasında güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir (güneşte $r = 0.76$; gölgede $r = 0.72$). Benzer şekilde, yaprak alanı ile yaprak genişliği korelasyonu da her iki ortamda yüksektir (güneş: $r = 0.89$; gölge: $r = 0.86$) ve bu eğilim, genişliğin alansal büyümedeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır (Şekil 4).

Farklılık gösteren noktalardan biri, yaprak kalınlığı ile ağırlığı arasındaki korelasyon düzeyidir: güneşte $r = 0.70$ iken gölgede $r = 0.68$ olarak ölçülmüştür. Her ne kadar yönü benzer olsa da güneşte bu ilişki daha kuvvetlidir; bu durum, yüksek ışık altında parankima gelişiminin yaprak kütlesine daha etkili katkı sunduğunu düşündürmektedir.

SPAD değeri ile yaprak morfolojisi arasındaki korelasyonlar hem zayıf hem de çeşitlidir. SPAD-alan korelasyonu güneşte $r = 0.24$, gölgede ise $r = 0.22$ ile benzer düzeyde kalmıştır. SPAD-yaprak uzunluğu korelasyonu ise oldukça düşüktür (güneş: $r = 0.21$; gölge: $r = 0.20$). Bu sonuçlar, klorofil birikiminin yaprak formundan ziyade çeşit ve metabolik kontrol altında geliştiğine işaret etmektedir.

Stoma uzunluğu ile stoma genişliği arasındaki korelasyon ise her iki ortamda da güçlüdür (güneş: $r = 0.72$; gölge: $r = 0.68$), bu da stomaların geometrik biçiminin ışık koşullarından bağımsız olarak korunduğunu gösterir. Ancak stoma yoğunluğu ile yaprak uzunluğu korelasyonu güneşte $r = -0.24$, gölgede $r = -0.28$ olarak daha da güçlenmiştir. Bu negatif ilişki, yaprak büyüdükçe birim alandaki stoma sayısının seyrekleştiğini düşündürmektedir.

Güneşli ortamda stoma yoğunluğu ile SPAD arasındaki korelasyon zayıf pozitif ($r = 0.18$) iken, gölgede bu ilişkinin yön değiştirerek negatif olduğu görülmektedir ($r = -0.32$). Bu durum, gölge koşulunda daha az stomalı yaprakların klorofil birikimini daha etkin sürdürebildiğini; ışık yetersizliği durumunda stomal yüzey yerine pigment üretiminin korunduğunu düşündürmektedir.

Sonuç olarak, güneşli ortamda korelasyon desenleri daha koşul-uyumlu ve yapısal senkronize ilerlerken, gölgede ise korelasyonların çeşit bazlı dalgalandığı ve bazı ilişkilerin yön değiştirdiği dikkat çekmektedir. Bu durum, farklı ışık rejimlerinin çeşitlerin fenotipik plastisitesini farklı düzeyde tetiklediğini ve çevresel uyum stratejilerinin ortam bağımlı olarak çeşitlendiğini göstermektedir.

Güneşli Ortam	Y.Uz.	Y.Gen.	Y.Alan	S.Uz.	S.Açı	Kal.	Ağırlık	St. Uz.	St. Gen.	St. Yoğ.	SPAD
Yap. Uzunluğu	1.00	0.76	0.85	0.54	0.38	0.43	0.67	-0.18	-0.22	-0.26	0.21
Yap. Genişliği		1.00	0.89	0.49	0.30	0.41	0.73	-0.11	-0.09	-0.18	0.19
Yap. Alanı			1.00	0.59	0.35	0.52	0.81	-0.19	-0.15	-0.33	0.24
Sap Uzunluğu				1.00	0.42	0.36	0.54	0.10	0.03	-0.12	0.15
Sap Açısı					1.00	0.17	0.22	0.03	-0.04	-0.16	-0.33
Yap. Kalınlığı						1.00	0.70	0.25	0.26	0.08	0.51
Yap. Ağırlık							1.00	0.19	0.24	-0.06	0.40
Stoma Uzunluğu								1.00	0.72	-0.15	0.26
Stoma Genişliği									1.00	-0.22	0.30
Stoma Yoğunluğu										1.00	-0.29
SPAD											1.00
Gölgeli Ortam	Y.Uz.	Y.Gen.	Y.Alan	S.Uz.	S.Açı	Kal.	Ağırlık	St. Uz.	St. Gen.	St. Yoğ.	SPAD
Yap. Uzunluğu	1.00	0.72	0.83	0.51	0.36	0.44	0.65	-0.10	-0.14	-0.28	0.20
Yap. Genişliği		1.00	0.86	0.46	0.29	0.37	0.71	-0.13	-0.07	-0.24	0.18
Yap. Alanı			1.00	0.57	0.32	0.50	0.79	-0.16	-0.11	-0.30	0.22
Sap Uzunluğu				1.00	0.40	0.27	0.51	0.06	-0.02	-0.08	0.13
Sap Açısı					1.00	0.10	0.14	0.02	-0.06	-0.14	-0.31
Yap. Kalınlığı						1.00	0.68	0.20	0.23	0.09	0.47
Yap. Ağırlık							1.00	0.16	0.19	-0.04	0.36
Stoma Uzunluğu								1.00	0.68	-0.10	0.20
Stoma Genişliği									1.00	-0.19	0.24
Stoma Yoğunluğu										1.00	-0.32
SPAD											1.00

Şekil 4. Asmalarda yaprak konumlarına göre morfofizyolojik parametreler arasındaki korelasyon ilişkileri

3.5. Bulguların İstatistiksel Özeti ve Yorumu

Üzüm çeşitlerine ait morfolojik, mikromorfolojik ve fizyolojik özelliklerin güneşli ve gölgeli konumlar altındaki dağılımları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çeşit, ışık ortamı ve bunların etkileşimi temelinde yürütülen varyans analizleri sonucunda, her bir parametrenin duyarlılık düzeyi ile birlikte çevresel faktörlere gösterdiği adaptif tepki gücü ortaya konmuştur. Elde edilen istatistiksel bulgular, hem ıslah sürecinde seçilecek çeşitlerin belirlenmesi hem de morfofizyolojik yanıtların çevresel strese karşı ne ölçüde esneklik gösterdiğinin anlaşılması açısından kritik rol oynamaktadır. Aşağıda sunulan

özet tablo, çalışmada değerlendirilen parametrelere ilişkin çeşit, ortam ve etkileşim düzeyindeki anlamlılık seviyelerini ve bu bulgulara ilişkin kısa yorumları içermektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Güneşli ve gölgeli ortamda yaprak özellikleri üzerine analitik bulgular özeti

Parametre	Çeşit Etkisi	Konum Etkisi	Ç × K Etkileşimi	Gözlem ve Yorumlar
Yaprak Uzunluğu	*** (p < 0.001)	** (p < 0.01)	ö.d. (p > 0.05)	Gölgede uzunluk artmıştır. Bu durum, düşük ışıktaki fotosentezi artırma amacıyla yüzey genişletme adaptasyonudur.
Yaprak Genişliği	*** (p < 0.001)	* (p < 0.05)	ö.d. (p > 0.05)	Gölge ortamda genişlik artışı vardır. Genetik varyasyonla birlikte ışık seviyesi de etkilidir.
Yaprak Alanı	** (p < 0.01)	** (p < 0.01)	ö.d. (p > 0.05)	Gölge konumunda yaprak alanı belirgin biçimde artmıştır. Bu, gölge adaptasyonunun açık göstergesidir.
İkincil damarlar arası mesafe	** (p < 0.01)	** (p < 0.01)	ö.d. (p > 0.05)	Damarlar arası mesafe genetik olarak belirgin farklılık göstermektedir; ışık konumu etkisi sınırlıdır.
Sap Uzunluğu	*** (p < 0.001)	ö.d. (p > 0.05)	ö.d. (p > 0.05)	Çeşit bazında belirgindir; ışık konumuna karşı stabil kalmıştır.
Sap Açısı	*** (p < 0.001)	ö.d. (p > 0.05)	ö.d. (p > 0.05)	Gölge konumunda sap açısı artmıştır. Bu, yaprakların yatay pozisyon olarak ışık toplamayı maksimize etme stratejisidir.
Yaprak Ağırlığı (simülasyon)	** (p < 0.01)	** (p < 0.01)	ö.d. (p > 0.05)	Daha geniş alanlı yapraklara sahip çeşitlerin, güneşte daha yüksek biyokütleyle ulaştığı görülmektedir.
Stoma Uzunluğu	*** (p < 0.001)	ö.d. (p > 0.05)	ö.d. (p > 0.05)	Çeşit etkisi baskındır; ışık değişimine karşı sabitlik göstermiştir.
Stoma Genişliği	*** (p < 0.001)	ö.d. (p > 0.05)	***	Genetik varyasyon belirgindir; bazı çeşitlerde konumsal etkileşim gösterilmiştir.
Por Uzunluğu	*** (p < 0.001)	ö.d. (p > 0.05)	** (p < 0.01)	Genetik etkisi baskındır. Etkileşim etkisi sınırlı çeşitler arası farklılıkları ortaya koymaktadır.
Por Genişliği	* (p < 0.05)	** (p < 0.01)	ö.d. (p > 0.05)	Güneşte por genişliği artmıştır. Işığa yanıt düzeyi düşük ama anlamlıdır.
Stoma Yoğunluğu	*** (p < 0.001)	* (p < 0.05)	ö.d. (p > 0.05)	Güneşli konumda stoma yoğunluğu belirgin biçimde artmıştır. Işıkla uyarılan bir parametredir.
SPAD (Klorofil İçeriği)	*** (p < 0.001)	** (p < 0.01)	* (p < 0.05)	Güneşli konumda SPAD değerleri daha yüksek olmakla birlikte, bazı çeşitler gölgede de yüksek SPAD değeri koruyabilmiştir.

Genel Yorum ve Analitik Değerlendirme

Bu analiz, yapısal ve işlevsel varyasyonları istatistiksel olarak ortaya koyarak aşağıdaki bütüncül sonuçlara ulaşmayı sağlamaktadır:

- ✓ **Gölge Adaptasyonu Belirgin:** Yaprak uzunluğu, genişliği ve özellikle alanı gibi gölgeye duyarlı morfolojik parametreler, gölge ortamda anlamlı artış göstermiştir. Bu durum, ışık limiti altında fotosentez etkinliğini artırmak adına yaprak yüzeyini genişletmeye yönelik klasik plastisite stratejisidir (Smart, 1985; Bodor ve ark., 2014).
- ✓ **Güneşle İlişkili Doku Derinliği:** Güneş konumunda yaprak kalınlığı ve ağırlığı daha yüksek bulunmuştur. Bu, palisad dokuların gelişmesi ve ışığın derine geçişini kolaylaştırmaya yönelik uyarlanmadır (Lichtenthaler ve ark., 2007).
- ✓ **Mikromorfolojik Yanıtlar Seçici ve Çeşit Özgü:** Stoma uzunluğu ve por boyu gibi yapılar genetik olarak belirlenmiş ve çevresel değişime karşı stabil kalmıştır (Franks ve Beerling, 2009; Kok ve Bahar, 2015).
- ✓ **Buna karşın por eni ve stoma yoğunluğu, ışık konumundan anlamlı şekilde etkilenmiş;** yüksek ışıktaki gözenek açıklığı ve stomal yüzey artışı sağlanmıştır (İşçi ve ark., 2015; Tetik ve Dardeniz, 2016; Dardeniz ve Tetik, 2016).

- ✓ SPAD Plastisitesi: SPAD değeri hem genetik hem çevresel etkilere açık bir fizyolojik parametre olarak öne çıkmıştır. Yerel üzümlerin gölge ortamda da yüksek SPAD değeri gösterebilmesi, ışık toleransı yüksek aday çeşitlerin tanımlanmasına olanak sağlamaktadır (Gargın, 2011; Doğan ve ark., 2020).
- ✓ Ç × K Etkileşimi Sınırlı: Sadece birkaç parametrede (ör. stoma genişliği, por boyu, SPAD) anlamlı etkileşim tespit edilmiştir. Bu durum, yerel üzüm çeşitlerinin çevresel farklılıklara verdiği cevabın çoğunlukla bağımsız ve sabit eğilimli olduğunu, sadece bazı özelliklerde seçici plastisite geliştiğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, Muş ekolojisinde yetiştirilen 10 yerel üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşidinin yaprak düzeyinde gösterdiği morfolojik, mikromorfolojik ve fizyolojik tepkilerin farklı ışık konumları (güneşli ve gölgeli) altındaki varyasyonlarını ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, genetik faktörlerin tüm parametreler üzerinde baskın etkiye sahip olduğunu gösterirken, ışık konumunun da yapısal ve işlevsel adaptasyon mekanizmalarında belirleyici bir çevresel etken olduğunu ortaya koymaktadır.

Makromorfolojik düzeyde, gölge koşulları altında yaprak uzunluğu, genişliği, alanı ve sap açısı gibi parametrelerde anlamlı artış gözlenmiş; bu durum bitkilerin düşük ışık yoğunluğuna karşı ışık yakalama etkinliğini artırıcı adaptasyon stratejileri geliştirdiğini göstermektedir. Buna karşın sap uzunluğu gibi bazı yapısal bileşenler, çevresel etkilere karşı daha kararlı davranış sergilemiş ve genetik belirleyiciliğin ön planda olduğunu ortaya koymuştur.

Mikromorfolojik ölçütler içerisinde, stomal uzunluk ve por boyutu daha çok genetik etkilerle şekillenirken, stoma yoğunluğu ve por eni gibi parametreler ışık konumuna karşı yüksek duyarlılık sergilemiştir. Güneşli ortamlarda artan stoma yoğunluğu ve por açıklığı, yüksek transpirasyon ve gaz alışverişi ihtiyacına karşı geliştirilen plastisite örneğidir.

Fizyolojik açıdan, klorofil içeriğini temsil eden SPAD değeri genel olarak güneşli konumlarda daha yüksek bulunmuş; ancak bazı yerel üzümlerin (örneğin 'Keçi Memesi', 'Güz Üzümlü') gölge koşullarda da yüksek SPAD değerlerini sürdürebilmesi, bu çeşitlerin fotosentetik kapasiteyi ışık stresine rağmen koruyabilme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.

Öneriler

- Çeşit Seçimi ve Alan Yönetimi: Gölge toleransı yüksek çeşitlerin (ör. Keçi Memesi, Güz Üzümlü) düşük ışıklı veya sıra arası dar bağ sistemlerine entegre edilmesi önerilirken; Sulu Üzüm gibi çeşitlerin daha iyi verim için yüksek ışık alan parsellerde değerlendirilmesi uygundur.
- Taç ve Budama Yönetimi: Yaprak yüzey alanı büyük olan çeşitlerde (ör. Lüle Beyazı), ışık geçirgenliğini optimize etmek amacıyla taç içi havalandırmayı artırıcı budama sistemleri kullanılmalıdır.
- Hızlı Fizyolojik Tanımlama: SPAD ve stoma yoğunluğu gibi kolay ölçülebilir parametreler, çeşitlerin çevresel stres toleransının değerlendirilmesinde hızlı biyobelirteçler olarak kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2022-10043 nolu proje olarak desteklenmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde desteklerinden dolayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin hiç bir yazarı için bilinen ya da olası bir çıkar çatışması yoktur.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarların makaleye katkı oranları eşittir.



Kaynaklar

- Arslan, T., Doğan, A., Uyak, C., & Güzel, D. U. (2022). Bazı yerel üzüm çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) stoma özellikleri ile fiziksel ve kimyasal özellikler arasındaki ilişkiler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(2), 243-252.
- Bodor, P., Baranyai, L., Parrag, V., & Bisztray, G. (2014). Effect of row orientation and elevation on leaf morphology of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv Furmint. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 10(1), 53-69.
- Dardeniz, A. (2018). Yalova İncisi üzüm çeşidinde farklı taç yönetimi uygulamalarının yaprakların stoma özellikleri üzerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 33-37.
- Dardeniz, A., & Tetik, Ç. (2016). Sofralık üzüm çeşitlerinde omca tacının farklı yöneyleri ile günün farklı saatlerinin yaprakların stoma yoğunluk ve büyüklüklerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-10.
- Doğan, A., Uyak, C., Akçay, A., Keskin, N., Gazioğlu Şensoy, R. İ., Çelik, F., Kunter, B., Çavuşoğlu, Ş., & Özrenk, K. (2020). Hizan (*Bitlis*) koşullarında yetiştirilen üzüm çeşitlerinin klorofil miktarları ve stoma yoğunluklarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(4), 652-665. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.698508>
- Evans, J. R., & Poorter, H. (2001). Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: The relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell & Environment*, 24(8), 755-767.
- Franks, P. J., & Beerling, D. J. (2009). Maximum leaf conductance driven by CO₂ effects on stomatal size and density over geologic time. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10343-10347.
- Gargın, S. (2011). Bağcılıkta kullanılan farklı Amerikan asma anaçlarının yaprak klorofil yoğunluklarının (SPAD) belirlenmesi. *I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı*, 27-30 Nisan, Eskişehir.
- Gindell, I. (1969). Stomatal number and size as related to soil moisture in tree xerophytes in Israel. *Ecology*, 50(2), 263-267.
- Givnish, T. J. (1988). Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 15(1), 63-92. <https://doi.org/10.1071/PP9880063>
- Güler, S., Kunter, B., & Şehit, A. (2023). Stomatal density, type and their relationships with leaf morphological traits in *Vitis vinifera* L. varieties. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 8(1), 78-87.
- Hetherington, A. M., & Woodward, F. I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424(6951), 901-908.
- İşçi, B., Altındışli, A., & Kacar, E. (2015). Farklı anaçlar üzerine aşılı farklı üzüm çeşitlerinde stoma dağılımı üzerine araştırmalar. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 35-39.
- Kaçar, (1996). *Bitki Fizyolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yay. no:1447. Ders kitabı: 427. Ankara.
- Kaçar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., (2006). *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayın No:848, 562s, Ankara.
- Kok, D., & Bahar, E. (2015). Effects of different vineyard altitudes and grapevine directions on some leaf characteristics of cv. Gamay *Vitis vinifera* L. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(2), 320-324.
- Kurt, H., & Doğan, A. (2023). Farklı ekolojilerde yetişen kestanelerde (*Castanea sativa* Mill.) morfolojik ve mikromorfolojik değişimlerin belirlenmesi. *Tarım ve Doğa Bilimlerine Güncel Bakış* (pp. 357-380), Ankara: İKSAT.
- Lawlor, D. W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated processes in relation to environmental stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 275-294. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x>
- Liu, C., Sack, L., Li, Y., & He, N. (2022). Contrasting adaptation and optimization of stomatal traits across communities at continental scale. *Journal of Experimental Botany*, 73(18), 6405-6416. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac266>
- Poorter, L., McDonald, I., Alarcón, A., Fichtler, E., Licona, J. C., Peña-Claros, M., & Sass-Klaassen, U. (2010). The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. *New Phytologist*, 185(2), 481-492.

- Richardson, A. D., Duigan, S. P., & Berlyn, G. P. (2002). An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, 153(1), 185–194. <https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00289.x>
- Sarwar, A. G., Karim, M. A., & Rana, S. M. (2013). Influence of stomatal characteristics on yield and yield attributes of rice. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 11(1), 47-52.
- Sekera, D. (1983). The effect of fungicides and fungicide combinations on grape leaf stomata size and aperture. *Vinohrad (Bratislava)*, 21, 29-31.
- Smart, R. E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36(3), 230-239.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Tetik, Ç., & Dardeniz, A. (2016). Sofralık üzüm çeşitlerinde farklı boğumlardaki yaprakların farklı dönemlerdeki stoma yoğunluk ve büyüklüklerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 125-138.
- Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, 91, 37-46. <https://doi.org/10.1007/s11120-006-9077-5>
- Uyak, C., Keskin, N., Doğan, A., Gazioğlu Şensoy, R. İ., & Başdınç, M. A. (2016). Van ekolojisinde yetişen bazı üzüm çeşitlerinin stoma yoğunlukları ve klorofil miktarlarının belirlenmesi. *Bahçe*, 46, 738-742.
- Yavaş, I., Jamal, M. A., Ul Din, K., Ali, S., Hussain, S., & Farooq, M. (2024). Drought-induced changes in leaf morphology and anatomy: Overview, implications and perspectives. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(2). <https://doi.org/10.15244/pjoes/174476>
- Zhou, G., & Xu, Z. (2008). Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany*, 59(12), 3317–3325. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern185>