



SAKARYA BÖLGESİNDE YETİŞTİRİLEN KESTANE KABAĞINDA SEL BASKINI STRESİ ŞARTLARINDA FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLER

Necibe KAYAK*¹, Ömer BEYHAN¹, Ecenur SARI¹

¹Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 54580, Sakarya, Türkiye

Özet: İklim değişikliği kaynaklı sel (su) baskınları, bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olup verimi büyük ölçüde etkileyen abiyotik stres faktörlerindedir. Sel baskını stresinin olumsuz etkisinden korunmak için tolerant tür veya çeşitlerin kullanılması en önemli stratejilerden birisidir. Bu amaçla yapılan çalışmada, kestane kabağında oluşturulan on günlük sel baskını stresinin, Sakarya bölgesinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan Arıcan 97 ve Balkız çeşitlerinin, agronomik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Tesadüf parselleri deneme deseni kullanılarak yürütülen çalışmada, tam sulama ve yapay sel baskını stres konularını içeren iki sulama uygulaması yapılmış; her uygulama, üç tekrarlı ve her tekrarda üç saksı olacak şekilde düzenlenmiştir. Çalışma sonucunda, sel baskını stresi kabak çeşitlerinin fide döneminde agromorfolojik özelliklerinde önemli kayıplara neden olmuştur. Kestane kabağında sel stresinde farklı hasat dönemlerinde elde edilen sonuçlar temel bileşenler analizine (PCA) tabi tutulmuştur. Bileşenler göz önüne alındığında ilk beş bileşen çalışmanın % 87,060'ını açıklamıştır. Dolayısıyla ilk beş bileşenin çalışmayı yüksek oranda açıkladığı görülmüştür. Sonuç olarak, özellikle Sakarya bölgesinde kabak yetiştiriciliği için sel baskını riski taşıyan ve suyun doğal akışının yavaş olduğu, akarsu ve nehir yataklarına yakın taban arazilerinin tercih edilmemesi büyük önem taşımaktadır. Bu tür arazilerde, verim ve kalite kayıplarını önlemek amacıyla tolerant çeşitlerin kullanılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Abiyotik stres, Antioksidant aktivite, kestane kabağı, PCA

Physiological and Biochemical Changes in Cucurbita maxima Grown in the Sakarya Region under Flooding Stress Conditions

Abstract: Floods caused by climate change are a significant abiotic stress factor that has a profound impact on plant growth and development, substantially affecting crop yield. One of the most important strategies today to mitigate the adverse effects of flood stress is the cultivation of tolerant species or varieties. In this study, the effects of artificially induced ten-day flood stress on the agronomic, physiological, and biochemical changes of commercially grown Arıcan 97 and Balkız pumpkin varieties were investigated. The study was conducted using a randomized complete block design, with two irrigation treatments: full irrigation and artificially induced flood stress. Each treatment was organized with three replicates, and each replicate included three pots. At the end of the stress period, all treatments were harvested on the same day, and agronomic, physiological, and biochemical measurements were conducted to determine the effects of flood stress on the pumpkin varieties. The results indicated that flood stress caused significant losses in the agronomic characteristics of the pumpkin varieties at the seedling stage. The results obtained from different harvest periods under flood stress in pumpkins were subjected to Principal Component Analysis (PCA). The first five components explained 87.060% of the variation in the study, showing that these components captured a high proportion of the variability. As a result, for pumpkin cultivation in the Sakarya region, it is crucial to avoid lowland areas where the natural flow of water is slow, and which are located near riverbeds, as they pose a high risk of flooding.

Keywords: Abiotic stress, Antioxidant activity, Pumpkin, Principal Component Analysis (PCA)

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 54580, Sakarya, Türkiye

E mail: necibekayak@subu.edu.tr (N. KAYAK)

Necibe KAYAK <https://orcid.org/0000-0001-7104-8544>

Ömer BEYHAN <https://orcid.org/0000-0001-6047-5727>

Ecenur SARI <https://orcid.org/0009-0003-6188-8349>

Gönderi: 14 Ekim 2024

Kabul: 29 Kasım 2024

Yayınlanma: 15 Ocak 2025

Received: October 14, 2024

Accepted: November 29, 2024

Published: January 15, 2025

Cite as: Kayak N, Beyhan Ö, Sarı E. 2025. Physiological and biochemical changes in cucurbita maxima grown in the Sakarya region under flooding stress conditions. BSJ Eng Sci, x(x): xx-xx.

1. Giriş

Sanayi devrimi ile birlikte karbondioksit (CO₂), metan gazı (CH₄) gibi sera gazlarının seviyesindeki artışlar, yağış düzeninin değişmesi küresel ısınmaya neden olan faktörler arasında yer almaktadır (Soltekin, 2019; Hao vd., 2010). Bu değişken çevresel koşullar tuzluluk, kuraklık, soğuk hava, sıcaklık (yüksek/düşük), ve sel

stresi gibi olumsuz çevresel faktörlerin meydana gelmesine sebep olmuştur. Bu çevresel stres faktörleri bitkilerde ürün miktarını ve kalitesini azaltarak tarımsal verimliliği düşürmekte, tarımsal faaliyetler için kullanılan arazilerinin alanını daraltmakta ve doğal ekosistemin dengesini bozmaktadır. İklim değişiklikleri, su mevcudiyetinde bazı bölgelerde şiddetli kuraklığa neden



olurken, aşırı yağış olaylarından kaynaklanan taşkınlar diğer coğrafi alanları etkilemektedir (Bailey-Serres, 2012). Dünyada ki toplam arazi varlığının yaklaşık %13'ü ve tarım arazilerinin yaklaşık %10'u sel sorunu nedeniyle olumsuz etkilenmektedir (Cramer vd., 2011). Bitki türüne, toprak yapısına ve stresin boyutuna bağlı olarak sel baskınına maruz kalan farklı ürünlerdeki verim kaybı %15 ila %80 arasında değişmektedir (Patel vd., 2014). Sel baskınları, ürün miktarı ve kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ve sonuçta bitkilerin veriminin ve üretiminin azalmasına yol açan önemli stres faktörlerinden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Tewari ve Mishra 2018).

Sel baskını koşulları, su altında kalma, anoksi, hipoksi veya toprak doygunluğu olarak da bilinir ve şiddetli ürün kayıplarına (Drew ve Lynch, 1980; Nishiuchi vd., 2012) hatta bitki ölümlerine yol açabilmektedir.

Anoksi, toprakta tam oksijen yoksunluğunun ortaya çıkması ve suyun birkaç saat içinde birikmesi durumunu ifade ederken; hipoksi koşulları, köklerde kısmi oksijen yoksunluğuna yol açmaktadır. Sel baskını birkaç saat içinde toprakta anoksi koşullar meydana getirmekte, turgor basıncının kaybına, mikrobiyal ortamdaki potansiyel değişiklikler nedeniyle su içeriği de aynı şekilde azalmakta ve kök gelişimini sınırlayarak sonuç olarak bitki büyümesini ve gelişmesini etkilemektedir (Irfan vd., 2010; Nguyen vd., 2018). Bitki rizosferindeki hipoksi nedeniyle, sel baskını sebzelerin morfolojik ve fizyolojik tepkilerini ciddi şekilde etkilemektedir.

Bitkiler su stresine maruz kaldığında meydana gelen biyokimyasal değişikliklerden biri ROS (reaktif oksijen türleri) birikimidir (Tewari ve Mishra, 2018). Reaktif oksijen türleri savunma mekanizmalarını aktive etmeye ve metabolik süreçte üretilen temel ikincil habercilerdir. ROS, hücre içi/hücreler arası sinyalleşme için gereklidir, ancak ROS konsantrasyonu membran lipitlerinin, pigmentlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin oksidasyonu yoluyla bitki metabolizmasını bozmaktadır. Bitkide ölümcül zararlanmalarda bulunan reaktif oksijen türleri arasında süperoksit (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali (OH) bulunmaktadır. Bununla birlikte, bitkiler sel basması stresi gibi bazı çevresel streslerle karşı karşıya kaldıklarında, ROS konsantrasyonu, fotosentez, PS II' nin etkinliği gibi bitkilerin çeşitli hücre metabolik reaksiyonlarına zarar verecek bir seviyeye yükselir (Ashraf, 2009). Bitkiler ROS'ların olumsuz etkilerini azaltmak için farklı antioksidan tiplerini üretmektedirler. Enzimatik antioksidanlar arasında askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT), glutatyon redüktaz (GR) yer almaktadır (Gupta vd., 2005).

Kabaklar, ülkemizde irilik, şekil ve değerlendirme biçimlerine göre yazlık, kışık ve süs kabakları olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır (Düzeltir, 2004). *Cucurbita pepo* L. türüne ait yazlık kabaklar genellikle olgunlaşmamış genç meyveleri ile tüketilirken, *Cucurbita moschata* Poir ve *Cucurbita maxima* Duch. türleri kışık

kabaklar olarak kabul edilmekte ve olgun meyveleri çorba, tatlı ve börek yapımında kullanılmaktadır (İnan, 2008). Kabaklar dünyada ekonomik olarak çok önemli sebze türleri arasında yer almakta olup değişik ekolojik koşullarda yetiştirilebilmektedir.

Türkiye'de Sakarya ilinde 2021 yılında 11217 ton balkabağı üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2022). Kabak üretiminin erken dönemlerinde Sakarya ilinde meydana gelen yoğun yağışlar bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Özellikle su birikintisi ve göllenme, bitkilere çimlenme, çıkış ve fide döneminde zarar verirken, sıcaklıkların artmasıyla bitki gelişiminin hızlandığı dönemlerde de önemli kayıplara neden olmaktadır. Yıllık ortalama 887 mm yağış alan Sakarya'da, yüzeysel su birikimi ve göllenmenin yoğun olduğu bölgelerde üretim verimliliği düşmektedir. Bu durum, her yıl 400 mm'den fazla yağış alan bölgelerde bitki performansını ciddi şekilde sınırlandırmaktadır (İkiel vd., 2018).

Bölgede tarımsal verimi kısıtlayan birçok faktör bulunmakta olup, en önemlisi, hem bölgeye uyum sağlayabilecek hem de yeterli verim ve kalite sunabilecek çeşitlere duyulan ihtiyaçtır. Özellikle sel baskını riski yüksek olan arazilerde, üreticilerin taleplerine cevap verebilecek tolerant çeşitlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, kestane kabağında sel stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesi ve geliştirilmesi gereklidir.

Bitkinin sel baskısına karşı dayanıklılığını artırmak için, stres faktörlerinin bitki üzerinde yarattığı etkilerin ve bu etkilerin arkasındaki fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmaların anlaşılması önemlidir. Ancak, Sakarya'da özellikle yağışlı yaz aylarında, kestane kabağında meydana gelen ürün kayıplarını azaltmaya yönelik kapsamlı bir araştırma henüz yapılmamıştır.

Sel stresi üzerine yapılan bazı çalışmalarda, kabakgiller ailesindeki türlerin farklı günlerde (1, 3, 7 ve 13. gün) fizyolojik parametreleri incelenmiştir (Lin vd., 2020). Ayrıca, başka bir çalışmada *Cucumis sativus* bitkisine hipoksi koşullarında kalsiyum uygulanmış ve bitkinin verdiği tepkiler değerlendirilmiştir (He vd., 2018).

Son zamanlarda küresel iklim değişikliğinin etkisiyle yaşanan şiddetli yağışlar, kabak yetiştirme alanlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, sel baskını stresinin bitkilerdeki verim ve kalite üzerindeki etkilerinin yanı sıra, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerin de tam olarak anlaşılmasını gerektiren önemli bir konu haline gelmiştir. Sel baskını stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesi ise giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Çalışmanın ana amacı, ülkemiz de dahil olmak üzere dünya genelinde günümüzdeki en önemli abiyotik stres faktörü olan sel stresine tolerans gösteren tarım ürünlerinin fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerini incelemek olmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Haziran 2024 ile Ağustos 2024 zaman aralığında (yaklaşık 3 ay), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait plastik serada saksı denemesi olarak yürütülmüştür.

Araştırmada, bitki materyali olarak; Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsünün geliştirdiği Arıcan-97 ve Balkız kestane kabağı çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmada üst çapı 17 cm, alt çapı 14 cm ve yüksekliği 15 cm olan plastik saksılar kullanılmıştır. Saksılarda daha sonra sel baskını stresi oluşturmak için saksı içine deliksiz poşet yerleştirilmiştir. Denemede kullanılan saksıların her birine 2,1 kg ağırlığında hava kurusu toprak konulmuştur. Saksılara konulan toprakların eşit ağırlıkta olması için 1gr hassasiyetli dijital tartı kullanılmıştır. Saksılara toprak konulduktan sonra saksı üst yüzeyinden yaklaşık 3 cm boşluk kalmıştır.

Daha sonra her saksıya 2 tohum ekimi (27 Mayıs 2024) yapılmış ve can suyu olarak 500 mL sulama suyu verilmiştir. Tohumlar çimlendikten sonra her saksıda 1 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır.

Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre, bir tam sulama ve sel baskını stresi olmak üzere iki sulama konusundan oluşturulmuştur. Toplamda 2x2=4 farklı çalışma konusu yer almakta olup, her bir denemede 3 tekrarlı olarak toplam 9 saksı kullanılmıştır. Tohum ekiminden hemen sonra tüm saksılara eşit miktarda sulama suyu uygulanmış ve toprak nemi faydalı su kapasitesine (FC) çıkarılmıştır. Saksılara uygulanan sulama suyu miktarları, gravimetrik toprak nemi ölçme yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla, tanık konu olarak seçilen kontrol %100 konusundaki faydalı su kapasitesi %40-45'e düştüğünde sulama yapılmış ve her defasında toprak nemi tarla kapasitesine ulaştırılmıştır.

Sel baskını stresi konuları ve tam sulama konularının hepsine, stres oluşana kadar eşit sulama yapılmıştır. Sel baskını uygulaması 1.07.2024 tarihinde başlamış ve hasat sonuna kadar her gün buharlaşan suyun yerine bitkilere su eklenerek su tabakasının toprak yüzeyinde tutulması sağlanmıştır. İlk hasat 5.07.2024 tarihinde gerçekleştirilmiş, ardından bitkiler taşkın stresine maruz bırakıldıktan sonra 10 ve 15 Temmuz tarihlerinde toplam üç kez hasat edilmiştir. Kontrol saksılarında toprak su tutma kapasitesinin yaklaşık %40-45 oranında azalması üzerine tüm saksılara tarla kapasitesine ulaşacak şekilde sulama suyu verilmiştir. Deneme süresince, toprağı düzenli olarak hafifçe odun parçasıyla karıştırmak ve yabancı ot temizliği el ile zamanında ve düzenli olarak yapılmıştır. Deneme toprağında yapılan analiz sonucunda pH 7,17 ve saturasyon % 63,8 olarak bulunmuştur.

2.1. Büyüme Parametresi

Çalışmada büyüme parametreleri olarak toprak üstü taze ve kuru ağırlığı, toprak altı taze ve yaş ağırlığı, bitki boyu ve yaprak sayısı ölçülmüştür. Toprak yüzeyinden hasat edilen her tekerrürden üç bitki hassas terazi yardımı ile tartılmıştır. Bitkiler hasat edildikten sonra her tekerrürden saksıdan sökülen üç adet kök temizlenip

yıkandıktan sonra kurutma kâğıdı ile nemi alınmış, örnekler hassas terazi yardımı ile tartılmıştır. Toprak üstü ve altı kuru ağırlığı için bitkiler etüvde 65°C bekletilmiş bitki kısımları kuruduktan sonra hassas terazide ölçülmüştür. Bütün bitkilerin boyları toprak yüzeyinden en uç yaprak yüksekliğine kadar cetvel yardımı ile ölçülmüştür. Her tekerrürden hasat edilen beş bitkinin toprak altı ve toprak üstü aksamlarının yaş ağırlıkları ayrı ayrı hassas terazi yardımı ile tartılarak belirlenmiştir. Daha sonra tartımları belli olan örnekler 65°C sıcaklıkta 72 saat etüvde kurutulduktan sonra toprak altı kuru ağırlığı (g) ve toprak üstü kuru ağırlığı (g) belirlenmiştir (Seymen, 2021).

2.2. Yaprak Örneklerinin Oransal Su İçeriği (RWC)

Her hasad sonunda yaprak örneklerinden alınmış 3 adet yaprak diski hassas terazide tartılıp yaş ağırlıkları belirlenmiş ardından yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin belirlenmesi için, 4 saat süre ile saf su içerisinde bekletilmiş ve bu süre sonunda turgor ağırlıkları saptanmıştır. Sonra yaprak diskleri 80°C'de etüvde 48 saat tutularak kuru ağırlığı tartılmış ve aşağıdaki formüle göre nispi su içeriği hesaplanmıştır.

$$YOSI\% = [(YA-KA)/(TA-KA)] * 100$$

(YNSİ= Yaprak Nispi Su İçeriği, YA= Yaş Ağırlık, KA= Kuru Ağırlık, TA= Turgor Durumundaki Ağırlık)

2.3. Yaprak Örneklerinin Klorofil İçeriğinin Belirlenmesi

Her saksıda üç bitkinin yaprağından klorofil içeriği SPAD 502 cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

2.4. Biyokimyasal Parametreler (Malondialdehide, Hidrojen Peroksit, Protein ve Prolin Tayini)

Bitkilerde lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olarak, malondialdehit (MDA) içeriği belirlenmektedir. MDA tayini Heath ve Packer, (1968)'in belirlediği yöntemine göre 2- tiobarbiturik asit (TBAA) ve lipid peroksidasyonun ölçülmesi ile belirlenmiştir. Ölçümler spektrofotometre cihazında 532 ve 600 nm dalga boyunda yapılmıştır. Aynı karışımdan kullanılan yüzeysel kalıntı ile Hidrojen peroksit konsantrasyonu belirlenmiş ve oluşturulan standart grafikten hesaplanmıştır (Velikova vd., 2000). Prolin tayini asit ninhidrin metodu kullanılarak, yine spektrofotometrik olarak yapılmıştır (Bates vd., 1973). Alınan kabak yaprak örneklerinden protein tayini için 0,5 g'lık örnekler kullanılmış ve protein tayini "Bradford" (Bradford, 1976) metoduna göre yapılmıştır.

2.5. Antioxidant Enzim Aktivitesi Tayini

Hasat işlemleri bittikten sonra kabak yapraklarından yapılan örneklemeler Angelini ve Federico, (1989)'nın yöntemine göre numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerden Agarwal ve Pveey (2004)'in yöntemine göre 560 nm dalga boyunda okunmuş ve inhibisyona neden olan enzimlerin içerikleri belirlenerek SOD aktivitesi hesaplanmıştır. CAT aktivite tayini Havir ve McHale (1987)'in uyguladığı metot kullanılmış ve meydana gelen absorbans değişimi 240 nm dalga boyunda okunmuştur. POD aktivitesi tayini için Chance (1955) tarafından belirlenen yöntemine göre 470 nm dalga

boyunda yapılan ölçümlerde alınan değerler kullanılmıştır.

2.6. İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler temel bileşenler analizi (PCA) ve kümeleme (cluster) analizleri JUMP Bilgisayar programı kullanılarak PCA ve kümeleme analizi ile değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Kestane kabağında sel stresinde farklı hasat dönemlerinde elde edilen sonuçlar temel bileşenler analizine (PCA) tabi tutulmuştur. Bileşenler göz önüne alındığında ilk beş bileşen çalışmanın % 87,060'ını açıklamıştır. Dolayısıyla ilk beş bileşenin çalışmayı yüksek oranda açıkladığı görülmüştür. Analiz sonucunda, ilk bileşen çalışmanın %33,404'ünü açıklamış olup, bitki boyu, yaprak sayısı, toprak üstü yaş ağırlığı, toprak altı yaş ağırlığı, toprak üstü kuru ağırlığı, toprak altı kuru ağırlığı, toplam klorofil, yosi, prolin, protein, SOD parametreleri pozitif yönde açıklanırken, MDA, H₂O₂, CAT, POD parametreleri negatif yönde açıklanmıştır (Tablo 1). İkinci bileşen çalışmanın %24,288'sini açıklamış olup toprak üstü kuru ağırlığı, toprak altı kuru ağırlığı, prolin, yosi, MDA, CAT, POD, SOD parametreleri pozitif yönde açıklanırken bitki boyu, yaprak sayısı, toprak üstü yaş ağırlığı, toprak altı yaş ağırlığı, toplam klorofil, H₂O₂, protein negatif yönde açıklanmıştır (Tablo 1). Üçüncü bileşen çalışmanın %12,336'sını açıklamış olup bitki boyu, yaprak sayısı, toprak altı yaş ağırlığı, toprak üstü kuru ağırlığı, toprak altı kuru ağırlığı, toplam klorofil, yosi, , MDA, H₂O₂, protein, CAT, POD, SOD parametreleri pozitif yönde açıklanırken toprak üstü yaş ağırlığı, prolin parametreleri negatif yönde açıklanmıştır. Temel Bileşen Analizi (PCA) sonucunda elde edilen temel bileşen (PC) eksenleri, eigen değerleri, varyasyon ve kümülatif varyasyon oranları ile özellik bazında ortaya çıkan temel bileşenlerdeki ağırlık TBA analizinde özelliklerin temel bileşenlerdeki ağırlık değerleri 0,3'ün üzerinde olduğu takdirde önemli ağırlığa sahip oldukları kabul edilmiştir (Brown, 1991). İlk 4 temel bileşenin eigen değerleri ise 5,06-1,71 arasında bulunmuştur. Eigen değerlerinin 1'den büyük olması ele alınan temel bileşen ağırlık değerlerinin güvenilir olduğunu göstermektedir (Mohammadi ve Prasanna, 2003).

Farklı kavun çeşitlerinde uygulanan sel stresinde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler PCA ile değerlendirilmiş ve varyansın %82,47'si ilk beş bileşenle açıklamıştır. Bu da kavun çeşitlerinin bu koşullardaki farklılıklarının büyük ölçüde bu bileşenlerle ifade edilebildiğini göstermektedir (Kıratlı vd., 2024). Benzer şekilde, Seymen (2021) çalışmasında ıspanağın morfo-fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri kontrol ve sel stresi koşullarında incelenmiş, PCA analizi sonucunda varyasyonun stres olmayan koşullarda %71,59'u, su baskını stresinde ise %73,50'si ilk iki bileşenle açıklanmıştır. Ayrıca, farklı hasat dönemlerinde lahana ve karnabaharın morfo-fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri kontrol ve su baskını koşullarında

incelenmiş ve toplam varyasyonun %67,83'ü lahana, %63,89'u ise karnabahar uygulamalarında ilk iki bileşen tarafından açıklanmıştır (Kayak, 2024). Bu çalışmalar PCA'nın bitkilerin çevresel streslere verdiği tepkileri anlamada ne kadar etkili olduğunu ve bitkisel parametrelerdeki varyasyonları açıklamada güçlü bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

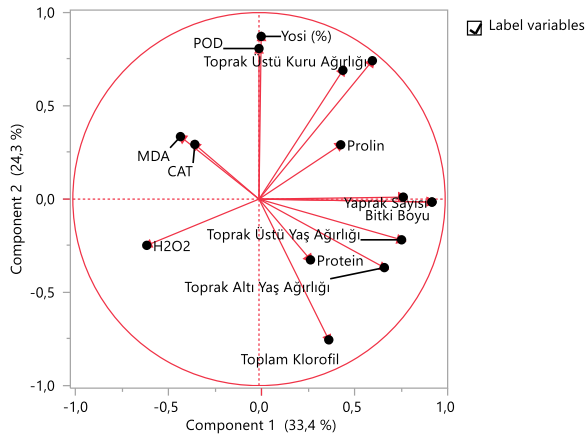
Tablo 1. Sel baskını ve tam sulama koşulları altında kabak çeşitlerinin büyüme, fizyolojik, biyokimyasal içerikleri üzerine Temel Bileşenler Analizi (PCA)

Öz değer	5,06	3,64	1,85
Yüzde varyans	33,404	24,288	12,336
Toplam varyans	33,404	57,692	70,028
Öz vektörler	PC1	PC2	PC3
Bitki Boyu	0,415	-0,00	0,022
Yaprak Sayısı	0,415	-0,008	0,022
Toprak Üstü Yaş Ağırlığı	0,342	-0,114	-0,026
Toprak Altı Yaş Ağırlığı	0,300	-0,192	0,24
Toprak Üstü Kuru Ağırlığı	0,272	0,388	0,110
Toprak Altı Kuru Ağırlığı	0,346	0,005	0,334
Toplam Klorofil	0,167	-0,395	0,122
Yosi (%)	0,005	0,456	0,012
MDA	-0,188	0,175	0,309
H ₂ O ₂	-0,269	-0,129	0,266
Prolin	0,19	0,152	-0,422
Protein	0,123	-0,170	0,359
SOD	0,201	0,361	0,026
CAT	-0,154	0,153	0,556
POD	-0,000	0,422	0,124

PC1 ve PC2 bileşenleri kullanılarak kuraklık ve uygulama dozları arasındaki karşılıklı ilişkiyi incelemek için bir loading plot grafiği oluşturulmuştur. Özellikler arasındaki interaksyonu gösteren grafikte % PC1 (%33,4) (the first Principal Component - 1. Ana Bileşen) % PC2 (the second Principal Component- 2. Ana Bileşen) (%24,3) değerleri toplamı %57,7 olarak hesaplandığı görülmektedir. Biplot grafiklerinde % PC1 ve % PC2 değerlerinin mümkün olduğunca yüksek olması istenir. Çünkü bu toplam yüzde değerinin yüksek olması ele alınan konularda interaksyonun önem derecesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Fırıncioğlu vd., 2012). Bu nedenle PC1 ve PC2 yüzde değerleri toplamının en az % 50 olması istenmektedir. Çalışmada PC1 ve PC2 yüzde değerleri toplamı %57,7 olarak bulunmuş ve grafiğin güvenilir bir şekilde yorumlanmasına olanak sağlamıştır. Grafik incelendiğinde, yaprak sayısı ve bitki boyu arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 1). Diğer taraftan MDA, CAT arasında negatif yönde güçlü bir ilişki sergilenmiş ve bu vektörler kendi aralarında pozitif ilişki sergilemiştir. Korelasyon tablosunda POD ve Yosi (%) arasında güçlü bir pozitif ilişkinin olduğu görülmektedir.

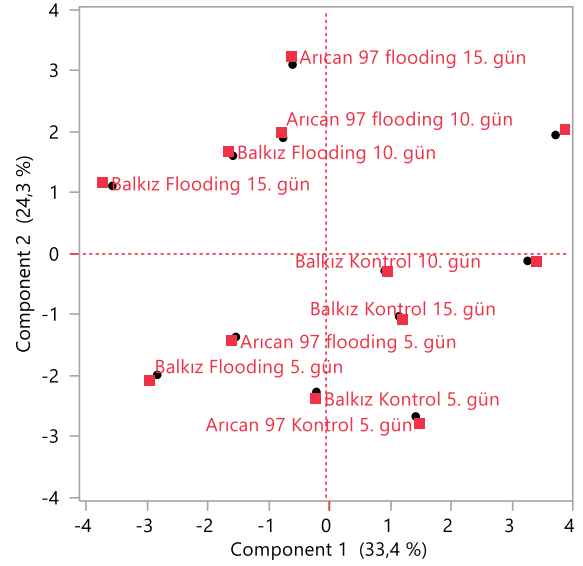
Kıratlı vd. (2024), oluşturdukları loading plot grafiğinde POD ile protein arasında güçlü pozitif ilişkiler ve bitki büyüme parametreleri ile de güçlü pozitif ilişkiler

bulmuşlardır. Ayrıca, yaprak oransal su içeriği, membran zararlanması, protein, CAT ve MDA arasında güçlü pozitif ilişkiler bulunmuş, ancak bu parametrelerin bitki büyüme parametreleriyle güçlü negatif ilişkiler gösterdiği belirtilmiştir. Seymen (2021) loading plot grafiğinde, su baskını stresine maruz kalan ıspanakta toprak üstü yaş ağırlığı, toprak üstü kuru ağırlığı, toprak altı yaş ağırlığı, toprak altı kuru ağırlığı ve POD'nun önemli parametreler olduğunu ortaya koymuştur. Kayak (2024) çalışmasında H₂O₂, MDA, POD, SOD, prolin, CAT parametreleri pozitif bir şekilde korelasyon gösterdiğini gözlemlemiştir. Bu bulgular, bitki stresine karşı yanıt olarak belirli fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin ilişkisini ve önemini vurgulamaktadır.



Şekil1. Sel stresi koşulları altında kabağın fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini kullanarak PCA'dan elde edilen PC 1 ve 2'ye dayalı Loading plot grafiği.

Aynı şekilde PC1 ve PC2 bileşenleri kullanılarak yapılan uygulamalar arasındaki ilişkiyi incelemek için score plot grafiği oluşturulmuştur. Grafik incelendiğinde ikinci eksende Arıcan 97 flooding 15. Gün, Arıcan 97 flooding 10. Gün, Balkız flooding 15. Gün ve Balkız flooding 10. Gün'ün aynı eksende olduğu görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Sel stresi koşulları altında kabağın fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini kullanarak PCA'dan elde edilen PC 1 ve 2'ye dayalı Score plot grafiği.

4. Sonuç

Bu çalışmada, farklı hasat zamanlarında, sel stresinin kestane kabağı'nın fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri üzerinde önemli etkileri olmuştur. Uygulanan sel baskını stresi kabak çeşitlerinin agronomik özelliklerinde önemli azalışlar meydana getirmiştir. Sonuç olarak, kestane kabağında sel stresinde farklı hasat dönemlerinde yapılan temel bileşenler analizi (PCA), ilk beş bileşenin çalışmanın %87,060'ını açıklayarak, bitki boyu, yaprak sayısı, toprak üstü ve altı yaş ve kuru ağırlıkları, toplam klorofil, yosi, prolin, protein ve SOD parametrelerinin pozitif yönde etkili olduğunu, MDA, H₂O₂, CAT ve POD parametrelerinin ise negatif yönde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Balkız ve Arıcan 97'de farklı hasat zamanı taşkın stresi önemli kayıplara neden olmuş olup, Balkız ve Arıcan 97'nin taşkın stresine duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Balkız ve Arıcan 97 yetiştirilen tarlalarda yükselen su seviyesine dikkat edilmesi ve çukur arazilerde kabak yetiştirilmemesi verim ve kalite kayıplarının önlenmesinde önemli rol oynayacaktır.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarların katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

%	N.K.	Ö.B.	E.S.
K	100		
T	100		50
Y	100	100	
VTI	50		50
VAY	100		
KT	20		70
YZ	20		70
GR	100		
PM	70	70	20

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi BAP birimi tarafından 194-2024 numaralı proje kapsamında mümkün olmuştur.

Kaynaklar

Agarwal S, Pveey V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Biol Plantarum*, 48(4): 555-560.

Angelini R, Federico R. 1989. Histochemical evidence of poly amine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall. *J Plant Physiol* 135(2): 212-217. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(89\)80179-8](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(89)80179-8)

Anonim. 2022. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı Tarımsal Yatırımcı Danışma Ofisi. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara, Türkiye, ss: 23.

Ashraf MJBA. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnol Adv*, 27(1): 84-93.

Bailey-Serres J, Lee SC, Brinton E. 2012. Waterproofing crops: effective flooding survival strategies. *Plant Physiol*, 160(4): 1698-1709.

Bates L, Waldren RPA, Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, 39(1): 205-207.

Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 72(1-2): 248-254.

Brown JS. 1991. Principal component and cluster analysis of cotton cultivar variability a cross the U.S. cotton belt. *Crop Sci*, 31: 915-922.

Chance B. 1955. Assay of catalase and peroxidase. *Methods Enzymol*, 2: 765-775.

Cramer G, Urano K, Delrot S, Pezzotti M, Shinozaki K. 2011. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biol*, 11(1): 163.

Drew M, Lynch JM. 1980. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. *Annual Rev Phytopathol*, 18 (1): 37-66.

Düzeltir B. 2004. Çekirdek kabağı (*Cucurbita pepo* L.) hatlarında morfolojik özelliklere göre tanımlama ve seleksiyon çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ss: 76.

Fıncıoğlu HK, Ünal S, Pank Z, Beniwal SPS. 2012. Growth and development of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) genotypes in the semi-arid central Turkey. *Spanish J Agri Res*, 10(2): 430-442.

Gupta KJ, Stoimenova M, Kaiser WM. 2005. In higher plants, only root mitochondria, but not leaf mitochondria reduce nitrite to NO, in vitro and in situ. *J Exp Bot*, 56(420): 2601-9.

Hao X-y, Han X, Ju H, Lin E. 2010. Impact of climatic change on soybean production; A review. *J Appl Ecol*, 21(10): 2697-706.

Havir EA, McHale NA. 1987. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiol*, 84(2): 450-455.

He L, Yu L, Li BDN, Guo S. 2018. The effect of exogenous calcium on cucumber fruit quality, photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and fast chlorophyll fluorescence during the fruiting period under hypoxic stress. *BMC Plant Biol*, 18: 1-10.

Heath RL, Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys*, 125(1): 189-198.

Irfan M, Hayat S, Hayat Q, Afroz S, Ahmad A. 2010. Physiological and biochemical changes in plants under waterlogging. *Protoplasma*, 241(1-4): 3-17.

İkiel C. 2018. Sakarya'nın fiziki, beşeri ve iktisadi coğrafya özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, ss: 76.

İnan N. 2008. Çekirdek kabaklarında morfolojik ve moleküler karakterizasyon. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Adana, Türkiye, ss: 83.

Kayak N. 2024. The effect on morpho-physiological and biochemical characteristics of cauliflower and cabbage harvested at different times under flooding stress conditions. *J Crop Health*, 76(1): 145-159.

Kıratlı H, Seymen M, Kıymacı G. 2024. Determination of tolerance to flooding stress in melon cultivars by agronomic and physio-biochemical responses. *Genet Resour Crop Evol*, 71(4): 1643-1657.

Lin HH, Lin KH, Huang MY, Su YR. 2020. Use of non-destructive measurements to identify Cucurbit species (*Cucurbita maxima* and *Cucurbita moschata*) tolerant to waterlogged conditions. *Plants*, 9(9): 214586.

Mohammadi SA, Prasanna BM. (2003.) Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Sci*, 43: 1235-1248

Nguyen LTT, Osanai Y, Anderson Ian C, Bange MP, Tissue DT, Singh BK. 2018. Flooding and prolonged drought have differential legacy impacts on soil nitrogen cycling, microbial communities and plant productivity. *Plant Soil*, 431(1): 371-387

Nishiuchi S, Yamauchi T, Takahashi H, Kotula L, ve Nakazono M. 2012. Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice. *Rice*, 5, 1-14.

Patel PK, Singh A, Tripathi N, Yadav D, Hemantaranjan A. 2014. Flooding: abiotic constraint limiting vegetable productivity.

- Adv Plants Agricult Res 1(3): 00016. <https://doi.org/10.15406/apar.2014.01.00016>
- Seymen M. 2021. How does the flooding stress occurring in different harvest times affect the morpho-physiological and biochemical characteristics of spinach. *Sci Horti*, 275: 109713.
- Soltekin RO. 2019. Bazı sofralık üzüm çeşitlerinde su stresinin omca gelişimi, verimi ve üzüm kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir, Türkiye, ss: 79.
- Tewari S, Mishra A. 2018. *Flooding Stress in Plants and Approaches to Overcome*. Academic Press, 2018: 355-366.
- Velikova V, Yordanov I, Edreva A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Sci*, 151(1): 59-66.