

## Asmada deniz yosunu ve maya uygulamalarının biyostimulant ve tuz stresine karşı etkilerinin belirlenmesi

Determination of the effects of seaweed and yeast applications as biostimulants and against salt stress in grapevine

Hande TAHMAZ<sup>1</sup>, Damla YÜKSEL KÜSKÜ<sup>2</sup>, Birhan KUNTER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye.

<sup>2</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p><b>Article history:</b> Recieved / Geliş: 24.04.2024 Accepted / Kabul: 06.06.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Nero D'Avola <i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Antioksidan enzim aktivitesi Fotosentetik pigment Abiyotik stres</p> <p><b>Keywords:</b> Nero D'Avola <i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Antioxidant enzyme activity Photosynthetic pigment Abiotic stress</p> <p>✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Hande TAHMAZ tahmazhande@gmail.com</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at <a href="https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd">https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd</a> This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p>  	<p>Yapraktan deniz yosunu (<i>Ascophyllum nodosum</i>) ve maya (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) ekstraktı uygulamalarının Nero D'Avola (<i>Vitis vinifera</i> L.) çeşidinde yarattığı bazı değişimler, tuz stresi etkisinde ve tuz stresi olmaksızın incelenmiştir. Yaprak su potansiyelindeki düşüşü önleyen en etkili uygulama tuz stresine karşı deniz yosunu kullanımı olmuştur. Toplam fenolik bileşik, EC<sub>50</sub>, ABTS, katalaz, süperoksid dismütaz seviyeleri en yüksek tuz stresi altında deniz yosunu uygulanmış bitkilerde sırasıyla 8 048 mg GAE kg<sup>-1</sup>, 0.201 mg mL<sup>-1</sup>, 0.745 mg mL<sup>-1</sup>, 0.077 mmol g<sup>-1</sup> dakika<sup>-1</sup>, 56.7 U g<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Karetonoid, klorofil-a, klorofil-b düzeyleri sadece deniz yosunu uygulaması ile sırasıyla 1.313 mg g<sup>-1</sup>, 3.373 mg g<sup>-1</sup>, 1.077 mg g<sup>-1</sup> değerlerinde en yüksek seviyede saptanmıştır. Sonuçlar tuz stresi altında koruyucu etki gösteren antioksidan bileşiklerin, deniz yosunu uygulaması ile en yüksek seviyeye ulaştığını göstermiştir. Temel bileşen analizi ile TFB, CAT ile ABTS parametreleri ve ayrıca fotosentetik pigment parametreleri ile bağlı su içerikleri yakın ilişkili olarak belirlenmiştir. Araştırmada çalışılan iki farklı biyostimülanttan <i>Ascophyllum nodosum</i>'un tuz stresine karşı daha yüksek potansiyel koruma sağlayabileceği sonucuna varılmış, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>'nin fotosentetik pigment, fenolik içerik ve antioksidan aktivite ve enzimler de artış yaratarak savunma mekanizmasını güçlendirdiği tespit edilmiştir.</p> <p><b>ABSTRACT</b></p> <p>The effects of foliar applications of seaweed (<i>Ascophyllum nodosum</i>) and yeast (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) extracts on Nero D'Avola (<i>Vitis vinifera</i> L.) cultivar were investigated with or without salt stress. The most effective treatment that prevented the decrease in leaf water potential was the use of seaweed against salt stress. Total phenolic compounds, EC<sub>50</sub>, ABTS, catalase, superoxide dismutase levels were measured as 8 048 mg GAE kg<sup>-1</sup>, 0.201 mg mL<sup>-1</sup>, 0.745 mg mL<sup>-1</sup>, 0.077 mmol g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, 56.7 U g<sup>-1</sup> in seaweed treated plants under the highest salt stress, respectively. The highest levels of caretonoid, chlorophyll-a, chlorophyll-b were detected with only seaweed treatment at 1.313 mg g<sup>-1</sup>, 3.373 mg g<sup>-1</sup>, 1.077 mg g<sup>-1</sup>, respectively. The results showed that antioxidant compounds, which play a protective role under salt stress, reached the highest level with seaweed supplementation. Principal component analysis showed that TFB, CAT and ABTS parameters as well as photosynthetic pigment parameters and relative water contents were closely related. Of the two different biostimulants studied in the research, <i>Ascophyllum nodosum</i> was found to provide higher potential protection against salt stress, while <i>Saccharomyces cerevisiae</i> was found to strengthen the defense mechanism by increasing photosynthetic pigment, phenolic content and antioxidant activity and enzymes.</p>
<b>Cite/Atf</b>	Tahmaz, H., Yüksel Küskü, D., & Kunter, B. (2024). Asmada deniz yosunu ve maya uygulamalarının biyostimulant ve tuz stresine karşı etkilerinin belirlenmesi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 29 (2), 569-588. <a href="https://doi.org/10.37908/mkutbd.1472846">https://doi.org/10.37908/mkutbd.1472846</a>

## GİRİŞ

Bağcılık ve şarap endüstrisi, ürün, istihdam, katma değer ve inovasyon oluşturma kapasitesi ile dünya ekonomisinde özgün bir yere sahiptir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2024) son verilerine göre dünyada yaklaşık 6.7 milyon hektar bağ alanında, hektar başına ortalama 11 ton verimle toplam 74.9 milyon ton yaş üzüm üretilmiştir. Türkiye' de ise 384 537 hektar alanda 2 099 859 ton sofralık, 1 681 808 ton kurutmalık ve 383 333 ton şaraplık olmak üzere toplam 4 165 000 ton üzüm üretilmiştir (TÜİK, 2024). Türkiye, dünya bağ alanı sıralamasında beşinci, üzüm üretiminde ise altıncı sıradaki yerini uzun yıllardır korumaktadır. Dünya ekosistemi son yirmi yılda iklim değişimi olarak tanımlanan çok boyutlu bir süreç ile karşılaşmıştır. Doğal faktörlerin etkisi antropojenik faktörlerden daha az olmasına rağmen, hem doğal hem de yapay faktörler iklimde değişikliklere yol açmaktadır (Ullah ve ark., 2021). Küresel iklim değişikliği senaryosunda, tüm bitkisel üretim gibi bağcılık da yeni zorluklar ve tehditlerle karşı karşıyadır (Monteiro ve ark., 2022). Biyotik ve abiyotik streslerin, bitkilerin büyüme gelişme ve verimini sınırlayabildikleri bilinmektedir (Shukla ve ark., 2019). Tuzluluk asmaların sağlıklı büyüme ve gelişmesi ve dolayısıyla bağcılık faaliyetleri için engelleyici bir stres faktörüdür. Tuz, bitkiler üzerindeki zararlı etkisini ozmotik stres ve iyon toksisitesi olmak üzere iki mekanizma ile gösterir. İlk etki kısa süreli olmakla birlikte kök ve toprak çözültüsü arasındaki ozmotik potansiyeli azaltan ve su mevcudiyetini infiltre eden  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  alımı nedeniyle oluşur (Abbasi ve ark., 2016). İkinci etki, yüksek  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  veya  $\text{SO}_4^{2-}$  konsantrasyonlarının besin alımını etkileyen iyon toksisitesine neden olmasıdır (Tavakkoli ve ark., 2011). Sodyum klorür ( $\text{NaCl}$ ) toksisitesi, bitkilerin tuz stresine toleransının bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik (EC) ile doğrudan ilişkilidir (Isla & Aragüés, 2010).

Bağcılar stres koşulları altında asmaların büyüme ve gelişmesi ile üzümlerin kalitesini koruma ihtiyacı duyarken, biyotik ve abiyotik stresi artıran iklim değişikliği nedeniyle büyük zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bağcılığın sürdürülebilir ve çevre dostu bir faaliyet alanı olarak dönüşüm ve gelişiminde biyostimülantların kullanılması gündeme gelmektedir. Biyostimülant, beslenme verimliliğini, abiyotik ve biyotik stres toleransını ve/veya ürün verimini ve kalite özelliklerini artırmak amacıyla bitkilere uygulanan doğal maddelerin ve/veya mikroorganizmaların karışımlarını içeren formüle edilmiş bir üründür (Traon ve ark., 2014; Du Jardin, 2015; Yakhin ve ark., 2017). Abiyotik ve biyotik stres azaltıcı olarak farklı biyostimülant uygulamaları araştırmalara konu olmuştur (Secco ve ark., 2015; Gutiérrez-Gamboa ve ark., 2019; Basile ve ark., 2020; Bodin ve ark., 2020; Olavarrieta ve ark., 2022; Martínez-Lorente ve ark., 2024). Biyostimülantlar, biyotik ve abiyotik stres etkilerine karşı doğrudan mücadele edenler, ya da elisitör işlevi görenler, bir diğer ifade ile savunma mekanizmasını uyarıcılar olmak üzere farklı özelliklere sahiptirler. Bu biyostimülantlardan bazıları ısırgan otu, Japon Knotweed ve deniz yosunu özleri gibi bitki özleridir. Maya ekstraktları, üre, kaolin gibi, özellikle iklim değişikliklerinden kaynaklanan stresle mücadelede ilgi çekici olmaya başlayan biyostimülantlar da vardır (Monteiro ve ark., 2022). Biyostimülantlar, bitkilerin olumsuz çevre koşullarına uyum sağlamalarına yardımcı olan fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri uyarabilen maddelerle formüle edildikleri için tarımda oldukça önemli hale gelen agronomik ürünlerdir (García-Sánchez ve ark., 2022). Bitkilerde strese karşı toleransı artırabilen biyostimülantların kullanılmasının mineral beslemenin verimliliğini, abiyotik strese (kuraklık, yüksek sıcaklıklar, tuzluluk, ağır metaller vb.) karşı direnci ve verimi artırabileceği veya bu koşullar altında iyi bir verim ve hasat kalitesini korumak için bitkilerin temel mineral besin maddelerinin içeriğine bakılmaksızın kalite özelliklerini artırabileceği belirlenmiştir (Tariq & ark., 2020).

Deniz yosunu formülasyonlarının biyostimülant olarak kullanımı uzun yıllardır rapor edilmektedir (Verkleij, 1992; Zodape ve ark., 2011). Pigmentasyonlarına göre üç ana grupta sınıflandırılırlar: kahverengi (Phaeophyta), kırmızı (Rhodophyta) ve yeşil algler (Chlorophyta) (Khan ve ark., 2009). Deniz yosunları çeşitli makro ve mikro besinler, vitaminler, amino asitler, sitokinler, oksinler ve absisik asit içermektedir (Khan ve ark., 2009; Zodape, ve ark., 2011). Tarımsal düzeyde, bir dizi ticari deniz yosunu ekstraktı ürünü mevcuttur ve çeşitli çalışmalar bunların etkilerini göstermiştir (Gutiérrez-Gamboa ve ark., 2021; Topuz ve ark., 2023; Zagzog & Qaoud, 2023). Kahverengi deniz yosunu olan *Ascophyllum nodosum* L. tarımda en çok kullanılan ve üzerinde en çok araştırma

gerçekleştirilen türdür (Dinis ve ark., 2016; Taskos ve ark., 2019; Correia ve ark., 2020). *Vitis vinifera* L.' de yapılan bazı çalışmalar yapraktan gerçekleştirilen uygulamanın biyotik ve abiyotik stresin etkilerini kontrol etmek ve önlemek için faydalı olduğunu göstermiştir (Jaulneau ve ark., 2011). Maya ekstraktları, üzüm bağlarında amino asitlerin, uçucu bileşiklerin sentezini geliştirmek gibi amaçlarla kullanılmıştır (Gutiérrez-Gamboa ve ark., 2019). Maya ekstraktlarının kullanıldığı çeşitli çalışmalar, bu ekstraktların etkinliğini metil jasmonat, kitosan ve deniz yosunları gibi diğer bileşiklerle karşılaştırmaktadır (Portu ve ark., 2016; Gutiérrez-Gamboa ve ark., 2017). Bu çalışmada, Nero D'Avola üzüm çeşidinde yarı-kontrollü sera koşullarında yapraktan uygulanan *Ascophyllum nodosum* ve *Saccharomyces cerevisiae* ekstraktlarının tuz stresi altında meydana getirdiği etkiler ile tuz stresinin oluşturulmadığı koşullarda biyostimülantların etkileri incelenmiştir. Bu amaçla yapraklarda toplam fenolik bileşik, antioksidan aktivite, antioksidan enzim, fotosentetik pigment, yaprak su potansiyeli ve bağıl su içeriği düzeylerindeki değişimler belirlenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### *Bitkisel materyal*

Araştırma Nero D'Avola (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinin kendi kökleri üzerinde yetiştirilen iki yaşlı saksı asmaları üzerinde yürütülmüştür. Asmalar, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü serasında 10 litrelik kum, torf, perlit, kokopitten (1:1:1:1 h/h) oluşan köklendirme ortamında, 2021 yılı budama döneminde Uzbaş Tarım'dan (Urla, Türkiye) temin edilen bir yaşlı dalların köklendirilmesi ile elde edilen fidanlardır. Asmalar 2023 yılı kış döneminde iki göz üzerinden budanmış ve sürgünler 30 yapraklı olduklarında sera içerisinde tuz stresi ve biyostimülant uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Araştırmada toplam 36 adet asma kullanılmıştır.

### *Tuz stresi ve biyostimülant uygulamaları*

Araştırmada maya (*Saccharomyces cerevisiae*-Zymaflore FX 10, Laffrot, Fransa) ve deniz yosunu ekstresi (*Ascophyllum nodosum*-Searius, Gübretaş, Türkiye) olmak üzere iki farklı biyostimülant uygulanmıştır. Tuz stresi için NaCl (Merck, Almanya) kullanılmıştır. Çalışma, 1. kontrol (K), 2. tuz (T), 3. maya+tuz stresi (MT), 4. deniz yosunu+tuz stresi (YT), 5. maya (M) ve 6. tuz deniz yosunu (Y) olmak üzere planlanmıştır. Her grupta 6 adet asma kullanılmıştır. K grubu bitkilerine sadece saf su verilmiştir. Biyostimülant uygulamaları bitki başına olmak üzere, M uygulaması, *Saccharomyces cerevisiae* (Zymaflore FX 10, Laffrot, Fransa) mayası 400 mg 200 mL<sup>-1</sup>, Y uygulaması, *Ascophyllum nodosum* deniz yosunu ekstresinin ticari preparatının (Searius, Gübretaş, Türkiye) 0.4mL 200 mL<sup>-1</sup> oranında saf su ile karıştırılarak yapraktan spreyleneceğiyle gerçekleştirilmiştir. Tuz stresi uygulanacak olan kombinasyonlarda M ve Y biyostimülant uygulamaları tuz uygulamasından bir hafta önce yapılmıştır (04.07.2023). Biyostimülant uygulamasından bir hafta sonra yapılan T uygulaması bitki başına 150 mM tuz (NaCl) konsantrasyonu olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (11.07.2023). Tuz çözeltisi ilgili kombinasyonlarda saksı asmalarının kök bölgesine bir defada ve el ile sulama şeklinde uygulanmıştır.

### *Yaprak su potansiyeli*

Deneme bitkilerinin yaprak su potansiyelleri basınç çemberi cihazı (PMS Instrument Co, model 1000, Corvallis, Oregon, USA) ile ölçülmüştür. Bitkilerin kilitli plastik poşetlere alınan alttan 3. sağlıklı yaprakları transpirasyonu önlemek için alüminyum folyo ile kapatılmış ve 30 dakika bekletilmişlerdir. Sonrasında bistüri yardımı ile yaprak sapları ile birlikte kesilmiş ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar -MPa olarak ifade edilmiştir. Yaprak su potansiyeli ölçümleri tuz uygulamasından önce (0. saat) kontrol amaçlı ve sonrasında 24., 48., 72., 96., 120., 144., 168. saatlerde öğleden sonra 14:00'da ölçülmüştür.

### **Yaprak örneklerinin alınması**

T uygulamasından 168. saat sonra, tüm uygulamalar ve kontrol asmalarından alttan ilk 4 yaprakları alınarak, yapraklar saf su ile nemlendirilmiş temiz tek kullanımlık havlu ile temizlenmiştir. Örneklerin RWC (Leaf relative water content) içerikleri aynı gün ölçülmüş, toplam fenolik bileşik, antioksidan kapasite, antioksidan enzim ve fotosentetik pigment analizleri gerçekleştirilmek üzere yaprak örnekleri -40°C'de muhafaza edilmişlerdir.

### **Yaprakların bağıl su içerikleri (%RWC)**

Yaprakların bağıl su içerikleri (%RWC) Kirnak ve ark. (2001)'e göre ölçülmüştür. Önce 1 cm yarıçaplı yaprak parçaları hazırlanarak yaş ağırlıkları (YA) belirlenmiştir. Yaprak parçaları petri kapları içerisindeki damıtılmış suya yerleştirildikten sonra buzdolabında 24 saat bekletilerek yaprakların turgorlu ağırlıkları (TA) belirlenmiştir. Kuru ağırlığı (KA) ölçmek için ise yaprak parçaları 80°C'de 24 saat boyunca etüvde kurutulmuş ve ardından tartılmıştır. Yaprak RWC yüzdesi formüle göre hesaplanmıştır:  $RWC (\%) = [(YA - KA)/(TA - KA)] \times 100$ . **Eq.(1)**

### **Yaprakların toplam fenolik bileşik içerikleri**

Yaprakların toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasite analizleri için ekstraksiyonu Duan vd. (2016)'ya göre yapılmıştır. Bu amaçla önce sıvı azotla toz haline getirilmiş 600 mg yaprak dokusu 50 mL' lik santrifüj tüplerine alınmış, üzerlerine 5mL %100 metanol ilave edilmiş ve üniform örnekleme maksimize etmek ve tam ekstraksiyonu sağlayabilmek amacıyla 5 dakika homojenizatörde (Ultra-Turrax T25-Germany) parçalanmıştır. Sonrasında tüpler içerisindeki örnekler ultrasonik banyoda (Jeiotech US-Korea) 30 dakika süreyle bekletilmiş, ardından 10 000 rpm ve 4°C'deki santrifüjde 10 dakika santrifüjlenmiştir (Sigma 3K30-Germany). Santrifüj işlemi sona erdiğinde supernatant alınmış ve gözenek boyutu 0.45 µm olan PVDF filtreler (Millipores-USA) kullanılarak filtrelenmiş ve analizlerde kullanmak amacıyla 4°C'de saklanmıştır. Yaprak ekstraktlarının toplam fenolik içerikleri Singletton ve Rossi (1965)'e göre belirlenmiştir. 765 nm'deki absorpsiyon değerleri Shimadzu UV 1208 model UV VIS spektrofotometre cihazı (Japan) ile ölçülmüş ve 500-5 000 ppm konsantrasyonlarındaki gallic acid standartlarından hazırlanan solüsyonların da ölçülmesiyle elde edilen grafik yardımıyla ( $R^2=0.997$ ) sonuçlar  $mg\ kg^{-1}$  olarak ifade edilmiştir.

### **Yaprakların antioksidan kapasiteleri**

Yaprakların antioksidan kapasiteleri DPPH ve ABTS yöntemleri ile belirlenmiştir. Serbest radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazili (DPPH) süpürme kapasitesi Hatano ve ark., (1988)'in yöntemine göre belirlenmiştir. Ekstrakt çözeltisi (0.3 mL), DPPH radikalleri ( $6 \times 10^{-5}$  mol  $L^{-1}$ ) içeren 2.7 mL metanol çözeltisi ile karıştırılarak, karanlıkta ve oda sıcaklığında 60 dakika bekletilmiştir. DPPH radikalinin indirgenmesi 517 nm'deki absorpsiyon düşüşünün sürekli izlenmesiyle ölçülmüştür (Shimadzu UV 1208 model UV VIS spektrofotometre, Japan). DPPH süpürme etkisi aşağıdaki denklem kullanılarak DPPH renk değişiminin yüzdesi olarak hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Süpürme etkisi} = [(A_{DPPH} - A_{\text{örnek}}) / A_{DPPH}] \times 100 \text{ Eq.(2)}$$

Çözeltideki ekstrakt konsantrasyonuna karşı süpürücü etki yüzdesi grafiğinden %50 inhibisyon sağlayan ekstrakt konsantrasyonu ( $EC_{50}$ ) hesaplanmıştır.

ABTS yöntemi, Karaçelil ve ark., (2015) tarafından tarif edilen, numunenin ABTS radikalini inhibe etme kapasitesine dayanan yöntemine göre uygulanmıştır. ABTS radikali potasyum persülfat ( $K_2S_2O_8$ ) ile kimyasal reaksiyon sonucu üretilmiştir. 25 mL ABTS'ye ( $7\text{ mmol } L^{-1}$ ), 440 mL  $K_2S_2O_8$  ( $140\text{ mmol } L^{-1}$ ) ilave edilmiş ve radikal oluşması için çözelti oda sıcaklığında 12-16 saat boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Önceki çözeltinin hacmi 734 nm'de (Shimadzu UV 1208 model UV VIS spektrofotometre, Japan)  $0.70 \pm 0.02$  absorpsiyon değerine ulaşana kadar etanol içinde seyreltilmiştir. Radikal oluştuktan sonra ABTS radikal çözeltisinden 2 mL alınarak, farklı konsantrasyonlarda ( $0.01\text{ mg } mL^{-1}$ -  $2\text{ mg}$

$\text{mL}^{-1}$ ) 100 mL asma yaprağı ekstraktı ile karıştırılmış ve absorbands 734 nm' de ölçülmüştür. ABTS süpürme etkisi DPPH yöntemi için daha önce belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

### **Yaprakların antioksidan enzim aktiviteleri**

1 g taze yaprak 5 mL pH 7.6'da ekstraksiyon çözeltisi (100 mM Na-fosfat, 0.5 mM EDTA- $\text{Na}_2$  ve 1 mM askorbik asit) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 14 000 g'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant, katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzim analizlerinde ham enzim ekstraktı olarak kullanılmıştır (Güneş ve ark., 2006). Katalaz aktivitesi,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ' nin ayrışmasını takiben 1 dakika boyunca 240 nm'de absorbandsın azalması ile test edilmiştir (Çakmak ve ark., 1993). Süperoksit dismutaz aktivitesi nitroblue tetrazolium (NBT) yöntemi ile test edilmiştir. NBT' nin foto-kimyasal indirgenmesinin inhibisyonu spektrofotometrik olarak 560 nm' de ölçülmüştür (Gong ve ark., 2005). Askorbat peroksidaz aktivitesi, askorbatın azalmasını takip ederek ve 290 nm' de absorbands değişimini ölçerek test edilmiştir (Nakano & Asada, 1981). CAT ve APX enzim aktiviteleri  $\text{mmol g}^{-1} \text{min}^{-1}$ , SOD aktivitesi  $\text{U g}^{-1}$  olarak ifade edilmiştir.

### **Yaprakların fotosentetik pigment içerikleri**

Yaprak örneklerinin klorofil-a, klorofil-b ve karotenoid düzeyleri Salachna ve ark. (2015)'a göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 g taze yaprak dokusu, 15 ml %80 aseton ile bir havanda öğütülerek homojen bir ekstakt oluşturulmuş ve daha sonra 10 000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiş ve sonrasında süpernatant ayrılmıştır. Ekstraktların 441, 646, 652, and 663 nm'de ölçümleri absorbandsları kaydedilmiş ve aşağıdaki formüllere göre hesaplamalar yapılmıştır. Kontrol olarak %80 aseton kullanılmış ve ölçümler "Shimadzu" marka "UV-1280" model spektrofotometre cihazı (Japan) ile yapılmıştır.

$$\text{Klorofil-a (mg g}^{-1}\text{)} = (12.21 \times A_{663} - 2.81 \times A_{646}) \times (V / 1000 \times m) \text{ Eq.(3)}$$

$$\text{Klorofil-b (mg g}^{-1}\text{)} = (20.13 \times A_{646} - 5.03 \times A_{663}) \times (V / 1000 \times m) \text{ Eq.(4)}$$

$$\text{Karetonoid (mg g}^{-1}\text{)} = [(1000 \times A_{441}) - 3.27 \times (12.21 \times A_{663} - 2.81 \times A_{646}) - 104 \times (20.13 \times A_{646} - 5.03 \times A_{663})] \times [V / 1000 \times (m \times 229)] \text{ Eq.(5)}$$

A belirli bir dalga boyundaki absorbands, V ölçüm şişesinin mL cinsinden hacmi ve m numunenin g cinsinden ağırlığıdır.

### **İstatistiksel analiz**

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre, üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Verilerin istatistiki değerlendirmeleri JMP 13.2.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiş, uygulamalar arası farklılıkların anlamlılığını belirlemek örneklerin tüm verileri Tukey testine tabi tutularak ortalamalar arasındaki fark  $P \leq 0.01$  anlamlılık düzeyinde karşılaştırılmıştır. Araştırmada incelenen parametrelerin karşılıklı ilişkilerini belirlemek amacıyla korelasyon ve uygulamalar ile incelenen değişkenler arasındaki etkileşimi değerlendirmek amacıyla temel bileşen analizi (PCA) aynı istatistik programdan yararlanarak belirlenmiştir.

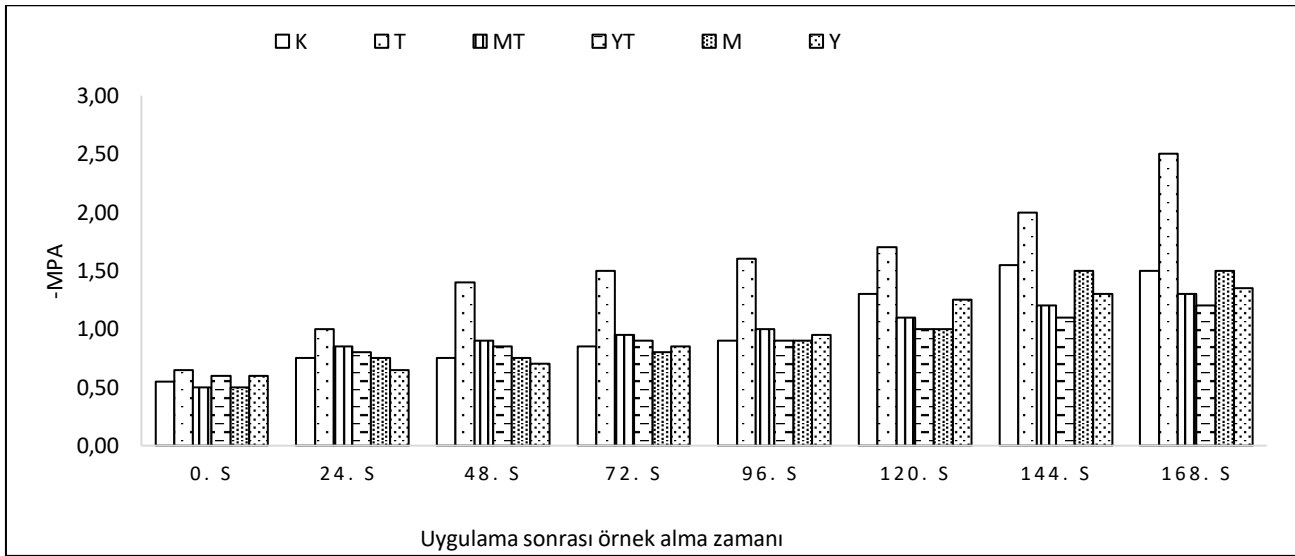
## **BULGULAR ve TARTIŞMA**

### **Deniz yosunu ve maya kullanımının yaprak su potansiyeli (YSP) üzerindeki etkisi**

Yaprak su potansiyeli (YSP)-MPa olarak ifade edilmekte ve bu değer artması bitkinin stres seviyesindeki artış anlamına gelmektedir. Yaprak örneklerinin su potansiyeli (-MPa) 168. saatin sonunda kontrol dahil olmak üzere



bütün uygulamalarda azalmıştır (Şekil 1). Benzer sonuç Haider ve ark. (2019) tarafından da raporlanmıştır. Son ölçüm saati olan 168. saat verileri incelendiğinde en yüksek YSP deniz yosunu (YT) uygulamasında saptanmıştır. Bu bulgu, YT uygulamasının tuz stresine karşı en yüksek düzeyde YSP' yi koruduğu yönünde değerlendirilmiştir. MT (maya) uygulaması YT'den sonra YSP üzerinde ikinci sırada etkili olmuştur. En düşük YSP seviyesi T bitkilerine ait yapraklarda ölçülmüştür. YT grubu bitkilerin YSP seviyeleri, T grubu bitkilerin YSP seviyelerinden %52 daha fazla, MT grubu bitkilerin YSP seviyeleri ise yine T grubu bitkilerin YSP içeriklerinden %48 daha fazladır. Bu durum araştırmada tuz stresine karşı koruyuculuğu test edilen maya ve deniz yosunu uygulamalarının etkili olduğu sonucunu vermektedir. İlave olarak YT ile MT bitkilerinin YSP düzeyleri kontrol grubu bitkilerinden sırasıyla %20 ve %13 daha yüksektir. Bu durum stres faktörü ortada olmasa bile biyostimulant kullanımının bitki YSP seviyeleri üzerinde pozitif etkili olduğu anlamını taşımaktadır.



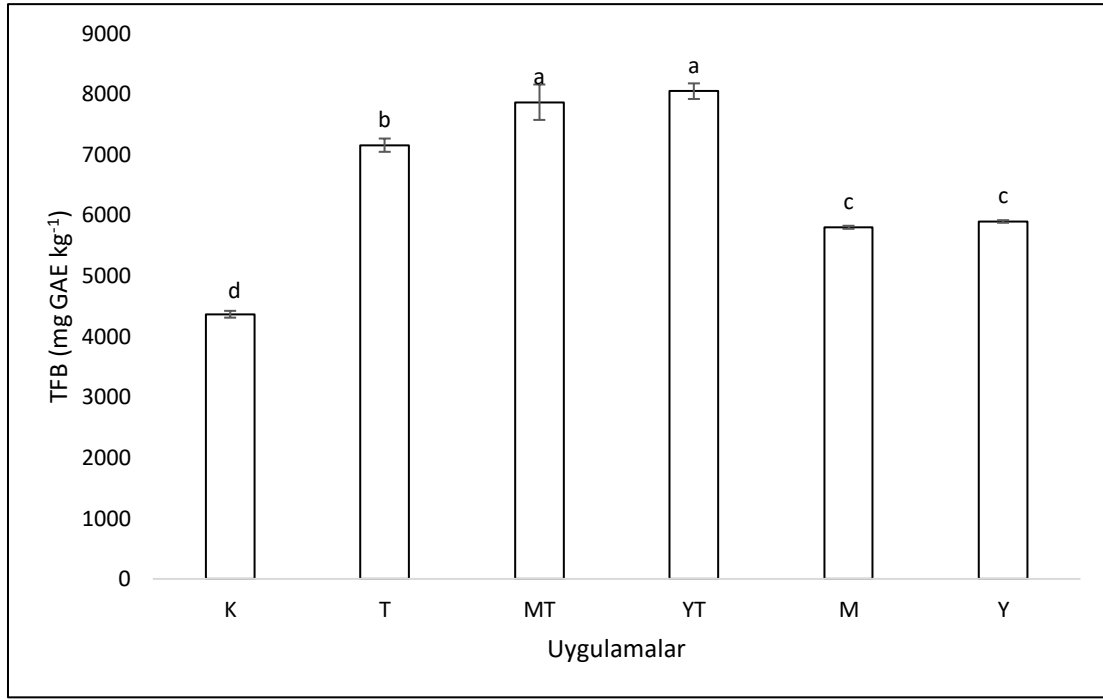
Şekil 1. Yaprak örneklerinin YSP (-MPa) düzeyleri

Figure 1. LWP (-MPa) levels of leaf samples

Önceki araştırmalarda da benzer şekilde deniz yosunu ekstraktlarının yapraktan uygulanması ile, asmaların fizyolojik ve biyokimyasal performanslarını artırarak su stresine alışmalarına (Salvi ve ark., 2020) ve bünyelerinde bulunan betain ve mannitol sayesinde, asma yapraklarının ozmotik adaptasyonunu geliştirerek bitkilerin stres koşulları altında hayatta kalmasına yardımcı olabileceği raporlanmıştır (Abbas ve ark., 2020).

#### **Deniz yosunu ve maya kullanımının yapraklardaki toplam fenolik bileşik (mg GAE kg<sup>-1</sup>) miktarları üzerindeki etkisi**

Şekil 2'de sunulduğu üzere, tuz stresi yapraklarda toplam fenolik bileşik (TFB) seviyelerini kontrol grubuna kıyasla %64 oranında arttırmıştır. Biyostimulant uygulamalarının TFB üzerindeki benzer sonuçları Mohammadkhani & Abbaspour (2017)'un araştırmasında da vurgulanmıştır. Biyostimulantlarla muamele edilen asmalarda, tuz stresi koşulları altında muamele edilmeyen asmalara göre önemli ölçüde yüksek toplam fenolik bileşik içeriği belirlenmiştir (Şekil 2). TFB miktarı, YT ve MT asmalarında, K asmalarına göre istatistik olarak aynı önem seviyesinde ve yaklaşık %84, T asmalarına göre ise sırasıyla %12 (YT) ve %10 (MT) oranında daha yüksek bulunmuştur. En düşük TFB içeriği K grubunda 4367 mg GAE kg<sup>-1</sup> olup, tuz stresi olmaksızın sadece biyostimulant kullanımının da TFB düzeyinde artışa yol açtığı görülmüştür (p≤0.01). Bu artış K grubuna kıyasla deniz yosunu uygulanan asmalarda (Y) %35, maya uygulanan asmalarda (M) %33'tür. Fenolik bileşikler, antioksidan özellikler göstermekle birlikte aynı zamanda üzümün kalitesinde (Solecka & Kacperska, 2003) ve abiyotik stres altındaki savunma metabolizmasında kilit rol oynayan önemli ikincil metabolitlerdir (Amarowicz & Weidner, 2009).



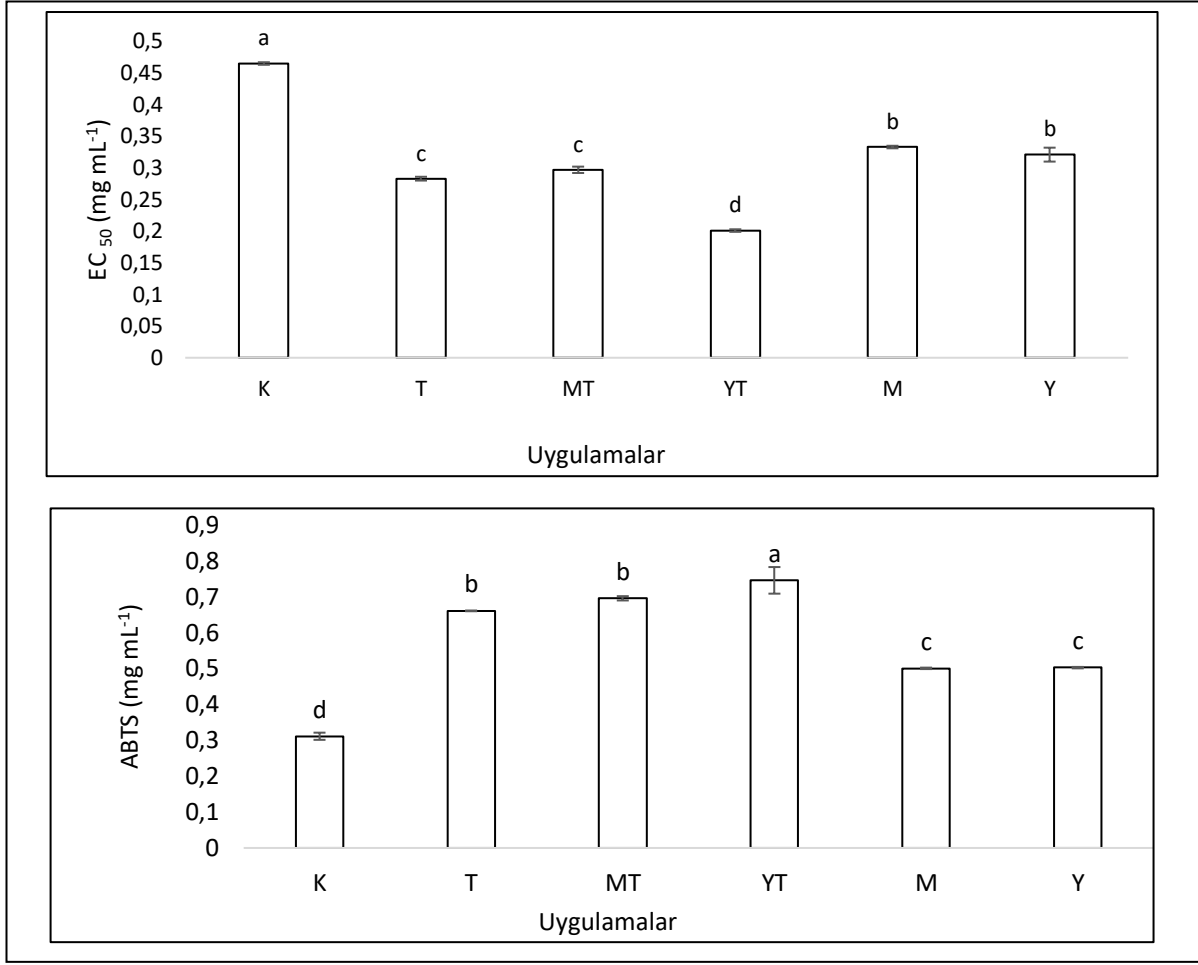
Şekil 2. Uygulamalara göre yaprakların toplam fenolik bileşik (mg GAE kg<sup>-1</sup>) miktarları. Her değer üç tekrarın ortalama  $\pm$  standart hatasını temsil etmektedir. Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ( $p \leq 0.01$ ). Dikey çubuklar standart hataya karşılık gelmektedir. K: Kontrol, T: Tuz stresi, MT: Tuz stresi ve maya uygulaması, YT: Tuz stresi ve yosun uygulaması, M: Maya uygulaması, Y: Yosun uygulaması

Figure 2. Total phenolic compound (mg GAE kg<sup>-1</sup>) amounts of leaves obtained from the treatments. Each value represents the mean  $\pm$  standard error of three replicates. Means shown with different letters in the graph are significantly different ( $p \leq 0.01$ ). Vertical bars correspond to the standard error. K: Control, T: Salt stress, MT: Salt stress and yeast treatment, YT: Salt stress and seaweed treatment, M: Yeast treatment, Y: Seaweed treatment

Asmalardaki fenolik bileşiklerin metabolizması ve birikimi, biyotik ve abiyotik stres koşulları sırasında değişiklik göstermektedir (Smith & Read, 2008; Webb ve ark., 2013). Ayrıca stres sırasında, fenolik bileşikler antioksidan olarak işlev görmektedir ve dolayısıyla bu bileşikler hücrelerdeki enzimatik antioksidan sistemleri güçlendirmektedirler (Oh ve ark., 2009). Stresin tolere edilmesinde biyostimülantların önemi büyüktür (Van Oosten ve ark., 2017). Portu ve ark. (2016) biyostimülant olarak maya kullanımının üzüm ve şaraplarda artan antosiyanin ve stilben içeriği ile sonuçlandığını raporlamışlardır. Önceki araştırmalarla uyumlu olarak, Nero D'Avola çeşidinde tuz stresi koşulları altında kullanılan biyostimülantların, TFB üzerinde benzer etkiye sahip oldukları ve tuz uygulaması sonrası stres yanıtı olarak fenolik bileşik miktarlarındaki artışın önceki araştırmalarla uyumlu olduğu söylenebilir (Mohammadkhani, 2018; Karimi ve ark., 2020). Ayrıca en yüksek TFB içeriğinin MT ve YT'de olmasının, tuz stresi sonucu artan TFB'ye, biyostimülant etkisi ile de eklenen artış olduğu sonucuna varılmıştır.

#### **Deniz yosunu ve maya kullanımının DPPH (mg mL<sup>-1</sup>) ve ABTS (mg mL<sup>-1</sup>) düzeyleri üzerindeki etkisi**

Uygulamalar arasında en yüksek EC<sub>50</sub> değeri K asmalarında olup (0.465 mg mL<sup>-1</sup>) bu durum en düşük antioksidan aktiviteye karşılık gelmektedir (Şekil 3). Her iki antioksidan aktivite belirleyici yöntem sonucunda tuz stresinin antioksidan aktivitede artışa sebep olduğu görülmektedir ( $p \leq 0.01$ ). İkincil metabolitlerin stres altında yüksek miktarlarda sentezlenerek antioksidan rolü üstlendiği düşünüldüğünde, biyostimülant olarak maya kullanımının, sadece tuz stresi uygulanan asmalara göre antioksidan aktivitede fark yaratmadığı görülmüştür ( $p \leq 0.01$ ).



Şekil 3. Uygulamalara göre yaprakların antioksidan kapasiteleri. Her değer üç tekrarın ortalama  $\pm$  standart hatasını temsil etmektedir. Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ( $p \leq 0.01$ ). Dikey çubuklar standart hataya karşılık gelmektedir. K: Kontrol, T: Tuz stresi, MT: Tuz stresi ve maya uygulaması, YT: Tuz stresi ve yosun uygulaması, M: Maya uygulaması, Y: Yosun uygulaması, S: Saat

Figure 3. Antioxidant capacity of leaves obtained from the treatments. Each value represents the mean  $\pm$  standard error of three replicates. Means shown with different letters in the graph are significantly different ( $p \leq 0.01$ ). Vertical bars correspond to the standard error. K: Control, T: Salt stress, MT: Salt stress and yeast treatment, YT: Salt stress and seaweed treatment, M: Yeast treatment, Y: Seaweed treatment, S: Hour

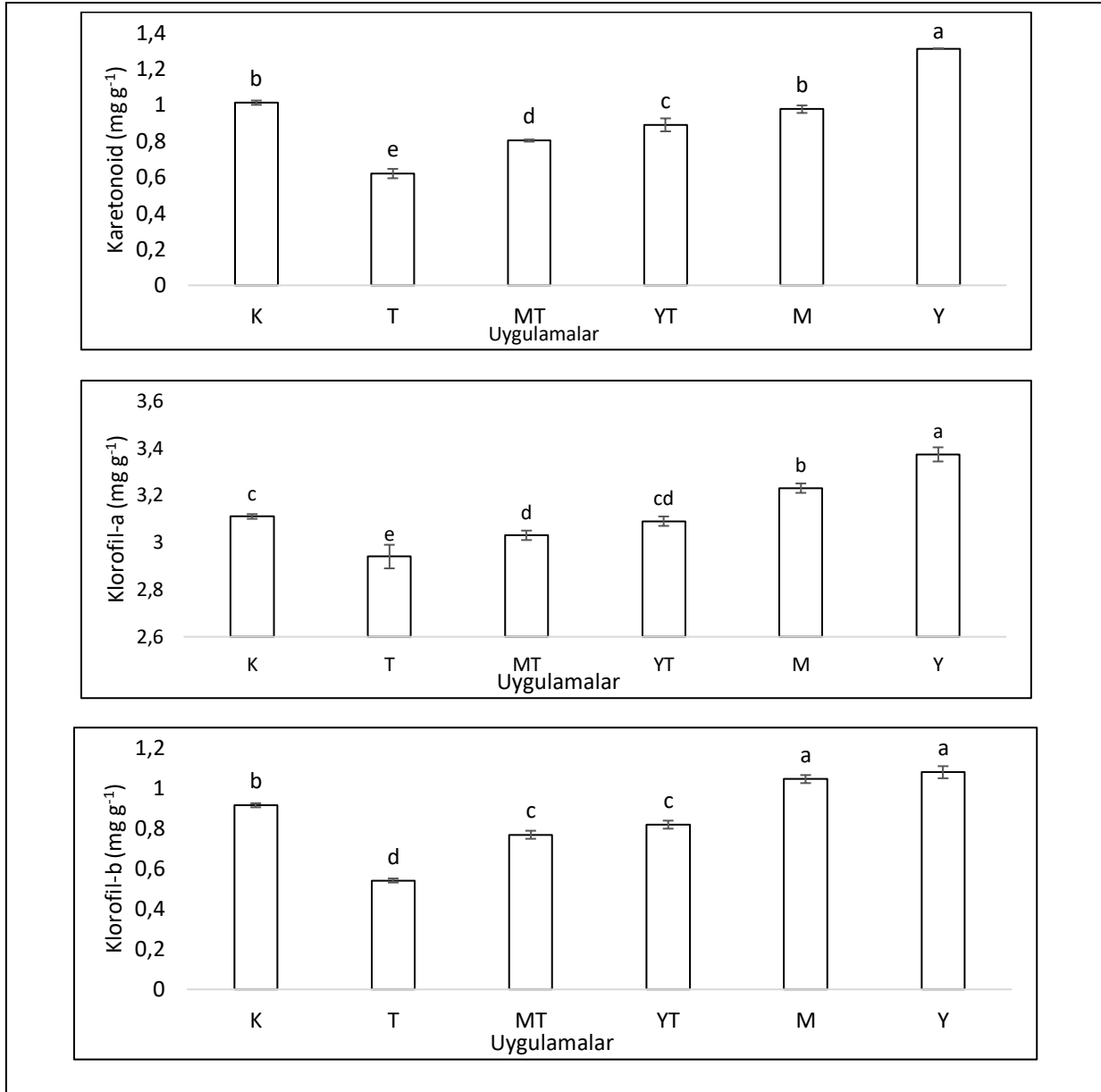
Deniz yosunlarının, hormonların yanı sıra bitkilerin büyümesine ve gelişmesine katkıda bulunan çeşitli aktif mineral ve organik bileşikler içerdikleri ve bitki dokularının antioksidan kapasitesini artırabildikleri bilinmektedir (Battacharyya ve ark., 2015; Paradiković ve ark., 2019). Calvo ve ark. (2014) deniz yosunlarının stres karşıtı bir etkiye sahip olduğunu ve bu etki üzerinde antioksidanlar ve endojen strese duyarlı gen düzenleyicileri gibi savunma bileşiklerinin de söz konusu olabileceğini bildirmişlerdir.

#### **Deniz yosunu ve maya kullanımının fotosentetik pigment seviyeleri üzerindeki etkisi**

Fotosentetik pigment içeriğinin analizi, hem bitki büyümesi için gerekli karbonhidratları sentezlemek hem de ikincil metabolizmanın farklı yolları için karbon iskeleti görev üstlenmekte gerekli olduklarından, bitkinin biyotik strese yeterince yanıt verme yeteneğinin doğrudan bir göstergesidir (Zarraonaindia ve ark., 2023). Şekil 4'te uygulamalara ait yaprakların karetonoid, klorofil-a ve klorofil-b içerikleri verilmiştir. Örneklerin karetonoid içerikleri  $1.313 \text{ mg g}^{-1}$  (Y) ile  $0.62 \text{ mg g}^{-1}$  (T) arasında değişen değerlerdedir. Tuz stresi (T) karetonoid içeriğinde %39 oranında düşüşe



sebepler olmuştur ( $p \leq 0.01$ ). Tuz stresine karşı koruyucu olarak biyostimülant uygulamaları karşılaştırıldığında,  $0.890 \text{ mg g}^{-1}$  olan karetonoid içeriğiyle YT grubu, MT örneklerine göre daha yüksek karetonoide sahiptir ve bu da yosun uygulamasının maya uygulamasına kıyasla tuz stresine karşı karetonoid içeriğini korumakta daha etkili olduğunu göstermektedir. Tuz stresi olmaksızın biyostimülant uygulanan gruplar incelendiğinde Y grubu örneklerinde kontrol bitkilerine göre karetonoidin %30 oranında yükseldiği gözlemlenmiştir. M grubu örnekleri K örneklerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişim yaratmamıştır. Şekil 4'te klorofil-a ve klorofil-b düzeyleri verilmiştir. Örneklerin klorofil-a içerikleri en düşük T grubunda  $2.94 \text{ mg g}^{-1}$  ve en yüksek Y grubunda  $3.4 \text{ mg g}^{-1}$  düzeyinde belirlenmiştir ( $p \leq 0.01$ ). Tuz stresinin etkisiyle klorofil-a seviyesindeki düşüş klorofil-b seviyesindeki düşüşten daha az olmakla birlikte %5.5 oranındadır. Yosun uygulamasının tuz stresine karşı klorofil-a seviyesini üzerinde oldukça koruyucu olduğu anlaşılmıştır. Tuz stresine maruziyet olmaksızın, sadece biyostimülantların etkileri incelendiğinde ise Y uygulamasının, M uygulamasına göre çok daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır ( $p \leq 0.01$ ). *Ascophyllum nodosum* ekstraktının biyostimülant olarak kullanımı ile fotosentezin uyarılarak, stres kaynaklı tepkileri azaltılabileceği önceki bir araştırmacı tarafından da raporlanmıştır (De Saeger ve ark., 2020). Analiz edilen bütün yaprak örnekleri arasında en yüksek klorofil-b sadece biyostimülant uygulaması gerçekleştirilen M ve T uygulamalarında ( $p \leq 0.01$ ). Tuz stresi klorofil-b içeriğinde %41 oranında önemli bir kayıp yaratarak, bu bileşiğin miktarını  $0.54 \text{ mg g}^{-1}$ 'a düşürmüştür. Biyostimülant uygulamaları tuz stresine karşı klorofil-b içeriğinin korunmasında aynı istatistiksel önem düzeyinde etkili olmuştur ( $p \leq 0.01$ ). Tuz stresinde %41 kayıp yaşanırken MT ve YT örneklerinde bu kayıp %11 oranında kalmıştır. Fotosentetik pigment içerikleri üzerinde yapılan analizler göstermiştir ki, tuz stresi mevcutsa en etkili biyostimülant deniz yosunudur ve bu preparat aynı zamanda tuz stresi olmasa bile bu pigmentlerin seviyelerini arttırmaktadır.



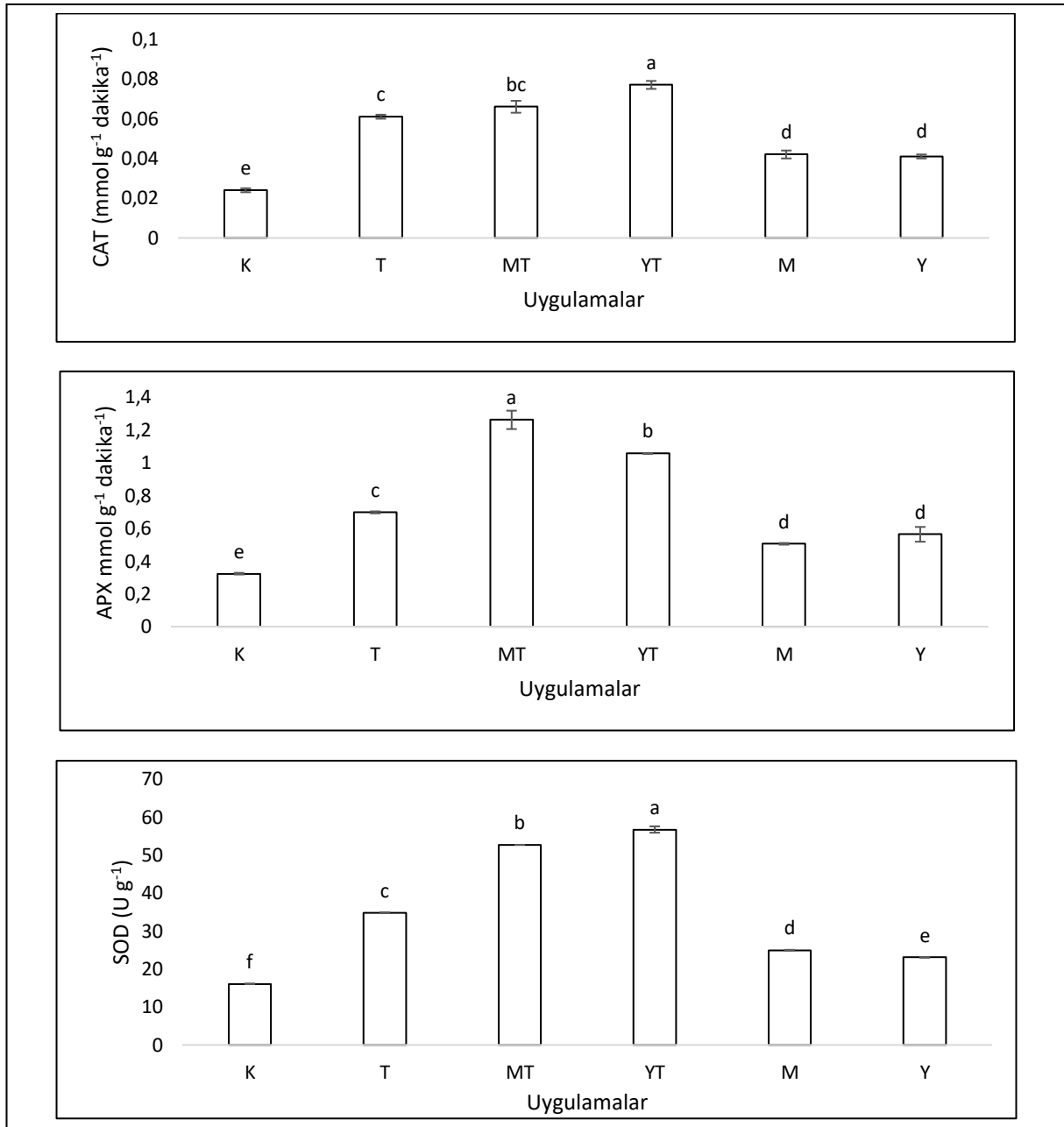
Şekil 4. Uygulamalara göre yaprakların fotosentetik pigment içerikleri. Her değer üç tekrarın ortalama  $\pm$  standart hatasını temsil etmektedir. Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ( $p \leq 0.01$ ). Dikey çubuklar standart hataya karşılık gelmektedir. K: Kontrol, T: Tuz stresi, MT: Tuz stresi ve maya uygulaması, YT: Tuz stresi ve yosun uygulaması, M: Maya uygulaması, Y: Yosun uygulaması

Figure 4. Photosynthetic pigment contents of leaves obtained from the treatments. Each value represents the mean  $\pm$  standard error of three replicates. Means shown with different letters in the graph are significantly different ( $p \leq 0.01$ ). Vertical bars correspond to the standard error. K: Control, T: Salt stress, MT: Salt stress and yeast treatment, YT: Salt stress and seaweed treatment, M: Yeast treatment, Y: Seaweed treatment

#### **Deniz yosunu ve maya kullanımının antioksidan enzim (CAT, APX, SOD) aktiviteleri üzerindeki etkisi**

Bitkiler tuz stresinden kaynaklanan ROS' un zararlı etkilerini azaltmak için, süperoksit dismutaz (SOD), guaiakol peroksidaz (GPX), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), fenolik bileşikler ve glutatyon gibi enzimatik olmayan metabolitler gibi bir dizi enzim koruyucu sistemle donatılmıştır (Jiang & Zhang, 2004; Abdel Latef ve ark., 2018). Antioksidan enzimlerin aktivitesinin artması, bitkilerin stres faktörlerine karşı direncini de arttırmaktadır (Hayat ve

ark., 2010). Bu bağlamda, Şekil 5'te verilen örneklerin antioksidan enzim aktivite sonuçları incelendiğinde, tuz stresine yanıt olarak CAT aktivitelerini %154, APX aktivitelerini %116, SOD aktivitelerini %117 arttırdıkları görülmektedir ( $p \leq 0.01$ ).



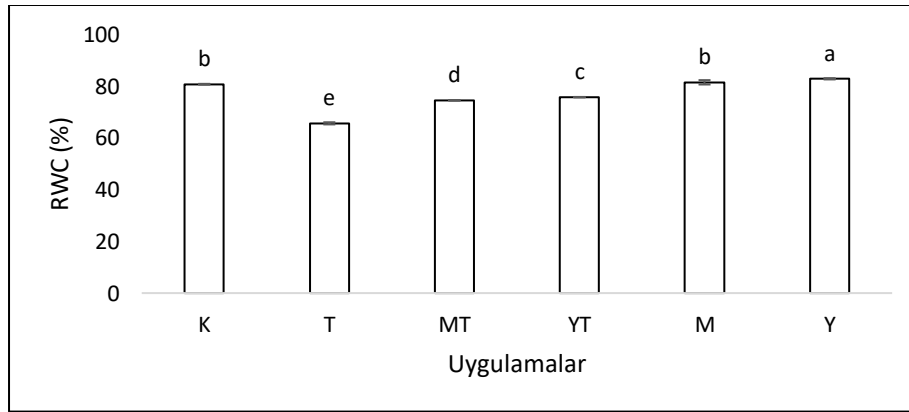
Şekil 5. Uygulamalara göre yaprakların antioksidan enzim aktiviteleri. Her değer üç tekrarin ortalama  $\pm$  standart hatasını temsil etmektedir. Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ( $p \leq 0.01$ ). Dikey çubuklar standart hataya karşılık gelmektedir. K: Kontrol, T: Tuz stres, MT: Tuz stres ve maya uygulaması, YT: Tuz stres ve yosun uygulaması, M: Maya uygulaması, Y: Yosun uygulaması

Figure 5. Antioxidant enzyme activities of leaves obtained from the treatments. Each value represents the mean  $\pm$  standard error of three replicates. Means shown with different letters in the graph are significantly different ( $p \leq 0.01$ ). Vertical bars correspond to the standard error. K: Control, T: Salt stress, MT: Salt stress and yeast treatment, YT: Salt stress and seaweed treatment, M: Yeast treatment, Y: Seaweed treatment

Bu durum Karimi ve ark. (2020)'nin da belirttiği üzere, bitkilerin dokularında tuz stresine dayanıklılığı artırmak için çözünen maddelerin birikimi, hücre duvarı bütünlüğü ve protein üretiminin yanı sıra antioksidan enzimlerin aktivitesinin artması ve fenolik bileşiklerin üretimi gibi çeşitli savunma mekanizmalarını tetiklemeyle açıklanabilir (Karimi ve ark., 2016). Mohammadkhani & Abbaspour (2017) araştırmalarında 25, 50, 200 mM'lık dozlardaki NaCl uygulamalarının yapraklarda CAT ve APX içeriklerini arttırdığını vurgulamışlardır. Mevcut araştırmada CAT, SOD ve APX aktivitelerinin en yüksek olduğu örnekler tuz stresine karşı biyostimülantların kullanıldığı bitkilerden alınan örneklerdir. YT uygulaması sonucu CAT ve SOD, MT uygulaması sonucu ise APX içeriği istatistiksel anlamda en yüksek seviyededir ( $p \leq 0.01$ ). Sadece biyostimülant kullanımı ile de antioksidan enzim aktivitelerinde artış gözlemlenmiştir. K grubuna göre sırası ile M ve Y grubu örneklerinde CAT aktivitesi %75 ve %71, APX aktivitesi %56 ve %74, SOD aktivitesi %55 ve %43 oranlarında artmıştır ( $p \leq 0.01$ ). Bu sonuç önceki araştırmalarda da bahsedildiği üzere biyostimülant kullanımının antioksidan enzim aktivitelerinde artış yarattığını hipotezini desteklemektedir (Elansary ve ark., 2017; Irani ve ark., 2021). Zarraonaindia ve ark. (2023) sonuçlarında farklı deniz yosunu kullanımının sadece CAT ve SOD aktivitesinde artış yarattığını, APX içeriğinde önemli bir değişiklik ölçülmediğini belirtmişlerdir. Abiyotik stresin ana fizyolojik yansımalarından biri, farklı hücre bölümlerinden elektron sızıntısı sonucu oluşan reaktif oksijen türlerinin aşırı üretilmesi sonucu dengesiz redoks homeostazı ile temsil edilir ve sonuç olarak enzimatik aktivite değişerek bitkinin hayatta kalması kolaylaşır (Møller ve ark., 2007). Ayrıca Rai ve ark. (2012) da, bitkilerin tuzluluğa karşı dirençlerini artırmalarını sağlayan biyostimülant kaynaklı antioksidan enzim aktivasyonunun değerini vurgulamışlardır. Bu araştırmada da en yüksek antioksidan enzim seviyesi araştırmacıların da belirttiği gibi tuz stresi ve biyostimülant uygulamalarının her ikisinin de bulunduğu gruplardadır.

#### **Tuz stresine karşı deniz yosunu ve maya kullanımının bağıl su içeriği (%RWC) üzerindeki etkisi**

Uygulamalara ait yapraklarda ölçülen RWC (%) oranları Şekil 6'da verilmiştir. En yüksek RWC Y grubunda deniz yosunu uygulaması sonucu ölçülmüştür ( $p \leq 0.01$ ) ve bu sonuç A. nodosum'un aşırı yaprak dehidrasyonunu önlemede olumlu bir etkiye sahip olduğu hipotezini desteklemektedir (Van Oosten ve ark., 2017).



Şekil 6. Uygulamalara göre yaprakların RWC oranları. Her değer üç tekrarın ortalama  $\pm$  standart hatasını temsil etmektedir. Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ( $p \leq 0.01$ ). Dikey çubuklar standart hataya karşılık gelmektedir. K: Kontrol, T: Tuz stresi, MT: Tuz stresi ve maya uygulaması, YT: Tuz stresi ve yosun uygulaması, M: Maya uygulaması, Y: Yosun uygulaması

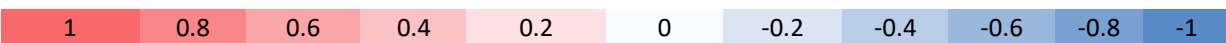
Figure 6. RWC rates of leaves obtained from the treatments. Each value represents the mean  $\pm$  standard error of three replicates. Means shown with different letters in the graph are significantly different ( $p \leq 0.01$ ). Vertical bars correspond to the standard error. K: Control, T: Salt stress, MT: Salt stress and yeast treatment, YT: Salt stress and seaweed treatment, M: Yeast treatment, Y: Seaweed treatment

Stres koşulları altında turgor basıncının azalması genellikle hücre genişlemesinin azalmasıyla sonuçlanır ve bu da yaprak alanının azalmasına neden olur (Taiz ve ark., 2012). Maya kullanımı tuz stresine karşı RWC seviyesini korumada etkili olmamıştır. Tuz stresi ise beklenildiği üzere RWC' de güçlü bir düşüşe sebep olmuştur ( $p \leq 0.01$ ). MT ve YT gruplarında, kullanılan biyostimulantların katkısı ile T grubundan daha yüksek RWC oranları mevcuttur, ancak YT grubunun RWC'si, MT'ye kıyasla daha yüksektir ( $p \leq 0.01$ ) ve bu sonuç deniz yosununun daha koruyucu olduğunu vurgulamaktadır. Stres koşulları altında turgor basıncının azalması genellikle hücre genişlemesinin azalmasıyla sonuçlanır ve bu da yaprak alanının azalmasına neden olur (Taiz ve ark., 2012). Bu durumda maya ve yosun uygulamalarının RWC oranını koruyucu olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

### Korelasyon matrisi analizi

Araştırmada incelenen parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 7'de sunulmuştur. Korelasyon katsayısı (pozitif veya negatif) renk anahtarında gösterildiği gibi sanal renkle temsil edilmektedir. Korelasyon katsayısı 1'e yaklaştıkça kırmızımsı, -1'e yaklaştıkça mavimsi renkte görülmektedir. İncelenen parametreler arasındaki  $p \leq 0.01$  düzeyinde en yüksek korelasyon katsayıları sırasıyla ABTS ile TFB ( $R=0.995$ ), CAT ile ABTS ( $R=0.990$ ), CAT ile TFB ( $R=0.989$ ), RWC ile klorofil-b ( $R=0.979$ ) arasında tespit edilmiştir (Şekil 7).

	TFB	EC <sub>50</sub>	ABTS	Karotenoid	Klorofil-a	Klorofil-b	CAT	APX	SOD	RWC	YSP
TFB	1										
EC <sub>50</sub>	-0.912*	1									
ABTS	0.995**	-0.940**	1								
Karotenoid	-0.534	0.323	-0.541	1							
Klorofil-a	-0.459	0.197	-0.446	0.952**	1						
Klorofil-b	-0.552	0.345	-0.558	0.908*	0.933**	1					
CAT	0.989**	-0.930**	0.990**	-0.555	-0.486	-0.566	1				
APX	0.923**	-0.728	0.878*	-0.432	-0.422	-0.431	0.888*	1			
SOD	0.949**	-0.819*	0.922**	-0.500	-0.486	-0.484	0.954**	0.960**	1		
RWC	-0.603	0.446	-0.624	0.895*	0.865*	0.979**	-0.611	-0.425	-0.479	1	
YSP	0.0006	0.021	0.060	-0.602	-0.527	-0.680	0.008	-0.252	-0.210	-0.743	1



Şekil 7. İncelenen parametrelerin verileri arasındaki korelasyon matrisi analizi. TFB: Toplam fenolik bileşik, CAT: Katalaz, SOD: Süperoksit dismutaz, APX: Askorbik peroksidaz, RWC: Bağlı su içeriği, YSP: Yaprak su potansiyeli. Korelasyon değerleri -1 (mavi renkte) ile 1 (kırmızı) arasında değişmektedir. "\*"  $p \leq 0.05$  düzeyinde, "\*\*" ise  $p \leq 0.01$  düzeyinde anlamlı farklılıkları göstermektedir

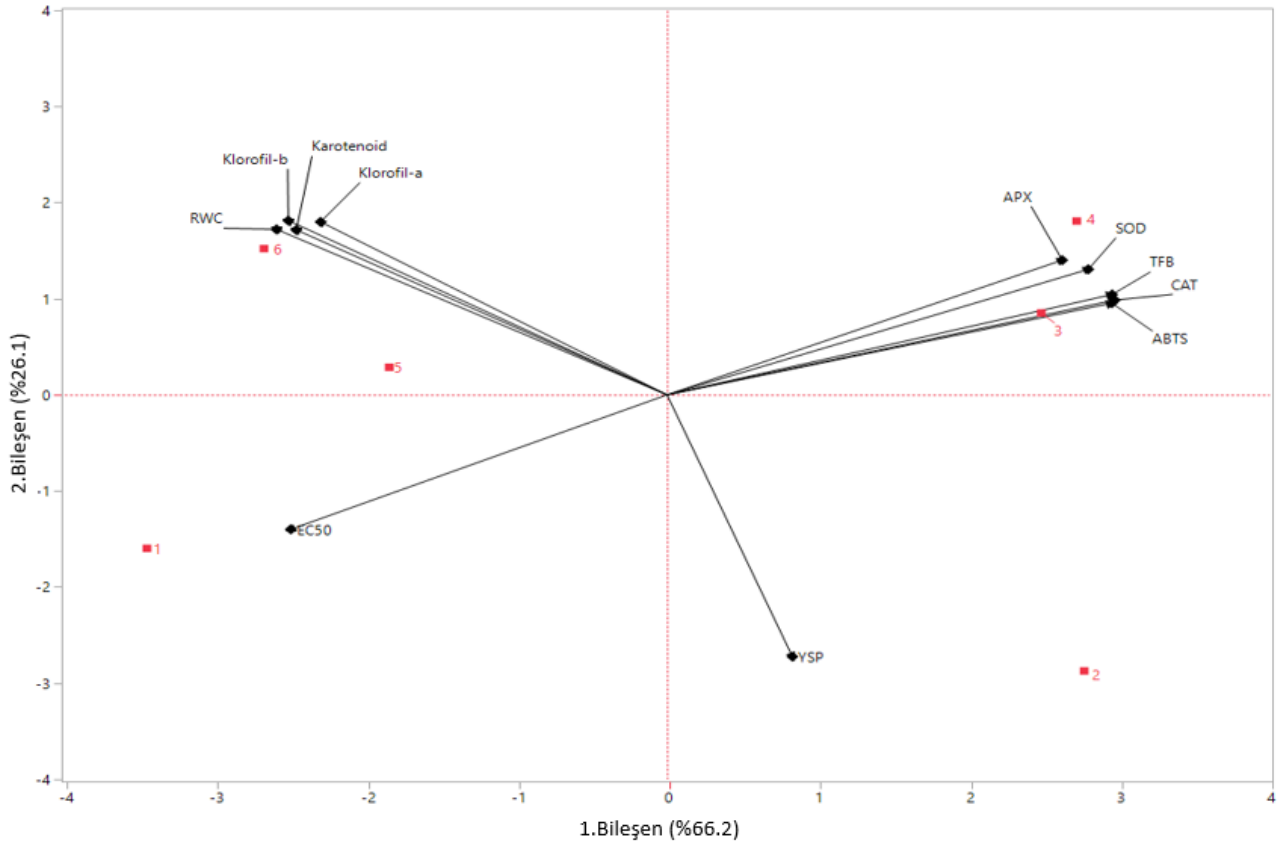
Figure 7. Correlation matrix analysis between the data of the studied parameters. TFB: Total phenolic compound, CAT: Catalase, SOD: Superoxide dismutase, APX: Ascorbic peroxidase, RWC: Relative water content, YSP: Leaf water potential. Correlation values range from -1 (blue) to 1 (red). "\*" indicates significant differences at  $p \leq 0.05$  level and "\*\*" indicates significant differences at  $p \leq 0.01$  level

Klorofil-a, klorofil-b ve karotenoid arasında, APX ile TFB arasında, SOD aktivitesi ile TFB, ABTS, CAT ve APX arasında da pozitif korelasyonlar mevcuttur ( $p \leq 0.01$ ). Ayrıca EC<sub>50</sub> ile ABTS ( $R=-0.940$ ) ve CAT ( $R=-0.930$ ) arasında da 0.02 anlamlılık seviyesinde negatif korelasyon ilişkisi vardır. EC<sub>50</sub> TFB ile negatif korelasyon göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ), çünkü EC<sub>50</sub> değeri yükseldikçe antioksidan aktivite yükselmektedir. Benzer negatif ilişki SOD aktivitesi ile de mevcuttur. Klorofil-b ile karotenoid, APX ile ABTS ve CAT, RWC ile de karotenoid ve klorofil-b düzeyleri arasında da korelasyon

saptanmıştır ( $p \leq 0.05$ ). Benzer sonuçlar önceki araştırmalarda da bildirilmiştir (Alonso ve ark., 2002; Król ve ark., 2014; Król ve ark., 2015; Torres ve ark., 2015).

### Temel bileşen (PCA) analizi

Kontrol (1), tuz stresi (2), tuz stresine karşı maya uygulaması (3), tuz stresine karşı deniz yosunu uygulaması (4), sadece maya uygulaması (5) ve sadece yosun uygulamasının (6) çalışılan değişkenler ile arasındaki etkileşimi değerlendirmek amacıyla Temel Bileşen Analizi (PCA) yapılmış ve Şekil 8' de sunulmuştur. 6 uygulamadan oluşan bir veri seti ve 11 değişken kovaryans matrisi kullanılarak analiz edilmiştir. PCA sonuçları toplam varyansın %100'ünü açıklayan beş bileşenli bir model ortaya koymuştur. Birinci temel bileşen toplam veri varyansının %66.2' sini açıklarken, diğer bileşenler sırasıyla %26.1, %5.94, %1.17 ve %0.59' unu açıklamıştır. Bireysel yükler 4. uygulamanın 1. ve 2. bileşenler üzerinde en yüksek yüklerle sahip olduğunu göstermiştir ve bu durum bu bileşenlerle pozitif bir korelasyona işaret etmektedir. Bu yüklerle dayanarak 4. uygulama olan YT değişkeninin her iki bileşen boyunca verilerdeki varyasyonu açıklamada önemli olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 8. Tüm verilerin Temel Bileşen Analizi (PCA) için puanların ve yüklerin biplotu, ilk iki bileşene göre yüklerin dağılımını göstermektedir. Değişkenlere ait çizgilerin uzunluğu katkı gücünü ifade etmektedir. TFB: Toplam fenolik bileşik, CAT: Katalaz, SOD: Süperoksit dismutaz, APX: Askorbik peroksidaz, RWC: Bağıl su içeriği, YSP: Yaprak su potansiyeli

Figure 8. Biplot of scores and loadings for Principal Component Analysis (PCA) of all data, showing the distribution of loadings according to the first two components. The length of the lines for the variables indicates the strength of contribution. TFB: Total phenolic compound, CAT: Catalase, SOD: Superoxide dismutase, APX: Ascorbic peroxidase, RWC: Relative water content, YSP: Leaf water potential



3. uygulama olan MT her iki bileşen üzerinde pozitif, 5. uygulama (M) ve 6. uygulama (Y) 2. bileşen üzerinde pozitif, 1. bileşen üzerinde negatif yüklere, kontrol (K) 1. bileşen üzerinde negatif, 2. bileşen üzerinde pozitif yüklere ve son olarak 2. uygulama (T) 1. bileşen üzerinde pozitif, 2. bileşen üzerinde negatif yüklere sahiptir. APX, SOD, TFB, CAT ve ABTS değişkenlerinin 1. bileşen üzerinde yüksek pozitif yüklere sahip olması, birinci temel bileşenle güçlü bir ilişki olduğunu ve bu boyut boyunca verilerdeki varyasyonu açıklamada önemli olduklarını göstermektedir. YSP değişkeninin 1. bileşen üzerinde orta derecede pozitif, ikinci bileşen üzerinde negatif yüke sahip olup, ikinci bileşen boyunca verilerdeki varyasyonu açıklamada önemli olduğunu göstermektedir. RCW, klorofil-a, klorofil-b ve karetonoid değişkenleri birinci bileşenle yüksek negatif yüke sahiptir ve bu bileşen boyunca negatif ilişki bulunmaktadır. EC<sub>50</sub> değişkeni birinci bileşenle yüksek negatif yüke sahiptir ve bu bileşen boyunca negatif ilişki bulunmaktadır. PCA grafiğindeki bileşenler arasında açılar ve bileşenler arasındaki ortak yönler orijinal değişkenler arasındaki korelasyonun yoğunluğu hakkında bilgi vermektedir. Daha dar açılar, daha yüksek korelasyonu gösterirken, daha geniş açılar daha düşük korelasyonu gösterir bir diğer ifade ile benzer gözlemler genellikle birbirlerine yakın konumlandırılır. Buna göre ABTS, CAT, TFB değişkenleri birbirleri ile yüksek pozitif korelasyona sahiptir. Aynı şekilde RCW, klorofil-a, klorofil-b ve karetonoid değişkenleri de benzer özellikleri göstermiştir. Diğerleri ile en yüksek negatif korelasyon EC<sub>50</sub> ve YSP değişkenlerinde mevcuttur. Bu sonuç her iki değişkenin de “-” olarak ifade edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak; bağcılıkta tuz stresi, iklim değişikliğinin yanı sıra toprağın veya sulama suyunun yüksek tuz içeriği ile ilişkili olarak büyüme ve gelişme üzerinde olumsuz etkileriyle karşılaşılan bir sorundur. Genel büyüme ve gelişmenin her aşamasında etkileri olan tuz stresinin sonuçta verim ve kaliteyi azaltmakta olduğu bilinmektedir. Bağcılıkta tuz stresinin kontrol altında tutulması ve olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi önemlidir. Biyostimülant kullanımı bitkilerin tuz stresi altında daha iyi performans göstermelerine yardımcı olabilecek bir yöntemdir. Tuz stresi, bitkilerde oksidatif stresi artırabilir. Biyostimülant kullanımı araştırma sonuçlarında da tespit edildiği üzere antioksidan aktivitede de artış yaratarak, bitkilerin tuz stresi sonucu artan oksidatif stresle başa çıkmalarına yardımcı olabilmektedir. Araştırmada çalışılan iki farklı biyostimülanttan deniz yosunu olan *Ascophyllum nodosum*'un tuz stresine karşı daha yüksek potansiyel koruma sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Biyostimülant olarak kullanılan mayanın da tuz stresine karşı fotosentetik pigment, fenolik içerik ve antioksidan aktivite ve enzimler de artış yaratarak savunma mekanizmasına yardımcı olabileceği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, çevre dostu stratejilerin geliştirilmesini teşvik eden maya ve deniz yosunu kullanımı, bağcılıkta tuz stresine mücadele ederken önemli bir rol oynayabilir ve bitkilerin daha sağlıklı ve verimli bir şekilde büyümelerini sağlayabilir. Bu nedenle, biyostimülantların detaylı araştırmalara konu olmasının sürdürülebilir bağcılık uygulamaları için önemli olduğu düşünülmektedir.

#### **ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### **ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI**

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

#### **ETİK ONAY BEYANI**

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

**KAYNAKLAR**

- Abbas, M., Anwar, J., Zafar-ul-Hye, M., Iqbal Khan, R., Saleem, M., Rahi, A.A., Danish, S., & Datta, R. (2020). Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars. *Horticulturae*, 6 (2), 28. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6020028>
- Abbasi, H., Jamil, M., Haq, A., Ali, S., Ahmad, R., Malik, Z., & Parveen, Z. (2016). Salt stress manifestation on plants, mechanism of salt tolerance and potassium role in alleviating it: A review. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103 (2), 229-238. <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.030>
- Abdel Latef, A.A.H., Srivastava, A.K., Abdel-Sadek, M.S.A., Kordrostami, M., & Tran, L.S.P. (2018). Titanium dioxide nanoparticles improve growth and enhance tolerance of broad bean plants under saline conditions. *Land Degradation & Development*, 29 (4), 1065-1073. <https://doi.org/10.1002/ldr.2780>
- Alonso, A.M., Guillen, D.A., Barroso, C.G., Puertas, B., & Garcia, A. (2002). Determination of antioxidant activity of wine by products and its correlation with polyphenolic content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, (21), 5832-5836.
- Amarowicz, R., & Weidner, S. (2009). Biological activity of grapevine phenolic compounds. In: Roubelakis-Angelakis KA. (Ed.) *Grapevine molecular physiology and biotechnology*, Springer, New York. pp. 389-405.
- Basile, B., Roupheal, Y., Colla, G., Soppelsa, S., & Andreotti, C. (2020). Appraisal of emerging crop management opportunities in fruit trees, grapevines and berry crops facilitated by the application of biostimulants. *Scientia Horticulturae*, 267, 109330. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109330>
- Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- Bodin, E., Bellée, A., Dufour, M.C., André, O., & Corio-Costet, M.F. (2020). Grapevine stimulation: A multidisciplinary approach to investigate the effects of biostimulants and a plant defense stimulator. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68 (51), 15085-15096. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05849>
- Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9, 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloeppel, J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Correia, S., Santos, M., Glińska, S., Gapińska, M., Matos, M., Carnide, V., Schouten, R., Silva, A.P., & Gonçalves, B. (2020). Effects of exogenous compound sprays on cherry cracking: Skin properties and gene expression. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100 (7), 2911-2921. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10318>
- Cakmak, I., Strbac, D., & Marschner, H. (1993). Activities of hydrogen peroxide scavenging enzymes in germinated wheat seeds. *Journal of Experimental Botany*, 44 (1), 127-132. <https://doi.org/10.1093/jxb/44.1.127>
- De Saeger, J., Van Praet, S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T., & Depuydt, S. (2020). Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal of Applied Phycology*, 32, 573-597. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01903-9>
- Dinis, L.T., Bernardo, S., Conde, A., Pimentel, D., Ferreira, H., Félix, L., Gerós, H., Correia, C.M., & Moutinho-Pereira, J. (2016). Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. *Journal of Plant Physiology*, 191, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.005>
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Duan, D., Fischer, S., Merz, P., Bogs, J., Riemann, M., & Nick, P. (2016). An ancestral allele of grapevine transcription factor MYB14 promotes plant defence. *Journal of Experimental Botany*, 67 (6), 1795-1804. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv569>

- Elansary, H.O., Yessoufou, K., Abdel-Hamid, A.M., El-Esawi, M.A., Ali, H.M., & Elshikh, M.S. (2017). Seaweed extracts enhance salam turfgrass performance during prolonged irrigation intervals and saline shock. *Frontiers in Plant Science*, 8, 830. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00830>
- Food and Agriculture Organization. (March, 2024). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- García-Sánchez, F., Simón-Grao, S., Navarro-Pérez, V., & Alfosea-Simón, M. (2022). Scientific advances in biostimulation reported in the 5th biostimulant world congress. *Horticulturae*, 8 (7), 665. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070665>
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., & Zhang, C. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169 (2), 313-321. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.02.023>
- Gutiérrez-Gamboa, G., Portu, J., Santamaría, P., López, R., & Garde-Cerdán, T. (2017). Effects on grape amino acid concentration through foliar application of three different elicitors. *Food Research International*, 99, 688-692. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.022>
- Gutiérrez-Gamboa, G., Romanazzi, G., Garde-Cerdán, T., & Pérez-Álvarez, E.P. (2019). A review of the use of biostimulants in the vineyard for improved grape and wine quality: Effects on prevention of grapevine diseases. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99 (3), 1001-1009. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9353>
- Gutiérrez-Gamboa, G., & Moreno-Simunovic, Y. (2021). Seaweeds in viticulture: A review focused on grape quality. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 36 (1),9-21. <https://doi.org/10.1051/ctv/20213601009>
- Günes, A., Söylemezoğlu, G., İnal, A., Bağcı, E.G., Çoban, S., & Şahin, O. (2006). Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 110 (3), 279-284. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.07.014>
- Haider, M.S., Jogaiah, S., Pervaiz, T., Yanxue, Z., Khan, N., & Fang, J. (2019). Physiological and transcriptional variations inducing complex adaptive mechanisms in grapevine by salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 162, 455-467. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.03.022>
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 68 (1), 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005>
- Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T., & Okuda, T. (1988). Two new flavonoids and other constituents in licorice root: Their relative astringency as scavenging effects. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 36, 2090-2097.
- Irani, H., ValizadehKaji, B., & Naeini, M.R. (2021). Biostimulant-induced drought tolerance in grapevine is associated with physiological and biochemical changes. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00200-9>
- Isla, R., & Aragüés, R. (2010). Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. *Field Crops Research*, 116 (1-2), 175-183. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.12.008>
- Jiang, M.Y., & Zhang, J.H. (2004). Abscisic acid and anti-oxidant defense in plant cells. *Acta Botanica Sinica-English Edition*, 46, 1-9.
- Jaulneau, V., Lafitte, C., Corio-Costet, M.F., Stadnik, M.J., Salamagne, S., Briand, X., Esquerré-Tugayé, M.T., & Dumas, B. (2011). An *Ulva armoricana* extract protects plants against three powdery mildew pathogens. *European Journal of Plant Pathology*, 131, 393-401. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9816-0>
- Karaçelil, A.A., Küçük, M., Iskefiyeli, Z., Aydemir, S., De Smet, S., Miserez, B., & Sandra, P. (2015). Antioxidant components of *Viburnum opulus* L. determined by on-line HPLC-UV-ABTS radical scavenging and LC-UV-ESI-MS methods. *Food Chemistry*, 175, 106-114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.085>
- Karimi, H.R., & Nasrolahpour-Moghadam, S. (2016). Study of sex-related differences in growth indices and eco-physiological parameters of pistachio seedlings (*Pistacia vera* cv. Badami-Riz-e-Zarand) under salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 202, 165-172. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.003>

- Karimi, R., Ghabooli, M., Rahimi, J., & Amerian, M. (2020). Effects of foliar selenium application on some physiological and phytochemical parameters of *Vitis vinifera* L. cv. Sultana under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 43 (14), 2226-2242.
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386-399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Kirnak, H., Kaya, C., Tas, I., & Higgs, D. (2001). The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. *Plant Physiology*, 27, 34-46.
- Król, A., Amarowicz, R., & Weidner, S. (2014). Changes in the composition of phenolic compounds and antioxidant properties of grapevine roots and leaves (*Vitis vinifera* L.) under continuous of long-term drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36, 1491-1499. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1526-8>
- Król, A., Amarowicz, R., & Weidner, S. (2015). The effects of cold stress on the phenolic compounds and antioxidant capacity of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves. *Journal of Plant Physiology*, 189, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.10.002>
- Martínez-Lorente, S.E., Martí-Guillén, J.M., Pedreño, M.Á., Almagro, L., & Sabater-Jara, A.B. (2024). Higher plant-derived biostimulants: Mechanisms of action and their role in mitigating plant abiotic stress. *Antioxidants*, 13 (3), 318. <https://doi.org/10.3390/antiox13030318>
- Mohammadkhani, N., & Abbaspour, N. (2017). Effects of salinity on antioxidant system in ten grape genotypes. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 8 (1), 2247-2255.
- Mohammadkhani, N. (2018). Effects of salinity on phenolic compounds in tolerant and sensitive grapes. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 64 (2), 73-86. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.64.2.05>
- Monteiro, E., Gonçalves, B., Cortez, I., & Castro, I. (2022). The role of biostimulants as alleviators of biotic and abiotic stresses in grapevine: A review. *Plants*, 11 (3), 396. <https://doi.org/10.3390/plants11030396>
- Møller, I.M., Jensen, P.E., & Hansson, A. (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 459-481. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.58.032806.103946>
- Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22 (5), 867-880. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>
- Oh, M.M., Trick, H.N., & Rajashekar, C.B. (2009). Secondary metabolism and antioxidants are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. *Journal of Plant Physiology*, 166 (2), 180-191. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.04.015>
- Olavarrieta, C.E., Sampedro, M.C., Vallejo, A., Štefelová, N., Barrio, R.J., & De Diego, N. (2022). Biostimulants as an alternative to improve the wine quality from *Vitis vinifera* (cv. tempranillo) in La Rioja. *Plants*, 11 (12), 1594. <https://doi.org/10.3390/plants11121594>
- Parađiković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., & Špoljarević, M. (2019). Biostimulants research in some horticultural plant species-A review. *Food and Energy Security*, 8 (2), e00162. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>
- Portu, J., López, R., Baroja, E., Santamaría, P., & Garde-Cerdán, T. (2016). Improvement of grape and wine phenolic content by foliar application to grapevine of three different elicitors: Methyl jasmonate, chitosan, and yeast extract. *Food Chemistry*, 201, 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.086>
- Rai, A.C., Singh, M., & Shah, K. (2012). Effect of water withdrawal on formation of free radical, proline accumulation and activities of antioxidant enzymes in ZAT12-transformed transgenic tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 61, 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.09.010>
- Salachna, P., Grzeszczuk, M., & Wilas, J. (2015). Total phenolic content, photosynthetic pigment concentration and antioxidant activity of leaves and bulbs of selected *Eucomis* L'Hér. taxa. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24, 4220-4225.



- Salvi, L., Brunetti, C., Cataldo, E., Storchi, P., & Mattii, G.B. (2020). Eco-physiological traits and phenylpropanoid profiling on potted *Vitis vinifera* L. cv Pinot noir subjected to *Ascophyllum nodosum* treatments under post-veraison low water availability. *Applied Sciences*, 10 (13), 4473. <https://doi.org/10.3390/app10134473>
- Secco, S., Mattii, G. B., Salvi, L., & Cataldo, E. (2015). Use of natural biostimulants to improve the quality of grapevine production: first results. In *II World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture*, 1148 (pp. 77-84). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1148.9>
- Shukla, P.S., Mantin, E.G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, 10, 462648. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>
- Singleton, V.L., & Rossi, J.J.A. (1965). Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Smith, S.E., & Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. Academic Press, London, UK.
- Solecka, D., & Kacperska, A. (2003). Phenylpropanoid deficiency affects the course of plant acclimation to cold. *Physiologia Plantarum*, 119 (2), 253-262. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00181.x>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2012). *Plant Physiology*. Sinauer Associates Inc., Publishers, Sunderland, MA, pp. 759.
- Tariq, M., Khan, A., Asif, M., Khan, F., Ansari, T., Shariq, M., & Siddiqui, M.A. (2020). Biological control: A sustainable and practical approach for plant disease management. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 70 (6), 507-524. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1784262>
- Taskos, D., Stamatiadis, S., Yvin, J.C., & Jamois, F. (2019). Effects of an *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract on grapevine yield and berry composition of a Merlot vineyard. *Scientia Horticulturae*, 250, 27-32. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.030>
- Tavakkoli, E., Fatehi, F., Coventry, S., Rengasamy, P., & McDonald, G.K. (2011). Additive effects of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions on barley growth under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 62 (6), 2189-2203. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq422>
- Topuz, H., Keskin, N., Kiraz, M.E., Tarım, G., Topuz, F., Ozel, N., & Kaya, O. (2023). Effect of foliar spraying of *Ascophyllum nodosum* extracts on grape quality of 'Tarsus Beyazı'. *Erwerbs-Obstbau*, 65 (6), 1873-1879. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00755-x>
- Torres, N., Goicoechea, N., & Antolín, M. C. (2015). Antioxidant properties of leaves from different accessions of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo after applying biotic and/or environmental modulator factors. *Industrial Crops and Products*, 76, 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.093>
- Traon, D., Amat, L., Zotz, F., & du Jardin, P. (2014). A legal framework for plant biostimulants and agronomic fertiliser additives in the EU-report to the European Commission, DG Enterprise & Industry.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (Mart, 2024). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
- Ullah, A., Bano, A., & Khan, N. (2021). Climate change and salinity effects on crops and chemical communication between plants and plant growth-promoting microorganisms under stress. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 618092. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.618092>
- Van Oosten, M.J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
- Verkleij, F.N. (1992). Seaweed extracts in agriculture and horticulture: A review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 8 (4), 309-324. <https://doi.org/10.1080/01448765.1992.9754608>
- Webb, L.B., Watterson, I., Bhend, J., Whetton, P.H., & Barlow, E.W.R. (2013). Global climate analogues for winegrowing regions in future periods: Projections of temperature and precipitation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19 (3), 331-341. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12045>

- Yakhin, O.I., Lubyanov, A.A., Yakhin, I.A., & Brown, P.H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
- Zagzog, O., & Qaoud, E.S. (2023). Effect of foliar spray seaweed and amino acid on growth and yield of Arra 15 and Arra 20 grapevines cultivars. *Journal of Productivity and Development*, 28 (4), 213-228. <https://doi.org/10.21608/JPD.2023.338223>
- Zarraonaindia, I., Cretazzo, E., Mena-Petite, A., Díez-Navajas, A.M., Pérez-López, U., Lacuesta, M., Pérez-Álvarez, E. P., Puertas, B., Fernandez-Diaz, C., Bertazzon, N., & Cantos-Villar, E. (2023). Holistic understanding of the response of grapevines to foliar application of seaweed extracts. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1119854. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1119854>
- Zodape, S.T., Gupta, A., Bhandari, S.C., Rawat, U.S., Chaudhary, D.R., Eswaran, K., & Chikara, J. (2011). Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70, 215-219.