MJAVL
Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences
ISSN 1694-7932 | e-ISSN 1694-7932
Volume 13 (Issue I) (2023) Pages 31-39

Domates Yetiştiriciliğinde Tuz Stresinin Olumsuz Etkilerine Karşı Kitosan Uygulaması

Hüseyin BULUT[1 *] **Halil İbrahim ÖZTÜRK**[1]

[1] Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Bölümü, Erzincan, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar: huseyinbulut@erzincan.edu.tr

ÖZET

Küresel düzeyde meydana gelen iklim değişiklikleri, savaşlar, nüfus artışı, tarım arazilerindeki azalma gibi nedenlere toprak tuzluluğu da eklenince üretim verimliliği giderek önem kazanmıştır. Tuzluluk bitki gelişmesini önemli derecede etkilemektedir. Bundan dolayı bu konuda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bitki gelişimini tuz stresinden korumak için organik çözümlere odaklanılmıştır. Bu çalışmada domates fidelerinde tuz stresini hafifletmek için kitosan biyopolimeri uygulanmıştır. Tuz stresine karşı bitki savunma refleksleri Süperoksit Dismutaz (SOD), Katalaz (CAT) ve Malondialdehit (MDA) enzim seviyelerindeki değişim ile incelenmiştir. Tuz stresi için uygulanan kitosanın anlamlı derecede SOD, CAT ve MDA enzim seviyelerini etkilediği tespit edilmiştir. Kitosanın abiyotik streslerden korunmak için kullanışlı ve makul bir araç olduğu ifade edilebilir. Ayrıca enzim değerlerinin bitkilerde strese neden olan etkenlerin tespitinde ve bitkisel yanıt mekanizmalarının aydınlatılmasında kullanışlı olduğu belirlenmiştir.

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş: 27.04.2023

Kabul: 12.06.2023

Anahtar kelimeler:

Abiyotik stres, CAT, MDA, SOD, Solanum lycopersicum L.

Chitosan Application Against the Negative Effects of Salt Stress in Tomato Cultivation

ABSTRACT

Production efficiency has become increasingly important when soil salinity is added to causes such as climate changes, wars, population growth, and a decrease in agricultural lands. Salinity significantly affects plant growth. Therefore, studies on this subject have intensified. Organic solutions are focused on protecting plant growth from salt stress. In this study, chitosan biopolymer was applied to alleviate salt stress in tomato seedlings. Plant defense reflexes against salt stress were investigated by changes in the enzyme levels of Superoxide Dismutase (SOD), Catalase (CAT), and Malondialdehyde (MDA). It was determined that chitosan applied for salt stress significantly affected SOD, CAT, and MDA enzyme levels. It can be stated that chitosan is a valuable and reasonable tool for protection from abiotic stresses. In addition, it has been determined that enzyme values are helpful in determining the factors that cause stress in plants and in elucidating the vegetative response mechanisms.

ARTICLE INFO

Research article

Received: 27.04.2023
Accepted: 12.06.2023

Keywords:
Abiotic stress, CAT, MDA, SOD, Solanum lycopersicum L.

To Cite: Bulut, H., & Öztürk, HI (2023). Chitosan Application Against the Negative Effects of Salt Stress in Tomato Cultivation. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences , 13*(1), 31-39. https://doi.org/10.53518/mjavl.1288502

GİRİŞ

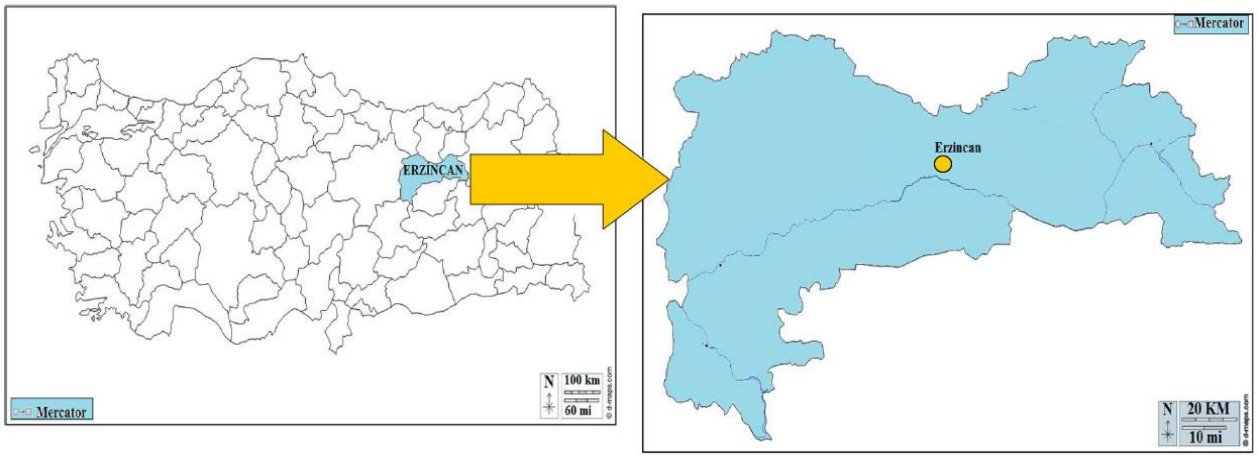
Domates (*Solanum lycopersicum* L.), tüm dünyada en besleyici, ekonomik açıdan önemli olan ve yaygın olarak tüketilen sebzelerden biridir (Malafaia ve ark. 2013; Li ve ark. 2018). Domates zengin bir karbonhidrat, protein, vitamin, mineral, karotenoid ve fenilpropanoid kaynağı olduğundan talep her geçen gün artmaktadır (Siegel ve ark. 2014; Rendina ve ark. 2019). Dünya nüfusu hızla artmakta olup, 2050 yılına kadar 9.7 milyara ulaşması öngörülmektedir. Ancak kentleşme, çölleşme ve iklim değişiklikleri nedeniyle tarım arazilerinin kaybı durumu daha da zorlaştırmaktadır (Leisner 2020). Bitkisel üretim tuzluluk, kuraklık, sıcaklık ve UV radyasyonu gibi birçok abiyotik stresin dâhil olduğu üretkenliği olumsuz etkileyen farklı çevresel strese maruz kalmaktadır. Dünya genelinde 800 milyon hektardan fazla arazi ekilmekte olup (FAO 2017), tuz ve kuraklık stresi, mahsul verimliliğini etkileyen başlıca çevresel faktörlerdir (Faroq ve ark. 2017). Tuz stresi bitkilerde membran bütünlüğünün azalmasına, enzimatik aktivitelerin değişmesine ve fotosentetik aparatın işlev bozukluğuna neden olur (Chen ve ark. 2019; Alcázar ve ark. 2020). Verim kaybını telafi etmek için genellikle kimyasal gübre uygulamaları yapılmaktadır. Şikimik asit, magnezyum sülfat, salisiklik asit vb. kimyasalların uygulanmasıyla bitki büyümesinin ve domates veriminin arttığı bildirilmiştir (Amri 2013; Manonga ve Kumar 2017; Zehra ve ark. 2017). Ancak kimyasal gübrelerin aşırı uygulanması küresel olarak ciddi bir sorundur (Wang ve ark. 2015). Bitkiler bu gibi durumlarda abiyotik streslere yanıt verirler ve hayatta kalmaları, stresle ilgili süreçlerin zamanında aktivasyonu ile ilişkilidir. Sonraki metabolik ayarlamalar, ozmotik dengesizlik ve fitohormonların sentezi ile başa çıkmak için düşük moleküler ağırlıklı ozmolitlerin (prolin, çözünür şekerler, glisin betain) birikmesine yol açar, böylece iyon toksisitesini, ozmotik stresi sınırlamaya dâhil olan fizyolojik ve metabolik süreçleri ve oksidatif stresi düzenler (Liang ve ark. 2018). Kimyasal gübrelerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerine ilişkin yapılan araştırmalar, daha güvenli, çevre dostu alternatif arayışlarına neden olmaktadır (Saharan ve ark. 2015). Biyopolimerler biyolojik olarak parçalanabildikleri, toksik olmadıkları ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilebildikleri için kimyasal gübrelere bir alternatif oluşturmaktadır (Kheiri ve ark. 2016). Kitin, selülozdan sonra doğada en çok bulunan ikinci biyopolimerdir. Mantarların, kabukluların ve böcek dış iskeletinin hücre duvarlarında bulunur (Santos ve ark. 2020). Kitin, deasetilasyon işlemi ile kitosana dönüştürülür ve β- (1,4) bağlı N-asetil D-glukozamin ve D-glukozamin birimlerinden oluşur. Kitosan, kitinazlar ve glukanazlar gibi savunma ile ilgili enzimlerin üretimi, hücre duvarı bileşimindeki değişiklikler, zar geçirgenliği, iyon akışı vb. dâhil olmak üzere çeşitli savunma reaksiyonlarını indükleyebilen fitopatojenlere karşı bitki koruyucusu olarak kullanılmıştır (Bueter ve ark. 2013; Liu ve ark. 2016; Romanazi ve ark. 2018). Buna ek olarak, kitosanın çeşitli mahsullerde bitki büyümesini ve verimini artırdığı bildirilmiştir (Pichyangkura ve Chandchawan 2015; Mukta ve ark. 2017). Kitosan, bitki yüzeyine kolayca emilir ve tarımsal kimyasalların kontrollü dağılımı için değerli bir taşıyıcı olarak ortaya çıkmıştır (Kashyap ve ark. 2015). Escudero ve ark. (2017), kitosan ile sulanan domates bitkilerinin sürgün ve kök biyokütlesini arttırdığını bildirmiştir. Kitosan mikro partikül uygulamasının domates fidelerinin vejetatif büyümesini arttırdığı Colman ve ark. (2019) tarafından bildirilmiştir. Domatese kitosan-polivinil alkol hidrojel uygulaması, kontrole göre meyve veriminde önemli artış gösterdiği belirtilmiştir (Hipolito ve ark. 2018).

Bu çalışmanın amacı, farklı dozlarda tuz stresine maruz kalan domates fidelerinde Kitosanın etkisi antioksidan enzimler seviyesinde incelenmiştir.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Çalışma, 39.78856100289532, 39.3538486672705 lokasyonunda sera koşullarında Mart-Temmuz 2022 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın yapıldığı bölge şekil 1'de verilmiştir. Denemede Kayra F1 (Anamas Seed Company) domates çeşidi (*Solanum lycopersicum* L.) kullanılmıştır. Fideler, her biri 40 x 40 mm olan 128 oyuklu viollerde, turba (Klasmann TS 1®) ve perlit (Agrobit®) (%60 turba, %40 perlit) karışımı kullanılarak büyütülmüştür. İstenilen büyüklüğe ulaşan fideler Mayıs ayında 20x25 cm ebatlarındaki saksılara aktarılmıştır.



Şekil 1. *Uygulama yapılan bölgenin konumu*

Tuz ve Kitosan Uygulamaları

Bu çalışmada ticari üretim yapan Adaga firmasından temin edilen %95 deasetilasyon dereceli %2 Chitosan® kullanılmıştır. Fideler, farklı dozlarda NaCl (0, 100 ve 200 mM) içeren su ile sulanmıştır. Fidan dikiminden 2 gün sonra tuzluluk uygulamalarına başlanmıştır. NaCl konsantrasyonları, bitkilere ozmotik şoku önlemek için 50 mM'lik artışlarla artırılmıştır. Çalışma boyunca NaCl uygulamasına devam edilmiştir. Kitosan solüsyonu 0, 50, 100 ve 150 ppm'lik dozlar olmak üzere 4 farklı konsantrasyonda hazırlanmış ve ekimden bir gün önce ve daha sonra hasata kadar her hafta düzenli olarak (bitki başına 15 ml) yaprakların üst ve alt taraflarına püskürtülmüştür. Kontrol grubu fidelere yalnızca 0 ppm tuz ve 0 ppm kitosan uygulanmıştır. Uygulamalar 40 gün sonunda tamamlanmıştır. Analiz çalışmaları için fidelerden tesadüfi olarak yaprak örnekleri alınarak ve -80^{0}C de stoklanmıştır.

SOD, CAT ve MDA analizi

Ham enzimler, 50 mmol fosfat tamponu (pH 7.8, 1 mmol L^{-1} EDTA-2Na, 5 mmol L^{-1} $MgCl_2$, %0.3 Triton-X100 ve %1 polivinilpirolidon) uygulanarak çıkarılmıştır. Yaprak numuneleri (0.5 g), önceden soğutulmuş bir ekstraksiyon ortamı ile donmuş bir havanda öğütülmüştür. Homojenatlar 4°C'de 20 dakika 12.000 rpm'de santrifüjlendikten sonra süzüntü, SOD ve CAT aktivitelerinin belirlenmesi için bir enzim ekstraktı olarak elde edilmiştir. SOD (EC 1.15.1.1) ve CAT (EC 1.11.1.6) aktiviteleri sırasıyla Beauchamp ve Fridovich (1971) ve Aebi'ye (1984) göre belirlenmiştir. Malondialdehit (MDA) içeriği, lipit peroksidasyonunu değerlendirmek için Du ve Bramlage'nin (1992) yöntemiyle belirlenmiştir. Yaprak örnekleri (0.5 g), 10 mL %10 Trikloroasetik asit (TCA) içinde homojenleştirilmiştir. Homojenat 4°C'de 4000 rpm'de 10 dakika santrifüjlendiktan sonra süpernatana iki mililitre %0.6 Tiyobarbitürik Asit (TBA) ilave edilmiş ve karışım 100°C'de 15 dakika inkübe edilmiştir. Tüp 4°C'de 10 dakika 4000 rpm'de santrifüj edildikten sonra süpernatanın absorbans değerleri 532, 600 ve 450 nm'de kaydedilmiştir.

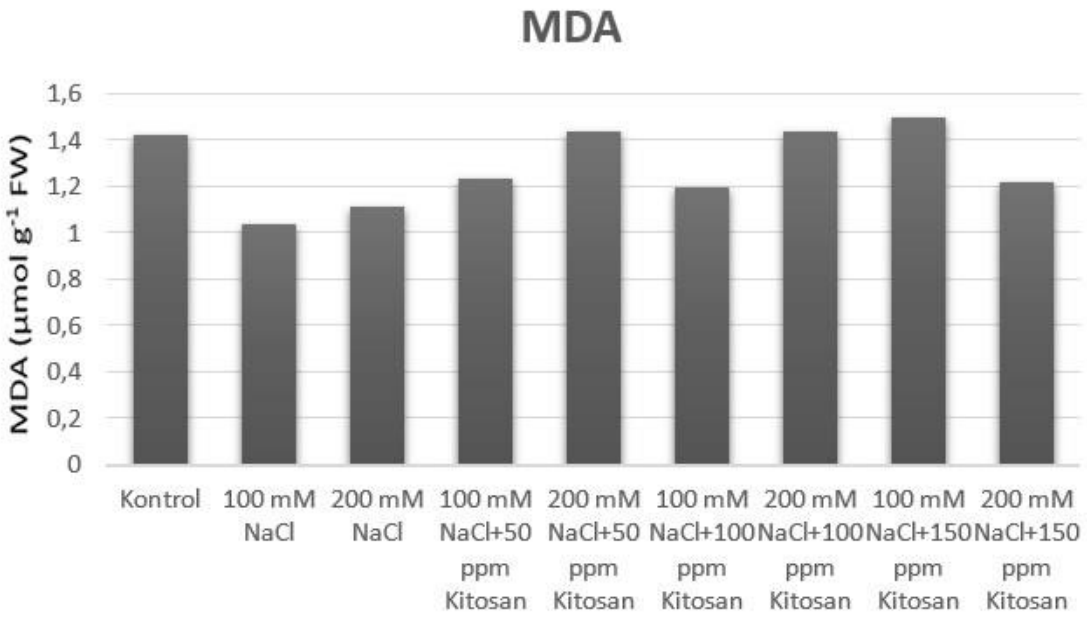
BULGULAR

Domates fidelerinin kontrol, tuz ve tuz-kitosan grubuna ait örneklerinin morfolojik durumu Şekil 2.'de verilmiştir.



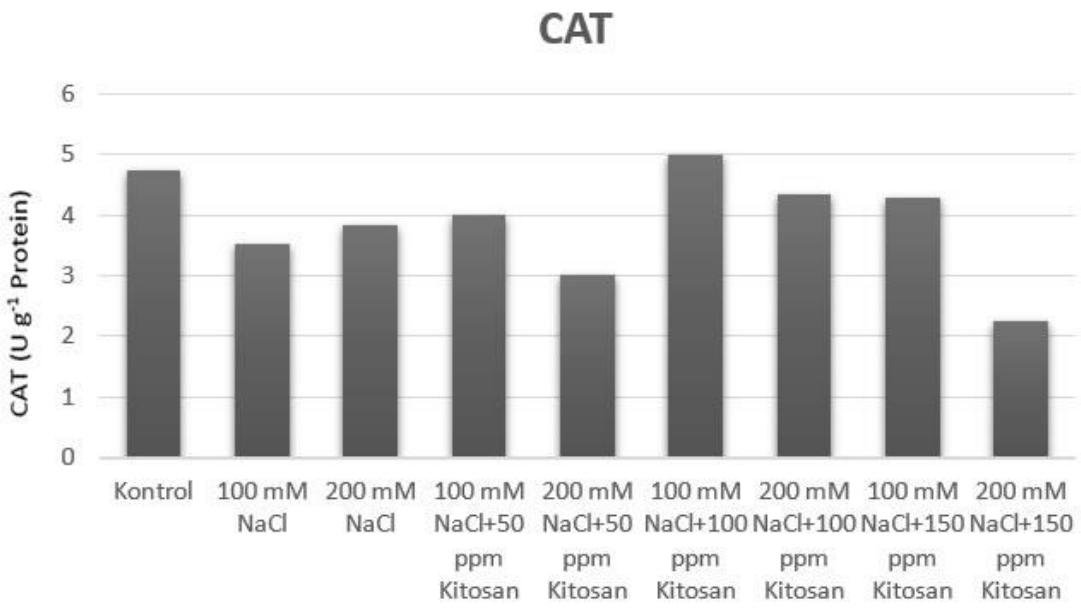
Şekil 2.*Tuz stresi altındaki kitosan ile muamele edilmiş domates bitkileri*

Tuz stresi altındaki domates bitkilerine kitosan uygulamaları sonrasında bitkilerde antioksidan enzim oranları önemli ölçüde değişmiştir. Tuzluluk stresi, bitki hücrelerinde reaktif oksijen türleri (ROS) ve melondialdehit (MDA) birikmesine neden olur. Bu maddelerin artması bitkilerin stresten etkilendiğinin ve zarar gördüğünün bir göstergesidir. Çalışmamızda artan tuz stresi ile MDA düzeyinin arttığı belirlendi. Kitosan uygulamaları sonrasında domates bitkilerinin MDA düzeylerinde azalma olduğu belirlenmiştir. 100 mM Tuz uygulamasında melondialdehit (MDA) değerinin kontrol grubuna göre % 26.6, 200 mM Tuz uygulamasında MDA değerinin kontrol grubuna göre % 21.5, 100 mM Tuz + 50 ppm Kitosan uygulamasında MDA değerinin kontrol grubuna göre % 12.9, 200 mM Tuz + 50 ppm Kitosan uygulamasında MDA değerinin kontrol grubuna göre % 1.08, 100 mM Tuz + 100 ppm Kitosan uygulamasında MDA değerinin kontrol grubuna göre % 15.8, 200 mM Tuz + 100 ppm Kitosan uygulamasında MDA değerinin kontrol grubuna göre % 1.3, 100 mM Tuz + 150 ppm Kitosan uygulamasında MDA değerinin kontrol grubuna göre % 5.2, 200 mM Tuz + 150 ppm Kitosan uygulamasında MDA değerinin kontrol grubuna göre % 14.0 oranında değiştiği tespit edilmiştir. 200 mM Tuz + 50 ppm Kitosan, 200 mM Tuz + 100 ppm Kitosan ve 100 mM Tuz + 150 ppm Kitosan uygulanan fidelerin MDA regülasyonu kontrol grubuna eşdeğerde gerçekleşmiştir. Özellikle 200 mM tuz stresine karşı kitosanın her üç dozunun da etkili olduğu tespit edildi.100 ve 200 mM tuz stresi altında MDA birikimini azaltan en etkili kitosan uygulamasının 150 ppm uygulamaları olduğu belirlendi (Şekil 3).



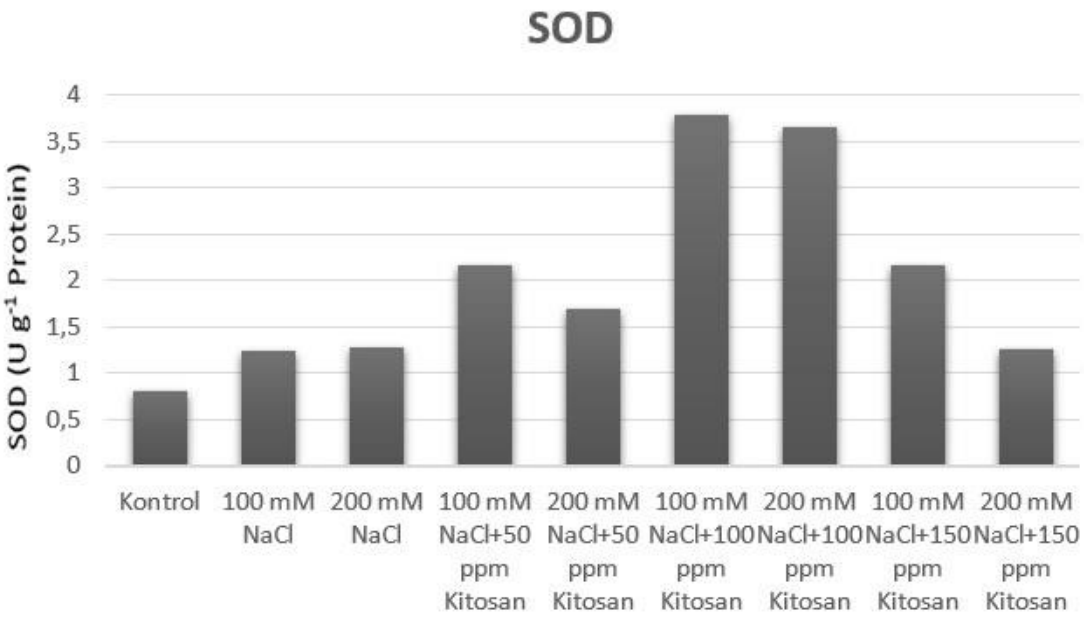
Şekil 3. *Farklı tuz ve kitosan uygulamalarının melondialdehit (MDA) düzeyine etkisi*

100 mM Tuz uygulamasında Katalaz (CAT) değerinin kontrol grubuna göre % 25.8, 200 mM Tuz uygulamasında CAT değerinin kontrol grubuna göre % 19.3, 100 mM Tuz + 50 ppm Kitosan uygulamasında CAT değerinin kontrol grubuna göre % 15.7, 200 mM Tuz + 50 ppm Kitosan uygulamasında CAT değerinin kontrol grubuna göre % 36.4, 100 mM Tuz + 100 ppm Kitosan uygulamasında CAT değerinin kontrol grubuna göre % 5.23, 200 mM Tuz + 100 ppm Kitosan uygulamasında CAT değerinin kontrol grubuna göre % 8.31, 100 mM Tuz + 150 ppm Kitosan uygulamasında CAT değerinin kontrol grubuna göre % 9.47 ve 200 mM Tuz + 150 ppm Kitosan uygulamasında CAT değerinin kontrol grubuna göre % 52.5 oranında regülasyonunu etkilediği tespit edildi. 100 ppm kitosan uygulamalarının kontrol grubu fidelerdeki CAT enzimi regülasyonuna yakın olduğu yani 100 ppm kitosan uygulamasının CAT regülasyonu üzerinde aktif etki yaptığı tespit edildi makul bir seviye olduğu anlaşılmaktadır. 50 ppm ve 150 ppm kitosan uygulamaları da CAT regülasyonunda etkili olduğu belirlendi. Diğer antioksidan enzimler gibi stres koşullarında kitosan uygulamaları sonrasında domates fidelerinde CAT aktivitesinin arttığı belirlendi. Her iki tuz konsantrasyonunda da CAT enzim aktivitesini artırmada en etkili kitosan uygulamasının 100 ppm uygulaması olduğu belirlendi (Şekil 4).



Şekil 4. *Farklı tuz ve kitosan uygulamalarının katalaz (CAT) düzeyine etkisi*

Süperoksit dismutaz (SOD), aerobik organizmaların çoğu ve tüm hücre altı bölümlerinde bol miktarda bulunur ve farklı çevresel streslerde ROS ile müdahale edilen oksidatif strese duyarlı çok etkili bir hücre içi enzimatik antioksidan olarak kabul edilir (Zhang ve diğerleri, 2020). Tuz stresi, domates bitkilerinde SOD aktivitesini değiştirir. Çalışmamızda tuz stresine maruz kalan bitkilerin SOD enzim aktivitelerinde azalma olurken, kitosan uygulamaları sonrasında SOD enzim aktivitelerinde genel bir artış olmuştur. 100 mM Tuz uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 56.0, 200 mM Tuz uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 58.9, 100 mM Tuz + 50 ppm Kitosan uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 171.4, 200 mM Tuz + 50 ppm Kitosan uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 110.3, 100 mM Tuz + 100 ppm Kitosan uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 375.3, 200 mM Tuz + 100 ppm Kitosan uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 358.4, 100 mM Tuz + 150 ppm Kitosan uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 170.3, 200 mM Tuz + 150 ppm Kitosan uygulamasında SOD değerinin kontrol grubuna göre % 56.9 oranında değiştiği tespit edildi. 100 ppm kitosan uygulamalarının SOD regülasyonunda bariz artışına neden olduğu belirlendi. 50 ppm ve 150 ppm kitosan uygulamaları da SOD regülasyonunda etkili olduğu belirlendi. Her iki tuz konsantrasyonunda da SOD enzim aktivitesini artırmada en etkili kitosan uygulamasının 100 ppm uygulaması olduğu belirlendi (Şekil 5).



Şekil 5. *Farklı tuz ve kitosan uygulamalarının Süperoksit dismutaz düzeyine etkisi*

TARTIŞMA

Tuz ve kuraklık stresleri, mitokondri ve kloroplastta üretilen reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu oksidatif strese yol açmaktadır (Hussain ve ark. 2021). ROS, süperoksit anyonlarını ($O_2 \cdot -$), singlet oksijeni ($1O_2$), hidroksil radikallerini (• OH) ve hidrojen peroksiti (H_20_2) içerir (Mittler ve ark. 2022). Bu ROS türleri, antioksidan enzimler tarafından temizlenir ve bunların birikmesi, bitkinin stres toleransını ve duyarlılığını gösterir (Semida ve ark. 2021). Toprakta bulunan tuz iyonları bitkilerin çimlenme, büyüme ve gelişme dönemlerinde olumsuz etkilere neden olur. Kuraklık ve tuz stresine tepki olarak bitkilerin dış morfolojisinde bir dizi değişiklik meydana gelir. Bitkiler, morfoloji, fizyoloji, hücreler ve moleküller açısından karmaşık ve değişken çevresel stresler altında büyüme ve gelişmeyi sürdürmek için bir dizi tepki geliştirmiştir (Li ve ark. 2016; Zhou ve ark. 2016; Kang ve ark. 2017). Bundan dolayı son zamanlarda bitkilerin stresi tolere etmesi ve bitki savunma mekanizmalarını desteklemek için farklı organik maddeler kullanılmaktadır (Bulut 2020). Bu organik maddelerden birisi de kitosandır. Kitosan bitki büyüme düzenleyicisi ve abiyotik streslere karşı bitkiyi korumak amacıyla da kullanılmaktadır. Bitki hücre veya doku kültürlerinde hızlı bir şekilde üretimin sağlanmasında, verimin artırılmasında ve sekonder metabolitlerin üretilmesinde abiyotik elisitör (uyarıcı) olarak kullanılmaktadır (Hidangmayum ve ark. 2019). Örneğin, *Linum usitatissimum* L.(keten) hücre kültürlerinde kullanılan kitosan (10 mg/L) farmakolojik olarak önemli bir polifenol olan lignan üretimini artırmıştır (Ahmad ve ark. 2019). Yapılan bir diğer çalışmada ise *Solanum tuberosum* L. (patates) bitkisinde kitosanın yapraktan uygulanmasının büyümeye ve kuraklık stresine karşı olan etkileri analiz edilmiş ve sürgün yüksekliğinde gelişme, klorofil, karetoidler, prolin ve total şeker miktarlarında önemli oranda artış olduğu ifade edilmiştir (Muley ve ark. 2019). *Triticum aestivum* L. (buğday) ve *Zea mays* L. (mısır) bitkilerinde tuzluluk stresine karşı, tohumların 3 saat kitosan çözeltisi ile muamele edildikten sonra yetiştirilmeleri, antioksidan enzim aktivitesini ve prolin içeriğini artırarak bitkilerde strese karşı iyileştirici etki gösterdiği belirtilmiştir (Shams 2018).

Bitkilerde reaktif oksijen türlerine karşı bir savunma refleksi olarak antioksidan düzeylerindeki değişim izlenebilir. Tuz stresi uygulamasının SOD, CAT ve MDA enzimlerinin regülasyonunda artışa neden olduğu belirlendi. Tuz stresinin domates fidelerinde enzim aktivitesini etkilediğini ve önemli ölçüde arttırdığını ($P< 0.05$) göstermiştir. Abiyotik stresler, daha yüksek ROS birikimi ile oksidatif stresi tetikler (Chaudhry ve ark. 2021). Bitki hücrelerinde ROS seviyelerini baskılamak için antioksidanların aktivasyonu ile stres koşullarına yanıt verir. Domates ve patates gibi diğer sebze mahsullerinde, çeşitli biyokimyasal ve moleküler çalışmalar, abiyotik streslere uyum sağlayarak çok çeşitli gen fonksiyonlarının indüklenmesini bildirilmiştir (Demirel ve

ark. 2020; Asim ve ark. 2021; Tandra ve ark. 2022). Enzimlerin miktarındaki artış, canlılığı sürdürmek için temizlik genleri olarak tüm stres seviyelerinde ifade edildiğini göstermektedir. Uygulanan kitosan dozlarının enzim değerlerinin regülasyonunu azalttığı belirlendi ($P< 0.05$). Bu da kitosanın tuz uygulamasının domates fidelerinin neden olduğu stresi azalttığını göstermektedir. Her üç dozun da stresin olumsuz etkilerini azaltmada etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, tuz stresinin antioksidan düzeylerinde değişikliklere neden olduğunu belirten çalışmaları desteklemektedir (Murshed ve ark. 2014).

SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen antioksidan enzim değerleri değerlendirildiğinde kitin bileşenlerinden elde edilen kitosan organik takviyesinin özellikle tuz stresini azaltmak için kullanılabileceği öngörülmektedir. Çalışma sonuçlarımız, kitosanın tuz stresinin olumsuz etkilerine karşı makul bir çözüm olabileceğini göstermiştir. Ancak kitosanın etkinliğinin tuz konsantrasyonu arttıkça azaldığı çalışmamızdan elde edilmiştir. Çalışma verilerimiz 150 ppm kitosan uygulamasının tuz stresinin etkisinin azaltılmasında etkili olacağını işaret etmektedir. Farklı stres çalışmalarında, stres düzeyini belirlemek için enzim değerleri kullanılabilir. Çalışmamız iyi tarım uygulamaları açısından üreticilere yol gösterici olacaktır.

ETİK BEYAN

"Domates Yetiştiriciliğinde Tuz Stresini Hafifletmek İçin Organik Takviye : Kitosan" başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel kurallara, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir. Bu araştırma doküman analizi ve betimsel incelemeye dayalı olarak yapıldığından etik kurul kararı zorunluluğu bulunmamaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

YAZAR KATKISI

HB, çalışmayı tasarlayıp denemeyi kurmuştur. HİÖ, HB'un danışmanlığında uygulamaları yapmıştır. HB, makaleyi yazmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenen FBA-2021-765 kodlu projeden elde edilmiştir. Yazarlar Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Aebi, H. (1984). B. Isolation, purification, characterization, and assay of antioxygenic enzymes, Catalase in vitro. *Methods in Enzymology, 105*, 121-126

Ahmad, P., Alyemeni, M. N., Abass Ahanger, M., Wijaya, L., Alam, P., Kumar, A. ve Ashraf, M. (2018). Upregulation of antioxidant and glyoxalase systems mitigates NaCl stress in Brassica juncea by supplementation of zinc and calcium. *J. Plant Interact., 13* (x), pp. 151-162, Doi: 10.1080/17429145.2018.1441452

Alcázar, R., Bueno, M. ve Tiburcio, A. F. (2020). Polyamines: small amines with large effects on plant abiotic stress tolerance. *Cells, 9*, p. 2373, doi: 10.3390/CELLS9112373

Amri, S. M. (2013). Improved growth, productivity and quality of tomato plants through application of skimmic acid. Saudi *Journal of Biological Sciences, 20*, pp. 339-345

Asim, A., Gökçe, Z. N. Ö., Bakhsh, A., Çayli, İ. T., Aksoy, E., Çalişkan, S., Çalişkan, M. E. ve Demirel, U. (2021). Individual and combined effect of drought and heat stresses in contrasting potato cultivars overexpressing miR172b-3p. *Turk J. Agric., 45*, 651-668, doi: 10.3906/tar-2103-60

Beauchamp, C. ve Fridovich, I. (1971) Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels. *Analytical Biochemistry, 44*, 276-287. http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8

Buetter, C. L., Specht, C. A. ve Levitz, S. M. (2013). Innate sensing of chitin and chitosan. PLOS Pathogens, 9, Article e1003080

Bulut, H. (2020). Arpada Tuz Stresine Karşı Zingeronun Koruyucu Etkisi . *Journal of the Institute of Science and Technology, 10* (4) , 2932-2942 . DOI: 10.21597/jist.686577

Chaudhry, U. K., Gökçe, Z. N. ve Gökçe, A. F. (2020). Effects of salinity and drought stresses on the physio-morphological attributes of onion cultivars at bulbification stage. *Int. J. Agric. Biol., 24* , 1681-1689, doi:10.17957/IJAB/15.1611

Chen, D., Shao, Q., Yin, L., Younis ve A., Zheng, B. (2019). Polyamine function in plants: Metabolism, regulation on development, and roles in abiotic stress responses. *Front. Plant Sci., 9*, 1945, doi:10.3389/fpls.2018.01945

Colman, S. L., Salcedo, M. F., Mansilla, A. Y., Iglesias, M. J., Fiol, D. F., Saldana, S. M., …, ve Casalongue, C. A. (2019). Chitosan microparticles improve tomato seedling biomass and modulate hormonal, redox and defense pathways. *Plant Physiology and Biochemistry, 143*, pp. 203-211

Demirel, U., Morris, W. L., Ducreux, L. J., Yavuz, C., Asim, A., Tindas, I., Campbell, R., Morris, J. A., Verrall, S. R., Hedley, P. E. ve Gokce, Z. N. (2020). Physiological, biochemical, and transcriptional responses to single and combined abiotic stress in stress-tolerant and stress-sensitive potato genotypes. Front. Plant Sci., 11 (), p. 169

Du, Z. ve Bramlage. W. J. (1992). Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts. *J. Agric. Food Chem., 40*, pp. 1566-1570

Escudero, N., Lopaz-Moya, F., Ghahrimani, Z., Zavala, E. A., Cordovilla, A., Ibanez, C. R., … ve Luis, V. (2017). Chitosan increases tomato root colonization by Pochonia chlamydosporia and their combination reduces root-knot nematode damage. *Frontiers in Plant Science, 8*, p. 1415

FAO, The Future of Food and Agriculture, Food Agric. Organ. United Nations., 2017, 1–52. 〈 http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf〉 (accessed January 03, 2023).

Farooq, M., Gogoi, N., Hussain, M., Barthakur, S., Paul, S., Bharadwaj, N., Migdadi, H. M., Alghamdi, S.S. ve Siddique, K. H. M. (2017). Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. Plant Physiol. Biochem., 118, pp. 199-217, 10.1016/J.PLAPHY.2017.06.020

Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D. ve Hemantaranjan, A. (2019). Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiology and molecular biology of plants, 25*(2), 313-326.

Hussain, M. I., Elnaggar, A., El-Keblawy, A. (2021). Eco-physiological adaptations of Salsola drummondii to soil salinity: role of reactive oxygen species, ion homeostasis, carbon isotope signatures and anti-oxidant feedback. *Plant Biosyst., 155* (x), pp. 1133-1145

Hipolito, H. H., Morales, S. G., Mendoza, A. B., Ortis, H. O., Pliego, G. C., Maldonado, A. J. (2018). Effects of chitosan-PVA and Cu nanoparticles on the growth and antioxidant capacity of tomato under saline stress. *Molecules (Basel, Switzerland), 23*, p. 178

Kang, L. Y., Lu, Q. S., Shao, H. B. ve Shi, P. (2017). Effects of drought on NDVI of winter wheat growth in Binzhou irrigation region, *Jiangsu J. Agric. Sci., 33*, pp. 83-93

Kashyap, R. L., Xiang, X. ve Heiden, P. (2015). Chitosan nanoparticle based delivery systems for sustainable agriculture. *International Journal of Biological Macromolecules, 77*, pp. 36-51

Kheiri, A., Moosawijorf, S. A., Malipour, A., Saremi, H. ve Nikkhah, M. (2016). Application of chitosan and chitosan nanoparticles for the control of Fusarium head blight of wheat (Fusarium graminearum) in vitro and green house. *International Journal for Biological Macromolecules, 93*, pp. 1261-1272

Leisner, C. P. (2020). Review: climate change impacts on food security- focus on perennial cropping systems and nutritional value. *Plant Sci.*, 293, doi:10.1016/j.plantsci.2020.110412

Li, Y., Wang, H., Zhang, Y. ve Martin, C. (2018). Can the world's favorite fruit, tomato, provide an effective biosynthetic chassis for high-value metabolites?. *Plant Cell Reports, 37*, pp. 1443-1450

Li, X. X., Huang, P., Zhuang, H. D., Du, Y. P. (2016). Research advances of stress tolerance in sweet sorghum, *Jiangsu J. Agric. Sci., 32*, pp. 1429-1433

Liang, W., Ma, X., Wan, P. ve Liu, L. (2018).Plant salt-tolerance mechanism: a review. *Biochem. Biophys. Res. Commun., 495*, pp. 286-291, doi:10.1016/J.BBRC.2017.11.043

Liu, Y., Wisniewski, M., Kennedy, J. F., Jiang, Y., Tang, J. ve Liu, J. (2016). Chitosan and oilgochitosan enhance ginger (Zingiber officinale Roscoe) resistance to rhizome rot caused by Fusarium oxysporum in storage. *Carbohydrate Polymers, 151*, pp. 474-479

Malafaia, C. B., Silva, T. D., Jordao, D. O., Almeida, C. M., Silva, M. L., Corretia, M. T. ve Silva, M. V. (2013). Evaluation of the resistance and differential induction of chitinase in tomato in response to inoculation with Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici. *Journal of Plant Physiology and Pathology, 1* , p. 3

Manonga, T. ve Kumar, A. (2017). Effect of growth promoting and resistance inducing chemicals on yield attributing characteristics of Tomato. *Journal of Pure and Applied Microbiology, 11*, pp. 1479-1485

Mittler, R., Zandalinas, S. I., Fichman, Y. ve Van Breusegem, F. (2022). Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol., 23*, pp. 663-679

Mukta, J. A., Rahman, M., Sabir, A. A., Gupta, D. R., Sunvy, M. Z., … ve Tofazzal Islam, M. (2017). Chitosan as plant probiotics application enhance growth and yield of strawberry. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 11, pp. 9-18

Muley, A. B., Shingote, P. R., Patil, A. P., Dalvi, S. G. ve Suprasanna, P. (2019). Gamma radiation degradation of chitosan for application in growth promotion and induction of stress tolerance in potato (Solanum tuberosum L.). *Carbohydrate polymers, 210*, 289-301.

Murshed, R., Lopez-Lauri, F. ve Sallanon, H. (2014). Effect of salt stress on tomato fruit antioxidant systems depends on fruit development stage. *Physiol Mol Biol Plants. Jan; 20*(1): 15–29.

Pichyangkura, R. ve Chandchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulture, 196*, pp. 49-65

Rendina, N., Nuzzaci, M., Sofo, A., Campiglia, P., Scopa, A., Sommella, E., … ve Manfra, M. (2019). Yield parameters and antioxidant compounds of tomato fruit : the role of plant defence inducers with or without cucumber mosaic virus infection. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 99*, pp. 5541-5549

Romanazi, G., Feliziani, E. ve Sivakumar, D. (2018). Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: eliciting, antimicrobial and film forming properties. *Frontiers of Microbiology, 9*, p. 2745

Saharan, V., Sharma, G., Yadav, M., Choudhary, M. K., Sharma, S. S., Pal, A. (2015). Synthesis and in vitro antifungal efficacy of Cu-chitosan nanoparticles against pathogenic fungi of Tomato. *International Journal for Biological Maromolecule, 75*, pp. 346-353

Santos, V. P., Marques, N. S. S., Maia, P. S. V., Lima, M. A. B., Franco, L. O. ve Takaki, G. M. (2020). Seafood waste as attractive source of chitin and chitosan production and their applications. *International Journal of Molecular Sciences, 21*, p. 4290

Semida, W. M., El-Mageed, A., Taia, A., Abdelkhalik, A., Hemida, K. A., Abdurrahman, H. A., Howladar, S. M., Leilah, A. A. ve Rady, M. O. (2021). Selenium modulates antioxidant activity, osmoprotectants, and photosynthetic efficiency of onion under saline soil conditions. *Agronomy, 11*, p. 855

Shams, P. L. (2018). Effect of chitosan on antioxidant enzyme activity, proline, and malondialdehyde content in Triticum aestivum L. and Zea maize L. under salt stress condition. *Plant Physiology, 9*(1), 2661-2670.

Siegel, K. R., Ali, M. K., Srinivasiah, A., Nugent, R. A. ve Narayan, K. M V. (2014). Do we produce enough fruits and vegetables to meet global health need?. *Plos One, 9*, Article e104059

Tandra, S. Z., Hassan, L., Hannan, A., Jahan, J. ve Sagor, G. H. M. (2022). Screening and biochemical responses of tomato (Lycopersicum esculentum L.) genotypes for salt tolerance. *Acta Physiol. Plant., 44*, pp. 1-13

Wang, M., Chen, Y., Zhang, R., Wang, W., Zhao, X., Du, Y.ve Yin, H. (2015). Effects of chitosan oligosaccharides on the yield components and production quality of different wheat cultivars in northwest China. *Field Crops Research, 172*, pp. 11-20

Zehra, A., Meena, M., Dubey, M. K., Aamir, M. ve Upadhyay, R. S. (2017). Synergistic effects of plant defense elicitors and Trichoderma harzianum on enhanced induction of antioxidant defense system in tomato against Fusarium wilt disease. *Botanical Studies, 58*, p. 44

Zhou, J., Wu, J. C., Du, B. M., Li, P. L. (2016). A comparative study on drought resistances of four species of lianas, *Jiangsu J. Agric. SCI, 32*, pp. 674-679