

MAYA EKSTRAKTI & LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS FERMANTASYON ÜRÜNÜNÜN TUZ STRESİ ALTINDAKİ DOMATES BİTKİLERİNDE (*Solanum lycopersicum* L.) KATALAZ (CAT) VE PEROKSİDAZ (POX) AKTİVİTELERİ VE KLOROFİL FLORESANSINA ETKİLERİ

Necip TOSUN^{1*}, Asuman SAĞLAM²

¹Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı, İzmir; ORCID: 0000-0003-2622-8831

²Dr., İzmir Ziraat Karantina Müdürlüğü, Konak/İzmir; ORCID: 0000-0001-5952-2960

ÖZ

Bu çalışmanın amacı bitki aktivatörünün (maya ekstraktı + *Lactobacillus acidophilus* fermantasyon ürünü) tuz stresi altında bulunan saksı koşullarında yetiştirilmiş domates bitkilerinde etkisini ortaya koymaktır. Çalışmamızda haftada 1 kez toplamda ise 2 kez olmak üzere 600, 900, 1200 µl L⁻¹ konsantrasyonlarda bitki aktivatörü uygulamasından 2 hafta sonra domates bitkileri günlük 100 mM NaCl konsantrasyonunda tuz stresine maruz bırakılmıştır. NaCl uygulamasından 2 hafta sonra domates bitkileri hasat edilmiştir. Sonuç olarak CAT aktivitesi sadece tuz stresi altındaki bitkilerde %52 artış göstermiştir. Benzer şekilde 60, 90 ve 120 ml 100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulamasının kontrol gruplarına göre CAT aktivitesini teşvik ettiği belirlenmiştir. Tuz stresi altında CAT aktivitesindeki en yüksek artış 2.56 kat ile 60 ml 100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulanmış domates bitkilerinde tespit edilmiştir. Tuz stresi POX aktivitesinde önemli bir artışa sebep olmuştur. Ancak 60 ml ve 90 ml 100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulanmış gruplarda bir değişiklik olmamış veya kontrole göre %24 düşüş gerçekleşmiştir. Klorofil floresansı, 60, 90 ve 120 ml/100 L su uygulamalarında paralel olarak artmıştır. ISR-2013 uygulamalarının domates bitkilerinin NaCl stresine karşı korunmasında yararlı olduğu kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki aktivatörü, *Saccharomyces cerevisiae* ekstraktı, enzim aktivitesi, fotosentez, abiyotik stres

THE EFFECTS OF YEAST EXTRACT & FERMENTATION PRODUCT OF LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS ON THE CATALASE (CAT), PEROXIDASE ACTIVITIES (POX) AND CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN TOMATO (*Solanum lycopersicum* L) UNDER SALT STRESS

ABSTRACT

The purpose of this study was to find out whether plant activator (yeast extract + fermentation product of *Lactobacillus acidophilus*) furnish any protection for tomato plants against salt stress (100 mM NaCl) under pot experiment condition. Plant activator was applied once a week totally two weeks at 600, 900, 1200 µl L⁻¹ concentrations. Afterwards, they were exposed to salt stress at a daily concentration of 100 mM NaCl. Tomato plants were harvested 2 weeks after NaCl application. As a result, CAT activity was increased by 52% fold under only salt stress. Similarly, 60, 90 and 120 ml 100 L⁻¹ plant activator treatments also induced CAT activity, as compared to their control groups. However, the highest increase in CAT activity under salt stress was observed in 60 ml 100 L⁻¹ plant activator treated-group by 2.56 fold. Salt stress caused a significant increase in the POX activity of leaves. However, POX activity of 60 and 90 ml 100 L⁻¹ plant activator treated groups did not change or decreased 24%, as compared to their control groups. Chlorophyll fluorescence was increased parallel with plant activator doses at 60, 90, and 120 ml. ISR-2013 treatments proven useful in the protection of tomato plants against NaCl stress.

Keywords: Plant activator, *Saccharomyces cerevisiae* extract, enzyme activity, photosynthesis, abiotic stress

GİRİŞ

Bitkiler tuzluluk, sıcaklık, kuraklık gibi abiyotik ve virüs, bakteri fungus gibi biyotik stres etmenlerine maruz kalmaktadırlar. Bu çevresel stres faktörleri Dünya çapında sorun teşkil etmekte olup bitkilerin sürgün ve kök gelişimini sınırlayarak büyük ölçüde ürün kayıpları ve ekonomik zarara yol açmaktadır. Global iklim değişiklikleri abiyotik ve biyotik faktörlere maruziyeti de arttırmaktadır. Dolayısıyla bu durum bitkilerin farklı stres koşullarında yanıtını

anlamak ve mücadelesini belirlemek adına birçok alanda çalışmayı da beraberinde getirmiştir.

Bitkiler iyon akışını değiştirerek, yeni reaktif oksijen türleri (ROS) üreterek, antioksidant sistemi teşvik ederek, fitoaleksin ve stres bağlantılı genleri sentezleyerek bu stres faktörlerinin ölümcül etkilerine karşı kendilerini korumaya almaktadırlar.

Abiyotik stres faktörlerinden tuzluluğun bitkiler üzerine etkisi ozmotik stres, iyon toksisitesi, mineral alımında yetersizlik, fizyolojik ve biyokimyasal pertürbasyonlar ve benzer diğer abiyotik stres

*Sorumlu yazar / Corresponding author: neciptosun@hotmail.com

şeklinde olmaktadır. Tuzluluk, süper oksitler (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikalleri ($OH^\bullet$) gibi reaktif oksijen türlerinde (ROT) artışa neden olarak oksidatif strese neden olabilmektedir. Bunlar yüksek oranda reaktiftir ve lipid, protein ve nükleik asitleri oksidasyona uğratarak hücrel zarara neden olabilirler. Bitki hücrelerinde yoğun olarak peroksizom, kloroplast, mitokondri, plazma membranı ve hücre dışı bölgelerde üretilen ROT'ler, temel olarak tekli oksijen ($1O_2$), süper oksit anyon radikali (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikalidir ($OH^\bullet$). Bitki hücrelerinde ROT'nin temizlenmesinde karmaşık bir antioksidan ağ görev yapmaktadır ve hücre sinyallerinin gereksinimlerine göre seviyeleri kontrol edilmektedir [17]. Bitkiler bu ROT'ri tarafından meydana getirilen hasarı ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için POX, CAT, SOD, APX, Glutasyon redüktaz (GR) gibi belirli antioksidatif enzimler vasıtasıyla kendilerini savunmaya almaktadırlar [14, 12]. Bu enzimler toksik bileşikler ortadan kaldırmak veya daha az toksik hale metabolize etmekle görevlidirler ve stres koşullarında sentezlenmektedirler. CAT, bitki savunma sisteminde tuz stresine karşı oksidatif stresi tetiklemekte, fotosolunum, purin katabolizması ve yağların β -oksidasyonu ile peroksizomda üretilen H_2O_2 'nin ortadan kaldırılmasında önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda CAT, POXs H_2O_2 'yi detoksifiye eden enzimlerdir.

Tarım alanlarındaki “tuzluluk ve patojen varlığı” bitki gelişimi ve büyümesini etkileyen iki önemli sınırlayıcı faktördür. Dünya’da sulama yapılan toprakların %20’si tuzluluk sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır [13].

Tuzluluk stresinin patojen organizmalarla olan interaksiyonunu engellemek için patojenden arı alanlarda gerçekleştirilen çalışmalardan göz önüne aldığımızda, tuzlu topraklardan daha fazla yararlanabilmek için toprak ıslah çalışmalarının yanı sıra bitkilerin tuz stresini koşullarındaki adaptasyon mekanizmalarının anlaşılması büyük önem taşıdığını görmekteyiz. Tuz stresine karşı toleranslı tür gelişimi konusunda birçok çalışma yapılmaktadır. Bazı türlerin genotipinde gerçek toleransı sağlayan genlerin bulunamaması, bir karakterin birçok gen tarafından kontrol ediliyor olması ve çok sayıda bitkide aynı anda gen taramasının yapılmasındaki zorluklar gibi nedenler bu alanda yapılan çalışmalarda başarı şansını azaltmaktadır [16]. Domates bitkisinin tuza dayanıklı bazı yabancı türleri bulunsun da bu konuda çok hızlı bir gelişme sağlanamamıştır [3, 7, 15].

Yaptığımız araştırmalar bitkilere saldırıdan önce bitkideki savunma mekanizmasını harekete geçiren katalaz ve peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin

üretiminde artışa neden olan bazı bitki aktivatörlerinin varlığını göstermiştir. Bitkilerdeki zararlı organizmalara ve/veya stres koşullarına karşı doğrudan etkili olmayıp bitkilerin doğal savunma sistemini aktive ederek etkili olan ve bu özelliklerden birini veya birkaçını bir arada taşıyan maddeler olan [1] bitki aktivatörlerinin bitkiler üzerindeki koruyucu rolü genelde patojen bağlantılı proteinlerin (PR) neden olduğu enfeksiyonlarla ilgili olarak araştırılmıştır. Buna karşın bitki aktivatörleri bor toksisitesi, kuraklık, tuzluluk, fosfor kilitlenmesi, su stresi gibi abiyotik stres koşullarında bitkinin büyüme fonksiyonlarını etkileyecek sistemleri aktive ederek potansiyel faydalar sağlamaktadır. Bitki aktivatörleri ile abiyotik streslere karşı bitki toleransının artırılması, besin asimilasyonu, toprak verimliliğinin artırılması, su kullanımının daha verimli hale getirilmesi sağlanmaktadır. Aynı zamanda şeker içeriği, renk, tat gibi ürünün kalite özelliklerini iyileştirmektedir [20].

Tüm bu veriler doğrultusunda gerçekleştirdiğimiz çalışmamızın amacı bitki aktivatörünün (maya ekstraktı + *Lactobacillus acidophilus* fermantasyon ürünü) tuz stresini altında bulunan saksı koşullarında yetiştirilmiş domates bitkilerinde etkisini ortaya koymaktır.

MATERYAL VE METOT

Domates (Atack F₁) fideleri Ege Fide firmasından temin edilmiştir. *Saccharomyces cerevisiae* maya ekstraktı & *Lactobacillus acidophilus* fermantasyon ürünü aktif maddelerini içeren ISR-2013 isimli preparat Alltech USA firması tarafından sağlanmıştır. Saksı denemeleri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü seralarında gerçekleştirilmiştir. CAT, POX aktiviteleri ve klorofil floresansı Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü’nden hizmet alınarak belirlenmiştir.

Deneme 8 karakterli ve 10 tekrarlı olarak her bir saksıya 1 adet domates fidesi gelecek şekilde kurulmuştur (Şekil 1). Yaklaşık 3 haftalık domates fidelerinin yapraklarına ve yetiştirildiği saksının toprağına ISR 2013 sprey şeklinde uygulanmıştır. 2 hafta süre ile 60 ml, 90 ml, 120 ml bitki aktivatörü uygulaması devam ettirilmiş ve 3. haftada domates bitkileri günlük 100 mM NaCl konsantrasyonda sulama suyu ile muamele edilerek tuz stresine maruz bırakılmıştır (Çizelge 1). Tuzluluk stresi yaratmak için 0 ve 100 mM NaCl içeren sulama suları sprey şeklinde saksı toprağına verilmiştir. Domates bitkileri NaCl uygulamasından 2 hafta sonra 7 Haziran 2013 tarihinde hasat edilerek -20°C’de derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. Deneme alanından genel görünüm
Figure 1. General view from the trial

Çizelge 1. Domates fidelerinde bitki aktivatörü ve NaCl uygulama dozları ve zamanları

Table 1. Application dosages and time of plant activator and NaCl in tomato seedlings

No	Karakterler Traits	Dozlar Doses	ISR-2013 uygulama zamanı ISR-2013 application time	NaCl uygulama zamanı NaCl application time (14 days)
1	Kontrol (-) Tuz yok Control (-) No salt	Sadece su Water only	-	-
2	ISR-2013	600 µl L ⁻¹	16 Mayıs 2013 23 Mayıs 2013	-
3	ISR-2013	900 µl L ⁻¹	16 Mayıs 2013 23 Mayıs 2013	-
4	ISR-2013	1200 µl L ⁻¹	16 Mayıs 2013 23 Mayıs 2013	-
5	ISR-2013 + NaCl	600 µl L ⁻¹ + 100 mM	16 Mayıs 2013 23 Mayıs 2013	24 Mayıs 2013 7 Haziran 2013
6	ISR-2013 + NaCl	900 µl L ⁻¹ + 100 mM	16 Mayıs 2013 23 Mayıs 2013	24 Mayıs 2013 7 Haziran 2013
7	ISR-2013 + NaCl	1200 µl L ⁻¹ + 100 mM	16 Mayıs 2013 23 Mayıs 2013	24 Mayıs 2013 7 Haziran 2013
8	Kontrol (+) (NaCl uygulanmış) Control (+) (NaCl applied)	100 mM	-	24 Mayıs 2013 7 Haziran 2013

Klorofil floresansı, fotosistem II'nin (PS II) fotosentetik verimliliği portatif bir bitki verimlilik analizörü (Hansatech Inst. Ltd., Norfolk, UK) ile 4 hafta boyunca ölçülmüş ve aktivatör uygulamasının domates bitkilerine kazandırdığı tuz toleransını ortaya koyabilmek için, özellikle fotosistem II'nin (PS-II) fotokimyasal verimi (Fv/Fm) karşılaştırılmıştır. İşlem, domates fidelerine tuz uygulamasının başlatıldığı 0. günden itibaren her bitkide 3. yapraktan itibaren her karakterden 3 tekrerrür alınarak gerçekleştirilmiştir.

Hasat edilen domates bitkilerinden alınan 1 g yaprak örneği, 1 mM EDTA.Na₂ ve %2 (w/v) çözünmez PVPP içeren çok soğuk 50 mM sodyum fosfat tamponu (pH 7.8) ile homojenleştirilmiştir. Tüm ekstraksiyon prosedürü 0-4°C'de

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen homojenatlar, 0°C'de 20 dakika 13.000 g'de santrifüjlenerek süpernatantlar, enzim aktivitesinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Protein konsantrasyonu, standart olarak sığır serum albümini kullanılarak Bradford [5]'e göre belirlenmiştir.

Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) ve Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) aktiviteleri her bitki için en üstündeki 4. yapraktan itibaren tespit edilmiştir. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) aktivitesi H₂O₂ yıkımına yol açan ilk oran ölçülerek tespit edilmiştir [2]. Reaksiyon karışımı 0.05 M Na-phosphate buffer (pH 7) içerisinde %3 H₂O₂ ve 0.1 mM EDTA karışımından oluşmaktadır. H₂O₂'deki düşüş 240 nm'de optical yoğunluktaki ve dakikada µmol olarak tüketilen H₂O₂ hesaplanarak elde edilen aktivitedeki düşüşü beraberinde getirmektedir.

Peroksidaz aktivitesi (POX; EC 1.11.1.7) Herzog ve Fahimi [10]'a göre analiz edilmiştir. Reaksiyon karışımı %50 (w/v⁻¹) jelatin içeren DAB solüsyonu ve 0.15 M Na-phosphate-citrate buffer (pH 4.4) ve %0.6 H₂O₂'den meydana gelmektedir. Absorbans artışı 465 nm'de 3 dakika süre ile kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde tek yönlü ANOVA ve LSD testleri kullanılmıştır. Tüm veriler 3 tekrardan oluşmaktadır ve elde edilen değerler P<0.05'de önemli derecede farklı bulunmuştur.

SONUÇ VE TARTIŞMA

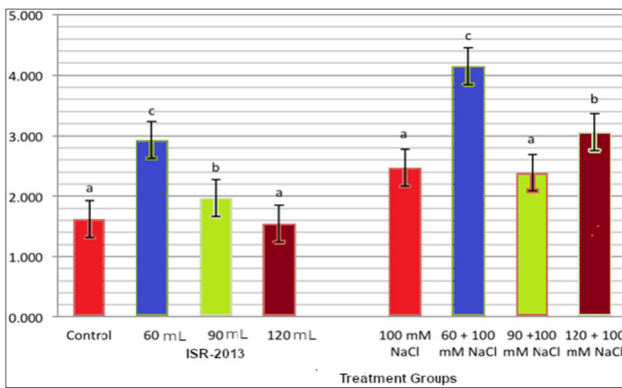
Bitkilerin stres koşullarına karşı kendilerini korumak için savunma mekanizmasında yer alan peroksidaz, öncül bir antioksidant enzimdir. Hidrojen peroksit kullanan veya bozan enzimler olan peroksidazlar insan vücudu da dahil olmak üzere biyolojik sistemlerde bulunur. POD'ın bitkilerde hormonal faaliyet, savunma mekanizmaları, sebze ve meyvelerin yetiştirme dönemleri süresince indoleasetik asit miktarının ayarlanması ve lignin biyosentezi gibi hayati fonksiyonlarda rol aldığı bilinmektedir. Denli ve ark. [8]'a göre POD Stres koşulları olmadıkça bitki tarafından üretilmez ancak stres olursa tepki olarak üretilmektedir. Peroksidaz üretimi için enerji gerekmektedir. Bitkide peroksidaz var ise stres koşulları altında diyebiliriz. Stres koşullarında peroksidaza göre daha az enerji ile üretilen katalaz enzimi de artmaktadır. Katalaz öncül peroksidazı bertaraf ederek savunma sistemini harekete geçirmektedir. Bilindiği üzere tuz klorofil parçalamasına sebep olmakta ve bitkide alışıktığımız yeşil rengi görememekteyiz. Bu durum ATP'nin azalması, aminoasit protein üretiminin durması ve klorofil a, klorofil b ve klorofil c' de yıpranma ve deformasyon sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çalışmada CAT aktivitesinin sadece tuz stresi altındaki bitkilerde %52 artış gösterdiği tespit edildi. Benzer şekilde 60, 90 ve 120 ml/100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulamasının kontrol gruplarına göre CAT aktivitesini teşvik ettiği belirlendi. Tuz stresi altında CAT aktivitesindeki en yüksek artış 2.56 kat ile 60 ml 100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulanmış domates bitkilerinde tespit edilmiştir (Şekil 2).

Tuz stresi POX aktivitesinde önemli bir artışa sebep olmuştur. Ancak 60 ml ve 90 ml 100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulanmış tuz stresi altındaki gruplarda bir değişiklik olmamış veya kontrole göre %24 düşüş gerçekleşmiştir. Diğer taraftan 120 ml 100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulanmış stres altındaki bitkilerin POX aktivitesinde yalnızca 120 ml 100 L⁻¹ bitki aktivatörü uygulanmış bitkilere göre %6 oranında artış tespit edilmiştir (Şekil 3).

Çalışmada tuz stresi ve ISR-2013 uygulamalarının bitki gelişiminde engelleyici etkisi tespit edilmemiştir (Şekil 4, 5, 6, 7, 8). NaCl uygulaması domates bitkilerinin kök ve gövde uzamasını engellemiştir. Tuz stresi altında aktivatör uygulanan bitkilerin kök ve gövde uzunluğunda ise yalnızca NaCl uygulanan kontrol fidelerden daha fazla artış olduğu gözlenmiştir.

Tuz stresi uygulanan kontrol fidelerin PS II veriminde önemli bir azalma meydana gelirken, ISR-2013 uygulamasıyla bu düşüşün azalarak kontrol grubu değerlerini aşmıştır. Bitki aktivatörü uygulamasının, fotosentetik verimde NaCl'in neden olduğu azalmayı önemli oranda iyileştirdiği görülmektedir.



Şekil 2. Tuz stresi altındaki domates bitkilerinde ISR-2013 uygulamalarının katalaz aktivitesine etkisi

Figure 2. The effects of ISR-2013 on catalase activity in tomato seedlings under salt stress

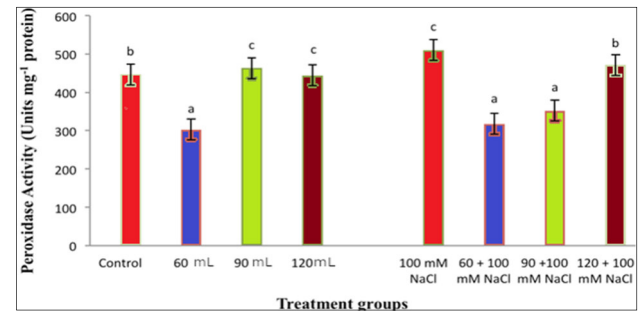
Klorofil floresansı bitki aktivatörü dozundaki artışa paralel olarak sırasıyla 60, 90 ve 120 ml uygulamalarda 36.6, 42.3 ve 48.6 olarak artmıştır. Tuz stresi altında bu oran değişkenlik göstermiş olup

en yüksek 55.5 ünite ile 90 ml bitki aktivatörü + 100 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Klorofil floresansı ortalaması

Table 2. Average number of chlorophyll fluorescence of treated and non-treated plants

Uygulamalar Applications	Klorofil floresansı (ortalama) Chlorophyll fluorescence (mean)
Kontrol (+) / Control (+)	36.9
60 ml ISR 2013	36.6
90 ml ISR 2013	42.3
120 ml ISR 2013	48.6
60 ml ISR 2013 + 100 mM NaCl	29.1
90 ml ISR 2013 + 100 mM NaCl	55.5
120 ml ISR 2013 + 100 mM NaCl	32.4
Kontrol (+) / Control (+)	25.8



Şekil 3. Tuz stresi altındaki domates bitkilerinde ISR-2013 uygulamalarının peroksidaz aktivitesine etkisi

Figure 3. The effects of ISR-2013 on peroxidase activity in tomato seedlings under salt stress



Şekil 4. 600, 900 ve 1200 µl L⁻¹ ISR-2013 uygulanmış domates bitkileri

Figure 4. Tomato plants treated with 600, 900 and 1200 µl L⁻¹ ISR-2013

Bor ve ark. [4]'a göre, iki şeker pancarı varyetesi, *Beta vulgaris* ev. *bianca*, *Beta vulgaris* ev. *ansa* ve bu bitkilerin yabani akrabası, *Beta maritima*'da, tuz stresinin, zamana ve konsantrasyona bağlı çeşitli etkilerini incelemişlerdir. Kültür varyeteleri ile yabani tür arasında, büyüme parametreleri (kök ve gövde), fotosentetik verim, bağıl su içeriği, fotosentetik pigment, protein, prolin, lipid

peroksidasyonu miktarları ve süperoksit dismutaz, peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz ve glutasyon redüktaz gibi antioksidatif enzimlerinin aktivitelerine göre farklılıkların belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada tuzluluk koşullarında yetiştirilen yabani pancar *Beta maritima*'da kültür pancarı *Beta vulgaris*'e göre yüksek oranda CAT, POX, GR, APX antioksidatif enzimler saptanmıştır. Bu sonuçlar, *B.maritima*'nın oksidatif zarara karşı kalıtsal ve indüklenmiş yüksek antioksidant enzim aktiviteleri sayesinde, tuz stresine duyarlı olan şeker pancarı varyeteleri, *B.vulgaris* ev. *bianca* ve *B.vulgaris* ev. *ansa*'dan daha etkili bir korunma mekanizmasına sahip olduğunu gösterilmiştir.



Şekil 5. 600, 900 ve 1200 $\mu\text{L L}^{-1}$ ISR-2013 ve 100 mM NaCl uygulanmış domates bitkileri

Figure 5. Tomato plants treated with 600, 900 and 1200 $\mu\text{L L}^{-1}$ ISR-2013 and 100 mM NaCl



Şekil 6. 100 mM NaCl'de 600 $\mu\text{L L}^{-1}$ ISR-2013 ile muamele edilmiş domates bitkileri

Figure 6. Tomato plants treated with 600 $\mu\text{L L}^{-1}$ ISR-2013 at 100 mM NaCl

Nostar ve ark. [14] yaptıkları çalışmada 50 ve 100 mM NaCl ile muamele edilmiş ve/veya *Pseudoperonospora cubensis* ile bulaşık *Cucumis sativus* L. cvs. Sardes ve Beith Alpha hıyar çeşitlerinde gerçekleştirdikleri çalışmada; her iki çeşidin tuz stresi altında fungus enfeksiyonundan ciddi şekilde etkilendiği ancak cv. Sardes çeşidinde

sürdürülebilir büyüme performansı, daha iyi yaprak su miktarı, düşük peroksidasyon seviyesi tespit edildiğini ortaya koymuşlardır. Bu nisbi toleransın antioksidant enzim aktiviteleri ve proline seviyesinden kaynaklanabilmektedir. Hwang ve ark. [11] ve Cohen ve ark. [6]'nın patojenle inokule edilmiş biber ve domates bitkilerinde gerçekleştirdikleri çalışmada domates bitkilerine uygulanan β -aminobutirik asit aktivatörünün PR proteinlerinin birikimine neden olduğu tespit edilmiştir. Bir bitki aktivatörü olan Crop-Set ile yapılan bir çalışmada domates bitkisinde protein miktarından önemli bir artış elde edilmiştir [6]. Tosun ve ark. [19] yaptıkları çalışmada domateste geç yanıklık hastalığına karşı kullanılan Harpin isimli aktivatör ile toplam protein miktarında artış meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Sekmen ve ark. [16] yaptıkları çalışmada 100 mM NaCl uygulanan domates bitkilerinde, bir bitki aktivatörü olan Stubble-Aid'in büyüme, yaprak oransal su içeriği (RWC), klorofil floresansı (Fv/Fm), stoma iletkenliği ve toplam protein içeriği üzerindeki etkisini araştırmışlar ve bu biyokimyasal parametreler tespit edilerek Stubble-Aid'in domates bitkilerinin tuz stresine karşı toleransını arttırdığını belirlemişlerdir.



Şekil 7. 100 mM NaCl'de 900 $\mu\text{L L}^{-1}$ ISR-2013 uygulanmış domates bitkileri

Figure 7. 900 $\mu\text{L L}^{-1}$ ISR-2013 applied tomato plants at 100 mM NaCl

Bu çalışmada sonuç olarak bitki aktivatörü uygulama dozları klorofil floresansındaki yıkımı minimize etmiş, bitki aktivatörünün (maya ekstraktı + *Lactobacillus acidophilus* fermantasyon ürünü) hem tek başına hem de orta ve yüksek seviyelerde tuz stresi altında bulunan saksı koşullarında yetiştirilmiş domates bitkilerinde POX ve CAT aktivitelerinde ve klorofil floresansında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Bitki gelişiminde engelleyici etki tespit edilmemiştir. Uygulamanın domateste bitki savunma sistemini uyarıcı elisitör olarak görev yaptığı ve potansiyel tuz stresine karşı bitkiyi koruduğunu söyleyebiliriz. Tuzluluğa belirli oranda tolerant ıslah

edilmiş domates çeşitlerinin bitki aktivatörleri ile kullanılmasının pazarlanabilir kalitede ve sürdürülebilir ürün eldesinde çok önemli olacağı bu çalışma ile gösterilmiştir. Ancak, tuz stresi gibi abiyotik stres koşullarının bitkideki zararlarının minimize edilebilmesi için bitki aktivatörlerinin etki mekanizmalarının daha detaylı çalışılması konunun daha iyi anlaşılabilmesi ve pratikte uygulanabilirliği açısından gereklidir.



Şekil 8. Tuz stresi altındaki domates bitkilerinde 1200 µl L⁻¹ ISR-2013 uygulamaları

Figure 8. 1200 µl L⁻¹ ISR-2013 applications in tomato plants under salt stress

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2017. Bitki koruma ürünlerinin ruhsatlandırılması ve piyasaya arzı hakkında yönetmelik. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Sayı:30235 (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/11/20171109-3.htm>; Erişim: Haziran 2022).
2. Bergmeyer N., 1970. Methods of enzymatic analysis. Akademie Verlag. Berlin.
3. Bolarin, M.C., Fernandez, E.G., Cruz, V., Cuartero, J., 1991. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield-salinity responses curves. J. Am. Soc. Hor. Sci. 116:266-290.
4. Bor, M., Özdemir, F., Türkan, I., 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant science 164(1):77-84.
5. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem 72:248-254.
6. Cohen, Y., Niderman, T., Mosinger, E., Fluhr, R., 1994. β -Aminobutyric acid induces the accumulation of pathogenesis-related proteins in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and resistance to late blight infections caused by *Phytophthora infestans*. Plant. Physiol. 104:59-66.
7. Cuartero, J., Yeo, A.R., Flowers, T.J., 1992. Selection of donors for salt tolerance for salt-tolerance in tomato using physiological traits. New Phytol., 121:63-69.
8. Denli, Z., Arabacı, G., 2013. Kiwano (*Cucumis metuliferus*) bitkisindeki peroksidaz enzimleri üzerine amino asit etkisinin incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 18(2):105-109.
9. Foyer, H., Christine, Noctor, G., 2005. Oxidant and antioxidant signaling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context (<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01327.x>).
10. Herzog V, Fahimi H.D., 1973. A new sensitive colorimetric assay for peroxidase using 3,3' diaminobenzidine as hydrogen donor. Anal Biochem 55:554-562.
11. Hwang, K., Sunwoo, J.Y., Kim, Y.J., Kim, B.S., 1997. Accumulation of beta-1,3-glucanase and chitinase isoforms, and salicylic acid in the DL-beta-amino-n-butyric acid-induced resistance response of pepper stems to *Phytophthora capsici*. Physiol. Mol. Plant. Patho., 51:305-322.
12. Mittova, V., Tal, M., Volokita, M., Guy, M., 2003. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in responses to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species. *Lycopersicon pennellii*. Plant Cell Environ 26:845-856.
13. Naing, A.H., Kim, C.K., 2020. Abiotic stress-induced anthocyanins in plants: Their role intolerance to abiotic stresses. Physiologia Plantarum. 2021;172:1711-1723 (doi:10.1111/ppl.13373).
14. Nostar, Ö., Özdemir, F., Bor, M., Türkan, I., Tosun, N., 2013. Combined effects of salt stress and cucurbit downy mildew (*Pseudoperospora cubensis* Berk. and Curt. Rostov.) infection on growth, physiological traits and antioxidant activity in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedling. Physiological and Molecular Plant Pathology 83:84-92 (10.1016/j.pmpp.2013.05.004).
15. Rush, D.W., Epstein E., 1981. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germoplasm into a domestic tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci., 106:699-704.
16. Sekmen, A.H., Demiral, T., Tosun, N., Türküsay, H., Türkan, İ., 2005. Tuz stresi uygulanan domates bitkilerinin bazı fizyolojik özellikleri ve toplam protein miktarı üzerine bitki aktivatörünün etkisi.

- Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 42(1):85-95. ISSN 1018-8851.
17. Torun, H., Ayaz, F.A., 2019. Tuz stresi koşullarında salisilik asidin zamana bağlı uygulanmasının arpa (*Hordeum vulgare*) köklerinin antioksidan savunma sistemi üzerine etkileri. Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji; 8(1):69-84.
18. Tosun, N., Akı, C., Karabay, N.Ü., Türküsay, H., 2001. Domateste kurşuni küfün (*Botrytis cinerea* Pers:Fr) kontrolünde fungusitler ve biyostimülantların etkileri. Türkiye 9. Fitopatoloji Kongresi, 3-8 Eylül 2001, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tekirdağ.
19. Tosun, N., Karabay, N.Ü., Türküsay, H., Akı, C., Turkan, I., Schading, R.L., 2002. The effect of Harpin Eaas plant activator in control of bacterial and fungal diseases of tomato. Proceedings of the Eighth International ISHS symposium on the processing tomato. (September, 2003), Acta Hort. 613.
20. Yüce, H, Tosun, N., Türküsay, H., 2020. Sanayi domatesinde bakteriyel leke (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*) ve geç yanıklık (*Phytophthora infestans*) hastalıklarına karşı farklı ilaçlama programlarının etkinliklerinin araştırılması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2020(Özel Sayı):61-69 (doi:10.20289/zfdergi.822568).