



Tuz Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesi (*Glycine max L.*)' nde Mikoriza Uygulamalarının Bazı Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Erol ORAL^{1*}, Rüveyde TUNÇTÜRK¹, Murat TUNÇTÜRK¹, Lütfi NOHUTÇU¹, Ezelhan ŞELEM²

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Van

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): eroloral@yyu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, soya fasulyesinde (*Glycine max L.*) tuz stresi (kontrol, 50, 100, 150, 200 mM) altında mikoriza uygulamalarının (AMF) bazı biyokimyasal değişiklikler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada uygulanan faktörlerin etkisi doğrultusunda soya fasulyesinde klorofil (32.9-43.0 dx), yaprak alan indeksi (7.2-17.7 cm²), flavonol (0.36-0.70 dx), antosiyanin (0.01-0.03 dx) ve NBI (32.3-47.9 mg g⁻¹) gibi özellikler incelenmiştir. Çalışma sonucunda; tuz stresi altında klorofil, yaprak alan indeksi, azot balans indeksi (NBI) değerleri azalırken, flavonol ve antosiyanin değerleri ise artış göstermiştir. Bu sonuçlara göre tuz stresine karşı AMF uygulamalarının bazı biyokimyasal özellikler üzerinde meydana gelen olumsuz etkiyi azaltıcı ve düzenleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :01.04.2024

Kabul Tarihi :15.05.2024

Anahtar Kelimeler

AMF
biyokimyasal
soya fasulyesi
tuz stresi

Effect of Mycorrhiza Applications on Some Biochemical Properties of Soybean (*Glycine max L.*) Grown under Salt Stress Conditions

Abstract

This study was carried out to determine the effects of mycorrhizal applications (AMF) on some biochemical changes in soybeans (*Glycine max L.*) under salt stress (control, 50, 100, 150, 200 mM). At the end of the research, chlorophyll in soybeans was determined in line with the effects of the applied factors. Properties such as (32.9-43.0 dx), leaf area index (7.2-17.7 cm²), flavonol (0.36-0.70 dx), anthocyanin (0.01-0.03 dx) and NBI (32.3-47.9 mg g⁻¹) were examined. In the results of working, chlorophyll, leaf area index and nitrogen balans index (NBI) values decreased under salt stress, flavonol and anthocyanin values increased. According to these results, it has been determined that AMF applications against salt stress have a regulating and reducing effect on some biochemical properties.

Research Article

Article History

Received :01.04.2024

Accepted :15.05.2024

Keywords

AMF
biochemical
soybean
salt stress

1. Giriş

İnsanoğlu yer yüzünde var olduğu günden beri bitkileri farklı amaçlar için kullanmıştır. Bunlar arasında, hastalıkların tedavisinde, beslenme, barınma, savunma ve ısınma materyali olarak kullanımı en fazla dikkat çekmiştir. Günümüzde ise bu daha bilinçli bir şekilde yapılmakta ve gıda, kozmetik, ilaç, endüstri ve ziraat gibi pek çok alanda bitkiler kullanılmaktadır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Özellikle insan sağlığı göz önünde bulundurularak, yeni beslenme alışkanlıkları içerisinde birçok ürün yer almıştır. Protein oranı oldukça yüksek bir yağ bitkisi olan soya bunlardan biridir (Hartwig ve Kihl, 1979). Gen merkezi Kuzey Çin olan soya (*Glycine max* (L.) Merrill) baklagiller familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Bitki tohumlarında % 18-26 yağ ve % 40 protein içeren soya, insan ve hayvan beslenmesi açısından çok önemli bir yere sahiptir (İlker ve ark., 2010). Ayrıca, dünya yağlı tohum üretiminin % 50'sinden fazlası soya bitkisinden karşılanmaktadır (Arioğlu, 1994). Soya, kolesterol ve doymuş yağlar içermemesi nedeniyle, protein içeriği yüksek kalitede olup, çok yönlü kullanım alanı olan bitkisel gıda maddesidir. Soya yağı, B ve E vitaminleri ile demir, çinko, magnezyum açısından oldukça zengindir. Son 20 yılda uygulanan 2. ürün projesi ile Akdeniz ve Ege Bölgesi'nin sulanabilir alanlarında yetiştirilmeye başlanmış olan soya tarımı günümüzde ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesi'nde yapılmaktadır. Soya üretiminin % 80-85'i Adana ve Osmaniye illerinde tarımı yapılmaktadır. Özellikle üreticilerimizin bu değerli ürünü 2. ürün olarak değerlendirmeleri ve yaygınlaşmasını sağlamaları önem arz etmektedir (Nazlıcan, 2017).

İç ve dış pazarda önemli bir yere sahip olan soya fasulyesi yetiştiriciliğinde kalite ve verim söz konusu olduğunda çevresel faktörlerin bitki üzerine etkilerinin bilinmesi önemlidir. Bitkiler normal yaşam süreçleri içerisinde büyüme ve gelişimlerini olumsuz etkileyen, verimlerini sınırlandıran elverişsiz koşullarla karşılaşabilirler. Bu elverişsiz koşulların oluşmasına neden olan faktörlere 'stres' adı verilmektedir. Bitkisel üretimi etkileyen stres

faktörleri biyotik (bitkiler, funguslar, nematodlar, mikroorganizmalar, hayvanlar, antropojenik etkiler vb.) ve abiyotik stres faktörleri (kuraklık, tuzluluk, yetersiz beslenme, radyasyon, atmosfer kirliliği, yüksek veya düşük sıcaklık, yüksek veya düşük ışık şiddeti vb.) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Büyük ve ark., 2012). Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, bitkisel üretimde, bitkinin yetiştirildiği ortamdaki farklı etmenlerin tohumun çimlenmesinden başlayarak bitki gelişimini ve verimi olumsuz olarak etkilemesine yol açmaktadır. Tuzluluk, tarımsal üretkenliği azaltan ve tarımsal üretim alanlarını sınırlayan önemli bir çevresel etmendir (Rengasamy, 2010). Dünya üzerinde özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde global bir sorun haline gelen tuzluluk problemi tarım arazilerinin % 20'sini tehdit etmekte, önlem alınmaz ise bu oranın önümüzdeki 20 yıl içerisinde % 50'lere ulaşabileceği öngörülmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2013). Tuz stresi bitkilerde besin elementlerinin alınımını sınırlayarak iyon dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Ashraf ve Bhatti, 2000). Toprağın osmotik basıncını artırıp, fizyolojik kuraklığa neden olan tuzluluk (Parida ve Das, 2005), stomaların daralmasına ve bunun sonucunda CO₂ alımını azaltarak fotosentez oranının düşmesine neden olmaktadır. Tuzluluk stresi sonucu serbest oksijen radikallerinin oluşumu artarak (Tambussi ve ark., 2000), membran zararlanması ve lipid peroksidasyonu meydana gelmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Toplam klorofil, prolin, yaprak oransal su içeriği, bitki su tüketimi ve su kullanım randımanı gibi özellikler tuz stresinden olumsuz etkilenmektedir (Öztekin, 2009). Tuzluluk sonucunda, bitkide gelişim ve büyüme gerilemekte, verim düşmekte, çok yüksek konsantrasyonlarda ise bitki ölümleri gerçekleşmektedir. Bitkiler karşılaştıkları stres faktörlerine karşı dayanıklılıklarını arttırmak, canlılıklarını devam ettirebilmek, gelişimlerini sürdürebilmek, nesillerinin devamını sağlayabilmek için yapılarında en az etkilenecek şekilde, anatomik, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler

meydana getirerek uyum mekanizmaları oluşturmaya çalışmaktadır (Öztürk, 2015).

Tuzluluk ile mücadelede mikrobiyal uygulamalar gerek uygulama pratikliği ve etkinliklerinin uzun süreli olması, gerekse de tuza toleransı önemli düzeyde arttırmaları nedeniyle tüm dünyada yaygın olarak tercih edilmektedir. Mikrobiyal uygulamalar içerisinde en etkili alternatiflerden birisi de mikorizadır. Bitkiler doğal yaşamlarında birçok mikroorganizma ile iletişim halindedir ve bazıları ile simbiyotik yaşam sürerler (Smith ve Read, 1997). Bitki kökleri ile simbiyotik ilişki kurabilme yeteneğine sahip olan mikoriza fungusları, bitkiden kendisinin sentezleyemediği karbonhidratları hazır alırken, hifleri sayesinde bitkilerin kök etki alanını genişleterek daha fazla su ve besin elementi alabilmelerine katkı sağlamaktadır (Smith ve Read, 1997).

Mikorizanın olumlu etkisi sadece su ve besin elementlerinin alınımını arttırması olmayıp, bitkilerin abiyotik ve biyotik stres koşullarına toleransını da yükseltmektedir (Ruiz-Lozano, 2003; Carvalho ve ark., 2004). Mikoriza türleri, tuz stresine karşı yaprak alan indeksi, klorofil oranı, flavonol, antosiyanin ve azot balans indeksi içeriğine olumlu katkı yaptığı belirtilmiştir (Ruiz-Lozano, 2003; Çekiç ve ark., 2012).

Bu çalışmada tuzlu koşullarda yetiştirilen soya fasulyesi (*Glycine max* L.)' nde Arbüsküler Mikorizal Fungus (AMF) uygulamalarının bitkide bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkileri belirlenmiştir.

2. Material ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma, 2023 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait tam kontrollü bitki büyütme odasında yürütüldü. Çalışmada, kullanılan tohumlar Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' nden temin edildi.

2.2. Yöntem

Araştırmada, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' nden temin edilen *Glycine max* L. türüne ait yeşilsoy çeşidine ait

tohumlar kullanıldı. AMF izolatu, İran Urmiye Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü' ndeki kültür koleksiyonundan temin edildi. AMF izolatu olarak: *Glomus intraradices* çalışmada kullanıldı. İzolattaki spor sayıları: 455 spor/g inokulum toprağıdır. AMF aşısı, saksılara tohum ekimi sırasında % 20 oranında ilave edildi. Tohumlar, kabuk sterilizasyonunu yapmak amacıyla % 95' lik etanolde 5 dk tutulduktan sonra, % 3' lük hidrojen peroksit ile 5 dk. muamele edilip, distile su ile 6 kez yıkandı (Öğütçü ve ark., 2010). Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre 4 tekrarlamalı planlandı. Çalışmada, arbüsküler mikoriza fungusları (*Glomus intraradices*)' nin büyüme ortamına verildiği çalışmada farklı konsantrasyonlarda (kontrol, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) tuz çözeltileri uygulamaları ile tuz stresi oluşturuldu. Denemede % 40 kum, % 40 toprak ve % 20 mikoriza içeren inokulant karışımı ile doldurulan 500 cc' lik plastik bardak saksılara 5' şer adet oya fasulyesi tohumu ekildi. Ekimden sonra saksılar 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 250±10 µmol m⁻² ışık yoğunluğunda, 25 °C sıcaklık ve % 65 neme sahip tam kontrollü iklim odasına yerleştirildi. Çıkıştan sonra tüm saksıların nem miktarı Field Scout dijital nem sensörü kullanılarak toprağın mevcut nem miktarı belirlenecek ve ihtiyaç halinde Hoagland besin solüsyonu ile sulama yapıldı. Hoagland besin solüsyonunda azot (210 mg l⁻¹), fosfor (31 mg l⁻¹), potasyum (234 mg l⁻¹), Mg (48 mg l⁻¹), Ca (200 mg l⁻¹), S (64 mg l⁻¹), Fe (2.5 mg l⁻¹), Mn ve Bor (0.5 mg l⁻¹), Cu, Zn ve Mo (0.01 mg l⁻¹) minareller yer almıştır. Hazırlanan Hoagland besin solüsyonunun pH (5.5-6.5) (Taiz ve Zeiger, 2002) kontrollü yapıldıktan sonra steril bir ortamda muhafaza edilmiştir. Bitki çıkışları tamamlandığında saksıda üçer adet bitki olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Bitkiler belirli bir olgunluğa geldiğinde (30±5 gün) tuz stresi uygulamalarına başlandı. Sulama suyu olarak farklı osmotik basınca sahip tuz solüsyonlarının verildiği çalışmada, kontrol uygulamalarına, saf su verildi. Bitkiler, tohum çıkışından hasada kadar iklim odasında kontrol altında tutulmuştur. Denemede fizyolojik

sorunların şiddeti arttığında (45±5 gün) hasattan hemen önce yaprak üzerinde klorofil ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), NBI (mg/g), flavonol (dx) ve antosiyanin içeriği (dx) sensörde bulunan yaprak klipsi sayesinde gerçek zamanlı ve tahribatsız olarak ölçüm yapabilen Dualex Scientific+(FORCE-A, Fransa) cihazı ile ölçülerek kaydedildi.

2.3 İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen veriler Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel hesaplamalar COSTAT (Versiyon 6.3) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi'ne göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Klorofil değeri

Araştırma sonunda bitkilerden elde edilen klorofil değerleri üzerine tuz dozları ve AMF uygulamalarının etkisi % 1, T x AMF interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). Tuz dozları bakımından en yüksek klorofil değerleri 42.6 dx kontrol dozundan, en düşük değer ise T4 dozunda 33.2 dx olarak ölçülmüştür. Benzer bir çalışmada 4 soya çeşidinde 5 farklı tuz uygulaması sonucunda klorofil değerlerinin kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir (Özçınar ve ark., 2022). Bu konuda yürütülen çok sayıda çalışma sonuçlarına bakıldığında tuz stresi altında bitkilerdeki klorofil miktarı azalma eğiliminde olduğu belirtilmiştir (Franco ve ark., 1993). Soya üzerine yürütülen bir diğer çalışmada tuz stresi altında klorofil içeriğinin kontrol grubuna göre % 7.2 azaldığı görülmüştür (Kurt ve ark., 2023). Ayrıca tuz stresine maruz bırakılan fasulye bitkisinde de, belirli bir dozdan sonra bitkide klorofil içeriğinde azalmaların olduğu belirlenmiştir (Çirka ve ark., 2022). Diğer bir çalışmada toplam klorofil, prolin, yaprak oransal su içeriği, bitki su tüketimi ve su kullanım randımanı gibi özellikler tuz stresinden olumsuz etkilenmektedir (Öztekin, 2009). AMF uygulamaları bakımından Tablo 1 incelendiğinde en yüksek klorofil değeri 38.2

dx ile M1, en düşük değer ise 37.8 dx ile M0 uygulamasından tespit edilmiştir. Tuz stresi altında bitkilerde AMF uygulamalarının koruyucu ve düzenleyici bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bulgularımız ile benzer bir çalışmada mikoriza türleri, tuz stresinin yaprak oransal su içeriği (RWC), klorofil ve karotenoid içeriğine olan olumsuz etkisini azalttığı belirtilmiştir (Çekiç ve ark., 2012).

3.2. Yaprak alan indeksi

Dualex değerleri incelendiğinde, yaprak alan indeksi üzerine Tuz dozları ve T x AMF interaksyonunun etkisi % 1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunurken AMF uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). Tuz dozları arttıkça yaprak alan indeksinin azaldığı belirlenirken en fazla yaprak alan indeksi(YAI) (16.2 cm^2) bitkilerde kontrol uygulamalarından, en düşük ise (7.32 cm^2) T4 dozundan elde edilmiştir. Dört farklı fasulye çeşidinde tuz stresi sonrasında ciddi oranda yaprak alan indeksinin azaldığı belirtilmiştir (Ndakidemi ve Makoi, 2009). Fasulyede yapılan bir çalışmada, artan tuz oranlarına bağlı olarak yaprak alanında azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Çirka ve ark., 2022). Bir diğer çalışmada Farklı tuz konsantrasyonları uygulamaları sonucu, en yüksek yaprak alanı 6.66 cm^2 ile tuz uygulanmayan parsellerden sağlanırken, en düşük yaprak alanı değeri 5.46 cm^2 ile en yüksek tuz uygulamasından elde edilmiştir (Kurt ve ark., 2023). T x AMF interaksyonunda en yüksek YAI değeri 17.7 cm^2 (T0 x M1), en düşük değer ise 7.2 cm^2 (T4 x M0) olarak belirlenmiştir. Soya üzerine yürütülen benzer çalışmalarda bitkinin büyüme ve gelişmesine olumsuz etkisi olan tuz stresi; özellikle tuzun çeşidine, stresin seviyesine, maruz kaldığı süreye, stresle karşılaşan bitkinin çeşidine ve gelişim evrelerine göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Kereçin ve Öztürk, 2024). Bulgularımız ile benzer bir çalışmada Mikorizal birliktelik gerçekleştiren bitkiler, kontrollerine göre farklı düzeylerde tuz stresine maruz kaldıkları için daha iyi performans gösterdikleri belirlenmiştir (Geren ve ark., 2011).

3.3. Falavanol

Tablo 1’de görüldüğü gibi flavanol içeriği üzerinde Tuz ve AMF etkisi %1 seviyesinde önemli, Tuz x AMF uygulamalarının etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). Bitkilerde stres karşısında bir savunma mekanizmasının bir ürünü olarak ortaya çıkan flavanol dozları artan dozlara paralel olarak artmıştır. Aspir bitkisi üzerine yürütülen bir çalışmada flavanol içeriğinin tuz stresi sonrasında % 12 oranında arttığı bildirilmiştir (Golkar ve ark., 2019). Çörek otu üzerine yürütülen bir başka çalışmada strese karşı bitkinin kendini koruma amaçlı olarak flavanol içeriğini artırdığı tespit edilmiştir (Aghajanzadeh-Gheshlaghi ve ark., 2021). Flavonoller tuz ve kuraklık sonrası

oluşan strese karşı bitkilerde soğutma mekanizmasını tetikleyerek çok fazla zarar görmesini engellediği bildirilmiştir (Agati ve ark., 2012). Tuz dozu uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek Flavonol içeriği 0.66 dx ile T4, en düşük ise 0.38 dx olarak T0 uygulamasından elde edilmiştir. AMF uygulamaları sonucunda elde edilen flavanol içeriği M1 (0.53 dx) uygulamasından elde edilen sonuçlar M0 (0.48 dx)’a göre daha yüksek ölçülmüştür. Bu konuda yürütülen bir çalışmada Flavonollerin AMF’ler ile simbiyotik bir ilişki içerisinde oldukları (Pei ve ark., 2020) ve mantar sporlarının çimlenmesinde ve dallanmasında etkili oldukları belirtilmiştir (Steinkellner ve ark., 2007).

Tablo 1. Tuz stresinin soya fasulyesinde AMF uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkisi

Uygulamalar		Klorofil (dx)	YAI (cm ²)	Flavonol (dx)	Antosiyanin (dx)	NBI (mg/g)
Tuz Dozları	AMF Uygulamaları					
Kontrol (T0)	Kontrol (M0)	42.3	14.8 ab	0.36	0.00	44.5 ab
	AMF (M1)	43.0	17.7 a	0.40	0.03	47.9 a
T0 Ort.		42.6 A	16.2 A	0.38 D	0.01 BC	46.2 A
T1 50 (T1)	Kontrol (M0)	39.6	12.3 b	0.39	0.00	43.2 b
	AMF (M1)	41.2	12.2 b	0.43	0.01	46.4 a
T1 Ort.		40.4 B	12.2 B	0.41 C	0.00 C	44.8 A
T 100 (T2)	Kontrol (M0)	38.6	10.5 c	0.48	0.03	40.5 c
	AMF (M1)	39.0	10.3 c	0.52	0.02	41.6 bc
T2 Ort.		38.8 C	10.4 C	0.50 B	0.02 B	41.1 B
T150 (T3)	Kontrol (M0)	35.6	8.9 d	0.54	0.02	35.9 d
	AMF (M1)	35.4	8.6 d	0.59	0.03	36.7 cd
T3 Ort.		35.5 D	8.75 D	0.56 AB	0.02 B	36.3 C
T 200 (T4)	Kontrol (M0)	32.9	7.2 ef	0.63	0.03	32.3 e
	AMF (M1)	33.6	7.4 e	0.70	0.04	35.2 de
T4 Ort.		33.2 E	7.32 E	0.66 A	0.03 A	33.7 D
AMF Uygulamaları	Kontrol (M0)	37.8 B	10.7	0.48 B	0.02 B	39.3 B
	AMF (M1)	38.2 A	11.2	0.53 A	0.03 A	41.6 A
Tuz dozları (T)		**	**	**	*	**
AMF		**	öd	**	*	**
T x AMF		öd	**	öd	öd	**
VK (%)		1.62	6.79	6.20	12.5	3.44
LSD (0.05)		0.75	0.90	0.04	0.03	1.68

*P<0.05 düzeyinde, ** P<0.01 düzeyinde önemli. öd: önemli değil.

3.4. Antosiyanin

Bu çalışmada antosiyanin içeriği üzerinde Tuz ve AMF etkisi % 5 seviyesinde önemli, Tuz x AMF uygulamalarının etkisi ise önemsiz

bulunmuştur (Tablo 1). Tuz dozu uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek antosiyanin içeriği 0.03 dx ile T4, en düşük ise 0.00 dx olarak T1 uygulamasından elde edilmiştir.

Flavonoidlerin bir üyesi olan antosiyaninler bitkilerde çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığın artırılmasına katkıda bulunur (Chalker-Scott 1999). Bulgularımızı destekleyen bir diğer çalışmada tuz stresi domates ve kırmızı lâhanada antosiyanin miktarını artırmıştır (Eryılmaz, 2003). Örneğin çördük (*Hyssopus officinalis* L.) bitkisinde antioksidan enzimler (CAT, SOD ve peroksidaz), prolin, fenol, ve antosiyanin, tuz stresi karşısında bitkide senzetinin arttığı tespit edilmiştir (Jahantigh ve ark., 2016). AMF uygulamaları sonucunda elde edilen antosiyanin içeriği M1 (0.03 dx) uygulamasından elde edilen sonuçlar M0 (0.02 dx)'a göre daha yüksek ölçülmüştür. Benzer çalışmalarda tuz stresine karşı mikorizal aktivitenin bio-düzenleyici olarak kullanıldığı ve flavonol, prolin ve antosiyanin değerleri üzerine etkili olduğu bildirilmiştir (Al-Karaki, 2000; Ruiz-Lozano, 2003; Tain ve ark., 2004; Çekiş ve ark., 2012; Altunlu, 2019).

3.5. Azot balans indeksi

Çalışmada azot balans indeksi (NBI) üzerine Tuz, AMF ve T x AMF interaksiyonunun etkisi % 1 dü zeyinde önemli bulunmuştur. Tuz uygulamaları sonucunda en yüksek NBI değeri 46.2 mg g⁻¹ ile T0 uygulamalarından elde edilirken, en düşük değer ise 33.7 mg g⁻¹ ile T4 dozundan elde edilmiştir (Tablo 1). T1 dozundan elde edilen sonuçlar (44.8 mg g⁻¹) T0 uygulaması sonucu elde edilen bulgular ile aynı grupta yer almıştır (Tablo 1). Bulgularımız ile benzer bir çalışmada çemen bitkisinde NBI değerinin kuraklık stresinde 54.5-59.85 mg g⁻¹ aralığında değişerek azaldığı bildirilmiştir (Yolci ve ark., 2022). Soyada stress bağlı olarak NBI değerinin değişiklik gösterdiği ve bu değer 70.64 ile 82.90 mg g⁻¹ aralığında olduğunu belirtmişlerdir (Oral ve ark., 2021). AMF uygulamaları bakımından en yüksek değer 41.6 mg g⁻¹ ile M1 uygulamalarından, kontrol grubundan ise 39.3 mg g⁻¹ olarak daha düşük belirlenmiştir. T x AMF interaksiyonunda en yüksek değer 47.9 mg g⁻¹ ile T0 x M1 uygulamalarından tespit edilmiştir. Bu özellik açısından en düşük değer ise 32.3 mg g⁻¹ ile T4 x M0 uygulamasından elde edilmiştir (Tablo

1). Bazı mikoriza türlerinin bitkide azot fiksasyonunda etkili oldukları ve bitki gelişimini teşvik ettikleri bildirilmiştir (Arcak ve Güder, 2004). Bir diğer çalışmada abiyotik stres şartlarında AMF uygulamalarının konukçu bitkiye azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve kükürt dahil olmak üzere mineral besinleri sağlarken, konukçu bitkiden organik bileşikler elde ettiği bildirilmiştir. (Razvi ve ark., 2023).

4. Sonuç

Bu çalışmada soya fasulyesinde (*Glycine max* s L.) tuz stresine karşı AMF uygulamalarının bazı biyokimyasal özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Soya fasulyesinde kontrol uygulamasına göre 200 mM tuz dozu ile oluşturulan stres sonucunda klorofil miktarı, yaprak alan indeksi ve NBI içeriğinde azalma sırasıyla, % 22.1, % 54.8 ve % 27.1 oranında azalmıştır. Tuz stresi sonucunda flavonol ve antosiyanin değerlerinde kontrol grubuna göre sırasıyla % 42.4 ve % 33.3 oranında artışlara neden olmuştur.

Bitkide kontrol uygulamasına göre AMF uygulamalarının tuz stresi karşısında klorofil, flavonol, antosiyanin ve NBI değerlerinde (sırasıyla % 1.2, % 9.4, % 33.3 ve % 5.5) biyokimyasal zararı iyileştirici ve düzenleyici etkisi olduğu görülmüştür. Yaprak alan indeksi üzerine ise istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Bu sonuçlara göre; soya fasulyesinde tuz stresiyile ortaya çıkan hasarların AMF uygulamalarıyla azaldığı görülmüştür. Ancak daha gerçekçi sonuçlara ulaşabilmek için bu çalışmanın tarla şartlarında test edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmanın tuz stresine karşı benzer çalışmaların yürütülmesine literatür ve problemin çözümüne katkı sağlayacağı fikrine varılmıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2023-10654 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAP birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Arnoğlu, H., 1994. Yağ Bitkileri (Soya ve Yerfıstığı). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:35, 354 s.

Arcak, S., Güder, N., 2004. Biyolojik gübrelemenin sürdürülebilir ekosistemdeki önemi. *Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi*, Tarım Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim, s: 837-844.

Ashraf, M.Y., Bhatti, A.S., 2000. Effect of salinity on growth and chlorophyll content in rice. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 43(2): 130-131.

Aghajanzadeh-Gheshlaghi, S., Peyvandi, M., Ahmad, M.A.J.D., Abbaspour, H., 2021. Alterations in leaf anatomy, quality, and quantity of flavonols and photosynthetic pigments in *Nigella sativa* L. subjected to drought and salinity stresses, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(3): 12398-12398.

Al-Karaki Ghazi, N., 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10: 51-54.

Altunlu, H. 2019. Tuzlu koşullarda mikoriza uygulamasının kopya biberde (*Capsicum annuum* L.) fide gelişimi ve antioksidant enzimler üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2): 139-146.

Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., Aras, S., 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology*, 69 (2): 97-110.

Jahantigh, O., Najafi, F., Badi, H.N., Khavari-Nejad, R.A., Sanjarian, F., 2016. Changes in antioxidant enzymes activities and proline, total phenol and anthocyanine contents in (*Hyssopus officinalis* L.) plants under salt stress. *Acta Biologica Hungarica*, 67: 195–204.

Chalker-Scott, L., 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and Photobiology*, 70(1): 1–9.

Çekiç, F.Ö., Ünyayar, S., Ortaş, İ., 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on biochemical parameters in *Capsicum annuum* grown under long term salt stress. *Turkish Journal of Botany*, 36(1): 63-72.

Çirka, M., Tunçtürk, R., Kulaz, H., Tunçtürk, M. 2022. Effects of salt stress on some growth parameters and biochemical changes in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 21(3): 53–63.

Eryılmaz, F., 2003. Yüksek bitkilerde tuz stresi ile antosiyanin içeriği arasındaki ilişkiler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Franco, J.A., Esteban, C., Rodriguez, C., 1993. Effect of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. *Journal of Horticultural Sciences*, 68: 899-904.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate saltinduced damages, In: *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress* (Eds: Ahmad P, Prasad MNV, Azooz MM), Springer-Verlag, New York. pp 25-87.

Hartwig, E.E., Kihl, R.A.S., 1979. Identification and utilization of delayed flowering character in soybean for short day conditions. *Field Crops Research*, 2: 145-151.

- Kerecin, G., Öztürk, F., 2024. Salisilik asit ve tuz stresi uygulamalarının bazı soya (*Glycine max*. L.) çeşitlerinin fide gelişimi üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 25-35.
- Kurt, C.H., Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., 2023. Tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen soya (*Glycine max* L.) bitkisinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler üzerine salisilik asit uygulamalarının etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(1):91-101.
- Geren, H., Okkaoğlu, H., Avcıoğlu, R., 2011. Mikorizanın farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarında kıbrıs mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*)'nün verim ve bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1): 31-37.
- Golkar, P., Taghizadeh, M., Yousefian, Z., 2019. The effects of chitosan and salicylic acid on elicitation of secondary metabolites and antioxidant activity of safflower under in vitro salinity stress, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 137: 575-585.
- Göktaş, Ö., Gıdık, B., 2019. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1): 145-151.
- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., 2021. The effect of rhizobacteria in the reducing drought stress in soybean (*Glycine max* L.). *Legume Research*, 44: 1172-1178.
- Öğütücü, H., Algur, Ö.F., Güllüce, M., Adıgüzel, A., 2010. Mikrobiyal gübre olarak kullanılan ve yabancı bitkilerden izole edilen *Rhizobium* suşlarının farklı sıcaklık şartlarında azot bağlama potansiyellerinin Araştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 47-52.
- Özçınar, A.B., Arslan, H., Arslan, D., 2022. Soya (*Glycine max*. L. Merill) 'da tuz uygulamasının fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisinin incelenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 762-776.
- Öztekin, G.B. 2009. Aşılı domates bitkilerinde tuz stresine karşı anaçların etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 342s.
- Öztürk, N.Z., 2015. Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5): 307-315.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mycorrhizal symbiosis 1997 San Diego, CA Academic press.
- Steinkellner, S., Lenzemo, V., Langer, I., Schweiger, P., Khaosaad, T., Toussaint, J.P., Vierheilig, H., 2007. Flavonoids and strigolactones in root exudates as signals in symbiotic and pathogenic plant-fungus interactions. *Molecules*, 12: 1290–1306.
- Rengasamy, P., 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Australian Journal of Soil Research*, 37:613–620.
- Ruiz-Lozano, J.M., Azcón R., Gómez M., 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physiologia Plantarum*, 98:767–772.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324–349.
- Pei, Y.C., Siemann, E., Tian, B.L., Ding, J.Q., 2020. Root flavonoids are related to enhanced AMF colonization of an invasive tree. *AoB Plants* 12.
- İlker, E., Tatar, Ö., Gökçöl, A., 2010. Konvansiyonel ve organik tarım koşullarında bazı soya çeşitlerinin performansları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1): 87-96.
- Razvi, M.M., Singh, N., Mushtaq, A., Shahnawaz, D., Shabber, H., 2023. Arbuscular mycorrhizal fungi for salinity stress: Anti-stress role and mechanisms. *Pedosphere*, 33(1): 212-224.

- Nazlıcan, A.N., 2017. Soya fasulyesi yetiştiriciliği. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik/soya-yetistirciligi_1.pdf (Erişim tarihi: 12.20.2019).
- Tambussi, E.A., Bartoli, C.G., Beltrano, J., Guiamet, J.J., Araus, J.L., 2000. Oxidative damage to thylakoid proteins in water-stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiologia Plantarum*, 108: 398–404.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2002. *Plant Physiology* (3rd ed.) Sinauer Associates, ISBN: 0878938230, Massachusetts, USA.
- Yolci, M.S., Tuncturk, R., Eryigit, T., Tuncturk, M., 2022. Boron toxicity and PGPR phytoremediation effects on physiological and biochemical parameters of medical sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Elementology*, 27(4): 1021-1036.

Atıf Şekli	Oral, E., Tunçtürk, R., Tuntürk, M., Nohutçu, L., Şelem, E., 2024. Tuz Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesi (<i>Glycine max</i> L.)'nde Mikoriza Uygulamalarının Bazı Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 551-559. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12576435 .
To Cite	Oral, E., Tunçtürk, R., Tuntürk, M., Nohutçu, L., Şelem, E., 2024. Effect of Mycorrhiza Applications on Some Biochemical Properties of Soybean (<i>Glycine max</i> L.) Grown under Salt Stress Conditions. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 551-559. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12576435 .
