



Alınış tarihi (Received): 22.05.2019

Kabul tarihi (Accepted): 29.05.2020

Tuz Stresinin Bezelye (*Pisum sativum* L.) Çeşitlerinde Fenolik Bileşikler Üzerine Etkisi

İbrahim TETİKTABANLAR¹, Lokman ÖZTÜRK^{2,*}, Dursun KISA³, Nusret GENÇ⁴

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Tokat

³Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bartın

⁴Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Tokat

* Sorumlu Yazar: lokman.ozturk@gop.edu.tr

ÖZET: Bezelye çeşitlerine (Sprinter ve Utrillo) 10 gün süre ile 50 mM ve 100 mM NaCl uygulanarak bitki yapraklarında malondialdehit, hidrojen peroksit, total fenolik bileşik, antosiyanin ve sinapoil ester miktarları araştırıldı. Tuz stresi her iki çeşitte malondialdehit miktarını kısmi olarak azaltmıştır. Hidrojen peroksit miktarı artan tuz miktarına bağlı olarak Sprinterda önemli oranda artarken, Utrilloda kısmi olarak artmıştır. Bezelye çeşitlerinde tuz stresi konsantrasyona bağlı olarak toplam fenolik madde miktarını önemli oranda artırırken antosiyanin ve sinapoil ester miktarları üzerine etkisi olmamıştır.

Anahtar kelimeler- *Bezelye, fenolik bileşikler, lipid peroksidasyonu, tuz stresi*

The Effect of Salt Stress on the Phenolic Compounds in Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties

ABSTRACT: The amount of malondialdehyde, hydrogen peroxide, total phenolic compound, anthocyanin and synapoyl ester in plant leaves was investigated by applying 50 mM and 100 mM NaCl for 10 days to pea varieties (Sprinter and Utrillo). Salt stress slightly decreased malondialdehyde content in both pea cultivars. The amount of hydrogen peroxide increased remarkably with the increased salt concentration in Sprinter cultivar whereas it was not considerably changed in Utrillo cultivar. In pea varieties, salt stress significantly increased the total amount of phenolic depending on salt concentration and had no effect on the amount of anthocyanin and synapoyl ester.

Keywords- *Lipid peroxidation, peas, phenolic compounds, salt stress*

1. Giriş

Tuzluluk bitkilerin topraktan su alınımını sınırlandırarak bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkiler ve verim kayıplarına neden olur. Tuzlu topraklarda yaşayan bitkiler topraktan su alınımını kolaylaştırmak ve dokulardaki suyu uzun süre muhafaza edebilmek için çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalara sahiptirler (Ashraf ve Foolad, 2007). Tuz stresi bitki su dengesinin korunması için stomaların kapanmasına yol açmaktadır. Stomaların kapanması yapraklara CO₂ girişini sınırlandırır ve fotosentetik elektron taşınım sistemini aşırı indirgeyerek aktif oksijen türlerinin oluşmasına neden olur (Ahmad ve ark. 2008; Noreen ve Asraf, 2009). İndirgenmiş Fotosistem I ve Fotosistem II oksijeni indirgeyerek süperoksit radikalini üretirler. Süperoksit radikali süperoksit dismutaz enziminin katalizlediği reaksiyonla hidrojen peroksit (H₂O₂) dönüştürülür. Süperoksit anyonu düşük pH'da proton alarak lipid peroksidasyonunu

başlatılabilme özelliğine sahip perhidroksil radikalini (HO_2^\cdot) oluşturur. Hidrojen peroksit ortamda demir (Fe^{2+}), bakır (Cu^+) gibi metallerle ve süperoksit radikali ile reaksiyon vererek daha aktif hidroksil radikalini (OH^\cdot) oluşturabilmektedir (Hichem ve ark. 2009). Tuz stresi mitokondride de elektron taşımını etkileyerek reaktif oksijen türlerinin üretimini artırır (Ahmad ve ark. 2008). Radikalik karakterdeki atom ve moleküller nükleik asitler, proteinler ve lipidlerle etkileşerek yapı ve fonksiyonlarını bozarlar. Membran lipidlerinin çift bağları radikalik moleküllerin hedefidir ve peroksidasyona uğrarlar. Lipid peroksidasyonu membran yapısını bozar ve geçirgenliğini artırıp hücre ölümüne kadar varabilen olaylara sebep olabilmektedir (Hichem ve ark. 2009).

Bitkiler serbest oksijen türlerinin başlattığı oksidatif hasarı azaltmak için gelişmiş bir antioksidan savunma sistemine sahiptirler (Neto ve ark. 2006). Antioksidan savunma sistemi antioksidan bileşik ve enzimlerden oluşur. Antioksidan bileşikler glutatyon, askorbat, α -tokoferol, flavonoidler, fenolik asitler ve karotenoidler gibi metabolitlerden oluşur (Oueslati ve ark. 2010). Antioksidan enzimler süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat peroksidaz, peroksidaz, glutatyon redüktaz gibi çok sayıda enzimi içermektedir (Esfandiari ve ark. 2007; Oueslati ve ark. 2010).

Fenolik bileşikler sekonder metabolizma ürünlerindedir, en az bir aromatik halka ve bu halkaya bağlı bir ya da daha fazla sayıda hidroksil grubu içerirler. Fenolik bileşikler oksidasyon sonucu oluşan serbest radikallere hidrojen vererek onları söndürürler (Es-Safi ve ark. 2007). Fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri molekülün yapısı, hidroksil grupların sayısı ve konumuna bağlı olarak değişmektedir (Milić ve ark. 1998).

Flavonoidlerin bir üyesi olan antosiyaninler bitkilerde çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığın artırılmasına katkıda bulunur (Chalker-Scott 1999). Antosiyaninlerin sentezi ışık, sıcaklık, besin durumu, hastalık, kuraklık gibi çeşitli çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Hara ve ark. 2003). Antosiyaninler fotoinhibisyon ve ultraviyole radyasyonuna karşı çeşitli bitki dokularının korunmasını sağlamaktadır (Song ve ark. 2005). Antosiyaninler demir ve bakırı şelatlar, kloroplast üzerine düşen ışık yoğunluğunu azaltırlar ve serbest oksijen türlerinin temizleyerek oksidatif hasarı önlerler (Posmyk ve ark. 2009).

Tuz stresi domates ve kırmızı lâhanada antosiyanin miktarını artırmıştır (Eryılmaz 2003). Tuz uygulaması mısır çeşitlerinde antosiyanin miktarında artışa neden olmuştur. Tuza dayanıklı mısır çeşidinde polifenollerin, flavonoidlerin, antosiyaninlerin ve proantosiyanidinlerin daha fazla birikimi tuza dayanıklılıkta önemli bir özellik olduğu belirtilmektedir (Hichem ve ark. 2009).

Bakır stresi uygulanmış kırmızı lahanada antosiyanin ve sinapoil ester miktarı artmıştır (Posmyk ve ark. 2009). Sinapoil esterler fenolik bileşikler içerisinde yer almaktadır. Sinapoil malat, sinapoil kolin yağın olarak bulunan sinapoil esterlerdir.

Bu çalışmada, Utrillo ve Sprinter bezelye çeşitlerinde tuz stresinin lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksit miktarı üzerine etkileri araştırıldı. Oksidatif hasarın önlenmesinde önemli rolleri olan fenolik bileşik, antosiyanin ve sinapoil ester miktarındaki değişimler incelendi.

2. Materyal ve Metot

Bitkilerin Yetiştirilmesi

Ticari olarak satın alınan Utrillo ve Sprinter çeşidi bezelye tohumları % 5'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dakika bekletilerek steril edildi ve çeşme suyuyla üç kez durulandı. Tohumlar, kurutma kâğıdı yerleştirilen petrilere çimlendirildi. Çimlenen tohumlar 1/1 oranında torf ve bahçe toprağı içeren saksılara 5 adet olacak şekilde yerleştirildi. Bezelyeler 14/10 gündüz/gece periyodunda (25, 19°C) yetiştirildi. Bezelye fidelerine ılımlı ve orta derecede tuz stresi oluşturacak iki farklı tuz konsantrasyonu uygulandı. 17 günlük fidelere 150 ml 50 mM ve 100 mM'lık NaCl çözeltisi verildi; kontrol grubuna ise 150 ml saf su verildi. Bu işlem üçer gün arayla iki kez tekrar edildi. İncelenecek her bir parametre için bezelye yaprakları ilk tuz uygulamasının 10. gününde hasat edilerek -20°C'de saklandı.

Malondialdehit Tayini

Kontrol, 50 mM ve 100 mM tuz uygulama gruplarından alınan 0,4 g yaprak 4 ml % 0,1 (w/v) TCA ile homojenize edilerek 10000xg'de 20 dakika santrifüj edildi. 0,5 mL süpernatant üzerine 1 mL % 0,5 TBA içeren TCA ilave edildi. Karışım 95 °C'de 30 dakika inkübe edildikten sonra buz banyosunda soğutulmak suretiyle reaksiyon durduruldu. Karışım 10000xg'de 10 dakika tekrar santrifüj edildikten sonra spektrofotometrede 532 nm'de absorbanlar ölçüldü. Non-spesifik absorpsiyonlar için her bir numunenin 600 nm'deki absorbanı da ölçülerek absorbanstan düşüldü. Malondialdehit konsantrasyonu 155 mM⁻¹cm⁻¹ ekstinksiyon katsayısı kullanılarak hesaplandı (Sreenivasulu ve ark. 1999).

Hidrojen Peroksit Miktarının Belirlenmesi

Kontrol ve tuz uygulanan gruplardan 0,25 g yaprak 2,5 mL % 1'lik (w/v) TCA ile homojenize edilerek homojenat 12000xg'de 15 dakika santrifüj edildi. 0,5 mL süpernatant üzerine 1 mL, 10 mM (pH=7) fosfat tamponu ve 1 mL, 1 M KI ilave edildi. Karışımın absorbanı 390 nm'de ölçüldü. Daha sonra hidrojen peroksitten hazırlanan standart grafikten yararlanılarak kontrol ve uygulama gruplarında hidrojen peroksit miktarı hesaplandı (Velikova ve ark. 2000).

Total Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Total fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapıldı. Kontrol ve tuz uygulanan bezelye bitkilerinin yapraklarından 1 g alınıp 21 mL metanol-kloroform karışımı (2:1) ile homojenize edildi. Homojenat manyetik karıştırıcıda 1 saat boyunca karıştırıldı. Karışım süzülerek üzerine 21 mL metanol-kloroform karışımı (2:1) ilave edildi ve tekrar 1 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Bu işlem çözümler renksizleşinceye kadar tekrarlandı. Süzüntülerdeki çözümler rotary evaporatörde uçuruldu. Her bir numunenin madde miktarı mg/ml olacak şekilde üzerine metanol ilave edilerek kuru maddeler çözüldü. Fenolik madde tayini için her tüpe 200 µl karışım

çözeltisi, 300 µl su, 2,5 ml Folin-Ciocaltaeu, 2 ml % 7,5 (w/v) Na₂CO₃ ilave edildi. Karışım 10 saniye vorteksledikten sonra 45 °C'de 15 dakika su banyosunda bekletildi. Tüplerdeki karışımın absorbensları 765 nm'de ölçülerek gallik asitten hazırlanmış standart grafik yardımıyla numunelerdeki toplam fenolik madde miktarı belirlendi (Pennycooke ve ark. 2005).

Antosiyanin ve Sinapoil Ester Miktarlarının Belirlenmesi

Bezelye yapraklarındaki antosiyanin ve sinapoil ester tayini Posmyk ve arkadaşlarının (2009) metoduna göre yapıldı. Kontrol ve muamele gruplarından 0,7 g yaprak % 1 oranında asitlendirilmiş 30 mL metanol ile havanda ekstrakte edildi ve alüminyum folyo ile tamamen kapatılan beherlere konularak ağızları kapalı şekilde bir gece buzdolabında saklandı.

Antosiyanin tayini için ekstraktların absorbensı 525 nm'de ölçüldü. Numunelerdeki antosiyanin miktarı siyanidin-3-glikozitten hazırlanan standart grafik yardımıyla hesaplandı.

Sinapoil ester tayininde ekstraktların absorbensı 328 nm'de ölçüldü. Kontrol ve uygulama gruplarındaki sinapoil ester miktarı klorojenik asitten hazırlanan standart grafik yardımıyla belirlendi.

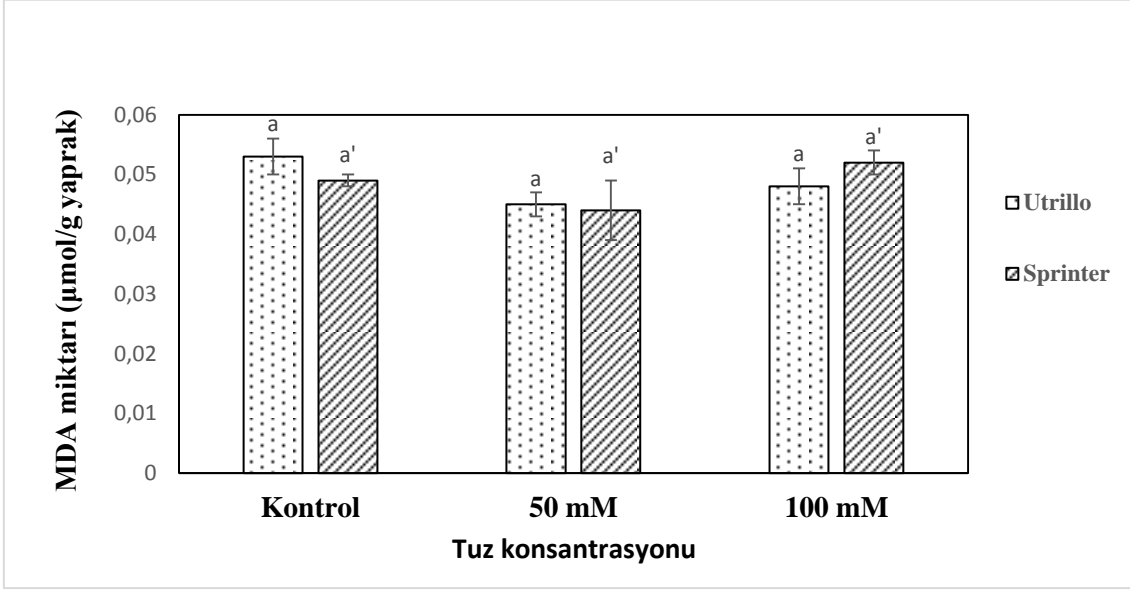
İstatistik Analiz

Gruplar arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi (one-wayANOVA) ile belirlendi. Farklı çıkan gruplar arasındaki dağılım Duncan çoklu aralık testine göre $p < 0.05$ önemlilik değerinde belirlendi (Duncan, 1955). Çalışmada her grup için üç tekrar yapıldı (n=3). İstatistikî analizlerde SPSS for Windows 18.0 Standart version paket programı kullanıldı.

3. Bulgular ve Tartışma

Tuz stresi yaygın bir şekilde lipid peroksidasyonunu artırır. Membran lipitlerinin peroksidasyonu sırasında üretilen malondialdehit genellikle oksidatif hasarın bir göstergesi olarak kullanılır. Bu çalışmada, tuz stresi Utrilloda malondialdehit miktarını kısmi olarak azaltmıştır. Fakat Sprinterda düşük tuz konsantrasyonu MDA'yı kısmi oranda azaltırken yüksek tuz konsantrasyonu artırmıştır (Şekil 1). Fakat tuz uygulaması bezelye çeşitlerinde konsantrasyona bağlı olarak hidrojen peroksit miktarını artırmıştır (Şekil 2). Sprinterda ki artış istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Tarla şartlarında uzun dönem tuz uygulaması bezelye bitkisinde MDA miktarını azaltmıştır (Öztürk ve ark. 2012). Tuz stresi *Grevia ilicifolia* bitkisinde de MDA miktarını azalttığı rapor edilmiştir (Kennedy ve De Fillippis 1999). Tuz stresinin neden olduğu lipid peroksidasyonu stresin şiddetine, süresine bitki çeşidine ve doku tipine bağlı olarak değişebilmektedir. Çalışmamızda, tuz stresinde malondialdehit miktarının azalmasının muhtemel nedenleri antioksidan enzim aktivitelerindeki artışlar ve fenolik bileşiklerin sentezinin uyarılmasından kaynaklanmış olabilir. Ashraf ve ark. (2010) yapraklardaki malondialdehit miktarının fenolik bileşik içeriği ile negatif ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir. Fenolik bileşiklerin lipid oksidasyonunu önlemeleri radikal giderici

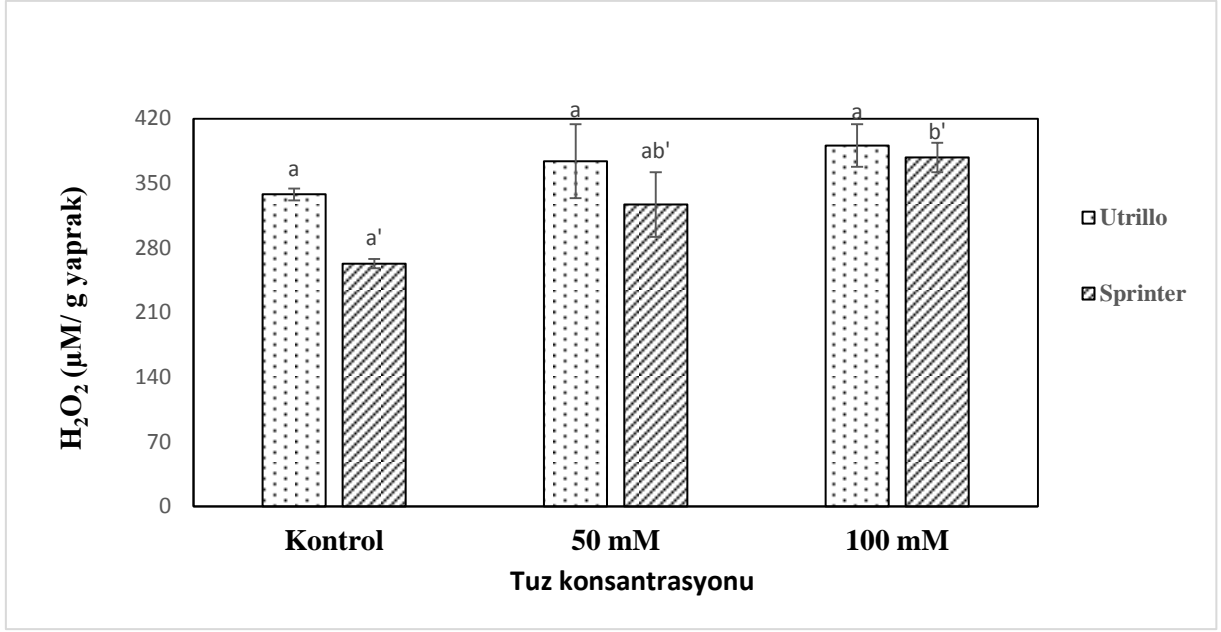
özelliklerinden kaynaklandığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Ksouri ve ark. 2007; Daneshmand ve ark. 2010).



Şekil 1. Tuz stresinin bezelye çeşitlerinde malondialdehit miktarları üzerine etkisi (Değerler aritmetik ortalama± standart hata, n=3, p<0.05)

Fig. 1. The effect of salt stress on the amount of malondialdehyde in pea varieties (Values± SE, n=3, p<0.05).

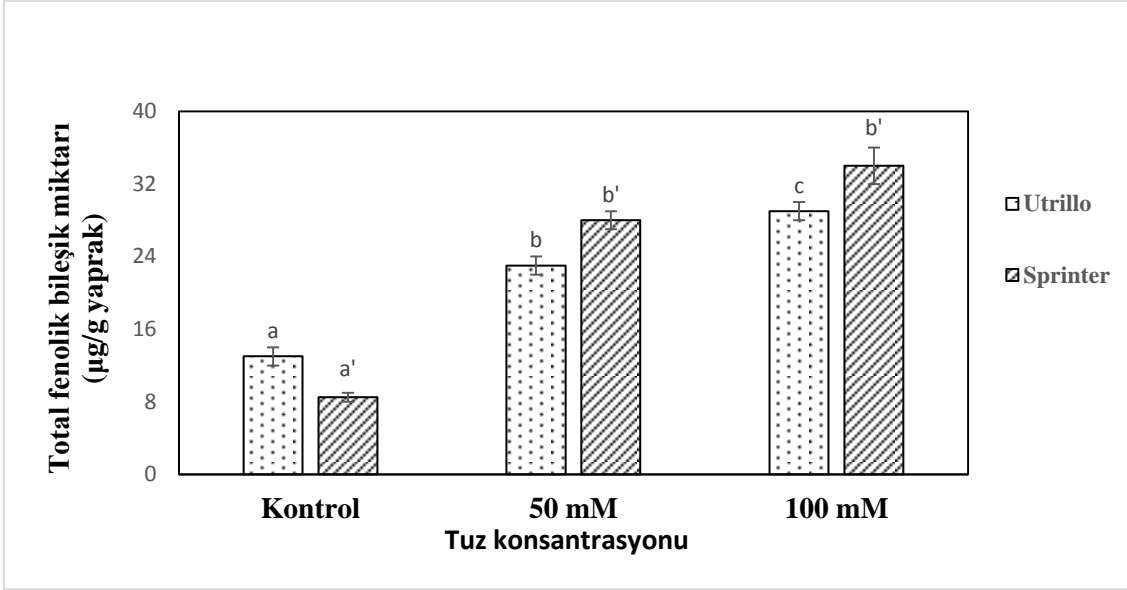
Hidrojen peroksit süperoksit radikallerinden enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlarla üretilebilir. Bitki dokularında yağ asitlerinin β-oksidasyonu ve fotorespirasyonla H₂O₂ oluşabilir. Hücrelerde hidrojen peroksit miktarı çok sayıda antioksidan enzim vasıtasıyla kontrol edilir (Hernandez ve Almansa 2002; Parida ve Das 2005). Tuz stresi buğday (Sairam ve ark. 2005) ve *Centaurea ragusina*'da (Radic ve ark. 2006) hidrojen peroksit miktarını artırmıştır. Tuz stresi bezelye çeşitlerinde hidrojen peroksit miktarını çeşit ve tuz konsantrasyonuna bağlı olarak değiştirdiği rapor edilmiştir (Noreen ve Ashraf 2009). Bu çalışmada, tuz uygulaması hidrojen peroksit miktarını Utrilloda kısmi Sprinter çeşidinde ise önemli oranda artırmıştır.



Şekil 2. Tuz stresinin bezelye çeşitlerinde hidrojen peroksit miktarları üzerine etkisi (Değerler aritmetik ortalama± standart hata, n=3, p<0.05).

Fig. 2. Effects of salt stress on the amount of hydrogen peroxide in pea varieties (Values± SE, n=3, p<0.05).

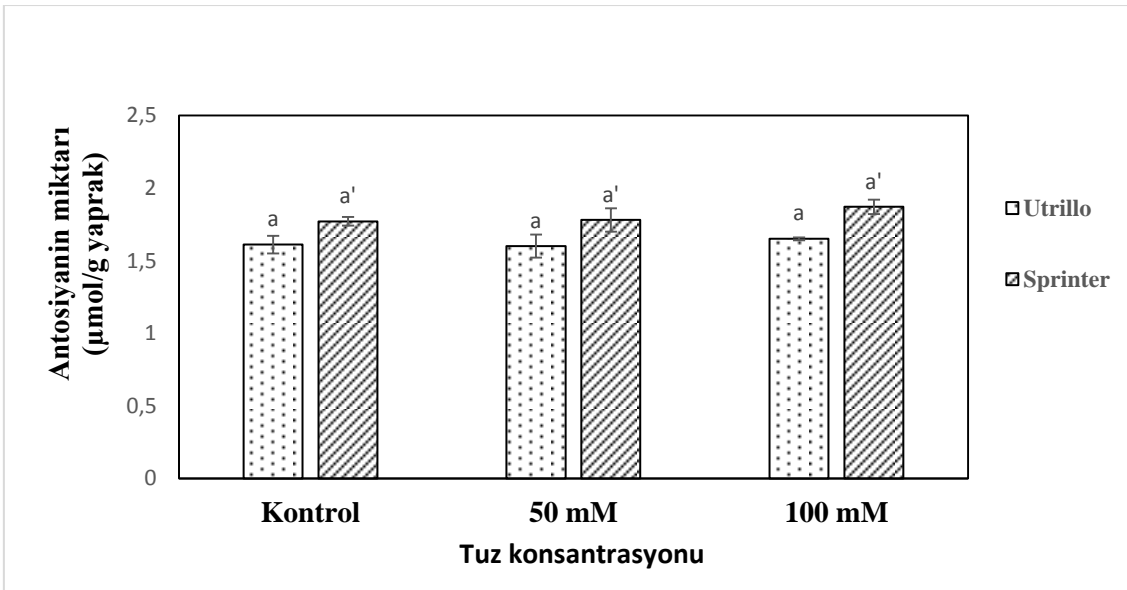
Tuz stresi Sprinter ve Utrillo çeşitlerinde toplam fenolik madde miktarlarını artıran tuz konsantrasyonuna paralel olarak önemli oranlarda artırmıştır (p<0.05). Tuz uygulaması total fenolik madde miktarını Sprinterda Utrilloya kıyasla daha fazla artırmıştır (Şekil 3). Noreen ve Ashraf (2009) farklı tuz stresi uygulaması sonucu tuza hassas, az dirençli ve dirençli bezelye çeşitlerinde total fenolik bileşiklerin miktarında artış olduğunu ifade etmişlerdir. Tuz stresi soya fasulyesinin köklerindeki total fenolik bileşik ve lignin miktarını konsantrasyona bağlı olarak artırmıştır (Neves ve ark. 2010). Tuzluluk gibi abiyotik ya da biyotik stresler bitkilerde fenolik asitler, flavonoidler, proantosiyeninler, antosiyeninler gibi fenolik bileşiklerin sentezini artırmaktadır. Bu bileşikler serbest radikallerin temizlenmesinde önemli rol oynarlar (Ksouri ve ark. 2007; Neves ve ark. 2010). Fenolik bileşikler hidroksil ve karboksil gruplarıyla ağır metalleri şelatlayabilme özelliğine sahiptir. Lipid alkoksil radikallerini yakalayarak lipid peroksidasyonunu önleyebilirler (Michalak 2006).



Şekil 3. Tuz stresinin bezelye çeşitlerinde toplam fenolik bileşik miktarları üzerine etkisi (Değerler aritmetik ortalama± standart hata, n=3, p<0.05).

Fig. 3. The effect of salt stress on total phenolic compounds in pea varieties (Values± SE, n=3, p<0.05).

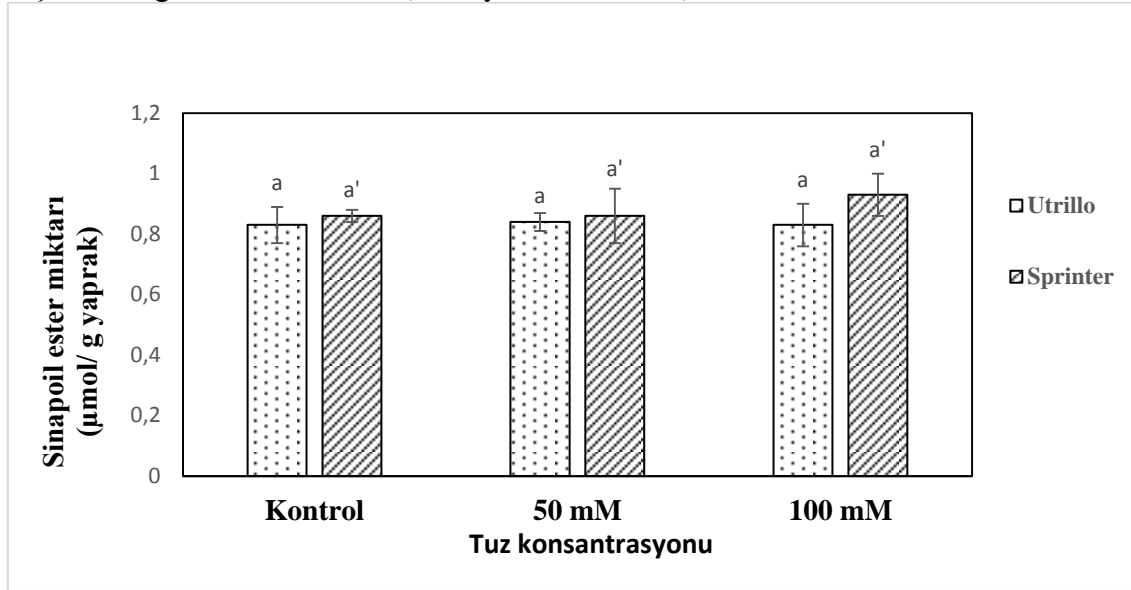
Tuz stresi Utrillo ve Sprinter bezelye çeşitlerinde antosiyanin miktarını kısmi olarak artırmıştır (p<0.05). Sprinter'in antosiyanin içeriği Utrillodan daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4). Tuz uygulamaları her iki bezelye çeşidinde de sinapoil ester miktarlarını değiştirmemiştir (Şekil 5). Fenolik bileşiklerin flavonoid grubuna giren antosiyaninler ve fenilpropanoid metabolizması ürünü sinapoil esterlerin antioksidan aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Ruegger ve Chapple 2001; Michalak 2006; Hichem ve ark. 2009; Posmyk ve ark. 2009).



Şekil 4. Tuz stresinin bezelye çeşitlerinde antosiyanin miktarları üzerine etkisi (Değerler aritmetik ortalama± standart hata, n=3, p<0.05).

Fig. 4. Effects of salt stress on anthocyanin content in pea varieties (Values± SE, n=3, p<0.05).

Tuz stresi *Grevilea* türlerinde antosiyanin miktarını artırdığı rapor edilmiştir (Parida ve Das 2005). Bazı bitki türlerinde tuz stresi fenolik madde miktar ve türlerini azalttığı görülmektedir. Farklı konsantrasyonlarda NaCl uygulaması *Solanum stoloniferum*, *Solanum bulbosum*'da fenolik bileşik, flavonoid, antosiyanin miktarlarında azalmaya neden olmuştur (Daneshmand ve ark. 2010). Literatürlerde tuz stresinin şiddet, süre ve bitki çeşidine bağlı olarak bitki dokularında antosiyanin ve diğer fenolik bileşiklerin miktarlarında artış ya da azalma neden olduğu görülmektedir. Bu çalışmada tuz stresi Utrillo ve Sprinter çeşitlerinde antosiyanin ve sinapoil ester miktarı üzerine önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Pek çok çevresel stres faktörünün etkisiyle bitki dokularında fenolik bileşik, antosiyanin, sinapoil ester miktarları değişebilmektedir. Bazı türlerde antosiyanin miktarındaki artışın lipid peroksidasyonundaki azalma ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Posmyk ve ark. 2009).



Şekil 5. Tuz stresinin bezelye çeşitlerinde sinapoil miktarları üzerine etkisi (Değerler aritmetik ortalama± standart hata, n=3, p<0.05).

Fig. 5. The effect of salt stress on the amounts of sinapoil in pea varieties (Values± SE, n=3, p<0.05).

4. Sonuç

Tuz stresi Utrillo ve Sprinter bezelye çeşitlerinde total fenolik bileşik miktarını artırırken antosiyanin ve sinapoil ester miktarını değiştirmemiştir. Stres süresince fenolik bileşik miktarındaki artışla birlikte antosiyanin ve sinapoil ester miktarının muhafaza edilmesi yapraklarda lipid peroksidasyonunu engellemiş olabilir. Utrillo ve Sprinter bezelye çeşitleri lipid peroksidasyonu dikkate alındığında tuza hassasiyet açısından birbirine benzer özellik göstermişlerdir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2010/25 nolu proje ile desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

- Ahmad, P., Jhon, R., Sarwat, M., Umar, S. 2008. Responses of proline, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in two varieties of *Pisum sativum* L. under salt stress. International Journal of Plant Production, 2(4): 353–366.
- Ashraf, M.A., Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59(2): 206–216.
- Ashraf, M.A., Ashraf, M and Ali, Q. 2010. Response of two genetically diverse wheat cultivars to salt stress at different growth stages: leaf lipid peroxidation and phenolic contents. Pak. J. Bot. 42: 559–565.
- Chalker-Scott, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. Photochemistry and Photobiology, 70(1): 1–9.
- Daneshmand, F., Arvin, M.J., Kalantari, K.M. 2010. Physiological responses to NaCl stress in three wild species of potato in vitro. Acta Physiol Plant. 32: 91–101.
- Duncan, B.D. 1955. Multiple range and multiple F-tests. Biometrics. p. 1- 42.
- Eryılmaz, F. 2003. Yüksek bitkilerde tuz stresi ile antosiyanin içeriği arasındaki ilişkiler. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Esfandiari, E., Shekari, F., Shekari, F and Esfandiari, M. 2007. The effect of salt stress on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. Not Bot Hort Agrobot Cluj. 35(1): 48–56.
- Es-Safi, N.E., Kollman, A., Khelifi, S., Ducrot, P.H. 2007. Antioxidative effect of compounds isolated from *Globularia alypum* L. structure–activity relationship. LWT-Food Science Technology, 40(7): 1246–1252.
- Hara, M., Oki, K., Hoshino, K., Kuboi, T. 2003. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotyl. Plant Science, 164(2): 259–265.
- Hernández, J.A., Almansa, M.S. 2002. Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves. Physiologia Plantarum, 115(2): 251–257.
- Hichem, H., Denden, M., El Ayeb, N. 2009. Differential responses of two maize (*Zea mays* L.) varieties to salt stress: Changes on polyphenols composition of foliage and oxidative damages. Industrial Crops and Products, 30: 144–151.
- Kennedy, B.F., De Philippis, L.F. 1999. Physiological and oxidative response to NaCl of the salt tolerant *Grevillea ilicifolia* and the salt sensitive *Grevillea arenaria*. Journal of Plant Physiology, 155: 746–754.
- Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., Abdelly, C. 2007. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. Plant Physiology and Biochemistry, 45: 244–249.
- Michalak, A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Polish J. of Environ. Stud. 15(4): 523–530.
- Milić, L.B., Dijilas, S.M., Čanadanović-Brunet, M.J. 1998. Antioxidative activity of phenolic compounds on the metal-ion breakdown of lipid peroxidation system. Food Chemistry, 61(4): 443–447.
- Neto, A.D.A., Prisco, J.T., Eneas-Filho, J., Abreu, C.E.B., Gomes-Filho, E. 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany 56: 87–94.
- Neves, G.Y.S., Marchiosi, R., Ferrarese, M.L.L., Siqueira-Soares, R.C., Ferrarese-Filho, O. 2010. Root growth inhibition and lignification induced by salt stress in soybean. Journal of Agronomy and Crop Science, 196(6): 467–473.
- Noreen, Z., Ashraf, M. 2009. Assessment of variation in antioxidative defense system in salt-treated pea (*Pisum sativum*) cultivars and its putative use as salinity tolerance markers. Journal of Plant Physiology, 166: 1764–1774.
- Oueslati, S., Karray-Bouraoui, N., Attia, H., Rabhi, M., Ksouri, R., Lachaal, M. 2010. Physiological and antioxidant responses of *Mentha pulegium* (Pennyroyal) to salt stress. Acta Physiol Plant, 32: 289–296.
- Öztürk, L., Demir, Y., Ünlükara, A., Karataş, İ., Kurunç, A., Düzdemir, O. 2012. Effects of long-term salt stress on antioxidant system, chlorophyll and proline contents in pea leaves. Romanian Biotechnological Letters Journal, 17: 7227–7236.
- Parida, A.K., Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3): 324–349.

- Pennycooke, J.C., Cox, S., Stushnoff, C. 2005. Relationship of cold acclimation, total phenolic content and antioxidant capacity with chilling tolerance in petunia (*Petunia×hybrida*). *Environmental and Experimental Botany*, 53(2): 225–232.
- Posmyk, M.M., Kontek, R., Janas, K.M. 2009. Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(2): 596–602.
- Radic, S., Radic'-Stojkovic, M., Pevalek-Kozlina, B. 2006. Influence of NaCl and mannitol on peroxidase activity and lipid peroxidation in *Centaurea ragusina* L. roots and shoots. *Journal of Plant Physiology*, 163(12): 1284–1292.
- Ruegger, M., Chapple, C. 2001. Mutations that reduce sinapoylmalate accumulation in *Arabidopsis thaliana* define loci with diverse roles in phenylpropanoid metabolism. *Genetics*, 159(4): 1741–1749.
- Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Agarwal, S., Meena, R.C. 2005. Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, 49 (1): 85–91.
- Song, J-Y., Kim, T-Y., Hong, J-H. 2005. Effects of abscisic acid and temperature on the anthocyanin accumulation in seedlings of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Environmental Sciences*, 14(12): 1093–1102.
- Sreenivasulu, N., Ramanjulu, S., Ramachandra-Kini, K., Prakash, H.S., Shekar-Shetty, H., Savithri, H.S and Sudhakar, C. 1999. Total peroxidase activity and peroxidase isoforms as modified by salt stress in two cultivars of fox-tail millet with differential salt tolerance. *Plant Science*, 141: 1–9.
- Velikova, P., Yordanov, I and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science*, 151: 59–66.