

Tuz Stresi Altındaki *Echinaceae purpurea* L.'nin Büyüme Parametreleri ile Toplam Fenolik ve Antioksidan Madde İçeriği Üzerine Deniz Yosununun Etkisi

Alya KARA Murat TUNÇTÜRK Rüveyde TUNÇTÜRK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
ruveydetuncurk@yyu.edu.tr

Öz

Bu çalışma, farklı tuz kaynakları (kontrol, NaCl, KCl ve CaCl₂) ve deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) ekstraktı (kontrol, 2, 4 ve 6 cc/l) uygulamalarının ekinezyanın (*Echinacea purpurea* L.) büyüme parametreleri ile toplam fenolik ve antioksidan madde üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre faktöriyel düzende 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, toplam antioksidan ve fenolik madde içeriği dahil farklı parametreler incelenmiştir.

Sonuçlar, tuz stresinin kontrol ile kıyaslandığında bitki büyüme parametrelerini azaltırken, toplam antioksidan ve fenolik madde miktarını arttırdığını göstermiştir. Deniz yosunu kullanımı, tuz stresinin olumsuz etkilerini engelleyerek ölçülen tüm parametrelerde artışlar sağlamıştır. En yüksek değerler 6 cc/l deniz yosunu uygulamalarından elde edilmiştir. Diğer yandan, deniz yosunu uygulamalarının toplam fenolik madde oranı üzerindeki etkisi P<0.05 düzeyinde önemli bulunurken, toplam antioksidan madde üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek ve en düşük fenolik madde miktarı (425.7 mg/100g and 385.4 mg/100g) 6 cc/l deniz yosunu ve deniz yosunu uygulanmayan (kontrol) parsellerinden elde edilmiştir. Toplam antioksidan madde oranı ise 503.2-557.5 mg/g arasında tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deniz yosunu, tuz stresi, *Echinaceae purpurea* L.

Effects of Seaweed on The Growth Parameters, Total Phenolic and Antioxidant Substance Contents of *Echinacea purpurea* L. Under Salt Stress

Abstract

This study was carried out to determine the effects of different salt sources (control, NaCl, KCl and CaCl₂) as well as seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract applications (control, 2, 4 and 6 ml/l) on total phenolic, antioxidant contents and growth parameters of Echinacea (*Echinacea purpurea* L.). The factorial experiment based on Completely Randomized Design established in growth chamber conditions with four replicates. Different parameters including root length, shoot length, root and shoot fresh weight, root and shoot dry weight, total antioxidant and total phenolic contents were investigated.

Results showed that salt stress decreased plant growth parameters while contents of total antioxidant and phenolic substances increased compared with control treatment. Using seaweed inhibited the negative effects of salt stress and all the measured parameters were positively increased. The highest values obtained by using 6 cc/l seaweed. On the other hand, using of seaweed had significant effect (P<0.05) on total phenolic contents while its effect on total antioxidant substance was not significant. The highest and least amounts of phenolic content (425.7 mg/100g and 385.4 mg/100g) observed by using 6 cc/l seaweed and control treatments respectively. Also, total antioxidant content was found between 503.2-557.5 mg/g.

Keywords: Seaweed, salt stress, *Echinaceae purpurea* L.

Giriş

Asteraceae/Compositae (Papatyagiller) familyası yeryüzünde 1000'e yakın cins ve 20 000'e yakın tür ile temsil edilen, çiçekli bitkilerin en zengin familyasıdır. Yurdumuzda *Asteraceae* familyasına ait 133 kadar cins ve 1156 tür yetişmektedir (Miller ve Yu, 2004). Günümüzde özellikle üç ekinezya türünün (*E. angustifolia* D.C.E. pallida (Nutt) Nutt, *E. purpurea* L. Moench) preparatları dünyada bitkisel ilaç olarak değerlendirilmektedir. *Echinacea* türleri Kuzey Amerika orijinli bitkiler olup fitoterapi ve homeopatide kullanılmaktadır. *Echinacea* türleri Amerika yerlileri tarafından haricen yara iyileştirici; dâhilen ise baş ağrısı, mide ağrısı ve öksürük kesici olarak kullanılmıştır. Farmakolojik olarak bu endikasyonlarda kullanımı kanıtlanmasa da immünostimülan etkileri birçok deneysel yöntemle ortaya çıkarılmıştır. *Echinacea* bitkisi herbası ve köklerinden hazırlanan preparatlar tekrar eden üst solunum yolu ve üriner sistem enfeksiyonlarının tedavisinde yardımcı olarak kullanılmaktadır. Bugün, *Echinacea* türlerinden elde edilen ekstre ve preparatlar Avrupa ülkeleri ile birlikte ABD'de bitkisel ilaç pazarında yüksek bir paya sahiptir. Kaftarik ve kikorik asit, *E. purpurea*'nın içermiş olduğu önemli fenoliklerdendir ve bitkinin tüm kısımlarında bulunur (çiçek, yaprak, gövde, kök). *Echinecea* antioksidan, antienflamatuar, antiviral, immunostimulatör etkiye sahiptir. Kikorik asit, ayrıca HIV integrasyonu engellemekte, antioksidan aktivite göstermektedir (Lee ve Scagel, 2009). Ekinezyanın herbasında, kafeik asit türevleri, flavonoidler, alkalamidler, uçucu yağ (<0.1); radikste ise, kafeik asit türevleri, poliasetilenler, polisakkaritler, glikoproteinler, uçucu yağ (%0.2-2.0) içerir. Uçucu yağında en fazla terpenik bileşiklerden germakren D, β -mirsen, α -pinen ve β -pinen en fazla bulunmaktadır. Ayrıca karyofilen, karyofilen epoksit ve α -fellandren ekinezya türleri uçucu yağlarında bulunan diğer terpenik bileşiklerdir (Gülpınar, 2009).

Bitkiler, yaşadıkları çevrelerde yaşamlarını sürdürürken gelişimlerini kısıtlayıcı değişik olumsuz koşullara maruz kalırlar. Tuz, yeryüzündeki yaşamın evrimi süresince karşılaşılan ilk kimyasal stres faktörüdür. Toprakta tuzluluğun artması nedeniyle yaşamını tarıma bağlamış sayısız uygarlığın yok olduğu bilinmektedir. Türkiye'de yaklaşık 1.5 milyon hektar tarımsal alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu alan, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık %32.5'ine denktir. Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini sulama, drenaj, toprak özellikleri ve iklim etmenleri gibi faktörler önemli ölçüde etkilemektedir. FAO'nun tahminlerine göre, sulanan alanların yaklaşık yarısı "sessiz düşman" olan tuzluluk, alkalilik ve yüzeyde göllenme tehdidi altındadır (Kanber ve ark., 2005).

Dünyada ticari olarak kullanılan başlıca deniz yosunu türleri; kırmızı, kahverengi, yeşil ve mavi-yeşil deniz yosunlarından oluşmaktadır. Deniz kıyısı uzun ve deniz yosunu bol olan Norveç, İrlanda, Fransa ve ABD gibi ülkeler, mevcut deniz yosunlarını değerlendirmek için çalışmaları hızlandırmış ve tarihteki bilinen ilk kullanımının gübre şeklinde olmasından dolayı, gübre endüstrisinde çalışmalara başlanmıştır. Bir tür kahverengi deniz yosunu olan *Ascophyllum nodosum*'dan üretilen ticari ismi Maxicrop olan gübre ilk kez 1960 yılında üretilmiş; açıkta ve örtü altında yapılan yetiştiricilik denemelerinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Craigie, 2011). Deniz yosunu ekstraktı ile bitkinin stres faktörlerine karşı dayanıklılık gösterdiği; kök gelişiminin teşvik edildiği (Matsiyak ve ark. 2011), fide büyüme ve gelişiminde (Kamaladhasan ve Subramanian, 2009) artışların sağlandığı belirlenmiştir. Deniz yosunu ekstraktları ilk olarak pancar tohumlarında araştırılmıştır. Çimlenmeden önce 30 dakika süre ile deniz yosunu ekstraktları ile ıslatılmış pancar tohumlarının çimlenmesinde %25'in üzerinde artışlar görülmüştür.

Bu çalışmada; farklı tuz kaynaklarının neden olduğu tuz stresi koşullarında ekinezya bitkisine deniz yosunu uygulamalarının büyüme parametreleri ile toplam fenolik ve antioksidan madde oranı üzerine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Deneme, 2018 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait kontrollü iklim odasında yürütülmüştür. Araştırmada tohumluk materyali olarak Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen ekinezya (*Echinacea purpurea* L.) tohumları kullanılmıştır.

Yöntem

Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre faktöriyel düzende 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada, dört farklı deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) ekstraktı dozu (0, 2, 4 ve 6 cc/l) ve 150 mM dozunda 3 farklı tuz kaynağı (kontrol, NaCl, KCl ve CaCl₂) kullanılmıştır. Bitkiler üzerinde yaratılan bu stresin deniz yosunu ekstraktı tarafından ne ölçüde önlenebildiğini gözlemek amacıyla yaprak yüzeyine deniz yosunu ekstraktı sisleme şeklinde uygulanmıştır. Deniz yosunları, hemen hemen tüm makro ve mikro besin elementlerini yapısında bulduran ve tarımda da kullanılabilen; okyanuslarda, denizlerde ve tatlı sularda yaşayan basit bir su bitkisidir.

Araştırmada, ekinezya tohumları viyollere ekilerek ve 4-5 adet gerçek yaprağa sahip oldukları fide döneminde 1/3 torf, 1/3 perlit ve 1/3 toprak karışımı ile doldurulan 500 cc'lik plastik bardak saksılara dikilmiştir. Her saksıya viyollerden alınan birer fide dikilmiştir. Dikimden sonra saksılar 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25 °C sıcaklık %65 neme sahip iklim odasına yerleştirilmiştir. Bitkiler ekimden itibaren Hogland besin solüsyonu ile gün aşırı olmak kaydı ile sulanmıştır. Bitkiler belirli bir olgunluğa geldiklerinde (28. gün) tuz stresi uygulamalarına başlanmıştır. Sulama suyu olarak farklı tuz kaynaklarından 150 mM dozunda hazırlanan solüsyon besin çözeltisine ilave edilmek suretiyle uygulama yapılmıştır. Tuz stresi uygulamalarından 1 hafta sonra (33. gün) her saksıya deniz yosunu ekstraktı uygulamalarına başlanmıştır. Bitkilerde fizyolojik sorunlar belirtildiğinde özellikle, bitki turgorunu kaybedip yaprak rengi değişmeye başladığında gerekli analizler için hasat yapılarak (49. gün) deneme sonlandırılmıştır. Bitkilerin kök ve fide uzunluklarının ölçümleri; hasat sonrası önce çeşme suyu, sonra da de-iyonize su ile yıkanarak temizlenmiş, bitkilerin kök uzunluğu ve fide uzunlukları ölçülerek kaydedilmiştir. Kök uzunluğu bitkinin toprak altı kısmının en uç noktasından toprakla bulunduğu kök boğazı kısmına kadar olan mesafe ölçülerek belirlenmiş, kök boğazından bitkinin en uç kısmına kadar olan mesafe ise fide uzunluğu olarak kaydedilmiştir. Bitkilerin kök ve fide kısımları ayrı ayrı tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiş ve kuru ağırlıkları belirlenmek üzere 70 °C etüvde 48 saat süreyle sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Toplam fenolik ve antioksidan madde analizleri için ise bitki yaprakları etüvde 40 °C sıcaklıkta kurularak analiz yapılmak üzere uygun koşullarda saklanmıştır. Toplam fenolik bileşik içeriğinin belirlenmesinde; Obanda ve Owuor (1997) tarafından belirtilen Folin-Cicaltea spektrofotometrik yöntemin modifiye edilmesiyle geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Folin-Cicaltea çözeltisi 1:3 oranında seyreltilmiştir. Doymun sodyum karbonat (%35) çözeltisi; 87.5 g sodyum karbonat distile suda çözdürülüp 250 ml'ye tamamlanarak bir gece bekletilmesinin ardından filtre edilmiştir. Gallik asit stok çözeltisi (500 µg/ml); 100 ml saf suda 50 mg gallik asit çözdürülerek hazırlanmıştır. Gallik asit

çalışma çözeltisi; 500 µg/ml gallik stok çözeltisinden her biri 5'er ml'lik ölçü balonlarında, konsantrasyonu 0-55 µg/ml arasında değişen 9 ayrı çözelti olarak hazırlanmıştır. Bu çözeltilerden 1 ml alınarak 1 ml Folin-Cicaltea çözeltisi ile karıştırılmıştır. 5 dk bekletildikten sonra 2 ml sodyum karbonat ilave edilerek çalkalanmış ve 2 ml su ile seyreltilmiştir. Bu karışım 30 dk karanlık ortamda bekletildikten sonra spektrometrede 700 nm dalga boyunda absorbands değeri okunmuştur. Gallik asidin bu farklı konsantrasyonlarına karşı okunan absorbands değerlerinin grafiğe dönüştürülmesi ile kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir ($r^2=97.47$).

Toplam antioksidan aktivitesinin belirlenmesi (FRAP) (mg Trolox/g); yapraklarından 2 g tartılıp üzerine 4 ml metanol eklenerek homojenizatörden geçirilen materyal 10 dk 10000 rpm'de santrifüj edildikten sonra üstte kalan süpernatant kısmı alınmıştır. Daha sonra 300 mM asetat tamponu (pH 3.6), 40 mM HCl'de çözülerek hazırlanan 10 mmol/L 2,4,6-tripiryridyl-s-triazine (TPTZ), 20 mmol/L FeCl₃.6H₂O çözeltileri hazırlandıktan sonra sırası ile 10:1:1 oranında karıştırılıp FRAP ayırıcı hazırlanmıştır. Ekinezya yapraklarına 2850 µL FRAP ayırıcı ile ABTS (2,2-Azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) analizi için hazırlanan karışım etanolle 50 kat seyreltildikten sonra alınan 150 µL örnek karıştırılıp oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. Oluşan ferrus tripiridiltriiazin kompleksi spektrofotometrede 593 nm'de ölçülmüş ve sonuçlar mg Trolox/g olarak belirtilmiştir (Lutz ve ark., 2011). Trolox konsantrasyon aralığı 0-500 ppm olarak çalışılmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler faktöriyel düzende kurulan Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatiksel hesaplamalar COSTAT (6.3 versiyonu) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi'ne göre belirlenmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada tuz uygulamaları kök uzunluğunu olumsuz yönde etkilemiştir. Ekinezyanın kök uzunluğu üzerine tuz ve deniz yosunu uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Farklı tuz uygulamaları sonucunda elde edilen en fazla kök uzunluğu 15.8 cm ile kontrolden elde edilirken, en kısa kökler 13.4 cm ile CaCl₂ tuz uygulamasından elde edilmiş, ancak, diğer tuz kaynakları ile aynı Duncan grubunda yer almıştır (Çizelge 1). Yakıt ve Tuna (2005), yaptığı çalışmada tuz stresi uygulamalarının, bitkilerin kök gelişimi üzerine olumsuz etkide bulunduğunu belirtmiştir.

Deniz yosunu uygulamalarının tuz stresi altında yetiştirilen ekinezya bitkisinin kök uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve artan dozlarda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. En fazla kök uzunluğu ortalamaları 14.8 cm 6 cc/l deniz yosunu uygulamalarından elde edilirken, en düşük kök uzunluğu değeri 13.4 cm ile kontrol parsellerinden ölçülmüştür. Deniz yosunu ekstraktı ile bitkinin stres faktörlerine karşı dayanıklılık gösterdiği, kök gelişiminin teşvik edildiği (Matsiyak ve ark., 2011), fide büyüme ve gelişiminde (Kamaladhasan ve Subramanian, 2009) artışların sağlandığı belirlenmiştir. Çalışma bulgularımızla benzer olarak; Morgan ve Tarjan (1980), deniz yosunu ekstraktının domates bitkilerinde kök büyümesini arttırdığını, Verkleij (1992) hıyar bitkisine deniz yosunu bazlı gübre uygulamalarının köklerin gelişimini hızlandırdığını, lahanada deniz yosunu özü gübre uygulamalarının kök ve sürgün büyümesini arttırarak vejetatif gelişmeyi teşvik ettiğini, Kumbul (2000), deniz yosun ekstraktı uygulamalarının çilek, hıyar, soya gibi bitkilerde kök gelişimini arttırdığını belirtmişlerdir.

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen ekinezya bitkisinin gövde uzunluğu üzerine tuz stresi kaynaklarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken, deniz yosunu uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur. Farklı tuz kaynakları uygulamaları sonucunda

elde edilen gövde uzunluğu ortalama değerleri 16.5 cm ile 17.8 cm arasında değişiklik göstermiştir. Öztürk (2002), patlıcanda, Çiçek ve Çakırlar (2002), mısırdaki tuz stresinin bitki boyunu olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Deniz yosunu uygulamaları bakımından ise en fazla gövde uzunluğu değeri 18.0 cm olarak 2 cc/l deniz yosunu uygulamalarından elde edilirken diğer doz uygulamaları ile aralarında istatistiksel bir farklılığın olmadığı, aynı grup içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. En az gövde uzunluğu değeri ise 15.4 cm olarak kontrolden ölçülmüştür. Ay (1994), deniz yosununun pamuk bitkisinde erkencilik oranını, bitki boyunu ve odun dalı sayısını arttırdığını, Özenç ve Şen (2017) domateste deniz yosununun bitki gelişimini teşvik ettiğini ve bitki boyunu arttırdığını belirtmişlerdir.

Kök yaş ağırlığı değerleri açısından tuz ve deniz yosunu uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı tuz uygulamaları ile edilen en fazla kök yaş ağırlığı ortalama değeri 5.14 g ile kontrolden elde edilirken, en düşük değer ise 3.19 g ile NaCl uygulamalarından elde edilmiştir. Ancak diğer iki tuz kaynağı ile aynı Duncan grubunda yer aldığı Çizelge 1'de görülmektedir. Birçok araştırmacı da yapılan bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde tuzluluğun bitkilerde bitki kök gelişimini engellediğini, bitki yaş ve kuru ağırlığını azalttığını bildirmişlerdir (Treshow, 1975; Andiç, 1993; Turhan ve Kızıloğlu, 1999). Farklı deniz yosunu uygulamaları sonucunda en yüksek kök yaş ağırlığı değeri 4.35 g ile 6 cc/l deniz yosunu uygulamalarından, en düşük değer ise 3.46 g ile 2 cc/l deniz yosunu uygulamalarından elde edilmiştir. Fakat kontrol parselleri ile aralarında istatistiksel bir farklılık bulunmamaktadır (Çizelge 1). Whapham ve ark. (1992) domateste Maxicrop deniz yosunu özü, kontrol grubu ile kıyaslandığında bitkinin kök direncini arttırdığını ve bitki yapraklarının kontrol grubuna göre daha koyu yeşil renk aldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Tuz stresi altında deniz yosunu uygulamalarının ekinezyanın kök ve gövde uzunluğu (cm) ile yaş ağırlıkları (g) üzerine etkisi.

| Uygulamalar | | Kök | Gövde | Kök yaş | Gövde yaş |
|------------------------|----------------------|----------|----------|----------|-----------|
| Tuz kaynakları | Deniz yosunu dozları | uzunluğu | uzunluğu | ağırlığı | ağırlığı |
| Kontrol (T0) | DY0 (kontrol) | 14.0 | 15.9 | 5.23 | 4.12 |
| | DY2 | 16.1 | 17.0 | 4.41 | 2.99 |
| | DY4 | 14.8 | 19.1 | 5.38 | 4.31 |
| | DY6 | 15.8 | 19.3 | 5.54 | 3.99 |
| T0 Ort. | | 15.8 a | 17.8 | 5.14 a | 3.85 a |
| NaCl (T1) | DY0 (kontrol) | 13.6 | 14.2 | 3.21 | 2.03 |
| | DY2 | 13.5 | 17.5 | 3.32 | 2.78 |
| | DY4 | 14.0 | 19.5 | 3.56 | 2.68 |
| | DY6 | 14.1 | 15.0 | 2.67 | 2.80 |
| T1 Ort. | | 13.8 b | 16.5 | 3.19 b | 2.57 bc |
| KCl (T2) | DY0 (kontrol) | 13.3 | 15.0 | 3.04 | 2.88 |
| | DY2 | 14.6 | 18.3 | 3.13 | 2.13 |
| | DY4 | 12.3 | 16.1 | 3.37 | 3.56 |
| | DY6 | 14.8 | 19.0 | 4.85 | 4.12 |
| T2 Ort. | | 13.8 b | 17.1 | 3.59 b | 3.17 b |
| CaCl ₂ (T3) | DY0 (kontrol) | 12.6 | 16.5 | 2.78 | 2.51 |
| | DY2 | 12.8 | 19.3 | 2.97 | 1.81 |
| | DY4 | 13.6 | 16.2 | 2.85 | 2.0 |
| | DY6 | 14.5 | 16.0 | 4.33 | 2.63 |
| T3 Ort. | | 13.4 b | 17.0 | 3.23 b | 2.26 c |
| Deniz Yosunu Doz Ort. | DY0 (kontrol) | 13.4 b | 15.4 b | 3.56 b | 2.88 ab |
| | DY2 | 14.3 ab | 18.0 a | 3.46 b | 2.45 b |
| | DY4 | 13.7 ab | 17.7 a | 3.79 ab | 3.14 a |
| | DY6 | 14.8 a | 17.3 ab | 4.35 a | 3.38 a |
| VK (%) | | 10.3 | 14.6 | 21.7 | 24.1 |

*Ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma metoduyla $P < 0.05$ seviyesinde değerlendirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre gövde yaş ağırlığı açısından tuz ve deniz yosunu uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı tuz uygulamaları sonucundan elde edilen en yüksek gövde yaş ağırlığı değeri 3.85 g ile kontrolden elde edilirken, en düşük gövde yaş ağırlığı değeri 2.26 g ile CaCl₂ ile oluşturulan tuz stresi uygulamalarından elde edilmiştir. Tuzluluk bitki köklerinin topraktan su ve mineral alımını etkileyerek bitki büyümesini inhibe etmektedir (Aydın ve Atıcı, 2015). Tuz stresinde bitki büyüme ve gelişimi osmotik ve iyon stresine bağlı olarak gerilemektedir (Parida ve Das, 2005). Kök rizosferinde tuz miktarının artmasıyla birlikte ilk olarak osmotik stres oluşmaktadır. Oluşan bu dışsal osmotik stres, kullanılabilir su miktarının da azalmasına sebep olmakta ve hücre genişlemesinin azalmasına ve sürgün gelişiminin yavaşlamasına neden olmaktadır. Osmotik stresin devamında ortaya çıkan iyon stresi evresinde, ortamda artan Na ve Cl iyonlarının K⁺, Ca²⁺ ve NO₃ gibi gerekli besin elementleri ile rekabete girmesiyle bitkilerde, besin eksikliği veya besin dengesizliği meydana gelmektedir (Hu ve Schmidhalter, 2005). Chartzoulakis ve Klapaki (2000), tuz stresi uygulamalarının bitkilerde gövde ağırlıklarını devamlı olarak azalttığını, Yıldırım ve ark. (2004), asma anacına uygulanan tuz stresinin bitkide yaş ağırlığını önemli derecede azalttığını tespit etmişlerdir. Deniz yosunu uygulamaları bakımından ise en yüksek gövde yaş ağırlığı değeri 3.38 g ile 6 cc/l deniz yosunundan elde edilirken 4 cc/l uygulamalar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. En düşük değer ise 2.45 g ile 2 cc/l deniz yosunu uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Steveni ve ark. (1992), kışlık arpanın topraksız kültüründe Maxicrop deniz yosunu özü uygulamalarının gövde ağırlıklarında %56-63 düzeyinde bir artışa yol açtığını bildirmişlerdir.

Farklı tuz kaynakları ve deniz yosunu uygulamalarının kök kuru ağırlığı üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Farklı tuz uygulamaları sonucunda elde edilen en fazla kök kuru ağırlığı değeri 0.83 g ile kontrolden, en düşük değer ise 0.60 g ile NaCl ve CaCl₂ tuz uygulamalarından elde edilirken, KCl ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. Ashraf ve ark. (2003), iki farklı bamyaya çeşidine (tuza toleranslı, tuza duyarlı) tuz dozu (100 mM) uygulaması sonucunda, tuza toleranslı bamyaya çeşidinden, tuza duyarlı olan çeşide kıyasla yüksek miktarda bitki kuru ağırlığı elde edildiğini, tuz uygulaması sonucu kök kuru ağırlığının olumsuz etkilendiğini belirtmişlerdir. Yıldız ve Terzi (2011) arpada, Khan ve ark. (2013) buğdayda tuz stresine bağlı olarak kök kuru ağırlığında azalmaların meydana geldiğini belirterek bu çalışmada elde edilen bulguları destekler sonuçlar elde etmişlerdir.

Farklı deniz yosunu doz uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek kök kuru ağırlığı ortalaması 0.81 g ile 6 cc/l deniz yosunu uygulamalarından, en az değer ise 0.58 g ile kontrol parsellerinden elde edildiği ancak 2 ve 4 cc/l uygulamalar arasında farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Deniz yosunu konsantrasyonu arttıkça bitkinin kök kuru ağırlığında da artışlar gözlenmiştir. Allwright (1992), buğdayda deniz yosunu ekstraktlarının gerek yaprak gerekse topraktan uygulanması sonucu bitki boyunu ve kuru ağırlığını arttırdığını, Verkleij (1992), fasulye bitkisine püskürtme yoluyla uygulanan deniz yosunu özütünün kök kuru ağırlığını %24' ten %43'e çıkarttığını bildirmişlerdir.

Ekinezyanın gövde kuru ağırlığı üzerine tuz ve deniz yosunu uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En fazla değer 0.85 g ile kontrolden elde edilirken, en düşük değer ise NaCl uygulamalarından 0.65 g olarak tespit edilmiştir. CaCl₂ tuz uygulamaları ile aynı grup içerisinde olduğu Çizelge 2' de görülmektedir. Konu ile ilgili yapılan birçok araştırmada (Franco ve ark., 1993; Tıprıdamaz ve Ellialtıoğlu, 1994; Güneş ve ark., 1996) bulgularımıza benzer şekilde tuz stresi uygulamalarının farklı bitkilerde kök ve gövde gelişimi ile bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalmalara neden olduğunu gözlemişlerdir. Chartzoulakis ve Klapaki (2000), biber bitkisinde 25 mM üzerindeki tuz uygulamalarının bitki kuru ağırlığı değerlerini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Farklı deniz yosunu dozu uygulamaları ile elde edilen en fazla gövde kuru ağırlığı 0.81 g ile 6 cc/l uygulamalarından elde edilirken, en düşük gövde kuru ağırlığı 0.62 g ile kontrol uygulamalarından tespit edilmiştir. Artan dozlarda deniz yosunu uygulamaları ile bitki gövde kuru ağırlığının da paralel bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Allwright (1992), buğdayda, deniz yosunu uygulamalarının (toprak-yaprak) bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini, bitki boyu ve bitki kuru ağırlığını arttırdığını bildirmiştir.

Tuz uygulamaları ile deniz yosunu uygulamalarının ekinezyanın toplam fenolik madde oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı tuz uygulamaları sonucundan ekinezya bitkisinden elde edilen en fazla toplam fenolik bileşik miktarı 451.2 mg/100g ile NaCl tuzundan elde edilirken, diğer tuz kaynakları ile arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir (Çizelge 2). En düşük fenolik madde oranı ise 348.7 mg/100g ile kontrol uygulamalarından elde edilmiştir. Bitkilerin tuz stresi gibi abiyotik stres faktörlerinin etkisiyle dokularında fenoller, tokoferoller ve askorbik asit gibi antioksidantları biriktirmesi, bitkilerin strese karşı geliştirdiği bir adaptasyon mekanizması olarak tanımlanmaktadır (Keleş ve Öncel, 2002; Munne-Bosch, 2005; Rodriguez ve ark., 2010). Bu çalışmada tuz stresi kontrol ile kıyaslandığında, bitkideki toplam fenolik madde oranını artırıcı etkide bulunmuştur. Çalışma bulgularımızdan farklı olarak; Chartzoulakis (2005), tuz stresinin meyve ağırlığı, yağ içeriği, doymuş/doymamış yağ asitlerini azaltırken toplam fenolik madde içeriği üzerinde herhangi bir etkide bulunmadığını ifade etmiştir.

Farklı dozlardaki deniz yosunu uygulamaları sonucunda ekinezya bitkisinin toplam fenolik madde oranı bakımından en yüksek değer 425.7 mg/100g ile 6 cc/l deniz yosunu uygulamasından, en düşük değer (385.4 mg/100g) ise deniz yosunu uygulanmayan kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Deniz yosunu dozlarındaki artışa paralel olarak bitkide oluşan toplam fenolik madde miktarı da artış göstermiştir (Çizelge 2).

Toplam antioksidan madde miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, deniz yosunu uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. Farklı tuz uygulamaları sonucundan elde edilen toplam antioksidan madde miktarı 560.1 mg/g olarak elde edilirken, en az toplam antioksidan madde miktarı ise 447.1 mg/g olarak tuz stresinin olmadığı kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Tuz stresi kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında bitkideki toplam antioksidan madde miktarı artış göstermiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda; Gossett ve ark. (1996) pamukta, Yaşar (2003) patlıcanda tuz dozlarının bitkinin antioksidan aktivitesinde artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Yaşar ve ark. (2008), tuz stresinin karpuz bitkisinde antioksidatif enzim aktivitelerine etkisini araştırdıkları çalışma sonucunda; tuza tolerant genotiplerinin enzim aktivitelerinin duyarlı olanlara göre çok yüksek olduğu belirlenmiştir.

Farklı dozlarda deniz yosunu uygulamaları sonucunda kontrol dozu uygulamalarına kıyasla bir artış olsa da bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Deniz yosunu dozları sonucunda elde edilen bitkideki toplam antioksidan aktivite değerleri 503.16-557.50 mg/g arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 2. Tuz stresi altında deniz yosunu uygulamalarının ekinezyanın kök ve gövde kuru ağırlığı (g) ile toplam fenolik (mg/100g) ve antioksidan madde (mg/g) miktarı üzerine etkisi.

| Uygulamalar | | Kök kuru ağırlığı | Gövde kuru ağırlığı | Toplam fenolik madde | Toplam Antioksidan madde |
|------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| Tuz kaynakları | Deniz yosunu dozları | | | | |
| Kontrol (T0) | DY0 (kontrol) | 0.72 | 0.75 | 305.7 | 410.0 |
| | DY2 | 0.83 | 0.93 | 375.0 | 465.0 |
| | DY4 | 0.88 | 0.83 | 341.7 | 467.0 |
| | DY6 | 0.87 | 0.91 | 372.3 | 446.3 |
| T0 Ort. | | 0.83 a | 0.85 a | 348.7 b | 447.1 b |
| NaCl (T1) | DY0 (kontrol) | 0.65 | 0.54 | 394.7 | 505.0 |
| | DY2 | 0.64 | 0.68 | 453.7 | 576.7 |
| | DY4 | 0.47 | 0.70 | 437.7 | 576.7 |
| | DY6 | 0.65 | 0.64 | 519.0 | 582.0 |
| T1 Ort. | | 0.60 b | 0.65 b | 451.2 a | 560.1 a |
| KCl (T2) | DY0 (kontrol) | 0.61 | 0.58 | 447.2 | 553.3 |
| | DY2 | 0.52 | 0.72 | 417.2 | 582.3 |
| | DY4 | 0.56 | 0.82 | 463.7 | 602.0 |
| | DY6 | 0.81 | 0.79 | 350.7 | 419.7 |
| T2 Ort. | | 0.62 b | 0.73 ab | 419.7 a | 539.3 a |
| CaCl ₂ (T3) | DY0 (kontrol) | 0.36 | 0.62 | 394.0 | 544.3 |
| | DY2 | 0.47 | 0.67 | 392.0 | 465.3 |
| | DY4 | 0.67 | 0.60 | 398.7 | 584.3 |
| | DY6 | 0.90 | 0.89 | 460.7 | 565.3 |
| T3 Ort. | | 0.60 b | 0.70 b | 411.3 a | 539.8 a |
| Deniz Yosunu Doz Ort. | DY0 (kontrol) | 0.58 b | 0.62 b | 385.4 b | 503.2 |
| | DY2 | 0.61 b | 0.75 ab | 409.5 ab | 522.0 |
| | DY4 | 0.64 b | 0.74 ab | 410.4 ab | 557.5 |
| | DY6 | 0.81 a | 0.81 a | 425.7 a | 503.2 |
| VK (%) | | 27.12 | 23.46 | 14.8 | 14.2 |

*Ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma metoduyla $P < 0.05$ seviyesinde değerlendirilmiştir.

Sonuç

Farklı tuz kaynakları ile oluşturulan tuz stresi koşullarında ekinezyanın bitki gelişim parametrelerinde azalmaların gözlemlendiği, ancak toplam antioksidan ve fenolik madde miktarında ise artışların olduğu tespit edilmiştir. Tuz uygulamaları ile kök uzunluğu %15, kök-gövde yaş ağırlıkları %38-41, kök-gövde kuru ağırlıkları ise %28-24 oranında azalmıştır. Tuz stresi koşullarında deniz yosunu uygulamalarının, incelenen fizyolojik özellikler üzerinde olumlu etkide bulunduğu ve bitki gelişimini arttırdığı belirlenerek, deniz yosunu konsantrasyonu arttıkça bitkideki fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerde genel olarak artışlar gözlemlenmiştir. Deniz yosunu uygulamaları ile kök ve gövde uzunluğunda %9-14'lük, kök-gövde yaş ağırlıklarında %18-15'lik, kök-gövde kuru ağırlıklarında ise %28-23'lük oranda artışlar sağlanmıştır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; tuz stresi koşullarından olumsuz etkilenen bitkilere deniz yosunu uygulamaları, belirli oranda stres faktörlerini minimize etmesi bakımından önerilebilir. Ayrıca deniz yosununun bitkide stres etkilerinin görülmeden önce uygulanması ile bitkinin fiziksel ve biyokimyasal özellikleri üzerinde daha olumlu sonuçların elde edilebileceği tahmin edilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma "Tuz Stresi Altındaki Ekinezya (*Echinaceae purpurea* L.)'da Deniz Yosununun Büyüme Parametreleri ile Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimler Üzerine Etkisi" isimli Alya KARA'nın Yüksek Lisans tez çalışmasının bir kısmının özeti niteliğindedir.

Kaynaklar

- Allwright, K. J. (1992). Effect of seaweed extracts on growth of wheat, and soil-borne diseases. Abstract of the 14th International Seaweed Symposium, Brest and St Malo, France, Abstract number 004.
- Andiç, C. (1993). Tarımsal Ekoloji. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Notları No:16.
- Ashraf, M., Arfan, M., Ahmad, A. (2003). Salt tolerance in okra: Ion relations and gas exchanges characteristics. J. of Plant Nutrition 26 (1): 63-79.
- Ay, H. (1994). Çukurova bölgesi koşullarında, deniz yosunu özü "Ascophyllum nodosum" Maxicrop ile deniz yosunu süspansiyonu "Durvillia patatorum" Kelpak' ın, pamuğun(*Gossypium hirsutum* L.) morfolojik, fizyolojik ve teknolojik özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.47 s.
- Aydın, İ., Atıcı, Ö. (2015). Tuz stresinin bazı kültür bitkilerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3 (2): 1-15.
- Chartzoulakis, K. S. (2005). Salinity and Olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. Agricultural Water Management 78: 108-121.
- Chartzoulakis, K., Klapaki, G. (2000). Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia Horticulturae (86): 247-260.
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology, 23: 371-393.
- Çiçek, N., Çakırlar, H. (2002). The effect of salinity on some physiol. Parameters in Two Maize Cult. Bulg. J. Plant Physiol. 28 (1-2): 66-74.
- Düzgüneş O., Kesici, T., Koyuncu, O., Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metodları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1021. 295-381.
- Franco, J. A., Esteban, C., Rodriguez, C. (1993). Effect of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. J. Hort. Sci. 68: 899-904.
- Gossett, D. R., Banks, S. W., Millhollon, E. P., Lucas, M. C. (1996). Antioxidant response to NaCl stress in a control and NaCl tolerant cotton cell line grown in the presence of paraquat, buthionine, sulfoximine, and exogenous glutathione. Plant Physiol. 112 (2): 803-809.
- Gülpinar, A. R. (2009). Türkiye'de kültürü yapılan *Echinacea purpurea* (L.) moench ve *echinacea pallida* (Nutt.) Nutt. türleri üzerinde farmakognozok araştırmalar. Türkiye Cumhuriyet Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Güneş, A., Inal, A., Alpaslan, M. (1996). Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. J. Plant Nutrition 19 (2): 389-396.
- Hu, Y., Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants, Journal of Plant Nutrient and Soil Science, 168, 541-549.
- Kamaladhasan, N., Subramanian, S. K. (2009). Influence of seaweed liquid fertilizers on legume crop, red gram. Journal of Basic and Applied Biology, 24.
- Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N. (2005). Sulama, drenaj ve tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri. 213-251.
- Keleş, Y., Öncel, I. (2002). Buğday fidelerinde büyüme ve pigment içeriği üzerine sıcaklık ve su-tuz streslerinin birlikte etkileri. AUJST, 3(1): 143-152.
- Khan, A., Shaheen, Z., Nawaz, M. (2013). Amelioration of salt stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) by foliar application of nitrogen and potassium Sci., Tech. and Dev., 32 (2): 85-98.
- Kumbul, B. (2000). Deniz yosunlarının bahçe bitkilerinde kullanım alanları. Akdeniz Üniv. Zir. Fak. Bahçe Bitkileri Bölümü, Bitirme Tezi, Antalya.
- Lee, J., Scagel, C. F. (2009). Cichoric acid found in basil (*Ocimum basilicum*) leaves, Food Chemistry, 115, 650-656.
- Lutz, M., Jorquera, K., Cancino, B., Ruby, R., Henriquez, C. (2011). Phenolics and antioxidant capacity of table grape (*Vitis vinifera* L.) Cultivars Grown in Chile. Journal of Food Science. 76: 1088-1093.
- Matsiyak, K. Kaczmarek, Z., Krawczyk, R. (2011). Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura.10 (1): 33-45.
- Miller, S. C., Yu, H. (2004). Echinacea: The genus Echinacea, CRC Press, Boca Raton, USA, 1-190.

- Morgan, K. T., Tarjan, A. C. (1980). Management of sting nematode on centipede grass with kelp extracts. Proceeding of the Florida State Horticultural Society, 93, 97-99.
- Munne-Bosch, S. (2005). The role of a-tocopherol in plant stress tolerance. Journal of Plant physiology. 162,743-748.
- Obanda, M., Owuor, P. O. (1997). Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. Journal of the Science of Food and Agriculture, 74: 209-215.
- Özenç, D. B., Şen, O. (2017). Farklı gelişim dönemlerinde uygulanan deniz yosunu gübresinin domates bitkisinin gelişim ve bazı kalite özelliklerine etkisi Akademik Ziraat Dergisi. Cilt 6, özel sayı: 235-242.
- Öztürk, A. (2002). Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan tuzlu ve normal suların patlıcan (*Solanum melongena* L.) bitkisinin bazı özelliklerine ve toprak tuzluluğuna etkisi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 16 (30) : 1420.
- Parida, A. K., Das, A. B. (2005). Salt Tolerance and salinity effects on plants: a Review, Ecotoxicology and Environmental Safety, 60, 324-349.
- Rodriguez, S., Wilhelmi, R., Cervilla, L., Blasco, B., Rios, J., Rosales, A., Romero, L., Ruiz, J. (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. Plant Science, 178: 30-40.
- Steveni, C. M., Norrington-Davies, J., Hankins, S. D. (1992). Effect of seaweed concentrate on hydroponically grown spring barley Journal of Applied Phycology. 4(2): 173-180.
- Tıprıdamaz, R., Ellialtıoğlu, Ş. (1994). Domates genotiplerinde tuza dayanıklılığın belirlenmesinde değişik tekniklerin kullanımı. Ankara Üniv. Ziraat Fak Yayınları, Yayın No: 1358, Bilimsel Ar. ve İnc.: 752, 21s.
- Treshow, M. (1975). Environment and Plant Response. McGraw-Hill Book Comp., USA. 442p.
- Turhan, O. Y., Kızıloğlu, F. T. (1999). Toprak tuzluluğunun değişik *Rhizobium phaseoli* izolatları ile aşıl原因an fasulye (*Phaseolus vulgaris*) çeşit ve gelişimine etkisi. GAP I. Tarım Kongresi 26-28 Mayıs, Şanlıurfa, s: 937-945.
- Verkleij, F. N. (1992). Seaweed extracts in agriculture and horticulture. A Review Biological Agriculture and Horticulture, 8: 309-324. Agric. Sci. 18(1): 51-55.
- Whapham, C. A., Jenkins, T., Blunden, G., Hankins, S. D. (1994). The role of seaweed extracts, *Ascophyllum nodosum*, in the reduction in fecundity of meloidogyne javanica. Fundamental Applied Nematology, 17 (2): 181-183.
- Yakıt, S., Tuna, A. L. (2005). Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, K ve Mg'un etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla.
- Yaşar, F. (2003). Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktiviteleri in vitro ve in vivo olarak incelenmesi. (Doktora Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yaşar, F., Özpınar, T., Uzal, Ö., Ellialtıoğlu, Ş. (2008). Tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) antioksidatif enzim (SOD, CAT, APX ve GR) aktivitesi üzerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 18 (1): 61-65.
- Yıldız, M., Terzi, H. (2011). Determination of early seedling stage salt tolerance in some barley cultivars grown in Turkey. Journal of Agricultural Sciences. 17: 1-9.
- Yıldırım, O., Aras, S., Ergül, A. (2004). Response of antioxidant systems to shortterm NaCl stress in grapevine rootstock-1616C and *Vitis vinifera* L. cv. Razaki. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica. 46: 151-158.