

Ekinezya (*Echinaceae purpurea* L.) bitkisinde tuz stresi ve deniz yosunu uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisinin araştırılması

Alya KARA¹ Murat TUNÇTÜRK¹ Rûveyde TUNÇTÜRK¹

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü, Van

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: ruveydetunckturk@yyu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-3759-8232

Makale Bilgisi/Article Info
Derim, 2019/36(2):199-206
doi: 10.16882/derim.2019.537609

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 08.03.2019
Kabul Tarihi/Accepted: 22.08.2019



Öz

Araştırma, ekinezyada (*Echinaceae purpurea* L.) 150 mM dozunda farklı tuz kaynakları (NaCl, KCl ve CaCl₂) ve deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) ekstraktı dozlarının (kontrol, 2, 4 ve 6 cc l⁻¹) büyüme parametreleri ile biyokimyasal değişiklikler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre faktöriyel düzende 4 tekerrürlü olarak kontrollü iklim odasında yürütülmüştür. Denemede, ekinezyanın yaprak alanı, klorofil miktarı, yaprak dokularında iyon sızıntısı, malondialdehit düzeyi (MDA), yaprak dokularında bağıl su içeriği ve membran dayanıklılık indeksi gibi özellikler incelenmiştir. Çalışmada, tuz stresinin bitkinin yaprak alanını, yaprak dokularında bağıl su içeriğini, membran dayanıklılık indeksi ve klorofil miktarını azalttığı; MDA seviyesi ile yaprak dokularında iyon sızıntısını arttırdığı belirlenmiştir. Deniz yosunu uygulamaları ile MDA seviyesi ve yaprak dokularında iyon sızıntısı dışında incelenen tüm parametreler önemli seviyede artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deniz yosunu; Tuz stresi; *Echinaceae purpurea* L.

Investigation of the effects on some physiological parameters of salt stress and seaweed applications in echinacea (*Echinaceae purpurea* L.) plant

Abstract

Research was carried out to determine the effects of different salt sources (control, NaCl, KCl and CaCl₂) at the 150 mM dose and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract concentrations (control, 2, 4 and 6 cc l⁻¹) on growth parameters with biochemical changes in Echinacea (*Echinaceae purpurea* L.). The factorial experiment based on completely randomized design performed in growth chamber conditions with four replicates. In experiment, parameters such as leaf area, chlorophyll content, ion leakage in leaf tissues, MDA levels, relative water content in leaf tissues and membrane endurance index were investigated. In study, it was determined that salt stress decreased leaf area, chlorophyll content, membrane endurance index, relative water content in leaf tissues; MDA levels with ion leakage in leaf tissues were increased. All of the investigated parameters increased significantly except for MDA level and ion leakage in leaf tissues due to seaweed applications.

Keywords: Seaweed; Salt stress; *Echinaceae purpurea* L.

1. Giriş

Tıbbi bitkilerde kullanılan bitki kısımları türlere göre değişmektedir. Bazı türlerde tüm herba bazılarında kök, çiçek, yaprak gibi özel bitki kısımları kullanılmaktadır. Ekinezya, türlere bağlı olarak toprak üstü ve toprak altı kısımları kullanılan tıbbi bitkilerden olup, drog kalitesi bitki üzerindeki kısımlara göre (yaprak, çiçek, gövde) değişmektedir. Bitkinin pazarı, kullanım amaçlarına göre tüm bitki herbası olacağı gibi, sadece yaprak, çiçek, kök gibi özel kısımlarını talep eden alıcılar da bulunmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerden en etkin bir şekilde

yararlanılması amacıyla kaliteye önem verilmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkilerde bitkinin bileşiminde bulunan maddeler kadar miktarları da önemlidir (Percival, 2000). Bu nedenle tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştirilmesi, hasat zamanı, kurutulması, ekstraksiyonu gibi aşamalar ve bitkinin biyoaktif bileşenlerinin daha çok nerede bulunduğunu tespit etmek önemlidir. Ekinezya'nın içerdiği biyoaktif bileşenlerin çeşidi ve miktarı çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu faktörler; bitkinin türü, hasat zamanı, bitkinin kullanılan kısmı, proses yöntemi olarak özetlenebilir (Percival, 2000; Perry vd., 2001).

Tuzluluk stresi kültür bitkileri açısından çevresel bir stres faktörü olup, kimyasal stres grubuna girmektedir. Yetiştirme ortamının tuz yönünden sorunlu olması birçok olumsuz etkiyi de beraberinde getirir. Bu olumsuz etkiler; enzim aktivasyon bozukluğu, besin dengesizliği, membran işlev bozukluğu, genel metabolik süreçte aksamalar, ozmotik uyumsuzluk ve su alımında dengesizlik, oksidatif stres ve genel gelişim yetersizliği olarak sıralanabilir (Orcutt ve Nilsen, 2000). Tuz stresi altındaki bitkilere dışarıdan uygulanan Ca, K veya P içeren bileşiklerin, bitkinin yaprak ve köklerinde Na ile rekabete girerek alınımını azalttığı ve bitki bünyesinde Ca, K ve P iyonlarının strese karşı koyabilecek yeterli düzeylere ulaşmasıyla birlikte bitkinin strese karşı koyabilme kapasitesinin de arttığı bazı çalışmalarla mevcuttur (Hasegawa ve Bressan, 2000; Kaya vd., 2001; Kaya ve Higgs, 2003). *Echinacea purpurea*'nın yaz dönemlerinde tuzluluğa karşı dayanıklılığının düşük olduğu ancak sonbahar döneminde artan tuzluluk seviyelerinde kabul edilebilir büyüme gösterdiği yapılan bir araştırma (Niu ve Rodriguez, 2006) ile ortaya konulmuştur. Ayrıca CaCl₂ ve NaCl içeren farklı tuzluluk seviyelerinde *E. purpurea*'nın düşük sıcaklık ve düşük ışık yoğunluğu dönemlerinde tuzluluğa karşı orta seviyede dayanıklılık gösterdiği tespit edilmiş (Zollinger vd., 2007) olup, ekinezyada NaCl tuzluluğunun bitki büyümesini azaltırken, köklerdeki klorojenik asit ve klorik asitlerin birikimini arttırdığı da belirtilmiştir (Montanari vd., 2008).

Deniz yosunları tuzlu su ve deniz çevrelerinde yetişen makro alglerdir (White ve Keleshian, 1994). Makro algler günümüzde gıdadan kozmetiğe, tıptan eczacılığa kadar birçok alanda çok çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Makro alglerin kullanımıyla ilgili en eski bilgiler M.Ö. 2700 yıllarına rastlamakta olup Çinli Shen-Nung'un "Materia Medica" adlı eserinde yer almaktadır. Shen-Nung'a göre, eski medeniyetlerde Yunanlı Dioscorides algleri ilaç olarak kullanmıştır. Romalılar ve Mısırlılar tarafından kozmetik amaçlı, Orta Çağ'dan bu yana, Uzak Doğu ülkelerinde gıda, Avrupa ülkelerinde de gübre olarak kullanıldığı bilinmektedir (Sukatar, 2002). Makro algler tüketici organizmalara besin olarak katkı sağladıkları gibi, suda yaşayan canlılara üreme ve barınma ortamı da oluşturmaktadırlar. Yeşil (*Chlorophyta*), kırmızı (*Rhodophyta*) ve kahverengi algler (*Phaeophyta*) makro alglerin

yer aldığı alg gruplarıdır. Protein, mineral ve vitamin içeriği yönünden değerli bir besin kaynağı olmaları nedeniyle makro algler insanlar tarafından da uzun yıllardır gıda olarak kullanılmaktadır (Fleurence, 1999; Wong ve Cheung, 2000; Subba vd., 2007). Yosunlar makro ve mikro besin maddelerinin yanı sıra, sitokinin, giberellinler ve oksinler gibi birçok büyüme hormonu içermektedir. Yosun ekstrelerinin tohum çimlenme ve gelişimi ile besin alınımını arttırdığı, donma direnci kazandırdığı ve bitkilerin fitopatolojik mantarlara ve böcek zararlılarına karşı daha iyi direnç sağladığı bilinmektedir (Kumar vd., 2012). Alg ve alg ekstraktlarının bünyesinde bulunan organik asit ile topraktaki metal iyonlarının kombinasyonları sonucu molekül ağırlığı yüksek kompleksler oluşturmakta ve bu kompleksler nem absorbe ederek şişmekte ve toprağın nemli kalmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla toprağın daha iyi havalanması sağlanmaktadır buna bağlı olarak da topraktaki mikroorganizma ve toprak gözeneklerinin aktivitesi artarak bitki köklerinin büyümesi hızlanmaktadır (Eyras vd., 1998). Kahverengi yosun ekstraktlarının kimyasal bileşenlerinin ve fizyolojik etkilerin büyük ölçüde bitki büyümesini teşvik eden etkileri ve tuzluluk, aşırı sıcaklıklar, besleyici eksikliği gibi abiyotik streslere karşı toleransı üzerindeki iyileştirici etkileri nedeniyle bahçe bitkilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Battacharyya vd., 2015). Deniz yosunu ekstraktı ile bitkinin stres faktörlerine karşı dayanıklılık gösterdiği; kök gelişiminin teşvik edildiği (Matsiyak vd., 2011), fide büyüme ve gelişiminde (Kamaladhasan ve Subramanian, 2009) artışların sağlandığı belirlenmiştir. Bu çalışmada; farklı tuz kaynaklarının neden olduğu tuz stresi koşullarında ekinezya bitkisine deniz yosunu uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. 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 Enstitüsü'nden temin edilen ekinezya (*Echinacea purpurea* L.) tohumları kullanılmıştır.

2.2.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⁻¹) ve 150 mM dozunda 3 farklı tuz kaynağı (kontrol, NaCl, KCl ve CaCl₂) kullanılmıştır (Samfield vd., 1991; Niu ve Rodriguez, 2006; Zollinger vd., 2007; Montanari vd., 2008).

Bitkiler üzerinde yaratılan bu stresin deniz yosunu ekstraktı tarafından ne ölçüde önlebileceğini gözlemek amacıyla yaprak yüzeyine deniz yosunu ekstraktı sisleme şeklinde uygulanmıştır. Deniz yosunları, hemen hemen tüm makro ve mikro besin elementlerini yapısında bulunduran 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 dikilmişlerdir. 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. 1000 ml Hoagland besin çözeltisi içeriğinde; 1.0 g KNO₃, 0.5 g Ca(NO₃)₂, 0.25 g NH₄H₂PO₄, 0.5 g MgSO₄, 0.003 g H₃BO₃, 0.0015 g MnCl₂, 0.0001 g CuSO₄, 0.0001 g H₂MoO₄, 0.0006 g C₄H₆O₆, 0.0003 g FeSO₄ ve 0.0003 g ZnSO₄ bulunmaktadır. Bu elementler 1000 ml distile su içerisinde manyetik karıştırıcı vasıtasıyla çözülmüş ve elde edilen çözelti steril ortamda muhafaza edilmiştir. 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) deniz yosunu ekstraktı uygulamalarına başlanmıştır.

Bitkilerde fizyolojik sorunlar belirdiğinde gerekli analizler yapılmak üzere 49. günde deneme sonlandırılmıştır. Bitkiler kökleriyle birlikte bütün olarak çıkartılarak kökler ayrıldıktan sonra yeşil

aksamdan kesitler alınıp -80°C'de saklanmıştır. Yaprak alanı, Easy Leaf Area programı kullanılarak, klorofil içeriği, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile bağlı (oransal) su içeriği Arora vd., (2002)'in yöntemine göre, yaprak dokularında iyon sızıntısı ve membran dayanıklılık indeksi ise Premchandra vd., (1990); ve Sairam, (1994) yöntemlerine göre belirlenmiştir.

Ayrıca çalışmada Malondialdehit miktarı (MDA); bitkiden alınan 0.5 g yaprak örneği 10 ml %0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin süpernatant kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml %20'lik TCA içerisinde çözülmüş %0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) eklenmiştir. Karışım 95°C su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulup 10000 g'de 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra süpernatant kısmınının 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbansı belirlenip aşağıdaki eşitlik ile malondialdehit (MDA) içeriği hesaplanmıştır (Heath ve Packer, 1968; Sairam ve Saxena, 2000). Araştırma sonucunda elde edilen veriler faktöriyel düzende kurulan Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel hesaplamalar COSTAT (6.3 versiyonu) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi' ne göre belirlenmiştir (Düzgüneş vd., 1987).

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı tuz uygulamaları, deniz yosunu uygulamaları ve Tuz (T) x Deniz Yosunu (DY) interaksyonunun yaprak dokularında bağlı su içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek değer %90.4 ile kontrol grubundan, en düşük değer ise %47.7 olarak KCl tuzundan elde edilmiştir. Tuz stresi uygulamaları, ekinezyanın yaprak dokularında bağlı su içeriğinin azalmasına sebep olmuştur (Çizelge 1).

Nguyen vd., (2005), tuz stresi koşullarında yetiştirilen çeltik bitkisinin yaprak dokularında nisbi nem içeriğinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacı sonuçları ile çalışma bulgularımız uyum içerisinde.

Çizelge 1. Ekinezyada tuz stresi ve deniz yosunu uygulamalarının yaprak dokularında bağıl su içeriğine etkisi (%)

Uygulamalar	Dy0	Dy2	Dy4	Dy6	Ortalama
Kontrol	65.1 bc	60.4 bd	108.0 a	128.0 a	90.4 a
NaCl	57.3 bd	76.4 b	42.3 cd	57.6 bd	58.4 bc
KCl	61.3 bc	57.3 bd	27.8 d	44.5 bd	47.7 c
CaCl ₂	60.1 bd	77.2 b	68.8 bc	76.1 b	70.5 b
Ortalama	60.9 b	67.8 ab	61.7 ab	76.6 a	
CV (%)	25.5				

Tuz kaynakları (T): *, Deniz yosunu (D):**, Tuz kaynakları x Deniz yosunu (T x DY):**

* ve **, sırasıyla 0.05 ve 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 2. Ekinezyada tuz stresi ve deniz yosunu uygulamalarının MDA içeriğine etkisi (nmol g⁻¹)

Uygulamalar	Dy0	Dy2	Dy4	Dy6	Ortalama
Kontrol	0.46 d	0.24 fh	0.22 fh	0.14 h	0.26 b
NaCl	1.14 a	0.89 b	0.75 c	0.28 eg	0.76 a
KCl	0.22 fh	0.15 gh	0.14 h	0.13 h	0.16 c
CaCl ₂	0.38 de	0.32 ef	0.16 gh	0.14 h	0.25 b
Ortalama	0.55 a	0.40 b	0.32 c	0.17 d	
CV (%)	15.5				

Tuz kaynakları (T): **, Deniz yosunu (D):**, Tuz kaynakları x Deniz yosunu (T x DY):**

**, 0.01 düzeyinde önemli

Deniz yosunu uygulamaları bakımından, en yüksek yaprak dokularında bağıl su içeriği değeri %76.6 ile 6 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamasından, en düşük değer %60.9 olarak kontrol grubundan elde edilmiştir. Deniz yosunu uygulamalarının, yaprak dokularında bağıl su içeriği değerlerini arttırdığı belirlenmiştir.

Çalışmada tuz kaynakları ile deniz yosunu interaksyonu bakımından yaprak dokularında en fazla bağıl su içeriği değeri (%128.0) tuz stresinin uygulanmadığı 6 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamalarından elde edilirken, 4 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamaları arasında istatistiksel farklılığın olmadığı aynı Duncan grubunda yer aldığı belirlenmiştir. En düşük değer ise %27.8 ile KCl tuz uygulamalarında ve 4 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamalarından elde edilmiştir. Ekinezyada MDA içeriği bakımından farklı tuz kaynakları ve deniz yosunu uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Aynı zamanda T x DY interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En fazla MDA birikimi (0.76 nmol g⁻¹) NaCl tuzundan, en az MDA birikimi ise 0.16 nmol g⁻¹ KCl tuzundan tespit edilmiştir.

Deniz yosunu uygulamalarının MDA birikimi üzerindeki etkisi kontrol ile kıyaslandığında azaltıcı yönde olmuştur (Çizelge 2). En fazla MDA birikimi (0.55 nmol g⁻¹) kontrolden, en az MDA değeri (0.17 nmol g⁻¹) ise 6 cc l⁻¹ deniz yosunu dozundan elde edilmiştir. T X DY interaksyonunda en fazla MDA birikimi

(1.14 nmol g⁻¹) deniz yosununun uygulanmadığı NaCl tuz uygulamalarından elde edilirken, en düşük değer 0.13 nmol g⁻¹ olarak KCl tuzu ile oluşturulan tuz stresi ve 6 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamalarından elde edilmiştir. Ancak, aynı tuz kaynağında 4 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamaları ile kontrol ve CaCl₂ tuzu kullanılarak oluşturulan tuz stresinde 6 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamaları ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. [Sairam ve Srivastava \(2002\)](#), buğday bitkisinde uzun süre uygulanan tuz dozlarının MDA içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. [Yaşar \(2003\)](#), farklı patlıcan genotiplerinde tuz stresinin etkilerini araştırdıkları çalışmada; tuza toleransı yüksek patlıcan genotiplerinin yaprak dokularında MDA miktarının; duyarlı genotiplere nazaran daha düşük olduğunu, [Yıldırım vd., \(2004\)](#), asmada NaCl ile oluşturdukları tuz stresinde MDA içeriğinin önemli derecede arttığını tespit etmişlerdir. Abiyotik stres koşullarında lipid peroksidasyonu sonucu MDA birikiminin gerçekleştiğini gösteren birçok çalışma mevcuttur ([Sairam ve Saxena, 2000](#); [Güneş ve Aktaş, 2008](#); [Rodriguez vd., 2010](#)). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar bulgularımızla uyumludur.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, yaprak dokularında iyon sızıntısı üzerine tuz stresi, deniz yosunu ve T x DY interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ekinezyada farklı tuz kaynakları uygulamaları sonucundan elde edilen en yüksek yaprak dokularındaki iyon sızıntısı oranı %82.9 ile NaCl

tuz uygulamalarından elde edilmiştir. Ancak diğer tuz kaynakları ile istatistiksel olarak farklılığın olmadığı aynı Duncan grubunda yer aldığı görülmektedir (Çizelge 3). En düşük iyon sızıntısı miktarı ise %63.9 ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Stres koşullarında iyon sızıntısının önemli düzeyde artması, membran bütünlüğünü bozan oksidatif hasarı yansıtmaktadır ve bu nedenle membranda yer alan hücresel işlevlerde de bozulmalara neden olmaktadır (Assaha vd., 2016). Çizelge 3 incelendiğinde, kontrol uygulamalarına göre tuz stresi uygulanan bitkilerde yaprak dokularındaki iyon sızıntısının arttığı görülmektedir. Elde edilen araştırma sonuçlarına benzer olarak Lutts vd. (1996), tuz stresindeki çeltik bitkisinde iyon sızıntısının kontrole nazaran yüksek değerlere ulaştığını bildirmişlerdir.

Deniz yosunu uygulamaları sonucunda bitki yaprak dokularındaki iyon sızıntısının en yüksek değeri %80.5 ile kontrol grubundan elde edilirken, en düşük değer %73.4 ile 2 cc l⁻¹ deniz yosunu dozundan elde edilmiştir. T x DY interaksyonu bakımından yaprak dokularında en fazla iyon sızıntısı %97.5 ile CaCl₂ tuz stresinde, deniz yosunu uygulanmayan kontrol uygulamalarından elde edilirken, en az iyon sızıntısı (%42.3) tuz stresinin olmadığı 4 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 3). Maldonado vd. (1997), yulafta ve Liu vd. (2011), aspride stres koşullarında iyon sızıntısı oranının kontrole göre önemli düzeyde

arttığını, Lisar vd. (2012) abiyotik stresin; fotosentez, solunum, taşınım, iyon alınımını, karbohidrat, besin metabolizması ve hormon sentezini etkileyerek bitkilerin büyüme ve gelişimini engelleyebileceğine dair tespit ettikleri sonuçlar ile araştırma bulgularımız uyumludur. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi üzerine farklı tuz kaynakları ve deniz yosunu dozlarının etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca T x DY interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresi uygulamaları bakımından söz konusu parametreye ait en yüksek ortalama değer %12.6 ile kontrol parsellerinden elde edilirken, en düşük değer %7.38 ile CaCl₂ tuzundan elde edilmiştir. Sairam ve Srivastava (2002), buğdayda tuz stresinin yaprak membran stabilite indeksi değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Deniz yosunu uygulamaları yönünden en yüksek değer %11.2 ile 6 cc l⁻¹ deniz yosunu uygulamalarından, en düşük değer ise %7.75 ile kontrolden elde edilmiştir. Deniz yosunu uygulamalarının yaprak dokularındaki membran dayanıklılık indeksi üzerine etkisi olumlu ve artırıcı yönde olmuştur. Çalışma sonucunda T x DY interaksyonu bakımından elde edilen en yüksek ortalama değer %16.8 ile tuz uygulanmayan kontrol grubundan ve 6 cc l⁻¹ deniz yosunu dozu uygulanan parsellerden, en az ortalama değer ise %6.33 ile CaCl₂ tuz stresinde deniz yosununun uygulanmadığı kontrol parsellerinden elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Ekinezyada tuz stresi ve deniz yosunu uygulamalarının yaprak dokularında iyon sızıntısına etkisi (%)

Uygulamalar	Dy0	Dy2	Dy4	Dy6	Ortalama
Kontrol	53.8 fg	82.0 bd	42.3 g	77.3 de	63.9 b
NaCl	94.3 ab	76.5 de	79.7 cd	81.3 bd	82.9 a
KCl	76.3 de	59.3 f	92.0 ac	82.7 bd	77.6 a
CaCl ₂	97.5 a	75.6 de	85.1 ad	64.7 ef	80.7 a
Ortalama	80.5 a	73.4 b	74.8 ab	76.5 ab	
CV (%)	9.7				

Tuz kaynakları (T): **, Deniz yosunu (D):*, Tuz kaynakları x Deniz yosunu (T x DY):**

* ve **, sırasıyla 0.05 ve 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. Ekinezyada tuz stresi ve deniz yosunu uygulamalarının yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksine etkisi (%)

Uygulamalar	Dy0	Dy2	Dy4	Dy6	Ortalama
Kontrol	10.0 bd	11.1 bc	12.3 b	16.8 a	12.6 a
NaCl	7.58 de	7.83 ce	12.3 b	10.3 bd	9.50 b
KCl	7.06 de	9.43 be	7.52 de	9.72 bd	8.43 bc
CaCl ₂	6.33 e	8.13 ce	7.0 de	8.07 ce	7.38 c
Ortalama	7.75 c	9.12 b	9.77 b	11.2 a	
CV (%)	13.6				

Tuz kaynakları (T): **, Deniz yosunu (D):**, Tuz kaynakları x Deniz yosunu (T x DY):**

**, 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 5. Ekinezyada tuz stresi ve deniz yosunu uygulamalarının yaprak alanına etkisi (cm²)

Uygulamalar	Dy0	Dy2	Dy4	Dy6	Ortalama
Kontrol	27.9 ab	21.9 bd	27.2 ab	31.9 a	27.2 a
NaCl	6.71 f	12.7 ef	19.0 ce	12.6 ef	12.8 d
KCl	26.3 ab	15.5 de	16.5 ce	22.5 bc	20.2 b
CaCl ₂	19.4 a	15.7 a	19.2 a	22.2 a	16.4 c
Ortalama	19.4 a	15.7 a	19.2 a	22.2 a	
CV (%)	19.1				

Tuz kaynakları (T): **, Deniz yosunu (D):**, Tuz kaynakları x Deniz yosunu (T x DY):**

**, 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 6. Ekinezyada tuz stresi ve deniz yosunu uygulamalarının toplam klorofil oranına (SPAD) etkisi

Uygulamalar	Dy0	Dy2	Dy4	Dy6	Ortalama
Kontrol	55.2	58.7	54.7	49.8	54.6 a
NaCl	59.3	54.1	55.6	49.8	54.7 a
KCl	52.6	54.8	48.7	50.6	51.7 a
CaCl ₂	41.6	51.1	45.3	45.3	45.8 b
Ortalama	52.2	54.7	51.1	48.9	
CV (%)	12.4				

Tuz kaynakları (T): **, Deniz yosunu (D):Ö.D., Tuz kaynakları x Deniz yosunu (T x DY):Ö.D.

Ö.D. ve **, sırasıyla önemli değil ve 0.01 düzeyinde önemli

Yapılan uygulamalar sonucunda Ekinezya bitkisinde elde edilen yaprak alanı üzerine farklı tuz kaynakları, deniz yosunu ve T x DY interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresi uygulamalarında en fazla ölçülen yaprak alanı (27.2 cm²) kontrolden, en az yaprak alanı değeri ise 12.8 cm² ile NaCl tuz uygulamalarından elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının belirgin bir şekilde bitki yaprak alanını azalttığı görülmektedir (Çizelge 5). Yaşar (2003), tuz stresi altındaki bitkilerin stomalarını kapattığını, yaprak alanlarını küçülterek transpirasyon oranını düşürdüğünü kaydetmişlerdir. Çalışma bulgularımızla paralel olarak, Yakıt ve Tuna (2005), tuz stresi altındaki bitkilerin yaprak alanlarının, tuz uygulanmayan bitkilere kıyasla daha küçük olduğunu, tuz stresinin yaprak alanını olumsuz etkilediğini, Kuşvuran vd. (2011), stres koşullarında yetiştirilen kavun bitkisinde kontrole göre bitki boyu ve çapı, yaprak sayısı ve yaprak alanında azalmaların olduğunu belirtmişlerdir. T x DY interaksiyonunda belirlenen en yüksek yaprak alanı 31.9 cm² ile tuz uygulanmayan ve 6 cc l⁻¹ deniz yosunu dozu uygulamalarından elde edilmiştir. En az yaprak alanı ortalama değeri ise 6.71 cm² olarak NaCl tuz stresinde ve deniz yosununun uygulanmadığı parsellerden tespit edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; klorofil oranı üzerine farklı tuz kaynaklarının etkisi istatistiksel olarak önemli, deniz yosunu uygulamalarının etkisi ise önemsiz bulunmuştur

(Çizelge 6). Farklı tuz uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek klorofil oranı 54.7 olarak NaCl tuz uygulamalarından belirlenirken, CaCl₂ tuz uygulamaları hariç diğer tüm uygulamalar ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. En düşük klorofil oranı ise 45.8 ile CaCl₂ tuz uygulamalarından elde edilmiştir. Sairam ve Srivastava (2002), buğday genotiplerinde tuz stresinin yaprak dokularında toplam klorofil oranını azalttığını, Yakıt ve Tuna (2005), tuz stresi altında bitkinin metabolik faaliyetlerinin aksadığını ve klorofil aktivasyonunun olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Turan ve Aydın (2005), mısırdaki uygulanan tuz konsantrasyonu arttıkça bitki gelişimi ve klorofil içeriğinin azaldığını, Turhan vd. (2006), ayçiçeğinde, Turan vd. (2007), mercimekte artan tuz uygulamalarının toplam klorofil içeriğini kontrole göre önemli miktarda düşürdüğünü bildirmişlerdir. Tuz stresi koşullarında bitkilerin toplam klorofil içeriğinin azaldığına dair bulgularımız ile araştırmacıların tespit ettikleri bulguların uyumlu olduğu kanaatine ulaşılmıştır.

Farklı deniz yosunu uygulamaları sonucunda ekinezya bitkisinin toplam klorofil oranı 48.9 ile 54.7 değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Whapham vd. (1993), deniz yosunu ekstraktlarının çim, domates ve hıyar bitkilerinin yapraklarında klorofil miktarını arttırarak yaprakların daha koyu yeşil bir görünümde olmasını sağladığını, El-Sheekh ve El-Said, (2000), bazı yeşil ve kırmızı alglerin uygulanmasıyla bitkinin klorofil miktarının arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacı bulguları ile bu

çalışmadan elde edilen sonuçlar uyum içerisinde dir.

4. Sonuç

Tuz stresinin yaprak alanı, yaprak dokularında bağıl su içeriği, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi ve klorofil miktarını azalttığı, MDA oranı ve yaprak dokularında iyon sızıntısı gibi parametrelerde artışlara neden olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi koşullarında uygulanan deniz yosununun incelenen fizyolojik özellikler üzerinde olumlu yönde etkide bulunduğu ve bitkinin gelişimini arttırdığı tespit edilmiştir. Deniz yosunu uygulamaları ile bitkinin MDA düzeyi ve yaprak dokularında iyon sızıntısı dışında incelenen tüm parametreler üzerindeki etkisi olumlu ve artırıcı yönde olmuştur. Uygulanan deniz yosunu konsantrasyonu arttıkça bitkideki fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerde genel olarak artışlar gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkilere, özellikle stresin olumsuz etkileri henüz ortaya çıkmadan deniz yosunu uygulamaları ile söz konusu hasarın en aza indirilmesi yönünden tavsiye edilebilir.

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.

Kaynakça

Arora A., Sairam R.K., & Srivastava, G.C. (2002). Oxidative stress and antioxidative systems in plants. *Current Science*, 82(10): 1227-1238.

Assaha, D.V.M., Liu, L., Ueda, A., Nagaoka, T., & Saneoka, H. (2016). Effects of drought stress on growth, solute accumulation and membrane stability of leafy vegetable, huckleberry (*Solanum scabrum* mill.). *Journal of Environmental Biology*, 37(1):107.

Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 39-48.

Düzgüneş O., Kesici, T., Koyuncu, O., & Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metodları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1021.295-381.

EL-Sheekh, M.M., & El-Said, A. F. (2000). Effect of seaweed extracts on seed germination, seedling

growth and some metabolic processes of faba beans (*Vicia faba*). *Cytobios*,101(396):23-35.

Eyras, M.C., Rostagno, C.M., & Defosse, G.E. (1998). Biological evaluation of seaweed composting. *Compost Science & Utilization*, 6(4):74-81.

Fleurence, J. (1999). Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses, *Trends in Food Science and Technology*, 10(1):25-28.

Güneş, M., & Aktaş, M. (2008). Su stresinde yetiştirilen genç mısır bitkisinde potasyum uygulamasının gelişme ve verim üzerine etkisi. *Öndokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2):33-36.

Hasegawa, P.P., & Bressan, R.A. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *The Annual Review of Plant Biology, Plant Molecular Biology*, 51:463-499.

Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(1):189-198.

Kamaladhasan, N., & Subramanian, S.K. (2009). Influence of seaweed liquid fertilizers on legume crop, red gram. *Journal of Basic and Applied Biology*, 3(1-2):21-24.

Kaya, C., & Higgs, D. (2003). Supplementary potassium nitrate improves salt tolerance in bell pepper plants. *Journal of Plant Nutrition*, 26(7):1367-1382.

Kaya, C., Higgs, D., & Kirnak, H. (2001). The effects of high salinity and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27(3-4):47-59.

Kumar, N. A., Vanlalzarzova, B., Sridhar, S., & Baluswami, M. (2012). Effect of liquid seaweed fertilizer of *Sargassum wightii* G. on the growth and biochemical content of green gram (*Vigna radiata* (L.) R. wilczek). *Recent Research in Science and Technology*, 4(4):40-45.

Kuşvuran, Ş., Daşgan Yıldız H., & Abak, K. (2011). Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3):209-219.

Lisar, S.Y., Motafakkerzad, R., Hossain, M.M., & Rahman, I.M. (2012). Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses, Water Stress (eds:Rahman, I. M. M., Hasegawa, H.) InTech, Croatia,1-14.

Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L., & Yang, R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of Southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*, 71(2):174-183.

Lutts, S., Kinet, J.M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-Induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*,78(3):389-398.

- Maldonado, C.A., Zungga, G.E., Corcuera, L.J., & Alberdg, M. (1997). Effect of water stress on frost resistance of oat leaves. *Environmental and Experimental Botany*, 38(2):99-107.
- 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.
- Montanari, M., Degl'Innocenti, E., Maggini, R., Pacifici, S., Pardossi, A., & Guidi, L. (2008). Effect of nitrate fertilization and saline stress on the contents of active constituents of *Echinacea angustifolia* DC. *Food Chemistry*, 107(4):1461-1466.
- Nguyen, H.T.T., Shim, I.S., Kobayashi, K., & Usui, K. (2005). Effects of salt stress on ion accumulation and antioxidative enzyme activities of *Oryza sativa* L. and *Echinochloa oryzicola* Vasing. *Weed Biology and Management*. 5(1):1-7.
- Niu, G.H., & Rodriguez, D.S. (2006). Salinity and growing medium affected growth and morphology of *Gaillardia aristata*. *Hortscience*, 41(4):1071-1071.
- Orcutt, D.M., & Nilsen, E.T. (2000). Physiology of plants under stres: soil and biotic factors. John Wiley & Sons., 684.
- Premchandra, G.S., Saneoka, A., & Ogato, S. (1990). Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soybean. *Journal of Agriculture Science*, 115(1):63-66.
- Perry, N.B., Burgess, E.J., & Glennie, V.L. (2001). Echinacea standardization: analytical methods for phenolic compounds and typical levels in medicinal species. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 49(4):1702-1706.
- Percival, S.S. (2000). Use of echinacea in medicine, *Biochemical Pharmacology*, 60(2):155-158.
- 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(1):30-40.
- Sairam, R.K. & Saxena, D.C. (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: Possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184(1):55-61.
- Sairam, R.K. (1994). Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. *Indian Journal of Experimental Biology*, 32:594-597.
- Sairam, R.K., & Srivastava, G.C. (2002). Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science*, 162(6):897-904.
- Samfield, D.M., Zajicek, J.M., & Cobb, B.G. (1991). Rate and uniformity of herbaceous perennial seed-germination and emergence as affected by priming. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(1):10-13.
- Subba Rao, P.V., Mantri, V.A., & Ganesan, K. (2007). Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*. *Food Chemistry*, 102(1):215-218.
- Sukatar, A. (2002). Alg Kùltür Yöntemleri. Ege Üniversitesi Fen Fakùltesi Serisi No: 184, İzmir.
- Turan, M., & Aydın, A. (2005). Effects of different salt sources on growth, inorganic ions and proline accumulation in corn (*Zea mays* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 70(3):149-155.
- Turan, M.A., Türkmen, N., & Taban, S. (2007). Effect of NaCl on stomatal resistance and proline, chlorophyll, Na, Cl and K concentrations of lentil plants. *Journal of Agronomy*, 6(2):378-381.
- Yıldırım, O., Aras, S., & Ergul, 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.
- Yaşar, F. (2003). Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak İncelenmesi. Doktora Tezi (Basılmamış), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Yakit, 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, Muğla.
- White, S., & Keleshian, M. (1994). Kuzey İngiltere'nin önemli ekonomik deniz yosunları, University of Maine, University of New Hampshire Sea Grant Marine Advisory Program, MSG-E-93-16.
- Wong, K.H. & Cheung, P.C.K. (2000). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part 1-proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry*, 71(4):475-482.
- Whapham, C.A., Blunden, G., Jenkins, T., & Hankins, S.D. (1993). Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*, 5:231-234.
- Zollinger, N., Koenig, R., Cerny-Koenig, T., & Kjellgren, R. (2007). Relative salinity tolerance of intermountain western United States native herbaceous perennials. *Hortscience*, 42(3):529-534.