



Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

Kuraklık Stresi Altındaki Ekinezya (*Echinacea purpurea* L.)' da Deniz Yosununun Büyüme Parametreleri, Toplam Fenolik ve Antioksidan Madde Üzerine Etkisi**

Mizgin BAT¹, Rüveyde TUNÇTÜRK*¹, Murat TUNÇTÜRK¹

¹Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Van Yuzuncu Yil University, 65080 Van, Turkey

*Corresponding Author e-mail: ruveydetuncurk@yyu.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 26.02.2019
Kabul: 07.09.2019
Online Yayınlanma 30.09.2019
DOI: 10.29133/yyutbd.532883

Anahtar kelimeler

Deniz yosunu,
Echinacea purpurea L.,
Kuraklık stresi.

Öz: Bu çalışma, *Echinacea purpurea* L.' da PEG 6 000 ile oluşturulan farklı ozmotik basınçta (kontrol, -0.5 MPa, -1.0 MPa ve -1.5 MPa) kuraklık stresi ile deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) (kontrol, 2, 4 ve 6 cc/l) uygulamalarının büyüme parametreleri ile biyokimyasal değişiklikler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada ekinezya bitkisinin kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, toplam antioksidan ve toplam fenolik miktarları incelenmiştir. Araştırma sonucunda; kuraklık stresinin bitkinin kök yaş ve kuru ağırlığı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök ve gövde uzunluğunu azalttığı, toplam antioksidan madde miktarında ise artışlara neden olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresinin toplam fenolik madde miktarı üzerine ise önemli bir etkide bulunmadığı tespit edilmiştir. Deniz yosunu uygulamaları ile kuraklık stresinin bitki üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmıştır. Deniz yosunu uygulamalarının kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, kök ve gövde kuru ağırlığı üzerindeki etkisi olumlu ve artırıcı yönde olduğu tespit edilirken, toplam antioksidan ve fenolik madde miktarını istatistiki olarak önemli seviyede etkilemediği belirlenmiştir.

Effect of Seaweed on Growth Parameters, Total Phenolic and Antioxidant Substance in *Echinacea* (*Echinacea purpurea* L.) under Drought Stress

Article Info

Received: 26.02.2019
Accepted: 07.09.2019
Online Published 30.09.2019
DOI: 10.29133/yyutbd.532883

Keywords

Seaweed,
Echinacea purpurea L.,
Drought stress.

Abstract: This study was carried out to determine the effects on biochemical changes with growth parameters of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract applications (control, 2, 4 and 6 cc l⁻¹) and drought stress at the different osmotic pressure (control,-0.5 MPa, -1.0 MPa and -1.5 MPa) generated by PEG 6 000 in echinacea. In this study, root length, shoot length, root and shoot fresh weight, root and shoot dry weight, total antioxidant and total phenolic content of echinacea plant were investigated. As a result of the research; it was decreased the root fresh and dry weight, shoot fresh and dry weight, root and shoot length of drought stress. It was determined caused to increase total antioxidant substance amount. Drought stress did not have a significant effect on total phenolic content. It has been reduced with seaweed applications the negative effects on the plant of drought stress. It has been positive and increasing the effects on examined parameters such as root length, shoot length, root and shoot fresh weight, root and shoot dry weight of seaweed applications while seaweed application did not affect at the significant level as statistically total antioxidant and the phenolic substance amount.

**Bu çalışma “Kuraklık Stresi Altındaki Ekinezya (*Echinacea purpurea* L.)’ da Deniz Yosununun Büyüme Parametreleri ile Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimler Üzerine Etkisi” isimli Mizgin BAT’ın Yüksek Lisans tez çalışmasının bir kısmının özeti niteliğindedir.

1. Giriş

Çiçekli bitkilerin en zengin familyası olan *Asteraceae* yeryüzünde 1 000 kadar cins ve 20 000 kadar tür ile temsil edilmektedir. Ülkemizde bu familyaya ait 134 cins ve 1 156 tür yetişmektedir (Mat, 2002). Ekonomik önemleri oldukça fazla olan bu familyanın üyelerinden bir tanesi de *Echinacea* türüdür. Ekinezya Kuzey Amerika kökenli bir bitkidir. Ekinezyanın kullanılan türlerine bağlı olarak kökleri, yaprakları veya tüm bitki kısımları kullanılmaktadır. Ekinezyanın tüm bitki ve özellikle de köklerinin spesifik olmayan bir bağışıklık sistemi uyarıcısı, iltihap giderici ve yara iyileştirmede destekleyici görevleri olduğu dikkati çekmektedir (Schulthess ve ark., 1991). Günümüzde çeşitli ekinezya preparatları, dâhilen soğuk algınlığı, öksürük, bronşit, grip, profilaksi ve tedavisinde, üriner sistem enfeksiyonları tedavisinde, haricen ise yara ve yanıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Mat, 2002). Ayrıca Rusya’da süt sığırlarının hastalık direncini ve süt kalitesini arttırmak amacıyla yem rasyonlarına katılmaktadır. Ayrıca *E. purpurea* L.’ nin papatyaya benzer çiçekli, çiçek renk aralığının geniş, çok yıllık, dayanıklı ve yaygın olarak yetiştirilmesi nedeni ile kesme çiçekçilikte önemli bir bitki olarak kullanılmaktadır.

Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında doğal bir stres faktörü olan kuraklık stresi % 26’lık payla en büyük dilimi içermektedir. Bunu % 20 ile mineral stresi ve % 15 ile soğuk ve don stresi takip etmektedir. Bunların dışında kalan diğer tüm stresler % 29’ luk bir pay alırken, yalnızca % 10’luk bir alan herhangi bir stres faktörüne maruz kalmamaktadır (Blum, 1986). Abiyotik stres faktörleri olarak, kuraklık, tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, sel, radyasyon, ağır metaller, oksidatif stres, rüzgar, besin maddesi eksikliği gibi faktörler sayılabilir ve bu stres kaynakları bitki gelişimini, kaliteyi ve verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir (Ekinci ve ark., 2018). Bitkiler, çevresel koşullarda meydana gelebilecek olan değişikliklerden en az zarar görecektir şekilde büyüme ve gelişme mekanizmalarını esnetebilir ve hatta uzun süreler boyunca aynı iklim koşullarında yetiştiklerinde çevresel etmenlerden en az etkilenecek şekilde uyum sağlayabilirler. Aynı türe ait bitkilerin dünya üzerindeki iklim özellikleri değişen bölgelerdeki dağılımları, çok farklı çevresel koşullara uyum sağlayabildiklerinin en güzel göstergesidir. Kurak koşulların olduğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini tetikler. Buna karşın, kurak koşulların bitkide hasara yol açabilecek kadar uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi durur, yaprak alanı ve yaprak sayısı azalır ve hatta bazı yapraklar sarararak dökülür. Bitki büyümesindeki azalma, sürgün ve kök meristemlerindeki hücre bölünmesinin ve hücrelerin genişlemesinin durmasına bağlı olarak gelişmektedir. Hücre bölünmesinin veya genişlemesinin durması ise su noksanlığı nedeniyle fotosentez oranının düşmesi ile doğrudan ilişkilidir (Anjum ve ark., 2011).

Gübre üretiminde hammadde olarak çoğunlukla kahverengi deniz yosunları (Phaeophyta) kullanılır. *Ascophyllum nodosum* en sık kullanılan tür olmakla birlikte *Sargassum*, *Macrocystis*, *Fucus*, *Laminaria* ve *Ecklonia* cinsi alglerin de yaygın bir kullanımı bulunmaktadır. Deniz yosunu özütlerinin faydalı etkileri arasında tohumların çimlenmesi, fide oluşumu, köklenme, çiçeklenme, meyve ve ürün verimi, raf ömrü ve hastalıklara ve zararlılara karşı dayanıklılık gibi etkiler bulunmaktadır. Kuvvetli kök oluşumu, klorofil içeriği ve yaprak dokusunda meydana gelen artış ise olumlu fiziksel etkilerdendir. Tarımsal ürünlerde kök diplerine, toprağa ve bitkilerin yapraklarına yaprak gübresi olarak uygulanan deniz yosunu özütleri sebzeler, ağaçlar, çiçekli bitkiler ve tahıllar üzerinde etkili biostimülantlardır. Meyve depo kayıplarının azaltılması yanında ürün miktarının, topraktan inorganik besin maddelerinin alınımının, tohum çimlenmesinin ve stres koşullarına direncin artırılması gibi alanlarda gelişmiş ülkelerde organik tarımda daha fazla değerlendirilmektedir. Tarımsal kuraklık bitkisel üretimde oldukça önemli bir problemdir. Sıcaklık artışı ile bitkilerin fotosentez ve solunum dengesi bozulacağından, bitkilerde büyüme yavaşlar ve bir durgunluk dönemi görülür. Ülkemiz, kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer aldığından, çok önemli ekonomik değere sahip olan bitkileri susuz şartlarda yetiştirmek mümkün değildir (Taban ve Katkat, 2000). *Echinacea* türleri kuraklığa dayanıklılık özelliğine sahiptir, ancak çok hızlı büyümeyenlerdir (Mistikova ve Vaverkova, 2007). Kuraklık stresinin bitki gelişimi ve verimi üzerindeki etkisi; stresin meydana

geldiği gelişme dönemi ile stresin şiddeti ve süresine bağlı olarak değişmektedir (Aykanat ve ark., 2009). Dünya'da yaygın olarak kullanılan *Echinacea purpurea* L.' nin Türkiye'de kültürünün yaygınlaştırılması, bitkisel drog olarak kullanımı ve özellikle ilaç sanayinde değerlendirilmesi sağlanarak ekonomimize kazandırılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, araştırmada kuraklık stresi altındaki ekinezya bitkisi üzerine farklı dozlarda deniz yosunu uygulamalarının bitkinin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki değişimi incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmada tohumluk materyali olarak Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen ekinezya (*Echinacea purpurea* L.) tohumları kullanılmıştır. Araştırmada, ekinezya tohumları öncelikle viyollere ekilmiştir. Ekinezya fideleri 4-5 adet gerçek yaprağa sahip oldukları fide döneminde torf, perlit ve toprak 1:1:1 oranlarında beton zemin üzerine serilmiş örtü üzerinde karıştırılan harç ile doldurulan 500 cc' lik plastik bardak saksılara dikilmiştir.

Araştırmada dört farklı deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) ekstraktı dozu (0, 2, 4 ve 6 cc/l) ve PEG 6 000 ile oluşturulan farklı osmotik basınca sahip (kontrol, -0.5, -0.1 ve -1.5 MPa) solüsyonlar kullanılmıştır (Michel ve Kaufman, 1973). Çalışmada Polietilen glikol 6000 (PEG 6 000) bitkide kuraklık stresi oluşturmak amacıyla, güneşli olmak üzere gübre solüsyonuna eklenerek deneme süresince 6 kez uygulanmıştır. Bitkiler üzerinde oluşturulan bu stresin deniz yosunu ekstraktı tarafından ne ölçüde önlenemediğini 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. Deniz yosunu ekstraktı ile bitkinin stres faktörlerine karşı dayanıklılık gösterdiği; kök gelişiminin teşvik edildiği (Matsiyak ve ark., 2011), fide büyüme ve gelişiminde artışların sağlandığı belirlenmiştir. 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. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre faktöriyel düzende 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Bitkiler ekimden itibaren Hogland besin solüsyonu ile gün aşırı olmak kaydı ile sulanmıştır. Hoagland besin çözeltisi içeriği; 1000 ml için KNO₃ 1.0 g, Ca(NO₃)₂ 0.5 g, NH₄H₂PO₄ 0.25 g, MgSO₄ 0.5 g, H₃BO₃ 0.003 g, MnCl₂ 0.0015 g, CuSO₄ 0.0001 g, H₂MoO₄ 0.0001 g, C₄H₆O₆ 0.0006 g, FeSO₄ 0.0003 g, ZnSO₄ 0.0003 g'dır. Bu elementler 1 000 ml distile su içerisine katılarak manyetik karıştırıcı vasıtasıyla çözülmüş ve elde edilen çözelti steril ortamlarda muhafaza edilmiştir. Saksıların nem miktarı Field Scout dijital nem sensörü kullanılarak toprağın mevcut nem miktarı belirlenmiştir.

Bitkiler belirli bir olgunluğa geldiğinde (1 ay sonra) kuraklık stresi uygulamalarına başlanmıştır. Sulama suyu olarak farklı osmotik basınca sahip PEG 6 000 solüsyonu besin çözeltisine ilave edilmek suretiyle uygulama yapılmıştır. Kuraklık stresi uygulamalarından 1 hafta sonra deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) ekstraktı dozları (0, 2, 4 ve 6 cc/l) uygulamalarına başlanmıştır. Bitkiler, tohum çıkışından hasada kadar iklim odasında kontrol altında tutulmuştur. Deneme fidelerin saksıya aktarılmasından 7 hafta sonra sonlandırılmıştır ve bitkiler kökleriyle birlikte bütün olarak çıkartılarak gerekli ölçümler yapılmıştır. Toplam fenolik ve antioksidan madde analizleri için ise bitki yaprakları etüvde 40 °C sıcaklıkta kurutularak analiz yapılmak üzere uygun koşullarda saklanmıştır. Taze kök ve gövde ağırlıkları hassas terazide belirlenen bitki kısımları, 70 °C etüvde 48 saat süreyle sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

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. Doygun 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 çözeltilerin her birinden 1 ml alınarak 1 ml Folin-Cicaltea çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışıma 5 dakika sonra 2 ml sodyum karbonat ilave edilerek çalkalanmış ve 2 ml su ile seyreltilmiştir. Elde edilen karışım 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra oluşan mavi rengin spektrometrede 700 nm dalga boyunda absorban değeri okunmuştur. Gallik asidin bu farklı

konsantrasyonlarına karşı okunan absorbans 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 10 000 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-tripirydyl-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 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).

3. Bulgular

Deniz yosunu uygulamaları bakımından en yüksek kök uzunluğu 16.17 cm ile 6cc/l deniz yosunu uygulamalarından elde edilirken, 4cc/l deniz yosunu uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklılığın olmadığı Çizelge 1' de görülmektedir. En düşük kök uzunluğu ise 13.28 cm ile kontrol uygulamalarından elde edilirken, 2 cc/l deniz yosunu uygulamaları ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Yaptığımız çalışmada PEG dozları bakımından en yüksek kök uzunluğu 15.74 cm ile kontrol grubundan elde edilirken, en düşük kök uzunluğu 13.90 cm ile -1.5 MPa uygulanan kuraklık stresinden elde edilmiştir. Çalışma sonucunda PEG dozları arttıkça bitki kök uzunluğunun azaldığı belirlenmiştir.

Kök uzunluğu bakımından PEG x DY uygulamaları arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. En uzun kökler 17.93 cm ile 6 cc/l deniz yosununun uygulandığı stresin olmadığı (kontrol) parsellerden tespit edilirken, en kısa köklerin ise 10.90 cm ile deniz yosununun uygulanmadığı (kontrol) -1.5 MPa basınca sahip kuraklık uygulamalarından tespit edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda en fazla gövde uzunluğu 21.42 cm ile 6 cc/l deniz yosunu uygulamalarından elde edilmiştir. 2 cc/l ile 4 cc/l deniz yosunu uygulamaları arasında herhangi bir istatistiksel farklılığın olmadığı Çizelge 1' de görülmektedir. Çalışmada en kısa gövde uzunluğu 18.21 cm ile kontrol grubundan elde edilirken, deniz yosunu konsanstrasyonları arttıkça gövde uzunluğunun olumlu etkilendiği tespit edilmiştir. Denemede, en yüksek gövde uzunluğu 21.69 cm ile kontrolden, en düşük gövde uzunluğu 19.60 cm ile -1.5 MPa kuraklık stresi uygulamalarından elde edilmiştir. Dolayısıyla, artan PEG dozları bitki gövde uzunluğunu olumsuz etkilemiştir.

Deniz yosunu uygulamaları bakımından en yüksek kök yaş ağırlığı 5.93 g ile 6 cc/l deniz yosunu uygulamasından elde edilirken 4cc/l uygulaması ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük kök yaş ağırlığı ise 4.26 g ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda deniz yosunu uygulamalarının kök yaş ağırlığını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Farklı PEG dozları bakımından ekinezya bitkisinin en fazla kök yaş ağırlığı 6.11 g ile kontrol grubundan, en düşük kök yaş ağırlığı ise 4.75 g ile -1.5 MPa kuraklık uygulamalarından tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda PEG dozlarının artışı ile kök yaş ağırlığının olumsuz yönde etkilendiği tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kuraklık stresinin bitkilerin kök yaş ağırlıklarını olumsuz etkilediği ve kontrol bitkilerine oranla özellikle stresin daha fazla olduğu -1.5 MPa osmotik basınç uygulamasında kök yaş ağırlığında kayıplara neden olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çalışmada, en yüksek gövde yaş ağırlığı 6.35 g ile 6 cc/l deniz yosunu uygulamalarından elde edilirken 4 cc/l deniz yosunu uygulamaları ile aralarında istatistiksel farklılığın olmadığı Çizelge 1' de görülmektedir. En düşük gövde yaş ağırlığı değeri ise 5.11 g ile kontrolden tespit edilmiştir. Kuraklık stresi bakımından; en yüksek gövde yaş ağırlığı 7.31 g olarak kontrolden, en düşük gövde yaş ağırlığı değeri 4.71 g olarak -1.5 MPa basınç uygulamalarından tespit edilmiştir.

Araştırmada, deniz yosunu uygulamaları bakımından en yüksek kök kuru ağırlığı 1.04 g ile 6cc/l deniz yosunu uygulamasından elde edilirken, 2 ve 4 cc/l deniz yosunu dozları ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük kök kuru ağırlığı ise 0.71 g ile kontrol grubundan elde edilmiştir. Deniz yosunu özütü uygulamalarının bitki kök kuru ağırlığını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. PEG uygulanan bitkilerde en yüksek kök kuru ağırlığı 1.04 g ile kontrol grubundan elde edilmiştir. Çalışmada en düşük kök kuru ağırlığı ise 0.83 g ile -1.0 MPa uygulamalarından elde edilmiştir. Yapılan çalışmada PEG dozlarının artışıyla bitki kök kuru ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

Deniz yosunu uygulamaları bakımından en yüksek gövde kuru ağırlığı 1.21 g ile 4cc/l deniz yosunu uygulamasından, en düşük gövde kuru ağırlığı ise 0.84 g ile kontrolden elde edilmiştir. Ancak, 2 ve 6 cc/l deniz yosunu uygulamaları ile istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir. PEG dozlarının gövde kuru ağırlığına etkisi bakımından en yüksek değer 1.21 g ile kontrolden elde edilmiştir. Fakat -1.0 MPa uygulamaları ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük gövde kuru ağırlığı değeri 0.86 g ile -1.0 MPa uygulamasından elde edilmiştir. PEG ile oluşturulan basınç arttıkça bitki kuru ağırlığı olumsuz yönde etkilenmiştir.

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

Uygulamalar		Kök Uzunluğu	Gövde Uzunluğu	Kök Yaş Ağırlığı	Gövde ağırlığı	Yaş
PEG Dozları	Deniz Yosunu Dozları					
Kontrol (P0)	DY0 (kontrol)	15.70 abc	18.30	5.08	5.44	
	DY2	13.06 d	23.83	5.22	7.40	
	DY4	16.26ab	22.43	8.04	8.18	
	DY6	17.93a	22.20	6.12	8.21	
P0 Ort.		15.74 a	21.69 a	6.11 a	7.31 a	
-0.5 MPa (P1)	DY0 (kontrol)	13.03d	17.93	4.64	6.32	
	DY2	14.60dcd	19.60	5.35	5.18	
	DY4	15.76abc	23.33	5.13	6.44	
	DY6	16.33 ab	20.96	6.0	7.02	
P1 Ort.		14.93 ab	20.45 ab	5.28 b	6.24 b	
-1.0 MPa (P2)	DY0 (kontrol)	13.50 cd	19.01	3.65	4.45	
	DY2	15.16 bcd	21.23	5.05	5.05	
	DY4	15.66 abc	19.0	4.98	5.07	
	DY6	15.33bcd	21.36	6.29	5.44	
P2 Ort.		14.91 ab	20.15 ab	4.99 b	5.0 c	
-1.5 MPa (P3)	DY0 (kontrol)	10.90 e	17.60	3.66	4.24	
	DY2	14.0bcd	19.26	4.82	4.79	
	DY4	15.60bc	20.36	5.20	5.06	
	DY6	15.10bcd	21.16	5.31	4.74	
P3 Ort.		13.90 b	19.60 b	4.75 b	4.71 c	
Deniz Yosunu Doz Ortalamaları	DY0 (kontrol)	13.28 b	18.21 b	4.26 c	5.11 b	
	DY2	14.20 b	20.98 a	5.11 b	5.60 ab	
	DY4	15.82 a	21.28 a	5.84 a	6.19 a	
	DY6	16.17 a	21.42 a	5.93 a	6.35 a	
VK (%)		8.30	10.43	15.80	18.41	

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

* Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur

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

Uygulamalar		Kök Kuru Ağırlığı	Gövde Kuru Ağırlığı	Toplam Fenolik Madde	Toplam Antioksidan Madde	
PEG Dozları	Deniz Yosunu Dozları					
	DY0 (kontrol)	0.80	1.07	198.49	435.33	
	DY2	1.03	1.13	213.0	445.66	
	DY4	1.23	1.31	169.33	453.33	
Kontrol (P0)	DY6	1.09	1.33	175.66	449.0	
	P0 Ort.	1.04 a	1.21 a	189.12	445.83 d	
	-0.5 MPa (P1)	DY0 (kontrol)	0.82	0.84	222.33	511.66
		DY2	0.87	1.10	153.0	538.33
DY4		1.01	1.24	292.0	555.66	
DY6		1.03	1.12	243.33	522.33	
P1 Ort.	0.93 ab	1.07 ab	227.66	532.0 c		
-1.0 MPa (P2)	DY0 (kontrol)	0.59	0.65	202.33	566.33	
	DY2	0.87	0.90	217.66	623.66	
	DY4	0.88	1.09	223.0	613.0	
	DY6	1.0	0.82	252.0	625.33	
P2 Ort.	0.83 b	0.86 c	223.75	607.08 b		
-1.5 MPa (P3)	DY0 (kontrol)	0.65	0.80	219.66	667.33	
	DY2	0.89	0.92	221.0	677.33	
	DY4	0.96	1.21	221.0	680.66	
	DY6	1.06	0.80	257.0	810.66	
P3 Ort.	0.89ab	0.93 bc	229.66	709.0 a		
Deniz Yosunu Doz Ortalamaları	DY0 (kontrol)	0.71 b	0.84 b	210.70	545.16	
	DY2	0.91 a	1.01 b	201.16	571.25	
	DY4	1.02 a	1.21 a	226.33	575.66	
	DY6	1.04 a	1.02 b	232.0	601.83	
VK (%)		22.53	21.30	22.77	13.50	

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

* Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

Yapılan çalışmada; deniz yosunu ve PEG uygulamalarının ekinezya bitkisinin fenolik bileşik oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Deniz yosunu uygulamaları ile toplam fenolik madde miktarını 201.16 ile 232.0 mg/100g arasında tespit edilirken, kuraklık stresi uygulamaları bakımından ise toplam fenolik madde miktarı 189.0 ile 229.66 mg/100g arasında değişiklik göstermiştir. PEG uygulamalarının ekinezya bitkisinin toplam antioksidan madde miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Deniz yosunu uygulamaları bakımından toplam antioksidan madde miktarı 545.16-601.83 mg/g arasında tespit edilmiştir. PEG dozları bakımından en yüksek toplam antioksidan madde miktarı 709.0 mg/g ile -1.5 MPa kuraklık uygulamalarından elde edilirken, en düşük değer ise 445.83 mg/g ile kontrolden elde edilmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışmalar sonucunda; deniz yosunu ekstraktlarının yapraktan uygulanması durumunda kuvvetli kök gelişimini sağlayarak, bitkilerin topraktan daha fazla besin maddesi ve su alımını arttırdığı, klorofil oluşumunu hızlandırarak yeşil aksamı arttırdığı, bitkilerin hastalık, zararlı ve çevresel streslere tolerans sağladığı, makro ve mikro besin elementlerinin topraktan alımını kolaylaştırdığı, verim ve kaliteyi yükselttiği, topraktaki mikroorganizma popülasyonunu ile ürünün pazar ve ihracat değerini arttırdığını bildirmişlerdir (Mancuso ve ark., 2006; Alam ve ark., 2013). Farklı bitki türlerinde kuraklık stresi ile kök uzunluğunun olumsuz yönde etkilendiği bazı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Wang ve ark., 2009; Nedunchezhiyan ve ark., 2012). Bitki büyümesindeki azalma, sürgün ve kök meristemlerindeki hücre bölünmesinin ve hücrelerin genişlemesinin durmasına bağlı olarak gelişmektedir. Hücre bölünmesinin veya genişlemesinin durması ise su noksanlığı

nedeniyle fotosentez oranının düşmesi ile doğrudan ilişkili (Anjum ve ark., 2011) olup kuraklık stresi ile kök uzunluğunun azaldığına dair çalışma bulgularımız ile araştırmacı sonuçları uyum içerisindedir. Ayrıca, artan PEG konsantrasyonu ile birlikte kök ve sürgün uzunluğunun önemli bir şekilde azaldığı gözlemlenen (Anwer ve ark., 2004) araştırmacı bulguları ile bu çalışma bulgularından benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Deniz yosunu ekstraktları, tohum çimlenmesi, tohum gelişimi, bitki gelişimi, verim, çiçek ve meyve oluşumu, biyotik ve abiyotik stres etmenlerine karşı dayanıklılık sağlamakta, hasat sonrası raf ömrünü uzattığı için de biyostimülant olarak kabul edilmektedirler (Mancuso ve ark., 2006; Khan ve ark., 2009). Allwright (1992), buğday üzerinde yaptığı çalışmada deniz yosunu ekstraktlarının yapraktan ve topraktan uygulanması ile bitki boyu ve kuru ağırlık oranının arttığını bildirmiştir. Bitkiler, ileri seviyede gerçekleşen kurak koşullarda, terleme ile su kaybını en aza indirmek amacıyla stomalarını hızlı bir şekilde kapatırlar. Buna bağlı olarak karbondioksit alımını da azaldığı için bitki fotosentez oranında bir düşüş gerçekleşir (Chavez ve ark., 2003), bitki büyümesi ve gelişimi engellenir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda; kuraklık stresinin bitki büyümesini azalttığı ve özellikle sürgün büyümesinin kök büyümesinden daha fazla inhibe olduğunu bildirdikleri çalışma sonuçları ile bulgularımız uyumludur (Yin ve ark., 2005; Wu ve ark. 2008; Sayyari ve Ghanbari 2012).

Steveni ve ark., (1992), kışık arpada Maxicrop (doğal deniz yosunu özü) uygulamasının kök, gövde ve yaprak ağırlıklarında % 56 ile 63 düzeyinde bir artış sağladıklarını bildirmişlerdir. Zeid ve Shedeed (2006), yonca bitkisinde yapmış oldukları çalışmada kuraklığın bitki yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlığında azalmalar meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Yapılan birçok çalışmada da (Abdalla ve El-Khoshiban, 2007; Sani ve Farhani, 2010; Ecem, 2010), kurak koşulların bitki çeşidine ve kuraklık şiddetine bağlı olarak kök yaş ağırlığı üzerindeki etkisinin değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Kuraklık ilk meydana geldiğinde bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde gelişimini yavaşlatıp kök gelişimini artırır. Fakat kurak koşulların bitkilerde hasar oluşturacak şekilde uzun sürmesi hem gövde hem de kök gelişiminin durmasına yol açmaktadır (Gür, 2018).

Deniz yosunu ekstraktları bitkilerde kuraklık, tuzluluk, yüksek sıcaklık gibi bazı abiyotik stres etmenlerinin etkilerini hafifletmektedir (Khan ve ark., 2009). Söz konusu durumda ortaya çıkan bitki ağırlığının olumlu yönde etkilenmesi araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Steveni ark., 1992; Şimşek, 1995). Su eksikliğinin ilk görülen etkilerinden birisi fotosentez oranındaki düşüş nedeni ile vejetatif büyümedeki azalmadır. Gövde büyümesi ve özellikle yaprak büyümesi su eksikliğine kök büyümesinden daha hassastır (Sağlam, 2004). Kurak koşulların olduğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini uyarmaktadır (Öztürk, 2015). Buna bağlı olarak bitki gövde yaş ağırlığı kuraklık arttıkça azalmış ve kurak koşullar bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir. Kuraklık stresi, bitki gelişimini ve hücre bölünmesini önemli ölçüde azalttığından, toprak üstü organlarının da azalmasına sebep olmaktadır (Sakuri ve Kuraishi, 1988). Sani ve Farhani (2010) ile Khorasaninejad ve ark., (2011)'nin kişniş ve nane üzerinde yaptıkları çalışmalarda kurak koşulların bitki ağırlığını olumsuz etkilediğini ifade etmişlerdir. Verkleij (1992), hıyarda yaptığı çalışmada deniz yosunu özünün kök büyümesini teşvik ettiği, toplam kuru ağırlığı %50 oranında arttırdığını bildirmiştir. Kuraklık stresinin fasulye bitkisinin özellikle kök dokularında kuru madde miktarını arttırdığı (Doğan, 2006) tespit edilirken, farklı çalışmalarda da, kuraklık stresinin bitki kuru ağırlığını azalttığını tespit etmişlerdir (Ecem, 2010; Sayyari ve Ghanbar, 2012). Gövde kuru ağırlığında, deniz yosunu özü uygulamalarıyla artışların sağlandığı daha önce yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Allwright 1992; Kumar ve Sahoo, 2011). Konu ile ilgili yapılan çalışmalar ile bulgularımız uyum içerisindedir. Kuraklık stresinin bitki kuru ağırlığı üzerine olumsuz etki yaptığı önceki çalışmalarda da belirtilmiştir. Abdalla ve El-Khoshiban (2007), buğdayda kuraklık stresi altında bitki ağırlığının azaldığını, Sivritepe ve ark., (2008), Polietilen Glikol (PEG-8000) kullanarak kuraklık stresi uyguladıkları kirazda, oksidatif stres gözlemlediklerini ve bitki kuru ağırlığında azalmalar tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca, Xu ve Leskovar (2015) deniz yosunu (*A. nodosum*) uygulamalarının toplam fenolik, flavanoid, karetonoid ve antioksidan kapasite üzerine etkisinin önemsiz olduğunu gözlemlemişlerdir. Farklı çalışmalarda da; deniz yosunu uygulamalarının ıspanak ve soğanın fenolik ve flavanoid içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Fan ve ark., 2011; Luz ve ark., 2014). Bitkilerin kuraklık stresi gibi abiyotik stres faktörlerinin etkisiyle dokularında fenoller, tokoferoller ve askorbik asit gibi antioksidanları biriktirmesi, bitkilerin strese karşı geliştirdiği bir adaptasyon mekanizması olarak tanımlanmaktadır (Keleş ve Öncel, 2002; Munne-Bosch, 2005; Rodriguez ve ark.,

2010). Dixon ve ark., (1992) birçok bitki türünde farklı stres faktörlerine karşı tolerans gelişiminin fenolik maddelerle ilişkili olduğunu, Rodriguez ve ark., (2010) domateste, kuraklık stresi ile fenolik madde birikiminin arttığını, Gür (2018), armutta toplam fenolik madde, çözünebilir şeker, prolin ve antioksidan enzim aktivitelerinin stresle birlikte arttığını tespit etmişlerdir. Bitkilerin meyve, tohum, gövde, dal, yaprak ve çiçek gibi organlarında bulunan fenolik bileşikler sekonder metabolizma türleridir. Bu bileşikler ekolojik ve fizyolojik olaylarda rol oynarlar ve antioksidan aktivite özelliğine sahiptirler (Kıpçak ve ark., 2019). Bitkilerdeki en önemli ikincil metabolit gruplarından biri olan fenolik bileşikler ROS' u kendilerine bağlayarak güçlü bir antioksidan fonksiyona sahiptirler (Büyük ve ark., 2012). Bitkiler, oksidatif strese karşı savunma mekanizmasını geliştirmek için toplam fenolik madde miktarı ve toplam çözünür protein miktarını artırmaktadırlar (Bacelar ve ark., 2006). Yapraklardaki fenolik asit artışının, su stresi ile uyarılan aminoasit sentezinin artan seviyesine bağlı olabileceği (Ayaz ve ark., 2000) tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmalarda da bulgularımız ile benzer sonuçlar elde edildiği ve stres koşulları altında fenolik bileşik miktarlarında artışların meydana geldiği tespit edilmiştir (Babalık, 2012; Büyük ve ark., 2012) .

Kuraklık; bitkilerde büyüme, gelişme, verim ve kalite özelliklerini kısıtlayan önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bununla beraber uzun süren kuraklık stresinin antioksidant savunma sisteminin etkinliğini ortadan kaldırdığı ve oluşan oksidatif stres sonucunda bitkide gözle görülür zararların ortaya çıktığı da belirtilmiştir (Kalefetoğlu, 2006). Alexieva ve ark., (2003), kuraklık stresi altında antioksidant enzimlerin aktivitelerindeki artış derecelerinin, bitki türüne ve hatta aynı bitki türünün farklı çeşitlerine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini rapor etmiştir. Terzi ve ark., (2008), fasulyede kuraklık stresinin antioksidan enzim aktivitesinde artışlara sebep olduğunu, Aydın (2011), domateste, İlhan (2016), buğdayda, Adak ve ark., (2018), çilekte kuraklık stresinin antioksidan bileşik (fenolik madde, flavonoid, karotenoid, GSH ve TAS) seviyelerini artırdığını tespit etmişlerdir. Bitkilerin, su stresine tepki olarak yapraklarında oksidatif hasarı en aza indirmek için antioksidan enzimlerini ve antioksidan aktivitelerini artırdığı bilinmektedir. Bu çalışmada da bu nedenden dolayı kuraklık stresi arttıkça toplam antioksidan madde içeriğinin de artmış olabileceği tahmin edilmektedir.

Araştırma sonucunda; değişik osmotik basınçtaki PEG 6 000 çözeltisi ile oluşturulan kuraklık stresinin bitki gelişimi üzerinde önemli etkilere sahip olduğu, artan kuraklık stresi koşullarına bağlı olarak bitki gelişiminde aksaklıkların ortaya çıktığı belirlenmiştir. Denemede kullanılan deniz yosunu uygulamaları ile söz konusu kuraklık stresinin neden olduğu zararlanmalar indirgenmiştir. Bununla beraber, deniz yosunu uygulamalarının ekinezyada toplam fenolik ve toplam antioksidan içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Ancak, deniz yosunu uygulamaları ile kök ve gövde uzunluğunda % 18-15' lik, kök ve gövde yaş ağırlığında % 28-20'lik, kök ve gövde kuru ağırlığında ise % 32-31' lik oranda artışlar sağlanmıştır. PEG uygulamaları ile bitkinin kök ve gövde uzunluğu % 12-10, kök ve gövde yaş ağırlığı % 22-36, kök ve gövde kuru ağırlığı ise % 23-33 oranında azalma gösterirken, toplam antioksidan madde miktarı % 37 oranında artış göstermiştir. Kuraklık stresinin toplam fenolik madde miktarı üzerine ise istatistiksel olarak önemli bir etkide bulunmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak; farklı osmotik basınca sahip PEG uygulamaları ile oluşturulan stres ortamında yetiştirilen ekinezyada deniz yosunu uygulamalarının kuraklık stresinin neden olduğu zararlanmaların giderilmesinde önemli rol oynadığı gözlemlenmiştir.

Kaynakça

- Abdalla, M. M., & El-Khoshiban, N. H. (2007). The influence of water stress on growth, relative water content, Craterostigma wilmsii pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticium aestivum* cultivars. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (12), 2062-2074.
- Adak, N., Gubbuk, H., & Tetik, N. (2018). Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. *J. Sci Food Agric.*, 98 (1), 304-311.
- Alam, M. Z., Braun, G., Norrie, J., & Hodges, D. M. (2013). Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Can J. Plant Sci* 93, 23-36.
- Alexieva, V., Ivanov, S., Sergiev, I., & Karanov, E. (2003). Interaction between stresses. *Bulg. J., Plant Physiol.*, Special Issue, 1-17.

- Allwright, K. J. (1992). *Effect of seaweed extracts on growth of whwat, and soil bornediseases*. Abstract of the 14th International Seaweed Symposium, Brest and St Malo, France, Abstract Number 004.
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stres. *Afr. J. Agric. Res.*, 6, 2026-2032.
- Anwer, M., McNeily, T., & Putwain, P.D. (2004). Effect of Polyethylene Glycol on the Growth of Two Populations of *Anthxanhum odoratum*. *Int. J. Agric. Biol.*, 6(4), 718-720.
- Aydın, E. (2011). *Topraksız tarımda yetiştirme ortamının farklı nem düzeyinde yapılan sulamaların sera domateslerinde verim ve kaliteye etkileri* (yüksek lisans tezi). EÜ, Fen Bil. Enstitüsü, İzmir.
- Blum, A. (1986). Breeding crop varieties for stress environments, *Crit. Rev. Plant Sci.*, 2, 199-237.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J.S. (2003). Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30, 239–264.
- Dixon, R. A., Choudhary, A. D., Dalkin, D., Edwards, R., Fahrendorf, T., Gowri, G., Harrison, M. J., Lamb, C. J., Loake, G. J., Maxwell, C. A., Orr, J., & Paiva, N. L. (1992). *Molecular biology of stressinduced phenylpropanoid and isoflavonoid biosynthesis in alfalfa*. In Phenolic Metabolism in Plants, H.A. Stafford and R.K. Ibrahim, eds (New York: Plenum Press), pp: 91-138.
- Doğan, N. (2006). *Su Stresi Altındaki Fasulye (Phaseolus vulgaris) Bitkisinin İyon Alım Mekanizmasının Araştırılması* (yüksek lisans tezi). MÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Koyuncu, O., & Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve Deneme Metodları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1021.295-381
- Ecem, N. (2010). Farklı Mısır (*Zea mays* L.) Çeşit ve Hatlarında Kuraklık Stresi Etkilerinin Fizyolojik Olarak İncelenmesi. SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Ekinci, M., Örs, S., Turan, M., & Yıldırım, E. (2018). Nitrik oksit uygulamalarının bitkilerde abiyotik stres şartlarına toleransı arttırmadaki etkileri. *YYÜ Tar. Bil. Derg.*, 28 (2), 254-265.
- Fan, D., Hodges, M., Zhang, J., Kirby, C. W., Ji, X., Locke, S. J., Critchley, A. T., & Prithviraj, B. (2011). Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. *Food Chem.* 124, 195-202.
- Gür, İ. (2018). *Su Stresi Uygulamalarının bazı armut anaçlarında morfolojik ve biyokimyasal değişimlere etkileri* (doktora tezi). SDÜ, Fen bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- İlhan, V. (2016). *A ve β-pinen Monoterpenlerinin buğdayda (Triticum aestivum L.) kuraklık toleransı üzerine etkileri* (doktora tezi). EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- Kalefetoğlu, T. (2006). Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşit ve hatlarının kuraklık stresine karşı dayanıklılığının karakterizasyonu (yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- 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, W., Rayirath, U. P., & Subramanian, S. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J Plant Growth Regul* 28, 386-399.
- Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K., & Khalighi, A. (2011). The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5* (22), 5360-5365.
- Kıpçak, S., Ekinci, A., Erdinç, Ç., Kabay, T., & Şensoy, S. (2019). Tuz stresinin farklı fasulye genotiplerinde bazı besin elementi içeriği ile toplam antioksidan ve toplam fenol içeriğine etkisi. *YYÜ Tar Bil Derg (YYU J Agr Sci)*, 29 (1), 136-144.
- Kumar, G., & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. *Pusa Gold J Appl Phycol*, 23, 251-255.
- Luz, T., Hennequart, F., & Gaffney, M. (2014). Effect on health promoting phytochemicals following seaweed application, in potato and onion crops grown under a low input agricultural system. *Sci. Hortic.*, 170, 224-227.
- Mancuso, S., Azzarello, E., Mugnai, S., & Briand, X. (2006). Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Adv Hortic Sci.*, 20, 156-161.

- Mat, A. (2002). *Echinacea Türleri*. 14. *Bitkisel ilaç hammaddeleri toplantısı*, Bildiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.
- 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.
- Michel, B. E., & Kaufmann, M. R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6 000. *Plant Physiol*, 51, 914-916.
- Munne-Bosch, S. (2005). The role of a-tocopherol in plant stress tolerance. *Journal of Plant physiology*. 162: 743-748.
- Nedunchezhiyan, M., Byju, G., & Ray, R. C. (2012). Effect of tillage, irrigation, and nutrient levels on growth and yield of sweet potato in rice fallow. *ISRN Agronomy*, 1-13.
- 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.
- Öztürk, N. Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5), 307-315.
- 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.
- Sağlam, A. (2004). *Ağır kuraklık stresi geçirmiş Ctenanthe setosa bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. KTÜ., Trabzon.
- Sakuri, N., & Kuraishi, S. (1988). Water potential and mechanical properties of the cell wall of hypocotyls of dark grown squash (*Cucurbita maxima* Duch.) under water stress conditions. *Plant Cell Physiol*, 29, 1337-1343.
- Sani, B., & Farahani, H. A. (2010). Effect of P₂O₅ on coriander induced by AMF under water deficit stress. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 2 (4), 52-58.
- Sayyari, M., & Ghanbari, F. (2012). Effects of super absorbent polymer a 200 on the growth, yield and some physiological responses in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under various irrigation regimes. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 1 (1), 1-11.
- Schulthess, B. H., Giger, E. R., & Baumann, T. W. (1991). Echinacea: anatomy, phytochemical pattern and germination of the achene. *Planta Med.*, 57, 384388.
- Sivritepe, N., Ertürk, U., Yerlikaya, C., Türkan, İ., Bor, M., & Özdemir, F. (2008). Response of the cherry root stock to water stress induced in vitro. *Biologia Plantarum*, 52 (3), 573-576.
- 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.
- Şimşek, Z. (1995). *Klemantin mandarininde bilezik alma, demir bileşikleri ve deniz yosunu özü uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri* (yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Zir. Fak., Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya.
- Terzi, R., Sağlam, A., Kutlu, N., Nar, H., & Kadioğlu, A. (2008). *Kuraklık koşulları altındaki Phaseolus vulgaris kültürlerinin antioksidan enzim aktivitelerindeki değişimlerin araştırılması*. 19. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, Trabzon.
- Verkleij, F. N. (1992). Seaweed extracts in agriculture and horticulture. *Biological Agriculture and Horticulture*, 8, 309-324.
- Wang, H., Siopongco, J., Wade, L. J., & Yamauchi, A. (2009). Fractal analysis on root systems of rice plants in response to drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 65, 338-344.
- Wu, Q. S., Xia, R. X., & Zou, Y. N. (2008). Improved soil structure and Citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. *European J. Soil Biology*, 44, 122-128.
- Xu, C., & Leskovar, D. I. (2015). Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 183, 39-47.
- Yin, C., Wang, X., Duana, B., & Luob, J. (2005). Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. *Environmental and Experimental Botany* 53, 315-322.
- Zeid, I. M., & Shedeed, Z. A. (2006). Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. *Biologia Plantarum*, 50 (4), 635-640.