

Hakan GEREN^{2*}
Hülya OKKAOĞLU²
Rıza AVCIOĞLU²

² Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri
Bölümü, İzmir,
* e-posta: hakan.geren@ege.edu.tr

Mikorizanın Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarında Kıbrıs Mürdümügü (*Lathyrus ochrus*)'nün Verim ve Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi¹

Effect of mycorrhiza treatment on the yield and some
physiological characteristics of Cyprus vetch (*Lathyrus ochrus*)
under different salt (NaCl) concentrations

¹ EÜ BAP 2009-ZRF-029 no'lu projenin bir bölümüdür.

Alınış (Received): 11.10.2010 Kabul tarihi (Accepted): 29.10.2010

Anahtar Sözcükler:

Lathyrus ochrus, mikoriza, tuz stresi, kuru
madde verimi, fizyolojik özellikler

Key Words:

Mycorrhiza, salt stress, dry matter yield,
physiological characteristics

ÖZET

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çayır Mera ve Yembitkileri Bilim Dalı, Fizyoloji laboratuvarında, 2009 yılında, farklı tuz dozlarında (0-50-100-150 mMol NaCl) ve mikoriza (*Acaulospora bireticulata*) uygulanan Kıbrıs Mürdümügü (*Lathyrus ochrus*) bitkisinde ortaya çıkabilecek tarımsal ve fizyolojik özellikleri incelemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada; kuru madde verimi, yaş kök verimi, yaprakta klorofil a-b ve prolin içeriği ile zar dayanıklılığı gibi özellikler incelenmiştir. Sonuçlara göre; artan tuz dozları, kontrol uygulamasına göre, yukarıdaki özelliklerin tümünü olumsuz etkilemiştir. Mikorizanın *L.ochrus* bitkisinin fizyolojik yapılarına olumlu katkıları saptanmış, mikorizal birliktelik gerçekleştiren bitkiler, uygulanmayan bitkilere göre, farklı düzeylerde tuz stresine maruz kaldıklarında daha iyi performans sergilemişlerdir.

ABSTRACT

This study was conducted in order to determine the effect of mycorrhiza treatment on the agronomical and physiological characteristics of Cyprus vetch (*Lathyrus ochrus*) under different salt levels (0-50-100-150 mMol NaCl) in the laboratory of Pasture and Forage Crops section of Field Crops Department, Agriculture Faculty, Ege University in 2009. Traits tested in the experiment were dry matter yield, root fresh weight, contents of chlorophyll a-b and prolin in leaves and membrane integrity. Results indicated that increasing salt levels negatively affected above mentioned traits compared to control, and the constructive contributions of mycorrhiza on the physiological aspects of *L.ochrus* was evident. Crops with mycorrhizal symbiosis performed better than untreated crop material.

GİRİŞ

Küresel ısınma ve değişen dünya koşullarına paralel olarak marjinal tarım alanlarından faydalanmak zorunluluk haline gelmiştir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde sulu tarım için doğal kaynakların azalması veya kirlenmesi, düşük kaliteli sulama suyuyla sulama yapmak zorunda kalınması, genellikle geniş üretim yapılan bölgelerin tuzlanmasına ve sonuçta üretim dışı kalmasına neden olmuş bulunmaktadır (Avcioğlu et al., 2009).

Tarımsal üretim yapılan alanlarda yeterli miktarda ve kalitede sulama suyunun sağlanması günden güne zorlaşmakta, doğal nedenlerle oluşan tuzlu alanlardan çok daha fazlası yanlış su kullanımı nedeniyle tuzlu hale getirilmeye devam edilmektedir. Drenaj yetersizliği, yetersiz yağış, yüksek buharlaşma ve yanlış su uygulamaları bitkinin kök bölgesinde yoğun tuz birikimine ve bitki gelişiminin olumsuz yönde etkilenmesine giderek daha çok neden olmaktadır. Günümüzde bu tip alanlarda, herhangi bir önlem almadan bitki yetiştiriciliği adeta olanaksız durumdadır. Son yıllarda çözüm olabileceğine inanılan bu önlemlerden biri de, aşırı gübre tüketimini önlemek ve aynı zamanda stres koşullarında bitkinin dayanıklılığını arttırmak amacıyla doğal biyolojik gübre olarak nitelendirilen mikoriza (*Mycorrhiza spp.*) mantarlarından yararlanmaktadır (Linderman, 1988).

Mikoriza'lar, ektomikoriza ve endomikoriza olarak iki ana grupta toplanmakta, ektomikorizalar ormanlarda ağaçların köklerinde, endomikorizalar (Vesiküler-Arbusküler Mikoriza=VAM) ise kültür bitkilerinin köklerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Nye & Tinker, 1977). Çift çenekli bitkilerin %83'ü, tek kotiledonlu bitkilerin ise %79'u mikoriza ile simbiyotik olarak yaşamaktadırlar. Endomikorizalar kök korteksinin hem hücre içi hem de hücreler arası boşluklarında oluşmakta, hücre içinde dallanmış olan *arbuskül* ve oval görünümlü lipitçe zengin, dışarıdan alınan besin elementlerinin depolanmasını sağlayan *vesikül* yapılar oluşturmaktadırlar. Tanımlanmaları ancak mikroskop altında yapılabilen bu mantarlar, konukçu bitki ile simbiyotik olarak yaşamakta, çok miktarda hif üreterek konukçu bitkinin su ve besin madde alımına katkıda bulunurken, mantar da konukçu bitkiden karbonhidrat sağlamaktadır. VAM'ın konukçu bitki ile simbiyotik yaşamı sonucu, bitkinin özellikle fosfor ile bunun yanında çinko ve bakır gibi mikro elementlerin alımını kolaylaştırdığı bilinmektedir (Nye & Tinker, 1977). Yapılan çalışmalar, mikoriza mantarları ile birlikte yaşayan bitki kökünün, fosfatı mikorizasız bir kökten 4 kat daha hızlı taşıdığını da göstermektedir (Nye & Tinker, 1977; Gildon & Tinker, 1983).

Bilindiği gibi, baklagil yembitkileri hayvan beslenmesindeki önemleri yanında, sahip oldukları üstün toprak ıslah edici özellikleri nedeniyle, tarımsal üretimin vazgeçilmez bir öğeleridir. Baklagil familyasına ait Kıbrıs mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*) erken gelişen, 60-200 cm sap uzunluğuna sahip, özellikle su içeriği yüksek ve verimli taban arazilerde yaygın bulunan, kısmen tuza dayanıklı, yatıktırmanıcı gelişen bir yembitkisidir (Avcıoğlu et al., 2009). Özellikle kuru ot elde etmek için yaygın olarak Kıbrıs adasında yetiştirilen *L. ochrus*, *Lathyrus sativus*'a göre daha erkenci ve rekabet yeteneği daha yüksek bir yembitkisidir. Kıbrıslı çiftçiler tarafından

"Luvana" olarak adlandırılan ve yaygın olarak kullanılan bu bitkinin tanelerinin öğütülmesiyle elde edilen undan çorba yapılıp, insan gıdası olarak da faydalanılmaktadır (Hadjipanayiotau & Econo-mides, 2001). Yapılan çalışmalar, genellikle kaba yem olarak kullanılan *L. ochrus*'un gelişme yeteğinin güçlü, kuraklığa ve su basmalarına dayanımı özelliği nedeniyle yeşil gübre bitkisi olarak kullanılabilir alternatif bir yembitkisi olduğunu göstermektedir (Başaran et al., 2007).

Gildon & Tinker (1983), Na ve Cl iyonlarının mikorizaların spor oluşturmalarını olumsuz yönde etkilediğini belirtirken, Bowen (1980) da bitki için toksik olabilecek elementleri bünyesinde tutarak bitkiyi stres etkenlerine karşı koruyabileceğini ifade etmektedir. Araştırmacı, tuz stresine maruz kalan bitkinin büyüme ve gelişme sürecinde, mikorizanın başta fotosentez olmak üzere, protein sentezi ve yağ metabolizması gibi bir çok fizyolojik etkinliğine katkıda bulunarak verimin azalmasını engellediğini belirtmektedir.

Soldatini & Giannini (1985) yürüttükleri çalışmalarında; tuz stresine maruz bırakılmış mısır bitkisinde, osmotik basınca bağlı olarak prolin birikiminin yapraklarda gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır. Fotosentez üzerine de olumsuz etkisi olan yüksek tuz konsantrasyonlu ortamlarda yetiştirilen bitkilerin yapraklarının iç hücrelerinde CO₂ basıncının azalmasıyla, stoma geçirgenliklerinde ve klorofil içeriğinde azalma olduğu, klorofil miktarındaki bu azalmanın klorofilaz enziminin artmasına bağlı olarak gerçekleştiği Güneş et al. (1995) tarafından açıklanmıştır.

Mikorizalarla çalışan araştırmacılar (Fitter, 1988; Schellenbaum et al., 1998), mikorizanın hiflerinin toprak içine işleyerek, kök absorpsiyon alanını ve birim kök uzunluğu başına düşen su miktarını ve suyun birim zamandaki alımını arttırmaları sonucunda, kök elektriksel iletkenliğinin yükseltmesi ve özellikle fosfor alımının artmasına da bağlı olarak, bitkilerin fiziksel ve fizyolojik değişimlerle kuraklığa dayanıklılığının arttığını belirtmişlerdir.

Al-Karaki & Ghazi (2000), mikorizaların önce-likle besin madde alımını arttırarak ve kökü çevreleyen bölgenin ve toprak şartlarının iyileşmesini sağlayarak, konukçu bitkinin fiziksel ve biyokimyasal özelliklerini değiştirerek (Linderman, 1988) bitkinin gelişimini ve tuza toleransını arttırdıklarını belirtmişlerdir. Ruiz-Lozano (2003), mikorizanın bitkinin kökünün hidrolik iletkenliğini arttırarak suyu absorbe etme kapasitesini, karbonhidrat bileşimi ile osmotik dengeyi ayarlayarak da konukçu bitkinin fizyolojisini geliştirdiğini öne sürmektedir.

Asghari (2008), Arbusküler mikoriza (*Glomus intraradices*) kolonizasyonunun tuzlu alanlardaki etkisini, *Trifolium subterraneum* ve *Festuca arundinacea*

bitkilerinde incelemiş ve *G.intraradices*'in tuza hassas olan *T.subterraneum*'da bitki büyümesini ve besin madde alımını özellikle de fosfor alımını arttırdığını saptamıştır. Araştırmacı bu gelişmenin de, simbiyotik ilişki gereği köklerdeki hiflerin toprakta yayılıp, kök hacmini arttırmaları ve besin madde alımını hızlandırmaları sonucu gerçekleştiğini öne sürmektedir.

Khalvati (2005), arpa (*Hordeum vulgare*) bitkisine *G.intraradices* ve *G.mossae* inoküle ederek kuraklık stresinde bitkinin verdiği fizyolojik tepkileri incelemiştir. Araştırmacı, kuraklık koşullarında kök kolonizasyonunun arttığını, *G.mossae* ile kolonize olan arpanın yaprak su potansiyelinin yüksek, *G.intraradices* ile kolonize olan arpanın ise yaprakta osmotik potansiyelinin, mikoriza inokülasyonu yapılmayan bitkilerden daha düşük olduğunu belirtmiş, 2 farklı mikoriza türünün aynı yetiştirme koşullarında, arpanın besin maddesi alımında farklılıklar oluşturduğunu ortaya koymuştur.

Murkute et al. (2006), 0-50-100-150 mMol NaCl uyguladıkları ve mikoriza inoküle ettikleri *Citrus karna* ve *Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis* türlerinde tuz dozu arttıkça tüm fiziksel parametrelerin etkilendiğini, yüzde kolonizasyon oranının *C.karna*'da %66.8'den %31.3'e, *P.trifoliata* x *C.sinensis*'te ise %62.4'ten %39.7'e düşüğünü, prolin birikiminin artmasıyla, klorofil ve Mg ile Ca içeriklerinin azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, stres koşullarının olmadığı durumda, mikorizasız bitkilere bakarak mikorizalı bitkilerin klorofil içeriklerinin çok yüksek olduğunu, stres koşullarında ise klorofil içeriğinin azalmasını fotosentezden sorumlu enzimden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır.

Yücel & Yağbasanlar (2007), buğday ve yabani türlerinin beslenme ve verim yönünden mikorizaya bağımlılığını inceledikleri çalışmalarında; mikoriza inokülasyonunun kök, sap ve toplam kuru madde ağırlıklarını, kontrol bitkilerine nazaran sırasıyla 3.97, 5.23 ve 4.77 kat arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar mikorizanın, simbiyotik olarak yaşadığı konukçu bitkiyle ilişkisinde, auksin, sitokinin ve diğer maddeler üreterek konukçu bitkinin kök alanını ve uzunluğunu arttırdığını ve suyun alımını kolaylaştırdığını ve kuru madde birikimini yükselttiğini de belirtmişlerdir.

Yamato et al. (2008), deniz kenarındaki kumullarda yetişen *Vigna marina*, *Paspalum distichum* ve *Ipomoea pes-caprae* bitkilerinin köklerinden izole ettikleri *Glomus sp.* sporlarını 0-100-200 mMol NaCl uygulayarak sorgum (*Sorghum bicolor*) bitkisinin köklerine inoküle etmişler ve mikorizanın, stres koşullarında konukçu bitkinin, tuz stresine direncini arttırdığını ifade etmişlerdir.

Gharineh et al. (2009), *Trifolium alexandrinum*'a üç değişik tuz seviyesinde (2.2-5.0-10.0 dS/m) dört farklı tuz

çeşidi (NaCl, MgCl₂, Na₂SO₄, MgSO₄) ve *G.intraradices* uygulayarak yürüttükleri çalışmalarında, tüm tuz seviyelerinde sap kuru ağırlığının mikorizalı bitkilerde mikorizasızlara göre daha yüksek olduğunu, kök kuru ağırlığının sap kuru ağırlığına göre tuzluluktan daha çok etkilendiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar mikorizal kolonizasyonun bitki büyümesini ve fosfor alımını arttırdığını, ancak bu etkinin tuzluluk seviyesi arttıkça azaldığını saptamışlar, kolonizasyon oranının düşük tuzluluk seviyelerinde %63'ken yüksek tuz seviyelerinde %34'lere kadar düştüğüne dikkat çekmişlerdir.

Shokri & Maadi (2009), farklı tuz konsantrasyonlarına (2.2-5.0-10.0 dS/m) maruz kalan *T.alexandrinum*'a mikoriza uygulamasının, mineral beslenme ve verime etkisini saptamak amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, mikorizalı bitkilerin toplam kuru ağırlıklarının kontrol bitkilerinden 5.29 kat daha fazla olduğunu açıklamışlardır.

Kaya et al. (2009), biber bitkisini mikorizalı (*G.clarum*) ve mikorizasız olarak 50 ve 100 mMol NaCl uygulayarak yetiştirdikleri çalışmalarında, mikoriza inokülasyonunun biberde, yaprakların Na⁺ içeriğini azaltıp, membran dayanımını ve NPK gibi temel besin maddelerinin yoğunluklarını artırıp, gelişimini hızlandırdığını, bu etkisiyle meyve verimini yükselttiğini de belirtmişlerdir.

Bu çalışmamız tuzluluk sorununu ele almak amacıyla projelendirilmiş ve araştırma farklı tuz dozlarında ve mikoriza uygulanan Kıbrıs mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*) bitkisinde ortaya çıkabilecek tarımsal ve fizyolojik farklılıklar ile bu bitkinin verim ve bazı fizyolojik özelliklerini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2009 yılında, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Çayır-Mera ve Yembitkileri bilim dalı serası ve fizyoloji laboratuvarında yürütülmüş, agronomik çalışmalar mart-mayıs dönemlerinde sera koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Saksı denemesi şeklinde yürütülen denemede kullanılan toprak (kum), Gediz ırmağı yatağından temin edilmiştir. Araştırmada, Kıbrıs mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*) bitkisi kullanılmış, tohumlar Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Tarım Bakanlığı'ndan temin edilmiştir.

Araştırmada kullanılan ve %99 oranında saf kültür formundaki *Acaulospora bireticulata* cinsi mikoriza sporları Münih Teknik Üniversitesi Bitki Besleme Bölümü'nden temin edilmiş ve laboratuvarımızda çoğaltılmıştır.

Araştırmada iki faktör ele alınmış olup, bunlar; a) tuz (NaCl) dozları (0-50-100-150 mMol) ve b) *A.bireticulata* (uygulama [+VAM] ve kontrol [-VAM]) cinsidir. Araştırma, iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak düzenlenmiştir.

2 mm'lik elekten geçirilen kum, bez çuvalara alınarak, Bornova kuyularından sağlanan sulama suyuyla 4 kez, ardından 2 kez de saf suyla yıkanmış ve 120°C'de 24 saat süreyle sterilizasyona tabi tutulmuştur. Alt çapı 13 cm, üst çapı 20 cm ve yüksekliği de 13 cm olan plastik saksılar %10'luk Sodyum hipoklorit (NaClO)'te 15 dakika bekletilmiş, daha sonra bol çeşme suyuyla ardından saf suyla durulanmış ve kurumaya terk edilmiştir. Yöntem gereği; 12 adet saksıya, 900 g kum + 100 g mikoriza (*A.bireticulata*) kültürü olacak şekilde toplam 1000 g harç konurken, diğer 12 saksıya da sadece 1000 g kum konmuştur. Kum veya kum+mikoriza konan saksıların tarla su kapasitesi saptanmış, bu aşamadan sonra ilgili tuz dozu, tarla su kapasitesi göz önüne alınarak hazırlanmış ve saksılara verilmiştir. 0 mM ve kontrol (-) mikorizalı saksıya sadece saf su verilmiştir. Her saksıya, yine sterilizasyon işleminden geçirilmiş 5'er adet Kıbrıs mürdümüğü tohumu, 5 Mart 2009 tarihinde ekilmiş, çıkışlardan sonra en sağlıklı bir bitki bırakılarak diğerleri koparılıp atılmıştır.

Saksı başına 0.2 g amonyumsülfat ve mikro element ihtiyacını karşılamak üzere 30 cc Fetrilon Combi-2 gübresi uygulanmıştır. Saksıların toprak nemi içeriği dijital nem ölçerle izlenmiş, tarla kapasitesinin yarıya düşmesi durumunda saksılar saf su ile sulanarak tekrar tarla su kapasitesi nemine yükseltilmiş ve uygulanan tuz konsantrasyonlarının mümkün olduğunca devamlılığı sağlanmıştır. Denemenin ilerleyen aşamalarında, bitkilerin dik büyümesini sağlamak amacıyla her saksıdaki bitkiler, saksının merkezine dikilen plastik çubuklara bağlanmıştır. Bitkiler çiçeklenme aşamasında (15 Mayıs 2009) toprak seviyesinden biçilerek hasat edilmiştir. Hasattan sonra aşağıdaki özellikler saptanmıştır:

Kuru madde (KM) verimi (mg/bitki): Yaş ot verimi saptanan bitkilerin KM oranları 105°C'de vantilyasyonlu etüvde 24 saat kurutularak sap-tanmış, yaş ot verimiyle KM oranının çarpılmasıyla KM verimi hesaplanmıştır (Bulgurlu & Ergül, 1978).

Yaş kök verimi (mg/bitki): Yaş biyokütle ağırlığı alınan bitkilerin kökleri dikkatli bir şekilde topraktan sökülüp, suyla yıkandıktan sonra 2 saat kurutulmuş ve tartılmıştır (Avcioglu et al., 2003).

Yaprakta Klorofil-a ve Klorofil-b (mg/g): Büyü-me ve gelişmesini tamamlayan ve saplarından ayrılarak derin dondurucuda bekletilen yaprak örneklerinden 1'er g analiz örneği alınmış ve örneklerin üzerine 0.5 g Mg((CO)₃)₂ ile 10 ml %80'lik aseton ilave edilmiştir. Karışım havanda dövülerek macun haline getirilmiş ve bu karışım 3000 rpm'lik santrifüjde, 15 dakikada santrifüjlenerek çözelti sıvısı ayrılmış ve bu yeşil renkli sıvıdan pipet yardımıyla 1 ml örnek alınarak üzerine 9 ml %80'lik aseton ilave edilmiştir (Arnon, 1949). Örnekler,

spektrofotometre'de (Cdeman Juier II Model 6/20), 663 nm (Klorofil-a) ve 645 nm dalga boyunda (λ) (Klorofil-b) absorpsiyon değerleri açısından okunmuş ve Lichtenhaler ve Welburn (1983)'ün Arnon (1949)'dan geliştirerek önerdikleri modele göre, konsantrasyon değerleri (mg/g) saptanmıştır. %80'lik aseton tanık olarak kullanılmıştır.

Yaprakta Serbest Prolin Amino Asit İçeriği (μ mol/mg): Büyüme ve gelişmesini tamamlayan ve saplarından ayrılarak derin dondurucuda bekletilen yaprak örneklerinden 0.5 g alınarak oda sıcaklığında havanda ezilmiş, üzerine %3'lük 10 ml 5-sulfasalilik asit ilave edilerek homojen hale getirilmiştir. Daha sonra W2 filtre kağıdından süzülen çözeltinin 2 ml'si ayrılarak üzerine 2 ml asitninhidrin ve 2 ml glasiyal asetik asit eklenmiş ve kapaklı test tüplerine aktarılmıştır. 1 saat 80°C'de su banyosunda tutulan örnek tüpleri daha sonra 5 dakika süreyle buz banyosunda tutulmuş ve üzerine 4 ml toluen ilave edilerek, tüp karıştırıcıda 20 saniye süreyle karıştırılmıştır. Tüp içindeki materyal daha sonra ayırıcılara aktararak içerisindeki toluen ve örnek çözelti ayrılmış ve spektrofotometre tüplerine alınmıştır. Örneklerin $\lambda=520$ nm absorpsiyon değerleri okunmuş ve bu değerler hazırlanan prolin konsantrasyonu standart eğrisinden yararlanılarak modifiye edilmiştir (Bates et al., 1973).

Hücre zar dayanıklılığı (mmhos/cm): Büyüme ve gelişmesini tamamlayan sap ve kökleri ayrılan 10 fidenin yapraklarından, her çeşit için 10'ar adet ve 1 cm² alanda dairesel yaprak örnekleri delik zımbası yardımıyla alınmıştır. Bu örnekler tüplere konularak 15 ml 1 Mol'lük Mannitol çözeltisi ilave edilmiş ve 24 saat laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. 24 saat sonunda çözeltilerin EC (Elektriksel Geçirgenlik) değerleri Elektrokondaktivite cihazında mmhos/cm cinsinden ölçülmüştür (Polijakoff-Mayber & Gale, 1975).

Araştırmadan elde edilen veriler, hazır paket program (TOTEM-STAT) (Açıkgöz et al., 2004) kullanılarak değerlendirilmiştir. İki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre yapılan analizlerde farklılıklar, en küçük önemli fark (LSD, %5) değerleri hesaplanarak karşılaştırılmış, LSD değerleri her çizelgenin alt bölümünde verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kuru Madde Verimi: KM verimi değerlerine uygulanan istatistiki analiz sonuçlarına göre, mürdümük bitkisine uygulanan mikoriza ve tuz dozu etkilerinin önemli olduğu, buna karşılık interaksyonunun önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1). KM verimi açısından en yüksek ortalama KM verimleri 0-50-100 mM tuz uygulamalarından sırasıyla 230.3-210.1-180.3 mg/bitki olarak elde edilmiş, buna karşılık 150 mM tuz

uygulanmasında da en düşük (75.3 mg/bitki) KM verimi sağlanmıştır. KM verimi özelliğinde, mikoriza uygulanan bitkilerdeki verimler (222.1 mg/bitki), mikoriza uygulanmayan (134.1 mg/bitki) bitkilerin ortalama verimlerine göre daha yüksek bulunmuştur. KM verimine ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, gerek miko-riza uygulanan ve gerekse uygulanmayan mürdümüklerde, 0 mM'den itibaren artan tuz dozlarında KM verimlerinin azaldığı; mikoriza uygulamasının olumsuz koşullarda (artan tuz dozları, vb) mürdümükte KM veriminin yükselmesine neden olduğu anlaşılmaktadır. KM verimine dair bulgularımız artan tuz dozlarında KM veriminin de düştüğünü bildiren araştırmacıların sonuçlarıyla uyum içerisinde bulunmuştur (Yamato et al., 2008, Kaya et al., 2009). Bulgularımız, *Lathyrus ochrus* ile *Acaulospora birecticulata*'nın çok iyi bir simbiyotik yaşam sergilediklerini de ortaya koymuştur. Zira, mikoriza uygulaması uygulama yapılmayanlara ve uygulanan tuz dozlarına göre, KM verimini 2 veya 3 katına yükseltmiştir. Mikorizalar, hifleri sayesinde besin madde alımını artırarak kök bölgesinin absorpsiyon alanını genişlettiklerinden, bitki gelişimi ve veriminde artışlar beklenene uygun olmaktadır. Buna benzer sonuçlar değişik araştırmacılar tarafından da ortaya konmuştur (Fitter, 1988; Yücel & Yağbasanlar, 2007).

Yaş Kök Verimi: İstatistiki analiz sonuçları, tuz dozu ve mikoriza uygulamasının mürdümüğün yaş kök verimi üzerine önemli etkilerinin olduğunu ortaya çıkarmış ancak interaksiyon önemli bulunmamıştır. Çizelge 1 incelendiğinde, en yüksek ortalama yaş kök veriminin 3673 mg/bitki ile hiç tuz uygulanmayan (kontrol) bitkilerden, en düşük ortalama yaş kök veriminin de 256 mg/bitki ile 150 mM tuz uygulanan bitkilerden elde edildiği saptanmıştır. Mikoriza uygulanan bitkilerin ortalama yaş kök verimlerinin (1632 mg/bitki), mikoriza uygulanmayan (1417 mg/bitki) bitkilerden daha yüksek olduğu da belirlenmiştir. Yaş kök ağırlığına ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, mikoriza uygulaması yapılan mürdümük bitki köklerinin, mikoriza uygulaması yapılmayanlara göre daha yüksek verimli olduğu, ayrıca, gerek mikoriza uygulanan ve gerekse uygulanmayan mürdümüklerde, 0 mM'den itibaren artan tuz dozlarının kök verimini azalttığı saptanmıştır. Mikoriza uygulamasının mürdümüğün kök yapısını olumlu yönde etkilediği anlaşılmakta, pek çok araştırmacının, mikoriza uygulamalarının köklenmeyi teşvik ettiğini, birim ağırlık ve hacmini yükselttiğini bildiren sonuçları bulgularımızı doğrulamaktadır (Schellenbaum ve ark., 1998; Asghari, 2008; Gharineh ve ark., 2009).

Çizelge 1. Farklı tuz dozu ve mikoriza uygulamasının mürdümükte bazı verim ve fizyolojik özelliklere etkileri

Tuz Dozları	Mikoriza Uygulaması			Mikoriza Uygulaması		
	+ VAM	- VAM	Ortalama	+ VAM	- VAM	Ort
	Kuru Madde Verimi (mg/bitki)			Yaş Kök Verimi (mg/bitki)		
0 mM	310.5	153.6	230.3	3936	3410	3673
50 mM	250.9	171.9	210.1	1530	1186	1358
100 mM	209.1	152.8	180.3	780	838	809
150 mM	105.1	46.5	75.3	280	233	256
Ortalama	222.1	134.1	177.0	1632	1417	1524
	LSD(%5) VAM:46.5 TD:65.9			VAM:195 TD:276		
	VAMxTD:ÖD CV:16.3			VAMxTD:ÖD CV:17.6		
	Klorofil-a (mg/g)			Klorofil-b (mg/g)		
0 mM	1.373	0.758	1.065	1.051	0.527	0.789
50 mM	0.875	0.618	0.746	0.726	0.394	0.560
100 mM	0.404	0.484	0.444	0.228	0.304	0.266
150 mM	0.168	0.099	0.133	0.108	0.090	0.099
Ortalama	0.705	0.490	0.597	0.528	0.329	0.429
	LSD(%5) VAM:0.012 TD:0.017			VAM:0.019 TD:0.027		
	VAMxTD:0.024 CV:2.8			VAMxTD:0.038 CV:6.1		
	Prolin İçeriği (µmol/mg)			Hücre Zarı Dayanıklılığı (mmhos/cm)		
0 mM	1.278	0.870	1.074	11.04	11.83	11.44
50 mM	1.475	2.196	1.835	20.32	22.18	21.25
100 mM	1.619	5.440	3.529	41.11	47.53	44.32
150 mM	1.909	7.553	4.731	53.58	60.05	56.81
Ortalama	1.570	4.015	2.792	31.51	35.40	33.45
	LSD(%5) VAM:0.177 TD:0.250			VAM:0.57 TD:0.80		
	VAMxTD:0.353 CV:8.7			VAMxTD:1.13 CV:2.32		

VAM: Mikoriza uygulaması, TD: Tuz dozu, ÖD: Önemli değil, CV: Varyasyon katsayısı

Klorofil-a ve Klorofil-b İçeriği: Yapılan istatistiki analiz sonuçları, farklı tuz dozu ve mikoriza uygulamaları ile bunların interaksiyonlarının hem Klorofil-a ve hem de Klorofil-b içeriği üzerine önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, en yüksek Klorofil-a içeriği 1.373 mg/g ile 0 mM tuz dozunda (Kontrol) ve mikoriza uygulanan, en düşük içerik ise 0.099 mg/g ile 150 mM tuz dozunda ve mikoriza uygulaması yapılmayan bitkilerden elde edilmiştir. Çizelge 1'in Klorofil-b ile ilgili kısmı incelendiğinde, Klorofil-a'ya benzer bulgular elde edilmiş olup, en yüksek Klorofil-b içeriği 1.051 mg/g ile 0 mM tuz dozunda (Kontrol) ve mikoriza uygulanan, en düşük Klorofil-b içeriği ise 0.090 mg/g ile 150 mM tuz dozunda ve mikoriza uygulaması yapılmayan bitkilerden elde edilmiştir. Klorofil-a ve Klorofil-b içeriklerine ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, hem Klorofil-a'nın hem de Klorofil-b'nin, mikoriza uygulaması yapılmış mürdümük bitkisi yapraklarında, mikoriza uygulaması yapılmayanlara göre daha yüksek oranda bulunduğu, ayrıca, gerek mikoriza uygulanmış ve gerekse uygulanmamış mürdümüklerde, 0 mM'den itibaren artan tuz dozlarının Klorofil-a ve Klorofil-b içeriklerini azalttığı saptanmıştır. Bir çok araştırmacı (Rao & Rao, 1981; Soldatini & Giannini, 1985; Avcioglu et al., 2003), artan tuz seviyelerinde yapraklardaki klorofil seviyelerinin düştüğünü, bazı araştırmacılar da (Ruiz-Lozano et al., 2006; Kaya et al., 2009) mikoriza uygulanan koşullarda bitkilerde klorofil oluşumunun teşvik edildiğini bildirmişlerdir.

Prolin İçeriği ve Zar Dayanıklılığı: Yapılan istatistiki analizler, farklı tuz dozu ve mikoriza uygulamaları ile bunların interaksiyonlarının prolin içeriği ve zar dayanıklılığı (hücre zarı geçirgenliği) üzerine önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, en yüksek prolin içeriği 7.553 $\mu\text{mol}/\text{mg}$ ile 150 mM tuz dozunda ve mikoriza uygulanmayan, en düşük içerik ise 0.870 $\mu\text{mol}/\text{mg}$ ile 0 mM tuz dozunda (Kontrol) ve mikoriza uygulaması yapılmayan bitkilerden elde edilmiştir. Çizelge 1'in hücre zarı dayanıklılığı ile ilgili kısmı incelendiğinde, en yüksek geçirgenlik değeri 60.05 mmhos/cm ile mikoriza uygulanmamış ve 150 mM tuz dozu uygulanmış bitkilerden, en düşük geçirgenlik de 11.04 mmhos/cm ile 0 mM tuz dozunda (Kontrol) ve mikoriza uygulanan bitkilerde saptanmıştır. Prolin içeriğine ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, prolinin, mikoriza uygulaması yapılmış mürdümük yapraklarında, mikoriza uygulaması yapılmayanlara göre daha düşük oranda bulunduğu, ayrıca, gerek mikoriza uygulanmış ve gerekse uygulanmamış mürdümüklerde, 0 mM'den itibaren

artan tuz dozlarının prolin içeriğini de arttırdığı belirlenmiştir. Bilindiği gibi prolin bir stres proteindir ve bitki stres altındayken hücre sitosolündeki oranı yükselmeye başlamaktadır. Bitkiler stres koşullarına maruz kaldıklarında, bünyelerinde savunma mekanizması geliştirerek bazı prolin, betain gibi ozmotik düzenleyiciler (osmoregülatörler) kullanarak tuz stresine direnç gösterme çabası içine girmektedirler (Munns, 2005; Turan et al., 2009). Bir çok araştırmacı mikoriza uygulanan bitkilerin prolin birikimlerinin mikoriza uygulaması yapılmayan bitkilerinkine nazaran daha düşük olduğunu ifade etmekte, bulgularımız da anılan araştırmacıların sonuçlarıyla uyum göstermektedir (Soldatini & Giannini, 1985; Gildon & Tinker, 1983; Kaya et al., 2009).

Tuz stresine maruz kalan bitkilerin hücre zarı yüzeyinde biriken NaCl molekülleri iyonlaştığında, Cl iyonlarının ortam pH'sını düşürmesi ve kopan protein pompalarından ortama K^+ iyonu dağılması sonucu serbest iyon konsantrasyonu artmakta, dolayısıyla olumsuz bir gelişme olarak hücre zarının geçirgenliği de artmaktadır (Polijakoff-Mayber & Gale, 1975). Çalışmamızın bu bölümünde mikorizal birliktelik gerçekleştiren bitkilerin hücre zarlarının dayanıklılığı, mikoriza uygulanmayan bitkilere göre daha yüksek gerçekleşmiş ve hücre zarındaki dağılma oranının mikorizal bitkilerde daha az olduğu belirlenmiş, bulgularımız da Kaya et al. (2009) ile paralellik göstermiştir. Mikorizaların, bitkilerin köklerinde oluşturduğu hifler yardımıyla besin madde alımını artırıp pek çok morfolojik ve fizyolojik özelliklere, mikorizasız bitkilere göre, daha olumlu katkılar sağladıkları araştırmacılar tarafından da ortaya konmuştur (Asghari, 2008; Kaya et al., 2009). Mikorizalı bitkilerin tuz stresine dayanma direncinin, mikorizasız bitkilerle karşılaştırıldığında, daha yüksek olduğu bu sonuçlarımızla daha açık görülmüştür.

SONUÇ

Çalışmada, *Acaulospora birticulata* türü mikorizanın Kıbrıs Mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*) ile uyumlu bir birliktelik kurabildiği, tuz dozu arttıkça, bir çok karakterin tuz stresinden olumsuz yönde etkilenecek değerlerinin düştüğü, ancak mikoriza uygulamasının tuz stresine dayanma mekanizmasına olumlu katkılarda bulunarak bitkinin direncini arttırdığı saptanmıştır. Laboratuvar koşullarında elde ettiğimiz bu sonuçların tarla çalışmalarıyla da desteklenmesi, özellikle stres koşullarında (tuzluluk, sıcaklık, kuraklık, vb) etkin olan mikoriza kullanım pratiğinin daha kapsamlı ve detaylı çalışmalarla araştırılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Açıköz, N., E. İlker ve A. Gökçöl 2004. Biyolojik araştırmaların bilgisayarla değerlendirilmeleri, EÜ TOTEM Yay.No:2, İzmir.
- Al-Karaki and N.Ghazi 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza* 10:51-54.
- Arnon, D.I 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Plant Physiology*, 24:1-5.
- Asghari, H. R 2008. Vesicular–Arbuscular (VA) Mycorrhizae improve salinity tolerance in pre-inoculation subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) seedlings. *International Journal of Plant Production*, 2(3):243-256.
- Avcıoğlu, R., H. Geren ve Y. T. Kavut 2009. Yembitkileri, “Baklagil Yembitkileri”, Bölüm 15.3.2, Kıbrıs Mürdümüğü (*Lathyrus ochrus* A.P.de Candalle), TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, TÜGEM, Cilt 2, s:480-484.
- Avcıoğlu, R., G.Demiroğlu, M.A.Khalvati ve H.Geren 2003. Ozmotik basıncın bazı kültür bitkilerinin erken gelişme dönemindeki etkileri II- Prolin, Klorofil birikimi ve zar dayanıklılığı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 40(2):9-16.
- Başaran, U., Z. Acar, Ö. Ö. Aşçı, H. Mut ve İ. Ayan 2007. Mürdümük (*Lathyrus sp.*) türlerinin önemi, tarımda kullanım olanakları ve zararlı madde içerikleri, *OMÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1):139-148.
- Bates, L.S., R.P.Waldern and I.D.Teare 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies, *Plant and Soil*, 39:205-207.
- Bowen, G.D 1980. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In “Tropical Mycorrhiza Research” (Ed Mikola), Clarendon Press, Oxford, p:165-190.
- Bulgurlu, Ş. ve M.Ergül 1978. Yemlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz metodları, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Yay. No:127:58-76*.
- Fitter, A. H 1988. Water relations of red clover (*Trifolium pratense* L.) as affected by VA mycorrhizal infection and phosphorus supply before and during drought. *J.Exp. Bot.* 39:595-603.
- Gharineh, M. H., H. Nadian, G. Fathi, A. Siadat, and B. Maadi 2009. Role of arbuscular mycorrhizae in development of salt-tolerance of *Trifolium alexandrinum* plants under salinity stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(3-4):432-437.
- Gildon, A. and P.B.Tinker, 1983. Interaction of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza infection and heavy metals in plants. I. The effect of heavy metals on the development of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. *New Phytol.*, 95:247-261.
- Güneş, A., A.İnal, M.Alpaslan and M.Aktaş 1995. Effect of salinity stress on stomatal resistance, proline, chlorophyll and mineral composition of potato (*Solanum tuberosum* L.) soil fertility and fertilizer management, 9th International Symp.of CIEC. 25-30 September, Kuşadası, Türkiye.
- Hadjipanayiotau, M. and S.Economides 2001. Chemical composition in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. *Agricultural Research Ins. Cyprus*.
- Kaya, C., M. Asraf, O. Sönmez, S. Aydemir, A. L. Tuna ve M. A. Cullu 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae*, 121:1-6.
- Khalvati, M.A., 2005. Quantification of water uptake of hyphae contributing to barley subjected to drought conditions, Technische Universität München. 83p. (Basılmamış Doktora Tezi)
- Linderman, R.G., 1988. VA (Vesicular- Arbuscular) Mycorrhizal symbiosis. *ISI Atlas of Science , Animal and Plant Sciences Section*, 1:183-188.
- Murkute, A. A., S.Sharma and S.K.Singh 2006. Studies on salt stress tolerance of *Citrus* rootstock genotypes with arbuscular mycorrhizal fungi. *Horticultural Science* 33:70-76.
- Munns, R 2005. Genes and salt tolerance: Bringing them together. *New Phytol.* 167:645-663.
- Nye, P. H. and P. B. Tinker 1977. Solute movement in the soil-root system. University of California Press. Berkeley.
- Poljakoff-Mayber, A. and J.Gale, 1975. *Plants in Saline Environments*, Springer-Verlag, Berlin.
- Rao, G.G. and G.R.Rao, 1981. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeonpea (*Cajanus indicum* spreng) and gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. *Indian J. Exp. Biol.* 19:768-770.
- Ruiz-Lozano, J. M., R. Azcón and M. Gómez 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physiol. Plant.*, 98:767-772.
- Schellenbaum, L. S., J. Muller, T. Boller, A. Wiemken ve H.Schuepp 1998. Effects of drought on mycorrhizal maize changes in the pools of non-structural carbohydrates, *New Phytology*. 138:66-69.
- Shokri, S. and B.Maadi 2009. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on the mineral nutrition and yield of *Trifolium alexandrinum* plants under salinity stress. *Journal of Agron.*, 8(2):79-83.
- Soldatini, G.F. and A.Giannini, 1985. The effect of water and salt stress on the fixation of ¹⁴CO₂ and on amino acid metabolism in seedlings of *Zea mays* L. *Agrochimica*:29,74.
- Turan, M.A., A.Hassan, A.Elkarim, N.Taban and S.Taban 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9):893-897.
- Yamato, M., S.Ikeda and K.Iwase 2008. Community of arbuscular mycorrhizal fungi in coastal vegetation on Okinawa Island and effect of the isolated fungi on growth of sorghum under salt-treated conditions. *Mycorrhiza* 18:241-249.
- Yücel, C. ve T.Yağbasanlar 2007. Buğday ve yabancı türlerinin beslenme ve verim yönünden mikorizaya bağlılığının araştırılması. Çukurova Üniv. Fen Bil.Enst. (Basılmamış Dr. Tezi). 164s. Adana.

