alatarım *2017, 16 (2): 28 - 36*

Kısıtlı Su ve Mikoriza Uygulamalarının Genç Kütdiken Limonunun Gelişimi Üzerine Etkileri

Teberdar ÇALIŞKAN[1] Ayhan AYDIN[1*] İbrahim ORTAŞ[2]
S. Metin SEZEN[3] Mirhan EKEN[4]

[1]Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Erdemli-Mersin
[2]Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Balcalı-Adana
[3]Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Balcalı-Adana
[4]Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü Mersin

Öz

Kütdiken limon çeşidinin genç bitkilerinde kısıtlı su ve mikoriza uygulamalarının bitki fizyolojisi, morfolojisi, bitkideki biyokimyasal değişimler ile bitki besin elementleri kapsamı üzerindeki etkilerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü cam seralarında üç yıl süreyle yürütülmüştür. Denemede kullanılabilir faydalı suyun üç farklı seviyesi (su tutma kapasitelerinin %100, %75, %50) ve mikoriza mantarı olarak bitki başına 1000 spor/bitki gelecek şekilde kokteyl (*Glomus mossea + G. clarium + G. calodenium + G. etunicatum+ G. fasiculatum)* kullanılmıştır. Her sulama seviyesi için mikorizalı ve normal yetiştirme harcı kullanılmış ve iki ayrı test uygulanmıştır.

Denemede suyun kısıtlanmasıyla, bitki boylarındaki gelişme genel anlamda azalarak devam etmiştir. Bitki çapında ise su kısıtlanmasının etkisi tersine olmuş, su seviyesi düştükçe genel olarak bitki çapları artmış ve %50 su seviyesi diğerlerinden en üst düzeyde gerçekleşmiştir. Su kısıtlandıkça yapraklardaki Bağıl Yaprak Oransal Su Kapsamı (BYOSK) oranı düşmüştür. Yaş gövde ağırlığında su seviyeleri ve mikoriza uygulaması etkili olmuş; normal yetiştirme uygulaması ve %100 su seviyesi diğerlerinden üstün bulunmuştur. Karbonhidrat içeriği su kısıtlandıkça artış göstermiş, bu parametreye hem su seviyesi hem de uygulamalar etkili olmuştur. Stoma sayısı üzerine hem su seviyeleri hem de uygulamalar etkili olmamıştır. Bitki besin elementleri kapsamı açısından azotta uygulamalar, fosforda uygulamalar ve su seviyeleri, potasyumda ise su seviyeleri arasında farklılıklar bulunmuştur. Kurağa dayanım açısından mikoriza uygulaması 16 günlük dayanım süresi ile daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu veriler ışığında mikorizanın stres koşullarında daha etkin çalıştığı ve bitkiyi strese karşı koruduğu belirlenmiş olup, mikorizanın kuraklığa dayanıklılık mekanizmasının çalışılması yararlı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kısıtlı sulama, kuraklık stresi, mikoriza aşılaması, Kütdiken limonu.

Effects of Aplication of Limited Water and Mycorrhiza on the Growth of Young Kütdiken Lemon Tree

Abstract

This study was carried out to determine the effect of limited water and mycorrhizal inoculation on plant physiology, chemical changes at plant and nutrient content of young Kütdiken lemon plants. The study was conducted in glasshouse at Alata Horticultural Research Institute for three years. Three utilized water levels (100%, 75% and 50% of water holding capacity) and cocktail mycorrhiza inoculums (*Glomus mossea + G. clarium + G. calodenium + G. etunicatum+ G. fasiculatum*) were used. Sterilized and non-sterilized growing media were prepared for each irrigation level. The experiment were planned to be applied two test.

Depending of the restriction of water, growth of plant weight decreased gradually in general. On the contrary, mycorrhiza application cause to increase at stem diameter and best result was obtained at 50% restricted water level. As decreasing the given water amount, leaf relative water capacity was decreased. In terms of fresh stem weight, both water levels and applications were found effective and regular growing was efficient than 100% water level. Carbohydrates were increased with lessening water. These results were affected by both water levels and mycorrhizal application. Neither water levels nor mycorrhizal application showed no effect on number of stomata. In terms of plant nutrients, while nitrogen was affected by mycorrhiza, phosphorus was affected by both water levels and applications. Decreasing water caused to increase in potassium content of leaf. As a result, in point of drought tolerance period, mycorrhizal infection gave the best result of 16 day at lowest water level. Consequently, it has been determined that mychorrhiza is more effective in stress conditions and it protects plant against the water stress. Further work need to be study to understand the mechanisms of water uptake by the mycorrhizae.

Key Words: Limited irrigation, drought stress, mycorrhizal inoculation, Kütdiken lemon.

*Sorumlu Yazar/Correspondence to: A. Aydın; ayhanaydin62@yahoo.com
Makalenin Türü: Araştırma
Geliş Tarihi/Received: 17.03.2017 Kabul Tarihi/Accepted: 22.11.2017 Category: Research

Giriş

Yoğun kentleşme ve hızla gelişen tarım, kıt bir kaynak olan suya gereksinimi daha da artırmakta; bu olgu da suyun kullanım ve bölüşülmesinde sorunlar çıkarmaktadır. Ayrıca artan küresel ısınma problemi ve olası iklim değişikliklerine bağlı olarak önümüzdeki dönemde suyun ekonomik kullanımı çok daha önemli olacaktır.

Diğer yandan artan gıda ihtiyacı, tarımsal üretimi su kaynakları açısından kıt olan daha marjinal alanlara kaydırmaktadır. Suyun az olduğu yerlerde ise kısıtlı su uygulamaları ekonomik açıdan çok önem kazanmaktadır. Günümüzde bilimsel çalışmalar genelde bitkilere topraktaki faydalı suyun değişik oranlarda azaltılarak uygulanması ve alınması ile bitkilerin kısıtlı sulama rejimleri altındaki tepkilerinin belirlenmesi ile mümkün olmaktadır. Bitkilerin kurağa dayanımlarının saptanmasında toprak su kapsamından çok, bitki su içeriğinin izlenmesi esas alınmakta ve özellikle bitki su noksanlığı, bitkideki suyun miktarı ve toplam su potansiyeli temel parametreleriyle belirlenmektedir (Kaynaş ve ark., 1999).

Bitki gelişiminin sürebileceği kritik su seviyesinin belirlenebilmesi ancak yaprak oransal su kapsamının bilinmesiyle mümkündür. Düşük yaprak su potansiyeline rağmen büyüme ve gelişmenin azda olsa gerçekleşmesi yaprak oransal su kapsamının devam etmesiyle açıklanmaktadır (Boyer, 1968).

Kısıtlı su uygulamaları ve kurağa dayanım çalışmalarında temel parametreler olan yaprak su potansiyeli (YSP) ve yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ile kuraklık stresinin belirlenmesinin diğer parametreleri olan sürgün büyümesi ve bitkilerin gövde çap gelişmesinin incelenmesi konusu da birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Kaynaş ve Eriş, 1997; Kaynaş ve ark., 1999).

Günümüzde doğadaki bitki topluluklarının %90'nından fazlasının kök yapıları karşılıklı simbiyotik yaşam şeklindedir ve özellikle mikoriza mantarlarının türleri ile infekte edilmişlerdir (Smith ve Read, 1997).

Birçok bahçe bitkisinin mikorizal bitkiler oldukları son yıllarda yapılan araştırmalarla ortaya konmuş; turunçgillerin bu bitkilerin başında yer aldıkları da çok sayıda araştırma bulgusuyla desteklenmiştir (Ortas, 2008; Ortas ve Varma, 2007). Diğer yandan birçok araştırma bulgusu mikoriza simbiyosisinin, bitkinin su alımını düzenlediğini göstermektedir.

Su stresi çoğu bölgede büyümeyi sınırlayıcı önemli bir faktör olması nedeniyle mikorizanın su stresine karşı bitkiyi koruduğu rapor edilmiştir (Ortaş, 1998). Suyun sınırlı olduğu alanlarda derinlere kök salamayan bitkilerde mikoriza hiflerinin su taşınmasında çok önemli olduğu; arbüsküler mikoriza infeksiyonunun bitki köklerinin su alım ve üst organlara taşıma kapasitesini arttırdığı bildirilmiştir (Safir ve ark., 1972; Marshner, 1995).

Bu çalışmada, sera koşullarında mikorizalı ve mikorizasız olarak yetiştirilen turunçgil anaç fidanlarında karbonhidrat seviyelerine bakılmış; düşük fosfor içeren topraklarda mikoriza ile inokule edilmiş fidanlar daha uzun ve daha ağır olmuşlar ve bunların yapraklarının inokule edilmemiş kontrole göre daha fazla toplam şeker, indirgen şeker, nişasta ve yapısal olmayan toplam karbonhidrat içerdikleri tespit edilmiştir (Nemec ve Guy, 1982). Ortas ve ark. (2002a ve 2002b) mikoriza mantarının turunçgil bitkilerinin gelişimini önemli ölçüde arttırdığını rapor etmiştir. Turunçgil bitkileri mutlak mikorizaya bağımlı oldukları için (Ortas, 2008), mikorizanın bitki su alımı üzerindeki etkisinin çalışılması ekonomik ve ekolojik bakımdan önemli görülmektedir.

Literatürde mikorizal bahçe bitkilerinin başında gösterilen turunçgillerden limonda Kütdiken çeşidinde, kısıtlı su ve mikoriza uygulamalarının, bitki fizyolojisi ve morfolojisi ile bitkideki karbonhidrat ve bitki besin elementleri kapsamı üzerinde yapacağı muhtemel değişiklikler saptanmaya çalışılmıştır. Bu anlamda çalışmanın amacı, turunçgil bitkisinin mikoriza aşılaması koşullarında değişik su rejimlerine olan tepkisinin belirlenmesidir.

Materyal ve Metot

Deneme 2003–2005 yılları arasında Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünde, havalandırma ve gölgelendirme yapılabilen cam serada yürütülmüştür. Denemenin materyalini turunç (*Citrus aurantium L.*) üzerine aşılı bir yaşlı Kütdiken limonunun fidanları oluşturmuştur.

Turunç tohumları sterilize edilmiş kum ortama ekilmiş; elde edilen çöğürler 8-10 litrelik saksılara, özel hazırlanmış harca dikilmişlerdir. Yetiştirme ortamı olarak Hartman ve Kester (1974) tarafından önerilen temel saksı harcı kullanılmıştır. Hazırlanan yetiştirme harcının yarısı sterilize edilmiş ve turunç fidelerine bitki başına 1000 spor/bitki gelecek şekilde mikoriza uygulanmıştır. Mikoriza uygulaması olarak Kokteyl (*Glomus mossea + G. clarium + G. calodenium + G. etunicatum+ G. fasiculatum)* kullanılmıştır. Her sulama seviyesi için mikorizalı ve sterilize edilmemiş normal yetiştirme harcı kullanılmıştır. Turunç çöğürleri faydalı su seviyesinde sulanarak bakıma alınmış ve mart ayında aşılanmışlardır. Aşılı fidanlar ertesi yılın haziran ayına kadar faydalı su seviyesinde eşit oranda sulanmış; deneme gölgelendirme, havalandırma ve nemlendirme yapılabilen cam serada haziran ayı ortasında başlatılmıştır.

Hazırlanan harç karışımının tarla kapasitesi %20.55, solma noktası %16.05 olarak belirlenmiştir. Denemede, tarla kapasitesi ile solma noktası arasında çalışılmış ve bitkiler deneme süresince kullanılabilir faydalı suyun %100, %75 ve %50 seviyeleri düzeyinde sulanmışlardır. Test süresince bitkilere verilecek su miktarları buharlaşma babından (Klas A Pan) günlük buharlaşma ile kayıp olan su miktarı hesaplanarak bulunmuştur.

Deneme iki ayrı test yapılacak şekilde planlanmış; test-1'de fizyolojik ve morfolojik değişimler ile karbonhidrat ve bitki besin elementleri kapsamı; test-2'de ise kurağa dayanım süreleri incelenmiştir.

Bitki boyu, bitki çapı ve bağıl yaprak oransal su kapsamını (BYOSK) belirlemek üzere suyun kısıtlanmaya başlanmasıyla birlikte 10 gün aralıklarla ölçümler alınmıştır. BYOSK için yaprak örnekleri tüm dönemler için saat $16^{\underline{00}}$'da her yineleme için 3 yaprak olacak şekilde alınmıştır. Elde edilen değerler Öztürk ve ark. (1998)'a göre hesaplanmıştır.

Yaprak alanı deneme sonunda kesilen bitkilerin yıllık sürgünlerindeki bütün yaprakların yaprak alanı ölçer alet ile ölçülmesiyle toplam yaprak alanı olarak, cm^2 cinsinden saptanmıştır.

Stoma sayıları ağ mikrometresi olan mikroskopta sayılarak adet/mm^2 olarak bulunmuştur. Gövde yaş ağırlığı deneme sonunda bitkiler toprak seviyesinden kesilerek bütün toprak üstü aksamı tartılarak; kök yaş ağırlığı aynı şekilde deneme sonunda toprak seviyesinden kesilen bitkilerin suyla yıkanıp temizlenen köklerinin kurutma kâğıdıyla kurulandıktan sonra tartılmasıyla g olarak saptanmıştır.

% İnfekte kök oranında, mikoriza sayımı yapılacak olan bitki köklerinin temizlenmesi ve izolasyonu Ortaş ve ark. (1994), boyama işlemi Koske ve Gemma (1989) ve mikorizanın kolonizasyon yoğunluğunun tespit edilmesi Giveannatti ve Mosse (1980)'ye göre yapılmıştır.

Karbonhidrat Düzeyi

Karbonhidratlar, deneme sonunda bir defa alınan yaprak örneklerinde incelenmiştir. Yaprak örneği olarak yıllık sürgündeki gelişimini tamamlamış, sürgünün alttan 3. ve 4. yaprakları alınmıştır. Bu çalışmada karbonhidratlardan toplam şeker ve nişasta incelenmiştir. Yaprakların % toplam şeker ve % nişasta içerikleri Kaplankıran (1984) tarafından değiştirilen anthron yöntemine göre spektofotometrede 600 nm dalga boyunda saptanmıştır.

Bitki Besin Elementleri İçeriği

Bitki besin elementlerinden azot, kurutulup öğütülen yaprak örneklerinde modifiye edilmiş Kjheldahl yöntemine göre (Kacar, 1972), Fosfor, Vanadamolibdo sarı renk metodu ile spektrofotometrede (Chapman ve Pratt, 1961), potasyum ise, yaş yakma ile elde edilen ekstrakta atomik absorbsiyon spektrofotometresi ile saptanmıştır (Chapman ve Pratt, 1961; Kacar, 1972).

Kurağa Dayanım Testi

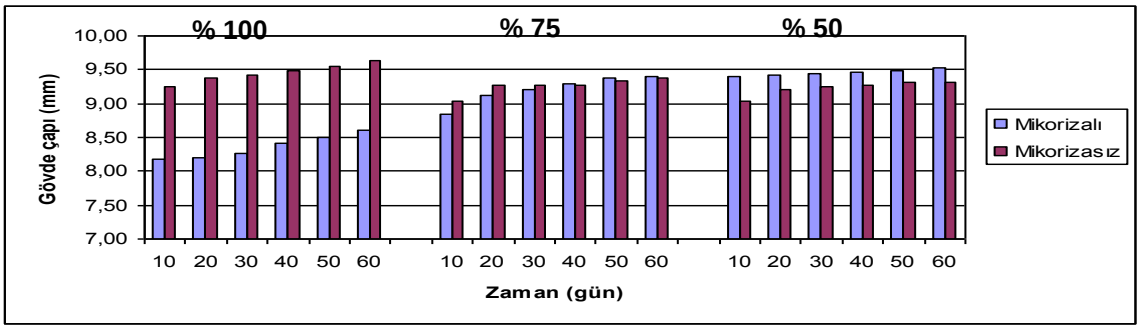
Test-1'deki şekilde hazırlanan bitkiler önce faydalı su seviyesinde sulanmış ve test başlangıcıyla birlikte Temmuz ayı ortasına kadar %100, %75 ve %50 su seviyesinde sulanmışlardır. Temmuz ayı ortasında bitkiler tamamen susuz bırakılmış; deneme her bir su seviyesi için bitkiler strese girene kadar sürdürülmüş ve yaprakların %75'nin solduğu dönem stres başlangıcı kabul edilmiştir. Testte bitkilerin gün olarak susuzluğa dayanım süreleri tespit edilmiştir.

Deneme Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre üç tekrarlamalı ve test-1'de her tekrarlamada 5, test-2'de ise her tekrarlamada 3 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Elde edilen veriler COSTAT paket programında değerlendirilmiş, Duncan testi uygulanarak farklılıklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Farklı Düzeylerde Verilen Su ve Mikoriza Uygulamalarının Kütdiken Limonunda Bitki Morfolojisi ve Fizyolojisi Üzerindeki Etkileri

Bitki gelişme özellikleri üzerine etkilerini belirlemek üzere suyun kısıtlanmaya başlanmasıyla birlikte 10 gün aralıklarla ölçümler alınmış ve zamana bağlı olarak değişimler izlenerek, değerler Şekil 1 ve Çizelge 1'de verilmiştir. Suyun kısıtlanmasıyla, bitkilerde büyümenin yavaşlaması tespit edilen ilk fenolojik gözlem olmuştur. Bitkilere verilen su seviyesi azaldıkça bitki büyümesinin azaldığı ve zamana bağlı olarak durduğu gözlenmiştir. %50 su seviyesinde büyümenin durması daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 1. Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının, kütdiken limonunda gövde çapına etkisi

Çizelge 1. Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının kütdiken limonunda bitki boyu, bitki çapı, bağıl yaprak oransal su kapsamı ve yaprak alanı üzerine etkisi

Parametre	Su Seviyesi	Uygulamalar		Ortalama
		Mikorizalı Uygulama	Normal Uygulama	
Bitki Boyu (cm)	100	157.47±7.77	175.53±8.95	166.50 **a**
	75	153.73±2.00	163.27±8.95	158.50 **a**
	50	130.00±6.24	143.07±1.78	136.53 **b**
	Ortalama	**147.07 b**	**160.62 a**	
	LSD %1(su seviyesi) = 0.32		LSD%1(uygulama) = 8.62	
Gövde Çapı (mm)	%100	8.37±1.78	9.12±0.06	**8.75 b**
	%75	8.97±0.25	9.07±0.26	**9.02 ab**
	%50	9.45±0.15	8.87±0.19	**9.16 a**
	Ortalama	**8.93**	**9.02**	
	LSD %1(su seviyesi) = 0.32		LSD %1(uygulama)=Ö.D	
Bağıl Yaprak Oransal Su Kapsamı (%)	%100	89.74±0.19	87.04±0.59	**88.39 a**
	%75	76.68±0.19	78.62±1.25	**77.65 b**
	%50	71.55±0.59	65.86 ±4.24	**68.71 c**
	Ortalama	**79.32**	**77.18**	
	LSD %1(su seviyesi)= 5.89		LSD %1(uygulama)= Ö.D	
Yaprak Alanı (cm^2)	%100	4939.45 ±801.06	3294.66±264.02	**4117.05 a**
	%75	3112.66±619.61	2781.12±329.37	**2946.89 b**
	%50	1961.58±795.03	2017.8±116.487	**1989.72 b**
	Ortalama	**3337.90**	**2697.88**	
	LSD%1(su seviyesi)= 979.11		LSD %1(uygulama)= Ö.D.	

Bitki boyuna hem uygulamalar hem de su seviyeleri etkili olmuştur. Normal uygulamada bitkiler mikorizalı uygulamaya göre daha boylu olmuşlardır. Su seviyelerinden %50 su

seviyesinde 136.53 cm ortalama bitki boyu ile en az gelişme sağlanmıştır.

Gövde çap gelişiminde uygulamalar arasında istatistikî anlamda farklılık tespit edilmemiştir. Ancak gövde çap gelişimlerinin zamana bağlı değişiminde Şekil 1'de görüldüğü gibi mikoriza uygulamasında tersine bir gelişme olmuş ve bitki çapı su kısıtlandıkça artmıştır. Su seviyeleri arasında farklılık bulunmuş, %50 su seviyesinde en kalın gövde elde edilmiştir.

Stres koşullarında bitkide gövde çap gelişiminin kuraklığın şiddetine ve süresine bağlı olarak yavaşladığı, hatta durduğu bildirilmesine (Kaynaş ve Eriş, 1997; Kaynaş ve ark.,1999) karşın, bu sonuç mikoriza uygulanması durumunda mikorizanın stres koşullarında daha etkin çalıştığını, bitkileri su stresine karşı koruduğunu göstermiştir.Denemede bitkilere verilen su miktarı ile yapraklardaki Bağıl Yaprak Oransal Su Kapsamı arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bitkilere verilen su kısıtlandıkça yapraklardaki BYOSK azalmıştır. BYOSK zamanla azalmış ve en fazla azalma %50 su seviyesinde görülmüştür Bu parametreye uygulamalar etkili olmamış, denenen üç su seviyesi de ayrı gruplarda yer almıştır.

Denemde yaprak alanı üzerine uygulamaların herhangi bir etkisi görülmemiştir. Yaprak alanı ile bitkilere verilen su miktarı arasında da doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiş; su kısıtlandıkça yaprak alanı azalmıştır. Su seviyeleri yaprak alanı üzerine etkili olmuş ve %100 sulama düzeyi belirgin olarak diğerlerinden farklı bulunmuştur. %75 ve %50 su seviyeleri aynı grupta yer almışlardır. Bu sonuç su kısıtlanması halinde asimilasyon yüzeyinin azaldığını göstermektedir.

Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının kütdiken limonunda stoma sayısı, gövde yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve infekte kök oranına etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Stoma sayısı üzerine hem su seviyeleri hem de uygulamalar etki etmemiştir. Bitki bünyesindeki su kaybının çok büyük bir kısmının stomalar yoluyla olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada bitkideki su kaybında stoma sayılarının etkisi görülmemiştir.

Çizelge 2. Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının kütdiken limonunda stoma sayısı, gövde yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve infekte kök oranına etkisi.

Parametre	Su Seviyesi	Uygulamalar		Ortalama
		Mikorizalı Uygulama	Normal Uygulama	
Stoma Sayısı (adet/mm^2)	%100	397.67±20.26	335.00±34.66	**366.33**
	%75	420.67±44.50	390.67±30.02	**405.67**
	%50	397.33±3.21	406.67±9.71	**402.00**
	Ortalama	**405.22**	**377.44**	
	LSD %1(su seviyesi)= Ö.D.		LSD %1 (uygulama)= Ö.D.	
Gövde Yaş Ağırlığı (g)	%100	159.97±11.20	192.16±22.96	**176.07 a**
	%75	141.95±12.27	174.44±22.96	**158.19 ab**
	%50	137.23±6.67	149.31±10.84	**143.27 b**
	Ortalama	**146.38 b**	**171.97 a**	
	LSD %1(su seviyesi)= 26.91		LSD %1 (uygulama)= 21.97	
Kök Yaş Ağırlığı (g)	%100	65.17±1.82	72.70±14.24	**68.93 a**
	%75	51.74±4.93	53.26±2.02	**52.50 b**
	%50	66.96±5.00	54.25±12.83	**60.61 ab**
	Ortalama	**61.29**	**60.07**	
	LSD %1(su seviyesi)= 14.83		LSD %1(uygulama)= Ö.D.	
İnfekte Kök Oranı (%)	%100	57.22 ±9.14	35.23±4.49	**46.23**
	%75	69.21±13.70	44.86±5.44	**57.04**
	%50	68.89±13.44	44.61±7.43	**56.75**
	Ortalama	**65.10 a**	**41.57 b**	
	LSD %1(su seviyesi)= Ö.D.		LSD %1(uygulama)= 13.87	

Yaş gövde ağırlığına hem uygulamalar hem de su seviyeleri etkili olmuş, normal uygulama mikorizalı uygulamaya göre daha ağır gövdeler oluşturmuştur. Su seviyelerinden %100 su

seviyesi doğal olarak en etkili seviye olmuştur. Diğer iki su seviyesinden %75 düzeyi ara grupta yer almış, en az gövde yaş ağırlığı %50 su seviyesinde elde edilmiştir. Bu sonuçlar su kısıtlanması halinde gövdede gelişmenin azaldığı sonucunu bir kez daha doğrulamaktadır.

Uygulamaların kök yaş ağırlığı üzerinde pek etkili olmadığı görülmüştür. Ancak istatistik olarak önemli çıkmamakla birlikte, mikoriza uygulamasında su kısıtlandıkça kök ağırlığında artış görülmüştür. Sonuçlar, mikorizanın stres koşullarında etkili çalıştığını ve kök gelişiminde etkili olduğunu göstermektedir. Uygulanan su seviyeleri yaş kök ağırlığı üzerine etkili olmuş ve %100 su seviyesinin en etkili sulama düzeyi olduğu belirlenmiştir. %50 su seviyesi ikinci grupta yer almıştır. Stres koşullarında, mikorizanın da etkisiyle bitkilerin daha fazla kök gelişimi sağladıkları söylenebilir.

Mikoriza aşılamasında bitki kök infeskiyon yüzdesi kontrole göre yüksek oranda gerçekleşmiştir. Denemede kullanılan normal yetiştirme ortamı steril edilmediği için ortamdaki doğal mikoriza %40'a varan oranda bir kök infeskiyonu sağlamıştır. İnfekte kök oranı üzerine su seviyelerinin etkisi istatistik olarak önemli çıkmamasına karşın; azalan su stresi ile özellikle de mikoriza ile aşılanan bitkilerin % kök infeskisyonunun artığı görülmüştür. Araştırma bulguları bu anlamda önemli olup denemenin yinelenmesi ve benzer çalışmalar ile sonuçların genelleştirilmesi gerekir.

Farklı Düzeylerde Verilen Su ve Mikoriza Uygulamalarının Kütdiken Limonunda Karbonhidrat Düzeyine Etkileri

Denemede karbonhidratlardan toplam şeker ve nişastaya bakılmıştır. Karbonhidratlardan toplam şeker düzeyine hem uygulamalar, hem de su seviyeleri etkili olmuştur. Uygulamalardan normal uygulama mikorizalı uygulamaya göre belirgin olarak öne çıkmış ve bitkideki toplam şeker oranı daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak su kısıtlandıkça bitkideki toplam şeker oranı da yükselmiştir. Uygulanan üç su seviyesi de ayrı gruplarda yer almış ve %50 su seviyesinde en yüksek toplam şeker düzeyi elde edilmiştir (Çizelge 3).

Karbonhidratlardan nişasta düzeyine hem uygulamalar, hem de su seviyeleri etkili olmuştur. Uygulamalardan normal uygulama mikorizalı uygulamaya göre belirgin olarak öne çıkmış ve bitkideki nişasta oranı daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 3. Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının kütdiken limonunda karbonhidrat düzeyine etkisi

Parametre	Su Seviyesi	Uygulamalar		Ortalama
		Mikorizalı Uygulama	Normal Uygulama	
Toplam Şeker (%)	%100	3.65 ±0.13	5.35±0.30	**4.50 b**
	%75	4.49±0.18	5.69±0.37	**5.09 ab**
	%50	4.81±0.83	6.67 ±0.40	**5.74 a**
	Ortalama	**4.32 b**	**5.90 a**	
	LSD %1(su seviyesi)= 0.76		LSD %1(uygulama)= 0.62	
Nişasta (%)	%100	7.55±0.19	10.07±0.26	**8.81 b**
	%75	8.23±0.48	10.00±0.27	**9.12 ab**
	%50	8.78±0.47	10.21±0.99	**9.50 a**
	Ortalama	**8.19 b**	**10.09 a**	
	LSD %5(su seviyesi)= 0.65		LSD %5 (uygulama)= 0.53	

Serada mikoriza inokule edilmiş turunçgil anaçlarının inokule edilmemiş kontrole göre daha fazla toplam şeker, indirgen şeker, nişasta ve yapısal olmayan toplam karbonhidrat içermeleri (Nemec ve Guy, 1982), çalışma materyalinin ve yönteminin farklı olmasıyla açıklanabilmektedir. Genel olarak su kısıtlandıkça bitkideki nişasta oranı da yükselmiştir. Uygulanan üç su seviyesi de ayrı gruplarda yer almış ve %50 su seviyesinde en yüksek nişasta düzeyi elde edilmiştir.

Farklı Düzeylerde Verilen Su ve Mikoriza Uygulamalarının Kütdiken Limonunda Bitki Besin Elementleri Kapsamına Etkisi

Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının kütdiken limonunda bitki besin elementleri kapsamına etkisi Çizelge 4'de

verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi mikoriza uygulanan bitkilerin azot kapsamları daha yüksek olmuştur. En yüksek azot kapsamı %100 su uygulaması yapılan mikoriza uygulanmış bitkilerden elde edilirken, en düşük azot kapsamı %100 su uygulaması yapılan normal uygulamadan elde edilmiştir.

Çizelge 4. Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının kütdiken limonunda bitki besin elementleri kapsamına etkisi

Parametre	Su Seviyesi	Uygulamalar		Ortalama
		Mikorizalı Uygulama	Normal Uygulama	
Azot (%)	%100	2.59±0.20	2.23±0.12	**2.41**
	%75	2.52±0.07	2.27±0.12	**2.40**
	%50	2.47±0.07	2.51±0.18	**2.49**
	Ortalama	**2.53 a**	**2.34 b**	
	LSD %1(su seviyesi)=Ö.D.		LSD %5(uygulama)= 0.14	
Fosfor (%)	%100	0.11±0.00	0.14±0.01	**0.127 ab**
	%75	0.11±0.01	0.13±0.01	**0.120 b**
	%50	0.13±0.01	0.13±0.00	**0.132 a**
	Ortalama	**0.12 b**	**0.13 a**	
	LSD %1(su seviyesi)=0.01		LSD %1(uygulama)= 0.01	
Potasyum (%)	%100	1.09±0.03	1.27±0.16	**1.18 b**
	%75	1.20±0.02	1.31±0.16	**1.25 ab**
	%50	1.32±0.02	1.28±0.07	**1.30 a**
	Ortalama	**1.20**	**1.29**	
	LSD %5(su seviyesi)= 0.11		LSD %1 (uygulama)= Ö.D	

Uygulamalar ve su seviyelerinin bitkilerin P kapsamlarına etkileri istatistiki olarak önemli bulunmasına karşın (Çizelge 4), bitki dokularındaki % P içeriği kritik değer olan %0.20 değerinin altında ölçülmüştür. Normal uygulamadaki bitki P kapsamları daha yüksek olurken; mikoriza uygulamasında en yüksek P kapsamı stresin daha fazla olduğu %50 su seviyesinden elde edilmiştir. Safir ve ark. (1972) mikorizalı turunçgil fidanlarının su stresine daha az hassasiyet gösterdiklerini belirtirken, özellikle verimliliği düşük topraklarda bitki besin maddesi alımının artması nedeniyle daha hızlı geliştiklerini ve sağlıklı göründükleri belirtilmiştir (Ortas ve ark. 2002a ve 2002b).

Genelde mikorizalı bitkilerin K konsantrasyonu mikorizasız bitkilerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Bethlenfalvay ve ark. (1989)'a göre mikoriza türleri arasında *Glomus mossea*'nın potasyumu daha iyi değerlendirdiğini belirtmiştir. Fakat vesiküler arbüsküler mikorizaya oranla ektomikorizalı bitkilerin K'u daha iyi değerlendirdiği bilinmektedir. Potasyumun topraktaki mobilizasyonu P'dan daha hızlı olduğu için direk alımından çok P beslenmesine bağlı bir artış olabileceği tahmin edilmektedir. Deneysel araştırmalarda K noksanlığı olan topraklarda mikoriza hiflerinin K alımını artırdıkları belirlenmiştir (Sieverding ve Toro, 1988). Morte ve ark., (2000) mikorizalı bitkilerin mikorizasız bitkilere göre daha dayanıklı olduğunu ve dokularında daha fazla K bulundurduğunu; mikorizalı bitkilerin daha fazla su iletimine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Kurağa Dayanım Testi

Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamasının genç Kütdiken limonu bitkilerinde kurağa dayanım üzerindeki etkileri Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde genel olarak su kısıtlandığında kurağa dayanımın arttığı izlenecektir. Ancak mikoriza uygulamasında kurağa dayanımın daha fazla olduğu görülmektedir. Mikoriza uygulaması ve %50 su seviyesi 16 günlük dayanım süresi ile en uzun dayanım süresini göstermiştir.

Çizelge 5. Farklı düzeylerde verilen su ve mikoriza uygulamalarının kütdiken limonu bitkilerinde kuraklığa dayanım sürelerine etkisi (gün)

Su Seviyesi	Dayanım Süresi (Gün)	
	Mikorizalı Uygulama	Normal Uygulama
%100	12	9
%75	12	10
%50	16	12

Araştırma bulguları kısıtlı su stresi koşullarında mikoriza aşılamasının bitkinin kök infeksiyonunu artırdığı gibi bitkinin gövde çapını artırarak su stresine karşı dayanıklılığını artırdığı görülmüştür. Literatürde mikoriza aşılamasının bitkiyi stres faktörlerine karşı koruduğu veya bitkinin fosfor alımını artırdığı konusunda yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Davis ve arkadaşları AMF (Arbusculer Mychoriza Fungi) aşılamasının bitkinin su alımını artırdığı ve kuraklığa karşı bitkiyi koruduğunu rapor etmişlerdir (Davies ve ark.,1992; 1993; 2002). Koide (1985) ayçiçeği bitkisinde mikorizanın su iletimini ve yaprak direncini artırarak kuraklık stresini azaltmaya çalıştığını belirtmiştir. Mevcut araştırmada da mikoriza aşılamasının bitkiyi stres koşullarında mikorizasız bitkilere karşı koruduğu görülmektedir.

Araştırma bulguları, su stresine karşı mikorizanın bitkiye dayanaklık kazandırdığını göstermiştir. Mevcut araştırmada da bitkinin su stresine dayanıklılığında, turunçgil bitkilerinin mikoriza ile aşılanmasının normal koşullara kıyasla etkili olduğu görülmüştür. Mikorizanın su alım mekanizmasının ileriye yönelik olarak derinlemesine araştırılması yararlı olacaktır.

Kaynaklar

Allen, M.F., Sexton, J.C., Moore, T.S. Jr., Christensen, M., 1981. Influence of Phosphate Source on VAM of *Bouteloua gracilis*. New Phytologist 87, 687-694.

Bethlenfalvay, G.J., Franson, R.L., Brown, M.S., Mihara, K.L., 1989. The Glicie-Glomus-Bradyrhizobium Symbiosis. IX. Nutritional, Morphological and Physiological Responses of Nodulated Soybean to Geographic Isolates of the Mycorrhizal Fungus *Glomus mosseae*. Physiol. Plants., 76, 226-232.

Boyer, J.S., 1968. Relationship of Water Potential to Growth of Leaves. Plant Physiology, 43: 1056-1062.

Chapman, H.D., Pratt, D.F., 1961. Methods of Analysis for Soil, Plant and Matters. University of California Division of Agricultural Sciences.

Davies,, F.T. Jr., Potter., J.R, Linderman, R.G., (1992). Mycorrhiza and Repeated Drought Exposure Affect Drought Resistance and Extraradical Hyphae Development of Pepper Plants Independent of Plant Size and Nutrient Content. J. Plant Physiol., 139:289–294.

Davies,, F.T. Jr., Potter., J.R, Linderman, R.G., 1993. Drought Resistance of Mycorrhizal Pepper Plants Independent of Leaf P Concentration-Response in Gas Exchange and Water Relations. Physiol. Plant 87:45–53.

Davies, F.T. Jr., Olalde-Portugal, V., Aguilera-Gomez, L., Alvarado, M.J., Ferrera-Cerrato, R.C., Boutton, T.W., 2002. Alleviation of Drought Stress of Chile Ancho Pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis) with Arbuscular Mycorrhiza Indigenous to Mexico. Sci Hortic 92:347–359.

Giovannetti, M., Mosse, B., 1980. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in Roots. New Phytologist 84, 489-500.

Hartman, H.T., Kester, D.E., 1974. Plant Propagation, Principles and Practices (Çev. N. Kaşka ve M. Yılmaz). Ç.Ü Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 52. s 31. Adana.

Kaplankıran, M., 1984. Bazı Turunçgil Anaçlarının Doğal Hormon Karbonhidrat ve Bitki Besin Madde Düzeyleri ile Büyümeleri Arasındaki İlişkiler Üzerinde Araştırmalar. Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Yayınlanmamış Doktora Tezi. Adana.

Kaynaş, N,. Eriş, A., 1997. Nektarin Çeşitlerinde Kuraklığın Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişimler Üzerine Etkileri. Bahçe, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26(1-2):13-20. Yalova

Kaynaş, N., Kaynaş, K., Erbil, Y., 1999. Farklı Erik Anaç ve Çeşitlerinin Kurağa dayanımları Üzerinde Araştırmalar-1. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayın No:15. Yalova.

Koide, R., 1985. The Effect of VA Mycorrhizal Infection and Phosphorus Status on Sunflower Hydraulic and Stomata Properties. J. Exp. Bot., 36:1087-1098.

Koske, R.E., Gemma, J.N., 1989. A Modified Procedure for Staining Root To Detect VAM. Mycological Research, 92, 486-505.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.

Marschner, H., Dell, B., 1994. Nutrient Uptake in Mycorrhizal Symbiosis. Plant and Soil (Netherlands), 159, 11-25.

Morte, A., Loviolo, C., Schubert, A., 2000. Effect of Drought Treatments on Growth and Water Relation of the Mycorrhizal Association. Helianthemum Almerien e-Terfezia Claveryi. 10. 115–119.

Nemec, S., Guy, G., 1982. Carbohydrate Status of Mycorrhizal and Nonmycorrhizal Citrus Rootstocks. Jurnal of American Society for Horticultural Sciene. 107(2):177.

Ortas, I., 2008. Field Trials on Mycorrhizal Inoculation In the Eastern Mediterranean Horticultural Region. In. Mycorrhiza Works. F. Feldmann, Y. Kapulnik, J. Baar (Eds.) Hannover, Germany. Pp 56-77.

Ortas, I, Ortakci, D., Kaya, Z., 2002a. Various Mycorrhizal Fungi Propagated on Different Hosts Have Different Effect on Citrus Growth and Nutrient Uptake. Commun Soil Sci Plan. 33(1-2):259-272.

Ortas, I; Ortakci, D.; Kaya, Z.; Cinar, A.; Onelge N. 2002b. Mycorrhizal Dependency of Sour Orange in Relation to Phosphorus and Zinc Nutrition. Journal of Plant Nutrition. 25(6):1263-1279.

Ortas, I., Varma, A., 2007. Field Trials of Bioinoculants. Chapter 26. In: Modern Tools and Techniques. (eds. Oelmüller R and Varma A) Springer-Verlag , Germany 11: 397-413.

Ortaş, İ, Harris, P.J., Rowell, D.L., 1994. The Effect of Different Forms and Rates of Nitrogen and Rates of Phosphorous Fertiliser on Rhizosphere pH and P Uptake in Myorrhizal and Non-Mycorrhizal Sorghum Plant. Ph.D. Thesis, University of Reading, UK.

Ortaş, İ., 1998. Toprak ve Bitkilerde Mikoriza. Workshop. Ç.Ü.Ziraat Fak. Toprak Bölümü, 20-22 Mayıs 1998, Adana.

Öztürk, L., Vural, F., Alkan, A., Özdemir, A., Özus, İ,. Çakmak, İ., 1998. Çinko Uygulaması ve Kuraklık Stresinin Farklı Buğday Genotiplerinde Antioksidatif Savunma Sistemlerine Etkisi. 1. Ulusal Çinko Kongresi, 805-813. Adana.

Safir, G.R., Boyer, J.S., Gerdemann, J.W., 1972. Nutrient Status and Mycorrhizal Enhancement of Water Transport in Soybean. Plant Physiology, 49:700-703.

Sieverding, E., Toro, S., 1988. Influence of Soil Water Regime on VA Mycorrhiza. V. Performance of Different VAM Fungal Species with Cassava. Journal of Agronomy and Crop Science, 161, 322–332.

Smith, S.E., John, B.L., Smith, F.A., Nicholas, D.J.D., 1985. Activity of Glutamine Synthesis and Glutamate Dehydrogenises in *Trifolium subterraneum* L. and *Allium cepa* L. Effects of Mycorrhizal Infection and P Nutrition. New Phytologist, 99, 211-227.

Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Second Edition. Academic Press. London.

Smith, S.E., Robson, A., Abbott, L.K., 1992. The Involvement of Mycorrhizas in Assessment of Genetically Dependent Efficiency of Nutrient Uptake and Use. Plant and Soil, 146, 169-179.