

Yeşim KARDÜZ  
Yüksel TÜZEL  
Gölgen Bahar ÖZTEKİN

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri  
Bölümü, 35100 İzmir /Türkiye  
e-posta:yuksel.tuzel@ege.edu.tr

## Kapilar Sistemde Salata-Marul Yetiştiriciliğinde Mikoriza Uygulaması

Mycorrhiza Application in Lettuce Growing at Subirrigated  
Systems

Alınış (Received): 25.08.2014

Kabul tarihi (Accepted): 16.03.2015

### Anahtar Sözcükler:

Topraksız tarım, Auto-pot, *Glomus* spp.,  
hindistan cevizi torfu, perlit, klinoptilolit

### Key Words:

Soilles culture, Auto-pot, *Glomus* spp.,  
cocopeat, perlite, klinoptilolite

### ÖZET

**K**apilar sistemler, besin çözeltilisinin bitkiye alttan verildiği sistemler olup; kapalı sistemler olması, su ve gübre tasarrufu sağlaması, besin çözeltilisinin dezenfeksiyon gereğini ortadan kaldırması, diğer topraksız tarım sistemlerine göre ucuz olması gibi önemli avantajları nedeniyle gelecek için umut verici uygulamalardır. Ancak ortamda tuz birikimi riski gibi olumsuzlukları da söz konusudur. Kapilar sistemlerde bitki köklerinin besin çözeltilisinden yararlanabilmesi ve tuz stresini tolere edebilmesi için iyi bir kök gelişimi gerekmektedir. Bu nedenle araştırmada kapilar sistemde bitki kök gelişimini arttırmak için endo-mikoriza (vesikular arbusküler mikoriza, VAM) kullanılmış (Mikorizalı: M(+), 250 kg/ha ve mikorizasız: M(-), Kontrol) ve farklı yetiştirme ortamlarında (perlit, klinoptilolit ve Hindistan cevizi torfu) marul (Yedikule, cv. Velvet) ve baş salata (Iceberg, cv. Bombola) yetiştiriciliğine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Denemede ticari olarak AutoPot olarak adlandırılan kapilar sistem kullanılmıştır. Uygulamaların bitki gelişimi, baş ağırlığı ve kalitesine etkileri saptanmıştır. Elde edilen bulgular, ortama mikoriza inokulasyonunun kullanılan ortamlara göre değişmekle beraber, kök mikoriza kolonizasyonunu arttırarak, bitki gelişimi ve verim değerlerini arttırdığını, yaprakların nitrat içeriğini azalttığını göstermiştir. Kullanılan çeşitler arasında önemli bir fark görülmezken, ortamlar arasında Hindistan cevizi torfu ölçülen tüm parametrelerde en yüksek değerlere sahip olarak ön plana çıkmıştır. Hindistan cevizi torfu + mikoriza inokulasyonunun kapilar sistemlerde salata-marul üretiminde başarılı şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir.

### ABSTRACT

**S**ubirrigation, where water is applied from bottom of the plant root zone and risen with capillary forces through substrate profile is one of the promising applications of soilless culture because of its important advantages such as it is closed system, saves water and fertilizer, causes no-runoff and not required any disinfection. However, the system has salinity risk in root zone. In order to be able to use nutrients in the nutrient solution and to tolerate salt stress in subirrigation system, roots should be well-grown. Hence, endo-mycorrhiza (vesicular arbuscular mycorrhiza, VAM) was used in this research and the effects of mycorrhiza (with mycorrhiza: M(+), 250 kg/ha, and without mycorrhiza: M(-), Control) inoculation on lettuce (Yedikule: cv. Velvet and Iceberg: cv. Bombola) growing in different substrates (perlite, cocopeat and klinoptilolite) was aimed. Subirrigation system which is commercially registered as Autopot was used as the growing system. The effects of treatments on plant growth, yield and quality were determined. Results obtained showed that mycorrhiza inoculation increased root colonization which varied by different substrates and promoted plant growth and yield; reduced leaf nitrate content. Although there were no significant differences among cultivars, cocopeat showed better performance in all measured parameters among tested substrates. It was concluded that lettuce can be grown successfully in subirrigated systems if as growing media cocopeat inoculated with mycorrhizal fungi.

## GİRİŞ

Akdeniz iklim kuşağı ülkelerinde, seralarda topraksız tarım uygulamaları özellikle metil bromit'in toprak dezenfeksiyonunda kullanımının yasaklanmasından sonra artış göstermeye başlamıştır. Ülkemizde ticari işletmelerde 1990'lı yıllarda uygulama alanı bulmaya başlayan topraksız tarım, yıllar içerisinde katlanarak artmakla birlikte, yine de günümüzde toplam sera alanlarımızın ancak %2'sinde kullanılmaktadır (Gül, 2013).

Topraksız tarım, toprağı devre dışında bırakan bitki yetiştirme sistemlerini kapsar. Bitkiler doğrudan besin çözeltisi içerisinde/sisinde (su kültürü) veya organik veya inorganik bir ortam içerisinde (ortam kültürü) yetiştirilebilir (Tüzel et al., 2004). Besin çözeltisinin uygulanış şekline göre de topraksız tarım sistemleri açık ve kapalı sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Açık sistemlerde bitkiye verilen besin çözeltisi drene olduktan sonra dışarı atılırken, kapalı sistemlerde bitkiye verilen besin çözeltisi drene olduktan sonra toplanarak dezenfekte edilir; EC ve pH'sı kontrol edilerek besin çözeltisi yada su ile tamamlandıktan sonra sisteme tekrar verilir (Gül, 2008). Kapalı sistemler dışarıya olan atığın az olması nedeniyle çevre dostudur ve su ve gübre tasarrufu sağlarlar, ancak drene olan besin eriğinin dezenfeksiyon gerekliliği ve besin çözeltisinin içerisindeki element dengesinin bozulma riski en önemli dezavantajlardır (Gül, 2008).

Kapılar sistemler, basit bir kapalı topraksız tarım uygulaması olup, besin çözeltisinin bitkiye alttan verildiği ve bitkilerin besin solüsyonunu kapilarite yoluyla aldığı sistemlerdir. Besin çözeltisi deposundan filtreden geçirilerek, kılcal borular yardımıyla alınan çözelti bitki kök bölgesinin altından bitkilere uygulanır. Bu amaçla bitki kök bölgesinin altında, saksı tabanına yerleştirilen şamandıra esaslı özel vanalar kullanılır (Meriç ve Öztekin, 2008).

Kapılar sistemler kapalı sistemler olması, dolayısı ile su ve gübre tasarrufu sağlaması, bitkilerin birbirinden bağımsız saksı ya da saksı gruplarında olması ve besin çözeltisinin dezenfeksiyon gereğini ortadan kaldırması, pompa, pahalı boru sistemleri vb. Gerektirmediklerinden ucuz olması gibi önemli avantajları nedeniyle gelecek için umut verici bir uygulamadır. Ancak kapılar sistemlerde ortam tesviyesi gerekliliği yanında, bitki tarafından kullanılmayan besin elementlerinin yetiştirme ortamının üst kısmında birikerek tuzluluk meydana getirmesi gibi olumsuzlukları da söz konusudur (Meriç ve Öztekin, 2008). Birikim her ne kadar köklerin az olduğu bölgede gerçekleşse de, tuz birikimi nedeniyle bu sistemler üretim sezonunun uzun ve sıcaklığın yüksek olduğu Akdeniz iklim kuşağındaki yetiştiricilik

üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Lieth, 1996; Rouphael and Colla, 2005). Oysa Treder et al. (1999), bitki köklerinin daha çok ortamın orta ve saksı tabanına daha yakın olan alt katmanlarında yoğunlaşması nedeniyle ortamın üst katmanlarında biriken tuzların genellikle bitki gelişimi açısından bir problem yaratmadığını bildirmektedirler.

Kapılar sistemlerde bitki köklerinin besin çözeltisinden daha etkin bir şekilde yararlanabilmesi ve tuzluluk riskine karşı dayanıklılık gösterebilmesi için iyi bir kök gelişimi gerekmektedir. Bu amaçla ortama aşılacak çeşitli mikroorganizmalar su ve besin maddelerinin alınımını artırabilir, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı bitkinin direncini artırabilir. Nitekim, topraksız tarımda kullanılan ortamların başlangıçta mikroorganizma faaliyetlerinden yoksun, sonrasında da zayıf olması nedeniyle son yıllarda topraksız tarımda ortamlara veya fide köklerine çeşitli mikroorganizma uygulamalarına rastlanmaktadır (Al-Karaki, 2000; Kidoğlu et al., 2009; Çekic and Yılmaz, 2011). Bu mikroorganizmalardan en bilinen ve kullanılanlarından biri mikoriza mantarlarıdır (Al-Karaki, 2000; Al-Karaki et al., 2001; Hajiboland et al., 2010; Abdel Latef and Chaoping, 2011).

Kök mantarları olarak da adlandırılan mikorizalar kök içindeki morfolojik yapıya göre değişik gruplara ayrılırlar. En geniş gruba sahip olan Endomikorizaların en tanınmış Vesiküler Arbusküler Mikoriza (VAM)'dir (Ortaş, 1997). VAM kök korteksi içerisinde kolonize olur ve çok miktarda hif (misel) üreterek, bitki kök yüzey alanını arttırmakla beraber kökten çok uzakta bulunan ve bitkinin topraktan alamayacağı form ve miktardaki besin maddelerini (özellikle fosfor, azot, potasyum, demir, çinko, bakır ve molibden) hifleri aracılığı ile alıp, bitkinin üst aksamlarına iletmesine yardımcı olurlar. Ayrıca bünyesinde su tutarak bitkilerin su stresine girmelerini önlemektedir. Böylece bitkinin mikorizal fungusa karbon, mikorizal fungusun da bitkiye besin elementi sağladığı simbiyotik bir yaşam döngüsü gerçekleşmektedir (Marschner and Dell, 1994; Ortaş, 1997; Al-Karaki, 2000).

Mikorizanın rolünün anlaşılması ile bitkiye mikoriza inokulasyonunun birçok bitkide uygulanması hız kazanmış ve yapılan çalışmalar sonucunda mikorizaların su ve besin maddesi alınımını artırdığı; bitki büyümesini teşvik ettiği; antioksidant enzimlerinin artışı teşvik ederek kuraklık, tuzluluk gibi abiyotik; nematod, Fusarium, Verticillium gibi biyotik stres faktörlerine karşı bitki toleransını artırdığı; çözülebilir şeker içeriği, net fotosentez hızı, fotosentetik su kullanım etkinliğini ve verimi artırdığı bildirilmektedir (Pfeiffer and Bloss, 1998; Al-Karaki, 2000; Ruiz-Lozano,

2003; Kaya et al., 2009). Besin maddesi alınımını arttırdığı için kimyasal gübre kullanım oranını azaltmakta ve böylece kirli ve dezenfekte edilmemiş toprakların olumsuz etkilerini de giderebilmektedir (Millner, 1991; Ortaş, 1997). Mikorizalar ayrıca patojenlere karşı biyolojik savaş elemanı olarak organik tarımda da kullanılabilirlerdir.

Bu çalışmada, bitki köklerinin besin çözeltisinden daha iyi yararlanabilmesini sağlamak, oluşabilecek tuzluluk risk faktörünü azaltabilmek ve iyi bir kök gelişimi sağlamak için çevre dostu topraksız tarım tekniklerinden kapılar sistemlerde mikoriza kullanımının etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Mikoriza etkisinin kullanılan farklı karakterlerdeki yetiştirme ortamına göre değişebileceği düşünüldüğünden araştırma farklı topraksız yetiştirme ortamlarında ve farklı salata-marul çeşitlerinde denenmiştir.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, 2011 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait polietilen (PE) örtülü bitünel sera içerisinde yürütülmüştür. Denemede ticari salata-marul çeşitleri olan *Lactuca sativa* var. *longifolia* cv. Velvet ve *Lactuca sativa* var. *capitata* cv. Bombola (Ege Fide A.Ş., Torbalı, İzmir) kullanılmıştır.

Araştırmada "AutoPot sistemi" olarak patent alan (Tartes A.Ş., Gaziemir-İzmir)'den temin edilen, "akıllı saksı" olarak adlandırılan ve dikey bireysel saksılardan oluşan kapılar sistem kullanılmıştır. Bu sistemde her biri 30 litrelik besleme tankına bağlı ve bir setinde iki plastik saksı ve saksıların oturduğu kap içerisinde ortak valf bulunan 3'lü saksı grubu yer almaktadır. Akıllı saksının önünde bulunan akıllı vana (valf) besin çözeltisinin depodan alınıp filtreden geçirilerek saksıların altındaki hazneye akışını denetlemektedir. Besin çözeltisi kapılar olarak saksı yüzeyine doğru hareket etmektedir (www.tartes.com.tr, 2012).

Araştırmada akıllı saksılara yetiştirme ortamı olarak (1) perlit, (2) klinoptilolit ve (3) Hindistan cevizi torfu (cocopeat) doldurulmuştur (8 L/bitki). Fideler 06.10.2011 tarihinde saksılara dikilmiştir. Dikim öncesi mikoriza uygulanacak bitkiler ayrılmış ve mikoriza fide köklerine 2.5 kg/ha suda çözünür toz formülasyona sahip EndoRoots® Endo-mikoriza (vesiküler arbusküler mikoriza, VAM) (%21 *Glomus intraradices*, %20 *G. aggregatum*, %20 *G. mosseae* ve %1'er *G. clarum*, *G. monosporus*, *G. deserticola*, *G. brasilianum*, *G. etunicatum* ve *Gigaspora margarita*) (Bioglobal A.Ş., Antalya) olacak şekilde emdirme şeklinde uygulanmıştır. Bitki sayısına göre hesaplanan mikoriza saf su içerisine çözdürülmüş, 15 dakika boyunca karıştırılmış

ve bu karışıma bitki kökleri batırılarak 15 dakika bekletilmiştir. Dikimden sonra, artan çözelti her bitki köküne 100 ml çözelti gelecek şekilde tekrar bitkilere verilmiştir. Dikim her saksıda 1 bitki ve m<sup>2</sup>'de 10 bitki olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bitkiler 06.10.2011 - 28.11.2011 tarihleri arasında 54 gün süreyle saksılarda yetiştirilmiş, yetiştiricilik boyunca gereken bakım işlemleri zamanında yapılmıştır. Bitkilerin beslenmesinde Gül (2008) tarafından önerilen kışık salata-marul reçetesi (N-150, P-50, K-150, Ca-150, Mg-50, Fe-5, Zn-0.05, Mn-0.50, B-0.50, Cu-0.03, Mo-0.02 mg/L, elektriksel iletkenlik (EC:1.8-2 dS/m, pH:5.5-6.6) kullanılmıştır. Hazırlanan besin çözeltisi, eksilen kısmın tamamlanması şeklinde haftada 3 kez besleme tanklarına konmuş; ana tanklar ve saksı altlıklarından örnekler alınarak EC (el tipi EC metre, Mettler Toledo MC-126; Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland) ve pH (masa tipi pH metre, Mettler Toledo MP220; Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland) değerleri ölçülmüştür.

Ortamda fosfor (P) düzeyi yüksek olduğunda mikorizal fungus aktivitesi azaldığından, denemede mikoriza uygulanan bitkilere ilk 10 gün fosforlu (P) gübre hiç verilmemiştir.

Bitkiler çeşide özgü hasat özelliklerini gösterdiğinde (28.11.2011) hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerde bitki toplam ağırlığı (g/bitki) alındıktan sonra, pazarlanamaz durumdaki yaprakların adet ve ağırlığı alınarak pazarlanabilir bitki ağırlığı (g/bitki) hesaplanmıştır. Bitkilerin en ve boyu cetveli ölçüm tahtası ile belirlendikten sonra, tüm yaprakları sayılarak toplam ve atılan yaprak sayıları belirlenmiştir. Yaprakların rengi olarak renkölçerle (Minolta CR-300, Japan) L [parlaklık (L)], a (pozitif a kırmızı, negatif a yeşil) ve b (pozitif b sarı, negatif b mavi) değerleri belirlenmiştir (Mc Guire, 1992). Yaprak vitamin C içeriği (mg 100 ml<sup>-1</sup>) spektrofotometrik (Varian Cary 100 UV-Visible spektrofotometre; Varian, Inc., Palo Alto, California, USA) yöntemle belirlenmiştir (Pearson, 1970). Yaprakların nitrat içeriği ise salisilik asit ve sodyum hidroksit ile ekstrakte edilen örneklerde spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (Fresenius et al., 1998). Parçalanmış bitkilerin daha sonra kök, gövde ve yaprak yaş (YA) ve 65°C'de etüvde kuru ağırlıkları (KA) belirlenmiştir (Kacar, 1972).

Köklerdeki mikorizal kolonizasyon oranının belirlenmesinde boyama yapılmaksızın *grid line intersection* metodu (McGonigle et al., 1990) kullanılmıştır. Yüzde mikorizal kolonizasyon oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Kolonizasyon oranı (\%)} = (\text{enfekte olan kök sayısı} / \text{sayılan kök sayısı}) \times 100$$

Araştırma "faktöriyel deneme" deneme desenine uygun olarak 3 faktörlü (mikoriza, ortam ve çeşit) ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmadan elde edilen veriler, bilgisayarda SPSS (sürüm 16.0) istatistik paket programında değerlendirilmiş; ortamlar arasındaki farklılıkları belirlemek için LSD (asgari önemli fark) çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar önem derecesine göre \* ( $P \leq 0.05$ ) ve \*\* ( $P \leq 0.01$ ) ile belirtilmiş; önemli çıkmayan farklılıklar için ö.d. (önemli değil) kullanılmıştır. Tablolarda ana etkilere ait ortalamalar ile ana ve interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemlilik durumları belirtilmiştir. İkili ve üçlü interaksiyonlar çoğunlukla önemsiz çıktığı için ayrıca tablo halinde sunulmamıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

### Verim Değerleri

Uygulamaların ana ve interaksiyon etkileri incelendiğinde, çeşitlerin toplam ve atılan yaprak sayılarına; mikoriza ve ortam uygulamalarının toplam ve pazarlanabilir verim ile toplam yaprak sayısı üzerine olan ana etkilerinin önemli bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). İkili ve üçlü interaksiyon etkisi önemli bulunmama birlikte mikoriza uygulanan ve Hindistan cevizi torfu ve klinoptilolitte yetiştirilen bitkilerde verim daha yüksek olmuştur. Çizelge 1'de sunulmama birlikte en yüksek toplam (797.5 g/bitki) ve pazarlanabilir (752.6 g/bitki) verim Bombola çeşidinde Hindistan cevizi torfunda mikoriza inokule edilmiş bitkilerden elde edilmiştir.

**Çizelge 1.** Uygulamaların ana etkisinin verim değerleri üzerine etkisi.

**Table 1.** Main effects of treatments on yield.

Uygulamalar		Toplam verim (g/bitki)	Pazarlanabilir verim (g/bitki)	Toplam yaprak adeti (adet/bitki)	Atılan yaprak adeti (adet/bitki)
Çeşit	Velvet	577.8	569.2	54.4 a	6.7 a
	Bombala	590.4	573.2	37.3 b	4.8 b
Mikoriza	VAM (+)	651.5 a	633.1 a	47.4 a	6.3
	VAM (-)	516.6 b	509.3 b	44.3 b	5.1
Ortam	Hindistan cevizi torfu	705.7 a	688.9 a	49.0 a	5.6
	Klinoptilolit	631.8 a	620.5 a	45.9 ab	5.6
	Perlit	414.8 b	404.1 b	42.8 b	5.9
	Çeşit	ö.d.	ö.d.	**	*
	Mikoriza	**	**	*	ö.d.
	Ortam	**	**	**	ö.d.
	Çeşit x Mikoriza	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Çeşit x Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Mikoriza x Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Çeşit x Mikoriza x Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

ö.d.: önemi değil, \*:  $P \leq 0.05$ , \*\*:  $P \leq 0.01$

### Bitki Gelişimi

Uygulamaların ana etkileri incelendiğinde çeşit farklılığının bitki boyu, yaprak kuru ağırlığı, gövde yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Söz konusu değerlerde Velvet çeşidi Bombala çeşidine göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Mikoriza ve ortam uygulamasının ölçülen tüm bitki gelişim parametreleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Mikoriza uygulanan bitkiler uygulanmayan bitkilere göre daha yüksek bitki eni, boyu ve biomas değerlerine sahip olmuştur. Mikoriza uygulaması kök gelişimini %7.6; bitki üst aksam (yaprak+gövde) gelişimini

ise %20.8 oranında arttırmıştır. Ortamlar arasında en yüksek değerler Hindistan cevizi torfu ve takiben aynı istatistiksel grupta yer alan klinoptilolit uygulamasından, en düşük değerler ise perlit uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2).

İkili interaksiyonlarda Çeşit x Mikoriza uygulamasının kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine, Mikoriza x Ortam uygulamasının bitki boyu ve yaprak kuru ağırlığı üzerine etkisi önemli olmuştur. Çeşit x Mikoriza x Ortam üçlü interaksiyonunda ise bitki gelişim parametrelerinden sadece yaprak kuru ağırlığı üzerine interaksiyon etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

En yüksek bitki eni, boyu ve bitki yaş ve kuru ağırlığı değerleri Bombala çeşidinde, mikoriza uygulanan bitkilerde Hindistan cevizi torfu ortamından alınırken; en düşük değerler aynı çeşitte mikorizasız uygulama-

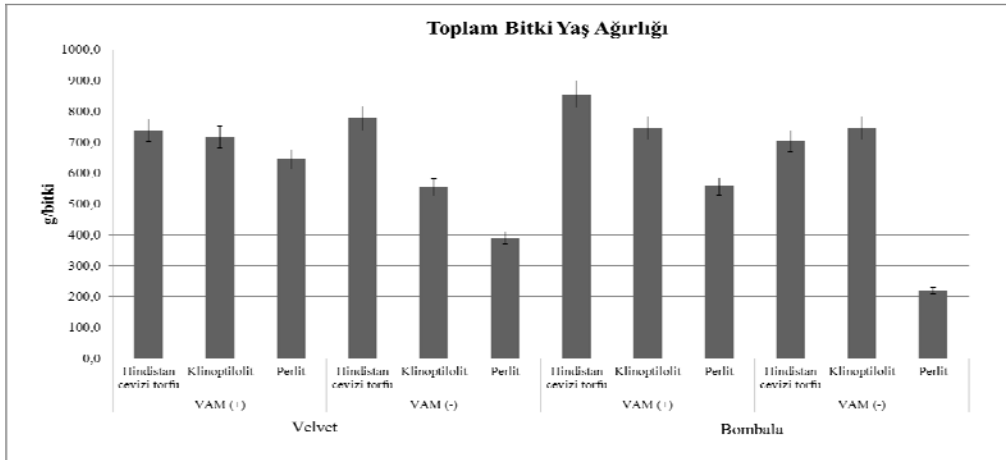
da perlit ortamından elde edilmiştir. Bitki toplam yaş ağırlığına (yaprak+gövde+kök) ait değerler Şekil 1'de verilmiştir. Toplam bitki yaş ağırlığı 219.4 ile 855.2 g/bitki arasında değişmiştir.

**Çizelge 2.** Bitki gelişim parametreleri üzerine uygulamaların ana etkisi.

**Table 2.** Main effects of treatments on plant growth parameters.

Uygulamalar	Bitki Eni (cm)	Bitki Boyu (cm)	Yaprak		Gövde		Kök		
			YA	KA	YA	KA	YA	KA	
Çeşit	Velvet	16.1	25.8 a	138.0	28.2 a	39.8 a	2.2 a	19.0	2.0
	Bombala	15.4	17.3 b	130.7	21.2 b	28.0 b	1.4 b	19.2	2.2
Mikoriza	VAM (+)	16.9 a	22.6 a	651.5 a	27.3 a	38.3 a	2.0 a	19.8 a	2.3 a
	VAM (-)	14.5 b	20.5 b	516.6 b	22.01 b	29.6 b	1.5 b	18.3 b	1.9 b
Ortam	Hindistan cevizi torfu	16.7 a	22.4 a	705.67 a	26.9 a	41.7 a	2.0 a	21.4 a	1.8 b
	Klinoptilolit	15.1 a	19.6 ab	561.6 a	24.9 ab	33.1 a	1.7 a	18.9 a	2.6 a
	Perlit	11.9 b	17.9 b	368.7 b	17.0 b	20.3 b	1.1 b	12.9 b	1.2 b
	Çeşit	ö.d.	**	ö.d.	**	**	**	ö.d.	ö.d.
	Mikoriza	**	*	**	**	*	*	*	*
	Ortam	**	**	**	**	**	*	*	*
	Çeşit x Mikoriza	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	**	*
	Çeşit x Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Mikoriza x Ortam	ö.d.	**	ö.d.	*	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Çeşit x Mikoriza x Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	*	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

YA: yaş ağırlık, KA: kuru ağırlık, ö.d.: önemi değil, \*:  $P \leq 0.05$ , \*\*:  $P \leq 0.01$



**Şekil 1.** Toplam bitki (kök+gövde+yaprak) yaş ağırlığının uygulamalara göre değişimi.

**Figure 1.** Changes of plant total (root+stem+leaf) fresh weight according to treatments.

### Kalite Özellikleri

Kullanılan çeşit, mikoriza ve ortamların ana, ikili ve üçlü interaksyonlarında vitamin C değerlerinin değişimi istatistik olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 3). Elde edilen ortalama değerler incelendiğinde, aralarında istatistiksel bir farklılık olmamakla birlikte çeşit olarak Velvet ve ortam olarak klinoptilolit kullanıldığında vitamin C değeri diğer uygulamalara göre daha yüksek

bulunmuştur. İstatistiksel olarak önemsiz bulunan üçlü interaksyon etkisinde (veriler sunulmamıştır) ise Velvet x VAM (+) x Klinoptilolit uygulaması marul yapraklarında en yüksek vitamin C içeriğine (1.07 mg/g) neden olmuştur

Yaprak nitrat içeriği üzerine sadece mikoriza uygulaması ve Mikoriza x Ortam ikili interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Mikoriza

uygulanan bitkiler uygulanmayan bitkilere göre %45.6 daha az nitrat içeriğine sahip olmuştur. İstatistiksel olarak önemli bir farklılık olmamasına karşın, çeşitler arasında Velvet, ortamlar arasında Hindistan cevizi torfu diğerlerine göre daha düşük (569.2 mg/kg) nitrat içeriği değerleri göstermiştir. Verileri sunulmayan ve istatistiksel bir farklılık göstermeyen üçlü interaksyon etkisi incelendiğinde en yüksek nitrat içeriği Velvet çeşidinde mikoriza inokulasyonu yapılmayan perlit ortamında yetiştirilen bitkilerde (1505.4 mg/kg) bulunmuştur.

Yapılan renk değeri ölçümünde çeşit uygulamasının yaprak a, b ve croma değeri üzerine; mikoriza uygulamasının yaprak a, hue ve croma değeri üzerine; ortamların ise a değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Renk değerleri üzerine uygulamaların gerek ikili ve gerekse üçlü interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Velvet çeşidinde, mikoriza uygulanmış ve klinoptilolitte yetiştirilen bitkiler daha küçük a değeri ile dış yapraklarında daha açık; yüksek hue ve croma değerleri ile de daha doygun bir yeşil renge sahip olmuşturlardır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Uygulamaların ana etkisinin vitamin C, nitrat ve renk değerleri üzerine etkisi.

**Table 3.** Main effects of treatment on vitamin C, nitrate and fruit colour.

	Uygulamalar	Vitamin C (mg/g)	Nitrat (mg/kg)	Renk				
				L	a	b	Hue	Croma
Çeşit	Velvet	0.82	839.6	43.2	-19.1 b	21.01 a	132.06 a	28.51 a
	Bombala	0.74	947.3	43.1	-15.5 a	17.11 b	132.32 b	23.13 b
Mikoriza	VAM (+)	0.78	727.7 b	43.7	-18.3 b	19.47	133.04 a	26.82
	VAM (-)	0.78	1059.2 a	42.6	-16.4 a	18.65	131.33 b	24.81
Ortam	Hindistan cevizi torfu	0.75	789.4	44.3	-16.9 ab	19.50	131.23	25.87
	Klinoptilolit	0.85	935.7	42.3	-18.6 b	19.14	133.91	26.86
	Perlit	0.75	940.8	42.9	-16.4 a	18.55	131.43	24.73
	Çeşit	ö.d.	ö.d.	ö.d.	**	**	ö.d.	**
	Mikoriza	ö.d.	**	ö.d.	*	ö.d.	*	*
	Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	*	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Çeşit x Mikoriza	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Çeşit x Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Mikoriza x Ortam	ö.d.	**	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Çeşit x Mikoriza x Ortam	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

ö.d.: önemi değil, \*:  $P \leq 0.05$ , \*\*:  $P \leq 0.01$

### Mikoriza Kolonizasyonu

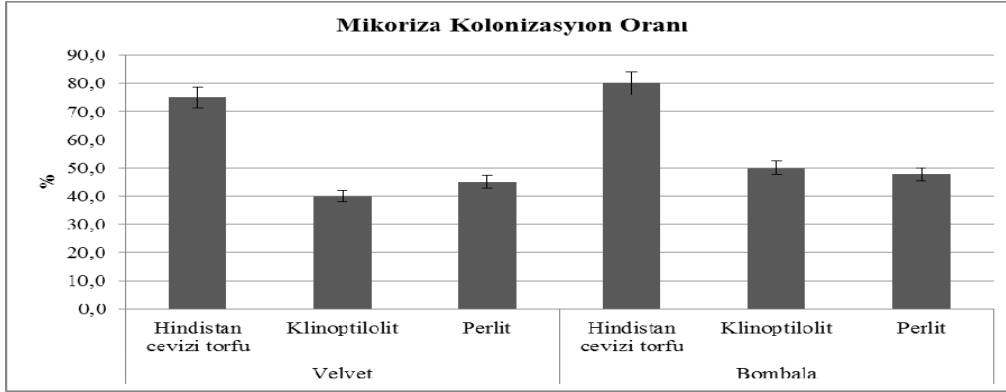
Çeşit uygulamasının köklerdeki mikoriza kolonizasyonu üzerine etkisi önemsiz bulunurken; ortam ve mikoriza uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mikoriza uygulanan bitkilerde %56.3 oranında kolonizasyon saptanmıştır (Çizelge 4). Ortamlar içerisinde Hindistan cevizi torfunda yetiştirilen bitkilerin köklerinde perlite göre %40.1, klinoptilolite göre %41.9 daha fazla mikoriza kolonizasyonu görülmüştür. Mikoriza x Ortam ikili interaksyonunun köklerdeki mikoriza kolonizasyonu üzerine etkisi önemli bulunmuş ve en yüksek kolonizasyon oranı Velvet çeşidinde %75, Bombala çeşidinde %80 ile Hindistan cevizi torfu uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 2). En düşük kolonizasyon oranı Velvet çeşidinde Klinoptilolit ortamından (%45) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.** Uygulamaların ana etkisinin köklerdeki mikoriza kolonizasyonu üzerine etkisi.

**Table 4.** Main effects of treatments on mycorrhiza colonization rate of roots.

	Uygulamalar	İnokülasyon Oranı (%)
Çeşit	Velvet	53.3
	Bombala	59.3
Mikoriza	VAM (+)	56.3 a
	VAM (-)	0.0 b
Ortam	Hindistan cevizi torfu	77.5 a
	Klinoptilolit	45.0 b
	Perlit	46.4 b
	Çeşit	ö.d.
	Mikoriza	**
	Ortam	**
	Çeşit x Mikoriza	ö.d.
	Çeşit x Ortam	ö.d.
	Mikoriza x Ortam	**
	Çeşit x Mikoriza x Ortam	ö.d.

ö.d.: önemi değil, \*:  $P \leq 0.05$



Şekil 2. Çeşit x Ortam interaksyonunun bitkilerde mikoriza kolonizasyonu üzerine etkisi.

Figure 2. Effects of cultivar x substrate interaction on mycorrhiza colonization of roots.

## TARTIŞMA

Isıtmasız polietilen (PE) serada 2011 yılı sonbahar-kış döneminde yürütülen çalışmada, bir topraksız tarım şekli olan kapilar sistemde yetiştirilen salata ve marul çeşitlerinde farklı yetiştirme ortamlarında mikoriza inokulasyonunun bitki gelişimi, verim ve bazı kalite parametrelerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, köklerdeki mikoriza kolonizasyonunun araştırmada kullanılan çeşit (*Lactuca sativa* var. *longifolia* cv. Velvet ve *Lactuca sativa* var. *capitata* cv. Bombola) farklılığından etkilenmediğini (Jackson et al., 2002), ölçülen tüm parametrelerde Çeşit x Mikoriza interaksyonun istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

Araştırmada elde edilen toplam verim değerleri VAM inokule edilen bitkilerde 5.91 ile 7.98 kg m<sup>-2</sup>; VAM inokule edilmeyen bitkilerde 2.00 ile 7.00 kg m<sup>-2</sup> arasında değişmiştir. Salata-marul yetiştiriciliğinde verim değerleri çeşit, iklim koşulları, yetiştirme dönemi, birim alandaki bitki sayısı gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişmekle birlikte, 3-4 kg m<sup>-2</sup> arasındaki verim değerinin iyi olduğu bildirilmektedir (FAO, 1990). Çalışmada elde edilen verim değerleri özellikle VAM uygulanan tüm bitkilerde bu değerlerden yüksek bulunmuştur. VAM uygulanmayan bitkilerden alınan verim değerleri ortamlara göre değişmekle birlikte daha önce yapılan verim çalışmaları ile benzerlik göstermekte, hatta bazılarının üzerinde kalmaktadır (Eroğul, 2002; Polat ve ark., 2004). Buna göre araştırmada verim kaybı olmaksızın kapilar sistemde yetiştiricilik gerçekleştirilmiştir.

Yürütülen çalışmada mikoriza uygulamasının bitki gelişimi ve verim değerlerini arttırdığı görülmüştür. Elde edilen bu bulgular ortama mikoriza inokulasyonunun bitki gelişimi ve verimini arttırdığını gösteren çok sayıdaki tarla ve saksı denemeleri sonuçları ile uyumlu bulunmuştur (Johansen et al., 1994; Şimşek et

al., 1998; Ortaş, 2010; Ortaş et al., 2011). Ortama mikoriza inokulasyonundan sonra öncelikle bitki kökünde mikoriza kolonizasyonu oluşmakta ve kök korteksi içerisinde hücreler arası ve hücre içi boşluklarda önce misel gelişmektedir. Miseller yardımı ile ortamdan bitki kökü içine taşınan besin maddeleri, bitki beslenmesinde ve buna bağlı olarak da bitki gelişiminin teşvikinde olumlu katkılar sağlayarak verimi de önemli düzeyde arttırmışlardır (Özcan ve Taban, 2000). Edathil et al. (1996) domatestede, Aguilera-Gomez et al. (1999) biberde, Yılmaz ve Gül (2009) patlıcanda, Ortaş (2010) hıyarda köklerdeki mikoriza kolonizasyon oranına bağlı olarak bitki biyomasının ve veriminin arttığını bildirmişlerdir. Yürütülen çalışmada VAM uygulaması bitki gelişimini teşvik yanında, baş yaprak sayısı ve ağırlığını artırarak toplam ve pazarlanabilir verim değerlerini arttırmıştır.

Kullanılan farklı ortamlar içerisinde özellikle Hindistan cevizi torfu ölçülen birçok parametrede öne çıkmış; bitki gelişimi ve verim değerlerini arttırmıştır. Hindistan cevizi torfu ortamını klinoptilolit ortamı izlemiştir. Perlit ortamlar içerisinde en düşük biyomas ve verim değerlerine sahip olmuştur. Mikoriza inokulasyonu sonucunda köklerde mikoriza kolonizasyon oranı en fazla organik bir ortam olan Hindistan cevizi torfunda elde edilirken, ortalama en düşük kolonizasyon oranı klinoptilolit ortamında olmuştur.

Mikoriza uygulamasının baş kalitesi üzerine etkisi genellikle istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. VAM inokulasyonu yaprakların vitamin C içeriğini değiştirmezken; ortamlara bağlı olarak nitrat içeriğini değiştirmiştir. Mikoriza uygulanan bitkiler uygulanmayan bitkilere göre; Hindistan cevizi torfunda yetişen bitkiler diğer ortamlardaki bitkilere göre daha düşük nitrat içeriğine sahip olmuştur. Beslenme yolu ile alınan nitrat konsantrasyonunun yüksek olması durumunda doğrudan bağırsak zarlarının parçalanmasına

neden olabilmekte, nitrite dönüşerek kandaki oksijen taşınımını engelleyebilmekte ve ayrıca vücutta nitrosaminlere dönüşerek kanserojenik etki yapabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre nitrat ve nitrit için günlük alınabilir miktarlar (ADI) 0-0,006 mg  $\text{NH}_2^-/\text{kg}$  vücut ağırlığı; 0-3,7 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$  vücut olarak bildirilmektedir. Günlük nitrat türevleri alımının %75-80'i sebzelerden kaynaklanmaktadır (Şebecic and Vedrına-Dragojevic, 1999; Ximenes et al., 2000). Marul ve salata grubu sebzeler, yapraklarında yüksek oranda nitrat içermektedirler. Venter (1978)'e göre marul yapraklarındaki nitrat değeri 282-3520 mg  $\text{NO}_3 \text{ kg}^{-1}$  taze ağırlık olarak değişmektedir. Yine Avrupa Birliği tarafından açık arazide yetiştirilen marulun yapraklarındaki maksimum nitrat sınırı 3500-4000 mg/kg olarak belirlenmiştir (Özgen, 2009). Araştırmada elde edilen değerler incelendiğinde; en yüksek nitrat içeriği 1059.2 mg/kg ile mikoriza uygulaması yapılmayan [VAM(-)] bitkilerden elde edilmiş ve bu değer de verilen sınırlar içerisinde kalmıştır.

Mikoriza uygulamasının ve ortamların yaprak yeşil rengini gösteren a değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Mikoriza uygulanmış ve klinoptilolitte yetiştirilen bitkiler daha küçük a değerleri (-18.3 ve -18.6) ile dış yapraklarında daha koyu yeşil bir renge sahip

olmuşlardır. N noksanlığı altında yaprakların klorofil a ve b içeriği düşmekte ve yapraklar daha açık ve/veya soluk sarımsı yeşil bir renk göstermektedirler (Lehr et al., 1962). Yürütülen çalışmada VAM (+) ve klinoptilolit ortamındaki bitkilerin daha fazla N almış olduğu, bu nedenle de daha koyu yapraklara sahip olduğu düşünülmektedir. Elde ettiğimiz sonuç, mikoriza uygulamasının (Smith and Read, 1997) ve klinoptilolit ortamının (Eroğul, 2002) bitkinin N alımını arttırdığını gösteren önceki çalışmalar ile uyum içerisinde.

## SONUÇ

Elde edilen bulgular topluca değerlendirildiğinde, mikorizaların köklerdeki simbiyotik yaşamları nedeniyle su ve besin maddeleri alımını olumlu etkiledikleri, bunun sonucunda da bitki gelişimi ve verim değerlerini arttırdığı; köklerdeki mikoriza kolonizasyonunun organik ortamlarda daha yüksek oranda olduğu ve kapılar sistemlerde Hindistan cevizi torfunda salata marul yetiştiriciliğinin başarı ile yapılabileceği; bu ortama VAM ilavesi ile de verim ve bitki gelişiminin teşvik edilebileceği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abdel Latef, A.A. and Chaoping, H., 2011. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. *Sci. Hort.*, 127: 228-233.
- Aguilera-Conez, L., Davies, F.T., Olalde-Podugal, V., Duray, S.A. and Phavaphutanon, L., 1999. Influence of Phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradicis*) on gas exchange and plant growth of Chile Ancho pepper (*Capsicum annum L.*). *Photosynthetica*, 36: 441-449.
- Al-Karaki, G.N., 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10: 51-54.
- Al-Karaki, G.N., Hammad, R. and Rusan, M., 2001. Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza*, 11: 43-47.
- Çekiç, C. and Yılmaz, E., 2011. Effect of arbuscular mycorrhiza and different doses of phosphorus on vegetative and generative components of strawberries applied with different phosphorus doses in soilless culture. *African J of Agric Res*, 6(20): 4736-4739.
- Edathil, T.T., Manian, S. and Udaiyan, K., 1996. Interaction of multiple VAM fungal species on root colonization, plant growth and nutrient status of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Agr Ecosyst Environ*, 59: 63-68.
- Eroğul, D., 2002, Baş Salata Yetiştiriciliğinde Topraksız Ortam Olarak Zeolit ve Perlitin Karşılaştırılması. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, İzmir, Bornova, 87s.
- FAO, 1990, Micronutrient, assesment at the country level: an international study. FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Fresenius, W., Quentin, K.E. and Schneider, W., 1998. *Water Analysis. A practical Guide to Physicochemical, Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance.* Springer-Verlag, Berlin.
- Jackson, L.E., Miller, D. and Smith, S.E., 2002. Arbuscular mycorrhizal colonization and growth of wild and cultivated lettuce in response to nitrogen and phosphorus. *Scientia Horticulturae*, 94: 205-218.
- Johansen, A., Jakopsen, I. and Jensen, E.S., 1994. Hyphal N transport by a Vesicular Arbuscular Mycorrhizal fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. *Plant and Soil*, 160: 1-9.
- Gül, A., 2013. Progress in Soilless Cultivation in Turkey. *Soil-Water Journal*, 2(2):2257-2264.
- Gül, A., 2008. *Topraksız Tarım*, Hasat Yayıncılık Ltd.Şti., İzmir, 144s
- Hajiboland, R., Aliasgharzadeh, A., Laiegh, S.F. and Poschenrieder, C., 2010. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) plants. *Plant Soil*, 331: 313-327.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 1-2. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları: 468, Yardımcı Ders Kitabı: 161.
- Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A.L. and Çullu, M.A., 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Sci. Hort.*, 121: 1-6.



- Kıdođlu, F., Gül A., Tüzel Y. and Özaktan H., 2009. Yield enhancement of hydroponically grown tomatoes by rhizobacteria. *Acta Hort.*, 807: 475-480.
- Lehr, J.J., Wybenga, J.M. and Hoekendijk, J.A., 1962. On the influence of nitrogen on the formation of chlorophyll with special regard to a difference in effect between sodium nitrate and calcium nitrate. *Plant and Soil*, 17 (1): 68-86.
- Lieth, J.H., 1996. Irrigation systems, Pages 1-29, in *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. Ed. D.W. Reed, Ball Publishing Inc., Illinois, USA.
- Marschner, H. and Dell, B., 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 159:89-102.
- McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, D.L. and Swan, G.A., 1990. A new method which gives an objective measure of colonisation of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 115, 495-501.
- McGuire, G.R., 1992. Reporting of objective color measurements. *Hort. Science*, 27(12): 1254-1255.
- Meriç, M.K. ve Öztekin G.B., 2008. Topraksız Tarımda Kapilar Sistemler, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, s.145-152.
- Millner, P.D., 1991. Characterization and use of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae in Agricultural Production Systems. *The Rhizosphere and Plant Growth* (Editors: Keister, D.L. and Cregan P.B.). Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 335-342.
- Ortaş, İ., 1997. Mikoriza nedir? *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 351: 92-95.
- Ortaş, İ., 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. *Spanish J Agric Res*, 8(1): 116-122.
- Ortas, I., Nebahat, S., Akpınar, C. and Halit, Y., 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 128:92-98.
- Özcan, H. ve Taban, S., 2000. VA-mikoriza'nın alkalın ve asit toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimi ile mikorizal enfeksiyon ve fosfor, çinko, demir, bakır ve mangan konsantrasyonları üzerine etkisi. *Türk J Agric For*, 24: 629-35.
- Özgen, Ş., 2009. Sebzelede nitrat birikimi, insan sağlığı açısından önemi ve ihracattaki yeni düzenlemeler. *Hasad-Bitkisel Üretim Dergisi* 239:64-66.
- Pearson, D., 1970. *The Chemical Analysis of Foods*. Chemical Publishing Inc, New York.
- Pfeiffer, C.M. and Bloss, H.E., 1988. Growth and nutrition of guayule (*Parthenium argentatum*) in saline soil as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization. *New Phytol*, 108, 315-321.
- Polat, E., Onus, A. N. ve Demir, H., 2004. Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2):149-154.
- Rouphael, Y. and Colla, G., 2005. Radiation and water use efficiencies of greenhouse zucchini squash in relation to different climate parameters. *European Journal of Agronomy*, 23:183-194.
- Ruiz Lazano, J.M., 2003. Antioxidant activities in mycorrhizal soybean plants under drought stress. *New Phytologist*, 157(1): 135-143
- Šebecic, B. and Vedrına-Dragojevic, I., 1999. Nitrate and nitrite in vegetables from areas affected by wartime operations in Croatia. *Nahrung*, 43(4):284-287.
- Smith, S.E. and Read, D.J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press, San Diego, CA, 605 pp.
- Şimşek, D., Ortaş, İ., Köse, Ö., Sarı, N. and Abak, K., 1998. The effect of mycorrhizal inoculation on growth and nutrient uptake of tomato, eggplant, pepper plants under field conditions. *International Symposium on Arid Region Soils*, 21-24 September 1998, Menemen-İzmir, Turkey, 222-228.
- Tüzel, Y., Tüzel, İ.H. and Gül, A., 2004. Different Soilless Culture Systems. *Regional Training Workshop on Soilless Culture Technologies* (Ed. By Y. Tüzel). 3-5 Mart, 2004. Izmir. 66-82.
- Treder, J., Matysiak, B., Nowak, J.S. and Nowak, J., 1999. The effects of potting media and concentration of nutrient solution on growth and nutrient content of three *Ficus* species cultivated on ebb-and-flow benches. *Acta Hort.*, 481:433-439.
- Ximenes, M.I.N., Rath, S. and Reyes, F.G.R., 2000. Polarographic determination of nitrate in vegetables. *Talanta*, 51:49-56.
- Venter, F., 1978. Untersuchungen über den Nitrat gehalt in Gemüse. *Der Stich stoff* 12, 31.
- Yılmaz, E. ve Gül, A., 2009. Topraksız ortama arbusküler mikoriza aşılamanın patlıcan (*Solanum melongena* L.) yetiştiriciliği üzerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2): 55-61.
- www.tartes-e.com.tr (Erişim tarihi: 15 Nisan 2012)