



Sulama Suyu Tuzluluğunun Hıyarın Verim, Meyve Özellikleri ve Su Kullanım Etkinliği Üzerine Etkisi

Ahmet TURHAN^{1*} Hayrettin KUŞÇU¹ Ali Osman DEMİR²

¹ Uludağ Üniversitesi, Mustafakemalpaşa MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 16500 Mustafakemalpaşa, Bursa

² Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 16059 Görükle, Bursa.

*e-mail: turhan@uludag.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 12.12.2014

Kabul tarihi (Accepted): 25.06.2015

Online Baskı tarihi (Printed Online): 09.08.2015

Yazılı baskı tarihi (Printed): 18.01.2016

Öz: Bu çalışmada, hıyarın verim ve meyve özellikleri üzerine farklı sulama suyu tuzluluk düzeylerinin [0.3 (kontrol), 1.7, 2.7, 3.7, 4.7, 5.7 ve 6.7 dS m⁻¹] etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre altı tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Bitkiler, sera içine yerleştirilmiş varillerde ve her tekerrürde 1 bitki olacak biçimde yetiştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, sulama suyu tuzluluğu arttıkça meyve verimi azalmıştır. Sulama suyu ve toprak tuzluluğu eşik değerleri sırasıyla 1.47 ve 2.11 dS m⁻¹ olarak saptanmıştır. Bu sonuç, söz konusu eşik değerlerinin üzerinde hıyar veriminde azalma olabileceğini göstermektedir. Meyve ağırlığı 1.7 dS m⁻¹, meyve çapı, boyu ve su içeriği ise 2.7 dS m⁻¹'e kadar sulama suyu tuzluluğundan etkilenmemiş, ancak bu değerlerin üzerinde artan tuzluluk söz konusu meyve özelliklerini azaltmıştır. Tuzluluk düzeyi 3.7 dS m⁻¹'e kadar arttıkça suda çözünür kuru madde artmış ancak daha yüksek tuzluluk düzeylerinde azalmıştır. Toprak tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında negatif doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Hem su kullanım hem de sulama suyu kullanım etkinliğinin en yüksek değerleri, 0.3 ve 1.7 dS m⁻¹'lik tuzluluktan elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hıyar bitkisi 1.47 dS m⁻¹ sulama suyu tuzluluğu kullanılarak güvenle yetiştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: *Cucumis sativus*, suda çözünür kuru madde, su üretkenliği, su tuzluluğu

Effect of Irrigation Water Salinity on Yield, Fruit Characteristics and Water Use Efficiency of Cucumber

Abstract: In this study, the effects of different irrigation water salinity levels [0.3, 1.7, 2.7, 3.7, 4.7, 5.7 and 6.7 dS m⁻¹] on yield and fruit characteristics of cucumber were evaluated. Research was laid out in randomized parcel design with six replication and 1 plant in each replication on tanks formed in greenhouse. According to the results, increasing irrigation water salinity decreased the fruit yield. The values of salinity threshold for irrigation water and soil were determined as 1.47 and 2.11 dS m⁻¹, respectively, implying that the yield of cucumber would decrease with increasing salinity above these levels. Fruit weight, and diameter, length and water content of fruit were not affected from irrigation water salinity up to 1.7 and 2.7 dS m⁻¹, respectively, but increasing salinity above this value decreased these fruit characteristics. Increasing salinity up to 3.7 dS m⁻¹ improved the soluble solids content, whereas higher salinity levels decreased it. A negatively linear correlation between soil salinity and evapotranspiration was observed. The highest values of both water use and irrigation water use efficiency were obtained from salinity of 0.3 and 1.7 dS m⁻¹. The results revealed that cucumber can be grown satisfactorily using irrigation water salinity up to 1.47 dS m⁻¹.

Keywords: *Cucumis sativus*, soluble solids, water productivity, water salinity

1. Giriş

Bitkisel üretimde stres, bir veya birden fazla etkenin, bitkiyi çevresel olarak etkileyerek büyümede yavaşlama ve verim düşüklüğüne

neden olması biçiminde tanımlanmaktadır. Bitkide stres, biyotik (hastalık oluşturanlar ve zararlılar) ve abiyotik (tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin

eksiklik veya fazlalıkları) etmenlerden kaynaklanmaktadır (Tunçer, 2007). Abiyotik streslerin içerisinde en önemlisi toprak tuzluluğudur (Zhu, 2001). Tuzluluk sorunu kurak ve yarı kurak ekolojilerde buharlaşmanın fazla ve yağışların yetersiz olması sonucu ortaya çıkmaktadır (Epstein ve ark., 1980; Ergene, 1982; Kara, 2002). Bununla birlikte, tuzluluk kalitesiz sulama suları ve aşırı gübre kullanımından da kaynaklanabilmektedir (Zhu, 2001).

Tuzluluğa karşı gösterilen tepki bakımından bitki türleri ve çeşitleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Herhangi bir stres koşuluna adaptasyonun göstergesi olarak genelde verim dikkate alınmaktadır. Her bitki tuzluluğa azda olsa toleranslıdır. Ancak bir noktadan sonra verim hızla düşmeye başlar. Tuzluluk arttıkça verim sifıra doğru yaklaşır (Karadavut, 1997). Sebzelelerin çoğu tuza duyarlıdır ve 1.0 ile 3.8 dS m⁻¹ arasında toprak tuzluluğunda verimde azalma başlamaktadır (Yurtseven ve Baran, 2000). Tuzluluk sorununun potansiyel olarak mevcut olduğu ülkemizin kurak ve yarı kurak birçok bölgesinde açıkta yetiştiriciliği yapıldığı gibi örtü altında da gün geçtikçe artan bir ilgiyle tarımı yapılan hıyar; Jones ve ark. (1989), Chartzoulakis (1994) tarafından tuza duyarlı bir sebze olarak tanımlanmıştır. Kere ve ark. (2013) ise büyüme söz konusu olduğunda hıyarı tuza orta derecede duyarlı bir sebze olarak tanımlamış ve yüksek tuzlu koşulların verimi önemli miktarda düşürdüğünü vurgulamıştır. Hıyar bitkisinde verimin düşmeye başladığı tuzluluk eşik değeri 2.5 dS m⁻¹ olarak bulunmuştur ve bu değer üzerinde her 1 dS m⁻¹'lik artışın hıyar verimini %13 kadar düşürebileceği rapor edilmiştir (Maas ve Hoffman, 1977). Tuzluluğun arttığı durumlarda bitki boyu, yaprak sayısı ve alanı, yaş ve kuru ağırlıklar, meyve büyümesi, meyve sayısı azalmaktadır (Chartzoulakis, 1994). Wang (1998) hıyarların toprak tuzluluğuna hassas olduğunu, artan tuzlulukla birlikte büyüme ve gelişmenin önemli ölçülerde düştüğü ve bununla verimi azalttığını belirtmiştir.

Türkiye, dünyada önemli miktarda hıyar üreten ülkelerden birisidir. Ayrıca önemli miktarda ihracatı da söz konusudur. Hıyarın örtü

altında ve açık alanlarda üretimi yapılmaktadır. Üretim yaptığımız alanlardaki toprak kaynaklarımız değişik nedenlerden dolayı daha tuzlu duruma gelmektedir. Bu nedenlerden en önemlisi tuzlu sulama sularıdır. İstenilen verim artışının ve üretim değerlerinin sağlanması için değişik miktarda tuz içeren toprakların ve sulama sularının kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu toprakların tarımda güvenle kullanılabilmesi, bitki türlerinde yapılacak çok sayıda çalışmaya bağlıdır. Bu çalışmada, farklı tuz içeren sulama suları ile sulanmış hıyar bitkilerinde, verimin azalmaya başladığı sulama suyu ve toprak tuzluluğu eşik değerlerinin saptanması ve sulama suyu tuzluluğu ile verim ve bitki su tüketimi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın diğer bir amacı da artan düzeyde sulama suyu tuzluluğunun hıyar bitkilerinin meyve özellikleri (meyve çap ve boyu, tek meyve ağırlığı, meyve su miktarı, meyve suda çözülür kuru madde miktarı) üzerine etkilerini araştırmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu deneme arazisinde kurulu, plastik örtülü uygulama serasında (40°02' N, 28°23' E; deniz seviyesinden yükseklik 22 m) yürütülmüştür. Yetiştirme süresi boyunca sera ortamındaki ortalama gece/gündüz sıcaklıkları, nem ve fotoperiyot sırasıyla 20/28°C, %65-70 ve 14 saat olarak ölçülmüştür. Denemede, Gordion hibrit hıyar (*Cucumis sativus* L.) çeşidi bitki materyali olarak kullanılmıştır. Hıyar fideleri, Agromar A.Ş.'den (Karacabey, Bursa) temin edilmiştir. 2-3 gerçek yaprak aşamasına gelmiş hıyar fideleri 10 Nisan tarihinde dikilmiştir.

Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 6 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede, kontrol konusu (0.3 dS m⁻¹) ve 6 farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi (1.7, 2.7, 3.7, 4.7, 5.7 ve 6.7 dS m⁻¹) ele alınmıştır. Denemede ele alınan sulama suyu tuzluluk düzeylerinin oluşturulmasında NaCl tuzu kullanılmıştır. Çalışmada, silindirik saçtan imal edilmiş, 60 cm boyunda ve 60 cm çapındaki varillerden

yararlanılmış ve her varilde 1 adet hıyar bitkisi olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. Deneme arazisinin, 0-30 cm ve 30-60 cm'lik derinliklerinden kepçe ile alınan topraklar ayrı ayrı sera alanına yakın bir yere istif edilmiştir. Solma noktasına yakın değerlere gelen topraklar, hacim ağırlıkları esas alınarak sera içindeki varillere doldurulmuştur. Deneme toprağı killi-tın bünyeye sahip olup, hacim cinsinden tarla kapasitesi %30, hacim ağırlığı 1.4 g cm³, pH 7.9, elektriksel iletkenliği (EC) 0.49 dS m⁻¹, organik madde miktarı %2, kireç miktarı % 11.9, toplam azot %0.17, alınabilir fosfor miktarı 11.8 mg kg⁻¹ ve alınabilir potasyum miktarı 283 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Deneme varillerindeki toprağı temel gübre olarak, üre formunda 3 g varil⁻¹ (varil yüzey alanı: 0.28 m²) N ve triple süperfosfat formunda 2.5 g varil⁻¹ P₂O₅ uygulanmıştır. Azotlu gübrenin yarısı dikimden önce, ¼'ü kol atma döneminde, ¼'ü de meyve bağlama başlangıcında toprağı homojen bir şekilde karıştırılarak verilmiştir. Fosforlu gübrenin tamamı ise dikimden önce uygulanmıştır (Vural ve ark., 2000). Toprakta yeterli miktarda potasyum bulunduğu için potasyumlu gübreleme yapılmamıştır.

Uygulanacak sulama suyu miktarı, kap (Class A pan) buharlaşması yöntemi kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber, 1997; Ayas ve Demirtaş, 2009).

$$I = A \times E_{pan} \times K_{pc}$$

Eşitlikte; I uygulanan sulama suyu miktarı (mm), A varilin yüzey alanı (m²), E_{pan} her sulama aralığındaki birikimli buharlaşma (mm) ve K_{pc} ise kap-bitki katsayısını simgelemektedir. Bu çalışmada, sulama aralığı 3 gün ve kap-bitki katsayısı 1.0 olarak alınmıştır (Üzen ve ark., 2010).

İlk sulama suyu, tüm deneme konularına çeşme suyu (0.3 dS m⁻¹) ile fidelerin varillere dikilmesinden önceki akşam uygulanarak, toprak su seviyesi tarla kapasitesine getirilmiştir. Bundan sonraki sulama uygulamaları deneme konularına göre yapılmıştır.

Deneme konularının bitki su tüketim değerlerinin belirlenmesinde aşağıda verilen su

dengeşi eşitliğinden yararlanılmıştır (Mao ve ark., 2003)

$$ET = I - D \pm \Delta SW$$

Eşitlikte; ET bitki su tüketimi (mm), I uygulanan sulama suyu miktarı (mm), D derine sızma (mm) ve ΔSW topraktaki nem değişimini (mm) ifade etmektedir. Derine sızma, varillerin en altına yerleştirilen musluklardan saptanmış, topraktaki nem değişimi ise gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Toprak nem ölçümleri, sulamaların başlangıcından hasada kadar olan süreçte her sulama öncesi ve sonrası yapılmıştır. Çalışmada ayrıca, bitki kök bölgesi altına sızan su miktarının toplam uygulanan su miktarına oranını ifade eden yıkama oranı (LF) da saptanmıştır (Ünlükara ve ark., 2010).

Deneme sonunda, tüm varillerin her 15 cm'lik katmanından, Hollanda tipi toprak burgusu ile toprak örnekleri alınarak kurutulmuş ve bu örneklerde elektriksel iletkenlik; Ayyıldız (1990) tarafından belirtilen esaslara göre, saturasyon eriyiğinde, elektriksel iletkenlik aleti (TDSscan-4 model, Eutech Inst. Singapore) ile belirlenmiştir.

Meyve hasadı dikimden 21 gün sonra başlamış ve 71. günde sona ermiştir. Yetiştiricilik süresi boyunca 5 gün aralıklar ile toplam 10 adet hasat yapılmıştır (El-Shraiy ve ark., 2011). Her hasattan sonra, meyve çapı ve boyu, tek meyve ağırlığı, meyve verimi, meyve su miktarı ve suda çözülür kuru madde miktarı belirlenmiştir. Tüm hasatlar sona erdikten sonra ortalama meyve çapı ve boyu (cm), tek meyve ağırlığı (g) ve meyve verimi (kg m⁻²) hesaplanmıştır. Analizler için; her hasattan sonra tüm bitkilerden alınan meyveler, çeşme suyu ile temizlenerek saf sudan geçirilmiş ve öğütülmüştür. Alınan örnekler, 70°C sıcaklıkta 2 gün boyunca etüvde kurutulmuş ve tartılarak kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir. % su miktarı $W = [(w_1 - w_2) / w_1] \times 100$ (w_1 = taze ağırlık, w_2 = kuru ağırlık) formülünden hesaplanmıştır (Noshadi et al., 2013). Suda çözünebilir kuru madde, refraktometre (Abbe-type refractometer, model 60/Direct Reading, Bellington and Stanley Inc., Kent, UK) ile doğrudan meyve suyu kullanılarak yapılmıştır (Tigchelaar, 1986).

Sulama suyu ile toprak tuzluluğu eşik değerlerinin belirlenmesinde, kontrol konusu olan

konu dışında kalan tuzluluk düzeylerine karşılık elde edilen oransal verimler arasında doğrusal regresyon analizi yapılmış ve söz konusu regresyon eşitliğinden yararlanılarak tuzluluk eşik değeri, Maas ve Hoffman (1977) tarafından geliştirilen $Ct = (Y_0 - Y_m)/S$ eşitliği ile belirlenmiştir (Üzen ve ark., 2010). Eşitlikte, Ct tuzluluk eşik değeri ($dS m^{-1}$), Y_0 regresyon eşitliğinde tuzsuz koşuldaki ($0 dS m^{-1}$) elde edilen verim ($kg m^{-2}$), Y_m denemedeki kontrol konusundan ($0.3 dS m^{-1}$) elde edilen verim ($kg m^{-2}$) ve S regresyon eşitliğindeki doğrunun eğimidir.

Su kullanım etkinliği (WUE , $kg m^{-3}$) ve sulama suyu kullanım etkinliği ($IWUE$, $kg m^{-3}$), taze hıyar meyve veriminin sırasıyla bitki su tüketimine ve uygulanan sulama suyu miktarına bölünmesiyle elde edilmiştir (Mao ve ark., 2003).

Toplam büyüme mevsimi için verim tepki etmeni, $[1 - Y_a Y_m^{-1}] = ky [1 - ET_a ET_m^{-1}]$ eşitliği ile belirlenmiştir (Stewart ve ark., 1975; Doorenbos ve Kassam, 1979). Eşitlikte; Y_m kontrol konularından alınan maksimum verim ($kg m^{-2}$), Y_a stres uygulanan konulardan alınan verim ($kg m^{-2}$), ky verim tepki etmeni, ET_m ve ET_a ise sırasıyla kontrol konusu ve stres konularında

meydana gelen mevsimlik bitki su tüketimidir (m).

Çalışmada araştırılan tüm parametreler, bir istatistik programı (IBM® SPSS® Statistics for Windows, Version 20.0, Copyright, 2011, IBM Corp., Armonk, NY) kullanılarak varyans (Anova) analizlerine konu edilmiştir. Yapılan F testi sonucunun önemli çıkması durumunda, incelenen parametrelerin ortalamalarını gruplandırmak için Duncan'ın çoklu dağılım testi kullanılmıştır. Ayrıca, toprak tuzluluğu, bitki su tüketimi, verim ve suda çözünür kuru madde arasındaki ilişkileri belirlemek için regresyon analizleri yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Sulama suyu tuzluluğu, toprak tuzluluğu, bitki su tüketimi ve verim ilişkileri

Deneme konularının tümüne mevsimlik olarak 852 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulama suyundaki tuzluluk düzeyinin artışına bağlı olarak bitki su tüketimi azalmış ve deneme konularına göre su tüketimi 932 ile 725 mm arasında değişmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme konularına uygulanan sulama suyu, mevsimlik bitki su tüketimi, verim, su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği

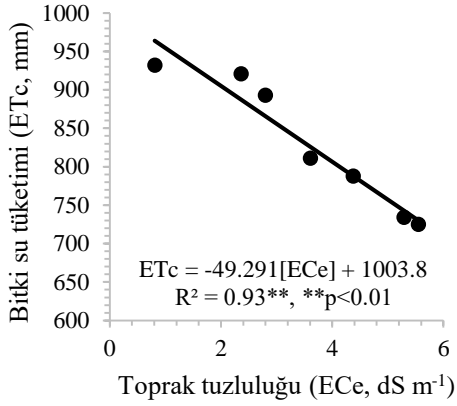
Table 1. Irrigation water applied to treatments, seasonal evapotranspiration, yield, water use efficiency, and irrigation water use efficiency

Tuzluluk düzeyi ($dS m^{-1}$)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Verim ($kg m^{-2}$)	Su kullanım etkinliği ($kg m^{-3}$)	Sulama suyu kullanım etkinliği ($kg m^{-3}$)
0.3	852	932	16.49 a	17.69 a	19.36 a
1.7	852	921	16.30 a	17.70 a	19.13 a
2.7	852	893	14.33 b	16.04 b	16.82 b
3.7	852	811	7.68 c	9.46 c	9.01 c
4.7	852	788	5.01 d	6.36 d	5.88 d
5.7	852	734	2.98 e	4.06 e	3.49 e
6.7	852	725	1.96 e	2.70 e	2.30 e
LSD (%5)	-	-	1.19	1.38	1.41

Toprak tuzluluğu ile mevsimlik bitki su tüketimi arasında negatif yönde doğrusal bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 1).

Deneme konularının tümüne aynı miktarda sulama suyu uygulanmasına karşılık bitki su tüketimi değerleri, sulama suyuna bağlı olarak toprak tuzluluk artışında azalma eğilimi göstermiştir. Bu durum, toprakta yeterince su

olmasına karşın, sulama suyu tuzluluk derecesine bağlı olarak bitkinin bu sudan yararlanamadığını göstermektedir.



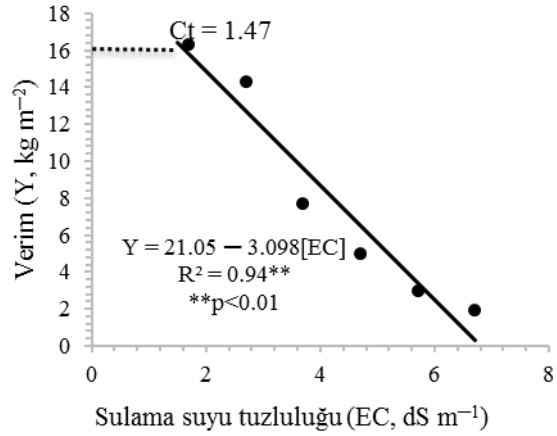
Şekil 1. Toprak tuzluluğu ile bitki su tüketimi ilişkisi

Figure 1. Relationship between soil salinity and evapotranspiration

Yurtseven (2000), tuzluluk ve bitki su tüketimi arasındaki ilişkileri araştırmış, tuzluluktaki artışın patlıcan bitkilerinin bitki su tüketimini azalttığını belirlemiştir. Yıkama oranı (LF), yüksek tuzluğun uygulandığı 5.7 ve 6.7 dS m⁻¹ konularında LF = 0.15 ile en yüksek orana sahip iken 4.7 ve 3.7 dS m⁻¹ konularında sırasıyla 0.09 ve 0.06 olarak belirlenmiş, düşük tuzluluk düzeylerinde (0.3, 1.7 ve 2.7 dS m⁻¹) ise derine sızma oluşmamıştır. Ortalama yıkama oranı LF = 0.07 olarak saptanmıştır. Ünlükara ve ark. (2010), patlıcan üzerine farklı tuzluluk düzeylerinin etkilerini araştırdığı çalışmada, yıkama oranını ortalama 0.14 olarak belirlemiştir.

Sulama suyu tuzluluğu ve bitki su tüketimi değerleri ile verim arasında bir değerlendirme yapıldığında en yüksek verim, kontrol (0.3 dS m⁻¹) konusunda 16.49 kg m⁻² olarak bulunurken, en düşük ise 1.96 kg m⁻² ile 6.7 dS m⁻¹'lik tuzluluk düzeyinde elde edilmiştir (Çizelge 1). Sulama suyu tuzluluk düzeyi arttıkça hıyar verimleri azalmıştır. Yapılan regresyon analizleri sonucunda, sulama suyu tuzluluğu ile verim arasında $Y = 21.05 - 3.098[EC]$ biçiminde $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir

eşitlik elde edilmiş ve verimin azalmaya başladığı sulama suyu tuzluluk eşik değeri $C_t = 1.47$ dS m⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Sulama suyu tuzluluk eşik değeri ve tuzluluk verim ilişkisi

Figure 2. Threshold value of irrigation water salinity and relationship between the salinity and yield

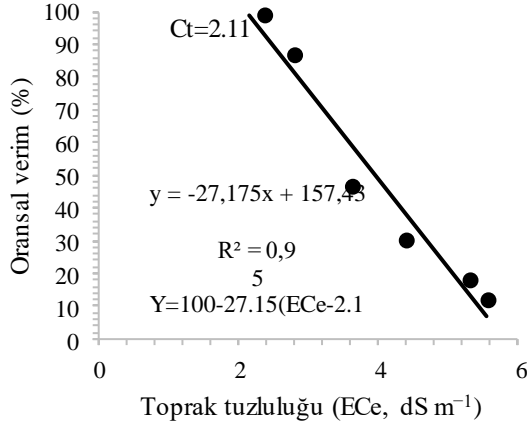
Bununla birlikte, sulama suyu tuzluluk düzeyinin 1.7 dS m⁻¹'ye kadar yükselmesi meyve veriminde istatistikî olarak önemli değişim meydana getirmemiş, bu değer üzerinde artan sulama suyu tuzluluğu verimi istatistikî bakımdan önemli miktarda azaltmıştır (Çizelge 2). Bu çalışmadan elde edilen bulgulara paralel olarak, hıyarda yapılan benzer bir çalışmada, tuz miktarı yüksek koşullarda yetiştirilen hıyarda önemli verim kayıplarına rastlandığı bildirilmiştir (Kere ve ark., 2013). Daha önce yapılan bir çok çalışmada da, tuz stresine maruz kalan hıyar bitkilerinde verimin önemli miktarda azaldığı rapor edilmiştir (Maas ve Hoffman, 1977; Jones, 1989; Martinze ve Gerda, 1987; Chartoulakis ve ark., 1994; Al-Harbi ve ark., 2001). Tuz stresinin verim üzerine olumsuz etkileri; havuç (Maas, 1986), patlıcan (Shalhevet ve ark., 1983), biber (Chartoulakis ve Klapaki, 2000), karnabahar (Yadav ve Paliwal, 1990; De Pascale ve ark., 2005), patates (Ayers ve Westcot, 1985), domates (Ciobanu ve Sumalan, 2009) ve bamya (Ünlükara ve ark., 2008) gibi diğer sebzelerde de belirlenmiştir.

Çizelge 2.Sulama suyu tuzluluğunun meyve çapı, meyve boyu, tek meyve ağırlığı, meyve su içeriği ve suda çözünür kuru madde üzerine etkisi

Table 2.Effect of irrigation water salinity on fruit diameter, fruit length, fruit size, juice content and soluble solids

Tuzluluk düzeyi (dS m ⁻¹)	Meyve çapı (cm)	Meyve boyu (cm)	Tek meyve ağırlığı (g)	Meyve su içeriği (%)	Suda çözünür kuru madde (%)
0.3	5.54 a	16.45 a	162.17 a	94.67 a	2.37 bc
1.7	5.65 a	16.17 a	163.00 a	94.33 a	2.62 ab
2.7	5.57 a	15.33 a	146.33 b	92.50 a	2.65 ab
3.7	5.10 b	12.67 b	109.83 c	86.17 b	2.73 a
4.7	4.63 c	13.00 b	92.67 d	83.67 b	2.14 c
5.7	4.50 c	10.00 c	79.83 e	76.33 c	1.63 d
6.7	3.25 d	8.00 d	67.17 f	72.17 d	1.35 d
LSD (%5)	0.21	1.39	6.02	2.86	0.33

Hasat sonunda, 0.3, 1.7, 2.7, 3.7, 4.7, 5.7 ve 6.7 dS m⁻¹'lik tuzlu su uygulamaları sonucunda toprak tuzluluğu (EC) değerleri sırasıyla 0.81, 2.36, 2.80, 3.61, 4.38, 5.29 ve 5.55 dS m⁻¹ olarak saptanmıştır. Buna göre, yapılan regresyon analizi sonucunda, toprak tuzluluğu ile oransal verim arasında $Y = 100 - 27.15[E_{ce} - 2.11]$ biçiminde bir eşitlik elde edilmiştir (Şekil 3).



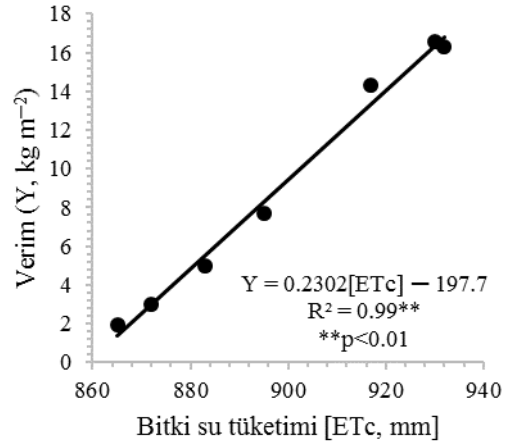
Şekil 3.Toprak tuzluluğu eşik değeri ve tuzluluk verim ilişkisi

Figure 2. Threshold value of soil salinity and relationship between the salinity and yield

Bu sonuca göre, toprak tuzluluğu eşik değeri $C_t = 2.11$ dS m⁻¹ ve eşik sonrası birim toprak tuzluluğu için verim kaybı eğimi %27'dir. Maas ve Hoffman, (1977), hıyar bitkisi için toprak tuzluluğu eşik değerini 2.5 dS m⁻¹ ve söz konusu eğimi %13 olarak saptamıştır.

34

Bu çalışmada, mevsimlik bitki su tüketimi ile verim arasında pozitif doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 4).

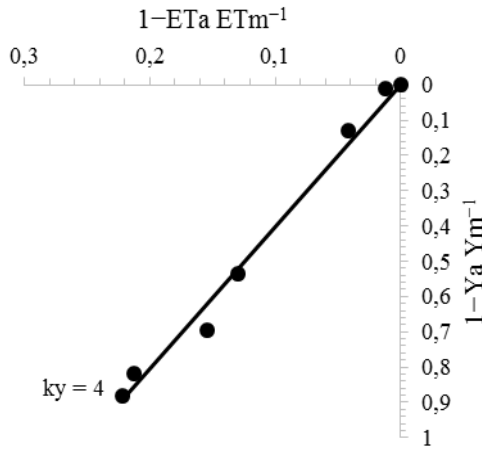


Şekil 4. Mevsimlik bitki su tüketimi ve verim arasındaki ilişki

Figure 4. Relationship between seasonal evapotranspiration and yield

Söz konusu tüm regresyon eşitliklerinin R² değerleri 0.90'ın üzerindedir. Bu sonuçlar, verim ile mevsimlik bitki su tüketimi ve sulama suyu tuzluluğu arasında iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bitki su tüketimindeki azalma oranına karşılık verimdeki azalma oranının bir ölçütü olan verim tepki etmeni $k_y = 4$ olarak saptanmıştır (Şekil 5). Bu sonuç, bitki su tüketimindeki %10'luk bir azalmanın %40 düzeyinde verim düşüşüne neden olacağını göstermektedir. Dolayısıyla tuzluluktan

kaynaklanan su stresine karşı hıyar son derece duyarlıdır.



Şekil 5. Oransal verim azalması ($1 - Y_a Y_m^{-1}$) ile oransal mevsimlik bitki su tüketimindeki azalma ($1 - SET_a SET_m^{-1}$) arasındaki ilişki

Figure 5. Relationship between relative yield decrease ($1 - Y_a Y_m^{-1}$) and seasonal relative evapotranspiration deficit ($1 - SET_a SET_m^{-1}$)

Sulama suyu tuzluluğu, su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 1). En yüksek WUE ve IWUE değerleri kontrol ve 1.7 dS m^{-1} konularından elde edilirken artan tuzluluk düzeylerinde hem WUE hem de IWUE değerleri azalmıştır.

3.2. Sulama suyu tuzluluğu ile bazı meyve özellikleri arasındaki ilişkiler

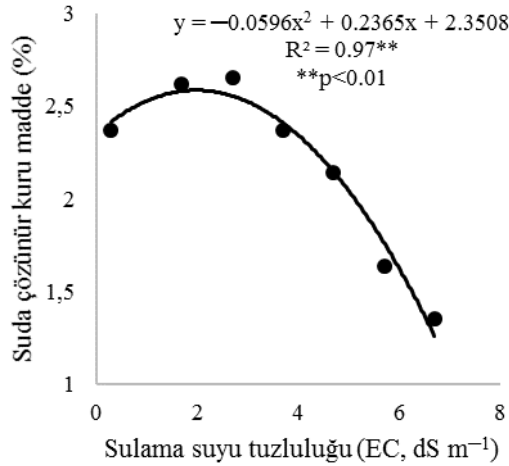
Bu çalışmada hıyar bitkilerine farklı tuz konsantrasyonları içeren sulama suları uygulanmış ve çalışma sonunda meyve çap ve boy, tek meyve ağırlığı, değerlerine ait sayısal veriler ve bunların istatistikî analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, farklı tuz konsantrasyonlarının hıyar bitkisinin meyve çap ve boy değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, tuz konsantrasyonlarının 2.7 dS m^{-1} 'ye kadar yükselmesi meyve çap ve boyunda istatistikî olarak önemli değişim meydana getirmemiş, bu

noktadan sonra artan tuz konsantrasyonları ile birlikte meyve çap ve boyu önemli miktarda azalmıştır. Tek meyve ağırlığında da benzer sonuçları görmek mümkün olmuştur. Düşük tuz konsantrasyonları (kontrol ve 1.7 dS m^{-1}) uygulanmış hıyar bitkilerinin meyve ağırlıklarında istatistikî açıdan önemli farklılık bulunmamıştır. Buna karşın, tuz konsantrasyonunun 2.7 dS m^{-1} ve üzerine çıkarılması ile meyve ağırlıklarının önemli miktarda azaldığı belirlenmiştir. Bu denemede tuz konsantrasyonlarının artması ile gerek meyve çap ve boyunun azalması gerekse tek meyve ağırlığı arasındaki negatif ilişkiler hıyar bitkilerinde yapılmış diğer araştırmalar ile uyum içerisinde bulunmaktadır (Chartzoulakis, 1991; Chartzoulakis ve ark., 1995; Folegetti ve Blanco, 2000; Alsodan ve ark., 2004). Sonneveld ve Van Der Burg (1991) artan tuz konsantrasyonlarının sivri biberde meyve sayısını ve buna bağlı olarak verimi düşürdüğünü bildirmişlerdir. Tuzluluğun arttığı durumlarda bitki boyu, yaprak sayısı ve alanı, yaş ve kuru ağırlıklar, meyve büyümesi, meyve sayısı azalmaktadır (Chartzoulakis, 1994). Scholberg ve Locascio (1999) göre yüksek tuz konsantrasyonları domates bitkilerinde meyve sayısını, meyve ağırlığını, verim ve pazarlanabilir verimi önemli ölçüde düşürmektedir.

Hıyar meyvelerinde, meyve su miktarı kaliteyi tayin eden özelliklerin başında gelir ve meyveler yüksek miktarda su içermektedir (Şalk ve ark., 2008). Tuzlu topraklarda toprak su potansiyeli ve alınabilir su miktarı azalmaktadır (Lloyd ve ark., 1989). Su alımının azalması da ciddi fizyolojik fonksiyon bozuklukları ortaya çıkarmakta, bitkinin vejetatif ve generatif gelişimini kısıtlamakta, dölleme bozukluklarına, meyvelerin küçük kalmasına neden olmaktadır (Dölarslan ve Gül, 2012). Ayrıca, yetersiz su alımı meyvede ağırlık kaybına, buruşma, kırışma ve büzümeye sebep olmaktadır. Yapılan bu çalışmada tuz konsantrasyonunun 2.7 dS m^{-1} kadar yükselmesi meyve oransal su içeriğinde istatistikî olarak önemli bir değişim meydana getirmemiştir. Tuz konsantrasyonunun 2.7 dS m^{-1} üzerine çıkartılması ile hıyar meyvelerinde önemli miktarda su kayıplarına rastlanmıştır. Meyvelerde

en düşük oransal su içeriği 6.7 dS m^{-1} uygulamasında bulunmuştur (Çizelge 2). Bu bulgulara benzer olarak, Winconsin hıyar çeşidinin oransal su içeriği uygulanan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak önemli miktarda düştüğü Stepien ve Klobus (2006) tarafından bildirilmiştir. Tuz stresi domates (Noshadi ve ark., 2013), karpuz ve kavun meyvelerinde (Zong ve ark., 2011) ıspanakta (Renault ve ark., 2001) ve pırasa (Turhan ve ark., 2014b) bitkilerinde de önemli miktarda su kayıplarına neden olmuştur.

Tuzluluk, meyvenin suda çözünür kuru madde ve asit içeriğini artırarak meyve kalitesinde artış meydana getirmektedir (Zong ve ark., 2011). Artan tuzluluk ile birlikte, bitki kuru madde miktarında azalma olmasına rağmen meyve kuru madde miktarı önemli miktarda artış göstermektedir (Adams ve ark., 1995). Çizelge 2'den de izlenebileceği gibi, meyve suda çözünür kuru madde içerikleri 3.7 dS m^{-1} tuz konsantrasyonuna kadar istatistikî olarak önemli miktarda artış göstermiştir.



Şekil 6. Sulama suyu tuzluluğu ile suda çözünür kuru madde arasındaki ilişki

Figure 6. Irrigation water salinity versus soluble solids

Nitekim hıyar meyvelerinde en yüksek suda çözünür kuru madde içeriği 3.7 dS m^{-1} uygulamasında bulunmuştur. Sulama suyu tuzluluğu ile suda çözünür kuru madde arasında 2.dereceden polinom biçiminde bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 6). Bu araştırmadaki bulgulara paralel olarak, Cramer ve ark. (2001) ve

Campos ve ark. (2006) domates ve Keutgen ve Pawelzik (2007) çilek meyvelerinde tuzluluğun suda çözünür madde içeriklerini arttırdığını bildirmişlerdir. Sakamoto ve ark. (1999) ise suda çözünür kuru madde miktarındaki artışı, tuzlu koşullarda meyveye su iletiminin azalmasına bağlamışlardır. Buna karşın, tuz konsantrasyonunun 3.7 dS m^{-1} 'nin üzerine çıkarılması ile keskin bir düşüş gösteren suda çözünür kuru madde içeriklerindeki azalma, tuz konsantrasyonlarındaki artış ile artarak devam etmiştir. Francois (1994) ve Turhan ark. (2014a) sarımsak, Turhan (2014b) pırasada yaptıkları çalışmalarda, düşük tuz dozlarının suda çözünür kuru madde içeriklerini etkilemediğini, orta ve yüksek tuz dozlarının suda çözünür kuru madde miktarını önemli miktarda azalttığını tespit etmişlerdir.

4. Sonuç

Tuz stresi konusunda daha önce yapılan çalışmalarda, ekonomik nedenlerden dolayı daha çok verim üzerine odaklanılmıştır. Bu araştırmada, hıyar bitkisine uygulanan farklı tuzluluk düzeylerinin verim ve meyve özellikleri üzerine etkisinin yanı sıra bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği üzerine etkileri ortaya konulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; sulama suyu ve toprak tuzluluğu eşik değerleri sırasıyla 1.47 ve 2.11 dS m^{-1} olarak hesaplanmış ve bu değerlerin üzerindeki tuzluluk seviyelerinde verim azalmalarının kaçınılmaz olduğu saptanmıştır. Ayrıca, artan tuzluluk bitki su tüketimini azaltmış ve bunun sonucunda verimdeki azalmaya bağlı olarak su ve sulama suyu kullanım etkinliği azalmıştır. Meyve çapı, boyu ve meyve su içeriği, 3.7 dS m^{-1} 'lik sulama suyu tuzluluğundan itibaren, tek meyve ağırlığı ise 2.7 dS m^{-1} 'ten itibaren önemli ölçüde azalmaya başlamıştır. Meyve kalitesinde belirleyici özelliklerden biri olan suda çözünür kuru madde, 3.7 dS m^{-1} 'e kadar artan tuzlulukla birlikte artış göstermiş, ancak daha yüksek dozlarda önemli miktarda azalmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilen veri, hıyar bitkisinin sulanmasında kullanılacak sulama suyunun tuzluluk açısından

kalitesinin değerlendirilmesinde yetiştiricilere rehber olabilir.

Kaynaklar

- Adams P, Serra G, Tognoni F and Leoni S (1995). Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponics systems. *Horticulturae*, 361, 245-257.
- Al-Harbi AR (1995). Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental by sodium chloride salinity and supplemental calcium. *Journal of Plant Nutrition*, 18(7), 1403-1416.
- Al-Harbi AR (2001). Effect of hydrophobic polymers and water quality on cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth. *Alex. Sci. Exchange*, 22, 15-24.
- Alsadon AA, Wahb-allah MA and Khalil SO (2004). Growth, yield and quality of three greenhouse cucumber cultivars in relation to type of water applied at different stages of plant growth. *International Conf. on Water Resources & Arid Environment*.
- Ayas S and Demirtaş Ç (2009). Deficit irrigation effects on cucumber (*Cucumis sativus* L. Maraton) yield in unheated greenhouse condition. *Journal of Food, Agri. and Environ.*, 7(3-4), 645-649.
- Ayers RS and Westcot DW (1985). Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage Paper No: 29, Rev. 1, FAO, Rome, Italy*.
- Ayyıldız M (1990). Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara, 282s.
- Campos CAB, Fernandes PD, Gheyi HR, Blanco FF, Goncalves CB and Campos SAF (2006). Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 63, 146-152.
- Ciobanu I and Sumalan R (2009). The effects of the salinity stress on the growing rates and physiological characteristics to the *Lycopersicon esculentum* specie. *Bull UASVM Hortic.*, 66, 616-620.
- Chartzoulakis KS (1991). Effects of saline irrigation water on germination, growth and yield of greenhouse cucumber. *Acta Horticulturae*, 287, 327-334.
- Chartzoulakis KS (1994). Photosynthesis, water relations and leaf growth of cucumber exposed to salt stress. *Scientia Horticulturae*, 59(1), 27-35.
- Chartzoulakis KS, Therios IN, Misopolinos ND, Noitsakis BI (1995). Growth, ion content and photosynthetic performance of salt-stressed kiwifruit plants. *Irrig. Sci.*, 16, 23-28.
- Chartzoulakis K and Klapaki G (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.*, 86, 247-260.
- Cramer MD, Oberholzer JA, Combrink NJJ (2001). The effect of supplementation of root zone dissolved inorganic carbon on fruit yield and quality of tomatoes (cv 'Daniela') grown with salinity. *Scientia Horticulturae*, 89, 269-289.
- De Pascale S, Maggio A and Barbieri G (2005). Soil salinization affects growth, yield and mineral composition of cauliflower and broccoli. *Eur. J. Agron.*, 23, 254-264.
- Doorenbos and Kassam A H (1979). Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper No: 33, Fao, Rome, 193p*.
- Dölerslan M ve Gül E (2012). Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(2), 56-59.
- El-Shraiy AM, Mostafa MA, Zaghlool SA and Shehata SAM (2011). Alleviation of salt injury of cucumber plant by grafting onto salt tolerance rootstock. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 1414-1423.
- Epstein E, Nortlyn JD, Rush DW, Kingbury RW, Keller DB, Cunnigham GA, Wrona AF (1980). *Saline Culture of Crops: A Genetic Approach. Sci.*, 210, 399-404.
- Ergene A (1982). Toprak bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267, Ders Kitapları Serisi No: 42, Erzurum.
- Folegatti MV and Blanco FF (2000). Vegetative development of grafted cucumber plants irrigated with saline water. *Scientia Agricola*, 57, 451- 457.
- Francois L E (1994). Yield and quality response of salt stressed Garlic. *Hortscience*, 29(11), 1314-1317.
- Jones RW, Pike LM, Yourman LF (1989). Salinity influences cucumber growth and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114, 547-551.
- Kanber R (1997). Sulama. Ç. Ü. Zir. Fak. Genel Yayın no: 174, Ders Kitapları Yayın no: 52, Adana.
- Kara T (2002). Irrigation scheduling to prevent soil salinization from a shallow water table. *Acta Horticulture*, 573, 139-151.
- Karadavut U (1997). Tuz stresinin bitkiler üzerine etkileri. *KÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 57-72.
- Kere GM, Guo Q, Shen J, Xu J, Chen J (2013). Heritability and gene effects for salinity tolerance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) estimated by generation mean analysis. *Scientia Horticulturae*, 159, 122-127.
- Keutgen A and Pawelzik E (2007). Modifications of taste-relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity. *Food Chem.*, 105, 1487-1494.
- Lloyd J, Kriedmann PE, Aspinall D (1989). Comparative sensitivity of 'Prior Lisbon' lemon and 'Valencia' orange trees to foliar sodium and chloride concentrations. *Plant Cell Environ.*, 12, 529-540.
- Maas EV and Hoffman GJ (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage, ASCE*: 115-134.
- Maas EV (1986). Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.*, 1, 12-26.
- Mao X, Liu M, Wang X, Liu C, Hou Z, Shi J (2003). Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the north China plain. *Agri. Water Manage.*, 61, 219-228.
- Martinze V and Gerda A (1987). Effect of nitrogen fertilization under saline conditions on tomato and cucumber 1. Yield and fruit quality. *Angles de Edafologia Agrobiologia*, 46, 1397-1408.
- Noshadi M, Fahandeh S, Sepaskhah AR (2013). Effects of salinity and irrigation water management on soil and tomato in drip irrigation. *International Journal of Plant Production*, 7(2), 1735-8043.

- Renault S, Croser C, Franklin JA and Zwiasek JJ (2001). Effects of NaCl and Na₂SO₄ on red-osier dogwood (*Cornus stolonifera* Michx) seedlings. *Plant Soil*, 233, 261-268.
- Sakamoto Y, Watanabe S, Nakashima T, Okano K (1999). Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74, 690-693.
- Scholberg JY and Locascio S (1993). Growth response of snap bean and tomato as affected by salinity and irrigation method. *HortScience*, 34 (2), 259-264.
- Shalhevet J, Heuer B and Meiri A (1983). Irrigation interval as a factor in the salt tolerance of eggplant. *Irrig. Sci.*, 4, 83-93.
- Sonneveld C and Van der Burg MM (1991). Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Neth. J. Agric. Sci.*, 294, 81-88.
- Stepien P and Klobus G (2006). Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. *Biologia Plant*, 50, 610-616.
- Stewart JI, Misra RD, Pruitt WO, Hagan RM (1975). Irrigating corn and sorghum with a deficient water supply. *Trans. ASAE*, 18, 270-280.
- Şalk A, Arın L, Deveci M ve Polat S (2008). Özel sebzeçilik. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tekirdağ, 448s.
- Tigchelaar EC (1986). Tomato breeding. In: Basset M.J. (ed.) *Breeding Vegetables Crops*, Westport, USA, 135-170pp.
- Tunçer N (2007). Patlıcanda tuza tolerans kalıtımı üzerine çalışmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 68 s.
- Turhan A, Kuscü H, Özmen N, Demir AS (2014a). Farklı tuzluluk düzeylerinin sarımsakta (*Allium sativum* L.) verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 20: 280-287.
- Turhan A, Kuscü H, Özmen N (2014b). Farklı tuzluluk düzeylerindeki sulama sularının pırasada verim ve bazı kalite parametrelerine etkisi. 10. Sebze Tarımı Sempozyumu, 2-4 Eylül 2014, Tekirdağ, 44 s. (Basımda).
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E (2008). Growth and evapotranspiration of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by salinity of irrigation water. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134(2), 160-166.
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E, Suarez DL (2010). Effects of salinity eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage*, 59, 203-2014.
- Üzen N, Ünlü M, Eylene M (2010). Diyarbakır koşullarında yetiştirilen pamuğun farklı seviyelerindeki tuz stresine gösterdikleri tepkilerin incelenmesi. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 29 Mayıs, 27 s.
- Vural H, Eşiyok D, Duman İ (2000). Kültür sebzeleri (Sebze yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 440s.
- Yadav BR and Paliwal KV (1990). Response of cauliflower to nitrogen and phosphorus fertilization on irrigation with saline waters. *Veg. Sci.*, 17, 1-6.
- Yurtseven E (2000). Patlıcanda (*Solanum melongena* L.) su tüketimine tuzluluğun etkisi. *Toprak Su Dergisi*. Sayı: 2, Ankara.
- Yurtseven E ve Baran HY (2000). Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının brokolide (*Brassica oleracea botrytis*) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. *Turk. J. Agric. For.*, 24(2), 185-190.
- Wang XJ (1998). Analysis of secondary salination in protected soils. *Northern Horticulture*, 3 (4), 12-13.
- Zhu JK (2001). Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci.*, 6, 66-71.
- Zong L, Tedeschi A, Xue X, Wang T, Menenti M, Huang C (2011). Effect of different irrigation water salinities on some yield and quality components of two field-grown Cucurbit species, *Turk J. Agric. For.*, 35, 295-307.