



Damla sulama uygulamalarının ceviz bahçelerinde toprak tuzluluğuna etkisinin belirlenmesi*

✉ Miray ÖTKEN, ✉ Tolga ERDEM**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

Özet

Bu çalışmada, damla sulama yöntemi altında farklı sulama suyu uygulamalarının ceviz bahçelerindeki toprak tuzluluğuna olan değişimleri incelenmiştir. Araştırma, Tekirdağ koşullarında 2019 yılında yürütülmüştür. Araştırmada ceviz ağaçlarına, 5 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerlerinin %75, 100 ve 125'inin uygulandığı üç farklı sulama suyu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Deneme konularına 18 kez sulama uygulaması ile birlikte 361,48 ile 602,44 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, deneme konularında bitki büyüme mevsimi boyunca ölçülen bitki su tüketimi değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak 575,98 ile 809,94 mm arasında değişmiştir. Günlük bitki su tüketimi değerleri ise 1,44 ile 8,67 mm/gün arasında ölçülmüştür. Çalışmada sulama uygulamaları ile birlikte toprak tuzluluğunun değişimine yönelik ölçümler sulama sezonu öncesinde, sulama sezonu ortasında ve sulama sezonu sonunda olmak üzere toplam 3 farklı zamanda ve 7 farklı örnekleme noktasından gerçekleştirilmiştir. A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinin %75'inin uygulandığı deneme konusunda sulama sezonu sonunda tüm profillerde toprak tuzluluğunun arttığı saptanmıştır. Ayrıca, sulama uygulamaları ile birlikte tüm deneme konularında genel olarak tuzluluk miktarının iki damlatıcı arasındaki profilde (3) ve iki lateralın tam ortasında bulunan profilde (2) arttığı görülmüştür. Araştırmada farklı sulama suyu uygulamalarının toprağın pH değerlerine olan etkisi de incelenmiştir. Elde edilen pH değerleri ölçüm yapılan tüm noktalarda sulama sezonu ortasında ve sonunda azalmıştır. Sonuçta, Trakya Bölgesinde toprak ve su kaynaklarının korunumu açısından özellikle sulama uygulamaları ile birlikte tuzluluk kontrolü için izleme ve kontrol aşamalarının önemli olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bitki su tüketimi, ceviz, toprak tuzluluğu, pH

Determination of the effect of drip irrigation applications on soil salinity in walnut orchards

Abstract

In this study, the changes in soil salinity in walnut orchards of different irrigation water applications under the drip irrigation method were investigated. The research was carried out in Tekirdag conditions in 2019. In the study, three different irrigation water applications were applied to walnut trees, in which 75, 100 and 125% of the evaporation values measured from the A class evaporation pot were applied during the 5 day irrigation interval. Irrigation water between 361,48 and 602,44 mm was applied to the treatments with 18 times irrigation application. As a result of the research, the evapotranspiration values measured during the plant growing season in the treatments varied between 575,98 and 809,94 mm depending on the amount of irrigation water applied. The daily evapotranspiration values measured between 1,44 and 8,67 mm day⁻¹. In the study, measurements for the change of soil salinity with irrigation practices were carried out at 7 different sampling points, in 3 different times, before the irrigation season, in the middle of the irrigation season and at the end of the irrigation season. It was determined that the soil salinity increased in all profiles at the end of the irrigation season in the experiment in which 75% of the evaporation values measured from the Class A pan were applied. In addition, it was observed that the amount of salinity increased in the profile between the two drippers (3) and in the profile (2) located in the middle of the two laterals in all trial subjects with irrigation applications. Also, the changes in soil pH values of different irrigation water applications were investigated. The obtained pH values decreased in the middle and end of the irrigation season at all measurement points. As a result, it has been revealed that monitoring and control stages are important for the control of salinity, especially with irrigation practices, in terms of the protection of soil and water resources in the Thrace Region.

Keywords: Evapotranspiration, walnut, soil salinity, pH

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Makale Miray ÖTKEN' in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

** Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (282) 250-2264

E-posta : terdem@nku.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 3 Mart 2022

Kabul Tarihi : 26 Mayıs 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1082142

Giriş

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artışı kolayca görülen bir gerçek olup beraberinde insanlığın temel beslenme gereksinimi ile ilgili sorunları ortaya çıkarmaktadır. Besin öğelerinin yalnızca miktarı değil; kalitesi, güvenilirliği ve doğal kaynakların korunumu da önemlidir. Dolayısıyla, kısıtlı doğal kaynakları altında tarımsal üretimin sürdürülmesi ne kadar önemliyse doğal kaynaklarının bozunumunun (degradasyonunun) önlenmesi de o kadar önemlidir. Tarımsal yetiştiricilikte bitkinin doğal gelişimini sağlayabilmek için beslenme ortamında yeterli miktarda nemim bulunması gerekmektedir. Toprak neminin kaynağını yağışlar veya yağışların yetersiz olduğu koşullarda ise sulamalar oluşturmaktadır. Doğal yağışlarla bu nemi sağlayabilen bölgelerde bitki gelişme mevsimi boyunca düşen yağışların miktarı ile dağılımı yeterli olmakta ve bitki su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Ancak kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmakta ve bitki su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Dolayısıyla, bitki kök bölgesindeki eksik nem sulama suyu ile tamamlanmaktadır (Gürgülü ve Ul 2017). Tarımsal sulamalarda, suyun toprağa farklı yöntemlerle verilmesi mümkündür. Günümüzde daha az sulama suyu, az işçilik, drenaj ve tuzluluk sorunu yaratmayacak, verim ve kaliteyi artıracak sulama yöntemlerinin kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Bu yöntemler içerisinde damla sulama yöntemi ön plana çıkmaktadır.

Toprak tuzluluğu özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde özellikle drenaj eksikliği görülen alanlarda görülmektedir. Önlem alınmadığı durumda ve sulamanın yapılması halinde tuzlanma çok daha hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Sulama ile toprakta çözünebilir tuzlar, kapilarite ile yukarı taşınmakta ve toprakta birikmektedir. Sulamanın yanlış uygulanması, yeterli drenajın olmaması veya sulama suyunda yüksek miktarda eriyebilir tuzların bulunması tuzlanmanın diğer nedenleri arasında sayılmaktadır (Ergene, 1982; Kwiatowsky, 1996; Kara, 2002; Deliboran ve Şavran 2015). Tuzluluk dünya çapında bir sorun haline gelmiştir ve her sene 10 milyon ha arazi tuzluluk problemi nedeniyle elden çıkmaktadır (Kwiatowsky, 1996). Tuzlu sulama suyu koşullarında, her ne kadar toprak suyunda erimiş tuzların neden olduğu ozmotik basınç yüksek olsa da büyüme mevsimi süresince daima yüksek toprak nemi söz konusu olduğundan, suyun toprak taneleri tarafından tutulma gücü (matrik tansiyonu) düşük düzeyde olmaktadır. Bu iki değer toplamı olan toprak nem geriliminde bitki, suyu kökleri ile alabilmektedir. Sonuçta, yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerinde uygulanamayacak kadar tuzlu olan sulama suyu, damla sulama yönteminde uygulanabilmektedir. Damla sulama yönteminde, son derece düşük kapasiteli su kaynaklarından dahi yararlanılabilir (Güngör ve ark., 2012). Böylece, tuzlu toprak koşullarında, damla sulama yöntemi altında, toprak tuzluluğuna duyarlı bitkiler bile güvenle yetiştirilebilir.

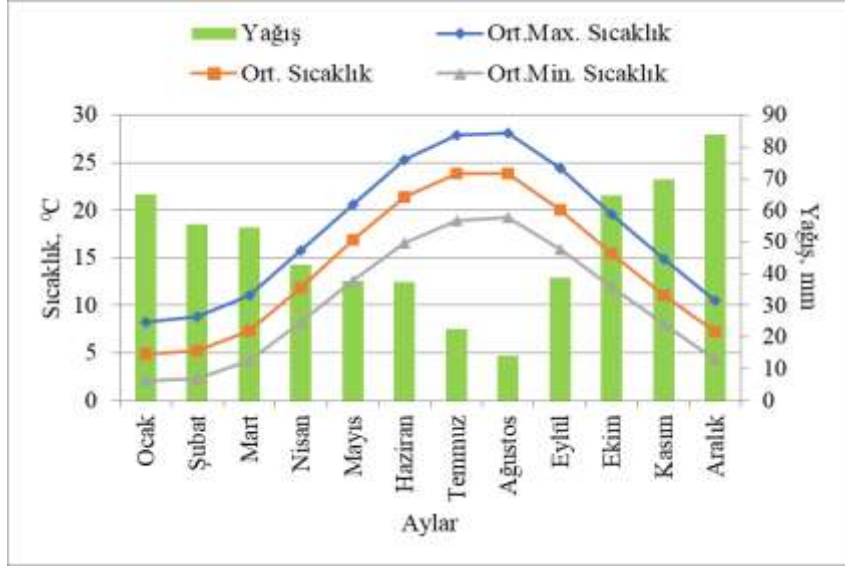
Ülkemiz, dünya üzerinde bulunan coğrafi konumu sebebiyle tropik bahçe bitkileri hariç bütün meyve türleri için oldukça elverişli bir iklime sahiptir. Bu bakımdan ülkemiz, bahçe bitkileri kültürünün doğuş yeri, dünyada yetişen birçok meyve çeşidinin anavatanı durumundadır (Ağaoğlu ve ark., 1997). Türkiye’de yetiştirilmekte olan meyve türlerinin ciddi bir kısmını ılıman iklim meyveleri oluşturmaktadır. Bunlar içerisinde üzüm, elma, fındık, armut, şeftali, kayısı, erik, kiraz, ceviz, kestane, ayva, badem, antep fıstığı gibi türler yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ceviz eski çağlardan beri beslenme ve medikal alanlarda değerlendirilen önemli bir bitkidir. Besin değeri açısından oldukça değerli olan ceviz, tiamin, vitamin B6 ve folacin vitaminlerini bulundurmaktadır. Öte yandan demir, çinko, bakır, magnezyum, fosfor ve potasyum miktarı bakımından da zengindir. Yüksek düzeyde protein içermesi (100 g iç cevizde 14 g protein) beslenmede ceviz bitkisini önemini artırmaktadır. Sert ve yeşil kabuğu, kökü, meyvesi, yaprağı ve gövdesiyle her aksamı yararlı bir şekilde kullanılabilen cevizin dünya ve ülkemiz için yetiştiriciliği çok önemlidir. Beslenme konusunun dışında mobilya, ilaç, kozmetik ve boya endüstrisinde de kullanılması cevizin ekonomik katma değerini de yükseltmektedir (Tekintaş ve ark., 1991; Akça, 2016).

Cevizin gen merkezi ve anavatanları içerisinde bulunan Türkiye ceviz varlığı olarak dünyada önemli bir konumda olmasına karşın, üretim ve ihracat yönünden beklenen noktada değildir. Türkiye 2018/19 yılında 30 bin ton ihracat ve 103 bin ton ithalat yapmıştır. Ülkemizde yıllık ceviz üretim miktarı 2018/19 verilerine göre 215 bin ton civarında olup ortalama verimin 22 kg/ağaç olduğu görülmektedir (TÜİK, 2020). Ülkemizde ceviz ağaçlarından elde edilen verim değerlerinin diğer ülkelerden daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun AR-GE çalışmalarına çok geç başlamamız, aşılı çeşitlere daha yeni geçmemiz, özellikle sulama, budama ve gübreleme işlemlerinin tekniğine uygun yapılmamasından kaynaklandığı söylenebilir.

Bu çalışmada son yıllarda ülkemiz ve Trakya Bölgesi koşullarda giderek artan ceviz bahçelerinde damla sulama uygulamaları altında topraktaki tuz değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçların özellikle toprak ve su kaynaklarının planlanmasında ve izlenmesinde önemli olacağı düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2019 yılında Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçe merkezinde yer alan Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nde bulunan ceviz bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Deneme alanı 40°59' kuzey enlem derecesi ile 27°29' doğu boylam derecesinde olup denizden yüksekliği 44 m'dir. Enstitü tarım alanının toplamı 979 da bu alanın %91'inde araştırma ve üretim faaliyetleri devam etmektedir. Alanın %75'inde sulu tarım yapılabilmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü alan yarı kurak bir iklim kuşağı içinde yer almaktadır. Uzun yıllar ortalamalarına göre, yıllık ortalama sıcaklık 14,1°C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 5,0°C ile Ocak, en sıcak ay ise 24,0°C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Yıllık 580,8 mm olan ortalama yağış miktarının çoğunluğu Ekim ile Nisan ayları arasındaki dönemde düşmektedir. Yıllık ortalama bağıl nem %76,9'dur. Yıllık rüzgâr hızının 2 m yükseklikteki ortalama değeri 2,90 m/s'dir. Ayrıca, Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi

Araştırma alanının 2 farklı yerinde açılan toprak profillerinden alınan toprak örneklerinde yapılan fiziksel analizler sonucunda toprağın bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Blake (1965) ve Benami ve Diskin (1965)' de açıklanan esaslara göre belirlenmiş ve ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede verilen değerler incelendiğinde, deneme arazisinin killi tın ve killi toprak bünye sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bozulmamış toprak örneklerinden belirlenen hacim ağırlığı değerleri ise 1,49-1,61 g/cm³ aralığında değişmiştir. Toprağın gerçek su alma hızı değerini belirlemek için kullanılan çift silindir infiltrometre ölçmeleri sonucunda su alma hızı 12 mm/h olarak ölçülmüştür. Toprak verimliliğinin belirlenmesi amacıyla 0-20 cm ve 20-40 cm aralığındaki derinliklerden alınan toprak örneklerinin analizi yapılmıştır. Yapılan bu analize ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Denemede ceviz ağaçlarının sulanmasında kullanılacak sulama suyuna iki farklı noktadan alınan örneklerde yapılan sulama suyu analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgede görüleceği gibi sulama suyunun kalite sınıfı T2S1 olarak belirlenmiştir. Bu değere göre, mevcut sulama suyunun ceviz ağaçlarının sulanmasında kullanılabilmesi belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Tarla kapasitesi (%)	Tarla kapasitesi (mm)	Solma noktası (%)	Solma noktası (mm)	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	Kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm)
0-30	Killi-Tın	26,01	116,26	17,9	80,06	1,49	36,20
30-60	Killi-Tın	28,45	134,85	19,7	93,43	1,58	41,42
60-90	Kil	31,76	153,40	22,9	110,90	1,61	42,50
90-120	Kil	30,17	143,01	21,1	100,25	1,58	42,70
0-90			404,51		284,39		120,12
0-120			547,52		384,64		162,36

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Profil derinliği (cm)	Su ile doygunluk (%)	EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	pH	Kireç CaCO_3 (%)	Fosfor P_2O_5 (kg/da)	Potasyum K_2O (kg/da)	Organik madde (%)
0-20	58	579	7,62	13,4	5,30	109,3	0,86
20-40	58	573	7,77	11,4	0,39	68,0	1,12

Çizelge 2. Sulama suyu analiz sonuçları

Örnek no	Sulama suyu sınıfı	EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	SAR	pH	Katyonlar (me/L)			Anyonlar (me/L)		
					Na^+	K^+	$\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$	HCO_3^{-1}	Cl^-	SO_4^{-2}
1	T_2S_1	720	0,87	7,7	1,40	0,12	5,16	6,00	0,41	0,27
2	T_2S_1	720	0,88	7,7	1,44	0,14	5,40	6,00	0,40	0,58

Deneme parsellerinin sulanmasında kullanılacak sulama suyu enstitüden geçen dereden sağlanmıştır. Su buradan basılarak bir havuzda toplanmış, oradan da bir pompa ile ceviz bahçesine iletilmiş ve damla sulama yöntemiyle uygulanmıştır. Depolama havuzundan pompa ile alınan sulama suyu, hidrosiklon, kum-çakıl filtre tankı ve disk elek filtrelerden oluşan kontrol biriminden geçtikten sonra 6 atm işletme basınçlı, 50 mm dış çaplı sert PE borular yardımı ile araştırma alanına iletilmiştir. Ayrıca, sistemde oluşan basıncı kontrol etmek amacıyla manometreler yerleştirilmiştir. Her bir deneme parselinde manifold boru hatları için 40 mm dış çaplı sert PE borular kullanılmıştır. Deneme parselleri içerisinde her ağaç sırasına 16 mm dış çaplı yumuşak PE borulardan oluşan çift sıra lateral boru hattı tertip edilmiştir. Ceviz ağaçlarının 5. yaşta olmasından dolayı bitki sıra arası ve üzerinde tam örtme yapmadığından tüm lateral boru hattı ıslatılmamıştır. Bu nedenle her ağaç başına taç genişliği dikkate alınarak karşılıklı olmak üzere 4'er adet toplam 8 adet basınç regüleli on-line damlatıcı yerleştirilmiştir. Damlatıcı debisi Yıldırım (2008)'de belirtilen esaslara göre toprağın bünyesi ve su alma hızı dikkate alınarak 4 L/h olarak seçilmiştir.

Araştırmada Tübitak Projesi (1140532 nolu) kapsamında Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisine Chandler çeşidi fidanlar 2015 yılının Mart ayı başında 8x8 m sıra arası ve sıra üzeri genişliklerinde dikilmiştir. Ceviz fidanlarının dikiminden itibaren bitkisel gözlemler yapılmış, buharlaşmanın arttığı ve topraktaki mevcut nemi 0-90 cm derinlikte %50 seviyelerinde olduğu Mayıs ayı sonlarında sulama uygulamaları damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma ceviz ağaçlarının 5 yaşında olduğu 2019 yıllarında yürütülmüştür. Ceviz ağaçlarından meyve verimleri 5. yıldan sonra başlamakta ve 8-10 yaş aralığında tam verim değerine ulaşmaktadır. Bu nedenle araştırmada ceviz ağaçlarından elde edilen verim değerleri dikkate alınmamıştır.

Araştırma, tesadüf blokları deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür ve deneme konuları rastgele dağıtılmıştır (Yurtsever, 1984). Araştırmada deneme konuları, bölge koşulları ve çiftçi uygulama dikkate alınarak seçilen ortalama 5 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının farklı oranlarının uygulanması şeklinde oluşturulmuştur.

Deneme konuları,

I1 konusu: Toplam buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı sulama uygulaması,

I2 konusu: Toplam buharlaşma miktarının %100'ünün uygulandığı sulama uygulaması,

I3 konusu: Toplam buharlaşma miktarının %125'inin uygulandığı sulama uygulaması biçiminde düzenlenmiştir.

Uygulanan sulama suyu miktarı 5 günlük yığışımlı buharlaşma değerlerinden yararlanılarak aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır (Kanber ve ark., 2004).

$$I = K_{pc} \times E_p \times P$$

Eşitlikte;

I : Uygulanacak sulama suyu miktarı (mm),

K_{pc} : Buharlaşma kabına bağlı katsayı,

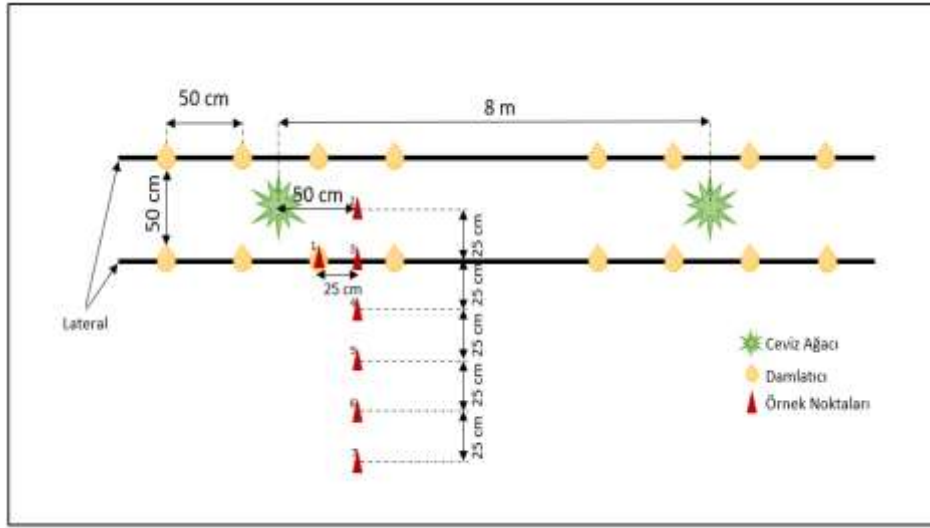
E_p : Yığışımlı buharlaşma miktarı, (mm),

P : Örtü yüzdesi (%), dir.

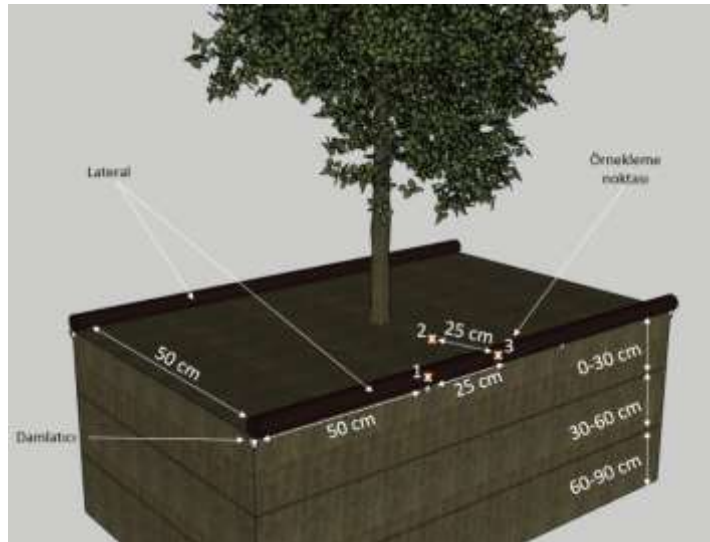
Bitki su tüketimi değerleri, bitki etkili kök derinliğine göre aşağıda verilen su bütçesi yaklaşımı ile hesaplanmıştır (Walker ve Skogerboe, 1987; James 1988). Bu amaçla, sulama uygulaması öncesi her bir deneme konusunda iki adet parselde 90 cm toprak derinliğinde her 30 cm'lik toprak katmanı için toprak nemi ölçülmüştür.

Araştırmada, topraktaki matriks potansiyeli değişimleri izlemek için watermark dijital nem sensörü kullanılmıştır. Ölçümlerde kullanılan sensörler Irrrometer firması tarafından üretilmiş SS 200 modeldir. Toprak matriks potansiyeli ölçümü için [Güngör ve Yıldırım \(1989\)](#)'da tansiyometreler için verilen ilkelere uygun olarak, bir bloktaki tüm konulara gelecek şekilde 30 cm, 60 cm ve 90 cm toprak derinlikte olacak şekilde her bir parsele 3'er adet nem sensörü yerleştirilmiştir.

Sulama suyu uygulamaları öncesi (17 Mayıs 2019), ortası (6 Ağustos 2019) ve sonrası (11 Eylül 2019) topraktaki tuz dağılımının belirlenmesi amacıyla Şekil 2'de gösterildiği gibi toprak örnekleri alınmıştır. Şekilden görüleceği gibi yedi farklı noktadan üç farklı derinlikten olmak üzere toplam 21 noktada topraktaki tuz miktarı değişimleri incelenmiştir. Topraktaki tuz miktarı değişimleri sulama sezonu başlangıcı, sulama sezonu içerisinde ve sulama sezonu sonunda olmak üzere toplam 3 kez ölçülmüştür. Şekil 3'de belirtilen derinliklerden alınan toprak örnekleri kurutulduktan sonra 2 mm çapındaki elekten elenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri, 1/2,5 oranında saf su ile sulandırılan toprak süspansiyonlarında kondüktivimetre ile ölçülmüştür ([Sağlam, 2008](#); [Kesmez, 2009](#)). Ayrıca, pH değerleri pH metre aleti ile belirlenmiştir ([Bulut, 2011](#)).



Şekil 2. Örnekleme noktalarının konumu



Şekil 3. Örnekleme noktalarının derinlik boyutunda değişimi

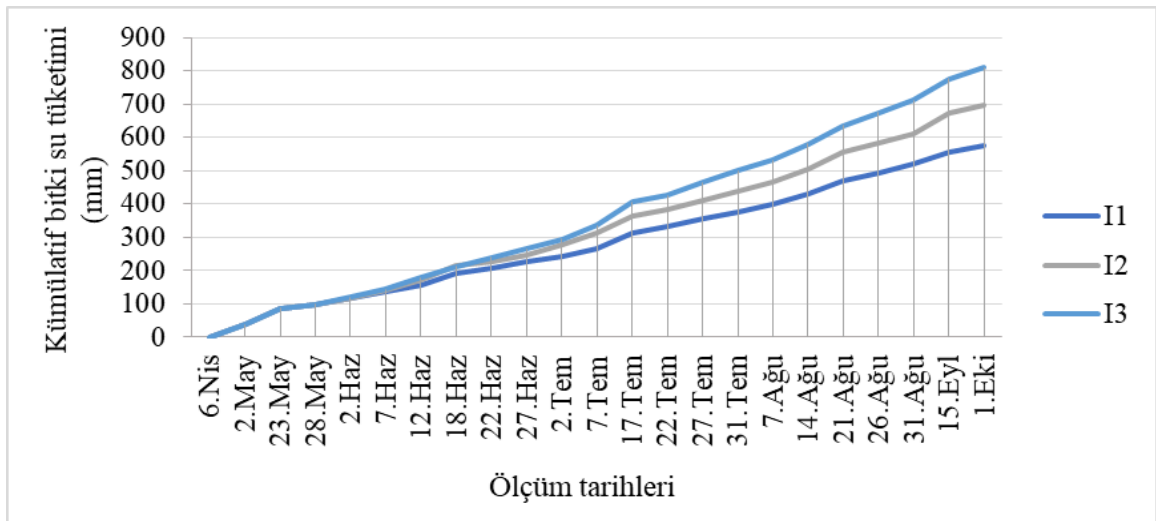
Bulgular ve Tartışma

Sulama sezonu boyunca A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen toplam açık su yüzeyi buharlaşma miktarı 23 Mayıs 2019 ile 31 Ağustos 2019 tarihleri arasında 481,92 mm olmuştur. Uygulanan sulama suyu miktarlarına bakıldığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %100'ünün uygulandığı I₂ deneme konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı da 481,92 mm'dir. Ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I₁ deneme konusuna 361,48 mm, %125'inin uygulandığı I₃ deneme konusuna ise 602,44 mm toplam sulama suyu uygulanmıştır. Deneme

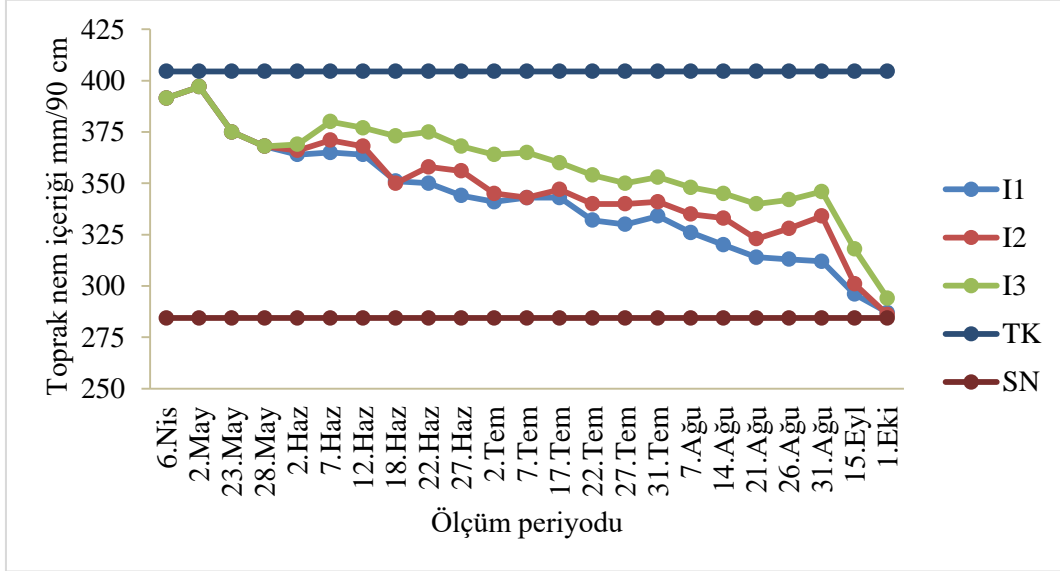
konularına, projede öngörüldüğü üzere 10 kez 5 gün sulama aralığında, 3 kez 7 gün, 1 kez 6 gün, 3 kez 4 gün ve 1 kez 3 gün sulama aralığında olmak üzere toplam 18 sulama uygulaması yapılmıştır. Sulama aralığındaki farklılıkların nedeni yağış rejimindeki düzensizliklerden dolayıdır. Ayrıca, toprak nem ölçümlerinin başlandığı 6 Nisan 2019 ile sonlandırıldığı 26 Eylül tarihleri arasında 110 mm yağış kaydedilmiştir. Toprak nem ölçümleri, sulama uygulamalarına başlanıncaya kadar hava koşullarının elverdiği sürece, sulama uygulamaları ile birlikte ise sulama önceleri 90 cm toprak derinliğinde gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Her bir deneme konusu için elde edilen 90 cm toprak derinliği için kuru ağırlık cinsinden hesaplanan toprak nemi değerleri, uygulanan sulama suyu miktarları, ölçülen yağış değerleri dikkate alınarak hesaplanan bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4 ve Şekil 4’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, deneme konuları arasında ölçüm periyodu boyunca toplam bitki su tüketimi 575,98 mm ile 809,94 mm arasında değişmiştir. Araştırmada, mevsimlik bitki su tüketimi A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %100’ünün uygulandığı I₂ deneme konusunda 697,42 mm, %75’inin uygulandığı I₁ deneme konusunda 575,98 mm ve %125’inin uygulandığı I₃ deneme konusunda ise 809,94 mm olarak elde edilmiştir. Bitki su tüketimlerinin uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Diğer yandan sulama uygulamaları öncesinde her bir deneme konusunda 90 cm derinlikte ölçülen mevcut toprak nemi değerleri Şekil 5’de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, sulama öncesi toprak nemi değişimleri uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak değişmiştir. Sulama öncesi toprak nemi değerlerinin tarla kapasitesi ile solma noktası değerleri arasında kaldığı tespit edilmiştir. Deneme konularından elde edilen günlük bitki su tüketimi sonuçları I₁ konusunda 1,44-5,52 mm/gün aralığında, I₂ konusunda 1,44-7,29 mm/gün arasında, I₃ konusunda 1,44-8,67 mm/gün arasında elde edilmiş. En yüksek günlük bitki su tüketimi değerlerinin Temmuz-Ağustos ayları arasındaki periyotta elde edildiği görülmüştür. Deneme konularında toprak matriks potansiyeli değerleri 15 cm derinlikte I₁ konusunda 54,9 cb, I₂ konusunda 57,8 cb, I₃ konusunda 55 cb ortalama değerini aldığı görülmektedir. 45 cm derinlikteki sonuçlar incelendiğinde I₁ konusunda 53,9 cb, I₂ konusunda 57,6 cb, I₃ konusunda 54,5 cb ortalama değerleri elde edilmiştir. Sulama suyu miktarının artmasıyla özellikle 45 ve 75 cm derinlikteki watermark sensörlerinden okunan toprak matriks potansiyeli değerlerinde azalmalar meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 4. Deneme konularına göre uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimi

Deneme konusu	Topraktaki nem	Yağış	Uygulanan toplam	Ölçülen mevsimlik
Ölçüm yöntemi	Sulama suyu miktarları	değişimi (mm)	değişimi (mm)	ölçülen bitki su tüketimi (mm)
A kap	%75 (I ₁)	104,50	361,48	575,98
	%100 (I ₂)	105,50	481,92	697,42
	%125 (I ₃)	97,50	602,44	809,94



Şekil 4. Deneme konularına göre elde edilen kümülatif bitki su tüketimi değerleri



Şekil 5. Ölçüm periyodu boyunca sulama öncesi topraktaki nem değişimleri

Araştırmada topraktaki tuz değişimlerinin belirlenmesi amacıyla 3 farklı sulama suyu uygulamasında (I₁, I₂ ve I₃), üç farklı toprak derinliğinde (15, 45, 75 cm) ve 7 farklı ölçüm noktasında (1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7) olmak üzere sulama sezonu öncesinde (SÖ) 17 Mayıs 2019' da, sulama sezonu ortasında (SO) 6 Ağustos'ta ve sulama sezonu sonunda (SS) 11 Eylül'de toprak örnekleri alınmıştır. Her bir deneme konusu için her örnekleme noktasında sulama sezonu başlangıcı ile sulama sezonu sonrasında topraktaki tuz miktarlarındaki değişim miktarları Çizelge 5' de verilmiştir.

Çizelge 5. Deneme alanı topraklarında EC değerlerinin sulama öncesi ile sonrasındaki değişimi ($\mu\text{mhos/cm}$)

Deneme konusu	Derinlik (cm)	Örnekleme noktası						
		1	2	3	4	5	6	7
I ₁	15	61	108	69	6	-15	-4	-34
	45	34	78	42	-6	4	-6	-8
	75	13	89	28	-23	-14	-25	-21
Ortalama		36	91,67	46,33	-7,67	-8,33	-11,67	-21
I ₂	15	-11	101	117	36	-5	-6	25
	45	-5	84	88	-9	-27	0	-17
	75	26	51	0	64	8	-30	-14
Ortalama		3,33	78,67	68,33	30,33	-8	-12	-2
I ₃	15	11	82	13	4	-9	47	7
	45	-14	39	32	-1	8	-26	-35
	75	25	86	35	11	-28	-17	-26
Ortalama		7,33	69	26,67	4,67	-9,67	1,33	-18

Sulama sezonu öncesinde ölçülen toprak tuzluluk değerlerinin üç derinlik için ortalama tüm ölçüm noktalarında I₁ deneme konusu için 196,67 $\mu\text{mhos/cm}$, I₂ deneme konusu için 215,00 $\mu\text{mhos/cm}$ ve I₃ deneme konusu için 195 $\mu\text{mhos/cm}$ olarak ölçülmüştür. Sulama sezonu öncesi araştırma alanında farklı toprak derinliğindeki mevcut toprak tuzluluk değerleri incelendiğinde, en yüksek oranların I₁ deneme konusu için 201 $\mu\text{mhos/cm}$, I₂ deneme konusu için 218 $\mu\text{mhos/cm}$ ve I₃ deneme konusu için 195 $\mu\text{mhos/cm}$ ile 45 cm toprak derinliğinin ön plana çıktığı görülmektedir.

Sulama sezonu ortasında ölçülen değerler incelendiğinde, tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalaması olarak toprak tuzluluğu değerlerinin I₁ deneme konusunda 154,67 ile 225,33 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında, I₂ deneme konusunda 148,33 ile 188,00 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında ve I₃ deneme konusunda 155,33 ile 192,67 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları açısından sulama sezonu ortasında ölçülen toprak tuzluluğu değişimleri incelendiğinde özellikle I₂ ve I₃ deneme konularında sulama sezonu öncesinde ölçülen toprak tuzluluğu değerlerine göre tüm toprak derinliklerinde azalış olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının

%75'inin uygulandığı I₁ deneme konusunda ise sulama sezonu ortasında ölçülen toprak tuzluluğu değerlerinin sulama sezonu öncesinde ölçülen değerlere göre 75 cm derinlik hariç arttığı gözlemlenmiştir.

Sulama sezonu sonrasında tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalama olarak toprak tuzluluğu değerlerinin I₁ deneme konusunda 175,67 ile 288,33 µmhos/cm arasında, I₂ deneme konusunda 203,00 ile 293,67 µmhos/cm arasında ve I₃ deneme konusunda 177 ile 221,67 µmhos/cm arasında değişmiştir. Bu değerler incelendiğinde, toprak tuzluluk değerlerinin hemen hemen her ölçüm noktasında ve derinlikte sulama sezonu öncesi ile ortasında ölçülen toprak tuzluluğu değerlerine göre arttığı belirlenmiştir.

Topraktaki tuz miktarlarının farklı ölçüm noktalarında dağılımı incelendiğinde ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Damlatıcının yakınından örneklerin alındığı 1 numaralı ölçüm noktasında topraktaki tuz miktarlarının her bir sulama uygulamasında her bir derinliğinin ortalaması olarak sulama sezonu ortasında azaldığı, fakat sulama sezonu sonunda arttığı görülmüştür. Sulama sezonu başlangıcı ile sulama sezonu sonunda en yüksek artış A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I₁ deneme konusunda elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça damlatıcı yakınındaki tuz değişiminin değişmediği belirlenmiştir.

İki lateralın tam ortasındaki 2 nolu örnekleme noktasında yapılan ölçümlerde topraktaki tuz miktarında değişimin en fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sulama sezonu öncesi her bir deneme konusunda ve her bir derinlikte ölçülen toprak tuz miktarları, sulama sezonu ortasında azalmış ve sulama sezonu sonunda artmıştır. Sulama konuları arasında en fazla artış yine A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I₁ deneme konusunda görülmüştür. Ayrıca, toprak derinlikleri açısından incelendiğinde ise, en yüksek artış miktarlarının 0-30 cm toprak derinliğinde elde edildiği belirlenmiştir. Özellikle iki lateral arasındaki ölçülen tuz miktarlarının artması; Yıldırım (2008) tarafından belirtilen toprakta bulunan tuzlar yerçekimi ve kapilar kuvvetlerin etkisi ile ıslatılan toprak hacminin çeperine doğru taşınır ve bitki kılcal köklerinin geliştiği ortam belirli oranda tuzdan arındırılır ifadesi ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Yenigün (2019) Tekirdağ koşullarında patlıcan bitkisi üzerine yürüttüğü araştırma sonucunda en yüksek tuz değişiminin iki lateral arasında ve iki damlatıcı arasında olduğunu belirtmiştir.

İki damlatıcı arasında bulunan 3 nolu örnekleme noktasında elde edilen toprak tuzluluğu sonuçları incelendiğinde sulama sezonu ortasında topraktaki tuz değişimlerinin azaldığı, fakat sulama sezonu sonunda her bir deneme konusu için her bir derinlik için arttığı belirlenmiştir. 2 nolu örnekleme noktasında olduğu gibi sulama sezonu sonunda en yüksek artışın A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I₁ deneme konusunda olduğu görülmüştür.

Laterallerden uzaklaştıkça ölçüm yapılan 4, 5, 6 ve 7 nolu örnekleme noktalarında yapılan toprak tuzluluğu analizlerinde ise ortalama olarak her bir deneme konusunda sulama başlangıcında ölçülen tuz miktarları sulama sezonu ortasında oldukça azalmış ve sulama sezonu sonunda biraz artış göstermiştir. Sulama sezonu başlangıcı ile sulama sezonu sonunda genel olarak azalış göstermiştir.

Toprak tuzluluğu ölçümleri sırasında alınan toprak örneklerinde yapılan pH değerleri sulama sezonu öncesinde üç derinlik için ortalama tüm ölçüm noktalarında I₁ deneme konusu için 7,71, I₂ deneme konusu için 7,84 ve I₃ deneme konusu için 7,80 olarak ölçülmüştür. Sulama sezonu ortasında ölçülen değerler incelendiğinde, tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalama olarak pH değerlerinin I₁ deneme konusunda 7,45 ile 7,81 arasında, I₂ deneme konusunda 7,81-7,90 arasında ve I₃ deneme konusunda 7,81-7,90 arasında değişmiştir. Tüm deneme konularında, ölçüm noktalarında ve derinliklerinde sulama suyu uygulaması ile birlikte sulama sezonu ortasında pH değerlerinde azalış görülmektedir. Sulama sezonu sonunda ölçülen değerler incelendiğinde, tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalama olarak pH değerlerinin I₁ deneme konusunda 7,29-7,61 arasında, I₂ deneme konusunda 7,48 ile 7,67 arasında ve I₃ deneme konusunda 7,58-7,67 arasında değişmiştir.

Sulama uygulamaları ile birlikte tüm deneme konularında sulama sezonu sonunda sulama sezonu öncesine göre pH değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Ölçüm noktaları incelendiğinde, özellikle damlatıcı yanından (1 nolu), iki lateral arasından (2 nolu) ve iki damlatıcı arasından (3 nolu) alınan örneklerde pH değerinin sulama uygulamaları sonucunda en fazla azalışı gösterdiği belirlenmiştir. Ceviz yetiştiriciliği için önerilen toprak pH değerinin 6,5-7,5 arasında olması önerilmektedir (Demirhan, 2021). Bu nedenle araştırma sonucunda yapılan pH analizleri sonucunda toprak pH değerlerinin istenilen sınırlar içerisinde kaldığı görülmüştür. Ayrıca, bölge koşullarında bahar ve kış yağışlarının yüksek olması pH değerlerinin bu sınırlar içerisinde kalacağını göstermektedir.

Sonuç

Çalışmada sulama uygulamaları ile birlikte toprak tuzluluğunun değişimine yönelik ölçümler sulama sezonu öncesinde sulama sezonu ortasında ve sulama sezonu sonunda olmak üzere toplam 3 farklı zamanda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerlerin grafiklendirilmesi sonucunda, sulama uygulamaları ile birlikte tüm deneme konularında genel olarak tuzluluk miktarının iki damlatıcı arasındaki profilde (3) ve iki lateralın tam ortasında bulunan profilde (2) arttığı görülmüştür. Örnek alınan diğer noktalarda ise sulama sezonu sonunda toprak tuzluluğu değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Özellikle I1 deneme konusunda sulama sezonu sonunda tüm profillerde toprak tuzluluğunun arttığı saptanmıştır. Buna nedenle araştırma sonucunda toprak tuzluluğu yönetici açısından ceviz ağaçlarında uygulanacak sulama suyu miktarının A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerinin %100 veya 125' ün uygulanması şeklinde önerilmektedir. Genel olarak topraktaki tuz değişimlerin sulama uygulamaları ile arttığı gözlemlenmesine karşın ceviz bitkisi için Şimşek ve ark., (2017) tarafından verilen eşik değerlerine (250-300 µmhos/cm) ulaşmadığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak uygulanan sulama suyunun kalite sınıfının etkili olduğu söylenebilir. Diğer yandan, yıllık yağış ortalamasının yaklaşık 586 mm olduğu Trakya Bölgesi'nde başlangıç değerlerine bakarak sulama sezonu sonrasındaki kış yağışlarının tuzluluk değerlerini hızla azalttığı söylenebilir. Ayrıca, çalışmada kullanılan T2S1 sulama sınıfındaki suların ceviz yetiştiriciliğinde rahatlıkla kullanılabilceği belirlenmiştir.

Araştırmada, farklı sulama suyu uygulamalarının toprağın pH değerlerine değişimi de incelenmiştir. Elde edilen pH değerleri ölçüm yapılan tüm noktalarda sulama sezonu ortasında ve sonunda azalmıştır. Ancak tüm bu değişimlerin çok küçük değerler olmasından dolayı sorun yaratmayacağı, kış yağışlarından sonra tekrar eski değerlerine döneceği düşünülmektedir.

Sonuçta, sulama uygulamalarının çok yoğun olmadığı, damla sulama uygulamalarının oldukça yeni olduğu ve ceviz yetiştiriciliğinin arttığı Trakya Bölgesi'nde toprak ve su kaynaklarının korunumu açısından özellikle tuzluluk kontrolü için izleme ve kontrol aşamalarının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kaynaklar

- Ağaoğlu YS, Çelik H, Çelik M, Fidan Y, Gülşen Y, Günay A, Halloran N, Köksal Aİ, Yanmaz R, 1997. Genel Bahçe Bitkileri. Ankara: T.C. A.Ü.Z.F. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları.
- Akça Y, 2016. Ceviz Yetiştiriciliği, Anıt Matbaa, Ankara.
- Benami A, Diskin MH, 1965. Design of Sprinkling Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication 23, Technicon, Israel Institute of Tecnology, 1-165, Haifa, Israel.
- Blake GR, 1965. Bulk density methods of soil analysis. Soil Science Society of America, Madison, Part I. Am. Soc. Agron. 9: 374-390.
- Bulut T, 2011. Sulama suyu tuzluluğu ve yıkama gereksinimi oranlarının yoncada çimlenme ve gelişmeye etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Deliboran A, Savran Ş, 2015. Toprak tuzluluğu ve tuzluluğa bitkilerin dayanım mekanizmaları. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 8(1), 57-61.
- Demirhan E, 2021. Ceviz yetiştiriciliği. SBB Tarım Dergisi, Eylül-Aralık (1):10-11.
- Ergene A, 1982. Toprak Bilgisi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım, O, 2012. Sulama. (5. Baskı) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Güngör Y, Yıldırım O, 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 1155. 371s.
- Gürgülü H, Ul MA, 2017. İzmir'de yetiştirilen bazı bitkiler için bitki su tüketimi değerleri ve sulama programları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 54(3):311-317.
- James LG, 1988. Principles of Farm Irrigation System Desing. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Kanber R, Steduto P, Aydın Y, Ünlü M, Özmen S, Çetinkökü Ö, Özekici B, Diker K, Sezen, MS, 2004. Damla Sulama Sistemiyle Fertigasyon Uygulamalarının Antepfıstığında Gelişme, Verim ve Periyodisiteye Etkisinin İncelenmesi. Tübitak, TARP Projesi, 1825.
- Kara T, 2002. Irrigation scheduling to prevent soil salination from a shallow water table. Acta Hort. 573: 139-151.
- Kesmez GD, 2009. Karık ve damla sulama yöntemlerinin aşılı domateste (*lycopersicon esculentum*) meyve verimi, kalitesi ile toprak tuzluluğuna etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kwiatkowski J, 1996. Salinity classification, mapping and management within the Country of Warner, Alberta. Food and Rual Development and Agriculture and Agrifood, Canada.

- Sağlam TM, 2008. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, Tekirdağ.
- Şimşek H, Akça Y, Ünlükara E, Çekiç Ç, 2017. Şebın cevız çeşidinin stres koşullarına dayanımının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Ek Sayı): 141-150.
- Tekintaş E, Akça Y, Yılmaz S, 1991. Van ekolojik koşullarında bazı sert ve yumuşak çekirdekli meyve türlerinin çöğürlerinde yıllık boy ve en gelişimlerinin saptanması üzerinde araştırmalar. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1(2): 1-11.
- TÜİK 2020. TÜİK 2019 yılı tarımsal istatistik verileri. <http://www.tuik.gov.tr/VeriTabanlari.do?vt>
- Walker WR, Skogerboe GV, 1987. Surface Irrigation. Theory and Practice. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, 375pp, New Jersey.
- Yenigün SD, 2019. Patlıcan yetiştiriciliğinde damla sulama uygulamalarının verim, verim parametreleri ve topraktaki tuz dağılımına etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yıldırım O, 2008. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları No. 56. Ankara.