

Alternatif Tarım Girdisi Ozonun Soğanı (*Allium Cepa*) Bitki-Toprak-Su Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi*

İlker BALABAN¹

Yeşim AHI^{2,*}

¹Görelle İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Giresun, Türkiye

² Namık Kemal Üniv., Ziraat Fak., Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

* Sorumlu yazar: E-posta: yesimahi@nku.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 07.08.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 22.09.2016

Bu çalışmada, Tekirdağ koşullarında damla sulama yöntemi ile farklı lateral derinlikleri ve ozon miktarları uygulanan soğan (*Allium cepa*) bitkisinin verim ve kalite parametreleri ile bitki-toprak-su-ozon ilişkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma 2009 ve 2010 yıllarında bir çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Araştırma A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın tamamının uygulanması koşuluyla, sulama süresinin %100, %50 ve %0'ı kadar ozon uygulaması ile farklı lateral derinlikleri (0, 10, 20 cm) olmak üzere 9 konuda yürütülmüştür. Çalışma sonucunda; genel olarak, farklı ozon uygulamalarının kalite parametrelerini istatistiksel olarak etkilemediği belirlenirken, verim üzerinde önemli farklılıklar elde edilmiştir. En yüksek soğan verimi, ilk yıl 35,70 t ha⁻¹, ikinci yıl ise 31,00 t ha⁻¹ ile sulama süresi boyunca ozon uygulaması yapılan deneme konularından elde edilmiştir. Bitki su tüketim değerleri 2009 yılı için 571,36-581,25 mm, 2010 yılı için 507,61-551,04 mm arasında değişmiştir. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri 2009 yılında 5,20-9,54 kg m⁻³, 2010 yılında ise 6,55-11,23 kg m⁻³ arasında değişirken, su kullanım randımanları (WUE) sırasıyla 3,35-6,14 kg m⁻³, 3,28-6,11 kg m⁻³ arasında bulunmuştur. Genel olarak, bilinçli sulama ve ozon uygulamaları ile kalite faktörlerini bozmaksızın verimin artırılabilirliği ve ozonun damla sulama ile birlikte kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışma sayısının artırılması gerektiği söylenebilir.

Ahtar Kelimeler: Soğan, ozon, damla sulama, bitki su tüketimi, su üretim fonksiyonu

Determination of the Effect of Alternative Agriculture Input of Ozone in Onion (*AlliumCepa*) to Plant – Soil - Water Characteristic

The aim of this study was to determine yield and quality parameters and plant-soil-water-ozone relationships of onion (*Allium cepa*) using drip irrigation system to ozone concentrations have been established and compared with depth of drip laterals in Tekirdağ conditions. Field trials were conducted at the farming lands during the year 2009 and 2010 growing periods. The depth of lateral lines and ozone quantity was the treatments of the study as, 100%, 50% and 0% of the irrigation duration and 0, 10 and 20 cm. Generally, the effects of ozone concentrations on yield parameters were not statistically significant, while the effect on yield were statistically significant. The greatest onion yield was obtained in the first year from O₃D₁ treatment as 35,70 t ha⁻¹ and the second year from O₃D₃ treatment as 31,00 t ha⁻¹. The measured crop evapotranspiration for the 2009 and 2010 years changed as 571,36-581,25 mm and 507,61-551,04 mm, respectively. Irrigation water use efficiency (IWUE) changed as 5,20-9,54 kg m⁻³ (2009) and 6,55-11,23 kg m⁻³ (2010), while water use efficiency (WUE) changes as 3,35-6,14 kg m⁻³ (2009) and 3,28-6,11 kg m⁻³(2010). Generally, it can be said that the yield can be improved without impairing the quality factors with conscious irrigation and the number of studies that investigated the possibilities of use with drip irrigation and ozone applications should be increasing.

Keywords: Onion, ozone, drip irrigation system, evapotranspiration, water production function

* Yüksek Lisans tezinden alınmıştır.

Giriş

Birim alandan elde edilecek üretim ve kalitenin artırılmasında toprak ve su kaynaklarının etkin kullanımının önemli olduğu günümüzde, sürdürülebilir bir tarım için sulama suyu kullanım randımanı yüksek olan damla sulama yöntemi gibi etkili sulama sistemlerinin kullanımı oldukça

önemlidir. Damla sulama sistemlerinde, sistemin birçok avantajı ile birlikte, ozon kullanımıyla daha yüksek ve kaliteli üretim sağlanabilmektedir (Raub ve ark., 2001; Ciccamesse ve ark., 2007). Bunun yanında tarımsal amaçlı kullanılan gübre ve ilaç gibi diğer etken maddelerden tasarruf sağlanarak, bitkiye, toprağa, insanlara ve çevreye verilen zarar azaltılmaktadır.

Ozon bir çok mikroorganizmayı yok edebilen ya da nötralize eden güçlü ve yüksek verimliliğe sahip bir materyaldir. Sulama ve içme sularının kontrollü bir şekilde iyileştirilmesinde, toprak ve atık suların dezenfeksiyonu, tohumun arındırılması, ürün depolamada, seralarda, topraksız bitki yetiştiriciliğinde, çiçekçilikte, mantar yetiştiriciliğinde, gıda endüstrisinde vb. tarımsal amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Ozon gazının doğada oluşmasının yanında günümüzde oksijen atomunun parçalanmasıyla teknolojik üretimi mümkündür ve yaklaşık 1 kg ozon için 30-35 kilowattsaat'lik bir enerjiye ihtiyaç vardır (www.ozonoks.com.tr).

Yüksek konsantrasyon ve miktarda ozon üretimi, kuvvetli bir elektriksel alandan "oksijen zengin bir gaz" geçirilerek gerçekleştirilir. Bunun için; %21 oranında oksijen içeren kuru hava, azotu alınmış kuru hava olarak adlandırılan PSA oksijeni veya özel tekniklerle sanayi gazları üreten bir firmadan ağırlıkça %99'dan fazla oksijen içeren saf oksijen gazı (LOX) kullanılır. Düşük kapasiteler için küçük oksijen tüpleri de kullanılabilir. Bu tüplerde gaz formunda sıkıştırılmış saf oksijen bulunmaktadır. Teknolojik olarak ozon üretimi iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir. İki metottan birincisi 185 nm de Ultraviyole kullanımı, ikincisi Corona Discharge olarak bilinen ve kendi içerisinde farklı uygulamaları bulunan dielektrik metodudur (Öztürk ve Eren, 2010; Duran et al., 2006a,b; www.ozonjenaretaru.com). Corona Discharge yöntemi, Sabit elektrik akımı vererek elektronları hızlandırmak suretiyle kinetik enerji kazandırarak, oksijen molekülündeki oksijen-oksijen çift bağını parçalamak esasına dayanmaktadır. Bu işlem sonunda açığa çıkan iki oksijen atomu; ozonu (O₃) oluşturmak üzere diğer oksijen molekülü ile reaksiyona girmektedir (Perincek, 2006). Corona Discharge yöntemi ile diğer yöntemlere göre çok daha az enerji, çok daha düşük maliyet, çok daha yüksek miktarlarda ozon gazı üretmek mümkün olduğundan günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Son yıllarda, damla sulama sisteminin fertigasyon özelliğinden yararlanılarak, sulama suyuna ozon karıştırılması ile gübreleme ve ayrıca ilaçlama etkisinin sağlanması amacıyla çeşitli araştırmalar yürütülmeye başlanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Hsieh ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada, ozon uygulanmış su ile yapılan sulamaların çim tohumlarında çimlenmeyi arttırdığı, hastalık etmenlerini etkisiz kıldığı görülmüştür. Domates ve çilek ekiminden önce ve

bitki yetiştirme mevsiminde sulama suyuyla birlikte ozon verilmesinin, toprak mikroorganizmaları ve bitki fizyolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Pryor, 2001). Hollanda'da serada topraksız kültürde yürütülen araştırmada (Nederhoff, 2001), ozonun geri dönüşüm suyunu iyileştirdiği, mantari hastalık etmenlerini yok ettiği ve bitkinin kök gelişimi, meyve tutumu gibi fizyolojik özellikleri üzerine olumlu etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Raub ve ark. (2001) ozon enjekte edilmiş sulama suyu kullanımında bitkilerin daha dinç, güçlü oldukları, hastalık ve zararlı oluşumunun azaldığı, su alımının arttığı ve gübre kullanımına olan ihtiyacın azaldığı bulgularına erişmişlerdir. Vijayanandraj ve ark. (2006) yaptıkları araştırmada, soğanda kök çürüklüğü oluşumunu engellemek için sulama suyuyla ozon uygulamışlar, sonuç olarak hastalık etmeninin yok edildiğini ve bitki gelişiminin hızlandığını açıklamışlardır. İtalya'da damla sulama ile birlikte uygulanan farklı ozon dozlarının domates bitkisinde kullanımının, hem meyve sayısını hem de bitki başına pazarlanabilir verimi arttırdığı saptanmıştır (Ciccarese ve ark., 2007).

Literatürde adı geçen yöntem ve modellerin farklı bölge ve bitki çeşidi için test edilmesi yani kullanılabilirliğinin ortaya konulması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle, su kaynaklarının kısıtlı olduğu yörelerde birim sudan en yüksek yarar sağlayacak sulama yöntem ve programlarının seçimi ve uygulanması zorunlu olmaktadır. Bu kapsamda; tarımda kullanılan yeni teknolojik bir ürün olan ozon gazının damla sulama sistemlerinde suya enjekte edilmesi ile su kaynağı ve toprakta iyileştirme sağlanarak tarımın etkinliğinin artırılması, bitki, toprak ve çevre sağlığının korunması amaçlanmaktadır. Çalışmada, soğan sulamasında, toprak, iklim ve bitki özellikleri dikkate alınarak, toprakaltı damla sulama yöntemi ile farklı lateral derinliği ve ozon uygulamalarının soğanın verim ve kalitesine, bitki-toprak-su ilişkilerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma alanının özellikleri

Araştırma, Tekirdağ-İstanbul yolu üzerinde, Tekirdağ il merkezine 20 km uzaklıkta yer alan Karaevli köyünde bulunan bir çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Araştırma alanının denizden yüksekliği ortalama 148 m, enlem derecesi 41° 02' kuzey, boylam derecesi ise 27° 39' doğudur.

Araştırma alanı yarı kurak iklim kuşağı içinde yer almaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ iline ait, Meteoroloji Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığından sağlanan 1939-2008 yıllarına ait uzun yıllar ortalama iklim verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 13,9 °C, ortalama yağış miktarı 585,1 mm, ortalama bağıl nem %77,9'dur. Yıllık ortalama rüzgâr hızının 2 m yükseklikteki değeri 2,70 m s⁻¹'dir. Araştırma alanında bulunan otomatik meteoroloji istasyonu (DELTA-T, Model "WS-STD 1", Delta-T Devices, England) ve A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen, denemenin yürütüldüğü 2009 ve 2010 yıllarına ait, bazı iklim elemanlarının onar günlük ortalama değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tarım alanı genel olarak tınlı ve killi bünyeye sahip, organik madde içeriği orta düzeyde, potasyumca zengin topraklardan oluşmaktadır. Alanda taban suyu, tuzluluk ve sodyumluluk gibi sorunlar bulunmamaktadır.

Tarım tekniği

Bir deneme parselinin boyutları 2,40 m x 3,00 m'dir. Parselde 12 adet bitki sırası bulunmaktadır. Bitki sıra aralığı ve sıra üzeri 0,20 m'dir. Tüm sıralarda birer bitki sırası kenar etkisi göz önüne alınarak hasat parseli dışında bırakılmıştır.

Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri ve verimlilik analizlerini belirlemek amacıyla 2 farklı yerde 90 cm derinliğe kadar toprak profilleri açılarak 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinden hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi, bozulmuş toprak örneklerinden ise solma noktası ve bünye sınıfı değerleri Blake (1965) ile Benami ve Diskin (1965)'de belirtilen ilkelere göre belirlenmiştir. Araştırma alanı topraklarının verimlilik analizleri için ise 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Sönmez ve Ayyıldız, 1964; Güngör ve Yıldırım, 1989). Araştırmanın ilk yılında, araştırma alanının tüm katmanlarındaki toprak bünye sınıfı kil, kullanılabilir su tutma kapasitesi 96,47 mm 60 cm⁻¹, ikinci yıl ise toprak bünye sınıfı tın ve su tutma kapasitesi 105,36 mm 60 cm⁻¹ olarak bulunmuştur.

Çift silindir infiltrometre ölçmeleri sonucunda toprağın gerçek su alma hızı değeri her iki yılda da

ortalama 20 mm h⁻¹ alınmıştır. Araştırmada kullanılan sulama suyunun kalite sınıfı Ayyıldız (1990)'da belirtilen esaslara göre T₂S₁ olarak belirlenmiştir.

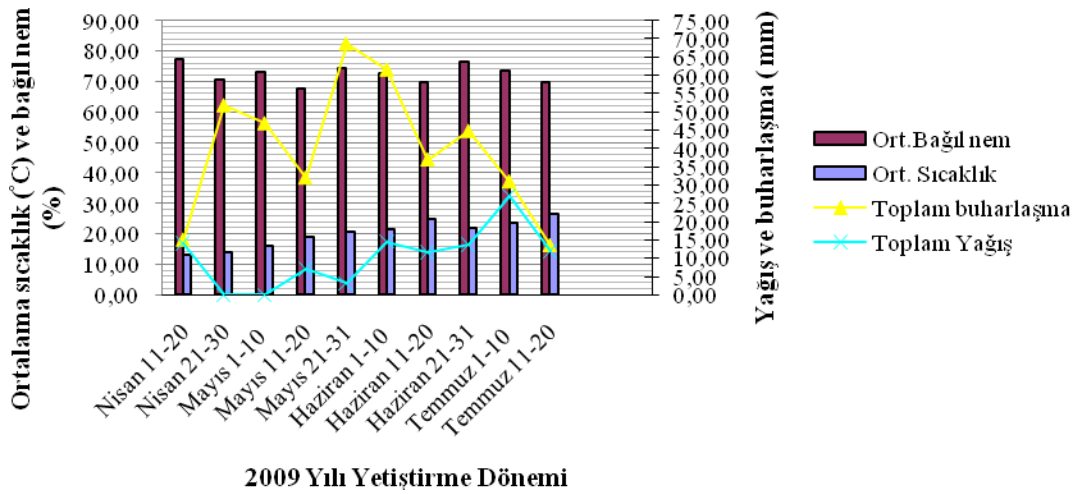
Araştırma alanı topraklarının bünye sınıfı ve gerçek infiltrasyon hızı değerlerine göre damlatıcı debisi 1,8 L h⁻¹, damlatıcı aralığı ise 0,20 m olarak seçilmiştir. Lateraller her 2 bitki sırasına 1 adet olacak biçimde 0,40 m ara ile döşenmiş ve böylece ıslatılan alan yüzdesi %50 olarak bulunmuştur.

Deneme alanında ekim yapılmadan önce lister ve diskaro çekilerek denemenin kurulacağı alanda toprakaltı damla sulama borularının rahatlıkla istenilen derinliğe gömülebilmesi için zemin hazırlanmıştır. Verimlilik analizi sonuçlarına göre her iki yılda da, 28 kg da⁻¹ %20 N ve %20 P (20-20-0) içeren gübre uygulaması yapılmıştır.

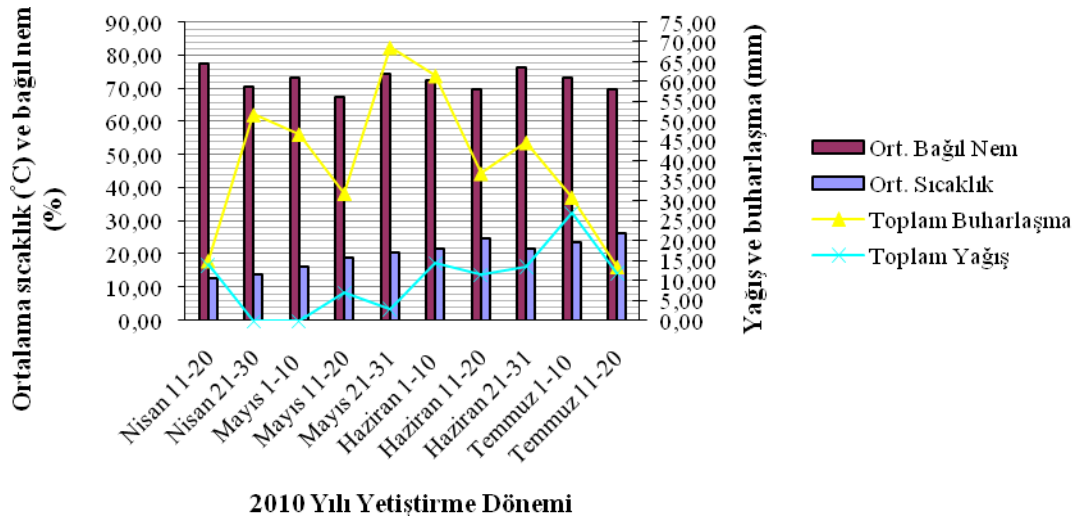
Denemede yarım imrallı arpacık çeşidi soğan tohumları (gıska), 2009 ve 2010 yıllarında 10 Nisan'da, sıra arası ve sıra üzeri 20 cm olacak şekilde tarla hazırlığı tamamlanan parsellere 5-10 cm derinliğe dikilmiştir. Dikim sonrası can suyu uygulaması, 4 hafta sonra ise boğaz doldurma işlemi yapılmıştır.

Araştırmada, deneme parsellerinin sulanmasında toprak altı damla sulama yöntemi kullanılmıştır. Sulama sistemi sırasıyla, su kaynağı, pompa birimi, kontrol birimi, boru hatları ve damlatıcılardan oluşmuştur. Sulama suyunun sağlanmasında alanda yer alan 4 L s⁻¹ debiyeye sahip bir derin kuyudan yararlanılmıştır. Bu kuyudan alınan su tarla başına 25 m uzaklıkta bulunan 300 m³lük bir depolama havuzuna basılmaktadır. Denemede sulama suyu, havuzun hemen yanına yerleştirilen, 26 m manometrik yüksekliğe sahip bir benzinli motopomp aracılığı ile parsellere iletilmiştir.

Kullanılan kontrol birimi, 25 L s⁻¹ kapasiteli kombine bir filtre (elek filtre+hidrosiklon), sistemde oluşan basıncı kontrol etmek ve düzenlemek amacıyla basınç regülatörü ile birim unsurlarının giriş ve çıkışlarına yerleştirilecek manometrelerden oluşmuştur. Suyun alındığı noktadan itibaren iletimi ve dağıtımı 6 atm işletme basınçlı, 50 mm dış çaplı sert PE borularla yapılmıştır. Ana boru hattından yan boru hatlarına geçişte ise vanalar yerleştirilmiştir. Toprak altı damla sulama yönteminin uygulandığı parsellerde, su ana boru hattı ile 16 mm dış çaplı yumuşak PE borulardan oluşan manifoldlara iletilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1.Yetiştirme dönemine ait iklim elemanlarının değişimi (a) 2009 yılı ve (b) 2010 yılı

Figure 1. Meteorological parameters variations of growing period (a) year of 2009 and (b) year of 2010

Deneme parselleri içerisindeki lateral boru hatlarında 16 mm dışçaplı yumuşak PE yassı borular kullanılmıştır. Her bir lateral üzerinde 20 cm aralıklı, 1atm işletme basıncında $1,8 \text{ L h}^{-1}$ debi veren in-line tipte, basınç düzenleyicili damlatıcılar yer almaktadır.

Ürün hasadı, denemenin ilk yılında 24 Temmuz, ikinci yılında ise 20 Temmuz'da gerçekleştirilmiştir. Her parselden toplanan soğan başları, numaralanan torbalara konularak, laboratuara getirilmiş ve fiziksel ölçümler ile kimyasal analizler için gerekli işlemler yapılmıştır.

Sulama suyu ve ozon uygulamaları

Araştırma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde üç tekerrürlü olarak planlanmıştır. Araştırma konuları;

Uygulanan ozon miktarı (Ana parseller);

O₁: Ozon uygulaması yapılmayan deneme konusu,

O₂: Sulama süresinin %50'si kadar ozon uygulaması yapılan deneme konusu,

O₃: Sulama süresi kadar ozon uygulaması yapılan deneme konusudur.

Farklı lateral derinlikleri (Alt parseller);

D₁ : Laterallerin yüzeye yerleştirildiği deneme konusu,

D₂ : Laterallerin 10 cm derinliğe yerleştirildiği deneme konusu,

D₃ : Laterallerin 20 cm derinliğe yerleştirildiği deneme konusudur.

Ayrıca, bölgede susuz koşullarda yapılan yetiştiriciliğin, sulu koşullarda elde edilen verimler ile karşılaştırılabilmesi amacıyla, sulama suyu uygulanmayan konu deneme deseni dışında 3 ayrı parsel şeklinde oluşturulmuştur.

Araştırma konularına uygulanan net sulama suyu miktarları, deneme parsellerinin başına yerleştirilen A sınıfı standart buharlaşma kabından (121 cm çap, 25,5 cm yüksekliğe sahip) ölçülen açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanılarak hesaplanmıştır. Deneme parsellerinde sulama suyu uygulama aralığının belirlenmesinde, daha önce ülkemizde ve bölgede, soğan üzerine yürütülen araştırmalarda (Şener, 1999) belirlenen toplam su tüketiminin büyüme mevsimi içindeki dağılımı dikkate alınarak, 7 gün sulama aralığının uygun olabileceğine karar verilmiştir ve uygulanacak sulama suyu miktarı 7 günlük yığılımlı buharlaşma değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber ve ark., 2004).

$$I = K_{pc} \times E_p \times P \quad (1)$$

Eşitlikte;

I : Uygulanacak sulama suyu miktarı, mm

K_{pc} : Buharlaşma katsayısı,

E_p : Yığılımlı buharlaşma miktarı, mm,

P : Damlatıcı aralığı ve lateral aralığına göre belirlenen ıslatılan alan yüzdesi, %'dir.

Araştırmada A sınıfı kaptan olan toplam yığılımlı buharlaşmanın her sulamada tamamının uygulanması planlanmış ve böylece K_{pc} katsayısı 1,0 olarak alınmıştır. Belirlenen sulama suyu miktarları her parselin alanı olan 7,2 m² ile çarpılarak, litre cinsinden hesaplanmıştır.

Ozon uygulamaları sulama suyu ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Ozon konularına, çimlenme ve çıkışı takiben, ilk su programının uygulanması ile başlanmış ve sulama suyuna karıştırılarak sürdürülmüştür. Ozon üretiminde, üretici firma tarafından öngörülen, 2 g h⁻¹ üretim kapasitesine

sahip, tüplü tip corona discharge yöntemi ile çalışan Ozona AQ 1000 model ozon jeneratörü kullanılmıştır. Corona discharge yönteminde ozon gazı (O₃), oksijen atomunun (O₂) çift bağının elektrik akımı verilerek bozulması ve serbest kalan diğer oksijen atomu ile birleşmesi sonucunda oluşur. Jeneratör vasıtasıyla elde edilen ozon gazı venturi aracılığıyla sulama sistemine enjekte edilmiştir.

Toprak nem tansiyonu, sulama öncesi ve sonrasında, herbir parselde sulama sezonu başında kalibrasyonu gerçekleştirilerek, 0,15 ve 0,45 cm derinliklere yerleştirilen tansiyometrelerle (IRROMETER, Model "SR", Irrrometer Co. Inc., California, USA) izlenmiştir. Toprak nem içeriği gravimetrik yöntem ile Evett ve ark. (1993)'e göre belirlenmiştir. Araştırmada, soğanın 30-45 cm'lik etkili kök derinliği için bitki su tüketimi değerleri; varsa derine sızmayı da dikkate almak üzere 60 cm toprak derinliğine göre su bütçesi yaklaşımı ile hesaplanmıştır (Heerman, 1985). Deneme alanında taban suyu bulunmadığından, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı varsayılarak kapılar yükselme (C_p) değeri göz önüne alınmamıştır. Ayrıca, basınçlı sulama sistemi kullanıldığından yüzey akış miktarları da ihmal edilmiştir (Kanber, 1997).

Verim ve verim parametrelerine ait istatistiksel analizler

Araştırmada elde edilen verilerin varyans analizi, ortalamalar arasındaki farklılıkların önemlilik kontrolü, incelenen karakterler arasındaki korelasyonlar Yurtsever (1984) ile Düzgüneş ve ark. (1987)'de belirtilen esaslara göre, SPSS ve Tarist adlı programlardan yararlanılarak belirlenmiştir.

Yetiştiricilik sonrası soğanlar üst aksamın başın üzerinden yumuşayıp devrildiği ve yaprakların kurumaya başladığı anda hasat edilmiş ve bitkiler yeşil aksam ile baş özellikleri açısından Arın (1993)'de belirtilen yöntemlere göre ölçüm, sayım, tartım ve hesaplamalar yapılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm parametreler her bir hasat parselinden tesadüfen seçilen 10 bitkide gerçekleştirilmiştir.

Parsellerden elde edilen pazarlanabilir ürünlerin ağırlıklarının toplanması ve hektara oranlanmasıyla verim (t ha⁻¹) tespit edilmiştir. Soğan başlarının yaş ağırlıkları tartıldıktan sonra 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşıncaya dek kurutularak kuru ağırlıkları alınmış ve yaş

ağırlığa oranlanarak kuru madde içerikleri (biyokütle) hesaplanmış ve % olarak ifade edilmiştir (Kacar, 1972). Suda eriyebilir kuru madde (%); kuru madde içeriği için hazırlanan yaş örnekte el refraktometresi ile Anonim (1989)'da, pH değeri; ise yaş örnek ekstraktında pH metre ile Anonim (1989)'da belirtilen esaslara göre saptanmıştır. Deneme konularından alınan örneklerde Kjeldahl metodu ile ham protein miktarları (%), Lane-Eynon metodu ile toplam ve indirgen şeker (%) miktarları belirlenmiştir (AOAC, 2000; Karabulut ve Canbolat, 2005; Anonim, 2006).

Ayrıca, araştırmanın her iki yılında toprakta mevcut bakteri miktarının belirlenmesinde Klement ve ark. (1990)'da belirtilen esaslara göre plak kültürü sayım tekniği metodu ile bakteri analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, denemenin başlangıcında ve bitiminde 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerden alınan toprak örnekleri laboratuvara getirilerek kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analiz edilmiştir.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve hasat verimlerine göre, sulama suyu (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) değerleri Zhang ve ark. (1999)'da verilen eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimi sonuçları

Sulama sezonu boyunca, her bir yıla ilişkin toplam buharlaşma değerleri ve her bir deneme konusuna uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 1'de, her bir deneme konusu için belirlenen, toplam mevsimlik bitki su tüketimi değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgelerden izleneceği gibi, deneme konularına yaklaşık 7 gün ara ile ilk yılda 12, ikinci yılda ise 8 kez sulama uygulaması yapılmıştır. Uygulanan toplam sulama suyu miktarları, ilk yıl 374,1 mm, ikinci yılda ise 291mm'dir. 2010 yılı yetiştiriciliğinde etkili yağışın daha fazla olması nedeniyle daha az sulama suyu uygulanmıştır. Farklı derinliklere göre 2009 yılında hesaplanan toplam su tüketimi 571,36-581,25 mm arasında değişirken, 2010 yılında ise 507,61-551,04 mm

arasında değişmiştir. Dolayısıyla, bitki su tüketimleri yıldan yıla bir miktar değişim göstermiştir. Bu değişimin yıllar arasındaki yağış, dolayısıyla buharlaşma farklılığından (Çizelge 1) kaynaklandığı düşünülebilir.

Bu çalışmada elde edilen, susuz koşullarda 233 ve 300 mm'lik su tüketimi ile diğer konulara ait 507-581 mm aralığına sahip toplam bitki su tüketimi değerleri ülkemizde ve dünyada yapılan daha önceki çalışmalardan elde edilen, uygulanan sulama suyu miktarları arasındaki farklılığa paralel olarak, 217-607 mm mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ile paralellik göstermektedir (Kumar ve ark., 2007; Patel ve Rajput, 2009; Pejic ve ark., 2014).

Denemede damla sulama ile uygulanan ozon doğrudan sulama suyu ile birlikte parsellere uygulanmıştır. Her iki yılda da ozon uygulamalarına ilk sulama ile başlanmış, her sulamada sulama süresinin tamamı ve yarısı olacak biçimde gerçekleştirilmiştir.

Verim ve verim parametrelerinin belirlenmesi

Hasatta ve laboratuvar koşullarında her bir deneme konusu için belirlenen toplam pazarlanabilir verim, birim baş ağırlığı, baş boyu, baş eni, bitki boyu, kuru madde içeriği, suda eriyebilir kuru madde içeriği, pH miktarı, protein içeriği, toplam ve indirgen şeker parametrelerine ilişkin yıllar bazında elde edilen sonuçlar ve bu değerlere göre yapılan istatistiksel analizler Çizelge 3 ve 4'de özetlenmiştir.

Çizelgelerden izleneceği gibi, 2009 yılında en yüksek ortalama verim lateralın yüzeyde yer aldığı D₁ ve ozon uygulamasının tam olduğu O₃ uygulamasında 35,70 t ha⁻¹ olarak, 2010 yılında ise 31,00 t ha⁻¹ ortalama ile lateralın 20 cm derinlikte yer aldığı D₃ ve ozon uygulamasının tam olduğu O₃ uygulamasında bulunmuştur. En düşük ortalama verimler ise 2009 yılında 19,44 t ha⁻¹ olarak ozon uygulaması yapılmayan O₁D₁ konusunda, 2010 yılında ise 18,82 t ha⁻¹ olarak sulama süresinin yarısı kadar ozon uygulaması yapılan O₂D₁ konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 1. Büyüme mevsiminde etkili yağış, buharlaşma ve sulama suyu miktarları

Table 1. Effective rain, evaporation and irrigation water of growth period

Yıl	Etkili yağış (mm)	A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarları (mm)	Sulama suyu miktarı (mm)	Sulama sayısı (adet)
2009	33,3	359,1	374,1	12
2010	102,7	276,0	291,0	8

Çizelge 2. Büyüme mevsimi boyunca herbir konuda toplam bitki su tüketimi değerleri (mm 60cm⁻¹)

Table 2. The seasonal evapotranspiration for each treatment (mm 60cm⁻¹)

Deneme konuları	Yetiştiricilik dönemi		
	2009 Yılı	2010 Yılı	
O ₁	D ₁	581,25	551,04
	D ₂	579,26	515,85
	D ₃	571,36	507,61
O ₂	D ₁	581,25	551,04
	D ₂	579,26	515,85
	D ₃	571,36	507,61
O ₃	D ₁	581,25	551,04
	D ₂	579,26	515,85
	D ₃	571,36	507,61
Susuz		232,79	299,94

Varyans analizi sonuçlarına göre; 2009 ve 2010 yılı yetiştiricilik dönemlerinde lateral derinliği konuları arasında önemli düzeyde farklılık görülmezken, her iki yılda da farklı ozon uygulamaları açısından $p < 0,05$ düzeyinde önemlilik bulunmuştur. Farklılığın düzeyinin belirlenmesi için yapılan LSD testi sonuçları da ayrıca, Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir. Çizelgeye göre, ilk yılda O₃ konusu birinci grupta, ozon uygulaması yapılmayan O₁ konusu en son grupta yer almıştır. İkinci yılda ise O₃ konusu yine ilk grupta, O₁ ve O₂ konuları son grupta yer almıştır.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, sulama süresi boyunca ozon uygulanan O₃ konusunun ilk yıl ortalama hektara 33,19 t, ikinci yıl ise 28,43 t verim ile en iyi verim grubunu oluşturduğu, dolayısıyla soğan yetiştiriciliğinde bu uygulamanın yüksek verim için önerilebileceği söylenebilir. Genel olarak ozon miktarındaki artış ile ortalama birim baş ağırlıklarının da arttığı görülmektedir. Soğanın verim düzeyinin ortaya konulması amacıyla yürütülen çok sayıda araştırmada (Kumar ve ark., 2007; Patel ve Rajput, 2008; Enciso ve ark., 2009; Lopez-Urrea ve ark., 2009; Pejic ve ark., 2014) damla sulama sisteminin kullanılmasıyla verimde artışlar gözlenmiştir ve verim değerleri 12,1-46,0 t ha⁻¹ arasında değişmektedir.

Farklı lateral derinliği ve ozon miktarlarının baş boyu, baş eni, bitki boyu, yaprak sayısı, pH düzeyi ve toplam şeker gibi parametrelere etkisi her iki yılda da istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, sadece farklı lateral derinliklerinin kuru madde, suda eriyebilir kuru madde, protein miktarı ve indirgen şeker gibi parametrelere etkisi farklı düzeylerde önemlilik göstermiştir. Bu durum, ozon uygulamasının bazı kalite parametrelerine etkilerinin sınırlı kaldığı ve verime ise oldukça katkı sağladığı şeklinde açıklanabilir.

Bakteri analizine ilişkin sonuçlar

Denemenin başlangıcında 2009 ve 2010 yıllarında bakteri analizi için deneme alanını en iyi temsil edebilecek parsellerden üçü seçilerek örneklemeler yapılmıştır. Yetiştiricilik dönemi sonunda ise ilk yıl sadece ozon uygulaması yapılan O₂ ve O₃ parsellerinden toprak örneği alınmıştır. İlk yıl konular arasında farklılık net olarak izlenememesine rağmen genel olarak deneme sonunda toplam bakteri miktarı azalma eğilimi göstermiştir (Çizelge 5 ve 6). Dolayısıyla, uygulanacak ozon dozlarındaki artışa bağlı olarak bakteri koloni sayısındaki değişim daha net izlenebilir. Ancak, faydalı ve zararlı mikroorganizmaların teşhisi mutlaka yapılmalıdır.

Toprak sterilizasyonuna ilişkin çok sayıda literatürde (Westerdahl, 1998; Jones, 1999; Ajwa ve ark., 2002; Orta de Velasquez ve ark., 2008) buna benzer sonuçlar elde edilmiştir. İkinci yıl gerçekleştirilen analiz sonuçları istikrarlı olmadığı için açıklanmamıştır.

Sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanına ilişkin sonuçlar

Her bir deneme konusuna ait su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. İlk ve ikinci yılda en yüksek sulama suyu kullanım randımanları sırasıyla 9,54 kg m⁻³ ve 11,23 kg m⁻³ olarak sulama süresinin tamamı kadar ozon uygulaması yapılan O₃ konusundan, en düşük su kullanım randımanları ise ilk ve ikinci yılda sırasıyla 5,20 kg m⁻³ ile O₁ (ozon uygulaması yapılmayan) konusundan, 6,55 kg m⁻³ olarak sulama süresinin yarısı kadar ozon uygulanan O₂ konusundan elde edilmiştir. Benzer değerlendirme su kullanım randımanı için yapıldığında, en yüksek değer 6,14 kg m⁻³ ve 6,11 kg m⁻³ olarak O₃ konusunda, en düşük su kullanım randımanları ise ilk yıl 3,35 kg m⁻³ olarak O₁ ve ikinci yıl 3,28 kg m⁻³ olarak O₂ konusunda görülmüştür. Soğan bitkisinde Kumar ve ark. (2007) tarafından yürütülen bir çalışmada, WUE değerleri 9,2 kg da⁻¹ mm⁻¹ ile 10,1 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında değişirken, IWUE değerleri 7,0 kg da⁻¹ mm⁻¹ ile 9,0 kg da⁻¹ mm⁻¹ olarak değişmiştir.

IWUE değerleri, denemenin ilk yılında ikinci yılına göre daha düşük, WUE değerleri ise genel olarak daha yüksek olmuştur. Araştırmanın ikinci yılında uygulanan sulama suyu miktarı azaldığı için IWUE değerleri daha yüksek bulunmuştur.

WUE değerleri ise 2010 yılında verim ve bitki su tüketimi değerlerindeki azalmaya paralel olarak düşüş göstermiştir. Ayrıca, IWUE ve WUE değerlerinin lateral derinliğinin artmasına paralel olarak artış gösterdiği grafiklerden açıkça izlenebilir. Bu durumun, iki dönem arasındaki verim ve iklim farklılığından kaynaklandığı düşünülebilir.

Sonuç

Genel olarak, verim ve verim öğelerine ilişkin elde edilen bulgular derlendiğinde deneme konularının verim üzerine etkisi çok açık biçimde ortaya çıkmakta, verim öğelerinin ise deneme konularından önemli düzeyde etkilenmediği görülmektedir. Bu sonuca göre, bilinçli sulama ve ozon uygulamaları ile kalite faktörlerini bozmaksızın verimin artırılabilirliği söylenebilir.

Araştırma dönemi başlangıcında ve bitiminde gerçekleştirilen toprak bakterisi sayımı sonuçlarında önemli bir farklılık izlenmezken, bir miktar azalma ortaya çıkmıştır. Ancak, bu konuda yapılacak araştırmaların kapsamı genişletilerek farklı dozda ozon uygulamaları ile topraktaki mikroorganizma değişimleri belirlenmeli, hatta faydalı ve zararlı mikroorganizma teşhisleri gerçekleştirilmelidir.

Tüm sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; mevcut deneme konuları dışında farklı dozda ozon uygulamalarının sayısı artırılarak tüm parametrelerin yeniden incelenmesi ve ozonun damla sulama ile birlikte kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışma sayısının artırılması gerektiği söylenebilir. Bu şekilde, tarımsal üretimin ve suyun etkinliğini sağlayarak birim alan üretimini arttırmak mümkün olacaktır.

Çizelge 3. Verim ve verim parametreleri (2009 yılı)

Table 3. Yield and yield parameters (2009 years)

Ozon uygulama	Lateral derinliği	Pazarlanabilir verim (t ha ⁻¹)	Birim baş ağırlığı (g)	Baş boyu (mm)	Baş eni (mm)	Bitki boyu (cm)	Kuru madde içeriği (%)	Suda eriyebilir kuru madde içeriği (%)	pH miktarı	Protein içeriği (%)	Toplam şeker (%)	İndirgen şeker (%)
O ₁	D ₁	19,44	77,78	60,67	54,00	40,97	95,84	10,7cd	5,45	18,36	8,66	2,64
	D ₂	24,47	97,88	60,33	59,33	46,80	96,31	12,9b	5,47	14,57	7,92	1,84
	D ₃	21,57	86,26	59,67	57,33	44,57	95,67	10,5cd	5,52	12,18	13,17	2,78
O ₂	D ₁	25,12	100,49	58,67	59,33	50,07	92,56	10,3d	5,45	17,12	9,95	2,21
	D ₂	25,29	101,17	61,67	60,33	53,37	96,06	12,4b	5,45	13,75	11,25	1,86
	D ₃	30,74	122,98	65,33	64,67	50,23	94,18	10,7cd	5,61	16,48	9,48	2,75
O ₃	D ₁	35,70	142,82	66,00	69,67	48,33	95,85	13,7a	5,50	18,39	11,05	2,91
	D ₂	31,85	127,39	66,33	64,33	53,77	95,11	11,0c	5,47	13,40	11,17	1,52
	D ₃	32,03	128,11	65,67	66,67	50,57	93,25	8,7e	5,56	14,48	9,88	2,97
	LSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,55**	ns	ns	ns	ns
O ₁		21,19b	110,70b	60,22	56,88	44,11	95,94	11,37	5,48	15,04	9,92	2,42
O ₂		27,05ab	86,81ab	61,89	61,44	51,22	94,27	11,13	5,50	15,78	10,23	2,27
O ₃		33,19a	93,47a	66,00	66,89	50,89	94,74	11,13	5,51	15,42	10,7	2,47
	LSD	8,12*	32,47*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	D ₁	26,75	107,03	61,78	61,00	46,47	94,75	11,58a	5,47	17,96a	9,89	2,59ab
	D ₂	27,20	108,80	62,78	61,33	51,3	95,83	12,10a	5,46	13,91b	10,11	1,74b
	D ₃	28,10	112,45	63,56	62,89	48,46	94,37	9,97b	5,56	14,38b	10,84	2,84a
	LSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,58**	ns	2,58**	ns	0,89*

a, b, c, ... : LSD grupları; ns: önemsiz.

* : P<0.05 düzeyindeönemli.

** : P<0.01 düzeyindeönemli.

Çizelge 4. Verim ve verim parametreleri (2010 yılı)

Table 4. Yield and yield parameters (2010 years)

Ozon uygulama	Lateral derinliği	Pazarlanabilir verim (t ha ⁻¹)	Birim baş ağırlığı (g)	Baş boyu (mm)	Baş eni (mm)	Bitki boyu (cm)	Kuru madde içeriği (%)	Suda eriyebilir kuru madde içeriği (%)	pH miktarı	Protein içeriği (%)	Toplam şeker (%)	İndirgen şeker (%)
O ₁	D ₁	23,62	94,48	56,33	57,37	37,87	81,66	15,2	5,67	12,89	9,64	2,29
	D ₂	23,88	95,51	58,80	56,07	37,43	85,60	15,4	5,70	10,60	11,00	2,94
	D ₃	22,60	90,41	56,35	55,08	40,20	81,13	15,0	5,69	13,03	9,28	1,83
O ₂	D ₁	18,07	72,27	51,70	50,85	35,40	86,75	14,5	5,72	10,63	10,84	2,23
	D ₂	22,05	88,21	61,50	53,15	38,65	87,94	15,8	5,62	15,98	11,66	2,58
	D ₃	24,99	99,94	57,30	58,87	38,93	81,92	15,6	5,66	11,83	10,44	2,25
O ₃	D ₁	29,58	118,34	61,05	60,77	41,23	85,32	14,8	5,74	14,09	8,30	2,43
	D ₂	24,70	98,79	62,00	55,77	37,17	89,12	15,0	5,67	11,10	7,59	5,81
	D ₃	31,00	123,98	63,93	62,47	45,50	80,90	14,9	5,63	11,14	8,14	2,65
	LSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
O ₁		23,37b	93,47b	57,16	56,17	38,5	82,8	15,2	5,69	12,17	9,97	2,35
O ₂		21,70b	86,80b	56,8	54,3	37,66	85,54	15,3	5,67	12,81	10,98	2,35
O ₃		28,43a	113,70a	62,33	59,67	41,3	85,11	14,9	5,68	12,11	8,01	3,63
	LSD	4,91*	19,63*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	D ₁	23,77	95,03	56,36	56,33	38,2	84,58b	14,83	5,71	12,54	9,59	2,32b
	D ₂	23,54	94,17	60,77	54,99	37,75	87,55a	15,4	5,66	12,56	10,08	3,78a
	D ₃	26,20	104,78	59,2	58,81	41,54	81,32c	15,2	5,66	12,0	9,29	2,24b
	LSD	ns	ns	ns	ns	ns	2,45**	ns	ns	ns	ns	1,28*

a, b, c, ... : LSD grupları; ns: önemsiz.

* : P<0.05 düzeyindeönemli.

** : P<0.01 düzeyindeönemli.

Çizelge 5. Yetiştirme periyodu öncesinde bakteri koloni sayımı sonuçları

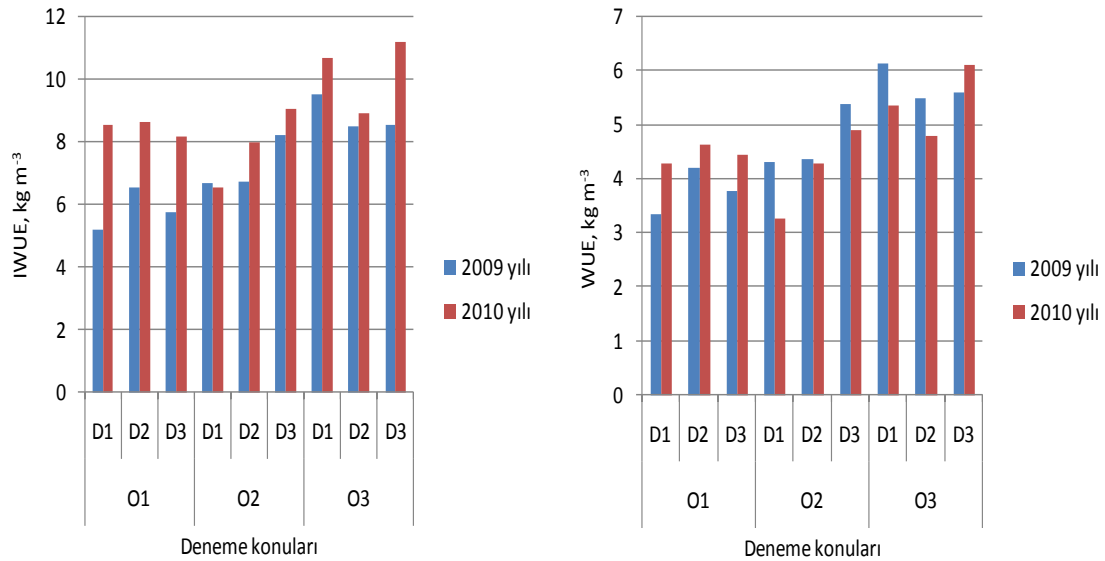
Table 5. The bacterial colonies count results before the growth period

Yıllar	Derinlik (cm)	Bloklar			Ort.
		I	II	III	
2009	0 - 20	933333	766667	633333	777778
	20 - 40	866667	860000	766667	831111
2010	0 - 20	903333	1086667	900000	963333
	20 - 40	686667	666667	600000	651111

Çizelge 6. Yetiştirme periyodu sonrası bakteri koloni sayımı sonuçları

Table 6. The bacterial colonies count results after the growth period

Deneme konuları		0 -20 cm			20 -40 cm		
		I	II	Ort.	I	II	Ort.
O ₂	D ₁	300000	133333	216667	700000	800000	750000
	D ₂	700000	299667	499834	400000	450000	425000
	D ₃	1100000	433333	766667	600000	1500000	1050000
O ₃	D ₁	666667	600000	633334	333333	450000	391667
	D ₂	300000	633333	466667	633333	600000	616667
	D ₃	450000	666667	558334	700000	300000	500000



Şekil 2. Farklı lateral derinlikleri ve ozon düzeylerinde elde edilen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE)

Figure 2. Irrigation water use efficiency (IWUE) and water use efficiency (WUE) on different lateral depth and ozone levels.

Teşekkür

Makale; Namık Kemal Üniversitesi (NKÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından NKUBAP.00.24.YL.09.07 nolu proje ile desteklenen Yüksek Lisans Tezinin bir bölümünü kapsamaktadır. Katıklarından dolayı NKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Ajwa, H.A., T. Trout, J. Mueller, S. Wilhelm, S.D. Nelson, R. Soppe and D. Shatley, 2002. Application of alternative fumigants through drip irrigation systems. The American Phytopathological Society. 92(12): 1349-1355.
- Anonim, 1989. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metotları. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2006. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Arın, L., 1993. Bazı Önemli Yerli Baş Soğan Çeşitlerinin Tekirdağ Şartlarında Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırma. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 158s.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları 1196, Ankara, 277s.
- Benami, A., M.H. Diskin, 1965. Design of Sprinkling Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication 23, Technicon, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 165 s.
- Blake, G.R., 1965. Bulk density methods of soil analysis. Part I. Am. Soc. Agron. 9: 374-390. Soil Science Society of America, Madison.
- Ciccarese, F., N. Sasanelli, A. Ciccarese, T. Ziad, A. Ambrico, I. Papajova, 2007. Control of Pyrenochaeta Lycopersici on tomato by ozone disinfection. IOA Conference and Exhibition Valencia, Spain - October 29-31.
- Duran K., A. Ekmekci, M.İ. Bahtiyari, S. Perincek, D. Özdemir, 2006a. "Doğal Mucize Ozon", Tekstil ve Konfeksiyon.
- Duran K., M.İ. Bahtiyari, A. Ekmekci, S. Perincek, D. Özdemir, 2006b. "Ozonun Tekstilde Kullanım Olanakları", Tekstil ve Konfeksiyon.
- Düzgüneş, O., T. Kesici, O. Kavuncu, F. Gürbüz, 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistiksel Metotları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 1021, Ankara, 380s.
- Enciso, J., B. Wiedenfeld, J. Jifon, S. Nelson, 2009. Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies. Agric. Wat. Manage. 120: 301-305.
- Heerman, D.F., 1985. ET in irrigation management. In Proceedings of the National Conference on Advances in Evapotranspiration. ASAE Publication, p: 323-334.
- Hsieh, S.P.Y., S.S. Ning, D.D.S. Tzeng, 1998. Control of turf grass seedborne pathogenic fungi by ozone. Plant Pathology Bulletin 7(2): 105-112.
- Jones, M., 1999. Ozone Gas as a Soil Fumigant. Research Program, TR-113751 Final Report, October 1999.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 453, Uygulama Kılavuzu 155, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 646s.
- Kanber, R., 1997. Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Genel Yayın No. 174, Ders Kitapları Yayın No. 52, Adana, 530s.
- Kanber, R., P. Steduto, Y. Aydın, M. Ünlü, S. Özmen, Ö. Çetinkökü, B. Özekici, K. Diker, M. Sezen, 2004. Damla sulama sistemiyle Fertigasyon uygulamalarının antepfıstığında gelişme, verim ve periyodisiteye etkisinin incelenmesi. Tübitak, TARP 1825.
- Karabulut, A., Ö. Canbolat, 2005. Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bursa, 520s.
- Klement, Z., K. Rudolph, D.C. Sands, 1990. Methods in Phytobacteriology. Akademiai Kiado, Budapest, 100s.
- Kumar, S., M. Imtiyaz, A. Kumar, R. Singh, 2007. Response of onion (Allium cepa L.) to different levels of irrigation water. Agric. Wat. Manage. 89(1-2): 161-166.
- Lopez-Urrea, R., F.M.S. Olalla, A. Montoro, P. Lopez-Fuster, 2009. Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (Allium cepa L.) under semiarid conditions. Agric. Wat. Manage. 96: 1031-1036.
- Nederhoff, E., 2001. Ozonation in soilless culture. Part II: Dose and contact time. Pathogen controls in soilless cultures, www.crothouse.co.nz.
- Orta de Velasquez, T., N. Rojas-Valencia, A. Alberto, 2008. Wastewater disinfection using ozone to remove free-living, highly pathogenic bacteria and Amoebae. Ozone: Science-Engineering, 30(5): 367-375.
- Öztürk, D., H.A. Eren, 2010. Tekstil Terbiyesinde Ozon Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(2): 37-51.
- Patel, N., T.B.S. Rajput, 2008. Dynamics and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. Agric. Wat. Manage. 95: 335-339.
- Patel, N., T.B.S. Rajput, 2009. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. Irrig. Sci. 27: 97-108.
- Pejic, B., B. Gajic, D.J. Bosnjak, R. Stricevic, K. Mackic ve B. Kresovic, 2014. Effects of water stress on water use and yield of onion. Bulgarian J. of Agric. Sci., 20(2): 71-76.
- Perincek, S. D., 2006. Ozon, Uv, Ultrason Teknolojileri ve Kombinasyonlarının Ön Terbiye İşlemlerine Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 194s.
- Pryor, A., 2001. Field Trials for the Combined Use of Ozone Gas and Beneficial Microorganisms as a Preplant Soil Treatment for Tomatoes and Strawberries. Pest Management Grants Final Report, California Department Of Pesticide Regulation, Contract No. 99.0220.

- Raub, L., C. Amrhein, M. Mark, 2001. The effects of ozonated irrigation water on soil physical and chemical properties. *Ozone: Science & Engineering*, 23 (1): 65-76.
- Sönmez, N., M. Ayyıldız, 1964. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Teşhis ve Islahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 229, Ankara.
- Şener, M. 1999. Soğanın (*Allium cepa* L.) Sulama Zamanı Planlaması. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 60s.
- Vijayanandraj, V.R., P.D. Nagendra, N. Mohan, M. Gunasekaran, 2006. Effect of ozone on *Aspergillus niger* causing black rot disease in onion. *Ozone: Science & Engineering*, (28): 347-350.
- Westerdahl, B., 1998. Field trials for the combined use of ozone gas and beneficial microorganisms as a preplant soil treatment for tomatoes and strawberries. Pest Management Grants Final Report, California Department of Pesticide Regulation, Contract No. 99.0220.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları No. 56, Ankara, 574s.
- Zhang, Y., E. Kendy, Y. Qiang, L. Changming, S. Yanjun, S. Hongyong, 2004. Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the north China plain. *Agric Water Manage.* 64: 107-122.
- <http://www.ozonoks.com>
- <http://www.ozonjenaretaru.com>