

Kontrollü kısıtlı sulamanın biber (*Capsicum annuum* L.) verim ve verim bileşenlerine etkileri

Nuray ÇÖMLEKÇİOĞLU¹, Mehmet ŞİMŞEK²

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, ESKİŞEHİR

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ŞANLIURFA

Alınış tarihi: 14 Ekim 2016, Kabul tarihi: 8 Aralık 2016

Sorumlu yazar: Nuray ÇÖMLEKÇİOĞLU, e-posta: ncomlekcioglu@ogu.edu.tr

Öz

Dünyada artan gıda ihtiyacını karşılayabilmek için gerekli üretimi yapmak ve sürdürülebilir tarımsal üretim için su kaynaklarının etkin kullanımıyla ilgili çalışmalar güncelliğini korumaktadır. Deneme kontrollü kısıtlı sulama (Regulated Deficit Irrigation-RDI) tekniğiyle sulama programının biber verim, verim bileşenlerine, su-verim ilişkilerine etkilerinin belirlenmesi ve sulama yönetiminde kullanılacak prensiplerin önerilmesi amacıyla yürütülmüştür. Biberde vejetasyon süresi üç döneme ayrılmış ve üç gün aralıkla sulamalar yapılmıştır. Farklı gelişim dönemlerinde toplam sulama suyu (Irrigation Water-IW)/toplam buharlaşma (Cumulative Pan Evaporation- CPE) miktarına oranının %66'sı, %100'ü, ve, %133'ü kullanılarak 15 sulama konusu oluşturulmuştur. Sulama uygulamaları toplam meyve verimini önemle etkilemiştir. Buna karşılık uygulamaların ortalama meyve ağırlığına, meyve çapına ve uzunluğuna etkileri önemsiz bulunmuştur. En yüksek verim RDI'nin %133 uygulandığı T1 konusundan (85.03 t ha⁻¹) sağlanmıştır. Anılan konu için en yüksek sulama suyu 1473 mm uygulanmıştır. Oransal su tüketim eksilişinin %12, oransal verim azalışının %23 olarak gerçekleştiği T4 konusunda su tasarrufunun %25 gerçekleştiği bu değer 364 mm su derinliğine karşılık geldiği ve bu konudan 65.20 t/ha⁻¹ verim sağlandığı belirlenmiştir. Yarı kurak bölgelerde suyun önemli bir kısıt faktörü olması halinde T4 konusu %25'lik su tasarrufu sağladığından dolayı önerilebilir. Bu sonuçlar biber bitkisinin suya son derece duyarlı olduğunu kanıtlamaktadır..

Anahtar kelimeler: Kısıtlı sulama, bitki su tüketimi, biber, su kullanım etkinliği, su tasarrufu

Effects of regulated deficit irrigation on yield and certain yield components of pepper (*Capsicum annuum* L.)

Abstract

Studies related to the effective use of water resources for sustainable agricultural production, necessary to meet the growing demand for food in the world, are still under discussion. This study was carried out to determine the effects of regulated deficit irrigation (RDI) schedule on pepper yield, yield components, water-yield relationship, and to suggest principles irrigation management of irrigation. Vegetation period divided into three stages, and irrigation was applied in three-day intervals. Fifteen irrigation treatments were performed at ratios of 133% (T1), 100% (T2) and 66% (T3), total irrigation (IW)/cumulative pan evaporation (CPE) for different three growth stages. Irrigation practices were strongly affected total fruit yield. In contrast average fruit weight, fruit diameter and fruit length were not affected significantly by irrigation treatments. The highest yield was provided from T1 treatment (85.03 t ha⁻¹) which involved the highest amount of irrigation water applied throughout the growing season. The highest of irrigation water was applied (1473 mm) for mentioned issues. It was determined that 12 % relative evapotranspiration deficit, and 23% relative fruit yield decrease realized in T4 treatment which water savings was 25%, that corresponds to 364 mm of water depth and this issue provided 65.20 t ha⁻¹ yield. In case of a significant water constraint in semi-arid regions, T4 treatment recommendable because it provides 25% water savings. These results

demonstrate that pepper plants highly susceptible to water deficit

Key words: Deficit irrigation, evapotranspiration, pepper, water use efficiency, saving water

Giriş

Bitkisel üretimde yüksek verimin sağlanması ve verimliliğin sürdürülebilmesi için iyi üretim tekniklerinin uygulanması zorunludur. Çünkü bitki büyüme, gelişme ve verimi optimize eden yetiştirme koşullarıdır. Sulama, ürünlerin verimini artırma ve dengelemeye ek olarak, yetiştirme süresini uzatma ve suyun var olduğu ve iklimin uygun olduğu alanlarda aynı alandan yıl içinde iki üç ürünün yetiştirilmesine olanak sağlar.

Dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık %34 artışla 9.1 milyar olacağı öngörülmektedir. Artan nüfusun yeterli ve sağlıklı gıdaya sahip olabilmesi için tarımsal üretimde doğru ve sürdürülebilir üretim koşullarının geliştirilmesi ve kaynakların kullanımı için araştırma ve geliştirmeye odaklanmak gerekli ve zorunludur (United Nation, 2015). Aşırı tüketim ve su kaynaklarının kirlenmesiyle kullanılabilir su temini ve su talebi arasındaki büyük fark dünyanın birçok yerinde giderek artmış ve su kıtlığı çeken bölgelerin sayısında ciddi artışlar görülmüştür. Hızlı nüfus artışı, tarım ve sanayi sektörlerinin arasındaki rekabet ve dengesizlikler, yeraltı ve yüzey suların kalitesi, tatlı su kaynaklarının giderek daha tasarrufsuz ve verimsiz kullanımı su kıtlığını tetiklemektedir. Tarım alanları suyun büyük küresel tüketicisi haline gelmiştir. Tarım alanlarının yaklaşık %18'i sulanmaktadır, ancak bu sulanan alanlardan üretilen ürünler küresel gıda üretiminin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır (Gleick, 2002). Tarım için kullanılan suyun payı gelişmiş ülkelerde %30, orta gelirli ülkelerde %74 ve düşük gelirli ülkelerde %87 civarındadır. Bitkisel üretim dışındaki kentsel ve endüstriyel kullanımlar için de suya olan talep artmakta ve giderek gıda üretimi için su talebi ile rekabet etmektedir. Tahminler 2025 yılında, 1.8 milyar kişinin mutlak su kıtlığı olan bölgelerde yaşıyor olacağı ve dünya nüfusunun üçte ikisinin stres şartlarında kalabileceğini göstermektedir (FAO, 2015). Yakın gelecekte bitkisel üretimde sulama için yetersiz su temininin bir istisna olmaktan çok standart olacağı ve sulama yönetiminin, birim alan başına verimin maksimize edilmesinden,

tüketilen birim su için verimi maksimize eden su yönetimine kayacağı bildirilmektedir. Bu durum kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal sulamanın planlanmasını ve sulama yönteminin değiştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Kısıtlı su kaynakları ile başa çıkmak için bitkinin tam su gereksiniminden (evapotranspirasyon) daha az su uygulanması olarak tanımlanan kısıtlı sulama, sulama suyu kullanımının azaltılması ve su verimliliğini artırma hedefine ulaşmak için önemli potansiyele sahip bir araçtır (Feres ve Sariano, 2007). Bunun yanında bitki veriminde önemli azalmalara neden olmadan, bitkinin suya duyarlılığına göre farklı gelişim dönemlerinde veya tüm yetiştirme sezonu boyunca belirli oranlarda su tasarrufu sağlayan kontrollü kısıtlı sulama (Regulated Deficit Irrigation-RDI) iyi bir yöntem sayılabilir (Ali ve ark. 2007, Bekele ve Tilahun, 2007, Feres ve Soriano, 2007, Geerts ve Raes, 2009). RDI geleneksel sulama yaklaşımlarından farklıdır. Bu yöntemde ana hedef, ürün verimliliğine çok az katkısı olan sulamaları kaldırarak ekonomik su kullanımı sağlamaktır. Ürün verimliliğinde önemli azalmalara neden olmadan, izin verilebilir su tasarrufu ile optimum fayda sağlanabilir. Bu sayede su kullanım randımanı artırılabilir. Birçok araştırmada kullanılabilir suyun yetersiz olduğu durumlarda, kısıtlı sulama uygulamalarının ekonomik geliri arttırdığı bildirilmiştir (Geerts ve Raes, 2009, Ali ve ark., 2007). RDI ile oluşan verim azalışının, tasarruf edilen ve normalde geleneksel sulama uygulamaları için yetersiz olan suyun başka ürünlerin sulanmasında kullanılmasıyla sağlanan faydayla (üretimle) telafi edilebileceği ve bu verim azalışının önemli olmayacağı (Kırda, 2002, Ali ve ark., 2007), su tüketimini azaltırken verim üzerinde olumsuz etkileri minimize ettiği rapor edilmiştir (Kırda, 2002). Birçok araştırmacı *Solanaceae* bitkilerinde kısıtlı sulama uygulamalarının olumlu ve olumsuz etkilerinin olduğunu bildirilmiştir (Antony ve Singandhupe, 2004, Dorji ve ark., 2005, Gencoglan ve ark., 2006, Sezen ve ark., 2006, Celebi, 2014, Savic ve ark., 2008).

Bu çalışmayla yarı-kurak iklim koşullarında RDI tekniğiyle farklı gelişim dönemlerinde oluşturulan su kısıtının, biber verimine, bazı kalite özelliklerine etkileri ve su kullanım performansının incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme yarı-kurak iklim kuşağında, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve az yağışlı bir bölgede bulunan Şanlıurfa'da, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanında 2011 yılında yürütülmüştür. Çalışma alanı toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliğinde tarla kapasitesi (w/w %) ve solma noktalarında su içerikleri sırasıyla, %33.1, 33.2 ve 33.7, ve %21.6, 21.9 ve 22.8 arasında değişmektedir (Şimşek ve ark., 2005). Denemenin yürütüldüğü aylara ait bazı iklim verileri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çalışmada, su bütçesi ve sulama programı için toprakların su içerikleri, dikimle birlikte profilin 0-30 ve 30-60 cm derinlikte gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Nem ölçümleri her iki sulamada bir sulamadan önce gerçekleştirilmiş ve sulamalar 3 gün arayla uygulanmıştır.

Bitkisel materyal olarak Bafra F1 sivri biber çeşidi kullanılmıştır. Fide dikimleri 26 Mayıs 2011'de gerçekleştirilmiştir. Konulu sulamalar ise 19 Haziranda başlatılmıştır. Fide dikimlerinde dar sıra arası 50, geniş sıra arası 150 ve sıra üzeri 40 cm aralık bırakılmış ve her parselde 30 bitki yer almıştır. Gübreleme programı; dekara N; P₂O₅; K₂O; CaO ve MgO' dan sırasıyla 20; 10; 25; 10 ve 5 kg olarak uygulanmıştır.

Biberde RDI tekniği ile sulama programı oluşturulmuştur. Bu teknikte bitki gelişim dönemi (fide dikiminden son hasat zamanına kadar geçen vejetasyon süresi) 3 döneme bölünmüştür. Çizelge 2'de sunulduğu gibi kendi içerisinde dönemsel matriks oluşturularak ve bitki gelişim dönemlerine bağlı kalınarak; kısıtlı, tam ve aşırı su düzeyleri uygulanmıştır.

Birinci gelişme dönemi (S1); fide dikiminden ilk meyve tutumuna kadar, 2. gelişme dönemi (S2); ilk meyve tutumundan ilk hasadın yapıldığı döneme kadar ve 3. gelişme dönemi (S3); ilk hasat sonrasında son hasada kadar geçen süreyi kapsamaktadır.

Sulamalar Çizelge 2'ye göre gelişim dönemleri ve IW/CPE oranları dikkate alınarak %66, %100 ve %133 [IW/CPE; IW: uygulanacak sulama suyu

(mm)/CPE: Kümülatif Pan buharlaşma miktarı (mm)] olarak gerçekleştirilmiştir. Su bütçesi için standart buharlaşma kabı (class A pan) kullanılmıştır.

Bitki su tüketimi Eşitlik 1'de Garrity ve ark., (1982)'ye göre belirlenmiştir.

$$ET_c = P + I - R - D_p \pm \Delta S \quad (1)$$

Eşitlikte, ET_c; bitki su tüketimi (mm) (ET_c, ET_a olarak değerlendirilmiştir), P; yağış (mm), I; sulama suyu (mm), R; yüzey akış (mm), D_p; derine sızma (mm) ve ΔS; kök bölgesinde toprak nem içeriğindeki (mm) değişimi ifade etmektedir.

Su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) için Howell ve ark., (1990) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır. WUE; dekadardan elde edilen ürün miktarının (t) bitki su tüketimine (m³) bölünmesinden, IWUE; dekadardan elde edilen ürün miktarının (t) sulama suyu miktarına (m³) bölünmesinden elde edilmiştir. Verim-su ilişkilerinin saptanmasında; oransal verim düşüşleri ve oransal su tüketim eksilişinde boyutsuz parametrelerin kullanıldığı Stewart eşitliği (2) ile değerlendirme yapılmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (2)$$

Eşitlikte, Y_a; gerçek verim (t da⁻¹), Y_m; maksimum verim (t da⁻¹), Y_a /Y_m; oransal verim, 1-(Y_a /Y_m); oransal verim düşüşü, ET_a; gerçek bitki su tüketimi (mm), ET_m; maksimum bitki su tüketimi (mm), ET_a/ET_m; oransal su tüketimi, 1-(ET_a /ET_m); oransal bitki su tüketim eksilişi ve k_y; verim tepki faktörüdür.

Toprağa uygulanacak suyun hacimsel bütçesi Eşitlik 3'e göre hesaplanmıştır.

$$V = \sum E_p * A \quad (3)$$

V; hacimsel sulama suyu miktarı (L), E_p; buharlaşma kabında ölçülen 3 günlük buharlaşan suyun toplam derinliği (mm) ve A; Deneme parseli alanıdır (m²).

Damla sulama sisteminde damlatıcı aralığı 50 cm olan in-line 16 PE damla sulama borusu kullanılmıştır. Uygulanacak suyun hacim hesaplamasında ıslatma oranı %70 kullanılmıştır.

Çizelge 1. Deneme alanına ait bazı iklim verileri

| Yıl | Ay | T (°C) | RH (%) | P (mm) | u ₂ (m s ⁻¹) |
|------|---------|--------|--------|--------|-------------------------------------|
| 2011 | Mayıs | 21.3 | 46.6 | 39.2 | 1.5 |
| | Haziran | 28.3 | 30.3 | 4.6 | 2.1 |
| | Temmuz | 33.0 | 24.0 | 0.8 | 1.7 |
| | Agustos | 31.9 | 27.0 | 0.0 | 1.7 |
| | Eylül | 27.7 | 31.4 | 10.3 | 1.4 |
| | Ekim | 20.5 | 53.7 | 12.3 | 1.2 |

T: ortalama hava sıcaklığı, RH: oransal nem, P: yağış, u₂: rüzgar hızı (2 m yükseklikte)

Toplam meyve verimi vejetasyon süresince yapılan hasatların toplamı olarak belirlenmiştir. Ortalama meyve ağırlığı, meyve çap ve uzunluklarının belirlenmesinde 3 ayrı hasatta ölçümler yapılmış ve ortalamalar alınmıştır. Klorofil indeksinin belirlenmesinde de her üç gelişim dönemi sonunda

olmak üzere üç kez ölçüm yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Varyans analizleri TARIST (Açıkoğlu ve ark., 2004) istatistik programı ve ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testi kullanılmıştır.

Çizelge 2. Gelişim dönemlerine bağlı olarak sulama uygulamaları

| Sulama uygulamaları | Gelişim dönemi | | |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| T ₁ | 133 | 133 | 133 |
| T ₂ | 100 | 100 | 100 |
| T ₃ | 66 | 66 | 66 |
| T ₄ | 66 | 100 | 100 |
| T ₅ | 66 | 100 | 133 |
| T ₆ | 66 | 133 | 100 |
| T ₇ | 66 | 133 | 133 |
| T ₈ | 100 | 66 | 100 |
| T ₉ | 100 | 66 | 133 |
| T ₁₀ | 100 | 100 | 66 |
| T ₁₁ | 100 | 133 | 66 |
| T ₁₂ | 133 | 66 | 100 |
| T ₁₃ | 133 | 66 | 133 |
| T ₁₄ | 133 | 100 | 66 |
| T ₁₅ | 133 | 133 | 66 |

Bulgular ve Tartışma

Deneme süresince üç günlük sulama aralığında toplam 21 kez konulu sulama gerçekleştirilmiş ve toplam 11 kez meyve hasadı yapılmıştır. RDI tekniğine göre, uygulanan sulama suyu ve mevsimlik su tüketim miktarları sırasıyla; 1473 -837 ve 1256-632 mm arasında değişmiştir. Mevsimlik maksimum ve minimum su tüketimi (ETc) sırasıyla T1 ve T3 konularında gerçekleşmiştir. En yüksek ve en düşük verimler aynı konulardan elde edilmiştir.

Toplam meyve verimi sulama konularından önemli derecede etkilenmiş ve uygulanan toplam su miktarına paralel olarak verimlerde doğrusal oranda değişmiştir. En düşük verim, vejetasyon süresince en az su uygulanan T3 konusundan elde edilmiştir. En

yüksek verim T1 konusunda 85.03 ton ha⁻¹ ve en düşük verim ise %54 kayıpla T3 konusunda 39.01 ton ha⁻¹ şeklinde elde edilmiştir. T7 ve T13 konularında sırasıyla S1 ve S2 dönemlerinde kısıt uygulanmasına karşılık diğer dönemlerde evapotranspirasyonun üstünde sulama uygulanmıştır. Söz konusu konularda IW değerleri sırasıyla 1412 ve 1250, ETc yine sırasıyla 1204 ve 1185 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler en yüksek verimin elde edildiği T1 konusuna yakın olmakla birlikte verim azalışları dramatik olmuştur. T1 konusuna oranla verim kayıplarının T7 ve T13 konularında sırasıyla %43 ve %46 olduğu belirlenmiştir. Bu durum biberde herhangi bir gelişme döneminde su kısıtının uygulanmasından sonra tam sulama yapılsa da verim kayıplarının tam

olarak telafi edilemeyeceğini ve biberin vejetasyon boyunca her gelişim döneminde su stresine duyarlı olduğunu ifade etmektedir (Çizelge 3). Biberde meyve tutumu periyodik olarak devam ettiğinden, ilk meyve tutumuna kadar olan gelişme döneminde suyun tam uygulanması, ancak daha sonraki dönemde kısıtlanması veya ilk çiçeklerde meyve tutumu sağlandıktan sonra su ihtiyacının tam karşılanmaması durumunda verim düşüşleri olduğu belirlenmiştir. Bu durum kısıtlı suyun meyve tutumunu olumsuz etkilemesinin bir sonucudur. En yüksek meyve veriminin sağlanabilmesi için tüm yetiştirme dönemlerinde hiç kısıt uygulanmadan, toplam buharlaşma veya buharlaşmanın %33 fazla sulama suyunun bitkiye uygulanması gerektiği belirlenmiştir. Yetersiz sulamanın verim kayıplarına neden olduğu, bitki gelişimi, meyve özellikleri ve kalitesi üzerine olumsuz etkileri olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiş (Kırnak ve ark., 2016; Ahmed ve ark., 2014; Foday ve ark., 2012; Akinbile ve Yusoof, 2011; Owusu-Sekyere ve ark., 2010; Demirtas ve Ayas, 2009; Gencoglan ve ark., 2006; Antony ve Singandhupe, 2004) olmasına karşılık bazı araştırmacılar biberde tam sulamaya göre sulama suyunun %20-25 oranında azaltılması durumunda bitki büyüme, gelişme ve meyve özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını bildirmektedir (Owusu-Sekyere ve ark., 2010, Moreno ve ark., 2003).

Denemede oransal bitki su tüketim eksilişleri (1-ETa/ETm) sırasıyla T1 ve T3 konularında 0.04-0.52 ve oransal verim düşüşleri (1-Ya/Ym) aynı sırayla 0.00-0.54 arasında değişmiştir.

Tarla koşullarında yetiştirilen biberin en yüksek IWUE değeri; en yüksek sulama suyu uygulanan T4 konusunda 5.88 kg m⁻³, en düşük IWUE değeri yine en düşük sulama suyu uygulanan T7 konusunda 3.41 kg m⁻³ hesaplanmıştır. En yüksek ve en düşük WUE değeri sırasıyla T1 ve T13 konularında yine sırasıyla 6.77 ve 3.9 kg m⁻³ olarak belirlenmiştir. Ancak IWUE ve WUE parametrelerindeki en düşük değerlere karşın, en yüksek su tasarrufu yine bu konuda (T3) gerçekleşmiştir. En düşük verimin gerçekleştiği T3 konusunda su tasarrufu %43.0 hesaplanmıştır, En fazla su uygulanan sulama konusuna (T1) göre maksimum su tasarrufu T2 ve T3 için sırasıyla % 43 ve %21 olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık verim azalışları yine sırasıyla %27 ve %54 oranına ulaşmıştır. Su eksilişlerine karşı verim kaybını ifade eden verim tepki faktörü (ky) değeri 1.05 (T3) ve 5.64 (T7) arasında değişmiştir (Çizelge 3). ky, su

tüketiminde birim azalmanın neden olduğu verim azalışlarını göstermektedir. ky değerleri bitki su tüketiminin artışıyla birlikte artmış ve T7 ve T13 uygulamalarında sırasıyla 5.64 ve 5.00 olarak belirlenmiştir. Bu durum biberin su kullanımı azaldığında yüksek oranda verim azalışları gösterdiğini, su stresine çok hassas olduğunu ve kısıtlı sulama uygulamalarının bu tür için çok hassas ve geçerli olmadığı anlamına gelir. ky değerleri bitki türüne özeldir, türlere ve çeşitlere, sulama yöntemine ve üretim yönetimine göre değişir. Vejetasyon süresince bitkinin farklı gelişim dönemlerine göre ky değeri değişir. Büyük ölçüde vejetasyon süresince bitki büyüme ve gelişme aşamasına bağlıdır (Gatta ve ark., 2007).

Sulama konularının ortalama meyve ağırlıklarına etkileri istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Buna karşılık en yüksek ortalama meyve ağırlığı aşırı su uygulanan T1 konusunda 19.25 g olarak kaydedilmiştir. Farklı gelişim dönemlerindeki su eksilişlerine bağlı olarak ortalama meyve ağırlıklarında azalma olduğu ve 14.25 grama kadar düştüğü belirlenmiştir. Meyve eni ve boyu incelendiğinde su düzeylerinin etkilerinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Kısıtlı suyun meyve sayısında azalma, ancak meyve ağırlığı ve meyve boyutlarında istatistikî olarak önemli farklılık yapmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Mevcut araştırmada, farklı sulama uygulamalarıyla klorofil değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Düşük su seviyeleri yaprak klorofil indeks değerlerini önemli derecede azaltmıştır (Çizelge 4). Yetersiz su düzeyleri koşullarında, bitkilerde su stresinin çeşitli göstergeleri bulunmaktadır. Yapraklardaki klorofil miktarı, bitkilerde su stresinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir kriterdir (Kancheva ve ark., 2008; Gerçek ve ark., 2009). Chaves ve ark., (2002) klorofil için benzer sonuçlar bildirmiştir. Su kısıntısı fotosentezi, bitki büyüme ve gelişimini önemli derecede etkiler. Ancak bu etki yalnız su ile ilgili değil aynı zamanda yüksek sıcaklık ve yüksek ışıkla da ilişkilidir. Su, bitkinin verim, büyüme ve gelişmesini sürdürebilmesi için gereksinim duyduğu, kurak ve yarı kurak iklim koşullarında verimi azaltan en önemli faktörlerden birisidir. Su noksanlığına maruz kalan bitkilerde stomaların kapanmasına bağlı olarak CO₂ girişi ve buna bağlı olarak fotosentetik aktivite engellenir ve oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliği gibi birçok faktörü etkiler. Hücre zarı

yapısını ve geçirgenliğini, protein yapısını ve fonksiyonlarını ve hücre ölümünün başlatılmasına ve düşük verimliliğe neden olur (Bhardwaj ve Yadav, 2012, Shangguan ve ark., 2000). Stres, tipik olarak sürgün uzamasının sınırlanması, yaprak alanının ve klorofil miktarının azalmasıyla sonuçlanır (Guo ve ark., 2015). Havaux (1992), Solanaceae bitkilerinde

38-40°C'nin üstündeki sıcaklıklarda fotosentezin etkilendiğini ve klorofil miktarının azaldığını vermiştir. Chaves ve ark. (2002) klorofil için benzer sonuçlar bildirmiştir. Su kısıtı fotosentezi, bitki büyüme ve gelişimini önemli derecede etkiler. Ancak bu etki yalnız su ile ilgili değil aynı zamanda yüksek sıcaklık ve yüksek ışıkla ilişkilidir.

Çizelge 3. Bitkilere uygulanan sulama suyu miktarları (IW), meyve verimleri, bitki su tüketimi (ET_c), oransal su tüketim azalışları (1-ET_a/ET_m), oransal verim düşüşleri (1-Y_a/Y_m), sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), su kullanım randımanı (WUE), verim tepki faktörü (k_y) ve % su tasarrufu oranları

| Konular | IW (mm) | Meyve Verimi (ton ha ⁻¹) | ET _c (mm) | 1-(ET _a /ET _m) | 1-(Y _a /Y _m) | IWUE (kg/m ³) | WUE (kg/m ³) | k _y | Su tasarrufu (%) |
|-----------------|---------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|------------------|
| T ₁ | 1473 | 85.03 a | 1256 | 0.04 | 0.00 | 5.77 | 6.77 | 0.00 | 0.00 |
| T ₂ | 1159 | 62.07 bd | 1100 | 0.16 | 0.27 | 5.35 | 5.64 | 1.73 | 0.21 |
| T ₃ | 837 | 39.02 e | 632 | 0.52 | 0.54 | 4.66 | 6.17 | 1.05 | 0.43 |
| T ₄ | 1109 | 65.20 b | 1150 | 0.12 | 0.23 | 5.88 | 5.67 | 1.97 | 0.25 |
| T ₅ | 1283 | 53.66 be | 1102 | 0.15 | 0.37 | 4.18 | 4.87 | 2.38 | 0.13 |
| T ₆ | 1238 | 66.11 b | 1120 | 0.14 | 0.22 | 5.34 | 5.90 | 1.58 | 0.16 |
| T ₇ | 1412 | 48.23 ce | 1204 | 0.08 | 0.43 | 3.41 | 4.01 | 5.64 | 0.04 |
| T ₈ | 1046 | 61.28 bd | 1125 | 0.14 | 0.28 | 5.86 | 5.45 | 2.03 | 0.29 |
| T ₉ | 1220 | 63.83 bc | 1180 | 0.10 | 0.25 | 5.23 | 5.41 | 2.62 | 0.17 |
| T ₁₀ | 979 | 48.11 ce | 1103 | 0.15 | 0.43 | 4.91 | 4.36 | 2.82 | 0.34 |
| T ₁₁ | 1088 | 47.01 de | 985 | 0.24 | 0.45 | 4.32 | 4.77 | 1.83 | 0.26 |
| T ₁₂ | 1076 | 47.01 de | 1002 | 0.23 | 0.45 | 4.37 | 4.69 | 1.93 | 0.27 |
| T ₁₃ | 1250 | 46.27 de | 1185 | 0.09 | 0.46 | 3.70 | 3.90 | 5.00 | 0.15 |
| T ₁₄ | 1009 | 47.89 de | 954 | 0.27 | 0.44 | 4.74 | 5.02 | 1.63 | 0.31 |
| T ₁₅ | 1118 | 50.28 be | 1004 | 0.23 | 0.41 | 4.49 | 5.01 | 1.78 | 0.24 |
| LSD (0.01) | | 15.92 | | | | | | | |

Çizelge 4. Meyvede incelenen bazı özellikler ve yaprak klorofil indeksi

| Uygulamalar | Meyve Ağırlığı (g) | Meyve çapı (mm) | Meyve Uzunluğu (mm) | Klorofil indeksi |
|-----------------|--------------------|-----------------|---------------------|------------------|
| T ₁ | 19.25 | 19.75 | 16.50 | 491.29 a |
| T ₂ | 16.75 | 18.00 | 16.75 | 477.54 ab |
| T ₃ | 14.75 | 18.25 | 14.50 | 441.98 bd |
| T ₄ | 18.00 | 19.50 | 17.00 | 463.29 ac |
| T ₅ | 17.00 | 18.00 | 16.00 | 487.98 ab |
| T ₆ | 19.00 | 20.00 | 16.25 | 498.54 a |
| T ₇ | 17.25 | 20.00 | 14.50 | 484.77 ab |
| T ₈ | 16.50 | 19.50 | 14.75 | 461.19 ad |
| T ₉ | 17.00 | 18.25 | 15.50 | 483.98 ab |
| T ₁₀ | 15.75 | 18.25 | 14.75 | 455.17 ad |
| T ₁₁ | 16.25 | 18.75 | 14.75 | 454.86 ad |
| T ₁₂ | 17.50 | 19.25 | 15.00 | 468.13 ac |
| T ₁₃ | 14.25 | 17.75 | 15.50 | 462.84 ad |
| T ₁₄ | 15.00 | 18.75 | 14.50 | 423.54 cd |
| T ₁₅ | 14.25 | 17.75 | 14.75 | 414.96 d |
| LSD (0.01) | ÖD | ÖD | ÖD | 47.95 |

Sonuç ve Öneriler

Denemenin yürütüldüğü yarı-kurak iklim koşullarında, özellikle sıcaklık ve nem değerlerinden dolayı, bitki su tüketimi genel olarak en yüksek gerçekleşmektedir. Çalışmanın, damla sulama ile yürütülmesi ve RDI tekniğinin uygulanması, sulama suyunda üstün tasarruf sağlanmasına neden olmuştur. Benzer tekniklerin kullanılması, kurak ve yarı kurak bölgelerde toprak tuzluluğunun yavaşlamasına, daha düşük su tüketilmesine ve uygulanmasına ve sudan sağlanan tasarruf ile daha fazla tarımsal alanın sulanmasına olanak sağlanabilir. Sonuç olarak, yarı-kurak iklim koşullarında biberde verimi maksimize edebilmek için üretim sezonu boyunca su kısıntısı uygulanmadan, toplam buharlaşmadan daha fazla (T1) sulama suyu uygulanması gerektiği belirlenmiştir. Suyun kısıtlı olması durumunda, sulama suyu miktarının en azından buharlaşma miktarına eşit (T2) oranlarda uygulanmasının verim ve kaliteyi optimize etmek için iyi bir yönetim stratejisi olduğu sonucuna varılmıştır. Yarı kurak bölgelerde suyun önemli bir kısıt faktörü olması halinde ise T4 konusu %25'lik su tasarrufu sağladığından dolayı önerilebilir

Kaynaklar

- Açıkgöz, N., İlker, E., Gokcol, A., 2004. Biyolojik araştırmaların bilgisayarda değerlendirilmeleri. Ege Uni. Tohum Teknoloji Uygulama ve Arastırma Merkezi Yay, İzmir.
- Ahmed, A.F., Yu, H., Yang, X., Jiang, W., 2014. Deficit irrigation affects growth, yield, vitamin C content, and irrigation water use efficiency of hot pepper grown in soilless culture. Hortscience. 49(6):722-728.
- Akinbile, C.O, Yusoff, M.S., 2011. Growth, yield and water use pattern of chilli pepper under different irrigation scheduling and management. Asian Journal of Agricultural Research. 5(2):154-163.
- Ali, M.H., Hoque, M.R., Hassan, A.A., Khair A., 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. Agricultural Water Management. 92, 151-161.
- Antony, E., Singandhupe. R.B., 2004. Impact of drip and surface irrigation on growth, yield and WUE of capsicum (*Capsicum annuum* L.). Agricultural Water Management. 65:121-132.
- Bekele, S., Tilahun, K., 2007. Regulated deficit irrigation scheduling of onion in a semiarid region of Ethiopia. Agricultural Water Management. 89, 148-52.

- Bhardwaj, J., Yadav, S.K., 2012. Genetic mechanisms of drought stress tolerance, implications of transgenic crops for agriculture. Agroecology and strategies for climate change. Sustainable Agriculture Reviews 8. Edited by: Lichtfouse E. 2012, Springer, 213-235.
- Celebi, M., 2014. The effect of water stress on tomato under different emitter discharges and semi-arid climate condition. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 20 (5):1151-115.
- Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osori, M.L., Carvalho, I., Faria, T., 2002. How Plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and Growth. Oxford Journals, Life Sci., Annals of Botany, 89:907-916.
- Demirtas, C., Ayas, S., 2009. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. Demre) yield in unheated greenhouse condition. Journal of Food, Agriculture & Environment. 7(3&4):989 - 993.
- Doorenbos D., Kassam A.H., 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No 33. Food and Agriculture Organization of The United Nations, No:193, Rome.
- Dorji, K., Behboudian, M.H. ve Zegbe-Dominguez, J.A., 2005. Water relations, Growth, Yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. Scientia Horticulturae. 104;137-149.
- FAO, 2015. http://www.fao.org/nr/water/topics_scarcity.html
- Fereres, E. and Soriano MA., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, Vol. 58, No. 2, pp. 147-159.
- Foday T I, Xing W, Shao G, Hua C., 2012. Effect of water use efficiency on growth and yield of hot pepper under partial root-zone drip irrigation condition. International Journal of Scientific & Engineering Research, 3(1).
- Garrity, P.D., Watts, D.G., Sullivan, C.Y., Gilley, J.R., 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance: Evapotranspirasyon-yield relationships. Agronomy Journal 74: 815-820.
- Gatta, G., Giulian, M.M., Monteleone, M., Nardella, E., De Caro, A., 2007. Deficit irrigation scheduling in processing tomato. In: Lamaddalena N. (Eds: Bogliotti, C., Todorovic, M., Scardigno, A.) Water saving in Mediterranean agriculture and future research needs. 1: 277 -289.
- Geerts, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management 96: 1275-1284

- Gencoglan, C., Akinci, İ.E., Ucan, K., Akinci, S., Gencoglan, S., 2006. Response of red hot pepper plant (*Capsicum annuum* L.) to the deficit irrigation. *Mediterranean Agricultural Science*. 19 (1). 131-138.
- Gercek, S., Comlekcioglu, N., Dikilitas M., 2009. Effectiveness of water pillow irrigation method on yield and water use efficiency on hot pepper (*Capsicum annuum* L.) *Scientia Horticulturae* 120: 325-329.
- Gleick, P., 2002. *The World's Water: The biennial report on freshwater resources 2002-2003*. Island Press, Washington, DC, 334 pp.
- Guo, Y., Yu, H., Kong, D., Yan, F., Liu, D., Zhang, Y., 2015. Effects of gradual soil drought stress on the growth, biomass partitioning, and chlorophyll fluorescence of *Prunus mongolica* seedlings. *Turkish Journal of Biology*. 39: 532-539
- Havaux, M., 1992. Stres tolerance of photosystem II in vivo. Antagonistic effects of water, heat, and photoinhibition stresses. *Plant Physiology*. 100: 424-432.
- Howell, T.A., Cuenca, H.A., Solomon, K.H., 1990. Crop yield response. In: *Management of farm irrigation systems*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. 1990. p 93-122.
- Kancheva, R.H., Borisova, D.S. Iliev, I.T., 2008. Chlorophyll fluorescence plant as a stress indicator. *Recent Developments in Remote Sensing From Space*, 5, 301-306.
- Kirda, C., 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. *Deficit Irrigation Practices, Water Reports*, 22- Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, ISBN 92-5-104768-5.
- Kırnak H, Gökalp Z, Demir H, Kodal S, Yıldırım E. 2016. Paprika Pepper Yield and Quality as Affected by Different Irrigation Levels. *Tarım Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences*. 22:77-88.
- Moreno, M.M., Ribas, F., Moreno, A., Cabello, M.J. 2003. Physiological response of pepper (*Capsicum annuum* L.) crop to different trickle irrigation rates. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 1; 65-74.
- Owusu-Sekyere, J.D., Asante, P., Osei-Bonsu, P., 2010. Water requirement, deficit irrigation and crop coefficient of hot pepper (*Capsicum frutescens*) using irrigation interval of four (4) days. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. 5: 5.
- Savic, S., Stikic, R., Radovic, B.V., Bogicevic, B., Jovanovic, Z., Hadzi. V., Sukalovic, T. 2008. Comparative effects of regulated deficit irrigation (RDI) and partial root-zone drying (PRD) on growth and cell wall peroxidase activity in tomato fruits. *Scientia Horticulturae* 117: 15-20.
- Sezen, S. M., Yazar, A., Eker, S. 2006. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepce. *Agricultural Water Management* 81:115-131.
- Shangguan, Z., Shao, M., Dyckmans, J., 2000. Effects of nitrogen nutrition and water deficit on net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in winter wheat. *Journal of Plant Physiology*. 156: 46-51.
- Simsek M., Tonkaz, T. Kaçira, M. Comlekcioglu, N., Doğan, Z., 2005. The effects of different irrigation regimes on cucumber (*Cucumis sativus* L) yield and yield characteristics under open field conditions. *Agricultural Water Management*, 73(3): 173-191.
- United Nations, 2015. Department of economic and social affairs, population division world population prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241.