



## Araştırma Makalesi/Reserach Article

# Çeltik Bitkisinde Farklı Sulama Yöntem ve Uygulamalarının Klorofil İçeriğine Üzerine Etkisi

Yeşim Bozkurt Çolak\*  Engin Gönen  Mete Özfıdaner  Alper Baydar 

Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Mersin  
\*Sorumlu yazar: yesimcolak@ymail.com

Geliş Tarihi: 06.03.2022

Kabul Tarihi: 14.06.2022

### Öz

Bu araştırma çeltik (*Oryza sativa L.*) Yetiştiriciliğinde farklı sulama sistem ve düzeylerinin klorofil içeriğine etkisinin belirlenmesi amacıyla 2019-2020 yıllarında Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu'nda yürütülmüştür. Deneme iki sulama yöntemi ana parselleri (yüzeyaltı (YA) ve yüzeyüstü (YÜ)), alt parselleri üç sulama düzeyi bitki pan katsayısı değerlerine göre (I<sub>1</sub>: Class A-pan (Ep) x 1.00; I<sub>2</sub>: Ep x 1.25 and I<sub>3</sub>: Ep x 1.50) ve kontrol parseli tava sulama (TS) yöntemi olarak oluşturulmuştur. Araştırmada sulama yöntemi ve katsayılarının verim üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Damla sulamada öne çıkan konu YÜ<sub>3</sub> ile tava sulama konusu arasındaki t-testi sonucu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Klorofil içeriği (SPAD) ile verim arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu arttıkça klorofil değerlerinde artışlar belirlenmiştir. Çeltik bitkisinde damla sulama yönteminde klorofil içeriğinin (SPAD) 42.3 değerinde sulanması durumunda (YÜ I<sub>3</sub>) konusunda en yüksek verim elde edilmiştir. Her iki damla sulama yöntemi, tava sulama (TS) ile karşılaştırıldığında YÜ<sub>3</sub> ve YA<sub>3</sub> konularında sırasıyla % 14.5 ve %19.5'lik verim azalışına karşılık uygulanan sulama suyunda %49 oranında tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca çeltiğin klorofil değeri, su stresinin belirlenmesinde ve sulamanın programlanmasında kullanılabilirliği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Çeltik, Yüzey damla sulama, Yüzeyaltı damla sulama, Su tasarrufu, Klorofil içeriği

## The Effect of Different Irrigation Methods and Applications on Chlorophyll Content in Rice Crop

### Abstract

This study was carried out in the Tarsus Soil and Water Resources Location of Alata Horticultural Research Institution in 2019-2020 years in order to investigate the use of subsurface and surface drip irrigation systems on chlorophyll content in rice (*Oryza sativa L.*) cultivation. The experimental treatments consisted of two irrigation methods surface (DI) and subsurface drip systems (SDI), with three irrigation levels designated as plant pan coefficients (I<sub>1</sub>: Class A-pan (Ep) x 1.00; I<sub>2</sub>: Class A-pan Ep x 1.25 and I<sub>3</sub>: Class A-pan Ep x 1.50) and conventional flooding (CF). The effects of drip irrigation systems and coefficients on yield was found to be statistically significant (P<0.01). Difference between DI-I<sub>3</sub>, which the prominent treatment in drip irrigation, and the t-test result between DI-I<sub>3</sub> and CF was found to be statistically significant (P<0.01). Significant polinimical relationships between chlorophyll content (SPAD) and yield were determined. Highest yield was obtained when irrigation application of the chlorophyll content with value of 42.3 (SPAD) with drip irrigation method in the rice plant (YÜ I<sub>3</sub>). Comparing both drip irrigation methods with conventional flooding, 49% of water saving obtained while yield decrease of 14.5% and 19.5% respectively YÜ<sub>3</sub> and YA<sub>3</sub> treatments.

**Keywords:** Rice, Surface drip irrigation, Subsurface drip irrigation, Water saving, Chlorophyll content

### Giriş

Çeltik, tüm dünyada en fazla sayıda insanın en yaygın temel gıda kaynağı olması nedeniyle gerek Dünya tarımında gerek Ülkemiz tarımında en önemli tarımsal ürünler arasında yer almaktadır. Artan dünya nüfusunun ihtiyaç duyulan gıda talebini karşılamak için önümüzdeki yıllarda da bu önemini sürdüreceği düşünülmektedir

Çeltik Türkiye'nin bütün bölgelerinde yetiştirilmesine rağmen, ağırlıklı olarak Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde yetiştirilmektedir. Yoğun olarak çeltik üretiminin yapıldığı iller sırasıyla Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale ve Çorum'dur. Bu illerde, ekilen çeltik alanı bakımından Türkiye'nin toplam çeltik ekim alanının %81.4'ünü oluştururken, bu illerin toplam üretimi ise Türkiye çeltik üretiminin %82.0'ını oluşturmaktadır (Uzundumlu ve ark., 2014; Anonim, 2018).



Akdeniz Bölgesinde çeltik üretimi en yoğun Mersin ilinde yapılmaktadır. 2020 yılında Akdeniz Bölgesinde 14.935 da alanda çeltik ekilişi yapılmış olup Mersin ilinde 13.740 da alandadır. Tarsus Bölgesi 2.143 da çeltik ekilişi alanı ile Silifke ilçesinden sonra ikinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2020).

Çeltik tarımında en önemli etmenlerin başında sulama suyunun sağlanması ve yönetimi gelmektedir. Ülkemizde çeltiğin bitki su tüketiminin çeşitli bölgelerdeki iklime göre 810-1625 mm arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Bununla beraber uygulamada su tüketimi çeşitli kayıplardan ötürü tahmin edilen miktardan çok daha fazla olmaktadır. Ayrıca, çeltik tarımında 1 kg çeltik elde etmek için 1000-1200 L suyun yeterli olacağı fakat uygulamada bu miktarın 4000-5000 L ulaştığı belirtilmiştir (Özgenç ve Erdoğan, 1988).

Çeltik sulanmasında genellikle geleneksel sulama yöntemlerinden biri olan tava sulama yöntemi kullanılmaktadır. Son yıllarda çeltik sulanmasında yağmurlama ve damla sulama sistemleri de kullanılmaya başlanmıştır. Damla sulama yönteminin çeltik yetiştiriciliğinde verimin artması, ürün niteliğinin yükselmesi, daha az enerji ve daha az su ile geniş alanların sulanması, yüksek düzeyde tuz içeren su ve topraklarda rahatlıkla kullanılması, yabancı ot gelişiminin olmaması ve düşük basınç gerektiğinden pompa giderlerinin azalması yönünde çok sayıda yarar sağlamaktadır.

Artan nüfusa ve insanların ihtiyaçlarına bağlı olarak talepleri göz önüne alındığında, sınırlı üretim kaynaklarını kullanarak bu taleplerin karşılanması her geçen gün önemini artırmakta olup daha fazla üretim yapabilme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle son yıllarda etkisini daha fazla görmekte olduğumuz iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri dikkate alındığında, bitkinin ihtiyaç duyduğu kadar suyun kullanılarak birim alandan en yüksek verimi alabilmek amacı ile planlama ve stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bitkiler fizyolojik faaliyetlerde hem toprak hem de çevre koşullarının etkisi altındadır. Su stresi, bitkilerin büyüme mevsimi boyunca farklı aşamalarındaki verim üzerinde olabilecek etkilerin belirlenmesinde kiritik bir öneme sahiptir. Bu anlamda, uygun sulama programlaması için bitki su stresinin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi önemlidir. Bu amaçla bitkiye dayalı yöntemler kullanılarak sulama zamanı belirlenebilmektedir. Bu yöntemlerden biri olan klorofilmetre (SPAD), kırmızı (yaklaşık 660 nm) ve yakın infrared (yaklaşık 940 nm) gibi iki dalga boyunda yaprağa iletilen ışığa, bu dalga boylarındaki absorbe edilen ışığın farkından klorofil miktarını ölçme yöntemine dayanan bir sistemdir. Fotosentez olayında en aktif görev yapan pigment klorofildir. Yapraktaki klorofil içeriği bir bitkinin fizyolojik durumunun göstergesidir. Yapraklar klorofili klorofil a ve klorofil b olarak içerirler. Klorofil ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüşümünde zorunlu olması gereken pigmentlerdir. Güneşten emilen radyasyonun miktarı da yapraktaki fotosentetik miktarına bağlıdır. Bu nedenle klorofil miktarı içeriği fotosentetik aktivite ve birincil üretimle ilgilidir (Curran ve ark., 1990). Yaprak klorofil düzeyi bitki stresi ve yaşlanma ile direkt ilgilidir (Hendry ve ark., 1987). Su kısıtlamasına maruz kalan bitkilerin yapraklarında gösterdikleri fizyolojik tepkilerden biri de klorofil miktarındaki değişimdir. Stomaların kapanma etkisi, klorofil azalması, enzimlerin aktivitesinin azalması, fotokimyasal etkinliğinin su stresi altında azalması nedeniyle fotosentez aktivitesi de bozulmaktadır (Pandey ve Shukla, 2015). Su stresi altında klorofil içeriği, kloroplast zarının ve yapısının zarar görmesi, klorofilin foto-oksidasyonu, klorofilaz aktivitesinin artması ve klorofil biyosentezinin baskılanması nedeniyle azalmaktadır. (Kingston, 2000; Kabiri ve ark., 2014)

Yaprak klorofil içeriğini belirlemede kullanılan geleneksel yöntemler zaman alıcı ve zahmetli olduğu için klorofilmetre (SPAD) cihazı gibi yapraktaki nisbi klorofil içeriğini hızlı ve kolay bir biçimde ölçebilen cihazlar kullanılmaktadır (Li ve ark., 2014). Yaprakların toplam klorofil miktarını temsil eden ve SPAD 502 cihazıyla ölçülen klorofil metre değerleri; yeni nesil Meksika ekmeçlik buğday çeşitlerinde çevre ve çeşitlere göre değişkenlik göstermesine karşın, net fotosentez hızı ile ilişki bulunmuş, makarnalık buğdaylarda ise hem fotosentez hızı hem de verimdeki artışla ilişki bulunmuştur (Fischer ve ark. 1998). Farklı bitkilerde su stresinin klorofil içeriği üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar yapılmış ve çoğu çalışmada, artan su stresi seviyesi ile klorofil içeriğinde azalma olduğunu belirtmişlerdir (Fotovat ve ark., 2007; Bahadur ve ark., 2015; Li ve ark., 2014).

Bu çalışmayla ülkemiz çeltik tarımında uzun yıllardır yapılmakta olan fazla sulama suyu kullanımının önüne geçerek su tasarrufu sağlayabilmek ve farklı damla sulama yöntemleri ile sulama düzeylerinin çeltik bitkisinin klorofil içeriğine etkisinin belirlenmiştir.





## **Materyal ve Yöntem**

### **Araştırma alanı ve iklim özellikleri**

Bu araştırma 2019-2020 yıllarında Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Lokasyonu'nda yapılmıştır. Araştırma yeri, deniz seviyesinden 60 m yükseklikte olup, enlem 36°53', boylam 34°57' yer almaktadır. Deneme alanı Akdeniz iklim kuşağında kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Tarsus Araştırma Enstitüsü verilerine göre, yörenin uzun yıllık (1950-2015) yağış ortalaması 616 mm'dir. Bölgede uzun yıllık sıcaklık ortalaması 18.2°C'dir. En sıcak ay ortalaması Ağustos ayında 27.2 °C, en soğuk ay ortalaması Ocak ayında 3.9°C'dir. Uzun yıllar ölçümlerine göre oransal nem ortalaması %70.2'dir. Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık buharlaşma ise 1478 mm'dir. En fazla buharlaşma 212.1 mm ile Temmuz ayında olmaktadır.

Araştırmanın 2019 yılında en yüksek sıcaklık değeri 33.3°C Ağustos ayında, en düşük sıcaklık değeri 15.6°C Mayıs ayında ölçülmüştür. Çeltik yetiştirme döneminde ortalama sıcaklıklar 22.5°C ile 27.9°C arasında değişmiştir. Yağışlara baktığımızda ise en fazla yağış 61.6 mm olarak Ekim ayında düşmüştür. Çeltik bitkisinin yetiştirme döneminde düşen toplam yağış miktarı ise 36.2 mm'dir. Araştırmanın 2020 yılında en yüksek sıcaklık değeri 34.7°C olarak Ağustos ayında, en düşük sıcaklık değeri 15.4°C olarak Mayıs ayında ölçülmüştür. Çeltik yetiştirme döneminde ortalama sıcaklıklar 22.1°C ile 28.2°C arasında değişmiştir. Yağışlara baktığımızda ise en fazla yağış 12.6 mm olarak Mayıs ayında düşmüştür. Çeltik bitkisinin yetiştirme döneminde düşen toplam yağış miktarı ise 8.0 mm'dir.

Deneme alanının farklı noktalarından alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin analizi sonucunda toprağın bazı özellikleri belirlenmiştir. Katmanlara göre toprağın pH'ı, 7.8-8.0; tuz içeriği 0.4-0.5 dS m<sup>-1</sup>; hacim ağırlığı 1.34-1.43 g cm<sup>-3</sup>; tarla kapasitesi 29.75-31.15 g g<sup>-1</sup>, solma noktası ise 20.11-22.36 g g<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Deneme alanı topraklarının 0-30 cm toprak derinliğinde kil, 30-90 cm derinliklerinde siltli kil ve 90-120 cm'de siltli killi tınlı bünyede olduğu görülmüştür. 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarı 111 mm'dir. Tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri derinlik olarak 384 ve 273 mm olarak belirlenmiştir.

### **Araştırma konuları ve kültürel işlemler**

Çalışma tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme iki farklı sulama yöntemi ana parselleri (yüzeyaltı (YA) ve yüzeyüstü (YÜ)), alt parselleri üç sulama düzeyi bitki pan katsayısı değerlerine göre (I<sub>1</sub>: Class A-pan (Ep) x 1.00; I<sub>2</sub>: Ep x 1.25 and I<sub>3</sub>: Ep x 1.50) ve kontrol parseli tava sulama (TS) yöntemi olarak oluşturulmuştur.

Araştırmada, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsünde geliştirilen (kırmızı çeltik ve konvensiyonel çeltik yabancı ot ilaçlarına direnç gösteren yabancı otları kontrol etmek için) IMI çeşit, Rekor CL çeşidi kullanılmıştır. Ekim araştırmanın ilk yılında 24 Mayıs 2019 tarihinde, ikinci yılında ise 02 Haziran 2020 tarihinde sıra arası 20 cm olacak şekilde parsellere ekilmiştir. Parsel boyu 20 m, eni 5.0 m olarak yerleştirilmiştir. Hasatlara denemenin ilk yılında 01 Ekim 2019 tarihinde, ikinci yılında ise 13 Ekim 2020 tarihinde son verilmiştir.

Çeltik bitkisine ekimle birlikte taban gübresi 25 kg da<sup>-1</sup> DAP (18-46-0) verilmiştir. Üst gübre için %21 amonyum sülfat gübresi 50 kg da<sup>-1</sup> olacak şekilde üst gübre üç eşit parçaya bölünerek kardeşlenme döneminde 17 kg da<sup>-1</sup>, sapa kalkma (salkım oluşum başlangıcı) 17 kg da<sup>-1</sup> ve dane doldurma dönemi 17 kg da<sup>-1</sup> olacak şekilde uygulanmıştır. Ayrıca, uygulanan herbisit çeltik üzerindeki yan etkisini azaltmak amacıyla yaprak gübresi uygulamaları da yapılmıştır. Ayrıca araştırma süresince gerekli görüldüğü hallerde herbisit, insektisit, yabancı ot vb. ot zirai mücadele işlemleri uygulanmıştır.

### **Sulama sistem ve özellikleri**

Yüzeyaltı ve yüzeyüstü damla sulama sisteminde kullanılan lateraller 20 mm çapında olup üzerinde 40 cm aralıklarla içten geçik damlatıcıları içeren basınç ayarlı damlatıcılara sahiptir. Bahsi geçen damlatıcıların debisi 2 L h<sup>-1</sup>'dir. Toprağın infiltrasyon özellikleri dikkate alınarak damlatıcı aralığı ve debisi belirlenmiştir. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde özel olarak üretilen ve kök sisteminin damlatıcı içerisine girmesini engelleyen lateraller kullanılmıştır. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde lateraller toprak yüzeyinin 25 cm altına yerleştirilmiştir. Bu sistemde ana hat ve manifold borular deneme alanında toprak altına yerleştirilmiştir. Lateral aralıkları 60 cm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Tava sulama yönteminde; parsel içi tesviye işlemleri gerçekleştirilerek parsel etrafı 30 cm yüksekliğinde seddelerle çevrilmiştir, su uygulaması tarla başına kadar suyun getirileceği manifoldlardan su sayacı ile kontrol edilerek parsellere verilmiştir.



### **Toprak su içeriğinin izlenmesi**

Damla sulamanın uygulandığı tüm deneme konularında toprak suyu gözlemleri, ilk katmanda (0-30 cm) gravimetrik yöntemle, 30-60, 60-90, 90-120 cm arasında ise nötron yöntemiyle iki haftada bir ölçülmüş ve hasada dek sürdürülmüştür. Bu amaçla her parsel ortasına bir adet nötron borusu 120 cm derinliğe dek yerleştirilmiştir. Deneme alanı toprağı için nötronmetre kalibrasyonu gravimetrik toprak örneklemeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### **Sulama suyu miktarının belirlenmesi**

Damla sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlikle (1) hesaplanmıştır. Yiğışimli buharlaşma değerleri ile alt konulara esas olan katsayılar (1.00, 1.25 ve 1.50) kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenmiştir (Doorenbos ve Purit, 1977).

$$I = A \times E_{pan} \times k_p \times P \quad (1)$$

Eşitlikte, I: uygulanan sulama suyu miktarı (L); A: parsel alanı (m<sup>2</sup>); Epan: Buharlaşma kabında buharlaşan su miktarı (mm); kp: Pan katsayısı (denemede alt konu olarak verilen k katsayıları); P: ıslatılan alan yüzdesi (%). Çeltik bitkisine uygulanan sulama suyu miktarının hesaplanmasında toplam alan ıslatılan alan (P) olarak alınmış ve tüm yetiştirme dönemi süresince sabit tutulmuştur.

Tava sulama yönteminde, çeltik bitkisi çimlenene kadar toprağın 0-30 cm'lik kısmı saturasyon noktasına yakın tutulmuştur (yaklaşık 15-20 gün). Çimlenme tamamlandıktan sonra bitkiyi boğmayacak şekilde tavalara su verilmiş ve bitki gelişimini tamamladıktan sonra su yüksekliği 10 cm'de tutulmuştur. Bitkiye oksijen sağlanması için tavalardaki su haftada bir kez tamamen boşaltılmış ve oksijence zengin su ile tekrar göllendirilmiştir. Damla sulama konularında sulama zamanları, her hafta pazartesi, çarşamba ve cuma günleri yapılmıştır.

### **Klorofil ölçümleri**

Klorofil ölçümleri, tüm konularda sulamalardan önce “Minolta SPAD-502” portatif klorofilmetre cihazı ile ölçülmüştür. Bu amaçla gün ortasında (12:00-14:00), her parselde tam gelişmiş, güneşe bakan 10 yaprakta ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması alınmıştır.

### **İstatistiksel değerlendirme**

Deneme konularına ilişkin derlenen verilerin istatistiksel analizlerinde JUMP paket programı kullanılmıştır. Kontrol konusu ile damla sulamada öne çıkan konunun karşılaştırılmasında student t testi kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında da LSD yöntemi uygulanmıştır.

## **Bulgular ve Tartışma**

### **Sulama Suyu Miktarı**

Araştırmanın yıllarında konulara uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında (2019) sulamalara 25.05.2019 tarihinde başlanmış 9 eşit sulama yapılarak toplam 305 mm sulama suyu uygulanmıştır. 26.6.2019 tarihinde konulu sulamalara başlanmış 34 konulu sulama uygulaması yapılmıştır. Hasattan 18 gün önce 13.09.2019 tarihinde sulamalara son verilmiştir. A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşma miktarı 490 mm (konulu uygulamalara geçildikten sonra) olarak ölçülmüş ve I<sub>1</sub> konusuna 795, I<sub>2</sub> konusuna 918 ve I<sub>3</sub> konusuna 1041 mm (eşit su uygulaması + konulu uygulamalar toplamı) sulama suyu uygulanmıştır. Geleneksel tava yöntemi ile sulama yapılan konuya 1800 mm sulama suyu uygulanmıştır. Araştırmanın ikinci yılında sulamalara 02.06.2020 tarihinde başlanmış 11 eşit sulama yapılarak toplam 285 mm sulama suyu uygulanmıştır. 13.07.2020 tarihinde konulu sulamalara başlanmış 32 konulu sulama uygulaması yapılmıştır. Hasattan 20 gün önce 23.09.2020 tarihinde sulamalara son verilmiştir. A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşma miktarı 508 mm (konulu uygulamalara geçildikten sonra) olarak ölçülmüştür. I<sub>1</sub> konusuna 793, I<sub>2</sub> konusuna 920 ve I<sub>3</sub> konusuna 1047 mm (eşit su uygulaması + konulu uygulamalar toplamı) sulama suyu uygulanmıştır. Geleneksel tava yöntemi ile sulama yapılan konuya 2350 mm sulama suyu uygulanmıştır. Tuna (2012), geleneksel tava yöntemlerinde su yüksekliğinin 10 cm’de tutulduğu konuya 4155 mm, su yüksekliğinin 20 cm’de tutulduğu konuya 4355 mm, damla sulama uygulamalarında Epan 1.0 konusuna 723 mm, Epan 1.5 konusuna 1084 mm ve Epan 2.0 konusuna 1446 mm sulama suyu uygulanmıştır. Demirel ve ark. (2020), yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile sulama yapılan çeltik bitkisine 1220 mm sulama suyu uyguladıklarını bildirmiştir. Özer (2018), geleneksel tava yöntemi konusuna 1900 mm su uygulaması yaparken, damla sulama konularına 876 ile 1217 mm sulama suyu uygulamışlardır.





Çizelge 1. Uygulanan sulama suyu miktarları (mm)  
Table1. Amount of applied irrigation water (mm)

Yıl	Buharlaştırma miktarı Epan (mm)	Sulama suyu miktarı (mm)							Yağış miktarı (mm)	Konulu sulama sayısı
		YÜ <sub>1</sub>	YÜ <sub>2</sub>	YÜ <sub>3</sub>	YAI <sub>1</sub>	YAI <sub>2</sub>	YAI <sub>3</sub>	TS		
2019	490	795	918	1041	795	918	1041	1800	36.2	34
2020	508	793	920	1047	793	920	1047	2350	8.0	32
Ort.	499	794	919	1044	794	919	1044	2075	22.1	33

### Toprak Su İçeriği

Toprak su içeriği (30 cm), çeltik bitkisinin ekiminden, çimlenip yaklaşık 10 cm olana kadar saturasyon seviyesine yakın değerlerde tutulmuştur. Konulu sulamalara başladığımız 26.06.2019 tarihinden itibaren konulara uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak toprak su içeriği değerleri farklılıklar göstermiştir. YÜ<sub>3</sub>, YAI<sub>3</sub>, YAI<sub>2</sub> sulama konuları sulama döneminde %60 kullanılabilir nemin üstünde kalırken, YÜ<sub>2</sub> sulama konusu mevsim boyunca %60 kullanılabilir nem düzeyinde kalmıştır. YÜ<sub>1</sub> ve YAI<sub>1</sub> sulama konuları mevsim boyunca %60 kullanılabilir nemin aşağısında kalmıştır. Mevsim sonunda toprak su içeriği solma noktasının altına düşmüştür. Araştırmanın ikinci yılında konulu sulamalara başladığımız 10.07.2020 tarihinden itibaren konulara uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak toprak su içeriği değerleri farklılıklar göstermiştir. Toprak su içeriğinin değişimi sulama konuları bakımından ilk yıllar benzer sonuçlar elde edilmiştir. Damla sulama konularında yıllara göre sulama sezonu boyunca toprak su içeriğinin değişimine dair detaylı bilgilere Bozkurt Çolak (2021) tarafından yapılan araştırma makalesinde erişilebilir.

### Çeltik Verimi

Araştırmanın her iki yılında da farklı sulama yöntemleri, farklı sulama katsayıları ve sulama yöntemi\*sulama katsayısı interaksyonunun çeltik verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak %99 güvenle önemli bulunmuştur. Çalışmanın 2019 yılında her iki damla sulama yönteminde farklı sulama konularında elde edilen verim değerleri en düşük YAI<sub>1</sub> sulama konusunda 573 kg da<sup>-1</sup>, en yüksek verim değerleri YÜ<sub>3</sub> sulama konusunda 806 kg da<sup>-1</sup> elde edilmiştir. TS yönteminde ise 958 kg da<sup>-1</sup> verim elde edilmiştir. Araştırmanın 2020 yılında en düşük verim YAI<sub>1</sub> sulama konusunda 436 kg da<sup>-1</sup>, en yüksek verim değerleri ise YÜ<sub>3</sub> sulama konusunda 715 kg da<sup>-1</sup> elde edilmiştir. YÜ konularında elde edilen verimler YA konularına göre daha yüksek çıkmıştır. TS yönteminde ise 825 kg da<sup>-1</sup> verim elde edilmiştir. Her iki deneme yılında da damla sulamada en yüksek verimin alındığı YÜ<sub>3</sub> sulama konusu ile tava sulama t testine tabi tutulmuştur ve iki konu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Tuna (2012), tarafından yapılan çalışmada tava sulama yöntemi ile sulama yapılan konudan 8.14 t ha<sup>-1</sup>, damla sulama yöntemi ile sulama yapılan konudan 7.11 t ha<sup>-1</sup> (Epan 1.50) verim elde edilmiştir. Özer (2018), Trakya koşullarında geleneksel tava yönteminde 1899 mm sulama suyuna karşın 7.95 t ha<sup>-1</sup> verim, damla sulama yönteminde ise 1217 mm sulama suyuna karşın 6.39 t ha<sup>-1</sup> verim elde etmişlerdir. Sarkar ve ark. (2018), Hindistan'da yaptıkları çalışmada geleneksel tava yöntemi ile damla sulama yöntemlerini karşılaştırmışlar. Çalışmada en yüksek verim 3.10 t ha<sup>-1</sup> ile damla sulama 0.8 Epan katsayısının uygulandığı konuda bulmuşlardır. Geleneksel tava (5 cm su yüksekliği) konusundan 2.29 t ha<sup>-1</sup> verim elde etmişlerdir. Kato ve Katsura, aerobik koşullarda 9 t ha<sup>-1</sup>'dan fazla verim elde etmişlerdir.

Çalışmanın 2019 yılında damla sulama konularında elde edilen verim değerleri, tava yönteminden elde edilen verim değerleri ile kıyaslandığında, YÜ damla sulama I<sub>3</sub> konularında %16, I<sub>2</sub> konularında %21, I<sub>1</sub> konularında %29 ve YA damla sulama I<sub>3</sub> konularında %18, I<sub>2</sub> konularında %27, I<sub>1</sub> konularında %40 verim kaybı meydana gelmiştir. Buna karşın, I<sub>3</sub> konularında %41, I<sub>2</sub> konularında %48 ve I<sub>1</sub> konularında %55 su tasarrufu sağlamıştır. Araştırmanın 2020 yılında ise damla sulama konularında elde edilen verim değerleri, tava yönteminden elde edilen verim değerleri ile kıyaslandığında, YÜ damla sulama I<sub>3</sub> konularında %13, I<sub>2</sub> konularında %19, I<sub>1</sub> konularında %29 ve YA damla sulama I<sub>3</sub> konularında %21, I<sub>2</sub> konularında %29, I<sub>1</sub> konularında %47 verim kaybı meydana gelmiştir. Buna karşın, I<sub>3</sub> konularında %55, I<sub>2</sub> konularında %61 ve I<sub>1</sub> konularında %66 su tasarrufu sağlamıştır. Çakır (2020), Edirne koşullarında yağmurlama sulama ile farklı A pan değerleri (1.0, 1.5 ve 2.0) ve sulama aralıklarının (2 ve 4 gün) kullanıldığı ve sonuçlarının geleneksel tava sulama



parsellerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığı çalışmada en yüksek verimi tava sulama uygulamasından elde etmişlerdir. Ancak aralıklı ve yağmurlama sulama teknikleri ile sırasıyla %0.60-8.04 ve %10.9-57.5 aralığında verim azalmalarına karşı %24-49 ve %35-60 aralığında yüksek su tasarrufu sağlamışlardır. Özer (2018), yüzeyüstü damla sulama uygulamasında %36 ile 54 su tasarrufuna karşın, %20 ile 51 verim azalışı; Tuna (2012) yüzeyüstü damla sulama uygulamasında Epan 1; 1.5; 2.2 için sırasıyla %83, 74 ve 65 su tasarrufuna karşın, %25, 11 ve 22 (Geleneksel sulama 10 cm'ye karşın) verim azalışları olduğunu belirtmişlerdir.

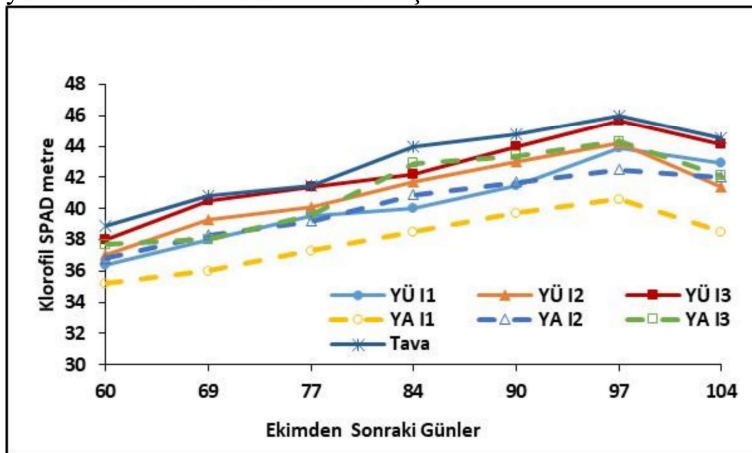
Çizelge 2. Verime ilişkin değerler ve LSD gruplandırması  
Table 2. Yield values and LSD

Sulama Konuları	Sulama Konuları ve İstatistiksel Analiz	Verim (kg da <sup>-1</sup> )	
		2019	2020
SY x SK	YÜ I <sub>1</sub>	676.3 c	587.0 c
	YÜ I <sub>2</sub>	756.3 b	665.0 b
	YÜ I <sub>3</sub>	805.7 a	715.0 a
	YA I <sub>1</sub>	573.0 d	436.0 d
	YA I <sub>2</sub>	696.7 c	582.7 c
	YA I <sub>3</sub>	788.0 a	654.3 b
	LSD (0.05)	22.4	19.07
	P(Olasılık)	0.0008**	0.0001**
	CV(%)	1.7	1.7
	TS		957.7
Tava Sulama (TS)	Damla sulamada öne çıkan konu	805.7	715.0
	(YÜ I <sub>3</sub> )	(YÜ I <sub>3</sub> )	(YÜ I <sub>3</sub> )
	Tava & Damla Sulama Olasılık (t)	0.0087**	0.0100**

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (\* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

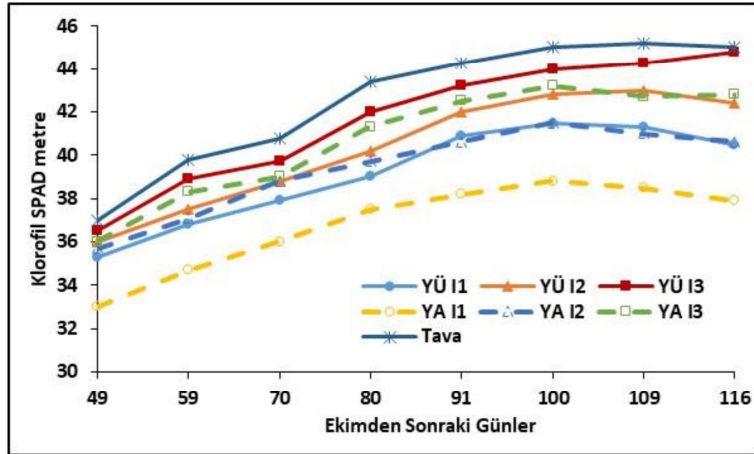
### Klorofil değeri (SPAD)

Su kısıtlamasına maruz kalan bitkilerin yapraklarında gösterdikleri fizyolojik tepkilerden biri de klorofil miktarındaki değişimdir. Klorofil miktarı hem yeşil renk yansıma miktarını ölçen SPAD aleti ile ölçümleri belirlenmiştir. Bitki klorofil değerleri ölçümleri konulu sulamalarla başlanarak hasattan önceki su kesim tarihine dek devam etmiştir. Ölçümler sulamalardan önce yapılmıştır. Farklı sulama yöntemlerine ait sulama öncesi klorofil değerlerinin zamansal değişimi Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Mevsim içerisinde SPAD değerleri YÜ sulama konularında 36.4- 45.7; YA damla sulama konularında 35.2- 44.3 arasında ve TS sulama yönteminde 38.9-46.0 arasında değişmiştir. Sulama öncesi ortalama klorofil (SPAD) değerleri YÜ damla sulama I<sub>1</sub> konusunda 40.3, I<sub>2</sub> konusunda 41.0, I<sub>3</sub> konusunda 42.3; YA damla sulama I<sub>1</sub> konusunda 38.0, I<sub>2</sub> konusunda 40.2, I<sub>3</sub> konusunda 41.1 ve TS yönteminde 42.9 olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. 2019 Yılında sulama konularına göre SPAD değerlerinin mevsim boyunca değişimi  
Figure 1. The change of SPAD values throughout the season in 2019



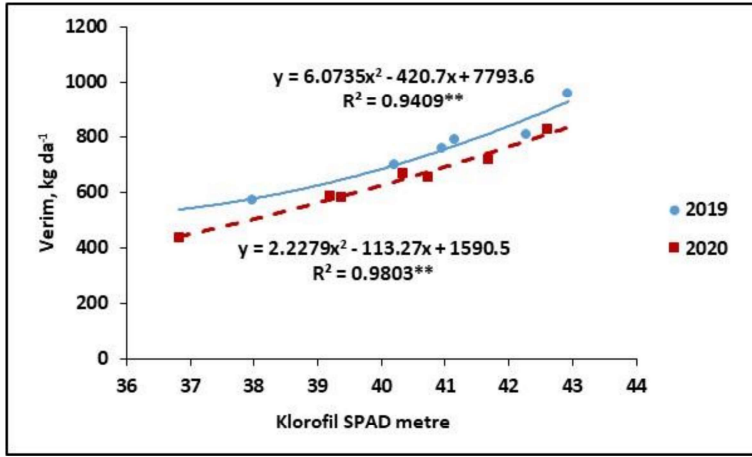


Şekil 2. 2020 Yılında sulama konularına göre SPAD değerlerinin mevsim boyunca değişimi (2020)  
Figure 2. The change of SPAD values throughout the season in 2020

Sulama sistemleri, her iki yılda da yaprak klorofil içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir. Bu çalışmanın bulguları, azalan sulama suyu miktarlarının yaprak klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Damla sulama parsellerindeki yaprak klorofil içerikleri, tava sulama yöntemindeki parsellerinden daha düşük çıkmıştır. Ancak yüzey damla sulama ile yüzeyaltı damla sulama yöntemlerini kıyasladığımızda yüzeyüstü damla sulama yöntemde daha yüksek klorofil içeriği değerleri elde edilmiştir. Yaprak klorofil içeriği, muhtemelen hızlanan ürün fenolojisi ve yaprak yaşlanması nedeniyle büyüme mevsimlerinin sonunda azalmıştır (Delfine ve ark., 2002). Sulama suyu miktarlarının azalmasıyla klorofil içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Munne-Bosch ve Alegre, 2000). Yiğit ve ark. (2021) Kısıtlı sulama ve kükürt dozu uygulamalarının soya fasulyesinde bitki gelişimi ve klorofil (SPAD) içeriğine etkisini araştırdıkları çalışmada SPAD klorofil içeriği değerlerinin sulama miktarlarına bağlı olarak önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir. Karademir ve ark. (2009) 20 farklı pamuk genotipinde kuraklık stresi koşullarında klorofil içeriğinin verim üzerine önemli etkisinin olduğunu ve klorofil değerini ise 30.20-42.93 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Demir ve ark. (2018) biber bitkisinde yaptıkları çalışmada azalan sulama suyu miktarlarının ve N dozlarının yaprak klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuşlar ve yüzeyaltı damla parsellerindeki yaprak klorofil içerikleri, yüzey damla parsellerinden daha yüksek çıkmıştır. Verim, klorofil ve yaprak alanı arasında yüksek korelasyon olduğunu bildiren çalışmalar vardır (Basela ve Mahadeen, 2008).

#### **Verim ile Klorofil Değerleri (SPAD Ölçümleri) Arasındaki İlişki**

Araştırmada deneme konularından belirlenen klorofil değerleri ile verim arasındaki ilişkiler Şekil 3’de verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde her bir araştırma yılı ayrı ayrı ele alınmış ve tüm konularda klorofil değerleri (SPAD) ile verim arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Monostori ve ark. (2016), buğday bitkisi tane verimi ile SPAD değerleri arasında önemli ilişkiler belirlemişlerdir. Wang ve ark. (2014), buğday bitkisinde tane verimi ile SPAD değerleri arasında önemli ilişkiler elde etmişlerdir.



Şekil 3. Verim ile klorofil değerleri (SPAD) arasındaki ilişki  
Figure 3. The relationship between yield and chlorophyll values (SPAD)

### Sonuç

Bu çalışmada, Tarsus Koşullarında insan beslenmesinde önemli bir yeri olan çeltiğin (*Oryza sativa L.*) tarımında farklı sulama uygulamalarının sonucunda yapılan uygulamaların klorofil içeriğine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla; geleneksel tava sulama ile yüzey ve yüzeyaltı damla sulama yöntemleri karşılaştırılmıştır. Sürdürülebilir bir çeltik üretimi için elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler aşağıda açıklanmıştır.

İki yıllık arazi çalışma sonuçları göre farklı sulama yöntemlerinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile verimde artışlar meydana gelmiştir. Araştırma yıllarında klorofil içeriği (SPAD) değerlerinin sulama yöntemleri ve sulama düzeylerine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Farklı sulama yöntemlerinde su stresi arttıkça klorofil değerlerinde (SPAD) azalışların meydana geldiği belirlenmiştir. Damla sulama yöntemindeki yaprak klorofil içerikleri, tava sulama yöntemindeki parsellerinden daha düşük çıkmıştır. Ancak yüzey damla sulama ile yüzeyaltı damla sulama yöntemlerini kıyasladığımızda yüzeyüstü damla sulama yöntemde daha yüksek klorofil içeriği değerleri elde edilmiştir. Damla sulama yönteminde en yüksek verim elde edildiği ortalama klorofil içeriğinin (SPAD) 42.3 değerinde sulanması durumunda YÜ I<sub>3</sub> sulama konusunda 760.5 kg da<sup>-1</sup> verim elde edilmiştir. Araştırma sonunda elde edilen veriler ile çeltik için en uygun sulama sistemi ve düzeyi belirlenerek klorofil değerinin su stresini belirlemede sulama programlanmasında kullanılabileceği söylenebilir. Ayrıca yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama sistemleri ile aerobik pirinç üretiminin Akdeniz iklim koşullarında etkili ve güvenilir olduğunu kanıtlamıştır. TS yöntemi, her iki damla sulama sistemine kıyasla en yüksek dane verimi sağlasa da sonuç olarak ortalama verime ve mevsimsel uygulanan toplam sulama suyuna bağlı olarak düşük sulama suyu uygulanmıştır. Her iki damla sulama yöntemini tava sulama ile karşılaştırdığında YÜI<sub>3</sub> ve YAI<sub>3</sub> konularında sırasıyla %14.5 ve %19.5'lik verim azalışıyla sudan %49 tasarruf sağlanmıştır. Aerobik çeltik, su açığı olan bölgelerde çeltik yetiştirmek için uygun bir seçenek olabilir ve uygun su yönetimi ile tava sulamaya göre %85'e varan verim elde edilebilir.

**Teşekkür:** Yazarlar adına TAGEM/ TSKAD/G/P3/01-3 numaralı proje için sağladığı finansal destek için Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne (TAGEM) teşekkür ederiz.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yeşim Bozkurt Çolak, Engin Gönen, Mete Özfıdaner ve Alper Baydar arazi veri toplama işlemlerini gerçekleştirmiştir. Yeşim Bozkurt Çolak ve Mete Özfıdaner istatistik analizleri gerçekleştirmiştir. Yeşim Bozkurt Çolak ve Engin Gönen makele yazımını gerçekleştirmiştir. Yeşim Bozkurt Çolak (%40), Engin Gönen (%20), Mete Özfıdaner (%20) ve Alper Baydar (%20).

### Çıkar Çatışması Beyanı

Çıkar çatışması bulunmamaktadır.





### Kaynaklar

- Anonim, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2018Ocak%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/2018Ocak%20%C3%87eltik.pdf>. Son Erişim Tarihi: 02.04.2021
- Bahadur, A., Lama, T., Chaurasia, S., 2015. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, biomass production, water use and yield response of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown under deficit irrigation and varying nitrogen levels. *Indian J. Agric. Sci.* 85: 224–228.
- Basela, O., Mahadeen, A., 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). *J. Agric. Biol.*, 10:627-632.
- Bozkurt Çolak, 2021. Comparison of aerobic rice cultivation using drip systems with conventional flooding. *The Journal of Agricultural Science.* 159 (7-8): 544-556.
- Curran, P.J., Dungan, J.L. Gholz, H.L., 1990. Exploring the relationship between reflectance red edge and Chl content in slash pine. *Tree Physiol.* 7:33–48.
- Çakır, R., 2020. Assessments on Water Productivity of Rice Crop under Application of Various Irrigation Techniques. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 7 (10): 25-35
- Delfine, S., Tognetti, R., Loreto, F., Alvino, A., 2002. Physiological and growth to water stress in field-grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 77: 697-704.
- Demir, Z., Özbahce, A., Demir, Y., 2018. Determination of effects of fertigation applications with surface and subsurface drip irrigation systems on the yield and quality of pepper under the deficit of water. TAGEM proje sonuç raporu. Proje No: TAGEM/TSKAD/15/A13/P02/1. p. 127.
- Demirel, K., Çamoğlu, G., Tatar, Ö., Nar, H., Boran, A., Eroğlu, İ., Genç L., 2020. Use of subsurface drip irrigation and water retention barrier effective use of water in rice, Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 25(2), 108-121.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for predict of water requirement. *Irrigation and Drainage* No. 24, FAO, Rome, p. 144.
- Fischer, R.A., Rees, D., Sayre, K.D., Lu, Z.M., Condon, A.G., Larque-Saavedra, A., 1998. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Sci.*, 38: 1467-1475.
- Fotovat, R., Valizadeh, M., Toorchi, M., 2007. Association between water-use efficiency components and total chlorophyll content (SPAD) in wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and drought stress conditions. *J. Food Agric. Environ.* 5(3–4): 225–227.
- Hendry, G.A.F., Houghton, J.D., Brown, S.B., 1987. The degradation of chlorophyll-A biological enigma. *New Phytol.* 107:255–302.
- Kabiri, R., Nasibi, F., Farahbakhsh, H., 2014. Effect of exogenous salicylic acid on some physiological parameters and alleviation of drought stress in *Nigella sativa* plant under hydroponic culture. *Plant Prot. Sci.* 50: 43–51.
- Karademir, E., Karademir, Ç., Ekinci, R., Bars, A., Çelik, İ., 2009. Solgunluk Hastalığı (*V. dahliae* Kleb.) Etmene Karşı F5 Pamuk Hatlarının Reaksiyonlarının Belirlenmesi. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, s, 179.
- Kato, Y., Katsura, K., 2014. Rice Adaptation to Aerobic Soils: Physiological Considerations and Implications for Agronomy, *Plant Prod. Sci.*, 17(1):1-12.
- Kingston-Smith, A., 2000. Foyer, C. Bundle sheath proteins are more sensitive to oxidative damage than those of the mesophyll in maize leaves exposed to paraquat or low temperatures *J. Exp. Bot.* 51: 123–130.
- Li, P., Dong, H., Liu, A., Liu, J., Sun, M., Wang, G., Zhang, S., Li, Y., Mao, S., 2014. Diagnosis of Premature Senescence of Cotton Using SPAD Value. *Agric. Sci.* 5: 992-999.
- Monostori, I., Árendás, T., Hoffman, B., Galiba, G., Gierczik, K., Szira, F., Vágújfalvi, A., 2016) Relationship Between SPAD Value and Grain Yield Can be Affected by Cultivar, Environment and Soil Nitrogen Content in Wheat. *Euphytica*, 211(1), 103-112.
- Munne-Bosch, S., Alegre, L., 2000. Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in *Rosmarinus officinalis* plants. *Planta* 210: 925-931.
- Özer, S., 2018. Çeltik (*Oryza sativa* L.) Yetiştiriciliğinde bitki su tüketimi bileşenleri ile su-üretim fonksiyonlarının farklı sulama yöntemleri altında belirlenmesi.(Doktora Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi.
- Özgenç, N., Erdoğan, F.C., 1988. DSİ Sulamalarında Bitki Su Tüketimleri ve Sulama Suyu İhtiyaçları, DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 88-91.
- Pandey, V., Shukla, A., 2015. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. *Rice Sci.* 22: 147–161.



- Sarkar, N., Ghosh, U., Biswas, R.K., 2018. Effect of Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Summer Rice Cultivation In Pots, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 37-40.
- Tuna, B., 2012. Trakya Koşulları Çeltik (*Oryza Sativa L.*) Tarımında Farklı Sulama Uygulamaları ve Su-Verim-Kalite İlişkilerinin Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim Tarihi: 14.05.2021.
- Uzundumlu, A. S., Tozlu, G., Gedikli, O. 2014. Çeltik Üretiminde Kimyasal İlaç Kullanımını Etkileyen Faktörlerin Analizi: Samsun İli Örneği. *Turkish Journal Of Agricultural Economics*, 20(2).
- Wang, G., Bronson, K.F., Thorp, K.R., Mon, J., Badaruddin, M., 2014. Multiple Leaf Measurements Improve Effectiveness of Chlorophyll Meter for Durum Wheat Nitrogen Management. *Crop Science*. 54:817–826
- Yiğit, A., Ereku, O., Yaraşır, N., 2021. Kısıtlı Sulama ve Kükürt Dozu Uygulamalarının Soya Fasulyesinde Bitki Gelişimi ve Klorofil (SPAD) İçeriğine Etkisi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.)* 9 (1): 105–117.