



Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

Çilek Meyve ve Yaprak Mikro Besin Elementlerinin Farklı Sulama Seviyeleri ile Biyo-aktivatör Uygulamasına Tepkileri**

Eser ÇELİKTOPUZ^{*1}, Bülent ÖZEKİCİ²

^{1,2}Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330, Adana, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-5355-1717> ²<https://orcid.org/0000-0002-5851-4122>

*Sorumlu yazar e-posta: eceliktopuz@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 24.09.2019
Kabul: 12.02.2020
Online Yayınlanma 31.03.2020
DOI: 10.29133/yyutbd.624059

Anahtar kelimeler

Akdeniz bölgesi,
Su stresi,
Yüksek tünel.

Öz: Çalışmada, farklı sulama seviyeleri (IR125, IR100, IR75 ve IR50) ve biyo-aktivatör uygulamasının Rubygem çilek çeşidinin meyve ve yapraklarındaki mikro besin element içerikleri (Fe, Cu, Mn, ve Zn) üzerine etkileri 2015-2016 yetiştirme döneminin aktif hasat döneminde (Mart-Mayıs) incelenmiştir. Çukurova Üniversitesi deneme alanında yürütülen çalışma sonucunda, farklı sulama seviyelerinin yaprakta incelenen tüm mikro besin element içeriklerinde önemli farklılıklar oluşturduğu belirlenirken, meyvelerde sadece Fe ve Zn içeriklerinde önemli değişikliklere neden olduğu saptanmıştır. IR50 uygulamasının yaprak Fe, meyve Fe ve Zn içeriklerinde en yüksek önem grubunda yer alması dikkat çekerken, IR75 uygulamasının hem meyve hem de yaprak analiz sonuçlarına göre Zn, Cu ve Mn içeriklerinde IR100 ile aynı önem grubunda yer aldığı saptanmıştır. Denemede biyo-aktivatör uygulamalarının hem yaprakların hem de meyvelerin Zn, Cu ve Fe içeriklerini önemli oranda arttırdığı belirlenmiştir. Bu nedenle biyo-aktivatör uygulamasının çilek yetiştiriciliği için önemli bir strateji olabileceği, aynı zamanda %25 düzeyinde kısımlı sulamanın su sıkıntısı yaşanan bölgelerde tam sulamaya alternatif bir yöntem olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

The Reactions of Strawberry Fruit and Leaf Micronutrients under Different Irrigation Levels and Bio-activator Application

Article Info

Received: 24.09.2019
Accepted: 12.02.2020
Online Published 31.03.2020
DOI: 10.29133/yyutbd.624059

Keywords

Mediterranean region,
Water stress,
High tunnel.

Abstract: In this study, the effects of different irrigation levels (IR125, IR100, IR75 and IR50) and bio-activator application on micronutrient (Fe, Cu, Mn and Zn) concentrations of fruits and leaves of cultivar Rubygem were investigated during the active harvest period of 2015-2016. As a result of the study, which carried out in Çukurova University trial area, it was determined that different irrigation levels caused significant differences in all micronutrient element concentrations examined in leaves, although it caused significant changes only in Fe and Zn concentrations in fruits. IR50 application was found to be in the highest importance group in leaf Fe, fruit Fe and Zn concentrations, while IR75 application was found to be in the same importance group with IR100 for Zn, Cu and Mn concentrations according to both fruit and leaf analysis results. In the experiment, it was determined that bio-activator applications significantly increased Zn, Cu and Fe concentrations of both leaves and fruits. Therefore, it is thought that bio-activator application can be an important strategy for strawberry cultivation and at the same time, 25% restricted irrigation can be considered as an alternative method to full irrigation in water shortage areas.

**Bu çalışma 'Farklı Sulama Düzeyleri ve Biyoaktivatör Uygulamasının İki Çilek Çeşidinde Verim ve Meyve Kalitesi ile Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkileri' adlı doktora tezinin bir bölümünden üretilmiştir.

1. Giriş

Üzümzü meyveler içerisindeki en önemli yeri çilek tutmaktadır (Sarıdaş, 2013). Hoş kokulu, çok lezzetli olması ile tanınan bir meyve türü olan çilek taze tüketilmesinin yanında, pastası, dondurması, şarabı, likörü, reçeli ve marmeladının yapılması nedeni ile sanayiye de oldukça elverişlidir. A, B, C ve E vitaminleri ile fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve demir (Fe) gibi besin elementlerini de önemli miktarda içermektedir. Ek olarak, çilek taze meyve bulmakta zorlanılan dönemlerde yetiştirildiği ve cazibeli meyve olmasından dolayı dünyada ve ülkemizde çilek yetiştiriciliğine olan ilgi giderek artmaktadır. Nitekim Türkiye çilek üretimi, bir önceki yıla göre 2018 yılında, yaklaşık %10.2 artış göstererek tarihinin en yüksek üretim seviyesine ulaşmıştır. Ayrıca, 440 968 ton çilek üretimi ile Avrupa'nın lideri konumundadır (TUIK, 2019).

Çilek geniş yaprak alanına, sığ kök sistemine sahip olmakla birlikte meyvelerinin içerisinde önemli miktarda su barındırmaktadır. Ayrıca, hasada kadar olan dönemde suya karşı çok hassas oldukları belirlenmiştir (Klamkowski ve Treder, 2006; Çeliktöpez ve ark., 2018). Çilek yetiştiriciliğinde başarı; uygun toprak ve iklim şartlarının oluşturulması (Seferoğlu ve Kaptan, 2010; Geçer ve Yılmaz, 2011) ile yüksek su kullanım etkinliğinin elde edilmesine bağlıdır. Ancak, Akdeniz bölgesi yetiştiricilerinin özellikle sulama suyu miktarını ve zamanını belirlerken hava durumu ve bitki özelliklerini dikkate alarak karar verdikleri ve aşırı ya da yetersiz miktarda sulama suyu uygulayarak su kullanım etkinliğini düşürdükleri görülmüştür (Çeliktöpez, 2019). Özellikle aşırı sulama uygulanması sonucunda, killi ve siltli topraklarda mantari hastalıklar ile kloroz (Fe'nin toprakta alınmaz forma geçmesi nedeniyle), kumlu topraklarda ise P, Magnezyum (Mg), ve Ca'un yıkanması ile meyve verim ve kalitesinde önemli kayıplara yol açmaktadır. Ek olarak, yüksek toprak su içeriğine uyum sağlayamayan ürünlerin gelişimi ve veriminin azaldığı belirlenmiştir (Boukar ve ark., 1996).

Su stresi, Akdeniz bölgesindeki bitkilerin gelişmesini, meyve kalitesini, ekonomik gelirini ve sürdürülebilir verimliliğini (Ghaderi ve ark., 2015) olumsuz etkileyen en önemli çevresel streslerin başında gelmektedir. Küresel ısınma ile birlikte, ortalama sıcaklıkların önümüzdeki on yıl içerisinde daha da artması beklenmektedir (European Environment Agency, 2004; Grant ve ark., 2012) ve bunun sonucunda sulama suyuna olan talep de artacaktır (Feng ve Fu, 2013; Çeliktöpez ve ark., 2018). Tüm bu nedenlerden dolayı son yıllarda sulama çalışmaları büyük önem kazanmasına ve su stresinin niceliksel olarak belirlenmesinin kolay olmasına (Ekinci ve Başbağ, 2019) rağmen, çilek için en uygun sulama suyu miktarının belirlenmesi konusunda az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Tarımsal araştırmalardaki güncel zorluklardan biri abiyotik ve biyotik streslerle ekonomik ve aynı zamanda çevre dostu sürdürülebilir yaklaşımlarla nasıl başa çıkılabileceğidir. Özellikle su stresi gibi abiyotik bir strese karşı (Spinelli, 2010) verimi ve kaliteyi artırıcı biyo-aktivatörler gibi tarım için yeni uygulamalar denemek son zamanlarda oldukça popülerdir. Nitekim biyo-aktivatörler, bilimsel topluluklar tarafından tarımsal üretim malzemesi olarak kabul edilmiştir (Bulgari, 2015). Biyo-aktivatörler içeriklerinde mikro ve makro elementleri, bitki gelişimini artırıcı maddeler, amino asitler ve vitaminleri bulundurlurlar (Khan ve ark., 2009; Sharma ve ark., 2014). Benzer olarak, Kunichi (2010) ve Bulgari (2015) biyo-aktivatörlerin besin elementi yararışlılığını arttırdığını, bitki gelişimini hızlandırdığını ve kullanılan gübre miktarını azalttığını bildirmişlerdir. Ek olarak, Battacharyya ve ark. (2015) biyo-aktivatörlerin çok düşük oranlarda bile kullanıldığında bitki besin elementi içeriklerini arttırdığını bildirmişlerdir. Geçer ve Yılmaz (2011) biyo-aktivatör kullanımının Van ili iklim şartlarında Camarosa ve Selva çilek çeşitleri üzerinde azot (N) ve bakır (Cu) üzerine olumlu etki yaptıklarını, Alam ve ark., (2013) ise çilekte verim ve kaliteyi arttırdığını belirtmişlerdir.

Çileklerin besin elementi içeriklerini iklim şartları, meyve gelişme durumu, fertigasyon programları, çeşitler (Sarıdaş, 2013), toprakların fiziksel ve kimyasal yapıları ile sulama yönetimi etkilemektedir (Çeliktöpez, 2019). Ortamdaki su miktarı ve toprak yapısı ile birlikte besin elementlerinin alınabilir durumda olması elementlerin topraktan bitki bünyesine doğru hareketlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, saçak kök yapısına sahip olan bitkilerin besin element alımlarının daha iyi olduğu bilinmekle birlikte toprak-su ilişkilerinin besin elementlerinin çözünürlüğü ve bulunabilirliği ile ilgili tüm fizyolojik süreçleri etkilediği belirlenmiştir (Pessarakli, 1999). Bitkilerde, su ve besin elementi taşıma sisteminde meydana gelebilecek herhangi bir aksaklık, fertigasyon uygulamalarına devam edilmesi durumunda bile, gerekli miktarda besin maddesinin alınmasını engelleyebilir. Ayrıca, bilinçsizce ve aşırı uygulanan fertigasyon programları bitkide, toprakta ve yer altı sularında telafisi olmayan sorunlara yol açmakta ve toprakta antagonist ilişkilere de

neden olarak elementlerin alımını zorlaştırmaktadır (İnal ve ark., 1999). Toprakta az ya da çok su olması durumunda meydana gelen su streslerinin besin elementi taşıma sistemi üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak ve su streslerinin (az ya da çok) neden olduğu zararlar ile buna bağlı olarak besin elementi eksikliklerini en aza indirebilecek çalışmalar tasarlamak tarımın geleceği açısından önemlidir. Ayrıca, bitkiler fiziksel açıdan mikro besinlere, makro besinlere göre daha az ihtiyaç duymasına rağmen, mikro besin elementlerinin önemi günden güne daha fazla anlaşılmaktadır. Çünkü çok sayıda mikro besin elementinin stres koşulları altında bile bazı enzimleri teşvik ettiği ve bitki metabolizmasını düzenlemeye yardımcı olduğu düşünülmektedir (Grewal ve Williams, 2000).

Kısaca, dünya nüfusunun hızla artması, iklim değişikliği ve su kaynaklarının azalması ile birlikte düşünüldüğünde artan insan nüfusunu beslemek için yüksek verim ve kalite elde edilmesi konusunda hükümetler üzerindeki baskı artmaktadır. Ayrıca, dünyadaki toprakların yarısı mikro besin elementlerince yetersizdir ve daha yüksek verim elde edilmesi isteniyorsa mikro besin elementlerinin daha fazla takip edilmesi gerekmektedir (Baligar ve ark., 2001). Ancak, farklı sulama suyu seviyelerinin çileklerin, başlıca meyvelerde olmak üzere, mikro besin elementi içerikleri üzerine etkilerini konu alan çok az sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle, araştırmada dört farklı sulama seviyesi ve biyo-aktivatör uygulamasının Rubygem çilek çeşidinin mikro besin elementi içerikleri (yaprak ve meyve) üzerine etkilerini araştırmak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Deneme, 2015-2016 yetiştirme dönemi içerisinde Ç.Ü Ziraat Fakültesi arazilerinde bulunan İspanyol tipi yüksek tüneller içerisinde yürütülmüştür. Deneme alanına ait topraklar analiz edilmiş ve tarla kapasitesinin 34 g/g, solma noktasının ise 18 g/g olduğu belirlenirken, toprakların killi tınlı yapıda olduğu ve tuzluluk yönünden sıkıntısının olmadığı saptanmıştır. Çilek fideleri sıra araları 40 cm, sıra üzerileri karşılıklı gelmeyecek şekilde çift taraflı üçgen formatında 30 cm olarak 10 Kasım 2015 tarihinde dikilmiştir. Çalışmamızda 16 mm çapında, 2.7 lt/sa debili polietilen, damla sulama boruları (sulama ve gübreleme için kullanılmıştır) hazırlanan seddelerin ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiş ve daha sonra gri renkli malçla seddelerin üzeri örtülmüştür. Araştırmada bitki materyali olarak Türkiye’de ve Dünya’da önemli güncel bir çeşit olan Rubygem kullanılmıştır. Çalışmada gübreleme bir değişken olmayıp, deneme başından sonuna kadar bütün konulara eşit miktarda uygulanmıştır. Deneme boyunca uygulanan gübreleme programı Çizelge 1’de gösterilmiştir. Ayrıca, tüm konulara üç yapraklı olana kadar aynı miktarda su uygulanmıştır (60 mm). Daha sonra, farklı sulama seviyesi uygulamalarına geçilerek, deneme sonuna kadar uygulanan sulama suyu miktarları hesaplanmış ve farklı sulama seviyelerinin etkileri incelenmiştir.

Araştırmada dört farklı sulama seviyesi uygulanmıştır. Bunlar bitkinin ihtiyacının tamamının verildiği tam sulama uygulaması (IR100), tam sulamanın %125’inin verildiği uygulama (IR125), %75’inin verildiği (IR75) ve yarısının verildiği (IR50) uygulamalardır. Ek olarak, biyo-aktivatör uygulamaları biyo-aktivatörlü (C) ve biyo-aktivatörsüz (kontrol) olarak iki seviyede denemeye alınmıştır. Biyo-aktivatör olarak tamamen doğal, toksik olmayan, bitki büyümesini teşvik eden, yabancı bitkilerden üretilen organik sertifikalı (BCS Öko-Garantie GMBH, Nürnberg/Almanya tarafından onaylı) ticari bir bitki özü çeşidi kullanılmıştır. Bu biyo-aktivatörün içeriği 250 ppm gibberellik asit, %1.5 K₂O, %18 alginik asit ve %67 organik asitten oluşmaktadır. Biyo-aktivatörün etkilerinin belirlenmesi amacıyla bitkilere ilk çiçeklenmeden itibaren toplam dört kez (üç haftada bir olmak üzere) 20 g/dekar uygulama yapılmıştır. Kontrol olarak adlandırılan konulara ise uygulama yapılmamış ve konular arasındaki farklar değerlendirmeye alınmıştır. Sulamalar, farklı su seviyelerine geçilmesinden sonra üç günde bir uygulanmıştır.

Deneme sonunda IR50, IR75, IR100 ve IR125 uygulamalarına toplamda sırasıyla 203 mm, 274 mm, 345 mm ve 417 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulama miktarlarının hesaplanmasında, yüksek tünelin ortasına yerleştirilen, A-sınıfı buharlaşma kabından hesaplanan buharlaşma değerlerinin de kullanıldığı Eşitlik 1’den yararlanılmıştır. Eşitliğe göre, n: uygulama alanındaki damlatıcı sayısı (adet), q: damlatıcı debisi (lt/sa), K_{cp}: bitki pan katsayıları (0.5, 0.75, 1 ve 1.25), P: bitki örtü yüzdesi (%), E_o: A-sınıfı buharlaşma kabından ölçülen ardışık iki değer arasındaki fark (mm), A: sulanacak alan (m²) ve t: sulama sisteminin çalışma süresi (saat).

$$t = (A \times E_o \times P \times K_{cp}) / q \times n \quad (IR100 \text{ hesabı}) \quad (1)$$

Farklı sulama suyu ve biyo-aktivatör uygulamalarının aktif hasat dönemindeki aylarda (Mart, Nisan ve Mayıs) meyve ve yapraklardaki mikro besin elementleri içerikleri üzerine yaptıkları değişiklikleri tespit etmek amacıyla birçok işlem gerçekleştirilmiştir. Mart, Nisan ve Mayıs aylarını temsil edecek şekilde üç yinelemeli olarak meyve ve yaprak örnekleri alınmıştır. Meyve (hasat edecek olgunluğa sahip) ve yaprak örnekleri 10-15 bitkiden rastgele seçilerek toplandıktan sonra laboratuvarında önce Hidroklorik asitle (HCL) seyreltilmiş %0.1'lik sudan daha sonrada 2 tekrarlamalı saf sudan geçirilerek temizlenmiştir. Daha sonra yapraklar ve meyveler (birkaç parçaya bölünüp) etüvde 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir (Tagliavini ve ark., 2004). Kurumuş olan meyve ve yaprak örnekleri öğütülüp (agat değirmeninde), 0.2 g tartılarak (kuru yakma metoduna göre) cam krozelerde 550°C'de kül fırınında yakılmıştır. Yakılan örneklerin üzerine saf su (18 ml) ve 2 ml 1/3'lük HCL eklenmiş ve mavi bant filtre kağıdında süzdürülerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Analize hazır olan örneklerde çinko (Zn), Fe, Mangan (Mn) ve Cu okumaları için atomik absorpsiyon spektrofotometre (Perkin-Elmer) cihazından yararlanılmıştır (AOAC, 1990).

Çizelge 1. Denemede uygulanan fertigasyon programı

Uygulama Tarihi	Gübrelerin içerikleri	Miktarı
15.12.2015	Fosfat (%60)	700 g/dekar
22.12.2015	Demir (%9)	0.4 L/100 L
01.01.2016	Humik ve pulvik asit (%22), Organik madde (%12), Potasyum oksit (%3)	1 L/dekar
10.01.2016	Demir (%9)	0.4 L/ 100 L
28.01.2016	Humik ve pulvik asit (%22), Organik madde (%12), Potasyum oksit (%3)	1 L/dekar
28.01.2016	Potasyum (%30), Azot (%3)	700 g/dekar
08.02.2016	Humik ve pulvik asit (%22), Organik madde (%12), Potasyum oksit (%3)	1 L/dekar
08.02.2016	Kodefol 710 (11-6-44+ME)	800 g/dekar
19.02.2016	(8So ₃) +18+18+18 + TE + (3 MgO)	2 kg/dekar
23.02.2016	Potasyum (%30), Azot (%3)	700 g/dekar
01.03.2016	Mikro (%1.5 Cu, %3.5 Mn, %0.4 B, %4 Fe, %4.0 Zn)	700 g/dekar
11.03.2016	Potasyum (%34), Fosfor (%51)	2 kg/dekar
25.03.2016	(8So ₃) +18+18+18 + TE + (3 MgO)	2 kg/dekar
25.03.2016	Humik ve pulvik asit (%22), Organik madde (%12), Potasyum oksit (%3)	2 L/dekar
04.04.2016	Crop Master (% 0.03 Aminoasit, %0.01 alginik asit, %5 organik madde, giberallin75 ppm)	0.7 L/dekar
18.04.2016	Potasyum (%34), Fosfor (%51)	2 kg/dekar
27.04.2016	Bor (%21)	250 g/dekar
27.04.2016	Demir (%9)	2 kg/dekar
06.05.2016	Mikro (%1.5 Cu, %4 Fe, %3.5 Mn, %0.4 B, %4.0 Zn)	700 g/dekar
06.05.2016	Fosfat (%60)	350 g/dekar
13.05.2016	Ca(NO ₃) ₂	1 L/dekar
16.05.2016	Potasyum (%30), Azot (%3)	700 g/dekar
16.05.2016	Mikro (%2.72 Mn, %2.72 Zn ve %2.72 Fe)	700 g/dekar
24.05.2016	Potasyum (%30), Azot (%3)	700 g/dekar
24.05.2016	Bor (%21)	150 g/dekar

Deneme 4 x 2 faktöriyel düzende (sulama seviyesi x biyo-aktivatör uygulaması) üç yinelemeli olarak (ardışık üç ay) bölünmüş parseller deneme desenine göre toplamda 24 parselde yürütülmüştür. Biyo-aktivatör uygulamaları ana parselleri oluştururken, sulama seviyeleri ise alt parselleri oluşturmuştur. Çalışmadaki verilere JMP programında varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre gruplandırılmıştır.

3. Bulgular

Çalışmada farklı sulama seviyelerinin hem yaprakta hem de meyvedeki besin elementi içeriği üzerine etkileri incelenerek, alt başlıklar halinde verilmiştir.

3.1. Yaprak mikro element içerikleri

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek yaprak Fe içeriği 76.5 ppm ile IR50 uygulamasından, en düşük içeriği IR 125 uygulamasından 65.0 ppm ile elde edilmiş olup sulama seviyeleri arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek Fe içeriği RC50 (Rubygem x biyo-aktivatörlü x IR50) konusundan (101.0 ppm) Nisan ayı içerisinde hasat edilen yapraklardan elde edilirken, en düşük içerik Mayıs ayı içerisinde hasat edilen R100 (Rubygem x kontrol x IR100) konusundan (53 ppm) elde edilmiştir. Ancak, meydana gelen bu farklar anlamlı bulunmamıştır. Aylara göre incelendiğinde en yüksek yaprak Fe içeriğine Nisan ayında ulaşılmıştır. Aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek yaprak Cu içeriği 5.14 ppm ile IR75 uygulamasından, en düşük yaprak Cu içeriği 4.30 ppm ile IR50 uygulamasından elde edilmiştir. Sulama seviyeleri arasında meydana gelen farklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek Cu içeriği RC100 konusundan (7.00 ppm) Mart ayı içerisinde hasat edilen yapraklardan elde edilirken, konular arasındaki farkların anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Aylara göre incelendiğinde en yüksek yaprak Cu içeriğine Mart ayında ulaşılmış olup, aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek yaprak Mn içeriği 283 ppm ile IR100, en düşük yaprak Mn içeriği 222 ppm ile IR50 uygulamasından elde edilmiş olup, sulama seviyeleri arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek Mn içeriği Mart ayında RC75 uygulamasından 338 ppm ile elde edilmiştir. Ancak, bu etkileşimden oluşan farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Aylara göre incelendiğinde en yüksek yaprak Mn içeriği Mart ayında hasat edilen yapraklardan elde edilmiş olup, aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek yaprak Zn içeriği 16.6 ppm ile IR100, en düşük yaprak Zn içeriği 14.8 ppm ile IR125 uygulamasından elde edilmiş olup, sulama seviyeleri arasındaki farklar anlamlı önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek Zn içeriği Mart ayında RC100 uygulamasından hasat edilen yapraklardan 19.9 ppm ile elde edilmiştir. Ancak, bu etkileşimden kaynaklanan farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Aylara göre incelendiğinde en yüksek yaprak Zn içeriği Mart ayında hasat edilen yapraklardan elde edilmiş olup, aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Biyo-aktivatör uygulanan bitkilerden hasat edilen yaprakların, kontrol bitkilerinden hasat edilen yapraklara kıyasla ortalama 3.2 ppm daha yüksek Fe, 0.40 ppm daha yüksek Cu, 5.0 ppm daha yüksek Mn ve 0.50 ppm daha yüksek Zn içeriklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Biyo-aktivatör uygulamalarının, kontrol konularına kıyasla oluşturduğu bu farklar incelendiğinde, Mn hariç diğer incelenen elementler için istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

3.2. Meyve mikro element içerikleri

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek meyve Fe içeriği 47.6 ppm ile IR50 uygulamasından, en düşük meyve Fe içeriği IR 125 uygulamasından 36.9 ppm ile elde edilmiş olup sulama seviyeleri arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek Fe içeriği RC50 konusundan (52.8 ppm) Nisan ayı içerisinde hasat edilen meyvelerden elde edilirken, en düşük içerik değeri Mayıs ayı içerisinde hasat edilen R125 konusundan (34.6 ppm) elde edilmiştir. Ancak, meydana gelen bu farkların anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Aylara göre incelendiğinde en yüksek meyve Fe içeriğine Nisan ayında ulaşılmış olup, aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek meyve Cu içeriği 2.61 ppm ile IR125 uygulamasından, en düşük meyve Cu içeriği 2.46 ppm ile IR50 uygulamasından elde edilmiştir. Sulama seviyeleri arasındaki farkların anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek meyve Cu içeriği RC100 konusundan (2.91 ppm) Mart ayı içerisinde hasat edilen meyvelerden elde edilirken, konular arasındaki farklar anlamlı bulunmamıştır. Aylara göre incelendiğinde en yüksek meyve Cu içeriğine Mart ayında ulaşılmış olup, aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 2. Farklı sulama suyu miktarları ile biyo-aktivatör uygulamalarının çilek yapraklarının mikro besin element içerikleri üzerine etkileri.

	Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.	
Fe (mg/kg)	IR50	Kontrol	62.3	99.7	62.6	74.9	76.5 a	
		Biyo-aktivatör	67.6	101.0	65.9	78.2		
	IR75	Kontrol	59.1	91.7	59.6	70.1	71.6 b	
		Biyo-aktivatör	64.4	94.2	60.4	73.0		
	IR100	Kontrol	58.1	90.2	57.2	68.5	70.0 b	
		Biyo-aktivatör	62.6	92.7	59.4	71.5		
	IR125	Kontrol	55.1	81.4	53.0	63.2	65.0 c	
		Biyo-aktivatör	61.3	83.9	55.4	66.9		
		Ay Ortalaması		61.3 b	91.9 a	59.2 c		
		Uygulama Ortalaması		Kontrol			69.2 B	
			Biyo-aktivatör			72.4 A		
	LSD ay*** = 2.00		LSD uyg*** = 1.64		LSD sul*** = 2.31	LSD sul x ay* = 4.01		
	Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.	
Cu (mg/kg)	IR50	Kontrol	5.42	3.39	3.66	4.15	4.30 b	
		Biyo-aktivatör	5.52	3.95	3.86	4.44		
	IR75	Kontrol	6.24	4.28	4.29	4.94	5.14 a	
		Biyo-aktivatör	6.94	4.50	4.61	5.35		
	IR100	Kontrol	6.05	4.02	4.40	4.82	4.99 a	
		Biyo-aktivatör	7.00	4.36	4.11	5.16		
	IR125	Kontrol	5.69	3.90	4.32	4.64	4.92 a	
		Biyo-aktivatör	6.68	4.29	4.61	5.19		
		Ay Ortalaması		6.19 a	4.09 b	4.23 b		
		Uygulama Ortalaması		Kontrol			4.64 B	
			Biyo-aktivatör			5.04 A		
	LSD ay*** = 0.36		LSD sul*** = 0.42			LSD uyg*** = 0.38		
	Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.	
Mn (mg/kg)	IR50	Kontrol	274	194	185	218	222 c	
		Biyo-aktivatör	287	203	188	226		
	IR75	Kontrol	330	261	225	272	275 a	
		Biyo-aktivatör	338	263	233	278		
	IR100	Kontrol	322	257	263	281	283 a	
		Biyo-aktivatör	324	260	274	286		
	IR125	Kontrol	312	226	228	255	257 b	
		Biyo-aktivatör	323	219	232	258		
		Ay Ortalaması		314 a	236 b	229 b		
		Uygulama Ortalaması		Kontrol			257	
			Biyo-aktivatör			262		
	LSD ay*** = 7.10		LSD sul*** = 8.19		LSD sul x ay*** = 14.19			
	Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.	
Zn (mg/kg)	IR50	Kontrol	16.9	14.3	12.1	14.5	15.6 b	
		Biyo-aktivatör	17.5	14.5	13.2	15.1		
	IR75	Kontrol	19.3	14.9	13.9	16.0	16.4 a	
		Biyo-aktivatör	19.7	15.2	15.3	16.7		
	IR100	Kontrol	19.7	15.1	14.8	16.5	16.6 a	
		Biyo-aktivatör	19.9	15.2	15.1	16.7		
	IR125	Kontrol	17.2	14.9	13.7	15.3	14.8 c	
		Biyo-aktivatör	18.0	15.1	14.7	15.9		
		Ay Ortalaması		18.5 a	14.9 b	14.1 c		
		Uygulama Ortalaması		Kontrol			15.6 B	
			Biyo-aktivatör			16.1 A		
	LSD ay*** = 0.62		LSD uyg* = 0.51		LSD sul*** = 0.72			

1) Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. 2) ***p<0.01, *p<0.05

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek meyve Mn içeriği 45.7 ppm ile IR50, en düşük meyve Mn içeriği 42.8 ppm ile IR125 uygulamasından elde edilmiş olup, sulama seviyeleri arasında meydana gelen farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek meyve Mn içeriği Mart ayında RC50 uygulamasından 55.5 ppm ile elde edilmiştir.

Ancak, bu etkileşimden oluşan farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Aylara göre incelendiğinde en yüksek meyve Mn içeriği Mart ayında hasat edilen meyvelerden elde edilmiş olup, aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

Çizelge 3. Farklı sulama suyu miktarları ile biyo-aktivatör uygulamalarının çilek meyvelerinin mikro besin element içerikleri üzerine etkileri.

		Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.
Fe (mg/kg)	IR50		Kontrol	42.3	48.0	42.3	45.4	47.6 a
			Biyo-aktivatör	49.9	52.8	46.4	49.7	
	IR75		Kontrol	42.1	45.9	40.1	42.7	44.3 b
			Biyo-aktivatör	45.7	48.0	43.9	45.9	
	IR100		Kontrol	38.2	40.1	36.2	38.2	39.0 c
			Biyo-aktivatör	39.3	42.3	37.8	39.8	
	IR125		Kontrol	36.5	36.3	34.6	35.8	36.9 c
			Biyo-aktivatör	38.5	39.1	36.7	38.1	
	Ay Ortalaması			42.0 b	44.1 a	39.7 c		
	Uygulama Ortalaması				Kontrol			40.5 B
				Biyo-aktivatör			43.4 A	
		LSD ay*** = 2.05		LSD uyg*** = 1.68			LSD sul*** = 2.37	
		Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.
Cu (mg/kg)	IR50		Kontrol	2.60	2.33	2.41	2.45	2.46
			Biyo-aktivatör	2.65	2.35	2.44	2.48	
	IR75		Kontrol	2.63	2.35	2.39	2.46	2.54
			Biyo-aktivatör	2.80	2.48	2.57	2.62	
	IR100		Kontrol	2.59	2.27	2.60	2.49	2.59
			Biyo-aktivatör	2.91	2.45	2.73	2.70	
	IR125		Kontrol	2.60	2.30	2.64	2.52	2.61
			Biyo-aktivatör	2.95	2.43	2.71	2.69	
	Ay Ortalaması			2.72 a	2.37 c	2.56 b		
	Uygulama Ortalaması				Kontrol			2.48 B
				Biyo-aktivatör			2.62 A	
		LSD ay*** = 0.14					LSD uyg* = 0.11	
		Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.
Mn (mg/kg)	IR50		Kontrol	53.6	44.1	36.3	44.7	45.7
			Biyo-aktivatör	55.5	46.1	38.4	46.7	
	IR75		Kontrol	47.1	44.6	35.1	42.2	43.3
			Biyo-aktivatör	52.7	41.9	38.3	44.3	
	IR100		Kontrol	52.4	45.8	35.9	44.7	43.8
			Biyo-aktivatör	50.4	40.8	37.7	42.9	
	IR125		Kontrol	49.5	44.2	35.3	43.0	42.8
			Biyo-aktivatör	51.2	41.0	35.4	42.5	
	Ay Ortalaması			51.6 a	43.6 b	36.6 c		
	Uygulama Ortalaması				Kontrol			43.7
				Biyo-aktivatör			44.1	
				LSD ay*** = 1.99				
		Sulama	Uygulama	Mart	Nisan	Mayıs	Sul X Uyg	Sulama Ort.
Zn (mg/kg)	IR50		Kontrol	9.09	6.15	5.72	6.99	7.93 a
			Biyo-aktivatör	10.3	8.60	7.75	8.88	
	IR75		Kontrol	8.94	5.89	5.02	6.62	6.84 b
			Biyo-aktivatör	8.25	5.48	7.43	7.04	
	IR100		Kontrol	8.52	6.03	5.21	6.59	6.82 b
			Biyo-aktivatör	8.07	5.61	7.47	7.05	
	IR125		Kontrol	8.06	5.89	5.00	6.31	6.30 b
			Biyo-aktivatör	7.77	5.57	5.53	6.29	
	Ay Ortalaması			8.62 a	6.15 b	6.14 b		
	Uygulama Ortalaması				Kontrol			6.63 B
				Biyo-aktivatör			7.32 A	
		LSD ay*** = 0.74		LSD uyg* = 0.60			LSD sul*** = 0.85	
							LSD uyg x ay* = 1.04	

1) Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. 2) *** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

Çalışmada sulama seviyeleri açısından en yüksek meyve Zn içeriği 7.93 ppm ile IR50, en düşük meyve Zn içeriği 6.30 ppm ile IR125 uygulamasından elde edilmiş olup, sulama seviyeleri arasındaki farkların anlamlı olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Sulama x uygulama x ay etkileşiminden elde edilen en yüksek meyve Zn içeriği Mart ayında RC50 uygulamasından hasat edilen meyvelerden 10.3 ppm ile elde edilmiştir. Ancak, bu etkileşimden kaynaklanan farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Aylara göre incelendiğinde en yüksek meyve Zn içeriği Mart ayında hasat edilen meyvelerden elde edilmiş olup, aylar arasında meydana gelen farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

Biyo-aktivatör uygulanan bitkilerden hasat edilen meyvelerin, kontrol bitkilerinden hasat edilen meyvelere göre ortalama 2.9 ppm daha yüksek Fe, 0.14 ppm daha yüksek Cu, 0.4 ppm daha yüksek Mn ve 0.69 ppm daha yüksek Zn içeriklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Biyo-aktivatör uygulamalarının, kontrol konularına kıyasla oluşturduğu bu farklar incelendiğinde, Mn hariç diğer elementler için istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

İstenilen ürün miktarı ve kalitesine ulaşabilmek için uygulanacak en uygun sulama miktarının ve besin element ihtiyacının belirlenmesi şarttır. Çünkü hem sulama miktarının hem de besin elementlerinin eksiklikleri ya da fazlalıklarında meyve kalite ve veriminde ciddi düşüşler meydana gelebilmektedir. Özellikle besin elementi ihtiyacını anlayabilmek ve ihtiyacı kadar besin elementini takviye etmek için en doğru yöntem ise yaprak ve meyvelerde yapılan analizlerdir. Yapraklarla ilgili çok az sayıda kaynak olsa da, meyve besin elementi analizleri üzerine yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Hasat edilen yaprakların Fe içerikleri genel olarak 53 ppm – 101 ppm arasında değişmiştir. Elde edilen bu değerler Mills ve Jones (1996) ile Jones ve ark. (1991)'nin bildirdiği yeterlilik sınır değerleri içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca, May ve Pritts (1993), çilekler için yaprak Fe içeriklerinin 70 ppm – 250 ppm arasında, Seferoğlu ve Kaptan (2010) 110 ppm – 265 ppm arasında olduğunu bulmuşlardır. Hasat edilen yaprakların Cu içerikleri 3.39 ppm – 7.00 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Ancak, bu değerler Mills ve Jones (1996) ile Jones ve ark. (1991)'nin bulduğu değerlere göre genellikle düşük kalmıştır. Hasat edilen yaprakların Mn içerikleri 185 ppm – 338 ppm arasında değiştiği belirlenmiş ve Mills ve Jones (1996)'un bildirdiği sınır değerlikleri içerisinde yer almıştır. Jones ve ark., (1991) gelişmesini tamamlamış genç çilek yapraklarının, tam çiçeklenme döneminde, Mn içeriklerinin 50 ppm -200 ppm arasında olduğunu bulmuşlardır. Çilek için Mn içeriklerinin Ersoy ve Demirsoy (2006) 36.3 ppm – 101.8 ppm, Seferoğlu ve Kaptan (2010) 11 ppm- 137 ppm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Hasat edilen yaprakların Zn içerikleri 12.1 ppm – 19.9 ppm arasında değişmiştir. Mills ve Jones (1996) ve Jones ve ark., (1991)'nin bildirdikleri yeterlilik sınır değerlerine göre eksik kaldıkları belirlenmiştir. Ek olarak, çilek yapraklarının Zn içeriklerinin May ve Pritts (1993), 20 ppm – 250 ppm, Seferoğlu ve Kaptan (2010) 27 ppm – 74 ppm arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmada en yüksek yaprak Fe içerik değeri IR50 uygulamasından elde edilmesi dikkat çekmiştir. Sardans ve ark., (2008) kuraklığın bitki köklerinde Fe içeriklerini arttırabileceğini bulmuşlardır. IR50 uygulamasından sonra ise su miktarında meydana gelen artışların yaprak Fe içeriklerini azalttığı tespit edilmiştir. Çilekler, dikotiledon bitki sınıfına girer ve topraktaki Fe değişimlerine oldukça hassastırlar. Yapılan gözlemlerde de artan sulama suyu miktarı ile birlikte klorozun şiddetinin de arttığı belirlenmiştir. Sulama miktarının artması ile birlikte bitkilerde klorofil içeriğinin azalarak yaprakların renginin sarardığı ve kloroza neden olduğu tahmin edilmektedir. Nitekim, çalışmaya paralel olarak Osório ve ark. (2014) ve Gama ve ark., (2016) çileklerde benzer sonuçlar bulduklarını bildirmişlerdir. Çalışmada hem %50 düzeyinde kısıntılı sulamanın hem de aşırı sulamanın Zn ve Mn içeriklerini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Su stresinin şiddetinin artması, bitki köklerinin suyu ve besin elementlerini alma potansiyellerini genellikle düşürür. Nitekim Tanaka ve ark. (1969) uzun süreli aşırı su stresine maruz kalan bitkilerde Zn içeriklerinde azalma, Cu içeriklerinde ise bir artış gözlemlenmiştir. Hu ve Schmidhalter (2005) düşük toprak nemi koşullarının Mn eksikliğine yol açabileceğini, uygun toprak nemi sağlandığında ise Mn elementinin daha fazla indirgenerek çözünür forma dönüşebileceğini tespit etmişlerdir. IR50 uygulamasının Cu için olumsuz yönde farkı yaratan sulama seviyesi olduğu tespit edilmiştir. IR75 uygulaması Fe içeriğinde en önemli ikinci grupta yer alırken, diğer mikro besin element içeriklerinde ise en üst grupta yer aldığı ve tüm yaprak mikro besin elementleri içerikleri için IR100 ile aynı önem seviyesinde yer aldığı saptanmıştır. Benzer olarak, aşırı su stresi ve kuraklığın etkilerinin Zn gübrelemesi ile azaltılabileceğini Grewal ve Williams (2000) bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, stoma iletkenliği ve bitki-su ilişkilerini Zn elementinin etkileyebileceği bulunmuştur (Khan ve ark., 2004). Zeytinde sulama suyu miktarı ile besin elementi içerikleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu Zipori ve ark. (2015) tarafından bildirilmiştir.

Biyo-aktivatör uygulamalarının Zn, Cu ve Fe içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar yaratması dikkat çekmiştir. Battacharyya ve ark., (2015) biyo-aktivatörlerin çok düşük içeriklerde kullanıldığında bile besin elementi alımını arttırabileceğini bildirmişlerdir. Biyo-aktivatör kullanımı ile bitki köklerinin hacminin artarak, toprak daha fazla besin elementi ve suyun bitki bünyesine doğru hareket ettiği tahmin edilmektedir. Benzer olarak, Schmidt ve ark., (2003) biyo-aktivatörlerin içeriğinde farklı oranlarda besin elementleri olmasına rağmen, bir bitkinin tüm ihtiyacını karşılamaya yetmediğini, ancak bitki kök (Vernieri ve ark., 2005) ve yapraklarının (Mancuso ve ark., 2006) besin element alımını kolaylaştırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca, daha önce gerçekleştirilen birçok çalışmada biyo-aktivatörlerin mikro besin element alımını teşvik ettiği belirlenmiştir. Örneğin, biyo-aktivatör kullanımının marulda Fe (Crouch ve ark., 1990) ve üzüm yapraklarında Cu içeriklerini (Turan ve Köse, 2004) arttırdığı belirlenmiştir.

Meyvelerin Fe içerikleri genel olarak 34.6 ppm – 52.8 ppm, arasında değişmiştir. Çilek meyvesinde Fe içeriklerinin denendiği bazı çalışmalarda içerik değerlerinin 20.1 ppm – 62.3 ppm (Hakala ve ark., 2003) ve 46.0 ppm – 158 ppm (Uzunoğlu Bulduk ve Erdal, 2012) arasında değiştiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise meyve Fe içeriklerinin ortalama 41.0 ppm olduğu Capar ve Cunningham (2000) tarafından tespit edilmiştir. Hasat edilen meyvelerin Cu içerikleri 2.27 ppm – 2.95 ppm arasında değişkenlik göstermiştir. Çilek meyvesinde Cu içeriklerinin, daha önceki çalışmalarda, 2.8 ppm – 5.2 ppm (Jorhem ve Sundström, 1993), 5 ppm – 19 ppm (Uzunoğlu ve Erdal, 2012) ve 3.7 ppm – 6.8 ppm (Hakala ve ark., 2003) arasında değiştiği bildirilmiştir. Çilek meyve Cu içeriğinin farklı sulama seviyeleri altında önemli oranda değişmediği ve ortalamalarının 3.0 ppm olduğu Perin ve ark., (2019) tarafından tespit edilmiştir. Hasat edilen meyvelerin Mn içerikleri 35.1 ppm – 55.5 ppm arasında değişkenlik göstermiştir. Çilek meyvesinde Mn içeriklerinin denendiği bazı çalışmalarda içerik değerlerinin 27.0 ppm – 65.0 ppm (Tahvonen, 1993), 15.0 ppm – 264 ppm (Uzunoğlu Bulduk ve Erdal, 2012) ve 11.9 ppm – 71.1 ppm (Hakala ve ark., 2003) arasında değişkenlik göstermiştir. Başka bir çalışmada ise, çilek meyve Mn içeriğinin farklı sulama seviyeleri altında önemli oranda değişmediği ve genel olarak 20.4 ppm – 27.2 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Perin ve ark., 2019). Hasat edilen meyvelerin Zn içerikleri 5.0 ppm – 10.3 ppm arasında değişkenlik göstermiştir. Çilek meyvesinde Zn içeriklerinin denendiği bazı çalışmalarda içerik değerlerinin 6.0 ppm – 11.0 ppm (Jorhem ve Sundström, 1993), 11.0 ppm – 17.0 ppm (Tahvonen, 1993), 9.0 ppm – 25 ppm (Uzunoğlu Bulduk ve Erdal, 2012) ve 7.7 ppm – 15.0 ppm (Hakala ve ark., 2003) arasında değişkenlik göstermiştir.

Araştırmada incelenen tüm sulama uygulamalarının meyve Mn ve Cu içerikleri üzerinde anlamlı farklar yaratmadığı, Fe ve Zn içerikleri üzerinde önemli farklar yarattığı belirlenmiştir. Ayrıca Fe, Mn ve Zn sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerlerin su stresinin en yoğun denendiği IR50 uygulamasından elde edilmesi dikkat çekmektedir. Ayrıca, bu sulama seviyesinden sonra sulama miktarında meydana gelen artışların meyve Fe ve Zn içeriklerini azalttığı tespit edilmiştir. Köklerde Fe içeriklerinin su stresi ile birlikte arttığını Sardans ve ark., (2008) bildirmişlerdir. Ek olarak, %25 su kısıntısı uygulanan IR75 uygulamasının Fe hariç diğer mikro besin element içeriklerinde IR100 ile aynı önem grubunda yer aldığı saptanmıştır. Khan ve ark., (2004) Zn elementinin bitki-su ilişkilerini düzenleyebildiğini, Grewal ve Williams (2000) ise hem düşük hem de yüksek su stresinin olası kötü etkilerinin Zn gübrelemesi ile hafifletilebildiğini saptamışlardır. Benzer olarak muz meyvelerinde su stresinin Zn ve Fe içeriklerini arttırdığını Mahouachi (2007) bildirmiştir. Bitkilerin fizyolojik açıdan mikro besin elementlerine, makrolara göre daha az ihtiyaç duyduğundan dolayı, düşük ya da yüksek su stresinin meyve mikro besin elementi içerikleri üzerindeki etkileri çok az sayıda çalışmaya konu olmuştur. Örneğin, Sato ve ark. (2006) ve Keutgen ve Pawelzik (2008) su stresinin meyvelerin gelişimini etkileyebildiğini, ancak aynı zamanda bazı besin element konsantrasyonları ile meyve kalite özelliklerinin de artabileceğini tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada kontrol konularına kıyasla %50 ve %30 daha az sulanan çileklerin meyve Mn ve Cu içeriklerinde önemli değişikliklere rastlanmadığı bildirilmiştir (Perin ve ark., 2019). Ek olarak farklı sulama yöntemlerinin elmaların besin elementi içerikleri üzerine yapılan bir çalışmada, daha fazla sulanan iki uygulamanın, diğer iki uygulamaya kıyasla Mn, Zn ve Cu içeriklerinde önemli farklılıklar olmadığı belirtilmiştir (Şenyiğit ve ark., 2012).

Biyo-aktivatör uygulamalarının meyve Zn, Cu ve Fe içeriklerinde önemli artışlara neden olduğu belirlenmiştir. Biyo-aktivatör kullanımının bitki kök hacmini arttırarak topraktan daha fazla mikro besin elementi alımını teşvik ettiği belirlenmiştir. Biyo-aktivatörlerin çok düşük dozlarda bile alındığında besin elementi içeriklerini arttırdığı Battacharyya ve ark. (2015) tarafından bildirilmiştir. Nitekim biyo-aktivatörün üzüm meyvelerinin Cu konsantrasyonunu arttırdığı Turan ve Köse (2004) tarafından

saptanmıştır. Ayrıca Krouk ve ark. (2010) ve Castaings ve ark. (2011) birçok biyo-aktivatörün besin elementi alımında aktif rol oynayan bazı genlerin aktifleşmesinde rol aldığını tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak; farklı sulama seviye uygulamalarının yaprakta incelenen tüm mikro besin element içeriklerinde önemli farklılıklar oluşturduğu belirlenirken, meyvelerde sadece Fe ve Zn içeriklerinde önemli değişikliklere neden olduğu saptanmıştır. Aşırı sulamanın (IR125) ve % 50 düzeyinde kısıntılı sulamanın yaprak Zn ve Mn içeriklerini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Yaprak Mn ve Cu içeriğinde, su stresine en yoğun maruz bırakılan IR50'nin en düşük önem seviyesinde (istatistiksel olarak) yer alması dikkat çekmiştir. Ayrıca IR50 uygulamasının yaprak Fe, meyve Fe ve Zn içeriklerinde en yüksek önem seviyesinde yer almıştır. Ek olarak, %25 su kısıntısı uygulanan IR75 uygulamasının hem meyve hem de yaprak analiz sonuçlarına göre Fe hariç diğer mikro besin element içeriklerinde IR100 ile aynı önem grubunda yer aldığı saptanmıştır. Bu nedenle, özellikle %25 düzeyinde kısıntılı sulamanın hem meyvede hem de yaprakta mikro besin element içeriklerini önemli oranda değiştirmedikleri dikkat çekerken, su sıkıntısı yaşanan bölgelerde tam sulamaya alternatif bir yöntem olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

Denemede biyo-aktivatör uygulamalarının çilek yapraklarında Zn içeriklerini %3.2, Cu içeriklerini %8.6 ve Fe içeriklerini % 4.6 arttırdığı belirlenirken, meyvelerinde ise Zn'yi %10.4, Cu'yu %5.6 ve Fe'yi %7.2 arttırdığı saptanmıştır. Bu sebeple su eksikliği yaşanan bölgelerde biyo-aktivatör uygulamalarının çilek üreticiliğinde önemli bir strateji olabileceği ve uygulamanın etkilerinin daha iyi belirlenebilmesi için uygulanan doz miktarının artırılması önerilmektedir.

Denemede elde edilen içerik değerlerinin genellikle önceki çalışmalarla uyum içerisinde olmasına rağmen, Rubygem çeşidinin Cu ve Zn'ye hassas olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple, bu çeşit için yapılacak olan çalışmalarda daha yüksek oranlarda Zn ve Cu'lu gübreler uygulanması önerilmektedir. Ayrıca, farklı çilek çeşitlerinin, aynı ortamda yetişmelerine rağmen, besin elementi içeriklerinin ve toprakta bulunan su miktarına tepkilerinin farklılık gösterdiğinin bilinmesinden dolayı (Erdal ve ark., 2004; Kacar ve Katkat, 2007; Geçer ve Yılmaz, 2012) su stresinin çilekler üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirebilecek alternatif yöntemler bulunması ve çalışmaların farklı çeşitlerle tekrar edilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

- AOAC. (1990). In: *Helrich, K (Ed.), Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist.* Washington, DC.
- Baligar, V. C., Fageria, N. K., & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in soil science and plant analysis*, 32:7-8, 921-950,
- Boukar, I., Hess, D. E., & Payne, W. A. (1996). Dynamics of moisture, nitrogen and striga infestation in pearl millet, transpiration and growth. *Agron J.* 88, 545.
- Battacharyya, D., Babgohari, Z. M., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., & Ferrante, A. (2015). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*. 31, 1-17.
- Capar, S., & Cunningham, W. (2000). Element and radionuclide concentrations in food: FDA total diet study 1991-1996. *Journal of AOAC International*, 83, 157-177.
- Crouch, I. J., Beckett, R. P., & Van Staden, J. (1990). Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *J. Appl. Phycol.* 2, 269-272.
- Castaings, L., Marchive, C., Meyer, C., & Krapp, A. (2011). Nitrogen signalling in Arabidopsis: how to obtain insights into a complex signalling network. *J. Exp. Bot.* 62. 1391-1397.
- Çeliktöpez, E., Kapur, B., Sarıdaş, M.A., & Paydaş Kargı, S. (2018). Determining the yield and morpho-physiological responses of 'fortuna' strawberry cv. of using different irrigation levels with bio stimulant application. *Yyü tar bil derg (yyu j agr sci)*, 28(4), 368-374.
- Çeliktöpez, E. (2019). *The effects of different irrigation levels and bioactivator application on yield, fruit quality and nutrient contents in two strawberry varieties.* (PhD), CU Science Inst. Department of Agr. Struc. And Irr. Adana/Turkey. 327p.
- Ekinci, R., & Başbağ, S. (2019). Kısıntılı Sulamanın Pamuğun (*G. hirsutum L.*) Bazı Morfolojik Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* Cilt 29, Sayı 4, 792-800.

- Erdal, I., Kepenek, K., & Kızılgöz, I. (2004). Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turk J Agric For*, 28: 421-427.
- Ersoy, B., & Demirsoy, H. (2006). Effect of shading on seasonal variation of some macro –nutrients in ‘Camarosa’ strawberry. *Asian Journal of Chemistry*, 18 (3), 2329-2340
- European Environment Agency. (2004). *Impactacs of Europe’s Changing Climate*. EEA report no. 2/2004. EEA, Copenhagen, Denmark.
- Feng, S., & Fu, Q. (2013). Expansion of global drylands under a warming climate. *Atmos. Chem. Phys.* 13, 10081–10094.
- Gama, F., Saavedra, T., da Silva, J. P., Miguel, M. G., de Varennes, A., Correia, P. J., Pestana, M. (2016). The memory of iron stress in strawberry plants. *Plant. Physiol. Bioch.* 104, 36-44.
- Geçer, M.K., & Yılmaz H. (2012). Nutrient contents of runner plants of some strawberry cultivars grown under open field and protected cultivation conditions. *YYÜ Tar. Bil. Derg.* 22 (1), 1-6.
- Ghaderi, N., & Siosemardeh, A. (2011). Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. kurdistan and selva). *Hort. Environ. Biotechnol.* 52(1), 6-12. 2011.
- Grant, O. M., Davies, M. J., James, C. M., Johnson, A. W., Leinonen, I., & Simpson, D. W. (2012). Thermal imaging and carbon isotope composition indicate variation amongst strawberry (*Fragaria x ananassa*) cultivars in stomatal conductance and water use efficiency. *Environmental and Experimental Botany*, 76, 7-15.
- Grewal, H. S., & Williams, R. (2000). Zinc nutrition affects alfalfa responses to water stress and excessive moisture. *Journal of Plant Nutrition* 23, 949-962.
- Hakala, M., Lapvetelainen, A., Huopalahti, R., Kallio, H., & Tahvonen, R. (2003). Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16 (1), 67-80.
- Hu, Y., & Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168, 541-549.
- İnal, A., Güneş, A., & Alpaslan, M. (1999). Anamur ve Silifke yöresinde çilek yetiştirilen alanların toprak özellikleri ile bitkilerin beslenme durumları arasındaki ilişkiler. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23 (3), 729–740.
- Jorhem, L., & Sundström, B. (1993). Levels of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, manganese, and cobalt in foods on the swedish market, 1983–1990. *Journal of Food Composition and Analysis*. 6, 3, 223-241.
- Kacar, B., & Katkat, A.V. (2007). *Bitki Besleme*. Nobel Yayın No. 849.
- Keutgen, A.J., & Pawelzik, E. (2008). Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. *Food Chemistry*. 1007, 1413-1420.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extract as biostimulants of plant growth and development. *J. Plan Growth Regul*, 28, 386-399.
- Khan, H.R., McDonald, G. K., & Rengel, Z. (2004). Zinc fertilization and water stress affects plant water relations, stomatal conductance and osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant and Soil* 267, 271-284.
- Klamkowski, K., & Treder, W. (2006). Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71, 4, 159-165.
- Kunicki, E., Grabowska, A., Sekara, A., Wojciechowska, R. (2010). The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Hortic.* 22:9–13.
- Krouk, G., Lacombe, B., Bielach, A., Perrine-Walker, F., Malinska, K., Mounier, E., Hoyerova, K., Tillard, P., Leon, S., Ljung, K., Zazimalova, E., Benkova, E., Nacry, P., & Gojon, A. (2010). Nitrate-regulated auxin transport by NRT1. 1 defines a mechanism for nutrient sensing in plants. *Dev. Cell* 18, 927-937.
- Mahouachi, J. (2007). Growth and mineral nutrient content of developing fruit on banana plants (*Musa acuminata* AAA, ‘Grand Nain’) subjected to water stress and recovery. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82, 839-844.
- Mancuso, S., Azzarello, E., Mugnai, S., & Briand, X. (2006). Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Adv. Hortic. Sci.* 20, 156-161.

- May, G.M., & Pritts, M. P. (1993). Phosphorus, zinc, and boron influence yield components in 'Earliglow' strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118(1), 43-49.
- Mills, H.A., & Jones Jr, J. B. (1996). *Plant Analysis Handbook II. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing, Athens.
- Osório, J., Osório, M. L., Correia, P. J., de Varennes, A., & Pestana, M. (2014). Chlorophyll fluorescence imaging as a tool to understand the impact of iron deficiency and resupply on photosynthetic performance of strawberry plants. *Sci Hortic*. 165: 148-155.
- Perin, E. C., Messias, R. D. S., Galli, V., Borowski, J. C., Souza, E. R. D., Avila, L. O. D., Bamberg, A.L., & Rombaldi, C. V. (2019). Mineral content and antioxidant compounds in strawberry fruit submitted to drought stress. *Food Science and Technology*.
- Pessarakli, M. (1999). *Handbook of plant and crop stress Second Edition, Revised and Expanded*. New York Marcel Dekker. ISBN: 0-8247-1948-4.
- Schmidt, R.E., Ervin, E.H., & Zhang, X. (2003). Questions and answers about biostimulants. *Golf Course Manage* 71:91-94.
- Seferoğlu, S., & Kaptan, M.A. (2010). *Camarosa çilek çeşitinde besin maddelerinin mevsimsel değişimi*. 5. bitki besleme ve gübre kongresi bildirileri. Sayfa:203-209.
- Sharma, S.S.H., Fleming, C., & Selby, C. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *J Appl Phycol*. 26:465-490.
- Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., & Costa, G. (2010). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Sci Hortic*. 125:63-269.
- Sardans, J., Peñuelas, J., & Ogaya, R. (2008). Drought's impact on Ca, Fe, Mg, Mo and S concentration and accumulation patterns in the plants and soil of a Mediterranean evergreen *Quercus ilex* forest. *Biogeochemistry* 87, 49-69.
- Sarıdaş, M. (2013). *Farklı dozlarda kalsiyum uygulamalarının bazı çilek çeşitlerinde meyve verim ve kalite kriterleri ile yapraklardaki besin element konsantrasyonları üzerine etkileri*. Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı YL tezi. Adana/Türkiye
- Sato, S., Sakaguchi, S., Furukawa, H., & Ikeda, H. (2006). Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristic of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientific Horticulture*, 109. 248-253.
- Şenyigit, U., Erdal, I., Ozdemir, F., Kucukyumuk, Z., & Kadayıfçı, A. (2012). Effects of different irrigation methods on leaf and fruit nutrient concentrations of young apple varieties grafted on M9 rootstock. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18 (No 3), 362-369.
- Tagliavini, M., Baldi, E., Lucchi, P., Antonelli, M., Sorrenti, G., Baruzzi, G., & Faedi, W. (2004). Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria*×*Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *Europ. J. Agronomy* 23, 15-25.
- Tahvonen, R. (1993). Contents of selected elements in some fruits, berries and vegetables on the Finnish market in 1987-1989. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6, 75-86.
- Tanaka, A., Watanabe, N., & Ishizuka, Y. (1969). A critical study of the phosphorus concentration in the soil solution of submerged soils. *J Soil Sci Manure Jpn* 406.
- Turan, M., & Köse, C. (2004). Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. *Acta Agric. Scand. Plant Sci*. 54, 213-220.
- TÜİK, 2019. *Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı*. http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001, Erişim Tarihi: 20.09.2019.
- Uzunoglu Bulduk, E., & Erdal, İ. (2012). Genotipisel farklılığın çileğin mineral beslenmesi üzerine etkisi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 29 (1), 59-70.
- Vernieri, P., Borghesi, E., Ferrante, A., & Magnani, G. (2005). Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality. *J Food Agric Environ* 3, 86-88.
- Zipori, I., Yermiyahu, U., Erel, R., Presnov, E., Faingold, I., Ben-Gal, A., & Dag, A. (2015). The influence of irrigation level on olive tree nutritional status. *Irrig Sci*. 33, 277-287.