

## Yaprakta toplam klorofil ve karotenoid kapsamlarına Fe-EDDHA ve kirecin etkileri yönünden bazı çeltik çeşitlerinin responsları\*

Güney AKINOĞLU<sup>1</sup>, Ahmet KORKMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Alınış tarihi: 31 Mart 2021, Kabul tarihi: 30 Nisan 2021

Sorumlu yazar: Güney AKINOĞLU, e-posta: guney\_akinoglu@ymail.com

### Öz

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, yaprakta toplam klorofil ve karotenoid kapsamlarına FeEDDHA ve kirecin etkileri yönünden bazı çeltik çeşitlerinin verdiği cevapları ortaya koymaktır.

**Materyal ve Yöntem:** Bu çalışmada 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitler: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleridir. Kum dolu saksılarda yetiştirilen çeltik bitkilerine 0 ve % 4 kireç dozlarında, 0 ve 45 µM Fe konsantrasyonlarında Fe-EDDHA içeren bitki besin çözeltisi verilmiştir. Deneme 5×2×2 faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü yürütülmüştür.

**Bulgular:** Demir uygulamasıyla toplam klorofil sentezinde sağlanan en yüksek artış kirecsiz ortamda Edirne çeltik çeşidinde; kireçli ortamda ise Hamzadere çeltik çeşidinde tespit edilmiştir. Taze yaprakta ortalama toplam klorofil kapsam değerleri bakımından çeltik çeşitleri Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Taze yaprakta karotenoid kapsamı bakımından çeltik çeşitleri, Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Edirne çeltik çeşidinde kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranı en düşük bulunmuştur.

**Sonuç:** Edirne çeltik çeşidinde kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranı en düşük bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Çeltik çeşidi, toplam klorofil, karotenoid, Fe-EDDHA, kireç

### Responses of some rice varieties in terms of the effects of Fe-EDDHA and lime on total chlorophyll and carotenoid content in leaves

#### Abstract

**Objective:** The aim of this study is to determine the responses of some rice varieties in terms of the effects of Fe-EDDHA and lime on total chlorophyll and carotenoid content in leaves.

**Materials and Methods:** In this study, 5 different rice varieties were used. These varieties are: Biga Incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo and Edirne rice varieties. A nutrient solution containing Fe-EDDHA at 0 and 45 µM Fe concentrations in 2 different lime doses (0 % and 4 %) was given to rice plants grown in pots filled with sand. The experiment was conducted with 3 replications according to a 5 × 2 × 2 factorial trial design.

**Results:** The highest increase in total chlorophyll synthesis with iron application was detected in Edirne variety in lime-free sand media, and Hamzadere variety in lime-added sand media. In terms of average total chlorophyll content values in fresh leaves, paddy varieties were listed as Osmancık-97 > Biga Incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne. In terms of carotenoid content in fresh leaves, rice varieties were listed as Osmancık-97 > Biga Incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne.

**Conclusion:** The rate of increase in carotenoid content in fresh leaves of Edirne variety was found to be the least in the application of nutrient solution containing Fe-EDDHA to lime-added sand media.

**Key words:** Rice variety, total chlorophyll, carotenoid, Fe-EDDHA, lime

## Giriş

Bitkiler için demirin temel bir besin elementi olduğu ilk kez E. Griss (1843) isimli araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Demir, genellikle bir mikro besin elementi olarak kabul edilmektedir. Bitkilerin mikrobeynelere olan gereksinimi miktar olarak az olsa da bu besinler mahsulün büyüme ve gelişmesini doğrudan etkiler. Demir; klorofil biyosentezi, fotosentez, solunum, DNA sentezi, protein sentezi ve nitratların amonyaka indirgenmesi gibi bitkinin birçok hücrenel fonksiyonunda görev alan mutlak gerekli bir elementtir (Ishimaru ve ark., 2006; Kumar ve ark., 2013). Ek olarak, demir; sitokrom, katalaz, peroksidaz, Fe-S (ferrodoksin), akonitaz, süperoksit dismutaz enzimi de dahil hem proteini gibi hücrenel redoks sisteminin ana maddesidir (Marschner, 1995).

Klorofil, merkezi konumda bir magnezyum atomu ile birlikte karbon ve nitrojen atomlarından oluşur. Klorofil, bitkilerin hemen hemen her yeşil kısmında (yapraklarda ve gövdede) en yüksek miktarı içeren ana organel olan kloroplastın içinde bulunur. Kloroplastlar, bitki yapraklarının ortasında, mezofil tabakasında bulunur. Kloroplastlar, yeşil klorofil pigmenti içeren tilakoid membranlara sahiptir (Pareek ve ark., 2018).

Klorofil pigmentleri, bitki renginin yoğunluğunu belirler. Pigmentlerin içeriği ayrıca bitkilerin kimyasal bileşimini de etkiler ve bunların fizyolojisi ve kimyasına atıfta bulunan çeşitli istatistiksel korelasyonlarda kullanılır. Klorofil içeriği, bitki tür ve çeşidine özgü bir özelliktir (Bitkilerdeki klorofil pigmentlerinin içeriği de habitat, hava durumu ve antropojenik koşullara tepkilerinin bir göstergesi olarak düşünülebilir (Selzer ve ark., 2016). Ayrıca bitkilerin canlılığının ve stresli termal ve nem koşullarına karşı direncinin güvenilir bir göstergesi olabilir (Golińska, 2007). Modern indeksleme yöntemleri, mevcut klorofil içeriğinin hızlı ve kolay bir şekilde ölçülmesini sağlar. Bu nedenle, klorofil içeriği ile ilgili araştırmalar gittikçe daha yaygın hale gelmektedir ve bir alanda bile kolaylıkla yapılabilmektedir (Gáborčík, 2006). Klorofil içeriğinin ölçümü, bitkinin yaşam süreçlerinin önemli bir göstergesi olabilir ve bu da biyokütle verimini etkileyebilir (Zielewicz ve ark., 2020).

Klorofillerin yanı sıra, karotenoidler en yaygın bitki pigmentleri grubudur. Tüm fotosentetik organizmalarda bulunabilirler. Karotenoidler, iki gruba ayrılabilen bitkilerin ikincil metabolitleridir: Bunlar: 1) Karoten gibi hidrokarbon karotenler, 2)

Ksantofillerdir (karotenlerin oksijenli türevleri). Renkleri sarıdan turuncudan kırmızıya değişen bir grup lipofilik bileşiktir. Karoten pigmentleri, klorofil tarafından maskelenmeleri nedeniyle bitki rengi üzerinde minimum etkiye sahiptir (Stahl ve Sies, 2005). Karotenoidler, fotosentezde yardımcı pigmentlerdir. Absorbe edilen enerjiyi % 15-90 verimlilikle klorofile aktarırlar. Ayrıca klorofili aşırı ışık yoğunluğundan korurlar.  $\beta$ -karoten hayvanlar için bir A vitamini kaynağıdır. Ekili türlerin karoten içerikleri açısından önemli ölçüde farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Bitki pigment içeriklerinin çok değişken olduğu ve birçok faktöre bağlı olduğu göz önüne alınarak, aynı türe ait bitkilerde klorofil ve karoten pigmentlerinin içeriğinin; toprak verimliliği, nem durumu ve habitat koşullarına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Zielewicz ve ark., 2020).

Takahashi (2003), özellikle yüksek pH'ya sahip kireçli topraklarda demirin yarayışlılığı sınırlı olduğunu bildirmiştir. Ayrıca dünyadaki toprakların yaklaşık %30'unun kireçli olduğunu belirterek, demir yarayışlılığının bu topraklarda düşük olduğunu bildirmiştir. Nihayetinde kireçli topraklarda yetiştirilen bitkilerin demir noksanlığı riski ile karşı karşıya olduğu araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.

Reddy ve Prasad (1986), klorozun sadece toprakta demirin eksikliğinin bir göstergesi olmayıp, aynı zamanda bitkinin bu elementi topraktan absorbe edememesi veya verimli bir şekilde kullanamamasının da bir göstergesi olduğunu rapor etmiştir. Araştırmacılar ayrıca, kireçli ve alkalın karakterli topraklarda demir noksanlığının, asit veya nötr karakterli topraklara göre daha yaygın bir sorun olduğunu bildirmiştir. Ayrıca kireçten kaynaklanan klorozun, serbest  $Ca^{+2}$  iyonundan kaynaklanmayıp, ferröz ( $Fe^{+2}$ ) demirin çözünürlüğünü azaltan yüksek pH'dan ileri geldiğini öne sürmüşlerdir.

Bu çalışmanın amacı, yaprakta toplam klorofil ve karotenoid kapsamına FeEDDHA ve kirecin etkileri yönünden bazı çeltik çeşitlerinin verdiği cevapları ortaya koymaktır.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada; Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne olmak üzere 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmıştır.

Çeltik tohumları % 5.0'luk (v/v) sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra

çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirilmiştir. Çimlenen tohumlar içerisinde perlit bulunan 40x25x5 cm boyutundaki beyaz plastik küvetlere aktarılarak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. 5 farklı çeltik çeşidine ilişkin fideler 1 kg kuvars kumu dolu plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Kum dolu saksılar kireçsiz ve kireç ilaveli (% 4) olarak doldurulmuştur. Kireçsiz ve kireçli kum dolu saksılardaki çeltik bitkisine her kireç dozunda 0 ve 45 µM Fe dozlarında Fe-EDDHA içeren ve pH değeri 5.5 olan aşağıdaki bitki besin çözeltisi verilmiştir:

500 µM NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; 60 µM NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 230 µM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 210 µM CaCl<sub>2</sub>; 160 µM MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 2.5 µM MnCl<sub>2</sub>; 0.75 µM (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>; 3.2 µM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0.1 µM CuSO<sub>4</sub>

Denemede saksılardaki kum yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde besin çözeltisi 5 farklı çeltik çeşidine eşit hacimlerde ilave edilmiştir. Deneme 5×2×2 faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak 50 gün süre ile yürütülmüştür.

Deneme süresi sonunda her bir saksıya eşit miktarda kullanılan, 0 ve 45 µM demir içeren (Fe-EDDHA) besin çözeltisi miktarı her çeltik çeşidi için 1680 mL'dir.

Taze yaprak örneklerinde Arnon (1949); Witham ve ark., (1971) tarafından bildirildiği şekilde toplam klorofil ve karotenoid absorbans değerleri spektrofotometre cihazı ile belirlenmiş ve aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam klorofil, mg/g taze yaprak} = [20.2 \cdot A_{645} + 8.02 \cdot A_{663}] \cdot V / (1000 \cdot W) \quad (1)$$

$$\text{Karotenoid, mg/g taze yaprak} = (A_{480} \cdot V) / (250 \cdot W)$$

A<sub>663</sub> = 663 nm'deki absorbans değeri

A<sub>645</sub> = 645 nm'deki absorbans değeri

A<sub>480</sub> = 480 nm'deki absorbans değeri

V = Son hacim, mL

W = Örnek miktarı, g taze madde (TM)

### İstatistiksel analizler

Faktöriyel denemede (5x2x2) varyans analizleri SPSS 17.0 paket programı ile yapılmıştır. Konuların etkilerinin önemlilik derecelerine (p<0.05 ve p<0.01) göre belirtilmiştir. 0.05 seviyesinde önemli olan konulara ilişkin ortalamaların karşılaştırılmasında çoklu karşılaştırma testi (Duncan testi) yapılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### Toplam klorofil sentezi yönünden bazı çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA ve kireç uygulamasına cevapları

Kireçli ve kireçsiz kum kültürü ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çeltik bitkisi taze yapraklarında toplam klorofil kapsamına Fe-EDDHA dozunun, çeşidin, çeşit×kireç dozu ve çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksiyonlarının etkileri p < 0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; buna karşın, çeşit×Fe-EDDHA dozu ve kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksiyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Diğer yandan, kireç dozunun taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi p < 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında kireçsiz kum ortamında taze yaprakta toplam klorofil kapsamları bakımından çeltik çeşitleri Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere > Ronaldo > Edirne şeklinde sıralanmış; fakat kireçli kum ortamında bu sıralama Osmancık-97 > Ronaldo > Biga incisi > Hamzadere > Edirne şeklinde gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı kireç dozlarında Fe-EDDHA uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinde yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

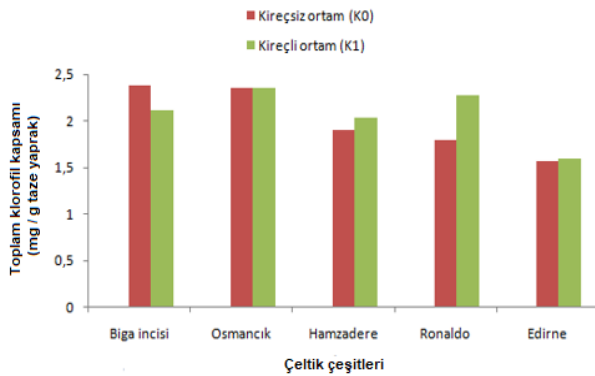
Çeltik Çeşidi	Toplam klorofil kapsamı (mg / g taze yaprak)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	1.92efg	2.83a	1.64h	2.57b	2.24A
Osmancık-97	1.86efgh	2.86a	1.97def	2.72ab	2.36A
Hamzadere	1.71gh	2.08cde	1.38i	2.70ab	1.97B
Ronaldo	1.28i	2.29c	1.79fgh	2.77ab	2.03B
Edirne	0.97j	2.17cd	1.32i	1.87efgh	1.58C
Ortalama	K0: 1.99		K1: 2.07		
	Fe0: 1.58		Fe45: 2.49		

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur.

Fe-EDDHA ve kireç uygulamaları taze yaprakta toplam klorofil kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Kireçsiz kum kültürü ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının, taze yaprakta toplam klorofil kapsamında sağladığı artış oranları, Biga incisinde % 47.3; Osmancık-97'de % 53.7; Hamzadere çeşidinde % 21.6; Ronaldo çeşidinde % 78.9; Edirne çeşidinde % 123.7 bulunmuştur. Diğer yandan, kireçli kum kültürü ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının, taze yaprakta toplam klorofil kapsamında sağladığı artış oranları, Biga incisinde % 56.7; Osmancık-97'de % 38.0; Hamzadere çeşidinde % 95.6; Ronaldo çeşidinde % 54.7; Edirne çeşidinde % 41.6 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, demir uygulamasıyla toplam klorofil sentezinde sağlanan en yüksek artış kireçsiz ortamda Edirne çeltik çeşidinde; kireçli ortamda ise Hamzadere çeltik çeşidinde tespit edilmiştir.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Taze yaprakta ortalama toplam klorofil kapsamı değerleri bakımından çeltik çeşitleri Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 1).

Kum ortamına kireç uygulamasının (% 4 CaCO<sub>3</sub>) taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Şekil 1'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere, Biga incisi çeltik çeşidinde kireç uygulaması yaprakta toplam klorofil kapsamını azaltmış; fakat Ronaldo ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde arttırmıştır. Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitleri yaprakta

toplam klorofil kapsamı yönünden kireç uygulamasından etkilenmemiştir. Kireçli ve kireçsiz şartlarda yaprakta toplam klorofil kapsamı en düşük çeşit Edirne çeşididir. Kireçli kum ortamında yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşit Osmancık-97 ve Ronaldo çeşitleri; kireçsiz kum ortamında ise Biga incisi ve Osmancık-97 çeltik çeşitleridir. Diğer bir ifadeyle, kireçli ve kireçsiz kum ortamlarında yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından en yüksek çeşit Osmancık-97 çeltik çeşitidir. Kök gelişme ortamında demirin yetersiz bulunması halinde yaprakta demir ve klorofil konsantrasyonunda azalma meydana geldiği ve yaprakta demir klorozu görüldüğü belirtilmiştir (Pestana ve ark., 2005). Bitkide Fe klorozu problemini azaltmak için yaprakdan demirli gübreleme uygulaması ve Fe-EDDHA'nın tohum ile muamelesi gibi çeşitli yaklaşımlar öne sürülmüştür (Fernandez ve ark., 2006; Ortiz ve ark., 2007). Bununla birlikte, bu teknikler yüksek maliyetli olup, bitkilerin Fe beslenmesini her zaman iyileştirmeyebilir. Bu nedenle, çeşit seçimi alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilir (Fernandez ve Ebert, 2005). bitkilerde Fe eksikliği klorozunu giderme veya azaltmada en pratik önlem çeşit seçimidir (Goos ve Johnson, 2000). Klorofil içeriği, kloroz derecesi hakkında bilgi verebilmesine rağmen, Fe eksikliğine toleransın iyi bir göstergesi olarak kabul edilmez (Jelali ve ark., 2010). Demir eksikliği kök morfolojisinde değişikliklere neden olabilir (Gruber ve ark., 2013) ve genç yaprakların klorozuna neden olarak, dane verimini azaltır (Kobayashi ve Nishizawa, 2014).

### Karotenoid sentezi yönünden bazı çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA ve kireç uygulamasına cevapları

Kireçli ve kireçsiz kum kültürü ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında karotenoid kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çeltik bitkisi taze yapraklarında karotenoid kapsamına Fe-EDDHA dozunun, çeşidin, çeşit×kireç dozu, çeşit×Fe-EDDHA dozu, kireç dozu×Fe-EDDHA dozu ve çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksyonlarının etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, kireç dozunun taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 2. Farklı kireç dozlarında Fe-EDDHA uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinde yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Karotenoid kapsamı (mg / g taze yaprak)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	0.41d	0.48bc	0.32gh	0.46c	0.42B
Osmancık-97	0.41d	0.52a	0.38de	0.50ab	0.45A
Hamzadere	0.32gh	0.36ef	0.27ij	0.48bc	0.36C
Ronaldo	0.26j	0.38de	0.34fg	0.51ab	0.37C
Edirne	0.26j	0.37e	0.29hi	0.32gh	0.31D
Ortalama	K0: 0.38 Fe0: 0.33		K1: 0.39 Fe45: 0.44		

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur.

Kireçsiz kum kültürü ortamında demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yaprakta karotenoid kapsamları bakımından Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere > Ronaldo > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, demir noksanlığı şartlarında kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yaprakta karotenoid kapsamları bakımından Osmancık-97 > Ronaldo > Biga incisi > Edirne > Hamzadere şeklinde gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

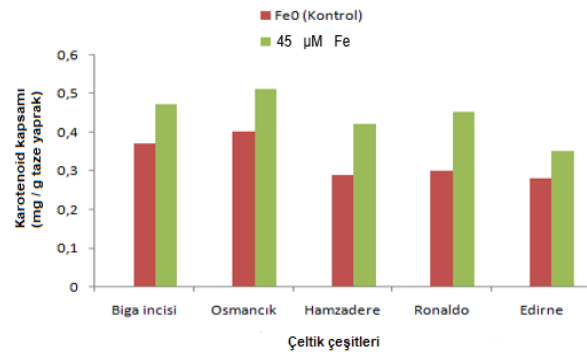
Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta karotenoid kapsamları bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiş olup, yaprakta karotenoid kapsamları bakımından çeltik çeşitleri, Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2).

Kireçsiz kum kültürü ortamında demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek olan çeşitlerin Osmancık-97 ve Biga incisi çeşitleri olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşitlerin ise Ronaldo ve Edirne çeşitleri olduğu görülmüştür. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamında demir eksikliği şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek olan çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür.

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta karotenoid kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Kireçsiz kum kültürü ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının, taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranları, Biga incisinde % 17.0; Osmancık-97'de % 26.8; Hamzadere çeşidinde % 12.5; Ronaldo çeşidinde % 46.1; Edirne çeşidinde

% 42.3 olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının, taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranları, Biga incisinde % 43.7; Osmancık-97'de % 31.5; Hamzadere çeşidinde % 77.7; Ronaldo çeşidinde % 50.0; Edirne çeşidinde % 10.3 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, Hamzadere çeltik çeşidinde kireçli (% 4 CaCO<sub>3</sub>) kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranı diğer çeşitlere kıyasla daha fazla gerçekleşmiştir. Buna karşın, Hamzadere çeltik çeşidinde kireçsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranı ise en düşük bulunmuştur. Diğer yandan, Edirne çeltik çeşidinde kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranı en düşük bulunmuştur.

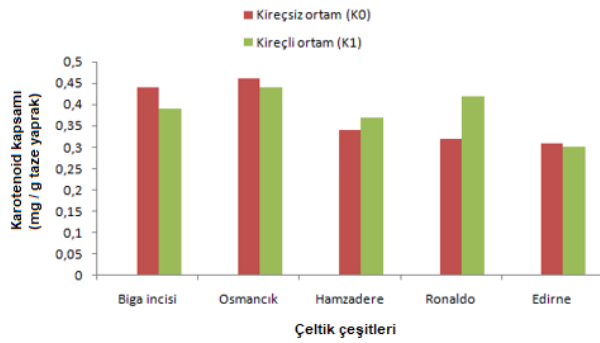
Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Şekil 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere kontrole (Fe0) kıyasla, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta karotenoid kapsamını bütün çeltik çeşitlerinde arttırmış olup, bu artış oranı Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitlerinde birbirine yakın bulunmuştur. Bununla birlikte, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamında sağlanan artış oranı en fazla Ronaldo çeltik çeşidinde görülmüş olup, bu çeşidi Hamzadere çeltik çeşidi takip etmiştir.

Kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Kum ortamına kireç uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında karotenoid kapsamına etkisi

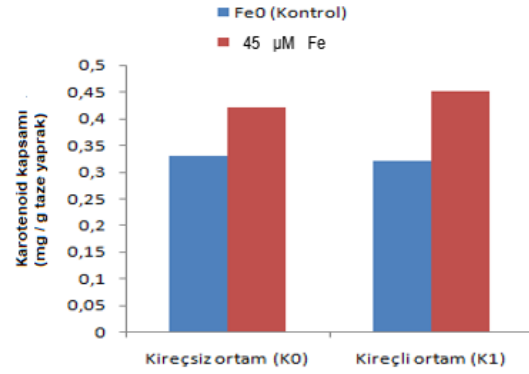
Şekil 3'ün incelenmesinden anlaşılacağı üzere, kum ortamına kireç uygulaması, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde taze yaprakta karotenoid kapsamını arttırmış; buna karşın, Biga incisi ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde bu kapsamı azaltmıştır. Kum ortamına kireç uygulaması ise Edirne çeltik çeşidinde taze yaprakta karotenoid kapsamı üzerinde etkili bulunmamıştır.

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur (Şekil 4).

Şekil 4'ün incelenmesinden anlaşılacağı üzere, kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış kireçsiz kum ortamındakilere göre daha yüksek bulunmuştur.

Karotenoidler, likopenin türev maddeleri olarak kabul edilebilir. Bir hidrokarbon olan likopenin kapalı formülü C<sub>40</sub>H<sub>51</sub>'dir. Klorofil gibi karotenoidler

de kloroplast içerisinde suda çözünmez protein şeklinde bulunur. Fotosentezde karotenoidler asal olarak iki yönden önemlidir. İlk olarak karotenoidler ışık ve oksijen karşısında klorofillerin parçalanması Foto-oksidasyon olarak bilinmektedir. Klorofillerin parçalanmasına karotenoidlerin nasıl engel olduğu kesinkes bilinmemektedir. Kimi araştırmacılara göre karotenoidler foto-oksidasyona kendileri uğrayarak klorofillerin parçalanmalarını önlemektedir. Karotenoidlerin fotosentez için ikinci önemi, ışık absorpsiyonunda üstlendikleri görev ile ilgilidir. Bugünkü bilgilere göre, karotenoidler de fotosentetik sistem içerisinde belli dalga boylarında ışık enerjisini absorbe edip klorofile aktarmak suretiyle fotosentez olayına katkıda bulunurlar (Kacar ve ark., 2013). Son yıllarda karotenoidlerin antioksidan aktiviteye sahip doğal izo-prenoid pigmentler oldukları bildirilmiştir (Cazzonelli, 2011). Bununla birlikte, karotenoidlerin sadece tekli oksijen (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>) ile reaksiyona girdiği rapor edilmiş; ancak süperoksit, hidroperoksitler veya hidroksil gibi radikalleri detoksifiye edemediği bildirilmiştir (Chaudière ve Ferrari-Iliou, 1999; Gill ve Tuteja, 2010).



Şekil 4. Kireçsiz ve kireçli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Toprak veya yaprakta uygulanan demirli gübrelerin buğday (*Triticum* spp.) bitkisinde karotenoid içeriğini kontrol uygulamalarına (Fe:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya ve ark., 2018).

## Sonuçlar

Genel ortalamalar dikkate alındığında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından en yüksek çeşidin Osmancık-97 olduğu; en düşük çeşidin ise Edirne çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında kireçsiz kum ortamında taze yaprakta toplam klorofil içeriği en

yüksek çeşidin Biga incisi olduğu; en düşük çeşidin ise Edirne çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Kireçli kum ortamında ise demir noksanlığı şartlarında toplam klorofil içeriği en yüksek çeşidin Osmancık-97 olduğu; en düşük çeşidin ise Edirne çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Demir uygulamasıyla toplam klorofil sentezinde sağlanan en yüksek artış kireçsiz ortamda Edirne çeltik çeşidinde; kireçli ortamda ise Hamzadere çeltik çeşidinde tespit edilmiştir.

Kireçli ve kireçsiz kum ortamlarında yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından en yüksek çeşit Osmancık-97 çeltik çeşitidir.

Kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranı en düşük çeşit Edirne bulunmuştur.

Kireçsiz kum kültürü ortamında demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek olan çeşitlerin Osmancık-97 ve Biga incisi çeşitleri olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşitlerin ise Ronaldo ve Edirne çeşitleri olduğu görülmüştür.

Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamında sağlanan artış oranı en fazla Ronaldo çeltik çeşidinde görülmüş olup, bu çeşidi Hamzadere çeltik çeşidi takip etmiştir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

#### Yazarların katkı beyanı

AK ve GA fikri tasarladı. GA verileri topladı. AK ve GA verileri analiz etti. AK ve GA makaleyi hazırladı. Tüm yazarlar makaleyi inceledi ve onayladı.

#### Teşekkür

Bu çalışmanın bazı analiz aşamalarında bizlere sundukları katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü'nde görev yapan araştırma görevlilerine teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Arnon, D. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiology*, 24, 1-12.
- Briat, J.F. (2007). Iron dynamics in plants. In *Advances in Botanical Research Vol. 46: 399 Incorporating Advances in Plant Pathology*. Eds. JC Kader and M Delseny. 400 Academic Press, London, UK, 138-169. ISBN: 9780123737052

- Cazzonelli, C.I. (2011). Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Functional Plant Biology*, 38(11), 833-847.
- Chaudière, J., & Ferrari-Iliou, R. (1999). Intracellular antioxidants: From chemical to biochemical mechanisms. *Food and Chemical Toxicology*, 37(9-10), 949-62.
- Fernandez, V., & Ebert, G. (2005). Foliar iron fertilization: a critical review. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 2113-2124.
- Fernandez, V., Del Rio, V., Abadia, J., & Abadia, A. (2006). Foliar iron fertilization of Peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant and Soil*, 289, 239-252.
- Gáborčík, N. (2006). Koncentrácia minerálnych živin chlorofylu a+b (SPAD hodnoty) v listoch tokajských odrôd viniča. *Vinič Vno*, 3, 2-4.
- Gill, S.S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909-930.
- Golińska, B. (2007). Chlorofil jako wskaźnik azotowej kondycji *Poa pratensis* (*Poaceae*) w warunkach wielokrotnej defoliacji jej runi. *Fragmenta Floristica. Et Geobotanica. Polonica*, 9, 137-145.
- Goos, R.Y., & Johnson, B.E. (2000). A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. *Agronomy Journal*, 92(6), 1135-1139.
- Gris, E. (1843). Memoir relatif a l'a action des composés solubles ferrugineux sur la vegetation [Report concerning the action of soluble ferrous compounds in plants]. *Compte Rendu de l'Academie des Sciences*, 17: 679.
- Gruber, B.D., Giehl, R.F.H., Friedel, S., & von Wirén, N. (2013). Plasticity of the Arabidopsis root system under nutrient deficiencies. *Plant Physiology*, 163, 161-179.
- Ishimaru, Y., Suzuki, M., Tsukamoto, T., Suzuki, K., Nakazono, M., Kobayashi, T., Wada, Y., Watanabe, S., Matsuhashi, S., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S., & Nishizawa, N.K. (2006). Rice plants take up iron as an Fe<sup>3+</sup>-phytosiderophore and as Fe<sup>2+</sup>. *Plant Journal*, 45, 335-346.
- Jelali, N., Dell'Orto, M., Rabhi, M., Zocchi, G., Abdelly, C., & Gharsalli, M. (2010). Physiological and biochemical responses for two cultivars of *Pisum sativum* ("Merveille de Kelvedon" and "Lincoln") to iron deficiency conditions. *Scientia Horticulturae*, 124, 116-121.
- Kacar, B., Katkat, A.V., & Öztürk, Ş. (2013). Bitki Fizyolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, 5. Baskı, 563, Ankara.

- Kandoliya, R.U., Sakarvadiya, H.L., & Kunjadia, B.B. (2018). Effect of zinc and iron application on leaf chlorophyll, carotenoid, grain yield and quality of wheat in calcareous soil of Saurashtra Region. *International Journal of Chemical Studies*, 6(4), 2092-2096.
- Kobayashi, T., & Nishizawa, N.K. (2014). Iron sensors and signals in response to iron deficiency. *Plant Science*, 224, 36-43.
- Kumar, R., Sahi, G.K., Kaur, R., Khanna, R., Choudhary O.P., Mangat, G.S., & Singh, K. (2013). Tolerance response of wild and cultivated *Oryza* species under iron deficiency condition. *Journal of Crop Improvement*, 40(2), 168-172.
- Marschner, H. (1995). Function of mineral nutrients: Micronutrients, Mineral Nutrition of Higher Plants, 313-324, Academic Press, London.
- Olszewska, M. (2002). Wpływ stresu wodnego na intensywność fotosyntezy, zawartość chlorofilu i plonowanie *Lolium perenne*. *Grassland Science in Poland* 5, 163-172.
- Ortiz, R., Trethowan, R. M., Ortiz Ferrara, G., Iwanaga, M., Dodds, J.H., Crouch, J. H., Crossa, J., & Braun, H.J. (2007). High yield potential, shuttle breeding, genetic diversity, and a new international wheat improvement strategy. *Euphytica*, 157, 365-384.
- Pareek, S., Sagar, N.A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., Gustavo, A. & Elhadi, M.Y. (2018). Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health, Volume I, Second Edition. Edited by Elhadi M. Yahia. John Wiley & Sons Ltd. Published, pp.269-284.
- Pestana, M., Varennes, A., Abadía, J., & Faria, E.A. (2005). Differential tolerance to iron deficiency of rootstocks grown in nutrient solution. *Scientia*, 104, 25-36.
- Reddy, C.K., & Prasad, G.V.S. (1986). Varietal response to iron chlorosis in upland rice. *Plant and Soil*, 94, 289-292.
- Selzer, L.J., & Busso, C.A. (2016). Pigments and photosynthesis of understory grasses: Light irradiance and soil moisture effects. *Russian Journal of Plant Physiology*, 63, 224-234.
- Stahl, W., & Sies, H. (2005). Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1740, 101-107.
- Takahashi, M. (2003). Overcoming Fe deficiency by a transgenic approach in rice. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 72, 211-220.
- Witham, F.H., Blaydes, D. F., & Devlin, R.M. (1971). Experiments in plant physiology. Van Nostrend Reinhold Company, New York.
- Zielewicz, W., Wrobel, B., & Niedbała, G. (2020). Quantification of chlorophyll and carotene pigments content in mountain Melick (*Melica nutans* L.) in relation to edaphic variables. *Forests*, 11(11).