



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.901099>



*Araştırma makalesi*

## **Demir Sülfat Formundaki Demirden Yararlanabilme Kabiliyetleri Yönünden Bazı Çeltik Çeşitlerinin Karşılaştırılmaları Üzerine Bir Araştırma**

*Güney Akinoğlu\*, Ahmet Korkmaz*

*Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye*

*Geliş: 22 Mart 2021*

*Kabul: 19 Nisan 2021 / Received: 22 March 2021*

*Accepted: 19 April 2021*

### **Abstract**

The aim of this study is to compare some rice varieties in terms of their ability to utilize iron in the form of iron sulphate. For this purpose, 1) Biga incisi, 2) Osmancık-97, 3) Hamzadere, 4) Ronaldo, 5) Edirne rice varieties were grown. A complete nutrient solution containing 0 and 45  $\mu\text{M}$  Fe (in the form of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) was applied to the rice varieties grown in sand culture. The experiment was conducted in 3 replications according to a  $5 \times 2$  factorial trial design. The trial lasted 50 days. Some rice varieties have formed 2 main groups in terms of 9 traits showing the ability to be fed with iron sulphate. Osmancık-97 and Hamzadere rice varieties are listed in the first main group, and Biga incisi variety is found to be close to these varieties. The second main group consists of Ronaldo and Edirne rice varieties. It has been determined that the two closest rice varieties to each other in terms of their ability to feed on ferrous sulfate are Ronaldo and Edirne varieties, while the most distant varieties are Biga Pearl and Ronaldo rice varieties. The best characteristics of the varieties in terms of their ability to feed with ferrous sulfate varied according to the varieties.

**Keywords:** *Rice variety, iron sulfate, iron nutrition, biplot analysis.*

### **Özet**

Bu çalışmanın amacı, demir sülfat formundaki demirden yararlanabilme kabiliyetleri yönünden bazı çeltik çeşitlerini karşılaştırmaktır. Bu amaçla, 1) Biga İncisi, 2) Osmancık-97, 3) Hamzadere, 4) Ronaldo, 5) Edirne çeltik çeşitleri yetiştirilmiştir. Kum kültüründe yetiştirilen çeltik çeşitlerine 0 ve 45  $\mu\text{M}$  Fe ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  formunda) içeren tam besin çözeltisi uygulanmıştır. Deneme  $5 \times 2$  faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Deneme süresi 50 gündür. Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme durumunu gösteren 9 özellik bakımından, 2 ana grup oluşturmuştur. 1. Ana grupta Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitleri bulunmakta olup, bu çeşitlere Biga incisi çeltik çeşidi yakınlık göstermiştir. 2. Ana grup Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinden oluşmuştur. Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından birbirine en yakın iki çeltik çeşidinin Ronaldo ve Edirne çeşitleri olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitleri ise Biga incisi ve Ronaldo çeşitleridir. Demir sülfat ile beslenme kabiliyetleri bakımından çeşitlerin en iyi özellikleri çeşitlere göre değişiklik göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Çeltik çeşidi, demir sülfat, demirle beslenme, biplot analizi.*

\*Corresponding author:

E-mail: [guney\\_akinoglu@gmail.com](mailto:guney_akinoglu@gmail.com)

ORCID ID: 0000-0003-4624-2876

©2021 Usak University all rights reserved.

## 1. Giriş

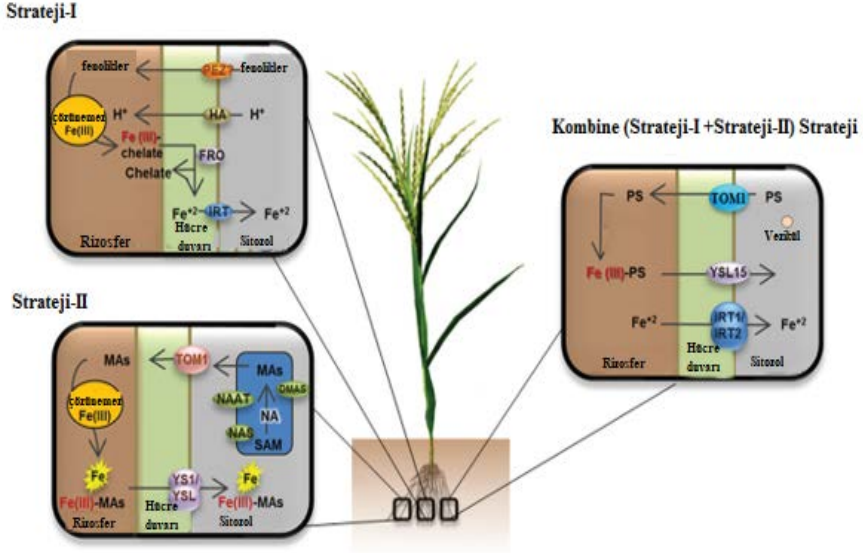
Demir; klorofil biyosentezi, fotosentez, solunum, DNA sentezi, mitokondri ve kloroplastlarda elektron sağlayan, elektron taşınım zincirinde görev alan, protein sentezinde, nitratların amonyağa indirgenmesi dahil bitkilerde birçok hücrel fonksiyonlarda mutlak gerekli bir elementtir [1, 2].

Demir; sitokrom, katalaz, peroksidaz, Fe-S (ferrodoksin), akonitaz, süperoksit dismutaz enzimi dahil hem proteini gibi hücrel redoks sisteminin ana maddesidir [3]. Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> redoks çifti enzimatik redoks reaksiyonlarını arttırarak bitki gelişmesinde önemli bir rol oynar [4].

Oksitlenmiş topraklarda demir genellikle ferrik (Fe<sup>+3</sup>) formda olup, oksitler ve hidroksioksitler şeklinde bağlanır. Fe<sup>+3</sup> demirin çözünürlüğü çok düşüktür. Bununla birlikte, bitkilerin başlıca demir alımı Fe<sup>+2</sup> şeklinde gerçekleşir [5]. Dolayısıyla demirin bitkiler tarafından alımı için Fe<sup>+2</sup> formuna indirgenmesi gerekir. Aksi takdirde, Fe<sup>+3</sup> formunun alımı ve kullanımı için köklerin içindeki şelatlama ajanları tarafından taşınması gerekir. Bu nedenle, büyüme ortamındaki olumsuzluğa cevaben bitkilerin geliştirdiği iki mekanizma vardır [6, 7, 8]. Bu mekanizmalardan birincisi protonların (H<sup>+</sup>) bitki kökleri tarafından salınmasını takiben rizosferin pH değerinin düşmesidir. Rizosferdeki düşük pH düzeyi demiri çözebilir veya Fe<sup>+3</sup> iyonunu Fe<sup>+2</sup> formuna indirgeyebilir. Daha sonra indirgenmiş demir formu ise bitkide Fe<sup>+2</sup> spesifik taşıma sistemi sayesinde plazma zarı boyunca taşınır. Bu mekanizma türü esas olarak dikotiledon bitkilerde ve otsu monokotiledonlarda gerçekleşir [8]. Bitkilerin demir alımı için indüklediği ikinci mekanizma ise bitki kökleri tarafından fitosideroforların (demir taşıyıcıları) salınmasıdır. Bu fitosideroforlar Fe<sup>+3</sup> iyonunu Fe<sup>+2</sup> iyonuna indirgemedi Fe<sup>+3</sup> ile bir kompleks oluşturur ve bu Fe<sup>+3</sup>- siderofor kompleksi daha sonra bitkinin kök hücre plazma membranları boyunca taşınır [8].

Takagi ve ark. (1984), şelatlayıcı bileşiklerin veya fitosiderofor salınmasının, dikotiledon bitkilere özgü bir durum olmadığını, ancak bu durumun çim veya otsu bitkiler için spesifik olduğunu belirtmiştir. Şelatlama bileşikleri, protein yapısında olmayan amino asitler, mugineik asit ve avenik asitler olarak karakterize edilir [9].

dos Santos vd, (2017) yapmış oldukları bir makalede çeltikte demirin absorpsiyonu ve taşınımını incelemişlerdir [10]. Araştırmacılar, Palmer ve Guerinot (2009); Kobayashi ve Nishizawa (2012); Bashir ve ark. (2013) tarafından verilen bilgilere göre, çeltik bitkisinin demiri absorbe etme ve taşıma yönünden Strateji-I ve Strateji-II bitkilerinin kombine özelliklerini gösterdiğini belirtmişlerdir [11, 12, 13]. Şekil 1'den görüleceği üzere, çeltik bitkisinin rizosfer ortamına H<sup>+</sup> iyonu vererek çözünemez formdaki Fe<sup>+3</sup>'ü çözmesi ve ayrıca ferrik redüktaz oksidaz enzimi sayesinde Fe<sup>+3</sup>'ün, Fe<sup>+2</sup>'ye indirgenip hücre içerisine alınması Strateji-I bitkilerinin özelliğidir. Diğer yandan, çeltik bitkisinin köklerinden fitosiderofor salgılaması ve bu sayede çözünemez formdaki Fe<sup>+3</sup>'ün çözünürlüğünü sağlayarak, Fe<sup>+3</sup>'ün hücre içerisine alınmasını sağlaması Strateji-II bitkilerinin bir özelliğidir. Dolayısıyla araştırmacılar, demir alımı ve taşınımını yönünden çeltik bitkisinin, hem Strateji-I hem de Strateji-II bitkileri gibi davrandığını ve bu iki özelliğin bitkide kombine ortaya çıktığını belirtmişlerdir.



**Şekil 1.** Çeltikte demirin absorpsiyonu ve taşınımı (Palmer ve Guerinot, 2009; Kobayashi ve Nishizawa, 2012; Bashir vd, 2013)

Toprak kumlu olduğunda pH 7.2 nin üzerinde değilse Fe-DTPA çeltik bitkisinde uygulanabilir. Ortam pH'sı 7.2'nin üzerinde ve kireçli ise Fe-EDDHA uygulaması gerekir. Şayet demir şelatlız uygulanırsa çeltik yetiştirme ortamının pH'sının 1 veya daha altında bir değer olması gerektiği de bildirilmiştir. Diğer bitki besinleri uygulanmadığında, ortamın pH'sı 4.0 olduğunda ve şelatlama yapıldığında demir sülfat uygulanabilir [14].

Kök gelişme ortamına uygulanan demir şelatlarının stabiliteleri ortamın pH derecesine ya da kireç içeriğine bağlı olup, şelatların bitkilerin demir beslenmesine katkı sağlayabilmeleri için uygun şelatların seçilmesi gerekir. Ortamın pH derecesi ya da kireç içeriği şelatların stabiliteleri için uygun değil ise toprak çözeltisinde demir düzeyini arttırmak mümkün değildir. Özellikle Fe-EDDHA kireçli ortamlarda en uygun stabiliteye sahip demir şelatıdır. Fe-EDDHA'nın Fe-DTPA ve Fe-EDTA'ya göre daha yüksek stabiliteye sahip olduğuda bildirilmiştir [15].

Bu çalışmanın amacı, demir sülfat formundaki demirden yararlanabilme kabiliyetleri yönünden bazı çeltik çeşitlerini karşılaştırmaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Sera denemelerinde kullanılan çeltik tohumları; Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından temin edilmiştir. Demir beslenme kabiliyetlerinin belirlenmesinde 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitler: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleridir.

## 2.1. Deneme

Çeltik tohumları % 5.0'lık (v/v) sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirildi. 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. Çeltik bitkisine her kireç dozunda 0 ve 45 µM Fe dozlarında FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O içeren 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. Bitki besin çözeltisinin pH'sı, seyreltik HCl ya da KOH çözeltisi kullanılarak 5.5'e ayarlandı. Deneme 5x2 faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Deneme süresi 50 gündür.

Deneme süresi bitiminde çeltik bitkisinin kök ve toprak üstü aksamı hasat edilip, taze kök ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Çeltik çeşitleri kök ve toprak üstü aksamı şeklinde ayrılarak, etüvde 65 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan kök ve toprak üstü aksamının kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Ardından bitki kök ve toprak üstü aksamı, paslanmaz çelikten yapılmış bıçaklara sahip bir öğütücüde öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir.

Kök ve sapta toplam demir, atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) cihazı ile Kacar ve İnal (2008)'a göre belirlenmiştir [16].

Taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid tayinleri Arnon (1949); Witham et al (1971) tarafından bildirildiği şekilde yapılmıştır [17, 18].

Çeltik çeşitlerinin sapta demir alımı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Sapta Fe alımı (µg Fe / saksı) = Sapta Fe kapsamı (ppm) x Sap kuru madde ağırlığı (g)

Çeltik çeşitlerinin demir uygulamasıyla bazı demir beslenme özelliklerinde sağlanan artışlar aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Demir uygulamasıyla bazı özelliklerde sağlanan artışlar, % = [(A - B) / B] x 100

A = Demir uygulamasıyla (45 µM Fe) çeşitten elde edilen değer

B = Kontrolde (Fe 0) çeşitten elde edilen değer

Çeltik çeşitlerinin demir sülfattan yararlanma oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Demir sülfattan yararlanma oranı, % = [(C-D) / E] x 100

C = 45 µM Fe demir uygulanan çeşidin sap demir alımı, µg/saksı

D = Kontrolde (Fe 0) çeşidin demir alımı, µg/saksı

E = Çeşide verilen toplam demir miktarı, µg/saksı

Çeltik çeşitlerinin sapına taşınan demir oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki sapına taşınan demir oranı (%) =  $(X / Y) \times 100$

X=Bitki sapında demir alımı, µg Fe / saksı

Y=Bitki sap + kök demir alımı, µg Fe / saksı

Çeltik çeşitlerinin kökünde kalan demir oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki kökünde kalan demir oranı (%) =  $(a / b) \times 100$

a=Bitki kökünde demir alımı, µg Fe / saksı

b=Bitki sap + kök demir alımı, µg Fe /saksı

Çeltik çeşitlerinin demir sülfata tolerans indeksi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Çeşidin demir sülfata tolerans indeksi =  $(K / L) \times (M / N)$

K = Kontrolde çeşide ait sap kuru madde miktarı, g /saksı

L= Kontrolde çeşitlerin ortalaması olarak elde edilen sap kuru madde miktarı, g / saksı

M = 45 µM demir konsantrasyonunda çeşide ait sap kuru madde miktarı, g/saksı

N = 45 µM demir konsantrasyonunda çeşitlerin ortalaması olarak elde edilen sap kuru madde miktarı, g / saksı

## 2.2. İstatistiksel Analizler

Bazı çeltik çeşitlerinin demir sülfatla beslenme kabiliyetlerine ilişkin özellikler yönünden gruplandırılması ile yakınlık ve uzaklık durumları kümeleme analizi yapılarak belirlenmiştir. Çeltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenme kabiliyetleri yönünden en iyi özellikleri ise Biplot analiz yöntemine göre tespit edilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Çeltik çeşitlerinin FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O gübresine cevap yönünden karşılaştırılmaları

Demir sülfat uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinde demir beslenmesine ilişkin özellikler üzerine katkısına ait değerler (Fe 0: Kontrole göre) Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Demir sülfat uygulamasının bazı eltik çeşitlerinde demir beslenmesine ilişkin özellikler üzerine katkısına ait değerler (Fe 0: Kontrolle göre)

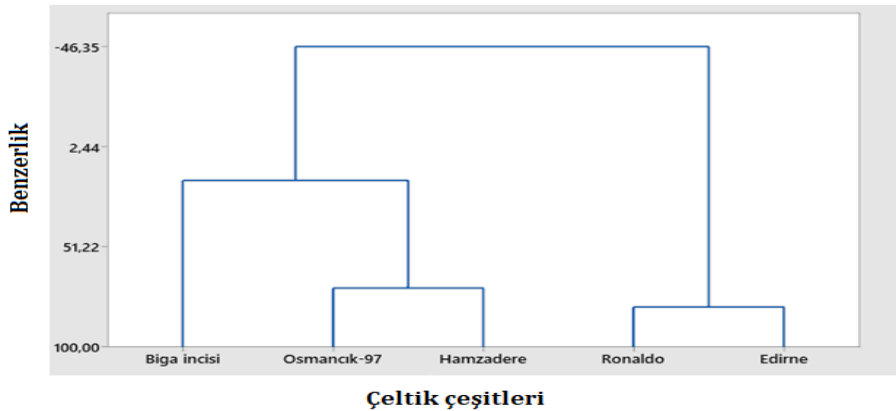
eşit No	eşit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	Biga incisi	71.14	8.3	97.91	6.2	93.7	231.06	52.87	70.73	1.16
2	Osmançık97	6.54	7	86.55	10.7	89.2	161.11	69.15	51.21	0.92
3	Hamzadere	7.53	4.6	114.61	7.8	92.1	130.3	65.6	100	0.7
4	Ronaldo	48.97	9.8	209.37	10	89.9	283.2	125.9	169.23	0.98
5	Edirne	31.6	10.1	243.29	11.2	88.7	224.24	96.57	134.61	1.22

Sap kuru maddede artış = I; Yararlanma oranı = II; Toplam klorofildeki artış = III; Bitki sapına taşınan demir oranı = IV; Kökte kalan demir oranı = V; Sap demir alımı artış = VI; Aktif demir kapsamındaki artış = VII; Karotenoid kapsamındaki artış = VIII; Fe formuna tolerans indeksi = IX

Bazı eltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenebilme özelliklerine göre benzerlik ve uzaklık düzeyleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Bazı eltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenebilme özelliklerine göre benzerlik ve uzaklık düzeyleri

Basamak	Grup sayıları	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Gruplar arası bağlantı	Yeni gruplar	Grup içerisindeki çeşit sayısı
1	4	80.3941	5.1155	4	5	2
2	3	71.1913	7.5167	2	3	2
3	2	18.8102	21.1838	1	2	3
4	1	-46.3461	38.1841	1	4	5

**Şekil 2.** Bazı eltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenebilme özelliklerine göre gruplandırılması

Tablo 2 ve Şekil 2'in birlikte incelenmesinden anlaşılacağı üzere, bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme durumunu gösteren 9 özellik bakımından, 2 ana grup oluşturmuştur. 1. Ana grupta Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitleri bulunmakta olup, bu çeşitlere Biga incisi çeltik çeşidi yakınlık göstermiştir. 2. Ana grup Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinden oluşmuştur.

Demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri yönünden birbirine en yakın iki çeltik çeşidinin Ronaldo ve Edirne çeşitleri (uzaklık düzeyi 5.11) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Ronaldo (uzaklık düzeyi 38.18) çeşitleri olduğu belirlenmiştir.

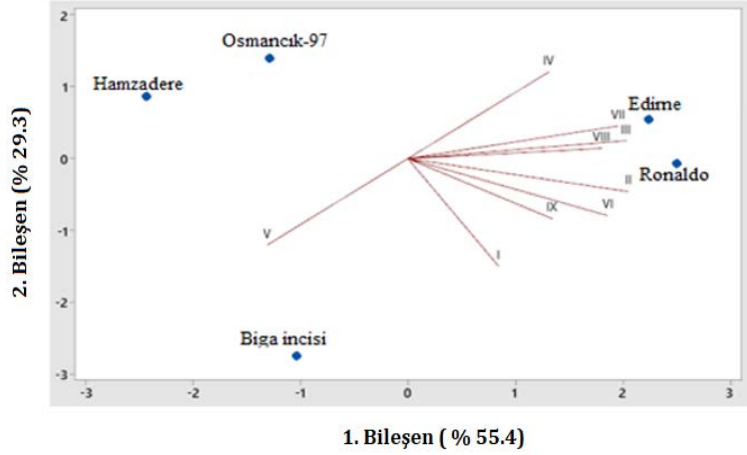
Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından, çeşitlerin sınıflandırılması ve çeşitlerin incelenen özelliklere göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Biplot yöntemi ile yapılan analizde PC1 (I. Ana bileşen) % 55.4, PC2 (II. Ana bileşen) % 29.4 olup, PC1 ve PC2'nin toplamı ise varyasyonun % 84.8'ini oluşturmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımı farklılık göstermiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, kireçsiz ortamda  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  gübresine cevap durumuna göre Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitleri bir grup oluşturmuş ve bu gruba giren çeşitlerin en iyi özellikleri, bitki kökünde kalan demir oranı ve bitki sapına taşınan demir oranı bulunmuştur. Bitki kökünde kalan demir oranı Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde sırasıyla % 92.1 ve % 89.2 bulunmuştur. Bitkinin sapına taşınan demir oranı Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde sırasıyla % 7.8 ve % 10.7 bulunmuştur.

Biplot analiz yöntemine göre, Edirne çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulamasıyla karotenoid, toplam klorofil ve aktif demir kapsamında sağlanan artış oranı olduğu görülmüştür. Edirne çeşidinin demir sülfat uygulamasıyla karotenoid kapsamında sağlanan artış oranı % 134.61; toplam klorofil kapsamında sağlanan artış oranı % 243.29; aktif demir kapsamında sağlanan artış oranı ise % 96.57 bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle, Edirne çeltik çeşidi demir sülfat uygulamasına olumlu cevap vererek karotenoid, toplam klorofil ve aktif demir kapsamında artış sağlamıştır.

Biplot analiz yönetime göre, Ronaldo çeşidi tek başına farklı bir grup oluşturmuş olup, bu çeşidin en iyi özelliğinin demir sülfattan yararlanma oranı olduğu görülmüştür. Bu çeşidin demir sülfattan yararlanma oranı diğer çeşitlerden oldukça yüksek olup, % 10.1 bulunmuştur.

Biplot analiz yöntemine göre, Biga İncisi çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulaması ile sağlanan sap kuru madde miktarındaki artış oranı ve bitki kökünde kalan demir oranı olduğu görülmüştür. Biga incisi demir sülfat uygulaması ile sap kuru madde miktarında % 71.14 oranda artış sağlanmış olup, diğer çeşitlere göre bu artış oranı yüksek bulunmuştur. Ayrıca, bu çeşidin bitki kökünde kalan demir oranı % 93.7 olup, bu değer diğer çeşitlere göre yüksek bulunmuştur. İki değerlikli demir ( $Fe^{+2}$ ) köklerde kalan oranının daha fazla olması, diğer bir ifadeyle yapraklara taşınımın kısmen azalması çeltiğin demirden zarar görmesini önlenmesinde önemli bir özelliktir. Çeltik bitkisinin köklerinde havalanma boşlukları (aerenkima) bulunmaktadır. Bu havalanma boşluklarına oksijenin fazlaca taşınması durumunda köklerde demir birikimi olmakta ve bitkinin üst kısmına taşınım azalmaktadır [19].



**Şekil 3.** Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından, çeşitlerin sınıflandırılması ve çeşitlerin incelenen özelliklere göre değişimi

#### 4. Sonuçlar

Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme durumunu gösteren 9 özellik bakımından, 2 ana grup oluşturmuştur. 1. Ana grupta Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitleri bulunmakta olup, bu çeşitlere Biga incisi çeltik çeşidi yakınlık göstermiştir. 2. Ana grup Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinden oluşmuştur.

Demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından Biplot analiz yöntemine göre, Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitleri aynı grupta yer almış olup, bu çeşitlerin en iyi özelliklerinin, bitki kökünde kalan demir oranı ve bitki sapına taşınan demir oranı olduğu tespit edilmiştir.

Biplot analiz yöntemine göre, Edirne çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulamasıyla karotenoid, toplam klorofil ve aktif demir kapsamında sağlanan artış oranı olduğu görülmüştür.

Biplot analiz yönetime göre Ronaldo çeşidi tek başına farklı bir grup oluşturmuş olup, bu çeşidin en iyi özelliğinin demir sülfattan yararlanma oranı olduğu görülmüştür.

Biplot analiz yöntemine göre, Biga İncisi çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulaması ile sağlanan sap kuru madde miktarındaki artış oranı ve bitki kökünde kalan demir oranı olduğu görülmüştür.

#### Teşekkür

Denemede materyal olarak kullanılan çeltik çeşitlerinin teminini sağlayan; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz. Ayrıca, bu çalışmanın laboratuvar analizleri aşamasındaki katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü asistanlarına çok teşekkür ederiz.

Bu çalışma, Güney Akinoğlu'nun doktora tezinden hazırlanmıştır.



## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Kaynaklar

1. 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 NK. Rice plants take up iron as an Fe<sup>3+</sup>-phytosiderophore and as Fe<sup>2+</sup>. *Plant Journal*, 2006;45:335-346.
2. Kumar R, Sahi GK, Kaur R, Khanna R, Choudhary OP, Mangat GS, Singh K. Tolerance response of wild and cultivated *Oryza* species under iron deficiency condition. *Journal of Crop Improvement*, 2013;40(2):168-172.
3. Marschner H. Function of mineral nutrients: Micronutrients, Mineral Nutrition of Higher Plants, London: Academic Press, 1995. p. 313-324.
4. Gill SS, Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2010;48:909-930.
5. Lindsay WL, Schwab AP. The Chemistry of iron in soils and its availability to plants. *Journal of Plant Nutrition*, 1982;5:821-840.
6. Romheld V, Marschner H. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiology*, 1986;80:175-180.
7. Rogers EE, Guerinot ML. FRD3, a member of the multidrug and toxin efflux family, controls iron deficiency responses in Arabidopsis, *Plant Cell*, 2002;14:1787-1799.
8. Epstein E, Bloom AJ. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, 2nd Edn. Sunderland, MA: Sinauer.
9. Takagi S, Kamei S, Takemoto T. Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *Journal of Plant Nutrition*, 1984;7:469-477.
10. Dos Santos RS, de Araujo Júnior AT, Pegoraro C, de Oliveira AC. Dealing with iron metabolism in rice: From breeding for stress tolerance to biofortification. *Genetics and Molecular Biology*, 2017;40:312-325.
11. Palmer CM, Guerinot ML. Facing the challenges of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. *Nature Chemical Biology*, 2009;5:333-340.
12. Kobayashi T, Nishizawa NK. Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 2012;63:131-152.
13. Bashir K, Nozoye T, Ishimaru Y, Nakanishi H, Nishizawa NK. Exploiting new tools for iron bio-fortification of rice. *Biotechnology Advances*, 2013;31:1624-1633.
14. Wallace A. Rational approaches to control of iron deficiency other than plant breeding and choice of resistant cultivars. *Plant and Soil*, 1991;130:281-288.
15. Lucena JJ. Synthetic iron chelates to correct iron deficiency in plants, In: Barton LL, and J. Abadia (Eds.). Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms. Springer, Berlin, 2006, p. 103-127.
16. Kacar B, İnal A. Bitki analizleri. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım. 2008, p. 892.
17. Arnon D. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiology*, 1949;24:1-12.
18. Witham FH, Blaydes DF, Devlin RM. Experiments in plant physiology. Van Nostrend Reinhold Company, New York: Van Nostrend Reinhold Company, 1971, p. 245.
19. Korkmaz A, Akinoğlu G. Bitki beslemede toprak-kök etkileşimi, Birinci Basım, ISBN:978-625-7342-90-2, Ankara: Gece Kitaplığı. 2021, p. 400.