



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI**

**BAZI ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) ÇEŞİTLERİNİN ÇİNKO VE DEMİR
NOKSANLIĞI İLE DEMİR TOKSİSİTESİNE TOLERANSLARININ
BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Güney AKINOĞLU

Danışman
Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ

SAMSUN

2020

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI**

**BAZI ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) ÇEŞİTLERİNİN ÇİNKO VE DEMİR
NOKSANLIĞI İLE DEMİR TOKSİSİTESİNE TOLERANSLARININ
BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Güney AKINOĞLU

Danışman
(Emekli) Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ

SAMSUN

2020

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

01/06/2020

Güney AKINOĞLU

ÖZET

Bazı Çeltik (*Oryza sativa* L.) Çeşitlerinin Çinko ve Demir Noksanlığı ile Demir Toksisitesine Toleranslarının Belirlenmesi

Güney AKINOĞLU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Doktora, Temmuz/2020

Danışman: (Emekli) Prof. Dr. Ahmet Korkmaz

Bu çalışmanın amacı, kum ortamında yetiştirilen bazı çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinin çinko ve demir noksanlığı ile demir toksisitesine toleranslarını tespit etmek ve ayrıca toprak ortamında Fe ve Zn gübrelemesinin çeltik çeşitlerinde kuru ağırlık ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkilerini belirlemektir. Her bir denemede 5 farklı çeltik çeşidi (*Oryza sativa* L. cv Biga incisi, Osmancık 97, Hamzadere, Ronaldo, Edirne) kullanılmıştır. Birinci denemede, kireçsiz (% 0 CaCO₃) ve kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kuvars kumu ortamına Fe-EDDHA formunda 0 ve 45 µM Fe içeren tam besin çözeltisi uygulanmıştır. İkinci denemede, kireçsiz kuvars kumu ortamına demir sülfat heptahidrat formunda artan konsantrasyonda [0 (kontrol), 45 µM Fe (yeterli Fe), 3.50 mM Fe (toksik-Fe), 3.50 mM Fe + % 10 aktive bentonit] demir içeren tam besin çözeltisi uygulanmıştır. Üçüncü denemede, kireçsiz (% 0 CaCO₃) ve kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kuvars kumu ortamına çinko sülfat heptahidrat formunda 0 ve 2.0 µM Zn içeren tam besin çözeltisi uygulanmıştır. Dördüncü denemede, 750 g toprak ortamına 0 ve 7 ppm Fe, Fe-EDDHA formunda; beşinci denemede, 0 ve 7 ppm Fe, FeIII-EDTA formunda; altıncı denemede ise 0 ve 5 ppm Zn, ZnSO₄.7H₂O formunda uygulanmıştır. Denemeler tam şansa bağlı bloklarda faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bütün denemelerden elde edilen veriler varyans analizleri ile değerlendirilerek Duncan çoklu karşılaştırma testi (P<0.05) ile önemlilik derecesi ortaya konulmuştur. Çalışma sonunda, Fe noksanlığına toleranslı çeltik çeşidi kireçsiz ortamda Edirne çeltik çeşidi bulunurken; kireçli ortamda Biga incisi çeltik çeşidi bulunmuştur. Çinko noksanlığına toleranslı çeltik çeşidi kireçli ve kireçsiz ortamda Biga incisi çeltik çeşidi bulunmuştur. Demir toksitesine toleranslı çeltik çeşidi ise hem bentonitli hem de bentonit ilavesiz kum ortamında Biga incisi çeltik çeşidi bulunmuştur. Toprak ortamında FeIII EDDHA ve FeIII EDTA gübresi ile yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında bazı fizyolojik ve biyokimyasal kriterler bakımından en etkin çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çeltik, demir toksisitesi, demir noksanlığı, çinko noksanlığı, klorofil, kloroz, karotenoid, aktif demir

ABSTRACT

Determination of Zinc and Iron Deficiency and Iron Toxicity Tolerances of Some Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars

Güney AKINOĞLU

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Soil Science and Plant Nutrition
Ph.D., July/2020

Supervisor: (Retired) Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ

The aim of this study is to determine the tolerance of zinc and iron deficiency and iron toxicity of some rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown in sand environment, and also to investigate the effects of Fe and Zn fertilization on plant dry weight, and some physiological and biochemical parameters in rice cultivars. Five different rice cultivars (*Oryza sativa* L. cv Biga incisi, Osmancık 97, Hamzadere, Ronaldo, Edirne) were used in each experiment. In the first experiment, a complete nutrient solution containing 0 and 45 μM Fe in the form of Fe-EDDHA was applied to the lime-free (0 % CaCO_3) and lime added (4 % CaCO_3) quartz sand medium. In the second experiment, a complete nutrient solution containing iron in the form of iron sulfate heptahydrate [0 (control), 45 μM Fe (sufficient Fe), 3.50 mM Fe (toxic Fe), 3.50 mM Fe + 10 % activated bentonite] was applied to the lime-free quartz sand medium. In the third experiment, a nutrient solution containing 0 and 2.0 μM Zn in the form of zinc sulfate heptahydrate was applied to the lime-free (0 % CaCO_3) and lime added (4 % CaCO_3) quartz sand medium. In the fourth experiment, 0 and 7 ppm Fe applied into 750 g soil medium as a form of EDDHA; In the fifth experiment, 0 and 7 ppm Fe applied as a form of FeIII-EDTA. In the sixth experiment, 0 and 5 ppm Zn applied as a form of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. The experiments were carried out in blocks with 3 repetitions according to the factorial trial pattern in full chance. The data obtained from all experiments were evaluated by analysis of variance, and the significance level was determined by Duncan multiple comparison test ($P < 0.05$). Among the cultivars grown in lime-free sand environment, the rice cultivar tolerant to Fe deficiency is the Edirne rice cultivar. However, Biga incisi is tolerant to the Fe deficiency in the lime-added sand environment, In the lime-free and lime-added sand environment, the Biga incisi rice cultivar has been found to be tolerant to zinc deficiency. Moreover, Biga incisi is tolerant to Fe toxicity in both bentonite and bentonite-free sand environment. Among the rice cultivars grown with FeIII EDDHA and FeIII EDTA fertilizers in the soil environment, it is determined that the most effective cultivar in terms of some physiological and biochemical criteria is the Hamzadere rice cultivar.

Keywords: Rice, iron toxicity, iron deficiency, zinc deficiency, chlorophyll, chlorosis, carotenoid, active iron

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında amaç, bazı çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinin çinko ve demir noksanlığı ile demir toksisitesine toleranslarını belirlemektir.

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet Korkmaz'a, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Coşkun Gülser'e çok teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Doktora eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan başta Doç. Dr. Ayhan Horuz olmak üzere Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ndeki tüm hocalarıma ve Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü'nde görev yapan Doç. Dr. Musa Kavas'a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen kıymetli Asistan arkadaşlarımdan Salih Demirkaya'ya, Abdurrahman Ay'a, Tebessüm Durmuş'a, Ömer Taş'a, Gürkan Bilir'e, Ahmet Can Olcay'a, Mehmet Sait Kiremit'e, teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, Araştırma Görevlisi Dr. Hasan Samet Abacı'ya, Songül Rakıcıoğlu'na, Zafer Seçgin'e, Abide Erdil'e, Serkan Cebiç'e, Serdar Soylu'ya, Ali Konaş'a, Murat Bacaksız'a, Serkan Tanrıvermiş'e, Mehmet Korkmaz'a, Mirwais Azami'ye içten bir teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca, Samsun Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'nde çalışan mühendislere yardımlarından ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve kız arkadaşım Sema Yeşildağ'a sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2020, Samsun

Güney AKINOĞLU

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Çeltik	7
2.2. Demir.....	9
2.2.1. Bitkide demir	9
2.2.2. Bitkide demir alım mekanizması	11
2.2.3. Çeltik bitkisinde demir noksanlık semptomları	12
2.2.4. Toprakta demir.....	13
2.2.5. Toprakta demir noksanlığı	14
2.2.6. Toprakta demir fazlalığı.....	14
2.2.7. Çeltik topraklarında demirin indirgenme koşulları.....	15
2.2.8. Çeltik bitkisinde demir toksisite semptomları	17
2.2.9. Demir toksisitesini indükleyen başlıca faktörler	18
2.2.10. Çeltik bitkisinin demir toksisitesine adaptasyon stratejileri	18
2.2.11. Bitkide demir toksisitesini önlemeye yönelik bazı yönetim uygulamaları	19
2.3.Çinko	19
2.3.1. Toprakta çinko	19
2.3.2. Toprakta çinko noksanlığının oluşumu.....	20
2.3.3. Bitkide çinko.....	21
2.3.4. Çeltik bitkisinde çinko noksanlığı semptomları	22
3. KAYNAK ÖZETLERİ	23

3.1. Demir Noksanlığı ile İlgili Literatür Özetleri.....	23
3.2. Demir Toksisitesi ile İlgili Literatür Özetleri.....	31
3.3.Çinko Noksanlığı ile İlgili Literatür Özetleri	40
4. MATERYAL ve METOT	45
4.1. Sera Denemelerinde Kullanılan Bitki Yetiştirme Ortam Materyali	45
4.1.1. Kum ortamı	45
4.1.2. Toprak ortamı	45
4.1.2.1. Deneme toprağının alındığı yer ve toprağın denemeye hazırlanması	45
4.1.2.2. Toprak analizinde kullanılan yöntemler.....	45
4.2.Sera Denemelerinde Kullanılan Çeltik Genotipleri.....	47
4.2.1. Biga İncisi	47
4.2.2. Osmancık-97	47
4.2.3. Hamzadere	48
4.2.4. Ronaldo.....	48
4.2.5. Edirne.....	48
4.3. Deneme 2’de Kullanılan Bentonit Materyali	49
4.4. Metot	49
4.4.1. Sera Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi.....	49
4.4.1.1. Deneme 1	50
4.4.1.2. Deneme 2	51
4.4.1.3. Deneme 3	52
4.4.1.4. Deneme 4	53
4.4.1.5. Deneme 5	54
4.4.1.6. Deneme 6	55
4.4.2. Çeltik Çeşitlerinin Gözlemsel Derecelendirilmesi	56
4.4.2.1. Bitkide demir noksanlığının gözlemsel derecelendirilme skalası.....	56
4.4.2.2. Bitkide demir toksisitesinin gözlemsel derecelendirilme skalası	56
4.4.2.3. Bitkide çinko noksanlığının gözlemsel derecelendirilme skalası	57
4.4.3. Bitki Analizleri	58
4.4.3.1. Bitkinin kuru kök ve sapında toplam demir ve çinko kapsamının belirlenmesi	58
4.4.3.2. Bitkinin taze yaprağında klorofil ve karotenoid konsantrasyonunun belirlenmesi	58
4.4.3.3. Bitkinin taze yaprağında SPAD metre okuma değerinin belirlenmesi	59
4.4.3.4. Bitkinin kuru yaprağında aktif demir kapsamının belirlenmesi.....	59

4.4.3.5. Bitkinin taze yaprağında bazı enzim aktivitelerinin belirlenmesi.....	60
4.4.3.6. Bitkinin taze yaprağında malondialdehit içeriğinin belirlenmesi	61
4.4.3.7. Bitkinin taze yaprağında prolin miktarının belirlenmesi	62
4.4.3.8. Bitkinin taze kökünde soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko konsantrasyonunun belirlenmesi.....	62
4.4.3.9. Bitki yaprağında nisbi nem içeriğinin belirlenmesi	63
4.4.3.10. Bitkinin taze köklerinde ferrik redüktaz aktivitesinin belirlenmesi.	63
4.4.3.11. Bitkinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarının belirlenmesi.....	64
4.4.4. İstatistiksel Analizler.....	64
4.4.4.1. Deneme 1'e ilişkin istatistiksel analizler.....	64
4.4.4.2. Deneme 2'ye ilişkin istatistiksel analizler.....	65
4.4.4.3. Deneme 3'e ilişkin istatistiksel analizler.....	65
4.4.4.4. Deneme-4, Deneme 5 ve Deneme 6'ya ilişkin istatistiksel analizler.	65
5.BULGULAR ve TARTIŞMA.....	67
5.1. Bazı Çeltik Çeşitlerinde Kireçsiz ve Kireç İlaveli Kum Ortamına Fe-EDDHA İçeren Tam Besin Çözeltisi Uygulamasının Bitki Sap Kuru Madde Miktarı ve Demir Beslenmesi ile İlgili Bazı İndeks ve Özellikler Üzerine Etkisi (Deneme 1)	67
5.1.1. Bitki sap kuru madde miktarı.....	67
5.1.2. Fe-EDDHA'dan gelen saptaki demir oranı	77
5.1.3. Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranı	79
5.1.4. Sapta demir alımı	81
5.1.5. Kökte kalan demir oranı	87
5.1.6. Sapa taşınan demir oranı.....	90
5.1.7. Sapta aktif demir kapsamı.....	93
5.1.8. Bitki taze yapraklarında klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamı ve klorofil a / b oranı	100
5.1.9. Taze Yapraklarda SPAD Metre Okuma Değerleri	117
5.1.10. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde fitosiderofor salgısı üretimi.....	123
5.1.11. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde ferrik redüktaz aktivitesi	124
5.2. Kum Ortamında Yetiştirilen Bazı Çeltik Çeşitlerinde Toksik düzeyde Demir İçerikli Tam Besin Çözeltisi Uygulamasının Sap Kuru Madde Miktarı ve Demir Beslenmesi ile İlgili Bazı Özellikler ve Demir Toksikite İndeks Değerleri Üzerine Etkisi (Deneme 2).....	127
5.2.1. Sap kuru madde miktarı.....	127
5.2.2. Sapta aktif demir kapsamı.....	134

5.2.3. Sapta toplam demir kapsamı.....	136
5.2.4. Kökte toplam demir kapsamı.....	137
5.2.5. Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko kapsamı ve Fe / Zn oranı	141
5.2.6. Taze yaprakta klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid kapsamaları.....	146
5.2.7. Taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri.....	154
5.2.8. Taze yapraklarda peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz, askorbat peroksidaz aktiviteleri.....	157
5.2.9. Taze yapraklarda malondialdehit ve prolin kapsamaları ile yaprak nisbi nem içeriği	167
5.3. Bazı Çeltik Çeşitlerinde Kireçsiz ve Kireç İlaveli Kum Ortamına Çinko Sülfat İçeren Tam Besin Çözeltileri Uygulamasının Bitki Sap Kuru Madde Miktarı ve Çinko Beslenmesi ile İlgili Bazı İndeks ve Özellikler Üzerine Etkisi (Deneme 3)	173
5.3.1. Bitki sap kuru madde miktarı.....	173
5.3.2. Sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranı	179
5.3.3. Çinko sülfat gübresinden yararlanma oranı	181
5.3.4. Sapta çinko alımı	183
5.3.5. Kökte çinko alımı.....	186
5.3.6. Bitki sapına taşınan çinko oranı.....	190
5.3.7. Bitki kökünde kalan çinko oranı.....	193
5.3.8. Taze yapraklarda klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamaları ve klorofil a / b oranı	196
5.3.9. Taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri.....	208
5.3.10. Sapta toplam çinko kapsamı	211
5.4. Demir ve Çinko Noksanlığı ve Demir Toksisitesi Şartlarında Yetiştirilen Çeltik Çeşitlerinin İncelenen Bazı Özelliklere Göre Gruplandırılması, Birbirlerine Yakınlık ve Uzaklık Durumları ve Çeşitlerin Bu Şartlarda En İyi Özelliklerinin Belirlenmesi.....	216
5.4.1. Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirleri ile karşılaştırılması.....	216
5.4.2. Çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirleri ile karşılaştırılması.....	220
5.4.3. Demir toksisitesi (3.50 mM Fe) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirleri ile karşılaştırılması.....	224
5.4.4. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresine (45 µM Fe) cevap durumu ile ilgili bazı özellikleri yönünden gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile çeşitlerin en iyi demir beslenme özelliklerinin belirlenmesi	229

5.5. Toprak Ortamında Yapılan Denemelere İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi	233
5.5.1. Denemelerde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi	233
5.5.2. Toprağa Fe-EDDHA Uygulaması (Deneme 4)	234
5.5.2.1. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi	234
5.5.2.2. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	237
5.5.2.3. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi	238
5.5.2.4. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	239
5.5.2.5. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	241
5.5.2.6. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	242
5.5.2.7. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisi	243
5.5.2.8. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi	244
5.5.2.9. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi	245
5.5.2.10. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi	246
5.5.3. Toprağa Fe-III EDTA Uygulaması (Deneme 5)	248
5.5.3.1. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi	248
5.5.3.2. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	249
5.5.3.3. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi	250
5.5.3.4. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	252
5.5.3.5. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	253
5.5.3.6. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	254
5.5.3.7. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisi	255

5.5.3.8. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi.....	257
5.5.3.9. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi.....	258
5.5.3.10. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi	259
5.5.4. Toprağa Çinko Sülfat Uygulaması (Deneme 6)	261
5.5.4.1. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın bitki sap kuru madde miktarına etkisi	261
5.5.4.2. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	263
5.5.4.3. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi.....	265
5.5.4.4. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi.....	266
5.5.4.5. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi.....	268
5.5.4.6. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	269
5.5.4.7. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sap çinko alımına etkisi	271
5.5.4.8. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisi	272
5.5.4.9. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisi	273
5.5.4.10. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisi	275
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	277
6.1. Kum Ortamında Yürütülen Denemelere İlişkin Sonuçlar	277
6.2. Toprak Ortamında Yürütülen Denemelere İlişkin Sonuçlar	280
6.3. Öneriler.....	281
KAYNAKLAR	283
EKLER.....	313
EK 1. Fe-EDDHA VE $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ UYGULAMASI SONUCU BİTKİ SAP KURU MADDE MİKTARINDAKİ ARTIŞ ORANININ BELİRLENMESİ.....	313
EK 2. BİTKİ SAPINA TAŞINAN VE BİTKİ KÖKÜNDE KALAN ÇİNKO VE DEMİR ORANININ BELİRLENMESİ	314
EK 3. BİTKİ SAPINDA VE KÖKÜNDE ÇİNKO VE DEMİR ALIMININ BELİRLENMESİ.....	316

EK 4. BİTKİNİN ÇİNKO NOKSANLIĞINA VE YETERLİ ÇİNKO DOZUNA TOLERE İNDEKS DEĞERİNİN BELİRLENMESİ	317
EK 5. BİTKİNİN DEMİR NOKSANLIĞINA, YETERLİ DEMİR DOZUNA, YÜKSEK DEMİR DOZUNA VE KİREÇLİ ORTAMA TOLERE İNDEKS DEĞERİNİN BELİRLENMESİ	318
EK 6. DENEME 1'E İLİŞKİN RESİMLER.....	320
EK 7. DENEME 2'YE İLİŞKİN RESİMLER.....	322
EK.8. DENEME 3'E İLİŞKİN RESİMLER.....	324
EK 9. DENEME 4'E İLİŞKİN RESİMLER.....	326
EK 10. DENEME 5'E İLİŞKİN RESİMLER.....	327
EK 11. DENEME 6'YA İLİŞKİN RESİMLER	328
ÖZ GEÇMİŞ	



SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

%	Yüzde
(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonyum sülfat
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	Amonyum molibdat
(OH•)	Hidroksil radikali
µg	Mikrogram
µM	Mikromolar
µmol	Mikromol
µS	Mikrosimens
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Ca	Kalsiyum
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
Cd	Kadmiyum
CH ₃ -	Metil grubu
-CHO	Karbonil grubu
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
CuSO ₄	Bakır sülfat
Fe	Demir
Fe(OH) ₃	Demir (III) hidroksit
FeS	Demir sülfür
g	Gram
H	Hidrojen
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
H ₂ S	Hidrojen sülfür
H ₃ BO ₃	Borik asit
HCl	Hidroklorik asit
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
K	Potasyum
K ₂ SO ₄	Potasyum sülfat
KH ₂ PO ₄	Potasyum dihidrojen fosfat
KOH	Potasyum hidroksit
L	Litre
M	Molarite
me	Miliekivalent
Mg	Magnezyum

MgSO ₄ ·7H ₂ O	Magnezyum sülfat heptahidrat
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
Mn	Mangan
Mo	Molibden
mV	Milivolt
N	Azot
Na	Sodyum
NH ₄ H ₂ PO ₄	Amonyum dihidrojen fosfat
NH ₄ NO ₃	Amonyum nitrat
Ni	Nikel
nm	Nanometre
nmol	Nanomol
NO ₃ ⁻	Nitrat
·O ₂ ⁻	Süperoksit anyonu
P	Fosfor
rpm	Dakikada devir
Pb	Kurşun
pH	Hidrojen iyonlarının gücü
ppm	Parts per million
Sb	Antimon
SiO ₂	Silisyum dioksit
SO ₄ ⁻²	Sülfat
t	Ton
Zn	Çinko
ZE	Çinko etkinliği
Zn0	0 µM Zn
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	Çinko sülfat heptahidrat

KISALTMALAR

AAC	1-Aminocyclopropanecarboxylic Acid
APX	Askorbat Peroksidaz
CAT	Katalaz
DMA	Deoksimugineik Asit
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
DSB	Dithionite Sitrat Bikarbonat
DTPA	Dietilentriaminpenta Asetik Asit
EDDHA	Etilendiamin Di (ohidroksifonil Asetik) Asit
EDTA	Etilendiamin Tetraasetik Asit
epiHMA	Epihidroksimugineik Asit
FAO	Food and Agriculture Organization
Fe0	0 µM Fe
Fe45	45 µM Fe
FRA	Ferrik Redüktaz Aktivitesi
GR	Glutasyon Redüktaz

h	Hour
ha	Hektar
ICP	Inductively Coupled Plasma
IDC	Demir Eksikliğine Bağlı Kloroz
IRRI	International Rice Research Institute
IRT	Demir Düzenleyici Taşıyıcılar
K0	Kireçsiz Kum Ortamı
K1	Kireç İlaveli Kum Ortamı
KA	Kuru Ağırlık
KO	Kareler Ortalaması
KDK	Kasyon Değişim Kapasitesi
MA	Mugineik Asit
MDA	Malondialdehit
NA	Nikotinamid
NaBPDS	Bathophenantroline Disulfonate-Na
NaClO	Sodyum Hipoklorit
NADPH	Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat
PCI	Principal Component-1
PCII	Principal Component-2
POD	Peroksidaz
PS	Fitosiderofor
PSI	Fotosistem I
PSII	Fotosistem II
PVPP	Polivinil Polipirrolidon
RNA	Ribonükleik Asit
ROL	Radyal Oksijen Kaybı
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
SD	Serbestlik Derecesi
SPAD	Soil Plant Analysis Development
TA	Taze Ağırlık
TBA	Tiyobarbiturik Asit
TCA	Trikarboksilik Asit
TEA	Triethanolamine
TM	Taze Madde
UV	Ultraviyole
YA	Yaş Ağırlık
YDTOL	Yüksek Demire Tolerans
YNNI	Yaprak Nisbi Nem İçeriği
YS1	Yellow Stripe1
ZE	Çinko Etkinliği
Zn0	0 µM Zn
Zn2	2 µM Zn

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Çeltikte demirin absorpsiyonu ve taşınımı (Palmer ve Guerinot, 2009; Kobayashi ve Nishizawa, 2012; Bashir vd, 2013)	12
Şekil 2.2.	Çeltik bitkisi yapraklarında demir noksanlık semptomu (Dobermann ve Fairhurst, 2000)	13
Şekil 2.3.	Suya boğulu topraklarda indirgenmiş demirin (Fe^{+2}) yatay ve dikey dağılımı (Becker ve Asch, 2005)	16
Şekil 2.4.	Fe toksisitesinden etkilenen çeltik yaprakları ve kökleri (Wu, 2016) [(A) Farklı bronzlaşma belirtileri, sağlıklı (üst), orta seviye bronzlaşma (orta) ve yüksek seviye bronzlaşma (alt) gösteren çeltik yaprakları; (B) Toksik olmayan (üst), orta toksik (orta) ve şiddetli toksik (altta) topraklarda yetiştirilen çeltik kökleri]	18
Şekil 2.5.	Çeltik bitkisi yaprağında çinko noksanlığı semptomu (Dobermann ve Fairhurst, 2000)	22
Şekil 5.1.	Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarına etkisi	70
Şekil 5.2.	Kireç dozu × Fe-EDDHA dozu interaksyonunun bitki sap kuru madde miktarına etkisi	72
Şekil 5.3.	Kum ortamına kireç uygulamasının çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarına etkisi	73
Şekil 5.4.	Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA'dan yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisi	80
Şekil 5.5.	Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik bitkisi sapında demir alımına etkisi	84
Şekil 5.6.	Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik bitkisi kökünde demir alımına etkisi	87
Şekil 5.7.	Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik kökünde kalan demir oranına etkisi	90
Şekil 5.8.	Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortama Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik sapına taşınan demir oranına etkisi	93
Şekil 5.9.	Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi	96
Şekil 5.10.	Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi	97

Şekil 5.11. Sapta aktif demir kapsamına ortamın kireç miktarına bağlı olarak Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının etkisi	98
Şekil 5.12. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	103
Şekil 5.13. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi	105
Şekil 5.14. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi	106
Şekil 5.15. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	108
Şekil 5.16. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil a / b oranına etkisi	111
Şekil 5.17. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil a / b oranına etkisi	112
Şekil 5.18. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	115
Şekil 5.19. Kum ortamına kireç uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında karotenoid kapsamına etkisi	116
Şekil 5.20. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	116
Şekil 5.21. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerine etkisi	120
Şekil 5.22. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerine etkisi	121
Şekil 5.23. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerine etkisi	122
Şekil 5.24. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	147
Şekil 5.25. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi	149
Şekil 5.26. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	151
Şekil 5.27. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	153
Şekil 5.28. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerine etkisi	156
Şekil 5.29. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesine etkisi	158
Şekil 5.30. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz enzim aktivitesine etkisi	160

Şekil 5.31. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivitesine etkisi	162
Şekil 5.32. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivitesine etkisi	164
Şekil 5.33. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta prolin kapsamına etkisi	168
Şekil 5.34. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının malondialdehit kapsamına etkisi	170
Şekil 5.35. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının yaprak nisbi nem içeriğine etkisi	172
Şekil 5.36. Çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi	176
Şekil 5.37. Çeltik çeşitlerinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına kireç uygulamasının etkisi	181
Şekil 5.38. Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisi	182
Şekil 5.39. Sapta çinko alımı üzerine çeşit×kireç interaksiyonunun etkisi	186
Şekil 5.40. Kökte çinko alımı üzerine çeşit×kireç interaksiyonunun etkisi	189
Şekil 5.41. Kökte çinko alımı üzerine çeşit×çinko dozu interaksiyonunun etkisi	189
Şekil 5.42. Çinko dozu×kireç dozu interaksiyonunun kökte çinko alımına etkisi	190
Şekil 5.43. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapına taşınan çinko oranı üzerine etkisi	193
Şekil 5.44. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranı üzerine etkisi	196
Şekil 5.45. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamı üzerine etkisi	199
Şekil 5.46. Çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamı üzerine etkisi	200
Şekil 5.47. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkisi	202
Şekil 5.48. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamı üzerine etkisi	204
Şekil 5.49. Çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamı üzerine etkisi	205
Şekil 5.50. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamı üzerine etkisi	207
Şekil 5.51. Çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamı üzerine etkisi	208

Şekil 5.52. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının sapta toplam çinko kapsamı üzerine etkisi	214
Şekil 5.53. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamına etkisi	215
Şekil 5.54. Demir noksanlığı şartlarında belirlenen özelliklerin nisbi değerlerine[*] göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemi ile oluşturulmuş bir dendogram	218
Şekil 5.55. Demir noksanlığı şartlarında belirlenen özellikler kapsamında çeltik çeşitlerinin Biplot analiz yöntemine göre gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi özellikleri	220
Şekil 5.56. Çinko noksanlığı şartlarında belirlenen özelliklerin nisbi değerlerine [*] göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemine göre oluşturulmuş bir dendogram	222
Şekil 5.57. Çinko noksanlığı şartlarında belirlenen özellikler kapsamında çeltik çeşitlerinin Biplot analiz yöntemine göre gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi özellikleri	224
Şekil 5.58. Toksik demir düzeyinde belirlenen özelliklere göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemi ile oluşturulmuş bir dendogram	226
Şekil 5.59. Toksik demir düzeyinde belirlenen özellikler bakımından çeltik çeşitlerinin Biplot analiz yöntemine gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi özellikleri	228
Şekil 5.60. Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemi ile oluşturulmuş bir dendogram	231
Şekil 5.61. Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin Biplot analiz yöntemi ile gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi özellikleri	233

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Sodyum ile aktive edilmiş bentonite ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler	49
Çizelge 4.2. Çeltik bitkisinde demir toksisitesinin gözlemsel derecelendirilme skalası	57
Çizelge 4.3. Çeltik bitkisinde çinko noksanlığının gözlemsel derecelendirilme skalası	58
Çizelge 5.1. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	68
Çizelge 5.2. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisi	69
Çizelge 5.3. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi ve çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri.....	72
Çizelge 5.4. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında çeltik çeşitlerinin kontrole (Fe0) göre yeterli demir dozuna (45 µM Fe, Fe-EDDHA formunda) tolere indeks değerleri	74
Çizelge 5.5. Kontrol (Fe:0) ve 45 µM Fe içeren tam besin çözeltileri ile beslenen çeltik çeşitlerinin kireçsiz ortama göre kireçli ortama tolere indeks değerleri .	75
Çizelge 5.6. Çeltik çeşitlerine demirli (Fe-EDDHA) tam besin çözeltisi uygulamasıyla sap kuru madde miktarında sağlanan artış değerleri üzerine kireç uygulamasının etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	75
Çizelge 5.7. Çeltik çeşitlerine demirli (Fe-EDDHA) tam besin çözeltisi uygulamasıyla sap kuru madde miktarında sağlanan artış oran (%) değerleri üzerine kireç uygulamasının etkisi.....	76
Çizelge 5.8. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA gübresinden gelen saptaki demir oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	77
Çizelge 5.9. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA gübresinden gelen saptaki demir oranına kirecin etkisi	78
Çizelge 5.10. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	79
Çizelge 5.11. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin değerler	79

Çizelge 5.12. Çeltik bitkisinde sapta demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları	82
Çizelge 5.13. Çeltik bitkisinde sapta demir alımına kirecin, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisi	83
Çizelge 5.14. Çeltik bitkisinde kökte demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları	85
Çizelge 5.15. Çeltik bitkisinde kökte demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisi	86
Çizelge 5.16. Çeltik bitkisinde kökte kalan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları	88
Çizelge 5.17. Çeltik bitkisinde kökte kalan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisi	89
Çizelge 5.18. Çeltik çeşitlerinde sapa taşınan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları	91
Çizelge 5.19. Çeltik çeşitlerinde sapa taşınan demir oranına kireç dozunun, demir dozunun ve çeşidin etkisi	92
Çizelge 5.20. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	94
Çizelge 5.21. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireçli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamı üzerine etkileri.....	95
Çizelge 5.22. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamlarına ve klorofil a / b oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	101
Çizelge 5.23. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a kapsamına etkisi	102
Çizelge 5.24. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-b kapsamına etkisi	104
Çizelge 5.25. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında toplam klorofil kapsamına etkisi	107
Çizelge 5.26. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a / klorofil-b kapsamına etkisi.....	110
Çizelge 5.27. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında karotenoid kapsamına etkisi	113

Çizelge 5.28. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireçli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	118
Çizelge 5.29. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	119
Çizelge. 5.30. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları	123
Çizelge 5.31. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarları.....	123
Çizelge 5.32. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları	125
Çizelge 5.33. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesi değerleri	125
Çizelge 5.34. Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	127
Çizelge 5.35. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi.....	127
Çizelge 5.36. Yeterli demir düzeyine (45 μ M Fe) göre çeltik çeşitlerinin bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamında demir sülfat formunda toksik demir dozuna tolere indeks değerleri ve demir toksisite şiddet dereceleri.....	130
Çizelge 5.37. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	135
Çizelge 5.38. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi.....	135
Çizelge 5.39. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	136
Çizelge 5.40. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin değerler.....	136
Çizelge 5.41. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının kökte toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	138
Çizelge 5.42. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının kökte toplam demir kapsamına etkisi	138
Çizelge 5.43. Yüksek konsantrasyonda (3.50 mM Fe) demir sülfatlı tam besin çözeltisi ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinde kökte kalan ve sapa taşınan demir oranları (bitkide toplam alınan demirin %'si olarak)	139

Çizelge 5.44. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	141
Çizelge 5.45. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisi	141
Çizelge 5.46. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	142
Çizelge 5.47. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisi	143
Çizelge 5.48. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	144
Çizelge 5.49. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına etkisi	144
Çizelge 5.50. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a, klorofil-b toplam klorofil ve karotenoid kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	146
Çizelge 5.51. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	146
Çizelge 5.52. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi	148
Çizelge 5.53. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	150
Çizelge 5.54. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	152
Çizelge 5.55. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	154
Çizelge 5.56. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	155
Çizelge 5.57. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz, askorbat peroksidaz aktivitelerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	157
Çizelge 5.58. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisi.....	157
Çizelge 5.59. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi.....	159

Çizelge 5.60. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi	161
Çizelge 5.61. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisi ...	164
Çizelge 5.62. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta malondialdehit ve prolin kapsamlarına ve yaprak nisbi nem içeriğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	167
Çizelge 5.63. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta prolin kapsamına etkisi.....	167
Çizelge 5.64. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta malondialdehit içeriğine etkisi	169
Çizelge 5.65. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının yaprak nisbi nem içeriğine etkisi	172
Çizelge 5.66. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	174
Çizelge 5.67. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisi	175
Çizelge 5.68. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kontrole (Zn0) göre yeterli çinko dozuna tolere indeks değerleri	177
Çizelge 5.69. Kontrol (Zn0) ve 2.0 µM Zn içeren çinko sülfatlı tam besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kireçsiz ortama göre kireçli ortama tolere indeks değerleri	177
Çizelge 5.70. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde görsel teşhis ile belirlenen kloroz derecesi ve çeşitlerin çinko noksanlığına tolerans indeks değerleri.....	177
Çizelge 5.71. Sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına çeşit ve kirecin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları	180
Çizelge 5.72. Çeltik çeşitlerinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına kirecin etkisi	180
Çizelge 5.73. Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	181
Çizelge 5.74. Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisi.....	182
Çizelge 5.75. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapında çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	184
Çizelge 5.76. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapında çinko alımına etkisi	185

Çizelge 5.77. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	187
Çizelge 5.78. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde çinko alımına etkisi	188
Çizelge 5.79. Sapa taşınan çinko oranına çeşidin, kireç dozunun, çinko dozunun, ikili ve üçlü interaksiyonların etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	191
Çizelge 5.80. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapına taşınan çinko oranına etkisi	192
Çizelge 5.81. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	194
Çizelge 5.82. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranına etkisi	195
Çizelge 5.83. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamlarına ve klorofil a / b oranına etkisine ilişkin varyans sonuçları	197
Çizelge 5.84. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına demir sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda klorofil-a kapsamı üzerine etkisi	198
Çizelge 5.85. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkisi	201
Çizelge 5.86. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda toplam klorofil kapsamı üzerine etkisi	203
Çizelge 5.87. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda karotenoid kapsamına etkisi.....	206
Çizelge 5.88. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	209
Çizelge 5.89. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	210
Çizelge. 5.90. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	212

Çizelge 5.91. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamı üzerine etkisine ilişkin değerler.....	213
Çizelge 5.92. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 18 özelliğe ilişkin değerler...	217
Çizelge 5.93. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri.....	218
Çizelge 5.94. Çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 15 özelliğe ilişkin nisbi değerler	221
Çizelge 5.95. Çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri.....	222
Çizelge 5.96. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 19 özelliğe ilişkin nisbi değerler	225
Çizelge 5.97. Toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri.....	226
Çizelge 5.98. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresine (45 µM Fe) cevap durumu ile ilgili bazı özellikler yönünden gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile çeşitlerin en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 18 özelliğe ilişkin değerler.....	230
Çizelge 5.99. Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri.....	231
Çizelge 5.100. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	234
Çizelge 5.101. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi	235
Çizelge 5.102. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	235
Çizelge 5.103. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	237
Çizelge 5.104. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	237
Çizelge 5.105. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi.....	238
Çizelge 5.106. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	239
Çizelge 5.107. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	240
Çizelge 5.108. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	240

Çizelge 5.109. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	241
Çizelge 5.110. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	241
Çizelge 5.111. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	242
Çizelge 5.112. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	243
Çizelge 5.113. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisi	243
Çizelge 5.114. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	244
Çizelge 5.115. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi.....	245
Çizelge 5.116. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	245
Çizelge 5.117. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi	246
Çizelge 5.118. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	246
Çizelge 5.119. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi	247
Çizelge 5.120. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	247
Çizelge 5.121. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi	248
Çizelge 5.122. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	248
Çizelge 5.123. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	249
Çizelge 5.124. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	250
Çizelge 5.125. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi.....	251
Çizelge 5.126. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	251
Çizelge 5.127. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	252
Çizelge 5.128. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	252

Çizelge 5.129. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	253
Çizelge 5.130. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	254
Çizelge 5.131. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	255
Çizelge 5.132. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	255
Çizelge 5.133. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisi	256
Çizelge 5.134. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	256
Çizelge 5.135. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi.....	257
Çizelge 5.136. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	257
Çizelge 5.137. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi.....	258
Çizelge 5.138. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	259
Çizelge 5.139. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi	260
Çizelge 5.140. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	260
Çizelge 5.141. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın bitki sap kuru madde miktarına etkisi	261
Çizelge 5.142. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	262
Çizelge 5.143. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi	264
Çizelge 5.144. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	264
Çizelge 5.145. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi.....	265
Çizelge 5.146. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	265
Çizelge 5.147. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi	266
Çizelge 5.148. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	267

Çizelge 5.149. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi	268
Çizelge 5.150. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	269
Çizelge 5.151. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi	270
Çizelge 5.152. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	270
Çizelge 5.153. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta çinko alımına etkisi	271
Çizelge 5.154. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sap çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	271
Çizelge 5.155. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisi	272
Çizelge 5.156. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	273
Çizelge 5.157. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisi	274
Çizelge 5.158. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	274
Çizelge 5.159. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisi	275
Çizelge 5.160. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	275

1. GİRİŞ

Pirinç, günlük kalori ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayan ve dünya nüfusunun yarısından fazlası için en önemli temel bir gıda maddesidir. 2050 yılına kadar, 9.1 milyar insanı bu gıda ile besleyebilmek için şu anki mevcut verimin 100 milyon ton daha artırılması gerektiği tahmin edilmektedir (Jaggard vd, 2010).

Çeltik bitkisi, yetiştiriciliğinin yapıldığı bütün ekosistemlerde çoklu biyotik ve abiyotik streslerle karşı karşıyadır (Horuz vd, 2017). Kuraklık, tuzluluk ve asit karakterli topraklar gibi farklı abiyotik stresler yanında, topraktaki besin elementi eksiklikleri ve toksisiteleri de tahıl veriminde önemli kayıplara neden olur (Mahender vd, 2019).

Bitkilerin mikro elementlere gereksinmesi her ne kadar az ise de mutlak gerekli element olarak bunların önemi giderek daha fazla anlaşılmaktadır. Pratikte ancak dengeli ve ekonomik bir gübreleme ile birim alanda kaliteli ve sağlıklı ürün alınabilmektedir (Yağmur ve Aydın, 2013).

Çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştirilen topraklarda, demir (Fe) eksikliği ve toksisitesi, en sık görülen mikro besin bozukluklarıdır. Toprakta Fe mevcudiyeti, demirin bitkide taşınma mekanizması, Fe noksanlığı ve toksisitesi ile ilişkili bitki genetik faktörlerinin çok iyi anlaşılmaması nedeniyle toleranslı çeltik çeşitlerinin geliştirilmesi yavaş bir şekilde cereyan etmektedir. İyileştirilmiş tahıl verimine sahip toleranslı çeltik çeşitlerinin geliştirilmesi için; topraktan Fe alımını ve bitki kök ve toprak üstü organlara demirin taşınmasını etkileyen çeşitli faktörlerin daha derin bir şekilde anlaşılması gerekmektedir.

Diğer yandan, birkaç biyotik ve abiyotik stres toleransının genetik temeli yapılan çalışmalarla açığa kavuşarak, bu alanlarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu ilerlemeler ise çeltik çeşitlerinde stres toleransını iyileştirmeye yardımcı olmuştur. Yine de topraklarda Fe noksanlığı ve toksisitesine toleranslı çeltik çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalara gereken önem fazla verilmemiştir (Bashir vd, 2014; Dos Santos vd, 2018; Kar vd, 2018; Ma vd, 2018).

Demir; mitokondriyal solunum, fotosentez, nükleik asit sentezi ve onarımı, metal homeostazi, proteinlerin ve klorofilin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünün

korunmasında yer alan çeşitli enzimler için önemli bir kofaktör olarak hayati bir rol oynar (Müller vd, 2015; Li ve Lan, 2017). Bu nedenle, daha yüksek veya daha düşük Fe mevcudiyeti koşulları altında çeltik bitkilerinin sağlıklı büyümesi ve gelişmesi üzerine etkileri araştırmak önem arz eder (Mahender vd, 2019).

Bitkiler için Fe'nin birincil kaynağı topraktır. Bitkinin Fe⁺² formundaki demiri optimum düzeyde kullanabilmesi onların sağlıklı büyüme ve gelişmeleri için gereklidir. Demir, yer kabuğunun kimyasal bileşiminde en bol bulunan dördüncü elementtir. Toprakta bu element, bitkiler için kolaylıkla alınamayan ferrik oksitler, hidroksitler ve silikat mineralleri formunda bulunur (Dos Santos vd, 2017; Kim ve Guerinot, 2007). Yeryüzündeki toprakların Fe içeriği, toprak tipi ve derinliğine bağlı olarak % 0.2 ila % 55 arasında değişebilir. Demirin en yüksek konsantrasyonu ise biyolojik aktivitenin yüksek olduğu 2-15 cm'lik toprak katmanında bulunur. (Bodek, 1988; Audebert ve Sahrawat, 2000; Audebert vd, 2006). Demirin topraktaki hem eksikliği hem de fazlalığı, rizosferdeki çeşitli fizyolojik fonksiyonları engeller (Kim ve Guerinot, 2007; Bashir vd, 2014; Pereira vd, 2014). Dünya genelinde toprakların yaklaşık % 30'u demirce noksan olup, buna karşın % 18'i ise demirce toksiktir (Vose, 1982; Das ve Roychoudhury, 2014).

Değişen toprak redoks potansiyeli, toprak pH'sı, toprağın verimliliği durumu, yetiştirme ortamında Fe eksikliği ve toksisitesinin yoğunluğu bitkide tane verimini etkileyen bazı faktörler arasında yer almaktadır (Mahender vd, 2019). Şiddetli demir toksisitesi ve demir noksanlığı koşulları altında bitki tane veriminde % 50'den fazla azalmanın olduğu rapor edilmiştir. Diğer yandan, bitkinin erken vejetatif aşamasında da sorunlar görülmektedir. (Audebert ve Sahrawat, 2000; Chérif vd, 2009).

Çeltik bitkileri genellikle dokularında 60-300 mg kg⁻¹ (ppm) Fe içerebilir. Diğer yandan, Fe eksikliğinden mustarip olan çeltik bitkisinin dokusunda ise 10-30 mg kg⁻¹ Fe mevcut olabilir. Toksisite koşulları altında ise çeltik bitkisinin dokularında Fe konsantrasyonu 400 mg kg⁻¹'den 1000 mg kg⁻¹'e kadar çıkabilir (Vose, 1982). Bazı çeltik çeşitlerinde toksik şartlara tolerans mekanizmaları olarak yetiştirme ortamında fazla miktarda aldığı demiri vakuol ve apoplastta alır ve bunu, antioksidan enzimlerin aktivasyonu yoluyla Fe-kaynaklı reaktif oksijen türlerinin (ROS) detoksifikasyonunun fizyolojik bir mekanizması takip eder (Dufey vd, 2009; Saikia, ve Baruah, 2012).

Fe eksikliği, genellikle alkalın karakterli topraklarda görülür. Bu topraklarda, Fe çözünmez ve hareketsiz bir hale geçer ve böylece demir; yüksek toprak pH'sı, ağır metaller, zayıf havalanma; katyon oranlarındaki dengesizlikler ve sıcaklıktaki değişiklikler nedeniyle bitki kökleri tarafından daha az alınır (Kobayashi vd, 2014; Rout ve Sahoo, 2015; Mongon vd, 2017). Demirce noksan topraklar dünya çapında önemli bir sorundur. Bu topraklar esas olarak; Güney ve Batı Amerika Birleşik Devletleri, Doğu ve Batı Afrika'da olmakla birlikte Avrupa ile Asya'nın bazı bölgelerinde de mevcuttur (Lynch, 2011; Mwangi vd, 2017).

Bazı *gramineae* familyasındaki bitkiler Fe eksikliği koşulları altında mugineik asit (MA) familyasından olan fitosiderofor (PS) denen bir maddeyi fazla miktarda salgırlarlar. Bu yolla Fe edinme sistemine "Strateji-II mekanizması" denir. Buğdaygil bitkilerinde demir eksikliğine toleransın, Fe noksanlık stresinde salgıladıkları fitosiderofor miktarına bağılı olduğı düşünölmektedir. Böylece, çeltiğın düşük demir yarayışıllığına toleransı artar (Takahashi, 2003). Demir noksanlığının devam etmesi halinde ise çeltik kök uçları zarar görür ve epidermal hücreler nekrotik hale gelir. Korteks hücrelerindeki mitokondriyal membran sistemleri de ciddi şekilde hasar görür. Mitokondride bile demir açlığı meydana gelir ve kökte enerji yükü azalır. Bu azalmış enerji yükü ilk olarak deoksimugineik asidin köklerden salgılanma aktivitesini azaltmış (Takagi, 1989) ikinci olarak deoksi MA-Fe⁺³ şelatını emen taşıyıcının aktivitesini azaltmış (Mihashi ve Mori, 1989) ve son olarak da deoksimugineik asidin methioninden sentezini azaltmıştır (Shojima vd, 1989). Sonuç olarak, çeltik bitkisinin sürgünlerinde Fe noksanlığı indüklenir. Ve demir eksikliği koşulları altındaki genç çeltik bitkisinde hızlı bir şekilde ciddi kloroz gelişir (Mori vd, 1991). Ayrıca, bitkide mugineik asit (MA) salgılanması için mitokondrinin kök hücrelerindeki enerji yüklerindeki olası bir azalma, sürgünlerde Fe'nin tükenmesine yol açar ve böylece Fe taşıma sisteminin hareketliliğinin azalması klorofil oluşumunu engeller (Kim ve Guerinot, 2007; Morrissey ve Guerinot, 2009; Mori vd, 2016).

Demirce noksan koşulların aksine, demir toksisite şartları, asit sülfat topraklar ve su altında kalan toprak koşullarında meydana gelir. Düşük katyon değişim kapasitesi, zayıf drenaj, yüksek sülfid içeriğı ve yüksek organik madde kapsamı gibi faktörler toprakta aşırı miktarda Fe formunun oluşumuna yol açmıştır (Gridley vd, 2006; Nugraha vd, 2016). Çeltik yetiştirme alanlarının önemli bir kısmını içine alan Çin, Hindistan, Filipinler, Tayland, Malezya ve Endonezya ve bazı Batı Afrika

lkelerindeki topraklar Fe toksisitesinden etkilenmektedir (Asch vd, 2005; Gridley vd, 2006).

Toprak drenajının yetersizliği, bitki kökünden çıkan organik bileşiklerin toprak solüsyonuna salınması, coğrafi farklılıklar, toprak oksidasyon-redüksiyon potansiyelinde meydana gelen azalma aktivitesi, toprakta hidrojen sülfürün fazla miktarda oluşumu, toprak solüsyonundaki iyonik şiddetin artışı, düşük toprak verimliliği ve pH'sı, toprak organik madde içeriğinin azlığı, toprak ve kökteki mikrobiyal aktivite etkileşimleri ve besin maddelerinin birbirleriyle olan etkileşimi (antagonizm-sinergizm)ve genotiplerin genetik değişkenliği eltik bitkisinde demir toksisitesinin oluşum şiddetini etkiler (Bashir vd, 2010; Chandel vd, 2011). Düşük pH'ya sahip olan çeltiklik topraklarında Fe^{+3} 'n, Fe^{+2} 'ye daha yüksek indirgeme aktivitesi nedeniyle bitki kök bölgesinde Fe mevcudiyetini artar ve böylece bitki demiri aşırı miktarda alır. Bu durum, eltik bitkisinde demir toksisitesi ile sonuçlanır (Quinet vd, 2012; Rout ve Sahoo, 2015). Bu nedenle, asit karakterli toprakları kireçleme, bitkinin belirli gelişim aşamalarıda iken toprak verimliliğini ve toprak drenajını iyileştirme, Fe^{+2} ile antagonistik bir etkileşim gösteren manganezli bileşikleri toprağa uygulama ve Fe^{+2} 'ye toleranslı eltik çeşitlerinin yetiştirilmesi gibi uygun yönetim uygulamaları sayesinde eltik bitkisinde demir toksisitesi nlenebilir.

Demir toksik ve demir noksan koşullara toleranslı eltik çeşitlerinin geliştirilmesi için demir regülasyonu, alınımlar ve translokasyon mekanizmalarının moleküler ve fizyolojik temellerinin anlaşılması önemlidir. Demirce noksan ve toksik ortam şartlarına toleranslı eltik çeşitlerinin geliştirilmesi, böyle bir eksikliğin ve toksisitenin yaygın olduğu bölgelerde yetiştiricilik yapan çiftçilere büyük yarar sağlayacaktır (Mahender vd, 2019).

Çinko (Zn) bitkilerde protein sentezi ve gen ekspresyonu için gerekli olan bir elementtir (akmak, 2000; Broadley vd, 2007). Biyolojik sistemlerdeki proteinlerin yaklaşık %10'unun yapısal ve fonksiyonel bütünlüğü için çinkoya ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir (Andreini vd, 2006). Bu elementin ayrıca 300'den fazla enzimde kofaktör olarak gerekli olduğu belirtilmiştir (Coleman, 1998). Çimlenme sırasında, reaktif oksijen türlerinin (ROS) retimi iyi bilinmektedir (akmak ve vd, 1993; Bailly vd, 2002; Qin ve Liu, 2010) ve Zn, bitki hücrelerinde ROS detoksifikasyonunda merkezi bir rol oynamaktadır (akmak, 2000; Broadley vd, 2007).

Çinko (Zn) eksikliği, azot ve fosforun yanında çeltik bitkisinde görülen en yaygın besin problemi olup, tüm alçak tava çeltiklik topraklarının % 50'sini etkilenir (White ve Zasoski 1999). Çinko noksanlığı genellikle toprak ıslaklığı ile ilişkilidir ve özellikle alkali karakterli, organik ve zayıf drene topraklarda ortaya çıkar (Yoshida vd, 1973; Forno vd, 1975). Aynı zamanda çinko noksanlığı, yüksek bikarbonat içeriği ve yüksek seviyede mevcut fosfat ve silika ile de ilişkilidir. Zn mevcudiyeti üzerinde antagonistik etkilere sahip gübrelerin (diamonyum fosfat, triple süper fosfat vb.) aşırı kullanımı ve modern çeltik çeşitlerinin yoğun ekimi, son birkaç yıldaki çinko noksanlık sorununu daha da artırmıştır.

Çeltik bitkisinde Zn eksikliği genellikle fidelerin yetiştirilme ortamına dikilmesinden 2 ila 3 hafta sonra ortaya çıkan, bitkide bazı görsel bozuklukla kendini gösteren bir noksanlık belirtisine sahiptir. Bu görsel bozukluklara yapraklarda ortaya çıkan kahverengi lekeler ve çizgiler örnek verilebilir. Neticede çinko bakımından noksan bitkiler bodur kalır. Çinko noksanlığının çok şiddetli olduğu kimi durumlarda ise bitki yaşamsal fonksiyonlarını sürdüremez ve ölür (Yoshida ve Tanaka, 1969; Van Breemen ve Castro, 1980; Neue ve Lantin, 1994).

Çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitleri Zn noksanlığına duyarlılıkları bakımından büyük farklılıklar gösterir (Bowen, 1986). Bu nedenle, üreticiler için çinkoca etkin çeşitlerin belirlenmesi pratikte büyük önem taşımaktadır. Çinko etkin çeltik çeşitleri genellikle yetersiz olduğu düşünülen Zn konsantrasyonlarına sahip topraklarda gelişme yeteneğine sahip çeşitlerdir. Bitkide Zn eksikliği, toprağa ya da bitkiye çinko bileşikleri ilave edilerek düzeltilebilir, ancak Zn noksanlığının üstesinden gelebilmek için çinkolu gübrelerin yeterli ve dengeli miktarda uygulanması ile ilgili yüksek maliyet, maddi durumu iyi olmayan çiftçilere büyük bir yük getirmektedir. Bu yüzden çeltik bitkisine yönelik ıslah çalışmalarına önem verilmesi gerektiği bilim insanları tarafından düşünülmüştür. Nihayetinde çeltik genotiplerinde Zn eksikliğine olan toleransı arttırmak için yapılan çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Quijano-Guerta vd, 2002; Singh vd, 2003). Pek çok sayıda araştırma, çeltikte Zn eksikliğine tolerans için potansiyel mekanizmalar üzerine yoğunlaşmıştır. Toleranslı çeltik çeşitleri daha düşük Zn gereksinimlerine sahip olabilir veya köklerinden sürgünlere nispeten daha fazla Zn transloke (taşınım birikme) olabilir (Cayton vd, 1985).

Bu tez çalışmasında, kum kültürü ortamında yürütülen araştırmaların amaçları:

- ✓ Değişik çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine kirecin ve çinkonun etkisini araştırmakla birlikte, kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında çinko noksanlığına toleranslı çeltik çeşitlerini tespit etmektir.
- ✓ Değişik çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine kirecin ve demirin etkisini araştırmakla birlikte, kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında demir noksanlığına toleranslı çeltik çeşitlerini tespit etmektir.
- ✓ Değişik çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine demir toksisitesinin etkisi araştırmakla birlikte, demir toksisitesine toleranslı çeltik çeşitlerini tespit etmektir. Ayrıca, çeltik bitkilerinde demir toksisitesinin önlenmesinde sodyumla doyurulmuş bentonitin etkisini araştırmaktır.

Bu tez çalışmasında, toprak ortamında yürütülen araştırmaların amaçları:

- ✓ Demir ve çinko bakımından noksan bir toprağa Fe-EDDHA gübresi uygulamasının değişik çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisini belirlemektir.
- ✓ Demir ve çinko bakımından noksan bir toprağa Fe-III EDTA gübresi uygulamasının değişik çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisini belirlemektir.
- ✓ Demir ve çinko bakımından noksan bir toprağa çinko sülfat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) gübresi uygulamanın değişik çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisini belirlemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çeltik

Çeltik; sıcak bölgelerde yetişen ve bu bölgelerde medeniyetin sembolü olarak değerlendirilen bir kültür bitkisidir. Çin'deki eski kaynaklara göre bu bitki M.Ö. 2800 yıllarında var olmasına rağmen, tarımına daha önceleri başlanmıştır. Bu bitkinin ana vatanının Güneydoğu Asya (Muson Asya'sı), muhtemelen de Hindistan olduğu belirtilmektedir. Günümüze kadar 5000 yıldan beri tarımı yapılmaktadır. M.Ö. 3000 yıllarında Güney Hindistan'dan Çin'e, M.Ö. 1000 yıllarında da Java'ya doğru yayılış alanı genişlemiştir. Avrupa'ya da Büyük İskender tarafından M.Ö. 300 yıllarında getirilmiş, ancak tarımına ise, M.S. 700 yıllarında başlanmıştır. ABD'de 17. yüzyılın sonlarında yetiştirilmeye başlanmıştır. Ülkemize ise Suriye, Tuna kıyıları, Meriç ve kollarının suladığı alanlardan özellikle de Filibe'den tohumlarının alındığı ve 1750'de Tosya'ya getirilerek tarımına başlandığı bilinmektedir (Özşahin, 2008).

Dünya'da yaşayan insanların yarısından fazlasının ana besini olan pirinç ülkemizde de beslenme açısından önemli bir yere sahiptir. Sodyum ve yağ içermeyen pirincin hemen hemen tüm çeşitleri protein, karbonhidrat, fosfor, demir, kalsiyum, B1, B2 vitaminleri ve az da olsa A ve C vitaminlerini içermektedir. Pirinç alerjik olmayan bir gıda maddesidir. Pirincin içerdiği karbonhidratlar vücudun enerji kaynağı olduğundan insan beslenmesinde büyük önemi vardır. Pirinç ekonomik ve besleyicidir. Kaslarda depolanan daha sonra vücudun enerji ihtiyacını karşılayan karbonhidratlar, günlük kalori ihtiyacının karşılanması için beslenme uzmanlarınca tavsiye edilmektedir. Kas gelişiminde görevli amino-asitlerden bünyesinde 8 adet mevcuttur. Aynı zamanda niasin, fosfor, demir gibi besleyici ve vücut için gerekli elementleri içermektedir. Ham maddesi çeltik olan pirincin nişasta oranı, buğdaydan yüksektir. 100 gram pirinçte; 78 gram nişasta, 8 gram protein, 13 gram su, 1 gram kül bulunmaktadır. Pirinç besin maddesi olarak taşıdığı bu değer yanında endüstride de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2007)

Çeltik, dünyada 3 milyardan fazla insanın günlük kalori ihtiyacının karşılanmasında % 80'e ulaşan bir katkıya sahiptir. Bu özelliği ile temel besin kategorisinde yer alan buğday, patates, mısır, soya fasulyesi gibi bitkilerle birlikte çeltik, önemli bir gıda kaynağıdır. Dünya tahıl üretiminde ilk 20 ülke arasında yer alan Türkiye çeltik üretiminde bu sıralamada kendine yer bulamamaktadır (FAO, 2015).

Günümüzde 163 milyon ha alanda 741 milyon ton çeltik üretimi yapılmaktadır. Elde edilen ürün miktarı bakımından değerlendirildiğinde Çin, Hindistan, Endonezya, Bangladeş ve Vietnam ilk beş sırada yer almaktadır. Çin dünya üretiminin % 27,9'luk kısmını karşılarken; ülkemiz yıllık 746 bin ton (% 0,1) ile çeltik üretimi bakımından 86. sıradadır (FAO, 2015; IRRI, 2017).

Çeltik (*Oryza sativa* L., 2n=24), tahıl cinsleri arasında kökleri su altında çürümeden yetişebilen ve su içindeki erimiş oksijenden yararlanabilen tek tahıl cinsidir. Toprak tuzluluğuna dayanıklılığı iyidir. Toprak pH'sı 3,0-8,0 arasında olan topraklarda yetişebilir. Çeltik kökleri su altında yetişebildiğinden fazla su isteyen bir bitkidir. Bitkinin gelişme dönemine göre ortamda bulunmasını istediği su miktar ve seviyesi farklıdır. Ülkemiz çeltik tarımında 120-130 günlük sulama periyodunda 1800-2000 mm su bitki tüketimine sunulmaktadır. Tohumun çimlenip sürmesi sırasında yüzeyin suyla kaplı olması genç bitki için zararlıdır. Tavalardaki su seviyesi asla yaprakları örtecek düzeye çıkmamalıdır. Aksi takdirde yapraklar havasızlıktan ölür. Sulama suyu yüksekliği ise en yüksek olarak salkım oluşum döneminde 15 cm civarında tutulmalıdır. Çeltik tavalarda yüzeyin suyla kaplı olması geceleri sıcaklığın fazla düşmesini engellendiğinden genç bitkinin soğuktan zarar görmesini engeller. Daha fazla erimiş oksijen bulunduracağı için suyun tavalarda hafif akıntılı olması uygundur. Çeltik, sulama suyu imkanlarına bağlı olarak ülkemizin bütün coğrafi bölgelerinde, yaklaşık 35 ilde ekilmektedir. Ancak, son yıllarda Trakya-Marmara ve Karadeniz Bölgesi olmak üzere iki önemli çeltik ekim bölgesi ortaya çıkmıştır. Bunları İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi izlemektedir. Çeltik üretiminin artırılması ve kendi kendimize yeter duruma gelebilmemiz için çeltik ekim alanlarını genişletilmesi gerekir. Bu ise ancak sulanan alanlardaki artışla olanaklıdır. Ekim alanlarındaki artışın yanı sıra, yetiştirme tekniği ve ıslah çalışmaları ile birim alan veriminde elde edilecek artışlar sonucu çeltikte kısa sürede kendi kendimize yeter bir ülke haline gelmemiz mümkündür (Gençtan vd, 1995).

Çeltik tarımında üç sulama yöntemi uygulanmaktadır; tarla yüzeyinde birikmiş su bırakmadan sulama (kır çeltiği, yayla çeltiği), tarla yüzeyinde 5-50 cm yükseklikte sürekli birikmiş su bulundurarak sulama (taban alan çeltiği) ve tarla yüzeyinde 51 cm'den, 5-6 metre'ye kadar birikmiş su bulundurarak sulama (derin su çeltiği) biçiminde sınıflanabilir (De Datta, 1981)

Çeltik çeşitleri çok sayıda olup önceleri İndica, Japonica ve Javonica (Endonezya'nın Bulu ya da Gundil varyeteleri) olmak üzere üç grup altında toplanmıştır. Daha sonra Glaszman (1987), tarafından 1688 çeltik çeşidi üzerinde izoenzim çalışmalarına göre çeltik çeşitleri 3 grup yerine 6 gruba ayrılmışlardır. Bu gruplar aşağıda verilmiştir:

I) İndica çeşitleri

II) Çok erkenci ve kurağa dayanıklı upland-kırçeltiği çeşitleri

III) Bangladeş'te nisan-ağustos ayları arasında serpmeye ekimle yetiştirilen ve derin su çeltiği olarak bilinen çeşitler

IV) Fotoperiyoda duyarlı mart-aralık ayları arasında yetiştirilen uzun vejetasyon süreli derin su çeltik çeşitleri

V) Aromatik çeltik çeşitleri

VI) Japonica çeşitleri'dir. Javonica çeşitleri de bu grup içinde yer almaktadır.

Yeryüzünde halen tarımı yapılan *O. sativa* alttürleri ya da çeşit grupları İndica, Japonica, ve Javonica çeşitleridir. Türkiye'de yetiştirilen çeşitlerin Javonica ve Japonica çeşit grubunda olduğu söylenebilir (Geçit vd, 2009).

Çeltik tuzlu ve alkali toprakları ıslah etmek bakımından uygun bir bitki olmakla birlikte bu alanlarda çeltiğin beslenme sorunlarının dikkate alınması şarttır. Bu yönden tuzlu ve alkali topraklara dayanıklı çeltik genotipleri yanında, bu topraklarda noksanlığı sıkça görülen Fe ve Zn eksikliğine toleranslı çeltik genotiplerinin seçimi de oldukça önemlidir.

2.2. Demir

2.2.1. Bitkide demir

Ishimaru vd, (2006) ile Kumar vd, (2013), demirin klorofilin biyosentezinde, fotosentezde, solunumda, DNA sentezinde, mitokondri ve kloroplastlarda elektron sağlayarak elektron taşınım zincirinde, protein sentezinde, nitratların amonyağa indirgenmesi dahil bitkilerde birçok hücrel fonksiyonlarda mutlak gerekli bir element olduğunu bildirmişlerdir.

Demir; sitokrom, katalaz, peroksidaz, Fe-S (ferrodoksin), akonitaz, süperoksit dismutaz enzimi dahil hem proteini gibi hücrel redoks sisteminin ana maddesidir

(Marschner, 1995). Fe^{+2} ve Fe^{+3} redoks çifti enzimatik redoks reaksiyonlarını arttırarak bitki gelişmesinde önemli bir rol oynar (Gill ve Tuteja, 2010).

Yapısında Fe bulunan iki büyük protein grubu vardır; heme-proteinleri ve Fe-S proteinleri. Heme-proteinleri sitokrom, katalaz, nitrat redüktaz, leghemoglobin'in yapısında bulunmaktadır. Hewitt (1983), yapraklardaki toplam Fe'in % 9'unun heme-demir proteinlerinin yapısında bulunduğunu bildirmiştir. Heme-demir proteinlerinin % 90'ı sitokromların yapısında bulunmaktadır. Geriye kalan % 10'luk heme-proteinler diğer enzimlerin yapısında yer alırlar. Fe-S proteinleri ise ferrodoksin, nitrit redüktaz, sülfat redüktaz, nitrogenaz, tilakoid kompleksleri, mitokondri kompleksleri, akonitaz vb. yapısında bulunmaktadır. Fe-S protein grubu yapraklardaki toplam Fe'in % 19'unu içermektedir. Tek başına ferritin, % 35'lik bir pay ile en fazla Fe'i bulunduran protein olarak bildirilmektedir ve böylece yapraklardaki toplam Fe'in yaklaşık % 63'ü Fe proteinleri olmaktadır (Van der Mark vd, 1982; Hewitt, 1983; Miller ve ark., 1984;). Demire bağımlı bu proteinler pek çok metabolik olayda yer almaktadır (Marschner vd, 1986; Römheld ve Marschner, 1991). Sitokromlar fotosentezde elektron taşınımında rol oynamaktadırlar. Sitokrom oksidaz ise solunumun son aşamasında rol alan önemli bir enzimdir. Demir içeren katalaz ve peroksidazlar hücreyi, H_2O_2 (hidrojen peroksit) toksik O_2 türevine karşı koruyucu enzimlerdir. Katalaz enzimi H_2O_2 'i su ve oksijene dönüştürerek yok etmektedir. Ayrıca katalaz, süperoksit radikalini yok eden diğer bir enzim SOD (superoksit dismutaz) ile işbirliği yaparak çalışmaktadır. Peroksidaz enzimlerinden askorbat peroksidaz, kloroplastlarda H_2O_2 'i detoksifike etmektedir. Diğer grup peroksidazlar ise hücre duvarlarına bağlı olarak bulunmaktadır ve fenollerin lignine polimerizasyonunda katalizörlük yapmaktadırlar (Kacar ve Katkat, 1998). Baklagil bitkilerinin kök nodüllerinde bulunan leghemoglobin, N'un (N_2) fiksasyonunda görev yapmaktadır. Fe-S içeren enzimler (nitrogenaz kompleksleri) N'un indirgenmesinde görev yaparlar (Kacar ve Katkat, 1998). Droillard ve Paulin (1990), superoksit radikalinin (O_2^-) detoksifikasyonunu katalize eden superoksit dismutaz enziminin demire bağımlı olan isoenzimi (Fe-SOD) bulunduğunu bildirmişlerdir. Akonitaz trikarboksilik asit halkasında sitratın isositratlara isomerizasyonunda rol oynayan bir Fe-S proteindir (Landsberg, 1981; Brouquisse vd, 1986). Demir eksikliği altındaki bitkilerde akonitaz aktivitesi azalmakta ve bu durumun köklerde özellikle malik ve sitrik asit gibi organik asitlerin birikmesine neden olduğu bildirilmiştir. Welkie ve

Miller (1989), tarafından diğ er bir Fe-S proteini olan ksantin oksidazın, Fe eksikliğinde ‘‘purine’’ metabolizmasını engellemesinden dolayı 200 civarındaki dikotiledon bitkide, riboflavin birikimi ve k  klerden salgılandığı bildirilmiştir. Diğ er Fe gerektiren enzimlerden birinin de etilen biyosentezinde gerekli olan ‘1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid’ (AAC) olduğu ve ACC’nin etilene d  n  şmesinde gerekli olan oksidasyonunun Fe²⁺ tarafından katalize edildiğı bildirilmiştir (Bouzayen vd, 1991).

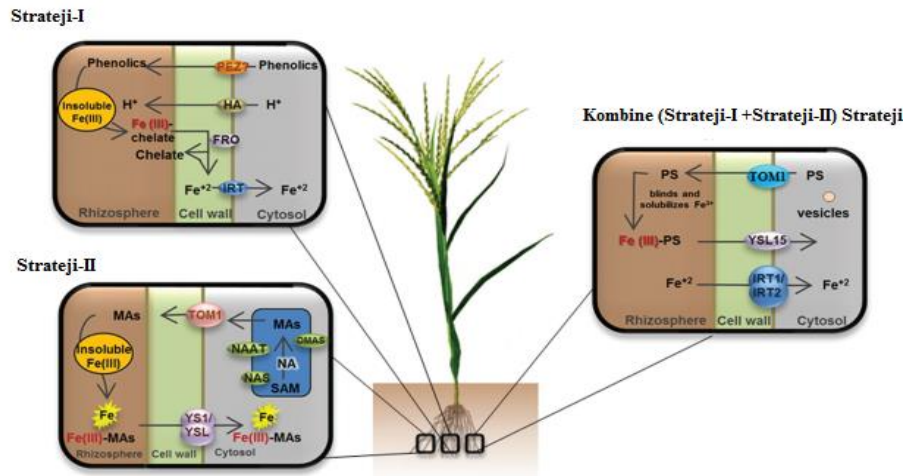
Hildebrand (1989) tarafından, lipoksigenaz enzimlerinin her molek  lde bir Fe atomu i erdiğı bildirilmiş ve bu enzimlerin lipid peroksidasyonu ile h  cre ve dokulardaki yaşlanmayı ve ayrıca hastalıklara karşı bitkilerin geliştirdiğı hipersansibilite bi imindeki dayanıklılığı d  zenlendiğı bildirilmiştir (Nagarathna vd, 1992).

2.2.2. Bitkide demir alım mekanizması

Oksitlenmiş topraklarda demir genellikle ferrik (Fe⁺³) formda olup, oksitler ve hidroksioksitler şeklinde bağlanır. Fe⁺³ demirin c  z  n  rl  ğ     ok d  ş  kt  r. Bununla birlikte, bitkilerin başlıca demir alımı Fe⁺² şeklinde ger  ekleşir (Lindsay ve Schwab, 1982). Dolayısıyla demirin bitkiler tarafından alımı i  in Fe⁺² formuna indirgenmesi gerekir. Aksi takdirde, Fe⁺³ formunun alımı ve kullanımı i  in k  klerin i  indeki şelatlama ajanları tarafından taşınması gerekir. Bu nedenle, b  y  me ortamındaki olumsuzluğa cevaben bitkilerin geliştirdiğı iki mekanizma vardır. (Romheld ve Marschner, 1986; Rogers ve Guerinot, 2002; Epstein ve Bloom, 2005). Bu mekanizmalardan birincisi protonların (H⁺) bitki k  kleri tarafından salınmasını takiben rizosferin pH değerinin d  şmesidir. Rizosferdeki d  ş  k pH d  zeyi demiri c  zebilir veya Fe⁺³ iyonunu Fe⁺² formuna indirgeyebilir. Daha sonra indirgenmiş demir formu ise bitkide Fe⁺² spesifik taşıma sistemi sayesinde plazma zarı boyunca taşınır. Bu mekanizma t  r   esas olarak dikotiledon bitkilerde ve otsu monokotiledonlarda ger  ekleşir (Epstein ve Bloom, 2005). Bitkilerin demir alımı i  in ind  klediğı ikinci mekanizma ise bitki k  kleri tarafından fitosideroforların (demir taşıyıcıları) salınmasıdır. Bu fitosideroforlar Fe⁺³ iyonunu Fe⁺² iyonuna indirgemed  n Fe⁺³ ile bir kompleks oluşturur ve bu Fe⁺³- siderofor kompleksi daha sonra bitkinin k  k h  cre plazma membranları boyunca taşınır (Epstein ve Bloom, 2005). Takagi vd, (1984), şelatlayıcı bileşiklerin veya fitosiderofor salınmasının, dikotiledon bitkilere

özgü bir durum olmadığını, ancak bu durumun çim veya otsu bitkiler için spesifik olduğunu belirtmiştir. Şelatlama bileşikler, protein yapısında olmayan amino asitler, mugineik asit ve avenik asitler olarak karakterize edilir.

dos Santos vd, (2017) yapmış oldukları bir makalede çeltikte demirin absorpsiyonu ve taşınımını incelemişlerdir. Araştırmacılar, Palmer ve Guerinot (2009); Kobayashi ve Nishizawa (2012); Bashir vd, (2013) tarafından verilen bilgilere göre, çeltik bitkisinin demiri absorbe etme ve taşıma yönünden Strateji-I ve Strateji-II bitkilerinin kombine özelliklerini gösterdiğini belirtmişlerdir. Şekil 2.1'den görüleceği üzere, çeltik bitkisinin rizosfer ortamına H^+ iyonu vererek çözünmez formdaki Fe^{+3} 'ü çözmesi ve ayrıca ferrik redüktaz oksidaz enzimi sayesinde Fe^{+3} 'ün, Fe^{+2} 'ye indirgenip hücre içerisine alınması Strateji-I bitkilerinin özelliğidir. Diğer yandan, çeltik bitkisinin köklerinden fitosiderofor salgılaması ve bu sayede çözünmez formdaki Fe^{+3} 'ün çözünürlüğünü sağlayarak, Fe^{+3} 'ün hücre içerisine alınmasını sağlaması Strateji-II bitkilerinin bir özelliğidir. Dolayısıyla araştırmacılar, demir alımı ve taşınımı yönünden çeltik bitkisinin, hem Strateji-I hem de Strateji-II bitkileri gibi davrandığını ve bu iki özelliğin bitkide kombine ortaya çıktığını belirtmişlerdir.



Şekil 2.1. Çeltikte demirin absorpsiyonu ve taşınımı (Palmer ve Guerinot, 2009; Kobayashi ve Nishizawa, 2012; Bashir vd, 2013)

2.2.3. Çeltik bitkisinde demir noksanlık semptomları

Demir eksikliği sonucu, klorofil maddesinin sentezlenememesiyle çeltik bitkilerinin genç yapraklarında ve özellikle son çıkan yapraklarda görülen kloroz, damarlar arası sararma şeklinde ortaya çıkar. Demir eksikliğine maruz kalan yaprakta ince damarlar

yeşil kalarak, damarlar arası tamamıyla sarıya döner. Noksanlığın çok şiddetli olması halinde yeni çıkan yapraklarda hiç klorofil bulunmadığı için yaprak beyaz bir renk alır. Şiddetli klorotik durumlarda ve noksanlığın ileri dönemlerinde bitki yaşamı son bulabilir. (Aktaş, 1994; Kacar ve Katkat, 2009; Dobermann ve Fairhurst, 2000).



Şekil 2.2. Çeltik bitkisi yapraklarında demir noksanlık semptomu (Dobermann ve Fairhurst, 2000)

2.2.4. Toprakta demir

Demir (Fe), yer kabuğu ağırlığının yaklaşık % 5'ini oluşturur. Demir her daim bütün topraklarda bulunur. Topraktaki demirin genellikle büyük bir kısmı çok sayıda mineralin kristal kafeslerinde görülür. Fe'nin bulunduğu birincil mineraller; olivin, ojit, hornblend ve biyotit gibi ferromagnezyen silikatlardır. Biyotit ve illitte demir, oktahedranın merkezinde bulunup, iki veya üç değerlikli olabilir (Fanning ve Fanning, 1989). Bu minerallerin ayrışmasıyla, götit, hematit ve ferrihidrat gibi Fe oksitler oluşur. Bu Fe-III oksitlerin çözünürlüğü son derece düşüktür (Schwertmann, 1991). Götit (α -FeOOH), topraklarda en yaygın bulunan Fe mineralidir. Götit, diğer Fe oksitler ile birlikte sarımsı kahverengi ve kahverengi arasındaki toprak renginin oluşumunu büyük ölçüde etkiler (Allen ve Hajek, 1989). Diğer yandan, Hematit (α -Fe₂O₃), özellikle drenajı iyi olan tropikal topraklarda yaygın bir Fe oksididir. Oxisol ve Ultisol'lerde kil fraksiyonunun önemli bir kısmını temsil eder. Ferrihidrat (HFe₅O₈·4H₂O) yüksek bir özgül yüzeye sahiptir. Ve bu nedenle bitkiler için bir Fe kaynağı olarak önemli olabilir. Yüksek stabilitelerinin bir sonucu olarak Fe oksitler,

oksidatif ayrışma sırasında kil fraksiyonunda sulu oksitler olarak birikir. Bu nedenle, lateritik topraklarda olduğu gibi, oksidatif ayrışmanın ileri bir aşamasında bulunan topraklarda, bu oksitler Al oksitler ve kaolinit ile birlikte profilde baskındır (Mengel vd, 2011).

2.2.5. Toprakta demir noksanlığı

Dünyadaki toprakların yaklaşık üçte birinden fazlası Fe eksikliği sorunu ile karşı karşıyadır (Yi ve ark. 1994). Demirce noksan topraklar (DTPA ekstraksiyon çözeltisi ile belirlenen Fe içeriği 4-5 ppm'den daha düşük olan topraklar ya da amonyum asetat ekstraksiyon çözeltisi ile belirlenen Fe içeriği 2 ppm'den daha düşük olan topraklar) dünya çapında önemli bir toprak sorunudur. (Mahender vd, 2019). Demir bakımından noksan topraklara; Güney ve Batı ABD'de, Doğu ve Batı Afrika'da ve Avrupa ile Asya'nın belirli bölgelerinde rastlanmaktadır (Lynch, 2011). Topraklarda demir mevcudiyetini etkileyen baskın faktörlerden biri de toprak reaksiyonudur. (Mahender vd, 2019). Genellikle, pH'sı nötr ya da alkalın karakterli olan topraklarda demir noksanlığı görülür. Demir noksanlığı sular altında kalmış topraklardan ziyade, sulama yapılmayan topraklarda daha yaygın bir şekilde görülür. Aynı kireç içeriğine sahip olan topraklarda, suyla doymuş toprak koşullarında yetiştirilen çeltik bitkisi normal bir şekilde büyüyebilirken; sulama yapılmadan yetiştirilen çeltik bitkisi ciddi demir eksikliğine maruz kalabilir (Yoshida, 1981).

2.2.6. Toprakta demir fazlalığı

Asit sülfat, asit killi, turba ve yetersiz drenajlı kumlu topraklar da dahil olmak üzere çeşitli toprak tiplerinde Fe toksisitesi oluşabilir (Becker ve Asch, 2005). Toksisite çok çeşitli toprak tiplerinde oluşabilmesine karşın, demir bakımından toksik toprakların (DTPA ekstraksiyon çözeltisi ile belirlenen Fe içeriği 105.1 - 569.5 ppm arasında olan topraklar) pek çoğunun genel karakteristik özellikleri: Yüksek Fe içeriği, düşük pH seviyesi, düşük kation değişim kapasitesi (KDK) ve değişebilir K içeriği miktarının az olmasıdır (Ottow vd, 1982). Demir toksisitesi toprakların su altında kalma süresiyle artar ve potansiyel olarak su baskınından 2-8 hafta sonra en yüksek değerlere ulaşır (Swarup, 1988; Patra ve Mohany, 1994) ve daha sonra sabit kalır (Sadana vd, 1995).

2.2.7. Çeltik topraklarında demirin indirgenme koşulları

Anaerobik koşullar altındaki çeltiklik topraklarında düşük redoks potansiyeli nedeniyle demir aşırı miktarda bulunur ve bu şartlar altında Fe^{+3} , çözünebilir bir form olan Fe^{+2} 'ye indirgenir. Ayrıca suya boğulu topraklarda organik madde kapsamının fazlalığı ve yüksek sıcaklık, Fe^{+2} 'nin yarıyışlı miktarını artırır (Sahrawat, 2005). Demirce toksik topraklarda P ve Zn eksikliği görülür ve bu topraklar H_2S toksisitesi ile ilişkili olabilir (Kirk, 2004). En önemlisi de Fe toksisitesi, toprakların suya boğulu olmasına bağlıdır ve sadece anoksik toprak koşullarında ortaya çıkar (Ponnamperuma vd, 1967). Çeltik toprakları oksik ve anoksik toprak koşulları altında periyodik değişikliğe uğrarlar. Havadaki oksijenin, sudaki ya da suya doymun toprak içerisindeki oksijenden yaklaşık 10^3 - 10^4 kat daha hızlı yayıldığı bildirilmiştir (Armstrong, 1979). Toprak mikroorganizmaları ve suya boğulu topraklarda büyüyen sucul bitki köklerinin respirasyonu nedeniyle oksijen hızla tükenir (Prade vd, 1990). Oksijen tükenmesi ile NO_3^- , Mn^{+4} , Fe^{+3} ve SO_4^{2-} mikrobiyal solunum için elektron alıcıları olarak işlev yapabilir ve su altında kalan bir çeltik tarlasında ardışık olarak azalmaya başlar. Oksijen ve nitrat, su baskınının ilk saatlerinde veya günlerinde kullanılır. Daha sonra Mn^{+4} redüksiyonu da hızlı bir şekilde gerçekleşir, nihayetinde toprakların Mn içeriği genellikle düşüktür (Ponnamperuma, 1977). Toprak sular altında kaldıktan birkaç gün sonra veya <180 - 150 mV değerinde bir redoks potansiyeline sahip olduğunda, Fe^{+3} indirgenmesi başlar (Patrick ve Reddy, 1978). Ekstrakte edilebilir Fe^{+2} miktarı; ayrışabilen organik madde miktarı, sıcaklık ve mevcut redoks tamponlarının miktarı ile artar (Ponnamperuma vd, 1967). Ayrıca düşük bir başlangıç toprak pH'sı, sürekli bir organik madde kaynağı (Prade, 1987) ve Fe (III)-oksitten (Ponnamperuma, 1972) daha yüksek oksidasyon durumuna sahip bileşiklerin ortamda bulunmamasıyla da ekstrakte edilebilir Fe^{+2} miktarı artar.

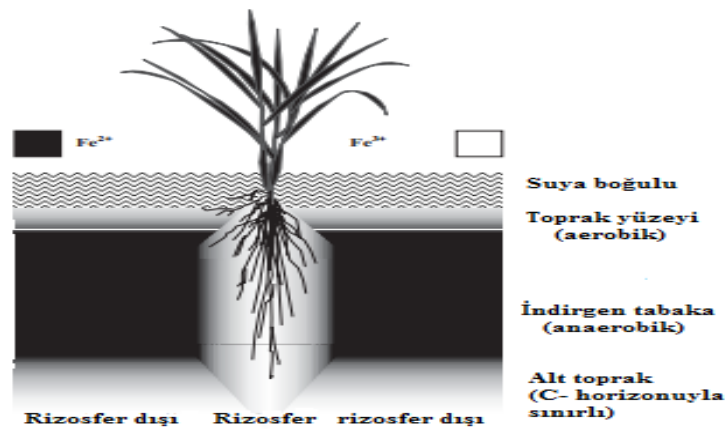
En yüksek Fe^{+2} konsantrasyonları, 2-15 cm toprak derinliklerinde bulunur. Ancak toprağın daha derin tabakalarında ya da pulluk katmanının altındaki daha az organik madde içeren yerlerde Fe^{+2} konsantrasyonları azalır. (Revsbech vd, 1980). Fe^{+2} 'deki yatay değişimler, çeltik köklerinden oksijen salınmasının bir sonucu olan oksikrizosfer toprağına bağlıdır (Yamanouchi vd, 1989). Demir kapsamı, aerenkima oluşumu (çeltik kökünün okside edebilme gücü) ve kök yoğunluğuyla belirlenir (Frenzel ve Bosse, 1999). Çeltik rizosferi, Fe^{+2} oksidasyonunun potansiyel bir bölgesi

olmasına rağmen, aynı zamanda Fe indirgeme yeri olarak da hareket edebilir (Prade, 1987).

Fakültatif anaerobik kemo-organotrofik mikroorganizmalar (örneğin, *Geobacter*, *Pseudomonas*, *Clostridium* veya *Bacillus* sp.) Fe-oksitlerin azaltılmasında ve harekete geçirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Munch ve Ottow, 1977; Trolldenier, 1988). Ayrıca bazı mantarların Fe (III)-oksitleri enzimatik olarak azaltabildiğine ilişkin hipotezler de mevcuttur (Schwertmann, 1985).

Oksitlenmiş Fe'nin solunum için alternatif bir elektron alıcısı olarak kullanılması enerji bakımından zengin elektron donörlerini (örneğin, kolayca mineralleşebilen organik kök atıkları) gerektirdiğinden, demir indirgeyici mikroorganizmaların bolluğu rizosferde toprağa oranla daha yüksek olabilir (Benckiser vd, 1983; Wangand ve Liu, 1992).

Suya boğulu topraklarda indirgenmiş demirin (Fe^{+2}) yatay ve dikey dağılımı Şekil 2.3'te verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere suya boğulu toprakta toprak yüzey tabakası aerobik'tir. Bu tabakanın yaklaşık 10 cm altında anaerobik tabaka bulunmakta ve bu tabakada Fe^{+3} , Fe^{+2} 'ye indirgenmektedir. İndirgenmiş toprak katında nitrat azotu denitrifikasyona uğrayarak N_2 gaz formuna dönüşür. Ve bu durum nitrat azotunun kaybı demektir. Bu nedenle nitrat azotu indirgen toprak tabakasına verilmemelidir. Çeltik bitkisine azotlu gübreler amonyum ya da üre formunda indirgen toprak tabakasına verilmelidir (Becker ve Asch, 2005)



Şekil 2.3. Suya boğulu topraklarda indirgenmiş demirin (Fe^{+2}) yatay ve dikey dağılımı (Becker ve Asch, 2005)

2.2.8. Çeltik bitkisinde demir toksisite semptomları

Suya boğulu toprakta yetişen çeltik bitkisi aşırı miktarda Fe^{+2} iyonu alır. Alınan demir bitkide transpirasyon yoluyla diğer organlara taşınır. Serbest Fe^{+2} iyonları, kloroplast ve mitokondrilerin de dahil olduğu çeşitli hücre bileşenlerinde üretilen hidrojen peroksit (H_2O_2) ile reaksiyona girer (Becana vd, 1998). Hidroksil radikalleri son derece reaktiftir ve bitki antioksidanları tarafından atılamaz (Apel ve Hirt, 2004). Reaktif radikalleri; lipitleri, proteinlere ve nükleotidlere geri dönüşümü olmayan zararlar verebilir. Bu da hücre ölümüne sebebiyet verir (Quinet vd, 2012). Toksik demir koşulları altında çeltik bitkilerinde hem stoma hem de stoma dışındaki sınırlamalar nedeniyle fotosentez geriler (Pereira vd, 2013). Fenol oksidaz aktivitesinin artışı ve özellikle de okside polifenollerin birikimi ile bağlantılı bitkideki tipik görsel semptom, çeltik yapraklarının “bronzlaşması” şeklinde ortaya çıkar. Bronzlaşma semptomları bitkinin tamamen gelişmiş olan yaşlı yapraklarında, yaprak ucundan tabana yayılan küçük kahverengi lekelerin ortaya çıkması ile başlar. Belirtinin daha da ileri aşamalarında, yaprak uçları turuncu-sarı renkte olur ve bazı çeltik çeşitleri kuruyabilir. Sonunda toksisite aşırı şiddetli olduğunda yaprağın tümü turuncudan paslı kahverengine veya mor kahverengiye döner (Fairhurst ve Witt, 2002). Bu semptomlar, özellikle yüksek terleme oranlarına sahip yaşlı yapraklarda ortaya çıkar (Yamanouchi ve Yoshida, 1981). Demir toksisite semptomları bitkinin farklı büyüme dönemlerinde ortaya çıkabilir. Bitki fide aşamasında, vejetatif gelişme aşamasında, erken ve geç generatif aşamalarda çeltiği etkileyebilir. Gelişme aşamasına bağlı olarak bitki yapraklarında bronzlaşma meydana gelir, Fide aşamasında ortaya çıkan toksisite durumu, ilerleyen süreçte çeltik bitkisinde kardeşlenmeyi önemli derecede kısıtlar ve nihayetinde bitki bodur bir vaziyet alır (Abraham ve Pandey, 1989). Vejetatif gelişme döneminde görülen demir toksisitesi, bitki boyu ve kuru madde birikiminin azalmasına neden olur. (Abu vd, 1989). Hal böyle iken sürgünler kök biyomasından daha fazla etkilenir (Fageria, 1988). Demir toksisitesi geç vejetatif veya erken generatif büyüme evreleri sırasında meydana geldiğinde, bitki tepe başında daha az sayıda birleşik salkım oluşur (Singh vd, 1992). Ayrıca spikelet sterilitesinde bir artış görülür (Virmani, 1977). Bununla birlikte çiçeklenme ve olgunlukta yaklaşık 20-25 günlük bir gecikme görülebilir. Çok hassas çeltik çeşitlerinde ise hiç çiçeklenmenin olmadığı rapor edilmiştir (Ayotade, 1979). Fe toksisitesi ile ilişkili tipik semptomlar çeltik yapraklarında “bronzlaşma” şeklinde ortaya çıkar (Ponnamperuma

vd, 1955). Ayrıca topraktaki aşırı demir bitki kök sistemine zarar verebilir. Buna ek olarak, fosfor, çinko ve bakır gibi diğer besin maddelerinin alımını olumsuz yönde etkileyebilir (De Dorlodot vd, 2005). Çeltik çeşidi, toprak demir konsantrasyonu ve çeltik gelişim aşamalarına bağlı olarak Fe toksisitesi ile ilgili ürün kayıplarının %12-100 arasında olabileceği tahmin edilmiştir (Audebert ve Fofana 2009).



Şekil 2.4. Fe toksisitesinden etkilenen çeltik yaprakları ve kökleri (Wu, 2016) [(A) Farklı bronzlaşma belirtileri, sağlıklı (üst), orta seviye bronzlaşma (orta) ve yüksek seviye bronzlaşma (alt) gösteren çeltik yaprakları; (B) Toksik olmayan (üst), orta toksik (orta) ve şiddetli toksik (altta) topraklarda yetiştirilen çeltik kökleri]

2.2.9. Demir toksisitesini indükleyen başlıca faktörler

Demir toksisitesini indükleyen başlıca faktörler, demirin ana materyalden toprak çözeltisine salınması, oksidasyon redüksiyon potansiyelinde azalma, iyonik kuvvette artış, düşük toprak verimliliği, düşük toprak pH'sı, toprak organik madde içeriği, mikrobiyal aktiviteler, demirin diğer elementlerle olan etkileşimi ve bitki genetik çeşitliliğidir (Fageria vd, 2008).

2.2.10. Çeltik bitkisinin demir toksisitesine adaptasyon stratejileri

Demirce toksik topraklarda yetiştirilen çeltik bitkisi hayati fonksiyonlarını sürdürmek için morfolojik ve fizyolojik kaçınma yoluyla aşırı miktardaki demire karşı tolerans mekanizmaları geliştirmiştir. Bu mekanizmalar, toleranslı ve yetiştirildiği ortama adapte olan çeltik genotiplerinin seçiminde önemlidir. Birçok adaptasyon stratejisi

türü ayırt edilebilir. Bu adaptasyon stratejileri: “Dahil etme” ve “hariç tutma” stratejilerinin yanı sıra “kaçınma” ve “tolerans” mekanizmalarını da içerebilir. Strateji-I bitkileri kök seviyesinde Fe^{+2} ’yi dışarıda tutar ve böylece bitki sürgün dokusu Fe^{+2} ’den zarar görmez. Strateji-II bitkileri, Fe^{+2} ’yi kök içerisine alır, ancak kompartmantasyon (“boşaltma alanlarındaki aktif demirin hareketsiz hale getirilmesi”, örneğin yaşlı yapraklar veya fotosentetik olarak daha az aktif olan yapraklar) ya da simplasttan dışlanma (yaprak apoplastın da hareketsizleştirme) yoluyla bitkide doku zararı önlenabilir (Becker ve Asch, 2005).

2.2.11. Bitkide demir toksisitesini önlemeye yönelik bazı yönetim uygulamaları

Bitkide Fe^{+2} toksisitesini önlemeye yönelik etkili önlemler arasında, indigenmiş Fe^{+2} ’nin oksitlenmesi için periyodik yüzey drenajı, asit karakterli toprakların kireçlenmesi, yeterli ve dengeli miktarda gübre kullanımı ve demir toksikliğine toleranslı bitki genotiplerinin seçimi gibi uygulamalar yer alır. Çeltik bitkilerinin demir çıkarma kabiliyetleri P, K, Ca ve Mg noksanlıklarında azalmaktadır (Obata, 1995). Özellikle, K noksanlığı, Fe toksisitesini kolayca indükler (Fageria vd, 2003a). Bu yönetim uygulamaları arasında, toleranslı çeşitlerin kullanımı en ekonomik ve çevresel açıdan önemli bir uygulamadır (Fageria vd, 2008).

2.3. Çinko

2.3.1. Toprakta çinko

Toprakta Zn, çeşitli formlarda bulunur. Toprakta toplam Zn içeriği arasında, birincil mineraller yaklaşık % 15, organik madde kompleksleri yaklaşık % 45, dış katman kompleksleri yaklaşık % 20, Zn-emici fosfatlar yaklaşık % 10 ve Zn-emdirilmiş demir oksihidroksit yaklaşık % 10 çinko ihtiva eder (Sarret vd, 2004). Zn’nin çözünürlüğü ve yarayışlılığı yüksek $CaCO_3$, yüksek pH, yüksek killi topraklar, düşük organik madde, düşük toprak nemi ve yüksek demir ve alüminyum oksitleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Çakmak, 2008).

Toprakların ortalama çinko içeriği 25-100 mg kg^{-1} (ppm) civarındadır (Goldschmidt, 1954) ve çok sayıda farklı minerallerin yapısında bulunur. Çinkonun iyon çapı demir ve magnezyuma benzer. Bu nedenle çinko augit, hornblend ve biyotit gibi ferro-magnezyum minerallerinde izomorf yer değiştirme yolu ile demir ve

magnezyum iyonlarının yerine geçebilmektedir. Bu minerallerin çinko içeriği toprakların çinko içeriğinin büyük bölümünü oluşturur. Toprakta bulunan çinkonun çoğu, bitkiler için yararlanırsız formdadır. Ortalama olarak topraklar 2-25 mg kg⁻¹ arasında değişebilir ve organik çinko içerirler (demir ve mangan oksitlerle beraber alınamaz formdadır). Bitkiler topraktaki çinkonun çözeltide çözünmüş halde bulunan formundan, adsorbe edilmiş formundan, ve değişebilir formundan yararlanabilirler. Toprakta çinkonun davranışı ve alınabilirliği bazı komponentler tarafından kontrol edilir (Rupa vd, 2002). Çinko toprakta +2 formunda killerin yüzeylerine tutulmuş halde bulunur. Toprak organik maddesi çinkoyu şelat formunda tutar. Şelat, metallerin büyük organik moleküllerle bağlanmasına denir. Şelat formunda çinko, toprakta taşınmaz ve yıkanmadan etkilenmez. Çinko toprak organik maddesi ile tepkimeye girerek hem çözünebilir hem de çözünmeyen bazı organik kompleksler oluşturur (Hodgson vd, 1966). Toprakta çözünmeyen çinko organik kompleksleri daha çok amino, organik ve fulvik asitlerden; çözünmeyen çinko organik komplekslerinin ise humik asitlerden kaynaklanmaktadır (Stevenson vd, 1972). Topraktaki çinkonun alınabilirliğini etkileyen en önemli etmenler; toprak tekstürü, toprak pH'sı, fosforun varlığı ve miktarı ve iklim koşullarıdır.

Kumlu, kumlu tınlı ve organik topraklar; siltli ve killi topraklara göre daha çok çinko eksikliği gösterirler. Toprağın kompozisyonu çinko alınabilirliğini etkilemektedir. Çinko alınabilirliğini en çok toprak asitliği etkilemektedir. pH'nın değişimi ile tüm elementlerde olduğu gibi çinkonun da çözünürlüğü etkilenmektedir. Yüksek miktarlardaki fosfor, çinkonun alınımını olumsuz etkiler ve eksiklik yaratır. Fosfor gübrelemesi yapılırken çinko göz ardı edilmemeli, çiftlik gübresi ile birlikte kompoze halde toprağa uygulanmasında çinkonun alımını olumlu etkilediği görülmüştür (Gül, 2006).

2.3.2. Toprakta çinko noksanlığının oluşumu

Çinko eksikliği, yaygın olarak yüksek pH ya sahip kireçli topraklarda ve fosforlu gübreler ile yoğun olarak gübrenilmiş topraklarda görülür (Marschner, 1994). Çinko noksanlığı, dünyada çok sık rastlanan bir mikro element sorunudur (Alloway, 2004). Dünyada tüm tarım alanlarının % 30'unda (Sillanpaa, 1982), Türkiye'de ise % 49.8'inde çinko noksanlığının bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Eyüboğlu vd, 1998). Birçok bitki türü örneğin; fasulye, mısır, buğday, çeltik ve

domates çinko eksikliği stresine karşı düşük toleransa sahiplerdir ve ürün kaybına uğrarlar (Chapman, 1966). Çeltik bitkilerinde su altında kalma sonucu çinko noksanlığının arttığına dair bulgular mevcuttur. Bu durum muhtemelen suda bulunan bikarbonattan (HCO_3^-) kaynaklanmaktadır. Çeltik bitkisi tarafından çinko alımı pH düzeyi ne olursa olsun anaerobik koşullarda daima düşük düzeyde gerçekleşmektedir. Söz konusu koşullarda çinko elverişliliğindeki azalmanın çinko-kükürt çökmesi ya da muhtemelen organik çinko kompleksleri oluşumundan ileri geldiği ileri sürülmüştür (Ponnamperuma, 1972). Su altında kalan topraklara selüloz ilavesi çinko noksanlığını daha da şiddetlendirmektedir. Organik madde ilavesi topraktaki redüksiyon koşullarını arttırmakta ve fazla miktarda Fe^{+2} oluşmakta, bu ise çinko alımını engellemektedir. Ayrıca organik maddenin parçalanması sonucu çeltik tavalarındaki suda HCO_3^- konsantrasyonu artış göstermekte ve böylece çeltik bitkilerinde çinkonun köklerden uç kısımlara taşınması olumsuz yönde etkilenmektedir. Çinko noksanlığı genellikle çeltik topraklarında ortaya çıkmakta, yüksek pH, elverişli çinko düzeyinin düşük oluşu ve yüksek organik madde kapsamına bağlı olarak yaygınlaşmaktadır. Kolay ayrışabilir organik maddenin çeltik bitkisinde çinko noksanlığını şiddetlendirdiği saptanmıştır. Organik maddenin parçalanması sonucu açığa çıkan yüksek HCO_3^- konsantrasyonu çeltik bitkisinin kök civarında çinkoyu immobilize etmekte ve sürgünlere taşınmasını engellemektedir. Organik maddenin anaerobik parçalanması sonucu üretilen organik asitler ve mikrobiyal metabolizma ürünleri de söz konusu çinko noksanlık problemlerine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca kil ve organik madde kapsamı yüksek toprakların, organik maddece fakir kumlu topraklara göre daha yüksek bir adsorpsiyon kapasitesi ve çinko bağlama enerjisine sahip olduğunu bildirilmiştir (Brohi vd, 1994).

2.3.3. Bitkide çinko

Çinko bütün canlı organizmalar için hayati önem taşıyan bir mikro elementtir. Bu element protein sentezi, şekerin nişastaya dönüşümü, karbonhidrat ve oksin metabolizması, polen formasyonu, bitkiye bazı patojen enfeksiyonlarına karşı direnç sağlama ve antioksidatif koruyucu gibi pek çok biyolojik işlemlerde ve hücresel metabolizmanın birçok reaksiyonlarında görev alır (Alloway, 2004; Clemens, 2006; Broadley vd, 2007).

Çinko, tüm organizmalar için gerekli bir elementtir ve enzimler ile proteinlerin kritik komponentidir (Marschner, 1995), enzimler ile substrat bağları arasında

bağlanma ve yönlendirmede rol oynamaktadır (Çakmak, 2000). Çinko, özellikle karbonik asit anhidraz ile süperoksit dismutaz enzimlerini aktifleştirir; bu enzimlerin kloroplasta lokalize olduğu belirlenmiştir (Jakobsan vd, 1975; Marschner, 1995). Ayrıca çinko bitkide doğrudan RNA sentezine katkıda bulunur ve çinko noksanlığında RNA sentezinin ve buna bağlı olarak protein üretiminin durduğu bildirilmiştir (Price, 1962). Bitkilerin çinko ihtiyaçları farklıdır. Bazı bitkiler çok az çinko ile yaşamlarını sürdürürken, bazı bitkiler yüksek düzeyde çinkoya ihtiyaç duyarlar.

2.3.4. Çeltik bitkisinde çinko noksanlığı semptomları

Zn eksikliği, çeltik fidelerinin gelişme ortamına dikiminden genellikle 2 ila 3 hafta sonra ortaya çıkan çoklu semptomlara neden olur. Bu semptomlar: genç yaprakların tabanında sararmalar ve yaşlı yaprakları tamamen kaplayacak şekilde oluşan paslı kahverengi lekeler ve çizgilerdir. Ayrıca çinko noksanlığında, bitkiler bodur kalır ve gelişim sekteye uğrar. Çinko noksanlığının çok şiddetli görülmesi halinde bitki yaşamı son bulabilir. Hayatta kalan bitkilerde ise kardeşlenme azalır ve olgunlaşma gecikir. Nihayetinde bitki veriminde kayda değer azalmalar görülür (Yoshida ve Tanaka, 1969; Van Breemen ve Castro 1980; Neue ve Lantin, 1994). Çinko eksikliği nedeniyle bitki verimlerinde görülen azalmalar çeltik çeşitlerine göre farklılık gösterir. (Forno vd, 1975).



Şekil 2.5. Çeltik bitkisi yaprağında çinko noksanlığı semptomu (Dobermann ve Fairhurst, 2000)

3. KAYNAK ÖZETLERİ

3.1. Demir Noksanlığı ile İlgili Literatür Özetleri

Katyal ve Sharma (1980), bitki dokularındaki toplam Fe konsantrasyonu baz alınarak yapılan Fe eksikliği tahmininin yanıltıcı olabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar klorotik bitkilerin, yeşil bitkilerden daha fazla veya daha yüksek demir konsantrasyonuna sahip olabileceğini ifade ederek; bitkideki besinsel durumunun bir ölçütü olarak yapraklardaki Fe-II konsantrasyonunun (aktif demir), toplam Fe konsantrasyonundan daha önemli olduğunu rapor etmişlerdir.

Terry vd, (1981), aerobik şartlarda yapılan çeltik yetiştiriciliğinde topraklardaki demir (Fe) mevcudiyetinin azalmasının ciddi bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, bitkinin yetiştirme ortamından demiri alamadığında, yaprak damarları arasında kloroz görüleceğini ve nihayetinde mahsul veriminde azalma meydana geleceğini bildirmişlerdir.

Nishio vd, (1983), demirce noksan bitkilerde sekteye uğramış birçok bitki fonksiyonunun, demir uygulaması yapılması ile iyileşme gösterdiğini bildirmişlerdir.

Alloush vd, (1990), demir eksikliğinin, bitkinin farklı organlarında besin dengesizliklerine neden olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar ayrıca demir noksanlığı şartlarında, bitki yapraklarında klorofil durumu ve yaprak mineral bileşiminin genel olarak etkilendiğini de bildirmişlerdir.

Takagi vd, (1984), demir elementinin, nötr ile alkalın karakterli topraklarda zayıf çözünür olduğunu belirterek, mugineik asidin Fe^{+3} ile şelasyonunun rizosferdeki Fe^{+3} 'ün çözünürlüğünü önemli ölçüde arttırdığını bildirmişler. Araştırmacılar ayrıca, Fe eksikliğine cevaben köklerde MA salgısının belirgin şekilde arttığını bildirmişlerdir.

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, ferrus (Fe^{+2}) demirin çözünürlüğünü azaltan yüksek pH'dan ileri geldiğini öne sürmüşlerdir. Yüksek toprak nemi, zayıf toprak havalanması, yüksek fosfat

konsantrasyonu ve Cu, Ni, Zn, Co, Mo, Cr gibi ağır metaller; aşırı ışık şiddeti koşulları, kök hasarı ve viral insidansın da demir eksikliğine neden olduğu da yine aynı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Römheld ve Marschner (1986), Buğdaygil bitkilerinin demirce noksan ortamda yetiştirildiklerinde, Fe-şelatlayıcı bileşikler rizosfer içine salgıladığını bildirmişlerdir.

Mori vd (1991), çeltik bitkisinde demir noksanlığının bir dereceye kadar devam etmesi halinde, bitkinin kök uçlarının zarar gördüğünü ve epidermal hücrelerde nekrotik lekelerin oluştuğunu bildirmişlerdir. Ayrıca korteks hücrelerindeki mitokondriyal membran sistemlerinin de ciddi şekilde hasar gördüğü rapor edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca demir noksanlığı şartlarında mitokondride bile demir açlığının meydana geldiğini ve bitki köklerinde enerji yükünün azaldığını bildirmişlerdir. Bu azalan enerji yükü ilk olarak deoksi-mugineik asidin köklerden salgılanma aktivitesini azaltmış; ikinci olarak, deoksi MA-Fe^{III} şelatını tutan taşıyıcının aktivitesinin azaltmış ve son olarak da deoksimugineik asitlerin methioninden sentezini azalttığı da araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Böylece, çeltik bitkisinin sürgünlerinde Fe noksanlığının indüklendiği ve demir eksikliği koşulları altında yetiştirilen genç çeltik bitkilerinde hızlı bir şekilde kloroz belirtilerinin ortaya çıktığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Mori vd, (1991), bitkilerde yetersiz demir alımının, hem mitokondri hem de kloroplastın sentezinde azalmaya yol açtığını belirterek, bunun da bitkide hücresel solunumun ve fotosentez etkinliğinin azalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Guerinot ve Ying (1994), Fe noksanlığı koşulları altında yetiştirilen bitkilerde büyüme ve gelişmenin sekteye uğradığını bildirmişlerdir.

Guerinot ve Yi (1994), Fe eksikliği koşulları altında yetiştirilen tüm bitkilerin (çim bitkileri hariç), Strateji-I olarak adlandırılan bir dizi tepki başlattığını bildirmişlerdir. Bu strateji, bitki kök yüzeyinde güçlü bir ferrik indirgeme aktivitesinin geliştirilmesi ile oluştuğu ifade edilmiş, ayrıca Strateji-I bitkileri, rizosfer asitleşmesine yol açan kök plazmalemindeki H⁺-ATP_{az} aktivitesini arttırarak, aktif bir proton ekstrüzyonunu indükleyebildiği aynı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Sudahono vd, (1994) yaprakta klorofil değerlerinin, sadece kloroz derecesi hakkında bilgi vermekle kalmadığını; aynı zamanda genotiplerin Fe klorozuna karşı farklı davranışları hakkında da bilgi verebileceğini rapor etmiştir.

Higuchi vd, (1996), Fe sınırlayıcı ortam koşullarına cevaben, yüksek pH'lı topraklarda kuvvetli bir şekilde büyüüp gelişebilen bir bitki türü olan arpa bitkisinin, 2'-deoksimugineik asit (DMA), MA ve 3-epihidroksimugineik asit (epiHMA) türevleri de dahil olmak üzere fazla miktarlarda fitosiderofor (PS) salgıladığını; buna karşılık, yüksek pH'lı topraklarda Fe eksikliği klorozuna karşı oldukça hassas bir bitki türü olan çeltik bitkisinin Fe eksikliğine yanıt olarak, arpadan çok daha düşük seviyelerde ve daha kısa sürelerde yalnızca DMA salgıladığını bildirmişlerdir.

Ellsworth vd, (1997), Fe eksikliğine karşı alınabilecek kültürel önlemler arasında Fe'nin toprak ve yapraktan uygulanması ilk sırada yer aldığını belirtmişler; ancak bu uygulamaların pahalı, çevre dostu olmayan ve sürdürülemez bir alternatif olduğunu ifade etmişlerdir. Öte yandan birçok faktörün, demirli gübrelerin etkinliğini değiştirebileceğini rapor etmişlerdir. Dahası, gübreleme uygulamasının genellikle organik materyal ile şelatlamayı gerektirdiğini; ancak bu şelatların genellikle pahalı olup, verimliliklerin de bir zaman sonra hızla azaldığı bildirilmiştir. Sorunun nihai çözümünün ise Fe noksanlığı koşulları altında iyi verim gösteren Fe-etkin genotipleri kullanmak olduğunu bildirmişlerdir.

Becana vd, (1998), Fe eksikliğinin neden olduğu hücresel stresin, gerekli katalitik Fe'nin bulunmaması nedeniyle bozulmuş antioksidan aktiviteye yol açtığını ve bu da hücresel ROS bolluğunun artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Schmidt vd, (1999), topraktaki bikarbonat iyonlarının yüksek seviyesinin, bitki kök ve yapraklarında metabolik süreçleri etkilediği ve bitkide demirin biyoyararlanımını azalttığını bildirmişlerdir. Bunun da, kireç kaynaklı demir klorozu olarak bilinen bir probleme yol açtığı ifade edilmiştir. Ayrıca Fe sınırlayıcı koşullar altında yetiştirilen bitkiler, Fe alım kapasitesini arttırmak suretiyle bu elementin eksikliğini telafi edebileceği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Fe-etkin genotiplerin; fizyolojik, biyokimyasal ve morfolojik değişiklikleri içeren kontrollü tepkiler geliştirdiği de bildirilmiştir.

Tagliavini vd, (2000), Fe noksanlığı gösteren çeltiklik topraklarına demir sülfat ilavesi ile birlikte kompost gibi yüksek miktarda organik madde içeren materyalleri uygulamanın, demir noksanlığının üstesinden gelmede daha etkili bir yaklaşım olduğunu bildirmişlerdir.

Richardson vd, (2002), bitkide klorofil konsantrasyonu ve kloroz derecesinin iyi bir göstergesi olan SPAD metre ölçümlerinin önemli olduğunu vurgulamıştır.

Ling vd, (2002), Fe eksikliği koşulları altında yetiştirilen bitkilerin, köklerinde gelişmiş bir mineral alımının olduğunu, kök tüylerindeki büyümenin arttığını, protonların veya fitosideroforların salgılanması gibi bitkide bir dizi adaptif değişikliklerin meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Ling vd, (2002), bitkilerdeki demir eksikliğine cevaben tipik kök morfolojisi değişikliklerinin; kök tüylerinin, yan köklerin ve transfer hücrelerinin yoğunluğunun artması şeklinde olduğunu ifade etmişlerdir.

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.

Takahashi (2003), Fe eksikliği koşulları altında yetiştirilen bazı gramineae familyasındaki bitkilerin, mugineik asit familyasındaki fitosiderofor (PS) denen bir maddeyi fazla miktarda salgıladığını bildirmiştir. Araştırmacı, buğdaygil bitkilerinin demir eksikliğine toleranslarının, Fe noksanlık stresinde salgıladıkları fitosiderofor miktarına bağlı olduğunu rapor etmiştir.

Inoue vd, (2003), çeltik bitkisinde Fe eksikliğinin, DMA-biyosentez genlerinden OsNAS1, OsNAS2, OsNAAT1 ve OsDMAS1'in ekspresyonunu kuvvetli bir şekilde indüklediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca bu genlerin bitkinin floem dokularında tercihen eksprese edildiğini ve Fe eksikliğine yanıt olarak tüm kök ve yaprak dokularında kuvvetle indüklendiğini ortaya koymuştur.

Ma vd, (2003), bitkide Fe eksikliğine bağlı klorozu kontrol etmek için çeşitli agronomik yaklaşımlar önermiştir. Bu agronomik yaklaşımlar arasında; Demir şelatları ve FeSO₄ gibi Fe bileşiklerinin yaprak ve topraktan uygulamaları, sülfürik asit gibi kimyasal maddenin toprağa uygulanması ve kloroza dirençli genotip veya anaçların kullanılması yer almaktadır.

Hansen vd, (2004), bitkide demir noksanlığına bağlı klorozun (IDC), yalnızca toprak pH'sının 7.2'nin üzerinde olduğu zaman ortaya çıksa da, birçok yüksek pH'ya sahip toprakların (genellikle kireçli topraklar) IDC semptomları göstermediğini

bildirmişlerdir. Ayrıca toprak karbonatları (Inskeep ve Bloom, 1987; Morris vd, 1990) özellikle de toprakta HCO_3^- kapsamı (Inskeep ve Bloom, 1984; Coulombe vd, 1984), toprak solüsyonunun iyonik gücü (Franzen ve Richardson, 2000; Morris vd, 1990), toprakta demir oksit konsantrasyonu (Morris vd, 1990), DTPA ile ekstrakte edilebilir demir kapsamı, toprakta krom kapsamı, çözünebilir tuzlar ve toprak su içeriği (Hansen vd, 2003) bitkide ICD semptomlarına neden olan diğer toprak faktörleri olarak rapor edilmiştir.

Ogo vd, (2006), çeltik bitkisinde Fe eksikliğine neden olabilen helix-loop-helix (bHLH) transkripsiyon faktörü olan OsIRO2'yi tanımlamıştır. Ayrıca OsIRO2'nin, Fe alımında görev alan öncül genlerin düzenlenmesinden sorumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Grotz ve Guerinot (2006), bitkilerin demirce noksan bir ortamda yetiştirildiklerinde, Fe alımını ve homeostazını artırmak için bazı fizyolojik ve morfolojik tepkiler geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Fernandez vd, (2006), bitkide Fe klorozu problemini azaltmak için yapraktan demirli gübreleme uygulaması ve Fe-EDDHA'nın tohum ile muamelesi gibi çeşitli yaklaşımlar öne sürmüşlerdir. Bununla birlikte, bu tekniklerin yüksek maliyetli olup, bitkilerin Fe beslenmesini her zaman iyileştirmedeği belirtilmiştir. Bu nedenle, çeşit seçiminin daha alternatif bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir.

Silveira vd, (2007), demir noksanlığı şartları altında yetiştirilen 2 farklı çeltik çeşidinde (I409 ve E108) fizyolojik değişimlerin etkisini incelemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada besin çözeltisindeki Fe'in kontrol konsantrasyonu 6.5 mg / L seviyesinde tutulmuştur. Araştırma bulgularında, demir noksanlığı koşulları altında yetiştirilen her iki çeltik çeşidinin köklerinde fosfor konsantrasyonu azalmış, ancak sürgünlerinde fosfor konsantrasyonu artmıştır. Demir noksanlığı şartlarında her iki çeşidin kökünde, çoğunlukla da E108 çeşidinde kalsiyum konsantrasyonu artmıştır. Fe eksikliği koşulları altında, I409 çeşidinin köklerinde kontrol bitkilerinden alınan köklere göre daha düşük Zn konsantrasyonları tespit edilmekle birlikte kontrol bitkilerindeki sürgünlere kıyasla E108 bitkilerinin sürgünlerinde Zn konsantrasyonları iki katın üzerinde bir artış göstermiştir. Fe eksikliği koşulları altında yetiştirilen her iki çeşide ait bitkilerin kök ve sürgünlerinde mangan konsantrasyonları azalmıştır. E108 çeltik çeşidinde gözlenmeyen, fakat I409

çeltik çeşidinin özellikle de köklerinde demir eksikliği koşullarında kontrole göre daha yüksek K konsantrasyonları rapor edilmiştir. Demir eksikliği her iki çeltik çeşidinin köklerinde ve sürgünlerinde düşük kükürt (S) konsantrasyonlarına neden olduğu bildirilmiş olup, bu durumun muhtemelen bitkilerin S asimilasyonu için Fe'e gereksinim duymasından kaynaklandığı öne sürülmüştür.

Sun vd, (2007), proteinlerde ve lipitlerde Fe eksikliğine bağlı oksidatif hasarı önlemek için bitkilerde Fe homeostazının sıkı bir şekilde düzenlenmesi gerektiğini rapor etmişlerdir.

Lucena vd, (2007), alkalın karakterli toprakta ve yüksek bikarbonat konsantrasyonunda, okside olan Fe^{+3} iyonunun çok az bir çözünürlüğe sahip olduğunu ve böylece bu iyonun bitki kökleri tarafından absorbe edilmesinin sınırlı olduğunu bildirmişlerdir

Inoue vd, (2008), gramineli bitki türleri arasında demir noksanlığına tolerans farklılıklarının, bu bitkilerin ortama serbest olarak bıraktıkları mugineik asitlerin miktarları ve türleri ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Stein vd, (2009), Bitki yetiştirme ortamında Fe eksikliğinin; bitkide klorozu indüklediği fotosentetik aktiviteyi azalttığı, yaprak ve kök yaşlanmasına sebebiyet verdiğini bildirmişlerdir.

Rong-li vd, (2012), aerobik şartlarda yetiştirilen çeltik bitkisinden salgılanan fitosiderofor (PS) miktarının Fe eksikliği koşulları altında artmadığını bildirmişlerdir.

Selby-Pham vd, (2017), tarafından yapılan bir çalışmada, 5 hafta süre ile hidroponik olarak yetiştirilen çeltik bitkilerinde ilk haftadan Fe eksikliğine maruz bırakılmanın sonucunda, en genç yaprak dokularının SPAD metre ölçüm değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalma görüldüğü tespit edilmiş; fakat bitki taze ağırlığında önemli bir değişiklik saptanmamıştır.

Kumar vd, (2013), SPAD okuma değerlerinin, bitkilerde klorofil konsantrasyonunun dolaylı ölçümleri olduğunu belirterek; SPAD okuma değerinin ne kadar yüksek bir değeri gösterir ise, yaprak kloroz derecesinin de o derece düşük bir sayı değerini göstereceğini bildirmiştir.

Nozoye vd, (2014), çeltik bitkisinin günün sabah saatlerinde salgıladığı DMA seviyesinin, öğleden sonra veya gece saatlerinde salgıladığı DMA seviyesinden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Chen vd, (2014), tohumunda yüksek demir birikimine sahip bir çeltik çeşidi olan H9405 ile tohumda düşük Fe birikimine sahip bir çeşit olan Yangdao-6 çeşidinde yürütmüş oldukları bir çalışmada demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen her iki çeltik çeşidinin klorofil içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. H9405 ve Yangdao-6 çeltik çeşitlerinde klorofil-a kapsamının sırasıyla % 49.1 ve % 47.3; klorofil-b kapsamının sırasıyla % 50.0 ve % 38.5; klorofil (a+b) kapsamının sırasıyla % 47.8 ve % 45.4; karotenoid içeriğinin ise sırasıyla % 36.8 ve % 21.2 oranlarında azaldığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ayrıca H9405 çeltik çeşidinin sürgünlerindeki Fe içeriğinin, Yangdao-6 çeltik çeşidinkinden 1-3 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir. Buna karşın Yangdao-6 çeşidinin kökünde Fe içeriği, H9405 çeşidinkine göre daha yüksek bulunmuştur. Çeltik çeşitleri demirce noksan ortamlara nakledildikten sonra, farklı organlarında demir kapsamlarının azaldığı rapor edilmiştir.

Chen vd, (2014), tarafından yapılan bir çalışmada demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik bitkisi yaprağında klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil (a+b) ve karotenoid kapsamlarının kontrole kıyasla sırasıyla % 49.1, % 50,0, % 47.8 ve % 36.8 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen bitkinin tüm yapraklarında kloroz ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, demirce yeterli ortam koşullarında çeltik bitkisinde sürgün / kök oranının 3.23 iken; demir noksanlığı şartlarında bu oranın 5.15'e yükseldiği bildirilmiştir. Ayrıca yürütülen bu çalışmada demir eksikliği olan yapraklarda askorbat peroksidaz aktivitesi azalmıştır. Bu sonucun şaşırtıcı olmadığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Çünkü demir, peroksidazlar içerisindeki heme reaksiyon alanında vazgeçilmez bir bileşendir. Diğer yandan askorbat rejenerasyonunda anahtar rol oynayan monodehidroaskorbat redüktaz, hidroksiasilglutasyon hidrolaz ve glutasyon stransferaz aktivitesinin arttığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ek olarak, demir noksanlığı görülen çeltik bitkisi yapraklarında, enerjiyle ilgili proteinlerin bolluğunun arttığı belirtilmiştir. Hem kök hem de yapraklarda, enerji metabolizması (ATP sentezi, glikoliz ve TCA döngüsü) ile ilgili bazı enzimlerin arttığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Li vd, (2016), tuzlu-alkali stresine karşı iki çeltik genotipinin (Dongdao-4 ve Jigeng-88) etkisini araştırmaya yönelik yapmış oldukları bir çalışmada çeltik

genotiplerini 10 mM Na₂CO₃ ve 40 mM NaCl (pH 8.5) ilave edilmiş ortamda yetiştirmişlerdir. Konuya ilişkin araştırma bulgularında; tuzlu-alkali koşullar altında, Dongdao-4 çeltik genotipinden, Jigeng-88 çeltik genotipine göre daha fazla biyokütle ve daha büyük bir kök sistemi, daha yüksek klorofil içeriği elde edilmiştir.

Masuda vd, (2017), Fe eksikliğine toleranslı çeltik genotipleri yetiştirmek için bir dizi yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Öne sürülen ilk yaklaşımın, bitkideki mugineik asitlerin biyosentezini arttırmak olduğunu belirtmişlerdir. İkinci yaklaşımın ise çeltik bitkisinde Fe (III) ferrik redüktaz aktivitesini arttırmak olduğunu bildirmişlerdir. Üçüncü yaklaşımın ise çeltik bitkisinde Fe homeostazı ile ilgili genleri kontrol eden transkripsiyon faktörlerinin ekspresyonunu arttırmak olduğunu bildirmiştir.

Wang vd, (2017), demir eksikliğine yanıt olarak bitkide tilakoid membranların bileşenlerinde ve yapısındaki değişiklikleri ve fotosentetik performansı incelemek için Çin’de yaygın olarak kültüre alınan yüksek verimli bir hibrit çeltik çeşidi olan LYPJ üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma bulgularına göre, fotosistem I (PSI)’in demir eksikliği için birincil hedef olduğunu gösterirken; fotosistem II (PSII)’deki değişiklikler, fotosentetik bileşenlerin diferansiyel bozunmasının neden olduğu bozulmuş enerji kullanımı ve dağılımında bir dengenin yeniden sağlanması için önemli bulunmuştur. Birim taze ağırlık bazında klorofil içeriği, klorotik yapraklarda büyük ölçüde azalmıştır. Klorofil-a ve klorofil-b kapsamında sırasıyla % 77 ve % 82 oranında azalma gözlenmiştir. Toplam karotenoid içeriği, demir eksikliği gösteren yapraklarda kontrole kıyasla yaklaşık % 45 daha düşük bulunmuştur.

Quian vd, (2016), tarafından yapılan bir çalışmada, Dongdao-4 çeltik genotipinin hem kontrol hem de tuzlu-alkalin koşullar altında, Jigeng-88 genotipine göre daha yüksek sürgün Na⁺ / K⁺ oranına sahip olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, Dongdao-4 çeltik genotipi, tuzlu-alkalin koşullar altında, Jigeng-88 genotipinden daha güçlü rizosferik asitleme açığa çıkartmıştır. Bu da transkripsiyon seviyesinde H⁺-ATP_{az}’ların daha fazla düzenlenmesini sağlamıştır. Bununla birlikte, Dongdao-4’ün sürgün ve köklerindeki Fe konsantrasyonlarının, Jigeng-88’dekinden daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve ayrıca Dongdao-4’te Jigeng-88’e kıyasla tuzlu-alkalin koşullar altında daha yüksek bir fitosiderofor eksüdasyonu belirlenmiştir. Dongdao-4 çeltik genotipinde demir noksanlığına cevap veren genler olan OsIRO2, OsIRT1, OsNAS1, OsNAS2, OsYSL2 ve OsYSL15’in, Jigeng-88 genotipine göre daha

kuvvetli bir şekilde düzenlendiğini ve bu durum Dongdao-4 çeltik genotipinin Fe eksikliğine daha fazla tolerans göstermesini sağlamıştır.

3.2. Demir Toksisitesi ile İlgili Literatür Özetleri

Ponnamperuma vd, (1955), aşırı demir yükünden etkilenen çeltik bitkilerinin, yaprak uçlarından başlayarak alt yaprakların tabanına doğru yayılan küçük kahverengi lekeler şeklinde belirtiler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tadano (1976), çeltik çeşitlerinde demir toksisitesi değişkenliğinden sorumlu üç mekanizma olabileceğini bildirmiştir. Bu mekanizmalar: i) rizosferde Fe^{+2} 'nin oksidasyonu, ii) Fe^{+2} 'nin kök yüzeyinden uzak tutulması ve iii) Kök dokularında demirin tutulmasını takiben kökten sürgünlere bu elementin taşınımının engellenmesidir.

Greipsson ve Crowder (1992), demir plak oluşumunun bitkilerin gelişimini artırabileceğini ve çeltik fidelerindeki aşırı Cu, Ni ve Zn toksisitesini azaltabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Mendelsohn vd, (1995), kök demir plak oluşumunun varlığı ve derecesinin çoklu abiyotik ve biyotik faktörler tarafından kontrol edildiğini bildirmişlerdir.

Snowden ve Wheeler (1995), çeltik bitkilerinin köklerinde bir dışlama mekanizması yoluyla bir demir plağın oluştuğunu ve bu sayede bitkide demir ve bazı minerallerin emiliminin sınırlanabileceğini bildirmişlerdir.

Smolders ve Roelofs, (1996), bitki kökünde demir plak oluşumunun, anoksik ve su taşkınlarına maruz kalan ortamlarda yetiştirilen sulak alan bitkileri için bir hayatta kalma stratejisi olduğunu rapor etmişlerdir.

Becana vd, (1998), serbest Fe^{+2} iyonunun, bitki hücreleri içerisinde Fenton reaksiyonu yoluyla tekli oksijen, süperoksit radikalleri (O^{-2}), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali ($OH\cdot$) dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu hızlandırdığını bildirmişlerdir. ROS'un, toksik olup; lipidlere, proteinlere ve nükleik asitlere verilen zararlar doğrudan ilişkili olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Zhang vd, (1998), çeltik köklerindeki demir plağın, gelişme ortamından çinko ve fosforu alıp, biriktirebileceğini rapor etmişlerdir.

Emerson vd, (1999), sulak alan bitki köklerinin her yerinin demir oksitlerle ya da diğer bir deyişle, kök demir plakları ile kaplandığını bildirmişlerdir.

Audebert ve Sahrawat (2000), bitkide demir toksisitesine bağlı verim kayıplarının genellikle % 15 ila % 30 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Liu vd, (2004), demir plakların yaygın olarak *Oryza sativa*, *Typha latifolia* L. ve *Phragmites australis* (kamış) gibi sucul bitki türlerinin köklerinde oluştuğunu bildirmişlerdir. Demir plakların amorf veya kristal olabileceği bildirilmiştir (Bacha ve Hossner, 1977; Chen vd, 1980). Demir plakların; esas olarak ferrihidrit (% 63), goetit (% 32) ve az miktarda siderit (% 5) içerdiği bildirilmiştir. (Hansel vd, 2001).

Liu vd, (2004), artan konsantrasyonda Fe stresine maruz bırakılan bitkilerin köklerinde oluşan demir plakların ihtiva ettiği demir miktarının bitki genotiplerine göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Liu vd, (2004), demir plağın varlığının, potansiyel fitotoksik metallerin ve metaloidlerin bitki dokularına alımını azaltmak için bir bariyer veya bir tampon gibi hareket edebileceğini ileri sürmüşlerdir.

Liu vd, (2004), kök demir plağının, çeltik bitkilerinde Al, As, Sb, Pb ve Zn alımını azalttığını bildirmişlerdir.

Smirnoff (2005), enzimatik olmayan mekanizmaların, indirgenmiş glutatyon, a-tokoferol, askorbik asit ve karotenoidler gibi organik bileşikler yoluyla oksijen reaktif türlerini nötralize edebileceğini rapor etmiştir.

Asch vd, (2005), bazı çeltik genotiplerinin yapraklarında toksisite belirtileri göstermeksizin, yüksek demir seviyeleri biriktirebileceğini bildirmişlerdir.

Tiryakioğlu vd, (2006), bitkilerin ROS'u uzaklaştırmak ve zararlı etkilerini azaltmak için birkaç koruyucu enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizma geliştirdiğini rapor etmişlerdir. CAT, peroksidazlar, askorbat peroksidaz, SOD ve glutatyon redüktaz gibi ROS temizleme enzimleri ile glutatyon, askorbat ve karotenoidler gibi birtakım antioksidanların bitkilerde ROS detoksifikasyonunu gerçekleştirdiği yine aynı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Mehraban vd, (2008), tarafından yapılan bir çalışmada çeltik bitkisinde demir toksisitesinin etkisi ve potasyum beslenmesinin demir toksisitesini iyileştirmedeki etkisi araştırılmıştır. Söz konusu çalışma sera koşullarında yürütülmüş olup, çeltik

bitkileri kum kültürü ortamında Yoshida besin solüsyonu ile doymuş şartlar altında yetiştirilmiştir. Besin solüsyonuna 5 farklı konsantrasyonda demir (10, 50, 100, 250 ve 500 mg Fe L⁻¹) Fe-EDTA formunda; potasyum ise; kontrol, 200 ve 400 mg K L⁻¹ olarak KCl formunda uygulanmıştır. Araştırma bulgularına göre; en iyi bitki gelişiminin, demir konsantrasyonunun 10 ila 50 mg Fe L⁻¹ olduğu besin solüsyonlarında yetişen bitkiler olduğu görülmüştür. Buna karşın toksisiteye bağlı olarak ortaya çıkan bitki büyüme ve gelişme geriliğinin ise demir konsantrasyonu 250 ila 500 mg Fe L⁻¹ olan besin solüsyonlarında yetişen bitkilerde görülmüştür. 250 ve 500 mg Fe L⁻¹ içeren besin çözeltisi uygulamaları dışındaki diğer demir çözeltisi uygulamalarında çeltik bitkileri Fe toksiklik belirtileri göstermemiştir. Çeltik bitkisinin gelişme ortamında demir konsantrasyonunun artması, bitkinin kök ve sürgün demir içeriklerinde önemli derecede bir artışa neden olmuştur. Demirce toksik ortam koşullarında bitkinin sürgün / kök oranı arttığı rapor edilmiştir. Çeltik bitkisinin kök gelişme ortamında demir konsantrasyonunun artması, yaprakların klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamalarında önemli azalmalara neden olmuştur Potasyum beslenmesinin, çeltik bitkisi gelişimi üzerine demir stresinin etkisini iyileştirmedeği rapor edilmiştir. Aşırı demir çözeltisi uygulamaları, düşük dozda uygulanan demire göre, çeltik bitkisinin hem yapraklarında hem de sürgünlerinde daha fazla demir birikmesine neden olmuş; ancak potasyum konsantrasyonunun daha da azalmasına neden olmuştur. Bitkilerde demir birikiminin, potasyum beslenmesi ile etkilenmediği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Toksik demir seviyesinin çeltik bitkisinde; hidrojen peroksit, fenolik içeriği, lipid peroksidasyonunu, peroksidaz aktivitesini arttırdığı; buna karşın katalaz aktivitesini azalttığı rapor edilmiştir. Ayrıca toksik demir seviyesinde çeltik bitkisinde toplam klorofil, çözünebilir protein ve karbonhidrat içeriklerinin azaldığı, fakat amino asit içeriğinin arttığı bildirilmiştir. Çeltik bitkisinin kök ortamında demir konsantrasyonunun artması bitkinin nisbi su içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Aynı zamanda gelişme ortamına potasyumlu gübre uygulanması (400 mg K L⁻¹) çeltik bitkisinin nisbi su içeriğinde önemli bir azalmaya neden olmuştur. Araştırmacılar, çeltik bitkisinde demir toksikliğinin daha büyük oksidatif stresi indüklediğini ve bitkide potasyum beslenmesinin sürgünlerde demir birikimini önlemede etkisiz olduğunu bildirmiştir.

Fageria vd, (2008), bitkiler üzerindeki görsel toksisite belirtileri ile toprak ve bitki doku testlerinin, demir toksisitesinin tanımlanması için önemli tanı teknikleri olduğunu bildirmişlerdir.

Fageria vd, (2008), asit karakterli topraklara kireçleme materyali ilavesinin, toprak verimliliğini arttırmaya yönelik uygulamaların, arazide uygun toprak drenajının sağlanmasının, Fe^{+2} alımına karşı manganezin (Mn) antagonistik bir element olarak kullanılmasının ve gelişme ortamındaki yüksek Fe^{+2} konsantrasyonuna dayanıklı çeltik çeşitlerinin ekilmesi gibi işlemlerin demir toksisitesinin etkisini hafifletmede etkili olabileceğini rapor etmişlerdir.

Fageria vd, (2008), çeltik çeşitlerinin Fe toksisitesine tolerans veya hassasiyetine bağlı olarak bitkide verim kayıplarının değişebileceğini belirtmişlerdir.

Fageria vd, (2008), demir toksisitesini indükleyen başlıca faktörlerin; demirin ana materyalden toprak çözeltisine salınması, oksidasyon redüksiyon potansiyelinde azalma, iyonik kuvvette görülen artış, düşük toprak verimliliği, düşük toprak pH'sı, toprak organik madde içeriğinin azlığı, toprakta düşük mikrobiyal aktivite, demirin diğer elementlerle olan etkileşimi ve bitki genetik çeşitliliği olduğunu bildirmişlerdir.

Fageria vd, (2008), indirgen veya sular altında kalmış topraklarda Fe^{+2} konsantrasyonunun bitkinin ihtiyaç duyduğu konsantrasyonundan yüksek olduğunda, ferrous demirin çeltik bitkileri için toksik olabileceğini bildirmişlerdir.

Olaleye vd, (2009), çeltik genotiplerinin Fe toksisitesine tolerans bakımından büyük farklılıklar gösterdiğini belirtmiş ve birçok çeltik çeşidinin, ortamdaki Fe^{+2} konsantrasyonuna karşı herhangi bir toksisite belirtisi göstermeksizin büyümesini sürdürebileceğini rapor etmişlerdir.

Deng vd, (2009), çeltik bitkilerinin farklı mekanizmalar sayesinde demir fazlalığından kaynaklanan stres ile başa çıkabildiğini bildirmişlerdir.

Saikia ve Baruah (2012), üç farklı çeltik çeşidini (Mahsuri, Ranjit, Siyal Sali) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ formundaki dört farklı demir (kontrol, 100, 200 ve 300 $mg\ kg^{-1}\ Fe^{+2}$) konsantrasyonundaki ortamda yetiştirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre; gelişme ortamındaki 300 $mg\ kg^{-1}\ Fe^{+2}$ 'nin, Ranjit ve Siyal Sali çeltik çeşitlerinin yapraklarında ciddi bronzlaşmaya neden olduğu belirtilmiştir. Mahsuri çeltik çeşidinin diğer çeşitlere göre daha yüksek toplam çözünür protein ihtiva ettiği ve ayrıca daha yüksek süperoksit dismutaz ve katalaz aktivitesi gösterdiği rapor edilmiştir. Ranjit ve Siyal Sali çeltik

çeşitlerinin, gelişme ortamındaki yüksek Fe seviyesinde peroksidaz ve polifenol oksidaz aktivitelerinde bir artış eğiliminin olduğu bildirilmiştir. Ranjit ve Siyal Sali çeltik çeşitlerinde süperoksit dismutaz ve katalaz aktivitelerinde önemli düşüşler gözlenmiştir.

Saikia ve Baruah, (2012), demir toksisitesine toleranslı çeltik genotiplerinin belirlenmesinin, Fe toksisitesi ile başa çıkmada etkili bir biyolojik ve aynı zamanda çevre dostu bir yaklaşım olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Samaranayake vd, (2012), yaptıkları bir çalışmada aşırı miktarda demir iyonlarının (Fe^{+2}) çeltik bitkisinde büyüme ve demir içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada iki farklı çeltik çeşidi kullanılmıştır. Bu çeltik çeşitlerinden Bw 272-6b çeşidinin, Fe^{+2} stresine hassas bir çeşit olduğu; Bw 267-3 çeşidini ise demir stresine dayanıklı bir çeşit olduğu öncesinde bilinmektedir. 21 günlük bitkilere ait olan besin solüsyonu içerisine $FeSO_4$ formunda 250 mg Fe^{+2} L⁻¹ ilave ederek bitkiye demir stresi uygulamışlardır. Bitkiler, Fe^{+2} stresinin uygulanmasından 14 gün sonra hasat edilmiştir. Araştırma bulgularına göre; tüm çeltik bitkilerinin sürgünlerinde kuru ağırlığın göreceli olarak azaldığı ifade belirlenmiştir. Bununla birlikte, sürgün kuru ağırlığının göreceli azalması Bw 272-6b çeşidinde, Bw 267-3 çeltik çeşidine göre 10 kat daha fazla bulunmuştur. Her iki çeltik çeşidinin kök kuru ağırlıkları, demir stresinden önemli bir şekilde etkilenmediği belirtilmiştir. Demir stresi koşulları altında, her iki çeltik çeşidinin köklerindeki demir içerikleri, kontrol uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca hassas çeşidin köklerindeki demir içeriği, dayanıklı çeşidin köklerindeki demir içeriğine kıyasla daha yüksek bir değer bulunmuştur. Demir stresi altındaki her iki çeşidin sürgünlerinin demir içeriği, kontrol uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Demir stresi altında iki çeltik çeşidinin sürgünlerindeki demir içerikleri arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen; bu çeşitlerin demir toksisitesine bağlı olarak ortaya çıkan yaprak semptomları değerlendirildiğinde, duyarlı çeltik çeşidine görsel ölçekte 7 puan verilir iken; dayanıklı çeltik çeşidine sadece 1 puan verilmiştir. Bu gözlemle ilgili iki olası neden önerilmiştir. İlk olarak, dayanıklı çeşidin sürgün sistemi, hücre hasarına neden olmadan demirleri dokularında bölme mekanizmasına sahip olabilirken; duyarlı çeşidin böyle bir mekanizmaya sahip olmadığı bildirilmiştir. Çeltik bitkisinin değişik organlarında farklı demir dağılım seviyelerinin olduğu ve demir toksisitesine çok duyarlı varyetelerde demir bariyerinin bulunmadığı bildirilmiştir. İkinci olarak, yaprak

semptomları kök sistemi tarafından iletilen bir kimyasal sinyal ile bağlantılı olabildiği düşünülmüştür. Kök sisteminde önemli ölçüde daha fazla demir içeriğine sahip olan, duyarlı çeşitlerin kökleri tarafından iletilen sinyal, dayanıklı çeşitlerin düşük demir içeren kök sistemi tarafından iletilen sinyalden daha güçlü olabildiği bildirilmiştir. Her ne kadar hassas ve dayanıklı çeltik çeşitlerinin sürgünlerindeki demir içeriği önemli ölçüde farklı olmasa da, bitki yapraklarındaki toksisite belirtilerinin duyarlı çeltik çeşidinde daha şiddetli olduğu rapor edilmiştir. Ferrous demir stresi, dayanıklı ve hassas çeltik çeşitlerinin sürgün kuru ağırlıklarını olumsuz etkilemiştir. Bununla birlikte, demir toksisitesine karşı hassas bir çeşit olan Bw 272-6b çeltik çeşidinin sürgün kuru ağırlığında önemli bir azalma görülmüştür. Sürgün kuru ağırlığının göreceli azalması, Bw 272-6b çeşidinde, Bw 267-3 çeşidine kıyasla 10 kat daha büyük olmuştur.

Saikia ve Baruah (2012), demir toksisitesinden bitkinin kendisini koruma stratejilerinin; süperoksit dismutaz, katalaz ve askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin etkilerini içeren enzimatik mekanizmalar yoluyla gerçekleştirebileceğini bildirmişlerdir.

Mbonankira vd, (2015), Bitkide demir (Fe^{+2}) toksisitesini hafifletmede silisyumun etkisini araştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. 4 farklı çeltik çeşidi, 2 farklı demir (0 ve $250 \text{ mg } Fe^{+2} \text{ L}^{-1}$) ve silisyum (0 ve $250 \text{ mg } SiO_2 \text{ L}^{-1}$) dozlarında hidroponik şartlar altında yetiştirilmiştir. Araştırma bulgularına göre; besin solüsyonuna $250 \text{ mg } Fe^{+2} \text{ L}^{-1}$ uygulandığında bitkiler Fe^{+2} toksisitesine maruz kalmıştır. Buna karşın bitki besin solüsyonuna silisyum ilavesi, bitkide demir toksisite semptomlarını hafifletmeye yardımcı olmuştur. Bitki yapraklarının bronzlaşma indeks değeri ve yaprak dokusundaki Fe konsantrasyonu, besin solüsyonuna ilave edilen Fe^{+2} ile artış göstermiş; ancak besin solüsyonuna $250 \text{ mg } SiO_2 \text{ L}^{-1}$ ilave edilmesiyle bu değerlerde önemli ölçüde azalmalar görülmüştür. Hidroponik şartlar altında bitki besin solüsyonuna aşırı miktarda demir ilavesiyle yetiştirilmiş olan 4 farklı çeltik çeşidinin yaprak kuru ağırlığında, kontrol uygulamalarına kıyasla azalmaların olduğu rapor edilmiştir. Bu azalma değerlerinin çeltik çeşitlerine göre değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Oksidatif stresin bir göstergesi olarak yaygın bir şekilde kullanılan malondialdehit (MDA) konsantrasyonu, besin çözeltisine ilave edilen demir uygulaması ile artmıştır. Fakat demir uygulanan besin çözeltisine, $250 \text{ mg } SiO_2 \text{ L}^{-1}$ ilavesi ise malondialdehit artışını önemli ölçüde sınırlandırmıştır. Bununla birlikte

besin çözeltilisinde Fe^{+2} mevcut iken, bu çözeltiye ilave edilen silisyumun, çeltik bitkilerinde antioksidan enzimlerin (katalaz ve askorbat peroksidaz) ve enzimatik olmayan antioksidanların (toplam askorbat, indirgenmiş askorbat, oksitlenmiş askorbat ve indirgenmiş formların oranı) aktiviteleri üzerinde önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Sonuç olarak, silisyumun, doğrudan çeltiğin antioksidan savunma sistemine etki etmediğini; ancak bitkide Fe^{+2} konsantrasyonunu azalttığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Nyamangyoku ve Bertin (2013), yaptıkları bir çalışmada iki farklı çeltik türünü (*Oryza glaberrima* Steud ve *Oryza sativa* L.) iki farklı demir konsantrasyonunda (0 ve 250 mg Fe^{+2} L⁻¹) hidroponik yetiştirme tekniği ile 28 gün boyunca yetiştirmişlerdir. Yüksek demir uygulamasının bitkilerde ortaya çıkardığı direnç mekanizmaları ve stratejilerini anlamaya yönelik olarak yürütmüş oldukları bu çalışmada bitkilerde yaprak kuru ağırlığı, kök organik maddesi, yaprak bronzlaşma indeksi, yaprak ve kök Fe konsantrasyonu, yaprak ve kök mineral konsantrasyonu ile yaprak ve kök büyümesindeki azalmalar belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre; yaprak demir konsantrasyonu ve yaprak bronzlaşma seviyesinin birbirleri ile pozitif ve yüksek derecede korelasyon gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca bu iki parametrenin de yaprak kuru ağırlığı ile negatif ve yüksek oranda korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir. Ek olarak, demir plağın (coating) ağırlığı, yaprakların bronzlaşma seviyesi ve demir konsantrasyonu ile pozitif; fakat demir uygulanan bitkinin kök organik maddesi ile negatif korelasyon göstermiştir. Araştırmacılar deneysel koşullarda demir kaplamanın, bir direnç mekanizması olarak değil de, ferrous demir toksisitesine duyarlılık belirtisi olarak düşünülmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca *Glaberrima* çeltik türünün hem kontrol hem de demir ilave edilen koşullar altında diğer çeltik türüne göre daha yüksek biyokütle sağladığı ve aynı zamanda düşük bronzlaşma seviyeleri gösterdiği bildirilmiştir.

Chalmardi vd, (2014), yapmış oldukları bir çalışmada Fe -stresi altındaki bitkilerin hem köklerinde hem de sürgünlerinde askorbat peroksidaz aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Ek olarak, demir toksisitesinin bitki dokularında hidrojen peroksit ve lipid peroksidasyonunu arttırdığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Altuba vd, (2015), sucul bitkilerin demir toksisitesinden kaçınmak için, rizosferinde Fe^{+2} oksidasyonu gerçekleştirme, kökleriyle Fe^{+2} alımını engellenmesi, aşırı Fe^{+2} iyonunu apoplast ve vakuollerinde biriktirme ve reaktif oksijen türlerini

antioksidan enzimler yoluyla detoksifikasyonu gibi bir dizi direnç mekanizmaları gösterebileceğini rapor etmişlerdir.

Atulba vd, (2015), kök oksidasyon potansiyeli yüksek olan çeltik çeşitlerinin, dış kök yüzeyinde Fe plakları şeklinde daha fazla Fe çöktürdüğünü bildirmişlerdir.

Panda vd, (2016), iki tropikal indica çeltik çeşidinde (Sharbati ve Lalat) demir homeostazının etkisini incelemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar çeltik bitkilerini olgunlaşma dönemine kadar 5 farklı konsantrasyonda Fe (0.05, 2, 5, 15, 50 mg Fe L⁻¹) içeren besin çözeltisinde hidroponik şartlarda yetiştirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre; 15 mg Fe L⁻¹ konsantrasyonunun üzerindeki diğer konsantrasyonlarda yetiştirilen bitkilerde gelişim olumsuz bir şekilde etkilenmiştir. Ayrıca bitkide Fe stresinin etkileri, dansinde yüksek demir içeriğine sahip Sharbati çeşidi üzerinde danede düşük Fe içeren Lalat çeşidine göre daha belirgin bulunmuştur. Bayrak yaprağının net fotosentez hızı ve stoma iletkenliği, yetiştirme ortamındaki demir seviyesindeki artışla (0.05 mg kg⁻¹'den 2 mg kg⁻¹'e) birlikte yükselmiş; fakat daha sonra her iki çeltik çeşidinde marjinal olarak azalma göstermiştir. Bununla birlikte, Lalat çeşidinde yetiştirme ortamındaki daha yüksek Fe seviyelerinde stoma iletkenliği önemli ölçüde bir azalma göstermiştir. Ferritin proteini ve aconitase aktivitesi, 5 mg Fe L⁻¹ konsantrasyonuna kadar artış göstermiştir. Lalat çeltik çeşidi, ferritin proteinini, Sharbati çeltik çeşidinden çok daha yüksek Fe seviyesinde sentezlemeye devam ettiği ve ayrıca Lalat çeşidinin peroksidaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon redüktaz aktivitelerinin diğer çeşide göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Lalat'ın Fe stresine toleransının, daha yüksek antioksidatif enzim aktivitesine sahip olmasından ileri geldiği ve böylelikle oksidatif stresin serbest radikallerini bertaraf etme kabiliyetinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Liu vd, (2017), demir (Fe), kadmiyum (Cd) ve Fe ve Cd'un birlikte toprağa uygulanmasını iki farklı çeltik çeşidinde (Shendao 6 ve Shennong 265) fotosentez indeksler ve bazı antioksidatif enzimler üzerine etkisini araştırmak için bir saksı çalışması yürütmüşlerdir. Öncesinde deneme toprağının Fe ve Cd konsantrasyonları sırasıyla 0, 1.0 g Fe kg⁻¹ ve 0, 2.0 mg Cd kg⁻¹ bulunmuştur. Fotosentetik indeksler ve antioksidatif enzim aktiviteleri çeltik bitkilerinin farklı büyüme aşamalarında belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre; Cd elementi, Shennong-265 çeltik çeşidinin erken büyüme evresinde fotosentez hızı üzerine geçici bir uyarıcı etki gösterirken; Shendao-6 çeltik çeşidinde fotosentez hızı, hücreler arası CO₂

konsantrasyonu, stoma iletkenliği ve terleme etkinliği üzerinde geçici bir uyarıcı etki göstermiştir. Ayrıca Cd'nin, süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) aktivitelerini artırabildiğini; ancak her iki eltik çeşidinde de malondialdehit (MDA) ve çözünür protein içeriğini azaltabildiği araştırıcılar tarafından bildirilmiştir. Bununla birlikte Cd, bitkinin olgunlaşma aşamasına kadar fotosentezi ve SOD aktivitesini inhibe etmeye başladığı ve bu olgunlaşma aşaması bitkide en düşük fotosentetik hızı ve SOD aktivitesi ile sonuçlanmıştır. Buna karşılık, Fe'nin; bitkinin erken veya sonraki büyüme aşamasında Cd'den kaynaklı olumsuz etkileri kısmen dzeltebildiği bildirilmiştir. Özellikle bitkinin ilerleyen büyüme evresinde Fe ve Cd arasındaki etkileşimin, SOD ve katalaz (CAT) aktivitelerini ve fotosentezi arttırdığı; fakat lipit peroksidasyonunu azalttığı rapor edilmiştir. Ayrıca Shendao-6 eltik çeşidinde sürgün, kök ve dane ağrılıkları toprağa Cd eklendiğinde (Fe_0Cd_2) hafifçe azalmış; fakat toprağa $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ formunda 1 g kg^{-1} Fe eklendiğinde (Fe_1Cd_0) hafifçe artmıştır. Toprağa hem Fe hem de Cd eklendiğinde, bitki biyokütle değeri kontrole (Fe_0Cd_0) yakın bulunmuştur. Shennong- 265 eltik çeşidinde sürgün, kök ve tahılın kuru ağrılıkları, özellikle toprağa Fe eklendiğinde artış göstermiştir. Toprağa Fe_1Cd_0 uygulamasından sonra Shennong-265 eltik çeşidinde sürgün ve tane kuru ağrılıklarının en yüksek olduğu tespit edilmiş. Ek olarak, toprağa Fe_1Cd_1 uygulamasından sonra, Shennong-265 eşidinin kök kuru ağrılığının en yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca iki farklı eltik eşidinin (Shendao-6 ve Shennong-265) yapraklarında SPAD metre ölüm değerlerinin, kardeşlenme aşamasından olgunlaşma aşamasına kadar kademeli olarak azaldığı rapor edilmiştir. Tüm bitki gelişim dönemi boyunca Shennong-265 eltik eşidinin SPAD metre ölüm değerlerinin, Shendao-6 çeşidine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Toprağa Fe uygulaması sonucunda Shendao-6 eltik eşidinde SPAD metre ölüm değerleri aynı bitkinin kontrol uygulamalarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bitkinin sapa kalkma evresinde, Fe ve Cd'un ayrı olarak veya toprağa kombinasyon halinde uygulanmasıyla Shendao-6 ve Shennong-265 eltik çeşitlerinin yapraklarında SOD aktivitesi önemli lde arttığı bildirilmiştir. Sapa kalkma evresinde, $3CdSO_4 \cdot 8H_2O$ formunda 2 mg Cd kg^{-1} toprağa uygulanmasının, Shendao-6 ve Shennong-265 eltik çeşitlerinin yapraklarında POD aktivitesi önemli lde arttırdığı rapor edilmiştir. Buna karşın, olgunlaşma aşamasında Fe ve Cd toprağa uygulandığında, her iki çeşidin yapraklarındaki POD aktiviteleri en düşük bulunduğu bildirilmiştir. Toprakta kısa süreli Cd kirliliğinin POD aktivitesini artırabileceği; ancak Fe ve Cd'nin toprağa

birlikte uygulanmasından uzun bir süre sonra çeltik bitkisi yapraklarında POD aktivitesini azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Çoğu kez, iki farklı çeltik çeşidinin yapraklarındaki CAT aktivitesi, uygulamalara göre önemli farklılıklar göstermemiştir.

3.3. Çinko Noksanlığı ile İlgili Literatür Özetleri

Yoshida ve Tanaka (1969), çeltik bitkisinde çinko eksikliğinin genellikle fidelerin yetiştirme ortamına dikilmesinden 2-3 hafta sonra ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Ayrıca, Zn noksanlığında bitkide birçok semptom gözlemlendiği rapor edilmiştir. Zn eksikliğinin şiddetine bağlı olarak, bitkide yaşlı yaprakları tamamen kaplayan kahverengi lekeler ve çizgiler gelişebildiği, bitkinin bodur kaldığı, bitkide olgunluğun geciktiği ve verimde önemli bir azalma meydana geldiği belirtilmiştir. Ek olarak, çinko noksanlığın çok şiddetli olması durumunda bitki yaşamının son bulabileceği de araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Yoshida ve Tanaka (1969), Zn noksanlığının çeltikte yaprak bronzlaşmasına neden olduğunu ve bitki dikiminden 2-3 hafta sonra, yaşlı yaprakları kaplayan kahverengi lekeler ve çizgilerin geliştiğini bildirmişlerdir.

Yoshida vd, (1973), bazı çeltik çeşitlerinin çinko eksikliği görülen topraklarda yetişebilme kabiliyetinin farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca çinko eksikliğine duyarlı çeltik varyetelerinde güçsüz ve daha az bir kardeşlenmenin olduğunu bildirmişlerdir.

Forno vd, (1975), toprağın su altında kalmasının toprak çözeltisindeki çinko konsantrasyonunda önemli bir azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Toprağın suya boğulu olma süresinin uzaması durumunda, çinko konsantrasyonu 0.02 ve 0.03 mg kg⁻¹ arasında nihai bir değere doğru eğilim gösterdiği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar çinko eksikliği için kritik düşük konsantrasyonun yaklaşık 0.01 mg kg⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir.

Yoshida (1981), sulama yapılarak yetiştirilen (lowland) çeltik bitkisinde çinko noksanlığı yaygın olarak nötr ila alkali topraklarda, özellikle de kireçli topraklarda görüldüğünü bildirmiştir. Araştırmacı ayrıca ciddi bir çinko noksanlığı durumunda, dikilen çeltik fideleri öldüğünü veya doğrudan ekilen çeltik tohumların çimlenemeyeceğini bildirmiştir. Bununla birlikte çoğu durumda çinko noksanlık semptomları fide dikiminden sonraki 2-3 hafta içinde görünür bir hale geldiği ve çinko

noksanlığının kendiliğinden düzelmesinin toprağın su altında kalmasından 6-8 hafta sonra gözlenebildiği yine araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.

Cayton vd, (1985), toprakta çinko noksanlığına toleranslı çeltik çeşitlerinin daha düşük Zn gereksinimine sahip olabileceğini veya bitki köklerinden sürgünlere nispeten daha fazla çinko transloke olabileceğini rapor etmişlerdir.

Bowen (1986), toprakta çinko eksikliğinin genellikle sodik, kireçli ve organik topraklarda ve ayrıca uzun bir süre ıslak kalan topraklarda görüldüğünü bildirmiştir.

Bowen (1986), toprakta çinko (Zn) noksanlığına duyarlılık bakımından çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinin büyük farklılıklar gösterdiğini bildirmiştir.

Neue ve Lantin (1994), toprakta Zn eksikliğini, çok çeşitli toprak koşulları ile ilişkilendirmiştir: Bu toprak koşullarının: Yüksek pH seviyesi, toprakların düşük Zn içeriği ve uzun süreli su altında kalma durumu ile düşük redoks potansiyeli, yüksek organik madde ve bikarbonat içeriği, magnezyum (Mg)-kalsiyum (Ca) oranının büyüklüğü ve mevcut yarayışlı P içeriğinin fazlalığı olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Neue ve Lantin (1994), Zn noksanlık stresine maruz kalan bitkilerin bodur kaldığını ve şiddetli Zn noksanlığı altında bitki mortalitesinin yüksek olabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca çinko noksanlık şiddetinin az olması durumunda, dikimden 4-5 hafta sonra bitkilerde iyileşmelerin görülebileceğini; ancak yine de bitkide olgunlaşmada gecikme ve tane veriminde azalmanın yaygın bir şekilde görüleceğini bildirmişlerdir.

Kirk ve Bajita (1995), çeltik bitkisinde çinko eksikliğinin, yetiştirme otamındaki su taşkınlarından sonraki ilk birkaç hafta içerisinde ortaya çıktığını rapor etmişlerdir. Çinko noksanlığına rağmen hala hayatta kalan bitkilerin ise daha sonraki haftalarda (6-8 hafta) kendiliğinden iyileşebildiği; ancak bitkilerin vejetatif evresinin uzayabildiğini ve bitkide verimin ciddi bir şekilde düştüğünü rapor etmişlerdir.

Graham ve Welch (1996), dünyada tahıl üretiminde kullanılan toprakların yaklaşık % 50'sinde, bitki için yarayışlı Zn düzeyinin düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Graham vd, (1999), bitkide hafif şiddette seyreden bir Zn eksikliği durumunda, bitkinin yenilebilir kısımlarının azalıp, bitkide verimin düştüğünü ve ayrıca bitki Zn içeriğinin de azaldığını bildirmişlerdir.

Çakmak (2000), çinko eksikliğinin, membrana bağlı NADPH oksidaz ve reaktif oksijen türleri (ROS) üreten iç demir konsantrasyonuna müdahale ettiğini belirtmiş ve bu nedenle, Zn eksikliği olan yaprakların, kloroplastta foto-oksidasyon nedeniyle hasar gördüğünü ve yüksek ışık yoğunluğuna maruz kaldıklarında hızla klorotik ve nekrotik bir hale geldiğini bildirmiştir.

Dobermann ve Fairhurst (2000), çinko bakımından noksan koşullar altında yetişen bütün çeltik genotiplerinde gövdede Zn konsantrasyonu, 10-20 mg kg⁻¹'lık marjinal aralığın içinde veya altında olduğunu bildirmişlerdir.

Gao vd, (2005), yeni geliştirilen bazı aerobik çeltik genotipleri de dahil olmak üzere daha büyük bir Çin çeltik genotipi seti için çinko etkinliğindeki (ZE) varyasyonu değerlendirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre; bitki ekiminden 3-4 hafta sonra, sürgün uzamasının azalması ve yapraklarda beyazımsı kahverengi nekrotik lekeler gibi Zn eksikliğinin görsel belirtileri ortaya çıkmıştır. 23 farklı çeltik genotipi arasında çinko noksanlık semptomlarının şiddetinde de büyük farklılıklar gözlenmiştir. K150, Han297, Yuefu, Xieyou10 ve IR26 çeltik genotipleri şiddetli çinko noksanlık belirtileri göstermiştir. Buna karşın; Han44, Hongkelaoshuya, Jindao305 ve IR8192-31 gibi diğer çeltik genotipleri, çinko uygulanmayan koşullar altında bir çinko noksanlık belirtisi göstermemiştir. Çinko uygulamalarında ise tüm çeltik genotiplerinin iyi bir şekilde büyüyüp geliştiği ve ayrıca tüm bu genotiplerde hiçbir noksanlık belirtisinin ortaya çıkmadığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte Zn eksikliği, çoğu çeltik genotipi için hem sürgün hem de kökün kuru ağırlığında belirgin bir azalmaya neden olmuştur. Gövde bazı ZE % 50 ila 98 arasında değişmiştir. Gövdede çinko etkinliği daha geniş bir aralık gösterse de kök bazı çinko etkinliği ile uyum göstermemektedir. Aerobik çeltik genotiplerinden olan Hongkelaoshuya, Han44 ve lowland genotiplerinden IR8192-31, Jindao305, Zn eksikliğine en toleranslı genotipler olup, ZE değerleri % 95 civarında bulunmuştur. Aerobik genotiplerden olan K150 ve lowland genotiplerinden olan Yuefu, Xieyou10, IR26'da ZE değerleri % 50 ila % 61 değişmekte olup, bu genotipler en hassas genotipler bulunmuştur. Ek olarak, lowland genotiplerinin genellikle aerobik genotiplerden daha düşük çinko etkinliğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Hongkelaoshuya, Han44, IR8192-31 genotipleri de dahil Zn etkin genotipler, Zn uygulamasıyla, çinkoca noksan koşullara göre benzer kök biyokütlesini koruyabilmiştir. Bunun aksine, çinkoca etkin olmayan genotiplerden

K150, Han297, Yuefu ve Xieyou10 genotipleri, çinkoca noksan koşullarda kök biyokütlesinde yaklaşık % 40 oranında bir azalma göstermiştir.

Alloway (2008), mahsul üretiminde önemli bir toprak kısıtlaması olan çinko (Zn) eksikliğinin, lowland (alçak tava) çeltik topraklarının yaklaşık % 50'sinde, özellikle de Asya'nın iç alkali / sodik ve kıyı tuzlu topraklarında yaygın bir şekilde görüldüğünü bildirmiştir.

Alloway (2008), çinko (Zn) noksanlığının, mahsul üretimini olumsuz yönde etkileyen temel bir toprak kısıtlama faktörü olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı ayrıca çinko noksanlığının özellikle karasal kesimin alkali/sodik topraklarında ve Asya'nın kıyı tuzlu toprakları başta olmak üzere, sulanabilir çeltik topraklarının yaklaşık % 50'sinde yaygın bir şekilde görüldüğünü bildirmiştir.

Frei vd, (2010), çeltik yapraklarında ne kadar fazla antioksidan birikirse, yaprak bronzlaşma semptomlarının da o derece azalacağını rapor etmişlerdir.

Humaira vd, (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, 4 farklı çeltik çeşidi hidroponik şartlarda besin solüsyonuna ilave edilen iki farklı Çinko konsantrasyonunda (0, 1 ve 2 μ M Zn) yetiştirilmiştir. Çeltik çeşitlerinde bitki boyu, ham protein, klorofil-a ve klorofil-b, toplam çinko ve demir kapsamı üzerine farklı çinko konsantrasyonunun etkisi araştırılmıştır. Araştırma bulgularına göre, 1 μ M Zn dozunda, IRRI-6 ve Basmati- 2000 çeltik çeşitleri, JP-05 ve Swat-I çeltik çeşitlerine kıyasla daha yüksek bitki boyu sağlamıştır. Ham protein içeriği, 1 μ M Zn dozunda JP-05 ve Basmathi 2000 çeşidinde maksimum seviyede iken; Swat-1 ve IRRI-6 çeltik çeşitlerinde maksimum seviyeye 2 μ M Zn dozunda ulaşmıştır. Çeltik yapraklarının klorofil-a ve klorofil-b içeriklerinde de benzer bir durum gözlenmiştir.

Lee vd, (2017) tarafından farklı çeltik genotiplerinin Zn eksikliğine karşı kök spesifik yanıtları araştırılmıştır. Araştırma bulgularına göre; hassas çeltik genotiplerinde köklerden çözünen sızıntı daha fazla bulunmuş ve Zn eksikliğinin indüklediği oksidatif strese bağlı olarak membran hasarı artış göstermiştir. Bununla birlikte, toplam kök antioksidan aktivitesi, yapraklarınkinden dört kat daha düşük bulunmuş olup, hassas ve toleranslı çeltik genotipler arasında farklılık göstermemiştir. Ayrıca araştırmacılar gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi cihazlarını kullanılarak bitki kök metabolit analizi yapmışlar. Zn eksikliğine hassas çeltik genotiplerinde gliserol-3-fosfat ve asetat birikimi olurken;

toleranslı eltik genotiplerinde ise daha az birikim olduğu rapor edilmiştir. Bitki kök metabolitlerinin Zn eksikliği koşulları altında kök hasarının biyokimyasal göstergeleri olarak kullanılabileceği de araştırıcılar tarafından rapor edilmiştir.



4. MATERYAL ve METOT

4.1. Sera Denemelerinde Kullanılan Bitki Yetiştirme Ortam Materyali

4.1.1. Kum ortamı

Sera denemelerinde (Deneme-1, Deneme-2, Deneme-3) inorganik yetiştirme ortamı materyali olarak ‘norm kumu’ kullanılmıştır. TS EN 196-1 kapsamındaki norm kuvars kumu (SiO_2), Limak Trakya Çimento Fabrika’sından tedarik edilmiştir.

4.1.2. Toprak ortamı

4.1.2.1. Deneme toprağının alındığı yer ve toprağın denemeye hazırlanması

Sera denemelerinde (Deneme-4, Deneme-5, Deneme-6) bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılan toprak materyali; Samsun ilinin Bafra ilçesinde bulunan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesine bağlı Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi’nin mevcut bir lokasyonundan ($41^\circ 33'K$, $35^\circ 51'D$) temin edilmiştir. Denemelerde kullanılan toprak materyali, araziden 0-20 cm derinlikten sert bir plastik kürek yardımı ile yeterli miktarda alınarak, temiz bir zemin üzerinde hava kuru hale gelene kadar gölgede bekletilmiştir. Kurutulan topraklarda taş parçaları, bitkisel atıklar ve kaba materyaller ortamdan uzaklaştırılmıştır. Toprak kuruduktan sonra oluşan kesekler yapısı bozulmayacak şekilde tahta tokmaklar ile parçalanmıştır. Homojen bir büyüklük sağlandıktan sonra topraklar 4 mm’lik elekten elenerek deneme materyali olarak kullanılmıştır. Ayrıca toprak örneği 2 mm’lik elekten geçirilerek, bazı fiziksel ve kimyasal analize tabi tutulmuştur.

4.1.2.2. Toprak analizinde kullanılan yöntemler

Toprak tekstürünün belirlenmesi

Toprak tekstürü, Hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Bouyoucous, 1951).

Toprak pH’sının belirlenmesi

Toprak reaksiyonu, cam elektrotlu pH-metre cihazı (Mettler Toledo, S210) ile 1:2.5’lik toprak-saf su karışımında belirlenmiştir (Richards, 1954).

Toprak tuzunun belirlenmesi

Toprak tuzluluğu, EC-metre cihazı (Mettler Toledo, FiveEasy Plus, FEP30) ile 1:2.5'lik toprak saf su karışımında belirlenmiştir (Richards, 1954).

Toprak organik maddesinin belirlenmesi

Toprakta organik madde içeriği, modifiye Walkley-Black yaş yakma metodu ile belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).

Toprak kirecinin (CaCO_3) belirlenmesi

Toprakta kireç, Scheibler Kalsimetresi yöntemi ile belirlenmiştir (Çağlar, 1949).

Toprakta toplam azot (N) tayini

Toprak örneğinin toplam azot içeriği Kjeldahl yaş yakma yöntemiyle tayin edilmiştir (Bremner ve Mulvaney, 1982).

Toprakta yarayırlı fosfor tayini

Olsen yöntemine göre, ekstrakt çözeltisine geçen fosfor, molibdofosforik mavi renk yöntemine göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Olsen vd, 1954).

Toprakta alınabilir katyonların belirlenmesi

Toprakta alınabilir durumda bulunan kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve potasyum (K) iyonları, 1.0 N amonyum asetat ekstraksiyon çözeltisi (pH:7.0) ile açığa çıkarılarak çözeltiye geçirilmiştir (Jackson, 1958) ve alev fotometresi cihazı ile Na ve K değerleri belirlenmiştir. Toprakta alınabilir Ca ve Mg miktarları ise EDTA (Versenat) titrasyonu ile belirlenmiştir (Thomas, 1982; Lanyon ve Heald, 1982).

DTPA'da ekstrakte edilebilir metalik mikro elementlerin belirlenmesi

Alınabilir demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) elementlerinin analizleri kireçli topraklar için gösterilen DTPA-TEA ekstraksiyon çözeltisiyle yapılmıştır. 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl_2 + 0,1 M triethanolamin (TEA), [pH:7.6] ekstrakt çözeltisi ile toprağın 1:2 oranında karışımı yapılmış ve bu karışım 2 saat çalkalandıktan sonra Whatman-42 filtre kağıdı ile süzölmüştür. Toprak süzöğündeki Fe, Zn, Mn ve

Cu elementleri, atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı (Perkin Elmer AAnalyst 400) ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

4.2. Sera Denemelerinde Kullanılan Çeltik Genotipleri

Sera denemelerinde kullanılan çeltik tohumları; Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından temin edilmiştir.

Çinko ve demir noksanlığına ve demir toksisitesine dayanıklı çeltik genotiplerinin belirlenmesi amacıyla kurulan denemelerde 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitler: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleridir. Bu çeltik çeşitlerinin genel özellikleri aşağıda kısaca özetlenmiştir:

4.2.1. Biga İncisi

Tescil yılı: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından *Baldo x Koral* melezlemesi sonucu 2013 yılında tescil ettirilen bir çeşittir. Morfolojik özellikleri: Bitki boyu 115-120 cm'dir. Yapraklar yarı dik ve yeşil renktedir. Sağlam saplı ve yatmaya dayanıklıdır. Çeltik bin tane ağırlığı 38-40 g'dır. Tarımsal özellikleri: 125-130 günde olgunlaşan, 700 kg/da verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Kalite özellikleri: Pirinç randımanı % 55-60 arasında pirinç randımanı verir. Tane görünüşü camsı ve mattır. Pirinç bin tane ağırlığı 26-28 g arasındadır.

4.2.2. Osmancık-97

Tescil yılı: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından *Rocca x Europa* melezinden geliştirilen ve 1997 yılında tescil ettirilen bir çeltik çeşididir. Morfolojik özellikleri: Bitki boyu 95-100 cm'dir. Yapraklar dik ve koyu yeşildir. Sağlam saplı ve yatmaya dayanıklıdır. Çeltik taneleri sarı renkli ve uzundur. Çeltik bin tane ağırlığı 33-34 g'dır. Tarımsal özellikleri: 130-135 günde olgunlaşan, yüksek verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Farklı ekolojilere uyum sağlayabilmektedir. Patolojik özellikleri: Kök boğaz çürüklüğü hastalığına dayanıklıdır. Salkım boğum ve salkım yanıklığı hastalığına toleranslıdır. Kalite özellikleri: Pirinç randımanı % 60-65'tir. Tanesi uzun, camsı ve mat görünüştedir. Pirinç bin tane ağırlığı 24-25 g'dır.

4.2.3. Hamzadere

Tescil yılı: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından *Demir x 83013-TR631-4-1-2* melezinden geliştirilen ve 2011 yılında tescil ettirilen bir çeşittir. Morfolojik özellikleri: Bitki boyu 95 cm'dir. Yapraklar yarı dik ve yeşil renktedir. Sağlam saplı ve yatmaya dayanıklıdır. Salkımlar yarı dik yapıdadır. Çeltik taneleri sarı renkli ve uzundur. Çeltik bin tane ağırlığı 37-38 g'dır. Tarımsal Özellikleri: 130 günde olgunlaşan, yüksek verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Patolojik özellikleri: Çeltik yanıklık hastalığına orta derecede toleranslıdır. Kök boğaz çürüklüğü hastalığına dayanıklıdır. Kalite özellikleri: % 60-65 arasında pirinç randımanı verir. Tane görünüşü camsı ve mattır. Pirinç bin tane ağırlığı 27-28 g arasındadır.

4.2.4. Ronaldo

Tescil yılı: İtalya'da 2010 yılında ıslah edilmiş olup, Türkiye'de 2012 yılında üretim izni alınmıştır. Morfolojik özellikleri: Bitki boyu 75-80 cm civarındadır. Sağlam sapı ve kısa boyu sayesinde yatmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Bayrak yaprağının duruşu dik olup bu sayede salkımı gizlemektedir. Dane özellikleri: Dane sarı renkli ve uzundur. Çeltik bin dane ağırlığı 32-33 g'dır. Pirinç bin dane ağırlığı ise 25-26 g'dır. Pirinç randımanı: % 62-68 arasında değişir. Tarımsal özellikleri: Olgunlaşma süresi 135-140 gün arasındadır. Yanıklık hastalığına karşı toleranslıdır. Verim durumu: Dekara 950-1300 kg arasında verim potansiyeline sahiptir.

4.2.5. Edirne

Tescil yılı: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından *Baldo x Calendal* melezinden geliştirilen ve 2004 yılında tescil ettirilen bir çeltik çeşididir. Morfolojik özellikleri: Bitki boyu 105-110 cm'dir. Yapraklar geniş ve açık yeşildir. Çeltik taneleri sarı renkli ve uzundur. Çeltik bin tane ağırlığı 38-39 g'dır. Tarımsal özellikleri: 125-130 günde olgunlaşır. Verimi Baldo çeşidi ayarındadır. Patolojik özellikleri: Kök boğaz çürüklüğü ve yanıklık hastalığına hassastır. Kalite özellikleri: Pirinç randımanı % 60 civarındadır. Pirinç tanesi uzun, geniş, camsı ve mat görünüştedir. Pirinç bin tane ağırlığı 30-32 g'dır. Pilavlık kalitesi iyi olan bir çeşittir.

4.3. Deneme 2’de Kullanılan Bentonit Materyali

Deneme 2’de kum ortamına ilave edilen soda ile aktive edilmiş bentonit materyali, Ünye Kilik Köy’ündeki Sivomatic Madencilik’e ait bentonit fabrikasından temin edilmiştir. Sodyum ile aktive edilmiş bentonite ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sodyum ile aktive edilmiş bentonite ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Analiz	Sodyum ile aktive edilmiş bentonit
Nem, %	11.5
pH (1:10 bentonit-saf su)	9.50
EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1:10 bentonit-saf su)	508.1
KDK, me / 100 g bentonit	95.8

4.4. Metot

Saksılarda kum ortamında yapılan araştırmalar, 2018-2019 yılı bahar döneminde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’ne ait bir cam serada kontrollü şartlar altında amaca uygun bir şekilde yürütülmüştür. Saksılarda toprak ortamında yapılan araştırmalar ise 2019-2020 yılı bahar döneminde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’ne ait bir serada kontrollü şartlar altında amaca uygun bir şekilde yürütülmüştür.

4.4.1. Sera Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi

Kum ortamında bazı çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinin çinko ve demir noksanlığı ile demir toksisitesine toleranslarının belirlenmesi amacıyla 3 farklı deneme (Deneme-1, Deneme-2, Deneme-3) organize edilmiştir. Toprak ortamında bazı çeltik çeşitlerinin (*Oryza sativa* L.) gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisini belirlemek amacıyla 3 farklı deneme (Deneme-4, Deneme-5 ve Deneme-6) organize edilmiştir.

4.4.1.1. Deneme 1

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 aktararak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. 5 farklı çeltik çeşidine ilişkin fideler % 0 ve % 4 kireç (CaCO_3) içeren 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 Fe-EDDHA formunda demir içeren aşağıdaki bitki besin çözeltisi verilmiştir (Zhang vd, 1998):

500 μM NH_4NO_3 ; 60 μM $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 230 μM K_2SO_4 ; 210 μM CaCl_2 ; 160 μM $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 2.5 μM MnCl_2 ; 0.75 μM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$; 3.2 μM H_3BO_3 ; 0.1 μM CuSO_4 ; 2.0 μM $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

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 ayarlanmıştır. Deneme; 2 farklı kireç dozu, 2 farklı demir dozu ve 5 farklı çeltik çeşidi üzerinden 2x2x5 faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. Denemede her muamele 3 tekerrürlü yapıldı. Deneme 50 gün sürmüştür.

Denemede fenolojik gözlemler yapılarak hasattan yaklaşık bir hafta önce çeltik çeşitlerinden taze yaprak örnekleri alınmış ve bu taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid analizleri yapılmıştır. Ayrıca hasattan bir hafta önce SPAD metre cihazı ile çeltik çeşitlerine ait taze yapraklardan ölçümler alınıp, çeşitler SPAD metre okuma değerleri yönünden değerlendirilmiştir.

Deneme süresi bitiminde çeltik bitkisinin kök ve toprak üstü aksamı hasat edilip, taze kök ağırlıkları hassas terazide (Precisa XB 620M) tartılmıştır. Çeltik çeşitleri kök ve toprak üstü aksamı şeklinde ayrılarak, 65 °C'ye ayarlı etüvde (Nüve, ES-500) 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 (Bluehouse, BH258CG, Molino) öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir.

4.4.1.2. Deneme 2

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 aktararak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. Çeltik fideleri 1 kg kuvars kumu dolu plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 bitki olacak şekilde dikilmiştir.

Çeltik çeşitlerine demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) formunda; I) 0 μM Fe (Kontrol), II) 45 μM Fe (yeterli Fe), III) 3.50 mM Fe (toksik Fe), IV) 3.50 mM Fe + % 10 bentonit (soda ile aktive edilmiş bentonit) şeklinde olmak üzere üç farklı muamele uygulanmıştır.

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 ayarlanmıştır. Deneme 50 gün sürmüştür.

Denemede Zhang vd, (1998) tarafından bildirilen ve demir içermeyen aşağıdaki konsantrasyonlarda mutlak gerekli besin maddelerini içeren bitki besin çözeltisi kullanılmıştır.

500 μM NH_4NO_3 ; 60 μM $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 230 μM K_2SO_4 ; 210 μM CaCl_2 ; 160 μM $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 2.5 μM MnCl_2 ; 0.75 μM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$; 3.2 μM H_3BO_3 ; 0.1 μM CuSO_4 ; 2.0 μM $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Denemede fenolojik gözlemler yapılarak hasattan yaklaşık bir hafta önce çeltik çeşitlerinden taze yaprak örnekleri alınmış ve bu taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid analizleri yapılmıştır. Ayrıca hasattan bir hafta önce SPAD metre cihazı ile çeltik çeşitlerine ait taze yapraklardan ölçümler alınıp, çeşitler SPAD metre okuma değerleri yönünden değerlendirilmiştir.

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.

4.4.1.3. Deneme 3

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 aktararak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. 5 farklı çeltik çeşidine ilişkin fideler % 0 ve % 4 kireç (CaCO_3) içeren 1 kg kuvars kumu dolu plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Çeltik bitkisine her kireç dozunda 0 ve 2 μM Zn dozlarında çinko sülfat içeren aşağıdaki bitki besin çözeltisi verilmiştir:

500 μM NH_4NO_3 ; 60 μM $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 230 μM K_2SO_4 ; 210 μM CaCl_2 ; 160 μM $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 2.5 μM MnCl_2 ; 0.75 μM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$; 3.2 μM H_3BO_3 ; 0.1 μM CuSO_4 ; 45 μM Fe (Fe-EDDHA)

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; 2 farklı kireç dozu, 2 farklı çinko dozu ve 5 farklı çeltik çeşidi üzerinden 2x2x5 faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür. Denemede her muamele 3 tekerrürlü yapıldı. Deneme 50 gün sürmüştür.

Denemede fenolojik gözlemler yapılarak hasattan yaklaşık bir hafta önce çeltik çeşitlerinden taze yaprak örnekleri alınmış ve bu taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid analizleri yapılmıştır. Ayrıca hasattan bir hafta önce SPAD metre cihazı ile çeltik çeşitlerine ait taze yapraklardan ölçümler alınıp, çeşitler SPAD metre okuma değerleri yönünden değerlendirilmiştir.

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.

4.4.1.4. Deneme 4

Demirli gübreleme (Fe-EDDHA) denemesi 5x2 faktöriyel deneme deseni şeklinde yürütülmüş olup, denemede 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmış ve toprağa 2 farklı düzeyde Fe-EDDHA uygulaması yapılmıştır. Toprağa uygulanan Fe-EDDHA dozları: a) Kontrol (Fe:0), b) 7 mg Fe kg⁻¹ şeklindedir. Denemede kullanılan çeltik çeşitleri: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo, Edirne'dir. Denemede her muamele 3 tekerrürlü yapılmıştır. Mutlak kuru ağırlıktaki 750 gram toprak her bir saksıya konulmuştur.

Çeltik tohumları % 5,0'lık (v/v) sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirilmiştir. 5 farklı çeltik çeşidine ilişkin çimlenmiş tohumlar, toprak ile dolu olan plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Bitki çıkışlarından sonra her saksıda 5 adet kalacak şekilde bitki seyreltme işlemi yapılmıştır.

Bitki ekiminden önce saksı toprağına Fe-EDDHA uygulaması yukarıda belirtilen dozlarda yapılmıştır. Ayrıca saksı topraklarına bitki ekiminden önce 100 mg N kg⁻¹ [(NH₄)₂SO₄ formunda], 50 mg P kg⁻¹ [KH₂PO₄ formunda], 150 mg K kg⁻¹ [K₂SO₄ formunda] uygulanmıştır. Çeltik bitkileri kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde iken bütün saksı topraklarına aynı miktarda olmak üzere 100'er mg N kg⁻¹ amonyum sülfat formunda verilmiştir.

Denemede saksılardaki su seviyesi toprak yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde tutulmuştur. Denemede bitkiler yaklaşık 80 gün süreyle yetiştirilmiş olup deneme süresince saksılardan eksilen su, çeşme su ile tartılarak tamamlanmıştır.

Denemede fenolojik gözlemler yapılarak hasattan yaklaşık bir hafta önce çeltik çeşitlerinden taze yaprak örnekleri alınmış ve bu taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid analizleri yapılmıştır. Ayrıca hasattan bir hafta önce SPAD metre cihazı ile çeltik çeşitlerine ait taze yapraklardan ölçümler alınıp, çeşitler SPAD metre okuma değerleri yönünden değerlendirilmiştir. Çeltik çeşitlerinin hepsinin başak oluşturmaları sonucunda deneme hasat edilmiştir.

Hasat, bitkilerin başak oluşturduğu dönemde toprak seviyesinden 1 cm yukarıdan olacak şekilde yapılmıştır. Hasat edilen çeltik bitkileri saf su ile yıkanıp, 48

saat süresince 65 °C'ye ayarlı bir etüvde kurutulmuştur. Kurutulan bitkilerin kuru ağırlıkları belirlenerek kuru madde verimleri tespit edilmiştir. Daha sonra kurutulan bitki örnekleri, paslanmaz çelikten yapılmış bıçaklara sahip bir öğütücüde öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir.

4.4.1.5. Deneme 5

Demirli gübreleme (Fe-III EDTA) denemesi 5x2 faktöriyel deneme deseni şeklinde yürütülmüş olup, denemede 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmış ve toprağa 2 farklı düzeyde Fe-III EDTA uygulaması yapılmıştır. Toprağa uygulanan Fe-III EDTA dozları: a) Kontrol (Fe: 0), b) 7 mg Fe kg⁻¹ şeklindedir. Denemede kullanılan çeltik çeşitleri: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo, Edirne'dir. Denemede her muamele 3 tekerrürlü yapılmıştır. Mutlak kuru ağırlıktaki 750 gram toprak her bir saksıya konulmuştur.

Çeltik tohumları % 5.0'lık (v/v) sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirilmiştir. 5 farklı çeltik çeşidine ilişkin çimlenmiş tohumlar, toprak ile dolu olan plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Bitki çıkışlarından sonra her saksıda 5 adet kalacak şekilde bitki seyreltme işlemi yapılmıştır.

Bitki ekiminden önce saksı toprağına Fe-III EDTA uygulaması yukarıda belirtilen dozlarda yapılmıştır. Ayrıca saksı topraklarına bitki ekiminden önce 100 mg N kg⁻¹ [(NH₄)₂SO₄ formunda], 50 mg P kg⁻¹ [KH₂PO₄ formunda], 150 mg K kg⁻¹ [K₂SO₄ formunda] uygulanmıştır. Çeltik bitkileri kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde iken bütün saksı topraklarına aynı miktarda olmak üzere 100'er mg N kg⁻¹ amonyum sülfat formunda verilmiştir.

Denemede saksılardaki su seviyesi toprak yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde tutulmuştur. Denemede bitkiler yaklaşık 80 gün süreyle yetiştirilmiş olup deneme süresince saksılardan eksilen su, çeşme su ile tartılarak tamamlanmıştır.

Denemede fenolojik gözlemler yapılarak hasattan yaklaşık bir hafta önce çeltik çeşitlerinden taze yaprak örnekleri alınmış ve bu taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid analizleri yapılmıştır. Ayrıca hasattan bir hafta önce SPAD metre cihazı ile çeltik çeşitlerine ait taze yapraklardan ölçümler alınıp, çeşitler SPAD metre okuma

değerleri yönünden değerlendirilmiştir. Çeltik çeşitlerinin hepsinin başak oluşturmaları sonucunda deneme hasat edilmiştir.

Hasat, bitkilerin başak oluşturduğu dönemde toprak seviyesinden 1 cm yukarıdan olacak şekilde yapılmıştır. Hasat edilen çeltik bitkileri saf su ile yıkanıp, 48 saat süresince 65 °C'ye ayarlı bir etüvde kurutulmuştur. Kurutulan bitkilerin kuru ağırlıkları belirlenerek kuru madde verimleri tespit edilmiştir. Daha sonra kurutulan bitki örnekleri, paslanmaz çelikten yapılmış bıçaklara sahip bir öğütücüde öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir.

4.4.1.6. Deneme 6

Çinkolu gübreleme ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) denemesi 5x2 faktöriyel deneme deseni şeklinde yürütülmüş olup, denemede 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmış ve toprağa 2 farklı düzeyde çinko sülfat uygulaması yapılmıştır. Toprağa uygulanan çinko sülfat dozları: a) Kontrol (Zn:0), b) 5 mg Zn kg^{-1} şeklindedir. Denemede kullanılan çeltik çeşitleri: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo, Edirne'dir. Denemede her muamele 3 tekerrürlü yapılmıştır. Mutlak kuru ağırlıktaki 750 gram toprak her bir saksıya konulmuştur.

Çeltik tohumları % 5.0'lık (v/v) sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirilmiştir. 5 farklı çeltik çeşidine ilişkin çimlenmiş tohumlar, toprak ile dolu olan plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Bitki çıkışlarından sonra her saksıda 5 adet kalacak şekilde bitki seyreltme işlemi yapılmıştır.

Bitki ekiminden önce saksı toprağına çinko sülfat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) uygulaması yukarıda belirtilen dozlarda yapılmıştır. Ayrıca saksı topraklarına bitki ekiminden önce 100 mg N kg^{-1} [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ formunda], 50 mg P kg^{-1} (KH_2PO_4 formunda), 150 mg K kg^{-1} (K_2SO_4 formunda) uygulanmıştır. Çeltik bitkileri kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde iken bütün saksı topraklarına aynı miktarda olmak üzere 100'er mg N kg^{-1} amonyum sülfat formunda verilmiştir.

Denemede saksılardaki su seviyesi toprak yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde tutulmuştur. Denemede bitkiler yaklaşık 80 gün süreyle yetiştirilmiş olup deneme süresince saksılardan eksilen su, çeşme su ile tartılarak tamamlanmıştır.

Denemede fenolojik gözlemler yapılarak hasattan yaklaşık bir hafta önce çeltik çeşitlerinden taze yaprak örnekleri alınmış ve bu taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid analizleri yapılmıştır. Ayrıca hasattan bir hafta önce SPAD metre cihazı ile çeltik çeşitlerine ait taze yapraklardan ölçümler alınıp, çeşitler SPAD metre okuma değerleri yönünden değerlendirilmiştir. Çeltik çeşitlerinin hepsinin başak oluşturma sonucunda deneme hasat edilmiştir.

Hasat, bitkilerin başak oluşturduğu dönemde toprak seviyesinden 1 cm yukarıdan olacak şekilde yapılmıştır. Hasat edilen çeltik bitkileri saf su ile yıkayıp, 48 saat süresince 65 °C'ye ayarlı bir etüvde kurutulmuştur. Kurutulan bitkilerin kuru ağırlıkları belirlenerek kuru madde verimleri tespit edilmiştir. Daha sonra kurutulan bitki örnekleri, paslanmaz çelikten yapılmış bıçaklara sahip bir öğütücüde öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir.

4.4.2. Çeltik Çeşitlerinin Gözlemsel Derecelendirilmesi

4.4.2.1. Bitkide demir noksanlığının gözlemsel derecelendirilme skalası

Bitkilerde gözlenen demir noksanlığı semptomları 1-5 skalasına (yaprak üzerindeki klorotik lekelerin şiddeti) göre; [1: Çok şiddetli, 2:Şiddetli, 3:Orta düzeyde şiddetli, 4:Az şiddetli, 5:Çok hafif veya yok] sınıflandırılmıştır (Torun vd, 2017).

4.4.2.2. Bitkide demir toksisitesinin gözlemsel derecelendirilme skalası

Çeltik bitkisi 2-5 yapraklı devrede iken demir toksisitesinin gözlemsel derecelendirilme skalası ve bu skalaya karşılık gelen semptomlar Çizelge 4.2'de verilmiştir (IRRI, 2002).

Çizelge 4.2. Çeltik bitkisinde demir toksisitesinin gözlemsel derecelendirilme skalası

Toksisite şiddet derecesi	Bitkide gözlenen semptomları
0	Gelişme ve kardeşlenme normal
1	Gelişme ve kardeşlenme normal; yaşlı yaprakların uçlarında kırmızımsı-kahverengi lekeler ya da portakal rengi oluşumu
3	Gelişme ve kardeşlenme normal; yaşlı yapraklar kırmızımsı-kahverengi, mor ya da portakal rengi ya da sarı renkli
5	Gelişme ve kardeşlenme gecikmekte, birçok yaprağın normal yeşil rengini kaybetmesi
7	Gelişme ve kardeşlenmenin durmakta; çoğu yaprağın normal yeşil renginin kaybolması veya ölmesi
9	Hemen hemen çoğu bitkinin ölmesi

4.4.2.3. Bitkide çinko noksanlığının gözlemsel derecelendirilme skalası

Çeltik bitkisi 2-4 yapraklı devrede iken, çinko noksanlığının gözlemsel derecelendirilme skalası ve bu skalaya karşılık gelen semptomlar Çizelge 4.3'te verilmiştir (IRRI, 2002).

Çizelge 4.3. Çeltik bitkisinde çinko noksanlığının gözlemsel derecelendirilme skalası

Noksanlık şiddet Derecesi	Bitkide gözlenen semptomları
1	Gelişme ve kardeşlenme normal, sağlıklı
2	Gelişme ve kardeşlenme normal, yaprakların bazal kısmında hafif yeşil rengin kaybolması
3	Hafif bodurlaşma, kardeşlenme az, bazı yaprakların bazal kısımları kahverengi ya da sarı
5	Gelişme ve kardeşlenme ciddi şekilde engellenmekte, yaprakların yaklaşık olarak yarısı kahverengi ya da sarı
7	Gelişme ve kardeşlenme durmakta, çoğu yapraklar kahverengi ya da sarı
9	Hemen hemen bütün bitkiler ölür

4.4.3. Bitki Analizleri

4.4.3.1. Bitkinin kuru kök ve sapında toplam demir ve çinko kapsamının belirlenmesi

Kurutulmuş ve öğütülmüş çeltik çeşitlerinin sap ve kök örnekleri hacimce (% v/v) 4:1'lik nitrik:perklorik asit karışımı içerisinde ve hot plate üzerinde yaklaşık bir saat 200 °C'de yakılma işlemine maruz bırakılmıştır. Yakma işleminin ardından örneklerin son hacmi 25 ml olacak şekilde saf su ile tamamlanmıştır. Ve böylece elde edilen bitki ekstraktlarındaki toplam demir, atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile Kacar ve İnal (2008)'e göre belirlenmiştir.

4.4.3.2. Bitkinin taze yaprağında klorofil ve karotenoid konsantrasyonunun belirlenmesi

Klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid konsantrasyonunu belirlemek amacıyla çeltik çeşitlerinden taze yaprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde klorofil ve karotenoid analizi aşağıdaki yönteme göre yapılmış ve hesaplanmıştır:

0.2 g taze yaprak örneği hassas bir terazide tartılıp, porselen bir havana alındı. Üzerine 0,1 g magnezyum oksit ve 0.25 g ince kum ilave edildi. Daha sonra karışım, doğrudan güneş ışığı gelmeyen loş bir yerde, soğuk ortam eşliğinde % 80'lik (v/v) aseton içerisinde homojenize edilip, filtre edildikten sonra ekstrakt aseton ile 25 ml'ye tamamlandı. Hazırlanmış örneklerin UV-Visible spektrofotometre cihazında 645, 663 ve 480 nanometre dalga boylarında absorbansları ölçüldü. Taze yapraklarda klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları aşağıdaki formüllerde belirtildiği üzere hesaplandı ve analiz sonuçları bitkide mg/g taze madde (TM) olarak ifade edildi. (Arnon, 1949; Witham vd, 1971).

$$\text{Klorofil-a, mg / g TM} = [(12.70 \cdot A_{663}) - (2.69 \cdot A_{645})] \cdot V / (1000 \cdot w)$$

$$\text{Klorofil-b, mg / g TM} = [(22.90 \cdot A_{645}) - (4.68 \cdot A_{663})] \cdot V / (1000 \cdot w)$$

$$\text{Toplam klorofil, mg / g TM} = [(20.2 \cdot A_{645}) + (8.02 \cdot A_{663})] \cdot V / (1000 \cdot w)$$

$$\text{Klorofil (a / b)} = [\text{klorofil-a} / \text{klorofil-b}] \text{ oranı}$$

$$\text{Karotenoid, mg / g TM} = (A_{480} \cdot V) / (250 \cdot w)$$

Burada;

$$A_{663} = 663 \text{ nm'deki absorbans okuma değeri}$$

$$A_{645} = 645 \text{ nm'deki absorbans okuma değeri}$$

$$A_{480} = 480 \text{ nm'deki absorbans okuma değeri}$$

$$V = \text{son hacim, ml}$$

$$w = \text{örnek miktarı, g TM}$$

4.4.3.3. Bitkinin taze yaprağında SPAD metre okuma değerinin belirlenmesi

Portatif SPAD metre cihazı (Konica Minolta SPAD-502 Plus) ile yaprakların tam ortasından okuma ölçümleri alınarak, bitkilerin SPAD metre okuma değerleri belirlenmiştir.

4.4.3.4. Bitkinin kuru yaprağında aktif demir kapsamının belirlenmesi

Aktif demir tayini amacıyla yapılan analizde, kuru yaprak örnekleri 1.0 N HCl ekstrakt çözeltisi içerisinde (1:10 yaprak / ekstrakt çözeltisi oranında) 24 saat süre ile bekletilmiş, ardından Whatman no:42 filtre kağıdından geçirilerek elde edilen

ekstraktaki aktif demir, atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir (Oserkowsky, 1933).

4.4.3.5. Bitkinin taze yaprağında bazı enzim aktivitelerinin belirlenmesi

Taze yapraklarda askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT), peroksidaz (POD) ve glutatyon redüktaz (GR) aktivitesini belirlemek amacıyla; demir noksanlığı, yeterli demir düzeyinde ve bentonitli ve bentonit ilavesiz toksik demir düzeylerinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinden ayrı ayrı besin çözeltisi uygulamasından 3 gün sonra enzim analizleri için bitkilerden taze yaprak örnekleri alınmıştır. Hasat edilen çeltik bitkisi yaprakları sıvı azotla dondurularak, biyokimyasal analizlere kadar -86 °C'de saklanmıştır. Bazı enzim analizleri için bitki ekstraktının hazırlanmasında ise aşağıdaki proses gerçekleşmiştir:

APX, CAT, POD ve GR enzimlerinin ekstraksiyonu için yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havan yardımıyla ezilip toz haline getirildikten sonra, % 1.0 (w/v) polivinil polipirrolidon (PVPP) ve 1.0 mM EDTA içeren 0,05 M sodyum fosfat tamponuyla (pH 7.8) içerisinde homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 20 dakika süresince 20.000 x g'de santrifüj edildikten sonra elde edilen süpernatantlar, enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapılınca kadar ± 4 °C sıcaklıkta tutulmuştur.

Numune ölçümleri OMÜ Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarında Analytic Jena 40 model UV-Spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Her aktivite tayininde ölçümler 3 kez tekrarlanmıştır.

Bitkinin taze yaprağında askorbat peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) aktivitesinin belirlenmesi

Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, Amako vd, (1994) tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Bu amaçla, son hacmi 1 ml olacak şekilde ayarlanan reaksiyon ortamına 0.1 mM EDTA içeren 50 mM'lık fosfat tamponu (pH:7.6), 12 mM H₂O₂, 0.1 ml 0.25 mM L (-) askorbik asit ve enzim ekstraktı ilave edilmiştir. Askorbatın oksidasyonu, enzim ekstraktının katılmasıyla başlatılmış ve absorbanstaki azalma 180 saniye boyunca takip edilmiştir. Askorbat okside oldukça, spektrofotometrede 290 nm'deki absorbansta oluşan azalma okunarak ve hesaplamalar askorbatın ekstinksiyon

katsayısı kullanılarak ($2.8 \text{ mM} \cdot \text{cm}^{-1}$) yapılmıştır. APX aktivitesi taze ağırlık başına ve mg olarak ifade edilmiştir.

Bitkinin taze yaprağında katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) aktivitesinin belirlenmesi

Katalaz (CAT) aktivitesi, Dhindsa vd, (1981b) tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Reaksiyon çözeltisi olarak 0.05 M fosfat tamponu (KH_2PO_4), 1.5 mM H_2O_2 karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. UV-Spektrofotometre cihazında 240 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Analiz UV ışığı bölgesinde blanke karşı 240 nm'de H_2O_2 'nin azalma oranının belirlenmesi ile yapılmıştır. Reaksiyon boyunca absorbansta oluşan düşüş 180 saniye boyunca takip edilmiştir. Katalaz aktivitesi dakikada harcanan $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ olarak ifade edilmiştir.

Bitkinin taze yaprağında peroksidaz (POD; EC 1.11.1.7) aktivitesinin belirlenmesi

Peroksidaz (POD) aktivitesi, pH 7.2'de 0.1 M fosfat tamponu, 3.0 mM 4-metil katekol çözeltisi, 1.0 mM H_2O_2 ve sabit enzim ekstraktı karıştırılarak oda sıcaklığında spektrofotometrik olarak 420 nm'de 1 dakika süreyle absorbanstaki artış ölçülerek belirlenmiştir (Wakamatsu vd, 1993).

Bitkinin taze yaprağında glutatyon redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) aktivitesinin belirlenmesi

Glutatyon redüktaz (GR) aktivite tayini, NADPH'ın oksidasyonunun 340 nm'de izlenmesi esasına dayanmaktadır. Aktivite ölçümü, 50 mM potasyum fosfat (pH=7.0) tamponu, 2.0 mM Na_2EDTA , 0.15 mM NADPH, 0.5 mM GSSG ve 100 ml enzim ekstraktı içeren karışımın 1 ml'sinin 3 dakikada 340 nm'deki değişimi ölçülerek yapılmıştır (Jiang vd, 2002).

4.4.3.6. Bitkinin taze yaprağında malondialdehit içeriğinin belirlenmesi

Malondialdehit (MDA) tayini için 0.5 g taze bitki yaprağı alınarak 5 ml % 5'lik trikarboksilik asit içinde homojenize edildikten sonra elde edilen homojenat $10,000 \times g$ 'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Tüpün süpernatant kısmından 4 ml alınıp, üzerine

1 ml % 0.5'lik tiyobarbiturik asit çözeltisi ilave edildi. Reaksiyon karışımı kaynar suda 30 dakika inkübe edildi ve reaksiyon, tüplerin buz banyosuna alınmasıyla durduruldu. Örnekler tekrar 10,000 x g'de 10 dakika santrifüj edildi. Süpernatant kısmı alınarak absorbansı 532 nm'de okundu ve daha sonra 600 nm'deki non-spesifik absorpsiyon için absorbans değeri belirlendi. Bitkinin taze dokusunda MDA içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve sonuçlar MDA (nmol / gram doku) şeklinde ifade edilmiştir (Ananieva vd, 2002).

1 ml çözeltideki MDA (nmol / g): $[(A_{532}-A_{600}) / 155000] \times 10^6$

4.4.3.7. Bitkinin taze yaprağında prolin miktarının belirlenmesi

Taze yapraklarda prolin miktarının belirlenmesi Bates vd, (1973) tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Bu metoda göre, 0.5 g taze yaprak örnekleri alınarak % 3.0'lık sülfosalisilik asit ile homojenize edilip, filtre edilen homojenata asit ninhidrin ve glasiyel asetik asit eklenerek 100 °C'de 1 saat süre ile su banyosunda bekletildi. Reaksiyonun durdurulması amacıyla karışım buz banyosuna aktarıldı. Soğutma işleminden sonra karışıma toluen ekstrakte edilerek, sıvı fazdan aspire edilen toluen fraksiyonunun 520 nm'deki absorbansı spektrofotometrede okunmuştur. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar bitkide µmol prolin g⁻¹ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

4.4.3.8. Bitkinin taze kökünde soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko konsantrasyonunun belirlenmesi

Taylor ve Crowder (1983), tarafından bildirilen metoda göre taze bitki kökleri, dithionite-sitrat-bikarbonat (DSB) çözeltisi ile ekstrakte edilmiş, ve bu ekstraktaki demir ve çinko konsantrasyon ölçümleri, atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında belirlenmiştir. Gerekli hesaplamaların yapılmasının ardından bitkinin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko konsantrasyonları % olarak ifade edilmiştir.

Soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko konsantrasyonu, yalnızca gelişme ortamına toksik demir içeren demir sülfatlı tam besin çözeltisi verilen bitkilerin taze köklerinde belirlenmiştir.

4.4.3.9. Bitki yaprağında nisbi nem içeriğinin belirlenmesi

Bitki gelişme ortamına verilen ilk besin çözeltisi uygulamasından 3 gün sonra bitkilerden alınan taze yaprak örnekleri yaklaşık 2 cm uzunluğunda kesildikten hemen sonra tartılıp, yaş ağırlıkları belirlendi (YA). Ardından taze yaprak numuneleri 4 saat saf suda bekletilerek turgor haline getirildi ve tekrar tartıldı (TA), ve son olarak aynı yaprak numuneleri hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 60 °C’de 24 saat kurutulup, kuru ağırlıkları (KA) belirlendi (Dhanda ve Sethi, 1998). Aşağıdaki formül yardımıyla bitki yapraklarının nisbi nem içerikleri (YNNİ) hesaplanmıştır.

$$YNNİ (\%) = [YA - KA] / (TA - KA) \times 100$$

4.4.3.10. Bitkinin taze köklerinde ferrik redüktaz aktivitesinin belirlenmesi

Çeltik bitkisi taze köklerinde ferrik redüktaz aktivitesi (FRA) tayini Ojeda vd, (2004) tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Bu metoda göre; 0.1 gram taze çeltik bitkisi kökü hassas bir şekilde tartılıp, bir deney tüpünün içerisine alınmıştır. Bu deney tüpünün içerisine 2.0 ml 0.2 mM kalsiyum sülfat çözeltisi ilave edilerek, 5 dakika çalkalanmış ve ardından kalsiyum sülfat numuneden uzaklaştırılmıştır. Kalan numune üzerine 2 ml çözelti [5 mM MES buffer, 2-(N-Morpholino) ethansulfonic acid, (pH:5.5), 0.1 mM Fe⁺³ EDTA, 10 mM CaSO₄ ve 0.3 mM Na-BPDS (sodium bathophenanthroline disulfonic asit) ilave edilmiş ve 23 °C’de 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. İçinde taze bitki kökü olmayan kontrol tüpüne de aynı işlemler uygulanmıştır. Taze kökte ferrik redüktaz enzim aktivitesi Fe⁺²-BPDS formunda olup, spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. 1 mL’lik kuvars küvetler kullanılarak 535 nm’de ölçülen absorbans okuma değerine göre aşağıda belirtilen formül yardımıyla taze kökte ferrik redüktaz aktivite değeri hesaplanmıştır (Ojeda vd, 2004).

$$\text{Ferrik redüktaz aktivitesi, } \mu\text{mol / saat / g TM} = (A_{535} \times 2 \times 1000) / (22.14 \times w)$$

Burada;

A_{535} = 535 nm’deki absorbans okuma değeri

2 ml = son hacim

w = örnek miktarı, g taze madde

22,14 = spesifik katsayı

Ferrik redüktaz aktivitesi (FRA), sadece demir noksanlığı koşulları altında yetiştirilen bitkilerin taze köklerinde belirlenmiştir.

4.4.3.11. Bitkinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarının belirlenmesi

Bitkinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarı, Andiç, (2011), tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Bu metoda göre, genç bitki fideleri demirsiz besin çözeltisine alındıktan 10 gün sonra fitosiderofor toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Gündüz iklim koşullarına geçildikten 1.5 saat sonra bitkiler kendi besin çözeltileri içerisinde çıkarılmış ve içerisinde 500 ml saf su bulunan kaplara transfer edilmiştir. Bitki köklerinden salgılanan fitosideroforların saf su ortamında toplanması amacıyla burada 3 saat inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda, bir cam deney tüpünün içerisine salgı örneklerinden 8 ml alınıp, üzerine de 2 ml $\text{Fe}(\text{OH})_3$ çözeltisi eklenmiş, ardından çalkalama cihazında 120 rpm'de 45 dakika çalkalama işleminden sonra mavi bant filtre kağıdı (Whatman Grade 44- 1444-110) ile süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kök süzüklerinde Fe konsantrasyonu, ICP cihazı (Agilent 770x ICP-MS) ile ölçülmüş olup, fitosiderofor salgılanma oranı $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 'den çözünen serbest Fe miktarı ile belirlenmiştir.

Bu analize ait ölçümler, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Samsun Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'nde bulunan laboratuvarda yapılmıştır.

Fitosiderofor (PS) miktarı sadece demir noksanlığı koşulları altında yetiştirilen bitkilerde belirlenmiştir.

4.4.4. İstatistiksel Analizler

4.4.4.1. Deneme 1'e ilişkin istatistiksel analizler

Kireç ilaveli kum kültürü ortamı ve demir noksanlığı koşulları altında yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinin incelenen özellikler yönünden birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını belirlemek amacıyla Ward yöntemi ile kümeleme analizi yapıldı ve araştırmada incelenen özellikler yönünden çeltik çeşitleri gruplandırıldı. Ayrıca çeltik çeşitlerinin en iyi özellikleri Biplot analizi yapılarak belirlendi ve birbirleri ile karşılaştırıldı. Ayrıca faktöriyel denemede varyans analizi SPSS 17.0 paket programı

ile yapıldı ve kireç dozunun, demir dozunun ve kireç dozu*demir dozu interaksiyonunun bazı çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkileri belirlendi.

4.4.4.2. Deneme 2'ye ilişkin istatistiksel analizler

Toksik ve yeterli demir düzeyi koşulları altında yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinin incelenen özellikleri yönünden yakınlık ve uzaklık durumlarını belirlemek amacıyla Ward yöntemi ile kümeleme analizi yapıldı ve araştırmada incelenen özellikler yönünden çeltik çeşitleri gruplandırıldı. Ayrıca bu denemede demir toksisitesine dayanıklı çeltik çeşitleri belirlenmiştir. Bununla birlikte çeltik çeşitlerinin en iyi özellikleri Biplot Analizi yapılarak belirlendi ve çeşitler birbirleri ile karşılaştırıldı. Toksik demir düzeyinin, çeşitlerde kuru kök ve sap ağırlıklarına, bazı enzim aktivitelerine, klorofil, karotenoid ve toplam demir kapsamlarına etkisi varyans analizi ile belirlendi. Bunun için, SPSS 17.0 paket programından yararlanılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve farklılık dereceleri, % 0.5 düzeyinde harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

4.4.4.3. Deneme 3'e ilişkin istatistiksel analizler

Kireç ilaveli kum kültürü ortamı ve çinko noksanlığı koşulları altında yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinin incelenen özellikler yönünden birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını belirlemek amacıyla Ward yöntemi ile kümeleme analizi yapıldı ve araştırmada incelenen özellikler yönünden çeltik çeşitleri gruplandırıldı. Ayrıca çeltik çeşitlerinin en iyi özellikleri Biplot analizi yapılarak belirlendi ve birbirleri ile karşılaştırıldı. Ayrıca faktöriyel denemede varyans analizi SPSS 17.0 paket programı ile yapıldı ve kireç dozunun, çinko dozunun ve kireç dozu×çinko dozu interaksiyonunun çeltik çeşitlerinde gelişme ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkileri belirlendi.

4.4.4.4. Deneme-4, Deneme 5 ve Deneme 6'ya ilişkin istatistiksel analizler

5x2 faktöriyel deneme desenine göre her bir denemeye ait sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilik derecesi ortaya konulmuştur. Bunun için, SPSS 17.0 paket programından

yararlanılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve farklılık dereceleri, % 5 düzeyinde harflendirme yoluyla gösterilmiştir.



5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Bazı Çeltik Çeşitlerinde Kireçsiz ve Kireç İlaveli Kum Ortamına Fe-EDDHA İçeren Tam Besin Çözeltisi Uygulamasının Bitki Sap Kuru Madde Miktarı ve Demir Beslenmesi ile İlgili Bazı İndeks ve Özellikler Üzerine Etkisi (Deneme 1)

5.1.1. Bitki sap kuru madde miktarı

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	31.04**	4	1.07**	1	8.70**	4	0.41**	4	0.40**	1	4.38**	4	0.328**	40	0.011

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisi

Bitki sap kuru madde miktarı (g / saksı)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Fe 0	45 µM Fe	Fe 0	45 µM Fe	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	1.49j	3.85c	3.61d	4.12b	3.27A
Osmancık-97	1.68i	3.47de	3.08f	3.20f	2.86B
Hamzadere	1.46j	3.47de	2.00h	3.40e	2.59D
Ronaldo	1.47j	3.14f	2.81g	3.57de	2.75C
Edirne	1.74i	3.78c	2.84g	4.53a	3.23A
Ortalama	K0: 2.56		K1: 3.32		
	Fe0: 2.22		Fe45: 3.65		

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.1’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşit, Fe-EDDHA dozu, kireç dozu, çeşit × kireç dozu, çeşit × Fe-EDDHA dozu, kireç dozu × Fe-EDDHA dozu ve çeşit × kireç dozu × Fe-EDDHA dozu interaksiyonlarının bitki sap kuru madde miktarına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Kum ortamına kireç (% 4 CaCO₃) ilavesi ve Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) besin çözeltisi uygulaması çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarını önemli derecede arttırmıştır. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulaması, demirsiz besin çözeltisi (Fe0: 0 µM Fe) uygulamasına kıyasla çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarını arttırmıştır.

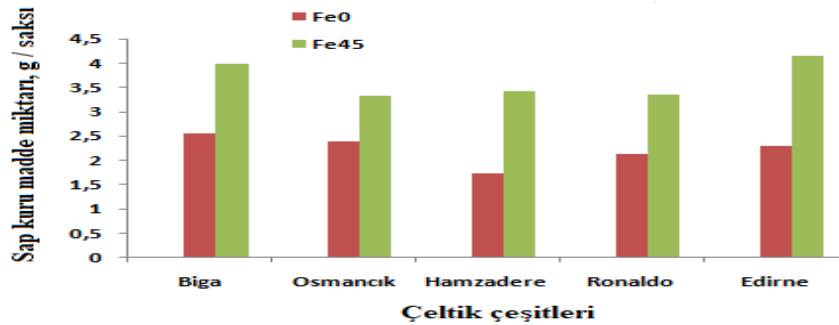
Demir mutlak gerekli bir besin elementi olup, yetiştirme ortamında yeterince bulunmadığı takdirde bitki yapraklarında kloroz görüldüğü ve bitkinin büyüme ve gelişmesinde gerileme görüldüğü uzun zamandan beri bilinmektedir (Gris, 1843). Daha sonra yapılan birçok çalışmalar, demirin en önemli fizyolojik işlevlerinin bitkide çeşitli enzimleri aktive ederek pek çok kimyasal reaksiyonun katalizlenmesini sağlamak olduğu belirtilmiştir. Özellikle katalaz, peroksidaz, sitokrom oksidaz gibi enzimlerin aktiviteleri demir beslenmesi ile ilgili olup bitkinin büyüme ve gelişmesinde önemli rolleri vardır. Diğer yandan, demir klorofilin yapısında yer almamakla beraber bitkinin demir beslenmesi ile bitkinin klorofil kapsamı arasında

yakın bir ilişki bulunduğu belirtilmiş, klorofilin yeterince bulunmaması durumunda bitkide fotosentezin gerileyerek bitki büyümesinde ve gelişmesinde azalma olduğu bildirilmiştir. Yeterli demir beslenmesi durumunda domates bitkisinin, demirce yetersiz beslenen bitkilere göre daha yüksek aktif demir içerdiği, daha fazla klorofil içerdiği, katalaz ve peroksidaz enzim aktivitesinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Aktaş, 1994).

Demirin; klorofilin biyosentezinde, fotosentezde, solunumda, DNA sentezinde, mitokondri ve kloroplastlarda elektron sağlayarak elektron taşınım zincirinde, protein sentezinde, nitratların amonyağa indirgenmesi dahil bitkilerde birçok hücrel fonksiyonlarda mutlak gerekli bir element olduğu bildirilmiştir.(Ishimaru vd, 2006; Kumar vd, 2013).

Çeltik çeşitlerinin bitki sap kuru madde miktarı bakımından önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiş olup, en yüksek sap kuru madde miktarı Biga incisi çeltik çeşidinde; en düşük sap kuru madde miktarı ise Hamzadere çeltik çeşidinden elde edilmiştir. Genel ortalamalar dikkate alındığında, bitki sap kuru madde miktarları bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak; Biga İncisi = Edirne > Osmancık-97 > Ronaldo > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. (Çizelge 5.2).

Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarında en yüksek artış % 98.26 olup, Hamzadere çeltik çeşidinde; en düşük artış ise % 39.91 olup Osmancık çeşidinde görülmüştür. Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması

sonucu bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranları hesaplandığında çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Hamzadere (% 98.26) > Edirne (% 81.22) > Ronaldo (% 56.54) > Biga incisi (% 56.07) > Osmancık (% 39.91) şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuçlar, Hamzadere çeltik çeşidinin demir uygulamasına daha fazla respons gösterdiğini; buna karşın, Osmancık çeltik çeşidinin demir uygulamasına daha az respons gösterdiğini ortaya koymuştur.

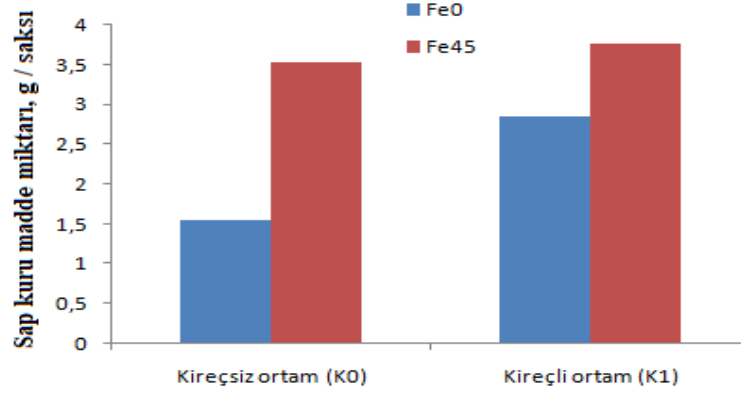
Kireçli ortamda demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri bitki sap kuru madde miktarı (g / saksı) bakımından, büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Osmancık > Edirne > Ronaldo > Hamzadere şeklinde bir sıralama göstermiş olup, en yüksek bitki sap kuru madde miktarı Biga incisinde; en düşük bitki sap kuru madde miktarı ise Hamzadere çeltik çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 5.2).

Kireçli ortamda demir uygulanan (Fe-EDDHA) koşullarda ise bitki sap kuru madde miktarı bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Biga incisi > Hamzadere > Ronaldo > Osmancık şeklinde bir sıralama göstermiş olup, en yüksek bitki sap kuru madde miktarı Edirne çeşidinde; en düşük bitki sap kuru madde miktarı ise Osmancık çeltik çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 5.2).

Kültür bitkilerinin gelişme ve verimlerinde genetik özelliklerin önemi, melez ve diğer yüksek verimli çeşitlerin yetiştirilmesi ile açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Islah çalışmalarıyla elde edilen yüksek verim kapasitesine sahip tohumların çoğaltılarak üretime alınmasıyla bu bitkilerden daha öncekilerin birkaç katına varan oranlarda ürün elde etme imkanları doğmuştur. Bitkilerin yüksek verim kapasiteleri ve ayrıca iyi kalite, kuraklık ve hastalıklara dayanma gücü ve beslenme kabiliyetleri gibi özellikleri genetik yapıları ile ilgilidir. Başarılı bir bitki yetiştiriciliğinde ilk adım genetik olarak yüksek verim kapasitesine sahip ve bitki besin maddelerini en iyi şekilde kullanma yeteneğinde olan çeşitleri seçmektir. Yüksek verimli çeşitlerin bitki besin maddeleri ihtiyaçlarının da fazla olacağı kuşkusuzdur (Aktaş, 1994).

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi kum ortamına kireç uygulamasına bağlı bulunmuştur (Şekil 5.2). Kireçsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarındaki artış kontrol (Fe0) uygulamasına kıyasla % 126.9 olarak hesaplanırken; kireç ilaveli kum ortamda bu artış % 31.46 olarak hesaplanmıştır.

Kireç ilaveli (% 4 CaCO_3) kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarında meydana gelen artış kontrol uygulamasına kıyasla daha düşük hesaplanmıştır.



Şekil 5.2. Kireç dozu × Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi ve çeltik çeşitlerinin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

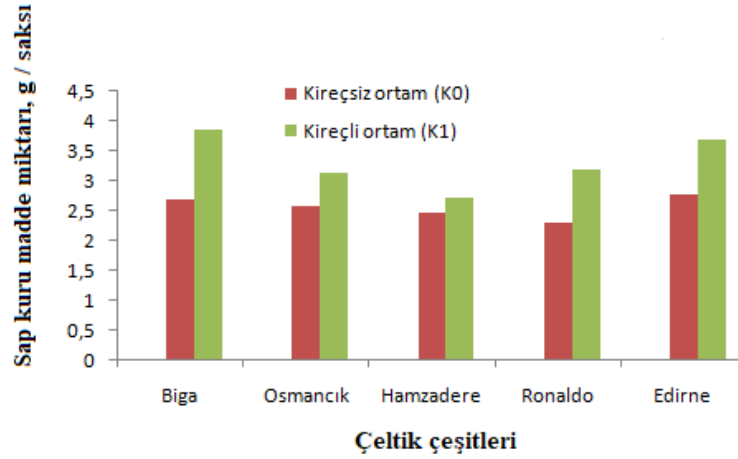
Çizelge 5.3. Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi ve çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri

Çeltik çeşidi	Kirecsiz ortam		Kireçli ortamı	
	Kloroz derecesi	Demir noksanlığına tolerans indeksi, %	Kloroz derecesi	Demir noksanlığına tolerans indeksi, %
Biga incisi	1	42.10	4	96.01
Osmancık-97	2	47.45	3	81.91
Hamzadere	1	41.24	1	53.19
Ronaldo	1	41.52	3	74.73
Edirne	3	49.15	2	75.53

Çizelge 5.3'ün incelenmesinden anlaşılaçağı üzere, kirecsiz kum ortamında demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi şiddetli olup, bu çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri sırasıyla % 41.24 ve % 41.52 olarak hesaplanmıştır. Kireç ilaveli kum ortamda ise, demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen Hamzadere çeltik çeşidinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi şiddetli olup, bu çeşidin demir noksanlığına tolerans indeks değeri % 53.19 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre,

araştırmada incelenen çeltik çeşitleri arasında demir noksanlığına en hassas çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Kum ortamına kireç uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Kum ortamına kireç uygulamasının çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Şekil 5.3'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçsiz kum ortamında en yüksek bitki sap kuru madde miktarı Edirne çeşidinde; buna karşın, en düşük bitki sap kuru madde miktarı ise Ronaldo çeltik çeşidinde tespit edilmiştir. Kireç ilaveli kum ortamında ise en yüksek bitki sap kuru madde miktarı Biga incisi çeşidinde; buna karşın, en düşük bitki sap kuru madde miktarı ise Hamzadere çeltik çeşidinde tespit edilmiştir.

Kum ortamına kireç uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranları hesaplandığında çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi (% 44.56) > Ronaldo (% 38.69) > Edirne (% 33.33) > Osmancık-97 (% 22.17) > Hamzadere (% 9.75) şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuçlar Hamzadere çeltik çeşidinin kireç uygulamasına daha az respons gösterdiğini ve bu çeşidin kireçli ortamda iyi gelişemediğini ortaya koymuştur.

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kontrole (Fe0) göre yeterli demir dozuna (45 μ M Fe) tolere indeks değerleri Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çizelge 5.4'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçsiz kum ortamında yeterli demir dozuna tolere indeks değeri en yüksek çeltik çeşidinin Edirne çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür.

Diğer bir ifadeyle, yeterli konsantrasyonda demir içeren (45 μM Fe) tam besin çözeltisi ile beslenen çeşitler arasında kontrole (Fe0) göre bitki sap kuru madde miktarında sağlanan en fazla artışın Edirne çeltik çeşidinde olduğu; buna karşın en az artışın ise Ronaldo çeltik çeşidinde olduğu görülmüştür.

Fageria vd, (2008) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, çeltik bitkisinin demir dozuna tolere indeks değeri > 1.0 olduğunda, bu bitkinin demir uygulamasını iyi tolere ettiğini bildirmişlerdir. Buna ek olarak, bu indeks değerinin 0.5-1.0 arasında olduğunda ise çeltik çeşitlerinin demir uygulamasını orta derecede tolere ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, demir dozuna tolere indeks değeri < 0.5 olduğunda, çeltik çeşitlerinin demir uygulamasını tolere edemediğini bildirmişlerdir. Buna göre, çeltik çeşitleri arasında Edirne, Osmancık-97 ve Biga incisi çeltik çeşitlerinin yeterli dozda (45 μM Fe) uygulanan demiri kontrole (Fe0) göre iyi tolere ettikleri; buna karşın, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinin yeterli demiri orta derecede tolere ettikleri söylenebilir. Kireç ilaveli (% 4 CaCO_3) kum ortamda ise uygulanan yeterli dozda demiri iyi tolere eden çeltik çeşitlerinin Biga incisi ve Edirne çeşidi olduğu; orta derecede tolere eden çeşitlerin ise Osmancık-97 ve Ronaldo çeltik çeşitleri olduğu görülmüştür. Buna karşın, Hamzadere çeltik çeşidinin yeterli demir dozuna tolere indeks değerinin kireç ilaveli kum ortamında azaldığı ve bu değer 0.63 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamında çeltik çeşitlerinin kontrole (Fe0) göre yeterli demir dozuna (45 μM Fe) tolere indeks değerleri

Çeltik çeşidi	Yeterli demir dozuna tolere indeks değeri	
	Kirecsiz	Kireçli
Biga incisi	1.03	1.38
Osmancık-97	1.04	0.91
Hamzadere	0.91	0.63
Ronaldo	0.83	0.93
Edirne	1.18	1.19

0 (Fe0) ve 45 μM Fe içeren Fe-EDDHA'lı besin çözeltileri ile beslenen çeltik çeşitlerinin kirecsiz ortama göre kireçli ortama tolere indeks değerleri Çizelge 5.5'te verilmiştir. Çizelge 5.5'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında kireçli ortama tolere indeks değeri en yüksek çeşitlerin Biga incisi (1.19), Osmancık-97 (1.14) ve Edirne (1.09) çeşitleri olduğu tespit edilmiş; buna karşın, Hamzadere çeltik çeşidinin demir noksanlığı şartlarında kireçli ortamı iyi tolere edemediği görülmüş ve bu çeşidin kireçli ortama tolere indeks değeri 0.65 bulunmuştur. Bununla birlikte, Ronaldo çeltik çeşidinin

kireçli ortama tolere indeks değeri 0.91 olup, bu çeşidin demir noksanlığı şartlarında kireçli ortamı orta derecede tolere edebildiği tespit edilmiştir. Yeterli dozda (45 µM Fe) Fe-EDDHA'lı besin çözeltisi uygulanan şartlarda ise kireçli ortama tolere indeks değerleri en yüksek çeşitler Edirne (1.28) ve Biga incisi (1.19) çeltik çeşitleri olup; diğer çeltik çeşitlerinin yeterli dozda Fe-EDDHA'lı besin çözeltisi uygulanan şartlarda kireçli ortama tolere indeks değerleri 0.83-0.88 arasında olup, bu değerler bakımından çeşitler kireci orta derecede tolere edebilmiştir.

Çizelge 5.5. Kontrol (Fe:0) ve 45 µM Fe içeren tam besin çözeltileri ile beslenen çeltik çeşitlerinin kirecsiz ortama göre kireçli ortama tolere indeks değerleri

Çeltik çeşidi	Kireçli kum ortamına tolere indeks değeri	
	Fe:0 (Kontrol)	45 µM Fe (Fe-EDDHA)
Biga incisi	1.19	1.19
Osmancık-97	1.14	0.83
Hamzadere	0.65	0.88
Ronaldo	0.91	0.84
Edirne	1.09	1.28

Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Çeltik çeşitlerine demirli (Fe-EDDHA) tam besin çözeltisi uygulamasıyla sap kuru madde miktarında sağlanan artış değerleri üzerine kireç uygulamasının etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Kireç dozu		Çeşit × Kireç dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	2050.95**	1	63488.28**	4	1758.36**	20	41.96

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış değerleri Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Çeltik çeşitlerine demirli (Fe-EDDHA) tam besin çözeltisi uygulamasıyla sap kuru madde miktarında sağlanan artış oran (%) değerleri üzerine kireç uygulamasının etkisi

Çeltik çeşidi	Demirli besin çözeltisi uygulamasıyla sap kuru madde miktarında meydana gelen artış (%)		
	Kireçsiz ortam	Kireçli ortam	Ortalama
Biga incisi	158.39a	13.93f	86.16B
Osmancık-97	107.07c	3.92f	55.49D
Hamzadere	138.01b	69.75d	103.88A
Ronaldo	113.82c	27.30e	70.56C
Edirne	117.23c	59.82d	88.53B
Ortalama	126.90	34.94	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.6'nın incelenmesinden anlaşılaçağı üzere, demirli besin çözeltisi uygulamasıyla bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranları üzerine kireç dozu, çeşit ve kireç dozu × çeşit interaksyonunun etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, demirli besin çözeltisi (45 μM Fe) uygulamasıyla bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranları bakımından çeltik çeşitleri istatistiksel olarak sırasıyla; Hamzadere > Edirne ~ Biga incisi > Ronaldo > Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.7)

Çeltik çeşitlerinde demirli besin çözeltisi uygulamasıyla bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oran değerleri ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur. Kireçsiz kum ortamında demirli besin çözeltisi uygulamasıyla bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oran değerlerine göre çeltik çeşitleri istatistiksel olarak sırasıyla; Biga incisi > Hamzadere > Edirne ~ Ronaldo ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.7). Kireçsiz kum ortamında kontrole (Fe0) göre, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oran değeri en fazla Biga incisi çeltik çeşidinde görülmüş olup, bu çeşidi Hamzadere çeltik çeşidi takip etmiştir. Kireçsiz kum ortamında Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde kontrole göre, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oran değerleri istatistiksel olarak birbirine yakın ve benzer bulunmuştur.

Kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranı değeri, kireçsiz kum ortamındakine göre oldukça düşük bulunmuştur.

Simons vd, (1962), mısır bitkisinde ürün miktarının soya fasulyesindekinin tersi yönde olduğunu ve mısır bitkisinin yüksek pH derecelerinde Fe-EDDHA'dan yeterince yararlanmadığını ve ayrıca çözelti pH'sının artmasıyla ilişkili olarak mısır ve soya fasulyesi bitkilerinin Fe-EDDHA'dan demir absorpsiyonunun azaldığını bildirmişlerdir.

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında demir noksanlığı (Fe0) şartlarına göre, Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) besin çözeltisi uygulaması ile bütün çeltik çeşitlerinin bitki sap kuru madde miktarında artış sağlanmıştır. Fakat bu artış oranları çeltik çeşitlerine göre farklılık göstermiştir. Kireç ilaveli kum ortamında ise bitki sap kuru madde artış oran değerleri bakımından çeltik çeşitleri sırasıyla; Hamzadere ~ Edirne > Ronaldo > Biga incisi ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.7).

Demir kileytlerinin etkinlikleri değişik toprak pH'larında durağanlık derecelerine bağlıdır. Özgümüş (1987), şelatlar içerisinde kireçli topraklar için en etkin demir kaynağının Fe-EDDHA olduğunu belirtmiştir. EDDHA'nın özellikle +3 değerlikli demir (Fe⁺³) için seçici bir şelat olduğu belirtilmiş ve Ca ile Mg katyonlarının bu şelatdaki Fe⁺³'ün yerine geçemeyecekleri bildirilmiştir (Loué, 1986).

5.1.2. Fe-EDDHA'dan gelen saptaki demir oranı

Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA'dan gelen saptaki demir oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.8'de verilmiştir. Ayrıca çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA gübresinden gelen saptaki demir oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.8. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA gübresinden gelen saptaki demir oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Kireç dozu		Çeşit× Kireç dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	1136.04**	1	4288.86**	4	836.30**	20	205.17

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.9. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA gübresinden gelen saptaki demir oranına kirecin etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta demirli gübreden gelen Fe oranı (%)		
	Kirecsiz ortam	Kireçli ortam	Ortalama
Biga incisi	68.0ab	12.6c	40.3BC
Osmancık-97	56.4ab	16.1c	36.3C
Hamzadere	59.5ab	43.7b	51.6BC
Ronaldo	55.7ab	59.4ab	57.6AB
Edirne	76.5a	64.6ab	70.6A
Ortalama	63.2	39.3	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.8'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA gübresinden gelen saptaki demir oranına çeşidin, kireç dozunun ve çeşit × kireç etkileşiminin etkileri $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Kirecsiz ve kireç ortamının genel ortalamaları dikkate alındığında, çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA gübresinden ($45 \mu\text{M Fe}$) gelen saptaki demir oranı kireç uygulamasının etkisiyle önemli derecede azalma göstermiştir. Sapta demirli gübreden gelen demir oranı bakımından çeltik çeşitleri istatistiksel olarak sırasıyla; Edirne > Ronaldo ~ Hamzadere > Biga incisi ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.9).

Çeltik çeşitlerinde saptaki Fe-EDDHA gübresinden gelen demir oranı kum ortamına kireç ilave ($\% 4 \text{ CaCO}_3$) edilmesine bağlı olarak farklı bulunmuştur. Edirne, Ronaldo ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulaması, saptaki gübreden gelen demir oranını istatistiksel olarak önemli derecede etkilememiştir. Ancak, Biga incisi ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde saptaki gübreden gelen demir oranı kum ortamına kireç uygulaması ile önemli derecede azalma göstermiştir. Kireç ilaveli kum ortamında saptaki gübreden gelen demir oranı bakımından çeltik çeşitleri istatistiksel olarak sırasıyla; Edirne ~ Ronaldo ~ Hamzadere > Osmancık-97 ~ Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.9).

Kirecsiz kum ortamında ise saptaki gübreden gelen demir oranı bakımından çeltik çeşitleri istatistiksel olarak sırasıyla; Edirne ~ Biga incisi ~ Hamzadere ~ Osmancık-97 ~ Ronaldo şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.9). Yapılan bu denemede, genel olarak kireç ilaveli kum ortamında çeltik çeşitlerinin sapında Fe-EDDHA'dan gelen demir oranı, kirecsiz kum ortamında yetişen bitkilerinkine göre daha düşük bulunmuştur.

Simons vd, (1963), mısır bitkisinde ürün miktarının soya fasulyesindekinin tersi yönde olduğunu ve mısır bitkisinin yüksek pH derecelerinde Fe-EDDHA'dan yeterince yararlanmadığını ve ayrıca çözelti pH'sının artmasıyla ilişkili olarak mısır ve soya fasulyesi bitkisinin Fe-EDDHA'dan demir absorpsiyonunun azaldığını bildirmişlerdir.

5.1.3. Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranı

Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresinden (45 μ M Fe) yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Kireç dozu		Çeşit $\times$ Kireç dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	22.54**	1	16.58	4	16.09*	20	4.83

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin değerler

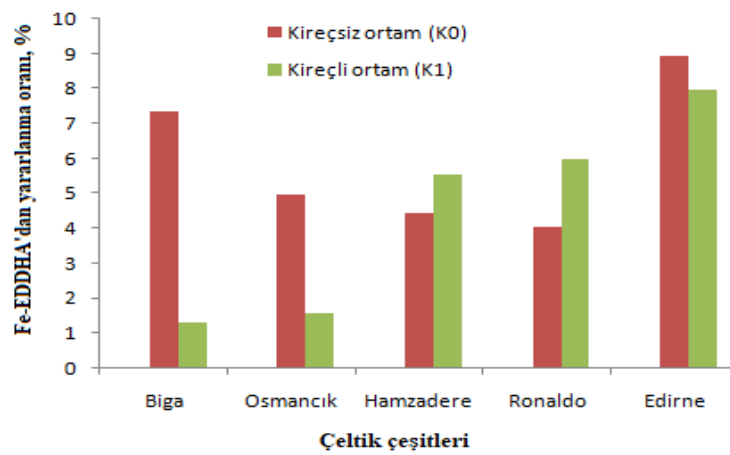
Çeltik çeşidi	Fe- EDDHA gübresinden yararlanma oranı (%)		
	Kireçsiz ortam	Kireçli ortam	Ortalama
Biga incisi	7.37ab	1.33d	4.35B
Osmancık-97	5.0abcd	1.57cd	3.28B
Hamzadere	4.47bcd	5.57abc	5.01B
Ronaldo	4.07bcd	5.97ab	5.01B
Edirne	8.93a	7.97ab	8.45A
Ortalama	5.97	4.48	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.10'un incelenmesinden anlaşılabacağı gibi Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranına çeltik çeşitlerinin etkisi p<0.01 seviyesinde, çeşit $\times$ kireç dozu interaksyonunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Kireçsiz ve kireçli ortamın genel ortalamaları dikkate alındığında, Fe-EDDHA gübresinden (45 μ M Fe) yararlanma oranı en yüksek çeşidin Edirne çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Fe-EDDHA'dan yararlanma oranı değerlerine göre çeşitler istatistiksel olarak sırasıyla; Edirne > Ronaldo ~ Hamzadere ~ Biga incisi ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.11). İncelenen çeşitler arasında sadece Biga incisi çeşidinin Fe-EDDHA gübresinden yararlanma oranı kireç uygulamasının etkisiyle önemli derecede azalma göstermiş; fakat diğer çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA'dan yararlanma oranı üzerine kireç uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli değildir. Bununla birlikte, Osmancık-97 çeltik çeşidinde kireçsiz kum ortamında Fe-EDDHA'dan yararlanma oranı % 5.0 iken kireç uygulamasının etkisiyle % 1.57'ye azalmış, fakat bu azalma istatistiksel olarak önemli değildir.

Kireçsiz kum ortamında Fe-EDDHA'dan yararlanma oranı değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, kireçli ortamda ise bu sıralama sırasıyla; Edirne > Ronaldo > Hamzadere > Osmancık-97 > Biga incisi şeklinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre, Edirne çeltik çeşidinin kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamlarında Fe-EDDHA'dan en fazla yararlanan çeltik çeşidi olduğu tespit edilmekle birlikte, Biga incisi ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA'dan yararlanma oranlarının kireç uygulamasının (% 4 CaCO_3) etkisiyle en çok azalan çeşitler oldukları görülmüştür (Şekil 5.4)



Şekil 5.4. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA'dan yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisi

Simons vd, (1963), düşük pH'lardaki besin çözeltisine verilen Fe-EDDHA'nın mısır ve soya fasulyesinde ürün üzerine etkisini incelemek amacıyla yaptıkları su kültürü

denemesinde: 1) Soya fasulyesinde ürün miktarının çözelti pH'sının 7.0 ve 8.0 olması halinde deneme bitkisinde ürün miktarının çözelti pH'sının 4.0 olması halindeki ürün miktarına oranla daha fazla olduğunu, 2) Mısır bitkisinde ürün miktarının soya fasulyesindekinin tersi yönde olduğunu ve mısır bitkisinin yüksek pH derecelerinde Fe-EDDHA'dan yeterince yararlanamadığını, 3) Çözelti pH'sının artmasıyla ilişkili olarak mısır ve soya fasulyesi bitkisinin Fe-EDDHA'dan demir absorpsiyonunun azaldığını bildirmişlerdir.

Korkmaz (1982), asit karakterli bir toprağa ilave edilen kireç miktarı arttıkça, belli bir kireç oranına kadar mısır bitkisinin Fe-EDDHA'dan yararlanma oranının arttığını, fakat ortamda daha fazla kirecin Fe-EDDHA'dan yararlanma oranını azalttığını bildirmektedir.

5.1.4. Sapta demir alımı

Çeltik bitkisinde sapta demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.12. Çeltik bitkisinde sapta demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	532041.7**	4	9223.06	1	291206.7**	4	2103.5	4	5104.3	1	26292.3*	4	10480.6	40	7159.8

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik bitkisinde sapta demir alımına kirecin, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13. Çeltik bitkisinde sapta demir alımına kirecin, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisi

Çeltik Çeşidi	Bitki sap demir alımı (µg / saksı)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	132	443	389	445	352.3
Osmancık-97	162	378	349	418	326.8
Hamzadere	132	322	250	488	298.0
Ronaldo	125	299	325	466	303.8
Edirne	165	425	309	537	359.0
Ortalama	K0: 258.3		K1: 397.6		
	Fe0: 233.8		Fe45: 422.1		

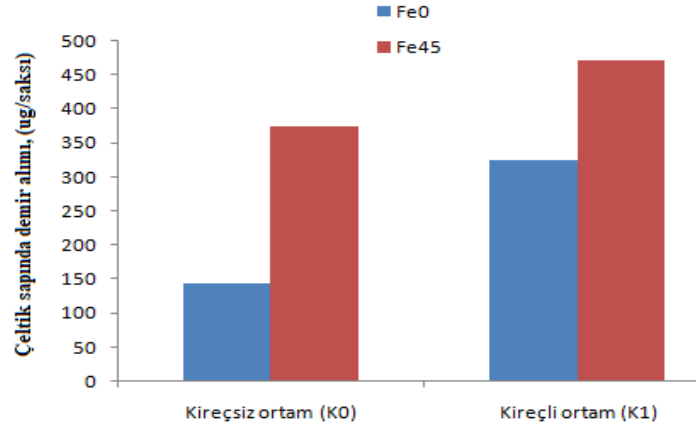
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.12'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeltik bitkisinde sapta demir alımına demir dozunun ve kireç dozunun etkileri $p < 0.01$ seviyesinde, kireç dozu×demir dozu interaksyonunun etkisi $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, çeltik bitkisinde sapta demir alımına çeşidin, çeşit×kireç dozu, çeşit×demir dozu, çeşit×kireç dozu×demir dozu interaksyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Sapta demir alımları bakımından çeltik çeşitleri aynı grupta yer almıştır.

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması, çeltik bitkisi sapındaki demir alımını önemli derecede arttırmıştır. Aynı şekilde, kireç ilaveli kum ortamında çeltik bitkisi sapındaki demir alımı kirecsiz kum ortamındakine göre yüksek olup, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bunun nedeni, Fe-EDDHA gübresinin kireçli şartlarda bitkiye daha fazla demir sağladığı ve kireçli ortamlarda uygun demir formu olmasından kaynaklanmış olabilir.

Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının çeltik bitkisi sapında demir alımına etkisi kireç uygulamasına bağlı bulunmuştur. Kirecsiz kum ortamında Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasıyla çeltik bitkisi sapındaki demir alımındaki artış oranı, kontrole kıyasla % 161.0 bulunmuş; kireç ilaveli kum ortamında ise bu artış oranı kontrole kıyasla % 45.1 bulunmuştur. Kireç ilaveli (% 4) kum ortamında demirli

besin çözeltisi uygulamasıyla sapta demir alımında kontrole göre sağlanan artış daha düşük bulunmuştur (Şekil 5.5)



Şekil 5.5. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik bitkisi sapında demir alımına etkisi

Genel olarak, kireç ilaveli kum ortamında hem kontrol (Fe0) hem de 45 µM Fe düzeylerinde çeltik bitkisi sapında demir alımı kireçsiz kum ortamındakilere göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin, kum ortamına kireç uygulamasının bütün çeşitlerde sap kuru madde miktarında sağladığı artıştan ileri geldiği düşünülmüştür. Bununla birlikte, Fe-EDDHA'nın kireçli şartlarda bitkiler için daha faydalı bir demir kaynağı olduğu bildirilmiştir (Özgümüş, 1987). Çeltik bitkisinde kökte demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.14. Çeltik bitkisinde kökte demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	3.534E8**	4	2104277.4	1	2.015E7**	4	1400650.3	4	554734.2	1	1.184E7**	4	1280169.0	40	1606670.6

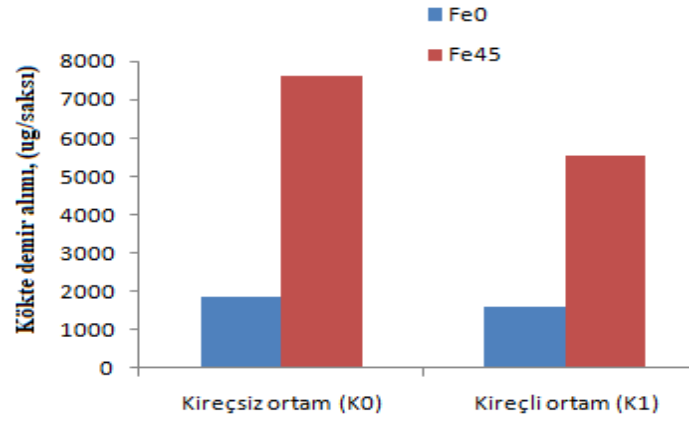
**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik bitkisinde kökte demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15. Çeltik bitkisinde kökte demir alımına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisi

Bitki kökünde demir alımı (µg / saksı)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Fe 0	45 µM Fe	Fe 0	45 µM Fe	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	2173	7424	2332	6954	4720.8
Osmancık-97	1527	7667	1560	4453	3801.8
Hamzadere	1717	7862	995	5246	3955.0
Ronaldo	1954	6407	1361	5529	3812.8
Edirne	1932	8653	1703	5594	4470.5
Ortalama	K0: 4731.6		K1: 3572.7		
	Fe0: 1725.4		Fe45: 6578.9		

Çizelge 5.14'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeltik bitkisinde kökte demir alımı üzerine Fe-EDDHA ve kireç dozunun etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fe-EDDHA uygulamasıyla kökte demir alımı önemli derecede artmış; fakat kireç uygulamasıyla kökte demir alımı önemli derecede azalma göstermiştir. Çeltik bitkisinde kökte demir alımı üzerine çeşidin, çeşit×kireç dozu interaksiyonunun, çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun ve çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kökte demir alımları bakımından çeltik çeşitleri aynı grupta yer almıştır. Fe-EDDHA dozu×kireç dozu interaksiyonunun kökte demir alımına etkisi $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle, demir uygulamasının (Fe-EDDHA) çeltik kökünde demir alımına etkisi kum ortamına kireç uygulanmasına bağlı bulunmuştur. Kireçsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasıyla çeltik kökündeki demir alımındaki artış oranı kontrole kıyasla % 308.6; kireç ilaveli kum ortamında ise bu artış oranı % 249.3 olarak hesaplanmıştır. Kireç ilaveli (% 4) kum ortamında Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasıyla kökte demir alımında sağlanan artış kontrole göre daha düşük bulunmuştur (Şekil 5.6)



Şekil 5.6. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik bitkisi kökünde demir alımına etkisi

5.1.5. Kökte kalan demir oranı

Çeltik bitkisinde kökte kalan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.16. Çeltik bitkisinde kökte kalan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	741.31**	4	11.75	1	948.04**	4	10.27	4	6.99	1	297.22**	4	4.73	40	25.13

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik bitkisinde kökte kalan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 5.17’de gösterilmiştir.

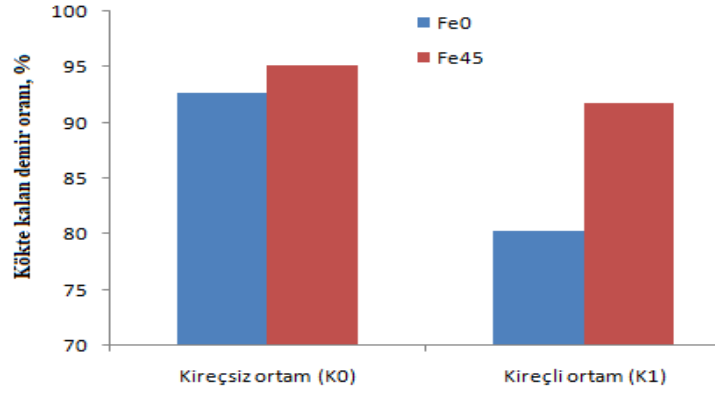
Çizelge 5.17. Çeltik bitkisinde kökte kalan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkisi

Çeltik Çeşidi	Bitki kökünde kalan demir oranı (%)				
	Kirecsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	94.2	94.4	84.8	93.3	91.70
Osmancık-97	90.2	95.0	80.3	91.3	89.25
Hamzadere	92.9	96.0	79.7	91.3	90.02
Ronaldo	93.9	95.5	77.6	92.2	89.85
Edirne	92.2	95.3	79.0	90.7	89.34
Ortalama	K0: 93.9		K1: 86.02		
	Fe0: 86.5		Fe45: 93.5		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.16’nın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere bitki kökünde kalan demir oranı üzerine demir dozunun, kireç dozunun ve kireç dozu×demir dozu interaksyonunun etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bitki kökünde kalan demir oranı üzerine çeşidin, çeşit×kireç dozu, çeşit×demir dozu ve çeşit×kireç dozu×demir dozu interaksyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Kökte kalan demir oranını kireç uygulaması önemli derecede azaltmış; buna karşın, demir uygulaması ise arttırmıştır. Kökte kalan demir oranları bakımından çeltik çeşitleri aynı grupta yer almıştır. Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik kökünde kalan demir oranına etkisi ortama kireç uygulanmasına bağlı bulunmuştur. Kirecsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasıyla çeltik kökünde kalan demir oranındaki artış oranı kontrole kıyasla % 2.69 bulunmuş; buna karşın, kireç ilaveli kum ortamda ise bu artış oranı kontrole kıyasla % 14.32 bulunmuştur. Kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasıyla kökte kalan demir oranında kontrole kıyasla sağlanan artış daha yüksek bulunmuştur (Şekil 5.7)



Şekil 5.7. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik kökünde kalan demir oranına etkisi

5.1.6. Sapa taşınan demir oranı

Çeltik çeşitlerinde sapa taşınan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Çeltik çeşitlerinde sapa taşınan demir oranına kireç dozunun, Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	741.31**	4	11.75	1	948.04**	4	10.27	4	6.99	1	297.22**	4	4.73	40	25.13

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde sapa taşınan demir oranına kireç dozunun, demir dozunun ve çeşidin etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 5.19’da gösterilmiştir.

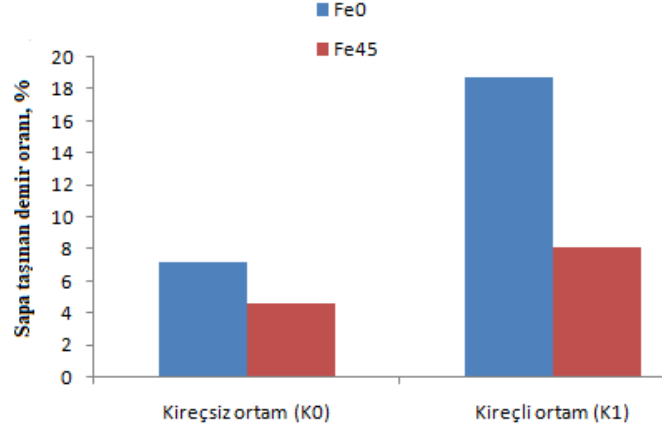
Çizelge 5.19. Çeltik çeşitlerinde sapa taşınan demir oranına kireç dozunun, demir dozunun ve çeşidin etkisi

Çeltik Çeşidi	Bitki sapına taşınan demir oranı (%)				
	Kirecsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	5.7	5.5	15.1	6.7	8.30
Osmancık-97	9.7	4.9	15.5	8.6	10.75
Hamzadere	7.0	3.9	20.2	8.6	9.98
Ronaldo	6.0	4.4	22.3	7.7	10.15
Edirne	7.7	4.6	20.9	9.2	10.66
Ortalama	K0: 5.94		K1: 13.48		
	Fe0: 13.01		Fe45: 6.41		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.18’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere bitki sapına taşınan demir oranı üzerine demir dozunun, kireç dozunun ve kireç dozu×demir dozu etkileşiminin etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, bitki sapına taşınan demir oranı üzerine çeşidin, çeşit×kireç dozu, çeşit×demir dozu ve çeşit×kireç dozu×demir dozu etkileşimlerinin etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Kum ortamına kireç uygulaması, sapa taşınan demir oranını önemli derecede arttırmış; buna karşın, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ise azaltmıştır. Sapa taşınan demir oranları bakımından çeltik çeşitleri aynı grupta yer almıştır. Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik sapına taşınan demir oranına etkisi ortama kireç uygulanmasına bağlı bulunmuştur. Kirecsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasıyla çeltik sapına taşınan demir oranındaki azalma oranı miktarı kontrole göre -% 35.45 bulunmuş; buna karşın, kireç ilaveli kum ortamda ise -% 56.59 bulunmuştur. Kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasıyla sapa taşınan demir oranında belirlenen azalma kontrole kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Şekil 5.8). Diğer bir ifadeyle, kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kum ortamında bitki sapına taşınan demir miktarı azalmaktadır.



Şekil 5.8. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortama Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik sapına taşınan demir oranına etkisi

Demir, bitki organlarında kolay taşınamayan bir besin elementi olmasına karşın, taşınımı örneğin kalsiyuma oranla daha yüksektir. Yaşlı yapraklardan genç yapraklara demir taşınımı çok az olduğundan bitkiler gelişmeleri süresince yetiştirme ortamından sürekli demir almak zorundadırlar. Diğer çoğu bitki besin elementlerinde olduğu gibi, bitkiler tarafından alınan demirin, gelişimin sürdürülebilmesi için doğrudan büyüme organlarına taşındığı ve öncelikle buralarda biriktirildiği belirtilmiştir (Turan ve Horuz, 2011). Toprakta demirin zayıf çözünürlüğüne karşı, bitkiler Fe hareketliliğini ve bu elementin sitozoldeki alımını arttırmak için çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir (Zocchi vd, 2007). Fe eksikliği koşulları altında yetiştirilen tüm bitkiler (çim bitkileri hariç), Strateji-I olarak adlandırılan bir dizi tepki başlatır (Guerinot ve Yi, 1994). Bu strateji, bitki kök yüzeyinde güçlü bir ferrik indirgeme aktivitesinin geliştirilmesi ile oluşur (Chaney vd, 1972). Ayrıca Strateji-I bitkileri, rizosfer asitleşmesine yol açan kök plazmalemindeki H^+-ATP_{az} aktivitesini arttırarak, aktif bir proton ekstrüzyonunu indükleyebilir (Zocchi ve Cocucci, 1990).

5.1.7. Sapta aktif demir kapsamı

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir (Fe^{+2}) kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları ve değerler sırasıyla Çizelge 5.20 ve 5.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.20. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	2801.67**	4	444.64**	1	397.32**	4	172.99**	4	107.70**	1	470.40**	4	207.21**	40	15.871

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.21. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamı üzerine etkileri

Sapta aktif demir kapsamı (mg kg ⁻¹)					
Çeltik Çeşidi	Kirecsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	57.33hi	95.13a	66.90efg	72.23cde	72.90A
Osmancık-97	62.93fgh	78.10c	74.40cd	76.90c	73.08A
Hamzadere	62.50fgh	65.50efg	68.70def	85.70b	70.60A
Ronaldo	51.70ij	75.23cd	60.50gh	74.30cd	65.43B
Edirne	45.30j	62.10fgh	63.0fgh	64.70fgh	58.78C
Ortalama	K0: 65.60		K1: 70.70		
	Fe0: 61.30		Fe45: 75.0		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

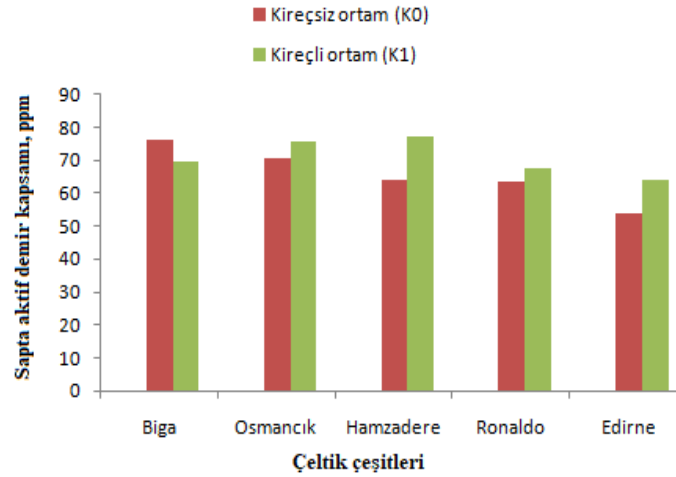
Çizelge 5.20'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeltik çeşitlerinde sapta aktif Fe⁺² kapsamına Fe-EDDHA dozunun, çeşidin, kireç dozunun, çeşit×kireç dozu, çeşit×Fe-EDDHA dozu, kireç dozu×Fe-EDDHA dozu ve çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksiyonlarının etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Bu denemede, Biga incisi çeltik çeşidinde sapta aktif Fe⁺² kapsamı 57.33-95.13 mg kg⁻¹ arasında; Osmancık-97 çeşidinde 62.93-78.10 mg kg⁻¹ arasında; Hamzadere çeşidinde 62.50-85.70 mg kg⁻¹ arasında; Ronaldo çeşidinde 51.70-75.23 mg kg⁻¹ arasında ve Edirne çeşidinde 45.30-64.70 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur. Kireçsiz kum ortamında kontrol (Fe:0) uygulamasında, sapta aktif Fe⁺² kapsamı en düşük çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek olan çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamında kontrol (Fe:0) koşullarında sapta aktif Fe⁺² kapsamı en düşük çeşit olan çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek olan çeşidin ise Osmancık-97 çeşidi olduğu görülmüştür (Çizelge 5.21).

Kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında sapta aktif Fe⁺² kapsamı en düşük olan çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek olan çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Diğer yandan, kireçsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren

besin çözültisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı en düşük olan çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek olan çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmüştür (Çizelge 5.21). Çeltik çeşitlerinde sapta aktif Fe^{+2} kapsamı kum ortamına kireç uygulamasının etkisiyle önemli derecede artmıştır. Bunun nedeni Fe-EDDHA'nın kireçli şartlara uygun stabil demirli gübre oluşudur. Ayrıca Fe-EDDHA içeren besin çözültisi uygulaması sapta aktif Fe^{+2} kapsamını kontrole (Fe0) kıyasla önemli derecede arttırmıştır. Sapta aktif Fe^{+2} kapsamı bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeşitler arasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı en düşük olan çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek olan çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmekle birlikte, bu çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel ortalamalar dikkate alındığında, sapta aktif Fe^{+2} kapsam değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 ~ Biga incisi ~ Hamzadere > Ronaldo > Edirne şeklinde sıralanmıştır.

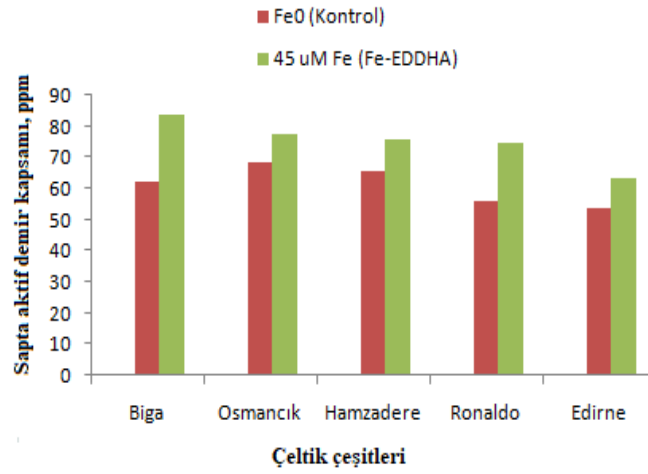
Sapta aktif Fe^{+2} kapsamına kireç uygulamasının etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.9)



Şekil 5.9. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi

Şekil 5.9'un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere Biga incisi çeltik çeşidinde kireç uygulamasının etkisiyle sapta aktif Fe^{+2} kapsamı azalma göstermiştir. Buna karşın, diğer çeltik çeşitlerinde kireç uygulaması sapta aktif Fe^{+2} kapsamında artışa neden

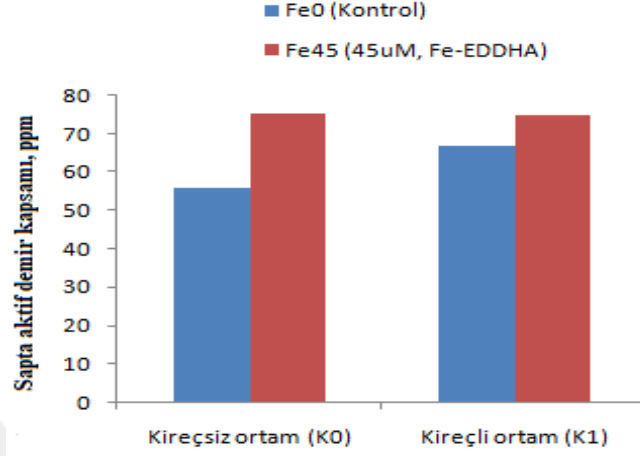
olmuştur. Bu artışın nedeni olarak Fe-EDDHA'nın kireçli ortamda uygun demir formu olduğu söylenebilir. Kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı en yüksek olan çeltik çeşitlerinin Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri oldukları tespit edilmiştir. Ek olarak, kireçsiz kum ortamda sapta aktif Fe^{+2} kapsam değeri yönünden çeltik çeşitleri büyüktür küçüğe doğru sırasıyla; Hamzadere, Ronaldo ve Edirne şeklinde sıralanmıştır. Kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı yönünden en düşük bulunan çeşit Edirne çeltik çeşididir. Kireç ilaveli kum ortamda Fe-EDDHA'lı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı en yüksek olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük olan çeltik çeşidinin ise Edirne çeşidi olduğu görülmüştür (Şekil 5.9).



Şekil 5.10. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi

Şekil 5.10'un incelenmesinden anlaşılabileceği üzere bütün çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması sapta aktif Fe^{+2} kapsamını arttırmış; fakat bu artış, çeltik çeşitlerine göre farklı bulunmuştur. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) tam besin çözeltisi uygulamasıyla sapta aktif Fe^{+2} kapsamında görülen artış oranı % 12.87 (Osmancık-97) ile % 34.72 (Biga incisi) arasında değişmektedir. Kontrol (Fe0) uygulamasında yetiştirilen çeşitler arasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı en düşük çeşidin Edirne çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek olan çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmüştür.

Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulandığında çeşitler arasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı en düşük çeltik çeşidinin Edirne; en yüksek çeltik çeşidinin ise Biga incisi olduğu görülmüştür (Şekil 5.10).



Şekil 5.11. Sapta aktif demir kapsamına ortamın kireç miktarına bağlı olarak Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının etkisi

Şekil 5.11'in incelenmesinden anlaşılabileceği üzere kireç ilaveli kum ortamında kontrol (Fe0) uygulamasında sapta aktif Fe^{+2} kapsamı kirecsiz kum ortamına göre yüksek bulunmuştur. Bu durum kireç ilaveli kum ortamında kök gelişiminin daha iyi olmasında kaynaklanıyor olabilir. Diğer yandan, her iki ortamda da Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması sapta aktif Fe^{+2} kapsamını arttırmış; fakat bu artış kirecsiz kum ortamında, kireç ilaveli kum ortama göre daha fazla bulunmuştur.

“Aktif demir” olarak tanımlanan 1 N’lik HCl asit çözeltisi ile ekstrakte edilebilir demir, bitkilerin demir durumunu toplam demir miktarına göre daha iyi yansıtmaktadır. Özellikle tarla bitkilerinde demir beslenme durumunun belirlenmesinde aktif demir miktarı başarı ile kullanılmaktadır (Romheld ve Marschner, 1991). Bitkilerde bulunan toplam demir miktarı yeterlilik düzeyi ile ilgili iyi bir gösterge değildir. Bitkilerde Fe^{+2} ’nin metabolik aktif olmasına karşın demirin çoğunluğu bağlı Fe^{+3} ’ten oluşmuştur. Demirin bitkilerde asal olarak iki ayrımlı şekilde bulunduğu inanılmıştır. Bunlar farklı araştırmacılar tarafından aktif ve inaktif; serbest ve bağlı; çözünebilir ve çözünemez; yarayırlı ve yarıyırsız şeklinde isimlendirilmiştir. Kimi araştırmacılar ise, bitkilerde bulunan demirin büyük bölümünün bağlı olduğunu ve çok az bir bölümünün ise suda çözünebilir şekilde bulunduğunu ileri sürmüşlerdir.

Demir topraklarda çok bol bulunmakla birlikte, aerobik şartlar altında oksidasyon sonucu çözünemez Fe^{+3} formlarına dönüşmektedir ve bu yüzden, bitki tarafından alımı kolay değildir (Guerinot ve Yi, 1994). Genel olarak, demir yarıyışlılığının düşük olduğu gelişme ortamlarında, demirce iyi beslenebilmeleri için yüksek yapılı bitkiler iki farklı strateji geliştirmişlerdir. ‘‘Strateji-I’’ ve ‘‘Strateji-II’’ sayesinde rizosferden demir alımı gerçekleştirilmektedir. Hububatlar hariç Strateji-I bitkilerinin köklerinin taşıdıkları özellikler şunlardır: 1) Rizosfer pH’sını düşürmek için rizosfere proton (H^+) çıkarır. 2) Fe^{+3} ’ün daha çözünabilir Fe^{+2} formuna dönüştürülebilmesi için bu bitkilerin kökleri ferrik şelat redüktaz enzim aktivitesine sahiptirler. 3) Sonuçta Strateji-I bitkileri Fe^{+2} alır ve hücre içerisinde Fe^{+2} taşınır. Diğer bir ifadeyle, Strateji-I bitkileri topraktan demiri alabilmek için önce Fe^{+3} ’ü plazmalemde Fe^{+2} ’ye indirgemesi gerekir. Fe^{+2} ’ye indirgindikten sonra Fe^{+2} kök içine alınır ve Fe^{+2} olarak kök içinde taşınır. Robinson vd, (1997; 1999) kök ferrik redüktaz enzimi için 3 farklı gen, FRO2, FRO1, FRO3, olduğunu bu genlerin Arabidopsis’ten izole edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Eide vd, (1996) Fe^{+2} için taşıyıcı gen olan IRT1 taşıyıcısını tespit etmiş; Vert vd, (2001) ise IRT2 taşıyıcısını tespit ederek, her iki taşıyıcının da Arabidopsis’ten izole edildiğini belirtmişlerdir. Strateji-II bitkileri *gramineae* familyasındaki bitkiler olup, bu bitkilerin köklerinden topraktaki Fe^{+3} ’ü çözünabilir bir hale getirebilmek için ‘‘fitosiderofor’’ adı verilen mugineik asit (MAs) benzeri maddeler çıkarırlar (Takagi vd, 1984). Mugineik asit sentezi için genler arpadan izole edilmiştir (Herbik vd, 1999; Higuchi vd, 1999b; Kobayashi vd, 2001; Mizuno vd, 2003). Strateji-II bitkileri demir noksanlığına respons olarak mugineik asit salgısını ve üretimini artırır. Bu bitkiler, topraktaki Fe^{+3} ’ü çıkardıkları mugineik asit ile kompleks oluşturarak alır ve bünyesinde taşıırlar.

Bir Strateji-II bitkisi olan çeltik demir noksanlığı şartlarında 2-deoksimugineik asit salgıladığı belirtilerek, çeltik bitkisinin bu fitosideroforlar sayesinde demirin çözünürlüğünü sağladığı belirtilmiştir (Takagi, 1976). Diğer pek çok hububatın aksine çeltik suya boğulu şartlarda yetişir. Bu şartlarda Fe^{+2} , Fe^{+3} ’ten daha fazladır. Bu yüzden kuvvetle muhtemel olarak çeltik demiri buğdaygil olmayan bitkiler gibi Fe^{+2} formunda alır. Çeltikte OsIRT1 geni olduğu, bu genin Fe^{+2} taşıyıcısının sentezinde rolü olduğu bildirilmiştir (Bughio vd, 2002). Araştırmacılar ayrıca OsIRT1 proteininin hem demir hem de çinkonun taşıyıcısı olduğunu belirtmişlerdir.

Çeltik suya boğulu şartlarda Fe^{+2} 'yi almak için OsIRT1'i proteinin kullanıldığı ve demirin çözünürlüğünü arttırmak için fenolik maddelerin salgılandığı belirtilmiştir (Bashir vd, 2011b; Ishimaru vd, 2011a). Araştırmacılar çeltiğin Strateji-II bitkisi olmasına rağmen Fe^{+2} taşıyıcısı (OsIRT1) içerdiğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada araştırmacılar çeltikte OsIRT1'in homologue olan OsIRT2'yi izole etmişlerdir. Bu taşıyıcıların düşük demir şartlarında üretiminin teşvik edildiği de belirtilmiştir. Araştırmacılar çeltik bitkisinin hem Fe^{+3} hem de Fe^{+2} 'yi almasına yarayan fitosiderofor ürettiği belirtmiştir. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalar neticesinde çeltik bitkisinin fitosideroforlar yardımıyla Fe^{+3} 'ü absorbe ettikleri gibi, direkt olarak Fe^{+2} 'yi de absorbe ettiklerini belirtmişler, bu durumun suya boğulu şartlarda gelişen çeltik bitkileri için bir avantaj olduğu bildirilmiştir.

5.1.8. Bitki taze yapraklarında klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamları ve klorofil a / b oranı

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamlarına ve klorofil a / b oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamlarına ve klorofil a / b oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon kaynakları															Hata
	Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu			
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO		
Klorofil-a	1	6.01**	4	0.37**	1	8.167E-5	4	0.111**	4	0.018	1	0.001	4	0.143**	40	0.012
Klorofil-b	1	1.019**	4	0.150**	1	0.004	4	0.030**	4	0.007	1	0.035*	4	0.034**	40	0.004
Toplam klorofil	1	12.23**	4	1.06**	1	0.092*	4	0.231**	4	0.010	1	0.001	4	0.258**	40	0.019
Klorofil a/b	1	0.750**	4	0.197**	1	0.178*	4	0.070*	4	0.079*	1	0.092	4	0.033	40	0.020
Karotenoid	1	0.193**	4	0.035**	1	0.002	4	0.012**	4	0.002**	1	0.007**	4	0.007**	40	0,001

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.23'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.23. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Klorofil-a kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	0.99f	1.96ab	1.16def	1.82b	1.53B
Osmancık-97	1.53c	2.03a	1.17def	1.82b	1.64A
Hamzadere	1.26de	1.52c	1.01f	1.93ab	1.43C
Ronaldo	0.97f	1.77b	1.28de	1.89ab	1.48BC
Edirne	0.72g	1.53c	1.06f	1.36cd	1.17D
Ortalama	Fe0: 1.11		Fe45: 1.76		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelgelerin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeltik bitkisi taze yapraklarında klorofil-a kapsamına Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli; fakat kireç dozunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Taze yaprakta klorofil-a kapsamına 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 önemsiz bulunmuştur.

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta klorofil-a kapsamını kontrole kıyasla önemli derecede arttırmıştır. Kireçsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının, taze yaprakta klorofil-a kapsamında sağladığı artış oranları, Biga incisinde % 97.9; Osmancık-97'de % 32.6; Hamzadere çeşidinde % 20.6; Ronaldo çeşidinde % 82.4; Edirne çeşidinde % 112.5 bulunmuştur. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının, taze yaprakta klorofil-a kapsamında sağladığı artış oranları, Biga incisinde % 56.8; Osmancık-97'de % 55.5; Hamzadere çeşidinde % 91.0; Ronaldo çeşidinde % 47.6; Edirne çeşidinde % 28.3 olarak hesaplanmıştır. Buna göre Hamzadere çeltik çeşidinde kireç ilaveli (% 4) kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin

Osmancık-97 çeltik çeşidinde kireç uygulaması taze yaprakta klorofil-a kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Buna karşın, Ronaldo, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitlerinde kireç uygulaması taze yaprakta klorofil-a kapsamını arttırmış; fakat bu artış sadece Ronaldo çeltik çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Biga incisinde taze yaprakta klorofil-a kapsamı kireç uygulamasından etkilenmemiştir. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamlarında yaprakta en düşük klorofil-a kapsamına sahip çeşidin Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Diğer yandan, kireçsiz kum ortamında taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek olan çeşidin Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Kireç ilaveli kum ortamında ise taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek olan çeşit Ronaldo çeltik çeşididir. Ek olarak, kireç ilaveli kum ortamında taze yaprakta klorofil-a kapsamı bakımından Osmancık-97, Biga incisi, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitleri birbirine yakın ve benzer bulunmuşlardır.

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.24. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Klorofil-b kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Fe 0	45 µM Fe	Fe 0	45 µM Fe	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	0.52fg	1.01a	0.52fg	0.73bcd	0.70A
Osmancık-97	0.52fg	0.83b	0.58ef	0.78bc	0.68A
Hamzadere	0.45gh	0.54fg	0.37hi	0.72bcd	0.52B
Ronaldo	0.31ij	0.62def	0.51fg	0.69cde	0.53B
Edirne	0.25j	0.60ef	0.39hi	0.51fg	0.44C
Ortalama	K0: 0.56		K1: 0.58		
	Fe0: 0.44		Fe45: 0.70		

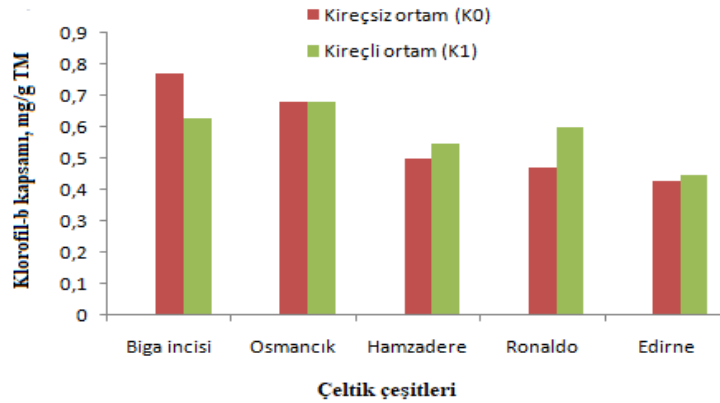
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.22'nin incelenmesinden anlaşılabileceği üzere çeltik bitkisi taze yapraklarında klorofil-b kapsamına Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli; fakat kireç dozunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Taze yaprakta klorofil-b kapsamına çeşit×kireç dozu, çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksiyonlarının etkileri $p < 0.01$ seviyesinde, kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun etkisi ise $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel

olarak önemli bulunmuştur. Fakat taze yaprakta klorofil-b kapsamına çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

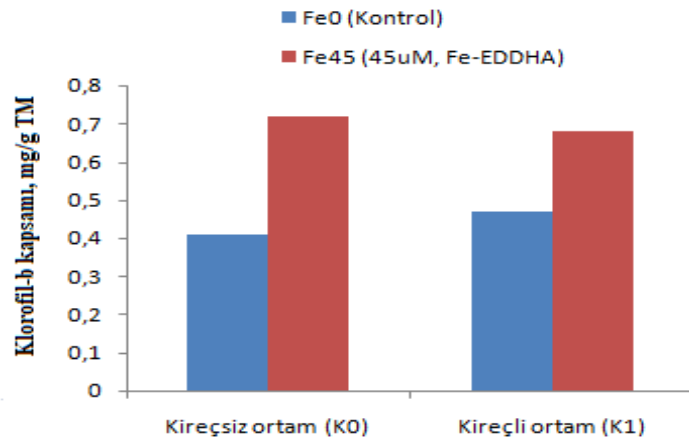
Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta klorofil-b kapsamını kontrole kıyasla önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-b kapsamı bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiş olup, taze yaprakta klorofil-b kapsamı bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Biga incisi ~ Osmancık-97 > Ronaldo ~ Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır.

Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında kireçsiz kum ortamında taze yaprakta klorofil-b kapsamı bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Biga incisi ~ Osmancık-97 ~ Hamzadere > Ronaldo ~ Edirne şeklinde sıralanmış; buna karşın, kireç ilaveli kum ortamında ise bu sıralama istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 ~ Biga incisi ~ Ronaldo > Edirne ~ Hamzadere şeklinde gerçekleşmiştir. Diğer bir ifadeyle, demir noksanlığı şartlarında kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek olan çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşidin ise Edirne çeşidi olduğu görülmüştür. Diğer yandan, kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kum ortamında demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek olan çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Kum ortamına kireç uygulamasının taze yapraklarda klorofil-b kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Biga incisi çeltik çeşidinde kireç uygulaması taze yaprakta klorofil-b kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Buna karşın, Ronaldo, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitlerinde kireç uygulaması taze yaprakta klorofil-b kapsamını arttırmış; fakat bu artış yalnızca Ronaldo çeltik çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Osmancık-97 çeltik çeşidinde taze yaprakta klorofil-b kapsamı kum ortamına kireç uygulamasıyla etkilenmemiştir. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamlarında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta en düşük klorofil-b kapsamına sahip çeşidin Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Diğer yandan, kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek çeşit Biga incisi çeltik çeşididir. Kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında ise taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek çeşit Osmancık-97 çeltik çeşidi olmakla birlikte, yaprakta klorofil-b kapsamı yönünden Osmancık-97 ve Biga incisi çeltik çeşitleri birbirine yakın ve benzer bulunmuşlardır. Taze yaprakta klorofil-b kapsamına Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının etkisi kum ortamına kireç uygulanmasına bağlı bulunmuştur. Kireçsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması sonucu taze yaprakta klorofil-b kapsamındaki artış oranı % 75.60 bulunur iken; kireç ilaveli kum ortamında bu artış oranı % 44.68 bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle, kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile taze yaprakta klorofil-b kapsamındaki artış, kireçsiz kum ortamındakine göre daha düşük bulunmuştur (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.25'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.25. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Toplam klorofil kapsamı (mg / g taze madde)				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		

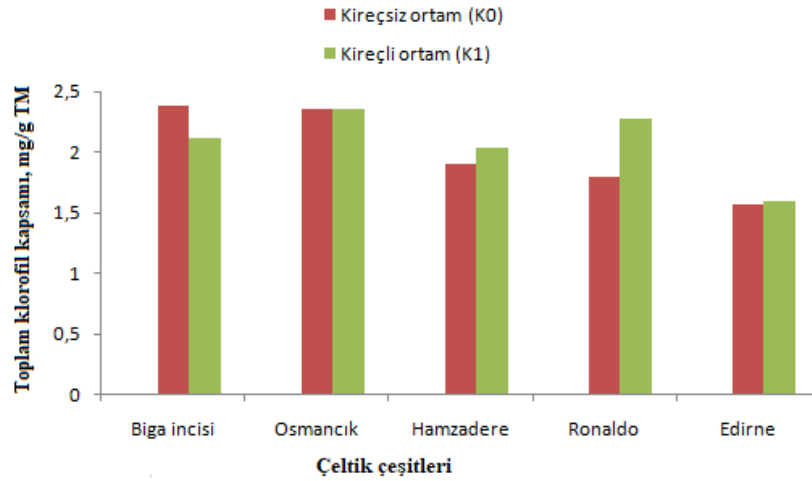
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.22'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeltik bitkisi taze yapraklarında toplam klorofil kapsamına Fe-EDDHA dozunun, çeşidin, çeşit×kireç dozu ve çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; buna karşın, çeşit×Fe-EDDHA dozu ve kireç dozu×Fe-EDDHA dozu etkileri ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Diğer yandan, kireç dozunun taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi $p<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması ve kireç uygulamaları taze yaprakta toplam klorofil kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Kireçsiz kum 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, kireç ilaveli kum 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.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta toplam klorofil kapsamları bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit

edilmiş olup, taze yaprakta ortalama toplam klorofil kapsam değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak, çeltik çeşitlerinde taze yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeşidi olduğu görülmüştür. Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında kirecsiz kum ortamında taze yaprakta toplam klorofil kapsamları bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere > Ronaldo > Edirne şeklinde sıralanmış; fakat kireç ilaveli kum ortamında bu sıralama sırasıyla; Osmancık-97 > Ronaldo > Biga incisi > Hamzadere > Edirne şeklinde gerçekleşmiştir. Diğer bir ifadeyle, demir noksanlığı (Fe:0) şartlarında kirecsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek olan çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Diğer yandan, demir noksanlığı şartlarında kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek olan çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Kum ortamına kireç uygulamasının (% 4 CaCO₃) taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Şekil 5.15'in incelenmesinden anlaşılabacağı 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.

Bitkide Fe eksikliği, bitki morfolojisini ve fizyolojisini değiştirir (Briat, 2007); özellikle, kök alımı için demirin yetersiz bulunması veya bu besinin kullanımındaki zorluklar nedeniyle yaprak klorofil konsantrasyonunda büyük bir azalma meydana gelir. Böylece yaprakta Fe klorozu ortaya çıkar (Pestana vd, 2005). Bitkide Fe klorozu problemini azaltmak için yaprakdan demirli gübreleme uygulaması ve Fe-EDDHA'nın tohum ile muamelesi gibi çeşitli yaklaşımlar öne sürülmüştür (Fernandez vd, 2006; Ortiz vd, 2007). Bununla birlikte, bu teknikler yüksek maliyetli olup, bitkilerin Fe beslenmesini her zaman iyileştirmeyebilir. Bu nedenle, çeşit seçimi alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilir (Tagliavini ve Rombola', 2001; Fernandez ve Ebert, 2005) ve aynı zamanda bitkilerde Fe eksikliği klorozunu giderme veya azaltmada en pratik önlem olmaya devam etmektedir (Goos ve Johnson, 2000).

Klorofil içeriği, kloroz derecesi hakkında bilgi verebilmesine rağmen, Fe eksikliğine toleransın iyi bir göstergesi olarak kabul edilmez (Jelali vd, 2010).

Demir eksikliği kök morfolojisinde değişikliklere neden olabilir (Morrissey ve Guerinot, 2009; Giehl vd, 2012; Gruber vd, 2013) ve genç yaprakların klorozuna neden olarak, dane verimini azaltır (Kobayashi ve Nishizawa, 2014).

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a / klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.26. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-a / klorofil-b kapsamına etkisi

Klorofil a / b oranı					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	
Biga incisi	2.64	2.10	2.43	2.32	2.38B
Osmancık-97	2.91	2.45	2.81	2.39	2.64A
Hamzadere	2.81	2.73	2.69	2.50	2.69A
Ronaldo	2.99	2.66	2.52	2.46	2.66A
Edirne	2.67	2.58	2.65	2.69	2.65A
Ortalama	K0: 2.65		K1: 2.55		
	Fe0: 2.71		Fe45: 2.49		

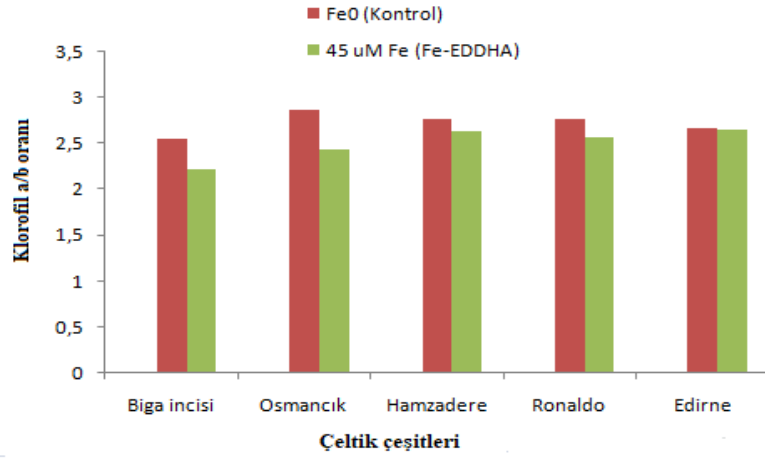
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.22'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere taze yaprakta klorofil a / b oranına Fe-EDDHA dozunun ve çeşidin etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli; kireç dozunun, çeşit×kireç dozu ve çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonlarının etkileri ise $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, kireç dozu×Fe-EDDHA dozu ve çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksiyonlarının taze yaprakta klorofil a / b oranına etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması ve kum ortamına kireç uygulaması taze yaprakta klorofil a / b oranını önemli derecede azaltmıştır. Bu azalmanın nedeni, Fe-EDDHA ve kireç uygulamaları sonucu taze yaprakta klorofil-b kapsamının artmasından kaynaklanabilir. Klorofil-a / b oranındaki büyük azalma, demir açlığı altında klorofil-a'nın, klorofil-b'den daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Öte yandan, birkaç çalışmada klorofil-b'nin, klorofil-a formundan daha fazla azaldığı rapor edilmiştir (Morales vd, 2000).

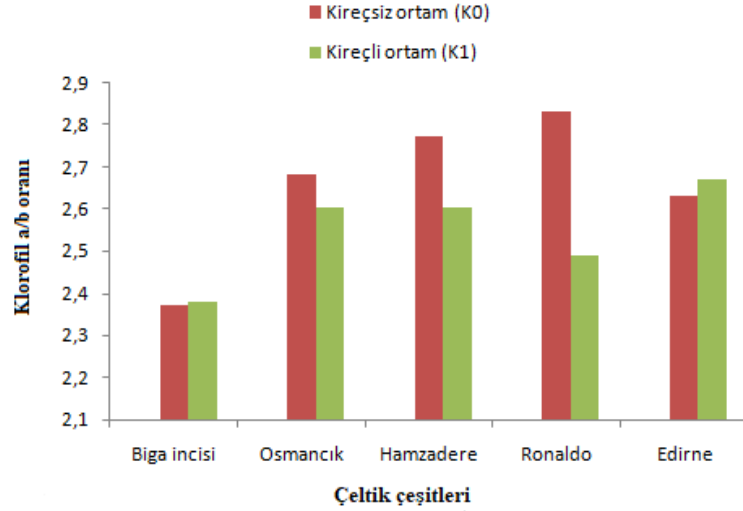
Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil a / b oranları bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiş olup, çeltik çeşitleri taze yaprakta klorofil a / b oran değerleri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Hamzadere > Ronaldo > Edirne > Osmancık > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.26). Genel olarak, çeşitler arasında taze yaprakta klorofil a / b oran değerleri bakımından en yüksek olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmüştür.

Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil a / b oranına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil a / b oranına etkisi

Şekil 5.16'nın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde yaprakta klorofil a / b oranını azaltmış olup, bu azalma değeri Biga incisi ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde diğer çeşitlere kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Buna karşın, Edirne çeltik çeşidinde taze yaprakta klorofil a / b oranı, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasından etkilenmemiştir. Diğer bir ifadeyle, demir beslenmesi yeterli düzeyde (45 μ M Fe) iken Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde yaprakta klorofil a / b oran değeri, demir beslenmesi noksan (Fe0) koşullarda yetiştirilen çeşitlerinkine göre daha düşük bir değer göstermiştir. Fakat Edirne çeltik çeşidinde noksan ve yeterli demir beslenmesi şartlarında taze yaprakta klorofil a / b oran değerleri birbirine benzer bulunmuştur. Kum ortamına kireç uygulamasının (% 4 CaCO₃) taze yaprakta klorofil a / b oranına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil a / b oranına etkisi

Şekil 5.17'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen Osmancık-97, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde taze yaprakta klorofil a / b oran değeri, kirecsiz kum ortamında yetiştirilenlere göre düşük bulunmuştur. Buna karşın, kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında, Edirne ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde taze yaprakta klorofil a / b oran değerleri birbirine benzer bulunmuştur.

Demir klorofilin yapısında yer almamakla beraber bitkinin demir beslenmesi ile bitkinin klorofil kapsamı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Demir beslenmesi yetersiz bitkilerin klorofil kapsamları düşüktür. Demir beslenmesi yeterli bitkilerin ise klorofil kapsamlarının yüksek olduğu belirtilmiştir (Machold, 1968; Aktaş, 1994).

Yeşil bitkilerde klorofil kapsamı ile bitkinin demir beslenme seviyesi arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (Jacobson ve Oertli, 1956; Dekock vd, 1960).

Demir noksanlığında klorofilin sentezinde başlangıç aşaması olan glisin ve süksinil koenzimA'nın bağlanma ritminde bir azalma gözlemlendiği belirtilmiştir. Nihayetinde bu durum klorofilin sentezinde azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca Fe koproporfirinojenin, koproporfirine oksidasyonunda ve sonuç olarak klorofilin sentezinde bitkide yeterince bulunması gereken bir elementtir (Loué,1986). Yüksek bitkilerde genellikle ve bol miktarda bulunan klorofil-a ve klorofil-b arasındaki fark, klorofil-a'da 3 numaralı karbon atomuna metil (CH₃) bağlanmış iken; klorofil-b de bir aldehit (CHO) grubu bağlanmıştır. Klorofillerin tümü fotosentezde asal olarak özdeş

şekilde işlev yapar. Bunların işlevleri iki grupta toplanabilir: a) Klorofiller belli dalga boyundaki ışık enerjisini absorbe ederek bu enerjiyi dönüştürürler ya da fotosentez için gerekli bileşiklere doğrudan aktarırlar. b) Fotosentezin değişik aşamalarında bir katalizör gibi görev yaparlar. Klorofillerin ışık absorpsiyon özellikleri katalitik özelliklerine göre daha belirgindir. Çünkü görünebilir ışık ne karbondioksit ne de su tarafından absorbe edilir. Fotosentez sürerken bitkilerin klorofil içeriklerinde bir değişiklik olmaz. Örneğin fotosentezin başında bitki yapraklarında klorofil-a'nın klorofil-b'ye oranı ne ise fotosentez sonunda da değişmeden kalır. Fotosentez anında klorofilde parçalanma ve dönüşüm olmadığını ortaya koyan bu durum dolaylı bir şekilde de olsa klorofilin fotosentezde katalitik işlevinin varlığını göstermektedir. Araştırmalardan elde edilen genel kanıya göre Krebs çemberinin ara aşamalarında oluşan süksinil koenzimA ile bir amino asit olan glisin birleşerek klorofil oluşturulmaktadır. Bitkilerde klorofilin sentezi üzerine pek çok etkenin etki yaptığı saptanmıştır. Bu etmenlerden birinin bulunmaması durumunda klorofil oluşamamakta kloroz (sararma) kendini göstermektedir (Kacar ve Katkat, 1998).

Klorofil değerleri, sadece kloroz derecesi hakkında bilgi vermekle kalmaz; aynı zamanda genotiplerin Fe klorozuna karşı farklı davranışları hakkında da bilgi verebilir (Sudahono vd, 1994).

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında karotenoid kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.27'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.27. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Karotenoid kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Fe 0	45 µM Fe	Fe 0	45 µM Fe	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
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		K1: 0.39		
	Fe0: 0.33		Fe45: 0.44		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.22'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, 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 interaksiyonlarının etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, kireç dozunun taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

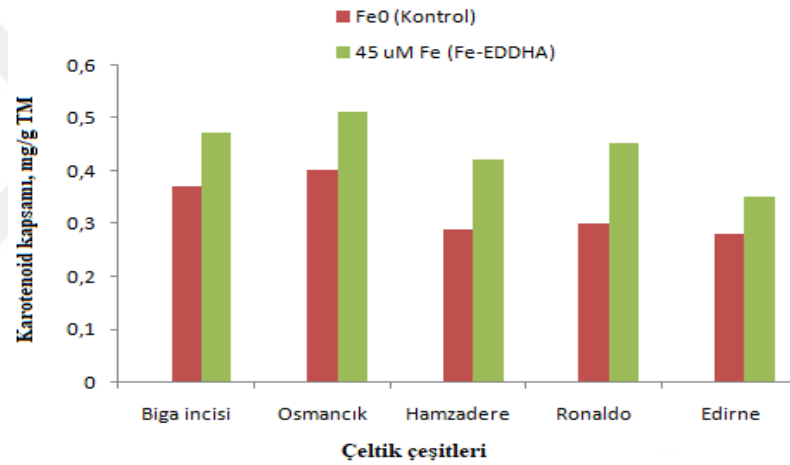
Fe-EDDHA içeren (45 μM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta karotenoid kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Kirecsiz kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının, taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranları, Biga incisinde % 17.0; Osmancık-97'de % 26.8; Hamzadere 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 kireç ilaveli (% 4 CaCO_3) 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 kirecsiz 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. 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 büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak, çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı bakımından en yüksek olan çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük olan çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmüştür (Çizelge 5.27).

Kirecsiz kum ortamında demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yaprakta karotenoid kapsamları bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere > Ronaldo > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, demir noksanlığı şartlarında kireç ilaveli kum ortamında

yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yaprakta karotenoid kapsamı bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla Osmancık-97 > Ronaldo > Biga incisi > Edirne > Hamzadere şeklinde gerçekleşmiştir (Çizelge 5.27).

Kirecsiz kum 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 ortamda 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.

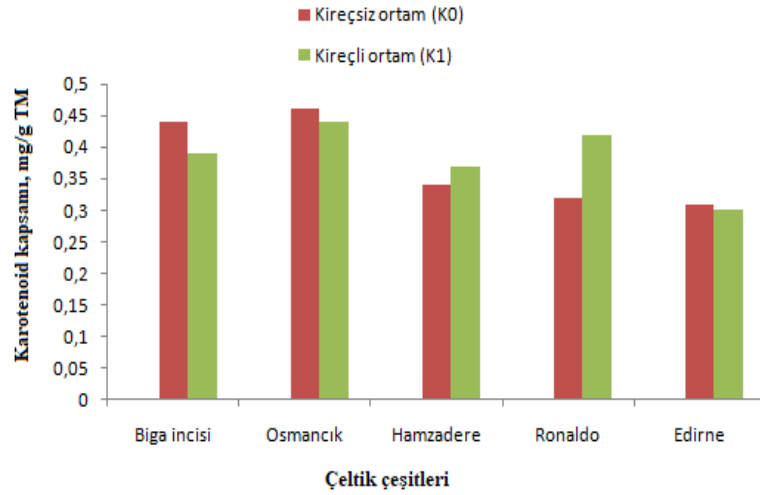
Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Şekil 5.18'in incelenmesinden anlaşılabacağı 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.

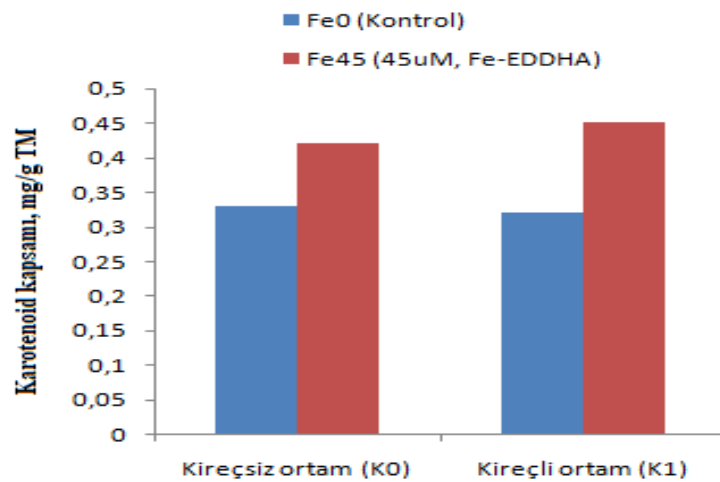
Kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.19)



Şekil 5.19. Kum ortamına kireç uygulamasının çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında karotenoid kapsamına etkisi

Şekil 5.19'un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, kum ortamına kireç uygulaması, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde taze yaprakta karotenoid kapsamını arttırmış; buna karşın, Biga incisi, 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 μ M Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Şekil 5.20'nin incelenemesinden 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 $C_{40}H_{51}$ '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 vd, 2013). Son yıllarda karotenoidlerin antioksidan aktiviteye sahip doğal izo-prenoid pigmentler oldukları bildirilmiştir (Cazzonelli, 2011). Bununla birlikte, karotenoidlerin sadece tekli oksijen ($^1O_2$) ile reaksiyona girdiği rapor edilmiş; ancak süperoksit, hidroperoksitler veya hidroksil gibi radikalleri detoksifiye edemediği bildirilmiştir (Chaudière ve Ferrari-Iliou, 1999; Gill ve Tuteja, 2010).

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

5.1.9. Taze Yapraklarda SPAD Metre Okuma Değerleri

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.28'de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireçli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Fe-EDDHA dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Fe-EDDHA dozu		Kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	3551.2**	4	97.90**	1	266.53**	4	20.90*	4	32.47*	1	79.72*	4	4.022	40	5.293

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi Çizelge 5.29’da verilmiştir.

Çizelge 5.29. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

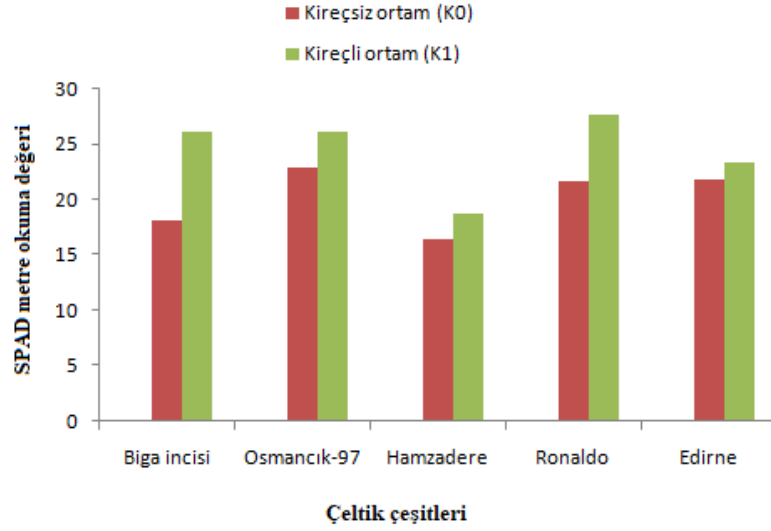
Çeltik Çeşidi	SPAD metre okuma değeri				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Fe 0	45 µM Fe	Fe 0	45 µM Fe	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	9.90	26.26	15.75	36.15	22.02C
Osmancık-97	15.58	29.95	16.72	35.33	24.40AB
Hamzadere	10.47	22.17	10.95	26.53	17.53D
Ronaldo	18.50	24.75	20.23	35.01	24.63A
Edirne	13.40	30.12	13.75	32.83	22.53BC
Ortalama	K0: 20.0		K1: 24.3		
	Fe0: 14.5		Fe45: 29.9		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.28’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine Fe-EDDHA dozunun, çeşidin, kireç dozunun etkileri $p<0.01$ seviyesinde; çeşit×kireç dozu, çeşit×Fe-EDDHA dozu ve kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksyonlarının etkileri ise $p<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta belirlenen SPAD metre okuma değerine çeşit×kireç dozu×Fe-EDDHA dozu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Fe-EDDHA içeren (45 µM Fe) tam besin çözeltisi uygulaması ve kireç uygulaması, kontrole göre SPAD metre okuma değerlerini önemli derecede arttırmıştır. Genel olarak, çeltik çeşitleri SPAD metre okuma değerleri bakımından farklılık göstermiştir. Çeltik çeşitleri taze yaprakta SPAD metre okuma değeri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Osmancık-97 > Edirne > Biga incisi > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.29).

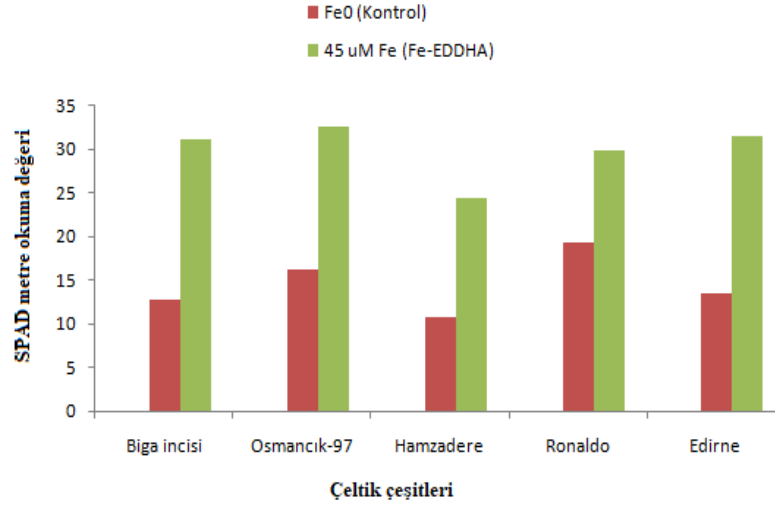
Kum ortamına kireç uygulamasının (% 4 CaCO₃) taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerine etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.21)



Şekil 5.21. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerine etkisi

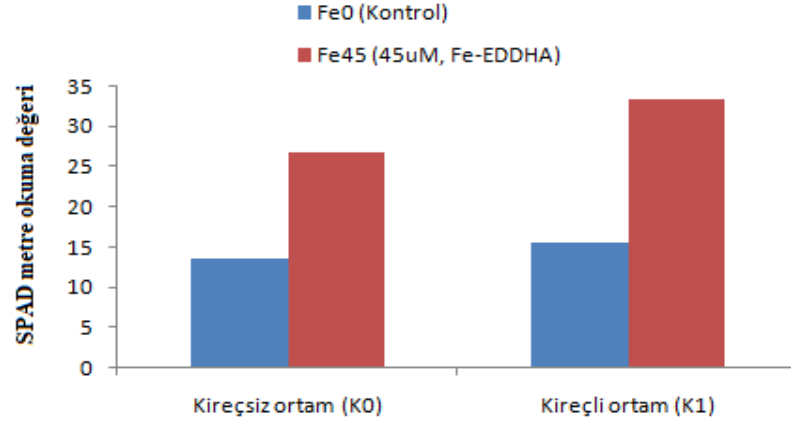
Şekil 5.21'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta ölçülen en yüksek SPAD okuma değeri Osmancık-97 çeltik çeşidinde tespit edilmiş; buna karşın, en düşük SPAD okuma değeri ise Hamzadere çeşidinde belirlenmiştir. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta ölçülen en yüksek SPAD okuma değeri Ronaldo çeşidinde; buna karşın, en düşük SPAD okuma değeri ise Hamzadere çeltik çeşidinde belirlenmiştir. Kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında Ronaldo, Osmancık ve Biga incisi çeltik çeşitleri taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri bakımından birbirlerine benzer bulunurken, geri kalan iki çeltik çeşidi SPAD okuma değeri bakımından farklılık göstermiştir. Aynı şekilde, kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değeri yönünden Ronaldo ve Edirne çeşitleri birbirine benzer bulunurken; Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere çeşitleri birbirlerinden farklı bulunmuştur. Araştırmada incelenen çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulaması taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerini arttırmış; fakat bu artış Edirne çeltik çeşidinde diğer çeşitlere kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) tam besin çözeltisi uygulamasının SPAD metre okuma değerlerine etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.22)



Şekil 5.22. Çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerine etkisi

Şekil 5.22'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, kontrol (Fe0) uygulamasında ölçülen en yüksek SPAD metre okuma değeri Ronaldo çeşidinde görülmüş; buna karşın, en düşük okuma değeri ise Hamzadere çeltik çeşidinde tespit edilmiştir. Diğer yandan, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta ölçülen en yüksek SPAD metre okuma değerlerine sahip çeşitlerin Osmancık-97, Edirne ve Biga incisi çeltik çeşitleri olduğu görülmüş ve ayrıca bu çeşitlerin SPAD metre okuma değerleri birbirlerine yakın değerlerde bulunmuştur. Buna karşın, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması sonucu taze yaprakta belirlenen en düşük SPAD metre okuma değeri Hamzadere çeltik çeşidinde görülmüştür. Araştırmada incelenen bütün çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması, kontrole kıyasla SPAD metre okuma değerlerini arttırmış olup, bu artış oranları Edirne, Osmancık-97 ve Biga incisi çeşitlerinde daha yüksek bulunmuştur. Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur (Şekil 5.23).



Şekil 5.23. Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerine etkisi

Şekil 5.23'ün incelenmesinden anlaşılabileceği üzere, kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerini kontrole (Fe0) göre arttırmıştır. Ek olarak, kireç ilaveli kum ortamında Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerini, kirecsiz kum ortamında yetiştirilen bitkilerinkine göre daha fazla arttırmıştır.

Son on yılda, yaprak klorofil içeriğini hızlı ve tahribatsız bir şekilde değerlendirmek için çeşitli optik teknikler geliştirilmiştir (Markwell vd, 1995, Richardson vd, 2002). Bitkinin sağlam yaprakları tarafından, ışığın belirli dalga boylarının absorpsiyonuna veya yansımaya dayanan bu yöntemler, yakın bir zamanda geleneksel ıslak kimyasal ekstraksiyon yöntemlerinin yerini almıştır. Bununla birlikte, optik yöntemlerin performansını değerlendirmek amacıyla, karşılaştırmaya esas olması bakımından bu tür kimyasal ekstraksiyon teknikleri de gerekmektedir. Diğer yandan, SPAD metre, yaprakların nisbi klorofil içeriğini belirtmek için kullanılabilir olsa da yaprakların mutlak klorofil içeriği veya konsantrasyonunu belirtmez (Richardson vd, 2002).

Hirai vd, (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, arpa bitkisinin demir içeriğinin çeltik bitkisinden daha yüksek olmasa bile nispeten yüksek bir klorofil indeksi (SPAD) değerini demirce noksan koşullar altında koruduğunu bildirmiştir. Aynı araştırmacılar ayrıca, arpa bitkisinde genç klorotik yaprakların uzun süreli demir noksanlığı şartlarında dahi geliştiğini rapor etmişlerdir.

5.1.10. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde fitosiderofor salgısı üretimi

Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.30'da verilmiştir.

Çizelge. 5.30. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	SD	KO
Çeşit	4	0.005**
Hata	10	0.001
Toplam	14	

**p<0.01 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarları Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarları

Çeltik çeşidi	Fitosiderofor salgısı ($\mu\text{mol} / 10 \text{ bitki } 4\text{h}^{-1}$)
Biga incisi	0.069B
Osmancık-97	0.083B
Hamzadere	0.120A
Ronaldo	0.044B
Edirne	0.084B

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.30'un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, fitosiderofor üretimleri bakımından çeşitler arasındaki farkın $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Taze kökte üretilen fitosiderofor miktarı en yüksek olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Köklerde fitosiderofor üretimleri bakımından geri kalan diğer çeşitler arası fark istatistiksel olarak önemsiz olup, birbirlerine yakın bulunmuştur. Salgıladıkları fitosiderofor miktarları bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Hamzadere > Edirne > Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.31).

Fenolik maddeler (kafeik asit veya asit alifatik) ve doğal şelatlar (fitosideroforlar) gibi kökler tarafından salınan birçok indirgeyici bileşiklerin, demir çözünürlüğünü artırabildiği belirtilmiştir (Deiana vd, 2003). Aynı şekilde, toprak mikrobiyal aktivitesi Fe ediniminde önemli bir rol oynar (Rroco vd, 2003). Çeltik bitkileri, Fe (II)'yi topraktan OsIRT1 taşıyıcı (Strateji I ile ilgili sistem) ile alırken; Fe (III)'ü fitosiderofor bazlı bir sistem (Strateji II sistemi) aracılığıyla alır (Masuda vd, 2017). Demir (Fe), biyokütle üretiminin ve bitkisel ürün kalitesinin önemli bir belirleyicisidir (Briat vd, 2015). Fe eksikliğine toleranslı çeltik üretmek için kullanılan ilk yaklaşımın, bitkideki mugineik asitlerin (MA) biyosentezini arttırmak olduğu bildirilmiştir. Kullanılan ikinci yaklaşımın çeltik bitkisinde Fe (III) ferrik redüktaz aktivitesini arttırmak olduğu bildirilmiştir. Kullanılan üçüncü yaklaşımın, çeltik bitkisinde Fe homeostazı ile ilgili genleri kontrol eden transkripsiyon faktörlerinin ekspresyonunu arttırmak olduğu bildirilmiştir (Masuda vd, 2017). Fe sınırlayıcı ortam koşullarına cevaben, yüksek pH'lı topraklarda kuvvetli bir şekilde büyüyüp gelişebilen bir bitki türü olan arpa, 2'-deoksimugineik asit (DMA), MA ve 3-epihidroksimugineik asit (epiHMA) türevleri dahil olmak üzere büyük miktarlarda PS salgılar. Buna karşılık, yüksek pH'lı topraklarda Fe eksikliği klorozuna karşı oldukça hassas olan çeltik bitkisi Fe eksikliğine yanıt olarak, arpadan çok daha düşük seviyelerde ve daha kısa sürelerde sadece DMA salgılar (Mori vd, 1991; Higuchi vd, 1996). Fe eksikliği sırasında çeltik bitkisi, günlük bir paterni takiben DMA biyosentetik genlerinin ekspresyonunu indükler (Inoue vd, 2009; Nozoye vd, 2011). Ayrıca çeltik bitkisinin günün sabah saatlerinde salgıladığı DMA seviyesi, öğleden sonra veya gece saatlerinde salgıladığı DMA seviyesinden daha yüksektir (Nozoye vd, 2014). Bununla birlikte, yulaf gibi bitkilerin aksine, genç çeltik bitkilerinin düşük fitosiderofor üretiminden dolayı demir noksanlığına daha duyarlı olduğu rapor edilmiştir (Mori vd, 1991).

5.1.11. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde ferrik redüktaz aktivitesi

Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.32'de verilmiştir.

Çizelge 5.32. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

	SD	KO
Çeşit	4	36054.73**
Hata	10	6.992
Toplam	14	

**p<0.01 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesi değerleri Çizelge 5.33'te verilmiştir.

Çizelge 5.33. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesi değerleri

Çeltik çeşidi	Ferrik redüktaz aktivitesi (μ mol /saat / g taze kök)
Biga incisi	349.26D
Osmancık-97	462.85C
Hamzadere	588.06B
Ronaldo	602.38A
Edirne	585.38B

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.32'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, çeşitlerin ferrik redüktaz aktivite değerleri arasındaki farkın p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze köklerde ferrik redüktaz aktivitesi en yüksek olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Taze köklerde ferrik redüktaz aktivite değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Hamzadere > Edirne > Osmancık-97 > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır.

Demir-redüktaz aktivitesi, hücre seviyesinde Fe kullanımının bir göstergesidir (Daşgan vd, 2002). Dikotiledon ve çim olmayan monokotiledon bitkilerde bazı Fe düzenleyici proteinler, ferrik redüktazlar, demir taşıyıcıları ve H⁺-ATP_{az}'lar, kökler tarafından demirin alınmasında anahtar rol oynar (Hell ve Stephan, 2003). Fe (III) redüktazlar veya ferrik redüktazlar, hücre dışında Fe (III)'ün Fe (II)'ye indirgenmesi

için sitoplazmik NAD(P)H'den elektronları aktaran entegre plazma membran proteinleridir (Lucena vd, 2006).

Oksitlenmiş topraklarda demir genellikle ferrik (Fe^{+3}) formda olup, oksitler ve hidroksioksitler şeklinde bağlanır. Fe^{+3} demirin çözünürlüğü çok düşüktür. Bununla birlikte bitkilerin başlıca demir alımı Fe^{+2} şeklinde gerçekleşir (Lindsay ve Schwab, 1982). Dolayısıyla demirin bitkiler tarafından alımı için Fe^{+2} formuna indirgenmesi gerekir. Aksi takdirde, Fe^{+3} formunun alımı ve kullanımı için köklerin içindeki şelatlama ajanları tarafından taşınması gerekir. Bu nedenle, büyüme ortamındaki olumsuzluğa cevaben bitkilerin geliştirdiği iki mekanizma vardır. (Romheld ve Marschner, 1986; Rogers ve Guerinot, 2002; Epstein ve Bloom, 2005). Bu mekanizmalardan birincisi protonların (H^+) bitki kökleri tarafından salınmasını takiben rizosferin pH değerinin düşmesidir. Rizosferdeki düşük pH düzeyi demiri çözebilir veya Fe^{+3} iyonunu Fe^{+2} formuna indirgeyebilir. Daha sonra indirgenmiş demir formu ise bitkide Fe^{+2} spesifik taşıma sistemi sayesinde plazma zarı boyunca taşınır. Bu mekanizma türü esas olarak dikotiledon bitkilerde ve otsu monokotiledonlarda gerçekleşir (Epstein ve Bloom, 2005).

Bitkilerin demir alımı için indüklediği ikinci mekanizma ise bitki kökleri tarafından fitosideroforların (demir taşıyıcıları) salınmasıdır. Bu fitosideroforlar Fe^{+3} iyonunu Fe^{+2} iyonuna indirgemedi Fe^{+3} ile bir kompleks oluşturur ve bu Fe^{+3} -siderofor kompleksi daha sonra bitkinin kök hücre plazma membranları boyunca taşınır (Epstein ve Bloom, 2005).

Takagi vd, (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. Ek olarak, genom dizilimi, çeltik bitkisinin ferrik redüktaz genleri içerdiğini göstermiştir (Vasconcelos vd, 2004).

Bienfait vd, (1987) demir noksanlığı şartları altında yetiştirdikleri patatesin, demir noksanlık stresine cevap olarak köklerinde ferrik redüktaz aktivitesini arttırdığını bildirmişlerdir.

5.2. Kum Ortamında Yetiştirilen Bazı Çeltik Çeşitlerinde Toksik Düzeyde Demir İçerikli (3.50 mM Fe, FeSO₄.7H₂O) Tam Besin Çözeltileri Uygulamasının Sap Kuru Madde Miktarı ve Demir Beslenmesi ile İlgili Bazı Özellikler ve Demir Toksisite İndeks Değerleri Üzerine Etkisi (Deneme 2)

5.2.1. Sap kuru madde miktarı

Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.34'te verilmiştir.

Çizelge 5.34. Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu × Çeşit interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
3	13.24**	4	0.434**	12	0.093	40	0.065

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.35'te verilmiştir.

Çizelge 5.35. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çeltik Çeşidi	Bitki sap kuru madde miktarı (g / saksı)				Ortalama
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	1.49	3.91	1.72	2.51	2.41A
Osmancık-97	1.68	3.26	1.48	2.25	2.17BC
Hamzadere	1.46	3.21	1.37	1.86	1.98C
Ronaldo	1.47	3.38	1.11	2.09	2.02C
Edirne	1.74	3.60	1.39	2.57	2.33AB
Ortalama	1.57C	3.48A	1.42C	2.26B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.34'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeltik çeşitlerinde demir dozunun ve çeşidin, bitki sap kuru madde miktarına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortalama bitki sap kuru madde miktarları bakımından çeltik çeşitleri istatistiksel olarak sırasıyla; Biga İncisi ~ Edirne > Osmancık-97 ~ Ronaldo ~ Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Demir sülfat heptahidrat formunda

uygulanan yeterli demir düzeyi (45 μ M Fe) kontrole göre bitki sap kuru madde miktarını önemli derecede arttırmıştır. Buna karşın, demir sülfat formunda uygulanan yüksek (toksik) demir düzeyi (3.50 mM Fe) bitki sap kuru madde miktarını kontrole (Fe0) göre önemli derecede etkilememiş; fakat yeterli demir düzeyine göre bitki sap kuru madde miktarını önemli derecede azaltmıştır. Ayrıca, toksik demir seviyesinde ortama ilave edilen soda ile aktive edilmiş bentonitin yararlı etkisi sonucu, kontrole (Fe0) göre bitki sap kuru madde miktarı önemli derecede artmıştır. Toksik düzeyde demir uygulanması, yeterli demir dozu uygulamasına göre bitki sap kuru madde miktarını % 59.19 oranında azaltmıştır. Çeltik çeşitlerinin toksik düzeyde demir uygulamasına tolerans oranı ortalama % 40.80 olarak hesaplanmıştır. Toksik düzeyde demir uygulamasına çeşitlerin tolerans oranları: Biga incisinde % 45,98, Osmancık-97'de % 45.39, Hamzadere'de % 42.67, Ronaldo çeşidinde % 32.84, Edirne çeşidinde ise % 38.61 olarak hesaplanmıştır. Kum kültürü ortamına soda ile aktive edilmiş bentonit (% 10) ilave edildiğinde toksik düzeyde demir uygulaması yeterli demir dozuna göre bitki sap kuru madde miktarını % 35.05 oranında azaltmış, çeşitlerin toksik düzeyde demir uygulamasına tolerans oranı ortalama % 64.94'e yükselmiştir. Bu sonuçlara göre, kum ortamına soda ile aktive edilmiş bentonit ilavesi, çeltik çeşitlerinin toksik düzeyde demir dozuna tolerans oranını arttırmıştır. Çeşit x demir dozu interaksyonunun bitki sap kuru madde miktarına etkisi önemsiz olmakla birlikte, bentonitsiz kum ortamında toksik demir düzeyi uygulamasında çeltik çeşitleri sap kuru madde miktarları bakımından sırasıyla; Biga İncisi > Osmancık-97 > Edirne ~ Hamzadere > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Bentonitsiz kum ortamında, Ronaldo çeltik çeşidinin sap kuru madde miktarı, yüksek demir dozunun toksik etkisinden dolayı en düşük bulunmuş; buna karşın, Biga incisi çeşidinde ise en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Samaranayake vd, (2012), aşırı miktarda demir iyonlarının (Fe^{+2}) çeltik bitkisinde gelişme ve demir içeriği üzerine etkisini araştırmak amacıyla çalışmalarında iki farklı çeltik çeşidi kullanmışlardır. Bu çeltik çeşitlerinden Bw 272-6b çeşidi, Fe^{+2} stresine hassas bir çeşit iken; Bw 267-3 çeşidi, demir stresine dayanıklı bir çeşit olarak belirtilmiştir. Çeltiğe ait besin solüsyonunun içerisine $FeSO_4$ formunda 250 mg Fe^{+2} L⁻¹ ilave edilerek 21 günlük bitkiler üzerine demir stresi uygulanmıştır. Bitkiler, Fe^{+2} stresinin uygulanmasından 14 gün sonra hasat edilmiştir.

Ferrous (Fe^{+2}) demir stresi, dayanıklı ve hassas çeltik çeşitlerinin sürgün kuru ağırlıklarını olumsuz etkilemiştir. Bununla birlikte, demir toksisitesine karşı hassas bir çeşit olan Bw 272-6b çeltik çeşidinin sürgün kuru ağırlığında önemli bir azalma gözlenmiştir. Sürgün kuru ağırlığının göreceli azalması, Bw 272-6b çeşidinde, Bw 267-3 çeşidine kıyasla 10 kat daha büyük olmuştur. Bu sonuçlar, Fe^{+2} stresine karşı; Bw 272-6b çeltik çeşidinin, Bw 267-3 çeşidine kıyasla daha hassas bir çeşit olduğunu doğrulamaktadır. Bununla birlikte, her iki çeltik çeşidinin kök kuru ağırlıkları, bu deneyde uygulanan Fe^{+2} stresinden önemli ölçüde etkilenmemiştir. Stres ve kontrol koşulları altında herhangi bir çeşitte kök kuru ağırlıklarında önemli bir fark olmadığı için kök kuru ağırlıklarının göreceli azalması hesaplanmamıştır. Kontrol koşulları altında, iki çeltik çeşidinin köklerindeki demir içeriği önemli ölçüde değişmemiştir. Bu durum, bitki gelişme ortamının demir içeriği fazla olmadığı takdirde Fe^{+2} iyonuna karşı direnç bakımından farklılık gösteren çeşitlerde besin emiliminin benzer olduğunu göstermiştir. Stres koşulu altında, her iki çeltik çeşidinin köklerindeki demir içeriği, kontrol uygulamalarına göre önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Fe^{+2} stresine karşı bir dirençten bağımsız olarak, bitki gelişme ortamındaki demir içeriğinin artmasıyla, her iki çeltik çeşidi tarafından emilen Fe^{+2} iyonunun önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, demir stresine dayanıklı çeşidin köklerindeki demir içeriği, duyarlı çeşide kıyasla önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Bu, Fe^{+2} stresine dayanıklı çeltik çeşidinin köklerinde fazla Fe^{+2} 'yi dışlayabildiğini; buna karşın duyarlı çeşitlerde ise dışlanma gücünün daha önce Peng ve Yamauchi (1993), tarafından da açıklandığı gibi düşük olduğunu göstermiştir. Stres altındaki her iki çeltik çeşidinin sürgünlerindeki demir içeriği, kontrol uygulamalarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, stres koşullarında iki çeltik çeşidinin sürgünlerindeki demir içeriği birbirinden önemli ölçüde farklı bulunmamıştır. Demir stresi altında iki çeltik çeşidinin sürgünlerindeki demir içerikleri arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen; bu çeşitlerin demir toksisitesine bağlı olarak ortaya çıkan yaprak semptomları değerlendirildiğinde, duyarlı çeltik çeşidine görsel ölçekte 7 puan verilir iken; dayanıklı çeltik çeşidine sadece 1 puan verilmiştir. Bu gözlemle ilgili iki olası neden önerilebilir. İlk olarak, dayanıklı çeşidin sürgün sistemi, hücre hasarına neden olmadan demirleri dokularında bölme mekanizmasına sahip olabilirken; duyarlı çeşitte böyle bir mekanizmaya sahip olmayabilir. Çeltik bitkisinin değişik organlarında farklı demir dağılım seviyelerinin olduğu ve demir toksisitesine çok duyarlı varyetelerde demir bariyerinin bulunmadığı bildirilmiştir (Audebert vd, 2006). İkinci olarak, yaprak

semptomları kök sistemi tarafından iletilen bir kimyasal sinyal ile bağlantılı olabilir. Kök sisteminde önemli ölçüde daha fazla demir içeriğine sahip olan, duyarlı çeşitlerin kökleri tarafından iletilen sinyal, dayanıklı çeşitlerin düşük demir içeren kök sistemi tarafından iletilen sinyalden daha güçlü olabilir. Bununla birlikte, bu önemli fenomenin mekanizmasını anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Fageria vd, (2008) tarafından verilen formüle göre çeltik çeşitlerinin toksik demir dozuna tolere indeks değerleri bentonitsiz ve bentonitli kum kültürü ortamında hesaplanarak ve yüksek demir dozunda demir toksisitesi şiddet derecesi (IRRI, 2002) gözlemlenerek Çizelge 5.36’da verilmişlerdir.

Çizelge 5.36. Yeterli demir düzeyine (45 μ M Fe) göre çeltik çeşitlerinin bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamında demir sülfat formunda toksik demir dozuna tolere indeks değerleri ve demir toksisite şiddet dereceleri

Çeşit	Bentonit ilaveli kum ortamı	Bentonitsiz kum ortamı	
	Toksik demir dozuna tolere indeks değeri	Toksik demir dozuna tolere indeks değeri	Demir toksisite şiddet derecesi (IRRI,2002)
Biga incisi	1.24	1.36	3
Osmancık-97	0.93	0.97	5
Hamzadere	0.75	0.88	7
Ronaldo	0.89	0.75	9
Edirne	1.17	1.01	7

Fageria vd, (2008)’e göre, çeltik çeşitlerinin demir toksisitesine tolerans indeks değerleri: >1.0 olduğunda, çeşitlerin toleranslı; 0.5-1.0 arasında olduğunda, çeşitlerin orta derecede toleranslı; <0.5 olduğunda ise, çeşitlerin toksisiteye hassas olduğu belirtilmiştir. Buna göre Biga incisinin yüksek (toksik) demir dozunu (3.50 mM Fe) en iyi tolere eden çeşittir. Buna karşın, Ronaldo çeltik çeşidinin toksik demir dozunu orta derecede tolere edebildiği tespit edilmiştir. Bentonitsiz kum ortamında toksik demir dozuna tolere indeks değerlerine göre çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 > Hamzadere > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Bentonitsiz kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitleri içerisinde Ronaldo toksik demir dozuna ya da demir toksisitesine en hassas çeşit olarak tespit edilmiştir. Bentonit ilaveli kum ortamında ise toksik demir dozuna tolere indeks değeri sadece Edirne çeşidinde artış göstermiş olup, bu çeşidin bentonitli kum ortamında toksik demir dozuna tolere gücü artmıştır. Bentonit (% 10) ilaveli kum ortamında toksik demir dozuna (3.50 mM Fe) tolere indeks değeri en yüksek çeşit Biga incisi; en düşük çeşit ise Hamzadere çeltik çeşididir. Bentonitli kum ortamında toksik demir dozuna tolere indeks değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla;

Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 > Ronaldo > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuç dikkate alındığında, Biga incisi çeltik çeşidinin demir toksisitesine daha dayanıklı olduğu düşünülmüştür. Gözlem değerlendirmesine göre, Biga incisi çeltik çeşidinin demir toksisite derecesi (3) daha iyi bulunmuştur. Buna karşın demir toksisitesine en dayanıksız çeşit olan Ronaldo çeltik çeşidinde demir toksisite derecesi 9 olarak puanlanmıştır. Gözleme dayalı belirlenen sonuçlar, hesaplanan demir toksisitesine tolerans indeks değerleri ile paralellik göstermiştir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir seviyesinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler bitki sap kuru madde miktarları bakımından; Edirne ~ Biga incisi > Osmancık-97 > Ronaldo > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Çeltik bitkisinde demir toksisitesi, 10-1000 mg / L aralıklarında değişen çeşitli Fe^{+2} konsantrasyonlarında meydana gelebilir (Kirk, 2004). Sucul bitkiler demir toksisitesinden kaçınmak için, rizosferlerinde Fe^{+2} oksidasyonu, kökleri tarafından Fe^{+2} alımının engellenmesi, aşırı Fe^{+2} iyonunu apoplast ve vakuollerinde biriktirmek, reaktif oksijen türlerinin antioksidan enzimler yoluyla detoksifikasyonu gibi çeşitli direnç mekanizmaları gösterirler. Bununla birlikte, bazı bitkilerin ana savunma mekanizmasının köklerden rizosfere oksijen (O_2) salmak olduğu yaygın bir şekilde kabul görmüştür. Çeltik bitkisinin aerenkiması su altındaki toprak koşullarında O_2 'yi atmosferden köklere taşır (Armstrong vd, 1991; Butterbach Bahl vd, 2000). Rizosfere sızan O_2 , ferrik oksitler ve ferrik hidroksitler gibi kırmızımsı Fe^{+3} bileşiklerinin bitki kök yüzeyinde çökmesine yol açar (Begg vd, 1994; Kirk, 2004). Bu kırmızımsı renge sahip oksitlenmiş bölgelerin, çoğunlukla aktif köklerin etrafında bulunduğu görsel bir kanıt olabilir (Atulba vd, 2015). Kök biyokütle gelişimi, çeltik gelişme aşamasına bağlı olarak önemli ölçüde farklı olabileceğinden dolayı, kökler farklı seviyelerde O_2 salabilir ve böylece toprakta redoks koşullarını dalgalandırabilir.

Çeltiklik topraklarında gözlenen belirgin siyah renklerin, indirgenmiş bölgeler; kırmızı renklerin ise, oksitlenmiş bölgeler ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Koyu grimsi renkler, demir sülfürün oluşumuna (Starkey, 1946; Bloomfield, 1969; Brummer, 1974; Paul ve Clark, 1996); kırmızımsı renkler ise, ferrik oksit ve ferrik hidroksitlerin oluşumuna bağlanabilir (Flessa ve Fischer, 1992; Kirk, 2004). Bu nedenle, toprak profilinde spesifik renklerin ortaya çıkması çeltik yetiştirme mevsimi boyunca değişebilir. Ortaya çıkan bu renklerin analizi, redoks koşullarının mekansal dinamiği için bir gösterge olabilir (Schmidt vd, 2010).

Kök zonunun karakteristiğini gösteren en etkili araç, kök dinamiklerinin mevcut yerini ve aynı zamanda renklerin değişmesi ile belirtilen toprakların kimyasal değişikliklerini de inceleyebilen rizotronudur. Rizosfer değişikliklerinin karakterizasyonu için, rizotron sistemleri ile kombine bir şekilde mikroskopi ve fotoğraf gibi birçok farklı dokümantasyon yöntemi uygulanır (Bohm, 1979; Rutherford ve Curran, 1981; Rasse vd, 2000; Wenzel vd, 2001). Kök oksidasyon potansiyeli daha yüksek olan çeltik çeşitlerinin, dış kök yüzeyinde Fe plakları şeklinde daha fazla Fe çökelttiği rapor edilmiştir (Atulba vd, 2015). Demir toksisitesi, çeltik bitkisi yapraklarında toksik bir Fe konsantrasyonu biriktiği zaman ortaya çıkar (Sahrawat, 2004). Demir toksisitesine neden olan ortam çözeltilerindeki Fe seviyeleri, 10 mg Fe L⁻¹ ila 500 mg Fe L⁻¹ veya bu değerin (500 mg Fe L⁻¹) üzerindeki bir konsantrasyonda değişebilir. Bildirilen Fe toksisite seviyelerindeki geniş aralık, besin solüsyonuna ilave edilen Fe'nin form ve kaynağı, varyete toleransı, diğer besinlerin konsantrasyonları, sıcaklık ve güneş radyasyonu nedeniyle olabilir (Marschner ve Cakmak, 1989; Bode vd, 1995). Demir toksisitesi, su basmış toprak koşulları altında yetiştiriciliği yapılan çeltik üretimi için önemli bir sorun teşkil etmektedir (Genon vd, 1994; Sahrawat vd, 1996; Sahrawat, 2004). Japonya'da, "Akagare Tip-I"; Kore'de, "Akiochi" ve Sri Lanka'da, "Bronzlaşma" olarak bilinen bitkideki (çeltik) beslenme bozuklukları Fe toksisitesine atfedilir (Ponnamperuma vd, 1955; Tanado ve Yoshida, 1978). Batı ve Orta Afrika Bölgesi'nde demir toksisitesi, sulak alanlardaki çeltik verimini; çeşide, çeşidin toksisite yoğunluğuna ve toleransına bağlı olarak % 12 ila % 100 oranında azaltabilir (Virmani, 1977; Abifarin, 1989; Olaleye vd, 2001). Çeltik bitkisinde ferrous (Fe⁺²) demirden kaynaklanan toksisite belirtileri bazı araştırmacılar tarafından izah edilmiştir (Tanaka vd, 1966; Howeler, 1973). Çeltik bitkisinin yaşlı yapraklarında kahverengi lekelerin görülmeye başlaması, sonrasında ise bu yaprak uçlarının özellikle kenarlar boyunca tabana doğru yayılan kırmızımsı kahverengi bir renk oluşturması toksisite belirtileri arasında yer almaktadır. Ayrıca demir toksisitesi nedeniyle bitkinin kardeşlenme sayısında, gövde yüksekliğinde (Olaleye vd, 2001), bitki taze ve kuru ağırlığında ve başakçık sterilitesinde bir azalma gözlenmiştir (de Dorlodot vd, 2005) Çeltik bitkisi köklerindeki demir toksisite semptomları ise dış yüzeyde oluşan ferrik (Fe⁺³) çökelti birikintileridir (Green ve Etherington, 1977). Kökler yetersiz, kısa ve koyu kahverengi olur (Sahrawat, 2004). Bu semptomlar, özellikle yüksek seviyelerde toksik hidroksil radikallerinin (OH⁻) ve diğer reaktif oksijen türlerinin (H₂O₂, O₂⁻)

üretimine yol açan “Fenton reaksiyonları” ile ilgili bir durumdur (Bode vd, 1995; Thongbai vd, 2000; Estevez vd, 2001).

Bronzlaşma skalası, çeltik çeşitlerinin demir toksisitesine duyarlılığının değerlendirilmesinde kullanılan klasik bir parametredir (Nyamangyoku ve Bertin, 2013). Literatür bilgilerinin ışığı altında, ferrous demir toksisitesi, çeltik bitkisinde büyüme ve gelişmeyi sekteye uğratar (Nyamangyoku ve Bertin, 2013). Demir toksisitesinden etkilenen bitki gelişim parametreleri; kardeşlenme sayısı, sürgün yüksekliği, taze ve kuru ağırlıklardır (Ponnamperuma vd, 1955; Olaleye vd, 2001; de Dorlodot vd, 2005). Yaprak bronzlaşma derecesi, demir toksisitesinin şiddetini anlamada iyi bir ölçüsü olarak önerilmiştir (Ota, 1968). Bronzlaşma semptomları esas olarak sekonder oksidatif strese veya klorofildeki porfirin grubunun oluşturulmasında Mg ve Fe arasındaki bir antagonizmaya bağlıdır (Becana vd, 1998). Çeltik genotipleri ferrous demir stresine toleransları bakımından büyük farklılıklar gösterir (Ponnamperuma vd, 1955; Howeler, 1973; Bode vd, 1995; Luo vd, 1997). Demir toksisitesine toleranstaki genotip farklılıklarının, rizosferdeki Fe^{+2} oksidasyon gücündeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Green ve Etherington, 1977; Ottow vd, 1982; Bienfait, 1989).

Wang ve Peverly (1996), sulak alan bitkilerinin köklerindeki demir plak oluşumunun, sadece Fe^{+3} iyonundan değil, aynı zamanda Fe^{+2} iyonundan da kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmalarla ilgili benzer araştırma sonuçları bazı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Ye vd, 1997).

Çeltik bitkileri, diğer bitkilerin çoğundan daha fazla demir alma eğilimindedir. Yüksek hücre içi Fe konsantrasyonlarının bitki büyümesi üzerindeki etkilerine ek olarak, rizosferde yüksek Fe^{+2} konsantrasyonu, birçok temel besin maddesinin alınmasında antagonistik bir etkiye sahiptir (Fageria vd, 2008). Bu yüzden demir toksisitesi sıklıkla “çoklu besin bozukluğu” olarak nitelendirilir.

Çeltikte demir toksisitesine tolerans; bitki yaşına, beslenme durumuna ve yetiştirme ortamının kimyasal bileşimine bağlıdır. Bir çeltik bitkisinin suya boğulu toprak koşullarındaki fizyolojik durumu, toprak çözeltisindeki yüksek demir konsantrasyonunu tolere etme kabiliyetini büyük ölçüde değiştirir. Bitki yetiştirme ortamındaki P, K, Zn ve N elementlerinin mevcudiyetinin artışına bağlı olarak demir toksisitesinin etkisinde bir azalma gözlenebilir (Audebert ve Sahrawat, 2000).

Çeltik kökleri demir toksisitesine karşı koymak amacıyla üç önemli işlevi yerine getirir. Bunlar, büyüme ortamındaki demir konsantrasyonunu düşük tutmak için rizosferdeki demirin oksidasyonunu içerir. Bu işlemde moleküler oksijen, sürgünlerden köklere hava odacıkları ve aerenkima yoluyla aktarılıp, daha sonra ortama geçer. Bu olay rizosferin topraktan daha okside olmasını sağlar. Köklerin oksidatif gücü, etrafındaki kemosferi büyük ölçüde etkiler ve toprak çözeltisindeki ferrus demirinin ferrik demirine oksidasyonuna yol açar (Mandal vd, 2004).

Demir toksisitesine dayanıklı çeltik çeşitlerinde, daha az demir absorbe edilir veya köklerden yapraklara daha az demir taşınır. Her iki sürece de “fizyolojik kaçınma” denir. Demire toleranslı çeltik çeşitleri fotosentezleyici yapraklarda daha az demir biriktirir ve yapraklar içerisinde tutulan demir mevcudiyetinde de üstün fotosentetik potansiyelini korur (Audebert ve Sahrawat, 2000). Bitki büyümesi yaprakların kuru madde üretimine bağlı olduğundan (Jiang vd, 2004), demir toksisitesine toleranslı çeltik çeşitlerinin, hassas bitkilere göre daha yüksek sürgün biyokütlelerine sahip olması beklenir. Demire toleranslı diğer çeltik çeşitlerinde nispeten dokularda ciddi toksisite belirtileri olmadan yüksek Fe seviyeleri bulunabilir. Bu çeşitlerin, demir toksisitesinin bir sonucu olarak “Fenton” reaksiyonlarının neden olduğu artan reaktif oksijen türlerine (ROS) karşı iyi bir adaptasyon mekanizmasına sahip oldukları düşünülmektedir. Bu savunma mekanizmaları arasında; askorbik asit ve indirgenmiş glutatyon antioksidan enziminin kullanılması (Gallie, 2013) ve aynı zamanda bitkileri reaktif oksijen türlerinin (ROS) hasarından koruyan süperoksit dismutaz, peroksidaz ve katalaz gibi enzimlerin aktifleştirilmesi de vardır (Fang vd, 2001). Diğer bir mekanizma ise Fe’nin, Fe-ferritin veya Fe-fitat gibi reaktif olmayan formlarda depolanmasıdır. Apoplast ve vakuolde depolanma ve Fe kaynaklı reaktif oksijen türlerinin antioksidan enzimlerle detoksifikasyonu araştırmacılar tarafından en çok bildirilen tolerans mekanizmalarıdır (Dufey vd, 2009).

5.2.2. Sapta aktif demir kapsamı

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları ve değerler sırasıyla Çizelge 5.37 ve Çizelge 5.38’de verilmiştir.

Çizelge 5.37. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu× Çeşit interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
3	8178954.88**	4	7957.87	12	3478.20	40	3770.35

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.38. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi

Sapta aktif demir kapsamı (mg kg ⁻¹)					
Çeltik Çeşidi	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	Ortalama
Biga incisi	57.3	136.3	1553	1114	710.42
Osmancık-97	62.9	141.6	1598	1174	744.40
Hamzadere	62.5	180.0	1516	1156	731.29
Ronaldo	51.7	153.0	1610	1229	761.00
Edirne	45.3	160.3	1463	1118	696.74
Ortalama	55.95D	154.27C	1546.27A	1158.60B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelgelerin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, demir dozlarının sapta aktif demir kapsamına etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş, fakat çeşit ve çeşit×demir dozu interaksiyonunun etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik demir dozu uygulaması; kontrol ve yeterli demir düzeyi uygulamalarına kıyasla sapta aktif demir kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir dozu (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) uygulamasıyla yetiştirilen çeşitlerin sapta belirlenen aktif demir kapsamı, bentonitsiz kum ortamda toksik demir dozu uygulamasıyla yetiştirilen çeşitlerinkine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeninin ise, soda ile aktive edilmiş bentonitin, bitkinin yüksek düzeyde demir alımını kısmen engellediği ve böylece bitki sapına taşınan aktif demir kapsamının azalmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Sapta aktif demir kapsamına toksik düzeyde demir uygulamasının etkisi bütün çeltik çeşitlerinde benzer bulunmuştur. Sapta aktif demir kapsamı bakımından çeltik çeşitleri arasında bir fark olmamakla birlikte, genel ortalaması en yüksek çeşidin Ronaldo, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmüştür.

Yapılan bir çalışmada toprak veya yapraktan uygulanan demir sülfatın, hibrit bir mısır olan COHM 5 çeşidinde aktif demir kapsamını kontrol uygulamalarına (Fe:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Amanullah vd, 2012).

5.2.3. Sapta toplam demir kapsamı

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.39’da verilmiştir.

Çizelge 5.39. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu × Çeşit interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
3	8.953E7**	4	28422.92	12	14550.09	40	101831.73

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.40’ta verilmiştir.

Çizelge 5.40. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin değerler

Çeltik Çeşidi	Sapta toplam demir kapsamı (mg kg ⁻¹)				Ortalama
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	88.6	303	5282	3119	2198.2
Osmancık-97	96.4	302	5214	3267	2219.9
Hamzadere	90.3	350	5297	3190	2231.8
Ronaldo	84.9	309	5216	3032	2160.4
Edirne	94.6	332	5063	2960	2112.4
Ortalama	90.99C	319.20C	5214.50A	3113.80B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.39’un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, sapta toplam demir kapsamına demir dozunun etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel önemli bulunmuş, fakat çeşidin ve Fe dozu×kireç dozu interaksyonunun etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Toksik demir dozu uygulaması (3.50 mM Fe), sapta toplam demir kapsamını, kontrol (Fe0) ve yeterli demir düzeyi (45 µM Fe) uygulamalarına kıyasla önemli derecede arttırmıştır. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir dozu uygulaması (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) ile yetiştirilen çeşitlerin sapta belirlenen toplam demir kapsamı, bentonitsiz kum ortamda toksik demir dozu uygulamasıyla yetiştirilen çeşitlerinkine kıyasla önemli derecede azalma göstermiştir. Sapta toplam demir kapsamındaki bu azalma nedeniyle bitkilerin yeşil aksamalarında demir toksisitesi semptomları kısmen azalma göstermiştir. Bununla birlikte, yeterli demir düzeyinde bitkilerin sapta toplam demir kapsamı kontrole göre önemli derecede etkilenmemiştir. Bu çalışmada; kontrol, yeterli demir dozu, toksik demir dozu ve yüksek dozda demir + % 10 bentonit uygulamalarına sapta toplam demir kapsamı yönünden çeltik çeşitleri benzer şekilde cevap vermiş olup, bu uygulamalarda sapta toplam demir kapsamı yönünden çeşitler arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Yapılan bir çalışmada bitki dokusundaki yeterli Fe konsantrasyonunun 70 ila 300 mg kg⁻¹ aralığında olduğu bildirilmiş olup, ayrıca bitkide demir eksikliği veya toksisitesinin, bu yeterlilik aralığının altındaki veya üstündeki konsantrasyonlarda ortaya çıktığı bildirilmiştir (Wells vd, 1993).

Fageria vd, (1981), bitkilerin tamamındaki toksik Fe seviyesinin 20 günlük bitkilerde 680 mg Fe kg⁻¹ iken, 40 günlük bitkilerde 850 mg Fe kg⁻¹ olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, toksik Fe konsantrasyonunun çeltik çeşitlerine de bağlı olduğu yine aynı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

5.2.4. Kökte toplam demir kapsamı

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltileri uygulamasının kökte toplam demir kapsamına etkisine ilişkin değerler ve bu değerlere ilişkin varyans analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 5.41 ve Çizelge 5.42’de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının kökte toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu×Çeşit interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
3	3.069E8**	4	7442087.30	12	5174290.84	40	3855810.50

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.42. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının kökte toplam demir kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Kökte toplam demir kapsamı (%)				Ortalama
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.23	0.15	0.80	0.56	0.43
Osmancık-97	0.19	0.15	0.94	0.56	0.45
Hamzadere	0.19	0.15	1.09	0.70	0.52
Ronaldo	0.24	0.15	1.10	0.68	0.53
Edirne	0.17	0.15	1.14	0.63	0.51
Ortalama	0.20C	0.15C	1.01A	0.63B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.41'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, demir dozlarının kökte toplam demir kapsamına etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli, fakat çeşitlerin ve demir dozu×çeşit interaksyonunun etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 5.42'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kontrol (Fe0) ve yeterli demir dozu (45 µM Fe) uygulamalarında yetiştirilen çeşitlerde kökte toplam demir kapsamları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol ve yeterli demir dozlarında yetiştirilen bitkilerin kökte toplam demir kapsamlarına göre toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) uygulaması, bentonitsiz kum ortamında kökte toplam demir kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Fakat bentonit ilaveli (% 10) kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitlerin köklerindeki toplam demir kapsamı, bentonitsiz kum ortamda yetiştirilen çeşitlerinkine kıyasla önemli derecede azalmıştır. Bu durum, soda ile aktive edilen bentonitin toksik düzeyde demir uygulanan ortamda demir alımını kısmen azaltmasından kaynaklanmış olabilir. Kökte toplam demir kapsamları bakımından çeltik çeşitleri birbirlerine benzer bulunmuştur. Bununla birlikte, çeltik çeşitleri toksik

demir dozunda kökte toplam demir kapsamları bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Ronaldo > Hamzadere > Osmancık-97 > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır.

Yüksek konsantrasyonda demir sülfatlı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin köklerinde toplam demir konsantrasyonu $8000-11400 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bulunmuş ve ayrıca, kökteki toplam demir konsantrasyonunun saptakine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek konsantrasyonda demir sülfatlı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitlerde toplam alınan demirin yüzdesi olarak sapa taşınan demir oranları birbirlerine yakın bulunmuştur. Bununla birlikte, çeşitlerin kökte kalan demir oranları da birbirlerine yakın bulunmuştur. Diğer yandan, kökte kalan demirin oranı ortalama % 21.83 iken, sapa taşınan demirin oranı ortalama % 78.17 bulunmuştur (Çizelge 5.43)

Çizelge 5.43. Toksik konsantrasyonda (3.50 mM Fe) demir içeren tam besin çözeltisi ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinde kökte kalan ve sapa taşınan demir oranları (bitkide toplam alınan demirin %'si olarak)

Çeltik çeşidi	Kökte kalan Fe oranı (%)	Sapa taşınan Fe oranı (%)
Biga incisi	20.72	79.28
Osmancık-97	20.92	79.08
Hamzadere	20.59	79.41
Ronaldo	25.12	74.88
Edirne	21.80	78.20

Çelik bitkisinin gelişme aşaması, varyetesi ve toprak tipi bitki kökünde oluşan demir plak miktarı ile önemli ölçüde ilişkilidir (Chen vd, 1980). Tarla ve laboratuvar koşullarında demir plak oluşumu, sürekli bir çökelti halinde (Hansel vd, 2001) veya kökler üzerinde eşit olmayan bir dağılım gösteren amorf bir kaplama (coating) olarak mevcuttur (Batty vd, 2000; 2002). Demir plağın varlığının, potansiyel fitotoksik metallerin ve metaloidlerin bitki dokularına alımını azaltmak için bir bariyer veya bir tampon gibi hareket edebileceği ileri sürülmüştür. (Greipsson, 1994, 1995; Batty vd, 2000; Liu vd, 2004a). Sulak alan bitki köklerinin her yeri demir oksitlerle, ya da diğer bir ifadeyle kök demir plakları ile kaplanır (Emerson vd, 1999). Kökte demir plak oluşumu, anoksik ve su taşkınlarına maruz kalan ortamlarda sulak alan bitkileri için bir hayatta kalma stratejisi olarak kabul edilmiştir (Smolders ve Roelofs, 1996; Chabbi, 1999). Kök demir plağının, çeltik bitkilerinde Al, As, Sb, Pb ve Zn alımını azalttığı yapılan birçok çalışma ile belirtilmiştir (Liu vd, 2004a, b; Chen vd, 2006; Deng vd, 2010; Lei vd, 2011; Li vd, 2011; Huang vd, 2012). Kök demir plak oluşumunun varlığı ve derecesi çoklu abiyotik ve biyotik faktörler tarafından kontrol

edilir (Mendelssohn vd, 1995). Bitki köklerinin radyal oksijen kaybı (ROL) olarak karakterize edilen oksitleme kapasitesi, en önemli biyotik faktördür. Diğer yandan, ferrous iyon mevcudiyeti ise en önemli abiyotik faktördür. Çeltik çeşitleri de dahil olmak üzere sulak alan bitki türleri, ROL kapasitelerinde önemli bir tür özgüllüğü göstermektedir (Deng vd, 2009; Wu vd, 2011; Yao vd, 2011). Çok sayıda sulak alan bitkisi çalışmaları, genel olarak 12-72 saat gibi kısa bir süre boyunca demir içeren iyonla zenginleştirilmiş bir besin çözeltisinde bitkilerin kök demir plağını indüklediğini rapor etmiştir.

Mendelssohn vd, (1995) düşük redoks potansiyelinin sulak alan bitki kök yüzeylerinde demir plak oluşumunu destekleyebileceğini; ancak yüksek redoks potansiyelinin demir plak oluşumunu önleyebileceği hipotezini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, literatür bilgilerinin ışığı altında, hidroponik kültürler tarafından kök demir plak oluşumu üzerine düşük redoks potansiyelinin etkisine dair hiçbir çalışma kanıtlanmamış olmasına rağmen; hidroponik kültürlerde yapılan yetiştiricilikte kök demir plakların, metal alımı veya translokasyonu üzerindeki etkileri hakkında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çeltik bitkileri farklı mekanizmalar sayesinde demir fazlalığından kaynaklanan stres ile başa çıkabilir. Çeltik bitkilerinin köklerinde “dışlama mekanizması” olarak bilinen bir demir plağın oluşumu, demir mineralinin emilimini sınırlayabilir (Snowden ve Wheeler, 1995; Deng vd, 2009).

Demir toksisitesine bağlı olarak ortaya çıkan yaprak bronzlaşmasına, kuru ağırlık bazında 300 mg kg^{-1} ’ın üzerindeki yüksek demir içerikli yapraklarda oksitlenen polifenol içeriğindeki bir artış neden olur (Tanaka vd, 1966; Mehraban vd, 2008; Saikia ve Baruah, 2012). Yapılan bazı çalışmalar, bitki gelişme ortamına EDTA ilave edilmesinin, demir ve demir plak oluşumunun yeniden oksidasyonunu en aza indirerek biyo-yararlılığı desteklemiş olabileceğini göstermiştir (Taylor vd, 1984; Snowden ve Wheeler, 1995). Bazı çeltik genotipleri yapraklarında toksisite belirtileri göstermeksizin, yapraklarında yüksek demir seviyeleri biriktirebilir (Asch vd, 2005; Stein vd, 2009; Engel vd, 2012). Yapraklarda çeşitli besin maddelerinin birikimi, besin solüsyonu içerisindeki aşırı demirden etkilenmiştir (Müller vd, 2015). Mineral besin maddesindeki çeşitliliğin derecesi; demir dozajına, demire maruz kalma süresine, bitki gelişme evresine ve bitki genotipine bağlı olabilir (Dorlodot vd, 2005; Silveira vd, 2007; Pereira vd, 2014).

5.2.5. Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko kapsamı ve Fe / Zn oranı

Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.44'te verilmiştir.

Çizelge 5.44. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu× Çeşit interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
2	10.55**	4	0.05**	8	0.10**	30	0.001

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisi ilişkin değerler Çizelge 5.45'te verilmiştir.

Çizelge 5.45. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisi

Taze köklerde soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamı (%)				
Çeltik Çeşidi	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	Ortalama
Biga incisi	0.030jk	1.43e	0.98f	0.81C
Osmancık-97	0.020k	2.04a	0.70h	0.92B
Hamzadere	0.031jk	1.55d	0.81g	0.79C
Ronaldo	0.12i	1.93b	0.79g	0.95A
Edirne	0.070j	1.69c	0.66h	0.80C
Ortalama	0.05C	1.73A	0.79B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.44'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, demir dozunun, çeşitlerin ve demir dozu×çeşit interaksyonunun taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toksik düzeyde demir uygulaması (FeSO₄·7H₂O formunda) taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamını, yeterli demir düzeyine göre önemli bir şekilde

arttırmıştır. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitlerinin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamı, bentonitsiz kum ortamda yetiştirilen çeşitlerinkine kıyasla önemli derecede azalmıştır. Diğer bir ifadeyle, kum ortamına bentonit ilavesi (% 10), çeşitlerin demir alımını azaltarak, taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamı yönünden istatistiksel olarak; Ronaldo > Osmancık-97 > Biga incisi ~ Edirne ~ Hamzadere şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.45).

Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına uygulanan demir dozlarının etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne > Hamzadere > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, bentonit ilaveli kum ortamında ise bu sıralama; Biga incisi > Hamzadere ~ Ronaldo > Osmancık-97 ~ Edirne şeklinde gerçekleşmiştir. Ek olarak, kum ortamına yeterli düzeyde (45 µM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo > Edirne ~ Hamzadere ~ Biga incisi ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır.

Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.46'da verilmiştir.

Çizelge 5.46. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu× Çeşit interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
2	0.001**	4	0.001**	8	0.001**	30	2.867E-6

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.47’de verilmiştir.

Çizelge 5.47. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Taze köklerde soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamı (%)			Ortalama
	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.030f	0.050d	0.050d	0.044D
Osmancık-97	0.071b	0.080a	0.050d	0.067A
Hamzadere	0.020g	0.070b	0.070b	0.053B
Ronaldo	0.039e	0.049d	0.049d	0.044C
Edirne	0.050d	0.060c	0.050d	0.053B
Ortalama	0.042C	0.062A	0.054B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.46’nın incelenmesinden anlaşılabileceği üzere demir dozunun, çeşitlerin ve demir dozu×çeşit etkileşiminin taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toksik düzeyde demir uygulaması ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ formunda) taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamını, yeterli demir düzeyine göre önemli bir şekilde arttırmıştır. Bu artışın nedeninin, kökte çinkonun demir oksitlere bağlanmış olabileceği düşünülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamı, bentonitsiz kum ortamda yetiştirilen çeşitlerinkine kıyasla önemli derecede azalmıştır. Diğer bir ifadeyle, kum ortamına bentonit ilavesi, çeşitlerin çinko alımını azaltarak, taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamı yönünden istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 > Hamzadere ~ Edirne > Ronaldo > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.47). Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına uygulanan demir dozlarının etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-

97 > Hamzadere > Edirne > Biga incisi ~ Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, bentonit ilaveli (% 10) kum ortamında ise bu sıralama istatistiksel olarak; Hamzadere > Biga incisi ~ Osmancık-97 ~ Edirne ~ Ronaldo şeklinde gerçekleşmiştir. Ek olarak, kum ortamına yeterli düzeyde (45 µM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 > Edirne > Ronaldo > Biga incisi > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır.

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.48’de verilmiştir.

Çizelge 5.48. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu× Çeşit interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
2	2760.49**	4	77.68**	8	35.69**	30	0.65

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.49’da verilmiştir.

Çizelge 5.49. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına etkisi

Taze köklerde soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranı				
Çeltik Çeşidi	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	Ortalama
Biga incisi	0.99j	28.46b	19.43e	16.29B
Osmancık-97	0.29j	24.66c	14.06g	13.23D
Hamzadere	1.53j	22.20d	11.63h	11.79E
Ronaldo	3.03i	38.93a	16.03f	19.33A
Edirne	1.40j	27.96a	13.26g	14.21C
Ortalama	1.45C	28.58A	14.89B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.48'in incelenmesinden anlaşılağı üzere demir dozunun, çeşidin ve demir dozu×çeşit interaksiyonunun taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toksik düzeyde demir uygulaması ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ formunda) taze kökte ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranını, yeterli demir düzeyine kıyasla önemli bir şekilde arttırmıştır. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik düzeyde demir uygulaması sonucu taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranı, bentonitsiz ortamdakine göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamlarında yetiştirilen çeşitlerin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oran değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oran değerleri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Diğer bir ifadeyle, Osmancık ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamının diğer çeltik çeşitlerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranına uygulanan demir dozlarının etkisi çeltik çeşitlerine bağı bulunmuştur. Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oran değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo ~ Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, bentonit ilaveli (% 10) kum ortamında ise bu sıralama istatistiksel olarak; Biga incisi > Ronaldo > Osmancık-97 ~ Edirne > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Ek olarak, kum ortamına yeterli düzeyde ($45 \mu\text{M}$ Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oran değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo > Edirne ~ Hamzadere ~ Biga incisi ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.49).

5.2.6. Taze yaprakta klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid kapsamaları

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a, klorofil-b toplam klorofil ve karotenoid kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.50’de verilmiştir.

Çizelge 5.50. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a, klorofil-b toplam klorofil ve karotenoid kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon kaynakları							Hata
	Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu × çeşit interaksyonu			
	SD	KO	SD	KO	SD	KO		
Klorofil-a	3	4.02**	4	0.35**	12	0.27**	40	0.001
Klorofil-b	3	1.59**	4	0.16**	12	0.100**	40	0.020
Toplam klorofil	3	11.55**	4	0.86**	12	0.723**	40	0.055
Karotenoid	3	0.27**	4	0.022**	12	0.015**	40	0.001

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.51’de verilmiştir.

Çizelge 5.51. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Klorofil-a kapsamı (mg / g taze madde)				
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	Ortalama
Biga incisi	1.16ij	1.75efgh	1.39hi	2.14cde	1.61B
Osmancık-97	1.53ghi	2.01cdef	1.27ij	2.68a	1.87A
Hamzadere	1.26ij	1.85defg	2.13cde	2.55ab	1.95A
Ronaldo	0.97jk	2.19bcd	2.32abc	2.36abc	1.96A
Edirne	0.72k	2.01cdef	1.67fgh	2.12cde	1.63B
Ortalama	1.13D	1.96B	1.76C	2.37A	

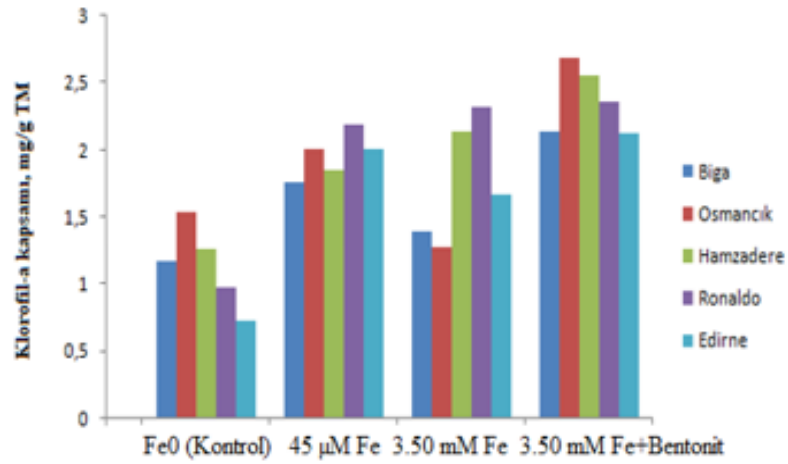
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.50’nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozlarının, çeşidin, çeşit×demir dozu interaksyonunun klorofil-a kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli demir düzeyindeki (45 µM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrol (Fe0) uygulamasına göre taze yaprakta klorofil-a kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Diğer yandan, toksik demir düzeyindeki (3.50 mM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, yeterli demir düzeyi uygulamasına göre taze yaprakta klorofil-a

kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Bununla birlikte, bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, taze yaprakta klorofil-a kapsamını diğer demir düzeylerine (Fe0, Fe-yeterli, Fe-Toksik) göre önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-a kapsam değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo >Hamzadere > Osmancık-97 > Edirne > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.51). Buna göre, taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Demir sülfatlı besin çözeltisinin değişik konsatrasyonlarında taze yaprakta klorofil-a kapsamı çeltik çeşitlerine göre değişmiştir (Şekil 5.24)



Şekil 5.24. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Şekil 5.24'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında

taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Biga incisi ve Edirne çeltik çeşitleri oldukları görülmektedir. Yeterli demir düzeyi uygulamasına kıyasla toksik düzeyde demir uygulamasının yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi çeşitlere bağlı bulunmuştur. Toksik düzeyde demir uygulamasıyla taze yaprakta klorofil-a kapsamındaki değişim, Biga incisinde -% 20.5; Osmancık-97’de % -36.8; Hamzadere çeşidinde % 15.1; Ronaldo çeşidinde % 5.9; Edirne çeşidinde -% 16.9 olarak hesaplanmıştır. Buna göre toksik düzeyde demir uygulaması, yeterli demir düzeyi uygulamasına göre; Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitlerinde yaprakta klorofil-a kapsamını azaltmıştır. Ek olarak, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde ise toksik düzeyde demir uygulaması, yeterli demir düzeyi uygulamasına göre taze yaprakta klorofil-a kapsamını değişik oranlarda arttırmıştır.

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.52’de verilmiştir.

Çizelge 5.52. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Klorofil-b kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.52fgh	0.63defg	0.72cdef	1.13ab	0.75B
Osmancık-97	0.52fgh	0.80cde	0.54efg	1.35a	0.81B
Hamzadere	0.45ghi	0.72cdef	0.85cd	1.19a	0.80B
Ronaldo	0.31hi	1.37a	0.92bc	1.38a	0.99A
Edirne	0.25i	0.84cd	0.72cdef	0.94bc	0.69B
Ortalama	0.41D	0.87B	0.75C	1.20A	

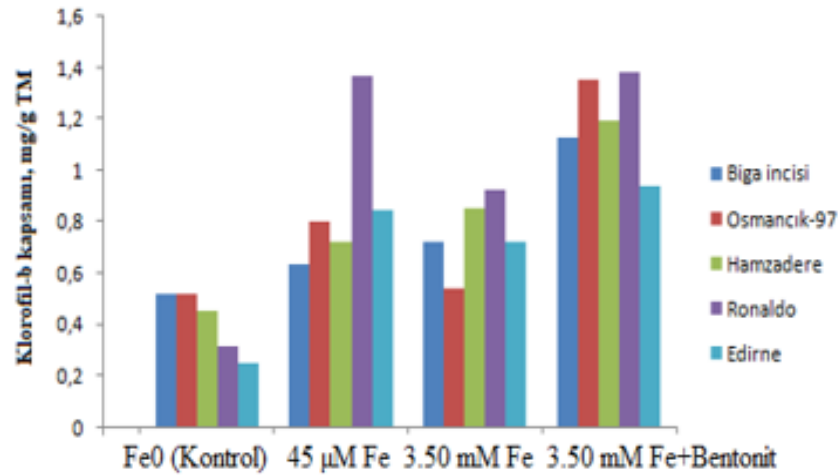
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.50’nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozlarının, çeşidin, çeşit×demir dozu interaksyonunun taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli demir düzeyindeki (45 µM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrol (Fe0) uygulamasına göre taze yaprakta klorofil-b kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Diğer yandan, toksik demir düzeyindeki (3.50 mM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, yeterli demir düzeyine göre taze yaprakta klorofil-b kapsamını

önemli derecede azaltmıştır. Bununla birlikte, bentonit ilaveli kum ortamına toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, taze yaprakta klorofil-b kapsamını diğer demir düzeylerine (Fe0, Fe-yeterli, Fe-Toksik) göre önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-b kapsam değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Osmancık-97 > Hamzadere > Biga incisi > Edirne şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.52). Buna göre, taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Demir sülfatlı besin çözeltisinin değişik konsantrasyonlarında taze yaprakta klorofil-b kapsamı çeltik çeşitlerine göre değişmiştir (Şekil 5.25)



Şekil 5.25. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Şekil 5.25'in incelenmesinden anlaşılabileceği üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek çeşitlerin Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın en düşük çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Bentonit ilaveli kum ortamdaki toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek çeşitlerin Ronaldo ve Osmancık-97 çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyi uygulamasına kıyasla toksik düzeyde demir uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi çeşitlere bağlı bulunmuştur. Toksik düzeyde demir uygulamasıyla taze yaprakta klorofil-b kapsamındaki değişim Biga incisinde % 14.2; Osmancık-97’de -% 32.5; Hamzadere çeşidinde % 18.1; Ronaldo çeşidinde -% 32.8; Edirne çeşidinde -% 14.2 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, toksik düzeyde demir uygulaması, Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde taze yaprakta klorofil-b kapsamını yeterli demir düzeyi uygulamasına göre azaltmıştır. Ek olarak, Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir uygulaması, yeterli demir düzeyi uygulamasına göre taze yaprakta klorofil-b kapsamı değişik oranlarda arttırmıştır.

Çizelge 5.53. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Toplam klorofil kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	1.92hij	2.31gh	2.31gh	3.27cd	2.45C
Osmancık-97	1.86ij	2.75ef	1.82ij	4.54a	2.74B
Hamzadere	1.71j	2.57fg	2.76ef	3.74b	2.70B
Ronaldo	1.28k	3.56bc	3.24cd	3.74b	2.96A
Edirne	0.97k	2.82ef	2.21ghi	3.06de	2.27C
Ortalama	1.55D	2.80B	2.47C	3.67A	

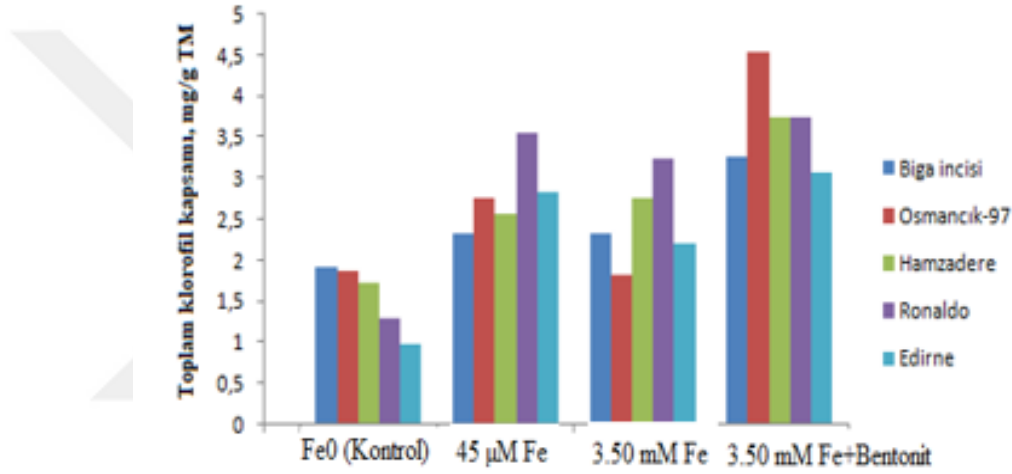
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.50’nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, çeşidin, çeşit×demir dozu interaksyonunun taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli demir düzeyindeki (45 µM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrol (Fe0) uygulamasına göre taze yaprakta toplam klorofil kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Fakat toksik demir düzeyindeki (3.50 mM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, yeterli demir düzeyine göre taze yaprakta toplam klorofil kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Bununla birlikte, bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) demir sülfatlı besin çözeltisi

uygulamas, taze yaprakta toplam klorofil kapsamını diğr demir düzeylerine (Fe0, Fe-yeterli, Fe-Toksik) göre önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta toplam klorofil kapsam değrleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Osmancık-97 > Hamzadere > Biga incisi > Edirne şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.53). Buna göre, taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğı; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğı görölmektedir.

Demir sülfatlı besin çözeltisinin değışik konsantrasyonlarında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı çeşitlere göre değışmiştir (Şekil 5.26)



Şekil 5.26. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içrikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Şekil 5.26'nın incelenmesinden anlaşılağı üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşitlerin Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğı görölmektedir.

Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğı; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğı görölmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğı; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğı görölmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamındaki toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında

taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyi uygulamasına kıyasla toksik düzeyde demir uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi çeşitlere bağlı bulunmuştur. Toksik düzeyde demir uygulamasıyla taze yaprakta toplam klorofil kapsamındaki değişim, Biga incisinde % 0.0; Osmancık-97'de -% 33.8; Hamzadere çeşidinde % 7.39; Ronaldo çeşidinde -% 9.98; Edirne çeşidinde -% 21.6 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, toksik düzeyde demir uygulaması Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde taze yaprakta toplam klorofil kapsamını yeterli demir düzeyine göre azaltmıştır. Ek olarak, Hamzadere çeltik çeşidinde toksik düzeyde demir uygulaması, yeterli demir düzeyine göre taze yaprakta toplam klorofil kapsamı arttırmıştır.

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.54'te verilmiştir.

Çizelge 5.54. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Karotenoid kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.41i	0.45ghi	0.40i	0.61c	0.47C
Osmancık-97	0.41i	0.54de	0.42hi	0.76a	0.54A
Hamzadere	0.32j	0.49efg	0.51def	0.67b	0.50B
Ronaldo	0.26k	0.61c	0.61c	0.70b	0.55A
Edirne	0.26k	0.48fgh	0.47fgh	0.56cd	0.45C
Ortalama	0.33D	0.52B	0.49C	0.66A	

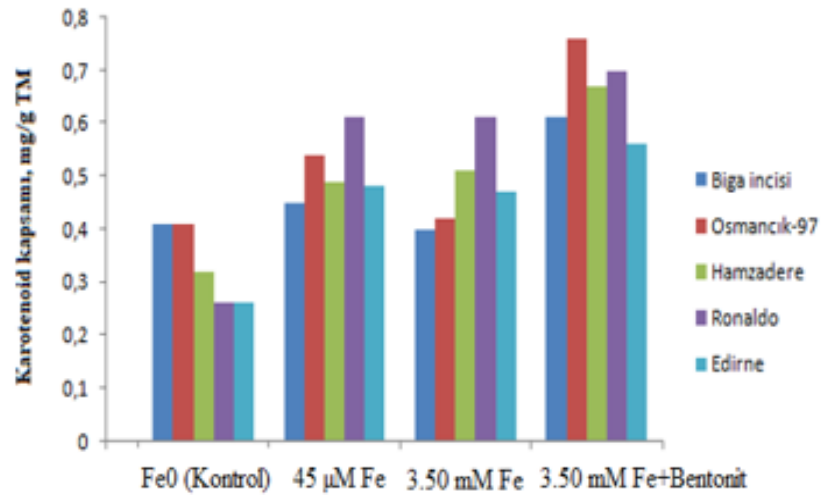
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.50'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, çeşidin, çeşit×demir dozu interaksiyonunun taze yaprakta karotenoid kapsamına etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli demir düzeyindeki (45 µM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrol (Fe0) uygulamasına göre taze yaprakta karotenoid kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Buna karşın, toksik demir düzeyindeki (3.50 mM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, yeterli demir düzeyine göre taze yaprakta karotenoid kapsamını

önemli derecede azaltmıştır. Bununla birlikte, bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta karotenoid kapsamını diğer demir düzeylerine göre (Fe:0, Fe-yeterli, Fe-Toksik) önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta karotenoid kapsam değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Osmancık-97 > Hamzadere > Biga incisi > Edirne şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.54). Buna göre, taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Demir sülfatlı besin çözeltisinin değişik konsantrasyonlarında taze yaprakta karotenoid kapsamı çeşitlere göre değişmiştir (Şekil 5.27)



Şekil 5.27. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Şekil 5.27'nin incelenmesinden anlaşılabileceği üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşitlerin Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Edirne ve Ronaldo çeltik çeşitleri oldukları görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu

görülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyi uygulamasına göre, toksik düzeyde demir uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeşitlere bağlı bulunmuştur. Toksik düzeyde demir uygulamasıyla taze yaprakta karotenoid kapsamındaki değişim, Biga incisinde -% 11.1; Osmancık-97’de -% 22.2; Hamzadere çeşidinde % 4.08; Ronaldo çeşidinde % 0.0; Edirne çeşidinde -% 2.08 olarak hesaplanmıştır. Buna göre toksik düzeyde demir uygulaması, Osmancık-97, Biga incisi ve Edirne çeltik çeşitlerinde taze yaprakta karotenoid kapsamını yeterli demir düzeyine göre azaltmıştır. Ek olarak, Hamzadere çeltik çeşidinde toksik düzeyde demir uygulaması, yeterli demir düzeyine göre taze yaprakta karotenoid kapsamı arttırmıştır.

5.2.7. Taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.55’te verilmiştir.

Çizelge 5.55. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Fe dozu		Çeşit		Fe dozu × çeşit interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
3	1234.20**	4	18.63**	12	18.905**	40	2.125

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okumasına ilişkin değerler Çizelge 5.56’da verilmiştir.

Çizelge 5.56. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

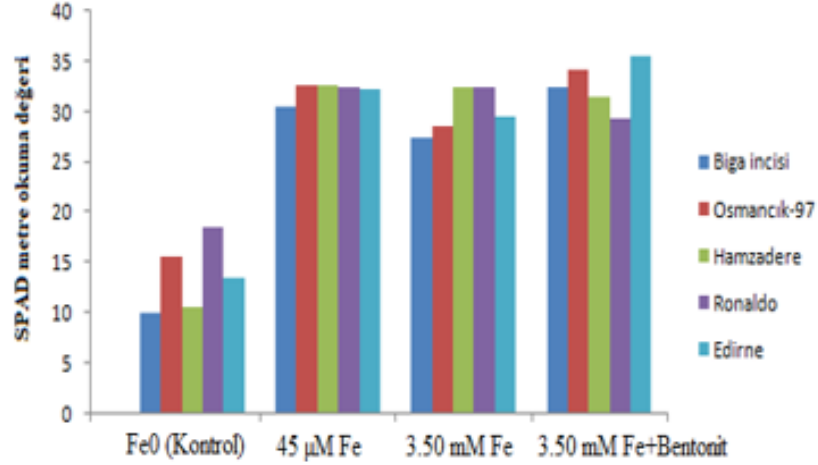
Çeltik Çeşidi	SPAD metre okuma değeri				Ortalama
	Fe 0 (kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	9.90i	30.51cde	27.40f	32.40bc	25.06C
Osmancık-97	15.58h	32.55bc	28.48ef	34.27ab	27.71AB
Hamzadere	10.47i	32.66bc	32.42bc	31.40cd	26.74B
Ronaldo	18.50g	32.41bc	32.50bc	29.30def	28.19A
Edirne	13.40h	32.25bc	29.50def	35.63a	27.70AB
Ortalama	13.57C	32.07A	30.07B	32.60A	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.55'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çeşit etkisinin taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerinin yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) ölçülen okuma değerlerine kıyasla azaldığı ve bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Ancak bentonit ilaveli kum ortamına toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) demir sülfatlı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitlerin taze yapraklarında ölçülen SPAD metre okuma değerleri ile yeterli demir düzeyinde yetiştirilen çeşitlerin taze yapraklarında ölçülen SPAD metre okuma değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kontrol koşulları altında (Fe0) yetiştirilen çeşitlerin taze yapraklarında ölçülen SPAD metre okuma değerlerinin; yeterli demir düzeyi, bentonitsiz toksik demir düzeyi ve bentonitli toksik demir düzeylerinde yetiştirilen çeşitlerin taze yapraklarında ölçülen SPAD metre okuma değerlerinden düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.56).

Değişik konsantrasyonlarında demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında ölçülen SPAD metre okuma değerleri farklı bulunmuştur (Şekil 5.28).



Şekil 5.28. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerine etkisi

Şekil 5.28'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) taze yapraklarda ölçülen SPAD metre okuma değerleri bakımından Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeşitleri birbirlerine benzer; fakat ismi geçen bu çeşitlerin, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinden farklı oldukları tespit edilmiştir. Aynı şekilde, toksik demir düzeyinde taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri bakımından Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinin farklı olmadıkları görülmektedir. Toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeşitler arasında taze yapraklarda ölçülen SPAD metre okuma değeri en yüksek çeşitlerin, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri bakımından çeltik çeşitlerinin birbirinden farklı olmadıkları tespit edilmiştir. Ayrıca, yeterli demir düzeyinde yetiştirilen çeşitler arasında SPAD metre okuması en düşük çeşidin, Biga incisi çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek SPAD metre okuma değerine sahip çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak, bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında SPAD metre okuma en düşük çeşidin, Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en yüksek SPAD metre okuma değerine sahip çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kontrol koşulları altında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında ölçülen SPAD metre okuma değerleri bakımından çeşitler büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Osmancık-97 > Edirne > Hamzadere > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır.

5.2.8. Taze yapraklarda peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz, askorbat peroksidaz aktiviteleri

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz, askorbat peroksidaz aktivitelerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.57’de verilmiştir.

Çizelge 5.57. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz, askorbat peroksidaz aktivitelerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon kaynakları							
	Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu × çeşit interaksyonu		Hata	
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
Peroksidaz (POD)	3	0.239**	4	0.095**	12	0.024**	40	0.001
Katalaz (CAT)	3	5.039E-5	4	9.512E-5*	12	0.001**	40	2.454E-5
Glutatyon redüktaz (GR)	3	0.001*	4	0.001	12	9.737E-5*	40	4.938E-5
Askorbat peroksidaz (APX)	3	0.021**	4	0.003**	12	0.033**	40	9.935E-5

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.58’de verilmiştir.

Çizelge 5.58. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisi

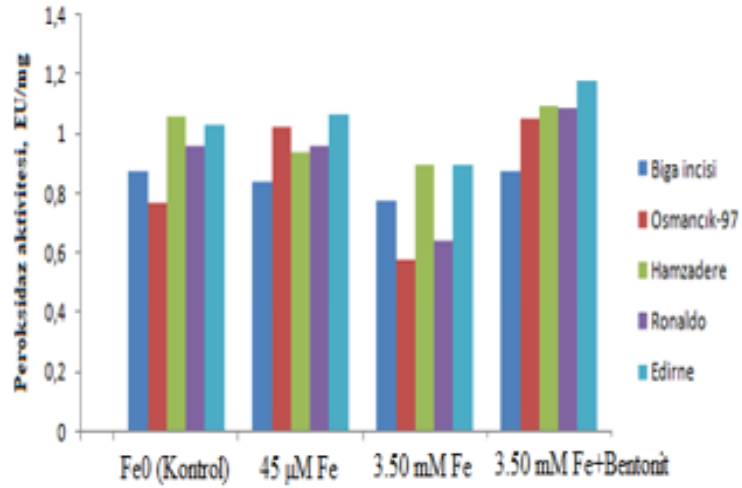
Çeltik çeşidi	Peroksidaz Spesifik aktivite (EU / mg)				
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	Ortalama
Biga incisi	0.873gh	0.836h	0.776i	0.877gh	0.83D
Osmancık-97	0.768i	1.021d	0.578k	1.054bcd	0.85D
Hamzadere	1.058bcd	0.937ef	0.898fg	1.096b	0.99B
Ronaldo	0.962e	0.960e	0.637j	1.085b	0.90C
Edirne	1.030cd	1.067bc	0.896fg	1.183a	1.04A
Ortalama	0.93C	0.96B	0.75D	1.05A	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.57’nin incelenmesinden anlaşılaçağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çeşit interaksyonunun taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli düzeyde demir ($45 \mu\text{M Fe}$) içeren besin çözeltisi uygulaması, kontrole (Fe0) kıyasla taze yaprakta peroksidaz aktivitesini arttırmış; fakat toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren besin çözeltisi uygulaması bu enzim aktivitesini azaltmıştır. Buna karşın, bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde demir ($3.50 \text{ mM Fe} + \% 10$ Bentonit) içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta peroksidaz aktivitesini arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında; taze yapraklarda belirlenen peroksidaz aktivite değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Hamzadere > Ronaldo > Osmancık-97 > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.58).

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında belirlenen peroksidaz aktivite değerleri farklı bulunmuştur (Şekil 5.29)



Şekil 5.29. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 5.29'un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere toksik düzeyde demir uygulaması, kontrol ve yeterli demir düzeyi uygulamalarına kıyasla taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesini azaltmıştır. Yeterli demir düzeyindeki peroksidaz aktivitesine göre, toksik düzeyde demir uygulamasının peroksidaz aktivitesinde sağladığı azalmanın oranı, Biga incisi çeşidinde -% 7.18; Osmancık-97 çeşidinde -% 43.4; Hamzadere çeşidinde -% 4.16; Ronaldo çeşidinde -% 33.6; Edirne çeşidinde -% 16.02 olarak hesaplanmıştır. Toksik düzeyde demir uygulamasıyla, yeterli demir düzeyine göre peroksidaz aktivitesinde en fazla azalma Osmancık-97 çeltik çeşidinde görülmüş; buna karşın, en

az azalma ise Hamzadere ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde görülmüştür. Toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yapraklarda belirlenen peroksidaz aktiviteleri bakımından yüksek değerden düşük değere doğru sırasıyla; Edirne, Hamzadere, Biga incisi, Ronaldo, Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, çeşitler arasında taze yaprakta peroksidaz aktivite değeri en yüksek çeşitlerin, Edirne ve Hamzadere çeltik çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması bütün çeltik çeşitlerinde yaprakta peroksidaz aktivitesini, bentonitsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitlerinkine göre arttırmıştır. Bu artışın nedeninin, bentonitli kum ortamında çeltik bitkilerinin demir alımlarının baskılanmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Peroksidaz (POD), hidrojen atomlarını vermek eğiliminde olan bileşikler ile bu atomları alıcı durumunda olan hidrojen peroksit (H_2O_2) bileşiği arasındaki reaksiyonu katalizleyen bir oksidoredüktazdır (Nawar, 1996; Diplock, 1998). Peroksidazlar, hidroksilik veya peroksidatif aktiviteleri yoluyla, hücre bölmelerinde ROS'un hem üretimini hem de atılmasını düzenleyebilir (Romero-Puertas vd, 2007). Ek olarak, peroksidazlar, lignin biyosentezine doğrudan katılırlar (Ranieri vd, 2001).

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.59'da verilmiştir.

Çizelge 5.59. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi

Çeltik çeşidi	Katalaz Spesifik aktivite (EU / mg)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 μ M Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.021bcde	0.022bcde	0.027abcd	0.028abcd	0.0247A
Osmancık-97	0.022bcde	0.027abcd	0.019de	0.026abcd	0.0234A
Hamzadere	0.020cde	0.016ef	0.030ab	0.009f	0.0190B
Ronaldo	0.022bcde	0.030ab	0.026abcd	0.028abc	0.0266A
Edirne	0.024bcde	0.032a	0.014ef	0.029ab	0.0241A
Ortalama	0.0213	0.0257	0.0233	0.0239	

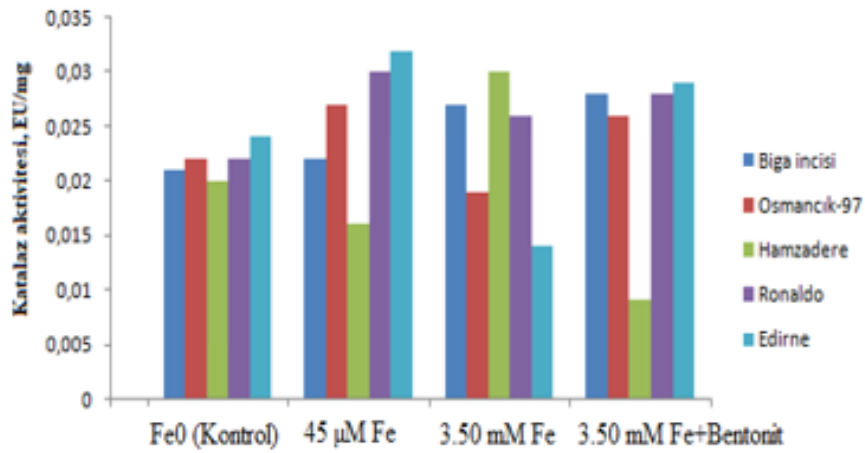
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.57'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca,

Fe dozu×çеşit interaksiyonunun taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat Fe dozunun taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında; Biga incisi, Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleri taze yaprakta katalaz aktivite değеrleri bakımından birbirlerine benzer ve yüksek bulunmuş; buna karşın, Hamzadere çeltik çeşidi ise taze yaprakta katalaz aktivite değeri bakımından en düşük çeltik çeşidi olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.59).

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında belirlenen katalaz aktivite değeri farklı bulunmuştur (Şekil 5.30)



Şekil 5.30. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içelikli tam besin çözeltileri uygulamasının taze yaprakta katalaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 5.30'un incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Bentonit

ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli düzeyde demir içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulanan çeşitlerdeki katalaz aktivitesine göre toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulanan Edirne, Osmancık-97 ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde katalaz enzim aktivitesinde azalma görülmüş olup, bu azalma oranları sırasıyla -% 56.25, -% 28.6 ve -% 13.33 olarak hesaplanmıştır. Buna karşın, toksik düzeyde demir uygulaması sonucu Hamzadere ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde katalaz aktivitesi yeterli demir düzeyine göre artmış olup, bu artış oranları sırasıyla % 87.5 ve % 22.7 olarak hesaplanmıştır.

Toksik düzeyde (3.50 mM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yapraklarda katalaz aktivite değerleri bakımından yüksek değerden düşük değere doğru sırasıyla; Hamzadere, Biga incisi, Ronaldo, Osmancık-97, Edirne şeklinde sıralanmıştır. Katalaz (CAT), stres koşulları altında oluşan zararlı H₂O₂'in, H₂O ve O₂'ya direkt olarak dönüşümünü sağlayarak hücreleri strese karşı korumada görevli en önemli enzimatik antioksidanlardan biridir (Büyük vd, 2012).

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.60'ta verilmiştir.

Çizelge 5.60. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi

Çeltik çeşidi	Glutatyon redüktaz Spesifik aktivite (EU / mg)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.024bcde	0.032abcd	0.027bcde	0.032abcd	0.0289
Osmancık-97	0.015e	0.029bcd	0.044a	0.032abcd	0.0301
Hamzadere	0.025bcde	0.029bcd	0.029bcd	0.019de	0.0252
Ronaldo	0.029bcd	0.035abc	0.031abcd	0.038ab	0.0333
Edirne	0.024bcde	0.026bcde	0.029bcd	0.026bcde	0.0262
Ortalama	0.0233B	0.0304A	0.0319A	0.0294A	

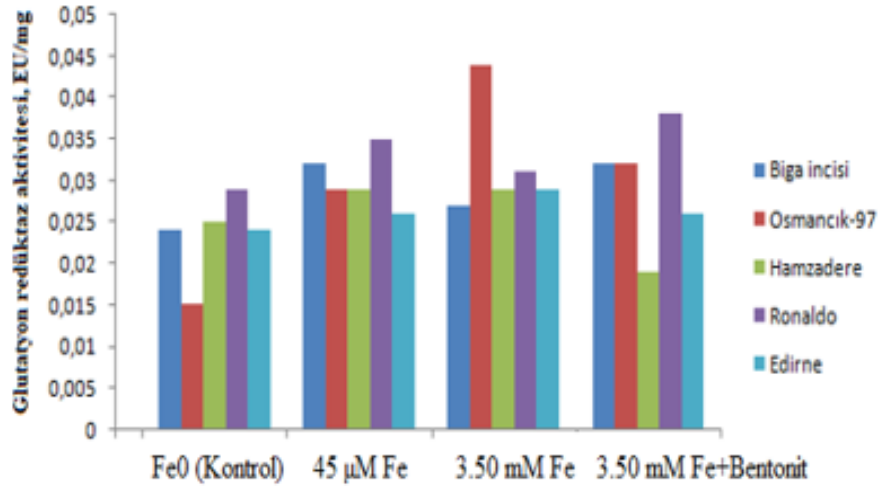
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.57'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, demir dozu×çeşit interaksiyonunun taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi p<0.05

seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine çeşidin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Yeterli demir düzeyi, toksik demir düzeyi ve bentonit ilaveli kum ortamındaki toksik demir düzeyi uygulamaları, kontrole kıyasla çeltik bitkisinin taze yapraklarında glutatyon redüktaz aktivitesini önemli derecede arttırmıştır. Çeltik çeşitleri taze yapraklarda glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından birbirlerine benzer bulunmuştur (Çizelge 5.60).

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeşitlerin taze yapraklarında belirlenen glutatyon redüktaz aktivite değerleri farklılık göstermiştir (Şekil 5.31).



Şekil 5.31. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 5.31'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde

(3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Kum ortamına toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması sonucu Osmancık-97 çeltik çeşidinde taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesi kontrole göre % 193.3; yeterli demir düzeyine göre ise % 51.7 oranında artış göstermiştir. Toksik düzeyde demir içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulamasının, yeterli demir düzeyine kıyasla taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi Hamzadere çeltik çeşidinde önemsiz bulunmuştur. Ek olarak, toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, yeterli demir düzeyine göre taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesini Biga incisi ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde azaltmış; fakat Edirne ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde ise arttırmıştır.

Toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulanan çeşitler taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından yüksek değerden düşük değere doğru sırasıyla; Osmancık-97, Ronaldo, Edirne, Hamzadere, Biga incisi şeklinde sıralanmıştır. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) ise çeşitler taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Hamzadere > Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır. Yeterli demir düzeyinde ise taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından çeşitler büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Bentonit ilaveli (% 10) kum ortamına toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Biga incisi > Osmancık-97 > Edirne > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır.

Glutatyon redüktaz; glutatyon peroksidazın ve glutatyon S-transferazın katalizlediği reaksiyonlar esnasında oluşan okside glutatyonu redükte glutatyonla dönüştürmek sureti ile dolaylı olarak antioksidan etki gösteren bir enzimdir (Peter, 1984).

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.61’de verilmiştir.

Çizelge 5.61. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisi

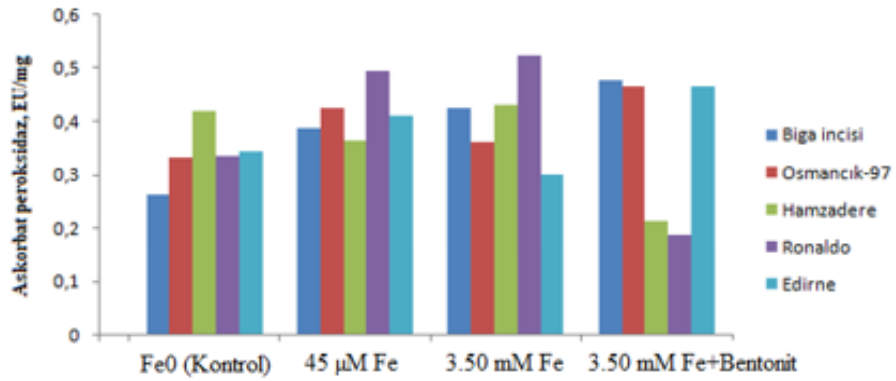
Çeltik çeşidi	Askorbat peroksidaz spesifik aktivite (EU / mg)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.262j	0.388f	0.424de	0.478bc	0.3883AB
Osmancık-97	0.331h	0.424de	0.361g	0.466c	0.3960A
Hamzadere	0.418de	0.364g	0.432d	0.212k	0.3568C
Ronaldo	0.336h	0.494b	0.525a	0.187 l	0.3861B
Edirne	0.344h	0.412e	0.301i	0.466c	0.3803B
Ortalama	0.3385D	0.4170A	0.4090B	0.3613C	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.57'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çeşit interaksiyonunun taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisi $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli ve toksik düzeyde demir sülfat içeren besin çözeltisi uygulamaları (bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamında) kontrole kıyasla, taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesini önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivite değerleri bakımından çeltik çeşitler büyüktten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Edirne > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.61).

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında belirlenen askorbat peroksidaz aktivite değerlerinin farklı olduğu görülmüştür (Şekil 5.32).



Şekil 5.32. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 5.32'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Askorbat peroksidaz (APX), substrat olarak askorbatı kullanarak H₂O₂ gibi peroksitleri detoksifiye eden enzimdir (Raven, 2000).

Biga incisi çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz ve glutatyon redüktaz enzim aktivitelerini azaltmış; fakat katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktivitelerini arttırmıştır.

Osmancık-97 çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz, katalaz, ve askorbat peroksidaz enzim aktivitelerini azaltmış; fakat glutatyon redüktaz enzim aktivitesini arttırmıştır.

Hamzadere çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesini azaltmış; fakat katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktivitelerini arttırmış, glutatyon redüktaz aktivitesinin seviyesini ise etkilememiştir.

Ronaldo çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi

uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz enzim aktivitelerini azaltmış; fakat askorbat peroksidaz aktivitesini arttırmıştır.

Edirne çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz enzim aktivitelerini azaltmış; fakat glutatyon redüktaz enzim aktivitesini arttırmıştır.

Demir minerali bakımından noksan olan çeltik bitkisinin köklerinde azalmış askorbat peroksidaz seviyelerinin olduğu rapor edilmiştir (Chen vd, 2015). Askorbat peroksidaz bir hemoprotein olduğundan Fe eksikliği, askorbat peroksidaz aktivitesinde bir azalmaya neden olur (Becana vd, 1998; Iturbe-Ormaetxe vd, 1995; Sun vd, 2007). Demir içeren peroksidaz, katalaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidatif enzim aktivitelerinin, bitkinin iç Fe durumu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Daşgan vd, 2003). Bitkide demir toksisitesine karşı koruma stratejileri; süperoksit dismutaz, katalaz ve askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin etkilerini içeren enzimatik mekanizmaları içerebilir (Majerus vd, 2007b; Saikia ve Baruah, 2012). Enzimatik olmayan mekanizmalar, indirgenmiş glutatyon, a-tokoferol, askorbik asit ve karotenoidler gibi organik bileşikler yoluyla oksijen reaktif türlerini nötraliz edebilir (Smirnoff, 2005). Mineral eksiklikleri, antioksidan enzimlerin aktivitesini etkileyen ana stres faktörleri arasındadır (Chou vd, 2011). Özellikle demir (Fe) minerali, hem az hem de toksik seviyelerde bulunduğunda oksidatif strese yol açabilir. Aslında, Fe birçok antioksidan enzimin bir kofaktörüdür ve aynı zamanda "Fenton reaksiyonu" yoluyla reaktif oksijen türleri (ROS) üretebilir (Daşgan vd, 2003). Bitkiler, ROS üreten zincir reaksiyonlarının yayılmasını durduran bir dizi antioksidatif yanıt yoluyla değişen Fe homeostazından kaynaklanan oksidatif hasarı azaltmak için farklı mekanizmalar geliştirmiştir. Bu durumda, O₂'yi H₂O₂'ye dönüştüren süperoksit dismutaz (SOD), ROS'a karşı ilk savunma hattını oluşturur (Mittler, 2002). Bu antioksidan tepkinin, bitkileri aşırı UV ışığı, tuzluluk, kuraklık, ağır metaller ve besin yoksunluğu dahil olmak üzere çeşitli çevresel stresler altında oksidatif hasara karşı korumak için kritik olduğu düşünülmektedir (Molassiotis vd, 2006a). Aynı zamanda, H₂O₂ detoksifikasyonu spesifik olmayan peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) enzimleri tarafından kontrol edilebilir (Corpas vd, 1999).

5.2.9. Taze yapraklarda malondialdehit ve prolin kapsamları ile yaprak nisbi nem içeriği

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta prolin ve malondialdehit kapsamları ile yaprak nisbi nem içeriğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.62’de verilmiştir.

Çizelge 5.62. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta prolin ve malondialdehit kapsamları ile yaprak nisbi nem içeriğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon kaynakları							
	Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu × çeşit interaksiyonu		Hata	
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
Prolin	3	77.79**	4	3.641**	12	10.630**	40	0.015
Malondialdehit (MDA)	3	94.60**	4	108.67**	12	64.832**	40	0.010
Yaprak nisbi nem içeriği (YNNI)	3	68.044**	4	85.542**	12	43.919**	40	5.067

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta prolin kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.63’te verilmiştir.

Çizelge 5.63. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta prolin kapsamına etkisi

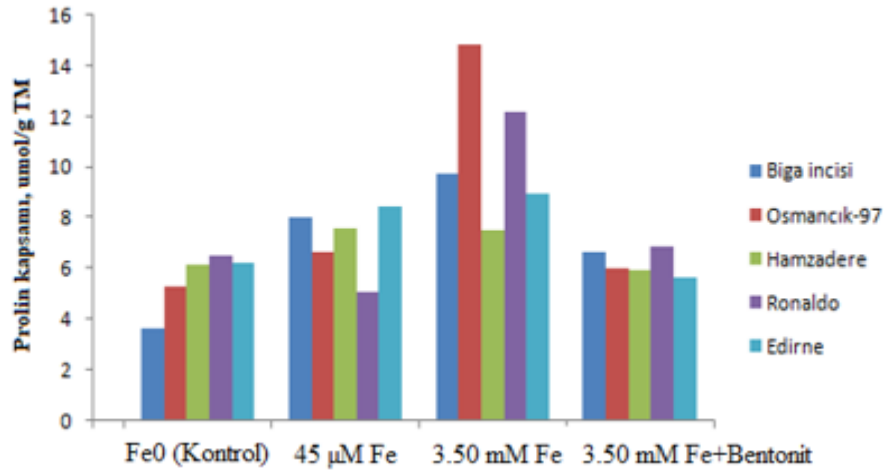
Çeltik çeşidi	Prolin kapsamı, (µmol g ⁻¹ taze madde)				
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	Ortalama
Biga incisi	3.633m	8.000f	9.733c	6.666h	6.9818D
Osmancık-97	5.266l	6.666h	14.833a	6.000j	8.1746A
Hamzadere	6.100ij	7.566g	7.500g	5.933j	6.7808E
Ronaldo	6.500h	5.066l	12.166b	6.833h	7.6243B
Edirne	6.233i	8.466e	8.933d	5.600k	7.3076C
Ortalama	5.5150D	7.1467B	10.6390A	6.1945C	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.62’nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çeşit interaksiyonunun taze yaprakta prolin kapsamına etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli ve toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrole kıyasla çeltik bitkisinin taze yapraklarında prolin kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Bununla birlikte, bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde demir içeren (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrole (Fe0) kıyasla çeltik bitkisinin taze yapraklarında prolin kapsamını arttırmıştır. Toksik demir dozu (3.50 mM Fe) içeren demir sülfatlı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitlerin taze yapraklarında prolin kapsamı, diğer demir dozu uygulamalarına kıyasla en yüksek seviyede bulunmuştur. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze yapraklarında prolin kapsamı bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne > Biga incisi > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.63).

Kontrol, yeterli demir seviyesi, toksik demir seviyesi (bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamında) uygulamalarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında prolin kapsamı farklı bulunmuştur (Şekil 5.33).



Şekil 5.33. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta prolin kapsamına etkisi

Şekil 5.33'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere toksik düzeyde demir içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrole kıyasla bütün çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında prolin kapsamını arttırmış olup, bu artış oranlarına göre çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne > Biga incisi > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta prolin kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu

görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 μ M Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta prolin kapsamı en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta prolin kapsamı en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta prolin kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Şelatlama özelliği ile prolinin metal iyonlarını bağlayabilmesi, bitkilerin ağır metal stresi altında hayat döngülerini tamamlayabilmesine katkıda bulunmaktadır (Sinha ve Saxena, 2006). Prolinin, proteinlerin yapısını stabilize eden moleküler şaperonlar olarak fonksiyon gördüğü ve prolin birikiminin sitosolik pH'yı ve hücrenin redoks durumunu dengede tutabildiği düşünülmektedir (Ashraf ve Foolad, 2007). Bitkilerde tuzluluk, kuraklık, yüksek ve düşük sıcaklık, ağır metal, patojen enfeksiyonu, besin kıtlığı, atmosferik kirlenme ve UV ışıma gibi stres durumlarında genellikle prolin birikiminin arttığı bildirilmiştir (Vernay vd, 2008; Verbruggen and Hermans, 2008; Demirevska vd, 2010). Prolinin, ağır metal stresi sonucu oluşan reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonunda fonksiyon görerek stresi azalttığı rapor edilmiştir (Siripornadulsil vd, 2002).

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta malondialdehit içeriğine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.64'te verilmiştir.

Çizelge 5.64. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta malondialdehit içeriğine etkisi

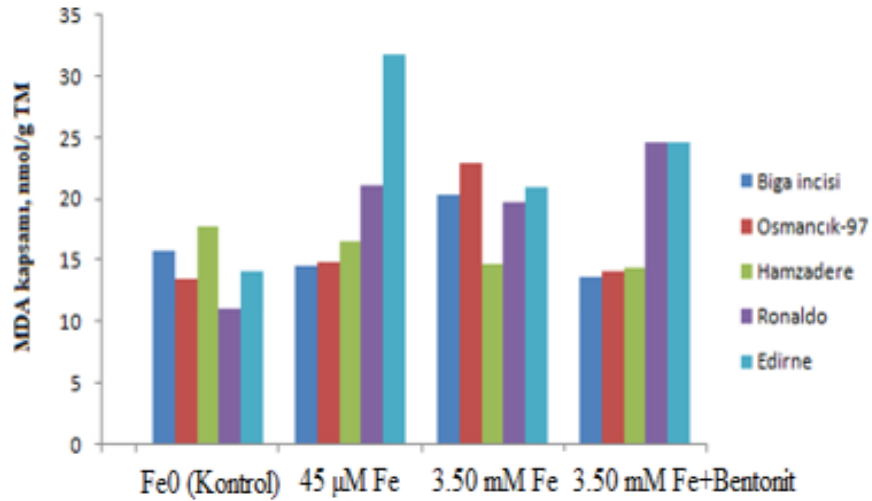
Çeltik çeşidi	Malondialdehit (MDA) içeriği (nmol / g taze madde)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 μ M Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	15.70i	14.50k	20.27e	13.67n	16.05D
Osmancık-97	13.40o	14.86j	22.86c	14.10m	16.30C
Hamzadere	17.76f	16.50h	14.70j	14.30l	15.81E
Ronaldo	11.06p	21.06d	19.70f	24.60b	19.10B
Edirne	14.10m	31.80a	20.96d	24.56b	22.85A
Ortalama	14.40C	19.74A	19.70A	18.26B	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.62'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çeşit interaksiyonunun taze yaprakta malondialdehit (MDA) içeriğı üzerine etkisi $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yeterli ($45 \mu\text{M Fe}$) ve toksik düzeyde (3.50 mM Fe) demir içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulamaları (bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamında) ile yetiştirilen çeltik bitkisinin taze yapraklarında MDA içeriğı, kontrole kıyasla önemli derecede artmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, yeterli ve toksik düzeyde demir içeren uygulamalarda yetiştirilen çeltik bitkilerinin taze yapraklarında MDA içeriğı benzer bulunmuştur. Ek olarak, toksik düzeyde demir içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulanan bentonit ilaveli kum ortamında yetiştirilen bitkilerin taze yapraklarında MDA içerikleri bentonitin etkisiyle, bentonitsiz kum ortamı koşullarında yetiştirilen çeşitlerinkine göre azalma göstermiştir. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze yapraklarında MDA içerikleri bakımından birbirlerinden farklıdır (Çizelge 5.64).

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında MDA içeriklerinin farklı olduğu görülmüştür (Şekil 5.34).



Şekil 5.34. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının malondialdehit kapsamına etkisi

Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta MDA içeriğı en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45

$\mu\text{M Fe}$) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta MDA içeriği en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde ($3,50 \text{ mM Fe}$) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta MDA içeriği en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde ($3,50 \text{ mM Fe} + \% 10 \text{ Bentonit}$) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta MDA içeriği en yüksek çeşitlerin Ronaldo ve Edirne çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Abiyotik stres faktörleri, bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu tetikler. ROS ise bitkilerde lipid, protein ve nükleik asitler gibi biyomoleküllerin üretimine zarar verebilir. Membran lipitin peroksidasyonu, ROS'un önemli bir zararlı etkisidir. Genellikle bitkilerde membran lipid peroksidasyonu, malondialdehit (MDA) ölçülerek tespit edilir. MDA, çevresel stresin neden olduğu oksidatif lipid hasarının yaygın olarak kullanılan bir belirteçidir (Kong vd, 2016). Ek olarak, MDA, hücre zarı hasara uğradığında açığa çıktığından; yüksek miktarda bulunması hücre zarının tahrip olduğunu, düşük miktarda olması ise hücre zarı yapısının sağlam olduğunu göstermektedir (Dhindsa ve Mathowe, 1981a). Şiddetli stres, antioksidanların zararına; Pro-oksidanlar lehine hücrel bir dengesizliğe neden olabilir, bu da oksidatif stresi tetikler. Demir sülfat veya demir klorür fazlalığı şartlarında yetiştirilen çeltik bitkisinin yapraklarında yüksek konsantrasyonda MDA seviyesi rapor edilmiştir (Müller vd, 2015). Bu nedenle, içsel antioksidan savunma sistemleri toksisiteye karşı dirençte de önemli faktörler olabilir (Suh vd, 2002). Yapılan araştırmalar, hem bakliyat türleri hem de diğer bitki türleri arasında toprakta düşük Fe mevcudiyeti karşısında bitki tepkilerinde genotipik-bağımlı değişkenliğin varlığını göstermiştir (Jiménez vd, 2009). Çeşitli çevresel koşulların bitkilerde oksidatif strese yol açtığı bildirilmektedir (Foyer vd, 1997). Daha önceki çalışmalar, diğer abiyotik stresler dışında, Fe noksanlığı koşullarında yetiştirilen ayçiçeği (Ranieri vd, 2003), şeftali (Molassiotis vd, 2006b) ve mısır (Tewari vd, 2005) bitkilerinde MDA içeriğinin (lipid peroksidasyonunu) arttığını rapor etmiştir.

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltili uygulamasının yaprak nisbi nem içeriğine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.65'te verilmiştir.

Çizelge 5.65. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının yaprak nisbi nem içeriğine etkisi

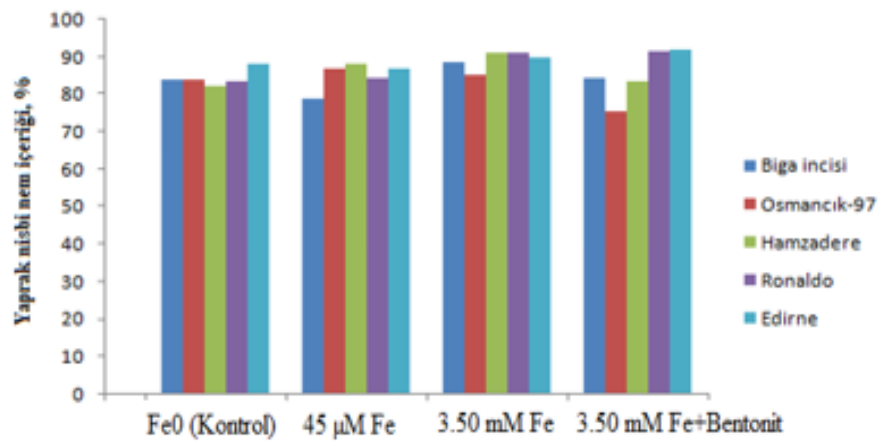
Çeltik çeşidi	Yaprak nisbi nem içeriği (%)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	84.00def	79.00gh	88.67abc	84.33def	84.00C
Osmancık-97	84.00def	86.67bcde	85.00cdef	75.33h	82.75C
Hamzadere	82.00fg	88.33abc	91.00a	83.67ef	86.25B
Ronaldo	83.67ef	84.33def	91.00a	91.67a	87.66AB
Edirne	88.33abc	87.00bcd	90.00ab	92.00a	89.33A
Ortalama	84.40B	85.06B	89.13A	85.40B	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.62'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çeşit interaksyonunun yaprak nisbi nem içeriği (YNNİ) üzerine etkisi $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toksik düzeyde demir içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, kontrole (Fe0) kıyasla yaprak nisbi nem içeriğini arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, YNNİ bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Ronaldo > Hamzadere > Biga incisi > Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.65).

Değişik demir konsantrasyonlarında demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin yapraklarındaki YNNİ çeşitlere bağlı olarak farklı bulunmuştur (Şekil 5.35).



Şekil 5.35. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının yaprak nisbi nem içeriğine etkisi

Nisbi su içeriği, bitkinin su durumunun bir göstergesi olarak kullanılabilen yaygın bir parametredir (Hsiao, 1973). Bununla birlikte, YNNİ, bir bitkinin fizyolojik aktiviteleri ve toprak suyu durumu ile yakından ilişkilidir (Munne-Bosch ve Penuelas 2004; Ozkur vd, 2009). Dufey vd, (2009), şiddetli demir toksisitesi ortam koşulları altında yetiştirdiği çeltik bitkilerinde su içeriğinin azaldığını; buna karşın, stoma direncinin arttığını belirtmiştir.

5.3. Bazı Çeltik Çeşitlerinde Kireçsiz ve Kireç İlaveli Kum Ortamına Çinko Sülfat İçeren Tam Besin Çözeltileri Uygulamasının Bitki Sap Kuru Madde Miktarı ve Çinko Beslenmesi ile İlgili Bazı İndeks ve Özellikler Üzerine Etkisi (Deneme 3)

5.3.1. Bitki sap kuru madde miktarı

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.66'da verilmiştir.

Çizelge 5.66. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları															
Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	4.362**	4	2.115**	1	0.586*	4	0.141	4	0.054*	1	0.019	4	0.011	40	0.070

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.67’de verilmiştir.

Çizelge 5.67. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sap kuru madde miktarına etkisi

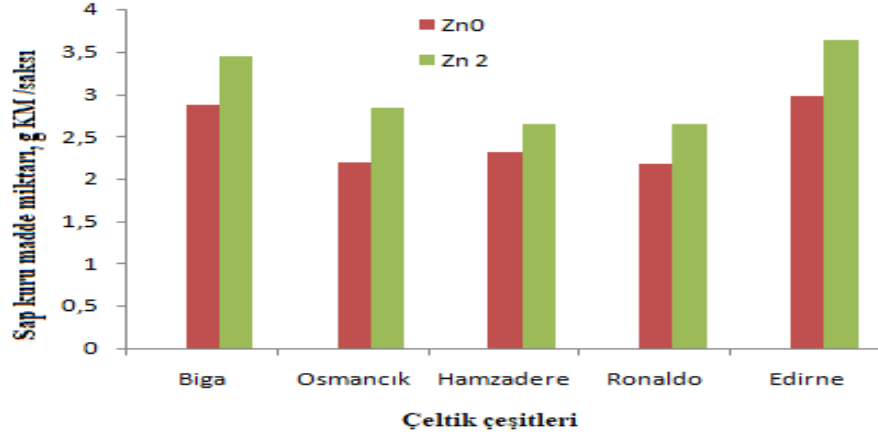
Bitki sap kuru madde miktarı (g / saksı)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	
Biga incisi	2.87	3.46	2.86	3.42	3.15A
Osmancık-97	2.08	2.81	2.31	2.86	2.52B
Hamzadere	2.17	2.46	2.44	2.83	2.48B
Ronaldo	2.12	2.66	2.24	2.62	2.41B
Edirne	2.70	3.41	3.24	3.86	3.31A
Ortalama	K0: 2.67		K1: 2.87		
	Zn0: 2.50		Zn2: 3.04		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.66’nın incelenmesinden anlaşılabacağı gibi, Zn dozu ve çeşidin bitki sap kuru madde miktarı üzerine etkisi $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, kireç dozunun ve çeşit×Zn dozu interaksiyonunun bitki sap kuru madde miktarı üzerine etkisi $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat çeşit×kireç dozu, kireç dozu×Zn dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının bitki sap kuru madde miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Kum ortamına kireç (%4 CaCO₃) ilavesi ve çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması bitki sap kuru madde miktarını kontrole kıyasla önemli derecede arttırmıştır. Sap kuru madde miktarı bakımından çeltik çeşitlerinin önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeşitler arasında sap kuru madde miktarı en yüksek çeşidin Edirne çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.67).

Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.36).



Şekil 5.36. Çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarında kontrole kıyasla sağlanan en yüksek artış oranı Osmancık-97 çeşidinde; buna karşın, en düşük artış oranı ise Hamzadere çeşidinde tespit edilmiştir. Bitki sap kuru madde miktarındaki bu artış oranları Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde sırasıyla % 29.09 ve % 14.71 olarak hesaplanmıştır. Çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranları dikkate alındığında çeltik çeşitleri sırasıyla; Osmancık-97 (% 29.09) > Edirne (% 22.55) > Ronaldo (% 21.10) > Biga incisi (% 19.86) > Hamzadere (% 14.71) şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuçlar, Osmancık-97 çeltik çeşidinin çinko uygulamasına daha fazla respons gösterdiğini; buna karşın, Hamzadere çeltik çeşidinin ise daha az respons gösterdiğini ortaya koymuştur.

Çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında bitki sap kuru madde miktarı en fazla olan çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında bitki sap kuru madde miktarı en fazla olan çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Ronaldo ve Hamzadere çeltik çeşitleri oldukları görülmektedir.

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kontrole (Zn0) göre yeterli çinko dozuna tolere indeks değerleri Çizelge 5.68’de verilmiştir. Kireçsiz kum ortamında yeterli çinko dozuna tolere indeks değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 >

Ronaldo > Hamzadere çeşitleri şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, yeterli çinko dozunu kireçsiz kum ortamında en iyi tolere eden çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en az tolere eden çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kum ortamında ise yeterli çinko dozuna tolere indeks değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Biga incisi > Hamzadere > Osmancık-97 > Ronaldo çeşitleri şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, yeterli çinko dozunu kireç ilaveli kum ortamında en iyi tolere eden çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en az tolere eden çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.68. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kontrole (Zn0) göre yeterli çinko dozuna tolere indeks değerleri

Çeltik çeşidi	Yeterli çinko dozuna tolere indeks değeri	
	Kireçsiz ortam	Kireçli ortam
Biga incisi	1,40	1,20
Osmancık-97	0,82	0,81
Hamzadere	0,75	0,85
Ronaldo	0,80	0,72
Edirne	1,30	1,54

Çizelge 5.69. Kontrol (Zn0) ve 2.0 µM Zn içeren çinko sülfatlı tam besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kireçsiz ortama göre kireçli ortama tolere indeks değerleri

Çeltik çeşidi	Kireçli ortama tolere indeks değeri	
	Zn0	2.0 µM Zn
Biga incisi	1.32	1.28
Osmancık-97	0.77	0.87
Hamzadere	0.85	0.75
Ronaldo	0.76	0.76
Edirne	1.40	1.42

Çizelge 5.70. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde görsel teşhis ile belirlenen kloroz derecesi ve çeşitlerin çinko noksanlığına tolerans indeks değerleri

Çeltik çeşidi	Kireçsiz ortam		Kireçli ortam	
	Semptom derecesi (IRRI, 2002)	Çinko noksanlığına tolerans indeksi, %	Semptom derecesi (IRRI, 2002)	Çinko noksanlığına tolerans indeksi, %
Biga incisi	2	97.00	2	91.66
Osmancık-97	2	70.00	2	74.03
Hamzadere	2	73.30	2	78.20
Ronaldo	3	71.60	3	71.79
Edirne	2	91.20	2	83.93

Çizelge 5.70'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, kireçsiz ve kireç ilaveli (% 4) kum ortamında yetiştirilen Ronaldo çeltik çeşidi, görsel teşhis ile belirlenen çinko noksanlığı semptomu yönünden 3. derecede (hafif bodurlaşma, kardeşlenme az, bazı yaprakların bazal kısımları kahverengi ya da sarı) tanımlanmıştır. Bu çeşidin çinko noksanlığına tolerans indeks değeri kireçsiz ve kireç ilaveli şartlarda sırasıyla % 71.60 ve % 71.79 olarak hesaplanmıştır. Diğer çeltik çeşitleri ise gözleme dayalı olarak belirlenen çinko noksanlığı semptomları yönünden 2. derecede (gelişme ve kardeşlenme normal, yaprakların bazal kısmında hafif yeşil rengin kaybolması) tanımlanmıştır. Biga incisi çeşidinde çinko noksanlığına tolerans indeks değeri kireçsiz ve kireç ilaveli şartlarda sırasıyla % 97.0 ve % 91.66 olarak hesaplanmıştır. Osmancık-97 çeşidinde çinko noksanlığına tolerans indeks değeri kireçsiz ve kireç ilaveli şartlarda sırasıyla % 70.0 ve % 74.03 olarak hesaplanmıştır. Hamzadere çeşidinde çinko noksanlığına tolerans indeks değeri kireçsiz ve kireç ilaveli şartlarda sırasıyla % 73.30 ve % 78.20 olarak hesaplanmıştır. Edirne çeşidinde çinko noksanlığına tolerans indeks değeri kireçsiz ve kireç ilaveli şartlarda sırasıyla % 91.20 ve % 83.93 olarak hesaplanmıştır.

Çinko (Zn), bitkilerde protein sentezi ve gen ekspresyonu için gerekli olan bir elementtir (Çakmak, 2000; Broadley vd, 2007). Biyolojik sistemlerdeki proteinlerin yaklaşık % 10'unun yapısal ve fonksiyonel bütünlüğü için Zn mineraline ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir (Andreini vd, 2006). Bu elementin ayrıca 300'den fazla enzimin kofaktörü olarak gerekli olduğu belirtilmiştir (Coleman, 1998). Bitkilerde çimlenme sırasında, reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi söz konusudur (Çakmak vd, 1993; Bailly vd, 2002; Qin ve Liu, 2010) ve Zn, bitki hücrelerinde ROS detoksifikasyonunda merkezi bir rol oynamaktadır (Çakmak, 2000; Broadley vd, 2007). Zn, bitkiler için elzem bir mineral olmasının yanı sıra, insanlar için de önemli bir mineral besindir. Dünya nüfusunun yaklaşık olarak 1 / 3'ünün Zn eksikliğinden etkilendiği tahmin edilmektedir. Zn eksikliğinin insan sağlığı (özellikle fiziksel gelişim, bağışıklık sistemi, öğrenme kabiliyeti ile DNA hasarı ve kanser gelişimi) üzerinde ciddi olumsuz etkilere neden olduğu bilinmektedir (Black vd, 2008). Bu yüzden, insan beslenmesinde yer alan mahsullerinin Zn konsantrasyonunun arttırılması sağlık için önemli bir yaklaşım olmaktadır. Tahıllar, özellikle kırsal alanlarda yaşayan yoksul insanlar için başlıca Zn kaynağıdır. Bununla birlikte, tahıl bazlı gıdaların Zn içerikleri insan gereksinimini karşılamak için oldukça yetersizdir.

Bu durum, çeltik tüketicileri için özellikle akut bir durum gösterir. Çünkü çeltik (*Oryza sativa* L.), tahıllar arasında en düşük Zn içeriğine sahip bir bitkidir (Juliano, 1993). Çoğu durumda, çeltik ekili topraklarda bitkiye yarayışlı çinko kapsamı çok düşük seviyededir. Bu durum, tahılın Zn konsantrasyonunda daha fazla düşüşe de neden olur (Alloway, 2004; Çakmak, 2008). Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar, dünyadaki ekili toprakların yaklaşık % 30'unun çinko bakımından noksan olduğunu rapor etmekle birlikte, tahıl üretimi için kullanılan toprakların yaklaşık % 50'sinin bitkiler için düşük Zn seviyelerine sahip olduğunu göstermiştir (Sillanpaa, 1982; Graham vd, 1992; Welch, 1993). Çeltik genotipleri toprakta Zn eksikliğine toleransları bakımından oldukça farklılık göstermektedir (Hoffland vd, 2006; Wissuwa vd, 2006; Gao vd, 2009).

Zn eksikliği çeltik bitkisi yapraklarında bronzlaşmaya sebebiyet verir ve bitki fidelerinin dikiminden 2-3 hafta sonra, yaşlı yaprakları kaplayan kahverengi lekeler ve çizgiler ortaya çıkar (Yoshida ve Tanaka, 1969). Zn eksikliği stresi yaşayan bitkiler bodur kalır ve şiddetli Zn eksikliği koşulları altında bitki mortalitesi fazla olabilir. Zn eksikliğinin şiddeti az ise bitki fideleri dikimden 4-5 hafta sonra iyileşmeye başlayabilir; ancak ilerleyen dönemlerde bitkide olgunlaşma gecikir ve tahıl veriminde azalmalar görülür (Neue ve Lantin, 1994). Oksidatif stres, Zn eksikliği semptomlarını indükleyen önemli bir faktör olarak kabul edilmiştir. Zn eksikliği, membrana bağlı NADPH oksidaz ve reaktif oksijen türleri (ROS) üreten iç demir konsantrasyonuna müdahale eder. Bu nedenle, Zn eksikliği olan yapraklar, kloroplastta foto-oksidasyon nedeniyle hasar görür ve yüksek ışık yoğunluğuna maruz kaldıklarında hızla klorotik ve nekrotik bir hale gelir (Çakmak, 2000). Yapraklarda ne kadar antioksidan birikirse, yaprak bronzlaşma semptomlarının da o derece azaldığı rapor edilmiştir (Frei vd, 2010).

5.3.2. Sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranı

Sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına çeşit ve kirecin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.71'de verilmiştir.

Çizelge 5.71. Sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına çeşit ve kirecin etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Kireç dozu		Çeşit× Kireç dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	116.36	1	41.07	4	414.42**	20	93.27

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına kirecin etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.72’de verilmiştir.

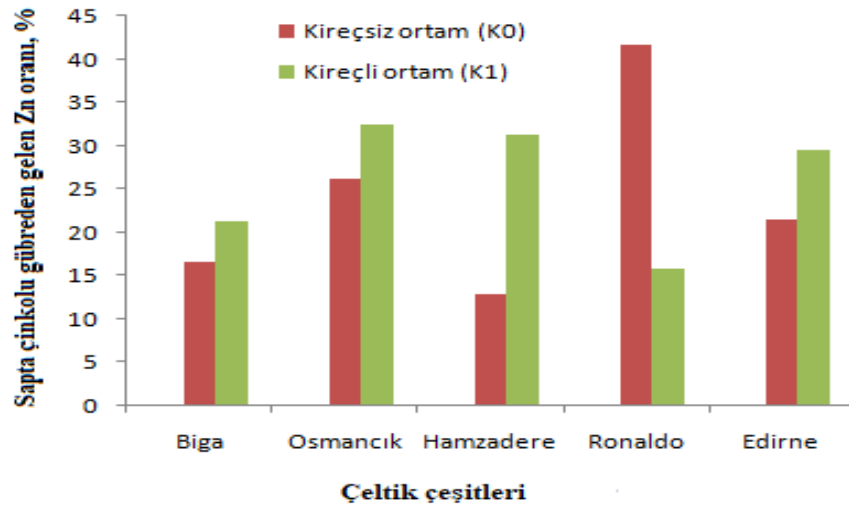
Çizelge 5.72. Çeltik çeşitlerinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına kirecin etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta çinkolu gübreden gelen Zn oranı (%)		
	Kirecsiz ortam	Kireçli ortam	Ortalama
Biga incisi	16.63bc	21.30bc	18.97
Osmancık-97	26.13abc	32.43ab	29.28
Hamzadere	12.90c	31.33abc	22.11
Ronaldo	41.67a	15.87bc	28.77
Edirne	21.53bc	29.63abc	25.58
Ortalama	23.77	26.11	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelgelerin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, çeltik çeşitlerinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına kirecin etkisi çeşitlere bağlı olarak farklı bulunmuştur.

Şekil 5.37’den anlaşılabacağı üzere Ronaldo çeltik çeşidinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranı kireçleme ile önemli derecede azalma göstermiştir. Kum ortamına kireç uygulaması Ronaldo çeltik çeşidinde kökten sapa çinko taşınımını engellemiş ve böylece, sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranını azalmasına neden olmuştur. Buna karşın; Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitlerinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranı, kireçleme ile artış göstermiş; fakat bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kirecsiz kum ortamında sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranı değerlerine göre çeltik çeşitleri istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo > Osmancık-97 ~ Edirne ~ Biga incisi ~ Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kum ortamında ise sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranı değerleri bakımından çeşitler arası farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.37. Çeltik çeşitlerinde sapta çinko sülfat gübresinden gelen çinko oranına kireç uygulamasının etkisi

5.3.3. Çinko sülfat gübresinden yararlanma oranı

Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.73'te verilmiştir.

Çizelge 5.73. Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Kireç dozu		Çeşit× Kireç dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	26.77	1	3.54	4	102.31*	20	35.63

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.74'te verilmiştir.

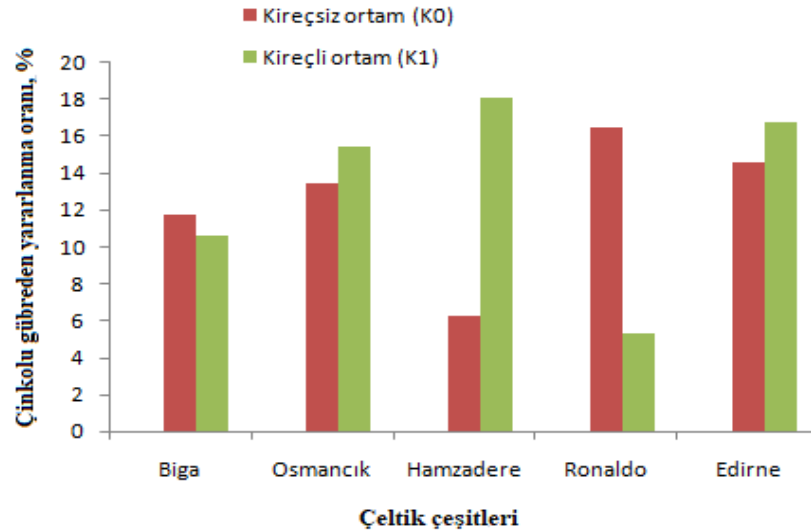
Çizelge 5.74. Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisi

Çeltik çeşidi	Çinkodan yararlanma oranı (%)		
	Kireçsiz ortam	Kireçli ortam	Ortalama
Biga incisi	11.77ab	10.60ab	11.15
Osmancık-97	13.50ab	15.43ab	14.45
Hamzadere	6.30b	18.07a	12.15
Ronaldo	16.53ab	5.27b	10.85
Edirne	14.63ab	16.80ab	15.7
Ortalama	12.52	13.2	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelgelerin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, çinkodan yararlanma oranına kirecin etkisi çeltik çeşitlerine bağlı olarak farklı bulunmuştur.

Şekil 5.38'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere Hamzadere çeltik çeşidinde çinkolu gübreden yararlanma oranı, ortama kireç ilave edilmesi ile önemli derecede artış göstermiştir. Buna karşın, Ronaldo çeltik çeşidinde çinkolu gübreden yararlanma oranı, ortama kireç ilavesi ile azalmış; fakat bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte, Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitlerinde kireç uygulamasının çinkodan yararlanma oranına etkisi önemsiz bulunmuştur.



Şekil 5.38. Çeltik çeşitlerinin çinko sülfat gübresinden yararlanma oranına kireç uygulamasının etkisi

Kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında çinkolu gübreden yararlanma oranı en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Kireç ilaveli kum ortamında ise

inkolu gübreden yararlanma oranı en yüksek çeşidin Hamzadere eşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo eltik çeşidi olduğu görülmektedir.

5.3.4. Sapta inko alımı

Çeltik eşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulamasının bitki sapında çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları izelge 5.75'te verilmiştir.



Çizelge 5.75. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapında çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	14789.40**	4	6564.18**	1	5606.67**	4	1583.92**	4	214.32	1	141.07	4	156.98	40	211.37

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapında çinko alımına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.76’da verilmiştir.

Çizelge 5.76. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapında çinko alımına etkisi

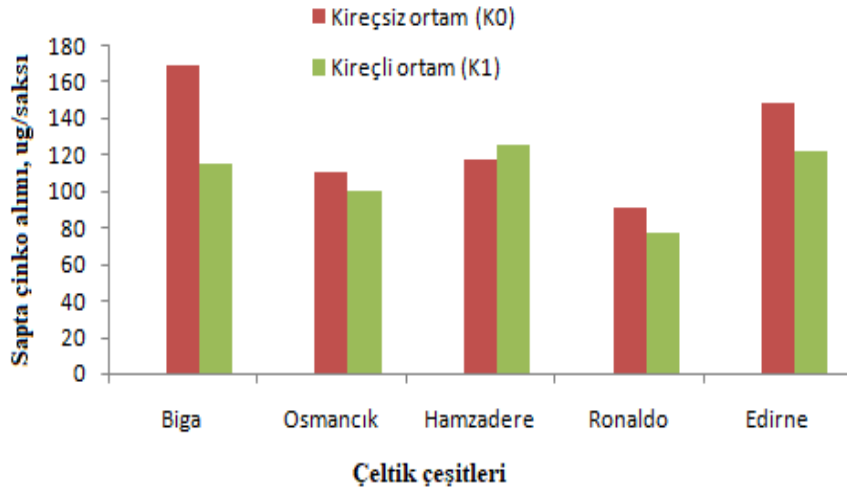
Bitki sapında çinko alımı (µg / sakı)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Zn 0	2.0 µM Zn	Zn 0	2.0 µM Zn	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	156	181	100	129	141.42A
Osmancık-97	92	129	81	118	105.08C
Hamzadere	107	126	100	149	120.5B
Ronaldo	78	102	70	84	83.58D
Edirne	129	167	100	143	134.92A
Ortalama	K0: 126.7		K1: 107.4		
	Zn0: 101.3		Zn2: 132.8		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.75’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, Zn dozunun, kireç dozunun ve çeşit×kireç dozu interaksiyonunun sapta çinko alımı üzerine etkileri $p<0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; fakat çeşit×Zn dozu, kireç dozu×Zn dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması, çeltik bitkisinde sapta çinko alımını önemli derecede arttırmış; fakat ortama kireç ilave edilmesi bitki sapında çinko alımını kontrole kıyasla önemli derecede azaltmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, sapta çinko alımları bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Çeltik çeşitleri arasında sapta çinko alımı bakımından en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür (Çizelge 5.76).

Sapta çinko alımına kireç uygulamasının (% 4 CaCO₃) etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.39).



Şekil 5.39. Sapta çinko alımı üzerine çeşit×kireç interaksiyonunun etkisi

Şekil 5.39'un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireç uygulamasıyla çeşitler arasında Biga incisi, Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeşitlerinde sapta çinko alımı azalmış ve bu azalma en fazla Biga incisi çeltik çeşidinde görülmüştür. Hamzadere çeltik çeşidinde kireç uygulaması sapta çinko alımını çok az arttırmış, fakat bu artış önemsiz bulunmuştur. Kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında sapta çinko alımı en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Kireç ilaveli kum ortamda ise sapta çinko alımı en yüksek çeşitlerin Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Dirasamy vd, (1988), yürüttükleri bir sera denemesinde sodyumlu toprakta çeltik bitkisi yetiştirmişlerdir. Toprağa 0, 10 ve 20 mg Zn kg⁻¹ uygulayan araştırmacılar çinko uygulamasındaki artışa bağlı olarak çeltik bitkisinde sapta Zn alımının arttığını belirlemişlerdir.

5.3.5. Kökte çinko alımı

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.77'de verilmiştir.

Çizelge 5.77. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	3840.0**	4	675.23**	1	1520.07**	4	726.57**	4	380.67*	1	2884.27**	4	297.77	40	161.29

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde çinko alımına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.78’de verilmiştir.

Çizelge 5.78. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde çinko alımına etkisi

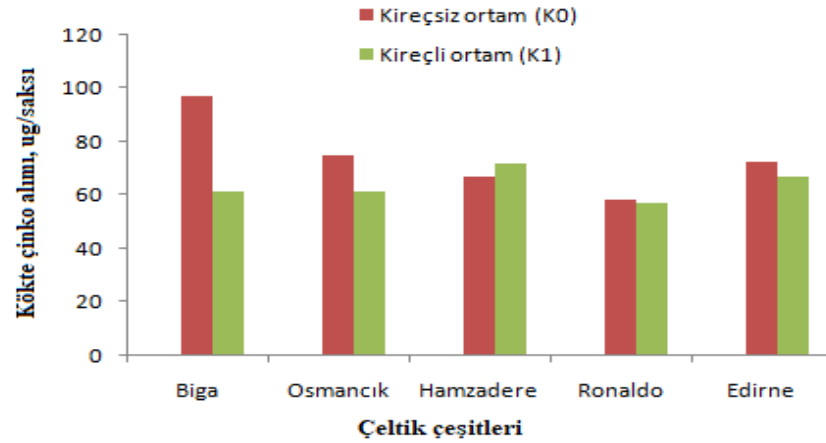
Kökte çinko alımı (µg / saksı)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Zn 0	2.0 µM Zn	Zn 0	2.0 µM Zn	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	75	118	54	69	79.00A
Osmancık-97	51	99	60	62	68.17AB
Hamzadere	66	68	68	75	69.17A
Ronaldo	49	67	61	53	57.83B
Edirne	53	91	69	64	69.33A
Ortalama	K0: 73.7		K1: 63.5		
	Zn0: 60.6		Zn2: 76.6		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.77’nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, çinko dozunun, kireç dozunun, çeşit×kireç dozu, çeşit×Zn dozu ve Zn dozu×kireç dozu interaksiyonlarının kökte çinko alımı üzerine etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli; fakat çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çinko sülfat içeren (2.0 μM Zn) besin çözeltisi uygulaması çeltik bitkisinde kökte çinko alımını önemli derecede arttırmış; fakat ortama kireç ilave edilmesi bitki kökünde çinko alımını kontrole kıyasla önemli derecede azaltmıştır. Kökte çinko alımları bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Çeltik çeşitleri arasında kökte çinko alımı bakımından en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür (Çizelge 5.78).

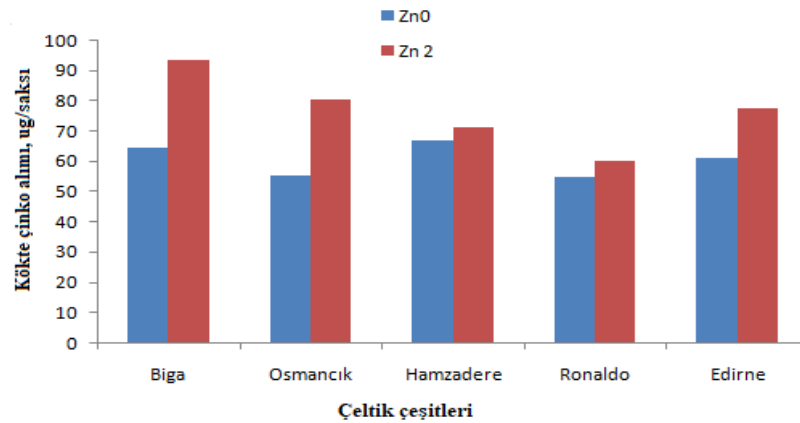
Kökte çinko alımına kireç uygulamasının (% 4 CaCO_3) etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.40).



Şekil 5.40. Kökte çinko alımı üzerine çeşit×kireç interaksiyonunun etkisi

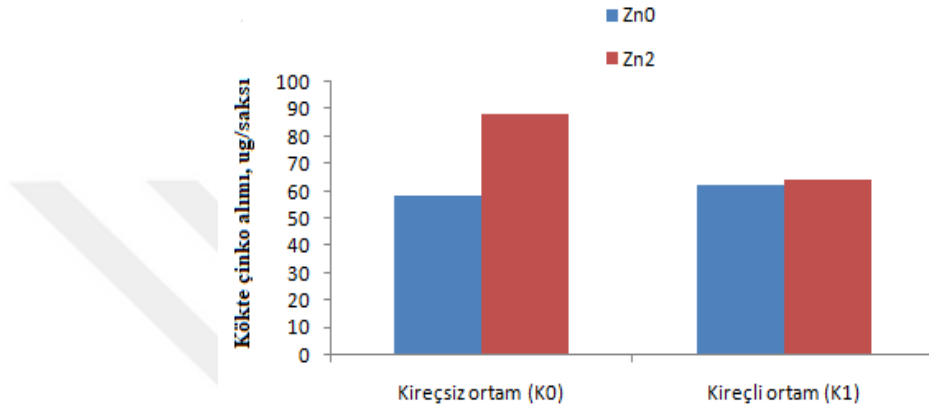
Şekil 5.40'ın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireç uygulamasıyla çeşitler arasında Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeşitlerinde kökte çinko alımı azalmış ve bu azalma en fazla Biga incisi çeltik çeşidinde görülmüştür. Buna karşın, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde kökte çinko alımı üzerine kireç uygulamasının etkisi önemsiz bulunmuştur. Kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında kökte çinko alımı en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Kireç ilaveli kum ortamda ise kökte çinko alımı en yüksek çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulamasının kökte çinko alımı üzerine etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.41).



Şekil 5.41. Kökte çinko alımı üzerine çeşit×çinko dozu interaksiyonunun etkisi

Şekil 5.41'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında kökte çinko alımı en yüksek çeltik çeşidinin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın en düşük çeşitlerin ise Osmancık-97 ve Ronaldo çeltik çeşitleri oldukları tespit edilmiştir. Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında kökte çinko alımı en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.42. Çinko dozu×kireç dozu interaksiyonunun kökte çinko alımına etkisi

Şekil 5.42'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çinko sülfatlı (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının kökte çinko alımı üzerine etkisi ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur. Kireçsiz kum ortamında çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması, kökte çinko alımını kontrole kıyasla önemli derecede arttırmış; fakat kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulamasının kökte çinko alımına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

5.3.6. Bitki sapına taşınan çinko oranı

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapına taşınan çinko oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.79'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.79. Sapa taşınan çinko oranına çeşidin, kireç dozunun, çinko dozunun, ikili ve üçlü interaksiyonların etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	26.00	4	98.99**	1	15.48	4	15.87	4	28.57	1	388.83**	4	21.44	40	17.45

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapına taşınan çinko oranına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.80’de verilmiştir.

Çizelge 5.80. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapına taşınan çinko oranına etkisi

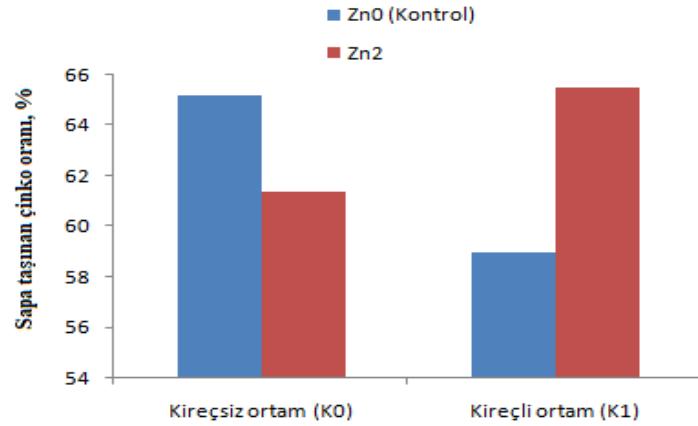
Bitki sapına taşınan çinko oranı (%)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Zn 0	2.0 µM Zn	Zn 0	2.0 µM Zn	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	67.4	60.4	64.9	65.7	64.62A
Osmancık-97	64.4	56.4	57.0	65.1	60.77BC
Hamzadere	62.0	65.0	60.0	66.4	63.41AB
Ronaldo	61.2	60.8	53.2	61.2	59.12C
Edirne	70.9	64.5	60.3	69.0	66.22A
Ortalama	K0: 63.3		K1: 55.7		
	Zn0: 62.1		Zn2: 63.4		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.79’un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, kireç dozu×Zn dozu interaksiyonunun bitki sapına taşınan çinko oranına etkisi $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; fakat Zn dozunun, kireç dozunun, çeşit×kireç dozu, çeşit ×Zn dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeşitler arasında bitki sapına taşınan çinko oranı en yüksek çeltik çeşitlerinin Edirne ve Biga incisi çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeltik çeşidinin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Ek olarak, Edirne ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde sapa taşınan çinko oranı ile Ronaldo çeşidinde sapa taşınan çinko oranı arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 5.80).

Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının bitki sapına taşınan çinko oranı üzerine etkisi ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur (Şekil 5.43)



Şekil 5.43. Kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki sapına taşınan çinko oranı üzerine etkisi

Şekil 5.43'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kirecsiz kum ortamına çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulaması bitki sapına taşınan çinko oranını, kontrole (Zn0) göre azaltmış; fakat kireç ilaveli kum ortamında ise bitki sapına taşınan çinko oranını arttırmıştır.

5.3.7. Bitki kökünde kalan çinko oranı

Çeltik çeşitlerinde kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.81'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.81. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	26.00	4	98.99**	1	15.48	4	15.87	4	28.57	1	388.83**	4	21.44	40	17.45

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.82’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.82. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranına etkisi

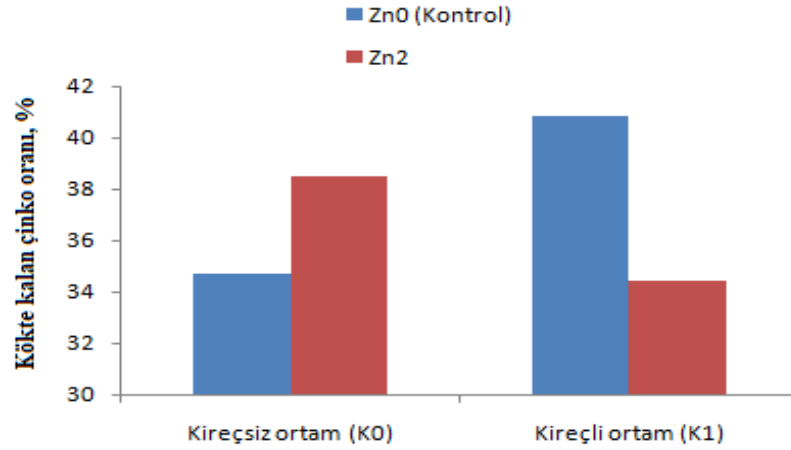
Çeltik Çeşidi	Bitki kökünde kalan çinko oranı (%)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Zn0	2.0 µM Zn	Zn0	2.0 µM Zn	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	32.5	39.6	35.0	34.2	35.38C
Osmancık-97	35.5	43.5	43.0	34.8	39.23AB
Hamzadere	37.9	34.9	39.9	33.5	36.59BC
Ronaldo	38.7	39.1	46.7	38.8	40.88A
Edirne	29.0	35.4	39.6	30.9	33.78C
Ortalama	K0: 36.6		K1: 37.6		
	Zn0: 37.8		Zn2: 36.4		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.81’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, kireç dozu×Zn dozu interaksyonunun bitki kökünde kalan çinko oranına etkisi $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; fakat Zn dozunun, kireç dozunun, çeşit×kireç dozu, çeşit ×Zn dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeşitler arasında bitki kökünde kalan çinko oranı en yüksek çeltik çeşidinin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeltik çeşidinin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Ek olarak, Edirne ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde bitki kökünde kalan çinko oranı ile Ronaldo çeşidinde bitki kökünde kalan çinko oranı arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 5.82).

Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranına etkisi ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur (Şekil 5.44).



Şekil 5.44. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının bitki kökünde kalan çinko oranı üzerine etkisi

Şekil 5.44'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçsiz kum ortamına çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulaması bitki kökünde kalan çinko oranını, kontrole (Zn0) göre arttırmış; fakat kireç ilaveli kum ortamında ise bitki kökünde kalan çinko oranını azaltmıştır.

Çinko noksanlığına toleranslı çeltik çeşitleri daha düşük Zn gereksinimine sahiptir veya dayanıklı çeşitlerin köklerinden sürgünlere nispeten daha fazla Zn transloke olabilir. (Cayton vd, 1985). Yapılan bir çalışmada, Zn eksikliğine toleranslı genotiplerde daha yüksek organik asit atılım oranları tespit edilmiştir (Hoffland vd, 2006). Zn eksikliğine toleransı kontrol eden mekanizmalar üzerinde birçok belirsizlik var gibi görünmektedir. Büyük olasılıkla, herhangi bir ürün türünde tek bir mekanizma mevcut değildir. Buğday, çavdar, arpa, tritikale ve yulaf da dahil olmak üzere tahıllarda çinkonun sürgünlere alım ve translokasyon kapasitesinin artışı ve yaprak dokularında daha fazla miktarlarda fizyolojik olarak aktif Zn ile ilişkiliydi (Cakmak vd, 1998).

5.3.8. Taze yapraklarda klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamları ve klorofil a / b oranı

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofili karotenoid kapsamlarına ve klorofil a / b oranına etkisine ilişkin varyans sonuçları Çizelge 5.83'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.83. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamlarına ve klorofil a / b oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları																
Özellik	Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
Klorofil-a	1	0.859**	4	0.153**	1	0.214**	4	0.026*	4	0.032*	1	0.001	4	0.013	40	0.005
Klorofil-b	1	0.430**	4	0.100**	1	0.058*	4	0.050*	4	0.007	1	0.006	4	0.055*	40	0.010
Toplam klorofil	1	1.168**	4	0.388	1	0.606	4	0.114*	4	0.102*	1	0.033	4	0.241	40	0.019
Klorofil a / b	1	0.452**	4	0.005	1	0.032	4	0.171**	4	0.148**	1	0.210*	4	0.233**	40	0.016
Karotenoid	1	0.073**	4	0.012**	1	0.017	4	0.007**	4	0.001*	1	0.002	4	0.008**	40	0.001

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda klorofil-a kapsamı üzerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.84'te verilmiştir.

Çizelge 5.84. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda klorofil-a kapsamı üzerine etkisi

Çeltik Çeşidi	Klorofil-a kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	
Biga incisi	1.66	1.92	2.00	2.12	1.93B
Osmancık-97	1.67	1.95	1.73	2.04	1.85C
Hamzadere	2.05	2.05	2.04	2.20	2.09A
Ronaldo	1.84	2.16	1.96	2.33	2.08A
Edirne	1.67	2.03	1.78	1.99	1.87BC
Ortalama	K0: 1.90		K1: 2.01		
	Zn0: 1.84		Zn2: 2.07		

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

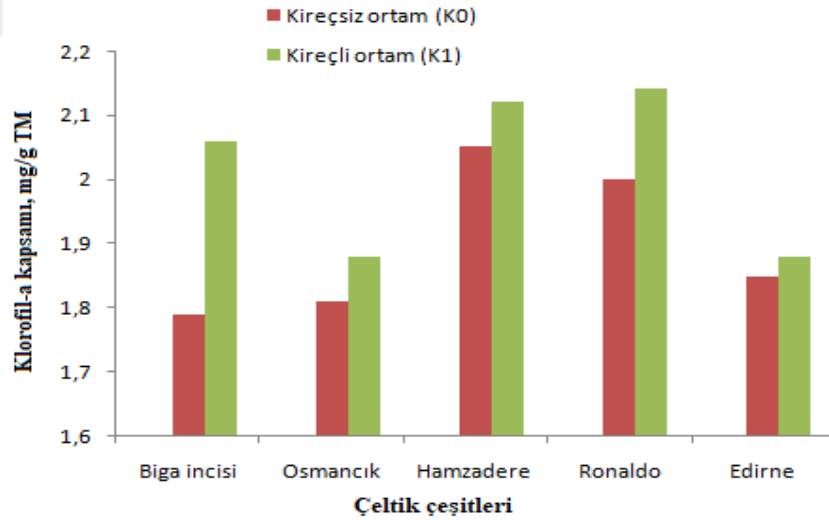
Çizelge 5.83'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, Zn dozunun ve kireç dozunun çeltik bitkisinin taze yapraklarında klorofil-a kapsamı üzerine etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; fakat kireç dozu×Zn dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ayrıca çeşit×kireç dozu ve çeşit×Zn dozu interaksiyonlarının taze yaprakta klorofil-a kapsamı üzerine etkileri $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması ve kireç uygulaması (% 4 CaCO₃) taze yaprakta klorofil-a kapsamını kontrole göre arttırmıştır. Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının, kontrole kıyasla taze yaprakta klorofil-a kapsamında sağladığı artış oranı, Biga incisi çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 15.6 ve % 6.0 olarak hesaplanmıştır. Osmancık-97 çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 16.7 ve % 17.9 olarak hesaplanmıştır. Hamzadere çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 0 ve % 7.8 olarak hesaplanmıştır. Ronaldo çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 17.4 ve % 18.8 olarak hesaplanmıştır. Edirne çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 21.5 ve % 11.8 olarak hesaplanmıştır. Biga incisi ve Edirne çeltik çeşitlerinde, kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamında sağladığı artış oranı, kireçsiz kum ortamında

yetiştirilenlere göre daha düşük bulunmuştur. Osmancık-97 ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamında sağladığı artış oranı kireç ilaveli ve kireçsiz kum ortamda birbirine benzer bulunmuştur. Ek olarak, Hamzadere çeltik çeşidinde kireçsiz kum ortamında çinko sülfatlı (2.0 μM Zn) besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta klorofil-a kapsamında artış sağlamamış; buna karşın, kireç ilaveli kum ortamında ise taze yaprakta klorofil-a kapsamını % 7.8 oranında arttırmıştır. Taze yaprakta klorofil-a kapsamı bakımından çeşitler arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-a kapsamı bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Hamzadere > Ronaldo > Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 5.84).

Çinko sülfat monohidratın toprağa uygulanma dozu arttıkça, çeltik bitkisinin taze yapraklarında klorofil-a içeriğinin de arttığı bildirilmiştir (Arif vd, 2012).

Kum ortamına kireç uygulamasının (% 4 CaCO_3) taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.45)

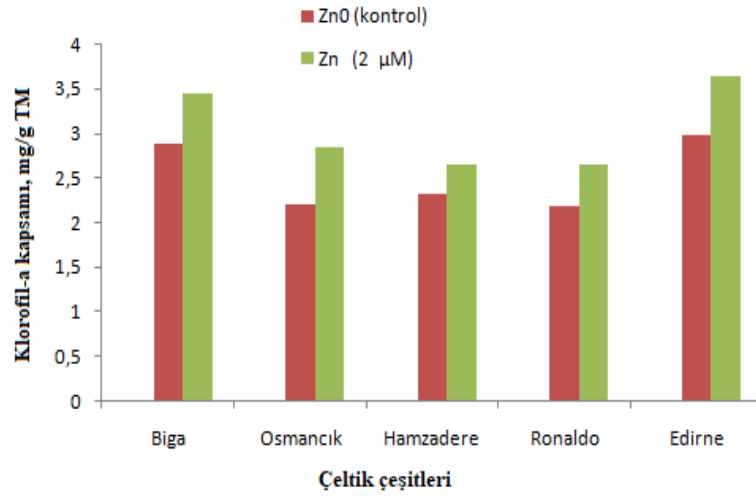


Şekil 5.45. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamı üzerine etkisi

Şekil 5.45'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kum ortamına kireç uygulaması, bütün çeltik çeşitlerinde taze yaprakta klorofil-a kapsamında artış sağlamış olup, bu artış oranının en fazla Biga incisi çeltik çeşidinde; buna karşın, en az artış oranının ise Edirne çeltik çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. Kireçsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşidinin Hamzadere

çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitleri olduğu tespit edilmiştir.

Çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.46)



Şekil 5.46. Çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamı üzerine etkisi

Şekil 5.46'nın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek çeşitlerin Biga incisi ve Edirne çeltik çeşitleri olduğu; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Osmancık-97, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitleri olduğu tespit edilmiştir. Çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta klorofil-a kapsamını bütün çeltik çeşitlerinde arttırmış; ancak en fazla artış, Biga incisi, Edirne ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde görülmüştür.

Çeltik çeşitlerinde kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda klorofil-b kapsamı üzerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.85'te verilmiştir.

Çizelge 5.85. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkisi

Klorofil-b kapsamı (mg / g taze madde)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Zn 0	2.0 µM Zn	Zn 0	2.0 µM Zn	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	0.82fgh	0.92defg	0.87efgh	1.03bcde	0.91B
Osmancık-97	0.85efgh	0.91defg	0.71h	1.00cdef	0.87B
Hamzadere	0.87efgh	0.92defg	0.95cdefg	1.36a	1.03A
Ronaldo	0.84efgh	1.20ab	1.07bcd	1.12bc	1.06A
Edirne	0.81fgh	0.99cdefg	0.80gh	0.84efgh	0.86B
Ortalama	K0: 0.91		K1: 0.98		
	Zn0: 0.86		Zn2: 1.03		

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

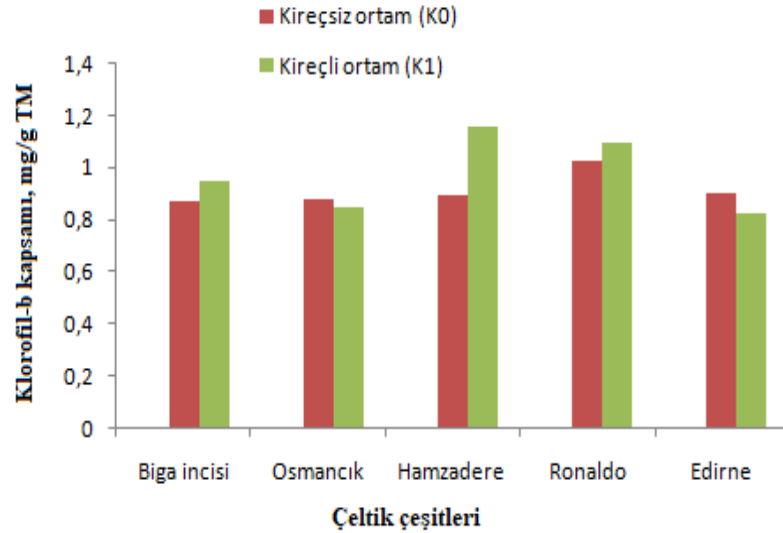
Çizelge 5.83'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere Zn dozunun ve çeşidin taze yapraklarda klorofil-b kapsamına etkileri $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli; fakat çeşit×Zn dozu ve kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ayrıca kirecin, çeşit×kireç dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkileri $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması ve kum ortamına kireç uygulaması (% 4 CaCO₃) çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında klorofil-b kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulamasının, kontrole (Zn0) kıyasla taze yaprakta klorofil-b kapsamında sağladığı artış oranı, Biga incisi çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 12.1 ve % 18.4 olarak hesaplanmıştır. Osmancık-97 çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 7.0 ve % 40.8 olarak hesaplanmıştır. Hamzadere çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 5.7 ve % 43.1 olarak hesaplanmıştır. Ronaldo çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 42.8 ve % 4.6 olarak hesaplanmıştır. Edirne çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 22.2 ve % 5.0 olarak hesaplanmıştır. Kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamında artış oranı en fazla olan çeşitlerin Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitleri olduğu; buna karşın, artış oranı en az olan çeşitlerin ise Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleri olduğu tespit edilmiştir.

Kireçsiz kum ortamda çinko sülfat içeren besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamındaki artış oranının en fazla olduğu çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın artış oranının en az olduğu çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-b kapsamları bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Hamzadere > Biga incisi > Osmancık-97 > Edirne şeklinde sıralanmıştır.

Çinko sülfat monohidratın toprağa uygulanma dozu arttıkça, çeltik bitkisinin taze yapraklarında klorofil-b içeriğinin de arttığı bildirilmiştir (Arif vd, 2012).

Kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.47)



Şekil 5.47. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkisi

Şekil 5.47'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçli ortamda klorofil-b kapsamı en yüksek çeltik çeşidi Hamzadere, en düşük çeşitler ise Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitleridir. Kireçsiz ortamda ise klorofil-b kapsamı en yüksek çeşit Ronaldo, en düşük çeşitler ise Biga incisi ve Osmancık-97 çeltik çeşitleridir. Ayrıca kum ortamına kireç uygulaması Hamzadere, Ronaldo ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde taze yaprakta klorofil-b kapsamı arttırmış; fakat bu artış sadece Hamzadere çeltik çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Diğer çeltik çeşitlerinde (Osmancık-97 ve

Edirne) ise kum ortamına kireç uygulaması taze yaprakta klorofil-b kapsamını istatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte azaltmıştır.

Çeltik çeşitlerinde kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda toplam klorofil kapsamı üzerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.86’da verilmiştir.

Çizelge 5.86. Çeltik çeşitlerinde kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda toplam klorofil kapsamı üzerine etkisi

Çeltik Çeşidi	Toplam klorofil kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	
Biga incisi	2.40	2.94	2.94	3.09	2.84B
Osmancık-97	2.52	2.84	2.44	3.18	2.75BC
Hamzadere	2.88	2.94	3.01	3.56	3.09A
Ronaldo	2.64	3.25	3.32	3.07	3.07A
Edirne	2.71	2.82	2.68	2.56	2.72C
Ortalama	K0: 2.79		K1: 2.99		
	Zn0: 2.75		Zn2: 3.02		

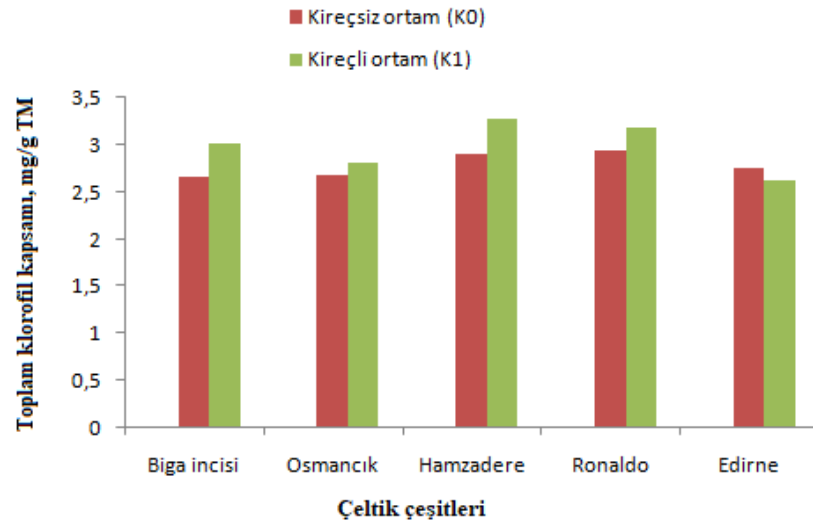
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.83’ün incelenmesinde anlaşılaçağı üzere Zn dozunun taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi $p<0.01$ seviyesinde; çeşit×kireç dozu ve çeşit×Zn dozu interaksiyonlarının etkileri ise $p<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat çeşidin, kireç dozunun, çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonunun taze yaprakta toplam klorofil kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta toplam klorofil kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulamasının, kontrole (Zn0) kıyasla taze yaprakta toplam klorofil kapsamında sağladığı artış oranı, Biga incisi çeşidinde kirecsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 5.1 ve % 22.5 olarak hesaplanmıştır. Osmancık-97 çeşidinde kirecsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 30.3 ve % 12.6 olarak hesaplanmıştır. Hamzadere çeşidinde kirecsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 18.2 ve % 2.0 olarak hesaplanmıştır. Ronaldo çeşidinde kirecsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % -7.5 ve % 23.1 olarak hesaplanmıştır. Edirne çeşidinde kirecsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % -4.4 ve % 4.0

olarak hesaplanmıştır. Kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamındaki artış oranının en fazla olduğu çeşidin Osmancık-97 çeltik çeşidi; buna karşın, artış oranının en az olduğu çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfatlı besin çözeltisi uygulaması Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında toplam klorofil kapsamında azalmaya neden olmuştur. Kireçsiz kum ortamında çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamındaki artış oranının en fazla olduğu çeşitleri Ronaldo ve Biga incisi çeltik çeşitleri; buna karşın, artış oranının en az olduğu çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir.

Kum ortamına kireç uygulamasının ($\% 4 \text{ CaCO}_3$) taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.48)

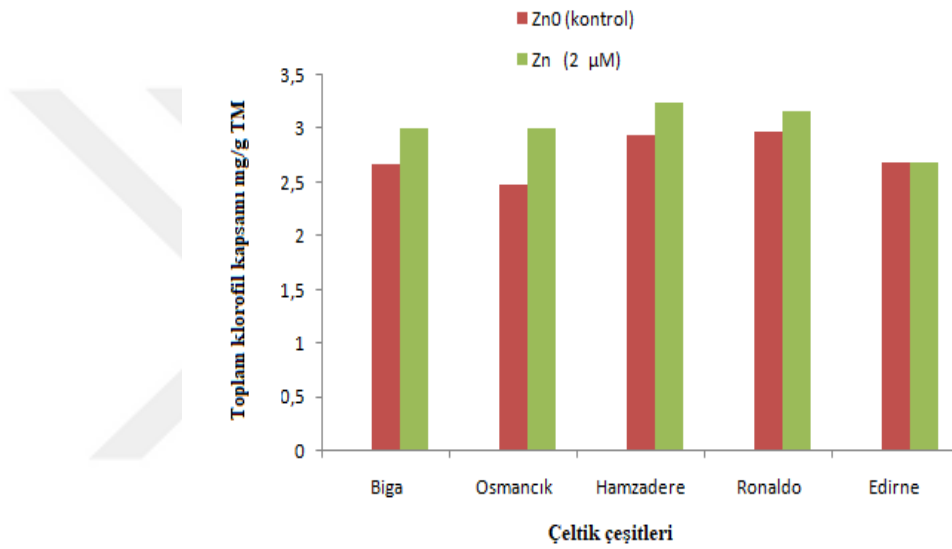


Şekil 5.48. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamı üzerine etkisi

Şekil 5.48'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçsiz kum ortamında çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşitlerin Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitleri olduğu; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Osmancık-97, Biga incisi ve Edirne çeltik çeşitleri olduğu görülmüştür. Diğer yandan, kireçli kum ortamında çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük

Çeşidin ise Edirne eltik çeşidi olduğu görülmüştür. Ayrıca kum ortamına kireç uygulaması; Biga incisi, Hamzadere, Ronaldo ve Osmancık-97 eltik çeşitlerinde taze yaprakta toplam klorofil kapsamını arttırmış olup, bu artış Hamzadere ve Biga incisi çeşitlerinde diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Buna karşın Edirne eltik çeşidinde taze yaprakta toplam klorofil kapsamı kum ortamına kireç uygulaması ile birlikte azalma göstermiş; fakat bu azalma istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Taze yaprakta toplam klorofil kapsamına çinko sülfatlı (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının etkisi çeşitlere bağlı bulunmuştur (şekil 5.49)



şekil 5.49. Çeltik eşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamı üzerine etkisi

şekil 5.49'un incelenmesinden anlaşılaçağı üzere Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Ronaldo eltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulaması ile taze yaprakta toplam klorofil kapsamı artış göstermiştir. Buna karşın, Edirne eltik çeşidinde çinko sülfatlı (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur. Çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek eltik eşitlerinin Hamzadere ve Ronaldo eşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 eşidi olduğu tespit edilmiştir.

Çinko sülfat monohidratın toprağa uygulanma dozu arttıkça, eltik bitkisinin taze yapraklarında toplam klorofil içeriğinin de arttığı bildirilmiştir (Arif vd, 2012).

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda karotenoid kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.87’de verilmiştir.

Çizelge 5.87. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Karotenoid kapsamı (mg / g taze madde)				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	
Biga incisi	0.39j	0.53de	0.52ef	0.53de	0.49B
Osmancık-97	0.42i	0.49fg	0.41ij	0.53de	0.46C
Hamzadere	0.48gh	0.49fg	0.51ef	0.64a	0.53A
Ronaldo	0.46h	0.58b	0.55cd	0.56bc	0.54A
Edirne	0.46gh	0.53de	0.46gh	0.48gh	0.49B
Ortalama	K0: 0.48		K1: 0.52		
	Zn0: 0.47		Zn2: 0.54		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

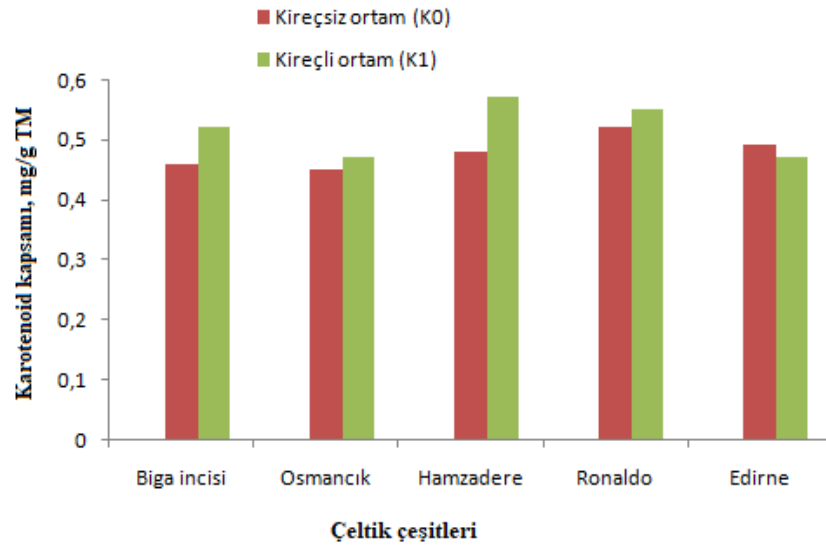
Çizelge 5.83’ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere taze yaprakta karotenoid kapsamına Zn dozunun, çeşidin, çeşit×kireç dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkileri $p<0.01$ seviyesinde; çeşit×Zn dozu interaksiyonunun etkisi ise $p<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın; kirecin, kireç×Zn dozu interaksiyonunun taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta karotenoid kapsamını arttırmıştır. Çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulamasının, kontrole (Zn0) kıyasla taze yaprakta karotenoid kapsamında sağladığı artış oranı, Biga incisi çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 35.5 ve % 1.9 olarak hesaplanmıştır. Osmancık-97 çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 16.6 ve % 29.2 olarak hesaplanmıştır. Hamzadere çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 2.1 ve % 25.4 olarak hesaplanmıştır. Ronaldo çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 26.0 ve % 1.8 olarak hesaplanmıştır. Edirne çeşidinde kireçsiz ve kireçli şartlarda sırasıyla % 15.2 ve % 4.3 olarak hesaplanmıştır. Kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamında en fazla artış oranı sağlanan çeşitlerin Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitleri olduğu; buna karşın, en az artış oranı

sağlanan çeşitlerin ise Ronaldo ve Biga incisi çeltik çeşitleri olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, kireçsiz kum ortamında çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamında en fazla artış oranı sağlanan çeşidin Biga incisi çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en az artış oranı sağlanan çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta karotenoid kapsamı bakımından çeltik çeşitleri birbirlerinden farklı bulunmuştur. Ayrıca taze yaprakta karotenoid kapsam değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Hamzadere > Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır.

Kum ortamına kireç uygulamasının ($\% 4 \text{ CaCO}_3$) taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.50).

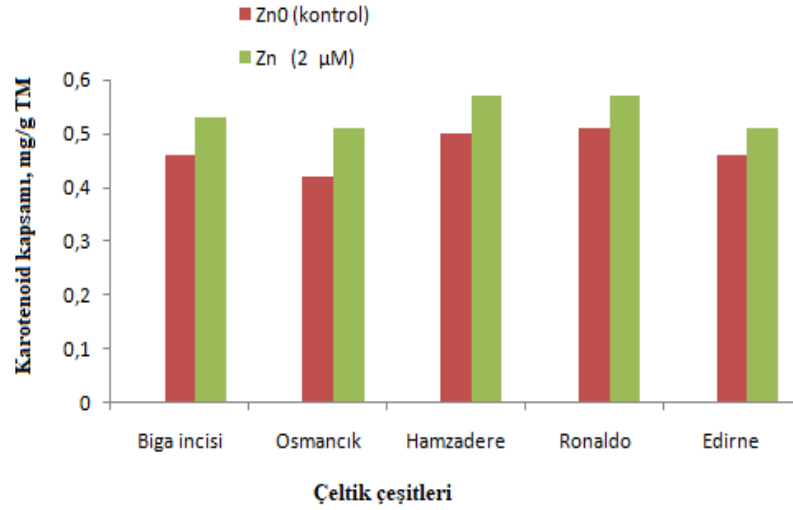


Şekil 5.50. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamı üzerine etkisi

Şekil 5.50'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçsiz kum ortamında çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamında çinko sülfat içeren besin çözeltisi ile yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitleri oldukları

görülmüştür. Kum ortamına kireç uygulaması; Biga incisi, Hamzadere, Ronaldo ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde taze yaprakta karotenoid kapsamını arttırmış olup, bu artış Hamzadere çeltik çeşidinde diğer çeşitlere kıyasla daha fazla olmuştur.

Çinko sülfat içeren (2.0 μM Zn) besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.51).



Şekil 5.51. Çeltik çeşitlerinde çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamı üzerine etkisi

Şekil 5.51'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsamı en yüksek çeşitlerin Hamzadere ve Ronaldo çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Çinko sülfat içeren (2.0 μM Zn) besin çözeltisi uygulaması bütün çeltik çeşitlerinde taze yaprakta karotenoid kapsamını arttırmıştır.

5.3.9. Taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.88'de verilmiştir.

Çizelge 5.88. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları															
Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	460.65**	4	16.117*	1	2.262	4	26.12**	4	21.40*	1	0.022	4	26.96**	40	4.093

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.89’da verilmiştir.

Çizelge 5.89. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

Çeltik Çeşidi	SPAD metre okuma değeri				Ortalama
	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		
	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	Zn 0 (Kontrol)	2.0 µM Zn	
Biga incisi	16.60d	30.86a	25.55bc	30.56a	25.90B
Osmancık-97	25.96bc	32.36a	25.46bc	30.30a	28.53A
Hamzadere	29.20ab	29.05ab	23.31c	29.93a	27.88A
Ronaldo	28.63ab	30.45a	26.06bc	30.41a	28.89A
Edirne	23.6c	28.86ab	25.43bc	32.51a	27.63A
Ortalama	K0 K0: 27.5		K1 K1: 27.9		
	Zn0: 24.9		Zn2: 30.5		

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 5.88’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çinko dozunun, çeşit×kireç dozu ve çeşit×kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değeri üzerine etkileri $p<0.01$ seviyesinde; çeşidin, çeşit×Zn dozu interaksiyonunun etkileri ise $p<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, kireç dozunun ve kireç dozu×Zn dozu interaksiyonunun taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması kontrole (Zn0) kıyasla taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerini arttırmıştır. Taze yaprakta belirlenen SPAD metre okuma değerleri bakımından çeltik çeşitlerinin birbirlerinden farklı oldukları görülmüş olup, çeşitler arasında en düşük SPAD metre okuma değerine sahip çeşidin Biga incisi çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Biga incisi dışındaki diğer çeltik çeşitlerinde SPAD metre okuma değerleri birbirlerine benzer bulunmuştur (Çizelge 5.89).

Toprağa uygulanan farklı çinko kaynaklarının ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, ZnO ve Zn-EDTA) çeltik bitkisinin taze yapraklarında SPAD metre okuma değerlerini, kontrol

uygulamasında (Zn:0) yetiştirilen bitkilerinkine kıyasla arttırdığı rapor edilmiştir (Rana ve Kashif, 2014).

5.3.10. Sapta toplam çinko kapsamı

Çeltik çeşitlerinde kirecsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.90'da verilmiştir.



Çizelge. 5.90. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları															
Çinko sülfat dozu		Çeşit		Kireç dozu		Çeşit×kireç dozu		Çeşit×Çinko sülfat dozu		Kireç dozu×çinko sülfat dozu		Çeşit×kireç dozu×çinko sülfat dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
1	144.460*	4	316.118**	1	1389.128**	4	99.880**	4	17.291	1	84.253*	4	9.828	40	10.492

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamı üzerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.91’de verilmiştir.

Çizelge 5.91. Çeltik çeşitlerinde kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamı üzerine etkisine ilişkin değerler

Sapta toplam çinko kapsamı (mg kg ⁻¹)					
Çeltik Çeşidi	Kireçsiz ortam (K0)		Kireçli ortam (K1)		Ortalama
	Zn 0	2.0 µM Zn	Zn 0	2.0 µM Zn	
	(Kontrol)		(Kontrol)		
Biga incisi	50.2	52.2	34.8	37.6	44.75B
Osmancık-97	44.3	46.0	34.6	38.8	41.53C
Hamzadere	49.4	51.0	41.1	52.1	48.44A
Ronaldo	36.7	38.3	31.2	32.0	34.55D
Edirne	47.9	48.8	31.0	37.1	41.20C
Ortalama	K0: 46.48		K1: 37.03		
	Zn0: 40.12		Zn2: 43.39		

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

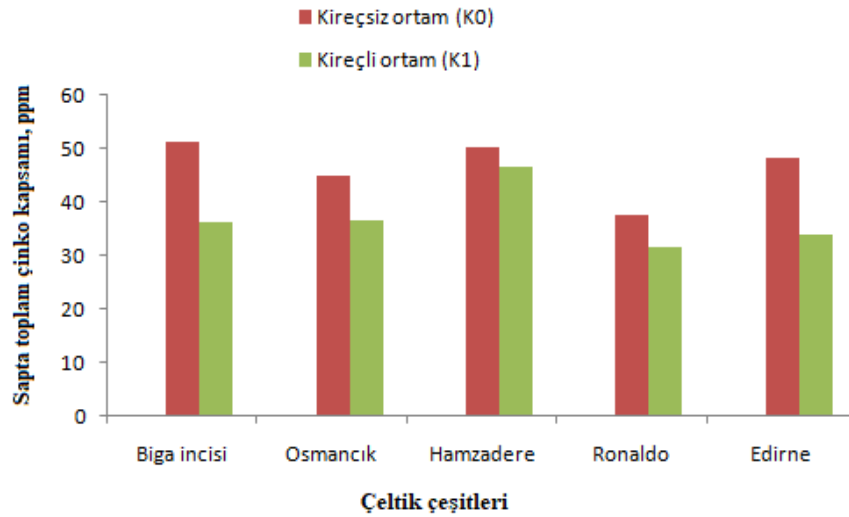
Çizelge 5.90’ın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çinko dozunun, çeşidin ve kireç dozunun bitki sapında toplam çinko kapsamına etkisi sırasıyla; $p<0.05$, $p<0.01$ ve $p<0.01$ seviyelerinde; çeşit×kireç dozu ve kireç dozu×Zn dozu interaksiyonlarının etkisi sırasıyla; $p<0.01$ ve $p<0.05$ seviyelerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, çeşit×kireç dozu×Zn dozu ve çeşit×Zn dozu interaksiyonlarının bitki sapında toplam çinko kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Kum ortamına çinko sülfat içeren (2.0 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması bitki sapında toplam çinko kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Fakat kum ortamına kireç uygulaması (% 4 CaCO₃) bitki sapında toplam çinko kapsamını azaltmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeşitler arasında sapta toplam çinko kapsamı en yüksek çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu; buna karşın en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Bu denemede, kontrol uygulaması (Zn0) da dahil olmak üzere 2.0 µM Zn içeren besin çözeltisi uygulanarak yetiştirilen tüm çeltik çeşitlerinde sapta çinko kapsamlarının yeterli seviyede oldukları görülmüştür. Kum ortamına çinko bakımında noksan (Zn0) besin çözeltisi uygulanarak yetiştirilen çeltik çeşitlerinde sapta toplam çinko kapsamı 36.7-50.2 mg kg⁻¹ arasında bulunmuş; buna karşın, kireçli kum ortamında ise 31.0-41.1 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur. Bu durum,

zaman zaman bulanık akan çeşme suyu ile çeltik bitkilerini sulamaktan kaynaklanmış olabilir. Çeltik çeşitlerinin kontrol (Zn0) uygulamalarında bile sapta toplam çinko kapsamının oldukça yeterli olduğu görülmüştür. Çinko sülfatlı besin çözeltisi (2.0 µM Zn) uygulamalarında ise kirecsiz ve kireç ilaveli şartlarda toplam çinko kapsamı sırasıyla 38.3-52.2 mg kg⁻¹ ve 32.0-52.1 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur.

Dirasamy vd, (1988), yürüttükleri bir sera denemesinde sodyumlu toprakta çeltik bitkisi yetiştirmişlerdir. Toprağa 0, 10 ve 20 mg Zn kg⁻¹ uygulayan araştırmacılar çinko uygulamasındaki artışa bağlı olarak çeltik bitkisinde sapta toplam çinko kapsamının arttığını belirlemişlerdir. Yoshida vd, (1973), sapta toplam çinko kapsamına göre çeltik bitkisinin çinko beslenme durumunu şu şekilde belirtmişlerdir: Sapta toplam çinko kapsamı <10.0 mg Zn kg⁻¹ ise bitkide noksanlık semptomları çok belirgin; 10-15 mg Zn kg⁻¹ arasında ise bitkide noksanlık ihtimali yüksek; 15-20 mg Zn kg⁻¹ arasında ise bitkide noksanlık ihtimal dahilinde; sapta toplam çinko kapsamı > 20.0 mg Zn kg⁻¹ ise bitkide noksanlık semptomları görülmemektedir. Bununla birlikte, kontrol (Zn0) uygulamasında görsel teşhis yoluyla Ronaldo çeltik çeşidinde hafif bir şekilde seyreden çinko noksanlık semptomları fark edilmiştir.

Kum ortamına kireç uygulamasının (% 4 CaCO₃) sapta toplam çinko kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur (Şekil 5.52).

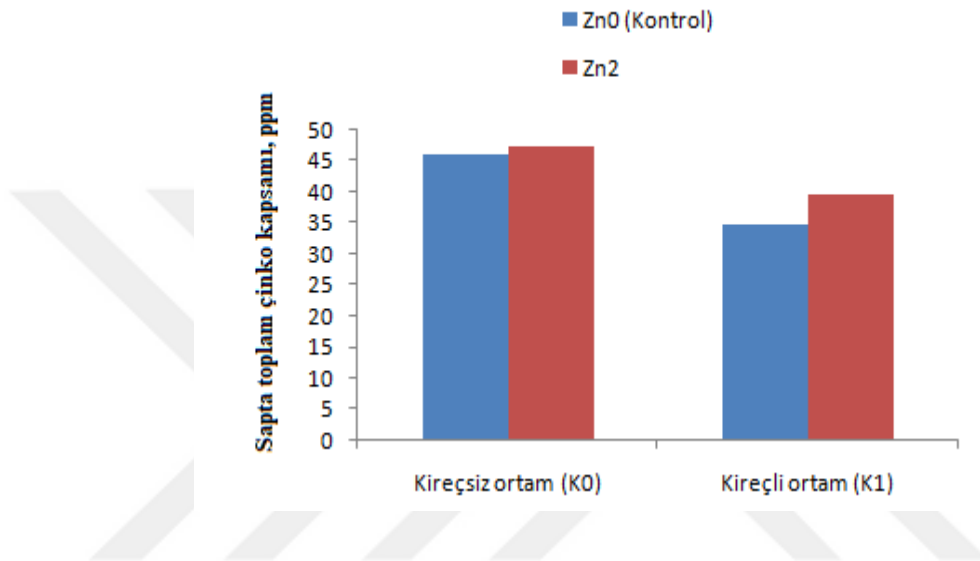


Şekil 5.52. Çeltik çeşitlerinde kum ortamına kireç uygulamasının sapta toplam çinko kapsamı üzerine etkisi

Şekil 5.52'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kirecsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında sapta çinko kapsamı en yüksek çeşitlerin Biga incisi ve Hamzadere

çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Diğer yandan, kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeşitler arasında sapta toplam çinko kapsamı en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Çinko sülfat içeren ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisi uygulamasının sapta çinko kapsamına etkisi ortamın kireç miktarına bağlı bulunmuştur (Şekil 5.53).



Şekil 5.53. Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamına çinko sülfat içeren tam besin çözeltisi uygulamasının sapta toplam çinko kapsamına etkisi

Şekil 5.53'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kireçsiz kum ortamda; Zn0 ve Zn2 düzeylerinde yetiştirilen çeltik bitkisinde sapta toplam çinko kapsamının, kireç ilaveli kum ortamında Zn0 ve Zn2 düzeylerinde yetiştirilen bitkilerinkinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Fakat kireçsiz kum ortamda uygulanan çinko sülfatlı besin çözeltisinin sapta toplam çinko kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş; buna karşın, kireç ilaveli kum ortamda uygulanan çinko sülfatlı ($2.0 \mu\text{M Zn}$) besin çözeltisinin sapta toplam çinko kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, kireç ilaveli kum ortamda çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulaması, sapta çinko kapsamını önemli derecede arttırmıştır.

5.4. Demir ve Çinko Noksanlığı ve Demir Toksisitesi Şartlarında Yetiştirilen Çeltik Çeşitlerinin İncelenen Bazı Özelliklere Göre Gruplandırılması, Birbirlerine Yakınlık ve Uzaklık Durumları ve Çeşitlerin Bu Şartlarda En İyi Özelliklerinin Belirlenmesi

5.4.1. Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirleri ile karşılaştırılması

Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 22 özelliğe ilişkin değerler Çizelge 5.92’de verilmiştir.



Çizelge 5.92. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 18 özelliğe ilişkin değerler

Çeşit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Biga incisi	42,0	96,0	35,3	82,6	76,2	76,6	78,6	76,1	97,6	91,1	90,9
Osmancık-97	47,4	81,9	43,3	74,1	83,6	84,1	76,2	73,8	97,6	91,1	80
Hamzadere	41,2	53,1	35,3	53,1	83,1	83,6	70,0	67,8	76,1	71,1	110,2
Ronaldo	41,5	74,7	33,4	69,0	68,7	69,1	52,4	50,7	61,9	57,7	100,2
Edime	49,1	75,5	44,1	65,6	60,2	60,5	39,7	38,4	61,9	57,7	107,2
Çeşit	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII
Biga incisi	81,7	78,9	62,8	50,8	0,06	349,2	79,5	37,1	29,8	1	4
Osmancık-97	85,6	49,3	79,3	73,6	0,08	462,8	67,8	58,4	46,9	2	3
Hamzadere	77,8	82,2	100,2	85,3	0,12	588,0	89,9	39,2	31,5	1	1
Ronaldo	85,6	95,3	80,5	90,9	0,04	602,3	56,0	69,4	55,7	1	3
Edime	93,3	78,9	82,4	87,2	0,08	585,3	71,4	50,2	40,3	3	2

Tablodaki roma rakamlarının hangi özellikleri ifade ettiğine ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir

K0'da nisbi sap kuru madde miktarı (I); K1'de nisbi sap kuru madde miktarı (II); K0'da nisbi demir alımı (III); K1'de nisbi demir alımı (IV); K0'da nisbi aktif demir kapsamı (V); K1'de nisbi aktif demir kapsamı (VI); K0'da nisbi toplam klorofil (VII); K1'de nisbi toplam klorofil (VIII); K0'da nisbi karotenoid (IX); K1'de nisbi karotenoid (X); Nisbi Fe0 peroksidaz (XI); Nisbi Fe0 katalaz (XII); Nisbi Fe0 glutatyon redüktaz (XIII); Nisbi Fe0 askorbat peroksidaz (XIV); Fe0'da Nisbi prolin (XV); Fe0'da Fitosiderofor salgısı (XVI); Fe0'da Ferrik redüktaz aktivitesi (XVII); Fe0'da Nisbi MDA (XVIII); K0'da nisbi SPAD okuma değeri (XIX); K1'de SPAD okuma değeri (XX); K0'da kloroz derecesi (XXI); K1'de kloroz derecesi (XXII)

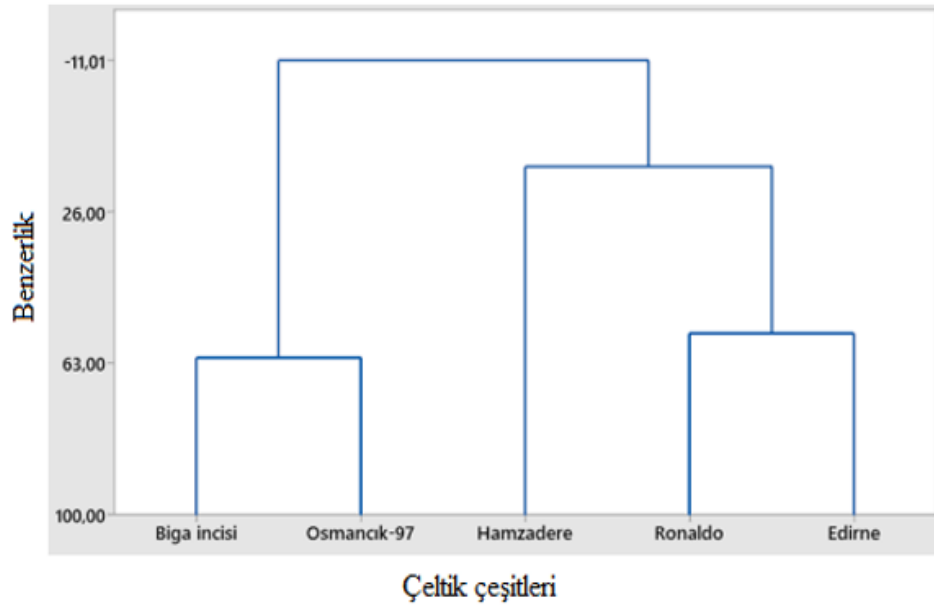
[*] Nisbi değer, % = [Fe0 seviyesinde belirlenen değer / yeterli demir (Fe45) seviyesinde belirlenen değer] x100 şeklinde hesaplanmıştır

Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeylerini ifade eden değerler ise Çizelge 5.93’de verilmiştir.

Çizelge 5.93. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri

Basamak	Grup sayıları	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Gruplar arası bağlantı		Yeni gruplar	Grup içerisindeki çeşit sayısı
1	4	61.5418	24.2649	1	2	1	2
2	3	55.6072	28.0093	4	5	4	2
3	2	14.9096	53.6871	3	4	3	3
4	1	-11.0067	70.0388	1	3	1	5

Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılmasına ilişkin dendrogram Şekil 5.54’te verilmiştir.



Şekil 5.54. Demir noksanlığı şartlarında belirlenen özelliklerin nisbi değerlerine[*] göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemi ile oluşturulmuş bir dendrogram

Çizelge 5.93 ve Şekil 5.54’ün birlikte incelenmesinden anlaşılabacağı üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen 5 farklı çeltik çeşidinin incelenen 22 özellik bakımından 2 ana grupta toplandığı görülmüştür. Bunlardan Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri birinci grubu; Ronaldo ve Edirne çeşitleri ise ikinci grubu oluşturmuştur. Diğer yandan, Hamzadere çeşidi ise Ronaldo ve Edirne çeşitlerinin oluşturduğu ikinci gruba daha yakın bulunmuştur. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeşitler

arasında incelenen özellikler bakımından en yakın iki çeltik çeşidinin Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri (uzaklık düzeyi 24.264) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Hamzadere (uzaklık düzeyi 70.038) çeltik çeşitleri olduğu tespit edilmiştir. Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında incelenen 22 özelliğe ilişkin ortalama değerler dikkate alınarak, özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin de incelenen özelliklere göre değişimi Şekil 5.55'te verilmiştir. Biplot Yöntemi ile yapılan analizde PC1 (I. Ana bileşen) %43.0, PC2 (II. Ana bileşen) %28.9, PC1 ve PC2'nin toplamı ise varyasyonun % 71.9'unu oluşturmuştur. Şekil 5.55'te görüldüğü gibi çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımı farklılık göstermiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleri nisbi glutatyon redüktaz aktiviteleri ve nisbi prolin kapsamları yönünden iyi çeşitler oldukları belirlenmiş ve bu çeşitlerin aynı grupta toplandığı görülmüştür. Ronaldo çeltik çeşidinde, nisbi glutatyon redüktaz aktivitesi ve nisbi prolin kapsamı sırasıyla %95.39 ve % 90.95; Edirne çeşidinde ise sırasıyla % 78.94 ve 87.21 bulunmuştur (Çizelge 5.92). Demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen Osmancık-97 ve Biga incisi çeşitlerinin ise nisbi karotenoid kapsamları yönünden iyi çeşitler oldukları ve bu çeşitlerin aynı grupta bulundukları belirlenmiştir. Nisbi karotenoid kapsamı Osmancık-97 ve Biga incisi çeşitleri için sırasıyla % 91.11 ve % 91.11 bulunmuştur (Çizelge 5.92). Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında fitosiderofor üretimi yönünden Hamzadere çeşidinin iyi bir çeşit olduğu ve bu çeşidin farklı bir grup içerisinde yer aldığı görülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen Hamzadere çeşidinin köklerinde üretilen fitosiderofor miktarı 0.12 $\mu\text{mol} / 10 \text{ bitki } 4 \text{ h}^{-1}$ bulunmuştur (Çizelge 5.92).

Çizelge 5.94. Çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 15 özelliğe ilişkin nisbi değerler

Çeşit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Biga incisi	96.95	91.96	110.63	80.25	81.13	95.08	74.42	94.89	54.76	83.11	2	67.4	64.9	32.5	35
Osmancık-97	70.27	74.27	65.24	65	85.19	78.91	80.15	74.81	85.64	82.82	2	64.4	57	35.5	43
Hamzadere	73.31	78.45	75.88	80.25	97.36	97.34	91.6	93.06	96.33	75.82	2	62	60	37.9	39.9
Ronaldo	71.62	72.02	55.31	56.17	89.24	107.37	87.78	100.36	94.45	84.77	3	61.2	53.2	38.7	46.7
Edirne	91.21	104.18	91.48	80.25	91.61	86.67	87.78	83.94	77.86	82.72	2	70.9	60.3	29	39.6

Tablodaki roma rakamlarının hangi özellikleri ifade ettiğine ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir

K0'da nisbi sap kuru madde miktarı (I); K1'de nisbi sap kuru madde miktarı (II); K0'da sapta nisbi çinko alımı (III); K1'de sapta nisbi çinko alımı (IV); K0'da nisbi toplam klorofil kapsamı (V); K1'de nisbi toplam klorofil kapsamı=(VI); K0'da nisbi karotenoid kapsamı (VII); K1'de nisbi karotenoid kapsamı(VIII); K0'da nisbi SPAD okuma değeri (IX); K1'de nisbi SPAD okuma değeri (X); K0'da Zn noksanlık semptom derecesi (XI); K0'da sapa taşınan çinko oranı (XII); K1'de sapa taşınan çinko oranı (XIII); K0'da kökte kalan çinko oranı (XIV); K1'de kökte kalan çinko oranı (XV)

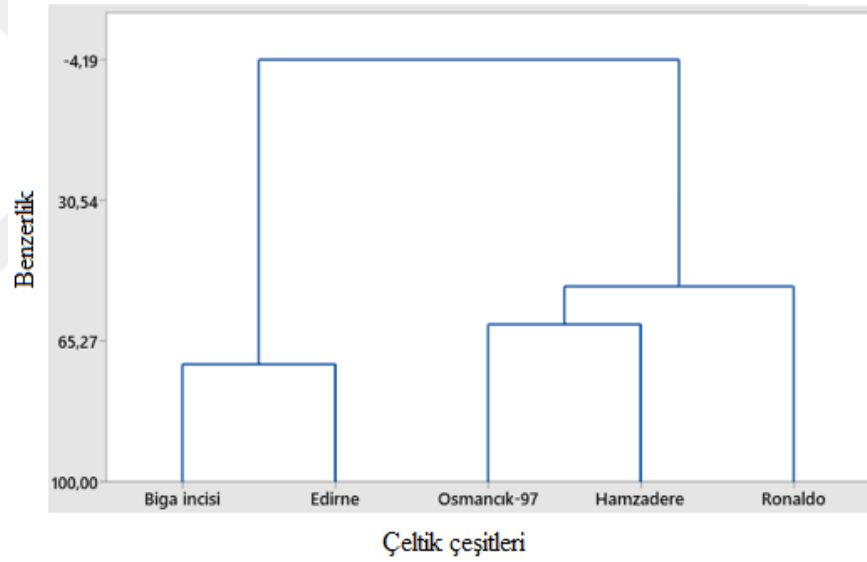
[*] Nisbi değer, % = [Zn0 seviyesinde belirlenen değer / yeterli çinko (Zn2) seviyesinde belirlenen değer] x100 şeklinde hesaplanmıştır.

Çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeylerini belirten değerler Çizelge 5.95’te verilmiştir.

Çizelge 5.95. Çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri

Basamak	Grup sayıları	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Gruplar arası bağlantı	Yeni gruplar	Grup içerisindeki çeşit sayısı
1	4	70.9308	15.8224	1 5	1	2
2	3	61.0641	21.1929	2 3	2	2
3	2	51.7248	26.2764	2 4	2	3
4	1	-4.1851	56.7083	1 2	1	5

Çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılmasına ilişkin dendrogram Şekil 5.56’da verilmiştir.

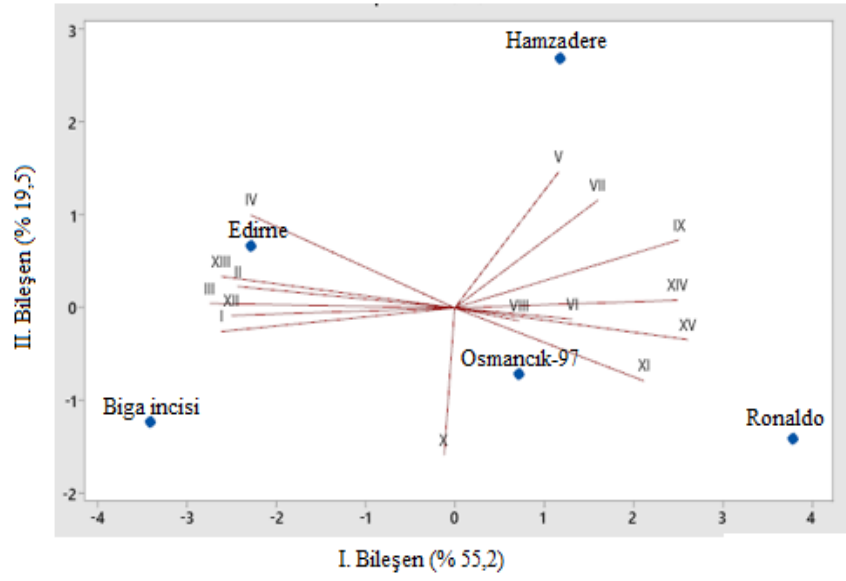


Şekil 5.56. Çinko noksanlığı şartlarında belirlenen özelliklerin nisbi değerlerine [*] göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemine göre oluşturulmuş bir dendrogram

Çizelge 5.95 ve Şekil 5.56’nın birlikte incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen 5 farklı çeltik çeşidinin incelenen 15 özellik bakımından 2 ana grupta toplandığı görülmüştür. Bu çeşitler arasından, Biga incisi ve Edirne çeşitleri birinci grubu; Osmancık-97 ve Hamzadere çeşitleri ise ikinci grubu oluşturmuştur. Diğer yandan, Ronaldo çeşidi ise Osmancık-97 ve Hamzadere çeşitlerinin oluşturduğu ikinci gruba daha yakın bulunmuştur. Çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında incelenen özellikler bakımından birbirlerine en

yakın iki çeltik çeşidinin Biga incisi ve Edirne çeşitleri (uzaklık düzeyi 15.82) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Osmancık-97 (uzaklık düzeyi 56.70) çeltik çeşitleri olduğu tespit edilmiştir.

Çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında incelenen 15 özelliğe ilişkin ortalama değerler dikkate alınarak özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin de incelenen özelliklere göre değişimi Şekil 5.57’de verilmiştir. Biplot Yöntemi ile yapılan analizde PC1 (I. Ana bileşen) % 55.2, PC2 (II. Ana bileşen) % 19.5, PC1 ve PC2’nin toplamı ise varyasyonun % 74.7’ünü oluşturmuştur. Şekil 5.57’de görüldüğü gibi çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımı farklılık göstermiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında çinko noksanlığı semptom derecelendirmesi Ronaldo çeltik çeşidinin en iyi özelliğini göstermiştir. Ronaldo çeltik çeşidinde çinko noksanlığı semptom derecesi 3 olup, çinko noksanlığı yönünden hassas bir çeşit olduğu görülmüştür. Kireç ilaveli kum ortamında çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen Osmancık-97 ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde en iyi özelliğin nisbi SPAD okuma değeri olduğu görülmüştür. Nisbi SPAD okuma değerleri: Osmancık-97 çeşidinde % 82.82, Biga incisi çeşidinde ise % 83.11 bulunmuş olup (Çizelge 5.94), Osmancık-97 ve Biga incisi çeltik çeşitlerinin bu özellikler dikkate alındığında çinko noksanlığına dayanıklı çeşitler oldukları söylenebilir. Kireçsiz kum ortamında çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen Hamzadere çeltik çeşidinin en iyi özelliğinin nisbi toplam klorofil kapsamı olduğu görülmüştür. Ek olarak, kireçsiz kum ortamda çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen Hamzadere çeltik çeşidinin nisbi toplam klorofil kapsamı % 97.36 bulunmuş olup, çinko noksanlığına dayanıklı bir çeşit olduğu tespit edilmiştir. Kireç ilaveli (% 4 CaCO₃) kum ortamında çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen Edirne çeltik çeşidinin en iyi özelliği sapa taşınan çinko oranı ve nisbi sap kuru madde miktarları olup, çeşidin bu özelliklere ilişkin değerleri sırasıyla % 60.3 ve % 104.18 bulunmuştur (Çizelge 5.94). Bu özellikler dikkate alındığında, kireç ilaveli kum ortamında çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen Edirne çeşidi iyi bir çeltik çeşididir.



Şekil 5.57. Çinko noksanlığı şartlarında belirlenen özellikler kapsamında çeltik çeşitlerinin Biplot analiz yöntemine göre gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi özellikleri

5.4.3. Demir toksisitesi (3.50 mM Fe) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirleri ile karşılaştırılması

Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 19 özelliğe ilişkin nisbi değerler Çizelge 5.96’da verilmiştir.

Çizelge 5.96. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 19 özelliğe ilişkin nisbi değerler

Çeşit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
Biga incisi	3	49.4	1553	5282	0.8	1.43	0.05	28.4	20.7	79.2	1.36	82.5	76.9	80.8	105.0	88.8	101.6	136.1	85.4
Osmancık-97	5	42.5	1598	5214	0.94	2.04	0.08	24.6	20.9	79.0	0.97	65	80.7	60.2	73.9	144.7	86.5	207.5	88.8
Hamzadere	7	39.3	1516	5297	1.09	1.55	0.07	22.2	20.5	79.4	0.88	98.5	98.0	93.5	116.7	95.3	103.5	104.9	101.0
Ronaldo	9	31.8	1610	5216	1.1	1.93	0.04	38.9	25.1	74.8	0.75	115.7	117.3	66.3	101.1	101.9	125.8	170.2	101.3
Edirne	7	39.9	1463	5063	1.14	1.69	0.06	27.9	21.8	78.2	1.01	78.9	90.3	93.3	54.4	95.3	72.1	124.9	91.9

Tablodaki roma rakamlarının hangi özellikleri ifade ettiğine ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir

Demir toksisite derecesi (I); Toksisiteye tolerans nisbi sap (II); Sap aktif demir (III); Sapa Toplam demir kapsamı (IV); Kökte toplam demir kapsamı (V); Köklerde soğuk ekstrakte edilebilir demir (VI); Köklerde soğuk ekstrakte edilebilir çinko (VII); Köklerde soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranı (VIII); Kökte kalan demir oranı (IX); Sapa taşınan demir oranı (X); Yüksek demir dozuna tolere indeksi (XI); Nisbi toplam klorofil [yeterli düzeye göre] (XII); Nisbi karotenoid [yeterli düzeye göre] (XIII); Nisbi Peroksidaz (XIV); Nisbi Katalaz (XV); Nisbi Glutasyon redüktaz (XVI); Nisbi Askorbat peroksidaz (XVII); Nisbi Prolin (XVIII); Nisbi SPAD (XIX)

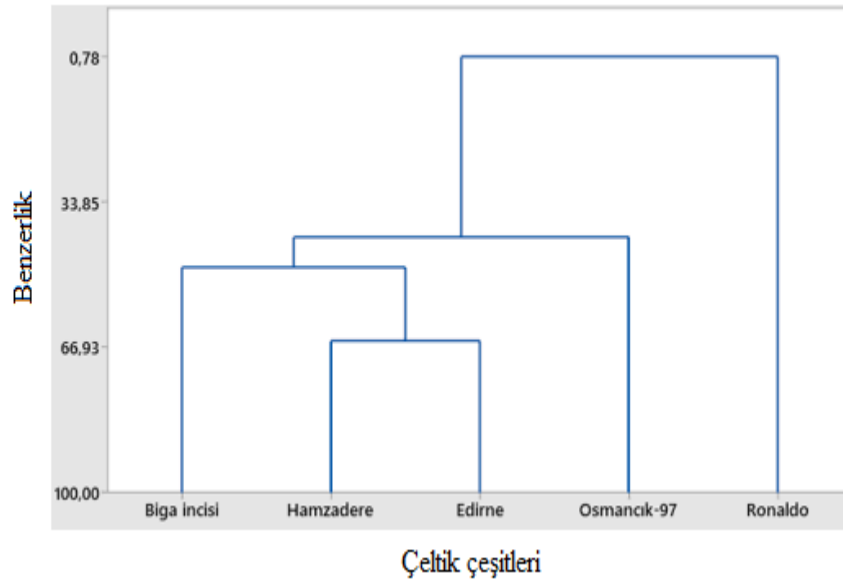
[*] Nisbi değer, % = [Toksik demir (3.50 mM Fe) seviyesinde belirlenen değer / yeterli demir (45 µM Fe) seviyesinde belirlenen değer] x 100 şeklinde hesaplanmıştır.

Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeylerini belirten değerler Çizelge 5.97’de verilmiştir.

Çizelge 5.97. Toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri

Basamak	Grup sayıları	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Gruplar arası bağlantı	Yeni gruplar	Grup içerisindeki çeşit sayısı
1	4	65.4002	21.6184	3 5	3	2
2	3	48.7380	32.0291	1 3	1	3
3	2	41.8127	36.3561	1 2	1	4
4	1	0.7760	61.9964	1 4	1	5

Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin gruplandırılmasına ilişkin dendrogram Şekil 5.58’de verilmiştir.



Şekil 5.58. Toksik demir düzeyinde belirlenen özelliklere göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemi ile oluşturulmuş bir dendrogram

Çizelge 5.97 ve Şekil 5.58’in birlikte incelenmesinden anlaşılabileceği üzere toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen 5 farklı çeltik çeşidi incelenen 19 özellik yönünden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre Hamzadere ve Edirne çeşitleri bir grup oluşturmuş ve ayrıca bu çeşitler, Biga incisi çeltik çeşidine yakın bulunmuştur. Ek olarak, Biga incisi çeltik çeşidi, incelenen özellikler yönünden Osmancık-97 çeşidine yakın bulunmuş; diğer yandan, Ronaldo çeşidi ise Osmancık-97 çeşidine yakın bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında incelenen özellikler bakımından en yakın iki çeltik çeşidinin Hamzadere ve Edirne

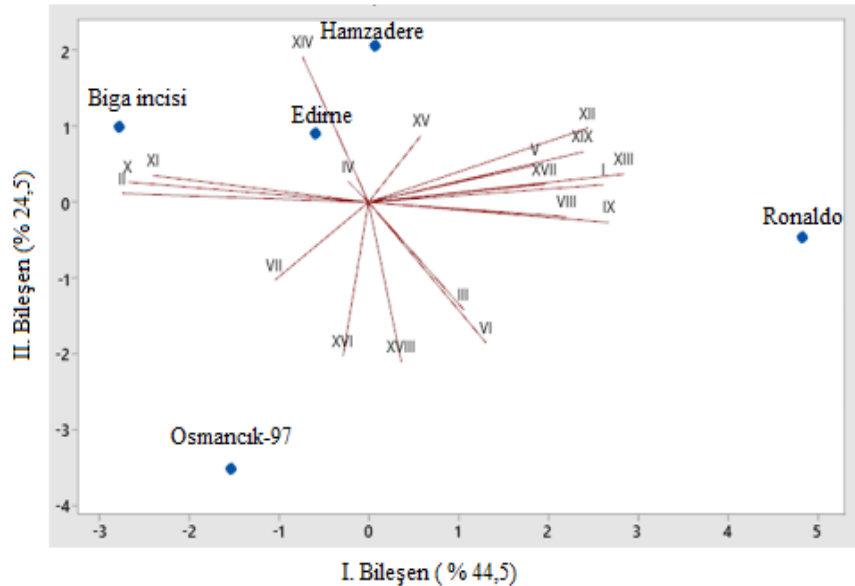
Çeşitleri (uzaklık düzeyi 21.61) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak eltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Ronaldo (uzaklık düzeyi 61.99) eltik eşitleri olduğu tespit edilmiştir. Toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeşitlerde incelenen 19 özellike ilişkin ortalama değerler dikkate alınarak, bu özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin de incelenen özelliklere göre değişimi şekil 5.59’da verilmiştir. Biplot Yöntemi ile yapılan analizde PC1 (I. Ana bileşen) % 44.5, PC2 (II. Ana bileşen) % 24.5 PC1 ve PC2’nin toplamı ise varyasyonun % 69.0’ını oluşturmuştur. şekil 5.59’da grldğu gibi çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımı farklılık göstermiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen Biga incisi ve Edirne eltik eşitleri bir grup oluşturmuş ve bu gruba giren çeşitlerin en iyi özelliklerinin sapa taşınan demir oranı, toksik demir düzeyine tolerans indeksi, sapta toplam demir kapsamı ve nisbi peroksidaz aktivitesi olduğu grlmştir. Toksik demir düzeyinde, sapa taşınan demir oranı: Biga incisi çeşitinde % 79.28; Edirne çeşitinde ise % 78.20 bulunmuş ve bu değerler yüksek bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde tolerans indeks değeri Biga incisi çeşitinde 1.36; Edirne çeşitinde ise 1.01 bulunmuş ve bu değerler yüksek bulunmuştur (izelge 5.96). Diğer bir ifadeyle, Biga incisi ve Edirne eltik eşitleri toksik demir düzeyine toleranslı çeşitlerdir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) sapta toplam demir kapsamı, Biga incisi çeşitinde 5282 mg kg⁻¹; Edirne çeşitinde ise 5063 mg kg⁻¹ bulunmuş ve bu değerler yüksek bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde nisbi peroksidaz aktivitesi, Biga incisi çeşitinde % 80,83; Edirne çeşitinde ise % 93.33 bulunmuştur (izelge 5.96). Bu sonuçlar, Biga incisi ve Edirne eltik çeşitlerinin toksik demir düzeyine toleranslı çeşitler olduğunu göstermektedir. Biplot analiz yöntemine göre Hamzadere eltik çeşidi farklı bir grubu oluşturmuş olup, toksik demir düzeyinde bu çeşidin en iyi özelliği nisbi peroksidaz aktivitesi bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde nisbi enzim aktivite değeri Hamzadere çeşitinde % 93.54 bulunmuştur. Bu çeşidin toksik demir düzeyine toleranslı bir çeşit olduğu söylenebilir.

Chukup (2015), sürekli sular altında kalan topraklarda demir toksisitesine toleranslı eltik çeşitlerinin seçimi konusunda yaptėı bir çalışmada eltik çeşitlerini demir toksisitesine tolerans özellikleri yönünden gruplandırmıştır. Araştırıcı, alışma kapsamında CK801 ve ARICA8 eltik çeşitlerini demir toksisitesine toleranslı bulmuştur. Ayrıca demir toksisitesi görülen arazilerde eltik üretimini arttırma

programı altında yürütülen çeltik ıslah çalışmalarında demir toksisitesine dayanıklı bu varyetelerin (CK801 ve ARICA8) kullanılabileceğini belirtmiştir.

Biplot analiz yöntemine göre Osmancık-97 çeltik çeşidi farklı bir grubu oluşturmuş olup, toksik demir düzeyinde bu çeşidin en iyi özelliği nisbi glutatyon redüktaz aktivitesi bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde nisbi glutatyon aktivite değeri Osmancık-97 çeşidinde % 144.63 bulunmuştur (Çizelge 5.96). Bu sonuçlar, Osmancık-97 çeşidinin bu özellik bakımından toksik demir düzeyine toleranslı bir çeşit olduğunu gösterebilir.

Biplot analiz yöntemine göre Ronaldo çeltik çeşidi farklı bir grubu oluşturmuş olup, toksik demir düzeyinde bu çeşidin en iyi özelliği kökte kalan demir oranı ve köklerde soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranı bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde kökte kalan demir oranı ve köklerde soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oranı değerleri bu çeşitte sırasıyla % 25.12 ve % 38.93 bulunmuştur (Çizelge 5.96). Ronaldo çeltik çeşidinde bulunan bu değerler diğer çeltik çeşitlerinde bulunan değerlerden yüksektir. Kökte kalan demir oranının yüksek olması Ronaldo çeltik çeşidinin bu özellik bakımından toksik demir düzeyine (3.50 mM Fe) toleranslı bir çeltik çeşidi olduğunu gösterebilir.



Şekil 5.59. Toksik demir düzeyinde belirlenen özellikler bakımından çeltik çeşitlerinin Biplot analiz yöntemine gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi özellikleri

5.4.4. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresine (45 µM Fe) cevap durumu ile ilgili bazı özellikleri yönünden gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile çeşitlerin en iyi demir beslenme özelliklerinin belirlenmesi

Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresine (45 µM Fe) cevap durumu ile ilgili bazı özellikler yönünden gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile çeşitlerin en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 18 özelliğe ilişkin değerler Çizelge 5.98’de verilmiştir.



Çizelge 5.98. Çeltik çeşitlerinin Fe-EDDHA gübresine (45 µM Fe) cevap durumu ile ilgili bazı özellikler yönünden gruplandırılması, birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumları ile çeşitlerin en iyi özelliklerinin belirlenmesinde incelenen 18 özelliğe ilişkin değerler

Çeşit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Biga incisi	158.39	13.93	7.37	1.33	47.39	56.7	5.5	6.7	94.4	93.3	235.6	14.39	65.93	7.96	17.07	43.75	1.03	1.38
Osmancık-97	107.07	3.92	5	1.57	53.76	38.07	4.9	8.6	95	91.3	133.33	19.77	24.1	3.36	26.82	31.57	1.04	0.91
Hamzadere	138.01	69.75	4.47	5.57	21.63	95.65	3.9	8.6	96	91.3	143.93	95.2	4.8	24.74	12.5	77.77	0.91	0.63
Ronaldo	113.82	27.3	4.07	5.97	78.9	54.74	4.4	7.7	95.5	92.2	139.2	43.38	45.51	22.8	46.15	50	0.83	0.93
Edirne	117.23	59.82	8.93	7.97	123.71	41.66	4.6	9.2	95.3	90.7	157.57	73.78	37.08	2.69	42.3	10.34	1.18	1.19

Tablodaki roma rakamlarının hangi özellikleri ifade ettiğine ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir

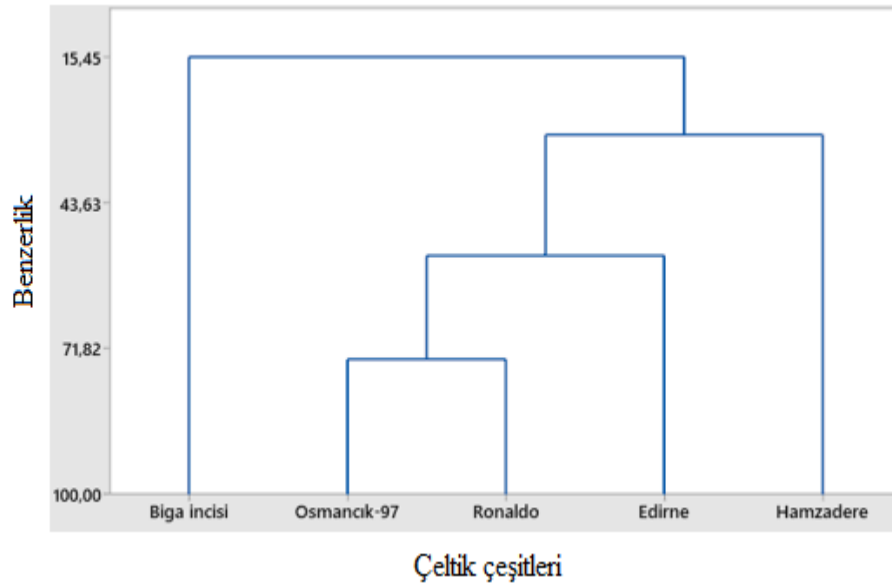
K0'da sap kuru madde artışı (I); K1'de sap kuru madde artışı (II); K0'da demirden yararlanma oranı (III); K1'de demirden yararlanma oranı (IV); K0'da toplam klorofildeki artış (V); K1'de toplam klorofildeki (VI); K0 Fe45'te bitki sapına taşınan demir oranı (VII); K1 Fe45'te bitki sapına taşınan demir oranı (VIII); K0 Fe45'te bitki kökünde kalan demir oranı (IX); K1 Fe45'te bitki kökünde kalan demir oranı (X); K0'da sap demir alımı artışı (XI); K1'de sap demir alımı artışı (XII); K0'da aktif demir kapsamındaki artış (XIII); K1'de aktif demir kapsamındaki artış (XIV); K0'da karotenoid kapsamındaki artış (XV); K1'de karotenoid kapsamındaki artış (XVI); K0'da toksik demire tolerans indeksi (XVII); K1'de toksik demire tolerans indeksi (XVIII)

Fe-EDDHA gübresine (45 μ M Fe) cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını belirten değerler Çizelge 5.99’da verilmiştir

Çizelge 5.99. Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine benzerlik ve uzaklık düzeyleri

Basamak	Grup sayıları	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Gruplar arası bağlantı		Yeni gruplar	Grup içerisindeki çeşit sayısı
1	4	73.8827	16.6120	2	4	2	2
2	3	53.8116	29.3783	2	5	2	3
3	2	30.4595	44.2316	2	3	2	4
4	1	15.4506	53.7780	1	2	1	5

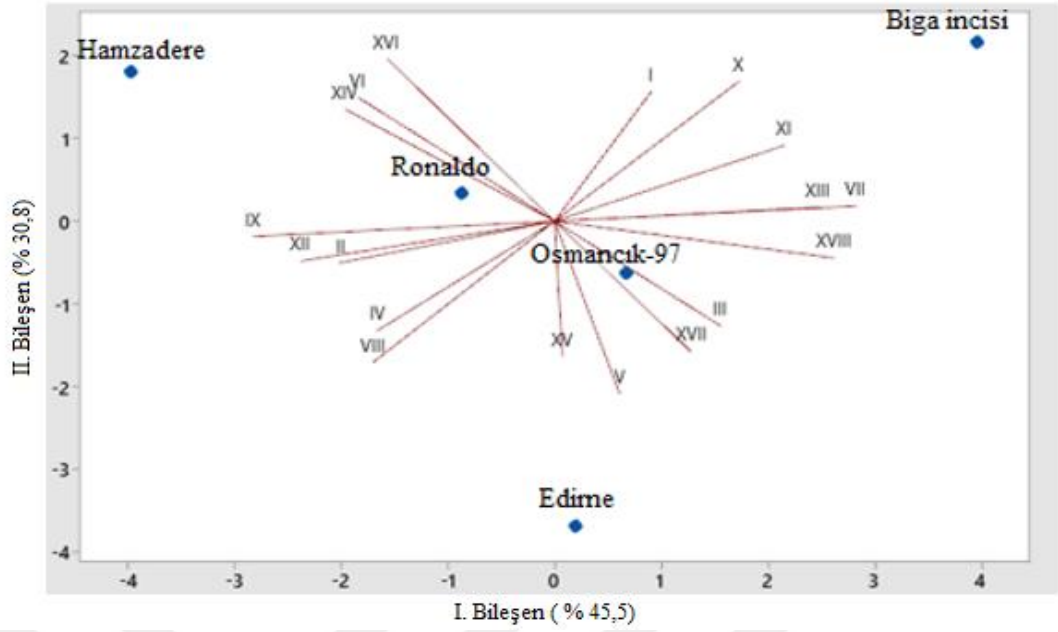
Fe-EDDHA gübresine (45 μ M Fe) cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin gruplandırılmasına ilişkin dendrogram Şekil 5.60’da verilmiştir.



Şekil 5.60. Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklık durumlarını açıklayan Ward yöntemi ile oluşturulmuş bir dendogram

Çizelge 5.99 ve Şekil 5.60’ın birlikte incelenmesinden anlaşılabileceği üzere Fe-EDDHA gübresine (45 μ M Fe) cevap durumuna göre incelenen 18 özellik bakımından 5 farklı çeltik çeşidinden, Biga incisi tek başına bir grup oluşturmuş ve ayrıca, Osmancık-97 ve Ronaldo çeltik çeşitleri de diğer bir grubu oluşturmuştur. Osmancık-97 ve Ronaldo çeşidinin oluşturduğu gruba, Edirne ve Hamzadere çeltik çeşitlerinin yakın oldukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bütün çeşitlerin incelenen özellikler yönünden Biga incisi çeltik çeşidine yakınlıkları söz konusudur. Fe-EDDHA gübresine (45 μ M Fe)

cevap durumuna göre incelenen özellikler bakımından en yakın iki çeltik çeşidinin Osmancık-97 ve Ronaldo çeşitleri (uzaklık düzeyi 16.61) oldukları; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Osmancık-97 (uzaklık düzeyi 53.77) çeltik çeşitleri oldukları tespit edilmiştir. Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre incelenen 18 özelliğe ilişkin ortalama değerler dikkate alınarak, özelliklerin çeltik çeşitlerine göre sınıflandırılması ve çeşitlerin de incelenen özelliklere göre değişimi Şekil 5.61’de verilmiştir. Biplot Yöntemi ile yapılan analizde PC1 (I. Ana bileşen) % 45.5; PC2 (II. Ana bileşen) % 30.8; PC1 ve PC2’nin toplamı ise varyasyonun % 76.3’ünü oluşturmuştur. Şekil 5.61’de görüldüğü gibi çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımı farklılık göstermiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, kirecsiz kum ortamında Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitleri bir grup oluşturmuş ve bu gruba giren çeşitlerin en iyi özelliğinin bitki kökünde kalan demir oranı olduğu görülmüştür. Bitki kökünde kalan demir oranı, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde sırasıyla % 96.0 ve % 95.5 bulunmuştur. Kökte kalan demir oranı yüksek olan çeşitlerin özellikle yüksek demir içeren yetiştirme şartlarında uygun çeşitler oldukları belirtilmiştir. Biplot analiz yöntemine göre, Osmancık-97 çeltik çeşidi tek başına farklı bir grup oluşturmuş olup, bu çeşidin en iyi özelliğinin Fe-EDDHA formunda yeterli demir seviyesine (45 μ M Fe) tolerans indeks (YDTOL) değeri olduğu görülmüştür. Ayrıca bu değer, Osmancık-97 çeltik çeşidinde 1.04 bulunmuştur. Yeterli demir düzeyine cevap yönünden Osmancık-97 çeşidi iyi bir çeşittir. Biplot analiz yöntemine göre Edirne çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliğinin kirecsiz kum ortamında toplam klorofil ve karotenoid kapsamındaki artış değerleridir. Bu değerler Edirne çeltik çeşidinde sırasıyla % 123.71 ve % 42.3 bulunmuştur (Çizelge 5.98). Biplot analiz yöntemine göre, Biga incisi çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, kirecsiz kum ortamında yeterli düzeyde Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile sağlanan sap demir alımındaki artış oran değeri ile kireç ilaveli kum ortamında bitki kökünde kalan demir oranı değerinin bu çeşidin en iyi özelliği olduğu bulunmuştur. Bu çeşitte, sap demir alımındaki artış oranı % 235.6; bitki kökünde kalan demir oranı ise % 93.3 bulunmuştur. Biga incisi çeltik çeşidinde, Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) besin çözeltisi uygulaması sonucu sap demir alımında sağlanan artış oranı diğer çeltik çeşitlerine göre daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 5.61. Fe-EDDHA gübresine cevap durumuna göre çeltik çeşitlerinin Biplot analiz yöntemi ile gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi özellikleri

5.5. Toprak Ortamında Yapılan Denemelere İlişkin Sonuçların Değerlendirilmesi

5.5.1. Denemelerde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi

Denemelerde tek tip toprak kullanılmıştır. Bu toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 5.100’de verilmiştir. Toprağın DTPA ekstraksiyonu ile belirlenen Fe ve Zn konsantrasyonu sırasıyla 1.50 mg kg^{-1} ve 0.26 mg kg^{-1} düzeyinde bulunmuş olup, Lindsay, W.L. ve Norvell, W.L. (1978) göre toprakta alınabilir Fe ve Zn sınır değeriyle kıyaslandığında deneme toprağı alınabilir demir ve çinko kapsamı bakımından noksan toprak sınıfında yer almaktadır. Ayrıca bu toprak, hafif alkalın karakterli ve tuzsuz; organik madde kapsamı yönünden fakir; kireç kapsamı yüksek; toplam azot kapsamı yönünden çok fakir; yarıyıllı fosfor kapsamı bakımından yeterli düzeyde; yarıyıllı potasyum kapsamı yönünden çok fakir olup, kumlu tın tekstür sınıfına sahip bir topraktır.

Çizelge 5.100. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri	Değer
pH (1:2.5 Toprak: saf su)	7,38
EC (1:2.5 Toprak: saf su), µS /cm	186.4
Kireç, (CaCO ₃) %	15.30
Organik Madde, %	1.18
Kum, %	62
Kil, %	17
Silt, %	21
Toplam Azot (N), %	0.045
Yarayışlı fosfor (P), mg kg ⁻¹	12.23
Yarayışlı potasyum (K), mg kg ⁻¹	0.25
Alınabilir Na, me / 100 g	0.28
Alınabilir Ca, me / 100 g	20.2
Alınabilir Mg, me / 100 g	5.0
Alınabilir Fe, mg kg ⁻¹	1.50
Alınabilir Mn, mg kg ⁻¹	0.27
Alınabilir Zn, mg kg ⁻¹	0.26
Alınabilir Cu, mg kg ⁻¹	0.50

5.5.2. Toprağa Fe-EDDHA Uygulaması (Deneme 4)

5.5.2.1. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.101'de verilmiştir.

Çizelge 5.101. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çeltik çeşidi	Bitki sap kuru madde miktarı (g / saksı)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	13.09b	12.25bc	12.67A
Osmancık-97	10.87cd	10.40cd	10.63B
Hamzadere	7.55e	9.92d	8.74C
Ronaldo	6.38e	6.60e	6.49D
Edirne	15.37a	11.65bcd	13.51A
Ortalama	10.65	10.16	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.102'de verilmiştir.

Çizelge 5.102. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	49.435**	1	1.791	4	7.214**	20	1.362

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.102'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun sapta kuru madde miktarına etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ancak bitki sap kuru madde miktarına Fe-EDDHA dozunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Bitki sap kuru madde miktarına, Fe-EDDHA uygulamasının (7.0 mg Fe kg⁻¹) etkisi çeşitlere göre farklı bulunmuştur. Toprağa Fe-EDDHA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), sap kuru madde miktarını Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde arttırmış; fakat bu artış sadece Hamzadere çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitlerinde toprağa Fe-EDDHA uygulaması bitki sap kuru madde miktarını azaltmış; fakat bu azalma sadece Edirne çeltik çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hamzadere çeltik çeşidinde toprağa Fe-EDDHA uygulaması, bitki sap kuru madde miktarını % 31.39 oranında; Ronaldo çeltik çeşidinde ise % 3.44 oranında arttırmıştır. Buna karşın, Edirne, Biga incisi ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde toprağa Fe-EDDHA

uygulamasý bitki sap kuru madde miktarýný sýrasýyla % 24.20, % 6.41 ve % 4.32 oranýnda azaltmýştır. Dięer bir ifadeyle, Biga incisi, Osmancık-97 ve Ronaldo eltik çeřitlerinde topraęa Fe-EDDHA uygulamasýnýn bitki sap kuru madde miktarýna etkisi istatistiksel olarak onemsiz bulunmuştur.

Yapýlan alışmalar demir eksikliğinin, kireçli topraklarda ve kuraklık eğilimi olan bölgelerde daha sık görüldüğünü ortaya koymuştur. Yaęmur suyu ile beslenen upland (kıreltiği) eltik yetiştiriciliği koşulları altında, eltik mahsulü genellekle Fe^{+2} 'nin Fe^{+3} 'e oksidasyonunu destekleyen aerobik koşullar nedeniyle fide ařamasýnda demir eksikliğinden mustarıptır. Demirin ferrik formu çökelir ve kök yüzeyinde ferrik oksit ve ferrik hidroksit olarak birikir ve bu da çözünebilir demirin kök sistemine girmesini engeller. Sonuç olarak, bitki demir eksikliğinden mustarip olup, bitkinin genç yapraklarında kloroz (sararma) ortaya çıkar. Kloroz, toprakta bu besin maddesinin eksikliğini göstermeyebilir, ancak bitkinin, demiri topraktan absorbe edemediğini veya bu elementi verimli bir şekilde kullanamadığını gösterir. Demir eksikliği, asit veya nötr karakterli topraklara göre kalkerli ve alkali topraklarda daha yaygındır. Dięer yandan, kireçten kaynaklı olası bir kloroz belirtisi serbest kalsiyumdan (Ca) kaynaklanmaktan ziyade demirin çözünürlüğünü azaltan topraktaki yüksek pH seviyesi kaynaklı olabilir. Yüksek toprak nemi, zayıf havalanma, yüksek fosfat konsantrasyonu ve Cu, Ni, Zn, Co, Mo, Cr gibi ağır metaller; ařırý ışık şiddeti koşulları, kök hasarı ve virüs insidansının da demir eksikliğine neden olduğu bildirilmiştir (Reddy ve Prasad, 1986).

Aerobik kořullarda yapýlan eltik yetiřtiricilięi, bu sorunu çözmek için en iyi seçeneklerden birisi olabilir, ancak demir (Fe) eksiklięi gibi sorunlar nedeniyle aerobik çeltięin adaptasyonu sýnırlı kalmaktadır (Kumar vd, 2013). Sonuç olarak Fe eksiklięi; bitkide klorozu indükleyen ve fotosentetik aktiviteyi azaltan yaygın bir tarımsal sorundur (Stein vd, 2009).

Buędaygil bitkileri, demirce yetersiz ortamda Fe-řelatlayıcı bileřikleri rizosfer içine salgılar (Takagi vd, 1984; Römheld ve Marschner, 1986). Ana řelatlama bileřikleri, demire baęlanan altı birleřme yerine sahip mugineik asit (MA) familyasýndaki fitosideroforlara aittir (Inoue vd, 2008).

Demir, nötr ile alkalın karakterli topraklarda zayıf çözünür olduğundan, mugineik asidin Fe^{+3} ile şelasyonu rizosferdeki Fe^{+3} 'n çözünürlüğünü önemli ölçüde

arttırır ve böylece bitkilerin Fe^{+3} -MAs kompleksleri olarak demiri almasını sağlar. Fe eksikliğine cevaben köklerde biyosentez ve MA salgısı belirgin bir şekilde arttığı rapor edilmiştir. (Takagi vd, 1984). Gramineli bitkilerin türleri arasındaki tolerans farklılıkları, serbest bıraktıkları mugineik asitlerin miktarları ve türleri ile ilişkili olabilir (Inoue vd, 2008).

5.5.2.2. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.103'te verilmiştir.

Çizelge 5.103. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Klorofil-a kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	1.75	1.86	1.80A
Osmancık-97	1.64	1.76	1.70A
Hamzadere	1.57	1.97	1.77A
Ronaldo	0.90	1.67	1.28B
Edirne	1.52	1.69	1.61A
Ortalama	1.47	1.79	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.104'te verilmiştir.

Çizelge 5.104. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.262**	1	0.739**	4	0.121	20	0.055

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.104'ün incelenmesinden anlaşılaacağı üzere çeşidin ve Fe-EDDHA dozunun taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat çeşit× Fe-EDDHA interaksiyonunun taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Taze yaprakta klorofil-a kapsamına Fe-EDDHA'nın etkisi bütün çeşitlerde benzer bulunmuştur. Bununla birlikte, toprağa Fe-EDDHA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹) bütün çeltik çeşitlerinde yaprakta klorofil-a kapsamını arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-a kapsamı bakımından Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne çeşitleri benzer bulunmuştur. Taze yaprakta klorofil-a kapsamı en düşük olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüş ve bu çeşidin klorofil-a kapsamı bakımından diğer çeltik çeşitlerden önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir.

Toprak veya yaprakdan uygulanan demirli gübrelerin buğday (*Triticum* spp.) bitkisinde klorofil-a içeriğini (mg / g) kontrol uygulamalarına (Fe:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.2.3. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.105'te verilmiştir.

Çizelge 5.105. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Klorofil-b kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	0.59bc	0.66ab	0.62A
Osmancık-97	0.52cd	0.69ab	0.60AB
Hamzadere	0.37e	0.72a	0.54B
Ronaldo	0.33e	0.62ab	0.47C
Edirne	0.47d	0.64ab	0.55B
Ortalama	0.45	0.66	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.106'da verilmiştir.

Çizelge 5.106. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.020**	1	0.333**	4	0.019**	20	0.003

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.106'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, Fe-EDDHA dozunun ve çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-b kapsamını Fe-EDDHA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹) önemli derecede arttırmıştır. Taze yaprakta klorofil-b kapsamı bakımından, Biga incisi ve Osmancık 97 çeltik çeşitlerinin birbirine yakın çeşitler oldukları görülmüştür. Ek olarak, Osmancık, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitleri de aynı şekilde birbirine benzer çeşitlerdir. Diğer yandan, Ronaldo çeltik çeşidi, diğer çeşitler ile kıyaslandığında yaprakta klorofil-b kapsamı düşük olan bir çeşittir. Bu çeşidin, yaprakta klorofil-b kapsamı bakımından diğer çeşitlere göre önemli derecede farklı bir çeşit olduğu tespit edilmiştir. Toprağa Fe-EDDHA uygulamasının (7.0 mg Fe kg⁻¹) yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi çeşitlere göre farklı bulunmuştur. Toprağa Fe-EDDHA uygulaması bütün çeltik çeşitlerinde taze yaprakta klorofil-b kapsamını arttırmış; fakat bu artış, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprak veya yaprakten uygulanan demirli gübrelerin buğday (*Triticum* spp.) bitkisinde klorofil-b içeriğini (mg / g) kontrol uygulamalarına (Fe:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.2.4. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.107'de verilmiştir.

Çizelge 5.107. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Toplam klorofil kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	2.34abc	2.52ab	2.43A
Osmancık-97	2.17abc	2.45abc	2.31A
Hamzadere	1.95bc	2.69a	2.32A
Ronaldo	1.23d	2.30abc	1.76B
Edirne	1.99bc	2.33abc	2.16A
Ortalama	1.93	2.45	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.108'de verilmiştir.

Çizelge 5.108. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.409**	1	2.044**	4	0.210*	20	0.075

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.108'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, Fe-EDDHA dozunun taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde; çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta toplam klorofil kapsamını Fe-EDDHA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹) önemli derecede arttırmıştır. Taze yaprakta toplam klorofil kapsamı en düşük olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Bu çeşidin toplam klorofil kapsamı yönünden diğer çeltik çeşitlerden farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, taze yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitleri birbirine yakın çeşitlerdir. Toprağa Fe-EDDHA uygulamasının (7.0 mg Fe kg⁻¹) taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine göre farklı bulunmuştur. Ek olarak, toprağa Fe-EDDHA uygulaması bütün çeltik çeşitlerinde taze

yaprakta toplam klorofil kapsamını arttırmış; fakat bu artış Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprak veya yapraktan uygulanan demirli gübrelerin buğday (*Triticum spp.*) bitkisinde toplam klorofil içeriğini (mg / g) kontrol uygulamalarına (Fe:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.2.5. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.109'da verilmiştir.

Çizelge 5.109. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Karotenoid kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	0.45b	0.54a	0.49A
Osmancık-97	0.41b	0.47ab	0.44AB
Hamzadere	0.31c	0.50ab	0.40B
Ronaldo	0.25c	0.43b	0.34C
Edirne	0.41b	0.45b	0.43B
Ortalama	0.36	0.47	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.110'da verilmiştir.

Çizelge 5.110. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.019**	1	0.092**	4	0.007*	20	0.002

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.110'un incelenmesinden anlaşılabileceği üzere çeşidin ve Fe-EDDHA dozunun taze yaprakta karotenoid kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde; çeşit×Fe-EDDHA

dozu interaksiyonunun etkisi ise $p<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, toprağa Fe-EDDHA uygulaması ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$) taze yaprakta karotenoid kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Çeşitler arasında yaprakta karotenoid kapsamı en düşük olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çeşidin, yaprakta karotenoid kapsamı yönünden diğer çeltik çeşitlerden farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, taze yaprakta karotenoid kapsamı bakımından Biga incisi, Osmancık-97 çeltik çeşitleri birbirine yakın bulunmuştur. Aynı şekilde, Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitleri de karotenoid kapsamı bakımından birbirine yakın çeşitlerdir. Toprağa Fe-EDDHA uygulamasının taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine göre farklı bulunmuştur. Toprağa Fe-EDDHA uygulaması ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$), bütün çeşitlerde taze yaprakta karotenoid kapsamını arttırmış; fakat bu artış Biga incisi, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprak veya yapraktan uygulanan demirli gübrelerin buğday (*Triticum spp.*) bitkisinde karotenoid içeriğini (mg / g) kontrol uygulamalarına (Fe:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.2.6. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.111'de verilmiştir.

Çizelge 5.111. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

Çeltik çeşidi	SPAD metre okuma değeri		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$)	Ortalama
Biga incisi	25.5	33.8	29.68
Osmancık-97	27.1	30.8	28.98
Hamzadere	29.2	33.1	31.18
Ronaldo	26.9	34.2	30.58
Edirne	28.9	33.6	31.31
Ortalama	27.5	33.1	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.112'de verilmiştir.

Çizelge 5.112. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	5.993	1	233.52**	4	6.558	20	9.393

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.112'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere Fe-EDDHA dozunun taze yaprakta SPAD metre okuma değerine etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; fakat çeşidin ve çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksyonunun etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.2.7. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.113'de verilmiştir.

Çizelge 5.113. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisi

Çeltik çeşidi	Sap demir alımı (µg / saksı)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	924.63ab	924.7ab	924.69A
Osmancık-97	790.24bc	827.74b	808.99B
Hamzadere	645.22cd	930.95ab	788.08B
Ronaldo	487.03e	550.54de	518.79C
Edirne	1030.11a	860.58b	945.35A
Ortalama	775.44	818.90	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.114'te verilmiştir.

Çizelge 5.114. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	173904.57**	1	14169.39	4	39890.38**	20	7763.32

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.114'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun sap demir alımına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat Fe-EDDHA dozunun sap demir alımına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, toprağa Fe-EDDHA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹) çeltik çeşitlerinde sap demir alımını arttırmıştır. Çeltik çeşitleri sap demir alımları bakımından farklı bulunmuştur. Çeltik çeşitleri arasında sapta demir alımı en düşük olan çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çeşit, sap demir alımı yönünden diğer çeltik çeşitlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur. Toprağa Fe-EDDHA uygulamasının (7.0 mg Fe kg⁻¹) sap demir alımına etkisi çeltik çeşitlerine göre farklı bulunmuştur. Toprağa Fe-EDDHA uygulamasının Biga çeşidinde sap demir alımına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Osmancık-97, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde toprağa Fe-EDDHA uygulaması sap demir alımını arttırmış; fakat bu artış sadece Hamzadere çeltik çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, Edirne çeltik çeşidinde Fe-EDDHA uygulaması sap demir alımını azaltmış ve bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

5.5.2.8. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.115'te verilmiştir.

Çizelge 5.115. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta toplam demir kapsamı (mg kg ⁻¹)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	71.0	75.5	73.28CD
Osmancık-97	72.7	79.6	76.15BC
Hamzadere	85.4	93.6	89.53A
Ronaldo	76.3	83.4	79.85B
Edirne	67.0	74.3	70.65D
Ortalama	74.4	81.2	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.116'da verilmiştir.

Çizelge 5.116. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	324.11**	1	348.16**	4	2.921	20	12.982

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.116'nın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve Fe-EDDHA dozunun sapta toplam demir kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; fakat çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.2.9. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.117'de verilmiştir.

Çizelge 5.117. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta aktif demir kapsamı, mg kg ⁻¹		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	52.3d	68.4b	60.38BC
Osmancık-97	59.8cd	58.3cd	59.05CD
Hamzadere	62.5bc	77.3a	69.90A
Ronaldo	61.1c	69.2b	65.18AB
Edirne	52.3d	58.2cd	55.26D
Ortalama	57.6	66.2	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.118'de verilmiştir.

Çizelge 5.118. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	193.78**	1	564.20**	4	76.648**	20	15.950

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.118'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, Fe-EDDHA dozunun ve çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun sapta aktif demir kapsamına etkileri p<0,01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

5.5.2.10. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.119'da verilmiştir.

Çizelge 5.119. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta toplam çinko kapsamı (mg kg ⁻¹)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-EDDHA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	29.9	41.1	35.51A
Osmancık-97	22.3	26.7	24.50B
Hamzadere	23.5	37.6	30.61AB
Ronaldo	24.4	24.6	24.56B
Edirne	34.3	35.4	34.85A
Ortalama	26.8	33.0	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.120'de verilmiştir.

Çizelge 5.120. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-EDDHA dozu		Çeşit× Fe-EDDHA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	171.16**	1	287.68*	4	57.12	20	35.68

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.120'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere sapta toplam çinko kapsamına çeşidin etkisi p<0.01 seviyesinde; Fe-EDDHA dozunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat çeşit×Fe-EDDHA dozu interaksiyonunun sapta toplam çinko kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.3. Toprağa Fe-III EDTA Uygulaması (Deneme 5)

5.5.3.1. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.121'de verilmiştir.

Çizelge 5.121. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çeltik çeşidi	Bitki sap kuru madde miktarı (g / sakı)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	13.09b	10.78cd	11.94B
Osmancık-97	10.87cd	10.56cd	10.72B
Hamzadere	7.55e	9.42d	8.49C
Ronaldo	6.38e	6.55e	6.47D
Edirne	15.37a	11.47bc	13.42A
Ortalama	10.65	9.75	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.122'de verilmiştir.

Çizelge 5.122. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	45.76**	1	6.07*	4	7.58**	20	1.135

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.122'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksiyonunun bitki sap kuru madde miktarına etkileri p<0.01 seviyesinde; Fe-III EDTA dozunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprağa Fe-III EDTA uygulaması, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşidinde bitki sap kuru madde miktarını kontrole kıyasla sırasıyla % 24.76 ve % 2.66 oranında arttırmıştır. Buna karşın, Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşidinde toprağa Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹) bitki sap kuru madde miktarını kontrole kıyasla sırasıyla % 17.64, % 2.85 ve % 25.37 oranında azaltmıştır. Genel ortalamalar

dikkate alındığında, toprağa Fe-III EDTA uygulaması ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$) bitki sap kuru madde miktarını önemli derecede azaltmıştır. Genel olarak, bitki sap kuru madde miktarı bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Çeltik çeşitleri ortalama sap kuru madde miktarları bakımından büyük değerden küçük değere doğru sırasıyla; Edirne, Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Toprağa Fe-III EDTA uygulamasının ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$) bitki sap kuru madde miktarına etkisi çeşitlere bağlı bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması bitki sap kuru madde miktarını sadece Hamzadere çeltik çeşidinde önemli derecede arttırmıştır. Buna karşın, toprağa Fe-III EDTA uygulaması bitki sap kuru madde miktarını Biga incisi ve Edirne çeltik çeşitlerinde önemli derecede azaltmıştır. Osmancık-97 çeltik çeşidinde Fe-III EDTA uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ek olarak, Ronaldo çeltik çeşidinde Fe-III EDTA uygulaması kontrole göre sap kuru madde miktarını arttırmış; fakat bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Genellikle, Fe (III) EDTA ve FeSO_4 gibi demir kaynakları, bitkilerin demir beslenmesi için kullanılır; ancak yetiştirme ortamının pH'sı 6.5'in üzerinde olduğu zaman, bu demir kaynakları düşük stabilite gösterdiği için bitkinin demir beslemesinde etkisiz kalır. Bu yüzden artan ortam pH'larında yüksek stabilite gösteren daha güçlü şelatlarla (Fe-III EDDHA) gereksinim vardır (Lo'pez-Rayó vd, 2009)

5.5.3.2. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.123'te verilmiştir.

Çizelge 5.123. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Klorofil-a kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$)	Ortalama
Biga incisi	1.75a	1.02cd	1.39A
Osmancık-97	1.65ab	1.32bc	1.48A
Hamzadere	1.57ab	1.11cd	1.35A
Ronaldo	0.90d	0.93d	0.92B
Edirne	1.52ab	1.33bc	1.43A
Ortalama	1.47	1.14	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.123'te verilmiştir.

Çizelge 5.124. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.310**	1	0.857**	4	0.124*	20	0.037

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.124'ün incelenmesinden anlaşılabileceği üzere çeşidin ve Fe III EDTA dozunun taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde; çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksiyonunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, toprağa uygulanan Fe-III EDTA taze yaprakta klorofil-a kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Genel olarak, taze yaprakta klorofil-a kapsamı bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Elde edilen ortalama klorofil-a kapsam değerlerine göre çeltik çeşitleri büyük değerden küçük değere doğru sırasıyla; Osmancık-97, Edirne, Biga incisi, Hamzadere, Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹) taze yaprakta klorofil-a kapsamını Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşidinde önemli derecede azaltmıştır. Diğer yandan, Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde toprağa Fe-III EDTA uygulamasının taze yaprakta klorofil-a kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

5.5.3.3. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.125'te verilmiştir.

Çizelge 5.125. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Klorofil-b kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	0.59a	0.44cd	0.51A
Osmancık-97	0.53ab	0.49bc	0.51A
Hamzadere	0.37de	0.43cd	0.40B
Ronaldo	0.33e	0.35e	0.34C
Edirne	0.47bc	0.44cd	0.46A
Ortalama	0.45	0.43	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.126'da verilmiştir.

Çizelge 5.126. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.033**	1	0.005	4	0.010**	20	0.002

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.126'nın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, Fe-III EDTA dozunun taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Buna karşın, çeşidin ve çeşit× Fe-III EDTA dozu interaksiyonunun taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-b kapsamı bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Elde edilen ortalama klorofil-b kapsam değerlerine göre çeltik çeşitlei büyük değerden küçük değere doğru sırasıyla; Biga incisi, Osmancık-97, Edirne, Hamzadere, Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Toprağa Fe-III EDTA uygulamasının (7.0 mg Fe kg⁻¹) taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması, Biga incisi çeltik çeşidinde taze yaprakta klorofil-b kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Diğer yandan, Osmancık-97, Hamzadere,

Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde Fe-III EDTA uygulamasının taze yaprakta klorofil-b kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.3.4. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.127'de verilmiştir.

Çizelge 5.127. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Toplam klorofil kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	2.34a	1.45cd	1.90A
Osmancık-97	2.17ab	1.81bc	1.99A
Hamzadere	1.95ab	1.55cd	1.75A
Ronaldo	1.23d	1.28d	1.26B
Edirne	1.99ab	1.78bc	1.89A
Ortalama	1.93	1.57	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.128'de verilmiştir.

Çizelge 5.128. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.52**	1	1.00**	4	0.18*	20	0.05

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.128'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, çeşidin ve EDTA dozunun taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde; çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksiyonunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprağa Fe-III EDTA uygulaması taze yaprakta toplam klorofil kapsamını kontrole göre önemli derecede azaltmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze

yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Fakat Ronaldo çeşidi, diğer çeltik çeşitlerine göre yaprakta toplam klorofil kapsamı yönünden düşük ve farklı bulunmuştur. Elde edilen ortalama toplam klorofil kapsam değerlerine göre çeltik çeşitleri büyük değerden küçük değere doğru sırasıyla; Osmancık-97, Biga incisi, Edirne, Hamzadere, Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Toprağa Fe-III EDTA uygulamasının ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$) toplam klorofil kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması, Biga incisi çeltik çeşidinde taze yaprakta toplam klorofil kapsamını kontrole kıyasla önemli derecede azaltmıştır. Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde Fe-III EDTA'nın toplam klorofil kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ayrıca, toprağa Fe-III EDTA uygulaması, Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitlerinde yaprakta toplam klorofil kapsamını azaltmış; fakat bu azalma Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Diğer yandan, toprağa Fe-III EDTA uygulaması ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$), Ronaldo çeltik çeşidinde toplam klorofil kapsamını az miktarda arttırmış; fakat bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.3.5. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.129'da verilmiştir.

Çizelge 5.129. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Karotenoid kapsamı (mg / g taze madde)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$)	Ortalama
Biga incisi	0.45a	0.34cde	0.396A
Osmancık-97	0.41ab	0.37bcde	0.393A
Hamzadere	0.31ef	0.36bcde	0.33B
Ronaldo	0.25f	0.33de	0.29C
Edirne	0.41ab	0.39abcd	0.40A
Ortalama	0.36	0.35	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.130'da verilmiştir.

Çizelge 5.130. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.014**	1	0.001	4	0.003**	20	0.001

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.130'un incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksyonunun taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; buna karşın, Fe-III EDTA dozunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta karotenoid kapsamı bakımından Biga incisi, Osmancık-97, Edirne çeşitleri arasındaki farkın önemli olmadığı görülmüştür. Fakat Ronaldo ve Hamzadere çeşitleri karotenoid kapsamı bakımından hem kendi aralarında hem de diğer çeltik çeşitlerinden farklı bulunmuştur. Çeşitler arasında taze yaprakta karotenoid kapsam değeri en düşük olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Toprağa Fe-III EDTA uygulamasının (7.0 mg Fe kg⁻¹) taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması, Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitlerinde taze yaprakta karotenoid kapsamını azaltmış; fakat bu azalma sadece Biga incisi çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde taze yaprakta karotenoid kapsamını arttırmış olup, bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

5.5.3.6. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.131'de verilmiştir.

Çizelge 5.131. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

Çeltik çeşidi	SPAD metre okuma değeri		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	25.5	29.6	27.58
Osmancık-97	27.1	29.1	28.11
Hamzadere	29.2	29.5	29.36
Ronaldo	26.9	29.1	28.01
Edirne	28.9	29.4	29.20
Ortalama	27.5	29.3	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.132'de verilmiştir.

Çizelge 5.132. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	3.679	1	24.120	4	3.593	20	7.035

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.132'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin, Fe-III EDTA dozunun ve çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksiyonunun taze yaprakta SPAD metre okuma değerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.3.7. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.133'te verilmiştir.

Çizelge 5.133. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisi

Çeltik çeşidi	Sap demir alımı ($\mu\text{g} / \text{saksı}$)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA (7.0 mg Fe kg^{-1})	Ortalama
Biga incisi	924.63bc	860.35c	892.49A
Osmancık-97	790.24cd	920.49bc	855.37A
Hamzadere	645.22de	1104.5a	874.88A
Ronaldo	487.03e	509.08e	498.06B
Edirne	1030.1ab	909.69bc	969.90A
Ortalama	775.44	860.82	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.134'te verilmiştir.

Çizelge 5.134. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sap demir alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	203428.26**	1	54683.41*	4	78978.63**	20	8015.32

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.134'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksyonunun sap demir alımına etkileri p<0.01 seviyesinde; Fe-III EDTA dozunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel olarak, toprağa Fe-III EDTA uygulaması ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$), çeltik çeşitlerinde sap demir alımını önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, sap demir alımı bakımından çeltik çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Sap demir alımı bakımından Ronaldo çeşidi, diğer çeltik çeşitlerine göre önemli derecede farklı bulunmuştur. Ayrıca Ronaldo çeltik çeşidi, diğer çeşitlere kıyaslandığında sap demir alımı en düşük olan bir çeşittir. Sap demir alımı bakımından Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitleri aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür. Toprağa Fe-III EDTA uygulamasının ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$) sap demir alımına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Ek olarak, Osmancık-97, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde Fe-III EDTA uygulaması sap demir alımını arttırmış; fakat bu artış sadece Hamzadere çeltik çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, Fe-III EDTA

uygulamasını Biga incisi ve Edirne çeşitlerinde sap demir alımını azaltmış, fakat bu azalmalar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.3.8. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.135'te verilmiştir.

Çizelge 5.135. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta toplam demir kapsamı (mg kg ⁻¹)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	71.0cd	79.8bc	75.45A
Osmancık-97	72.7cd	87.3b	80.00B
Hamzadere	85.4b	117.3a	101.36A
Ronaldo	76.3bcd	77.6bcd	76.96B
Edirne	67.0d	79.2bc	73.13B
Ortalama	74.48	88.24	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.136'da verilmiştir.

Çizelge 5.136. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	786.03**	1	1426.92**	4	191.960**	20	34.74

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.136'nın incelenmesinden anlaşılabileceği üzere çeşidin, Fe-III EDTA dozunun ve çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksiyonunun sapta toplam demir kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprağa Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), çeltik çeşitlerinde sapta toplam demir kapsamını kontrole göre önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, sapta toplam demir kapsamı bakımından Biga incisi ve

Hamzadere çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Benzer şekilde, sapta toplam demir kapsamı yönünden Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeşitleri arasındaki farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir. Fakat, Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinin toplam demir kapsamı, Osmancık, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinin saptaki toplam demir kapsamlarından yüksek bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulamasının sapta toplam demir kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$), sapta toplam demir kapsamını bütün çeltik çeşitlerinde arttırmış; fakat bu artış Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; buna karşın, Biga incisi ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

5.5.3.9. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.137'de verilmiştir.

Çizelge 5.137. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta aktif demir kapsamı (mg kg^{-1})		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA ($7.0 \text{ mg Fe kg}^{-1}$)	Ortalama
Biga incisi	52.3	63.1	57.71B
Osmancık-97	59.8	66.9	63.38B
Hamzadere	62.5	82.9	72.70A
Ronaldo	61.1	64.2	62.66B
Edirne	52.3	62.0	57.16B
Ortalama	57.6	67.8	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.138'de verilmiştir.

Çizelge 5.138. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	233.87**	1	782.34**	4	61.77	20	29.11

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.138'in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve Fe-III EDTA dozunun sapta aktif demir kapsamına etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; buna karşın, çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksyonunun etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Toprağa Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), çeltik çeşitlerinde sapta aktif demir kapsamını kontrole göre önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeşitler arasında sapta aktif demir kapsamı en yüksek olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Ek olarak, Hamzadere çeltik çeşidi sapta aktif demir kapsamı bakımından diğer çeltik çeşitlerinden farklı bulunmuştur. Diğer yandan, sapta aktif demir kapsamı bakımından Biga incisi, Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Genel olarak, toprağa Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), bütün çeltik çeşitlerinde sapta aktif demir kapsamını arttırmıştır.

5.5.3.10. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.139'da verilmiştir.

Çizelge 5.139. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta toplam çinko kapsamı (mg kg ⁻¹)		
	Fe 0 (Kontrol)	Fe-III EDTA (7.0 mg Fe kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	29.9bc	42.8a	36.38A
Osmancık-97	22.3c	22.8c	22.58C
Hamzadere	23.5c	36.4ab	30.00B
Ronaldo	24.4c	22.8c	23.66C
Edirne	34.3ab	35.7ab	35.00AB
Ortalama	26.8	32.1	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.140'da verilmiştir.

Çizelge 5.140. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan Fe-III EDTA'nın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Fe-III EDTA dozu		Çeşit × Fe-III EDTA dozu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	239.61**	1	204.88**	4	75.080*	20	23.652

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.140'ın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin ve Fe-III EDTA dozunun sapta toplam çinko kapsamına etkisi p<0.01 seviyesinde; çeşit×Fe-III EDTA dozu interaksiyonunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprağa Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), çeltik çeşitlerinde sapta toplam çinko kapsamını kontrole göre önemli derecede arttırmıştır. Bu artışın sebebinin, Fe-III EDTA uygulanması sonucu, topraktaki çinkonun Fe-III EDTA'daki demir ile yer değiştirmesi ve nihayetinde topraktaki çinkonun EDTA ile şelatlanması yoluyla bitkinin çinko alımındaki artıştan ileri geldiği düşünülmüştür. Genel ortalamalar dikkate alındığında, sapta toplam çinko kapsamı bakımından Osmancık-97 ve Ronaldo çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Benzer şekilde, sapta toplam çinko kapsamı bakımından Edirne ve Biga incisi çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Diğer yandan, Hamzadere çeltik çeşidinin sapta toplam çinko kapsamı bakımından Osmancık, Ronaldo ve Biga incisi çeltik çeşitlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Bununla birlikte, sapta toplam çinko kapsamı yönünden çeltik çeşitleri büyük değerden küçük değere doğru sırasıyla; Biga incisi, Edirne, Hamzadere, Ronaldo, Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır. Toprağa Fe-III EDTA uygulamasının (7.0 mg Fe kg⁻¹) sapta toplam çinko kapsamına etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması sapta toplam çinko kapsamını Biga incisi, Edirne ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde arttırmış; fakat bu artış Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, Ronaldo çeşidinde EDTA uygulaması sapta toplam çinko kapsamını azaltmış; fakat bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Toprağa Fe-III EDTA uygulaması, Osmancık-97 çeltik çeşidinde sapta toplam çinko kapsamını etkilememiştir.

5.5.4. Toprağa Çinko Sülfat Uygulaması (Deneme 6)

5.5.4.1. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın (ZnSO₄·7H₂O) bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.141’de verilmiştir.

Çizelge 5.141. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın bitki sap kuru madde miktarına etkisi

Çeltik çeşidi	Bitki sap kuru madde miktarı (g / saksı)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	11.38	12.25	11.81A
Osmancık-97	11.62	10.40	11.01B
Hamzadere	8.38	9.92	9.15C
Ronaldo	6.87	6.60	6.73D
Edirne	14.27	11.65	12.96A
Ortalama	10.50	10.16	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.142’de verilmiştir.

Çizelge 5.142. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın bitki sap kuru madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksiyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	35.88**	1	0.870	4	4.125	20	1.869

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.142'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere çeşidin bitki sap kuru madde miktarına etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, çinko sülfat dozu ve çeşit×çinko sülfat dozu interaksiyonunun bitki sap kuru madde miktarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹), Hamzadere ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarını sırasıyla % 18.37 ve % 7.64 oranında arttırmıştır. Buna karşın, Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşidinde toprağa çinko sülfat uygulaması, bitki sap kuru madde miktarını sırasıyla % 10.49, % 3.93 ve % 18.36 oranında azaltmıştır. Toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹), Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarını kontrole göre arttırmış; fakat bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Aynı şekilde, diğer çeltik çeşitlerinde toprağa çinko sülfat uygulaması bitki sap kuru madde miktarını kontrole göre azaltmış; fakat bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Diğer bir ifadeyle, toprağa çinko sülfat uygulamasının (5.0 mg Zn kg⁻¹) çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri bitki sap kuru madde miktarı bakımından büyük değerden düşük değere doğru sırasıyla; Edirne, Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo şeklinde sıralanmıştır.

Azot, fosfor ve çinko (Zn) noksanlığı, sulak alan çeltiğinin büyümesini ve üretimini sınırlayan en yaygın ve ekonomik olarak en önemli besinsel faktörlerdir (Neue ve Lantin, 1994). Çinko eksikliği genellikle çeltik yetiştirilen bölgelerdeki sodik, kireçli ve organik topraklarda ve ayrıca uzun bir süre sıkça ıslak kalan topraklarda görülür. Bu nedenle, üreticiler için çinkoca etkin çeşitlerin belirlenmesi pratikte büyük önem taşımaktadır. Çinkoca etkin çeltik çeşitleri, genellikle yetersiz olduğu düşünülen Zn konsantrasyonuna sahip topraklarda gelişme yeteneğine sahip çeşitlerdir.

Çeltik bitkisinin büyüme ve gelişmesinde çinko önemli bir rol oynar. (Chaudhary vd, 2007) Çinko; sitokrom ve nükleotitlerin sentezi, oksin metabolizması, klorofil üretimi, bazı enzimlerin aktivasyonu, membran bütünlüğü, karbonhidrat metabolizması, hücre duvarı gelişimi, gen ekspresyonu, solunum gibi çeşitli biyokimyasal ve metabolik süreçler için gerekli olan hayati besinlerden biridir (IRRI, 2000; Broadley vd, 2007).

Taban ve Kacar (1991), çeltik topraklarına uyguladıkları 0, 0.5, 1.0, ve 2.0 mg kg⁻¹ çinkonun, Ribe çeltik çeşidinde kuru madde miktarını kontrole göre sırasıyla % 38, % 53 ve % 47 arttırdığını bildirmişlerdir.

Yarayışlı çinko miktarı düşük topraklarda bitkide çinko stresi ürün miktarının ve besin kalitesinin önemli derecede azalmasına sebep olur. Bilindiği gibi besin elementlerinin eksikliğinde bitkiler normal gelişimlerini sürdürememektedirler (Welch, 1995). Ancak, bazı bitkiler bu eksikliklere karşı daha dayanıklıdır. Aynı bitkinin çeşitleri arasında bile bu farkları gözlemlemek mümkündür. Günümüzde çoğu çalışmalar bu doğrultudadır (Rengel, 2001). Bitkiler eksikliği bulunan elemente yönelik hem kök sistemleri hem de bazı beslenme stratejisi mekanizmaları geliştirmişlerdir, Çinko içinde bu geçerlidir (Hacısalıhoğlu, 2003). Bitkilerin çinko ile beslenme düzeyini toprakta çinkonun bulunma formlarının da etkilediği bildirilmektedir (Obrador vd, 2003). Diğer yandan, Aydeniz vd, (1978) ise, Çorum, Edirne ve Ankara yöresinde çeltik tarımı yapılan alanlardan alınan topraklarda yaptıkları denemede, çeltik bitkisinin kuru madde miktarı üzerine toprağa artan miktarlarda verilen çinko sülfat ve Zn-EDDHA'nın önemli bir etkisi olmadığını bildirmiştir.

Çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinin çinko (Zn) noksanlığına duyarlılıkları bakımından büyük farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Bowen, 1986).

5.5.4.2. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.143'te verilmiştir.

Çizelge 5.143. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Klorofil-a kapsamı (mg / g taze madde)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	0.89	1.86	1.37B
Osmancık-97	1.25	1.76	1.50AB
Hamzadere	1.41	1.97	1.69A
Ronaldo	1.05	1.67	1.36B
Edirne	0.84	1.69	1.27B
Ortalama	1.08	1.79	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.144'te verilmiştir.

Çizelge 5.144. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.161*	1	3.703**	4	0.058	20	0.050

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.144'ün incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, taze yaprakta klorofil-a kapsamına çeşidin etkisi p<0.05 seviyesinde; çinko sülfat dozunun etkisi ise p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta klorofil-a kapsamına çeşit×çinko sülfat dozu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çeltik çeşitlerinde toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) ile taze yaprakta klorofil-a kapsamında artış sağlanmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-a kapsamları bakımından çeltik çeşitleri farklı bulunmuştur. Hamzadere çeltik çeşidi taze yaprakta klorofil-a kapsam değeri bakımından diğer çeltik çeşitlerine göre en yüksek olan çeşittir. Diğer yandan, Hamzadere ve Osmancık-97 çeşitleri arasında taze yaprakta klorofil-a kapsamı bakımından fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Toprağa çinko sülfat uygulamasının (5.0 mg Zn kg⁻¹) taze yaprakta klorofil-a kapsamına etkisi bütün çeltik çeşitlerinde benzer bulunmuştur.

Çinko sülfat monohidratın toprağa uygulanma dozu arttıkça, çeltik bitkisinin taze yapraklarında klorofil-a içeriğinin de arttığı bildirilmiştir (Arif vd, 2012).

Toprak veya yapraktan uygulanan çinkolu gübrelerin buğday (*Triticum spp.*) bitkisinde klorofil-a içeriğini (mg / g) kontrol uygulamalarına (Zn:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.4.3. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.145'te verilmiştir.

Çizelge 5.145. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Klorofil-b kapsamı (mg / g taze madde)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	0.36	0.66	0.51BC
Osmancık-97	0.45	0.69	0.57AB
Hamzadere	0.52	0.72	0.62A
Ronaldo	0.34	0.62	0.485C
Edirne	0.32	0.64	0.481C
Ortalama	0.39	0.66	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.146'da verilmiştir.

Çizelge 5.146. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.022**	1	0.536**	4	0.003	20	0.003

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.146'nın incelenmesinden anlaşılabileceği üzere taze yaprakta klorofil-b kapsamına çeşidin ve çinko sülfat dozunun etkileri p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta klorofil-b kapsamına

çerit×çinko sülfat dozu interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çeltik çeritlerinde toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) ile taze yaprakta klorofil-b kapsamında artış sağlanmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta klorofil-b kapsamları bakımından çeltik çeritleri farklı bulunmuştur. Hamzadere çeltik çeridi yaprakta klorofil-b kapsam değeri bakımından diğer çeltik çeritlerine göre en yüksek çerit olmakla birlikte bu çerit, Biga incisi, Ronaldo ve Edirne çeltik çeritlerinden farklı bulunmuştur. Diğer yandan, Hamzadere ve Osmancık-97 çeritleri arasında taze yaprakta klorofil-b kapsamı bakımından fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Toprağa çinko sülfat uygulamasının (5.0 mg Zn kg⁻¹) taze yaprakta klorofil-b kapsamına etkisi bütün çeltik çeritlerinde benzer bulunmuştur.

Çinko sülfat monohidratın toprağa uygulanma dozu arttıkça, çeltik bitkisinin taze yapraklarında klorofil-b iğeriğinin de arttığı bildirilmiştir (Arif vd, 2012).

Toprak veya yapraktan uygulanan çinkolu gübrelerin buğday (*Triticum* spp.) bitkisinde klorofil-b iğeriğini (mg / g) kontrol uygulamalarına (Zn:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.4.4. Çeltik çeritlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik çeritlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.147’de verilmiştir.

Çizelge 5.147. Çeltik çeritlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi

Çeltik çeridi	Toplam klorofil kapsamı (mg / g taze madde)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	1.25	2.52	1.89B
Osmancık-97	1.70	2.45	2.07AB
Hamzadere	1.93	2.69	2.31A
Ronaldo	1.39	2.30	1.84B
Edirne	1.16	2.33	1.75B
Ortalama	1.48	2.45	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.148’de verilmiştir.

Çizelge 5.148. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.299*	1	7.057**	4	0.084	20	0.076

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.148’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere taze yaprakta toplam klorofil kapsamına çeşidin etkisi p<0.05 seviyesinde; çinko sülfat dozunun etkisi ise p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta toplam klorofil kapsamına çeşit×çinko sülfat dozu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çeltik çeşitlerinde toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) ile taze yaprakta toplam klorofil kapsamında artış sağlanmıştır Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından çeltik çeşitleri farklı bulunmuştur. Hamzadere çeltik çeşidi yaprakta toplam klorofil kapsam değeri bakımından diğer çeltik çeşitlerine göre en yüksek olan çeşittir. Ayrıca Hamzadere çeltik çeşidi incelenen bu özellik yönünden Biga incisi, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinden farklı bulunmuştur. Diğer yandan, Hamzadere ve Osmancık-97 çeşitleri arasında taze yaprakta toplam klorofil kapsamı bakımından fark istatistikse olarak önemli bulunmamıştır. Toprağa çinko sülfat uygulamasının (5.0 mg Zn kg⁻¹) taze yaprakta toplam klorofil kapsamına etkisi bütün çeltik çeşitlerinde benzer bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada, Humaira vd, (2015), JP-05, Swat-I, IRRI-6 ve Basmati-2000 çeltik çeşitlerini çimlendirilip, hidroponik ortamda yetiştirmiştir. Çinko dozlarının (0, 1.0 ve 2.0 µM) çeltik çeşitlerinde bitki boyu, ham protein, klorofil-a ve klorofil-b, toplam çinko ve demir kapsamı üzerindeki etkisi araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Araştırma bulguları neticesinde, 1.0 µM çinko dozu ilaveli ortamda IRRI-6 ve Basmati-2000 çeltik çeşitleri, JP-05 ve Swat-I çeltik çeşitlerine kıyasla daha yüksek bitki boyuna ulaşmıştır. 1.0 µM Zn dozunda ham protein içeriği JP-05 ve Basmathi 2000 çeltik çeşidinde maksimum seviyede iken; Swat-1 ve IRRI-6 çeltik

çeşidinde maksimum seviyeye 2.0 µM Zn dozunda ulaşmıştır. Çeltik yapraklarının klorofil-a ve klorofil-b içeriklerinde de bu duruma benzer bir olay gözlenmiştir.

Li vd (1999), çeltik bitkisinde klorofil içeriğinin ve net fotosentetik oranının Zn eksikliği nedeniyle önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir. Çinko, klorofilin biyosentez yolunda işlev görev bazı enzimlerin tetiklenmesinde önemli bir rol üstlenir (Ayad vd, 2010).

Mousavi (2011), Zn'nin yaprak veya topraktan uygulanmasının, klorofil biyosentezini arttırdığını bildirmiştir.

Çinko sülfat monohidratın toprağa uygulanma dozu arttıkça, çeltik bitkisinin taze yapraklarında toplam klorofil içeriğinin de arttığı bildirilmiştir (Arif vd, 2012).

Toprak veya yapraktan uygulanan çinkolu gübrelerin buğday (*Triticum spp.*) bitkisinde toplam klorofil içeriğini kontrol uygulamalarına (Zn:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.4.5. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.149'da verilmiştir.

Çizelge 5.149. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Karotenoid kapsamı (mg / g taze madde)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	0.32	0.54	0.43A
Osmancık-97	0.37	0.47	0.42A
Hamzadere	0.39	0.50	0.44A
Ronaldo	0.29	0.43	0.36B
Edirne	0.27	0.45	0.36B
Ortalama	0.32	0.47	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.150'de verilmiştir.

Çizelge 5.150. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta karotenoid kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	0.010**	1	0.167**	4	0.004	20	0.002

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.150'nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere taze yaprakta karotenoid kapsamına çeşidin ve çinko sülfat dozunun etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta karotenoid kapsamına çeşit×çinko sülfat dozu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çeltik çeşitlerinde çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) ile taze yaprakta karotenoid kapsamında artış sağlanmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta karotenoid kapsamları bakımından çeltik çeşitleri farklı bulunmuştur. Hamzadere çeltik çeşidi taze yaprakta karotenoid kapsam değeri bakımından diğer çeltik çeşitlerine göre en yüksek çeşit olmakla birlikte, Osmancık-97 ve Biga incisi çeşitleri ile yakınlık göstermiştir. Taze yaprakta karotenoid kapsamı bakımından Ronaldo ve Edirne çeşitleri birbirine yakın bulunmuş; ancak bu çeşitlerin diğer çeltik çeşitlerinden farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toprağa çinko sülfat uygulamasının (5.0 mg Zn kg⁻¹) taze yaprakta karotenoid kapsamı üzerine etkisi bütün çeltik çeşitlerinde benzer bulunmuştur.

Toprak veya yapraktan uygulanan çinkolu gübrelerin buğday (*Triticum spp.*) bitkisinde karotenoid içeriğini kontrol uygulamalarına (Zn:0) kıyasla arttırdığı bildirilmiştir (Kandoliya vd, 2018).

5.5.4.6. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.151'de verilmiştir.

Çizelge 5.151. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisi

Çeltik çeşidi	SPAD metre okuma değeri		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	29.0	33.8	31.45
Osmancık-97	29.2	30.8	30.01
Hamzadere	32.5	33.1	32.83
Ronaldo	31.5	34.2	32.88
Edirne	30.6	33.6	32.15
Ortalama	30.5	33.1	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.152’de verilmiştir.

Çizelge 5.152. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	8.467	1	48.641*	4	3.680	20	6.238

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.152’nin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine çinko sülfat dozunun etkisi p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerine çeşidin ve çeşit×çinko sülfat dozu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹), bütün çeltik çeşitlerinde taze yaprakta SPAD metre okuma değerlerini arttırmıştır. Ancak taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerleri bakımından çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toprağa çinko sülfat uygulamasının (5.0 mg Zn kg⁻¹) taze yaprakta ölçülen SPAD metre okuma değerlerine etkisi bütün çeltik çeşitlerinde benzer bulunmuştur. Rana ve Kashif (2014), toprağa uyguladıkları farklı çinko kaynaklarının (ZnSO₄·7H₂O, ZnO ve Zn-EDTA) çeltik bitkisinin taze

yapraklarında SPAD metre okuma değerlerini, kontrol uygulamasında (Zn:0) yetiştirilen bitkilerinkine kıyasla arttırdığını bildirmişlerdir.

5.5.4.7. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sap çinko alımına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta çinko alımına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.153'te verilmiştir.

Çizelge 5.153. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta çinko alımına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta çinko alımı (µg / saksı)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	265.95cd	505.09a	385.52A
Osmancık-97	263.77cd	276.61cd	270.19B
Hamzadere	189.55de	379.16abc	284.36B
Ronaldo	118.83e	162.76de	140.80C
Edirne	358.61bc	414.06ab	386.34A
Ortalama	239.34	347.53	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.154'te verilmiştir.

Çizelge 5.154. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sap çinko alımına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	61547.77**	1	87799.53**	4	14917.53*	20	5336.31

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.154 incelenmesinden anlaşılabacağı üzere sap çinko alımına çeşidin ve çinko sülfat dozunu etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, sap çinko alımına çeşit×çinko sülfat doz interaksyonunun etkisi p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel olarak, toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) çeltik çeşitlerinin sapta çinko alımını önemli derecede arttırmıştır. Sapta çinko alımı bakımından Biga

incisi ve Edirne çeşitleri ile Osmancık-97 ve Hamzadere çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte, Ronaldo çeşidinin sapta çinko alımı diğer çeltik çeşitlerine göre düşük olup, diğer çeltik çeşitlerinden farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toprağa çinko sülfat uygulamasının sapta çinko alımına etkisi çeltik çeşitlerine göre farklılık göstermiştir. Toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹), bütün çeltik çeşitlerinde sapta çinko alımını kontrole göre arttırmış; fakat bu artış Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş; fakat Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Dirasamy vd, (1988), yürüttükleri bir sera denemesinde sodyumlu toprakta çeltik bitkisi yetiştirmişlerdir. Toprağa 0, 10 ve 20 mg Zn kg⁻¹ uygulayan araştırmacılar çinko uygulamasındaki artışa bağlı olarak çeltik bitkisinde sapta Zn alımının arttığını belirlemişlerdir.

5.5.4.8. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.155'te verilmiştir.

Çizelge 5.155. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta toplam demir kapsamı (mg kg ⁻¹)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	80.7	75.5	78.13B
Osmancık-97	82.3	79.6	80.95B
Hamzadere	102.8	93.6	98.23A
Ronaldo	100.1	83.4	91.76A
Edirne	81.4	74.3	77.86B
Ortalama	89.4	81.2	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.156'da verilmiştir.

Çizelge 5.156. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	501.880**	1	501.843*	4	42.778	20	77.509

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.156'nın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere sapta toplam demir kapsamına çeşidin etkisi p<0.01 seviyesinde; çinko sülfat dozunun etkisi ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, sapta toplam demir kapsamına çeşit×çinko sülfat dozu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹), çeşitlerde sapta toplam demir kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Çeltik çeşitleri sapta toplam demir kapsamları bakımından farklı bulunmuştur. Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitleri sapta toplam demir kapsamları yönünden birbirlerine benzer olmakla birlikte diğer çeltik çeşitlerinden önemli derecede farklı bulunmuşlardır. Sapta toplam demir kapsamları bakımından Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, bu çeşitlerin sapta toplam demir kapsamları yönünden benzer oldukları görülmüştür.

Yapılan bir çalışmada; artan çinkolu gübrelemeye bağlı olarak çeltik bitkisinin demir kapsamının belirgin bir şekilde azaldığı rapor edilmiştir (Alpaslan ve Taban, 1996). Bitki kök bölgesinde Fe⁺³ ve Zn⁺² arasındaki absorpsiyon için oluşan rekabet, çinkolu gübreleme ile ortamda çinko konsantrasyonunun artmasıyla denge çinko lehine bozulmuş ve bitkinin demir alımı olumsuz yönde etkilenmiştir.

5.5.4.9. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.157'de verilmiştir.

Çizelge 5.157. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta aktif demir kapsamı (mg kg ⁻¹)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	62.4de	68.4bcd	65.43B
Osmancık-97	68.0cd	58.3e	63.15B
Hamzadere	77.7ab	77.3abc	77.50A
Ronaldo	79.6a	69.2bcd	74.41A
Edirne	68.0cd	58.2e	63.11B
Ortalama	71.1	66.2	

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.158’de verilmiştir.

Çizelge 5.158. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta aktif demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	274.147**	1	177.147*	4	81.118*	20	25.429

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.158’in incelenmesinden anlaşılabacağı üzere sapta aktif demir kapsamına çeşidin etkisi p<0.01 seviyesinde; çinko sülfat dozunun ve çeşit×çinko sülfat dozu interaksyonunun etkileri ise p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genel olarak, çeltik çeşitlerinde toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) sapta aktif demir kapsamını azaltmıştır. Sapta aktif demir kapsamı bakımından Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitleri benzer bir grup oluşturmuş, diğer benzer bir grubu da Hamzadere ve Ronaldo çeşitleri oluşturmuştur. Fakat ilk grubu oluşturan çeşitlerin sapta aktif demir kapsamı diğer grubu oluşturan çeşitlerden düşük olup, her iki grup arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toprağa çinko sülfat uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi çeşitlere göre farklı bulunmuştur. Toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) ile Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde sapta aktif demir kapsamı önemli derecede azalmıştır. Fakat Biga incisi ve Hamzadere çeşitlerinde toprağa çinko sülfat

uygulamasının sapta aktif demir kapsamına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

5.5.4.10. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisi

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5.159’da verilmiştir.

Çizelge 5.159. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisi

Çeltik çeşidi	Sapta toplam çinko kapsamı (mg kg ⁻¹)		
	Zn 0 (Kontrol)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (5.0 mg Zn kg ⁻¹)	Ortalama
Biga incisi	23.0	41.1	32.05A
Osmancık-97	22.2	26.7	24.45BC
Hamzadere	22.6	37.6	30.15AB
Ronaldo	17.3	24.6	20.98C
Edirne	25.1	35.4	30.35AB
Ortalama	22.0	33.0	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5.160’da verilmiştir.

Çizelge 5.160. Çeltik çeşitlerinde toprağa uygulanan çinko sülfatın sapta toplam çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları							
Çeşit		Çinko sülfat dozu		Çeşit × çinko sülfat dozu interaksyonu		Hata	
SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
4	131.355**	1	910.803**	4	46.101	20	28.727

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çizelge 5.160’ın incelenmesinden anlaşılabacağı üzere sapta toplam çinko kapsamına çeşidin ve çinko sülfat dozunun etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, sapta toplam çinko kapsamına çeşit×çinko sülfat dozu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Genel olarak, çeltik çeşitlerinde sapta toplam çinko kapsamı, toprağa çinko sülfat uygulaması (5.0 mg Zn kg⁻¹) ile önemli derecede artış göstermiştir. Sapta toplam

Çinko kapsamı bakımından eltik eřitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmakla birlikte, Ronaldo eřidinde sapta toplam çinko kapsamı diğerk çeřitlere kıyasla en dūřuk bulunmuřtur. Ayrıca Ronaldo eřidi sapta çinko kapsamı bakımından Edirne, Hamzadere ve Biga incisi eltik çeřitlerinden önemli derecede farklı bulunmuřtur. Diğerk yandan, bu çeřitte (Ronaldo) inko noksanlık riskinin yūkksek olduđu sōylenabilir. Bununla birlikte, sapta toplam çinko kapsamları bakımından Edirne, Biga incisi ve Hamzadere eřitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuřtur. Ek olarak, incelenen bu özellik yōnūnden Osmancık-97, Hamzadere ve Edirne eřitleri arasındaki fark ile Ronaldo ve Osmancık-97 eřitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuřtur. Çinko sūlfat uygulamasının (5.0 mg Zn kg⁻¹) sapta toplam çinko kapsamına etkisi būttūn eltik çeřitlerinde benzer bulunmuřtur.

Yapılan bir çalışmada; toprağa tatbik edilen inkolu gūbrenin (ZnSO₄·7H₂O formunda) artışına bağlı olarak eltik genotiplerinde çinko kapsamlarının arttığı bildirilmiştir (zcan ve Taban, 2012).

Dirasamy vd, (1988), yūrūttūkleri bir sera denemesinde sodyumlu toprakta eltik bitkisi yetiřtirmiřlerdir. Toprađa 0, 10 ve 20 mg Zn kg⁻¹ uygulayan arařtırıcılar çinko uygulamasındaki artıřa baėlı olarak eltik bitkisinin sapındaki toplam Zn kapsamının arttıėını belirlemiřlerdir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Kum Ortamında Yürütülen Denemelere İlişkin Sonuçlar

Kireçsiz kum ortamında demir noksanlığı (Fe:0) şartlarında yetiştirilen Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde kloroz derecesi şiddetli olup, bu çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri sırasıyla % 41.24 ve % 41.52 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde, kireç ilaveli kum ortamda demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen Hamzadere çeltik çeşidinde kloroz derecesi şiddetli olup, bu çeşidin demir noksanlığına tolerans indeks değeri % 53.19 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, incelenen çeltik çeşitleri arasında demir noksanlığına en hassas olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Kum kültürü ortamında kireçsiz şartlarda kontrole göre Fe-EDDHA içeren (45 μ M Fe) besin çözeltisi uygulaması ile bitki sap kuru madde miktarında en fazla artış Biga incisi çeşidinde görülmüş, bu çeşidi Hamzadere çeltik çeşidi takip etmiştir. Kireçsiz şartlarda Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinde kontrole göre Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artışlar birbirine yakın ve benzer bulunmuştur. Kireç ilaveli ortamda ise, Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranı, kireçsiz ortama göre oldukça düşük bulunmuştur.

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında, demir noksanlığı şartlarına göre, bütün çeltik çeşitlerinde Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulaması ile bitki sap kuru madde miktarında artış sağlanmıştır. Ancak bu artış oranları çeltik çeşitlerine göre farklılık göstermiştir.

Bentonitsiz kum ortamında toksik demir dozuna (3.50 mM Fe) tolere indeks değerlerine göre çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 > Hamzadere > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. İncelenen çeltik çeşitleri içerisinde, Ronaldo çeşidi toksik demir dozuna ya da demir toksisitesine en hassas çeşit olarak tespit edilmiştir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir dozuna tolere indeks değeri en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Ayrıca, bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir dozuna tolere indeks değerlerine göre çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 >

Ronaldo > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuç dikkate alındığında, Biga incisi çeltik çeşidinin diğer çeşitlere kıyasla demir toksisitesine daha dayanıklı olduğu düşünülmüştür.

Gözlem değerlendirmesine göre, Biga incisi çeltik çeşidinin demir toksisite derece puanı (3) olup, diğer çeşitlere kıyasla daha iyi bulunmuştur. Diğer çeltik çeşitlerinin demir toksisitesine şiddet derecesi puanlaması; Osmancık (5), Hamzadere ve Edirne (7), Ronaldo (9) olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, çeşitler arasında demir toksisitesine en dayanıksız çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir. Gözleme dayalı belirlenen bu sonuçlar, hesaplama ile bulunan demir toksisitesine tolerans indeks değerleri ile paralellik göstermiştir.

Demir toksisitesi (3.50 mM Fe) şartlarında yetiştirilen Biga incisi çeşidinde; katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri; Osmancık-97 çeşidinde, glutatyon redüktaz enzim aktivitesi; Hamzadere çeşidinde, katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri; Ronaldo çeşidinde, askorbat peroksidaz aktivitesi; Edirne çeşidinde, glutatyon redüktaz enzim aktivitesi artış göstermiştir. Bitkilerde demir toksisitesinin etkisinin hafifletilmesinde artan antioksidan enzim aktivitelerinin etkili olduğu düşünülmüştür.

Çinko sülfatlı (2 µM Zn) besin çözeltisi uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarında en yüksek artış oranı % 29.09 olup, Osmancık-97 çeltik çeşidine ait bulunmuş; buna karşın, en düşük artış oranı ise % 14.71 olup, Hamzadere çeşidine ait bulunmuştur. Çinko sülfatlı besin çözeltisi uygulaması sonucu bitki sap kuru madde miktarında sağlanan artış oranları dikkate alındığında çeşitler sırasıyla; Osmancık-97 (% 29.09) > Edirne (% 22.55) > Ronaldo (% 21.10) > Biga incisi (% 19.86) > Hamzadere (% 14.71) şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuçlar, Osmancık-97 çeltik çeşidinin çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulamasına diğer çeşitlere kıyasla daha fazla respons gösterdiğini ve ayrıca bu çeşidi Edirne çeşidinin takip ettiğini; buna karşın, Hamzadere çeltik çeşidinin ise daha az respons gösterdiğini ortaya koymuştur.

Çinko noksanlığı (Zn:0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri bitki sap kuru madde miktarı bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Biga > Hamzadere > Osmancık-97 > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, çinko noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeşitler arasında en fazla bitki sap kuru madde

miktarına sahip olan çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en az bitki sap kuru madde miktarına sahip çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmüştür.

Diğer yandan, çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri bitki sap kuru madde miktarı bakımından büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere ~ Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, çinko sülfat içeren besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler arasında en fazla bitki sap kuru madde miktarına sahip olan çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en az bitki sap kuru madde miktarına sahip çeşidin ise Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitleri olduğu görülmüştür.

Kireçsiz kum kültürü ortamında yeterli çinko dozuna (2 µM Zn) tolere indeks değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne çeşitleri şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, çeşitler arasında yeterli çinko dozunu kireçsiz kum ortamında en iyi tolere eden çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en az tolere eden çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir.

Diğer yandan, kireç ilaveli kum kültürü ortamında ise yeterli çinko dozuna tolere indeks değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Biga incisi > Hamzadere > Osmancık-97 > Ronaldo çeşitleri şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, çeşitler arasında yeterli çinko dozunu kireç ilaveli kum ortamında en iyi tolere eden çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en az tolere eden çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir.

Kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamı koşullarında yetiştirilen Ronaldo çeltik çeşidi, görsel teşhis yoluyla çinko noksanlığı semptomları yönünden 3. derecede (hafif bodurlaşma, kardeşlenme az, bazı yaprakların bazal kısımları kahverengi ya da sarı) tanımlanmıştır. Bu çeşidin çinko noksanlığına tolerans indeks değeri kireçsiz ve kireç ilaveli kum ortamında sırasıyla % 71.60 ve % 71.79 olarak hesaplanmıştır. Diğer çeşitler görsel teşhise dayalı çinko noksanlığı semptomları yönünden 2. Derecede (gelişme ve kardeşlenme normal, yaprakların bazal kısmında hafif yeşil rengin kaybolması) tanımlanmıştır.

Demir noksanlığı (Fe:0) şartlarında incelenen 22 özellik bakımından 5 farklı çeltik çeşidinin 2 ana grupta toplandığı görülmüştür. Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri birinci grubu oluştururken; Ronaldo ve Edirne çeşitleri diğer ikinci grubu

oluşturmuştur. Hamzadere çeşidi ise Ronaldo ve Edirne çeşitlerinin oluşturduğu ikinci gruba daha yakın bulunmuştur. Demir noksanlığı şartlarında incelenen özellikler bakımından birbirine en yakın iki çeltik çeşidinin Biga incisi ve Osmancık-97 çeşitleri (uzaklık düzeyi 24.264) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Hamzadere (uzaklık düzeyi 70.038) çeşitleri olduğu tespit edilmiştir.

Çinko noksanlığı (Zn:0) şartlarında incelenen 15 özellik bakımından 5 farklı çeltik çeşidinin 2 ana grupta toplandığı görülmüştür. Biga incisi ve Edirne çeşitleri birinci grubu; Osmancık-97 ve Hamzadere çeşitleri diğer ikinci grubu oluşturmuştur. Ronaldo çeşidi ise Osmancık-97 ve Hamzadere çeşitlerinin oluşturduğu ikinci gruba daha yakın bulunmuştur. Çinko noksanlığı şartlarında incelenen özellikler bakımından birbirine en yakın iki çeltik çeşidinin Biga incisi ve Edirne çeşitleri (uzaklık düzeyi 15.82) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Osmancık-97 (uzaklık düzeyi 56.70) çeşitleri olduğu tespit edilmiştir.

Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) incelenen 19 özellik bakımından 5 farklı çeltik çeşidinden Hamzadere ve Edirne çeşitleri bir grup oluşturmuş; ayrıca bu çeşitler, Biga incisi çeşidine yakın bulunmuştur. Diğer yandan, Biga incisi çeltik çeşidi ise Osmancık-97 çeşidine yakın bulunmuştur. Ek olarak, Ronaldo çeşidi ise Osmancık-97 çeltik çeşidine yakın bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde incelenen özellikler bakımından birbirine en yakın iki çeltik çeşidinin Hamzadere ve Edirne çeşitleri (uzaklık düzeyi 21.61) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Ronaldo (uzaklık düzeyi 61.99) çeşitleri olduğu tespit edilmiştir.

6.2. Toprak Ortamında Yürütülen Denemelere İlişkin Sonuçlar

Saksı toprağına Fe-EDDHA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), bitki sap kuru madde miktarını Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde arttırmış; fakat bu artış sadece Hamzadere çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, Biga incisi, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitlerinde toprağına Fe-EDDHA uygulaması bitki sap kuru madde miktarını azaltmış; fakat bu azalma sadece Edirne çeltik çeşidinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Saksı toprağına Fe-III EDTA uygulaması (7.0 mg Fe kg⁻¹), bitki sap kuru madde miktarını sadece Hamzadere çeltik çeşidinde önemli derecede arttırmıştır. Diğer yandan, toprağına Fe-III EDTA uygulaması bitki sap kuru madde miktarını Biga incisi

ve Edirne çeltik çeşitlerinde önemli derecede azaltmıştır. Osmancık-97 çeltik çeşidinde ise toprağa Fe-III EDTA uygulamasının bitki sap kuru madde miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ek olarak, Ronaldo çeltik çeşidinde toprağa Fe-III EDTA uygulaması kontrole göre bitki sap kuru madde miktarını arttırmış; ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa çinko sülfat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) uygulaması ($5.0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$), Biga incisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarını arttırmış; fakat bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Aynı şekilde, diğer çeltik çeşitlerinde toprağa çinko sülfat uygulaması bitki sap kuru madde miktarını azaltmış; fakat bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Diğer bir ifadeyle, çeltik çeşitlerinde bitki sap kuru madde miktarına çinko sülfat uygulamasının etkisi önemli bulunmamıştır.

6.3. Öneriler

Bu çalışmada incelenen çeltik çeşitlerinin demir ve çinko noksanlığına ve demir toksisitesine toleranslarının arazi koşullarında da doğrulanmasına gereksinim duyulmaktadır.

Yetiştiriciliği yapılan diğer çeltik çeşitlerinde de demir ve çinko noksanlığına ve demir toksisitesine dayanıklı çeltik çeşitlerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmalı ve araştırma sonucuna göre belirlenen çeşitlerin, demir ve çinko minerali bakımından noksan arazilerde yetiştirilmesi konusunda çiftçileri bilinçlendirmek gerekmektedir.

Fe eksikliğine toleranslı çeltik çeşitlerinin tespitinde, bitkide mugineik asitlerin biyosentezi ve Fe (III) ferrik redüktaz aktivitesinin artırılması ve ayrıca Fe homeostazı ile ilgili genleri kontrol eden transkripsiyon faktörlerinin ekspresyonunu iyileştiren çalışmalara odaklanmak gerekmektedir.

Bitkide Zn eksikliği, toprağa veya bitkiye Zn bileşikleri ilave edilerek düzeltilebilir, ancak çinko eksikliğinin üstesinden gelmek adına çinkolu gübrelerin toprağa ya da bitkiye yeterli miktarda uygulanması ile ilgili yüksek maliyet, çiftçiler için büyük bir yük oluşturmaktadır. Bu nedenle çeltik çeşitlerinde Zn eksikliğine toleranslı çeşitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalara ağırlık verilmesi gerekir.

Bitkide Fe^{+2} toksisitesini önlemede indirgenmiş Fe^{+2} 'nin oksitlenmesi için periyodik yüzey drenajın sağlanması, asit karakterli topraklarının kireçlenmesi, yeterli ve dengeli miktarda gübre kullanımı ve demir toksikliğine toleranslı bitki genotiplerinin seçimi gibi hususlara öncelik verilmelidir.



KAYNAKLAR

- Abifarin, A.O. 1989. "Progress in breeding for tolerance to iron toxicity". In WARDA (West Africa Rice Development Association) Annual Report for 1989, p.34-39. Bouake, Cote d'Ivoire: West Africa Rice Development Association.
- Abraham, M. J. and Pandey, D. K. 1989. Performance of selected varieties and advanced generation genotypes in rainfed lowland iron toxic soil. *International Rice Research Newsletter*, 14, 21-21.
- Abu, M. B., Tucker, E. S., Harding, S. S. and Sesay, J. S. 1989. Cultural practices to reduce iron toxicity in rice. *International Rice Research Newsletter*, 14, 19-19.
- Aktaş, M. 1994. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği (2. baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1361, Ankara.
- Allen, B. L. and Hajek, B. F. 1989. Mineral occurrence in soil environments. In J. B. Dixon, & S. B. Weed (Eds.), *Minerals in Soil Environments*, 199-278. Madison, WI: Soil Science Society of America.
- Alloush, G. A., J. Le Bot, J., Sanders, F. E. and Kirby, E. A. 1990. Mineral nutrition of chickpea plants supplied with NO_3^- or NH_4^+ -N. Ionic balance in relation to iron stress, *Journal of Plant Nutrition*, 13, 1575-1590.
- Alloway, B. J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association, 130, Brussels.
- Alloway, B. J. 2008. Zinc in soils and crop Nutrition, 2nd Edn. International Zinc Association, Brussels and International Fertilizer Industry Association, Paris.
- Alpaslan, M. ve Taban, S. 1996. Çeltik (*Oryza Sativa* L.)'te çinko-demir ilişkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(1), 45-49.
- Amako, K., Chen, G-X. and Asada, K. 1994. Separate assays specific for ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase and for the chloroplastic and cytosolic isozymes of ascorbate peroxidase in plants. *Plant Cell Physiol*, 35, 497-504.
- Amanullah, M. M, Archana, J., Manoharan, S. and Subramanian, K. S. 2012. Influence of iron and AM inoculation on metabolically active iron, chlorophyll content and yield of hybrid maize in calcareous soil. *Journal of Agronomy*, 11(1), 27-30.
- Ananieva E. A., Alexieva, V. S. and Popova, L. P. 2002. Treatment with salicylic acid decreases the effects of paraquat on photosynthesis. *Journal of Plant Physiology*, 159, 685-693.
- Andiç, E. 2011. Buğday'da kükürt-demir ve kükürt-çinko beslenmesinin mikro besin elementi ve azot konsantrasyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 121, Adana.

- Andreini, C., Banci, L. and Rosato, A. 2006. Zinc through the three domains of life. *Journal of Proteome Research*, 5, 3173-3178.
- Apel, K. H. and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373-399.
- Arif, M., Shehzad, M. A., Bashir, F., Tasneem, M., Yasin, G. And Iqbal, M. 2012. Boron, zinc and microtone effects on growth, chlorophyll contents and yield attributes in rice (*Oryza sativa* L.) cultivar *African Journal of Biotechnology*, 11(48), 10851-10858.
- Armstrong, W. 1979. Aeration in higher plants. *Advence in Botanical Research*, 7, 226-332.
- Armstrong, W., Beckett, P.M., Justin, SHFW. and Lythe, S. 1991. Modelling, and other aspects of root aeration by diffusion. In: Jackson MB, Davies DD, Lambers H, eds. *Plant life under oxygen deprivation ecology, physiology and biochemistry*. The Hague, 267-282, Netherlands SPB Academic Publishing.
- Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiol*, 24, 1-12.
- Asch, F., Becker, M. and Kpongor, D. S. 2005. A quick and efficient screen for resistance to iron toxicity in lowland rice. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 764-773.
- Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance, Environmental and *Experimental. Botany*, 59, 206-216.
- Atulba, S. L., Gutierrez, J., Kim, G. W., Kim, S. Y., Khan, M. I., Lee, Y. K. and Kim, P. J. 2015. Evaluation of rice root oxidizing potential using digital image analysis. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 58, 463-471.
- Audebert, A. and Sahrawat, K.L. 2000. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. *Journal of Plant Nutrition*, 23(11-12), 1877-1885
- Audebert, A., Narteh, L. T., Kiepe, P., Miller, D. and Beks, B. 2006. Iron Toxicity in Rice-based Systems in West Africa. *Africa Rice Centre (WARDA)*, 175, Cotonou, Benin.
- Audebert, A. and Fofana, M. 2009. Rice yield gap due to iron toxicity in West Africa. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195, 66-76.
- Ayad, H. S., Reda, F. and Abdalla M. S. A. 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*, 6, 601- 608.
- Aydeniz, A., Danışman, S. and Brohi, A. R. 1988. Efficiency of different sources and method of application of zinc fertilizer to flooded rice. *Cumhuriyet Üniversitesi Tokat Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4, 127-146.

- Ayotade, K. A. 1979. Reaction of some rice varieties to iron toxicity in flooded strongly acid ferrallitic soil in Nigeria. *WARDA (West Africa Rice Development Association) Technology Newsletter*, 1, 11-11.
- Bacha, R. E. and Hossner, L. R. 1977. Characteristics of coating formed on rice roots as affected by iron and manganese additions. *Soil Science Society of America Journal* 41, 931-935.
- Bailly, C., Bogatek-Leszczynska, R., Come, D. and Corbineau, F. 2002. Changes in activities of antioxidant enzymes and lipoxygenase during growth of sunflower seedlings from seeds of different vigour. *Seed Science Research*, 12, 47-55.
- Bashir, K., Ishimaru, Y. and Nishizawa, N. K. 2010. Iron uptake and loading into rice grains. *Rice*, 3, 122-130.
- Bashir, K., Ishimaru, Y., Shimo, H., Nagasaka, S., Fujimoto, M., Takanashi, H., Tsutsumi, N., An, G., Nakanishi, H. and Nishizawa, A.K. 2011b. The rice mitochondrial iron transporter is essential for plant growth. *Nature Communications*, 2, 322.
- Bashir, K., Nozoye, T., Ishimaru, Y., Nakanishi, H. and Nishizawa, N. K. 2013. Exploiting new tools for iron bio-fortification of rice. *Biotechnology Advances*, 31, 1624-1633.
- Bashir, K., Hanada, K., Shimizu, M., Seki, M., Nakanishi, H. and Nishizawa, N. K. 2014. Transcriptomic analysis of rice in response to iron deficiency and excess. *Rice*, 7, 18.
- Bates, L., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- Batty, L. C., Baker, A. J. M., Wheeler, B. D. and Curtis, C. D. 2000. The effect of pH and plaque on the uptake of Cu and Mn in *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex. Steudel. *Annals of Botany*, 86, 647-653.
- Batty, L. C., Baker, A. J. M. and Wheeler, B. D. 2002. Aluminum and phosphate uptake by *Phragmites australis*: the role of Fe, Mn and Al root plaques. *Annals of Botany*, 89, 443-449.
- Becana, M., Moran, J. F., Iturbe-Ormaetxe, I. and Escuredo, P. R. 1998. Iron-dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection. *Plant Soil*, 201(1), 137-147. doi: 10.1023/A:1004375732137
- Becker, M. and Asch, F., 2005. Iron Toxicity – Conditions and management concepts. *Journal of Plant Nutrition and. Soil Science*, 168, 558-573.
- Begg, C. B. M., Kirk, G. J. D., Mackenzie, A. F. and Neue, H. U. 1994. Root-induced iron oxidation and pH changes in the lowland rice rhizosphere. *New Phytologist*, 128, 469-477.

- Benckiser, G., Ottow, J. C. G., Santiago, S. and Watanabe, I. 1983. Iron toxicity- Effect of phosphorus, potassium, calcium and magnesium fertilization on rhizoflora, redox potential and iron uptake by different rice varieties (*Oryza sativa* L.). *Landw. Forschung*, 36, 285-299.
- Bienfait, H. F., De Weger, L. A. and Kramer, D. 1987. Control of development of iron-efficiency reactions in potato as a response to iron deficiency is located in the roots. *Plant Physiology*, 83, 244-247.
- Bienfait, H. F. 1989. Prevention of stress in iron metabolism of plants. *Acta Botanica Neerlandica*, 38, 105-129.
- Black, R. E., Allen, L. H., Bhutta, Z. A., Caulfield, L. E., de Onis, M., Ezzati, M., Mathers, C. and Rivera, J. 2008. Maternal, and child undernutrition study g maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *Lancet*, 371(9608), 243-260.
- Bloomfield, C. 1969. Sulfate reduction in waterlogged soils. *European Journal of Soil Science*, 20, 207-221.
- Bode, K., Döring, O., Luthje, S., Neue, H. U. and Bottger, M. 1995. The role of active oxygen in iron tolerance of rice (*Oryza sativa* L.). *Protoplasma*, 184, 249-255.
- Bodek, I. 1988. Environmental Inorganic Chemistry: Properties, Processes, and Estimation Methods; Pergamon Press: Elmsford, NY, USA, ISBN 0080368336.
- Bohm, W. 1979. Methods of studying root systems, 188, Springer Verlag, Berlin.
- Bouyoucos, G. L. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, (43), 434-438.
- Bouzayen, M., Felix, G., Latche, A., Pech, J. C. and Boller, T. 1991. Iron: an essential co factor for the conversion of 1-aminocyclopropane-1- carboxylic acid to ethylene. *Planta*: 184, 244-247.
- Bowen, J. E. 1986. Kinetics of zinc uptake by two rice cultivars. *Plant and Soil*, 94, 99-107.
- Bremner, J. M. and Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. Eds., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 595-624, Madison, Wisconsin.
- 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
- Broadley, M., White, P., Hammond, J., Zelko, I. and Lux, A. 2007. Zinc in plants. *New Phytologist*, 173, 677-702.
- Brohi, A. R., Aydeniz, A., Karaman, M. R. and Erşahin, S. 1994. Bitki Besleme. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayın No:4, 105-106, Tokat.

- Brouquisse, R., Gaillard, J. and Douce, R. 1986. Electron paramagnetic resonance characterization of membrane bound iron-sulfur clusters and aconitase in plant mitochondria. *Plant Physiology*, 81, 247-252.
- Brummer, G. 1974. Redoxpotentiale und Redoxprozesse von Mangan, Eisen-und Schwefelverbindungen in hydromorphen Böden und Sedimenten. *Geoderma*, 12(207), 222.
- Bughio, N., Yamaguchi, H., Nishizawa, N., Nakanishi, H. and Mori, S. 2002. Cloning an iron-regulated metal transporter from rice. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1677-1682.
- Butterbach-Bahl, K., Papen, H., Rennenberg, H., 2000. Scanning electron microscopy analysis of the aerenchyma in two rice cultivars. *Phyton Annales Rei Botanicae*, 40, 43-55.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S. and Aras, S. 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2), 97-110.
- Cayton, M. T. C., Reyes, E. D. and Neue, H. U. 1985. Effect of zinc fertilization on the mineral nutrition of rices differing in tolerance to zinc deficiency. *Plant Soil*, 87, 319-327.
- Cazzonelli, C. I. 2011. Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Functional Plant Biology*, 38(11), 833-847.
- Chabbi, A. 1999. *Juncus bulbosus* as a pioneer species in acidic lignite mining lakes: interactions, mechanism and survival strategies. *New Phytologist*, 144, 133-142.
- Chalmardi, Z. K., Abdolzadeh, A. and Sadeghipour, H. R. 2014. Silicon nutrition potentiates the antioxidant metabolism of rice plants under iron toxicity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(2), 493-502.
- Chandel, G., Banerjee, S. and Chandel, G. 2011. Understanding the role of metal homeostasis related candidate genes in Fe/Zn uptake, transport and redistribution in rice using semi-quantitative RT-PCR. *Journal of Plant Molecular Biology and Biotechnology*, 2, 33-46.
- Chaney, R. L., Brown, J. C. and Tiffin, L. O. 1972. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybean. *Plant Physiology*, 50, 208-213.
- Chapman, H. D. 1996. Zinc. In: Chapman HD, ed. Diagnostic criteria for plants and soils. California, CA, USA: Division of Agricultural Science, University of California, 484-499.
- Chaudhary, S. K., Thakur, S. K. and Pandey, A. K. 2007. Response of wet land rice to nitrogen and zinc. *Oryza*, 44(1), 31-34.
- Chaudière, J. and Ferrari-Iliou, R. 1999. Intracellular antioxidants: From chemical to biochemical mechanisms. *Food and Chemical Toxicology*, 37(9-10), 949-62.

- Chen, C. C., Dixon, J. B. and Turner, F. T. 1980. Iron coatings on rice roots: morphology and models of development. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 1113-1119.
- Chen, L., Zhao, X., Ding, C., Wang, S. and Ding, Y. 2014. Physiological and molecular responses under Fe deficiency in two rice (*Oryza Sativa*) genotypes differing in iron accumulation ability in seeds. *Journal of Plant Regulation*, 33, 769-777.
- Chen, L., Ding, C., Zhao, X., Xu, J., Mohammad, A. A., Wang, S. and Ding, Y. 2015. Differential regulation of proteins in rice (*Oryza sativa* L.) under iron deficiency. *Plant Cell Reports*, 34, 83-96.
- Chen, R. F., Shen, R. F., Gu, P., Dong, X. Y., Du, C. V. and Ma, J. F. 2006. Response of rice (*Oryza Sativa*) with root surface iron plaque under aluminium stress. *Annals of Botany*, 98, 389-395.
- Chérif, M., Audebert, A., Fofana, M. and Zouzou, M. 2009. Evaluation of iron toxicity on lowland irrigated rice in West Africa. *Tropicultura*, 27, 88-92.
- Chou, T-S., Chao, Y-Y., Huang, W-D. and Hong, C-Y. 2011. Effect of magnesium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 168(10), 1021-1030.
- Chukupee, Z. 2015. Genetic variation of iron toxicity tolerance in lowland rice (*Oryza sativa* L.) varieties, 56, A Dissertation Submitted In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree of Masters of Science in Crop Science of Sokoine University of Agriculture. Morogoro, Tanzania.
- Clemens, S. 2006. Evolution and function of phytochelatase synthases. *Journal of Plant Physiology*, 163, 319-332.
- Coleman, J. E. 1998. Zinc enzymes. *Current Opinion in Chemical Biology*, 2, 222-234.
- Corpas, F. J., Palma, J. M., Sandalio, L. M., López-Huertas, E., M. C. Romero-Puertas, M. C., Barroso, J. B. and Del Río, L. A. 1999. Purification of catalase from pea leaf peroxisomes: identification of five different isoforms. *Free Radical Research*, 31, 235-241.
- Coulombe, B. A., Chaney, R. L., and Wiebold, W. J. 1984. Bicarbonate directly induces iron chlorosis in susceptible soybean cultivars. *Soil Science and Society of America Journal*. 48, 1297-1301.
- Çağlar, K. Ö. 1949. Toprak Su Koruma Mühendisliği. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No: 108, Adana.
- Çakmak, I., Strbac, D. and Marschner, H., 1993. Activities of hydrogen peroxide-scavenging enzymes in germinating wheat seeds. *Journal of Experimental Botany*, 44, 127-132.

- Çakmak, I., Torun, B., Erenoglu, B., Ozturk, B., Marschner, H., Kalayci, M., Ekiz, H. and Yilmaz, A. 1998. Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency. *Euphytica*, 100, 349-357.
- Çakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 185-205.
- Çakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil*, 302, 1-17.
- Das, K. and Roychoudhury, A. 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental Science*, 2, 53
- Daşgan, H. Y., Romheld, V., Çakmak, I. and Abak, K. 2002. Physiological root responses of iron deficiency susceptible and tolerant tomato genotypes and their reciprocal F1 hybrids. *Plant and Soil*, 241, 97-104.
- Daşgan, H. Y., Öztürk, L., Abak, K. and Çakmak, I. 2003. Activities of iron-containing enzymes in leaves of two tomato genotypes differing in their resistance to Fe chlorosis. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 1997-2007.
- De Datta, S. K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- de Dorlodot, S., Lutts, S. and Bertin, P. 2005. Effects of ferrous iron toxicity on the growth and mineral composition of an interspecific rice. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 1-20.
- Deiana, S., Premoli A., Senette, C. and Gessa, C. 2003. Role of uronic acid polymers on the availability of iron to plants. *Journal of Plant Nutrition*, 26(10-11), 1927-1941.
- Dekock, P. C., Commisiong, K., Farmer, V. C. and Inkson, R. H. E. 1960. Interrelationships of catalase, peroxidase, hematin and chlorophyll. *Plant Physiology*, 35, 599-604.
- Demirevska, K., Simova-Stoilova, L., Fedina, I., Georgieva, K. and Kunert, K. 2010. Response of oryzacystatin I transformed tobacco plants to drought, heat and light stress, *Journal of Agronomy Crop Science*, 196, 90-99.
- Deng, D., Wu, S. C., Wu, F. Y., Deng, H. and Wong, M. H. 2010. Effects of root anatomy and Fe plaque on arsenic uptake by rice seedlings grown in solution culture. *Environmental Pollution*, 158, 2589-2595.
- Deng, H., Ye, Z. H. and Wong, M. H. 2009. Lead, zinc and iron (Fe²⁺) tolerances in wetland plants and relation to root anatomy and spatial pattern of ROL. *Environmental and Experimental Botany*, 65, 353-362. doi:10.1016/j.envexpbot.2008.10.005.
- Dhanda, S. S. and Sethi, G. S. 1998. Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum Aestivum*). *Euphytica*, 104, 39-47.

- Dhindsa, R. S. and Mathowe, W. 1981a. Drought tolerance in two mosses: correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation. *Journal of Experimental Botany*, 32(1), 79-91.
- Dhindsa, R. S., Plumb-Dhindsa, P. and Throne, T. A. 1981b. Leaf senescence correlated within creased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32, 93-101.
- Diplock, A., 1998. Healty Lifestyles Nutrition and Physical Activity, Antioxidant Nutrients, ILSI Europe Concise Monograph Series, 59.
- Dirasamy, P., Kothandaraman, G. V. and Chellamathu, S. 1988. Effect of amendmets and zinc on the availability, content and uptake of zinc and iron by rice bhavani in sodic soil. *Madras Agricultural Journal*, 75(3-4), 119-124, India.
- Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Dos Santos, R. S., de Araujo Júnior, A. T., Pegoraro, C. and de Oliveira, A. C. 2017. Dealing with iron metabolism in rice: From breeding for stress tolerance to biofortification. *Genetics and Molecular Biology*, 40, 312-325.
- Droillard, M. J. and Paulin, A. 1990. Isoenzymes of superoxide dismutase in mitochondria and peroxisomes isolated from petals of cernation (*Dianthus caryphyllus*) during senescence. *Plant Physiology*, 94, 1187-1192.
- Dufey, I., Hakizimana, P., Draye, X.; Lutts, S. and Bertin, P. 2009. QTL mapping for biomass and physiological parameters linked to resistance mechanisms to ferrous iron toxicity in rice. *Euphytica*, 167, 143-160.
- Eide, D., Broderius, M., Fett, J., and Guerinot, M. L. 1996. A novel iron-regulated metal transporter from plants identified by functional expression in yeast. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 5624-5628.
- Ellsworth, J. W., Jolley, D. V., Nuland, D. S. and Blaylock, A. D. 1997. Screening for resistance to iron deficiency chlorosis in dry bean using iron reduction capacity. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1489-1502.
- Emerson, D., Weiss, J. V. and Megonifal, J. P. 1999. Iron-oxidizing bacteria are associated with ferric hydroxide precipitates (Fe-plaque) on the roots of wetland plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 2758-2761.
- Engel, K., Asch, F. and Becker, M. 2012. Classification of rice genotypes based on their mechanisms of adaptation to iron toxicity. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 7(6), 871-881.
- Epstein, E., and Bloom, A. J. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, 2nd Edn. Sunderland, MA: Sinauer.

- Estevez, M. S., Malanga, G. and Puntarulo, S. 2001. Iron-dependent oxidative stress in *Chlorella vulgaris*. *Plant Science*, 161, 9-17.
- Fageria, N. K., Barbosa Filho, M. P. and Carvalho, J. R. P. 1981. Influence of iron on growth and absorption of P, K, Ca and Mg by rice plant in nutrient solution. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 16, 483-488.
- Fageria, N. K. 1988. Influence of iron on nutrient uptake by rice. *International Rice Research Newsletter*, 13, 20-21.
- Fageria, N. K., Slaton, N. A. and Baligar, V. C. 2003a. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. *Advances in Agronomy*, 80: 63-152.
- Fageria, N. K., Santos, A. B., Barbosa Filho, M. P. and Guimarães, C.M. 2008. Iron toxicity in lowland rice. *Journal of Plant Nutrition*, 31(9), 1676-1697.
- Fairhurst, T. H. and Witt, C., 2002. Rice: A practical guide to nutrient management. The International Rice Research Institute, Manila, The Philippines.
- Fanning, D.S. and Fanning, M. C. B. 1989. Soil: Morphology, Genesis, and Classification. John Wiley & Sons, New York, NY.
- FAO, 2015. World food and agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fernandez, V. and Ebert, G. 2005. Foliar iron fertilization: a critical review. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 2113-2124.
- Fernandez, V., Del Rio, V., Abadia, J. and Abadia, A. 2006. Foliar iron fertilization of Peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant Soil*, 289, 239-252.
- Flessa, H. and Fischer, W. R. 1992. Plant-induced changes in the redox potentials of rice rhizosphere. *Plant Soil*, 143, 55-60.
- Forno, D. A., Yoshida, S. and Asher, C. J. 1975. Zinc deficiency in rice I. Soil factors associated with the deficiency. *Plant Soil*, 42, 537-550.
- Foyer, C. H., Lopez-Delgado, H., Dat, J. F. and Scott, I. M. 1997. Hydrogen peroxide- and glutathione-associated mechanisms of acclimatory stress tolerance and signalling. *Physiol Plant*, 100, 241-254.
- Franzen, D. W., and Richardson, J. L. 2000. Soil factors affecting iron chlorosis of soybean in the Red River Valley of North Dakota and Minnesota. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 67-78.
- Frei, M., Wang, Y., Ismail, A. M. and Wissuwa, M. 2010. Biochemical factors conferring shoot tolerance to oxidative stress in rice grown in low zinc soil. *Functional Plant Biology*, 37, 74-84.

- Frenzel, P. and Bosse, U. 1999. Rice roots and methanogenesis in a paddy soil: ferric iron as an alternative electron acceptor in rooted soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 421-430.
- Gallie, D. R. 2013. Increasing vitamin C content in plant foods to improve their nutritional value-successes and challenges. *Nutrients*, 5, 3424-3446. doi: 10.3390/nu5093424
- Gao, X., Zou, C. and Van der Zee, S. 2005. Tolerance to zinc deficiency in rice correlates with zinc uptake and translocation. *Plant and Soil*, 278(1), 253-261.
- Gao, X., Zhang, F. and Hoffland, E. 2009. Malate exudation by six aerobic rice genotypes varying in zinc uptake efficiency. *Journal of Environmental Quality*, 38, 2315-2321.
- Gençtan, T., Çölgeçen, M., ve Başer, İ. 1995. Sıcak İklim Tahılları Tüketim Projeksiyonları ve Üretim Hedefleri. Türkiye Ziraat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi, 9-13 Ocak 1995, sayfa: 429-448.
- Genon, J. G., Delvaux, B. and Hennebert, P. 1994. Redox conditions and iron chemistry in highland swamps of Burundi. *Plant and Soil*, 166, 165-171.
- Giehl, R. F. H., Lima, J. E. and von Wirén, N. 2012. Localized iron supply triggers lateral root elongation in *Arabidopsis* by altering the AUX1-mediated auxin distribution. *Plant Cell*, 24, 33-49.
- Gill, S. S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909-930.
- Glaszman, J. C. 1987. Isoenzymes and classification of Asian rice varieties. *Theoretical and Applied Genetics*, 74, 21-30.
- Goldschmidt, V. M. 1954. Geochemistry. Oxford University Press, (Clarendon) London and New York.
- Goos, R. Y. and Johnson, B. E. 2000. A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. *Agronomy Journal*, 92(6), 1135-1139.
- Graham, R. D., Ascher, J. S. and Hynes, S. C. 1992. Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. *Plant and Soil*, 146, 241-250.
- Graham, R. D and Welch, R. M. 1996. Breeding for staple-food crops with high micronutrient density: Agricultural strategies for micronutrients, Working papers 3. Washington, DC., USA: International Food Policy Institute.
- Graham, R. D., Senadhira, D., Beebe, S. E., Iglesias, C. and Ortiz-Monasterio, I. 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field Crops Research*, 60, 57-80.

- Green, M. S. and Etherington, J. R. 1977. Oxidation of ferrous iron by rice (*Oryza sativa* L.) roots: A mechanism for waterlogging tolerance?. *Journal of Experimental Biology*, 28, 678-690.
- Greipsson, S., Crowder, A.A. 1992. Amelioration of copper and nickel toxicity by Fe plaque on roots of rice (*Oryza sativa*). *Canadian Journal of Botany*, 70, 824-830.
- Greipsson, S. 1994. Effects of iron plaque on roots of rice on growth and metal concentration of seeds and plant tissues when cultivated in excess copper. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25, 2761-2769.
- Greipsson, S. 1995. Effect of iron plaque on roots of rice on growth of plants in excess zinc and accumulation of phosphorus in plants in excess copper or nickel. *Journal of Plant Nutrition*, 18, 1659-1665.
- Gridley, H.E., Efisue, A., Tolou, B. and Bakayako, T. 2006. Breeding for Tolerance to Iron Toxicity at WARDAL, 96-111, Africa Rice Center (WARDA): Cotonou, Benin.
- 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.
- Grotz, N. and Guerinot, M. L. 2006. Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1763, 595-608.
- Gruber, B. D., Giehl, R. F. H., Friedel, S. and von Wirén, N. 2013. Plasticity of the Arabidopsis root system under nutrient deficiencies. *Plant Physiology*, 163, 161-179.
- Guerinot, M. L. and Yi, Y. 1994. Iron: nutritious, noxious, and not readily available. *Plant Physiology*, 104, 815-820.
- Gül, M. 2006. Gap bölgesine ait bir toprakta sera koşullarında yetiştirilen mısır genotiplerinin fosfor ve çinko gübrelemelerine tepkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 50, Adana.
- Hansel, C. M., Fendorf, S., Sutton, S. and Newville, M. 2001. Characterization of Fe plaque and associated metals on the roots of mine-waste impacted aquatic plants. *Environmental Science and Technology*, 35, 3863-3868
- Hansen, N. C., Schmitt, M. A., Anderson, I. E., and Strock, J. S. 2003. Iron deficiency of soybean in the Upper Midwest and associated soil properties. *Agronomy Journal*, 95, 1595-1601.
- Hansen, N. C., Jolley, V. D., Naeve, S. L. and Goos, R. J. 2004. Iron deficiency of soybean in the North Central U.S. and associated soil properties. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50 983-987. 10.1080/00380768.2004.10408564
- Hell, R. and Stephan, U. W. 2003. Iron uptake, trafficking and homeostasis in plants. *Planta*, 216, 541-551.

- Herbik, A, Koch, G., Mock, H-P., Dushkov, D., Czihal, A., Thielmann, J., Stephan, U. W. and Bäumlein, H. 1999. Isolation, characterization and cDNA cloning of nicotianamine synthase from barley. *European Journal of Biochemistry*, 265, 231-239.
- Hewitt, E. J. 1983. Essential and functional metals in plants. In metals and micronutrients. Ed. D Rubb and W S Pierpoint, 277-323, Academic Press, New York.
- Higuchi, K., Kanazawa, K., Nishizawa, N. K. and Mori, S. 1996. The role of nicotianamine synthase in response to Fe nutrition status in Gramineae. *Plant Soil*, 178(2), 171-7. doi: 10.1007/BF00011580
- Higuchi, K., Suzuki, K., Nakanishi, H., Yamaguchi, H., Nishizawa, N. K. and Mori, S. 1999b. Cloning of nicotianamine synthase genes involved in the biosynthesis of phytosiderophores. *Plant Physiology*, 119, 471-480.
- Hildebrand, D. F. 1989. Lipxigenases. *Physiology Plant*, 76, 249-253.
- Hirai, M., Higuchi, K., Sasaki, H., Suzuki, T., Maruyama, T., Yoshiba, M. and Tadano, T. 2007. Contribution of iron associated with high-molecular-weight substances to the maintenance of the SPAD value of young leaves of barley under iron-deficient conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(5), 612-620.
- Hodgson, J. F., Lindsay, W. F. and Trierweiler, J. F. 1966. Micronutrient cation complexing in soil solution II. Soil Science Society of America Proceedings, 30, 723-726.
- Hoffland, E., Wei, C. and Wissuwa, M. 2006. Organic anion exudation by lowland rice (*Oryza sativa* L.) at zinc and phosphorus deficiency. *Plant and Soil*, 283, 155-162.
- Horuz, A., Akınoğlu, G. ve Korkmaz A. 2017. Abiyotik ve biyotik stres şartlarında silisyumun rolü. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4): 657-664.
- Howeler, R. H. 1973. Iron-induced orange disease of rice in relation to physicochemical changes in a flooded Oxisol. Soil Science Society of America Proceedings, 37, 898-903.
- Hsiao, T. C. 1973. Plant Responses to Water Stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24, 519-570.
- Huang, Y. C., Chen, Z. and Liu, W. J. 2012. Influence of iron plaque and cultivars on antimony uptake by and translocation in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings exposed to Sb(III) or Sb(V). *Plant and Soil*, 352, 41-49.
- Humaria., Samreen, T., Javid, M., Amin, M., Shah, H.U., Ullah, S. and Alam, S. 2015. Effect of Zinc on Physico-chemical Parameters of Hydroponically grown Rice Varieties. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4(3), 395-403.

- Inoue, H., Higuchi, K., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S. and Nishizawa, N. K. 2003. Three rice nicotianamine synthase genes, OsNAS1, OsNAS2, and OsNAS3 are expressed in cells involved in longdistance transport of iron and differentially regulated by iron. *Plant Journal*, 36, 366-381.
- Inoue, H., Takahashi, M., Kobayashi, T., Suzuki, M., Nakanishi, H., Mori, S. and Nishizawa, N.K. 2008. Identification and localisation of the rice nicotianamine aminotransferase gene OsNAAT1 expression suggests the site of phytosiderophore synthesis in rice. *Plant Molecular Biology*, 66, 193-203.
- Inskip, W. P. and Bloom, P. R. 1984. A comparative study of soil solution chemistry associated with chlorotic and nonchlorotic soybeans in western Minnesota. *Journal of Plant Nutrition*, 7, 513- 531.
- Inskip, W. P. and Bloom, P. R. 1987. Soil chemical factors associated with soybean chlorosis in calciaquolls of Western Minnesota. *Agronomy Journal*, 79, 779-786.
- IRRI [International Rice Research Institute], 2000. Nutritional disorders and nutrient management in rice. International Rice Research Institute, Manila, Philipines.
- IRRI. 2002. Standard evaluation system for rice (SES). *International Rice Research Institute*, Los Baños, the Philipines.
- IRRI, 2017. World Rice Statistics Online Query Facility, Son Erişim: 17.08.2017, Link: <http://ricestat.irri.org:8080/wrsv3/entrypoint.htm>.
- Ishimaru, Y., Suzuki, M., Tsukamoto, T., Suzuki, K., Nakazono, M., Kobayashi, T., Wada, Y., Watanabe, S., Matsuhashi, S., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S. and Nishizawa, N. K. 2006. Rice plants take up iron as an Fe^{3+} -phytosiderophore and as Fe^{2+} . *Plant Journal*, 45, 335-346.
- Ishimaru, Y., Bashir, K., Nakanishi, H., and Nishizawa, N. K. 2011a. The role of rice phenolics efflux transporter in solubilizing apoplasmic iron. *Plant Signaling and Behavior*, 6, 1624-1626.
- Iturbe-Ormaetxe, I., Moran, J.F., Arrese-Igor, C., Gogorcena, Y., Klucas, Y. C. and Becana, M. 1995. Activated oxygen and antioxidant defences in iron-deficient pea plants. *Plant Cell and Environment*, 18, 421-429.
- Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498.
- Jacobson, L. and Oertli, J. J. 1956. The relation between iron and chlorophyll contents in chlorotic sunflower leaves. *Plant Physiology*, 31, 199-204.
- Jaggard, K. W., Qi, A. and Ober, E. S. 2010. Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 2835-2851

- Jakobson, B. S., Fong, F. and Eath, R. L. 1975. Carbonic anhydrase of spinach. Studies on its location, inhibition and physiological function. *Plant Physiology*, 55, 468-474.
- Jelali, N., Dell'Orto, M., Rabhi, M., Zocchi, G., Abdelly, C. and 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.
- Jiang, M. and Zhang, J. 2002. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. *Journal of Experimental Botany*, 53 (379), 2401-2410
- Jiang, N., Bao, Z., Zhang, X., Eddy, S. R., and Wessler, S. R. 2004. Pack-MULE transposable elements mediate gene evolution in plants. *Nature*, 431, 569-573.
- Jiménez, S., Morales, F., Abadia, A., Abadia, J., Moreno, M. A. and Gogorcena, Y. 2009. Elemental 2-D mapping and changes in leaf iron and chlorophyll in response to iron re-supply in iron-deficient GF peach-almond hybrid. *Plant Soil*, 315, 93-106.
- Juliano, B. O. 2003. Rice in human nutrition. Cereals International Proceedings of an International Conference, Brisbane, Australia.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri II, Bitki analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 453. Uygulama kılavuzu 155, 37-49.
- Kacar, B. ve Kovancı, İ. 1982. Bitki, toprak ve gübrelerde kimyasal fosfor analizleri ve değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:354, s.352, İzmir.
- Kacar, B. ve Katkat, V. 1998. Bitki Besleme, Uludağ Üniversitesi. Güçlendirme Vakfı Yayınları, Yayın No: 127, Vipaş Yayınları, 595, Bursa.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat, A.V. 2009. Bitki Besleme. Nobel Yayınları, No:849, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A. V. ve Öztürk, Ş. 2013. Bitki Fizyolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, 5. Baskı, 563, Ankara.
- Kandoliya, R. U., Sakarvadiya, H. L. and 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.
- Kar, S. and Panda, S. K. 2018. Iron homeostasis in rice: Deficit and excess. Proceedings of National Academy of Science, India Sect. B Biological Sciences, doi: 10.1007/s40011-018-1052-3

- Katyal, J. C. and Sharma, B. D. 1980. A new technique of plant analysis to resolve iron chlorosis. *Plant and Soil*, 55, 105-119.
- Kim, S. A. and Guerinot, M. L. 2007. Mining iron: Iron uptake and transport in plants. *Febs Letters*, 581, 2273-2280.
- Kirk, G. and Bajita, J. 1995. Root-induced iron oxidation, pH changes and zinc solubilization in the rhizosphere of lowland rice. *New Phytologist*, 131, 129-137.
- Kirk, G. J. D., 2004. The Biogeochemistry of Submerged Soils. John Wiley & Sons, Chichester, 291, UK.
- Kobayashi, T., Nakanishi, H., Takahashi, M., Kawasaki, S., Nishizawa, N-K and Mori, S. 2001. In vivo evidence that *Ids3* from *Hordeum vulgare* encodes a dioxygenase that converts 2'-deoxymugineic acid to mugineic acid in transgenic rice. *Planta*, 864-871.
- Kobayashi, T. and Nishizawa, N. K. 2012. Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 131-152.
- Kobayashi, T., Nakanishi Itai, R. and Nishizawa, N. K. 2014. Iron deficiency responses in rice roots. *Rice*, 7, 27.
- Kobayashi, T. and Nishizawa, N. K. 2014. Iron sensors and signals in response to iron deficiency. *Plant Sci*, 224, 36-43.
- Kong, W., Liu, F., Zhang, C., Zhang, J. and Feng, H. 2016. Non-destructive determination of Malondialdehyde (MDA) distribution in oilseed rape leaves by laboratory scale NIR hyperspectral imaging. *Scientific Reports*. 6, Article number: 35393.
- Korkmaz, A. 1982. Asit toprakta mısır bitkisinin demir bileşiklerinden yararlanması üzerine kirecin etkileri. Doktora Tezi, 88, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kumar, R., Sahi, G.K., Kaur, R., Khanna, R., Choudhary O.P., Mangat, G. S. and Singh, K. 2013. Tolerance response of wild and cultivated *Oryza* species under iron deficiency condition. *Journal of Crop Improvement*, 40(2), 168-172.
- Landsberg, E. C. 1981. Organic acid synthesis and release of hydrogen ions in response to Fe efficiency stress in mono and dicotyledonous plant species. *Journal of Plant Nutrition*, 3, 579-591.
- Lanyon, L. E. and Heald, W. 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Biological Properties*, 247-262, ASA, SSSA, Madison.
- Lee, J. S., Wissuwa, M., Zamora, O. B. and Ismail, A. M. 2017. *Biochemical indicators of root damage in rice (Oryza sativa) genotypes under zinc deficiency stress. Journal of Plant Research*, 130(6), 1071-1077. doi: 10.1007/s10265-017-0962-0

- Lei, M., Tie, B. Q., Williams, P. N., Zheng, Y. M. and Huang, Y. Z. 2011. Arsenic, cadmium, and lead pollution and uptake by rice (*Oryza sativa* L.) grown in greenhouse. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 115-123.
- Li, H., Ye, Z. H., Wei, Z. J. and Wong, M. H. 2011. Root porosity and radial oxygen loss related to arsenic tolerance and uptake in wetland plants. *Environmental Pollution*, 159, 30-37.
- Li, Q., Yang, A. and Zhang, W. H., 2016. Efficient acquisition of iron confers greater tolerance to saline-alkaline stress in rice (*Oryza Sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 67(22), 6431-6444.
- Li, W. and Lan, P. 2017. The understanding of the plant iron deficiency responses in Strategy I plants and the role of ethylene in this process by omic approaches. *Frontiers Plant Sciences*, 8, 40.
- Li, Yan., Qin., Suichu., Li, Y. and Qin, S. C. 1999. Effect of rice metabolism and the diagnosis of hidden zinc deficiency in rice. *Journal Fujian Agricultural and Forestry University*, 28 (1), 66-67.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. L. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428
- Lindsay, W. L. and Schwab, A. P. 1982. The Chemistry of iron in soils and its availability to plants. *Journal of Plant Nutrition*, 5, 821-840.
- Ling, H. Q., Bauer, P., Berczky, Z., Keller, B. and Ganai, M. 2002. The tomato fer gene encoding a bHLH protein controls iron-uptake responses in roots. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 13938-13943.
- Liu, H., Zhang, C., Wang, J., Zhou, C., Feng, H., Mahajan, M. D. and Han, X. 2017. Influence and interaction of iron and cadmium on photosynthesis and antioxidative enzymes in two rice cultivars. *Chemosphere*, 171, 240-247.
- Liu, W. J., Zhu, Y. G., Smith, F. A. and Smith, S. E. 2004a. Do iron plaque and genotypes affect arsenate uptake and translocation by rice seedlings (*Oryza sativa* L.) grown in solution culture? *Journal of Experimental Botany*, 55, 1707-1713.
- Lo'pez-Rayó, S., Herná'ndez, D. and Lucena, J. J. 2009. Chemical evaluation of HBED/Fe⁺³ and the novel HJB/Fe⁺³ chelates as fertilizers to alleviate iron choruses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 8504-8513.
- Loué, A. 1986. Les Oligo-elements en agriculture. SCPA, Agri-Nathan International, Paris.
- Lucena, C., Waters, B. M., Romera, F. J., Garcia, M. J., Morales, M., Alcantara, E. and Perez-Vicente, R. 2006. Ethylene could influence ferric reductase, iron transporter, and H⁺-ATPase gene expression by affecting FER (or FER-like) gene activity. *Journal of Experimental Botany*, 57(15), 4145-4154.

- Lucena, C., Romera, F. J., Rojas, C. L., Garcia, M. J., Alcantara, E. and Perez, V. R. 2007. Bicarbonate blocks the expression of several genes involved in the physiological responses to Fe deficiency of Strategy I plants. *Functional Plant Biology*, 34, 1002-1009.
- Luo, A. C., Jing, G., Wu, P., Ni, J. J., Jiang, S. H. and Zhang, Y. S. 1997. Rice genotypes differences in nutrient status under excessive ferric-iron conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1361-1373.
- Lynch, S. R. 2011. Why nutritional iron deficiency persists as a worldwide problem, 2. *The Journal of Nutrition*, 141, 763S-768S.
- Ma, J. F., Ueno, H., Rombola, A. D. and Iwashita, T. 2003. Characterization of phytosiderophore secretion under Fe deficiency stress in *Festuca rubra*. *Plant and Soil*, 256, 131-137.
- Ma, N. L., Lah, W. A. C., Kadir, N. A., Mustaqim, M., Rahmat, Z., Ahmad, A., Lam, S. D. and Ismail, M. R. 2018. Susceptibility and tolerance of rice crop to salt threat: Physiological and metabolic inspections. *PLoS ONE*, 13, e0192732
- Machold, O. 1968. Einfluss der Ernährungsbedingungen auf den Zustand des Eisens in den Blättern, den Chlorophyllgehalt und die Katalase-sowie Peroxydaseaktivität. *Flora oder Allgemeinen*, 159.
- Mahender, A., Swamy, B. P. M., Anandan, A. and Jahuar, A. 2019. Tolerance of iron-deficient and -toxic soil conditions in rice. *Plants*, 8, 31; doi:10.3390/plants8020031
- Majerus, V., Bertin, P., Swenden, V., Fortemps, A., Lobréaux, S and Lutts, S. 2007b. Organ-dependent responses of the African rice to short-term iron toxicity: ferritin regulation and antioxidative responses. *Biology Plant*, 51, 303-312.
- Mandal, L. N. and Halder, M. 1980. Influence of phosphorus and zinc application on the availability of zinc, copper, iron, manganese and phosphorus in waterlogged soils. *Soil Science*, 130, 251-257.
- Markwell, J., Osterman, J. and Mitchell, J. 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, 46(3), 467-472.
- Marschner, H. 1994. Rhizosphere pH effects on phosphorus nutrition. In: C. Johansen, K.K. Lee, K.K. Sharma, G.V. Subbarao, E.A. Kueneman (Eds.). Proceedings of an FAO/ICRISAT Expert Consultancy Workshop on Genetic manipulation of crop plants to enhance integrated nutrient management in cropping systems-1. Phosphorus, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 107-115, India.
- Marschner, H., Romheld, V. and Kissel, M. 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *Journal of Plant Nutrition*, 9, 695-713.
- Marschner, H. 1995. Function of mineral nutrients: Micronutrients, Mineral Nutrition of Higher Plants, 313-324, Academic Press, London,

- Marschner, H. and Cakmak, I. 1989. High light intensity enhance chlorosis and necrosis in leaves of Zn, K, and Mg- deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *Journal of Plant Physiology*, 134, 308-315.
- Masuda, M., Shimochi, E., Hamada, T., Senoura, T., Kobayashi, T., Aung, M. S., Ishimaru, Y., Ogo, Y., Nakanishi, H. and Nishizawa, N.K. 2017. A new transgenic rice line exhibiting enhanced ferric iron reduction and phytosiderophore production confers tolerance to low iron availability in calcareous soil. *PLoS ONE* 12 (3).
- Mbonankira, J. E., Coq, S., Vromman, D., Lutts, S., Nizigiyimana, A. and Bertin, P. 2015. Catalase and ascorbate peroxidase activities are not directly involved in the silicon-mediated alleviation of ferrous iron toxicity in rice. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(3), 477-485.
- Mehraban, P., Zadeh, A. A. and Sadeghipour, H. R. 2008. Iron toxicity in rice (*Oryza Sativa* L.) under different potassium nutrition. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(3), 251-259.
- Mendelssohn, I. R., Kleiss, B. A. and Wakeley, J. S. 1995. Factors controlling the formation of oxidized root channels: a review. *Wetlands* 15, 37-46.
- Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H. and Appel, T. 2011. Principles of plant nutrition: Iron, 553-571, Kluwer Academic Publishers, Springer, Dordrecht.
- Mihashi, S. and Mori, S. 1989. Characterization of mugineic acid - Fe transporter in Fe-deficient barley roots using the multicompartment transport box method. *BioMetals*, 2, 146-154.
- Miller, G. W., Pushnik, J. C. and Welkie, G. W. 1984. Iron chlorosis, a world wide problem, the relation of chlorophyll biosynthesis to iron. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5), 1-22.
- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405-410.
- Mizuno, D., Higuchi, K., Sakamoto, T., Nakanishi, H., Mori, S., and Nishizawa, N. K. 2003. Three nicotianamine synthase genes isolated from Maize are differentially regulated by iron nutritional status. *Plant Physiology*, 132, 1989-1997.
- Molassiotis, A., Sotiropoulos T., Tanou, G. and Diamantidis, G. 2006a. Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh). *Environmental and Experimental Botany*, 56(1), 54-62.
- Molassiotis, A., Tanou, G., Diamantidis, G., Patakas, A., Therios, L., 2006b. Effects of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 163, 176-185.

- Mongon, J., Chaiwong, N., Bouain, N., Prom-U-Thai, C., Secco, D. and Rouached, H. 2017. Phosphorus and iron deficiencies influence rice shoot growth in an oxygen dependent manner: Insight from upland and lowland rice. *International Journal of Molecular Sciences*, 18, 607.
- Morales, F., Belkhodja, R., Abadía, A. and Abadía, J. 2000. Photosystem II efficiency and mechanisms of energy dissipation in iron-deficient, field-grown pear trees (*Pyrus communis* L.). *Photosynthesis Research*, 63, 9-21.
- Mori, S., Nishizawa, N., Hayashi, H., Chino, M., Yoshimura, E. and Ishihara, J. 1991. Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency? *Plant Soil*, 130(1), 143-156.
- Morris, D. R., Loeppert, R. H., and Moore, T. J. 1990. Indigenous soil factors influencing iron chlorosis of soybean in calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal*, 54, 1329-1336.
- Morrissey, J., and Guerinot, M. L. 2009. Iron uptake and transport in plants: the good, the bad, and the lonome. *Chemical Reviews*, 109, 4553-4567.
- Mousavi, R. S. 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Austrian Journal of Basic. Applied Sciences*, 5(9), 1503-1509.
- Munch, J. C. and Ottow, J. C. G. 1977. Preferential reduction of amorphous to crystalline iron oxides by bacterial activity. *Science*, 129, 15-31.
- Munné-Bosch, S. and Peñuelas, J. 2004. Drought-induced oxidative stress in strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) growing in Mediterranean field conditions. *Plant Science*, 166, 1105-1110.
- Müller, C., Kuki, K., Pinheiro, D., de Souza, L., Siqueira-Silva, A., Loureiro, M., Oliva, M., Almeida, A. 2015. Differential physiological responses in rice upon exposure to excess distinct iron forms. *Plant and Soil*, 391, 123-138.
- Mwangi, M. N., Phiri, K. S., Abkari, A., Gbané, M., Bourdet-Sicard, R., Braesco, V. A., Zimmermann, M.B., Prentice, A.M. 2017. Iron for Africa—Report of an Expert Workshop. *Nutrients*, 9, 576.
- Nagarathna, K. C., Shetty, A., Bhat, S. G. and Shetty, H. S. 1992. The possible involvement of lipoxygenase in down mildew in pearl millet, *Journal of Experimental Botany*, 43, 1283-1287.
- Nawar, W. W., 1996. Lipids in “Food Chemistry”, O.R. Fennema (Ed), 225-319. Marcel Dekker.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A.L., Ed., *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. 2nd Edition, Agronomy Series No. 9, ASA SSSA, Madison.

- Neue, H. U. and Lantin, R. S. 1994. Micronutrient toxicities and deficiencies in rice. In AR Yeo, TJ Flowers, eds, *Soil Mineral Stresses: Approaches to Crop Improvement*, 175-200, Springer-Verlag, Berlin.
- Nishio, J. N. Abadía, J. and Terry, N. 1983. Iron nutrition-mediated chloroplast development, *Plant Physiology*, 71, 688-691.
- Nozoye, T., Nagasaka, S., Bashir, K., Takahashi, M., Kobayashi, T., Nakanishi, H. and Nishizawa, N. K. 2014. Nicotianamine synthase 2 localizes to the vesicles of iron-deficient rice roots, and its mutation in the YXX ϕ or LL motif causes the disruption of vesicle formation or movement in rice. *Plant Journal*, 77(2), 246-60. doi: 10.1111/tpj.12383
- Nozoye, T., Nagasaka, S., Kobayashi, T., Takahashi, M., Sato, Y., Sato, Y., Uozumi, N., Nakanishi, H. and Nishizawa, N. K. 2011. Phytosiderophore efflux transporters are crucial for iron acquisition in graminaceous plants. *Journal of Biological Chemistry*, 286(7), 5446-5454.
- Nugraha, Y., Ardie, S.W., Ghulamahdi, M., Aswidinnoor, H., Suwarno, Aswidinnoor, H. 2016. Generation mean analysis of leaf bronzing associated with iron toxicity in rice seedlings using digital imaging methods. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 48, 453-464.
- Nyamangyoku, I. O. and Bertin, P. 2013. Mechanisms of resistance to ferrous iron toxicity in cultivated rices: *Oryza sativa* L., *Oryza Glaberrima* Steud and interspecific hybrids. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (10), 2570-2590,
- Obata, H. 1995. Physiological functions of micro essential elements. In science of Rice plant: Physiology, Vol. 2, eds. T. Matsu, K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara and H. Hirata, 402-419, Tokyo: Food and Agricultural Policy Research Center.
- Obrador, A., Novillo, J. and Alvarez, J. M. 2003. Mobility and availability to plants of two zinc sources applied to a calcareous soil. *Soil Science Society of America Journal*, 67(2), 564-572.
- Ogo, Y., Itai, R. N., Nakanishi, H., Inoue, H., Kobayashi, T., Suzuki, M., Takahashi, M., Mori, S. and Nishizawa, N. K. 2006. Isolation and characterization of IRO2, a novel iron-regulated bHLH transcription factor in graminaceous plants. *Journal of Experimental Botany*, 57(11), 2867-2878. doi: 10.1093/jxb/erl054 PMID: 16887895
- Ojeda, M., Schaffer, B. and Davies, F. S. 2004. Root and leaf ferric chelate reductase activity in pond apple and soursop. *Plant Nutrition*, 27, 1381-1393.
- Olaleye, A. O., Ogunkunle, A. O., Sahrawat, K. L. and Singh, B. N. 2001. Characterization of some benchmark wetland pedons in Nigeria for rice cultivation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32, 189-208.
- Olaleye, A. O., Ogunkunle, A. O., Singh, B. N., Akinbola, G. E., Tabi, F. O., Fayinminu, O. M. and Iji, E. 2009. Ratios of nutrients in lowland rice grown on two iron toxic soils in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 32(8), 1-17.

- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular, Vol 939 (p. 19). Washington, DC: US Department of Agriculture.
- Ortiz, R., Trethowan, R. M., Ortiz Ferrara, G., Iwanaga, M., Dodds, J. H., Crouch, J. H., Crossa, J. and Braun, H. J. 2007. High yield potential, shuttle breeding, genetic diversity, and a new international wheat improvement strategy. *Euphytica*, 157, 365-384.
- Oserkowsky, J. 1933. Quantitative relation between chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves. *Plant Physiology*, 8, 449-468.
- Ota, Y. 1968. Studies on the occurrence of the physiological disease called 'bronzing'. *Bull National Institute Agricultural Science*, 18, 31-104.
- Ottow, J. C. G., Benckiser, G., Watanabe, I., 1982. Iron toxicity of rice as a multiple nutritional soil stress, in Proc. Int. Symp. on distribution, characteristics and utilization of problem soils, 167-179, Tropical Agriculture Research Center, Ibaraki.
- Özcan, H. ve Taban, S. 2012. Çinko uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinde verim ile tanede çinko, fosfor ve fitin asidi konsantrasyonuna etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 1 (1): 7-14
- Özgümüş, A. 1987. Bitkilerde demir klorozu. *Uludağ Üniversitesi Ziraat. Fakültesi Dergisi*, 6, 117-128.
- Özkur, O., Özdemir, F., Bor, M. and Türkan, I. 2009. Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte *Capparis ovata* Desf. to drought. *Environmental and Experimental Botany*, 66, 487-492.
- Özşahin, E. 2008. Gönen Ovası'nda Pirinç Tarımı. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 49-70.
- Palmer, C. M. and Gueriot, M. L. 2009. Facing the challenges of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. *Nature Chemical Biology*, 5, 333-340.
- Panda, B. B., Sharma, S., Mohapatra, P. K. and Das, A. 2016. Iron homeostasis in tropical indica rice (*Oryza sativa* L.) cultivars having contrasting grain iron concentration. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 25(4), 382-391.
- Patra, B. N. and Mohany, S. K. 1994. Effects of nutrients and liming on changes in pH, redox potential and uptake of iron and manganese by wetland rice in iron-toxic soil. *Biology and Fertility Soils*, 17, 285-288.
- Patrick Jr, W. H. and Reddy, C. N. 1978. Chemical changes in rice soils, in IRRI: Soils and Rice, 361-379, The International Rice Research Institute, Manila, The Philippines.
- Paul, E. A. and Clark, F. E. 1996. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press, 340, San Diego.

- Peng, X. X. and Yamauchi, M. 1993. Ethylene production in rice bronzing leaves induced by ferrous iron. *Plant and Soil*, 149, 227-234.
- Pereira, E. G., Oliva, M. A., Rosado-Souza, L., Mendes, G. C., Colares, D. S., Stopato, C. H. and Almeida, A. M. 2013. Iron excess affects rice photosynthesis through stomatal and non-stomatal limitations. *Plant Science*, (201-202), 81-92.
- Pereira, M. P., Santos, C., Gomes, A. and Vasconcelos, M. W. 2014. Cultivar variability of iron uptake mechanisms in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Physiol. Biochem*, 85, 21-30
- Pestana, M., Varennes, A., Abadía, J. and Faria, E.A., 2005. Differential tolerance to iron deficiency of rootstocks grown in nutrient solution. *Scientia*, 104: 25-36.
- Peter, H. 1984. Proctor and Edward S. Reynolds, Free radicals and disease in man, *Psiolo Che-Phys-Med*, 16, 175-195.
- Ponnamperuma, F. N., Bradfield, R., and Peech, M., 1955 Physiological disease of rice attributable to iron toxicity. *Nature*, 175, p.265, doi: 10.1038/175265a0
- Ponnamperuma, F. N., Tianco, E. M. and Loy, T. 1967. Redox equilibria in flooded soils: The iron hydroxide systems. *Soil Science*, 103, 374-382.
- Ponnamperuma, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24, 29-96.
- Ponnamperuma, F. N. 1977. Physico-chemical properties of submerged soil in relation to fertility. IRRI Research Paper Series No. 5. The International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Prade, K. 1987. Einfluß der Nährstoffversorgung auf die Eisentoxizität bei Naßreis (*Oryza sativa* L.) in der Basse Casemance/ Senegal. Ph.D. Thesis, University of Gießen, Germany.
- Prade, K., Ottow, J. C. G., Jacq, V. A., Malouf, G., Loyer, J. Y. 1990. Relationships between the properties of flooded rice soils and iron toxicity in Lower Casamance (Senegal). Studies, review and summary of previous work, 453-474, Cahiers ORSTOM, Serie Pedologie, IRD, Montpellier, France.
- Price, H. A. 1962. RNA-synthesis zinc deficiency and the kinetics of growth. *Plant Physiology*, 37. XXI.
- Qin, J. and Liu, Q. 2010. Oxidative metabolism-related changes during germination of mono maple (*Acer mono* Maxim.) seeds under seasonal frozen soil. *Ecological Research*, 25, 337-345.
- Quijano-Guerta, C., Kirk, G. J. D., Portugal, A.M., Bartolome, V. I. and McLaren, G. C. 2002. Tolerance of rice germplasm to zinc deficiency. *Field Crops Research*, 76, 123-130.
- Quinet, M., Vromman, D., Clippe, A., Bertin, P., Lequeux, H., Dufey, I., Lutts, S. and Lefevre, I. 2012. Combined transcriptomic and physiological approaches reveal

- strong differences between short-and long-term response of rice (*Oryza sativa*) to iron toxicity. *Plant Cell & Environment*, 35, 1837-1859.
- Rana, W. K. and Kashif, S. R. 2014. Effect of different Zinc sources and methods of application on rice yield and nutrients concentration in rice grain and straw. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, 1:9, ISSN: 2313-8629.
- Ranieri, A., Castagna, A., Baldan, B. and Soldatini, G. F. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. *Journal of Experimental Botany*, 52(354), 25-35.
- Ranieri, A., Castagna, A., Baldan, B., Sebastiani, L. and Soldatini, G. F. 2003. H₂O₂ Accumulation in sunflower leaves as a consequence of iron deprivation. *Journal of Plant Nutrition*, 26(10-11), 2187-2196.
- Rasse, D. P., Ritchie, J. T., Peterson, W. R., Wei, J. and Smucker, A. J. M., 2000. Rye cover crop and nitrogen fertilization effects on nitrate leaching in inbred maize fields. *Journal of Environment Quality*, 29, 298-304.
- Reddy, C. K. and Prasad, G. V. S. 1986. Varietal response to iron chlorosis in upland rice. *Plant and Soil*, 94, 289-292.
- Rengel, Z. 2001. Genotypic differences in micronutrient use efficiency in crops, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(7-8), 1163-1186.
- Revsbech, N. P., Jorgensen, B. B. and Blackburn, T. H. 1980. Oxygen in the sea bottom measured with a microelectrode. *Science*, 207, 1355-1356.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. U.S.A: U.S. Department of Agriculture, Handbook 60.
- Richardson, A. D., Duigan, S. P. and Berlyn, G. P. 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. In: *New Phytologist*, 153(1), 185-194.
- Robinson, N. J., Sadjuga, and Groom, Q. J. 1997. The froh gene family from *Arabidopsis thaliana*: Putative iron-chelate reductases. *Plant Soil*, 196, 245-248.
- Robinson, N. J., Procter, C. M., Connolly, E. L., and Guerinot, M. L. 1999. A ferric-chelate reductase for iron uptake from soils. *Nature*, 397, 694-697.
- Rogers, E. E. and Guerinot, M. L. 2002. FRD3, a member of the multidrug and toxin efflux family, controls iron deficiency responses in Arabidopsis, *Plant Cell*, 14, 1787-1799.
- Romero-Puertas, M. C., Corpas, F. J., Rodriguez-Serrano, M., Gomez, M., del Río, L. A., Sandalio, L. M. 2007. Differential expression and regulation of antioxidative enzymes by Cd in pea plants. *Journal of Plant Physiology*, 164, 1346-1357.
- Romheld, V. and Marschner, H. 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiology*, 80, 175-180.

- Romheld, V. and Marschner, H. 1991. Function of micronutrients in plants. (Eds: J.J. Mortvedy, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch) *Micronutrients in Agriculture*, 297-324, Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.
- Rong-li, S.H.I., Hong-mei, H. A. O., Xiao-yun, F. A. N., Karim, M. R., Fu-suo, Z. and Chun-qin Z. 2012. Responses of Aerobic Rice (*Oryza sativa* L.) to Iron Deficiency. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(6), 938-945
- Rout, G. R. and Sahoo, S. 2015. Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 1-24.
- Rroco, E., Kosegarten, H., Harizaj, F., Imani, J. and Mengel, K. 2003. The importance of soil microbial activity for the supply of iron to sorghum and rape. *European Journal of Agronomy* 19, 487-493.
- Rupa, T. R., Srinivasa, R. Ch. and Subba Rao, A. 2003. Muneshwar Singh., *Bioresource Technology*, 87, 279-288.
- Rutherford, M. C. and Curran, B. 1981. A root observation chamber for replicated use in a natural plant community. *Plant Soil*, 63, 123-129.
- Sadana, U. S., Chahal, D. S. and Abadia, J. 1995. Iron availability, electrochemical changes and nutrient content of rice as influenced by green manuring in a submerged soil. Iron nutrition in soils and plants. Develop. *Plant and Soil Science*, 59, 105-109.
- Sahrawat, K. L. 2004. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1471-1504.
- Saikia, T. and Baruah, K. K. 2012. Iron Toxicity Tolerance in Rice (*Oryza sativa*) and Its Association with Anti-Oxidative Enzyme Activity. *Journal of Crop Science*, 3(3), 90-94.
- Samaranayake, P., Peiris, B. D. and Dissanayake, S. 2012. Effect of Excessive Ferrous (Fe^{2+}) on Growth and Iron Content in Rice (*Oryza sativa*), *International Journal of Agricultural Biology*, 14(2), 296-298.
- Sarret, G., Balesdent, J., Bouziri, L., Garnier, J. M., Marcus, M. A., Geoffroy, N., Panfili, F. and Manceau, A. 2004. Zn speciation in the organic horizon of a contaminated soil by micro-X-ray fluorescence, micro- and powder-EXAFS spectroscopy, and isotopic dilution. *Environmental Science & Technology*, 38, 2792-801.
- Schmidt, H., Eickhorst, T. and Tippkötter, R. 2010. Monitoring of root growth and redox conditions in paddy soil rhizotrons by redox electrodes and image analysis. *Plant Soil*, 341, 221-232.
- Schmidt, W. 1999. Mechanisms and regulation of reduction-based iron uptake in plants, *New Phytologist*, 141, 1-26.

- Schwertmann, U. 1985. The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals. *Advances in Soil Science*, 1, 171-200.
- Schwertmann, U. 1991. Solubility and dissolution of iron oxides, 3–27, In: Iron Nutrition and Interactions in Plants, edited by Chen, Y. and Hadar, Y., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Selby-Pham, J., Lutz, A., Moreno-Moyano, L. T., Boughton, B.A., Roessner, U. and Johnson, A. T. 2017. Diurnal changes in transcript and metabolite levels during the iron deficiency response of rice. *Rice (N.Y)*, 10(1), doi: 10.1186/s12284-017-0152-7
- Shojima, S., Nishizawa, N. K. and Mori, S. 1989. Establishment of a cell-free system for the biosynthesis of nicotianamine. *Plant and Cell Physiology*, 30, 673-677.
- Sillanpaa, M. 1982. Micronutrients and the Nutrient status of Soils; A Global Study. FAO Soils Bulletin, No: 48, Rome.
- Silveira, V., Oliveira, A. P., Sperotto, R. A, Espindola, L. S., Amaral, L., Dias, J. F., Cunha J. B. and Fett, J. P. 2007. Influence of iron on mineral status of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(2), 127-139.
- Simons, J. N., Swidler, R. and Benedict, H. M. 1962. Absorption of chelated Iron by soybean roots in nutrient solutions. *Plant Physiology*, 37, 60-66.
- Singh, B. P., Das, M., Prasad, R. N. and Ram, M. 1992. Characteristics of Fe-toxic soils and affected plants and their correction in acid Haplaquents of Meghalaya. *Int. Rice Research Newsletters*, 17, 18-19.
- Singh, B., Natesan, S. K. A., Singh, B. K. and Usha, K. 2003. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. *Current Science*, 88, 36-44.
- Sinha, S. and Saxena, R. 2006. Effect of iron on lipid peroxidation, and enzymatic and non-enzymatic antioxidants and bacoside, A Content in Medicinal Plant *Bacopa monnieri* L., *Chemosphere*, 62, 1340-1350.
- Siripornadulsil, S., Traina, S., Verma D. P. and Sayre, R. T. 2002. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae, *Plant Cell*, 14, 2837-2847.
- Smirnoff, N., 2005. Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and functions. In: Smirnoff N (Ed) Antioxidants and reactive oxygen species in plants, 53-86, 1st Edn. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Smolders, A. J. P. and Roelofs, J. G. M. 1996. The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water. *New Phytologist*, 133, 253-260.
- Snowden, R. and Wheeler, B. D. 1995. Chemical changes in selected wetland plant species with increasing Fe supply, with specific reference to root precipitates and

- Fe tolerance. *New Phytologist*, 131, 503-520. doi:10.1111/j.1469-8137.1995.tb03087.x
- Starkey, R. L. 1946. Sulfate reduction and the anaerobic corrosion of iron. *Antonie Leeuwenhoek*, 12, 193-203.
- Stein, R. J., Ricachenevsky, F. K. and Fett, J. P. 2009. Differential regulation of the two rice ferritin genes (OsFER1 and OsFER2). *Plant Science*, 177, 563-569.
- Stevenson, F. J. and Ardakani, M. S. 1972. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. J.J. Mortvedt et al. (Ed.) of micronutrient in agriculture, 79, Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison USA.
- Sudahono, Byrne, D. H. and Rouse, R. E. 1994. Greenhouse screening of citrus rootstocks for tolerance to bicarbonate-induced iron chlorosis. *HortScience*, 29(2), 113-116.
- Suh, H. J., Kim, C. S., Lee, J. Y. and Jung, J. 2002. Photodynamic effect of iron excess on photosystem II function in pea plants. *Photochemistry and Photobiology*, 75, 513-518.
- Sun, B., Jing, Y., Chen, K., Song, L., Chen, F. and Zhang, L. 2007. Protective effect of nitric oxide on iron deficiency-induced oxidative stress in maize (*Zea mays*). *Journal of Plant Physiology*, 164(5), 536-43. doi: 10.1016/j.jplph.2006.02.011.
- Swarup, A. 1988. Effect of gypsum, farmyard manure and rice husk on the availability of iron and manganese to rice in submerged sodic soil. *Oryza*, 38, 42-42.
- Taban, S. ve Kacar, B. 1991. Orta Anadolu'da çeltik yetiştirilen toprakların mikro element durumu. *Doğa Tr. Journal of Agriculture and Forestry*, 15, 129-145.
- Tadano, T. 1976. Studies on the methods to prevent iron toxicity in lowland rice. *Memoirs of the Faculty of Agriculture*, 10, 22-88.
- Tadano, T. and Yoshida, S. 1978. "Chemical changes in submerged soils and their effect on rice growth". In *Soils and Rice*, 399-420, Manila, Philippines: International Rice Research Institute.
- Tagliavini, M., Abadia, J., Rambola, A.D., Abadia, A., Tsipouridis, C. and Marangoni, B. 2000. Agronomic means for the control of iron deficiency chlorosis in deciduous fruit trees *Journal of Plant Nutrition*, 23(11), 2007-2022.
- Tagliavini, M. and Rombolà, A. D. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *European Journal of Agronomy*, 15, 71-92.
- Takagi, S. 1989. The secretion of mugineic acid from barley roots, its solubilization of insoluble Fe and absorption of mugineic acid-Fe^{III} by the roots. In *Studies of the Limiting Factors in the Rhizosphere*. Report of Grant in Aid from Ministry of Education, Science and Culture, Japan (*In Japanese*).

- Takagi, S., Kamei, S. and Takemoto, T. 1984. Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7, 469-477.
- Takahashi, M. 2003. Overcoming Fe deficiency by a transgenic approach in rice. *Plant cell, Tissue and Organ Culture*, 72, 211-220.
- Tanaka, A., Loe, R. and Navasero, S.A. 1966. Some mechanisms involved in the development of iron toxicity symptoms in the rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, 12, 158-164.
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2007. Tr 2 Batı Marmara Bölgesi Tarım Master Planı. http://www.tarim.gov.tr/Files/Files/master_plan/tr2_batimarmara_masterplani.pdf (Erişim Tarihi: 04.07.2012).
- Taylor, G. J, Crowder, A. A. and Rodden, R. 1983. Use of DCB technique for extraction of hydrous iron oxides from roots of wetland plants. *American Journal of Botany*, 70, 1254-1257.
- Taylor, G., Crowder, A. and Rodden, R. 1984. Formation and morphology of an iron plaque on the roots of *Typha latifolia* L. grown in solution culture. *American Journal of Botany*, 71, 666-675.
- Terry, N. 1981. Physiology of trace element toxicity and its relation to iron stress. *Journal of Plant Nutrition*, 3(1-4), 561-578.
- Tewari, R. K., Kumar, P., Neetu, and Sharma, P. N. 2005. Signs of oxidative stress in the chlorotic leaves of iron starved plants. *Plant Science*, 169, 1037-1045.
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cations. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Biological Properties*, 159-165, ASA, SSSA, Madison.
- Thongbai, P. and Goodman, B. A. 2000. Free radical generation and post-anoxic injury in rice grown in an iron-toxic soil. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 1887-1900.
- Tiryakioglu, M., Eker, S., Özkutlu, F., Husted, S. and Çakmak, I. 2006. Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20, 181-189. doi:10.1016/j.jtemb.2005.12.004
- Torun, A., Erdem, H. and Torun, M. B. 2017. Ayçiçeği Genotiplerinin Demir Noksanlığına Karşı Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, 5 (11), 1323-1329.
- Trolldenier, G., 1988. Visualization of oxidizing power of rice roots and possible participation of bacteria in iron deposition. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd*, 151, 117-121.
- Turan, M. and Horuz, A. 2012. Bitki Beslemenin Temel İlkeleri, “Karaman, M.R. editörlüğünde Bitki Besleme”. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, No: 2, Pelin Ofset, Ankara.

- Van Breemen, N. and Castro, R. U. 1980. Zinc deficiency in wetland rice along a toposequence of hydromorphic soils in the Philippines. II. Cropping Experiment. *Plant Soil*, 57, 215-221.
- Van Der Mark, F., Vander Briel, M. L., Van Der Oers, J. W. and Bienfait, H. F., 1982. Ferritin in bean leaves with constant and changing iron status. *Planta*, 156, 341-344.
- Vasconcelos, M. W., Musetti, W., Li, C. M., Datta, S. K. and Grusak, M. A. 2004. Functional analysis of transgenic rice (*Oryza Sativa* L.) transformed with and *Arabidopsis thaliana* ferric reductase (AtFRO2). *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(7), 1151-1157.
- Verbruggen, N. and Hermans, C. 2008. Proline Accumulation in Plants: A Review, *Amino Acids*, 35, 753-759.
- Vernay, P., Gauthier-Moussard, C., Jean, L., Bordas, F., Faure, O., Ledoigt, G. and Hitmi, A. 2008. Effect of chromium species on phytochemical and physiological parameters in datura innoxia, *Chemosphere*, 72, 763-771.
- Vert, G., Briat, J. F. and Curie, C. 2001. Arabidopsis IRT2 gene encodes a root-periphery iron transporter. *The Plant Journal*, 26, 181-189.
- Virmani, S. S. 1977. Varietal tolerance of rice to iron toxicity in Liberia. *International Rice Research Newsletter*, 2, 4-5.
- Vose, P. B. 1982. Iron nutrition in plants: A world overview. *Journal of Plant Nutrition*, 5, 233-249.
- Wakamatsu, K., Takahama, U. 1993. Changes in Peroxidase Activity and in Peroxidase Isozymes in Carrot Callus. *Physiologia Plantarum*, 88, 167-171.
- Wang, J. and Liu, Z. Y. 1992. Iron transformation in rice rhizosphere. *Acta Pedol. Sin*, 29, 358-364.
- Wang, T. and Perverly, J. H. 1996. Oxidation states and fractionation of plaque iron on roots of common seeds. *Soil Science Society of America Journal*, 60, 323-329.
- Wang, Y., Xu, C., Wu, M. and Chen, G. 2017. Characterization of photosynthetic performance during reproductive stage in high-yield hybrid rice LYPJ exposed to drought stress probed by chlorophyll a fluorescence transient. *Plant Growth Regulation*, 81, 489-499, doi: 10.1007/s10725-016-0226-3
- Welch, R. M. 1993. Zinc concentrations and forms in plants for humans and animals. *Zinc in Soil and Plants*. Kluwer Academic Publishers, 183-195, Netherlands.
- Welch, R. M. 1995. Micronutrient nutrition of plants. *Critical Reviews of Plant Sciences*, 14, 49-87.
- Welkie, G. W. and Miller, G. W. 1989. Sugar beet responses to iron nutrition and stress. *Journal of Plant Nutrition*, 12, 1041-1054.

- Wells, B. R., Huey, B. A., Norman, R. J. and Helms, R. S. 1993. "Rice". In nutrient deficiencies and toxicities in crop plants, Edited by: Bennett, W. F. 15-19. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society.
- Wenzel, W. W., Kirchbaumer, N., Prohaska, T., Stingeder, G., Lombi, E. and Adriano, D. C. 2001. Arsenic fractionation in soils using an improved sequential extraction procedure. *Analytica Chimica Acta*, 436, 309-323.
- White, J. G., Zasoski, R. J. 1999. Mapping soil micronutrients. *Field Crops Research*, 60, 11-26.
- Wissuwa, M., Ismail, A. M. and Yanagihara, S. 2006. Effects of zinc deficiency on rice growth and genetic factors contributing to tolerance. *Plant Physiology*, 142, 731-741.
- Witham, F. H., Blaydes, D. F. and Devlin, R. M. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrend Reinhold Company, New York.
- Wu, C., Ye, Z. H., Shu, W.S., Zhu, Y. G. and Wong, M. H. 2011. Arsenic accumulation and speciation in rice are affected by root aeration and variation of genotypes. *Journal of Experimental Botany*, 62, 2889-2898.
- Wu, L.B. 2016. Genetic and physiological analyses of the tolerance mechanisms to ferrous iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.). Dissertation zur Erlangung des Grades, 150, der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Yağmur, B. ve Aydın, Ş. 2013. Toprakta ve yaprakta çinko uygulamalarının marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin gelişmesi ve bazı mineral madde kapsamı üzerine etkisi. *Anadolu Journal of AARI*, 23(2), 36-43.
- Yamanouchi, M. and Yoshida, S. 1981. Physiological mechanisms of rice's tolerance for iron toxicity. Paper presented at the IRRI Saturday Seminar, June 6, 1981. The International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Yamanouchi, M., Tominaga, Y., Fujiyama, H. and Nagai, T., 1989. Iron oxidizing mechanisms in nutrient solution during cultivation of rice plant. Faculty of Agricultural Tottori University 25, 9-14.
- Yao, F., Shen, G. X., Li, X. L., Li, H. Z., Hu, H. and Ni, W. Z. 2011. A comparative study on the potential of oxygen release by roots of selected wetland plants. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36, 475-478.
- Ye, Z. H., Baker, A. J. M., Wong, M. H. and Wills, A. J. 1997. Copper and Nickel uptake, accumulation and tolerance in *Typha latifolia* with and without iron plaque on the root surface. *New Phytologist*, 136, 481-488.
- Yi, Y., Saleeba, J., Guerinot, M. L., Manthey, J., Luster, D. and Crowley, D. E. 1994. Biochemistry of metal micronutrients in the rhizosphere. pp.295-307. CRC Press, Boca Raton.

- Yoshida, S., Tanaka, A. 1969. Zinc deficiency of the rice plant in calcareous soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 15: 75-80.
- Yoshida, S., Ahn, J. S. and Forno, D. A. 1973. Occurrence, diagnosis, and correction of zinc deficiency of lowland rice. *Soil Science and Plant Nutrition*. 19(2), 83-93.
- Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, 269, Los Baños, Laguna, Philippines,
- Zhang, X., Zhang, F. and Mao, D. 1998. Effect of Fe plaque outside roots on nutrient uptake by rice (*Oryza sativa* L.): zinc uptake. *Plant and Soil*, 202, 33-39.
- Zocchi, G. and Cocucci, S. 1990. Fe uptake mechanism in Fe-efficient cucumber roots. *Plant Physiologist*, 92, 908-911.
- Zocchi, G., De Nisi, P., Dell'Orto, M., Espen, L. and Gallina, P. M. 2007. Iron deficiency differently affects metabolic responses in soybean roots. *Journal of Experimental Botany*, 58, 993-1000.

EKLER

EK 1. Fe-EDDHA VE $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ UYGULAMASI SONUCU BİTKİ SAP KURU MADDE MİKTARINDAKİ ARTIŞ ORANININ BELİRLENMESİ

Fe-EDDHA uygulaması sonucu sap kuru madde miktarındaki artış oranının belirlenmesi

Bitkiye Fe-EDDHA'lı besin çözeltisi uygulaması sonucu sap kuru madde miktarında görülen artış oranı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitkinin sap kuru madde miktarındaki artış oranı, % = $[(A-B) / B] \times 100$

A: Bitkide Fe-EDDHA gübrelemesi ile elde edilen sap kuru madde miktarı, g

B: Bitkide kontrol uygulaması (Fe_0) ile elde edilen sap kuru madde miktarı, g

$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ uygulaması sonucu sap kuru madde miktarındaki artış oranının belirlenmesi

Bitkiye $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 'lu besin çözeltisi uygulaması sonucu sap kuru madde miktarlarında görülen artış oranı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitkinin sap kuru madde miktarındaki artış oranı, % = $[(A-B) / B] \times 100$

A: Bitkide $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ gübrelemesi ile elde edilen sap kuru madde miktarı, g

B: Bitkide kontrol uygulaması (Zn_0) ile elde edilen sap kuru madde miktarı, g

EK 2. BİTKİ SAPINA TAŞINAN VE BİTKİ KÖKÜNDE KALAN ÇİNKO VE DEMİR ORANININ BELİRLENMESİ

Bitki sapına taşınan demir oranının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin sapına taşınan demir oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Bitki sapına taşınan demir oranı (\%)} = (A / B) \times 100$$

A=Bitki sapında demir alımı, $\mu\text{g Fe}$ / saksı

B=Bitki sap + kök demir alımı, $\mu\text{g Fe}$ / saksı

Bitki kökünde kalan demir oranının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kökünde kalan demir oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Bitki kökünde kalan demir oranı (\%)} = (A / B) \times 100$$

A=Bitki kökünde demir alımı, $\mu\text{g Fe}$ / saksı

B=Bitki sap + kök demir alımı, $\mu\text{g Fe}$ / saksı

Bitki sapına taşınan çinko oranının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin sapına taşınan çinko oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Bitki sapına taşınan çinko oranı (\%)} = (A / B) \times 100$$

A=Bitki sapında çinko alımı, $\mu\text{g Zn}$ / saksı

B=Bitki sap + kök çinko alımı, $\mu\text{g Zn}$ / saksı

Bitki kökünde kalan çinko oranının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kökünde kalan çinko oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Bitki kökünde kalan çinko oranı (\%)} = (A / B) \times 100$$

A=Bitki kökünde çinko alımı, $\mu\text{g Zn}$ / saksı

B=Bitki sap + kök çinko alımı, $\mu\text{g Zn}$ / saksı



EK 3. BİTKİ SAPINDA VE KÖKÜNDE ÇİNKO VE DEMİR ALIMININ BELİRLENMESİ

Bitki sapında çinko alımının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin sapında çinko alımı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki sapında çinko alımı ($\mu\text{g Zn} / \text{saksı}$) = Bitki sapında çinko kapsamı (ppm) x bitki toprak üstü kuru aksam ağırlığı (g)

Bitki kökünde çinko alımının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kökünde çinko alımı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki kökünde çinko alımı ($\mu\text{g Zn} / \text{saksı}$) = Bitki kökünde çinko kapsamı (ppm) x bitki kökünün kuru ağırlığı (g)

Bitki sapında demir alımının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin sapında demir alımı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki sapında demir alımı ($\mu\text{g Fe} / \text{saksı}$) = Bitki sapında demir kapsamı (ppm) x bitki toprak üstü kuru aksam ağırlığı (g)

Bitki kökünde demir alımının belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamda yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kökünde demir alımı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki kökünde demir alımı ($\mu\text{g Fe} / \text{saksı}$) = Bitki kökünde demir kapsamı (ppm) x bitki kökünün kuru ağırlığı (g)

EK 4. BİTKİNİN ÇİNKO NOKSANLIĞINA VE YETERLİ ÇİNKO DOZUNA TOLERE İNDEKS DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Bitkinin çinko noksanlığına tolerans indeks değerinin belirlenmesi

Kireçsiz ve kireçli ortamda çeltik çeşitlerinin çinko noksanlığına tolerans indeks değeri (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitkinin çinko noksanlığına tolerans indeks değeri (%) = $(A/B) \times 100$

A= Kontrol uygulamasında (Zn0) bir çeşide ait sap kuru madde miktarı, g

B=Yeterli çinko konsantrasyonunda (2 µM Zn) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

Bitkinin yeterli çinko dozuna tolere indeks değerinin belirlenmesi

Kireç ilavesiz ve kireç ilaveli kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kontrole (Zn0) göre yeterli çinko dozuna (2 µM Zn) tolere indeks değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitkinin yeterli çinko dozuna tolere indeks değeri = $(A / B) \times (C / D)$

A=Kontrol uygulamasında (Zn0) bir çeşide ait sap kuru madde miktarı g

B=Kontrol uygulamasında (Zn0) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

C=Yeterli çinko konsantrasyonunda (2 µM Zn) bir çeşide ait sap kuru madde miktarı, g

D=Yeterli çinko konsantrasyonunda (2µM Zn) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

EK 5. BİTKİNİN DEMİR NOKSANLIĞINA, YETERLİ DEMİR DOZUNA, YÜKSEK DEMİR DOZUNA VE KİREÇLİ ORTAMA TOLERE İNDEKS DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Bitkinin demir noksanlığına tolere indeks değerinin belirlenmesi

Kum ortamında kireç ilaveli ve kireç ilavesiz koşullar altında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin demir noksanlığına tolerans indeks değeri (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Demir noksanlığına tolerans indeks değeri (\%)} = (A / B) \times 100$$

A=Kontrol uygulamasında (Fe0) bir çeşide ait sap kuru madde miktarı, g

B=Yeterli demir konsantrasyonunda (45 µM Fe) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

Bitkinin yeterli demir dozuna tolere indeks değerinin belirlenmesi

Kum ortamında kireç ilaveli ve kireç ilavesiz koşullar altında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kontrole (Fe0) göre yeterli demir konsantrasyonuna (45 µM Fe, Fe-EDDHA formunda) tolere indeks değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Yeterli demir dozuna tolere indeks değeri} = (A / B) \times (C / D)$$

A=Kontrol uygulamasında (Fe0) bir çeşide ait sap kuru madde miktarı, g

B=Kontrol uygulamasında (Fe0) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

C=Yeterli demir konsantrasyonunda (45 µM Fe) bir çeşide ait sap kuru madde miktarı, g

D=Yeterli demir konsantrasyonunda (45 µM Fe) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

Bitkinin toksik demir dozuna tolere indeks değerinin belirlenmesi

Yeterli demir düzeyine (45 µM Fe) göre eltik çeşitlerinin bentonit ilaveli ve bentonit ilavesiz kum ortamında demir sülfat formunda yüksek demir dozuna tolere indeks değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Bitkinin toksik demir dozuna tolere indeks değeri} = (A / B) \times (C / D)$$

A=Yeterli demir konsantrasyonunda (45 µM Fe) bir eşitide ait sap kuru madde miktarı, g

B=Yeterli demir konsantrasyonunda (45 µM Fe) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

C=Toksik demir konsantrasyonunda (3,50 mM Fe) bir eşitide ait sap kuru madde miktarı, g

D=Toksik demir konsantrasyonunda (3,50 mM Fe) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

Bitkinin kireçli ortama tolere indeks değerinin belirlenmesi

Kontrol (Fe0) ve 45 µM Fe içeren besin çözeltileri ile beslenen eltik çeşitlerinin kireç ilavesiz ortama göre kireç ilaveli ortama tolere indeks değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Kontrol (Fe0) koşullarında kireçli ortama tolere indeks değeri} = (A / B) \times (C / D)$$

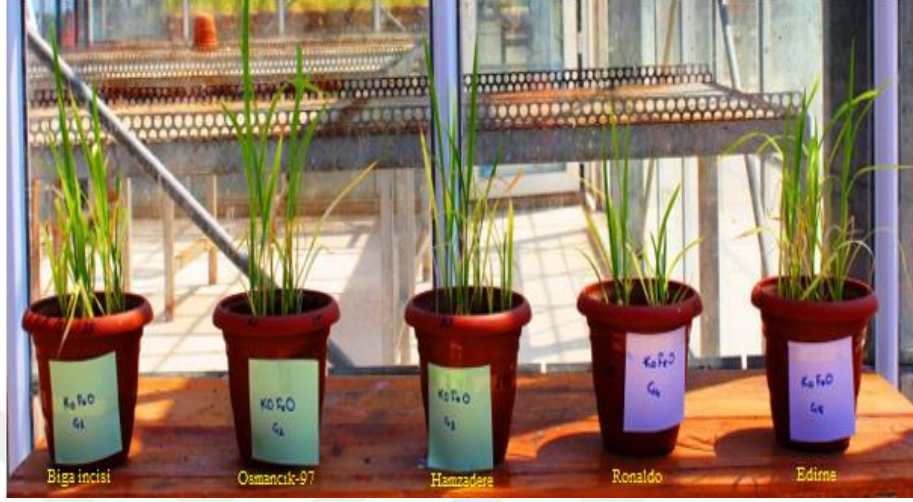
A=Kireli ortamda kontrol uygulamasında (Fe0) bir eşitide ait sap kuru madde miktarı, g

B=Kireli ortamda kontrol uygulamasında (Fe0) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

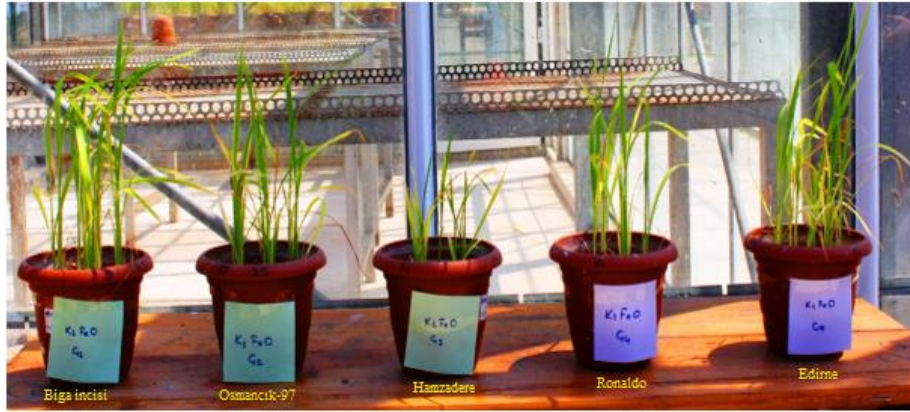
C=Kiresiz ortamda kontrol uygulamasında (Fe0) bir eşitide ait sap kuru madde miktarı, g

D=Kiresiz ortamda kontrol uygulamasında (Fe0) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı, g

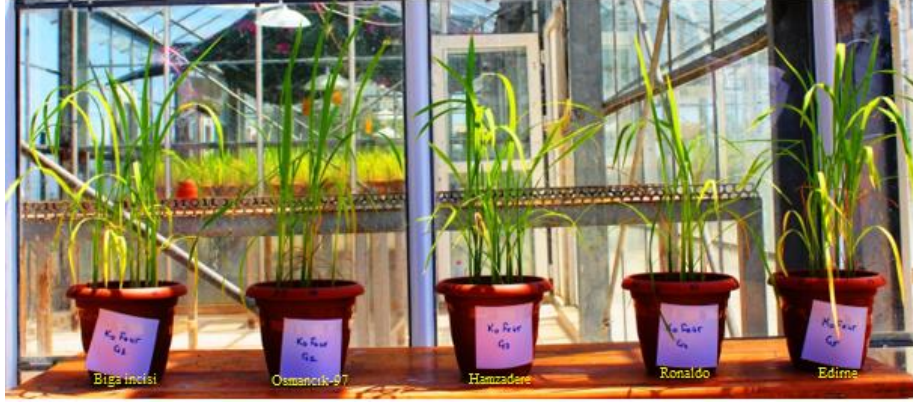
EK 6. DENEME 1'E İLİŞKİN RESİMLER



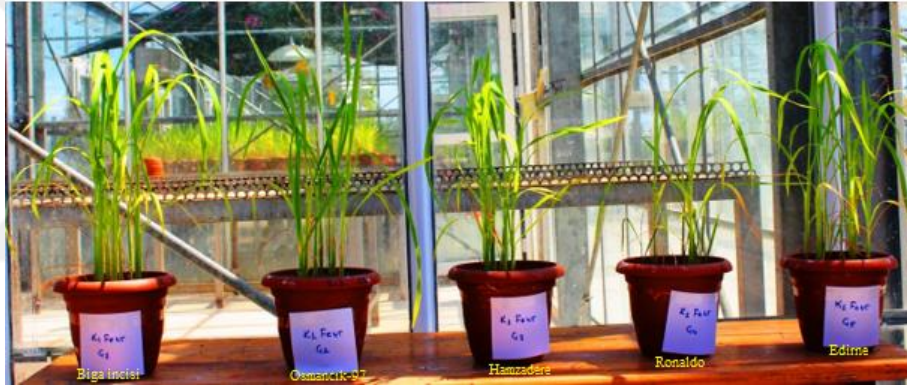
Resim 1. Kireçsiz (K0) kum ortamında demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



Resim 2. Kireç ilaveli (K1) kum ortamında demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

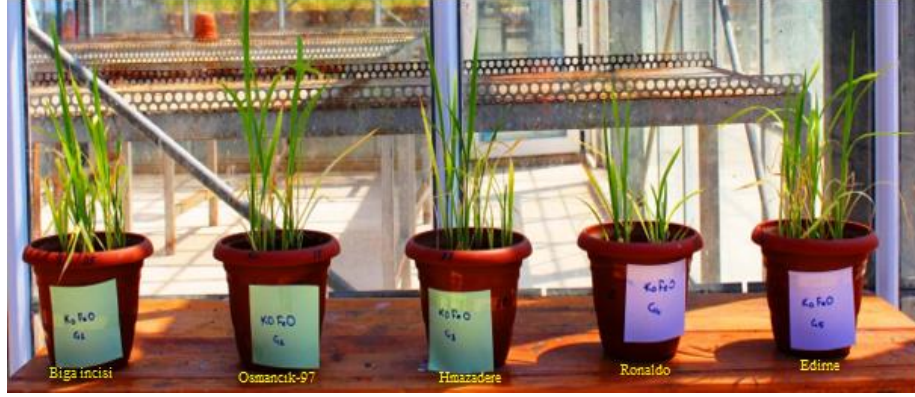


Resim 3. Kirecsiz (K0) kum ortamında demir içeren (Fe45) şartlarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



Resim 4. Kireç ilaveli (K1) kum ortamında demir içeren (Fe45) şartlarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

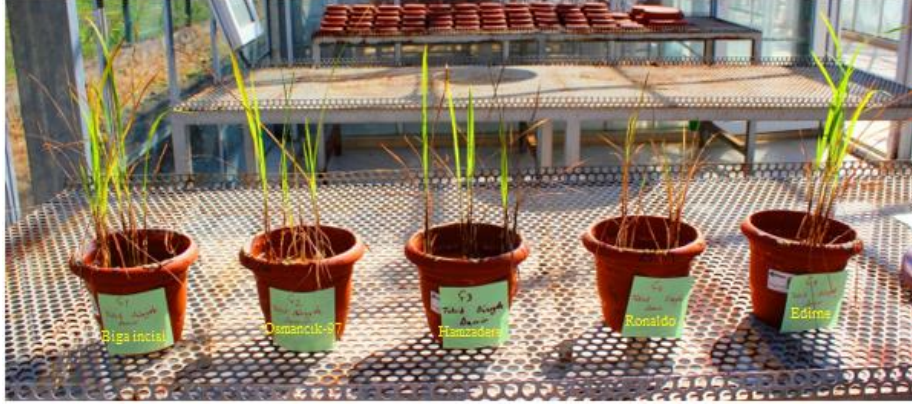
EK 7. DENEME 2'YE İLİŞKİN RESİMLER



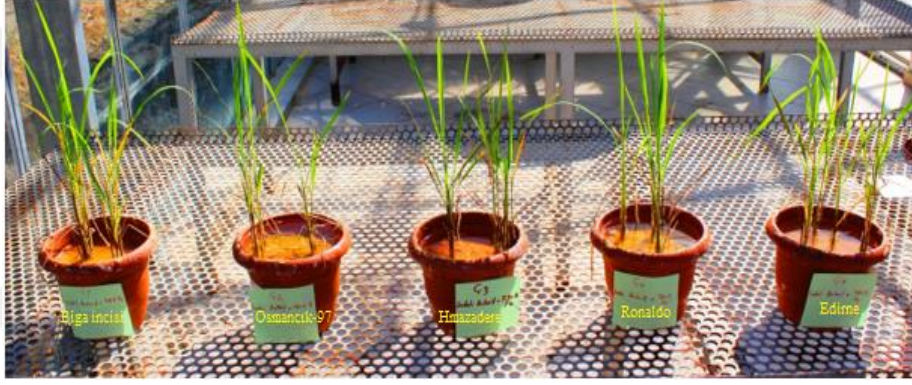
Resim 5. Bentonitsiz kum ortamında demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



Resim 6. Bentonitsiz kum ortamında yeterli demir düzeyinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



Resim 7. Bentonitsiz kum ortamında toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



Resim 8. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

EK.8. DENEME 3'E İLİŞKİN RESİMLER



Resim 9. Kireçsiz (K0) kum ortamında çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



Resim 10. Kireçsiz (K0) kum ortamında çinko içeren (Zn2) şartlarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

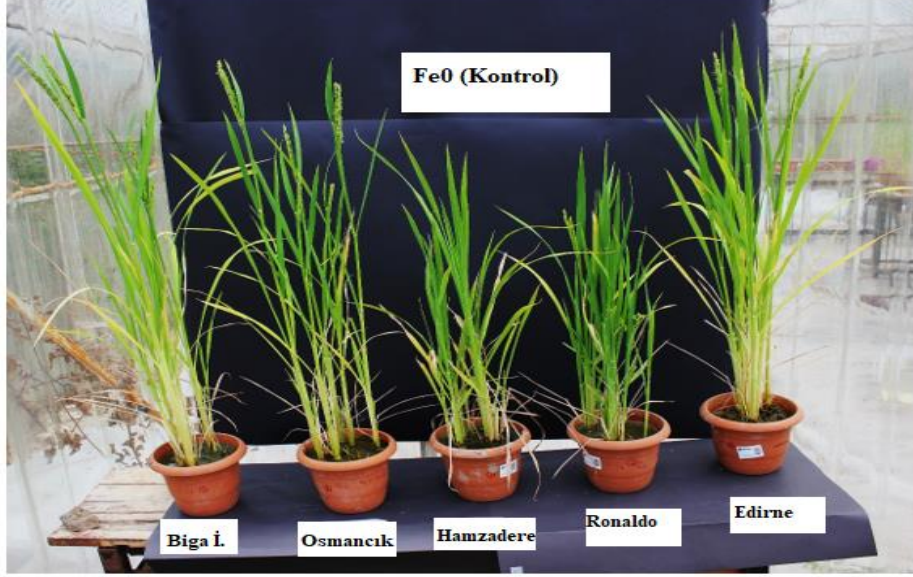


Resim 11. Kireç ilaveli (K1) kum ortamında çinko noksanlığı (Zn0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

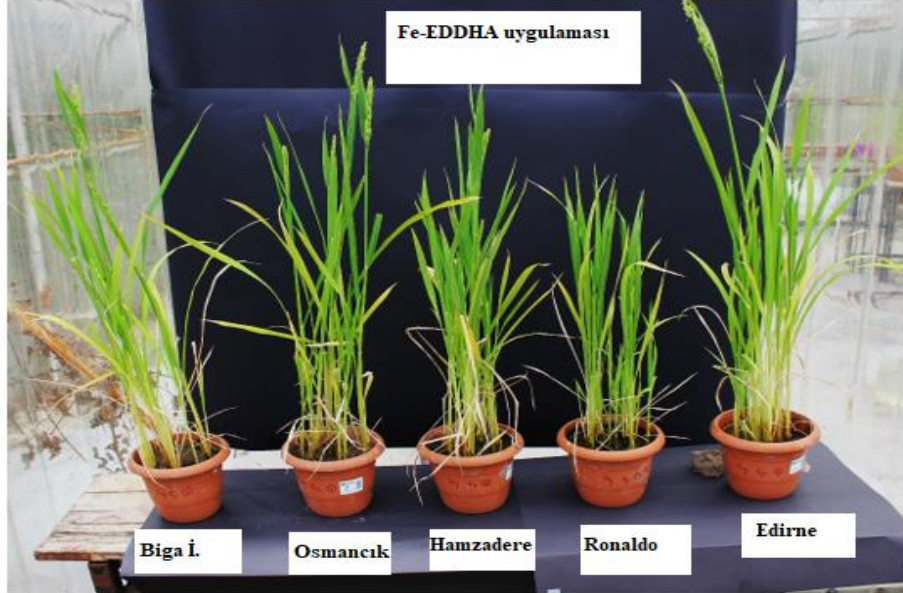


Resim 12. Kireç ilaveli (K1) kum ortamında çinko içeren (Zn2) şartlarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

EK 9. DENEME 4'E İLİŞKİN RESİMLER

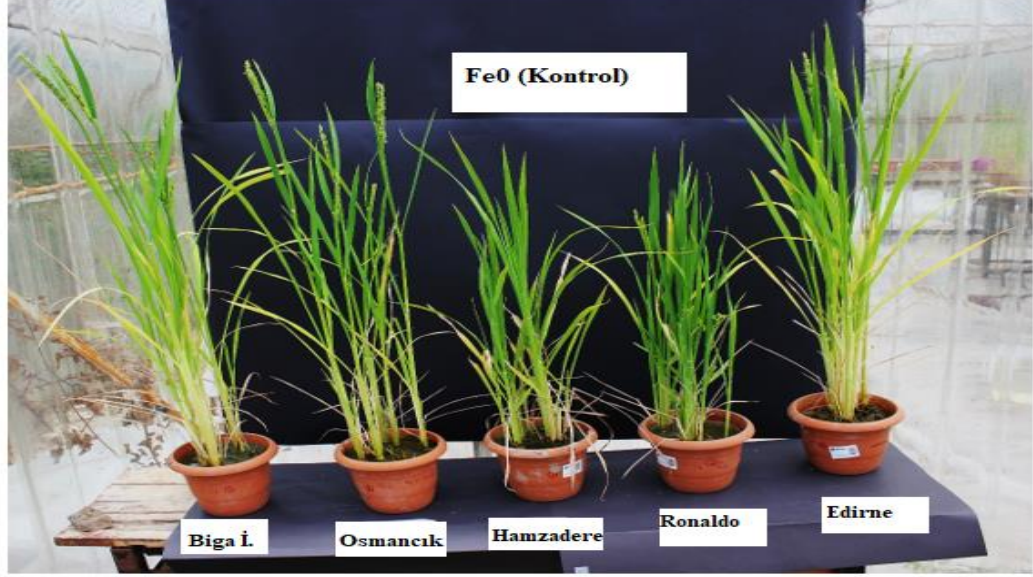


Resim 13. Toprağa Fe-EDDHA gübrelemesi yapılmamış (Fe0, Kontrol) saksılarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

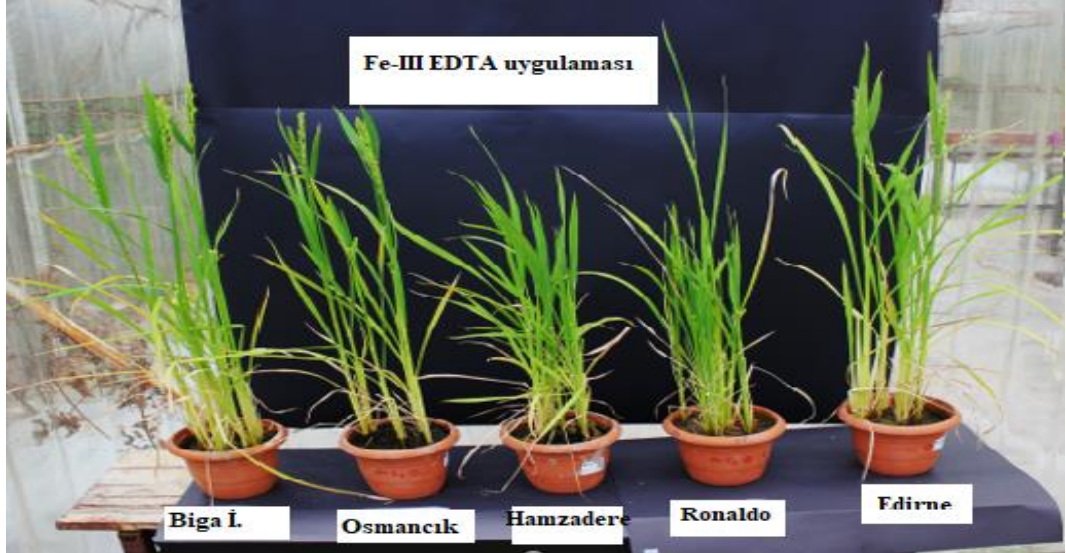


Resim 14. Toprağa Fe-EDDHA gübrelemesi yapılan saksılarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

EK 10. DENEME 5'E İLİŞKİN RESİMLER

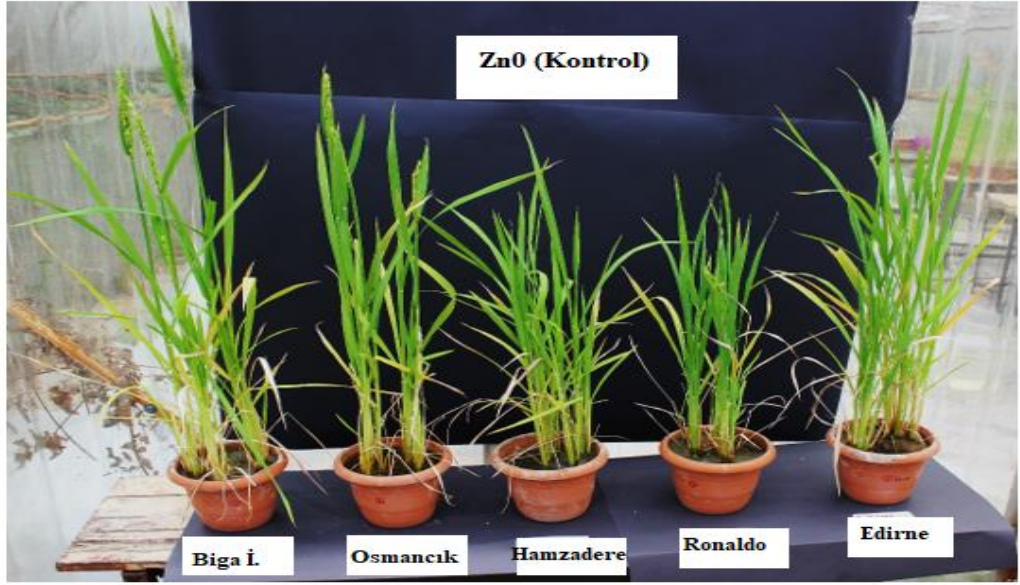


Resim 15. Toprağa Fe-III EDTA gübrelemesi yapılmamış (Fe0, Kontrol) saksılarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

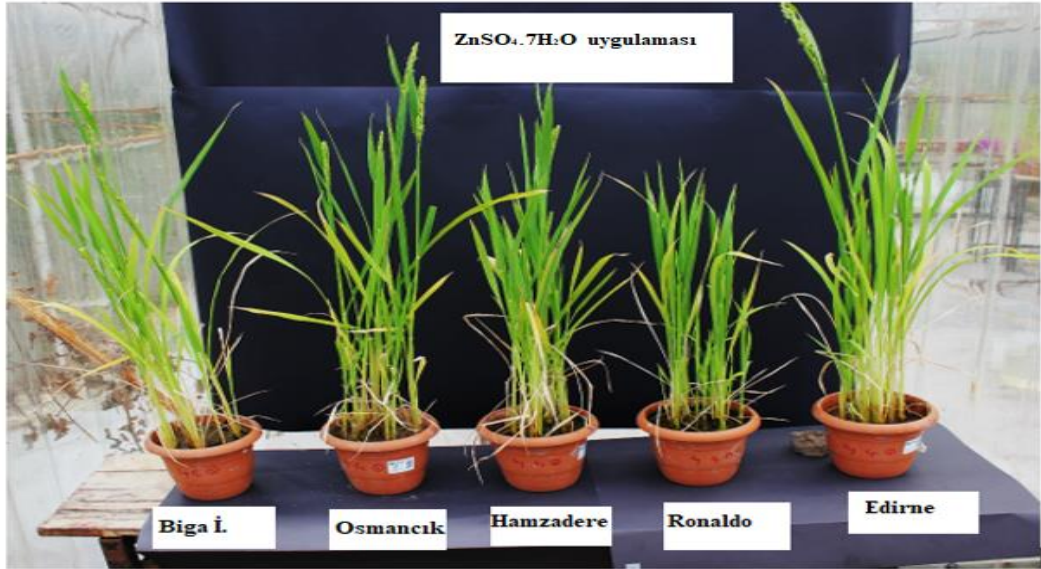


Resim 16. Toprağa Fe-III EDTA gübrelemesi yapılan saksılarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi

EK 11. DENEME 6'YA İLİŞKİN RESİMLER



Resim 17. Toprağa $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ gübrelemesi yapılmamış (Zn_0 , Kontrol) saksılarda çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



Resim 18. Toprağa $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ gübrelemesi yapılan saksılarda yetiştirilen çeltik çeşitlerinde bitki gelişimi



ÖZ GEÇMİŞ

Fotoğraf

Güney Akınoğlu, 20.09.1987 tarihinde Adana’da doğdu. Osmaniye Atatürk Lisesi’ni bitirdikten sonra Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nden 2010 yılında mezun oldu. 2015 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi’nde Yüksek Lisans programını bitirdi. Mezuniyetinden bu yana Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak görev yapan Güney Akınoğlu iyi derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları, hobi bahçeleri ile ilgilenmek, kitap okumak, müzik dinlemek, futbol, basketbol ve masa tenisi oynamak, manzara fotoğrafları çekmektir.

İletişim Bilgileri

E-mail: guney_akinoglu@ymail.com

Telefon: 0542 693 85 70

Yayınlar

Konferans Sunumları

Horuz, A., Bakır, R., Korkmaz, A., Akınoğlu, G., Demirkıran, A.R., Sürücü, A. The effect of silicon and phosphorus in acid soil on dry matter and phosphorus nutrition of oat, 10 / 2016 [Uluslararası]

Horuz A., Kavaklı K., Akınoğlu G., Korkmaz A., Turan M., Karaman M.R. The effects of foliar application of humic acid, potassium and boron on nutrient content of grapevine (*Vitis vinifera* L.), 10 / 2017 [Uluslararası]

Horuz A., Turan M., Akınoğlu G., Özcan C., Güneş A., Korkmaz A., Kaya Y., Kıtır N., Adiloğlu S., Tüfenkçi Ş., Adiloğlu A., Karaman M.R. Effects of Phosphogypsum Waste Application on Corn Yield and Mineral Nutrient Contents (*Zea mays* L.), 9 / 2017 [Uluslararası]

Korkmaz A., Karagöl A., Akınoğlu G., Horuz A. Effect of humic acid on some macro and micro nutrients in tomato plant leaf in NaCl stress conditions under solid media culture., 10 / 2017 [Uluslararası]

Akınoğlu, G., Korkmaz, A., Horuz, A., Bentonitlerin özellikleri ve aktivasyonu, 10 / 2019 [Uluslararası]

Akinoğlu, G., Horuz, A., Adsorbanlar ve adsorpsiyon izotermi, 10 / 2019 [Uluslararası]

Akinoğlu, G., Horuz, A., Sulama ve içme sularında istenmeyen iyon ya da moleküllerin uzaklaştırılmasında kullanılan adsorpsiyon yöntemi, 10 / 2019 [Uluslararası]

Horuz, A., Akinoğlu, G., Karaman, M.R. Bitkilerde nitrat ve nitrit akümüülasyonunu etkileyen faktörler, 10 / 2019 [Uluslararası]

Horuz, A., Akinoğlu, G. Bitkilerin fazla NH_4 ile beslenmelerinin fizyolojik etkileri ve insan sağlığıyla olan ilişkileri., 10 / 2019 [Uluslararası]

Horuz, A., Akinoğlu, G. Bitkilerin NO_3^- ile beslenmelerinin fizyolojik etkileri ve insan sağlığıyla olan ilişkileri., 10 / 2019 [Uluslararası]

Konferans Bildirileri

Horuz, A., Özcan, C., Dizman, M., Korkmaz, A., Akinoğlu, G. The effect of humic acid on yield and Fe uptake of soybean., 9 / 2014 [Uluslararası]

Dengiz O., Türkmen F., Sağlam M., İmamoğlu A., Saygın F., Kanar E., Akinoğlu G., Determination of soil

erodibility state under different land use and land cover
in Madendere Watershed, 10 / 2014 [Uluslararası]

Korkmaz, A., Şendemirci, H.S., Akınoğlu, G., Horuz,
A., Sürücü, A. Contents and distributions of iron
fractions in Bafra, Çarşamba and Suluova Soils and
relationships with some soil properties., 11, 3, 11 / 2015
[Uluslararası]

Korkmaz, A., Şendemirci, H.S., Horuz, A., Akınoğlu,
G. The Relationships between response of phaseolus
(Phaseolus Vulgaris L. Var. Nanus) plant to iron and
chlorosis indices values and some properties of soils.,
10 / 2016 [Uluslararası]

Korkmaz A., Akınoğlu G., Karagöl A., Çoka İ., Yılmaz
Y., NaCl stres şartlarında hüyük asidin domatesin
gelişmesi, verim, yaprakta K/Na, Ca/Na oranlarına ve
meyvede bazı kalite özelliklerine faydalı etkileri., 11 /
2016 [Uluslararası]

Derlemeler

Horuz A., Korkmaz A., Akınoğlu G., Biyoyakıt bitkileri
ve teknolojisi, 3, 2, 4 / 2015

Horuz A., Korkmaz A., Akinoğlu G., Boz E., Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri, 4, 1, 6 / 2016

Horuz A., Akinoğlu G., Korkmaz A., Abiyotik ve Biyotik Stres Şartlarında Silisyumun Rolü, 27, 4, 10 / 2017

ErdiL, A., Horuz,A., Korkmaz, A., Akinoğlu, G. Topraklarda amonyum fiksasyonu ve etkileri, 3 / 2018

Araştırma Makaleleri

Korkmaz A., Karagöl A., Horuz A., Akinoğlu G., Katı ortam kültüründe hümkik asitin artan NaCl stres şartlarında domates bitkisi yaprağında makro ve mikro besin kapsamlarına etkisi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 3, 2, 5 / 2015 [Ulusal]

Akinoğlu G., Korkmaz A., Topraksız tarımda substrat ve besin çözeltisi uygulamalarının domateste beslenme ve verim kriterleri üzerine etkileri, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4, 2, 12 / 2016 [Ulusal]

Şendemirci H., Korkmaz A., Akinoğlu G., Fasülye bitkisinin (Phaseolus vulgaris l. var. nanus) demirli gübrelemeye responsu ile toprakların kloroz indis değerleri ve bazı özellikleri arasındaki ilişki, Toprak Su Dergisi , 5, 1, 5 / 2016 [Ulusal]

Horuz A., Korkmaz A., Akınoğlu G., Boz E., Bitkilerde demir klorozunun nedenleri, giderilme yöntemleri ve genetik kontrolü. , Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4, 1, 5 / 2016 [Ulusal]

Şendemirci H., Korkmaz A., Akınoğlu G., Fasülye bitkisinin demirli gübrelemeye responsu ile toprakların kloroz indis değerleri ve bazı özellikleri arasındaki ilişkiler , Toprak Su Dergisi, 5, 1, 6 / 2016 [Ulusal]

Köse B., Horuz A., Akınoğlu G., Phenological Changes of Leaf Nutrients in vitis labrusca L. grape grafted on different rootstocks in heavy clay soil conditions., Erwerbs-Obstbau, 6 / 2016 [Uluslararası]

Horuz A., Ekberli I., Korkmaz A., Akınoğlu G., Özdemir N. Terme ve Çarşamba'daki bazı fındık bahçelerinde toprakların adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 1 / 2017 [Ulusal]

Korkmaz A., Karagöl A., Akınoğlu G., Korkmaz H. The effects of silicon on nutrient levels and yields of tomatoes under saline stress in artificial medium

culture, Journal of Plant Nutrition, 41, 1, 10 / 2017
[Uluslararası]

Korkmaz A., Karagöl A., Akınoğlu G., Korkmaz H. The effects of silicon on nutrient levels and yields of tomatoes under saline stress in artificial medium culture, Journal of Plant Nutrition, 10 / 2017
[Uluslararası]

Korkmaz A., Karagöl A., Akınoğlu G., The effects of CaCl_2 on fruit yield, quality and nutrient contents of tomato under NaCl stress conditions, Eurasian Journal of Soil Science, 1 / 2017 [Uluslararası]

1) Horuz A., Turan M., Akınoğlu G., Özcan C., Güneş A., Korkmaz A., Kaya Y., Kıtır N., Adiloğlu S., Tüfenkçi Ş., Adiloğlu A., Karaman M. R., Özlü E. Effects of phosphogypsum waste application on corn (*Zea mays* L.) yield and nutrient contents., Fresenius Environmental Bulletin, 28, 11, 11 / 2019
[Uluslararası]

Bitirmiş Olduğu Projeler

BAP - Araştırmacı 5 - 2013 / 10 - 2015 | Durum :
Tamamlandı.

Samsun Yöresi Çeltik Topraklarında Silisli Gübrelemenin Çeltiğin Kavuzlu Danesinde Silis ve Diğer Bazı Besin Element Kapsamına Etkileri

BAP - Araştırmacı 5 - 2016 / 6 - 2017 | Durum :
Tamamlandı.

Demir noksanlığına hassas ve dayanıklı fasulye ve
domates çeşit ve hatlarının seçimi

