

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

MM106 VE M9 ANAÇLARI ÜZERİNE AŞILI BAZI ELMA (*Malus×domestica*
Borkh.) ÇEŞİTLERİNİN KİREÇ KÖKENLİ KLOROZA TOLERANSLARI VE
OKSİDATİF STRESE TEPKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Özge ŞAHİN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ANKARA
2015

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Özge ŞAHİN tarafından hazırlanan ‘**MM106 ve M9 Anaçları Üzerine Aşılı Bazı Elma (*Malus×domestica* Borkh.) Çeşitlerinin Kireç Kökenli Kloroza Toleransları ve Oksidatif Strese Tepkilerinin Belirlenmesi**’ adlı tez çalışması 08/10/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’ nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Hatice DUMANOĞLU
Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ali İNAL
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Süleyman TABAN
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU
Ordu Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

08/10/2015

Özge ŞAHİN

ÖZET

Doktora Tezi

MM106 VE M9 ANAÇLARI ÜZERİNE AŞILI BAZI ELMA (*Mallus × domestica* Borkh.) ÇEŞİTLERİNİN KİREÇ KÖKENLİ KLOROZA TOLERANSLARI VE OKSİDATİF STRESE TEPKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Özge ŞAHİN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ

Bodur (M9) ve orta kuvvetli (MM106) klon elma anacı ve bu anaçlar üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin [Granny Smith, Fuji, Royal Gala, Mondial Gala ve Red Chief] kireç kökenli Fe klorozuna hassasiyetleri ve Fe noksanlığına bağlı olarak ortaya çıkan oksidatif tepkileri belirlenmiştir. Bu amaçla Fe beslenmesi ile anaç ilişkisinin yanında Fe noksanlığına bağlı ortaya çıkan oksidatif stres sonucu bitkilerde H₂O₂'nin birikimi, membran zararlanması ve toksik oksijenlerin detoksifikasyonunda görev yapan katalaz, süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz ve lipoksigenaz ile enzimatik olmayan toplam antioksidanların Fe noksanlığı ile bağlantısı belirlenmiştir. Bitkilerin bir grubu %7 kireç içeren bir toprakta diğer bir grup ise aynı toprağa bikarbonat ilave edilerek yetiştirilmiştir. Araştırma sonucunda MM106 anacı ve bu anaç üzerine aşılı Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinin aktif ve toplam Fe konsantrasyonları ve toplam klorofil miktarları ile yaprak demir şelat redüktaz aktivitelerinin (ŞR), ayrıca özellikle Mondial Gala çeşidinin askorbat peroksidaz ve lipoksigenaz aktiviteleri ile P, Mg, Zn Cu ve Mn konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. M9 anacının MDA ve H₂O₂ miktarları ile KAT ve SOD aktivitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinin toplam ve aktif Fe konsantrasyonları ile toplam klorofil miktarı, ŞR ve lipoksigenaz aktiviteleri ile Mg, Zn, Mn konsantrasyonlarının diğer çeşitlere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. MM106 anacının M9 anacına göre Fe noksanlığına daha dayanıklı olduğu, ayrıca her 2 anaç üzerine aşılı Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinin Fe noksanlığına daha dayanıklı olduğu, en hassas çeşidinin ise Granny Smith olduğu belirlenmiştir.

Ekim 2015, 195 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kireç kökenli kloroz, MM106, M9, elma çeşitleri, oksidatif stres

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF RESPONSES OF SOME APPLE (*Mallus x domestica* Borkh.) CULTIVARS GRAFTED ON MM106 AND M9 ROOTSTOCKS TO LIME- INDUCED CHLOROSIS AND OXIDATIVE STRESS

Özge ŞAHİN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ

The response of dwarf (M9) and semi dwarf (MM106) clonal apple rootstocks and 5 different apple cultivars [Granny Smith, Fuji, Royal Gala, Mondial Gala and Red Chief] grafted on these rootstocks to lime induced iron chlorosis and iron deficiency induced oxidative stress were investigated. The accumulation of H₂O₂ as toxic oxygen radicals and membrane damage, antioxidant enzymes, superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and lipoxygenase which scavenging toxic oxygen radicals and protects the plants against to oxidative stress as the result of iron deficiency induced oxidative stress were also determined. The experiment was carried out one group of plants were grown in a soil containing 7% lime and the others were grown in a additional bicarbonate. According to experimental results, MM106 rootstocks and Mondial Gala and Royal Gala grafted on this rootstock contained higher total and active Fe concentration and total chlorophyll, leaf iron chelate reductase activity and also especially Mondial Gala ascorbate peroxidase and lipoxygenase activity, the concentration of P, Mg, Cu and Mn compared to M9 rootstock. In addition to this, M9 rootstock contained higher MDA, H₂O₂, catalase and superoxide dismutase activity. Mondial Gala and Royal Gala grafted on M9 rootstock contained higher Fe and active Fe concentration, total chlorophyll, catalase and lipoxygenase activity, the concentration of Mg, Zn and Mn compared to other cultivars. Mondial Gala and Royal Gala cultivars grafted either M9 or MM106 showed higher iron deficiency tolerance compared to other cultivars. The cultivar of Granny Smith were seen more susceptible to iron deficiency.

October 2015, 195 pages

Key Words: Lime-induced chlorosis, MM106, M9, apple cultivars, oxidative stress

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda çalışma olanağı sağlayan, yaptığı tüm araştırmalarında bana fırsat vererek akademik anlamda gelişmemi ve yetişmemi sağlayan, tüm eğitim hayatım boyunca bilgi ve yardımları ile yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, başarı ve bilgisi ile örnek aldığım danışmanım Sayın Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ'e (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), çalışmalarımın katkıda bulunan, araştırmalarında bana çalışma fırsatı vererek yetişmeme destek ve imkan sağlayan Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Ali İNAL'a, araştırmamı fikirleri ile destekleyen ve yönlendiren ve çalışmalarında bana yer veren Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Hatice DUMANOĞLU'na, araştırmalarımın laboratuvar imkanlarını kullanmamı sağlayan ve çalışmalarında bana yer veren Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Süleyman TABAN'a, çalışmalarımızı beraber yürüttüğümüz ve yardımlarını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Araş. Gör. M. Burak TAŞKIN'a ve Emre Can KAYA'ya, çalışmalarım ve yaşamım süresince fedakarlıkları ve destekleri ile yanımda olan Sevgili babama, anneme ve ablama, yardımlarını esirgemeyen ismini zikredemediğim tüm meslektaşlarıma sonsuz sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışması, 'Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Proje Destek Birimi'nin, 12B4347009 kodlu 'MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı bazı elma (*Mallus × domestica* Borkh.) çeşitlerinin kireç kökenli kloroza toleransları ve oksidatif strese tepkilerinin belirlenmesi' konulu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Özge ŞAHİN

Ankara, Ekim 2015

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Elma Konusunda Temel Bilgiler	4
2.2 Toprak ve Bitkide Demir	12
2.3 Demirin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi	42
2.4 Oksidatif Stres	43
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	56
3.1 Materyal	56
3.1.1 Saksı denemesi kurulması, yürütülmesi ve örneklenmesi	56
3.1.2 Alan çalışması kurulması, yürütülmesi ve örneklenmesi	59
3.2 Yöntem	62
3.2.1 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinde uygulanan yöntemler	62
3.2.2 Bitki analizlerinde uygulanan yöntemler	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	70
4.1 Saksı Denemesine ait Bulgular	71
4.1.1 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin fizyolojik ve enzimatik parametreleri	71
4.1.1.1 Aktif Fe.....	71
4.1.1.2 Toplam demir (Fe)	74

4.1.1.3 Toplam klorofil.....	76
4.1.1.4 Yaprak demir şelat redüktaz (ŞR)	78
4.1.1.5 Lipid peroksidasyon (MDA)	79
4.1.1.6 Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂).....	81
4.1.1.7 Süperoksit dismutaz (SOD).....	84
4.1.1.8 Katalaz (KAT)	86
4.1.1.9 Askorbat peroksidaz (AP)	88
4.1.1.10 Lipoksigenaz (LO).....	90
4.1.1.11 Enzimatik olmayan toplam antioksidanlar (EOA)	92
4.1.2 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin besin maddesi konsantrasyonları	93
4.1.2.1 Fosfor (P)	94
4.1.2.2 Kalsiyum (Ca)	96
4.1.2.3 Magnezyum (Mg)	98
4.1.2.4 Çinko (Zn)	99
4.1.2.5 Bakır (Cu)	101
4.1.2.6 Mangan (Mn)	103
4.2 Alan Çalışmasına (Koleksiyon Bahçesi) ait Bulgular	105
4.2.1 Aktif Fe	106
4.2.2 Toplam demir (Fe)	108
4.2.3 Toplam klorofil	110
4.2.4 Fosfor (P)	111
4.2.5 Kalsiyum (Ca)	114
4.2.6 Magnezyum (Mg)	115
4.2.7 Çinko (Zn)	117
4.2.8 Bakır (Cu)	119
4.2.9 Mangan (Mn)	121
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	123

KAYNAKLAR	146
EKLER.....	169
EK 1 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	171
EK 2 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	172
EK 3 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	173
EK 4 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	174
EK 5 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	175
EK 6 Saksıda yetiştirilen MM106 anacına uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	176
EK 7 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	177
EK 8 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	178
EK 9 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	179

EK 10 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	180
EK 11 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	181
EK 12 Saksıda yetiştirilen M9 anacına uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	182
EK 13 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	183
EK 14 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	184
EK 15 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	185
EK 16 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	186
EK 17 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	187
EK 18 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	188

EK 19 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	189
EK 20 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	190
EK 21 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	191
EK 22 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	192
ÖZGEÇMİŞ.....	193

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Strateji I ve Strateji II bitkilerin Fe alım mekanizması.....	15
Şekil 2.2 Yapraklarda klorofil oluşturmak üzere Fe alımı, taşınması ve yarayışlılığına ortamdaki yüksek bikarbonat düzeyinin 8 muhtemel etkisi.....	16
Şekil 2.3 Demirin ksilem ve floemde taşınımı.....	19
Şekil 3.1 Saksı denemesi bitki analizleri için örnekleme yapılan yapraklar.....	58
Şekil 3.2 Saksı denemesi genel görünümü (2013).....	59
Şekil 3.3 Alan çalışması bitki analizleri için örnekleme yapılan yapraklar.....	61
Şekil 3.4 Alan çalışması (koleksiyon bahçesi) genel görünümü (2013).....	61
Şekil 4.1 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri aktif Fe konsantrasyonu a) 2012 çeşit x zaman interaksiyonu b) 2013 çeşit x zaman interaksiyonu	107
Şekil 4.2 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri toplam demir konsantrasyonu a) 2012 çeşit b) 2012 zaman c) 2013 çeşit x zaman interaksiyonu	109
Şekil 4.3 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri toplam klorofil miktarları a) 2012 çeşit x zaman interaksiyonu b) 2013 çeşit x zaman interaksiyonu.....	111
Şekil 4.4 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri fosfor konsantrasyonu a) 2012 çeşit b) 2012 zaman	112
Şekil 4.5 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri fosfor konsantrasyonu a) 2013 çeşit b) 2013 zaman	113

Şekil 4.6 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri kalsiyum konsantrasyonu a) 2013 çeşit b) 2013 çeşit x zaman interaksyonu	115
Şekil 4.7 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri magnezyum konsantrasyonu a) 2012 çeşit b) 2012 zaman c) 2013 zaman	116
Şekil 4.8 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri çinko konsantrasyonu a) 2012 çeşit b) 2012 zaman c) 2013 çeşit x zaman interaksyonu.....	118
Şekil 4.9 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri bakır konsantrasyonu a) 2012 çeşit x zaman interaksyonu b) 2013 çeşit x zaman interaksyonu	120
Şekil 4.10 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz- ağustos-eylül dönemleri mangan konsantrasyonu a) 2012 çeşit x zaman interaksyonu önemsiz b) 2013 çeşit x zaman interaksyonu.....	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Fuji çeşidine ait genel bilgi	7
Çizelge 2.2 Granny Smith çeşidine ait genel bilgi	8
Çizelge 2.3 Mondial Gala çeşidine ait genel bilgi	9
Çizelge 2.4 Red Chief çeşidine ait genel bilgi	10
Çizelge 2.5 Royal Gala çeşidine ait genel bilgi	11
Çizelge 3.1 Toprak analizlerinin değerlendirilmesinde kullanılan standart değerler	63
Çizelge 3.2 Elma ağaçlarında yaprak analizlerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek bitki besin maddeleri sınır düzeyleri.....	64
Çizelge 4.1 Saksı denemesi ve alan çalışması (koleksiyon bahçesi) toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	70
Çizelge 4.2 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak aktif Fe konsantrasyonlarındaki değişimler	73
Çizelge 4.3 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak toplam demir konsantrasyonlarındaki değişimler	75
Çizelge 4.4 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak toplam klorofil miktarlarındaki değişimler	77
Çizelge 4.5 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak yaprak demir şelat redüktaz miktarlarındaki değişimler	79
Çizelge 4.6 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak lipid peroksidasyon miktarlarındaki değişimler	81

Çizelge 4.7 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak hidrojen peroksit miktarlarındaki değişimler	83
Çizelge 4.8 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak süperoksit dismutaz aktivitelerindeki değişimler	85
Çizelge 4.9 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak katalaz aktivitelerindeki değişimler	87
Çizelge 4.10 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak askorbat peroksidaz aktivitelerindeki değişimler	89
Çizelge 4.11 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak lipoksigenaz aktivitelerindeki değişimler.....	91
Çizelge 4.12 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak enzimatik olmayan toplam antioksidan miktarlarındaki değişimler	93
Çizelge 4.13 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak fosfor konsantrasyonlarındaki değişimler	95
Çizelge 4.14 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak kalsiyum konsantrasyonlarındaki değişimler	97

- Çizelge 4.15 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak magnezyum konsantrasyonlarındaki değişimler99
- Çizelge 4.16 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak çinko konsantrasyonlarındaki değişimler101
- Çizelge 4.17 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak bakır konsantrasyonlarındaki değişimler103
- Çizelge 4.18 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak mangan konsantrasyonlarındaki değişimler105

1. GİRİŞ

Topraklarda demir yaklaşık olarak %5.0 oranında bulunmaktadır. Doğada çok bulunmasına ve bitkilerin demir ihtiyacının az olmasına rağmen çözünürlüğü ve dolayısıyla alınabilirliğinin az olması nedeniyle bitkilerde Fe noksanlığı yaygın olarak karşılaşılan bir beslenme sorunudur. Toplam demir konsantrasyonuyla karşılaştırıldığında toprakların çözünebilir demir konsantrasyonları oldukça düşüktür. Toplam demir içeriği % 3.1 olan bir toprakta yarayıklı demir konsantrasyonu 8.31 mg kg⁻¹ kadar düşük olabilmektedir (Gunes vd. 2009). Toprak pH'sının yüksek olduğu yerlerde ve iyi havalandırılan topraklarda Fe⁺² iyonu toplam çözünebilir inorganik demirin çok az bir kısmını oluşturur. Eyüpoğlu vd. (1999) Türkiye topraklarını temsilen alınan 1511 adet toprak örneğinin bitkiye yarayıklı mikro element kapsamı bakımından genel durumunu belirlemek üzere yapmış oldukları çalışmada topraklarımızın % 26.87'sinin yarayıklı demir kapsamının kritik değer kabul edilen 4.5 mg kg⁻¹'in altında olduğunu tespit etmişlerdir. Kuraklık gibi oksidatif koşullar, yüksek pH, kireç, düşük organik madde, yüksek kil, bikarbonat içeriği yüksek sulama suları, özellikle nitratlı ve fosforlu dengesiz gübreleme gibi toprak koşullarında demir noksanlığının görülmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Demir bitkilerde klorofil oluşumunda görev yapan ve pek çok enzimin yapısında yer alan önemli bir elementtir. Yeteri kadar demir alamayan bitkilerde fotosentez gerilemekte ve buna bağlı olarak bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenirken meyve verimi ve kalitesi de azalmaktadır.

Bitkiler Fe noksanlığına karşı geliştirmiş oldukları mekanizmalar bakımından Strateji I ve Strateji II olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu stratejilere göre tahıllar grubuna giren bütün bitkiler Strateji II olarak adlandırılmakta ve Strateji II bitkileri Fe noksanlığı durumunda kökleriyle fitosiderofor adı verilen bir bileşik salgılayarak toprakta yararlanılamayan formda bulunan Fe'i şelatlayarak Fe noksanlığı stresini yenmektedirler. Strateji I grubu bitkiler ise tahılların dışındaki bütün bitkileri içermektedir. Strateji I grubu bitkiler Fe eksikliğinde kökleriyle H⁺ iyonu veya diğer indirgeyici bileşikler salgılamak suretiyle Fe eksikliğini yenebilmektedirler. Strateji I

grubu bitkilerin tamamı Fe noksanlığında bu mekanizmayı kullanamamaktadır. Strateji I grubunda yer alan ve toprakta Fe’i indirgeyerek yarayışlı hale getirme yeteneğine sahip bitkilere Fe-etkin, bu yeteneğe sahip olmayanlara ise Fe-etkin olmayan bitkiler adı verilmektedir (Güneş vd. 2004).

Demirli gübrelerin pahalı olması ve her yıl uygulamanın gerekli olması nedeniyle Strateji I grubu bitkiler içerisinde yer alan Fe-etkin anaçların, çeşitlerin, anaç/çeşit kombinasyonlarının belirlenmesi meyvecilikte başarı için önem taşımaktadır. Demir noksanlığı ile ilgili olarak özellikle tek yıllık bitkilerde yürütülmüş pek çok araştırma bulunmaktadır. Buğdayda Cakmak vd. (1994) ve Shen vd. (2002), mısırdaki Wirén vd. (1994), pirinçde Ishimaru vd. (2006) ve Suzuki vd. (2008), nohutda Chaney vd. (2014) bu araştırmalardan bazılarıdır. Bununla birlikte, literatür araştırması sonucunda, özellikle farklı elma çeşit ve anaç kombinasyonları ile yürütülmüş çalışma bulunmadığı belirlenmiştir. Bu konuda bazı asma anaç ve çeşitler ile yürütülmüş olan az sayıda çalışmada ise sadece kloroz derecelendirilmesi, sürgün gelişimi ve bitkilerin Fe konsantrasyonları gibi temel parametreler belirlenmiştir (Bavaresco ve Poni 2003, Siminis ve Stavrakakis 2008, Yılmaz vd. 2008, Sabır vd. 2010, Covarrubias ve Rombolà 2013). Kireç kökenli kloroz açısından doğru anaç seçimi anacın Fe eksikliği koşullarında sergileyeceği mekanizmalar nedeniyle önem taşımaktadır. Kireçli topraklarda elma yetiştiriciliğinde başarılı olmanın temelinde Fe-etkin anaçların seçimi çok önemlidir. Diğer taraftan özellikle çok yıllık bitkilerde anaç tarafından başarılı bir şekilde alınan Fe yapraklarda inaktif olabilmektedir. Bu durumda hem anacın hem de çeşidin Fe etkinliğinin iyi olması gerekmektedir. Yanlış anaç ve çeşit seçimi sonucunda karşılaşılan Fe noksanlığına bağlı kloroz, ağaçların vejetatif ve generatif gelişimini etkilemekte, meyve verim ve kalitesinin düşmesine ve önlem alınmaz ise ağaçlarda kurumaya sebep olmaktadır. Demirli gübrelerin fiyatlarının yüksek olması nedeniyle özellikle kireçli topraklarda yetiştirilecek elma için Fe noksanlığına karşı doğru anaç ve çeşit seçimi ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma ile Fe beslenmesi açısından elma anaç ve çeşitleri arasında meydana çıkan farklılıklara ait mekanizmaların ortaya konulması hedeflenmiştir. Yine bu çalışma kapsamında bodur (M9) ve orta kuvvetli (MM106) iki farklı klon elma anacı ve bu anaçlar üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin [Granny Smith

(GS), Fuji (F), Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG) ve Red Chief (RC)] Fe-etkinlik derecesi belirlenmiş ve ayrıca elma anaçları üzerine aşılı çeşitlerin Fe noksanlığına göstermiş olduğu tepkilerin oksidatif stres ile ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Elma Konusunda Temel Bilgiler

Elma, Dünya’da Sibirya ve Çin’in kuzeyi gibi çok soğuk yerlerden, Kolombiya ve Endonezya gibi çok sıcak yerlere kadar adapte olmuş bir meyvedir. Ülkemizde ise hemem hemen her bölgede yetiştiriciliği yapılırsa da en uygun bölgeler Kuzey Anadolu, Karadeniz kıyıları ile İç Anadolu yayları arasındaki geçit bölgeleri ile son zamanlarda Göller bölgesi olarak sıralanabilir (Hampson 2000, Atay 2010). Çin, ABD, Türkiye, Polonya, İtalya, Hindistan, Fransa, Şili, İran, Rusya, Arjantin, Brezilya ve Almanya dünyanın en büyük elma üreticileridir. Elma üretiminde 2013 verilerine göre ilk sırayı Çin alırken bunu ABD ve Türkiye izlemektedir. Dünya’da 80.8 milyon ton elma üretiminin 3.1 milyon tonunu Türkiye üretmektedir. Bu değer ile elma, ülkemizde üretimi yapılan 15 milyon ton toplam meyve üretiminin içerisinde ilk sıralarda yer almaktadır (www.faostat3.fao.org.2013, www.tuik.gov.tr 2014).

Elma, *Rosaceae* familyasının, *Pomoideae* alt familyası içerisinde yer alır. Kültür elmaları (*Malus x domestica* Borkh.), türler arası bir hibrit kompleksidir. Haploid kromozom sayısı 17’ dir ($x=17$). Elma çeşitlerinin büyük bir çoğunluğu diploiddir ($2x=34$) (Velasco vd. 2010).

Elma, ılıman özellikle soğuk ılıman iklim meyvesidir. Genellikle dünyada 30°-50° enlemler arasında yetişmektedir. Türkiye’de Ege Bölgesi’nde 500 metre, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ nin sıcak ve kurak yerlerindeki 800 metreden daha yukarı yerlerde yetişmektedir. Yüksek ışık yoğunluğu elmada çok iyi renk oluşumunu sağlar. Elma ağacı düşük sıcaklıkların olduğu sert kışlara dayanıklıdır. Kış dinlenmesi sırasında odun kısımları -35°C ile -40°C’ye, açmış çiçekler -2.2°C ile -2.3°C ve küçük meyveler ise -1.1°C ile -2.2°C’ye kadar dayanırlar (Yapıcı 2014).

Elma, içsel dinlenmesini tamamlayarak ilkbaharda tomurcuklanma gelişimi için soğuklanma ihtiyacı olan türlerden birisidir. Elmaların soğuklama ihtiyacını

karşılabilmesi için +7.2°C' nin altında çeşitlere bağlı olarak 200-1100 saat kalması gerekmektedir. Yetersiz soğuklama sonucu çiçeklenme hem daha geç, hem de düzensiz olur. Elma yüksek yaz sıcaklığından da olumsuz yönde etkilenmektedir. Sıcaklık 40°C' nin üzerine çıktığı zaman büyüme durur, daha yüksek sıcaklıklarda ise zararlanma görülmeye başlar (Labuschagné vd. 2002).

Elma yetitiriciliğinde iyi bir kök ve ağaç gelişimi için tınlı- kumlu tınlı topraklar arzu edilir. Bahçe kurulacak yerin alt toprak yapısı önemlidir. Alt toprak, bitki kökleri hiçbir zaman su içinde kalmayacak ve köklerin yayılmasını kolaylaştıracak şekilde drene edilmeli, taban suyu ise 1 m nin üzerinene çıkmamalıdır. Sert ve suyu tutan alt toprak gelişmeye engel olur ve ağacın gelişimini olumsuz yönde etkiler. Elma toprak derinliği anaçlara bağlı olarak 1-2 m veya daha fazla olan topraklarda daha iyi yetişmektedir (Akgül vd. 2011, Yapıcı 2014).

Elma Klon anaçları; Tam Bodur: M27; Bodur: M9 ve M26; Yarı Bodur: M7, MM106; Kuvvetli: M2, MM104, MM111 ve Çok Kuvvetli: M16, M25, MM109, tohum (çöğür) anaçları olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Akgül vd. 2011, Yapıcı 2014).

Bu anaçlardan bugün meyvecilikte en yaygın kullanılanları M9, M26, MM106 ve MM111'dir.

M9: Malling serisinin en çok bilinen ve dünyada yaygın olarak kullanılan klonudur. 1879' da Fransa'da tesadüf çöğürü olarak bulunmuş ve İngiltere'deki East Malling Araştırma İstasyonu tarafından tescil edilmiştir. Yüzlek köklü olmasına rağmen pek çok toprak tipine toleranslı bodur anaçlardandır. Dikimden itibaren ömrü boyunca desteğe ihtiyaçları vardır. İkinci yaşından itibaren meyve vermeye başlar. Çöğürlerin % 35-40'ı kadar gelişirler. M9 anacı kök boğazı çürüklüğüne (*Phytophthora* spp.) dayanıklı fakat ateş yanıklığı (*Erwinia amylovora*) ve pamuklu bite (*Eriosoma Lanigerum*) ve kuraklığa hassastır. M9 anacı stool bed veya tepe daldırması ile çoğaltılır (Akgül vd. 2011, Yapıcı 2014).


M9 anacı üzerine özellikle Starking Delicious ve Golden Delicious gibi kuvvetli gelişen (standart) çeşitlerin aşılmasıyla elde edilen fidanlarla bahçe tesis edilmelidir. Kuvvetli gelişen çeşitler aşılandığında, toprağın verimliliği ve üzerine aşılanan çeşite bağlı olarak göre 1 m x 1.5 m, spur çeşitte ise 0.5 x 1 m. dikim aralıkları ile bahçeler tesis edilmelidir (Akgül vd. 2011, Yapıcı 2014).

MM106: East Malling Araştırma İstasyonu' nda Northern Spy x. M1 melezlemesinden elde edilmiştir. Dünyada ve ülkemizde çok tercih edilen bu anaç hem bodur (spur tip) ve hem de özellikle kuvvetli gelişen çeşitler için uygun bir anaçtır. Çöğür anaçların %60-75'i kadar büyüklükte ağaç oluşturur. Ayrıca pamuklu bite (*Eriosoma lanigerum*) dayanıklı, ancak kök boğazı çürüklüğüne (*Phytophytora* spp.) hassastır. Stool bed ve tepe daldırması ile kolayca çoğaltılabilir (Akgül vd 2011, Yapıcı 2014).

MM106 anacı, çöğür anaçların % 50-60'ı kadar gelişir. Üzerine zayıf gelişen çeşitler aşılandığında ise ağaçlar hemen hemen M9 üzerine aşıli kuvvetli gelişen çeşitler gibi küçük kalır. Bu nedenle dikim aralıkları, üzerine aşılanan çeşide göre değişir. Kuvvetli gelişen çeşitler aşılandığında, toprağın verimliliği ve yapısına bağlı olarak 2 m x 3 m, spur çeşitte ise 1.5 x 2.5 m. dikim aralıkları ile bahçeler tesis edilmelidir (Akgül vd. 2011, Yapıcı 2014).

Aşağıda Fuji, Granny Smith, Mondial Gala, Royal Gala ve Red Chief çeşitlerine ait genel bilgi (Çizelge 2.1-2.5, Anonim 2014) verilmiştir.


Çizelge 2.1 Fuji çeşidine ait genel bilgi (Yapıcı 2014; fotoğraf, Anonim 2014)

<p>Fuji</p>	
Kökene	Ralls Jannet x Red Delicious melezidir (Japonya).
Meyve Özellikleri	Sarımsı kabuk üzerine portakal kırmızısı akıntılar, beyaz etli, gevrek suludur. Orta büyüklükte veya büyük olmaktadır.
Ağaç Özellikleri	Kuvvetli gelişir, her yıl budama yapılmalıdır.
Tozlayıcıları	Kendine verimlidir. Aynı zamanda çiçek açan diploid çeşitler ve Golden Delicious, Mondial Gala ile Breaburn tozlayıcısıdır.
Hasat Zamanı	Geç dönem olgunlaşır.
Anaçlar	M9, M26, M7, MM106


Çizelge 2.2 Granny Smith çeşidine ait genel bilgi (Yapıcı 2014; fotoğraf, Anonim 2014)

Granny Smith	
Kökene	1800'ün başında Avustralya'da tesadüfen bulunan bir çeşittir.
Meyve Özellikleri	Meyveleri orta iriliktir. Yeşil renkli olmasına rağmen güneşi bol olan yörelerde alev rengi yanak olur.
Ağaç Özellikleri	Kuvvetli ve dik büyür.
Tozlayıcıları	Kendine verimlidir.
Hasat Zamanı	Ekim sonudur.
Anaçlar	M9, M26, M7, MM106


Çizelge 2.3 Mondial Gala çeşidine ait genel bilgi (Yapıcı 2014; fotoğraf, Anonim 2014)

Mondial Gala	
Kökeni	Orange Red x Golden Delicious melezidir (Yeni Zelanda).
Meyve Özellikleri	Sarı zemin üzerine kırmızı, sulu ve serttir.
Ağaç Özellikleri	Kuvvetli fakat dalları açıldığında yarı yayılarak büyür. Bodur anaçlar üzerinde kuvvetli büyümesi kontrol edilebilir. Sürekli yüksek miktarda ürün elde edilir, seyreltme ile meyve niteliği artar.
Tozlayıcıları	Diploid bir çeşittir. Kendine verimli olup iyi bir tozlayıcıdır. Ayrıca Fuji, Breaburn, Granny Smith ve Elstar tarafından tozlanır.
Hasat Zamanı	Erkenci bölgelerde Temmuzun ortasından sonuna doğru diğer bölgelerde ise Ağustos ayı ortalarına kadar hasat yapılabilir.
Anaçlar	M9, M26, M7, MM106

Çizelge 2.4 Red Chief çeşidine ait genel bilgi (Yapıcı 2014; fotoğraf, Anonim 2014)

Red Chief	
Kökeni	Starking Delicious mutantıdır (A.B.D.).
Meyve Özellikleri	Meyveleri orta irilikte olup, sulu, lezzetli ve aromalıdır.
Ağaç Özellikleri	Zayıf gelişir, dik büyür. Dalları 45°'lik açıyla büyütülmelidir. Spur bir çeşittir.
Tozlayıcıları	Golden Delicious
Hasat Zamanı	Eylül ayı sonudur.
Anaçlar	M9, M26, M7, MM106

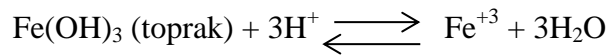
Çizelge 2.5 Royal Gala çeşidine ait genel bilgi (Yapıcı 2014; fotoğraf, Anonim 2014)

Royal Gala	
Kökeni	Golden Delicious x Kidds Orange Red melezidir (Yeni Zelanda).
Meyve Özellikleri	Kabuk rengi kırmızı, meyve eti serttir.
Ağaç Özellikleri	Kuvvetli ve yayvan gelişir.
Tozlayıcıları	Fuji, Jersey Mac, Granny Smith, Brauburn, Golden Delicious, Starking Delicious'dır.
Hasat Zamanı	Ağustos ayıdır.
Anaçlar	M9, M26, M7, MM106

2.2 Toprak ve Bitkide Demir

Demir (Fe), canlı organizmaların tümü için gerekli olan ve yer kabuğunda en fazla bulunan 4. elementtir (Marschner 1995). Topraktaki miktarı diğer besin maddelerinden fazla olan Fe litosferde, S ve O ile bileşik oluşturmuş halde % 5.1 oranında bulunur (Barber 1995). Demir topraklarda oksit, hidroksit, ve silikat mineralleri şeklinde bulunduğu gibi amorf oksitler şeklinde ve adsorbe edilmiş ya da organik madde ile kompleks oluşturmuş veya toprak çözeltisinde çözülmüş şekillerde bulunur (Güneş vd. 2004). Doğada çok bulunmasına ve bitkilerin Fe ihtiyacının az olmasına rağmen çözünürlüğünün ve dolayısıyla alınabilirliğinin az olması nedeniyle bitkilerde Fe noksanlığı yaygın görülür. Toplam Fe içeriğiyle karşılaştırıldığında toprakların çözünebilir Fe konsantrasyonları oldukça düşüktür. Çözünebilir inorganik Fe formları Fe^{+3} , $Fe(OH)_2^+$, $FeOH^{+2}$ ve Fe^{+2} iyonlarıdır. Toprak pH'sının yüksek olduğu yerlerde ve iyi havalandırılan topraklarda da Fe^{+2} iyonu toplam çözünebilir inorganik Fe' in çok az bir kısmını oluşturur. Demirin çözünürlüğü büyük oranda Fe^{+3} hidroksitlerin çözünürlüğüne bağlıdır (Lindsay 1972, Güneş vd. 2004).

Güzel vd.'nin (2004)'nin belirttiği denklem Fe^{+3} 'ün pH ile olan ilişkisini göstermektedir. Demirin çözünürlüğü büyük ölçüde $Fe(OH)_3$ 'ün çözünürlük durumuna bağlıdır. pH'nın yükselmesi Fe^{+3} iyonlarının aktivitesini azaltır.



Solunumun yüksek olduğu genç ve aktif kök yöresinde, Fe^{+3} 'ün fazla indirgenmesi ve Fe^{+3} kleytlerinin çözünmesi yarayıslı Fe miktarının göreceli olarak artmasına neden olmaktadır (Lindsay ve Schwab 1982, Mengel ve Geurtzen 1986, İncesu 2011).

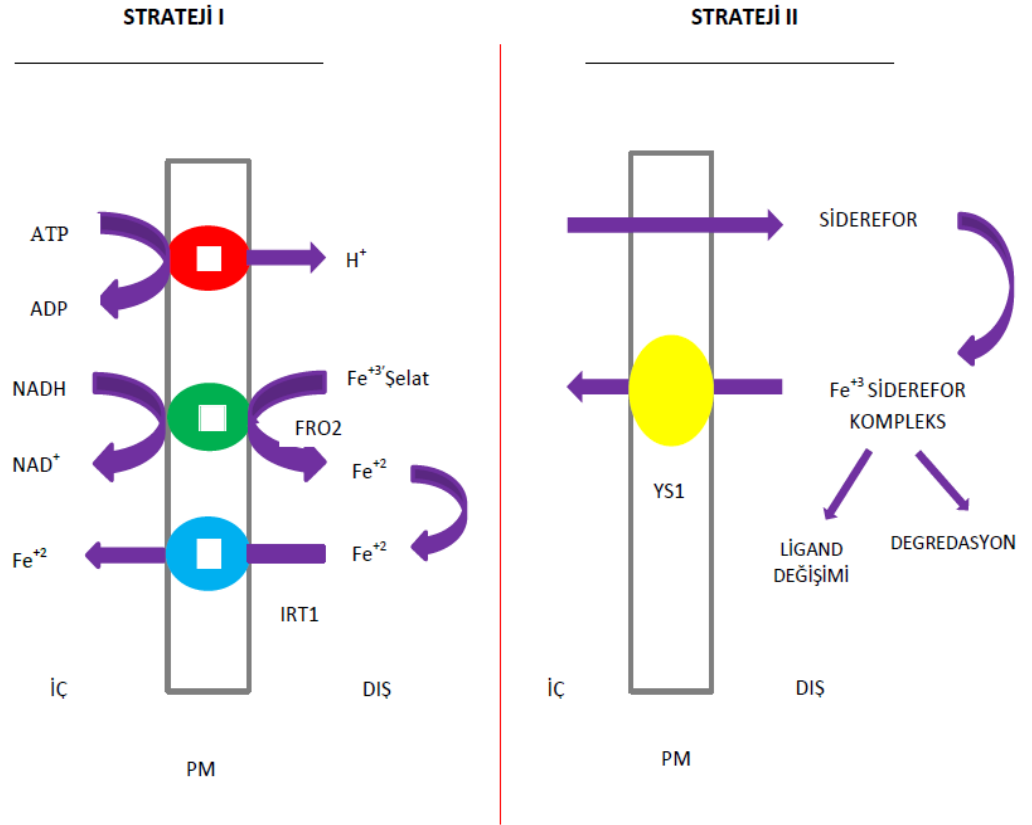
Demir alımı bitki köklerinin Fe^{+3} 'ü Fe^{+2} 'ye indirgeme güçlerine bağlıdır ve bu açıdan bitkiler arasında farklılıklar görülmektedir (Brown vd. 1961, Ambler vd. 1970).

Demirin alınmadan önce indirgenmesi gerektiği görüşü yaygın şekilde kabul edilmiştir. Kural olarak Fe^{+3} ile karşılaştırıldığında Fe^{+2} alımı daha fazladır.

Bitkilerin toplam Fe kapsamının sadece % 10-20'si fizyolojik aktif olduğundan, bitkilerin toplam Fe kapsamının Fe beslenmesinde kriter olarak ele alınması uygun olmamaktadır (De Kock 1981). Çoğu zaman bitkilerde ihtiyacın üzerinde toplam Fe bulunmasına rağmen noksanlık simptomları görülebilmektedir. Bitkilerin Fe beslenme durumunu 1N HCl veya 1-10 O-phenantrolin gibi ekstraktlarla ölçülen fizyolojik aktif veya aktif Fe (Fe^{+2}) en iyi şekilde yansıtabilmektedir. Demir alımının pH'ya bağımlı olması nedeniyle, bitkiler Fe beslenmelerini artırmak üzere kökleriyle H^+ iyonları, indirgen maddeler ve farklı amino asitleri de içeren kleyt ajanları (fitosiderofor) salgılama gibi spesifik mekanizmalar geliştirmişlerdir (Marschner 1986, Elgala ve Amberger 1988).

Demir noksanlığında, ayçiçeği gibi çiftçenekliler ile tekçenekliler (tahıllar hariç) rizodermal transfer hücreleri olarak adlandırılan fazla sayıda kök tüyü veya kılcak kök oluşturarak ve H^+ iyonları, fenolik bileşikler ve organik asitler salgılayarak çok değişik şekillerde Fe noksanlığından kurtulmaya çalışırlar. Bu şekilde oluşturulan mekanizmalar ritmiktir. Demir noksanlığı görülmeden hemen önce devreye sokulur ve bitkilerin Fe beslenmesi normal seyrine ulaştığında devreden çıkarılır. Bu özellikte olan bitkiler önceden Fe-etkin bitkiler olarak adlandırılırken günümüzde bu bitkilere 'Strateji I' bitkileri denilmektedir (Şekil 2.1). Bu özelliklere sahip olmayan bitkiler Fe-etkin olmayan bitkiler olarak adlandırılmaktadır. Römheld ve Kramer'e (1983) göre H^+ iyonu salgılayarak Fe^{+3} iyonlarını indirgeme özelliği türden türe farklılık göstermektedir. Diğer taraftan, kireçli topraklarda yetiştirilen ayçiçeği ve yerfıstığı bitkileri Fe noksanlığı gösterirken, bu topraklara adapte olmuş tahılların Fe noksanlığı göstermemesi bu bitkilerin kendilerini ayrı bir mekanizma ile Fe noksanlığından koruduğunu ifade etmektedir (Marschner 1986, Güneş vd. 2004). Bu bitkiler, Fe ile kleyt oluşturan maddeler salgılamakta ve salgılama günlük bir ritm izleyerek güneş doğduktan bir kaç saat sonra maksimum düzeye ulaşmaktadır. Salgılanan bu maddeler, Fe alımını artırmak için toprak mikroorganizmalarının salgıladıkları maddelere

benzediğinden fitosiderofor olarak adlandırılmıştır. Fitosideroforlar, avenik ve mugineik asit gibi protein oluşturmeyen amino asitlerden oluşmaktadır. Kökler tarafından salgılanan fitosideroforlar, rizosferde Fe^{+3} ile kleyt oluşturur. Kök hücrelerine ulaşan bu kleytlerdeki Fe ayrılır, indirgenir ve bitkiler tarafından Fe^{+2} şeklinde absorbe edilir. Demir beslenmelerinde bu mekanizmayı kullanan bitkiler de ‘Strateji II’ bitkileri olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.1) (Marschner 1986, Güneş vd. 2004). Bu mekanizma çiftçenekliler tarafından kullanılamazken sadece transfer hücreleri oluşturamayan ve proton salgılayamayan tahıl bitkileri tarafından kullanılır. Yapraklarda Fe’in kritik noksanlık düzeyi $50-150 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişir. Bu değerler toplam Fe değerlerini yansıttığı için tarlada yetişen bitkiler açısından sınırlı öneme sahiptir. Genellikle, C_4 bitkilerinin C_3 bitkilerine göre daha fazla Fe’e ihtiyaç duymalarına rağmen kritik noksanlık düzeyleri sırasıyla 72 ve 66 mg kg^{-1} olarak birbirine çok yakındır (Smith vd. 1984, Güneş vd. 2004). Klorozlu yaprakların normal veya normalin üstünde Fe içermesine hücre pH’sının yüksekliği, P konsantrasyonunun fazlalığı ve metabolik aktif Fe^{+2} nin inaktif hale gelmesi sebep olmaktadır. Sürgün uçları gibi hızlı gelişen organların kritik noksanlık düzeyi 200 mg kg^{-1} toplam ve $60-80 \text{ mg kg}^{-1}$ aktif Fe olarak daha da yüksektir (Hausling vd. 1985). Demir noksanlığı, özellikle kireçli topraklarda olmak üzere dünya yüzeyinde yaygın bir noksanlık türüdür ve ‘kireçten kaynaklanan kloroz’ olarak adlandırılmaktadır (Güneş vd. 2004).

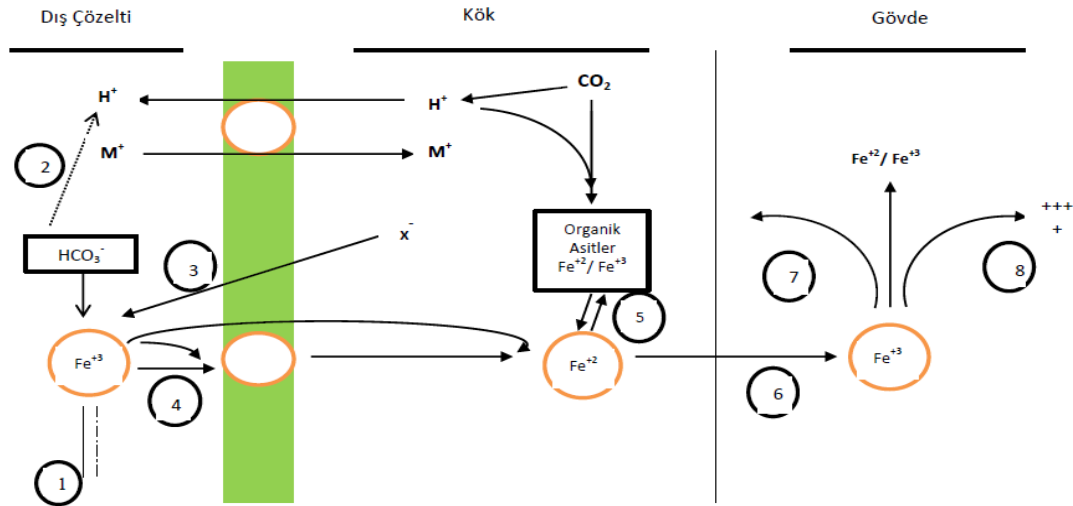


Şekil 2.1 Strateji I ve Strateji II bitkilerin Fe alım mekanizması (Guerinot 2001)

Kireç kapsamı % 20'den fazla olan topraklarda yetiştirilen bitkilerde görülen ve “Kireçten kaynaklanan kloroz” olarak adlandırılan Fe noksanlığından en fazla etkilenen bitkiler elma, şeftali, turunçgiller, asma, yerfıstığı, soya fasulyesi ve sorgumdur. Kireçli topraklarda bitkilerde görülen Fe noksanlığını, toprağın sıkışması veya fazla su içermesi nedeniyle oluşan havalanma yetersizliği ile toprağın uzun süre ıslak kalmasına neden olan düşük sıcaklık daha da şiddetlendirir (Schinas ve Rowell 1977, Römheld 1985, Güneş vd. 2004). Fakat yine de klorozu artıran O₂ yetersizliği değil bikarbonat konsantrasyonunun yüksek oluşudur. Serbest kireç içeren topraklarda gaz değişiminin engellenmesi veya organik madde ilavesi sonucu yükselen CO₂ konsantrasyonu Ca(HCO₃)₂ oluşumuna yol açar. Yüksek oranda bikarbonat konsantrasyonunun kireçli topraklarda Fe noksanlığı yaratıp yaratmayacağı, bitki türleri ile köklerin Fe noksanlığına karşı oluşturdukları tepkilere bağlıdır. Sorgum ve mısır gibi tahıl bitkilerinde (Strateji II) fazla bikarbonat düzeyi ile Fe noksanlığı arasında ya hiç ya da zayıf korelasyonlar bulunurken (Chaney 1984, Yen vd. 1988) zayıf kristalli veya amorf

Fe oksitlerin miktarının azalışı ile Fe noksanlığı arasında önemli korelasyonlar bulunmaktadır (Loeppert ve Hallmark 1985). Tahıl olmayan bitkilerde (Strateji I) ise bikarbonat miktarı ile Fe noksanlığı şiddeti arasında önemli korelasyon bulunmaktadır. Strateji I bitkilerinde bikarbonatın bu önemli rolünden hareketle, az miktarda çözünebilir Fe içeren ve bikarbonatla tamponlanmış besin çözeltileriyle bitki türlerinin Fe noksanlığına duyarlılıkları test edilebilmektedir. Buradan elde edilen duyarlılık dereceleri, tarla koşullarında ıslak ve kireçli topraklarda yetiştirilebilirlik açısından önem taşımaktadır. Kireçten kaynaklanan kloroz gösteren Strateji I bitkilerinin yapraklarındaki Fe miktarı genellikle yeşil yapraklara göre düşük (Haussling vd. 1985, Ao vd. 1987, Dockendorf ve Höfner 1990) olmakla birlikte aynı veya yüksekde olabilmektedir (Mengel vd. 1979, 1984a,b). Yeşil yapraklara göre kloroz gösteren yaprakların aynı veya fazla Fe içermesi, demirin “fizyolojik inaktifliğini” göstermektedir.

Demirin alınması, taşınması ve kullanılmasını yüksek bikarbonatın nasıl engellediğini özetleyen 8 mekanizma aşağıda açıklanmıştır (Şekil 2.2) (Marschner 1995, Güneş vd. 2004).



Şekil 2.2 Yapraklarda klorofil oluşturmak üzere Fe alımı, taşınması ve yararışlılığına ortamdaki yüksek bikarbonat düzeyinin 8 muhtemel etkisi (Marschner 1995, Güneş vd. 2004).

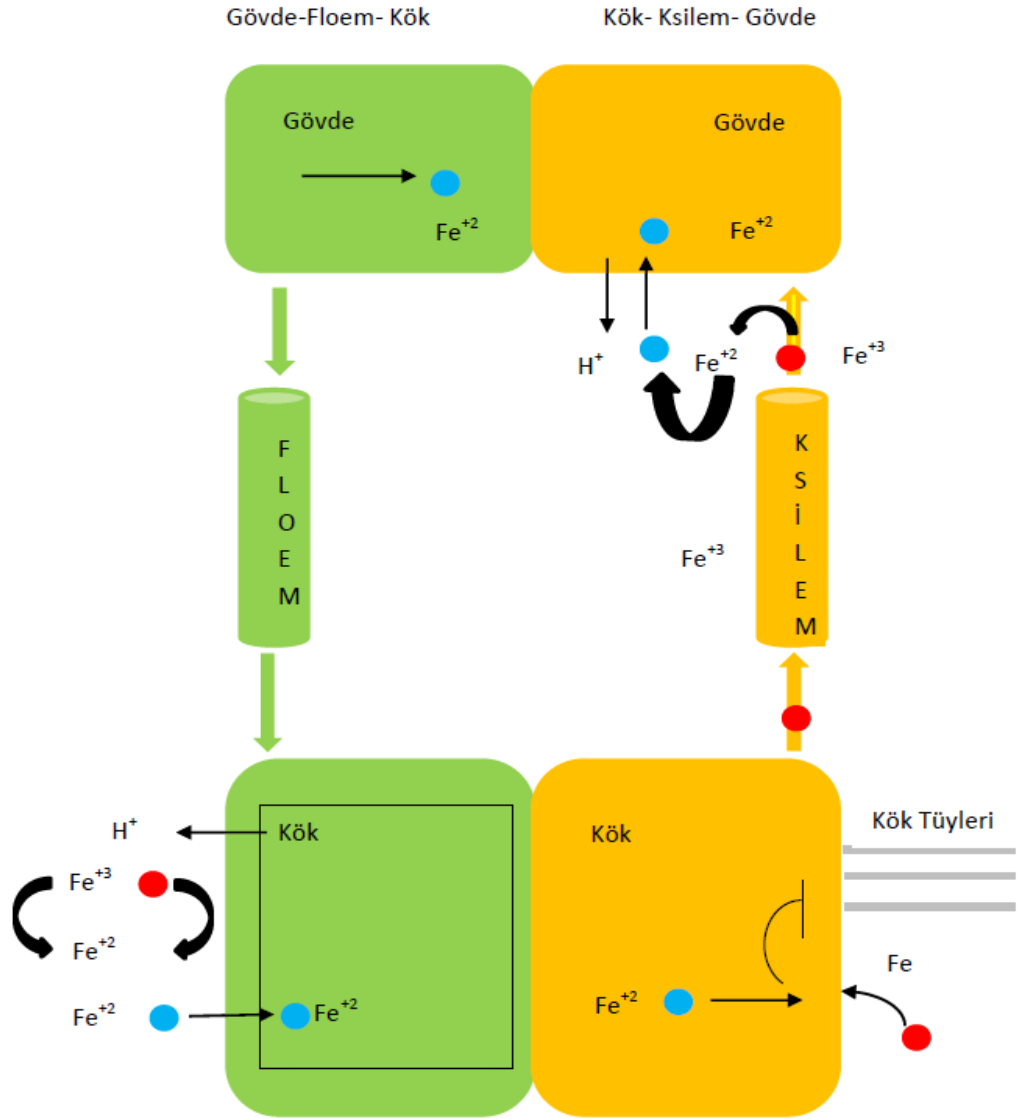
Toprak çözültisindeki yüksek bikarbonat konsantrasyonu, pH'yı yükseltip tamponlayarak çözünebilir inorganik Fe konsantrasyonunu azaltır (Mekanizma 1). Yüksek pH aynı zamanda Strateji I bitkilerinin köklerinin Fe noksanlığına karşı oluşturduğu korunma mekanizmalarını da engeller. Bu mekanizmalar; H⁺ iyonlarının nötralize edilmesiyle, H⁺ salgılama mekanizmasının etkisiz kılınması (Mekanizma 2) fenolik bileşiklerin salgılanmasının azaltılması (Mekanizma 3) ve plazma membranında Fe⁺³ ün indirgenmesinin azaltılması (Mekanizma 4) gibi mekanizmaları içerir (Römheld ve Marschner 1986, Güneş vd. 2004).

Özellikle kalsifüj türlerde olmak üzere yüksek bikarbonat konsantrasyonuna maruz kalan köklerde CO₂ asimilasyonu ve organik asitlerin sentezi artar (Lee ve Woolhouse 1969a). Vakuoldeki organik asitler tarafından Fe'in ne kadarının bağlandığı ise bilinmemektedir (Mekanizma 5). Demirin vakuoldeki organik asitlere bağlanması tepe veya sürgünlere Fe taşınımını engellemektedir (Mekanizma 6). Bunun sonucu olarak büyüyen yapraklara Fe taşınımı engellenir ve Fe'in yapraklarda dağılımı bozulur (Mekanizma 7). Bu etkiler, dokuların ve özellikle sitoplazmanın alkalileşmesiyle ilişkili olarak ele alınmalıdır (Marschner 1995, Güneş vd. 2004).

Kök bölgesindeki yüksek bikarbonat konsantrasyonu, yaprakların Fe kapsamını ve kullanımını dolaylı olarak etkiler. Yüksek bikarbonat konsantrasyonu, özellikle kloroza duyarlı bitkilerde olmak üzere tüm bitkilerde kök büyümesini (Lee ve Woolhouse 1969b), kök solunumunu, kök basıncı aracılığıyla ksileme sıvı aktarımını (Wallace vd. 1971) ve tepe ve sürgünlere sitokin taşınım oranını engeller. Stokininler protein sentezi ve kloroplast oluşumu için gereksinilmektedir (Parthier 1979). Bunlarla ilgili olarak da, yüksek bikarbonat konsantrasyonu Fe noksanlığı oluşmadan uzun bir süre önce toprak üstü aksamın gelişimini engeller. Kireçten kaynaklanan kloroz gösteren bitkinin yapraklarında fazla miktarda Fe bulunması ise yaprak büyümesi, kloroplast ve klorofil oluşumu için gerekli diğer faktörlerin sınırlanmasının bir sonucudur (Mekanizma 8) (Marschner 1995, Güneş vd. 2004).

Strateji 1 bitkilerinde Fe^{+3} , sitoplazmaya transfer edilmeden önce indirgenir ve Fe' in bitki köklerine alınımı kontrollü olarak gerçekleşir (Zhang vd. 1995, Bauer ve Hell 2006). Toprakta alınabilir Fe konsantrasyonunun düşük olması nedeniyle, Fe taşınım mekanizması Fe noksanlığında artış gösterir. Bitkiler bünyelerine aldıkları Fe' in uzun mesafede ve kısa mesafede taşınımını gerçekleştirerek hedef moleküllere ulaştırırlar (İncesu 2011).

Köklerden, sürgünlere veya kotiledonlardan genç sürgünlere gerçekleştirilen uzun mesafe taşınımında Fe, ksilemden floeme geçerek bu taşınımı 2 adımda gerçekleştirir. Demir ksilemde iken bitkinin uç sürgünleri yerine yapraklarına taşınır. Ayrıca Fe yapraktan verildiği zaman simplastik yolu izleyerek floeme taşınır (Şekil 2.3). Bu durum uç sürgünlerdeki ksilem borularının yeterince gelişmemesi ve bu bölgelerdeki terlemenin az olması sonucu taşınımın gerçekleşmemesi şeklinde açıklanmaktadır (Bauer ve Hell 2006, İncesu 2011). Ayçiçeğinde Fe' in ksilemde taşınımının terlemeyle birlikte artış gösterdiğini bildirmiştir. Şekil 2.3'de bitkilerin ksilem ve floemlerinde Fe' in taşınma mekanizması verilmiştir. (Schulz ve Marschner 1969, İncesu 2011). Ayrıca Fe noksanlığı çeken bitkilerin genç yapraklarındaki klorozun, terlemenin az olması nedeniyle Fe taşınımının gerçekleşmemesine bağlı olduğu düşünülmektedir (Bauer ve Hell 2006, İncesu 2011). Ksilemde Fe komplekslerinin büyük çoğunluğu ferrik sitrattır (Bauer ve Hell 2006). Demir noksanlığı çeken bitkilerde başta sitrat ve malat olmak üzere organik asit birikimi köklerde, ksilemde, yaprak apoplastlarında ve yaprağın tümünde görülür. Bu organik asit birikimi Fe eksikliği çeken bitkilerde uzun mesafeli Fe taşınımını artırır (Larbi vd. 2010, İncesu 2011).



Şekil 2.3 Demirin ksilem ve floemde taşınımı (Schmidt 2003'den alınmıştır)

Kısa mesafeli taşınım ise apoplastlarda hücrelerarası veya simplastlarda hücre içinde meydana gelir. Böylelikle tüm hücre ve dokulara Fe ulaşmış olur. Kısa mesafeli taşınımında bitki organlarında bulunan Fe apoplastlara taşınır. Apoplastik Fe' in hücre içine taşınımında, topraktaki Fe'in kök epidermisine taşınımı ile benzer yol izlediği düşünülmektedir. Demir, kök yüzeyindeki apoplastlardan, ksileme taşınır. Ksilemde ise Fe^{+2} -nikotinamin kompleksi veya fitosiderofer benzeri şelatörlerle Fe ve diğer ağır metallerin yer aldığı düşünülmektedir. Son adım olarak hücre içine ulaşan Fe, hedef bileşiklere taşınır (İncesu 2011).

Bitkilerde Fe, plastidlerin stromalarında fitoferritin olarak depolanmaktadır (Seckback 1982, Erdem 2008). Şeker pancarı ile yürütülen bir çalışmada, hızla büyüyen yapraklardaki toplam Fe'in beşte üçünün tilakoid membranlarda, beşte birinin kloroplast stromasında ve geriye kalanın ise kloroplast dışında olduğu belirlenmiştir (Terry ve Low 1982, Erdem 2008). Yine aynı çalışmaya göre bitkiler Fe stresine girdiğinde stroma Fe' in çoğunluğunu kaybetmesi nedeniyle, fonksiyonlarını yapamaz duruma gelmekte ve sonuçta tilakoide bağlı fonksiyonlarında % 51 ve kloroplast dışındaki Fe' e bağlı fonksiyonlarda ise % 62 oranında azalma olmaktadır (Erdem 2008). Yapısında Fe bulunan 2 büyük protein grubu vardır; heme-proteinleri ve Fe-S proteinleri. Heme-proteinleri sitokrom, katalaz, nitrat redüktaz ve leghemoglobin in yapısında bulunmaktadırlar. Hewitt (1983) yapraklardaki toplam Fe'in % 9' unun heme-Fe proteinlerinin yapısında bulunduğunu bildirmiştir. Heme-Fe proteinlerinin % 90'ı sitokromların yapısında bulunmaktadır. Geriye kalan % 10'luk heme-proteinler diğer enzimlerin yapısında yer almaktadır. Fe-S proteinleri ise ferrodoksin, nitrit redüktaz, sülfat redüktaz, nitrogenaz, tilakoid kompleksleri, mitokondri kompleksleri, akonitaz vb.' nin 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 bulduran protein olmakta ve böylece yapraklardaki toplam Fe'in yaklaşık % 63'ü Fe proteinleri olarak bulunmaktadır (Van der Mark vd. 1982, Hewitt 1983, Miller vd. 1984, Erdem 2008). Demire bağımlı bu proteinler pek çok metabolik olayda yer almaktadır (Marschner vd. 1986, Römheld ve Marschner 1991, Güneş vd. 2004, Erdem 2008). Sitokromlar fotosentezde elektron taşınımında rol oynamaktadırlar. Sitokrom oksidaz ise solunumun son aşamasında rol alan önemli bir enzimdir. Demir içeren katalaz (KAT) ve peroksidazlar hücreyi, H₂O₂ (hidrojen peroksit) ve toksik O₂ türevlerine karşı koruyucu enzimlerdir. Katalaz enzimi H₂O₂'i su ve oksijene dönüştürerek yok etmektedir. Ayrıca katalaz (KAT), süperoksit radikalini yok eden diğer bir enzim olan süperoksit dismutaz (SOD) ile işbirliği yaparak çalışmaktadır. Peroksidaz enzimlerinden askorbat peroksidaz (AP), kloroplastlarda H₂O₂'i detoksifiye etmektedir. Diğer grup peroksidazlar ise hücre duvarlarına bağlı olarak bulunmaktadırlar ve fenollerin lignine polimerizasyonunda katalizörlük yapmaktadırlar (Güneş vd. 2004, Erdem 2008).

Demir, solunum ve hücre bölünmesi gibi çok önemli hücreysel olaylarda proteinlerin bir bileşeni olarak, terleme ve fotosentez gibi önemli biyolojik olayların indirgeme aşamalarında da görev alır (Einsenstein ve Blemings 1998, Zocchi vd. 2007, İncesu 2011). Ayrıca Fe elementinin klorofil biyosentezinde önemli bir yere sahip olduğu, klorofilin öncü maddesi olan γ -aminolevunilik asidin sentezini etkilediği ve Fe içeren bileşiklerin en çok bilinen işlevinin solunum sırasında oksijenin suya indirgenmesi olduğu belirtilmektedir (Cakmak ve Engels 2000, Güzel vd. 2004, İncesu 2011).

Demir noksanlığı belirtileri genç yapraklarda ve özellikle de son çıkan yapraklarda öncelikle görülür. Bitkide Fe hareketli değildir. Noksanlık durumunda yaşlı yapraklardan genç yapraklara Fe aktarılamaz. Bu nedenle Fe noksanlığı belirtileri önce genç yapraklarda ortaya çıkar ve noksanlığın ileri aşamalarında yaşlı yapraklar da etkilenir. Bitkilerde Fe noksanlığı damarlar arasında sararma şeklinde ortaya çıkar. Demir noksanlığının en tipik özelliği yapraklarda en ince damarların bile yeşil kalması ve damarlar arasında rengin tamamen sarıya dönmesidir. Geniş yapraklı bitkilerde yapraklar adeta sarı zemin üzerinde yeşil bir ağ manzarası gösterirler. Noksanlığın ileri aşamalarında öncelikle ince damarlar olmak üzere tüm damarlar sararır. Yeterli miktarda klorofil oluşamaması nedeniyle en genç yapraklar beyaz bir renk alır. Demir eksikliği koşullarında yapraklardaki damarlar arasındaki klorozun sebebi yapraklardaki düşük klorofil içeriğidir. Yeşil bitkilerde Fe'in en çok bilinen ve doğrudan etkiye sahip fonksiyonu klorofil biyosentezinde yer almasıdır. Klorofil sentezinde gerekli olan substratlardan biri, ' γ -aminolevunilik asit'dir. Bu bileşiğin oluşturulması ve oranı Fe tarafından kontrol edilmektedir (Pushnik ve Miller 1989, Erdem 2008). Ayrıca, klorofil sentezi sürecinde önemli bir aşama olan Mgprotoporhyrin' in protochlorophllide'e dönüşümünün Fe tarafından hızlandırıldığı bildirilmiştir (Spiller vd. 1982, Erdem 2008). Demir eksikliğinin bu iki önemli süreci engellemesi sonunda bitkilerde klorofil sentezi azalmaktadır (Miller vd. 1984, 1995, Erdem 2008).

Tahıllar ve baklagillerde (paralel damarlı türler) gibi tekçeneklilerde Fe noksanlığı belirtileri genç yapraklarda, yaprak boyunca damarlar yeşil, damar araları sarı bir renklenme şeklinde görülür. Bu diziliş yaprağın en kenarında bile bu şekilde görülür ve bu haliyle yaprağın orta kısımlarında görülen Mn noksanlığından ayrılır (Güneş vd.

2004).

Yaprak ne kadar genç ise kloroz belirtisi o derece şiddetlidir, noksanlık sürekli ve şiddetli olursa damarlar da sararma gösterebilir. Bu durumda yaprak düzgün bir şekilde sarı renge bürünür. Şiddetli Fe noksanlığına maruz kalmış bitkilerin açılmamış yaprakları da sarımsı veya tamamen beyaz renklidir veya yalnızca yaprak kenarlarındaki damarlar yeşil olur. Bu durum hem tek hem de çift çenekliler için geçerlidir. Domateste kloroz genellikle en genç yaprak demetinde görülür.

Büyüme ve çiçeklenmenin ne oranda etkileneceği klorozun şiddetine bağlıdır. Yeni yapraklar genellikle küçük kalırlar. Meyve ağaçlarında meyve tutumu azalır ve meyveler normal renklerine ulaşamazlar. Turunçgil meyveleri küçük, sert ve az sulu olurlar.

Diğer besin maddeleri veya diğer faktörlerden kaynaklanan klorozun tersine, Fe noksanlığında noksanlık şiddetli değilse yapraklar uzun bir süre canlı kalabilirler. Ağaçlar, çalılar ve dekoratif bitkilerin uç kısımlarındaki yaprakların sarımsı yeşil ve limon sarısı rengine bakılmazsa ağaçlar normal gelişiyor gibi görünür (Güneş vd. 2004).

Çileklerde genç ve en genç yapraklar sarı veya sarımsı-beyaz renklidir ve yaprak damarları belirgin bir şekilde yeşildir. Buna ilaveten yaşlı yaprakların kenarları kahverengiye döner ve bitki ölür. Noksanlık süreklilik gösterirse en genç yaprakların damarları da sararır.

Klorozlu yapraklarda kuru madde oranı azalmakta, buna karşın kül ve küldeki Ca, K, P ve Mg miktarı artış göstermektedir (Güneş vd. 2004).

İnorganik Fe kaynakları ile Fe kleytlerini toprağa veya yaprağa uygulayarak Fe noksanlığını gidermek veya noksanlığın çıkmasını önlemek mümkündür. Bunların

dışında toprağı asitleştirici materyalleri (elementel S, H₂SO₄ vb.) uygulamak da mümkündür ancak bunların hepsi geçici veya kısa süreli çözümlerdir. Çünkü genellikle toprakta bitki ihtiyacını karşılayacak düzeyde Fe vardır, ancak Fe'in alınımını sınırlayan etmenler nedeniyle Fe noksanlığı oluşmaktadır. Uzun süreli çözümler elde etmek için doğru anaç ve çeşit/anaç kombinasyonunu seçimi önemlidir

Dolcet-Sanjuan vd. (1990) tarafından Fe noksanlığına karşı bazı armut (*P. amygdaliformis* Vill., *P. betulaefolia* Bunge, *P. calleryana* Dcne. ve *P. communis* L.) ve ayva (*Cydonia oblonga* Mill.) çeşitlerinin tepkileri araştırılmıştır. Bitkiler FeEDTA ya da FeSO₄ ile 1 mM KHCO₃ içeren ya da içermeyen besin ortamında yetiştirmişlerdir. Demir noksanlığı belirtileri çeşitlere göre değişmekle birlikte KHCO₃ ve FeSO₄ uygulamalarında şiddetli olarak ortaya çıkmıştır. Bulgular, *P. amygdaliformis* ve *P. communis* türlerinin bu stres koşuluna diğerlerinden daha dayanıklı olduğunu göstermiştir. Ayrıca *in vitro* kültürlerin tolerant çeşitlerin test edilmesinin yanı sıra Fe klorozu çalışmaları için de kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Römera vd. (1991) demir noksanlığının 4 farklı şeftali anacının Fe ve Mn konsantrasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Şeftali anaçları Fe uygulanan (10⁻⁴ M FeEDTA) ve uygulanmayan koşulda yetiştirilmiştir. Demir uygulanmayan koşulda yetiştirilen anaçların yapraklarında kloroz simptomları görülmüş, ayrıca Fe noksanlığına bağlı olarak tüm anaçların Fe konsantrasyonunda da düşüş belirlemişlerdir. Anaçların Fe konsantrasyonları arasında ise istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Ayrıca Fe uygulamasına bağlı olarak bitkilerin Mn konsantrasyonlarının azaldığını bildirmişlerdir.

Tagliavini vd. (1993) tarafından 2 yıl süre ile yürütülen araştırmada, kirece bağlı Fe klorozu hakkında çok az bilgi bulunan armut anaçları kullanılmıştır. OH× F51, OH×F 333, B21, C106 ve D 50 ile Adams armut anaçları düşük kireçli (DK, %6 kireç), yüksek kireçli (YK, %72.9 kireç) ve bunların karışımından oluşan %33.8 (YK:DK, 50:50) ve % 48.3 (YK:DK, 75:25) kireç içeren 4 farklı toprakta yetiştirilmiştir. İki yıl sonunda

yüksek kireç içeren toprakta yetiştirilen OH× F 51, B21 ve C106 anaçlarının kök ve gövde kuru ağırlıkları düşmüş, diğer anaçlar ise düşük kireç düzeyinden bile olumsuz etkilenmişlerdir. Sadece Adams' ın kök/gövde kuru ağırlık oranındaki düşüş artan kireç ile ilgili bulunmuştur. Artan kireç miktarına bağlı olarak OH×F51, B21 ve C106 anaçlarının yapraklarındaki kloroz belirtileri daha şiddetli olmuştur. Artan kireç miktarı ile bitki köklerinin Ca konsantrasyonu artmış, Fe ve Mn konsantrasyonları azalmıştır. Köklerdeki Cu konsantrasyonu ise toprağın Cu içeriğine bağlı olarak doğrusal artış göstermiştir. Tüm bu bulgular sonucunda anaçların kirece bağlı Fe klorozuna hassasiyet gösterdiği belirlenirken, bitkilerin Fe alımında başka mekanizmaların da etkili olabileceği bildirilmiştir.

Mengel vd. (1994) tarafından kirece bağlı Fe klorozunun mısır ve asmanın gelişimi ve Fe konsantrasyonları üzerine etkisi iki farklı araştırma sonucuna dayanılarak açıklanmıştır. Topraktaki farklı CaCO₃ (%5, %14 ve %37) düzeylerine bağlı olarak mısır bitkisinin yaprak ve köklerindeki Fe konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir. Diğer çalışmada ise asma bitkisi Fe bulunan, Fe ve bikarbonat uygulanmayan ve Fe ile bikarbonatın (16 mM NaHCO₃) beraber bulunduğu 3 farklı koşulda yetiştirilmiştir. En düşük Fe konsantrasyonu Fe ve bikarbonat uygulanmayan koşulda belirlenmiştir. Demir ile bikarbonatın beraber uygulandığı koşulda yetiştirilen bitkilerin Fe konsantrasyonu ve bitki ağırlığının ise arttığı bildirilmiştir.

Cinelli (1995) tarafından yürütülen çalışmada, Hoagland besin çözeltisine ilave edilen bikarbonat (10 mM NaHCO₃) ile kireçli toprak özellikleri yaratılarak kirece bağlı kloraza daha duyarlı olan 'MA' ayva klonal anacı ile 'Ct. S.212' anaçları yetiştirilmiştir. Araştırma sonucunda yaprakların toplam Fe konsantrasyonlarının anaçların kloroza toleransını belirlemede yeterli olmadığı, aktif Fe ve klorofil miktarlarının kloroza dayanıklılığın belirlenmesinde önemli parametreler olduğunu bildirmiştir. Bikarbonat uygulanan koşulda yetiştirilen bitkilerden 'MA' nın kökteki toplam Fe miktarının 'Ct. S.212'ye göre daha fazla olduğu bildirilmiştir. Demir bulunmayan ve bikarbonat uygulanan bitkilerin köklerindeki ŞR aktivitesi her iki bitkide de artış göstermiştir.

Sonuç olarak bitkinin Fe konsantrasyonu ve ŞR aktivitesine bağlı olarak ‘Ct. S.212’ ayva anacının ‘MA’ anacına göre kireç kökenli kloroza daha dayanıklı olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur.

Güneş vd. (1996) Konya Kapalı Havzası topraklarının 2.32-10.16 mg kg⁻¹ arasında değişen ve ortalama 5.86 mg kg⁻¹ bitkiye yarayışlı Fe içerdiğini, toprakların % 30.33’ünde orta ve % 69.66’sın da fazla düzeyde Fe bulunduğunu belirtmişlerdir.

Taban vd. (1997) Orta Anadolu’da çeltik yetiştirilen alanlarda 1.13-78.58 mg kg⁻¹ arasında değişen oranlarda ve ortalama 7.97 mg kg⁻¹ bitkiye yarayışlı Fe bulunduğunu, toprakların % 65’inin orta ve % 35’inin de fazla düzeyde Fe içerdiğini belirtmişlerdir.

Han vd. (1998) tarafından 4 farklı elma türünün (*Malus xiaojinensis* Cheng et Jiang, *M. micromalus* Makino, *M. transitoria* Schneid ve *M. baccata* Borkh.) Fe alım mekanizmalarındaki farklılıklar araştırılmıştır. Sonuçlara göre *M. micromalus* türlerinin, *M. transitoria* ve *M. baccata* Borkh. türlerine göre daha yüksek kök katyon değişim kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Bu türlerin köklerinde AFS adı verilen özel bölgeler (kök bağımsız bölgesi) bir Fe havuzu görevi görmüş ve bunların içinde en yüksek Fe havuzuna *M. baccata* Borkh sahip olmuştur. *M. xiaojinensis* ve *M. micromalus* türlerinin kök bağımsız bölgesindeki Fe içeriği, yüksek Fe ilavesi (40 µM) ve/veya yüksek pH (7.8) koşulunda değişirken, *M. baccata* Borkh ve *M. transitoria* türlerinde önemli bir değişim olmamıştır. *M. xiaojinensis* ve *M. micromalus* türleri *M. baccata* Borkh ve *M. transitoria* ya göre daha yüksek elektriksel iletkenlik (EC) değerine sahip olmuştur. Demir stresi koşullarında *M. xiaojinensis* rizosfer pH’sını 2 birim azaltırken, *M. micromalus* 1 birim azaltmıştır. *M. micromalus*’un Fe absorpsiyon oranı artan miktarlarda Fe konsantrasyonlarına bağlı olarak artmıştır. Türler arasında *M. xiaojinensis* en fazla Fe etkinliğine sahip tür olmuş ve bunu *M. micromalus* takip etmiş ve bu tür orta derecede Fe etkin bir tür olmuştur. Bu tür yüksek KDK, kök bağımsız bölgelerinde yüksek Fe içeriğine ve yüksek EC’ ye sahiptir. *M. micromalus*’un yüksek pH ve düşük Fe koşullarında daha düşük rizosfer pH’ sına sahip olması ve besin

çözeltisinde güçlü Fe absorpsiyon yeteneği ile avantajlı bir tür olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Sanz vd. (1998) elma ağaçlarından (*Malus pumila* Mill) çiçeklenme dönemi ile çiçeklenmeden 60 ve 120 gün sonra yaprak örnekleme yapmışlar ve bunların Fe konsantrasyonları ile yaprakların klorofil miktarlarını belirlemişlerdir. Sonuç olarak bitkilerin klorofil miktarları ile Fe konsantrasyonları arasında istatistiki önemlilikte bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Güneş vd. (1999) Beypazarı yöresinde havuç yetiştirilen toprakların bitkiye yararlı Fe konsantrasyonlarının 0.10-4.33 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve toprakların % 19'unda az, % 28'inde yeterli ve % 53'ünde fazla düzeyde Fe bulunduğu, havuç bitkilerinin büyük çoğunluğunun N, P, K ve Zn konsantrasyonu bakımından yetersiz, ayrıca yaygın olmamakla beraber Mg ve Mn konsantrasyonlarının da yetersiz olduğu, Ca ve Fe konsantrasyonu noksanlığına rastlanılmadığı bildirilmiştir.

Garcia (1999) tarafından avokadonun Fe beslenmesi açısından pH'sı 5.5 ile 6.5 arasında değişen topraklarda yetiştirilmesinin faydalı olduğu, pH'nın 7'den fazla olduğu topraklarda ise bitkide Fe klorozu görüldüğü, sonuç olarak kireçli ve yüksek pH'lı topraklarda Fe klorozundan korunmanın en iyi yolunun uygun anaç seçimi olduğu belirtilmiştir.

Başar ve Özgümüş (1999) Bursa' nın Karabalçık, Çağlayanköy ve Barakfaki (kireç kapsamı sırasıyla %3.53, 8.49, 18.20) bölgelerinde yetiştirilen şeftali ağaçlarına uygulanan Fe' li gübrenin şeftali ağaçların aktif Fe miktarı ile toplam Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar ağaçlara yapraktan 100, 200 ve 300 g ağaç⁻¹ FeEDDHA ile 500 ve 1000 g ağaç⁻¹ FeSO₄ uygulamışlardır. Araştırma sonucunda Fe uygulamaları ile bitkilerin aktif ve toplam Fe

konsantrasyonunun arttığını, FeEDDHA uygulanan ağaçların yapraklarındaki Fe konsantrasyonunun FeSO₄ uygulanan bitkilerin Fe konsantrasyonundan daha yüksek olduğunu, ayrıca 200 ve 300 g ağaç⁻¹ FeEDDHA uygulamasının 100 g ağaç⁻¹ FeEDDHA uygulamasından daha etkin olduğunu belirlemişlerdir. Fe-EDDHA uygulanan şeftali yapraklarının Mn konsantrasyonunda azalmaya neden olduğunu, FeSO₄ uygulamasının ise bitkilerin Mn konsantrasyonunu etkilemediğini, ayrıca Fe uygulamalarının bitkilerin Zn ve Cu konsantrasyonu üzerine istatistiki olarak önemli bir etki yapmadığını belirtmişlerdir.

Li vd. (2000) demir noksanlığının hıyar ve fasulye bitkilerinin gelişimi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada bitkiler 0.1 mM Fe (FeEDTA) uygulanan besin çözeltisi ortamında yetiştirilmişlerdir. Araştırma sonunda bitkilerin ŞR aktiviteleri ile toplam Fe konsantrasyonlarını belirlemişler ve Fe uygulamasına bağlı olarak fasulyenin kök ŞR aktivitesinin hıyara göre daha fazla olduğunu bildirilmişlerdir.

Alpaslan vd. (2001) Akdeniz bölgesi sera topraklarında bitkiye yarayışlı Fe miktarının 1.58-28.99 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve toprakların % 12'sinde orta, % 88'inde fazla düzeyde Fe bulunduğunu saptamışlardır.

Kosegarten ve Koyro (2001) kireçli ve asidik toprakların mısırın gelişimi ve Fe konsantrasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada %23 CaCO₃ içeren ve CaCO₃ içermeyen (asidik) 2 farklı toprak kullanılmış olup, kireçli toprakta yetiştirilen bitkilerin kök ve yaprak kuru ağırlıkları ile klorofil miktarı ve Fe konsantrasyonunun asidik toprakta yetiştirilen bitkilerinkine göre daha düşük olduğu, bitkilerin kök ve kök apoplastındaki Fe konsantrasyonunun ise kireçli toprakta yetişen bitkilerde daha yüksek olduğu bildirmişlerdir.

De La Guardia ve Alcantara (2002) ayva (*Cydonia oblonga* Mill.), armut (*Pyrus communis* L.) ve zeytinin (*Olea europaea* L.) Fe eksikliğine toleranslarını

araştırmışlardır. Çalışma Fe bulunmayan (kontrol), Fe bulunan (1 μ M Fe, FeEDDHA) ve Fe ile bikarbonatın (10 mM NaHCO₃+1 μ M Fe) birlikte uygulandığı besin çözeltisi ortamında yürütülmüştür. Bitkilerin Fe klorozuna toleranslarını belirlemede, klorofil miktarı ve ŞR aktivitesi ile bitki gelişimi parametreleri değerlendirilmiştir. Demir noksan koşulda yetiştirilen bitkilerin kök ŞR aktivitesinin, zeytinde azaldığı, ayva ve armutta arttığı saptanmıştır. Araştırmacılar ayva genotiplerinin Fe noksanlığına zeytin ve armut genotiplerinden daha hassas olduğunu ve bu koşul altında gelişme performanslarının da düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Sönmez ve Kaplan (2002) tarafından Korkuteli ve Elmalı yörelerinde yeşil ve klorozlu elma yapraklarının bitki besin maddesi konsantrasyonlarının karşılaştırılması ve Fe klorozunun belirlenmesinde kullanılan bazı bitki besin maddelerinin oranlarını değerlendirmek üzere 1998 ve 1999 yıllarında yürüttükleri bir çalışmada bu yörede bulunan 76 elma bahçesinden yeşil ve klorozlu yaprak örnekleme yapmışlardır. Yaprakların N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda yeşil yaprakların toplam N, Ca, Fe ve Mn konsantrasyonlarının klorozlu yapraklardan daha yüksek olduğu, P ve K konsantrasyonlarının ise daha düşük olduğu, Mg, Na, Zn ve Cu konsantrasyonlarının ise fark göstermediğini belirtmişlerdir.

Ksouri vd. (2002) Tunus bağlarında çok sık karşılaşılan bir sorun olan Fe klorozunu incelemişlerdir. Bu amaçla Tunus'un kloroz görülen bağlarında yetiştiriciliği yapılmakta olan Alicante Grenache üzüm çeşidine ait yapraklardan örnekler almışlar ve bu yaprakların toplam ve aktif Fe konsantrasyonları ile klorofil miktarlarını belirlemişlerdir. Klorozlu genç yaprakların klorofil miktarının (klorofil a ve b) kloroz görülmeyen yaprakların klorofil miktarından daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre yaprakların klorofil miktarları ile Fe konsantrasyonları arasında pozitif korelasyon olduğu, ayrıca yaprakların fotosentez aktivitesi ile aktif Fe konsantrasyonları arasında da pozitif bir ilişki olduğunu bildirilmişlerdir.

Nikolic ve Römheld (2002) yüksek bikarbonat uygulamasının yaprak apoplastının Fe miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. Kireçli topraklarda artan bikarbonat konsantrasyonuna bağlı olarak yapraklardaki Fe'in yarayışlılığı azalmaktadır. K klere uygulanan bikarbonatın yaprak apoplastında pH'da artışa neden olduğu bu sebeple yapraklardaki Fe miktarının fizyolojik yarayışlılığının azaldığı bildirilmiştir. Bu etkinin belirlenmesi için yapılan araştırma besin ozeltisi ortamında (10 μM Fe, FeEDDHA ve/veya 10 mM NaHCO_3) ayçiçeği ve kireçli toprakta (%33 CaCO_3) asma bitkisi ile yürütülmüştür. Araştırma sonucunda her iki bitkinin yaprak apoplastındaki toplam Fe konsantrasyonunun bikarbonata bağlı olarak azaldığı belirtilmiştir. Araştırmacılar ayrıca bitkilerin klorozlu yapraklarındaki Fe konsantrasyonunun yeşil yapraklara göre daha yüksek olduğunu bunun da 'kloroz paradoksu' olarak adlandırıldığını belirtmişlerdir.

Alc ntara vd. (2003) sekiz farklı zeytin eşidinin (Arbequina, Cornezuelo de Ja n, Galega, Leccino, Lechin de Sevilla, Manzanilla de Sevilla, Nevadillo Negro, Pajarero) Fe noksanlığına toleranslarını araştırmışlardır. Çalışmanın amacına uygun olarak kireçli toprakta yetiştirilen bitkilere yapraktan 30 $\mu\text{mol L}^{-1}$ FeEDDHA uygulanmış ve Fe uygulanan ve uygulamayan koşuldan alınan örneklere ait sonuçlar karşılaştırılmıştır. Demir uygulanmayan koşulda bitkilerin klorofil miktarı ve toplam Fe konsantrasyonları ile biyok tlerinin azaldığını, bu azalışın ise çeşitlerin genetik yapılarına bağlı olarak farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda Leccino, Arbequina, Lech n de Sevilla ve Galega'nın Fe noksanlığına hassas, Nevadillo Negro, Pajarero, Manzanilla de Sevilla ve Lechin de Sevilla'nın dayanıklı Cornezuelo de Ja n'ın ise orta derecede hassas çeşitler olduğu bildirilmiştir.

Bavaresco ve Poni (2003) kireç fazlalığının asmanın fotosentez oranı, klorofil ve besin maddesi konsantrasyonu üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, topraktaki yüksek kirecin miktarına (%76 CaCO_3) bağlı olarak fotosentez oranı, klorofil miktarı, bitki biyokütlesi ile meyve veriminin azaldığı, buna karşılık bitkilerin kök gelişiminin arttığı bildirilmiştir. Ayrıca araştırmacılar kirece bağlı olarak sürgünlerin N, P, Ca ve Mg konsantrasyonunun arttığını, salkımların P, K, Zn ve Fe konsantrasyonu ile köklerin P, K ve B konsantrasyonunun azaldığını bildirmişlerdir.

Pestana vd. (2004) kireçli bir toprakta (%9 aktif CaCO₃) yetiştirilen portakal (*Citrus sinensis* L.) anacı 'Valencia late' üzerine aşılı 'Citrange Troyer' un kirece bağlı Fe klorozuna tepkisini araştırmak üzere Nisan ayında örnekleme yapmışlardır. Bitkilerin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonlarını ve SPAD metre ile bitkilerin yaprak nisbi klorofil miktarını belirlemişlerdir. Yapraklarda N, P, K konsantrasyonu ile Ca, Fe, Zn konsantrasyonları arasında ters ilişki bulmuşlardır. Mg/Zn oranındaki değişimlere ise mevsime bağlı olarak klorofil miktarında görülen farklılıkların sebep olduğu bu oran 100'ün altında ise kloroz görülebileceği, 200'den fazla ise bitkilerin yeşil kalacağı böylece klorozun erken dönemde önlenebileceği, ürün ve kalite kaybının da daha az olacağı bildirilmiştir.

Gogorcena vd. (2004) tarafından Fe noksanlığının şeftali anaçlarının ŞR aktivitesi ile Fe konsantrasyonları üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada 4 farklı şeftali anacının [Fe-etkin (GF-677 ve Adesoto), Fe-etkin olmayan (Barrier ve Cadaman)] ŞR aktivitesi köklerin oluşturduğu Fe⁺²-bathophenanthroline kompleksinin spektrofotometrik olarak belirlenmesi ile ölçülmüştür. Bitkiler 4 gün Fe içermeyen ortamda yetiştirilmiş ve sonra 45 ve 180 µM FeEDTA uygulanmıştır. Uygulanan Fe ile GF-677 ve Adesoto anaçlarının kök ŞR aktivitesinde geçici bir artış görülmüş, buna karşılık diğer 2 anacın kök ŞR aktivitesinde değişim belirlenmemiştir. Uygulanan Fe ile Fe-etkin çeşitlerin yapraklarındaki Fe miktarı artmıştır. Köklerin ŞR kapasitelerinin Fe-etkin bitki seçiminde önemli olduğu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Ojeda vd. (2004) yerel subtropikal sulak alanlarda yetiştirilen pondapple (su elması) ile yerel subtropikal sulak olmayan alanlarda yetiştirilen soursop (tarçın elması) bitkilerinin yaprak ve kök ŞR aktivilerini belirlemek için bir yıllık fidanları 2, 22.5 ve 45 µM Fe içeren besin çözeltisinde yetiştirmişlerdir. Çalışmada bitkilerin Fe eksikliğine toleranslarının belirlenmesinde kök ve yaprak ŞR, yaprak klorofil indeksi, olgun yaprakların Fe miktarları ve bitki gelişimleri değerlendirilmiştir. Soursop köklerinin ŞR aktivitesi pondapple'a göre daha düşük olmuştur. Demir noksan (2 µM) koşullarda yetiştirilen bitkilerin yaprak ŞR aktiviteleri Fe yeterli (22.5 ve 45 µM) koşullarda

yetiştirilen bitkilerin yaprak ŞR aktivitelerine göre daha düşük bulunmuştur. Demir noksan koşulda yetiştirilen pondapple'ın yapraklarında 6 hafta sonra kloroz görülmüştür. Soursop'un yaş ve kuru ağırlıkları üzerine ise Fe uygulamalarının etkisi olmamıştır. Demir noksanlığında yaprak klorofil indeksi ve yaprakların Fe miktarlarındaki düşüş soursop'da daha düşük düzeyde olmuştur. Sonuç olarak düşük Fe konsantrasyonunda yetiştirilen pondapple bitkisinde hızlı gelişen klorozların ve köklerde belirlenen düşük ŞR aktivitesinin bitkinin doğal yetişme ortamı ile ilgili olduğu bildirilmiştir.

Ma vd. (2005) tarafından kireçli topraklarda (pH 8.2) yetiştirilen armut anaçlarının kireç kökenli kloroza dayanıklılığını değerlendirilmek üzere sera koşullarında yürütülen denemede 3 armut anacı (*Pyrus xerophila* Yü, *P. betulaefolia* Bunge ve *P. calleryana* Decne) yetiştirilmiştir. Anaçların Fe klorozuna toleransları bitkilerin gelişim durumu, yaprakların klorofil miktarı ve Fe konsantrasyonları belirlenerek değerlendirilmiştir. Üç armut anacının gelişimini tamamlamış uç yapraklarında yapılan ölçümlerde *P. xerophila*'nın, *P. betulaefolia* ve *P. calleryana*'ya göre yüksek pH ve kireç ortamında daha yüksek klorofil miktarı ve Fe konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre *P. xerophila*'nın kireç kaynaklı kloroza daha fazla tolerans gösterdiği belirtilmiştir. *P. xerophila*'nın Kuzeybatı Çin'de yüksek pH ve kireçli topraklarda yoğun olarak yetiştirilen *P. betulaefolia*'nın yerini alabilmesi için bu bulguların tarla denemeleriyle de desteklenmesi gerektiği önerilmiştir.

Tsipouridis vd. (2005) tarafından yürütülen bir çalışmada, şeftali anaç (St. Julien 655/2, DSS, AN1/6, J1, ID3, GF-677) ve çeşitlerinin (Loadel, My Crest, Sun Crest) Fe klorozuna tepkileri araştırılmıştır. St. Julien'in diğer bitkilere göre K, P, Zn, Fe ve Cu'ı daha iyi absorbe ettiği, Fe' in tüm anaçlar tarafından en az alınan besin maddesi olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre GF-677 kireçli ve kurak topraklara en dayanıklı anaç olmuştur. Bu anaç üzerine yapılan aşuların Fe alımı yüksek olmuştur. Loadel ve My Crest çeşitleri ise en düşük Fe alımı göstermiştir, Sun Crest ise Fe noksanlığında ölmüştür.

Çoban vd. (2005) Ege bölgesi'nde kireçli topraklarda yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan asmaya uygulanan Fe' in bitki verim ve kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma toplam CaCO₃ içeriği %21.99 olan bir alanda yürütülmüş ve bitkilere 0, %0.05, %0.1 ve %0.15 düzeyinde yapraktan Fe (Fetrilon-13) uygulaması yapılmıştır. Sonuç olarak %0.1 düzeyinde Fe uygulaması ile bitkilerin verim, 100 tane ağırlığı ve suda eriyebilir toplam kuru madde miktarının arttığı, ayrıca yapraktan uygulanan Fe ile yaprakların toplam ve aktif Fe konsantrasyonlarının arttığı bildirilmiştir.

Özdemir (2005) tarafından yürütülen araştırmada, Yalova incisi üzüm çeşidi ile 140Ru ve 1103P Amerikan asma anaçları %10, %30 ve %50 CaCO₃ içeriğine sahip topraklarda bitkilere 1) 20 mg kg⁻¹ Fe (FeSO₄ olarak) + Çiftlik gübresi (100 g saksı⁻¹), 2) 20 mg kg⁻¹ Fe (FeEDDHA olarak), 3) 20 mg kg⁻¹ Fe (FeSO₄ olarak) + Sitrik asit (uygulanan FeSO₄'ın %10' u olacak şekilde), 4) Kontrol (Fe uygulaması yok) olmak üzere 4 farklı uygulama yapılmıştır. Araştırma sonucunda Yalova incisinin %50 CaCO₃ içeren ortamda Fe, Zn, Ca, P ve Mg'dan yararlanmasının 140Ru ve 1103P anaçlarından daha etkin olduğu, bütün bitkilerin yetiştirme ortamlarındaki CaCO₃ miktarı arttıkça kloroz oluşumunun arttığı ve Fe alımı ile birlikte diğer mikro ve makro besin element alımlarının azaldığı belirtilmiştir.

Rombola ve Tagliavini (2006) demir klorozunun bahar aylarında daha sık görüldüğünü belirtmişler ve bunun nedeninin bahar dönemlerinde meydana gelen yağışlar sonrasında toprak gözeneklerinin su ile dolması ve bikarbonat konsantrasyonunun artması olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar ayrıca hava sıcaklığının yükselmesiyle bitkinin gelişimi için Fe'e ihtiyaç duyduğunu fakat toprak sıcaklığının Fe alımı için yeterli olmamasından kaynaklı olarak Fe noksanlığı görüldüğünü belirtmişlerdir.

Norwell ve Adams (2006) üç çeşit soya fasulyesinin (A7, Williams, Wayne) bikarbonata bağlı Fe noksanlığına toleranslarını araştırmışlardır. Araştırmacılar, Fe noksan (15 µM FeDTPA) ve yeterli Fe (60 µM FeDTPA) bulunan besin çözeltilisine 10 mM

NaHCO₃ ilave etmişlerdir. Her 2 uygulamaya bağlı olarak bitkilerin klorofil miktarı ve Fe konsantrasyonları azalmış, bu azalışın Fe ve bikarbonatın beraber uygulandığı koşulda daha az olduğu belirtilmiştir. A7 çeşidinin bikarbonata bağlı Fe noksanlığına Williams ve Wayne çeşidinden daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir.

Gao ve Shi (2007) kireç kapsamı %13.6 olan bir toprakta Fe noksanlığının 16 yerfıstığı çeşidi (Nongda-818, 79266, 95-3, Xuhua-4, Yuhua-7, Nongda-335, 72-2, Luhua-13, Luhua-12, Luhua-11, Bao-1011, Nongda-096, KA014, KA021, KA043, Juye) üzerine etkisini araştırmışlardır. Bitkilerin nisbi klorofil miktarları ile aktif Fe konsantrasyonları belirlenmiştir. Demir noksanlığına en dayanıklı çeşitlerin Nongda-818, 79266, 95-3, Xuhua-4 ve Yuhua-7, orta derecede dayanıklı çeşitlerin Nongda-335, 72-2, Luhua-13, Luhua-12, Luhua-11, Bao-1011, Nongda-096 ve hassas çeşitlerin KA014, KA021, KA043 ve Juye olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak çeşitler arası genetik farklılığın kirece bağlı Fe eksikliğinin çözümünde önemli olduğu, Fe noksanlığına dayanıklı çeşitlerin aktif Fe konsantrasyonu ile klorofil ölçümlerinin hassas çeşitlerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Donnini vd. (2008) demir noksanlığının MA ve BA29 ayva anaçları ve Conference armut çeşidi üzerine etkilerini incelemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Bitkiler 15 ve 100 µM FeNaEDTA ve bunların 1 mM KHCO₃ ile beraber uygulandığı ortamda yetiştirilmişlerdir. Araştırmacılar bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MA ve Conference'ın klorofil, β-karoten ve aktif Fe konsantrasyonunun azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca BA29 anacının β-karoten ve aktif Fe konsantrasyonunun bikarbonat uygulamasına bağlı olarak azaldığı, klorofil miktarının ise arttığı ve tüm bitkilerin yaş ağırlığında düşüş olduğu belirtilmiştir.

Tangolar vd. (2008) demir klorozuna toleransı bilinen 4 asma çeşidi (Fercal, 1103P, Perlette ve 1613 C) 9, 18 ve 36 mg L⁻¹ FeNaEDTA ve bunların 840 mg L⁻¹ NaHCO₃ ile kombinasyonlarını uyguladıklarını ortamda yetiştirilmiştir. Çalışmada çeşitlerin, yaprak kloroz derecesi, toplam klorofil miktarı, kuru ağırlığı ile aktif ve toplam Fe

konsantrasyonunu belirlemişlerdir. Artan Fe uygulamalarına bağı olarak bitkilerin toplam klorofil, aktif ve toplam Fe konsantrasyonunun arttığı buna bağı olarak kloroz şiddetinin azaldığı belirtilmiştir. Bikarbonat varlığında artan Fe dozuna bağı olarak bitkilerin toplam klorofil miktarı, aktif Fe ve toplam Fe konsantrasyonunun arttığı bildirilmiştir. Kirece bağı Fe noksanlığına en dayanıklı çeşitlerin Fercal ve Perlette, orta derecede dayanıklı olanın 1103P ve en hassas çeşitin ise 1613C olduğu bildirilmiştir.

Fernandez vd. (2008) demir eksikliği ile ilişkili olduğu düşünölen yapraklardaki yapısal değışimleri incelemişlerdir. Çalışmada normal yaprakların Fe eksikliği görölen yapraklara göre daha düz yüzeyle olduğunu saptamışlardır. Demir eksikliği şeftali yapraklarında eriyebilir kutikular lipidlerin miktarını azaltırken, armut yapraklarının kutikula kalınlığının azalmasına sebep olmuştur. Demir noksanlığına bağı olarak her iki türde de klorozsuz yapraklar klorozlu yapraklar ile karşılaştırıldığında epidermal hücrelerin genişlediğı, ancak bekçi hücreleri büyüklüğünün azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar Fe klorozu ile ilişkili olarak armut yapraklarında kutikula kalınlığındaki azalmaların bitkilerin su kaybına daha eğilimli, hastalık ve zararlılara daha duyarlı olmasına neden olacağını bildirmişlerdir.

Erdal vd. (2008) Red Chief elma çeşidinin aşılı olduğu anaçların (MM106, M9, M26) Fe uygulamasına tepkilerini araştırmak amacıyla toprağı 0, 1.5, 3 ve 4.5 g Fe ağaç⁻¹ (FeEDDHA) uygulamışlardır. Bitkilerin Fe uygulamasına tepkisini belirlemek üzere yaprakların toplam ve aktif Fe konsantrasyonu ile SPAD indeksi ölçölmüştür. Demir uygulamasına bağı olarak bitkinin SPAD indeksi ile toplam ve aktif Fe konsantrasyonunun önemli derecede arttığı ve bu artışın anaçların Fe konsantrasyonları arasında farklılık gösterdiği, bitkilerin SPAD indeksi ölçömlerinde ise anaçlar arasında önemli bir fark belirlenmediğı bildirilmiştir. Demir uygulamasına bağı olarak bodur anaçların (M9 ve M26) toplam ve aktif Fe konsantrasyonlarındaki artışın yarı bodur (MM106) anaçlara göre daha yüksek olduğu, ayrıca toplam Fe ve aktif Fe konsantrasyonu ile SPAD indeksi arasında pozitif ilişki olduğu bildirilmiştir.

Siminis ve Stavrakakis (2008) tarafından 140 Ruggeri asma anacı Fe noksan ($0 \mu\text{M}$ FeEDTA) ve yeterli Fe ($40 \mu\text{M}$ FeEDTA) bulunan ortamda yetiştirilmiş ve bitkilerin yaprak ve kök ŞR aktivitesi belirlenmiştir. Demir uygulanmayan bitkilerin uygulamadan 10 gün sonra kök ŞR aktiviteleri ve klorofil miktarlarının yeterli Fe uygulanan bitkilere göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Demir noksanlığı çeken bitkilere Fe uygulaması ile bitkilerin kök ŞR aktivitelerinde hızlı bir artış olduğu belirlenmiştir. Yeterli Fe uygulanan bitkilere Fe uygulaması durdurulduğunda kök ŞR aktiviteleri giderek azalmıştır. Demir noksan bitkilerin kök ŞR aktiviteleri lateral köklerin apikal yöresinde sınırlanırken, Fe uygulanan bitkilerin tüm lateral kökleri boyunca ŞR aktivitesinin süreklilik gösterdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar 140 Ruggeri anacının Fe noksanlığına toleransının belirlenmesinde kök ve yaprak ŞR aktivitesinin önemli olduğu belirtilmiştir.

Erdem (2008) çilek gen kaynaklarını temsil eden ve dünya koleksiyonu içinden seçilen 23 çilek çeşidini hidroponik ortamda Fe'li ($100 \mu\text{M}$ FeEDTA) ve Fe' siz olarak yetiştirmişler ve bitkilerin Fe noksanlığına karşı dayanıklılıklarını, bitki aktif ve toplam Fe konsantrasyonu, ŞR aktivitesi, klorofil ve kuru madde miktarı gibi parametreler ile tespit etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre korofil miktarı Eagle 14, kuru madde miktarı 2TAB 4B, toplam ve aktif Fe konsantrasyonu 2BRA 1A, ŞR aktivitesi Pigeon Point çeşitlerinde en yüksek olurken, besin çözeltilisindeki pH değerini en fazla düşüren çeşitin Auke Lake olduğu saptanmıştır. Demir noksanlığına 2BRA 1A, Auke Lake, Eagle 14 dayanıklı ve Pigeon Point ve RCP 37 çeşitlerinin hassas olduğu belirtilmiştir.

Gunes vd. (2009) Ankara-Haymana yöresine ait bir toprakta Fe'in toplam miktarının % 3.1 yarayışlı Fe konsantrasyonunun sadece 8.31 mg kg^{-1} olduğunu belirtmişlerdir.

M' Sehli-Bouftira vd. (2009) yoncanın Fe noksanlığına toleransını belirlemek amacıyla iki yonca (*Medicago ciliaris*) bitkisini Fe (0.3 mM FeEDTA), bikarbonat (5 g L^{-1} $\text{CaCO}_3 + 10 \text{ mM}$ NaHCO_3) ve Fe+bikarbonatı (0.3 mM FeEDTA+ 0.5 g L^{-1} $\text{CaCO}_3 + 10 \text{ mM}$ NaHCO_3) kombine uyguladıkları koşulda yetiştirmişlerdir. Demir uygulaması ile

her 2 çeşitte en yüksek klorofil miktarı ve bitki kuru ağırlığı, Fe+bikarbonat uygulamasında ise en düşük klorofil miktarı ve bitki kuru ağırlığı saptamışlardır. Ayrıca en yüksek kök ŞR aktivitesini sadece bikarbonat uygulanan koşulda, en düşük kök ŞR aktivitesini ise sadece Fe uygulamasında belirlemişlerdir.

Donnini vd. (2009) armut (Conference) ve ayva anaçları (MA ve BA29) üzerine Fe noksanlığının etkisini araştırdıkları çalışmada, bitkiler -Fe, +Fe (80 µM Fe) ve Fe+bikarbonat (80 µM Fe +10 mM KHCO₃) olmak üzere 3 koşulda yetiştirilmiştir. Çalışmada her 3 anaçta da en düşük kuru ağırlığı -Fe uygulamasında belirlemişlerdir. Her 3 bitkide de en yüksek klorofil miktarı ve Fe konsantrasyonu +Fe uygulamasında belirlenirken bunu Fe+bikarbonat ve -Fe uygulamaları izlemiştir. Sonuç olarak tüm bitkilerde Fe noksanlığına bağlı kloroz görüldüğü, Fe noksanlığından ayva anaçlarının armuttan daha çok etkilendiği belirtilmiştir.

Pavlousek (2009) tarafından yirmi adet yeni asma hibrid anacı ve dört adet çeşidin kirece bağlı Fe noksanlığına dayanımları araştırılmıştır. Bu amaçla bitkilere %10 ve %20 oranında CaCO₃ uygulamış ve bitkilerin klorofil miktarları ile 'yaprak kloroz derece' lerini belirlemiştir. Araştırma sonucunda Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin yaprak kloroz derecelerinin arttığı, klorofil miktarlarının ise azaldığı, bitkilerin klorofil miktarları ile yaprak kloroz dereceleri arasında ise bir ilişki olduğu (r=-0.84) belirtilmiştir. Bitkilerin kirece bağlı Fe noksanlığına tepkileri farklı olmuş olup tüm bitkiler arasında 16-1-6, 17-1-6, 17-1-9, 17-2-10, 17-3-6, 17-6-2, 17-8-2, 9-20-1 ve 17-12-1 anaçlarının Fe noksanlığına yüksek toleranslı, 16-2-5, 16-10-3, 17-2-3 ve 17-2-7 anaçlarının ise düşük toleranslı olduğu belirtilmiştir.

Küçükyumuk ve Erdal (2009) farklı elma anaç ve çeşitlerinin elmanın mineral beslenme durumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma, Isparta ilinde %10 CaCO₃ içeren bir toprakta, M9, M26, MM106 ve MM111 anaçları üzerine aşılansız Lutz Golden, Skyline Supreme, Mondial Gala ve Granny Smith elma çeşitleri ile yürütülmüştür. Alınan yaprak ve meyve örneklerinde N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn analizleri

yapılmıştır. Yaprakların Ca konsantrasyonu hariç diğer besin maddelerince yeterli, meyvelerin ise N, P, K, Ca, Zn ve Mn konsantrasyonu bakımından yeterli, Fe ve Cu konsantrasyonu bakımından yetersiz olduğu belirtilmiştir. Anaç x çeşit kombinasyonları bakımından besin maddesi konsantrasyonları değerlendirildiğinde MM106 anacı üzerine aşılı Lutz Golden çeşidinin besin maddesinden en fazla, M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinin en az düzeyde yararlandığını saptamışlardır. Anaçlar arasında besin maddesi konsantrasyonu en yüksek olan anaç MM106 olurken, en düşük olan anaç M9 olmuştur. Besin elementlerinden en fazla yararlanan çeşidin Mondial Gala, en az yararlanan çeşidin ise Granny Smith olduğu, en yüksek Fe içeriğinin M26 ve M9 anaçları ile Mondial Gala çeşidinde belirlendiğini bildirmişlerdir.

Sabır vd. (2010) bir asma çeşidi (*Alphonse lavallee*) ve 3 asma anacının (Fercal, 99R, 1613 C) kirece bağlı kloroza toleranslarını araştırdıkları çalışmayı 2 yıl süre ile 9 ve 36 mg L⁻¹ Fe (FeNaEDTA), 0 ve 840 mg L⁻¹ NaHCO₃ uygulayarak yürütmüşlerdir. Artan Fe uygulamasına bağlı olarak bitkilerin Fe ve klorofil miktarları artmış, ve en yüksek Fe içeriği 36 mg L⁻¹ Fe uygulanan Fercal anacında belirleşmiştir. Demir uygulamalarına ilave edilen bikarbonat ile '1613C' anacının vejetatif gelişiminin sınırlandığı, Alphonse lavallee ve Fercal'ın klorofil ve Fe konsantrasyonlarında ise küçük bir azalma olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak Fercal'ın kireçli alanlarda kullanımının uygun bir anaç olduğu, kirece bağlı Fe noksanlığında, bitkilerin klorofil içeriğinin Fe miktarı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Prado ve Alcantara- Vara (2011) ayva anacı (BA29) ve ayva anacı üzerine aşılınmış armutun (Ercalini) Fe klorozuna toleranslarını araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmayı Fe bulunmayan ve bulunan (80 µM FeEDDHA) koşulda yürütmüşlerdir. Demir uygulamasından 6 hafta sonra bitkilerin boy ve klorofil ölçümlerini yapmışlar ve ardından bitkilerin kuru ağırlıkları ile toplam Fe konsantrasyonlarını belirleşmişlerdir. Ayva üzerine aşılı armudun aşılınmayan ayvaya göre Fe konsantrasyonunun daha yüksek olduğu, Fe uygulanmayan koşulda bitkilerin Fe konsantrasyonu ile bitki boylarının azaldığı, aşılı bitkilerin kuru ağırlıklarının aşısızlara göre daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Akgül ve Uçgun (2011) tarafından bazı ılıman iklim meyve yapraklarının aktif Fe konsantrasyonları ile Fe eksikliği klorozu arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmada elma, kiraz ve şeftali meyve türlerinde çiçeklenmeden 10 hafta sonra örnekleme yapmışlar ve aktif Fe sonuçlarıyla görsel demir eksiklik şiddetleri arasında ilişki kurarak, 4 farklı eksiklik düzeyi için sınır değerleri belirlemişlerdir. Buna göre aktif Fe oranları; elmada, 1. düzeyde 4 mg kg^{-1} 'den az, 2. düzeyde $4-6.5 \text{ mg kg}^{-1}$ arası, 3. düzeyde $6.5-8.5 \text{ mg kg}^{-1}$ arası ve 4. düzeyde ise 8.5 mg kg^{-1} 'den fazla olarak; kirazda, 1. düzeyde 4.5 mg kg^{-1} 'den az, 2. düzeyde $4.5-8.5 \text{ mg kg}^{-1}$ arası, 3. düzeyde $8.5-13 \text{ mg kg}^{-1}$ arası ve 4. düzeyde 13 mg kg^{-1} 'den fazla; şeftalide ise 1. düzeyde 6.5 mg kg^{-1} den az, 2. düzeyde $6.5-11 \text{ mg kg}^{-1}$ arası, 3. düzeyde $11-18 \text{ mg kg}^{-1}$ arası ve 4. düzeyde 18 mg kg^{-1} 'den fazla olarak sınıflandırmışlardır. 1. düzeydeki örneklerde en fazla Fe eksikliği klorozu belirlendiği 4. düzeyde hiç Fe eksikliği klorozuna rastlanmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak kireçli ve yüksek pH'lı toprakların bitkilerde Fe noksanlığına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Alvarez-Fernandez vd. (2011) tarafından %32 CaCO_3 içeren ve üzerinde şeftali ile armut yetiştiriciliği yapılan bir alanda, kirece bağlı Fe klorozunun meyvelerin nitelik ve miktarı üzerine etkisi araştırılmıştır. Demir noksanlığına bağlı olarak her 2 meyve türünün ürün miktarı ile meyve büyüklüğünde düşüş belirlenmiştir. Ayrıca kirece bağlı olarak şeftalide yüksek asitlik belirlenirken, fenollerin düştüğünü, armutta ise şeker/asit oranının arttığını bildirmişlerdir.

M' Sehli-Bouftira vd. (2012) iki yonca çeşidinin (*M. ciliaris* ve *M. Truncatula*) bikarbonata bağlı Fe noksanlığına göstermiş olduğu responsları araştırmışlardır. Besin çözeltilisinde yetiştirilen bitkilere araştırmanın amacına uygun olarak $1 \mu\text{M FeEDTA}$ (Fe noksan) ve $30 \mu\text{M FeEDTA}$ uygulanmıştır. Demir noksanlığına bağlı olarak bitkilerin kök ve gövde kuru ağırlığı, klorofil miktarı ve Fe konsantrasyonunun azaldığını, *M. Ciliaris*'in Fe noksanlığına dayanımının *M. Truncatula*'dan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

El-Jendoubi vd. (2012) şeftali ve armut yetiştiriciliği yapılan alanda farklı şiddette Fe klorozu görülen yapraklardan tomurcuklanma öncesi, tomurcuklanma, çiçeklenme, çiçeklenmeden 60 ve 120 gün sonra örnekleme yapmışlar ve bitkilerin Fe ile diğer mineral besin maddesi (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn ve Cu) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Armutta en yüksek N, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonunu çiçeklenme döneminde, Ca konsantrasyonunu ise tomurcuklanma döneminde belirlemişlerdir. Şeftalide en yüksek N, K ve Mg konsantrasyonu çiçeklenmeden 60 gün sonra, P, Ca, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonu ise çiçeklenme döneminde belirlenmiştir. Araştırmacılar bitkilerin tomurcuklanma ve çiçeklenme evrelerinde besin maddesi konsantrasyonlarının ileride görülebilecek Fe klorozu hakkında bilgi verebileceğini belirtmişlerdir.

Chebbi vd. (2013) Romaine ve Vista marul çeşitlerinin bikarbonata bağlı Fe klorozuna toleranslarını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar çalışmalarını 5 µM FeEDTA ve 5 µM FeEDTA +10 mM NaHCO₃ ilave ettikleri besin çözeltisi ortamında yürütmüşlerdir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak her 2 çeşidin biyokütlesi ile yaprak alanı, toplam klorofil miktarı ile fotosentez oranının azaldığını, kök ŞR ve pepkarboksilaz aktivitesinin arttığını belirlenmişlerdir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Romaine çeşidinin Ca, Mg ve Fe konsantrasyonlarının azaldığı K konsantrasyonlarının arttığı, Vista çeşidinin K, Mg ve Fe konsantrasyonlarının azaldığı, Ca konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir. Vista çeşidinin fotosentez oranı ile Fe konsantrasyonu ve klorofil miktarlarındaki düşüşün Romaine çeşidine kıyasla daha az olması ile kök ŞR aktivitesi ve pepkarboksilaz aktivitesindeki artışın daha yüksek olması sonucunda Vista çeşidinin Fe noksanlığına daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir.

Bert vd. (2013) demir klorozuna dayanıklı Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*) ve hassas V. Riparia Gloire de Montpellier' in çaprazlanması ile elde edilen 138 F1 çeşidinin kirece bağlı Fe noksanlığına göstermiş olduğu tepkileri araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarını %5 ve %29 CaCO₃ içeren toprakta yürütmüşlerdir. Sonuç

olarak kireç oranı yüksek olan toprakta yetiştirilen bitkilerin klorofil miktarları ile bitki biyokütlelerinin daha düşük olduğunu saptamışlardır.

Yeşiloğlu vd. (2013) yaptıkları araştırmada yüksek pH'lı koşulda yetiştirilen bazı turunçgil çeşitlerinde ortaya çıkan kloroz düzeyleri ile fotosentez aktiviteleri arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. Bitkiler kontrol (10^{-4} M FeEDTA) ve Fe noksan (10^{-5} M FeEDTA+ 2 g L⁻¹ CaCO₃+ 3 mM NaHCO₃) koşulda yetiştirilmiştir. Araştırma sonucunda Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin klorofil miktarları (SPAD) ile fotosistem II etkinliğinin azaldığı, buna bağlı olarak Fe klorozuna en duyarlı turunçgil çeşitlerin Rubidoux üç yapraklı ve yerli üç yapraklı olduğu, en dayanıklı turunçgil çeşitlerin Tuzcu 31-31 turuncu ile Meksika laymı olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar hassas turunçgil çeşitlerin klorofil ve fotosentez etkinliğinin dayanıklı bitkilerden daha düşük olduğunu dolayısıyla çeşitler arası farklılığın Fe klorozuna dayanım açısından önemli olduğunu saptamışlardır.

Akhtar vd. (2013) tarafından 20 yerfistığı çeşidinin Fe noksanlığına toleransları araştırılmıştır. Araştırma 1:1 kum-toprak karışımında yürütülmüş olup bitkilere yapraktan 0 mmol L⁻¹ FeEDTA (Fe noksan) ve 0.1 mmol L⁻¹ FeEDTA uygulamışlar ve bitkilerin aktif ve toplam Fe konsantrasyonları ile bitki biyokütlelerini belirlemişlerdir. Demir noksanlığına bağlı olarak bitki biyokütlesi, verimi ile aktif ve toplam Fe konsantrasyonunun azaldığı belirtilmiştir. Demir uygulaması ile toplam Fe konsantrasyonunun Lisn'de %48.8, BARI-2000'de %60.5 oranında arttığı, Chakari'nin ürün miktarının %85.5, Golden'in %66.3 oranında arttığı bildirilmiştir. Sonuç olarak BARI-2000 ve Chakari çeşitlerin Fe noksanlığına dayanıklı, Golden ve Lisn çeşitlerinin ise Fe noksanlığına hassas çeşitler olduğu bildirilmiştir.

Torun vd. (2013) tarafından 13 farklı çilek çeşidinin Fe noksanlığına dayanımlarının araştırıldığı çalışma sera koşulunda toprak:kum:perlit ortamında Fe noksan ve Fe yeterli (5 mg Fe kg⁻¹, FeEDTA) koşulda yürütülmüştür. Araştırmacılar tarafından bitkilerin klorofil miktarları, yaprak ve gövde kuru ağırlıkları, Fe konsantrasyonları belirlenmiştir.

Araştırcılar bitkilerin klorofil miktarlarının 6.5-38 mg g⁻¹ arasında, bitki kuru ağırlıklarının 1.02-6.06 g bitki⁻¹ ve Fe konsantrasyonlarının 41.8-233.1 mg kg⁻¹ arasında çeşitlere bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak Fe noksan koşulda yetiştirilen bitkilerin gelişiminde, Fe alım ve taşınımında genetik farklılığın önemli olduğu, Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin klorofil miktarı, kuru ağırlığı ve Fe konsantrasyonlarının azaldığı, Fe noksanlığında Fe-etkin bitki seçiminin önemli olduğu bildirilmiştir.

Goenaga vd. (2013) kireçli toprakların börölçenin (*Vigna unguiculata*) gelişimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırcılar çalışmayı 2008-2009 yılları arsında 2 farklı lokasyonda (Florida 4.2 mM bikarbonat içeren ve St. Croix 4 mM bikarbonat içeren) yürütmüşlerdir. Sonuç olarak her iki lokasyonda da toprakların bikarbonat iğeriğine bağlı olarak börölçe bitkisi yapraklarında Fe, Zn ve Mn noksanlığı görüldüğünü, ayrıca bikarbonatın bitki gelişimi ve ürün miktarını sınırladığını bildirmişlerdir.

Ceylan (2013) Tokat ilinde yaygın şekilde yetiştiriciliği yapılan Starking Delicious, Golden Delicious ve Amasya Misketi elma çeşitlerinin beslenme durumlarını belirlemek amacıyla 75 bahçeden yaprak ve toprak örnekleri almıştır. Elma yapraklarının %88'in de Fe, %100'ün de Cu, %74,7'sinde Zn ve %100'ünde Mn konsantrasyonlarının yeterli olduğunu, toprakların %60'ında Zn'nun fazla, %70,7'sinde Fe ve %100'ünde Cu'm yeterli, %66,7'sinde ise Mn konsantrasyonunun yetersiz olduğunu bildirmiştir.

Cañasveras vd. (2014) tarafından İspanya' da zeytin yetiştirilen alanların %70'in de kirece bağlı Fe klorozu görüldüğü ve bununla kısa süreli mücadele için Fe' li gübre kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Araştırcılar klorozun etkilerini azaltmak amacıyla Ocal (% 48 CaCO₃ içeren toprakta yetiştirilen) ve Picual zeytin çeşitlerine (% 71 CaCO₃ içeren toprakta yetiştirilen) topraktan FeSO₄ (8 parsel ve her parselde 1 adet ağaç olacak şekilde, 4.5 kg FeSO₄·7H₂O 100 L⁻¹) uygulamışlardır. Araştırmanın sonucunda Fe

uygulan bitkilerin Fe konsantrasyonu, yaprak ağırlığı ve klorofil miktarının Fe uygulanmayan bitkilere göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

2.3 Demirin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

Bitkiler, insanların, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, mikro besin elementi gereksiniminin karşılanmasında en önemli gıda kaynağı durumundadır. Fakat genelde bitkiler insanların günlük mikro element gereksinimlerini karşılayacak kadar yeterli düzeyde mikro element konsantrasyonlarına sahip değildir. Bu nedenle günümüzde başta Fe olmak üzere insanlarda özellikle çocuklar ve kadınlarda çok yaygın biçimde mikro element eksikliği görülmektedir. Anılan mikro element noksanlıklarının dünya nüfusunun yaklaşık yarısında görüldüğü ve ciddi boyutlarda beslenme ve sağlık sorunlarına yol açtığı bilinmektedir (Erdem 2008). Mikro element noksanlıkları, bağışıklık sisteminde, fiziksel gelişimde, zihinsel ve kavramsal yeteneklerin gelişmesinde bozulmalara, anemiye ve bunlarla ilişkili ciddi sağlık problemlerine, erken dönemde bebek ve anne ölümlerine yol açmaktadır (Black 2003, Boccio ve Iyenger 2003, Erdem 2008). Son yıllarda bu problem Dünya Sağlık Örgütü, Dünya Bankası, Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Organizasyonu ve dünyanın çok uluslu diğer tarımsal araştırma birimlerince giderek artan ilgiyle araştırılmaktadır. İnsanlarda Fe noksanlığına bağlı olarak sağlık problemlerinin genellikle Fe'ce yetersiz olan tarım ürünlerinin tüketiminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Türkiye'de de benzer sorunların olduğu bilinmektedir. İnsan beslenmesinde Fe genellikle, heme ve non-heme proteinleri olmak üzere iki şekilde karşılanır. Heme proteinleri hayvansal gıdalardan temin edilir ve diğer besin bileşikleri tarafından etkilenmeden adsorbe edilebilir. Gelişmiş ülkelerde Fe kaynağı genellikle bu şekilde temin edilir. Ancak non-heme proteinleri serbest ya da zayıf kompleksler olup bitkisel kökenlidir. Gelişmekte olan ülkelerde et fiyatlarının yüksek olması nedeniyle Fe kaynağı bitkilerden, non-heme proteinleri şeklinde karşılanmaktadır (Vasconcelos ve Grusak, 2006, Celkan 2006, İncesu 2011).

Demir vücudun dışarıdan aldığı, az miktarda ancak mutlak ihtiyaç duyduğu bir maddedir (Erdem, 2008). Günlük en az 1.0 mg Fe'i yiyeceklerle dışarıdan almak gerekir. İnsan vücudunda Fe yapı taşı olarak görev yapmaktadır. Hemoglobinin vücutta en çok Fe içeren bileşiktir. Demir noksanlığı anemisi günümüzde en sık görülen halk sağlığı sorunlarından birisidir. Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 3.5 milyar insanda Fe noksanlığına bağlı anemi görülmektedir. Türkiye'de çok yaygın görülen Fe eksikliği anemisi, yapılan çeşitli araştırmaların sonuçlarına göre bulgular değişmekle birlikte genel olarak 0-5 yaş grubu çocukların ortalama %50'sinde, okul çağı çocuklarının %30'unda görülmekte, emzikli kadınların ise %50'sini etkilemektedir. Diyetle Fe' in yetersiz alınması, Fe' in vücutta kullanımının yetersiz olması, Fe ihtiyacının artması ve vücuttan kan kaybı ve parazit varlığı yetersizliğe neden olan etmenlerdir. Demir yetersizliğinde en yüksek risk hızlı büyüme ve beslenme gereksiniminin olduğu özellikle 6-24 aylık çocuklar, adolesanlar ve gebelik dönemindeki kadınlardır. Demir yetersizliği anemisi doğurganlık çağındaki kadınlarda kadının sağlığını etkilemekte, anne ölümlerine neden olmakta, çalışma kapasitesini sınırlamakta ve bebek ölümlerine neden olmaktadır. Bebek ve çocuklarda büyümeyi etkilemekte, enfeksiyonlara direnci azaltmaktadır (Köksal 2008, Erdem 2008).

2.4 Oksidatif Stres

Oksidatif stres, serbest radikallerin, özellikle reaktif oksijen türlerinin (ROS) [süperoksit molekülü ($O_2^{\cdot-}$), singlet oksijen (1O_2), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil (OH^{\cdot}) radikallerinin] oluşumunu içeren ve bitkilerde zararlara neden olan stres olarak tanımlanır (Raychaudhuri 2000, Kalefetoğlu 2006, Büyük vd. 2012).

Reaktif oksijen türleri bitkilerde endojen olarak kloroplastlardaki fotosentez reaksiyonlarında, plastit ve peroksizomlarda, mitokondrilerdeki sitrik asit döngüsünde NADPH oksidaz, hücre duvarı peroksidazları ve amino oksidazlar gibi enzimlerin etkisiyle oluşan en yoğun serbest radikallerdir (Van Camp vd. 1998, Van Breusegem ve Dat 2006). Radikal olmayan bir atom veya molekülden bir elektron çıkmasıyla ya da atom veya moleküle bir elektron ilavesiyle oluşurlar. Diğer moleküllere elektron

verebildiklerinden ya da onlardan elektron alabildiklerinden organizmada indirgeyici veya yükseltgeyici olarak davranırlar (Flora 2007, Halliwell ve Gutteridge 1998). Bitkinin normal gelişim sürecinde sentezlenirler ancak detoksifikasyon mekanizması ile aralarındaki denge sayesinde zararlı etki oluşturmazlar (Levitt 1972).

Çeşitli olumsuz çevre koşullarında bitkilerde toksik oksijen radikallerinin birikimi ile ortaya çıkan oksidatif stresi bildiren çalışmalar mevcuttur (Stuhlfauth vd. 1990, Foyer vd. 1997, Bağcı 2010). Bununla birlikte Fe noksanlığı ve oksidatif stres ilişkisi bugüne kadar üzerinde çok fazla durulmamış bir konudur (Donnini vd. 2011). Demir antioksidan enzimlerin yapısında doğrudan veya kofaktör olarak yer almaktadır. Süperoksit dismutaz, katalaz (KAT) ve peroksidazlar (PO) Fe içeren enzimlerdir. Demir noksanlığında özellikle yapraklardaki KAT olmak üzere peroksidaz aktivitesi azalmaktadır (Güneş vd. 2004).

Abiotik stres altında yaprakların absorbe ettiği ışık miktarı ve yararlanılan ışık arasındaki dengenin bozulması nedeniyle fotosentez aktivitesinin azaldığı bilinmektedir (Foyer ve Noctor 2000, Kalefetoğlu 2006). Levitt (1972) ve Kalefetoğlu (2006) bu koşullarda fotosistem II'de elektronların oluşması ve kullanılması arasındaki dengenin bozulduğunu ve Fe noksanlığı stresi altındaki bitkilerin kloroplastlarındaki bu fotokimyasal değişimlerin fotosistem II'de aşırı miktarda biriken ve kullanılmayan ışık enerjisinin dokularda ROS türevlerinin ($O_2^{\cdot-}$, 1O_2 , H_2O_2 , OH^{\cdot}) oluşumuna neden olduğunu belirtmektedir. Ayrıca stres altında stomaların kapanmasına bağlı olarak yaprakların mezofil dokularında CO_2 seviyesinin hızla düşmesi $O_2^{\cdot-}$ radikalinin artması ve bitki dokularında moleküler O_2 ile rekabet eden NADP'lerin indirgenerek NADPH'nin akümüle olmasına neden olmaktadır. Bu koşullarda bitki dokularında NADP miktarı azalır ve O_2 alternatif elektron alıcısı olarak görev yapar. Bu durumda bitki dokularında indirgenmiş O_2 türevleri olan $O_2^{\cdot-}$ ve bunun indirgenmiş formu olan H_2O_2 ve OH^{\cdot} radikalleri Haber-Weiss adı verilen reaksiyon ile oluşur (Cadenas 1989, Sairam ve Saxena 2000). Aktif oksijen çeşitleri olarak adlandırılan $O_2^{\cdot-}$, 1O_2 , H_2O_2 , OH^{\cdot} radikalleri, lipid peroksidasyonuna ve sonuçta membran zararlanmasına, proteinlerin degradasyonuna, enzimlerin inaktivasyonuna, pigmentlerin azalmasına ve DNA

zincirlerinin bozulmasına yol açmaktadır (Fridovich 1986, Liebler vd. 1986, Davies 1987, Imlay ve Linn 1988, Kalefetoğlu 2006). Bitkilerin $O_2^{\cdot-}$ ve H_2O_2 'in toksisitesini önleyebilmeleri onların oksidatif strese karşı önemli bir savunma mekanizmasıdır. Bitkiler hücrelerini bu toksik oksijenlerden SOD, AP, GR, KAT enzimleri ve bunların metabolitleri olan glutation, askorbik asit, α -tokoferol ve karotenoidler ile korurlar (Liebler vd. 1986, Sairam vd. 1998, Sairam ve Saxena 2000). Antioksidan sistemleri güçlü olan bitkilerin ise stres koşullarına toleransları artmaktadır (Molassiotis vd. 2006b, Kalefetoğlu 2006).

Tüm bitkiler oksidatif hasarın yol açtığı yıkıcı etkilerle mücadele etmek için karmaşık bir antioksidan savunma sistemine sahiptir. Reaktif oksijen türleri detoksifikasyon mekanizmaları, enzimatik (SOD, KAT, AP, PO, GR ve monodehidro askorbat redüktaz) ve enzimatik olmayan (flavanoidler, antosiyaninler, karotenoidler, α -tokoferol ve askorbat) savunma mekanizmaları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Strese maruz kalan bitkiler, bu antioksidan savunma sistemlerin bazılarının ya da tamamının aktivasyonu ile oksidatif stresin üstesinden gelebilirler (Sherwin ve Farrant 1998, Jung 2004, Pinheiro vd. 2004, Türkan vd. 2005, Kalefetoğlu 2006). Stres altında antioksidan enzim aktivitesinin ve antioksidan miktarının artış derecesi, birçok bitki türü ve hatta aynı türün iki çeşidi arasında bile oldukça değişkenlik göstermektedir. Tepkinin derecesi stresin yoğunluğuna ve süresine olduğu kadar bitkinin türüne, gelişimine ve metabolik durumuna bağlıdır. Bununla beraber, uzun süreli ve akut; hatta bazen kısa süreli stres durumunda bile savunma mekanizmalarının kapasiteleri aşılır ve bu durum gözle görülür zararlara ve hatta bitki ölümüne neden olabilir (Alexieva vd. 2003, Kalefetoğlu 2006, Bağcı 2010).

Süperoksit dismutaz, en reaktif OH^{\cdot} radikallerini üreten iki Haber-Weiss reaksiyonu substratı olan H_2O_2 ve 1O_2 konsantrasyonlarını tayin etmesiyle oldukça büyük bir öneme sahiptir. Detoksifikasyon sürecinin ilk enzimi olup $O_2^{\cdot-}$ 'i H_2O_2 ve O_2 'e parçalar (Raychaudhuri 2000, Molassiotis vd. 2006b, Kalefetoğlu 2006).

Mikroorganizmalardan insanlara kadar tüm canlılarda, oksijen toksisitesine karşı ilk savunma sistemi SOD enziminin en az bir formunu içermektedir (Pereira vd. 2003, Kalefetoğlu 2006). Enzim, bu nedenle savunma mekanizmasının merkezi gibidir. Bitkilerde metal kofaktörlerine göre sınıflandırılan üç farklı SOD tipi bulunmuştur. Bunlar; Cu/Zn (Cu/ZnSOD), Mn (MnSOD) ve Fe (FeSOD) SOD formlarıdır (Smirnoff 1993, Raychaudhuri 2000). Hidrojen peroksit detoksifikasyonu, hücrede bulunan çeşitli indirgeyiciler yardımıyla, H_2O_2 'i suya indirgeyen PO ile sağlanabilmektedir (Kalefetoğlu 2006). Yapılan çalışmalarda, SOD'ların ifadesindeki artışların biyotik ve abiyotik strese bağlı oluşan oksidatif stresle başa çıkmada ve bitkilerin stres koşulları altında canlılığı sürdürmesine katkı sağlamada önemli rolleri olduğu ileri sürülmüştür. *Morus alba* L. (dut), *Cicer arietinum* L. (nohut) ve *L. esculentum* (domates) gibi birçok bitkide çeşitli stres koşulları altında gerçekleştirilen çalışmalarda SOD aktivitesinde artışlar meydana geldiği gözlenmiştir (Büyük vd. 2012).

Katalaz, stres koşulları altında oluşan zararlı H_2O_2 'in H_2O ve O_2 'e parçalanmasını sağlayarak bitki hücrelerini abiyotik ve biyotik stres etmenlerine karşı korumada yer alan en önemli enzimatik antioksidanlardanır. Bitkilerde tanımlanmış çok sayıda KAT izozimi; *Hordeum vulgare*'de (arpa), *Helianthus annuus* L.'ta (ayçiçeği), *Brassica oleracea* L.'da (karnabahar) ve *Zea mays* L.'da (mısır) çalışılmış ve elde edilen veriler neticesinde enzimin farklı stres koşulları ve farklı bitkilerde değişik düzeylerde koruma sağladığı gözlenmiştir (Polle vd. 1992, Azevedo vd. 1998, Frugoli vd. 1996, Azpilicueta vd. 2007).

Askorbat peroksidaz, bitki hücrelerinde H_2O_2 'e karşı hem kloroplast hem de sitozolde bulunan ve askorbat-glutasyon ya da Halliwell-Asada döngüsü adını alan daha etkili ve alternatif bir detoksifikasyon mekanizmasıdır (Foyer ve Halliwell 1976, Asada ve Takahashi 1987). Bu yol mitokondride olduğu kadar kloroplast ve sitozolde de en önemli H_2O_2 detoksifikasyon sistemi gibi gözükmektedir. İndirgenmiş düzeydeki askorbat ve glutasyon havuzlarının devamlılığında da bu yol önemlidir (Asada 1999, Kalefetoğlu 2006). Bu döngünün ilk enzimi, H_2O_2 'in suya indirgenmesini katalizleyen ve H_2O_2 'e karşı KAT'a kıyasla daha yüksek bir affiniteye sahip olan bir enzimdir.

Yapılmış olan çalışmalarda *Brassica juncea* L. Czern. (hardal), *Triticum aestivum* L. (buğday) ve *Phaseolus vulgaris* L. (fasulye) gibi birçok organizmada stres koşulları altında AP enzim aktivitesinde ve gen ekspresyonunda artışlar olduğu gözlenmiş ve bu artışların stres savunmasıyla ilişkili olduğu ileri sürülmüştür (Mobin ve Khan 2007, Khan vd. 2007, Singh vd. 2008, Zlatev vd. 2006). Askorbat peroksidaz, hücreleri H_2O_2 ' e karşı yalnızca stres durumunda değil, normal koşullar altında da korumaktadır. Farklı bitki türlerinde, çevresel streslerde AP aktivitesinde gözlenen artış, AP'nin H_2O_2 'in hücreden uzaklaştırılmasında olası bir rolü olduğunu göstermektedir (Davis ve Swanson 2001, Bueno ve Piqueras 2002). Membran-bağlı AP peroksizomda ve tilakoid membranlarda bulunur. Askorbat-glutasyon döngüsü tarafından, askorbat düzeyi sabit bir seviyede tutulurken H_2O_2 etkili bir şekilde ortadan kaldırılır (Kalefetoğlu 2006).

Lipoksigenaz (LO) enzimlerinin her molekülde bir Fe atomu içerdiği bildirilmiş ve bu enzimlerin lipid peroksidasyonu ile hücre ve dokulardaki yaşlanmayı ve ayrıca hastalıklara karşı bitkilerin geliştirdiği hipersansibilite biçimindeki dayanıklılığı düzenlendiği bildirilmiştir (Nagarathna vd. 1992, Güneş vd. 2004).

Bitkiler stres koşullarında kendilerini toksik radikallere karşı korumak için askorbik asit (askorbat), vitamin E (a-tokoferol), glutatyon, β -karoten ve zeaxanthin karotenoidi gibi enzimatik olmayan antioksidanları da kullanırlar (Cakmak ve Marschner 1992). Askorbik asit, 1O_2 , H_2O_2 , OH^\cdot radikallerini doğrudan indirgeyebilmekte ve 1O_2 radaikali ile doğrudan reaksiyona girebilmektedir (Noctor ve Foyer 1998). Askorbik asit ile H_2O_2 arasındaki reaksiyon ya kendiliğinden ya da AP tarafından katalizlenmektedir. Glutasyon, askorbat-glutasyon döngününün diğer bir elemanı konumundadır. Birçok bitkide küçük moleküler ağırlıklı bir tiyol (SH) bileşiği olan glutatyon kükürt taşınmasında önemlidir ve çok sayıda hücrel olaylarda rol oynamaktadır. Singlet oksijen ve OH^\cdot radikallerle reaksiyona girerek enzimlerin SH gruplarının okside olmasını önlemede glutatyonun etkili olduğu ve dehidroaskorbat redüktazın substratı olarak askorbik asitin dehidroaskorbattan rejenerasyonuna da katıldığı bildirilmiştir (Uysal 2012). Lipid radikallerinin ve ROS'lerinin temizlenmesinde rol oynadığı bilinen tokoferoller biyolojik membranlarda özellikle kloroplastların tilakoid membranlarında

yoğun olarak bulunmaktadırlar. Bitkilerde bulunan dört izomeri arasında (α -, β -, γ - ve δ -) yer alan α tokoferoller; moleküler yapılarında üç metil grubu içerdiklerinden en yüksek antioksidatif aktiviteye sahip olanıdır. α tokoferoller kloroplastlarda γ -tokoferolmetiltransferaz enzimi aracılığıyla γ -tokoferolden sentezlenmektedirler. Süperoksit gibi ROS çeşitlerine karşı membran kararlılığının korunmasında kritik öneme sahiplerdir (Wu vd. 2007, Shao vd. 2007).

Sevilla vd. (1984) tarafından Fe noksanlığının limon ağaçlarının enzim aktiviteleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin SOD aktivitesinin azaldığı, bunun nedeninin bitkilerin Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarının düşmesi olduğu gösterilmiştir.

Ostrovskaya vd. (1990) %30-35 CaCO₃ içeren bağ toprağında yetiştirilen asmaların klorozlu ve klorozsuz yapraklarının SOD aktivitelerini incelemişlerdir. Bitkilerin klorozlu yapraklarındaki SOD aktiviteleri sağlıklı yapraklardan %20-30 daha yüksek bulunmuştur. Kirecin neden olduğu kloroz olayının sadece klorofil biyosentezinin azalmasıyla ilgili olmadığı aynı zamanda Fe eksikliğinde dokularda yüksek orandaki ¹O₂ ve diğer toksik oksijen radikallerinin oluşması ile de ilgili olduğu saptanmıştır. Sonuçta SOD aktivitesindeki artışın kireçli topraklarda yetiştirilen asmalarda bir korunma mekanizması sonucunda gerçekleşmekte olabileceği saptanmıştır.

Shainberg vd. (2000) demir uygulamasının fasulye bitkisinin enzim aktivitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmayı Fe noksan ve Fe uygulanan (900 μ mol L⁻¹, FeEDTA ve 900 μ mol L⁻¹ Na₂EDTA) koşulda yürütmüşlerdir. Demir noksanlığına bağlı olarak fasulyenin H₂O₂, O₂^{•-} ve OH[•] radikallerinin arttığı belirtilmiştir. Araştırmacılar Fe uygulaması ile bitkilerin kuru ağırlık, MDA, askorbat miktarları ile antioksidan savunma mekanizmasında yer alan AP, GR ve KAT aktivitelerinin arttığı, sonuç olarak fasulyeye uygulanan Fe ile antioksidan savunma mekanizmasında yer alan enzim aktiviteleri arasında bir ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Pestana vd. (2001) kirece bağı Fe noksanlığının turunçgil (*Citrange trayer*) anacı üzerine aşıllı portakal (*Citrus sinensis* L. 'Newhall') çeşidinin fizyolojik aktiviteleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar bu amaçla bitki yetiştirdikleri besin çözeltisine 0, 5, 10 ve 20 μM Fe (FeNaEDTA) ve bunların CaCO_3 (1 g $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) ile kombinasyonlarını uygulamışlardır. Düşük Fe uygulamasına ilave edilen CaCO_3 'a bağı olarak bitkilerin klorofil miktarlarının azaldığı, kök ŞR aktivitesinin ise 2.5 kat arttığı, fotosentez aktivitesinin bu uygulamalardan önemli oranda etkilenmediği belirtilmiştir.

Zaharieva ve Abadia (2003) şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) köklerinde Fe noksanlığına bağı olarak ortaya çıkan stresin bitkilerin AP, GR ve ŞR aktiviteleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma amacına uygun olarak Fe noksan (0 μM FeEDTA) ve Fe bulunan (100 μM FeEDTA) besin çözeltisi ortamında yürütülmüştür. Demir noksanlığına bağı olarak köklerin ŞR aktivitelerinin 20 kat, GR aktivitesinin ise 1.4 kat arttığı, AP aktivitesinin ise %50 oranında azaldığı sonuç olarak askorbat ve glutatyonun Fe noksanlığına bağı olarak ortaya çıkan streste önemli rol oynadığı bildirilmiştir.

Lombardi vd. (2003) demir noksanlığının *in vitro* koşullarda yetiştirilen Mr.S 2/5 şeftali anacının bazı fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yapıları üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma, kontrol, Fe noksan ve 1 mM KHCO_3 uygulamaları ile yürütülmüştür. Araştırma sonucunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları, klorofil ve karatenoid miktarları ile SOD, KAT aktiviteleri ve ayrıca gen ekspresyonları belirlenmiştir. Demir noksan ve KHCO_3 bulunan ortamlarda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile klorofil ve karatenoid miktarında azalma görülmüştür. Demir eksikliği stresine bağı olarak bitkilerin KAT ve SOD aktivitelerinin azaldığı, gen ekspresyonlarının ise arttığı bildirilmiştir.

Dasgan vd. (2003) tarafından 2 domates çeşiti (*Lycopersicon esculantum* Mill.) Pakmar ve Target' in Fe klorozuna dayanıklılıklarının araştırıldığı çalışma, noksan (2×10^{-7} M Fe, FeEDTA) ve yeterli (10^{-4} M Fe, FeEDTA) Fe içeren koşulda besin çözeltisi kullanılarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda Fe klorozuna hassas Pakmar domates

çeşidinin yapraklarındaki kloroz semptomlarının daha yaygın olduğu belirtilmiştir. Kloroza dayanıklı Target çeşidinin klorofil miktarının hassas çeşit olan Pakmar'ın klorofil miktarından 2 kat daha fazla olduğu, buna rağmen bitkilerin Fe konsantrasyonları arasında önemli bir fark olmadığı belirtilmiştir. Bitkilerin KAT ve GR aktivitelerinin Fe noksanlığına bağlı olarak azaldığı, sonuç olarak klorofil ile enzim aktiviteleri arasında pozitif bir ilişki olduğu, dayanıklı çeşidin genetik yapısı nedeniyle Fe klorozundan hassas olan çeşide kıyasla daha az etkilendiği bildirilmiştir.

Zaharieva vd (2004) şeker pancarının Fe noksanlığına karşı gösterdiği tepkileri incelemişlerdir. Araştırma Fe bulunan (100 µM FeEDTA) ve Fe noksan (0 µM FeEDTA) olan koşulda besin çözeltisi ortamında yürütülmüştür. Demir noksan koşulda yetiştirilen bitkilerin klorofil miktarının kontrole kıyasla azaldığı, ŞR aktivitesinin ise arttığı bildirilmiştir. Köklerin askorbat miktarı Fe noksan koşulda artarken, AP aktivitesinin azaldığı bildirilmiştir.

Chouliaras vd. (2004) tarafından yürütülen çalışmada *C. aurantium* ve *Swingle citrumelo* portakal anaçları üzerine aşılı olan *Citrus sinensis* L. türüne ait Valencia ve New Hall portakal çeşitleri kullanılmıştır. Araştırma Hoagland besin çözeltisi ile 1) kontrol (20 µM FeEDDHA), 2) Fe bulunmayan (0 µM FeEDDHA), ve bikarbonat 3) (10 µM FeEDDHA+0.5 g L⁻¹ CaCO₃+5 mM NaHCO₃), bikarbonat 4) (10 µM FeEDDHA+0.5 g L⁻¹ CaCO₃+10 mM NaHCO₃), bikarbonat 5) (10 µM FeEDDHA+0.5 g L⁻¹ CaCO₃+20 mM NaHCO₃), bikarbonat 6) (10 µM FeEDDHA+0.5 g L⁻¹ CaCO₃+40 mM NaHCO₃) uygulamaları ile yürütülmüş ve bitkilerin toplam klorofil ve aktif Fe miktarları ile AP, KAT, ŞR aktiviteleri belirlenmiştir. Bitkilerde en yüksek klorofil, toplam ve aktif Fe konsantrasyonu ile AP ve KAT aktivitesi kontrolde (1) belirlenmiş ve artan bikarbonat (3,4,5,6) uygulamasına bağlı olarak bitkilerin klorofil, toplam ve aktif Fe konsantrasyonları ile AP ve KAT aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Demir bulunmayan (2) ortamda bitkilerin karoten/klorofil, P/Fe ve K/Ca oranları ile kök ŞR aktivitesinin arttığı bildirilmiştir.

Mohamed ve Aly (2004) tarafından Fe noksanlığının *Borage officinalis* bitkisinin gelişim ve biyokimyasal aktiviteleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada bitkilere 0, 13 ve 27.8 mg L⁻¹ FeSO₄ uygulanmıştır. Demir noksanlığına bağlı olarak yaprakların klorofil miktarı, KAT aktivitesi (%49.3) ve AP aktivitesinin (%56.6) azaldığı, GR aktivitesinin ise (%28.9) arttığı, ayrıca KAT ve AP izoenzimlerin de arttığı belirtilmiştir.

Molassiotis vd. (2005) tarafından beş farklı *Prunus* anacı (şeftali çöğürü, Barrier, Cadaman, Saint Julien 655/2 ve GF-677) Fe noksan ve bikarbonat (5 ve 10 mM NaHCO₃) varlığında yetiştirmiş ve bitkilerin ŞR aktiviteleri ile antioksidan mekanizmalarını araştırmışlardır. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin Fe ve toplam klorofil miktarının azaldığı belirtilmiştir. Demir uygulanmamış koşulda yetiştirilen tüm anaçlar ile 5 mM NaHCO₃ uygulanmış koşulda yetiştirilen GF-677 anacının kök ŞR aktivitesinin arttığı, 10 mM NaHCO₃ uygulamasında ise GF-677 dışındaki anaçların ŞR aktivitesinin azaldığı bildirilmiştir. Demir uygulanmayan anaçların SOD, PO ve KAT aktivitesinin arttığı, EOA miktarının ise uygulamalardan etkilenmediği belirtilmiştir. Şeftali çöğür anacı hariç diğer anaçların SOD aktivitesinin NaHCO₃ varlığında arttığı, PO aktivitesinin ise Saint Julien 655/ 2 ve GF-677 anaçlarında artarken, 10 mM NaHCO₃ uygulamasında 'Barrier' anacında azaldığı bildirilmiştir.

Therios vd. (2005) demir noksanlığının narenciyenin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma turunç (*C. Aurantium*) ve Swingle Citrumelo üzerine aşılı Valencia ve New Hall (*C. sinensis*) çeşitleri ile aşısız turunç, Swingle Citrumelo, *C. taiwanica*, *C. volkameriana* anaçları ile 1) 1.2 mg kg⁻¹ Fe, 2) 0 mg kg⁻¹ Fe, 3) 0.6 mg kg⁻¹ Fe+ 0.5 g L⁻¹ CaCO₃+ 10 mM NaHCO₃, 4) 0.6 mg kg⁻¹ Fe +0.5 g L⁻¹ CaCO₃+ 40 mM NaHCO₃ deneme desenine göre yürütülmüş ve Fe kaynağı olarak FeEDDHA kullanılmıştır. Araştırma sonucunda bikarbonat varlığına bağlı olarak aşılı ve aşısız bitkilerin karoten/klorofil, P/Fe, AP, KAT aktiviteleri ile toplam ve aktif Fe konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir. Turunç ve Swingle Citrumelo anaçları üzerine aşılı Valencia ve New Hall çeşitleri ile, turunç, Swingle Citrumelo, Citrus

taiwanica ve *C. Volkameriana* anaçlarının Fe klorozuna dayanımınlarını belirlemede enzim aktivitesinin önemli olduğu, bitkilerin AP aktiviteleri ile Fe konsantrasyonları arasında pozitif, Mn konsantrasyonları arasında ise negatif ilişki olduğunu saptamışlardır.

Tewari vd (2005) tarafından Fe noksanlığının neden olduğu oksidatif stresin karnabahar, mısır ve dut üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada bitkiler 0 ve 10 μM Fe (FeEDHA'dan uygulanmıştır.) içeren besin çözeltisinde yetiştirilmiş ve araştırma sonucunda Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin MDA ve H_2O_2 miktarının arttığı, KAT, AP ve PO aktivitelerinin azaldığı, $\text{O}_2^{\cdot-}$ radikalinde artışa bağlı olarak SOD izoformunun arttığı bildirilmiştir.

Molassiotis vd. (2006a) tarafından iki şeftali anacının [GF-667 (dayanıklı), Cadaman (hassas)] Fe noksanlığına toleransları araştırılmıştır. Bitkiler kontrol (20 μM Fe, FeEDDHA'dan uygulanmış), Fe noksan ve Fe ile bikarbonatın beraber (20 μM Fe+ 0.5 g L^{-1} CaCO_3 +20 mM NaHCO_3) uygulandığı 3 ortamda yetiştirilmişlerdir. Bikarbonat ile Fe'in beraber uygulandığı koşulda bitkilerin PO ve KAT aktivitelerinin azaldığı, H_2O_2 miktarının arttığı, hassas çeşitte ise bu artışın daha yüksek olduğu, EOA miktarı ve kök ŞR aktivitesinin azaldığı, hassas çeşitteki bu azalışın daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Ksouri vd. (2006) Khamri (Fe noksanlığına dayanıklı) ve Balta4 (Fe noksanlığına hassas) asma çeşitleri ile 140Ru (Fe noksanlığına dayanıklı) asma anacının kirece bağlı Fe klorozuna tepkilerini belirlemek amacıyla bitkiler kontrol (20 μM Fe), Fe noksan (1 μM Fe) ve Fe ile bikarbonatın (20 μM Fe+10 mM HCO_3^-) birlikte uygulandığı 3 farklı besin çözeltisi ortamında yetiştirilmiştir. Demir noksan koşulda Khamri ve 140Ru anaçlarının yaprak klorozunun daha düşük, klorofil ve Fe konsantrasyonunun Balta4'e kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Demir ve bikarbonatın beraber uygulandığı ortamda yetiştirilen Khamri ve 140Ru bitkilerinin kök asitlik kapasiteleri ve serbest fenol miktarları ile kök ŞR aktivesinin Fe noksan ortamda yetiştirilen aynı bitkilerden

daha yüksek olduğu belirtilmiştir. En düşük Fe konsantrasyonu Fe ve bikarbonatın beraber uygulandığı ortamda yetiştirilen bitkilerde görülmüştür. Demir ve bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Khamri, Balta4 ve 140Ru'nun KAT ve PO aktivitelerinin azaldığı, MDA miktarlarının ise arttığı bunun membran lipidlerinin parçalanmasının göstergesi olduğu belirtilmiştir.

Salama vd. (2009) demir noksanlığının 3 farklı keten çeşidinin (Sakha 1, Sakha 2 ve Giza 8) antioksidan savunma sistemi üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla bitkileri Fe bulunmayan ve 40 µmol Fe (NaFeEDTA) bulunan besin çözeltisi ortamında yetiştirmişlerdir. Araştırmacılar Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin kuru ağırlığı ve Fe konsantrasyonunun azaldığını, MDA ve H₂O₂ miktarı ile SOD aktivitesinin arttığını, AP, KAT ve PO aktivitelerinin ise çeşitler arasında fark gösterdiğini bildirmişlerdir.

Donnini vd. (2011) Conference (*Pyrus communis* L.) armut çeşidi ve BA29 (*Cydonia oblonga* Mill.) ayva anacının kireç kaynaklı kloroza toleranslarını belirlemek üzere bitkiler -Fe (Fe noksan), +Fe (80 µM Fe, FeEDTA) ve Fe+Bikarbonatın (80 µM Fe +10 mM KHCO₃) beraber uygulandığı besin çözeltisi ortamında yetiştirilmiştir. En düşük toplam klorofil miktarı -Fe uygulamasında belirlenmiştir. Demir noksanlığında her iki genotipin, Fe+Bikarbonat varlığında ise BA29'un ROS üretiminin arttığı, diğer taraftan Conference'm PO aktivitesinin bikarbonata bağlı olarak arttığı ve bu artışın H₂O₂ birikimine karşı bitkilerin göstermiş olduğu bir savunma mekanizması olduğu belirtilmiştir.

Gonzalo vd. (2011) iki *Prunus* anacının (Felinem ve P125) Fe noksanlığına karşı biyokimyasal tepkilerini araştırmışlardır. Kontrol bitkileri 90 µM FeEDTA içeren besin çözeltisinde, diğer bir grup bitki ise 180 µM FeEDTA içeren besin çözeltisinde yetiştirilmiştir. Kontrol koşulunda yetişen Felinem anacının artan Fe uygulamasına bağlı olarak ŞR aktivitesinin arttığı, P 2175 anacının ŞR aktivitesinde herhangi bir değişim olmadığı belirtilmiştir. Araştırma sonucunda moleküler seviyede kontrol edip anlaşılmasında ŞR aktivitesinin önemli olduğu, köklerde Fe' in taşınımını ve protein

salınımını analiz etmek gerektiği, çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıkların ise PCR ile belirlenebileceği bildirilmiştir.

Pooladvand vd. (2012) tarafından yürütülen deneme ile Fe uygulamalarının soya fasulyesinin morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme bitkisi 0, 100, 200 ve 300 mg L⁻¹ FeSO₄ uygulanan koşulda yetiştirilmiştir. Sonuç olarak artan düzeyde FeSO₄ uygulamasına bağlı olarak köklerdeki nodül sayısı ile bakla ve yaprak sayısının arttığı, ayrıca yaprak ve kökteki KAT, SOD ve AP aktivitesinin arttığı bildirilmiştir.

Esfandiari ve Sabaghnia (2012) demir noksanlığının buğdayın (Durum, P1252) antioksidan enzim aktivitesi ile MDA miktarları üzerine etkisini araştırdıkları çalışmayı besin çözeltisi ortamında yürütmüşlerdir. Kontrol (100 mmol FeSO₄.7H₂O) ve Fe noksan koşulda yetiştirilen bitkilerin KAT, SOD, GR ve AP aktiviteleri ile MDA ve H₂O₂ miktarları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak Fe noksan koşulda yetiştirilen buğdayın KAT, SOD, GR ve AP aktivitelerinin azaldığı, H₂O₂ miktarının arttığı, MDA miktarının ise kontrole göre değişmediği bildirilmiştir.

Covarrubias ve Rombolà (2013) 140R asma anacınının Fe klorozuna toleransını belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada bitkilere 0 ve 50 µM FeEDTA ve bunların 0 ve 5 mM KHCO₃ kombinasyonları uygulanmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek bitki ağırlığı, protein miktarı ve SPAD indeksi 50 µM FeEDTA ve 5 mM KHCO₃' in birlikte uygulandığı bitkilerde, en yüksek organik asit miktarını 0 µM FeEDTA ve 0 mM KHCO₃' in birlikte uygulandığı bitkilerde belirlenmiştir. Bikarbonata bağlı olarak kök pepkarboksilaz ve malat dehidrogenaz aktivitesi ile kök ağırlığının azaldığı belirtilmiştir.

Denre vd. (2014) soğan bitkisine (*Allium cepa* L.) yapraktan uygulanan Fe'in bitki antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilere

%0, %0.5 ve %1.0 düzeyinde Fe uygulamışlar ve artan düzeyde uygulanan Fe ile soğanın MDA miktarı ile SOD aktivitesinin azaldığı, en yüksek PO aktivitesinin %0.5 Fe uygulamasında belirlendiği, Fe uygulamaların bitkilerin KAT aktivitesi üzerine istatistiki olarak önemli bir etki yapmadığı ayrıca artan Fe uygulamasına bağlı olarak bitkilerin EOA miktarının (askorbik asit ve toplam fenol) arttığı bildirilmiştir.

Jelali vd. (2014) demir noksanlığının 2 bezelye çeşidinin (Kelvedon ve Lincoln) fizyolojik ve enzimatik aktiviteleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışma, -Fe, +Fe (30 μ M FeEDTA) ve Fe+bikarbonat (30 μ M FeEDTA +10 mM NaHCO₃ + 0.5 g L⁻¹ CaCO₃) uygulamaları ile yürütülmüştür. Uygulanan Fe ve bikarbonata bağlı olarak bitkilerin MDA ve H₂O₂ miktarları artmıştır. Bezelye çeşitlerin enzim aktivitelerinde uygulamaya bağlı olarak farklılıklar belirlenmiştir. Kelvedon çeşidinde en yüksek POD ve SOD aktivitesi +Fe uygulanan koşulda belirlenirken, en düşük KAT aktivitesi Fe+bikarbonat uygulanan koşulda belirlenmiştir. Lincoln çeşidinde en düşük SOD aktivitesi -Fe'de belirlenirken, en düşük POD ve SOD aktivitesi Fe+bikarbonat uygulanan koşulda belirlenmiştir. Bu sonuçlara bakılarak Kelvedon çeşidin Fe noksanlığına daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Araştırma sonucunda aynı türe ait farklı çeşitlerin Fe noksanlığına göstermiş olduğu enzimatik aktivitelerin farklılık gösterebileceği belirtilmiştir.

M' Sehli-Bouftira vd. (2014) yonca bitkisinin Fe noksanlığına toleransının araştırıldığı çalışmada kloroza hassas TN8.7 ve dayanıklı TN11.11 çeşitleri Fe bulunmayan (0 mM Fe) ve Fe bulunan (0.03 mM Fe, FeEDTA) besin çözeltisi ortamında yetiştirilmiştir. Demir noksanlığına bağlı olarak bitkilerin klorofil miktarının düştüğü, bu düşüşün TN8.7 çeşidinde daha fazla olduğu belirtilmiştir. Demir noksanlığına bağlı olarak bitkilerin MDA ve H₂O₂ miktarı ile PO, AP ile SOD aktivitelerinin arttığı, bu artışın hassas çeşitte daha fazla olduğu, ayrıca Fe noksanlığında TN8.7 çeşidinin EOA miktarının azaldığı, TN11.11 çeşidinin EOA miktarının ise arttığı bildirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Saksı denemesi kurulması, yürütülmesi ve örneklenmesi

Saksı denemesinde kullanılan toprak A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü deneme alanından (39°57'44.51'' K; 32°51'46.95''D) 0-30 cm derinlikten alınmış (Jones 2001) (10.11.2011- 11.11.2015) ve kurutulduktan sonra 6 mm'lik elekten elenmiştir Tüm saksılar, elenen topraktan 36 kg olacak şekilde doldurulmuştur (17.11.2015-18-11.2015). Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi içinde toprak örneği alınmıştır (17.11.2015).

Denemede kullanılan 1 yaşlı çıplak köklü fidanlar [MM106 ve M9 anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Granny Smith (GS), Fuji (F), Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG) ve Red Chief (RC) çeşitler] A.Ü. Ayaş Bahçe Bitkileri Araştırma ve Uygulama İstasyonu'ndan 25.11.2011'de getirilmiş ve 26. 11. 2011'de saksılara alınmış ve saksı denemesi 5 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur.

Bitkiler sıcaklığın artması ile üzeri gölgeleme örtüsü ile gerilmiş doğal koşulda yetiştirilmiş ve sıcaklığa bağlı olarak bitkilerin su isteği gözönünde bulundurularak sulama yapılmıştır.

2012 yılında (2 yaşlı) bitkilere 9 Mayıs ve 4 Temmuz 2012 tarihlerinde temel gübreleme olarak 100 mg kg⁻¹ N (Amonyum nitrat) ve 50'şer mg kg⁻¹ P (KH₂PO₄) uygulamaları yapılmıştır.

15 Haziran (5 mM KHCO₃), 6 Temmuz (10 mM KHCO₃), 20 Temmuz (10 mM KHCO₃), 31 Temmuz (10 mM KHCO₃), ve 3 Ağustos 2012 (15 mM KHCO₃), tarihlerinde toplam 50 mM olacak şekilde Fe noksanlığı yaratmak amacıyla yapılan KHCO₃ uygulaması bitkinin ani zarar görmemesi için kontrollü olarak bölünerek yapılmıştır.

16 Ağustos 2012'de yaprak örnekleme (Jones 1967) ve Kalra (1998)' in bildirdiği şekilde alınmış (Şekil 3.1) ve aynı gün aktif Fe analizine başlanmıştır.

17 Ağustos 2012'de bitkilerin toplam klorofil, yaprak demir şelat redüktaz (ŞR), lipid peroksidasyon (MDA), hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarları ile katalaz (KAT), askorbat peroksidaz (AP), süperoksit dismutaz (SOD) ve lipoksigenaz (LO) aktiviteleri ile fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) analizleri ile enzimatik olmayan antioksidanlarının (EOA) belirlenmesi için yaprak örnekleme şekil 3.1'de de gösterilen kısımların alınması suretiyle yapılmıştır.

Fizyolojik ve enzimatik analizler için alınan yaprak örnekleri hızlıca saf su ile yıkanıp peçete yardımıyla kurutulmuş ve alüminyum folyo sargılarla analizlerin yapılması için -20 °C'de muhafaza edilmiştir. Bitki besin elementlerinin belirlenmesi için alınan yaprak örnekleri çeşme suyu ve saf su ile yıkandıktan sonra 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur analizleri yapılmıştır.

2013 yılında (3 yaşlı) bitkilere 27 Mayıs 2013 tarihinde 200 mg kg⁻¹ N (Amonyum nitrat) ve 100 mg kg⁻¹ P (KH₂PO₄) uygulamaları yapılmıştır.

2 Mayıs (10 mM NaHCO₃), 11 Haziran (10 mM NaHCO₃) ve 26 Temmuz (20 mM NaHCO₃) 2013 tarihlerinde toplam 40 mM NaHCO₃ ve 250 g tarım kireci her saksıya

uygulanmıştır. Yapılan NaHCO_3 uygulaması bitkinin ani zarar görmemesi için kontrollü olarak bölünerek yapılmıştır.

14 Ağustos 2013'te yaprak örnekleme (Jones 1967) ve Kalra (1998)'in bildirdiği şekilde alınmış (Şekil 3.1) ve aynı gün aktif Fe analizine başlanmıştır

15 Ağustos 2012'de bitkilerin toplam klorofil, yaprak demir şelat redüktaz (ŞR), lipid peroksidasyon (MDA), hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarları ile katalaz (KAT), askorbat peroksidaz (AP), süperoksit dismutaz (SOD) ve lipoksigenaz (LO) aktiviteleri ile fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) analizleri ile enzimatik olmayan antioksidanlarının (EOA) belirlenmesi için yaprak örnekleme şekil 3.1'de gösterilen kısımların alınması suretiyle yapılmıştır.

Fizyolojik ve enzimatik analizler için alınan yaprak örnekleri hızlıca saf su ile yıkayıp peçete yardımıyla kurutulmuş ve alüminyum folyooyu sarılarak analizlerin yapılması için $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ' de muhafaza edilmiştir. Bitki besin elementlerinin belirlenmesi için alınan yaprak örnekleri çeşme suyu ve saf su ile yıkandıktan sonra $65\text{ }^\circ\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.1 Saksı denemesi bitki analizleri için örnekleme yapılan yapraklar



Şekil 3.2 Saksı denemesi genel görünümü (2013)

3.1.2 Alan çalışması kurulması, yürütülmesi ve örneklenmesi

Alan çalışması (koleksiyon bahçesi) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü koleksiyon bahçesinde bulunan ve Mart 2005 dikimi yapılan ve verim alınan M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith, Fuji, Royal Gala, Mondial Gala ve Red Chief elma çeşitleri ile 2012-2013 yılları arasında yürütülmüş ve ağaçlar damla sulama yöntemiyle sulanmıştır.

Ağaçlara temel gübreleme amaçlı 2 Mart 2012'de $180 \text{ g ağaç}^{-1} \text{ N}$ olacak şekilde amonyum sülfat (%21 N) gübresi uygulanmıştır.

Çalışma alanının besin maddesi konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla 20.06.2012'de 0-30 cm derinlikten toprak örneği alınmış (Jones 2001) ve 'yöntem' kısmında belirtilen analizler yapılmıştır.

Elma koleksiyon bahçesinden 2012 yılında; 20 Haziran, 16 Temmuz, 8 Ağustos ve 26 Eylül 2012 tarihlerinde aynı ağaçlardan ve her ağaçtan 20 adet yaprak olacak şekilde örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.3).

Örnekleme yapılan bu bitkilerde aynı gün aktif Fe ve toplam klorofil analizleri yapılmış, diğer besin elementi belirlemeleri içinde yapraklar 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur ve yaprakların fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) konsantrasyonları belirlenmiştir.

Ağaçlara temel gübreleme amaçlı 1 Mart 2013'te 180 g ağaç⁻¹ N olacak şekilde amonyum sülfat (%21 N) gübresi uygulanmıştır.

2013 yılında 10 Haziran, 8 Temmuz, 5 Ağustos ve 5 Eylül 2013 tarihlerinde, aynı ağaçlardan ve her ağaçtan 20 adet yaprak olacak şekilde örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.3).

Örnekleme yapılan bu bitkilerde aynı gün aktif Fe ve toplam klorofil analizleri yapılmış, diğer besin elementi belirlemeleri için de yapraklar 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur ve yaprakların fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Alan çalışmasına ait genel görünüm şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.3 Alan çalışması bitki analizleri için örnekleme yapılan yapraklar



Şekil 3.4 Alan çalışması (koleksiyon bahçesi) genel görünümü (2013)

3.2 Yöntem

3.2.1 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinde uygulanan yöntemler

Toprak örnekleri, laboratuvarında hava kuru duruma getirilip, 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra aşağıda belirtilen fiziksel ve kimyasal analiz işlemlerine tabi tutulmuştur (Anonymous 1951).

Tekstür: Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiş, tekstür sınıfları ise "Soil Survey Manual" (Anonymous 1990)'e göre saptanmıştır.

Toprak reaksiyonu (pH): 1:2.5 toprak/saf su karışımında cam elektrotlu Mettler-Toledo marka pH metre ile belirlenmiştir (Jackson 1958).

Elektriksel iletkenlik (EC): 1:2.5 toprak/saf su karışımında Orion marka EC metre ile belirlenmiştir (Richards 1954).

Organik madde: Jackson (1958) tarafından bildirildiği şekilde değiştirilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

Toplam Kireç: Hızalan ve Ünal (1966) tarafından açıklandığı şekilde Scheibler kalsimetresiyle belirlenmiştir.

Toplam azot (N): Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

Yarayışlı fosfor (P): Toprak örneklerinde P, Olsen vd. (1954) tarafından bildirildiği şekilde, 0.5 M NaHCO₃ (pH: 8.5) ile ekstrakte edilmiş, çözeltiliye geçen P, molibdofosforik mavi renk yöntemine göre Shimadzu model UV 1210 spektrofotometresinde belirlenmiştir.

Değişebilir potasyum (K), sodyum (Na), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg): Pratt (1965) tarafından bildirildiği şekilde, toprak örnekleri 1.0 N nötr (pH: 7.0) amonyum asetat (CH₃COONH₄) ile ekstrakte edilmiş, süzükteki K, Na, Ca ve Mg ICP-OES (Perkin Elmer 2100V) cihazı ile belirlenmiştir.

Yarayışlı demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn): Lindsay ve Norvell (1978) tarafından açıklandığı gibi, toprak-çözelti oranı 1:2 olacak şekilde 0.005 M DTPA (dietilentriaminpenta asetik asit) + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA (trietanolamin) karışım çözeltisi (pH: 7.3) ile 2 saat çalkalanarak ekstrakte edilen süzükte Fe, Zn, Cu ve Mn ICP-OES (Perkin Elmer 2100V) cihazı ile belirlenmiştir.

Toprak analizleri sonuçlarına göre besin maddesi konsantrasyonlarının yorumlanmasında çizelge 3.1' deki standart değerler kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Toprak analizlerinin değerlendirilmesinde kullanılan standart değerler (N %, diğerleri mg kg⁻¹ olarak ifade edilmiştir) (Follet 1969, Lindsay ve Norwell 1969, Anonymous 1990, Eyüboğlu 1996)

Besin maddesi	Metot	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla
N	Kjeldahl	<0.045	0.045-0.090	0.090-0.170	0.170-0.320	>0.320
P	NaHCO ₃	< 2.5	2.5-8.0	8.0-25.0	25.0-80.0	> 80.0
K	CH ₃ COONH ₄	< 50	50-140	140-370	370-1000	> 1000
Ca	CH ₃ COONH ₄	0-380	380-1150	1150-3500	3500-10000	> 10000
Mg	CH ₃ COONH ₄	0-50	50-160	160-480	480-1500	> 1500
Mn	DTPA	< 4	4-14	14-50	50-170	> 170
Zn	DTPA	< 0.2	0.2-0.7	0.7-2.4	2.4-8.0	> 8.0
Fe	DTPA	Az	Orta	Fazla		
Cu	DTPA	<4.5	4.5-9.0	>9.0		
		Yetersiz	Yeterli			
		< 0.2	> 0.2			

3.2.2 Bitki analizlerinde uygulanan yöntemler

Örnekleme yapılan bitkiler çeşme suyu ve saf su ile yıkandıktan sonra 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur ve öğütülmüştür. Besin elementlerin belirlenmesi için bitki örnekleri 0.25 g tartılmış ve kül fırınında 550 °C’de yakılarak kül haline getirilmiştir. Ardından 10 N HNO₃ ile kaynatılmış ve saf su ile 50 ml’ye tamamlanarak filtre kağıdından süzölmüştür. Bu süzöklere P, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn ICP-OES konsantrasyonları (Perkin Elmer 2100V) cihazında belirlenmiştir (Horwitz 1980, Kalra 1998).

Elma bitkisinin besin maddesi konsantrasyonlarının değeriendirilmseinde kullanılacak sınır değeri 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Elma ağaçlarında yaprak analizlerinin değeriendirilmesinde kullanılabilir bitki besin maddeleri sınır düzeyleri (Jones vd. 1991, Alpaslan vd. 1998)

Besin Maddesi	Noksan	Yeterli	Fazla
N %	1.07-1.89	1.90-2.60	2.70-3.00
P g kg ⁻¹	1.0-1.3	1.0.4-4.0	> 4.0
K g kg ⁻¹	10-14.9	15.0-20.0	> 20.0
Ca g kg ⁻¹	<12.0	12.0-16.0	> 16.0
Mg g kg ⁻¹	2.0-2.4	2.5-4.0	> 5.0
Fe mg kg ⁻¹	40-49	50-300	> 300
Cu mg kg ¹	4-5	6-50	> 50
Zn mg kg ⁻¹	15-19	20-100	> 100
Mn mg kg ¹	20-24	20-200	201-300

Aktif demir (Fe) analizi: Takkar ve Kaur (1984) tarafından bildirildiği üzere taze yaprak örneklerinin alınmasını takiben 4 saat içerisinde çeşme suyu ve saf suda yıkanan ve kurutma kağıtları üzerine serilerek kurutulan örnekler paslanmaz çelik makas

yardımıyla 1-2 mm'lik parçalara ayrılmıştır. Parçalanmış örneklerden 2'şer g tartılarak 50 mL' lik beherlere konulmuş ve üzerine 20 mL 1 N HCl çözeltisi ilave edilmiştir. Örneklerin homojen karışımı baget yardımıyla karıştırılarak sağlanmıştır. Bir günlük bekleme süresinin ardından filtre kağıdından süzölmüştür. Süzöklör o-phenanthroline ile renklendirilmiş ve bitkilerin aktif Fe konsantrasyonları (mg kg⁻¹) 550 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Oserkowsky 1993).

Bitkide yapılan fizyolojik ve enzimatik analizler kullanılan yöntemler

Toplam klorofil: 0.25 g yaprak örneği %80'lik aseton ile ekstrakte edildikten sonra toplam klorofil miktarı spektrofotometrik olarak Arnon (1949) ve Withan vd. (1971) tarafından belirtildiği şekilde belirlenmiştir. Aşağıda belirtilen formöl bitkilerin toplam klorofil miktarları belirlenmiştir

Klorofil a (mg g⁻¹) = 12.7 x (A663) - 2.69 x (A645) x tamamlanan son hacim/1000 x yaş bitki ağırlığı

Klorofil b (mg g⁻¹) = 22.91 x (A645) - 4.68 x (A663) x tamamlanan son hacim/1000 x yaş bitki ağırlığı

Toplam Klorofil (mg g⁻¹) = Klorofil a + Klorofil b

Yaprak demir şelat redüktaz aktivitesi (ŞR): 0.1 g taze yaprak örneği tüplere alınmış, üzerine 2 mL 0.2 mM CaSO₄ ilave edilerek 5 dakika çalkalanmış ve ardından CaSO₄ örnekten uzaklaştırılmıştır. Kalan örneğ üzerine 2 mL çözelti [5 mM MES buffer (pH. 5.5), 0.1 mM Fe⁺³-EDTA, 10 mM CaSO₄ ve 0.3 mM Na-BPDS (sodiumbathophenanthrolinedisulfonic asit)] ilave edilmiş ve 23 °C'de 1 saat karanlık su banyosunda bekletilmiştir. Aynı işlemler örneksiz olarak kontrol için de uygulanmış ve

aktivite Fe⁺²-BPDS formunda spektrofotometrik olarak 535 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Ojeda vd. 2004).

Lipid peroksidasyonu (MDA): Bitkilerin lipid peroksidasyonu malondialdehit (MDA) içeriği olarak ifade edilmektedir. 0.5 g yaprak örneği 10 ml % 0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15 000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin berrak kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml % 20'lik TCA içerisinde çözülmüş % 0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) eklenmiştir. Karışım 95 °C'de 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulmuştur. 10 000 g' de 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra berrak kısımda 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbans belirlenmiş ve aşağıda belirtilen formül ile bitkilerin MDA miktarları belirlenmiştir (Heath ve Packer 1968, Hodges vd. 1999, Sairam ve Saxena 2000).

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

Hidrojen peroksit (H₂O₂): 1 g titanyum dioksit ve 10 g potasyum sülfat 150 mL konsantre H₂SO₄ ile hot plate üzerinde 2 saat kaynatılmasıyla hazırlanan karışım soğutulularak 1.5 L'ye tamamlanmıştır. Bu karışım titanyum çözeltisi olarak kullanılmıştır. 0.5 g yaprak örneği 10 mL soğuk aseton ile homojenize edilip homojenat filtre kağıdı ile süzümüştür. Ekstrakt üzerine 4 mL titanyum çözeltisi ve 5 mL konsantre amonyak çözeltisi ilave edilip hidrojen peroksit-titanyum kompleksi oluşturulmuştur. 10 000 g'de 5 dakika santrifüj yapıp, berrak kısım dökülmüş ve çökelti 10 mL 1 M H₂SO₄ içerisinde çözülmüştür. Tekrar 10 000 g'de 5 dakika santrifüj yapılarak çözünmemiş materyal uzaklaştırılıp 415 nm'da absorbans belirlenmiştir. H₂O₂ ile hazırlanan standart kurve ile değerlendirme yapılmıştır (Teranishi vd. 1974, Mukherjee ve Choudhuri 1983).

Antioksidan enzimler askorbat peroksidaz (AP), katalaz (KAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve lipoksigenaz (LO) aktiviteleri' nin belirlenmesinde uygulanan yöntemler

Bitki ekstraktının çıkarılması: Sıvı azot içinde dondurulmuş 1 g örnek 5 mL soğuk ekstraksiyon çözeltisi [0.1 M Na-fosfat pH, 0.5 mM Na-EDTA ve 1 mM askorbik asit, (pH 7.5)] ile homojenize edildikten sonra, homojenat 4 °C'de 30 dakika 18000 g'de santrifüj edilmiştir. Homojenatın bir kısmında hemen katalaz (KAT) belirlenmiştir. Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (AP) ve lipoksigenaz (LO) belirlemesi için ekstrakt -20 °C' de dondurulmuştur (Jebara vd. 2005).

Katalaz (KAT) aktivitesinin belirlenmesi: 240 nm'da H₂O₂'nin kaybolmasının izlenmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi 0.05 M fosfat tamponu (KH₂PO₄) ve 1.5 mM H₂O₂ karışımı ile hazırlanmıştır. 2.5 mL reaksiyon çözeltisi ile 0.2 mL bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda 0. ve 60. sn okumaları alınmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbandsaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Cakmak vd. 1993).

Askorbat peroksidaz (AP) aktivitesinin belirlenmesi: 290 nm'de askorbik asite bağlı H₂O₂'nin indirgenmesi ile ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM fosfat tamponu (KH₂PO₄), 0.5 mM askorbik asit, 0.1 mM EDTA, 1.5 mM H₂O₂ karışımı kullanılmıştır. 3 mL reaksiyon çözeltisi (pH 7.0) ile 0.1 mL bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Reaksiyon 0.1 mL ekstraktın ilavesi ile başlatılmıştır. Spektrofotometrede 290 nm dalga boyunda 0. ve 60. sn okumaları alınarak, değerlendirme 1 dakika içinde absorbandsaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Nakano ve Asada 1981).

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin belirlenmesi: NitroblueTetrazolium (NBT)'un 560 nm dalga boyunda indirgenmesinin engellenmesi ile belirlenmiştir.

Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM Na-fosfat tamponu ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 0.1 mM Na-EDTA, 33 μM NBT, 5 μM riboflavin ve 13 mM methionin karışımı kullanılmıştır (pH 7.0). 2.5 mL reaksiyon çözeltisi ile 0.2 mL bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Reaksiyon 25 °C'de 75 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'de (40 W) ışık altında 10 dakika bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Kontrol, enzimsiz olarak karanlıkta ve ışık altında 10 dakika sonundaki absorban değeri ile belirlenmiştir. Süperoksit dismutaz aktivitesi ünite olarak NBT nin % 50' sini indirgeyen aktivite olarak belirlenmiştir (Gong vd. 2005).

Lipoksigenaz (LO) aktivitesinin belirlenmesi: Reaksiyon çözeltisi 1:1 (v:v) 50 mM fosfat tamponu (KH_2PO_4) ve 0.4 mM linoleik asit ile karıştırılarak hazırlanmıştır (pH 6.5). 0.1 mL örnek üzerine reaksiyon çözeltisi ilave edilmiştir. Spektrofotometrede 280 nm dalga boyunda 0. ve 60. sn okumaları alınmış ve 1 dakika içindeki absorbanstaki değişim belirlenmiştir (Axelrod vd. 1981).

Enzimatik olmayan toplam antioksidanların belirlenmesi (EOA): 200 mg 65° C 48 saat kurutulmuş bitki örneği %80'lik 4 mL metil alkol ile 24 saat oda sıcaklığında ekstrakte edilmiştir. Örnekler daha sonra 18000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiş ve berrak kısım ayrılmıştır. Berrak kısımdan 0.1 mL alınmış üzerine 3 mL reaksiyon çözeltisi (0.6 M H_2SO_4 , 28 mM Na-fosfat buffer, 4 mM amonyum molibdat) ilave edilmiş ve su banyosunda 95 °C'de 90 dakika bekletilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğuyan örneklerin 695 nm dalga boyundaki absorbanı spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Prieto vd. 1999).

Bitkilerde Aktif Fe Etkinliği ve B/K Oranı: Bitkilerin aktif Fe etkinliği; bikarbonat uygulanan koşulda yetiştirilen bitkilerin aktif Fe konsantrasyonlarının kontrol koşulunda yetiştirilen bitkilerin aktif Fe konsantrasyonuna bölünmesi ve bu bölümün 100 ile çarpılması [$(\text{HCO}_3^-/\text{Kontrol (K)}) \times 100$] ile elde edilmiştir. Bu oran 'Aktif Fe Etkinliği: B/K' şeklinde ifade edilmiştir. Aktif Fe etkinliği ile diğer parametrelerin ilişkisini belirlemek amacıyla 2013 yılı (3 yaş) saksı denemesine ait tüm parametrelerde aynı hesaplama kullanılmış, elde edilen oran 'B/K oranı' olarak adlandırılmıştır.

Bitkilerde Fe noksanlığı stresi yaratmak amacıyla, yapılan bikarbonat uygulaması kontrollü olarak bölünerek yapılmış ve bitkinin ani zarar görmesi engellenmiştir. Dolayısı ile denemenin 2. yılında (3 yaş) birikmiş etkinin daha net bir şekilde ortaya çıktığı hipotezinden hareketle çalışmada belirlenen parametrelerin B/K oranları 2013 yılı için hesaplanmıştır.

İstatistik Analizler: Uygulama sonuçlarının önemliliği “Varyans analizi” ile Minitab paket programı kullanılarak, uygulamalar arasındaki farklılıklar ise Mstat paket programında Duncan testi ile belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Saksı denemesi ve alan çalışması (koleksiyon bahçesi) toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 4.1’de verilmiştir. Buna göre saksı denemesi toprağı killi tın bünyeye sahip, organik madde miktarı yetersiz, orta kireçli, tuzsuz ve alkali reaksiyonlu, toplam N, yarayışlı Fe ve Mn bakımından noksan, alınabilir P, yarayışlı ve Zn bakımından yeterli, değişebilir K, Ca ve Mg içeriği fazla ve yarayışlı Cu içeriği çok fazla olarak belirlenmiştir.

Alan çalışmasına ait toprak ise killi tın bünyeye sahip, organik madde miktarı yeterli, tuzsuz ve alkali reaksiyonlu, orta kireçli, toplam N, alınabilir P, yarayışlı Zn ve Mn miktarı bakımından yeterli, değişebilir K, Ca, Mg, yarayışlı Fe ve Cu içeriğince fazla olduğu belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçları çizelge 3.1’de verilen sınır değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1 Saksı denemesi ve alan çalışması (koleksiyon bahçesi) toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametreler	Miktar	
	Saksı Denemesi	Alan Denemesi
Tekstür Sınıfı	Killi Tın	Killi Tın
Organik Madde (%)	1.77	2.06
Toplam Kireç (%)	7.09	7.51
pH	7.33	7.74
EC (dS m ⁻¹)	0.46	0.64
Toplam N (%)	0.06	0.13
Değişebilir K (mg kg ⁻¹)	1068	490
Değişebilir Ca (mg kg ⁻¹)	5549	4843
Değişebilir Mg (mg kg ⁻¹)	496	548
Bitkiye Yarayışlı P (mg kg ⁻¹)	18.9	11.5
Bitkiye Yarayışlı Fe (mg kg ⁻¹)	3.62	2.26
Bitkiye Yarayışlı Zn (mg kg ⁻¹)	0.96	1.19
Bitkiye Yarayışlı Cu (mg kg ⁻¹)	1.89	18.2
Bitkiye Yarayışlı Mn (mg kg ⁻¹)	7.55	14.0

4.1 Saksı Denemesine ait Bulgular

4.1.1 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin fizyolojik ve enzimatik parametreleri

Saksı denemesinde yetiştirilen MM106 ve M9 anaçları ve bu anaçlar üzerinde yetiştirilen 5 farklı elma çeşidinin [Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC)] bikarbonat uygulamasına bağlı olarak aktif Fe, toplam demir (Fe) konsantrasyonu, toplam klorofil, yaprak demir şelat redüktaz (ŞR), lipid peroksidasyon (MDA) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarlarındaki değişimler ile süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (KAT), askorbat peroksidaz (AP) ve lipoksigenaz aktivitelerindeki (LO) değişimler ve enzimatik olmayan toplam antioksidanlara (EOA) ait sonuçlar bu kısımda verilmiştir. Saksı denemesinde ölçümler 2012 ve 2013 yıllarında yapılmıştır. Söz konusu ölçümler bitki yaşı olarak 2. ve 3. yaşa tekabül etmektedir. Bulguların anlatımında akıcılığı sağlamak amacıyla 2012 ve 2013 ifadeleri kullanılmıştır.

4.1.1.1 Aktif Fe

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı elma çeşitlerinin aktif Fe konsantrasyonu üzerine etkisi çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelge 4.2 değerlendirildiğinde bitkilerin 2012 yılı aktif Fe konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksiyonunun etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala hariç tüm çeşitlerin aktif Fe konsantrasyonunda istatistiki olarak önemli miktarda düşüş belirlenmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak aktif Fe konsantrasyonunda en fazla düşüş belirlenen çeşitler Royal Gala ve Red Chief olurken, M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Granny Smith olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı (3 yaş) aktif Fe konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç

kombinasyonları ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Çizelge 4.2). MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek ortalama aktif Fe konsantrasyonu Fuji çeşidinde belirlenirken bunu Granny Smith ve Red Chief izlemiş olup, bu çeşitlerin ortalama aktif Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. En düşük ortalama aktif Fe konsantrasyonu Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinde belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek ortalama aktif Fe konsantrasyonu Fuji'de belirlenirken bu çeşidi Red Chief ile Granny Smith izlemiş, Red Chief ve Granny Smith çeşitlerin aktif Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiş olup en düşük ortalama Fe konsantrasyonu Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinde belirlenmiştir. Tüm bitkilerin 2013 yılı aktif Fe etkinliği değerlendirildiğinde MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında aktif Fe etkinliği en yüksek olan çeşitler Royal Gala ve Mondial Gala olurken bunları Fuji, Red Chief ve Granny Smith çeşitleri izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında aktif Fe etkinliği en yüksek olan çeşitler yine Royal Gala ve Mondial Gala olurken, bunları Red Chief, Granny Smith ve Fuji çeşitleri izlemiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak çeşit/anaç kombinasyonlarının aktif Fe konsantrasyonlarında düşüş belirlenmiş ve bu düşüşe bağlı olarak bitkilerde Fe noksanlığı belirtileri ortaya çıkmıştır. Oluşan kloroza ait fotoğraflar EK 1-EK 5, EK 7 -EK 11'de verilmiştir.

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçlarının aktif Fe konsantrasyonları üzerine etkisi çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre anaçların 2012 yılı (2 yaş) aktif Fe konsantrasyonları üzerine anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların aktif Fe konsantrasyonu istatistiki olarak önemli miktarda düşmüş olup, M9 anacının aktif Fe konsantrasyonundaki düşüşün MM106 anacının aktif Fe konsantrasyonundaki düşüşten daha fazla olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı aktif Fe konsantrasyonları üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. MM106 ve M9 anaçlarının aktif Fe etkinliği çizelge 4.2'ye göre değerlendirilmiş ve MM106 anacının aktif Fe etkinliğinin M9 anacının aktif Fe etkinliğinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların aktif Fe konsantrasyonlarında düşüş belirlenmiş ve bu düşüşe bağlı olarak

bitkilerde Fe noksanlığı belirtileri ortaya çıkmıştır. Oluşan kloroza ait fotoğraflar EK 6 ve EK 12’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak aktif Fe konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Aktif Fe (mg kg ⁻¹)						Aktif Fe Etkinliği B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	41.77 cA	34.72 dcB	38.25	26.51	24.70	25.61 cd	93 (2)
MG/MM106	43.31bcA	36.46bcdB	39.89	26.27	24.99	25.62 cd	95 (1)
GS/MM106	36.01 eA	33.06 eB	34.54	34.83	23.63	29.23 abc	68 (10)
F/MM106	41.07cdA	36.92bcdB	38.99	36.35	28.29	32.32 a	78 (7)
RC/MM106	38.62 dA	30.15 fB	34.39	30.84	23.85	27.34 abc	77 (8)
RG/M9	45.14 bA	38.04 bcB	41.59	20.67	19.10	19.89 d	92 (3)
MG/M9	41.32 cA	40.86 aA	41.09	27.88	24.15	26.01 bc	87 (4)
GS/M9	50.24 aA	35.59cdeB	42.92	33.85	26.84	30.35 abc	79 (6)
F/M9	43.52bcA	38.37 abB	40.94	38.01	27.41	32.71 a	72 (9)
RC/M9	41.03cdA	36.71bcdB	38.87	34.25	28.95	31.60 ab	85 (5)
Ortalama	42.20	36.09		30.95	25.19		
F çeşit/anaç	33.71**			6.32**			
F uygulama	390.56**			33.07**			
F interaksiyon	15.19**			1.32ö.d			
D interaksiyon	2.58			-			
D çeşit/anaç	-			5.90			
Anaçlar							
MM106	36.50A	33.85B	35.18	29.16	27.91	28.54	95 (1)
M9	38.04A	31.28B	34.66	31.56	25.83	28.69	82 (2)
Ortalama	37.27	32.56		30.36	26.87		
F anaç	0.71 ö.d			0.01 ö.d			
F uygulama	58.82**			3.85 ö.d			
F interaksiyon	11.19**			1.58 ö.d			
D interaksiyon	2.54			-			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d: önemli değil. B/K*: 2013 yılı (HCO₃⁻/K)×100), B/K oranı parantez içinde verilen sayılar aktif Fe etkinliğinin en yüksekten (1) en düşük (10) olan çeşit/anaç ve anaçların sıralanması olarak verilmiştir. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir .

4.1.1.2 Toplam demir (Fe)

Çizelge 4.3' de 2012 ve 2013 yılları saksı denemesinde kontrol ve bikarbonat uygulanan koşullarda yetiştirilen MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin toplam Fe konsantrasyonlarındaki değişim verilmiştir. 2012 yılında bitkilerin toplam Fe konsantrasyonları üzerine uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Buna göre bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin toplam Fe konsantrasyonunda düşüş olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin 2013 yılı toplam Fe konsantrasyonları değerlendirilmiştir (Çizelge 4.3). Buna göre çeşit/anaç kombinasyonları ve uygulamanın etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2013 yılında yapılan ölçümlerde de bitkilerin toplam Fe konsantrasyonunda düşüş olduğu belirlenmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında toplam Fe konsantrasyonu en yüksek olan çeşit Granny Smith olurken, bunu Mondial Gala ve Royal Gala izlemiştir. Bununla birlikte bu çeşitlerin toplam Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli fark belirlenmemiş olup bu çeşitleri Red Chief ve Fuji izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Fuji'nin toplam Fe konsantrasyonunun en yüksek olduğu belirlenmiş olup bunu Mondial Gala, Granny Smith ve Red Chief izlemiş olup, bu çeşitlerin toplam Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Her 2 anaç üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinin B/K oranları diğer çeşit/anaç kombinasyonlarının B/K oranlarından yüksek bulunmuştur. En düşük B/K oranı MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Fuji çeşitleri ile M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief çeşitlerinde belirlenmiştir.

MM106 ve M9 anaçlarının toplam Fe konsantrasyonları üzerine bikarbonat uygulamasının etkisi çizelge 4.3'e göre değerlendirilmiştir. 2012 yılında anaçların toplam Fe konsantrasyonları üzerine anacın etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş ve M9 anacının toplam Fe konsantrasyonunun MM106 anacının Fe konsantrasyonundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı toplam Fe konsantrasyonları 2012 yılı toplam Fe konsantrasyonlarından daha düşük olmuştur. 2013 yılında uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş olup bikarbonat uygulamasına

bağlı olarak toplam Fe konsantrasyonunda düşüş olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı B/K oranları değerlendirildiğinde, MM106 anacı B/K oranının M9 anacına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak toplam demir (Fe) konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Toplam Fe (mg kg ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	313.2	232.2	272.7	149.1	144.4	146.8 ab	97
MG/MM106	347.8	273.4	310.6	151.8	143.1	147.4 ab	94
GS/MM106	352.6	297.5	325.1	173.2	147.4	160.3 a	85
F/MM106	324.8	323.8	324.3	128.0	81.7	104.9 c	64
RC/MM106	275.9	260.6	268.3	141.6	125.6	133.7 b	89
RG/M9	318.6	267.1	292.8	134.9	126.3	130.6 b	93
MG/M9	333.5	278.4	306.0	160.3	146.7	153.5 ab	92
GS/M9	368.3	300.4	334.3	156.1	138.8	147.4 ab	89
F/M9	334.8	319.2	327.0	176.5	143.7	160.1 a	81
RC/M9	315.8	292.1	303.9	157.8	116.2	137.0 ab	74
Ortalama	328.5	284.4		152.9	131.4		
F çeşit/anaç	1.51 ö.d			6.10**			
F uygulama	14.08**			25.63**			
F interaksiyon	0.57 ö.d			1.16 ö.d			
D çeşit/anaç	-			25.07			
Anaçlar							
MM106	249.5	241.8	245.6	116.5	97.60	107.0	84
M9	317.2	264.8	291.0	148.5	111.2	129.8	75
Ortalama	283.4	253.3		132.5	104.4		
F anaç	4.21*			4.10 ö.d			
F uygulama	1.85 ö.d			6.21*			
F interaksiyon	1.02 ö.d			0.67 ö.d			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.3 Toplam klorofil

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin toplam klorofil miktarları üzerine etkisi çizelge 4.4'de verilmiştir. Bitkilerin 2012 ve 2013 yılı toplam klorofil miktarları üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksyonu etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı Granny Smith hariç tüm bitkilerin toplam klorofil miktarlarında istatistiki olarak önemli miktarda düşüş belirlenmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak toplam klorofil miktarında en fazla düşüş belirlenen çeşit Mondial Gala olurken bunu Red Chief, Fuji ve Royal Gala izlemiş, toplam klorofil miktarı en az düşen çeşit ise Granny Smith olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında toplam klorofil miktarı en fazla düşen çeşit Royal Gala olurken bunu Red Chief, Fuji ile Mondial Gala izlemiş, klorofil miktarı en az düşen çeşit ise Granny Smith olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı toplam klorofil miktarları çizelge 4.4'e göre değerlendirilmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin toplam klorofil miktarları azalmış, M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Fuji ve Red Chief'teki azalış ise istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ve Granny Smith'in toplam klorofil miktarında en fazla düşüş olmuş bunu Fuji, Royal Gala ve Mondial Gala çeşitleri izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında ise bikarbonat uygulamasına bağlı olarak toplam klorofil miktarı en fazla düşen çeşit Granny Smith olmuştur. En yüksek B/K oranı MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Royal Gala, Mondial Gala ve Fuji'de, M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerde ise Mondial Gala ve Red Chief'de belirlenmiş, ayrıca her 2 anaç üzerine aşılı Granny Smith'te B/K oranı en düşük olmuştur.

MM106 ve M9 anaçlarının toplam klorofil miktarları çizelge 4.4'de verilmiştir. 2012 yılında anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksyonu etkisinin, 2013 yılında ise sadece anaçların etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak her 2 anacın toplam klorofil miktarında istatistiki olarak önemli miktarda düşüş belirlenmiş olup, M9 anacının toplam klorofil

miktarındaki düşüşün MM106 anacının toplam klorofil miktarındaki düşüşten fazla olduğu belirlenmiştir 2013 yılında M9 anacının toplam klorofil miktarının MM106 anacının klorofil miktarından yüksek olduğu belirlenmiştir. 2013 yılında MM106 anacının B/K oranının 97 ve M9 anacının B/K oranının ise 95 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak toplam klorofil miktarlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Toplam Klorofil (mg g ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	5.04 abcA	4.04 abB	4.54	4.03 bcdeA	3.23bcdB	3.63	80
MG/MM106	5.23 abA	3.52 bcB	4.37	3.72 defA	3.02 bcdB	3.37	81
GS/MM106	4.29 dA	3.74 bcA	5.02	4.31abcdeA	2.80 cdB	3.55	65
F/MM106	4.50 cdA	3.47 bcB	3.99	4.63 abA	3.69 bB	4.16	80
RC/MM106	4.71 bcdA	3.20 cB	3.96	4.40 abcdA	2.68 dB	3.54	61
RG/M9	5.45 aA	3.83 bcB	4.64	3.26 fA	2.70 dA	2.98	83
MG/M9	5.63 aA	4.58 aB	5.10	3.82 cdefA	3.45 bcA	3.63	90
GS/M9	4.21 dA	3.74 bcB	3.97	4.48 abcA	3.23 bcdB	3.95	72
F/M9	5.43 abA	3.94 abB	4.69	3.65 efA	2.99 cdA	3.32	82
RC/M9	5.28 abA	3.78 bcB	4.53	4.98 aA	4.58aA	4.78	92
Ortalama	4.98	3.78		4.15	3.24		
F çeşit/anaç	8.08**			8.63**			
F uygulama	189.23**			70.96**			
F interaksiyon	2.60**			1.97*			
D interaksiyon	0.72			0.68			
Anaçlar							
MM106	5.04A	4.03B	4.53	5.22	5.06	5.14	97
M9	5.94A	4.16B	5.06	6.54	6.23	6.38	95
Ortalama	5.49	4.09		5.88	5.65		
F anaç	16.64**			5.77*			
F uygulama	119.27**			0.21 ö.d			
F interaksiyon	8.88**			0.02 ö.d			
D interaksiyon	0.53			-			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.4 Yaprak demir şelat redüktaz (ŞR)

Bitkilerin ŞR aktiviteleri çizelge 4.5’de verilmiştir. Bitkilerin 2012 ve 2013 yılları ŞR aktiviteleri üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksiyonunun etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2012 yılında tüm bitkilerin ŞR aktivitesinde düşüş belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ve Royal Gala çeşidinin ŞR aktivitesindeki düşüş istatistiki olarak önemli olurken, diğer çeşitlerin ŞR aktivitesindeki düşüş istatistiki olarak önemsiz olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Fuji çeşitlerinin ŞR aktivitesindeki düşüş istatistiki olarak önemli olurken, diğer çeşitlerin ŞR aktivitesindeki düşüş önemsiz olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı ŞR aktivitesi çizelge 4.5’e göre değerlendirildiğinde, bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin ŞR aktivitesinin düştüğü, bu düşüşün MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Granny Smith’ te önemli olduğu diğer çeşitlerde ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Red Chief hariç diğer çeşitlerin ŞR aktivitesindeki düşüşün istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bitkilerin 2013 yılı B/K oranları değerlendirildiğinde en yüksek B/K oranını MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Mondial Gala ve Royal Gala’da olduğu belirlenmiş, bu çeşitleri Red Chief, Fuji ve Granny Smith izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek B/K oranı Royal Gala ve Mondial Gala’da olduğu belirlenirken bunları Red Chief, Fuji ve Granny Smith izlemiştir.

MM106 ve M9 anaçlarının ŞR aktiviteleri üzerine bikarbonat uygulamasının etkisi her iki yılda istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5). Çizelge 4.5 değerlendirildiğinde 2012 ve 2013 yıllarında anaçların ŞR aktivitesinin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak düştüğü, 2012 ve 2013 yıllarında yetiştirilen MM106 anacının ŞR aktivitesinin M9 anacının ŞR aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. MM106 anacının B/K oranının M9 anacının B/K oranından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak yaprak demir şelat redüktaz (ŞR) miktarlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	ŞR (nmol Fe ⁺² g ⁻¹ YA s ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃	Ortalama	Kontrol	HCO ₃	Ortalama	
RG/MM106	62.75 abcA	47.15 abB	54.95	14.97 dA	13.11 bcA	14.04	88
MG/MM106	55.27 bcdA	50.72 abA	52.99	14.97 dA	13.64 bcA	14.20	91
GS/MM106	51.55 bcdA	40.47 bcA	46.01	39.33 aA	25.67 aB	32.50	65
F/MM106	60.43 abcdA	47.95 abA	54.19	18.27 dA	13.60 bAc	15.94	74
RC/MM106	46.58 dA	28.90 cB	37.74	17.85 dA	14.48 bcA	16.16	81
RG/M9	62.33 abcA	56.33 aA	59.33	22.45 cdA	20.05 abcA	21.25	89
MG/M9	50.38 bcdA	47.57 abA	48.97	20.40 cdA	18.04 abcA	19.22	88
GS/M9	73.37 aA	29.77 cB	51.57	29.01 bcA	12.41 bcB	20.71	43
F/M9	64.19 abA	32.88 cB	48.53	19.45 dA	11.14 cA	15.29	57
RC/M9	49.73 cdA	39.10 bcA	44.42	35.67 abA	21.22 abA	28.44	59
Ortalama	57.66	42.08		23.24	16.33		
F çeşit/anaç	5.41**			13.44**			
F uygulama	86.51**			41.00**			
F interaksiyon	5.82**			3.00**			
D interaksiyon	13.97			8.99			
Anaçlar							
MM106	60.17	44.53	52.35	51.44	35.27	43.36	69
M9	52.23	43.96	48.10	45.32	29.01	37.17	64
Ortalama	56.20	44.25		43.38	32.14		
F anaç	0.80 ö.d			4.06 ö.d			
F uygulama	6.31**			28.00**			
F interaksiyon	0.60 ö.d			0.00 ö.d			

** : p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.5 Lipid peroksidasyon (MDA)

MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin MDA miktarlarındaki değişimler çizelge 4.6'da verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı MDA miktarları üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 4.6 değerlendirildiğinde bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin MDA miktarlarının arttığı ve bu artışın sadece M9 anaç üzerine aşılı Red Chief çeşidinde istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. MM106

anacı üzerine aşılı çeşitler arasında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MDA miktarı en fazla artan çeşit Fuji olmuş, bu çeşidi Royal Gala ve Granny Smith izlemiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MDA miktarları en az artan çeşitler ise Mondial Gala ve Red Chief olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MDA miktarı en az artan çeşit Red Chief olurken diğer çeşitlerin MDA miktarındaki artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin 2013 yılı MDA miktarları üzerine çeşit/anaç kombinasyonu ile uygulamanın etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin MDA miktarında artmıştır. MM106 anacı üzerine aşılı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek MDA miktarı Royal Gala'da ($5.35 \text{ nmol g}^{-1} \text{ YA}$) belirlenirken bu çeşidi Mondial Gala ($3.41 \text{ nmol g}^{-1} \text{ YA}$) ve Red Chief ($2.45 \text{ nmol g}^{-1} \text{ YA}$) izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin MDA miktarları bikarbonat uygulamasına bağlı olarak artmış, çeşitlerin MDA miktarları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Bitkilerin B/K oranı değerlendirildiğinde, MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek B/K oranının Granny Smith ve Mondial Gala çeşitlerinde, M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında ise en yüksek B/K oranının Granny Smith ve Fuji'de görüldüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.6' da MM106 ve M9 anaçlarının bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MDA miktarlarındaki değişimler verilmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde 2012 yılında anaçların MDA miktarları üzerine uygulamanın etkisinin 2013 yılında ise uygulama ve anaç x uygulama interaksyonunun etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların MDA miktarının arttığı özellikle 2013 yılında M9 anacının MDA miktarındaki artışın MM106 anacına kıyasla daha yüksek olduğu ve bu farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı B/K oranı çizelge 4.6'ya göre değerlendirildiğinde M9 anacının B/K oranının MM106 anacının B/K oranından yüksek olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.6 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak lipid peroksidasyon (MDA) miktarlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	MDA (nmol g ⁻¹ YA)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	0.96 bB	1.55 bA	1.26	4.68	6.03	5.35 a	129
MG/MM106	0.55 cB	0.91 deA	0.73	2.44	4.39	3.41 b	180
GS/MM106	0.52 cB	1.07 cdA	0.80	0.76	1.38	1.07 d	182
F/MM106	2.06 aB	3.51 aA	2.79	0.82	1.07	0.95 d	130
RC/MM106	0.92 bB	1.14 cA	1.03	2.34	2.56	2.45 c	109
RG/M9	0.40 cdB	0.83 eA	0.61	0.93	1.02	0.98 d	110
MG/M9	0.37 cdB	0.75 eA	0.56	0.70	0.86	0.78 d	123
GS/M9	0.14 eB	0.38 fA	0.26	0.77	1.22	0.99 d	158
F/M9	0.52 cB	0.89 deA	0.71	0.70	1.07	0.88 d	153
RC/M9	0.28 deA	0.32 fA	0.30	0.55	0.65	0.60 d	118
Ortalama	0.67	1.13		1.47	2.02		
F çeşit/anaç	351.46**			36.38**			
F uygulama	354.78**			11.74**			
F interaksiyon	24.33**			1.44 ö.d			
D interaksiyon	0.20			-			
D çeşit/anaç				0.95			
Anaçlar							
MM106	0.12	0.17	0.14	0.83A	0.90A	0.86	108
M9	0.12	0.20	0.15	0.67B	1.32A	1.00	197
Ortalama	0.12	0.19		0.75	1.11		
F anaç	1.96 ö.d			1.15 ö.d			
F uygulama	50.51**			8.19**			
F interaksiyon	2.57 ö.d			5.44*			
D interaksiyon	-			0.37			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃⁻ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.6 Hidrojen peroksit (H₂O₂)

2012 ve 2013 yılları arasında yürütülen saksı denemesinde kontrol ve bikarbonat uygulanarak yetiştirilen MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin H₂O₂ miktarlarındaki değişimler çizelge 4.7’de verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı H₂O₂ miktarları üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksiyonunun

etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm çeşitlerin H₂O₂ miktarlarında artış belirlenmiş olup bu artış bazı çeşitlerde istatistiki olarak önemsiz olmuştur. MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Granny Smith çeşitlerinin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak H₂O₂ miktarlarındaki artış diğer çeşitlerden daha fazla olmuş ve bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala hariç tüm çeşitlerin H₂O₂ miktarlarındaki artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bitkilerin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2013 yılındaki H₂O₂ miktarındaki değişim çizelge 4.7'ye göre değerlendirildiğinde, bitkilerin H₂O₂ miktarı üzerine uygulama ve çeşit/anaç kombinasyonu etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulaması ile bitkilerin H₂O₂ miktarında artış olduğu belirlenmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında H₂O₂ miktarı en yüksek olan çeşitler Red Chief (180.3 mmol kg⁻¹) ve Royal Gala (172.3 mmol kg⁻¹) olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Granny Smith (227.5 mmol kg⁻¹), Mondial Gala (212.7 mmol kg⁻¹) ve Red Chief (212.3 mmol kg⁻¹)'in H₂O₂ miktarının Royal Gala (175.3 mmol kg⁻¹) ve Fuji'den (171.6 mmol kg⁻¹) yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin 2013 yılı B/K oranı değerlendirilmiştir. Buna göre en düşük B/K oranının MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala, Granny Smith ve Red Chief çeşitlerinde görüldüğü belirlenirken, M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek B/K oranının Mondial Gala ve Granny Smith çeşitlerinde görüldüğü belirlenmiştir. Genel olarak MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin B/K oranının M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin B/K oranından daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7'de MM106 ve M9 anaçlarının bikarbonat uygulamasına bağlı olarak H₂O₂ miktarlarındaki değişimler verilmiştir. 2012 yılında bitkilerin H₂O₂ miktarları üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksyonunun etkisi, 2013 yılında ise anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların H₂O₂ miktarlarında istatistiki olarak önemli düzeyde artış belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak her 2 yılda da M9 anacının H₂O₂ miktarının MM106 anacının H₂O₂ miktarından daha yüksek olduğu, özellikle 2013 yılında M9 anacının stres koşulundan daha fazla etkilendiği ve M9 anacının H₂O₂ miktarının (289.4 mmol kg⁻¹) MM106 anacının H₂O₂ miktarından (245.4

mmol kg⁻¹) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. MM106 ve M9 anaçlarının B/K oranı değerlendirildiğinde, MM106 anacının B/K oranının M9 anacının B/K oranından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	H ₂ O ₂ (mmol kg ⁻¹ YA)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	61.9 cdeA	69.8 cdA	65.9	168.6	175.9	172.3 c	108
MG/MM106	68.9 cB	92.0 bA	80.4	148.2	152.3	150.3 cd	104
GS/MM106	80.7 bB	95.5 bA	88.1	139.5	157.0	148.3 cd	103
F/MM106	66.5 cdA	73.4 cA	69.9	126.7	134.4	130.5 d	113
RC/MM106	115.7 aA	120.9 aA	118.3	171.6	188.9	180.3 bc	106
RG/M9	57.4 dBe	97.3 bA	77.3	139.4	211.1	175.3 bc	110
MG/M9	56.9 deA	65.3 cdA	61.1	178.3	247.0	212.7 ab	151
GS/M9	36.6 fA	45.6 eA	41.2	198.8	256.2	227.5 a	139
F/M9	53.3 eA	62.1 dA	57.7	147.0	196.2	171.6 c	129
RC/M9	40.6 fA	49.8 eA	45.2	193.8	230.8	212.3 ab	133
Ortalama	63.9	77.2		161.2	194.9		
F çeşit/anaç	149.72**			8.57**			
F uygulama	131.68**			24.94**			
F interaksiyon	8.48**			1.52 ö.d			
D interaksiyon	9.66			-			
D çeşit/anaç	-			39.91			
Anaçlar							
MM106	43.4B	51.3A	47.3	218.5	272.3	245.4	125
M9	43.2B	61.8A	52.4	264.2	314.6	289.4	119
Ortalama	43.2	56.5		241.4	293.5		
F anaç	7.86**			4.99*			
F uygulama	52.78**			7.00*			
F interaksiyon	8.62**			0.01 ö.d			
D interaksiyon	7.54			-			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.7 Süperoksit dismutaz (SOD)

Çizelge 4.8’de MM106 ve M9 anaçlarının süperoksit dismutaz (SOD) aktiviteleri üzerine bikarbonat uygulamalarının etkisi verilmiştir. Çizelge 4.8 değerlendirildiğinde her 2 yılda da bitkilerin SOD aktiviteleri üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksiyonunun etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür. 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala hariç tüm çeşitlerin SOD aktivitesinde istatistiki olarak önemli düzeyde artış olduğu belirlenmiş ve SOD aktivitesi en fazla artan çeşit MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief olmuş, bu çeşidi Mondial Gala, Fuji ve Granny Smith izlemiştir. MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala, Granny Smith ve Fuji çeşitlerinin SOD aktiviteleri arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak SOD aktivitesi en fazla artan çeşit Red Chief olurken bunu Mondial Gala, Granny Smith, Fuji ve Red Chief izlemiş olup, Mondial Gala, Granny Smith, Fuji ve Red Chief çeşitlerin SOD aktiviteleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Bitkilerin 2013 yılı SOD aktiviteleri çizelge 4.8’e göre değerlendirilmiştir. Buna göre her 2 anaç üzerine aşılı Red Chief hariç tüm çeşitlerin SOD aktivitesindeki artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bitkilerin B/K oranları değerlendirildiğinde, en yüksek B/K oranının MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı Red Chief (sırasıyla 170, 146) çeşidinde en düşük B/K oranının ise MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala (108) ile M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith (103) çeşidinde görüldüğü belirlenmiştir.

MM106 ve M9 anaçlarının SOD aktiviteleri üzerine bikarbonat uygulamasının etkisi çizelge 4.8’de verilmiştir. Anaçların 2012 yılı SOD aktiviteleri üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların SOD aktivitelerinde artış belirlenirken, M9 anacının SOD aktivitesindeki artışın MM106 anacının SOD aktivitesindeki artıştan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı SOD aktiviteleri üzerine anacın etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2012 yılı SOD aktivitelerinin 2013 yılına kıyasla daha yüksek olduğu, 2013 yılında bikarbonat

uygulamasına bağı olarak M9 anacının (293 ünite) SOD aktivitesinin MM106 anacının (233 ünite) SOD aktivitesinden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Anaçların B/K oranı değerlendirildiğinde ise M9 anacının B/K oranının MM106 anacının B/K oranından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağı olarak süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerindeki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	SOD (ünite)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	777 abcA	914 fA	846	246 abcA	286 cdA	266	116
MG/MM106	706 bcdB	1099 bcdA	903	285 abA	307 bcdA	296	108
GS/MM106	865 aB	1215 bA	1040	226 bcA	284 cdA	255	125
F/MM106	807 abB	1170 bcA	989	300 aA	329 abcA	314	110
RC/MM106	797 abcB	1575 aA	1186	214 cB	365 abA	290	170
RG/M9	812 abB	1016 defA	914	235 bcA	288 cdA	262	123
MG/M9	768 abcdB	1160 bcdA	964	209 cA	246 dA	227	118
GS/M9	657 cdB	926 efA	791	301 aA	311 bcdA	306	103
F/M9	679 bcdB	907 fA	793	234 abcA	302 bcdA	268	129
RC/M9	625 dB	1062 cdeA	844	265 abcB	387 aA	326	146
Ortalama	750	1104		252	310		
F çeşit/anaç	20.00**			5.57**			
F uygulama	418.20**			52.05**			
F interaksiyon	10.43**			2.98**			
LSD interaksiyon	144.9			68.18			
Anaçlar							
MM106	465B	765A	615	225	242	233	108
M9	545B	1255A	900	271	314	293	116
Ortalama	505	1010		248	278		
F anaç	53.16**			8.15**			
F uygulama	166.93**			2.13 ö.d			
F interaksiyon	27.41**			0.39 ö.d			
LSD interaksiyon	161.5			-			

** : p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃⁻/K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.8 Katalaz (KAT)

2012 ve 2013 yıllarında kontrol ve bikarbonat uygulanan koşullarda yürütülen saksı denemesinde yetiştirilen MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin katalaz (KAT) aktivitelerindeki değişimler çizelge 4.9'da verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı KAT aktivitesi üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Her 2 anaç üzerine aşılı tüm çeşitlerin KAT aktivitelerinde bikarbonat uygulamasına bağlı olarak istatistiki olarak önemli düzeyde artış olduğu belirlenmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında KAT aktivitesinde en fazla artış görülen çeşit Royal Gala iken bu çeşidi Red Chief, Granny Smith ve Mondial Gala izlemiştir, bu çeşitlerin KAT aktiviteleri arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Katalaz aktivitesi en az artan çeşit ise Fuji olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında KAT aktivitesi en fazla artan çeşit Mondial Gala iken bunu Fuji ve Granny Smith izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Red Chief çeşitleri KAT aktivitesi en az artan çeşitler olurken, Fuji ve Granny Smith çeşitlerin KAT aktiviteleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Her 2 anaç üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2013 yılı KAT aktivitesindeki değişim üzerine çeşit/anaç ve uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin KAT aktivitesinde düşüş olduğu belirlenmiştir. 2013 yılında bikarbonat uygulanan koşulda yetiştirilen bitkilerin KAT aktiviteleri 2012 yılı KAT aktivitesinden yüksek olmuştur. Tüm bitkiler arasında en yüksek KAT aktivitesi M9 anacı üzerine aşılı Fuji ($1.00 \text{ mmol g YA dk}^{-1}$) ile Royal Gala ($0.89 \text{ mmol g YA dk}^{-1}$) çeşitlerinde belirlenirken, bu çeşitlerin KAT aktiviteleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. En düşük KAT aktivitesi her 2 anaç üzerine aşılı Mondial Gala çeşidinde belirlenmiştir. En yüksek B/K oranı M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Red Chief çeşitlerinde belirlenirken, bunları MM106 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief çeşitleri izlemiştir.

Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 ve M9 anaçlarının KAT aktivitelerindeki değişim çizelge 4.9'da verilmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların KAT aktiviteleri üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama

interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 anacının KAT aktivitesindeki artışın M9 anacının KAT aktivitesindeki artıştan daha yüksek olduğu belirlenmiştir., Bitkilerin 2013 yılı KAT aktiviteleri üzerine uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş ve bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların KAT aktivitesi 1.02 mmol g YA dk⁻¹'dan 0.45 mmol g YA dk⁻¹'ya düşmüştür. Anaçların B/K oranı değerlendirildiğinde M9 anacının B/K oranınının (47) MM106 anacının B/K oranından (42) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.9 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak katalaz (KAT) aktivitelerindeki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	KAT (mmol g YA dk ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	0.13 cB	0.23 aA	0.18	0.88	0.52	0.69 bc	59
MG/MM106	0.14 bcB	0.18 cdA	0.16	0.78	0.55	0.66 c	71
GS/MM106	0.15 abB	0.20 bA	0.17	0.98	0.70	0.84 abc	71
F/MM106	0.06 eB	0.07 gA	0.07	1.02	0.69	0.85 abc	84
RC/MM106	0.13 cB	0.18 cdA	0.15	0.76	0.64	0.70 bc	84
RG/M9	0.16 aB	0.19 bcA	0.17	0.99	0.78	0.89 ab	79
MG/M9	0.10 dB	0.17 dA	0.14	0.74	0.57	0.65 c	77
GS/M9	0.11 dB	0.15 eA	0.13	0.77	0.70	0.74 bc	91
F/M9	0.05 eB	0.10 fA	0.08	1.16	0.84	1.00 a	72
RC/M9	0.13 cB	0.15 eA	0.14	0.77	0.66	0.71 bc	86
Ortalama	0.12	0.17		0.88	0.66		
F çeşit/anaç	119.09**			4.02**			
F uygulama	417.05**			37.41**			
F interaksyon	14.74**			0.81 ö.d			
D interaksyon	0.02			-			
D çeşit/anaç	-			0.21			
Anaçlar							
MM106	0.19B	0.23A	0.21	1.13	0.48	0.80	42
M9	0.17B	0.18A	0.18	0.91	0.43	0.67	47
Ortalama	0.18	0.20		1.02	0.45		
F anaç	104.66**			2.05 ö.d			
F uygulama	66.72**			35.28**			
F interaksyon	29.94**			0.85 ö.d			
D interaksyon	0.01			-			

** : p<0.01, ö.d: önemli değil B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.9 Askorbat peroksidaz (AP)

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı elma çeşitlerinin askorbat peroksidaz (AP) aktiviteleri üzerine etkisi çizelge 4.10'da verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı AP aktiviteleri üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak her 2 anaç üzerine aşılı tüm çeşitlerin AP aktivitesinde artış belirlenmiş olup, sadece MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinin AP aktivitesindeki artış istatistiki olarak önemsiz olmuştur. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek AP aktivitesi Granny Smith çeşidinde belirlenmiştir.. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek AP aktivitesi Red Chief'te belirlenirken, bunu Fuji, Mondial Gala, Royal Gala ve Granny Smith izlemiş, Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerin AP aktivitesindeki artış ise istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı AP aktiviteleri bikarbonat uygulamasına bağlı olarak artış göstermiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında AP aktivitesi en fazla artan çeşit Granny Smith olurken, bunu Mondial Gala, Red Chief, Royal Gala ve Fuji izlemiş, Fuji ve Royal Gala çeşitlerinin AP aktivitesindeki artış istatistiki olarak önemsiz olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin AP aktivitesi bikarbonat uygulamasına bağlı olarak artış göstermiş olup bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bitkilerin B/K oranı değerlendirildiğinde en yüksek B/K oranı MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Granny Smith çeşitlerinde belirlenmiş olup bunları MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief, Royal Gala ve Fuji izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında ise B/K oranı en yüksek olan çeşit Red Chief ve Royal Gala olurken bunları Mondial Gala, Granny Smith ve Fuji izlemiş, bu çeşitlerin B/K oranları ise aynı olmuştur.

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçlarının AP aktiviteleri üzerine etkisi çizelge 4.10'da verilmiştir. Buna göre 2012 yılında anaçların AP aktiviteleri üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Anaçların 2012 yılı AP aktiviteleri bikarbonat uygulamasına bağlı olarak artış göstermiş olup, MM106 anacının AP aktivitesindeki artış M9 anacının AP aktivitesindeki artıştan yüksek olmuştur. Anaçların 2013 yılı AP aktiviteleri üzerine

bikarbonat uygulamasının etkisi istatistik olarak önemli bulunmuş, M9 anacının (1.20 mmol g YA dk⁻¹) AP aktivitesinin MM106 anacının (0.97 mmol g YA dk⁻¹) AP aktivitesinden daha büyük olduğu belirlenmiştir. Anaçların B/K oranı değerlendirilmiştir. Buna göre MM106 anacının B/K oranının M9 anacının B/K oranından daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.10 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak askorbat peroksidaz (AP) aktivitelerindeki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	AP (mmol g YA dk ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	1.25 cA	1.33 fA	1.29	1.18 abA	1.81 abcA	1.50	153
MG/MM106	1.02 dB	1.92 dA	1.47	0.55 bB	1.97 abA	1.26	358
GS/MM106	1.98 aB	3.09 aA	2.53	0.74 abB	2.39 aA	1.56	323
F/MM106	0.70 eB	1.20 fA	0.95	1.39 abA	1.96 abA	1.67	141
RC/MM106	1.74 bB	2.12 cA	1.93	0.71 abB	1.79 abcA	1.25	252
RG/M9	1.03 dB	1.31 fA	1.17	1.48 aA	1.92 abcA	1.70	130
MG/M9	1.75 bB	2.12 cA	1.93	0.96 abA	1.16 bcA	1.06	121
GS/M9	1.32 cB	1.47 eA	1.39	1.17 abA	1.41 bcA	1.29	121
F/M9	1.38 cB	2.66 bA	2.05	0.92 abA	1.11 cA	1.01	121
RC/M9	0.80 eB	2.25 cA	1.52	1.23 abA	1.62 abcA	1.42	132
Ortalama	1.30	1.95		1.03	1.71		
F çeşit/anaç	363.37**			2.23*			
F uygulama	1700.66**			45.54**			
F interaksiyon	96.81**			2.70**			
D interaksiyon	0.13			0.84			
Anaçlar							
MM106	1.33B	2.04A	1.69	0.35	1.58	0.97	451
M9	1.32B	1.50A	1.41	0.79	1.60	1.20	203
Ortalama	1.32	1.77		0.57	1.59		
F anaç	39.03**			0.39 ö.d			
F uygulama	103.89**			7.89**			
F interaksiyon	39.03**			0.32 ö.d			
D interaksiyon	0.18			-			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d: önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃/K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.10 Lipoksigenaz (LO)

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı elma çeşitlerinin Lipoksigenaz (LO) aktiviteleri üzerine etkisi çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge 4.11 değerlendirildiğinde bitkilerin 2012 yılı LO aktivitesi üzerine çeşit/anaç ve çeşit/anaç x uygulama interaksyonunu etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Her 2 anaç üzerine aşılı çeşitlerin LO aktivitelerinde çeşit/anaç kombinasyonlarına bağlı olarak kimisinde artış kimisinde ise azalış olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief hariç tüm çeşitlerin LO aktivitesi azalmıştır. MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief hariç diğer çeşitlerin LO aktivitesindeki azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Fuji Mondial Gala ve Red Chief çeşitlerin LO aktivitesi bikarbonat uygulamasına bağlı olarak artarken, Royal Gala ve Granny Smith çeşitlerinin LO aktivitesi azalmıştır. M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşidinin LO aktivitesindeki artış önemli bulunurken, diğer çeşitlerin LO aktivitesindeki değişim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bitkilerin 2013 yılı LO aktivitesi üzerine çeşit/anaç kombinasyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin LO aktiviteleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek LO aktivitesi Granny Smith çeşidinde belirlenmiş ve bu çeşidin LO aktivitesi Mondial Gala, Fuji ve Red Chief çeşitlerinin LO aktivitesinden istatistiki olarak yüksek olmuştur. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında B/K oranı en yüksek olanlar Mondial Gala ve Fuji olurken bunları Red Chief, Granny Smith ve Royal Gala izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında B/K oranı en yüksek olan çeşit Red Chief iken bunu Fuji, Mondial Gala, Royal Gala ve Granny Smith çeşitleri izlemiştir.

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçlarının LO aktiviteleri üzerine etkisi çizelge 4.11’de verilmiştir. Buna göre 2012 yılında anaçların LO aktiviteleri üzerine anaçların etkisi istatistiki olarak önemli olmuş, M9 anacının LO aktivitesinin (0.86 mmol g YA dk⁻¹) MM106 anacının LO aktivitesinden (0.62 mmol g YA dk⁻¹) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı LO aktiviteleri üzerine anaç,

uygulama ve anaç x uygulama interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. MM106 anacının B/K oranının (71) M9 anacının B/K oranından (66) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.11 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak lipoksigenaz (LO) aktivitelerindeki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	LO (mmol g YA dk ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	0.69 bcA	0.65 bcA	0.67	0.95	0.62	0.78 ab	65
MG/MM106	0.94 aA	0.81 bA	0.87	0.68	0.68	0.68 abc	100
GS/MM106	0.72 abcA	0.57 bcA	0.65	0.75	0.68	0.72 ab	91
F/MM106	0.82 abA	0.63 bcA	0.73	0.62	0.62	0.62 bcd	100
RC/MM106	0.80 abB	1.18 aA	0.99	0.75	0.70	0.72 ab	93
RG/M9	0.65 bAc	0.58 bcA	0.61	0.76	0.64	0.70 ab	84
MG/M9	0.72 abcA	0.80 bA	0.76	0.66	0.59	0.62 bcd	89
GS/M9	0.63 bcA	0.54 cA	0.59	0.99	0.79	0.89 a	80
F/M9	0.62 bcB	1.18 aA	0.90	0.44	0.52	0.48 cd	118
RC/M9	0.51 cA	0.64 bcA	0.57	0.32	0.51	0.41 d	159
Ortalama	0.71	0.76		0.69	0.64		
F çeşit/anaç	9.29**			5.78**			
F uygulama	2.51 ö.d			2.49 ö.d			
F interaksiyon	6.80**			1.57 ö.d			
D interaksiyon	0.25			-			
D çeşit/anaç	-			0.22			
Anaçlar							
MM106	0.63	0.61	0.62	0.59	0.42	0.51	71
M9	0.92	0.80	0.86	0.53	0.35	0.44	66
Ortalama	0.77	0.70		0.56	0.39		
F anaç	37.78**			0.57 ö.d			
F uygulama	3.29 ö.d			4.06 ö.d			
F interaksiyon	1.65 ö.d			0.00 ö.d			

** : p<0.01, ö.d: önemli değil B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.1.11 Enzimatik olmayan toplam antioksidanlar (EOA)

Çizelge 4.12’de MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin enzimatik olmayan toplam antioksidan (EOA) miktarları üzerine bikarbonat uygulamasının etkisi verilmiştir. Çizelge 4.12’den görüldüğü gibi bitkilerin 2012 yılı EOA miktarları üzerine çeşit/anaç, uygulama ve çeşit/anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Bitkilerin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2013 yılı EOA miktarları üzerine çeşit/anaç kombinasyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Mondial Gala ve Granny Smith’ in EOA miktarı Royal Gala, Red Chief ve Fuji’den yüksek olmuş ve bu çeşitlerin EOA miktarları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief’in EOA miktarını, Royal Gala, Granny Smith, Fuji ve Mondial Gala çeşitleri izlemiş, bu çeşitlerin EOA miktarı arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. Tüm bitkilerin B/K oranı çizelge 4.12’ye göre değerlendirildiğinde en yüksek B/K oranının MM106 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief ile M9 anacı üzerine aşılı Red Chief ve Granny Smith çeşitlerinde görüldüğü belirlenmiştir. En düşük B/K oranına M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Fuji çeşitleri sahip olmuştur.

MM106 ve M9 anaçlarının bikarbonat uygulamasına bağlı olarak EOA miktarındaki değişim çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre 2012 ve 2013 yılları arasında yetiştirilen anaçların EOA miktarları üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur.

Çizelge 4.12 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak enzimatik olmayan toplam antioksidan (EOA) miktarlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	EOA (mmol kg ⁻¹ KA)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	0.99	0.91	0.95	6.34	5.21	5.78 b	82
MG/MM106	0.81	0.79	0.80	8.04	7.88	7.96 a	98
GS/MM106	0.72	0.82	0.77	8.16	8.27	8.21 a	101
F/MM106	0.90	0.93	0.92	5.19	6.19	5.69 b	119
RC/MM106	0.80	0.83	0.81	4.17	4.69	4.43 bcd	112
RG/M9	0.93	0.89	0.91	5.92	3.68	4.80 bc	62
MG/M9	0.89	0.87	0.88	3.14	3.23	3.19 d	103
GS/M9	0.80	0.95	0.87	4.23	4.46	4.35 bcd	105
F/M9	0.84	0.84	0.84	4.41	2.91	3.66 cd	66
RC/M9	0.79	0.80	0.80	4.85	5.65	5.25 b	116
Ortalama	0.85	0.86		5.45	5.22		
F çeşit/anaç	0.87 ö.d			15.91**			
F uygulama	0.16 ö.d			0.76 ö.d			
F interaksiyon	0.27 ö.d			1.59 ö.d			
D çeşit/anaç	-			1.56			
Anaçlar							
MM106	0.77	0.76	0.77	4.11	4.28	4.19	104
M9	0.91	0.84	0.87	4.22	3.81	4.01	90
Ortalama	0.84	0.80		4.17	4.05		
F anaç	1.83 ö.d			0.10 ö.d			
F uygulama	0.29 ö.d			0.05 ö.d			
F interaksiyon	0.16 ö.d			0.28 ö.d			

** : p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃⁻ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.2 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin besin maddesi konsantrasyonları

Saksı denemesinde yetiştirilen MM106 ve M9 anaçları ve bu anaçlar üzerinde aşılı olan 5 farklı elma çeşidinin [Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC)] bikarbonat uygulamasına bağlı olarak fosfor (P), kalsiyum (Ca),

magnezyum (Mg), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) konsantrasyonlarındaki değişimlere ait sonuçlar bu kısımda verilmiştir.

4.1.2.1 Fosfor (P)

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı elma çeşitlerinin P konsantrasyonu üzerine etkisi çizelge 4.13'te verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı P konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç x uygulama interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Çizelge 4.13). Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin P konsantrasyonları azalmıştır. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak P konsantrasyonu en fazla düşen çeşit Mondial Gala iken bunu Red Chief, Royal Gala ve Fuji izlemiş olup bu çeşitlerin P konsantrasyonları arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. MM106 anacı üzerine aşılı Royal gala, Mondial Gala ve Red Chief çeşitlerinin P konsantrasyonundaki azalış istatistiki olarak önemli olmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak P konsantrasyonu en az düşen çeşit Granny Smith olurken, bu azalma istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin P konsantrasyonu bikarbonat uygulamasına bağlı olarak azalmış fakat bu azalış, sadece Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinde istatistiki olarak önemli olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı P konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Buna göre bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin P konsantrasyonu azalmıştır. MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı çeşitlerin P konsantrasyonlarında istatistiki olarak çok büyük farklılık belirlenmemekle birlikte, P konsantrasyonu en yüksek olan çeşitler MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ve Granny Smith olmuştur. En yüksek B/K oranının MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinde gözlendiği belirlenirken, en düşük B/K oranının M9 üzerine aşılı Royal Gala çeşidinde belirlenmiştir.

Bikarbonat uygulamasının anaçların P konsantrasyonları üzerine etkisi çizelge 4.13'de verilmiştir. 2012 yılında uygulamanın bitkilerin P konsantrasyonları üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Her 2 anacın P konsantrasyonu

bikarbonat uygulamasına bağlı olarak azalmıştır. Anaçların 2013 yılı P konsantrasyonları üzerine anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların P konsantrasyonu azalmış ve MM106 anacının P konsantrasyonunun M9 anacının P konsantrasyonundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca MM106 anacının B/K oranının M9 anacının B/K oranından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.13 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak fosfor (P) konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	P (g kg ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	2.77 bcdA	2.13 deB	2.45	2.69	2.14	2.41 ab	80
MG/MM106	2.91 abcA	2.02 eB	2.47	2.92	2.08	2.50 ab	71
GS/MM106	3.01 abA	2.99 aA	3.00	3.02	2.21	2.61 a	73
F/MM106	2.83 bcA	2.44 bcdA	2.63	2.81	2.06	2.44 ab	73
RC/MM106	3.26 aA	2.68 abB	2.97	3.29	2.10	2.69 a	64
RG/M9	2.91 abAc	2.11 deB	2.51	2.70	1.54	2.12 b	57
MG/M9	2.54 cdeA	2.09 deB	2.32	2.56	1.72	2.15 b	67
GS/M9	2.30 eA	2.13 deA	2.21	2.56	1.77	2.17 b	69
F/M9	2.40 deA	2.22 cdeA	2.31	2.77	2.03	2.41 ab	73
RC/M9	2.79 bcdA	2.55 bcA	2.67	2.80	2.07	2.43 ab	74
Ortalama	2.77	2.34		2.81	1.97		
F çeşit/anaç	6.74**			3.67**			
F uygulama	44.88**			170.28**			
F interaksiyon	1.97*			0.94 ö.d			
D interaksiyon	0.41			-			
D çeşit/anaç	-			0.38			
Anaçlar							
MM106	2.77	2.40	2.59	3.49	2.34	2.91	67
M9	2.70	2.02	2.36	2.38	1.50	1.94	63
Ortalama	2.73	2.21		2.93	1.92		
F anaç	2.79 ö.d			26.83**			
F uygulama	14.79**			28.80**			
F interaksiyon	1.30 ö.d			0.52 ö.d			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.2.2 Kalsiyum (Ca)

MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Ca konsantrasyondaki değişimler çizelge 4.14’de verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı Ca konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Bikarbonat uygulaması ile tüm bitkilerin Ca konsantrasyonu artmıştır. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin Ca konsantrasyonu arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Fuji ve Granny Smith in Ca konsantrasyonunun Red Chief’in Ca konsantrasyonundan yüksek olduğu ve Royal Gala ile Granny Smith ve Red Chief çeşitlerinin Ca konsantrasyonu farkı istatistiki olarak önemli olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı Ca konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç x uygulama interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Her 2 anaç üzerine aşılı tüm bitkilerin Ca konsantrasyonunda bikarbonat uygulamasına bağlı olarak artış olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasında en yüksek Ca konsantrasyonunun MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Fuji çeşitlerinde görüldüğü belirlenirken, bunları Red Chief, Mondial Gala ve Royal Gala çeşitleri izlemiştir. Ayrıca Royal Gala, Red Chief ve Mondial Gala çeşitlerinin Ca konsantrasyonundaki artışın istatistiki olarak önemli bir fark yaratmadığı belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief, Fuji ve Granny Smith çeşitlerinin Ca konsantrasyonu diğer çeşitlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Ca konsantrasyonundaki artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek B/K oranı Granny Smith’te belirlenirken, bu çeşidi Fuji, Red Chief, Royal Gala ve Mondial Gala izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek B/K oranı Fuji, Red Chief ve Granny Smith’ te belirlenirken bunu Mondial Gala ve Royal Gala izlemiştir.

MM106 ve M9 anaçlarının Ca konsantrasyonu üzerine bikarbonat uygulamasının etkisi çizelge 4.14’de verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı Ca konsantrasyonu üzerine anacın etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş olup MM106 anacının Ca konsantrasyonunun (50.36 g kg^{-1}) M9 anacının Ca konsantrasyonundan (40.08 g kg^{-1}) daha yüksek olduğu

belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı Ca konsantrasyonları üzerine uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuş ve bikarbonat uygulaması ile Ca konsantrasyonu artmıştır. MM106 anacının B/K oranının M9 anacının B/K oranından yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak kalsiyum (Ca) konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Ca (g kg ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	50.60	54.36	52.48 ab	19.32 cdA	22.51 cA	20.91	117
MG/MM106	53.42	56.34	54.88 abc	29.25 abA	30.07 bcA	29.66	103
GS/MM106	53.73	61.65	57.69 a	15.91 dB	33.54 bA	24.72	211
F/MM106	51.69	65.19	58.44 a	19.58 cdB	31.46 bA	25.52	161
RC/MM106	49.50	52.61	51.06 abc	25.68 abcA	31.23 bA	28.45	122
RG/M9	52.17	61.83	57.00 ab	29.14 abA	30.87 bcA	30.00	106
MG/M9	49.64	52.35	51.00 abc	23.73 abcdA	29.55 bcA	26.64	125
GS/M9	44.54	51.20	47.87 cd	24.43 bcdB	35.70 bA	30.07	146
F/M9	41.37	57.81	49.59 bc	21.99 bcdB	35.19 bA	28.59	160
RC/M9	38.22	41.90	40.06 cd	30.91 aB	46.31 aA	38.61	150
Ortalama	48.49	55.53		23.99	32.64		
F çeşit/anaç	6.70**			8.13**			
F uygulama	27.17**			71.20**			
F interaksiyon	1.29 ö.d			3.39**			
D interaksiyon	-			8.55			
D çeşit/anaç	7.96			-			
Anaçlar							
MM106	53.94	46.78	50.36	20.89	31.43	26.26	150
M9	38.78	41.38	40.08	26.87	31.78	29.33	118
Ortalama	46.36	44.08		23.88	31.61		
F anaç	16.09**			3.04 ö.d			
F uygulama	0.80 ö.d			18.13**			
F interaksiyon	3.62 ö.d			2.40 ö.d			

** : p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃⁻ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.2.3 Magnezyum (Mg)

MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Granny Smith, Fuji ve Red Chief çeşitlerinin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Mg konsantrasyonlarındaki değişimler çizelge 4.15’de verilmiştir. Bitkilerin 2012 yılı Mg konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç kombinasyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Mg konsantrasyonu Granny Smith’te belirlenirken, bunu Fuji, Red Chief, Mondial Gala ve Royal Gala çeşitleri izlemiş, Fuji, Red Chief, Mondial Gala çeşitlerin Mg konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmamıştır. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Mg konsantrasyonu Royal Gala’ da belirlenirken bu çeşidi Granny Smith, Fuji, Mondial Gala ve Red Chief izlemiş, Granny Smith, Fuji, Mondial Gala çeşitlerinin Mg konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin 2013 yılı Mg konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Çizelge 4.15). Bikarbonat uygulaması ile M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidi hariç tüm bitkilerin Mg konsantrasyonunda düşüş olduğu belirlenmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin Mg konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Mg konsantrasyonu Red Chief çeşidinde belirlenmiş ve bunu Mondial Gala izlemiştir. Diğer çeşitlerin Mg konsantrasyonları arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek B/K oranı Royal Gala ve Red Chief’te belirlenirken, bunları Fuji, Mondial Gala ve Granny Smith izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek B/K oranı Royal Gala’ da belirlenirken bunu diğer çeşitler izlemiş ve Fuji dışındaki bu çeşitlerin B/K oranları aynı olmuştur.

Anaçların 2012 yılı Mg konsantrasyonları üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı Mg konsantrasyonları üzerine uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Buna göre bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların Mg konsantrasyonu 7.65’ten 6.80 g kg⁻¹’a azalmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak magnezyum (Mg) konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Mg (g kg ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃	Ortalama	Kontrol	HCO ₃	Ortalama	
RG/MM106	11.44	11.69	11.57 d	7.60	7.08	7.34 bc	93
MG/MM106	11.76	11.66	11.71 bcd	8.03	6.41	7.22 bc	80
GS/MM106	13.30	15.57	14.43 a	8.33	6.53	7.43 bc	78
F/MM106	11.95	15.32	13.63 bc	7.50	6.41	6.95 c	85
RC/MM106	11.37	12.25	11.81 bcd	7.45	7.06	7.25 bc	95
RG/M9	13.60	13.67	13.64 ab	7.74	7.84	7.79 bc	101
MG/M9	11.15	12.03	11.59 cd	8.93	7.50	8.21 ab	84
GS/M9	16.60	13.76	13.18 abcd	8.51	7.12	7.81 bc	84
F/M9	13.12	11.72	12.42 abcd	8.03	6.52	7.27 bc	81
RC/M9	11.76	10.90	11.33 d	9.68	8.16	8.92 a	84
Ortalama	12.20	12.86		8.18	7.06		
F çeşit/anaç	4.05**			4.36**			
F uygulama	3.58 ö.d			39.94**			
F interaksiyon	1.66 ö.d			1.27 ö.d			
D çeşit/anaç	2.04			1.04			
Anaçlar							
MM106	10.90	9.94	10.41	7.39	6.87	7.13	93
M9	9.66	9.51	9.59	7.92	6.74	7.33	85
Ortalama	10.28	9.72		7.65	6.80		
F anaç	1.99 ö.d			0.31 ö.d			
F uygulama	0.90 ö.d			5.63*			
F interaksiyon	0.46 ö.d			0.83 ö.d			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütündeki ortalamalar arasındaki önemliliği, büyük harfler ise satırlar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.2.4 Çinko (Zn)

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 elma anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşitinin Zn konsantrasyonu üzerine etkisi çizelge 4.16'da verilmiştir. Bitkilerin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2012 ve 2013 yılları Zn konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Çizelge 4.16'ya göre, 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin Zn konsantrasyonu azalmıştır. MM106 anaç üzerine aşılı Granny Smith (20.80 mg kg⁻¹) ve Fuji (20.22 mg kg⁻¹) çeşitlerinde Zn konsantrasyonu diğer çeşitlerin Zn konsantrasyonundan yüksek olmuş ve bu çeşitleri Red Chief (19.74 mg kg⁻¹), Mondial Gala (15.48 mg kg⁻¹) ve

Royal Gala (11.34 mg kg⁻¹) izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en düşük Zn konsantrasyonu Red Chief (11.33 mg kg⁻¹) sahip olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Mondial gala, Granny Smith, Fuji ve Red Chief çeşitlerinin Zn konsantrasyonları arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Bitkilerin 2013 yılı Zn konsantrasyonları değerlendirildiğinde, bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm çeşitlerin Zn konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Zn konsantrasyonuna Fuji (26.18 mg kg⁻¹) çeşidi sahip olmuş ve bunu Red Chief (23.36 mg kg⁻¹), Granny Smith (19.76 mg kg⁻¹), Royal Gala (19.70 mg kg⁻¹) ve Mondial (17.90 mg kg⁻¹) çeşitleri izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Zn konsantrasyonuna Red Chief (23.10 mg kg⁻¹) sahip olmuş ve bunu, Fuji (18.16 mg kg⁻¹), Royal Gala, (15.48 mg kg⁻¹) Granny Smith (13.86 mg kg⁻¹) ve Mondial Gala (12.34 mg kg⁻¹) izlemiştir. B/K oranı en yüksek olan çeşit MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ve M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala' da olurken en düşük B/K oranı MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve M9 anacı üzerine aşılı Red Chief'te belirlenmiştir.

Anaçların 2012 yılı Zn konsantrasyonları üzerine uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olurken, 2013 yılında anacın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Her 2 anacın 2012 yılı Zn konsantrasyonu bikarbonat uygulamasına bağlı olarak azalmıştır. 2013 yılında M9 anacının Zn konsantrasyonunun (28.22 mg kg⁻¹) MM106 anacının Zn konsantrasyonundan (20.52 mg kg⁻¹) yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca M9 anacının B/K oranı MM106 anacının B/K oranından daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak çinko (Zn) konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Zn (mg kg ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	12.64	10.04	11.34 c	23.16	16.24	19.70 bcd	70
MG/MM106	17.52	13.44	15.48 bc	18.80	17.00	17.90 de	90
GS/MM106	25.28	16.32	20.80 a	22.04	17.48	19.76 bcd	79
F/MM106	22.96	17.48	20.22 a	29.04	23.32	26.18 a	80
RC/MM106	20.44	19.04	19.74 ab	23.56	23.16	23.36 ab	98
RG/M9	20.96	18.56	19.76 ab	16.64	14.32	15.48 def	86
MG/M9	14.12	13.16	13.64 c	12.84	11.84	12.34 f	92
GS/M9	18.80	18.08	18.44 ab	14.60	13.12	13.86 ef	90
F/M9	25.72	16.08	20.90 a	20.32	16.00	18.16 cde	79
RC/M9	22.88	16.28	19.58 ab	27.20	19.00	23.10 abc	70
Ortalama	20.13	15.84		20.82	17.14		
F çeşit/anaç	8.16**			10.08**			
F uygulama	33.78**			17.62**			
F interaksiyon	1.96 ö.d			0.94 ö.d			
D çeşit/anaç	4.34			5.16			
Anaçlar							
MM106	17.20	13.00	15.10	22.24	18.80	20.52	85
M9	21.76	13.48	17.62	29.64	26.80	28.22	90
Ortalama	19.48	13.24		25.94	22.80		
F anaç	3.01 ö.d			11.30**			
F uygulama	18.46**			1.88 ö.d			
F interaksiyon	1.97 ö.d			0.02 ö.d			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃⁻/K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.2.5 Bakır (Cu)

Bikarbonat uygulamasının MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin Cu konsantrasyonları üzerine etkisi çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelge 4.17 değerlendirildiğinde bitkilerin 2012 yılı Cu konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve uygulama etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 anaç üzerine aşılı Red Chief çeşidi hariç tüm çeşitlerin Cu konsantrasyonunda düşüş belirlenmiştir. MM106 anaç üzerine aşılı

çeşitler arasında en düşük Cu konsantrasyonu Red Chief' te (8.44 mg kg^{-1}) belirlenirken diğer çeşitlerin Cu konsantrasyonları arasında önemli bir fark bulunmamıştır. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief (15.06 mg kg^{-1}) ve Fuji (14.06 mg kg^{-1}) çeşitlerinin Cu konsantrasyonunun diğer çeşitlerin Cu konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak sadece Red Chief ile Granny Smith çeşidinin Cu konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki olarak önemli olmuştur. Bitkilerin 2013 yılı Cu konsantrasyonları üzerine uygulamanın etkisinin istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin Cu konsantrasyonları azalmıştır. Bitkilerin B/K oranı en düşük olan çeşit/anaç kombinasyonu M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith, en yüksek olan çeşit/anaç kombinasyonu ise M9 anacı üzerine aşılı Red Chief olmuştur.

2012 ve 2013 yıllarında yürütülen saksı denemesine ait MM106 ve M9 anaçlarının Cu konsantrasyonları çizelge 4.17'de verilmiştir. Anaçların 2012 yılı Cu konsantrasyonları üzerine anaç, uygulama ve anaç x uygulama interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak her 2 anacın Cu konsantrasyonunda düşüş olduğu belirlenmiş, MM106 anacının Cu konsantrasyonundaki düşüşün istatistiki olarak önemsiz olduğu, M9 anacının Cu konsantrasyonundaki düşüşün ise istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı Cu konsantrasyonları üzerine uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuş, bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların Cu konsantrasyonlarının azaldığı saptanmıştır. M9 anacının B/K oranının MM106 anacının B/K oranından yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.17 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak bakır (Cu) konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Cu (mg kg ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	13.20	11.32	12.26 ab	18.92	12.72	15.82	67
MG/MM106	12.36	9.88	11.12 bc	12.60	10.76	11.68	85
GS/MM106	14.32	13.00	13.66 ab	17.00	9.08	13.04	53
F/MM106	13.64	12.04	12.84 ab	13.12	9.48	11.30	72
RC/MM106	8.36	8.52	8.44 c	15.64	12.56	14.10	80
RG/M9	15.40	11.16	13.28 ab	14.72	11.84	13.28	80
MG/M9	12.08	11.28	11.68 abc	28.70	13.48	21.10	47
GS/M9	11.84	10.44	11.14 bc	16.08	11.76	13.92	73
F/M9	14.24	13.88	14.06 ab	20.72	15.60	18.16	75
RC/M9	16.08	14.04	15.06 a	15.80	14.88	15.34	94
Ortalama	13.15	11.55		17.33	12.21		
F çeşit/anaç	3.94**			1.81 ö.d			
F uygulama	7.10**			13.14**			
F interaksiyon	0.42 ö.d			0.85 ö.d			
D çeşit/anaç	3.53			-			
Anaçlar							
MM106	15.12A	14.76A	14.94	16.36	13.00	14.68	79
M9	14.60A	11.32B	12.96	18.04	14.56	16.30	81
Ortalama	14.86	13.04		17.20	13.78		
F anaç	9.86**			1.64 ö.d			
F uygulama	8.33**			7.30*			
F interaksiyon	5.36*			0.00 ö.d			
D interaksiyon	1.89			-			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.1.2.6 Manganez (Mn)

2012 ve 2013 yıllarında yürütülen saksı denemesine ait MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin Mn konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Çizelge 4.18). Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2012 yılında bitkilerin Mn konsantrasyonları azalmıştır. MM106 anaç üzerine aşılı Red Chief (337.8 mg kg⁻¹) çeşidinde Mn konsantrasyonunun en yüksek olduğu belirlenirken bu çeşidi Mondial Gala (288.9 mg kg⁻¹), Fuji (277.3 mg kg⁻¹), Royal Gala

(268.7 mg kg⁻¹) ve Granny Smith (253.8 mg kg⁻¹) çeşitleri izlemiş, bu çeşitlerin Mn konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Mn konsantrasyonu Royal Gala'da (274.9 mg kg⁻¹), belirlenirken bu çeşidi Fuji (256.7 mg kg⁻¹), Mondial Gala (244.8 mg kg⁻¹), Red Chief (220.4 mg kg⁻¹) ve Granny Smith (216.5 mg kg⁻¹) izlemiş, bu 4 çeşitin Mn konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Bitkilerin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2013 yılı Mn konsantrasyonları çizelge 4.18'de verilmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin Mn konsantrasyonunda düşüş olduğu belirlenmiştir. MM106 anacına aşılı çeşitlerden Mn konsantrasyonu en yüksek olan çeşit Red Chief (111.8 mg kg⁻¹) iken bunu Mondial Gala (85.3 mg kg⁻¹), Granny Smith (77.9 mg kg⁻¹), Royal Gala (75.6 mg kg⁻¹) ve Fuji (69.9 mg kg⁻¹) izlemiş ve bu 4 çeşitin Mn konsantrasyonları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Mn konsantrasyonu yüksek olan çeşitler Fuji (119.2 mg kg⁻¹) ve Red Chief (117.1 mg kg⁻¹), iken bunları Mondial Gala (108.1 mg kg⁻¹), Royal Gala (93.9 mg kg⁻¹) ve Granny Smith (78.7 mg kg⁻¹) izlemiştir. En düşük Mn konsantrasyonu ise MM106 anacı üzerine aşılı Fuji çeşidinde belirlenmiştir. Bitkilerin B/K oranı çizelge 4.18'de verilmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında yüksek B/K oranı Mondial Gala ve Royal Gala'da belirlenirken bunları Red Chief, Fuji ve Granny Smith izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında B/K oranı yüksek olan çeşit Mondial Gala, ve Royal Gala iken bu çeşitleri Granny Smith, Red Chief ve Fuji izlemiştir.

Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 ve M9 anaçlarının Mn konsantrasyonları üzerine uygulamanın etkisi her 2 yılda da istatistiki olarak önemli olmuştur. Her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların Mn konsantrasyonunda düşüş olduğu belirlenmiştir. MM106 anacının 2013 yılı B/K oranının M9 anacının B/K oranından daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 MM106 ve M9 elma anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC) çeşitlerinin bikarbonat uygulamalarına bağlı olarak mangan (Mn) konsantrasyonlarındaki değişimler

Çeşit/Anaç Kombinasyonu	Mn (mg kg ⁻¹)						B/K*
	2012			2013			
	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	Kontrol	HCO ₃ ⁻	Ortalama	
RG/MM106	272.9	264.5	268.7 bcd	76.6	74.5	75.6 cd	97
MG/MM106	303.3	274.6	288.9 b	85.2	85.4	85.3 abcd	100
GS/MM106	258.8	248.8	253.8 bcde	107.4	48.5	77.9 bcd	45
F/MM106	316.2	238.4	277.3 bc	92.7	47.1	69.9 d	51
RC/MM106	344.4	331.2	337.8 a	122.9	100.6	111.8 ab	82
RG/M9	288.9	261.0	274.9 bc	102.0	85.8	93.9 abcd	84
MG/M9	247.5	242.1	244.8 cde	114.2	102.0	108.1 abc	89
GS/M9	230.3	202.6	216.5 e	91.7	65.7	78.7 bcd	72
F/M9	273.4	240.0	256.7 bcde	142.4	91.8	117.1 a	64
RC/M9	234.1	206.7	220.4 de	139.2	99.2	119.2 a	71
Ortalama	276.9	251.0		107.4	80.1		
F çeşit/anaç	8.85**			4.21**			
F uygulama	12.15**			22.39**			
F interaksiyon	0.78 ö.d			1.26 ö.d			
D çeşit/anaç	44.00			34.15			
Anaçlar							
MM106	293.3	242.9	268.1	131.5	100.1	115.8	76
M9	249.4	232.5	240.9	137.0	87.5	112.3	64
Ortalama	271.3	237.7		134.2	93.8		
F anaç	4.02 ö.d			0.47 ö.d			
F uygulama	6.15*			9.30**			
F interaksiyon	1.53 ö.d			0.07 ö.d			

*: p<0.05, **: p<0.01, ö.d:önemli değil. B/K*: 2013 yılı [(HCO₃ /K)×100]. Küçük harfler Duncan testine (D) göre aynı sütundaki ortalamalar arasındaki önemliliği ifade etmektedir.

4.2 Alan Çalışmasına (Koleksiyon Bahçesi) ait Bulgular

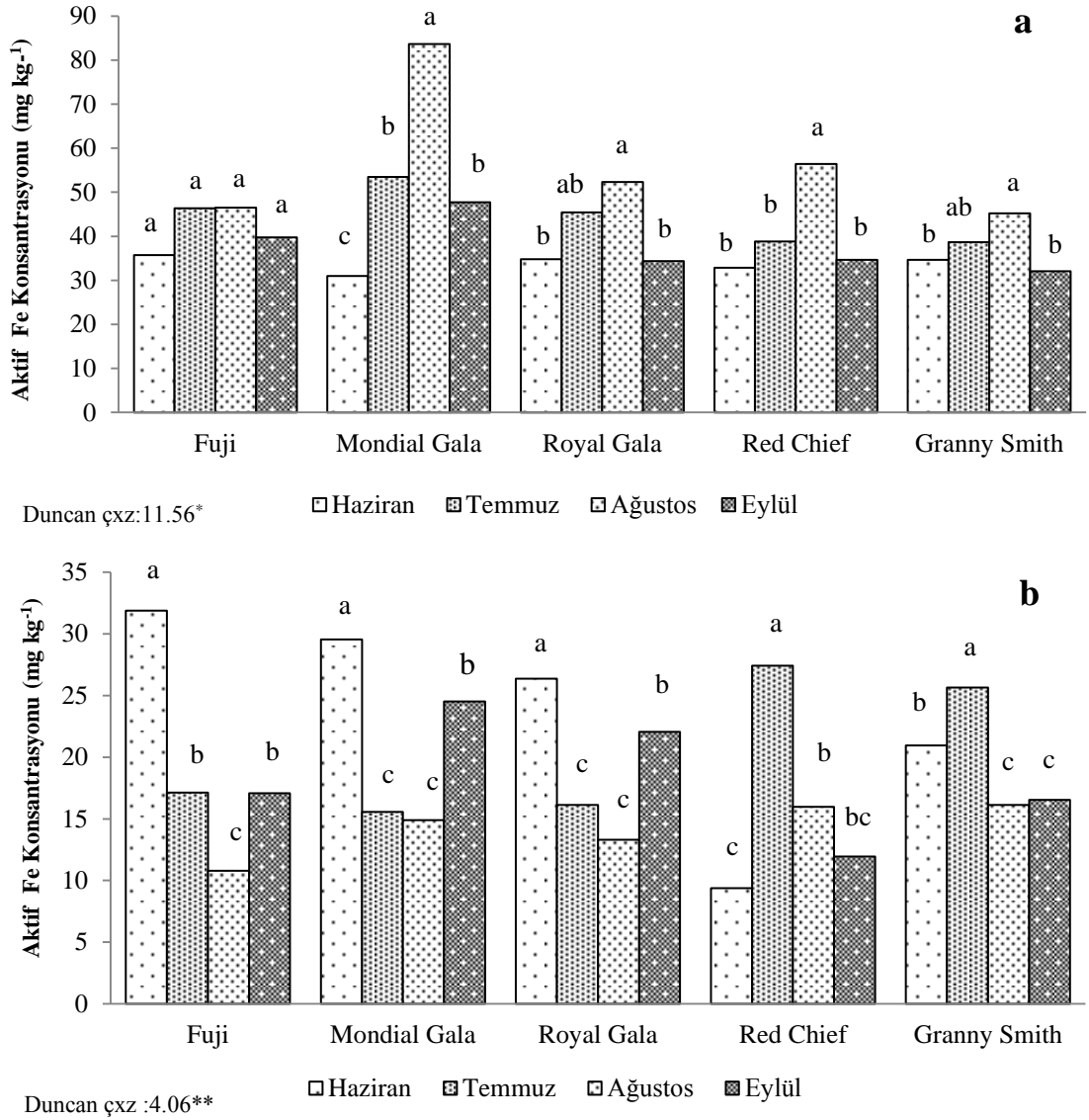
Koleksiyon bahçesinde yetiştirilen (doğal ortam) M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin [Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG), Granny Smith (GS), Fuji (F) ve Red Chief (RC)] aktif Fe konsantrasyonu ve toplam klorofil miktarları ile Fe, P, Ca, Mg, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarındaki değişimlere ait sonuçlar bu kısımda verilmiştir.

4.2.1 Aktif Fe

Bahçe koşulunda yetiştirilen ve 2012 ve 2013 yıllarında örnekleme yapılan M9 anacı üzerine aşılı 5 elma çeşidinin aktif Fe konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç x zaman interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Şekil 4.1). 2012 yılında M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşidinin Duncan (D) testine göre aktif Fe konsantrasyonunda aylar arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala çeşidinin aktif Fe konsantrasyonu Ağustos'ta en yüksek olurken bunu Temmuz ve Eylül izlemiş, aktif Fe konsantrasyonunun en düşük olduğu zaman ise Haziran olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinin aktif Fe konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Ağustos olurken bunu Temmuz' da belirlenen aktif Fe konsantrasyonu izlemiş ve aktif Fe konsantrasyonunun en düşük olduğu zaman ise Haziran ve Eylül olarak belirlenmiş, bu ayların aktif Fe konsantrasyonları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief ve Granny Smith çeşitlerinin aktif Fe konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Ağustos iken diğer ayların aktif Fe konsantrasyonu daha düşük olmuş ve bu ayların aktif Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Demir konsantrasyonunun en düşük olduğu zaman Haziran ve Eylül olmuştur. Fuji çeşidinin aylara bağlı aktif Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Doğal ortamda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerde Fe noksanlığı belirtileri görülmüş ve bu çeşitlerin Fe noksanlığına ait belirtileri EK 13, EK 15, EK 17, EK 19, EK 21'deki fotoğraflarda gösterilmiştir.

M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2013 yılı aktif Fe konsantrasyonu üzerine çeşit x zaman interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Şekil 4.1.b). 2013 yılında M9 anacı üzerine aşılı Fuji, Mondial Gala ve Royal Gala çeşidinin aktif Fe konsantrasyonu Haziran'da, Granny Smith'te Ağustos'ta, Red Chief'te ise Temmuz'da en yüksek olmuştur. En düşük aktif Fe konsantrasyonu M9 anacı üzerine aşılı Fuji'de Ağustos'ta, Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinde Temmuz ve Ağustos'ta , Red Chief'te Eylül ve Haziran'da ve Granny Smith'te Ağustos ve Eylül'de belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin aktif Fe konsantrasyonu 2012 yılına göre 2013 yılında

düşüş göstermiş ve bu düşüşe bağlı olarak bitkilerde görülen Fe noksanlığı belirtileri EK 14, EK 16, EK 18, EK 20, EK 22'deki fotoğraflarda gösterilmiştir.



çxz: çeşit/anaç x zaman interaksyonu

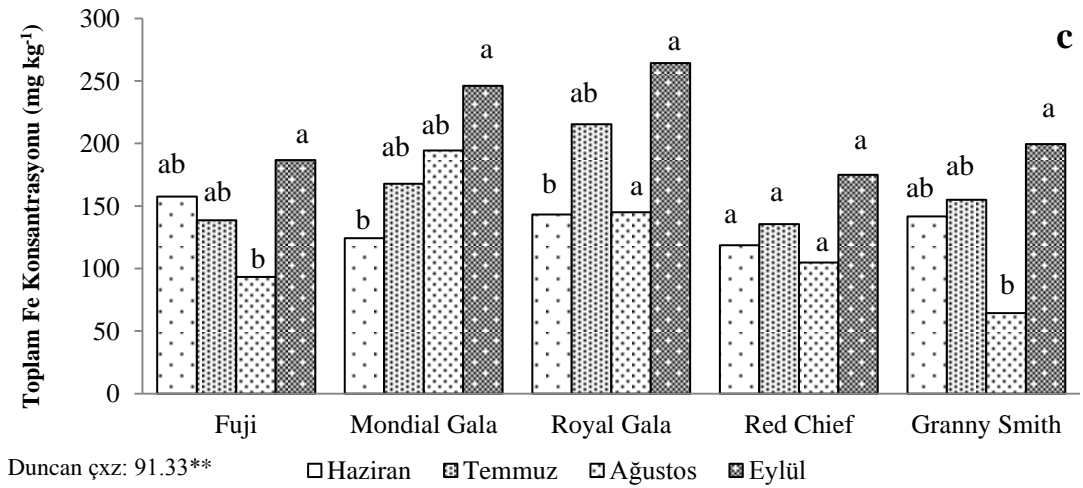
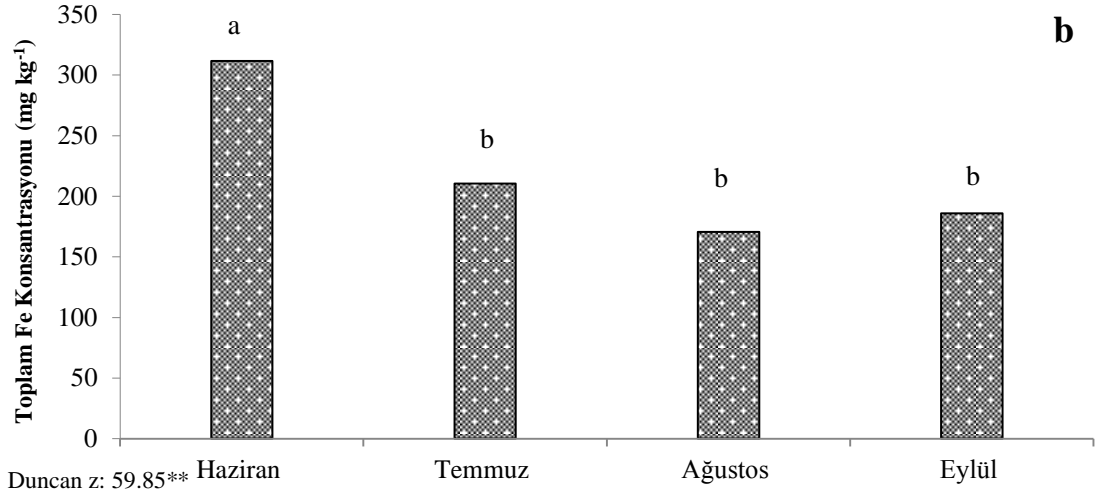
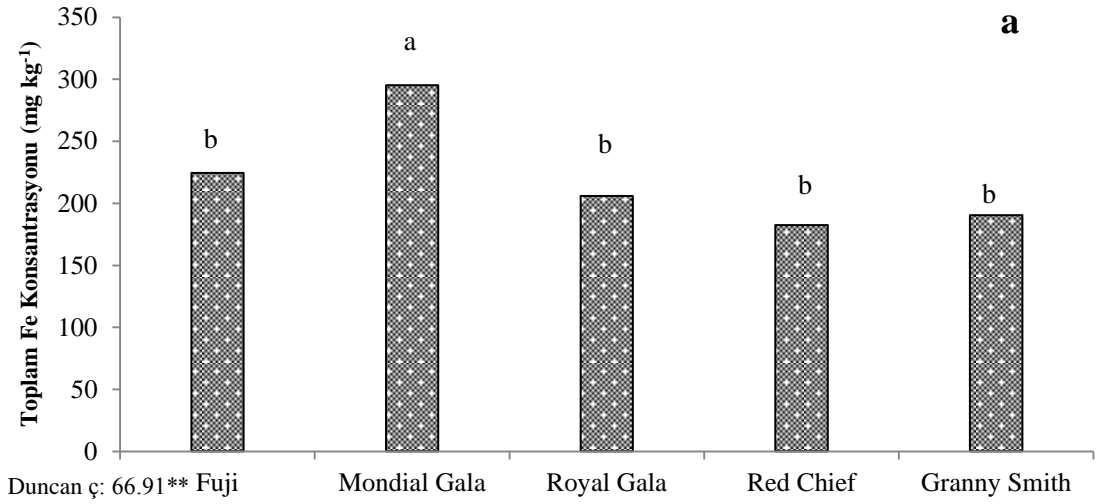
Şekil 4.1 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri aktif Fe konsantrasyonu

a) 2012 çeşit/anaç x zaman interaksyonu b) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksyonu

4.2.2 Toplam demir (Fe)

M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Fuji, Red Chief ve Granny Smith çeşitlerinin 2012 yılı toplam Fe konsantrasyonunu üzerine çeşit/anaç ve zamanın etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Şekil 4.2.a'ya göre en yüksek Fe konsantrasyonunun M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala (295.1 mg kg^{-1}) çeşidinde görüldüğü belirlenirken, bunu Fuji (224.5 mg kg^{-1}), Royal Gala (206 mg kg^{-1}), Granny Smith (190.4 mg kg^{-1}) ve Red Chief (182.3 mg kg^{-1}) çeşitleri izlemiş, bu çeşitlerin Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı elma çeşitlerinde en yüksek Fe konsantrasyonu Haziran' da (311.7 mg kg^{-1}) belirlenirken bunu, Temmuz (210.5 mg kg^{-1}), Eylül (185.9 mg kg^{-1}) ve Ağustos (170.6 mg kg^{-1}) Fe konsantrasyonları izlemiş, bu aylarda belirlenen Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir (Şekil 2.2.b).

Şekil 4.2.c'de M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2013 yılı Fe konsantrasyonları verilmiştir. Bitkilerin Fe konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç x zaman etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşitinin Fe konsantrasyonu Eylül'de en yüksek iken bunu Haziran, Temmuz ve Ağustos'ta belirlenen Fe konsantrasyonları izlemiş olup bu 3 ayın Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinin Fe konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Eylül iken, en düşük olduğu zaman Haziran olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında belirlenen Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinin Fe konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Eylül olurken bunu Temmuz, Haziran ve Eylül'de belirlenen Fe konsantrasyonları izlemiş ve bu 3 ayın Fe konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir.



çxz: çeşit/anaç x zaman interaksiyonu, ç: çeşit/anaç, z: zaman

Şekil 4.2 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri toplam demir (Fe) konsantrasyonu

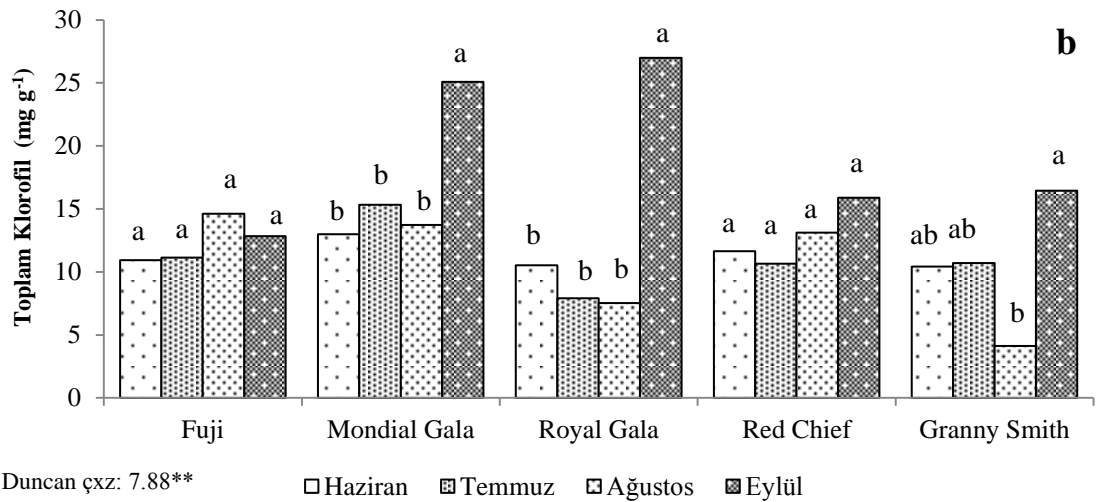
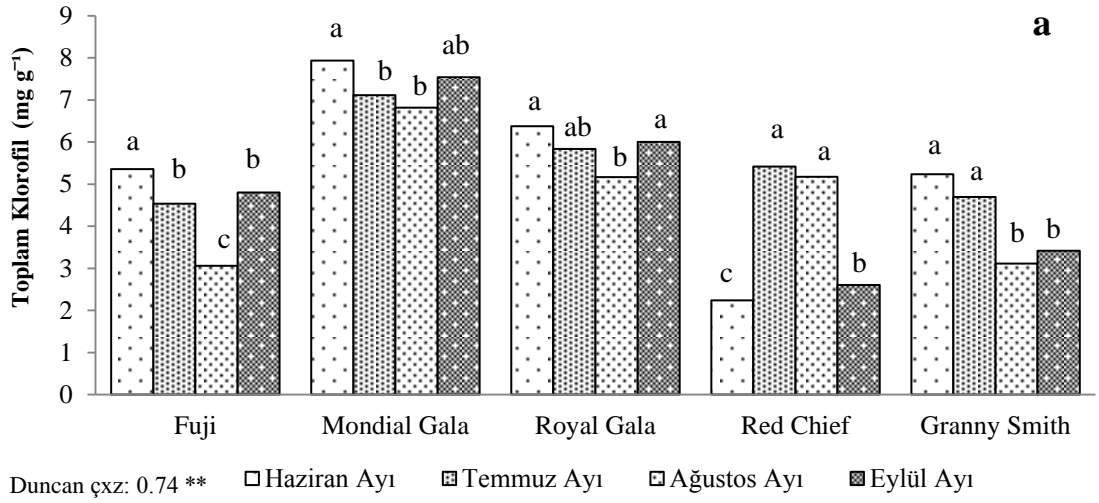
a) 2012 çeşit/anaç b) 2012 zaman c) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksiyonu

4.2.3 Toplam klorofil

2012 ve 2013 yıllarında doğal ortamda yetiştirilen M9 anacı üzerine 5 farklı elma çeşidinin toplam klorofil miktarları üzerine çeşit/anaç x zaman interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. 2012 yılında M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşidinin en yüksek toplam klorofil miktarı Haziran'da belirlenirken bunu Temmuz ve Eylül ile Ağustos'ta belirlenen toplam klorofil miktarları izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala çeşidinin en yüksek toplam klorofil miktarı Haziran'da belirlenirken bunu Eylül, Temmuz ve Ağustos'ta belirlenen toplam klorofil miktarları izlemiş olup bu 3 ayın toplam klorofil miktarları arasında istatistiki olarak önemli bir fark saptanamamıştır. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinin toplam klorofil miktarı Haziran ve Eylül'de en yüksek olurken bunları Temmuz ve Ağustos'ta belirlenen toplam klorofil miktarları izlemiş ve bu ayların toplam klorofil miktarları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşidinin en yüksek toplam klorofil miktarı Temmuz ve Ağustos'ta belirlenirken bunları Eylül'de belirlenen toplam klorofil miktarları izlemiş, toplam klorofil miktarının en düşük olduğu zaman ise Haziran olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinin en yüksek toplam klorofil miktarı Haziran ve Temmuz'da belirlenirken en düşük toplam klorofil miktarı Ağustos ve Eylül'de belirlenmiş ve bu ayların toplam klorofil miktarları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir (Şekil 4.3.a).

Koleksiyon bakçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2013 yılı toplam klorofil miktarları şekil 4.3.b'de verilmiştir. Şekil 4.3.b'den görüleceği gibi M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief çeşitlerinin aylar arasındaki toplam klorofil miktarlarında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinde en yüksek toplam klorofil miktarı Eylül'de belirlenirken, diğer aylarda belirlenen toplam klorofil miktarları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinin en yüksek toplam klorofil miktarı Eylül'de belirlenirken, bunu Haziran ve Temmuz ile Ağustos'ta belirlenen toplam klorofil miktarları izlemiş olup, bu aylarda belirlenen

toplam klorofil miktarları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir (Şekil 4.3.a).



çxz: çeşit/anaç x zaman interaksyonu

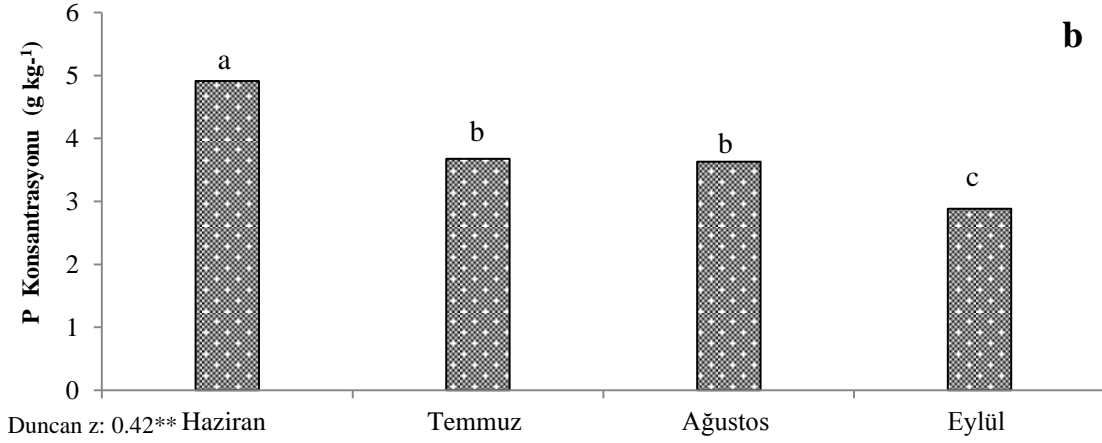
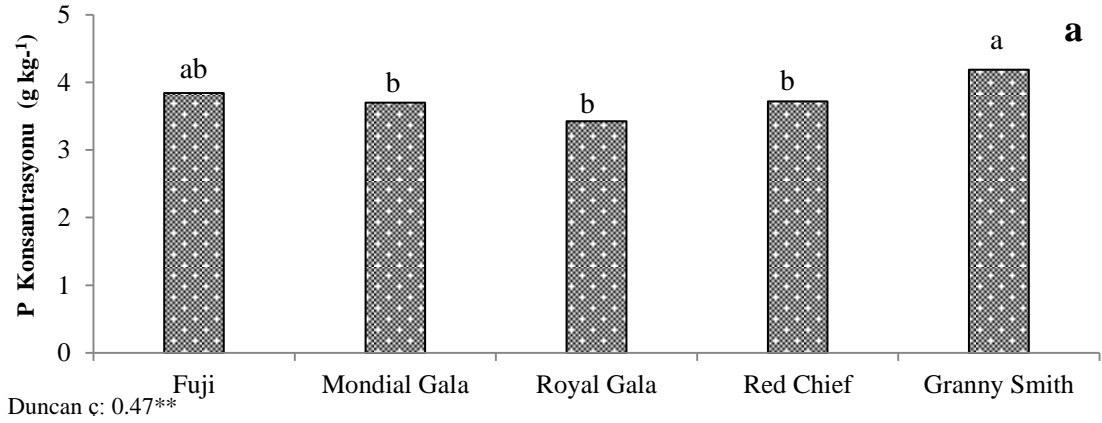
Şekil 4.3 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri toplam klorofil miktarları

a) 2012 çeşit/anaç x zaman interaksyonu b) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksyonu

4.2.4 Fosfor (P)

M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Red Chief, Fuji ve Granny Smith çeşitlerine ait 2012 yılı P konsantrasyonları şekil 4.4'de verilmiştir. M9 anacı üzerine

aşılı 5 farklı elma çeşitinin P konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve zamanın etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Şekil 4.4.a'ya göre P konsantrasyonu en yüksek olan çeşit Granny Smith (4.19 g kg^{-1}) iken, bunu Fuji (3.85 g kg^{-1}), Red Chief (3.72 g kg^{-1}), Mondial Gala (3.70 g kg^{-1}) ve Royal Gala (3.43 g kg^{-1}) izlemiş olup bu çeşitlerin P konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. Bitkilerin P konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Haziran (4.91 g kg^{-1}) iken bunu, Ağustos (3.69 g kg^{-1}), Temmuz (3.68 g kg^{-1}) ve Eylül (2.88 g kg^{-1}) izlemiş, Temmuz ve Ağustos'ta belirlenen P konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Şekil 4.4.b).

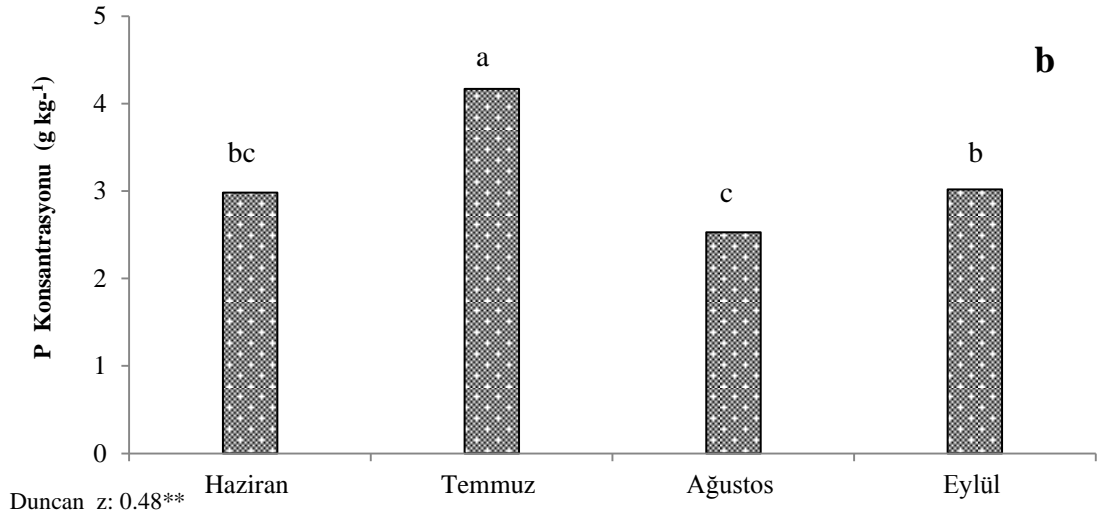
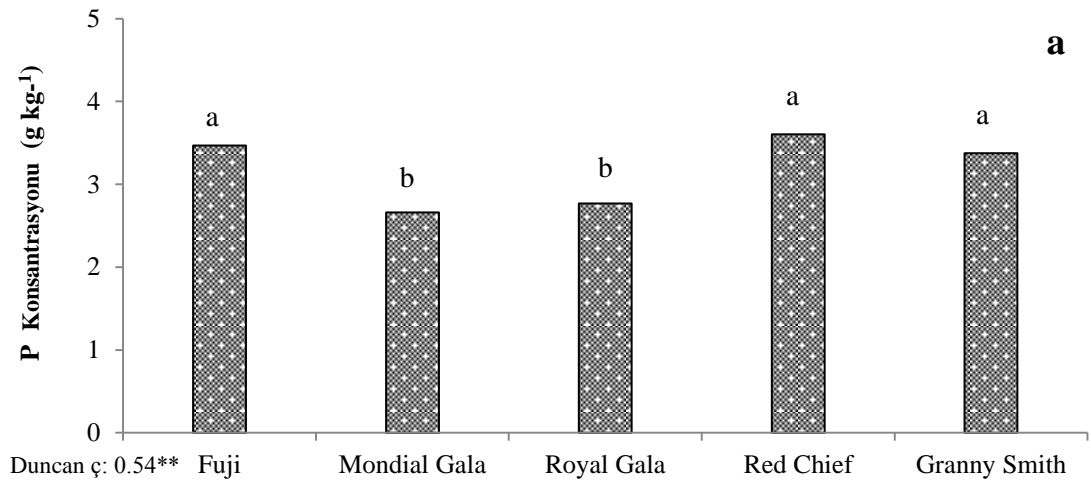


ç: çeşit/anaç, z: zaman

Şekil 4.4 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri fosfor (P) konsantrasyonu

a) 2012 çeşit/anaç b) 2012 zaman

2013 yılında M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşitinin P konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve zamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Şekil 4.5.a incelendiğinde P konsantrasyonu yüksek olan çeşitler Red Chief (3.60 g kg^{-1}) ve Granny Smith (3.37 g kg^{-1}) sırasıyla Fuji (3.47 g kg^{-1}), Royal Gala (2.77 g kg^{-1}) ve Mondial Gala (2.66 g kg^{-1}) izlemiş, Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinin P konsantrasyonları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. Bitkilerin P konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Temmuz (4.17 g kg^{-1}) iken bunu Eylül (3.02 g kg^{-1}), Haziran, (2.98 g kg^{-1}) ve Ağustos (2.53 g kg^{-1}) izlemiştir (Şekil 4.5.b).



ç: çeşit/anaç, z: zaman

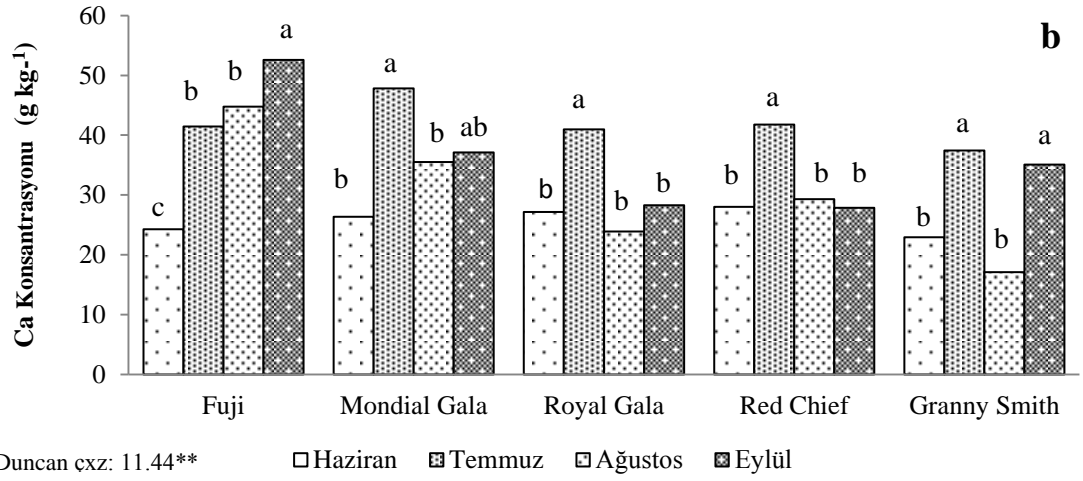
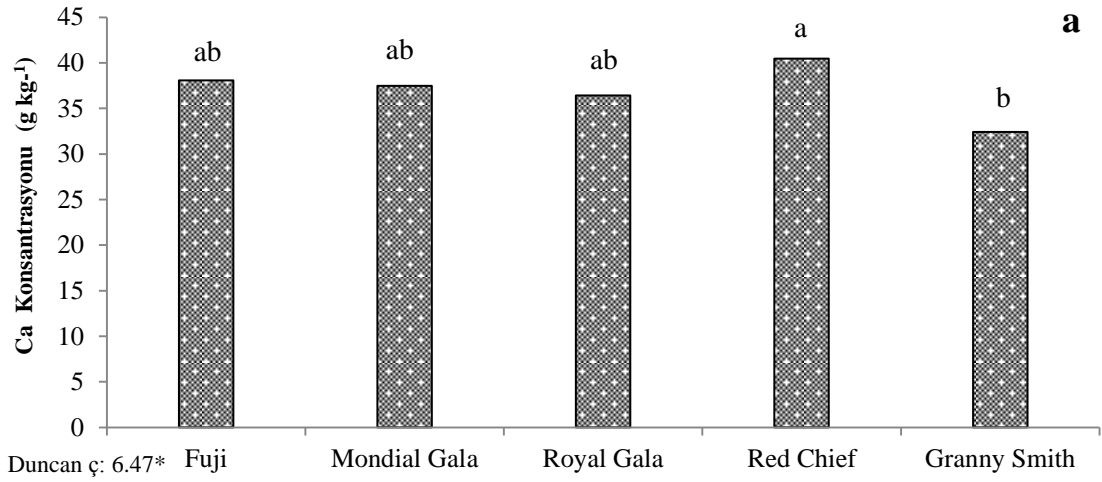
Şekil 4.5 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri fosfor (P) konsantrasyonu

a) 2013 çeşit/anaç b) 2013 zaman

4.2.5 Kalsiyum (Ca)

Alan denemesine ait M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşitinin 2012 yılı Ca konsantrasyonları şekil 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.6.a değerlendirildiğinde M9 anacı üzerine aşılı elma çeşitlerinin 2012 yılı Ca konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Buna göre M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Ca konsantrasyonu en yüksek olan çeşit Red Chief (40.46 g kg^{-1}) olurken, bunu Fuji (38.06 g kg^{-1}), Mondial Gala (37.48 g kg^{-1}), Royal Gala (36.42 g kg^{-1}) ve Granny Smith (32.41 g kg^{-1}) izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Fuji, Mondial Gala, Royal Gala ve Granny Smith çeşitlerinin Ca konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir.

Koleksiyon bahçesinde yetiştirilmekte olan 5 farklı elma çeşidinin 2013 yılı Ca konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç x zaman interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Şekil 4.6.b). M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşidinde en yüksek Ca konsantrasyonu Eylül' de belirlenirken, en düşük Ca konsantrasyonu Haziran'da belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala çeşitinin Ca konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Temmuz iken, bunu Eylül Ağustos ve Haziran'da belirlenen Ca konsantrasyonları izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Red Chief çeşitlerinin Ca konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Temmuz iken Royal Gala' da bunu Eylül, Haziran, Ağustos'ta belirlenen Ca konsantrasyonları izlemiş, Red Chief'te ise Ağustos, Haziran ve Eylül ve bu 3 ayın Ca konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunamamıştır. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşitinin Temmuz ve Eylül'deki Ca konsantrasyonunun Haziran ve Ağustos'tan yüksek olduğu belirlenmiştir.



çxz: çeşit/anaç x zaman interaksyonu, ç: çeşit/anaç

Şekil 4.6 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri kalsiyum (Ca) konsantrasyonu

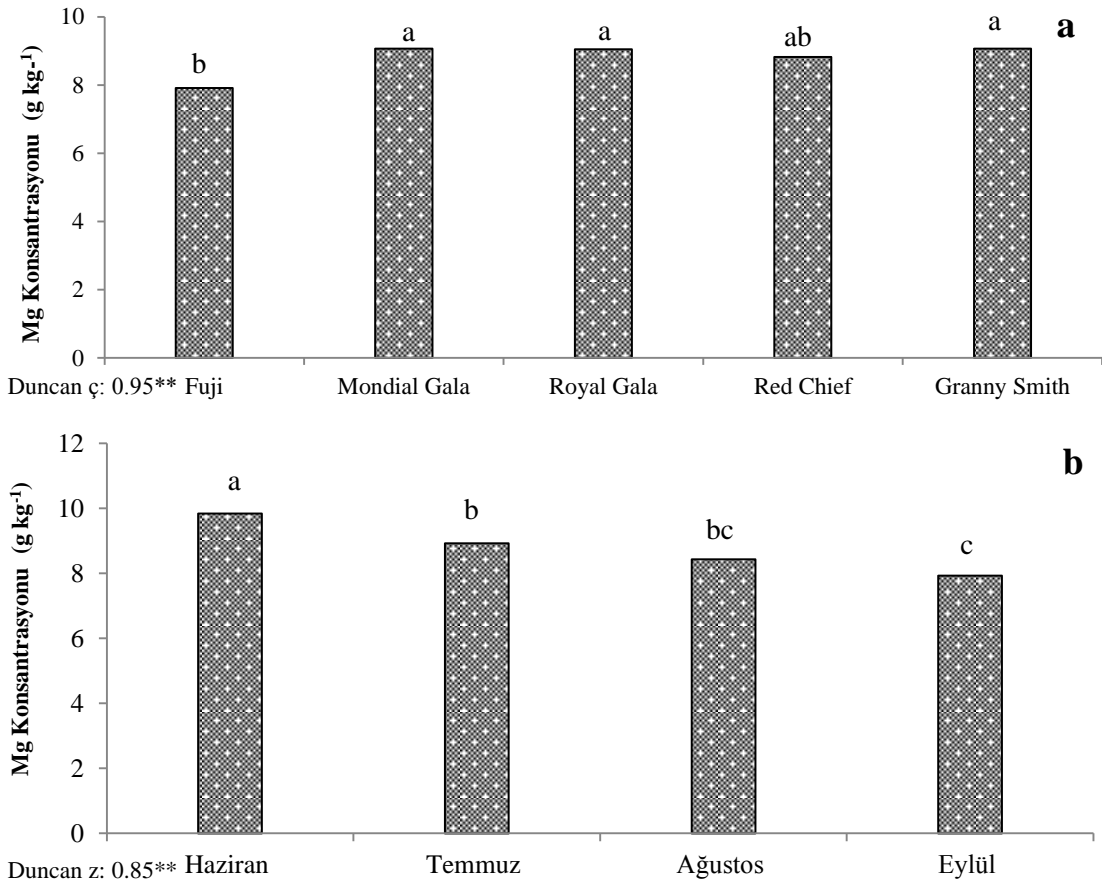
a) 2012 çeşit/anaç b) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksyonu

4.2.6 Magnezyum (Mg)

2012 yılı M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin Mg konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç ve uygulamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (Şekil 4.7.a ve b). Şekil 4.7.a'ya göre Mondial Gala (9.06 g kg^{-1}), Granny Smith (9.07 g kg^{-1}), Royal Gala (9.04 g kg^{-1}) ve Red Chief (8.23 g kg^{-1}) çeşitlerinin Mg konsantrasyonunun Fuji' nin Mg konsantrasyonundan (7.91 g kg^{-1}) yüksek olduğu belirlenmiştir. M9 anacı üzerine

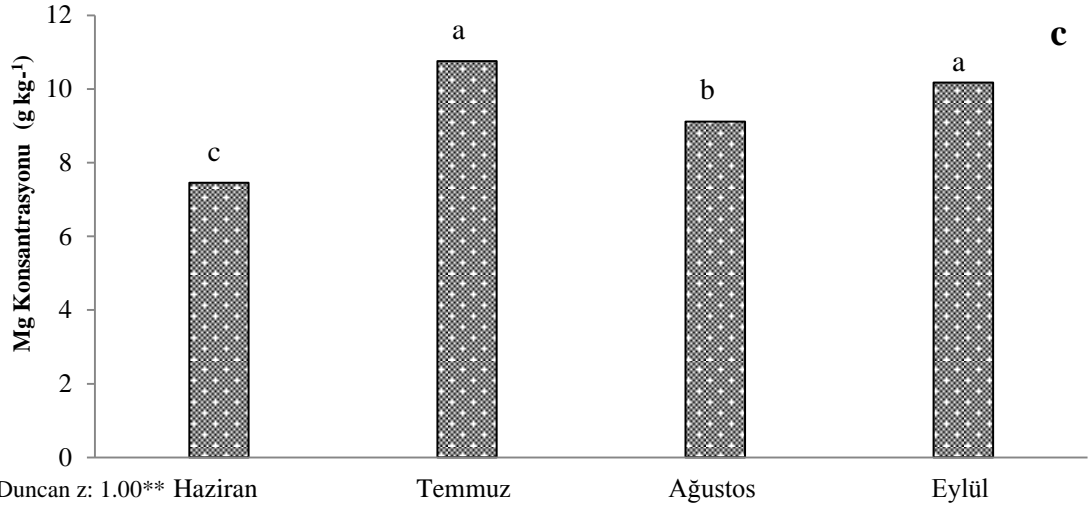
aşılı 5 farklı elma çeşidinin Mg konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Haziran (9.84 g kg^{-1}) iken bunu Temmuz (8.93 g kg^{-1}), Ağustos (8.43 g kg^{-1}) ve Eylül (7.93 g kg^{-1}) izlemiştir (Şekil 4.7.b).

Koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2013 Mg konsantrasyonları şekil 4.7.c’de verilmiştir. Şekil 4.7.c’ye göre bitkilerin Mg konsantrasyonları üzerine zamanın etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Mg konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Temmuz (10.76 g kg^{-1}) olmuş bunu Eylül (10.17 g kg^{-1}), Ağustos (9.12 g kg^{-1}) ve Haziran (7.45 g kg^{-1}) izlemiştir. Ayrıca Temmuz ve Eylül’de belirlenen bitkilerin Mg konsantrasyonları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir.



Şekil .7 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri magnezyum (Mg) konsantrasyonu

a) 2012 çeşit/anaç b) 2012 zaman c) 2013 zaman



ç: çeşit/anaç, z: zaman

Şekil 4.7 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri magnezyum (Mg) konsantrasyonu (devam)

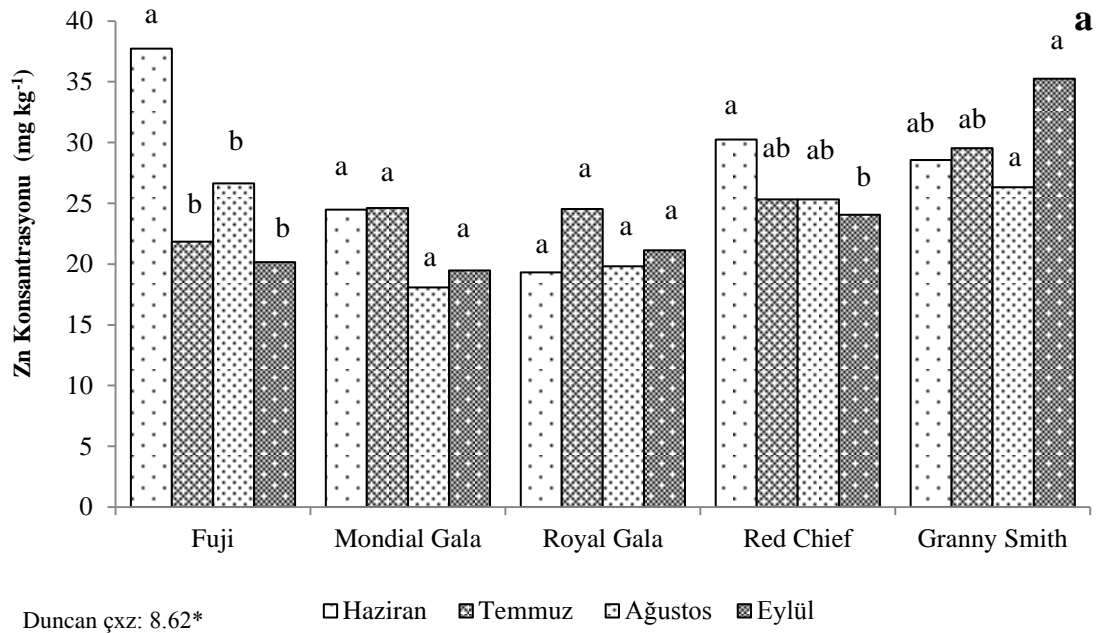
a) 2012 çeşit/anaç b) 2012 zaman c) 2013 zaman

4.2.7 Çinko (Zn)

Alan denemesine ait M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Red Chief, Fuji ve Granny Smith çeşitlerinin Zn konsantrasyonları şekil 4.8’de verilmiştir. Bitkilerin Zn konsantrasyonu üzerine 2012 yılında çeşit/anaç x zaman interaksyonu önemli olmuştur. Şekil 4.8.a incelendiğinde M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşitinin Zn konsantrasyonunun en yüksek olduğu zamanın Haziran olduğu bunu Ağustos, Temmuz ve Eylül’de belirlenen Zn konsantrasyonlarının izlediği görülmektedir. Bitkilerin Haziran ve Ağustos ile Temmuz ve Eylül’de belirlenen Zn konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinin aylar arasındaki Zn konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşitinin en yüksek Zn konsantrasyonu Haziran’da en düşük Zn konsantrasyonu ise Eylül’de belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşitinin en yüksek Zn konsantrasyonu Eylül’de belirlenirken bunu Temmuz ve Haziran ile Ağustos’ta belirlenen Zn konsantrasyonları

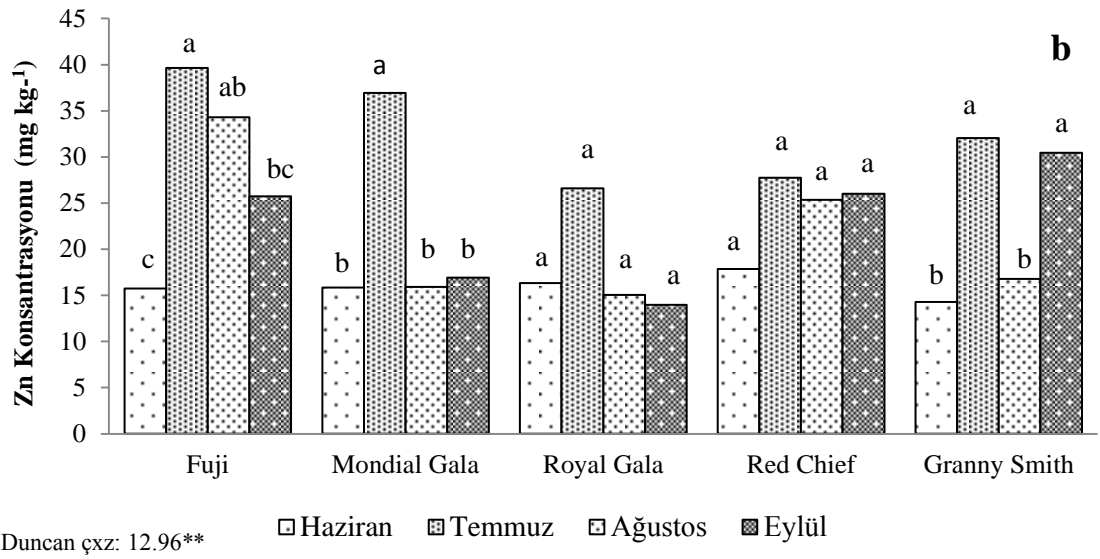
izlemiş, bu 3 ayın Zn konsantrasyonu arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir.

M9 anacı üzerine aşıllı 5 farklı elma çeşitinin 2013 yılı Zn konsantrasyonu üzerine çeşit/anaç x zaman interaksyonunun etkisi önemli olmuştur. Şekil 4.8.b'den görüleceği gibi M9 anacı üzerine aşıllı Mondial Gala çeşidinde en yüksek Zn konsantrasyonu Temmuz' da belirlenmiştir. Royal Gala çeşitlerin zamana bağlı Zn konsantrasyonları arasındaki değişim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. M9 anacı üzerine aşıllı Fuji çeşidinde en yüksek Zn konsantrasyonu Temmuz' da belirlenirken bunu Ağustos, Eylül ve Haziran'da belirlenen Zn konsantrasyonu izlemiştir. M9 anacı üzerine aşıllı Red Chief çeşidin zamana bağlı Zn konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmamıştır. M9 anacı üzerine aşıllı Granny Smith çeşidinde Zn konsantrasyonu Eylül'de en yüksek olduğu belirlenirken Temmuz'da belirlenirken bunu Eylül, Ağustos ve Haziran'da belirlenen Zn konsantrasyonu izlemiştir, Ağustos ve Haziran Zn konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir.



Şekil 4.8 M9 anacı üzerine aşıllı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri çinko (Zn) konsantrasyonu

a) 2012 çeşit/anaç x zaman interaksyonu b) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksyonu



çxz: çeşit/anaç x zaman interaksyonu

Şekil 4.8 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri çinko (Zn) konsantrasyonu (devam)

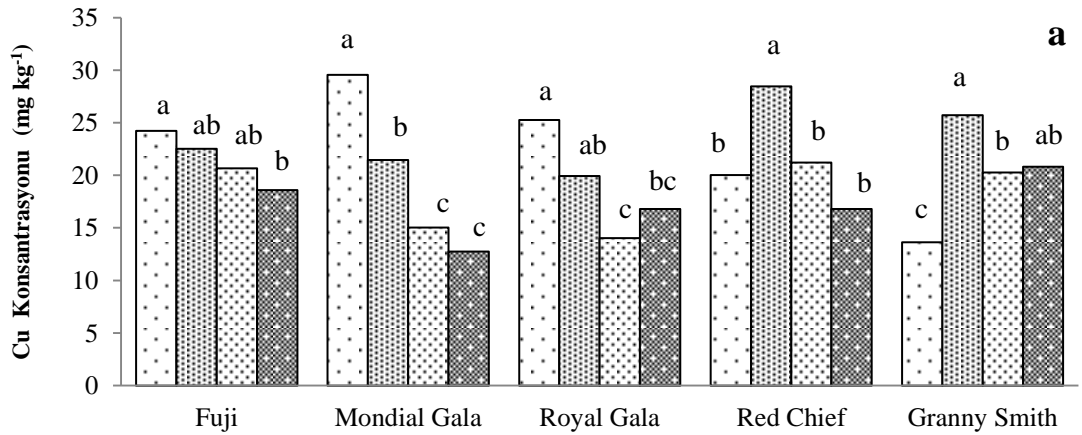
a) 2012 çeşit/anaç x zaman interaksyonu b) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksyonu (devam)

4.2.8 Bakır (Cu)

Şekil 4.9'da M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2012 ve 2013 yılları Cu konsantrasyonları verilmiştir. Şekil 4.9 incelendiğinde M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin Cu konsantrasyonu üzerine her 2 yılda da çeşit/anaç x zaman interaksyonunun etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir. M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2012 yılı Cu konsantrasyonu şekil 4.9.a'ya göre değerlendirilmiştir. 2012 yılında M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşidinde en yüksek Cu konsantrasyonu Haziran' da belirlenirken, bunu Temmuz, Ağustos ve Eylül'de belirlenen Cu konsantrasyonları izlemiş ve bu 3 ayın Cu konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala çeşitinde en yüksek Cu konsantrasyonu Haziran' da belirlenmiş olup bunu Temmuz, Ağustos ve Eylül'de belirlenen Cu konsantrasyonları izlemiştir. Ağustos ve Eylül'de belirlenen Cu konsantrasyonları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenememiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinde en yüksek Cu konsantrasyonu Haziran' da

belirlenmiş olup, bunu Temmuz, Eylül ve Ağustos'ta belirlenen Cu konsantrasyonları izlemiştir. Ayrıca Ağustos ve Eylül'de belirlenen Cu konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşitinde en yüksek Cu konsantrasyonu Temmuz'da belirlenirken bunu Ağustos, Haziran ve Eylül'de belirlenen Cu konsantrasyonları izlemiş, bu 3 ayda belirlenen Cu konsantrasyonları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşitinde en yüksek Cu konsantrasyonu Temmuz'da belirlenirken bunu Eylül ve Ağustos'ta belirlenen Cu konsantrasyonları izlemiş ve en düşük Cu konsantrasyonu Haziran'da belirlenmiştir.

M9 anacı üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin 2013 yılı Cu konsantrasyonu şekil 4.9.b'ye göre değerlendirilmiştir. 2013 yılında M9 anacı üzerine aşılı tüm çeşitlerin Cu konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Temmuz olmuştur. M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Mondial Gala ve Red Chief çeşitlerin Haziran, Ağustos ve Eylül Cu konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala'da Temmuz ayı Cu konsantrasyonunu Haziran, Eylül ve Ağustos Cu konsantrasyonları izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinin Temmuz ayı Cu konsantrasyonunu Eylül, Haziran ve Ağustos'daki Cu konsantrasyonları izlemiştir.

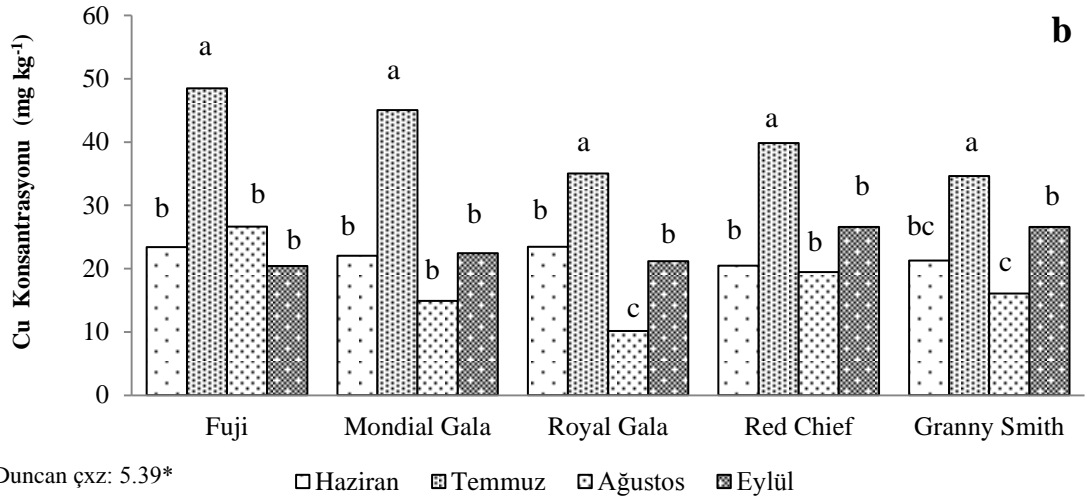


Duncan çxz: 8.02*

□ Haziran █ Temmuz █ Ağustos █ Eylül

Şekil 4.9 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri bakır (Cu) konsantrasyonu

a) 2012 çeşit/anaç x zaman interaksyonu b) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksyonu



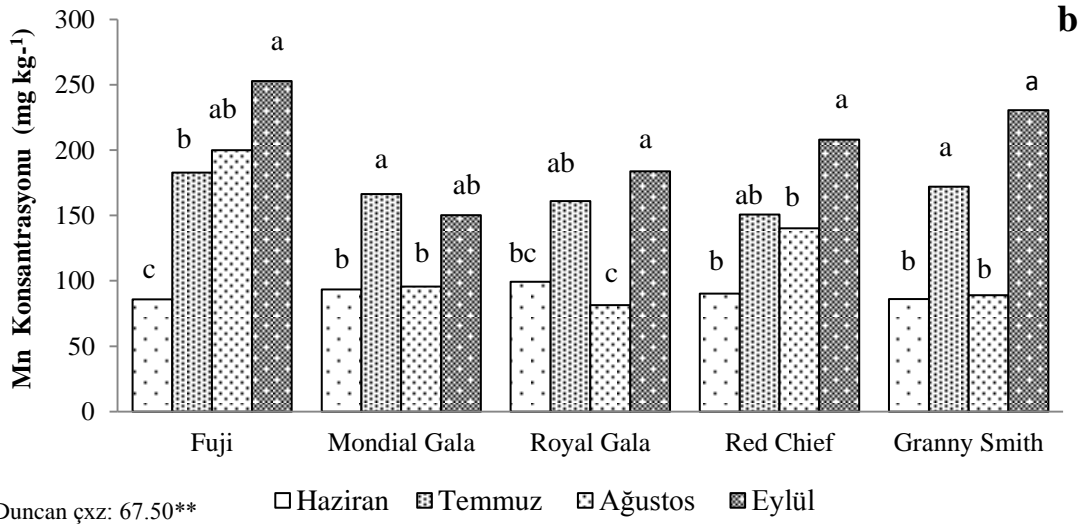
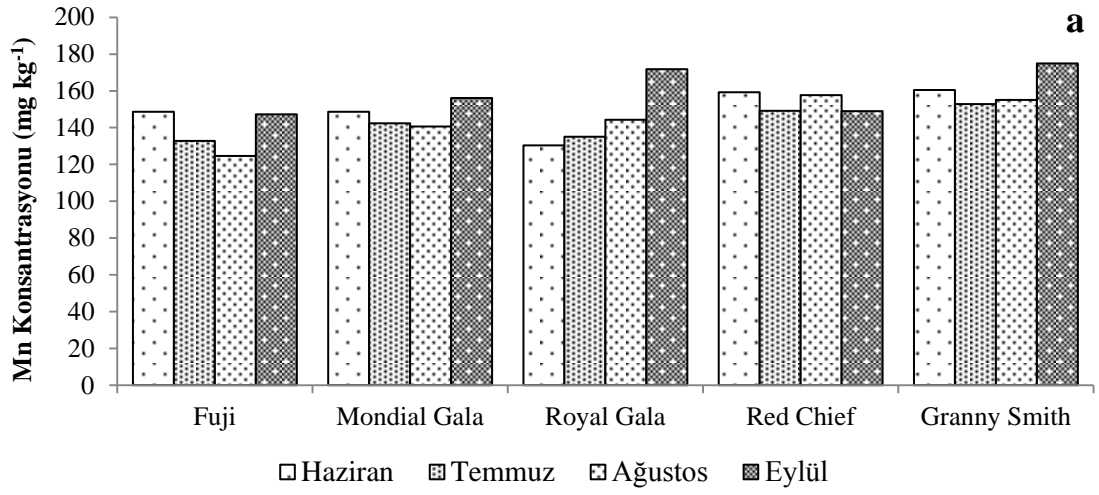
çxz: çeşit/anaç x zaman interaksiyonu

Şekil 4.9 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri bakır (Cu) konsantrasyonu (devam)

a) 2012 çeşit/anaç x zaman interaksiyonu b) 2013 çeşit/anaç x zaman interaksiyonu (devam)

4.2.9 Mangan (Mn)

M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Red Chief, Fuji ve Granny Smith çeşitlerinin Mn konsantrasyonu şekil 4.10'da verilmiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin 2012 yılı Mn konsantrasyonları üzerine çeşit/anaç, zaman ve çeşit/anaç x zaman interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur (Şekil 4.10.a). M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin 2013 yılı Mn konsantrasyonları üzerine çeşit x zaman interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Buna göre M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşidinde en yüksek Mn konsantrasyonu Eylül'de belirlenirken bunu Ağustos, Temmuz ve Haziran'da belirlen Mn konsantrasyonları izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala çeşidinde en yüksek Mn konsantrasyonu Temmuz'da belirlenmiş, en düşük Mn konsantrasyonu ise Haziran'da belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Granny Smith çeşitlerinin Mn konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman Eylül olurken bunu Temmuz'da belirlenen Mn konsantrasyonu izlemiştir. M9 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşitinde en yüksek Mn konsantrasyonu Eylül'de, en düşük Mn konsantrasyonu ise Haziran'da belirlenmiştir (Şekil 4.10.b).



Duncan çxz: 67.50**

□ Haziran ▨ Temmuz ▩ Ağustos ▤ Eylül

çxz: çeşit/anaç x zaman interaksyonu

Şekil 4.10 M9 anacı üzerine aşılı farklı elma çeşitlerinin haziran-temmuz-ağustos-eylül dönemleri mangan (Mn) konsantrasyonu

a) 2012 çeşit/anaç x zaman

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada bikarbonat uygulamasının bitkilerde yaratmış olduğu Fe noksanlığına bağlı olarak anaç ve çeşit/anaç kombinasyonları arasında meydana gelen farklılıklara ait mekanizmalar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla bodur (M9) ve orta kuvvetli (MM106) iki farklı klon elma anacı ve bu anaçlar üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin [Granny Smith (GS), Fuji (F), Royal Gala (RG), Mondial Gala (MG) ve Red Chief (RC)] Fe-etkinlik derecesi belirlenmiştir. Elma anaçları üzerinde aşılı çeşitlerin Fe noksanlığına göstermiş olduğu tepkiler oksidatif stres ile açıklanmıştır. Yapılan saksı denemesi ve alan çalışması sonucunda, Fe noksanlığına bağlı olarak ortaya çıkan stres koşulunda bitkilerin göstermiş olduğu fizyolojik ve enzimatik savunma sistemleri ve besin maddesi alımındaki farklılıklara bağlı olarak dayanıklı ve hassas çeşitler arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Saksı ve alan denemesi olarak yürütülen bu çalışmanın sonucunda, saksı denemesinin alan denemesi ile bazı parametreler açısından benzerlik gösterdiği, ancak saksı denemesinin alan denemesine bire bir adapte edilemeyeceği belirlenmiştir. Ayrıca bikarbonat uygulamasının tüm çeşit/anaç kombinasyonlarının besin maddesi alımı ve oksidatif stres ile ilişkisi üzerine yapılmış çalışmaların olmaması bu çalışmanın özgünlüğünü artırmıştır. Saksı denemesine ilave olarak Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi elma bahçesi koleksiyonunda bulunan ve verim alınan M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala, Granny Smith, Fuji ve Red Chief'in Fe beslenme durumu açısından ortaya çıkan farklılıklarda belirlenmeye çalışılmıştır.

Türkiye bulunduğu coğrafi konum nedeniyle elma yetiştiriciliğinde önemli bir bölgedir. Bu nedenle ülkemiz için yetiştiriciliği önemli olan böyle bir meyvenin yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar önem taşımaktadır. Bu sorunlardan biri olan ve topraklarımızın %26.87'sinde yarıyşlı Fe kapsamının kritik değer olarak kabul edilen 4.5 mg kg^{-1} 'in altında bulunması (Eyüpoğlu vd. 1996) ve buralarda kurulu meyve bahçelerinde görülen ve özellikle kirecin neden olduğu, Fe başta olmak üzere diğer bitki besin maddelerinin de bitkiler için yararlılığının sınırlanmasında yaşanan sorunların çözümüne katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

Kireçli toprakların toplam Fe içeriği yüksektir fakat buna rağmen bitkilerde kirece bağlı Fe klorozu yaygın olarak görülmektedir. Bunun nedeni ise pH'ya bağlı olarak bikarbonatın çözünürlüğünün artması ve bitkiler için yararlı Fe formu olan Fe^{+2} 'nin çözünürlüğünün azalmasıdır (Ahmed 2013). Demir, canlı organizmaların tümü için gerekli olmakta ve canlı organizmaların birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayında yer almaktadır. Demir, solunum, hücre bölünmesi gibi olaylarda proteinlerin bir bileşeni olarak, klorofil biyosentezinde ve fotosentez gibi biyolojik olayların indirgenme aşaması ile fotosentezde görev alan enzimlerin çalışmasında görev almaktadır (Marschner 1995, Eisenstein ve Blemings 1998). Dünyada ve ülkemizde önemli ölçüde yetiştiriciliği yapılan elma, şeftali, kiraz, turunçgil gibi bitkiler (Strateji I) Fe klorozuna hassas olan bitkilerdir. Bu nedenle kireç oranı yüksek olan alanlarda yetiştirilen bitkilerde Fe klorozuna dayanıklı tür ve çeşitlerin seçimi önem kazanmaktadır (Tagliavini ve Rombola 2001, Chouliaras vd. 2004, Pestana vd. 2005, Ksouri vd. 2006, 2007, Molassiotis vd. 2006a, Jiménez vd. 2008, 2011, Castle vd. 2009, Torun vd. 2013, Jelali vd. 2014).

Kireçli topraklarda pH' nın yüksek olması ve bitki kök bölgesinde bulunan fazla bikarbonat konsantrasyonu ile Fe'in çözünebilirliği azalmakta ve Fe bitkilere fizyolojik olarak yararlılığı az olan Fe^{+3} formunda bulunarak bitkilerde Fe noksanlığının görülmesine neden olmaktadır (Aktaş 2004). Kirece bağlı Fe klorozundan özellikle Strateji I bitkileri önemli ölçüde etkilenmektedir (Gao ve Shi 2007, Ding vd. 2010). Bikarbonata bağlı Fe noksanlığının neden olduğu kloroz belirtileri görülen ve Strateji I grubunda yer alan bitkilerin toplam Fe konsantrasyonunun kloroz görülmeyen yapraklardan daha fazla ya da yaprak Fe konsantrasyonunun yeterli kabul edilen sınırlar içinde olabileceği ve bunun 'demir klorozu paradoksu' olarak adlandırıldığı bilinmektedir (Morales vd. 1998, Bavaresco vd. 1999, Lopez-Millan vd. 2001, Kosegarten ve Gruber 2001, Neaman ve Aguirre 2007, Akgül ve Uçgun 2011). Bu nedenle kirece bağlı Fe klorozunun şiddetini belirlemede bitkilerin toplam Fe konsantrasyonları yeterli olmadığından bitkilere fizyolojik olarak yararlı form olan Fe^{+2} (aktif Fe) konsantrasyonu dikkate alınmalıdır. Bitkilerde görülen kirece bağlı Fe noksanlığının farklı anaç ve bu anaçlar üzerine aşılı çeşitlerin yapraklarındaki aktif Fe

konsantrasyonları dikkate alarak bitkilerin Fe noksanlığına duyarlılığını ortaya koymada önemli bir parametre olduğu kabul edilmektedir (Römheld ve Marschner 1991). Bu çalışmada her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı tüm çeşitlerin aktif Fe miktarlarında düşüş olduğu belirlenmiş ve bu düşüşler çeşit/anaç kombinasyonlarına göre değişim göstermiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulamasından en fazla etkilenecek, en düşük aktif Fe konsantrasyonu M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Red Chief çeşitlerinde belirlenmiştir. 2013 yılında en yüksek ortalama aktif Fe konsantrasyonu MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı Fuji çeşidinde belirlenmiş ve bunu M9 anacı üzerine aşılı Red Chief izlenmiştir. En düşük aktif Fe konsantrasyonu ise M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinde belirlenmiştir. Bikarbonat uygulanan ve uygulanmayan koşulda yetiştirilen bitkilerin Fe konsantrasyonlarına bağlı olarak bir hesaplama yapılmış (B/K) ve bu hesaplama ile bitkilerin Fe klorozuna hassasiyet ve dayanımları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu hesaplamadan elde edilen değerler bikarbonat uygulamasına bağlı olarak görülen Fe noksanlığı etkilerinin araştırmada kullanılan tüm parametreler üzerine etkisini belirlemede ve tüm bulguların özetlenmesinde kullanılmıştır. Bitkilerin aktif Fe etkinliğine (B/K) bakılarak her 2 anaç üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinin Fe noksanlığına dayanımlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve M9 anacı üzerine aşılı Fuji çeşitlerinin aktif Fe etkinliğinin diğer çeşitlere kıyasla daha düşük olduğu ve kirece bağlı Fe klorozundan daha çok etkilendiği saptanmıştır. Bikarbonat uygulanan koşulda MM106 anacının aktif Fe konsantrasyonu M9 anacının aktif Fe konsantrasyonundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aktif Fe etkinliğine bağlı olarak MM106 anacının Fe klorozuna dayanımının M9 anacından daha yüksek olduğu, dolayısıyla MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Fe noksanlığına dayanımlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kirece bağlı Fe klorozuna dayanıklı anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarının aktif Fe konsantrasyonunun hassas çeşitlere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Alan çalışmasına ait veriler doğrultusunda %7.51 kireç içeren toprakta M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala, Royal Gala ve Fuji çeşitlerinin aktif Fe içeriğinin daha yüksek olduğu, aktif Fe konsantrasyonu en düşük olan çeşitin ise Granny Smith olduğu her 2 yılda da belirlenmiştir. Alan çalışmamız ile saksı denememize ait sonuçlar birbirini destekler

nitelikler olmuştur. Mehrotra ve Gupta (1990) tarafından fasulye, patlıcan, lahana, arpa, nohut, turunçgil, asma, mısır, dut, turp ve çeltiğin Fe noksanlığına bağlı olarak aktif Fe miktarlarının düştüğü ve düşüşe enzimatik olmayan antioksidanlar arasında sayılan askorbik asit ve toplam fenol miktarının azalmasının neden olduğu bildirilmiştir. Mehrotra vd. (1990) demir noksanlığına bağlı olarak mısırın aktif Fe ve toplam Fe konsantrasyonu ile klorofil miktarlarının azaldığını bildirmiştir. Gao ve Shi (2007) yer fıstığı çeşitlerinin kloroza dayanımlarını araştırdıkları çalışmalarında Fe noksanlığına hassas çeşitlerin aktif Fe konsantrasyonlarının dayanıklı çeşitlerin aktif Fe konsantrasyonlarına kıyasla daha düşük olduğunu bildirmiştir. Römheld (2001) ve Özdemir (2005) bağlarda görülen yüksek kireç içeriğinin asmaların aktif Fe konsantrasyonlarında düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar çilek de Erdem (2008), domateste Dasgan vd. (2003) tarafından da bildirilmiştir. Elde edilen bulgular bu araştırma sonuçları ile uyum göstermiştir.

Saksı denemesi bitkilerinin 2012 yılı toplam Fe konsantrasyonları incelendiğinde bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin toplam Fe konsantrasyonlarının azalmıştır. Bitkilerin 2012 yılı toplam Fe konsantrasyonları 2013 yılı toplam Fe konsantrasyonlarında daha yüksek olmasına rağmen her 2 yılda da bitkiler için Fe konsantrasyonu yeterlilik sınır değerleri arasında kaldığı belirlenmiştir. 2013 yılında Fe konsantrasyonu en yüksek olan çeşitlerin MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve M9 anacı üzerine aşılı Fuji olduğu bunu her 2 anaç üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinin izlediği belirlenmiştir. B/K oranına göre her 2 anaç üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinin toplam Fe konsantrasyonunun daha yüksek olduğu dolayısıyla kloroza dayanımlarının daha yüksek olduğu, MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Fuji ile M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief çeşitlerinin ise kloroza hassas olduğu belirlenmiştir. Anaçların bikarbonat uygulamasına bağlı olarak toplam Fe konsantrasyonlarının azaldığı, B/K oranına göre MM106 anacının toplam Fe konsantrasyonunun M9 anacının toplam Fe konsantrasyonundan daha yüksek olduğu dolayısıyla M9 anacının MM106 anacına kıyasla kirece bağlı Fe klorozundan daha çok etkilendiği belirlenmiştir. Anaç/çeşit kombinasyonlarının Fe noksanlığı üzerinde etkili olduğu ve MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin M9 anacı üzerine aşılı çeşitlere kıyasla kirece bağlı Fe klorozundan daha az etkilendiği belirlenmiştir. Alan çalışmasına ait

veriler değerlendirildiğinde M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Fe konsantrasyonu Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinde belirlenmiş olup bu sonuçlar saksı denemesi ile uyum göstermiştir. Bitkilerin Fe konsantrasyonları tür, çeşit ve beslenme koşullarına göre büyük farklılık göstermektedir. Benzer bulgular başka araştırmacılar tarafından da bulunmuş ve bitkilerin bünyesindeki toplam Fe konsantrasyonunun bitkinin Fe ile beslenme durumunu yansıtmadığı bildirilmiştir (Mengel 1995, Erdem 2008). Brancadoro vd. (1996) Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinin yüksek bikarbonat konsantrasyonundaki gelişimini incelemişler ve bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkinin Fe konsantrasyonlarının azaldığını saptamışlardır. Benzer bulgular Römheld (2001) ve Özdemir (2005) tarafından da saptanmıştır. Toselli vd. (2000) kireç içeriği %20 olan bir toprakta yetiştirilen nektarinlerde çiçeklenmeden 60 ve 120 gün sonra yaprak örnekleme yapmışlar ve 120. günde klorozun şiddetinin arttığını ve buna bağlı olarak bitkilerin klorofil miktarının azaldığını, toplam Fe konsantrasyonunun yeterli sınırlar içinde olduğunu ve klorozun etkilerini belirlemede bitkilerin Fe konsantrasyonunun belirleyici olmadığını bildirmişlerdir. Özden ve Ayanoglu (2002) tarafından farklı bahçelerde yetiştirilen çilek bitkisi yapraklarındaki toplam Fe konsantrasyonunun yeterli sınırlar içinde olduğu ve buna rağmen bazı bahçelerde Fe noksanlığına bağlı kloroz görüldüğü belirtilmiştir. Molassiotis vd. (2005) şeftaliye, Martínez-Cuenca vd. (2013) turunçgile uygulanan bikarbonat ile bitkilerin Fe konsantrasyonunun azaldığını bildirmişlerdir. Farklı çeşitlerin Fe noksanlığına hassasiyet ve dayanımlarını belirlemede bitkilerin toplam Fe konsantrasyonlarının yeterli olmadığı Pich vd. (2001) tarafından da bildirilmiştir. Benzer sonuçlar şeftalide Koseoglu ve Acikgoz (1995), limonda Mohammed vd. (1998) tarafından bildirmiştir. Yapılan bu çalışmaların sonuçları bu tez sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Demir noksanlığına bağlı olarak artan ROS radikallerinin neden olduğu klorofil oksidasyonu ile bitkilerin klorofil miktarı azalmaktadır (Monterio ve Winterbourm 1988). Ayrıca Fe noksanlığına bağlı olarak γ -aminolevunilik asit sentezinin azalması da klorofil sentezinde gerilemeye, hatta bitki kuru ağırlığı ve fotosentez oranının da azalmasına neden olmaktadır (Marsh vd. 1963, Mengel 1995, Ranieari vd. 2001). Çalışmamızda, 2012 yılında MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith, Royal Gala ve

Mondial Gala ile M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala, Fuji ve Royal Gala çeşitlerinin toplam klorofil miktarının diğer çeşitlerin toplam klorofil miktarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin 2013 yılı toplam klorofil miktarlarının 2012 yılına kıyasla daha düşük olduğu ve 2013 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin toplam klorofil miktarının azaldığı belirlenmiştir. 2013 yılında MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak toplam klorofil miktarı en fazla düşen çeşitler Granny Smith ve Red Chief olurken, M9 anacı üzerine aşılılarda Granny Smith olmuştur. B/K oranına göre çeşitler arasında en yüksek toplam klorofil miktarı MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala, Mondial Gala ile Fuji'de, M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında ise Mondial Gala ve Red Chief'te belirlenmiştir. Kirece bağlı Fe noksanlığının anaçların toplam klorofil miktarları üzerine etkisi değerlendirildiğinde MM106 anacının toplam klorofil miktarının M9 anacının klorofil miktarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Alan çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinin toplam klorofil miktarının diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek olduğu, Fe noksanlığından en çok etkilenen çeşidin ise Granny Smith olduğu belirlenmiş olup, bu sonuçların saksı çalışmasını desteklediği saptanmıştır. Koseoglu ve Acıkgöz (1995) şeftalide Fe klorozuna bağlı olarak klorofil biyosentezinde etkili olan aktif Fe konsantrasyonunun azaldığını ve buna bağlı olarak klorofil miktarının azaldığını belirtmiştir. Brancadoro vd. (1996) bikarbonat içeriğinin Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinin gelişimini üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla uygulanan bikarbonatın bitkilerin toplam klorofil miktarını azalttığını belirlemişlerdir. Gonzalez-Vallejo vd. (2000) besin çözeltisi ortamına uygulan CaCO₃ ile şeker pancarı yapraklarının toplam klorofil miktarında düşüş olduğunu saptamışlardır. Bikarbonat uygulanan bitkilerin toplam klorofil miktarının Fe noksanlığına bağlı olarak önemli oranda azaldığı avokadoda Manthey ve Crowley (1997), asmada Nikolic ve Kastori (2001) ve Ksouri vd. (2002), şeftalinde Lombardi vd. (2002) ve Molassiotis vd. (2006a), ayva ve armutta Donnini vd. (2011) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca yerfıstığı bitkisinin aktif Fe konsantrasyonunun bitki klorofil miktarı ile ilişkisi değerlendirilmiş ve Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin klorofil miktarının azaldığı ve dayanıklı çeşitlerin klorofil miktarının hassas çeşitlerin klorofil miktarından daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Gao ve Shi 2007, Akhtar vd. 2013). Bu araştırma sonuçları bu tezde elde edilen veriler ile uyum göstermektedir.

Hücre düzeyinde aktif bir şekilde Fe'in kullanıldığının bir ifadesi olan ŞR aktivitesi kirece bağlı Fe klorozunun şiddetini belirlemede önemli parametrelerden biridir. Strateji-I bitkilerinin Fe noksanlığında rizosfere artan oranlarda H⁺ salgıladıkları (Venkat-Raju vd. 1972, Landsberg 1981, Römheld ve Marschner 1981, 1984) ve bu mekanizmanın epidermiste plazma membranları üzerinde lokalize olmuş ATPaz isimli bir enzim tarafından düzenlendiği belirtilmiştir (Römheld ve Marschner 1984). Bu mekanizma ile bitkilerin rizosferde Fe'in hareketliliğini artırıcı etkide bulunan H⁺ iyonları bitki beslenme ortamına salgılanırken bu olaya paralel olarak aynı anda köklerin Fe⁺³ bileşiklerini düzenleyici bir mekanizmayı aktif hale geçirdiği belirtilmiştir (Chaney vd. 1972, Bienfait vd. 1983). Şelat redüktaz aktivitesi ile Fe⁺³ bileşikleri Fe⁺²'ye indirgenmekte ve bitkilerin Fe⁺² formunda Fe alımı olayı gerçekleşmektedir (Rombola vd. 2002). Demir noksanlığında ortaya çıkan proton salgılanması ve ŞR'ın harekete geçmesi bitki tür ve çeşitlerindeki farklılığa bağlı olarak değişim göstermektedir (Römheld ve Marschner 1986, Treeby ve Uren 1993, Tagliavini ve Rombola 2001, De La Guardia vd. 2002). Bitkilerin 2012 ve 2013 yılları ŞR aktiviteleri bikarbonat uygulamasına bağlı olarak azalmıştır. 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak ŞR aktivitesinde en az düşüş görülen çeşitler MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ile M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala iken en fazla düşüş MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ile M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Fuji çeşitlerinde belirlenmiştir. Bitkilerin 2013 yılı ŞR aktiviteleri bikarbonat uygulamasına bağlı olarak azalmış ve ŞR aktivitesinin en fazla düştüğü çeşitler MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı Granny Smith ile M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief olmuştur. Ayrıca MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin ŞR aktivitesinin M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin ŞR aktivitelerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. B/K oranına göre kirece bağlı Fe klorozundan her iki anaç üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinin daha az etkilendiği, Granny Smith çeşidinin ise daha çok etkilendiği belirlenmiştir. Anaçların ŞR aktiviteleri değerlendirildiğinde, her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların ŞR aktivitelerinde düşüş olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bikarbonat uygulanan koşulda MM106 anacının ŞR aktivitesinin M9 anacının ŞR aktivitesinden daha yüksek olduğu ve klorozdan daha az etkilendiği belirlenmiştir. Camp vd. (1987) tarafından Fe noksanlığının farklı domates çeşitlerinin ŞR aktiviteleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bitkilerin Fe noksanlığı stresi başladıktan

sonra besin çözeltisi pH'sını düşürme eğilimi içine girdikleri ve strese bağlı olarak bitkilerin köklerinde ŞR aktivitelerini artırma eğilimine girdikleri ve bu reaksiyonun çeşitlerin Fe noksanlığına karşı geliştirdiği bir adaptasyon mekanizması olarak değerlendirildiği ayrıca bitkilerin ŞR aktivitelerindeki farklılığın çeşitlerin genetik yapılarındaki farklılığın neden olduğu belirtilmiştir. Rombola vd. (2002)'nin Fe noksanlığının kivinin ŞR aktivitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında Fe noksanlığına bağlı olarak kök ŞR aktivitesinin azaldığı, yapraklardaki aktivitenin ise kesin olarak bilinmediği bildirilmiştir. Demir noksanlığına bağlı olarak bitkilerin ŞR aktivitelerinin farklılık gösterdiği bürülcede Bruggemann vd. (1993), ayçiçeğinde De La Guardia ve Alcántara (1996), kivide Rombola vd. (2000), şeker pancarında Larbi vd. (2001) tarafından bildirilmiştir. Ojeda vd. (2004) tarafından Fe noksan koşulda yetiştirilen 2 elma çeşidinden Fe noksanlığına hassas olan çeşidin ŞR aktivitesindeki düşüşün dayanıklı olan çeşitten daha fazla olduğu belirtilmiştir. Benzer bulgular kivide Rombola vd. (2000), pond apple (su elması) ve soursopda (tarçın elması) da Ojeda vd. (2004) ve şeftalide Molassiotis vd. (2006a) tarafından da belirlenmiştir. Yapılan bu araştırmaların sonuçlarının bu tezdeki bulguları desteklediği belirlenmiştir.

Lipid peroksidasyonu oksidatif zararın etkilerinden biridir. (Halliwell 1987, Zhang ve Kirkham 1996, Shainberg vd. 2000). Lipid peroksidasyonun ürünü olan MDA içeriğinin yüksek olması stres koşullarında hücre membranlarına zarar veren serbest radikallerin bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve buna bağlı olarak H₂O₂ birikimi ve lipid peroksidasyonun gerçekleştiği bilinmektedir. Demir noksanlığına hassas olan bitkilerin MDA miktarının dayanıklı bitkilerin MDA miktarından daha yüksek olduğu yoncada M' Sehli-Bouftira vd. (2014) tarafından bildirilmiştir. Yine fasulyede Shainberg vd. (2000), asmada Ksouri vd. (2006) ve domateste Dasgan vd. (2003) yaptıkları çalışmada kirece bağlı Fe noksanlığına hassas olan çeşitlerin MDA miktarının dayanıklı çeşitlerin MDA miktarından daha fazla olduğunu bildirilmişlerdir. Bu çalışmada bitkilerin MDA miktarlarının her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak arttığı ve 2013 yılında bitkilerin MDA miktarlarının artan stres koşuluna bağlı olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin MDA miktarlarının M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin MDA miktarlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 2013 yılında en yüksek MDA miktarı MM106 anacı

üzerine aşılı Royal Gala ve Mondial Gala çeşitlerinde belirlenmiştir. M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin MDA miktarları arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Demir noksanlığı stresinin bitkilerin MDA miktarları üzerine etkisi B/K oranı olarak değerlendirildiğinde en yüksek MDA miktarı MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Granny Smith'te, en düşük MDA miktarı ise MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief'te, M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında ise Royal Gala' da belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak anaçların MDA miktarının her 2 yılda da arttığı, M9 anacının MDA miktarındaki artışın MM106 anacının MDA miktarının arttığı belirlenmiştir.

Fotosentetik hücreler yüksek oksijen içermektedir. Sahip oldukları pigmentler nedeniyle ışığı absorbe edebilmekte ve çeşitli ROS türlerinin oluşumu için gerekli olan enerjiyi karşılayabilmektedirler (Asada ve Takahashi 1987). Demir noksanlığına bağlı olarak bitkilerin fotosentez aktivitesindeki elektron taşınımı bozulmakta ve bu nedenle bitkilerde ROS türleri artmaktadır. Enzimatik olan ve enzimatik olmayan antioksidanlar ile ROS türleri bitkiler için zararsız olan su ve oksijene parçalanmaktadır. Reaktif oksijen türleri arasında olan H_2O_2 miktarının stres koşulunda bitki membranlarındaki zararlanmalardan dolayı arttığını bildiren araştırmalar bulunmaktadır (Prochazkova vd. 2001, Ranieri vd. 2001, Donnini vd. 2003, Molassiotis vd. 2005). Bu çalışmada her 2 yılda da tüm bitkilerin H_2O_2 miktarlarında Fe noksanlığına bağlı olarak artış belirlenmiştir. 2012 yılında özellikle MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşitlerinin H_2O_2 miktarlarındaki artışın diğer çeşitlerin H_2O_2 miktarlarındaki artıştan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulanan bitkiler arasında ise en yüksek H_2O_2 miktarlarının MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşidinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Bitkilerin H_2O_2 miktarlarında 2012'ye kıyasla 2013'de daha fazla artış göstermiş olup kirece bağlı Fe klorozundan en fazla etkilenen çeşitlerin M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith, Mondial Gala ve Red Chief olduğu belirlenmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak M9 anacının H_2O_2 miktarlarının MM106 anacının H_2O_2 miktarlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. B/K oranına göre kirece bağlı Fe noksanlığından, M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Granny Smith çeşitlerinin H_2O_2 miktarlarının diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek olduğu, ayrıca

M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin H₂O₂ miktarlarının MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin H₂O₂ miktarlarından daha fazla olduğu ve bu anaç üzerine aşılı çeşitlerin stresten daha fazla etkilendikleri belirlenmiştir. Kirece bağlı Fe noksanlığına hassas çeşitlerin H₂O₂ miktarlarının dayanıklı olanlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Molassiotis vd. (2005) tarafından beş farklı şeftali çeşidine uygulanan bikarbonat ile bitkilerin H₂O₂ miktarının arttığı, ayçiçeğinde ise CaCO₃'ün neden olduğu Fe klorozuna bağlı olarak H₂O₂ miktarının arttığı Ranieri vd. (2001) tarafından bildirilmiştir. M' Sehli-Bouftira vd. (2014) yonca çeşitlerinin Fe noksanlığına toleanslarını araştırdıkları çalışmalarında Fe noksanlığına dayanıklı çeşidin H₂O₂ miktarlarının hassas olan çeşidin H₂O₂ miktarlarından daha düşük olduğu bildirilmiştir. Yapılan bu araştırma sonuçları tez bulguları ile uyum göstermektedir.

Mikro besin elementi içeren enzimlerin, bitkilerin mikro besin elementleri ile beslenme durumlarını ortaya koymada kullanılabileceği konusunda araştırmalar yapılmıştır (Erdem 2008). Metal içeren enzimlerin aktivitelerinin belirlenmesinde bitki dokularında metabolik düzeyde kullanılabilen metal miktarı hakkında bilgiler bulunmaktadır. Demir, Zn ve Mn gibi besin elementi olan metallerin dokulardaki toplam miktarının tümünün fizyolojik anlamda kullanılabilir nitelikte olmadığı fakat fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda görev aldığı bilinmektedir (Marschner 1995, Erdem 2008).

Bitkilerde kirece bağlı Fe klorozu büyüme, gelişme ve membranların geçirgenliği ve fonksiyonları üzerlerindeki zararlanmanın dışında oksidatif zarara da neden olmaktadır (Bray vd. 2000, Karabal vd. 2003). Bitkiler oksidatif strese bağlı olarak ortaya çıkan zararın giderilmesi için karışık bir savunma mekanizmasına sahiptir. Kirece bağlı Fe klorozunda bitkiler, antioksidan savunma sistemlerinin bazılarını ya da tamamının aktivasyonu ile oksidatif stresin üstesinden gelebilmektedir (Iturbe-Ormaeste vd. 1995, Ranieri vd. 2001, Lombardi vd. 2003, Chouliaras vd. 2004). Demir özellikle 'heme' enzimleri olarak bilinen KAT ve peroksidazlar ile Fe-S proteinlerin metal bileşeni olarak SOD aktivasyonunda yer almakta ve noksanlığında bu enzimlerin aktivitesi bitkinin türüne hatta aynı türün farklı alt kültürlerinde bile farklılık gösterebilmektedir (Von Wiren vd. 1994, El-Bendary vd. 1999, Salama vd. 2009). Demir noksanlığına

dayanıklı çeşitlerin fizyolojik yapılarının hassas olan çeşitlere kıyasla daha iyi olduğu domateste Ruiz vd. (2000) ve Dasgan vd. (2003) tarafından bildirilmiştir.

Ranieri vd. (2001) ayçiçeği bitkisinde kirece bağlı Fe noksanlığında ROS türlerinin arttığını ve bitkilerin bu ROS türlerinin fizyolojik üretimini kontrol etmek için birçok enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidatif mekanizmalar geliştirdiğini bildirmişlerdir Antioksidan sistemde strese bağlı bitki hücrelerinde SOD, AP, KAT, LO gibi enzimatik antioksidanlar ve askorbat, glutatyon ve karotenoid gibi enzimatik olmayan savunma sistemlerinde yer alan antioksidanlar bulunmaktadır (Niknam vd. 2003, Agarwal ve Pandey 2004). Süperoksit dismutaz, O_2^- radikalini H_2O_2 ve O_2 'e dönüştürmektedir. Hidrojen peroksit ise bitkiler için toksik radikallerden biridir. Bu toksik radikali KAT, AP ve LO, H_2O ve O_2 'e parçalayarak bitkiler için zararsız hale getirmektedir (Sairam vd. 2005).

Bu çalışmada, saksı denemesinde yetiştirilen MM106 ve M9 anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı çeşitlerin SOD aktiviteleri değerlendirilmiştir. Buna göre 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak en fazla SOD aktivitesi MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ve Mondial Gala'da belirlenmiş, ayrıca MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin SOD aktivitesindeki artışın M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin SOD aktivitesindeki artıştan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 2013 yılında MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ve Granny Smith ile M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief çeşitlerinin SOD aktivitelerinin diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. B/K oranına göre her 2 anaç üzerine aşılı Red Chief çeşidinin SOD aktivitesinin diğer SOD aktivitesinden daha yüksek, en düşük SOD aktivitesi ise MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Mondial Gala, ile anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Granny Smith olduğu belirlenmiştir. Anaçların 2012 yılı SOD aktivitesinin 2013 yılı SOD aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 2013 yılında M9 anacının SOD aktivitesinin MM106 anacının SOD aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ostrovskaya vd. (1990) tarafından asma bitkisinde kirecin neden olduğu SOD aktivitesindeki artışın, kireçli topraklarda yetiştirilen bitkilerde stresten korunma mekanizması sonucunda artabileceği belirtilmiştir. Molassiotis vd. (2005) beş farklı

şeftali çeşidinin bikarbonat uygulamasına bağlı olarak SOD aktivitesinin arttığını bildirmiştir. Benzer sonuçlar tütünde Kurepa vd. (1997) ve yoncada M' Sehli-Bouftira vd. (2014) tarafından bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulguların daha önce yapılmış olan çalışmalar ile uyum gösterdiği belirlenmiştir.

Hidrojen peroksitin parçalanması için etkili olan enzimlerden birisi KAT, diğerleri de askorbat-glutasyon döngüsüne katılan GR, AP ve LO'dır. Bitkilerin KAT aktiviteleri değerlendirilmiş olup 2012 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin KAT aktivitelerinin arttığı saptanmıştır. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak KAT aktivitesi en fazla artan çeşitler MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala ile M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala çeşitlerinde belirlenmiştir. 2013 yılında bitkilerin KAT aktiviteleri bikarbonat uygulamasına bağlı olarak azalmıştır. En yüksek KAT aktivitesi MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Fuji ile M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Royal Gala çeşitlerinde belirlenmiştir. B/K oranına göre tüm çeşitler arasında en düşük KAT aktivitesi MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinde belirlenmiştir. Anaçların KAT aktiviteleri değerlendirildiğinde MM106 anacının KAT aktivitesinin M9 anacının KAT aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Manthey vd. (1996) tarafından bikarbonat uygulamasına bağlı olarak soğan bitkisinde görülen Fe noksanlığının bitkilerin SOD ve KAT aktivitelerinde %60 ve %90 oranında azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Dasgan vd. (2003)'nin domates bitkisinde ve Ksouri vd. (2006)'nin asma bitkisi ile yürüttükleri çalışmalarında Fe noksanlığına dayanıklı çeşitlerin KAT aktivitelerinin hassas çeşitlerin KAT aktivitelerinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Molassiotis vd. (2005) tarafından şeftaliye uygulanan bikarbonatın neden olduğu Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerde fazla miktarda H₂O₂ birikimi olduğu ve bitkilerin KAT aktivitesinin azaldığı belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar bu tezde elde edilen bulgularla uyum içerisinde olup kirece bağlı Fe noksanlığında bitki tür ve çeşitlerine bağlı olarak KAT aktivitesinin değişebileceği belirlenmiştir.

Her 2 yılda da bikarbonat uygulanan bitkilerin AP aktivitelerinde kontrole göre artış olduğu belirlenmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulanan koşulda en yüksek AP aktivitesi MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ile M9 anacı üzerine aşılı Fuji'de,

en düşük AP aktivitesi ise MM106 anacı üzerine aşılı Fuji ve Royal Gala ile M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala'da belirlenmiştir. 2013 yılında bikarbonat uygulanan koşulda yetiştirilen bitkiler arasında en yüksek AP aktivitesi MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşitinde belirlenmiş olup MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin AP aktivitesinin M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin AP aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Strese bağlı olarak MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Granny Smith çeşitlerinin AP aktivitesinin diğer çeşitlerin AP aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenirken, M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin AP aktivitelerinde ise bikarbonat uygulamasına bağlı olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulanan koşulda anaçların AP aktiviteleri artmış olup, MM106 anacının Fe noksanlığına bağlı olarak AP aktivitesinin M9 anacının AP aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin AP aktivitelerinin M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin AP aktivitelerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalar Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin AP aktivitesinin azaldığı yönündedir. Demir noksanlığına bağlı olarak tütün Kampfenkel vd. (1995) ve kolza Vansuyt vd. (1997) bitkilerinin AP aktivitesinin azaldığı tarafından bildirilmiştir. Chouliaras vd. (2004) demir noksanlığının portakalın fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerin AP aktivitesinin azaldığı, ayrıca dayanıklı çeşidin AP aktivitesindeki düşüşün hassas çeşide kıyasla daha az olduğu saptanmıştır. Zaharieva vd. (2004) tarafından Fe noksanlığının şeker pancarının enzimatik fonksiyonları üzerine etkisini belirlemek üzere yapılan bir araştırmada strese bağlı olarak bitkilerin AP aktivitesinin azaldığı bildirilmiştir. M' Sehli-Bouftira vd. (2014) tarafından yürütülen araştırmada Fe noksanlığına bağlı olarak yoncanın AP aktivitesinin arttığı bildirilmiştir. Ruiz vd. (2000) demir noksanlığından farklı domates çeşitlerinin AP aktivitesinin etkilediği ve çeşitlerin AP aktivitesinde farklılık görüldüğü bildirilmiştir. Yapılan bu araştırmaların bu çalışma bulguları ile uyum içerisinde olup bitkilerin AP aktiviteleri genetiksel farklılığa bağlı olarak değişebilmektedir.

Bitkilerin LO aktivitelerinde bikarbonat uygulamasına bağlı olarak farklılıklar belirlenmiştir. 2012 yılında MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin LO aktivitesinin M9

anacı üzerine aşılı çeşitlerin LO aktivitelerinden daha yüksek olduğu, ayrıca bikarbonat uygulanan koşulda en yüksek LO aktivitesinin MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief ve M9 anacı üzerine aşılı Fuji'de görüldüğü belirlenmiştir. 2013 yılında MM106 anacı üzerine aşılı çeşitler LO aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. En yüksek LO aktivitesi ise M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinde belirlenmiştir. Kirece bağlı Fe noksanlığının neden olduğu stresten en az etkilenen çeşitlerin MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Fuji olduğu, en fazla etkilenen çeşidin ise M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith olduğu ayrıca kirece bağlı Fe noksanlığından M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerden daha fazla etkilendiği belirlenmiştir. 2012 yılında M9 anacının LO aktivitesinin MM106 anacının LO aktivitesinden daha yüksek olduğu, 2013 yılında ise anaçlar ve uygulamaların LO aktivitesi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki yapmadığı belirlenmiştir. Alexiva vd. (2003) ve soğanda Denre vd. (2014) stres koşulunda farklı bitki tür ve çeşitlerinin enzimatik faaliyetlerinin farklılık gösterebileceğini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmaların bulguları bu tezdeki bulgular ile uyum göstermektedir.

Enzimatik olmayan antioksidanların antioksidan savunma sistemlerinde önemli bir yeri vardır. Bu antioksidanlar toksik radikalleri zararsız hale getirirler ya da enzimatik reaksiyonlara substrat olarak katılırlar. Enzimatik olmayan antioksidanlar arasında vitamin C, vitamin E, karotenoidler, ligninler ve tanenler gibi bileşikler sayılabilmektedir. Bu antioksidanlardan askorbik asit, SOD enzimi ile $O_2^{\cdot-}$ 'i parçalamakla beraber α -tokoferol gibi diğer antioksidanların üretilmesine yardımcı olmaktadır (Banerjee vd. 2005, Bağcı 2010). Demir noksanlığına bağlı olarak ROS türlerinin artması ile elektron taşıma zinciri zarar görmekte ve dolayısıyla kloroplastlarda zarara neden olarak EOA'lar arasında yer alan karotenoidlerin miktarı azalmaktadır (Abadia 1992). Bu çalışmada her 2 yılda da EOA miktarının bitkilerin anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarına bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulamasının bitkilerin EOA miktarları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. 2013 yılında bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bazı çeşitlerin EOA miktarlarının arttığı bazılarının ise azaldığı belirlenmiştir. Özellikle

MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin EOA miktarlarının M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin EOA miktarlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek EOA miktarı MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Mondial Gala çeşitlerinde belirlenmiştir. B/K oranına göre MM106 anacı üzerine aşılı Fuji ve M9 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşitlerinin EOA miktarının stres koşulunda daha yüksek olduğu saptanmıştır. Her 2 yılda da anaçların EOA miktarları üzerine anaç ve uygulama etkisinin önemsiz olmuştur.. Molassiotis vd. (2005) tarafından beş farklı şeftali çeşidine uygulanan bikarbonat ile bitkilerin EOA miktarlarının arttığı ve bu artışın genetiksel farklılığa bağlı olarak çeşitler arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir. Molassiotis vd. (2006a) kireç kökenli Fe klorozuna dayanıklı ve hassas 2 şeftali çeşidi ile yürüttükleri araştırmalarında, hassas olan çeşidin EOA miktarının stres faktörüne bağlı olarak azaldığı, dayanıklı çeşidin EOA miktarının ise arttığı bildirilmiştir. M' Sehli-Bouftira vd. (2014) tarafından yürütülen araştırma ile Fe noksanlığına bağlı olarak yonca bitkisinin Fe noksanlığına hassas olarak kabul edilen çeşidinde EOA miktarının azaldığı, dayanıklı olan çeşitte ise EOA miktarının arttığı fakat bu artışın istatistiki olarak önemli olmadığı, bitkilerin EOA miktarlarındaki bu farklılığın enzimatik olmayan antioksidanlardan olan askorbat ve glutatyon miktarlarından kaynaklandığı bildirilmiştir. Yapılan bu araştırmalar Fe klorozuna bağlı olarak farklı bitki tür ve çeşitlerinin EOA miktarlarının değişebileceğini göstermektedir. Bu durum tezde elde edilen bulgular ile uyum göstermektedir.

Anaçlar arasındaki bitki besin maddesi alımının farklı olması, kök yayılım alanı, kılcal kök yoğunluğu, kök katyon değiştirme kapasitesi, kök salgıları vb. gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir. Ayrıca kök sisteminin su ve besin maddelerinin topraktan alımı ve bitki içerisinde taşınmasında büyük rol oynadığı bilinmektedir (Güneş vd. 2004, Küçükyumuk ve Erdal 2009).

Kirece bağlı Fe klorozunun etkilerinin belirlenmesi amacıyla uygulanan bikarbonat MM106 ve M9 anaçları ile bu anaçlar üzerine aşılı 5 farklı çeşidin besin maddesi konsantrasyonları üzerinde farklılıklar görülmesine neden olmuş ve bu farklılığa anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarının neden olduğu saptanmıştır. Sabır vd. (2010)

bikarbonat uygulamasının 4 farklı asma çeşidinin P, Ca, Mg, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonları üzerine etkisini belirlemişlerdir. 9 mg L⁻¹ Fe uygulaması, 9 mg L⁻¹ Fe +840 mg L⁻¹ NaHCO₃ ile karşılaştırılmış ve bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Alphonse Lavallee çeşidinin P, Ca, Zn ve Cu konsantrasyonlarının azaldığı, Mg ve Mn konsantrasyonlarının arttığı bildirilmiştir. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Fercal ve 1613C çeşitlerinin tüm besin maddesi konsantrasyonları azalmış, 99R çeşidinin Mn konsantrasyonu ise bikarbonat uygulamasına bağlı olarak arttarken diğer besin maddesi konsantrasyonlarının azaldığını belirtilmiştir. Araştırmacılar genel olarak kirece bağlı Fe klorozunda bitkilerin besin maddesi konsantrasyonlarının azaldığı fakat genotipsel farklılığa bağlı olarak bitkilerin besin maddesi konsantrasyonlarında farklılıklar görülebileceğini belirtmişlerdir. Küçükyumuk ve Erdal (2009) %10 kireç içeren bir bahçede yetiştirilen M9, M26, MM106 ve MM111 anaçları ve bu anaçlar üzerine aşılı Lutz Golden, Skyline Supreme, Mondial Gala ve Granny Smith çeşitlerinden yaprak örnekleme yapılmış ve bu bitkilerin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları belirlenmiş, bitkilerin N, P, K, Ca, Zn ve Mn konsantrasyonlarının yeterli kabul edilen sınır değerler içinde, Cu ve Fe konsantrasyonunun ise noksan olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak farklı anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarına bağlı bitki besin maddesi konsantrasyonlarında farklılıklar görülebileceğini belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar şeftalide Stylianides vd. (1989), Igartua vd (2000), Tsipouridis vd. (2005) ve kirazda Jimenez vd. (2007), çilekte Bulduk ve Erdal (2012) tarafından da belirlenmiştir. Bergmann (1992) ve Marschner (1995) aynı ortamda yetişmiş farklı bitki tür ve çeşitlerinin besin maddesi alımında farklılıklar görülebileceğini, bu farklılığın her bitkinin besin maddesi alımında kendine has bir mekanizma oluşturduğu ve bu durumun özellikle Fe gibi mikro besin elementleri için söz konusu olduğunu belirtmişlerdir. Belkhodja vd. (1998) aktif kireç oranı %12.6 olan bir toprakta yetiştirilen şeftali bitkisinden çiçeklenmeden 60 ve 120 gün sonra yaprak örnekleme yapılmış ve bitkilerin besin maddesi konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Kirece bağlı olarak bitkilerin klorofil ve Fe konsantrasyonlarının azaldığı, klorofildeki bu düşüşe besin maddesi konsantrasyonlarının neden olabileceği ve kirece bağlı olarak bitkilerin Ca, Mg, Cu ve Zn konsantrasyonlarının azaldığı, K ve Mn konsantrasyonunun ise arttığı belirtilmiştir. Karagiannidis vd. (2008) kirece bağlı (aktif kireç %18.3) Fe noksanlığının farklı şeftali çeşitlerinin P, K, Ca, Mg, B, Fe, Zn, Cu ve Mn

konsantrasyonları üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında bitkilerin klorofil miktarları ile besin elementi konsantrasyonları arasında bir ilişki olduğunu ve genotipsel farklılığına bağlı olarak bitkilerin besin maddesi konsantrasyonlarının değiştiğini, kloroza dayanıklı çeşitlerin besin maddesi konsantrasyonlarının hassas olan çeşitlerin besin maddesi konsantrasyonundan daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Benzer bulgular Stylianides ve Syrgiannidis (1995) tarafından da bildirilmiştir. %14.1 kireç içeren olan bir toprakta 8 ilek çeşidi ve bunların melezleriyle yürütülen çalışmada çeşitlerin besin maddesi konsantrasyonlarında farklılık belirlemişlerdir. Bitkilerin yaprak P konsantrasyonu % 0.07-%0.20, K konsantrasyonu % 0.63-%1.40, Ca konsantrasyonu % 0.70-% 1.80, Mg konsantrasyonu % 0.70-%1.80, Zn konsantrasyonu 8-103 mg kg⁻¹, Mn konsantrasyonu 114-404 mg kg⁻¹, Fe konsantrasyonu, 263-394 mg kg⁻¹ Cu konsantrasyonu 5-20 mg kg⁻¹, arasında değiştiğini belirlemişler ve aynı hat üzerinde yetiştirilen bitkilerin besin maddesi konsantrasyonlarının bitki çeşitlerine bağlı olarak değişebileceğini bildirmişlerdir (Bulduk ve Erdal 2012). Bu çalışmada kullanılan anaç ve anaç/çeşit kombinasyonlarının besin maddesi konsantrasyonlarında belirlenen farklılıklar yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir.

Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak topraklarda P okelmekte ve bu nedenle bitkilerin topraktan P alımı azalmakta ve buna bağlı olarak bitkideki P konsantrasyonu dş göstermektedir. Bitkilerin 2012 ve 2013 yılı P konsantrasyonları değerlendirilmiş, her 2 yılda bitkilerin P konsantrasyonunda bikarbonat uygulamasına bağlı dş belirlenmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulanan koşulda en yüksek P konsantrasyonu MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı Red Chief eşitlerinde belirlenmiştir. 2013 yılında bitkilerin P konsantrasyonları arasında çok büyük farklılıklar belirlenmemiş olup M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin P konsantrasyonlarının MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin P konsantrasyonuna göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Her 2 yılda da M9 anacının P konsantrasyonunun MM106 anacının P konsantrasyondan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Alan alışması sonucunda M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin P konsantrasyonları arasında farklılık görüldüğü buna neden olarak bitkilerin çevresel etmenlerden daha çok etkilenmiş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca saksı denemesine ait bitkilerin P konsantrasyonları arasında büyük bir farklılık ve noksanlık

görülmemesinin nedeninin bitkilere uygulanan P'lu gübreden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bitkilerin Ca konsantrasyonları değerlendirildiğinde, her iki yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak tüm bitkilerin Ca konsantrasyonunda artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bikarbonat uygulamasına bağlı olarak her 2 anaç ve bu anaçlar üzerine aşılı çeşitlerin 2012 yılı Ca konsantrasyonunun 2013 yılı Ca konsantrasyonundan yüksek olduğu belirlenmiştir. 2012 yılında bikarbonat uygulanan koşulda en yüksek Ca konsantrasyonu MM106 anacı üzerine aşılı Fuji ve Granny Smith ile M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşitlerinde belirlenmiştir. 2013 yılında en yüksek Ca konsantrasyonu M9 anacı üzerine aşılı Red Chief, Granny Smith ve Fuji ile MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşitlerinde belirlenirken, en düşük Ca konsantrasyonu MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinde belirlenmiştir. 2012 yılında MM106 anacının Ca konsantrasyonunun M9 anacının Ca konsantrasyonundan daha yüksek, 2013 yılında ise M9 anacının Ca konsantrasyonunun MM106 anacından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Alan çalışması sonucunda M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief çeşitlerinin Ca konsantrasyonu diğer çeşitlerin Ca konsantrasyonundan daha yüksek bulunmuş ve en düşük Ca konsantrasyonu Granny Smith çeşidinde belirlenmiştir. Her 2 deneme sonucunda bitkilerin Ca konsantrasyonlarının birbirine yakın olduğu, özellikle Mondial Gala ve Royal Gala çeşitlerinde Ca konsantrasyonlarının birbirini destekler nitelikte olduğu saptanmıştır. Bitkilerin Ca konsantrasyonlarında görülen farklılığın stres etmeninin süresi, şiddeti gibi etmenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Fe klorozuna hassas olan çeşitlerin Ca konsantrasyonu dayanıklı çeşitlerin Ca konsantrasyonundan daha yüksek bulunmuştur. Strese bağlı olarak bitkinin fotosentez aktivitesi azalmış, buna bağlı olarak yaprak yüzey küçülerek Ca'un yapraklarda daha fazla birikmesine neden olmuştur. Ayrıca Ca'un transpirasyona bağlı olarak taşınması yapraklardaki Ca miktarının yüksek olmasının bir diğer nedeni olmuş ve bulgular Güneş vd. (2004) tarafından desteklenmiştir.

Magnezyum klorofil molekülünün merkez atomu olarak bulunmaktadır. Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak yapraklardaki klorofil miktarı azalmakta ve bunun sonucunda Mg konsantrasyonu düşmektedir. Ayrıca bikarbonat uygulaması ile yapraklarda artan Ca konsantrasyonu bitkilerde Mg ile rekabete neden olmakta ve sonuç olarak yapraklardaki Mg konsantrasyonu azalmaktadır. Bitkilerin genetiksel farklılığı bitkilerin Mg alımını etkilemektedir (Güneş vd. 2004). Her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin Mg konsantrasyonlarında artış ve azalışlar belirlenmiştir. 2012 yılında en yüksek Mg konsantrasyonu MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith ile M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala çeşidinde belirlenmiştir. Anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarının 2012 yılı Mg konsantrasyonlarının 2013 yılı Mg konsantrasyonlarından yüksek olduğu belirlenmiştir. 2013 yılında en yüksek Mg konsantrasyonu M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında Mondial Gala ve Red Chief çeşitlerinde belirlenmiştir. Anaçların her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Mg konsantrasyonları azalmıştır. 2013 yılında MM106 anacının Mg konsantrasyonu M9 anacının Mg konsantrasyonundan daha yüksek bulunmuştur. Alan çalışması sonucunda M9 anacı üzerine aşılı Fuji hariç diğer çeşitlerin Mg konsantrasyonunun daha yüksek olduğu her 2 çalışmada da bitkilerin Mg konsantrasyonları arasında büyük bir fark olmadığı ve en düşük Mg konsantrasyonu Fuji çeşidinde belirlenmiştir. Alan ve saksı çalışmalarının birbirini destekler nitelikte olduğu saptanmıştır.

Kirece bağlı Fe klorozunun bitkilerin Zn konsantrasyonu azaltmasında en önemli neden toprakta çözünen bikarbonattır. Kireçli ve pH'sı yüksek olan toprakta bitkilerin Zn alımı ve taşınımı azalmaktadır (Güneş vd. 2004). Ayrıca Zn inmobil bir element olup yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınımı zor olmakta ve çözünürlüğünün de azalması ile birlikte bikarbonat uygulanan bitkilerin Zn konsantrasyonunda düşüş görülmektedir. Bitkilerin Zn konsantrasyonlarında görülen fark genotipsel değişiklikten kaynaklanabilmektedir (Güneş vd. 2004). Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak her 2 yılda da bitkilerin Zn konsantrasyonlarında düşüş belirlenmiştir. 2012 yılında özellikle MM106 anacı üzerine anacı üzerine aşılı Granny Smith ve Fuji çeşitleri ile M9 Fuji ve Red Chief çeşitlerinin Zn konsantrasyonunda düşüş daha fazla olmuştur. 2013 yılında

saksı denemesinde yetiştirilen bitkilerden MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin Zn konsantrasyonlarının M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin Zn konsantrasyonundan daha yüksek olduğu, bikarbonat uygulamasından en çok etkilenen çeşitlerin M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala ve Granny Smith olduğu belirlenmiştir. Anaçların Zn konsantrasyonu değerlendirildiğinde her 2 yılda da anaçların Zn konsantrasyonunun azaldığı, ayrıca her 2 yılda da M9 anacının Zn konsantrasyonunun MM106 anacının Zn konsantrasyonundan yüksek olduğu belirlenmiştir. Alan çalışması sonucunda yıllara göre bitkilerin Zn konsantrasyonları arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın doğal ortamda görülebilecek diğer stres etmenlerinden de kaynaklanabileceği her 2 denemede de M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinin Zn konsantrasyonunun diğer çeşitlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Bu veriler sonucunda saksı denemesi ve alan çalışmasının birbiri ile örtüşür nitelikte olduğu belirlenmiştir.

Her 2 yılda da bikarbonat uygulamasına bağlı olarak bitkilerin Cu konsantrasyonu düşmüş ve 2013 yılındaki düşüşün 2012 yılına kıyasla daha fazla olduğu saptanmıştır. 2012 yılında en yüksek Cu konsantrasyonu M9 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşidinde belirlenmiş, 2013 yılında ise bikarbonat uygulamasına bağlı olarak en yüksek Cu konsantrasyonu M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala ve Fuji çeşitlerinde belirlenmiştir. 2013 yılında anaçların Cu konsantrasyonunun 2012 yılı Cu konsantrasyonundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 2012 yılında MM106 anacının 2013 yılında ise M9 anacının Cu konsantrasyonunun daha yüksek olduğu belirlenmiştir. B/K oranına göre bitkilerin Cu konsantrasyonu üzerine bikarbonat uygulamasının önemli bir fark yaratmadığı belirlenmiştir. Alan çalışması ve saksı denemesi sonucunda M9 anacı üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Cu konsantrasyonu Fuji, Red Chief çeşitlerinde belirlenirken en düşük Cu konsantrasyonu Granny Smith çeşidinde belirlenmiştir. Sonuçlar birbirini destekler nitelikte olup, diğer çeşitlerin Cu konsantrasyonları arasındaki farklılığın ortam farkı ile bitki yaşı gibi diğer faktörlerden de kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bitkilerin Cu konsantrasyonunun yüksek olmasının bir nedeninin de bitkilerde zararlı ve hastalıkla mücadelede kullanılan zirai ilaçların içinde bulunan Cu olabileceği düşünülmektedir.

Bikarbonat uygulamasına bağlı olarak 2012 ve 2013 yıllarında bitkilerin Mn konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca 2013 yılında hem kontrol hem de bikarbonat uygulanan koşulda yetiştirilen bitkilerin Mn konsantrasyonlarının 2012 yılına kıyasla önemli oranda düşüş gösterdiği belirlenmiştir. 2012 yılında MM106 anacı üzerine aşılı çeşitlerin Mn konsantrasyonu bikarbonat uygulamasından daha az etkilenmiş olup en yüksek Mn konsantrasyonu MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief çeşidinde belirlenmiştir. En düşük Mn konsantrasyonu ise M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidinde belirlenmiştir. 2013 yılında bikarbonat uygulanan koşulda en yüksek Mn konsantrasyonu M9 anacı üzerine aşılı Fuji ve Red Chief çeşitlerinde belirlenmiştir. Her 2 yılda da anaçların Mn konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir. Anaçların 2013 yılı Mn konsantrasyonlarının 2012 yılı Mn konsantrasyonundan daha düşük olduğu, MM106 anacının Mn konsantrasyonunun M9 anacının Mn konsantrasyonundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Alan çalışması sonucunda M9 anacın üzerine aşılı çeşitler arasında en yüksek Mn konsantrasyonu Fuji çeşidinde belirlenirken, saksı denememizde bikarbonat uygulamasına bağlı olarak B/K oranına göre en düşük Mn konsantrasyonu Fuji çeşidinde belirlenmiştir. Denemeler arasında oluşan bu farklılığın bitkilerin yaş, büyüme ortamı ve karşılaştığı çevresel faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitkilerin Mn konsantrasyonlarındaki bu azalmada bikarbonat uygulamasına bağlı olarak Ca ve Mg gibi katyonların yüksek konsantrasyonu ve pH'nın artması ile yapraklardaki Mn konsantrasyonunun azalması da neden olarak gösterilebilir. Solunum ve fotosentezin bikarbonata bağlı olarak azalması ile bitki kuru ağırlığının düşmesi ve immobil bir element olan Mn'in bitki genç yapraklarına taşınmaması yapraklardaki Mn konsantrasyonunun azalmasına neden olmuştur. Kirece bağlı Fe noksanlığı stresine bağlı olarak bitkiler tarafından besin maddesi alımı ve taşınımı üzerine anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarında görülen genetiksel farklılık etkili olmaktadır (Güneş vd. 2004).

Bu çalışma sonucunda MM106 ve M9 anaçları üzerine aşılı 5 farklı elma çeşidinin kirece bağlı Fe klorozuna göstermiş olduğu hassasiyet ve dayanımları bitkilerin aktif ve toplam Fe konsantrasyonları yanında fizyolojik ve enzimatik parametreler ve bazı besin elementi konsantrasyonları ile açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırma sonucunda,

- ✓ Anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarının Fe klorozuna toleranslarının farklılık gösterdiği belirlenmiştir.
- ✓ Demir noksanlığı stresine hassas çeşitlerin özellikle aktif Fe ve toplam klorofil miktarları ile ŞR ve KAT, SOD, LO ve AP aktivitelerinin ve Ca hariç diğer besin maddesi konsantrasyonların daha düşük olduğu, Fe noksanlığına dayanıklı çeşitlerin bu parametrelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- ✓ Demir noksanlığına dayanıklı çeşitlerin mikro element konsantrasyonların hassas çeşitlerden daha yüksek olduğu, dolayısıyla enzimatik aktivitelerinin de daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- ✓ Demir noksanlığına dayanım açısından iki anaç ve bu anaçlar üzerine aşılı çeşitler kıyaslandığında, MM106 anacının M9 anacına göre daha dayanıklı olduğu, bu nedenle MM106 anacına aşılı çeşitlerin kirece bağlı Fe klorozuna dayanımlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- ✓ MM106 ve M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerden Mondial Gala ve Royal Gala'nın Fe noksanlığına dayanıklı, Fuji ve Red Chief'in orta derecede dayanıklı, Granny Smith'in ise hassas olduğur belirlenmiştir.
- ✓ Alan çalışmasında kullanılan M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin Fe noksanlığına göstermiş olduğu performansın aynı çeşitlerle yürütülen saksı denemesi sonuçları genel olarak destekler nitelikte olması bu araştırmanın doğruluğu yönünde fikir verse de görülen bazı farklılıkların stresin şiddetine, oluşumuna ortam koşulları arasındaki farklılığa ve bitki yaşına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

- ✓ Sonuç olarak ülkemizde ve dünyada önemli oranda elma yetiştiriciliği yapılan bu alanlarda görülen yüksek kireç oranına bağlı olarak ortaya çıkan Fe klorozuyla başetmede kullanılacak Fe'li gübre miktarının fazlalığı ve bu gübrelerin fiyatlarının yüksek olması ekonomik anlamda üretimi ve kaliteyi sınırlandırmaktadır. Bu nedenle elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda Fe noksanlığına dayanıklı doğru anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarının seçimi önem kazanmakta ve verimli, kaliteli ürün alınmasına yardımcı olmaktadır.

- ✓ Kirece bağlı Fe noksanlığının neden olduğu kloroza dayanımda doğru anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarının seçiminde bitkilerin oksidatif strese bağlı tepkilerinin de önemli olduğu, bu nedenle fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin de gözönünde bulundurularak anaç ve çeşit/anaç kombinasyonlarının seçiminin yapılmasının gerekliliği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abadia, J. 1992. Leaf responses to Fe deficiency: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 15; 1699-1713.
- Agarwal, S. and Pandey.V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Biol. Plant*, 48; 555-560.
- Ahmed, A.R. 2013. Study influence of elemental sulphur compared with foliar spray fertilizers on productivity and maintenance calcareous soil. *Nature & Science*, 11; 26-34.
- Akgül, H., Kaçal, E., Öztürk, F.P., Özongun, Ş., Atasay, A. ve Öztürk, G. 2011. Elma Kültürü. Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Yayın no:37, Eğirdir/Isparta.
- Akgül, H. ve Uçgun, K. 2011. Bazı ılıman iklim meyvelerinde yaprak aktif demir içerikleri ile demir eksikliği klorozu arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. 6. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Şanlıurfa.
- Akhtar, S., Shahzad, A., Arshad, M. And Hassan, F.U. 2013. Morpho-physiological evaluation of grouDnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes for iron deficiency tolerance. *Pak. J. Bot.*, 45; 893-899.
- Aktaş, M. 2004. Bitkilerde Beslenme Bozuklukları ve Tanınmaları. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre: 11-13 Ekim 2004, 1118-1186, Tokat.
- Alexieva, V., Ivanov, S., Sergiev, I., Alam, S.S, and Karanov, E. 2003. Interaction between stresses. *Bulg. J. of Biology Sci.*, 1; 199-201.
- Alcántara, E. Cordeiro, A.M. and Barranco, D. 2003. Selection of olive varieties for tolerance to iron chlorosis. *J. Plant Physiol.*, 160; 1467-1472.
- Alpaslan, M., Güneş, A. ve İnal, A. 1998. Deneme Tekniği. A.Ü.Z.F. Yay. No. 1501, 408, Ankara.
- Alpaslan, M., Güneş, A., İnal, A. ve Aktaş, M. 2001. Akdeniz Bölgesi seralarında yetiştirilen bitkilerin beslenme durumlarının incelenmesi. I. Sera topraklarının verimlilik durumları. *A.Ü. Z. F. Tarım Bil. Dergisi*, 7 (1); 47-55.
- Alscher, R.G., Donahue, J.L. and Cramer, C.L. 1997. Reactive oxygen species and antioxidants relationship in green cells. *Physiol. Plant*, 100; 224-233.
- Alvarez-Fernandez, A., Melgar, J.C., Abadia, J. and Abadia, A. 2011. Effects of moderate and severe iron deficiency chlorosis on fruit yield, apperance and composition in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Environmental and Experimental Botany*, 71; 280-286.

- Ambler, J.E., Brown, J.C. and Gauch, H.G. 1970. Effect of zinc on translocation of iron in soybean plants. *Plant Physiol.*, 46; 320-323.
- Anonim. Websitesi: 2013. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim Tarihi: 14.11.2014.
- Anonim. Websitesi: 2014. <http://www.elma çeşitleri>, Erişim Tarihi: 01.02.2013.
- Anonymous. 2013. Websitesi: [Statistical databasehttp://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E](http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E), Erişim Tarihi: 03.03.2014.
- Anonymous. 1951. Soil Sorvey Stuff. Soil Sorvey Manual. Agric. Res. Administration. USDA Handbook. 18; 340-37.
- Anonymous. 1990. micronutrient, assessment at the country level an international study. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa Rome.
- Ao, T.Y., Chaney, R.L., Korcak, R.F. and Faust, M. 1987. Influence of soil moisture level on apple iron chlorosis development in a calcareous soil. *Plant Soil*, 104; 85-92.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast: Polyphenoloxidase in *beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, 24; 1-15.
- Asada, K. And Takahashi, M. 1987. Production and scavenging of active oxygen radicals in photosynthesis. *Photoinhibition*. Kyle, D.J. (ed.), Elsevier, 227-297.
- Asada, K. 1999. The water-water cycle in chloroplasts scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annu. Rev. Plant Physiol., Plant Mol. Biology*, 50; 601-639.
- Atay, N.A., Atay, E. ve Koyuncu, F. 2010. Dünya elma ıslah programlarına genel bir bakış, *Bahçe*, 39; 31-44.
- Axelrod, B., Cheesbrough, T.M. and Laakso, S. 1981. Methods in enzymology. In: Lowenstein, J.M editor. New York: Academic Press. 441-51. New York.
- Azevedo , R.A., Alas, R.M., Smith, R.J. and Lea, P.A. 1998. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in leaves and roots of wild-type and catalase deficient mutant of barley. *Physiol Plant*, 104; 280-292.
- Azpilicueta, C.E., Benavides, M.P., Tomaro, M.L. and Gallego, S.M. 2007. Mechanism of CATA3 induction by cadmium in sunflower leaves. *Plant Physiol Biochemistry*, 45; 589-595.
- Bağcı, E.G. 2010. Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif sresin fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerle belirlenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Banerjee, A., Dasgupta, N. and De, B. 2005. In vitro study of antioxidant activity of syzygium cumini fruit, *Food Chemistry*, 90(4); 727-733.

- Barber, S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic models. 2nd Ed. John Wiley and Sons Inc. 86. New York.
- Başar, H. ve Özgümüş, A. 1999. Değişik demirli gübre ve dozlarının şeftali ağaçlarının bazı mikro besin elementi içerikleri üzerine etkisi. TR. J. of Agriculture and Forestry, 23; 273-281.
- Bauer, P. and Hell, R. 2006. Translocation of iron in plant tissues. In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms. (Eds. L.L. Barton, J. Abadía), Springer Verlag, 279-288.
- Bavaresco, L., Giachino, E. and Colla, R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. J. of Plant Nutrition, 22(10); 1589-1597.
- Bavaresco L. and Poni, S. 2003. Effect of calcareous soil on photosynthesis rate, mineral nutrition and source-sink ratio of table grape. Journal of Plant Nutrition, 26; 2123-2135.
- Bienfait, H.F., Bino, R.J., Van Der Bliëk, A.M., Duivenvoorden, J.F. and Fontain, J.M. 1983. Characterization of ferric reducing activity in roots of Fe-deficient *Phaseolus vulgaris*. Physiol Plant, 59; 196-202.
- Belkhdja, R., Morales, F., Sanz, M., Abadía, A. and Abadía, J. 1998. Iron deficiency in peach trees: Effects on leaf chlorophyll and nutrient concentrations in flowers and leaves. Plant Soil, 203; 257–268.
- Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plant: Development, visual and analytical diagnosis led. By Werner, Bergmann, Jena; Stutgard, New York.
- Bert, P.F., Bordenave, L., Donnart, M., He´vin, C., Ollat, N. and Decroocq, S. 2013. Mapping genetic loci for tolerance to lime-induced iron deficiency chlorosis in grapevine rootstocks (*Vitis* spp.). Theoretical and Applied Genetics, 126; 451–473.
- Black, M.M. 2003. Micronutrient deficiencies and cognitive functioning. Journal of Plant Nutrition, 133 (11); 392-393.
- Bouyoucos, G.J.A. 1951. A realibration of hydrometer for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal, 43; 434-438.
- Boccio, J.R. and Iyengar, V. 2003. Iron deficiency: Causes, consequences and strategies to overcome this nutritional problem. Biological Trace Element Research, 94 (1); 1-31.
- Brancadoro, L, Vanoli, M. and Zocchi, G. 1996. Adaptive responses to high concentration of HCO₃⁻ in Cabernet Sauvignon. Acta Horticulturae, 427; 75-81.
- Bray, E.A., Bailey-Serres., J. and Weretilnyk, E. 2000. Responses to abiyotik stresses chapter 22. In biochemistry and molecular biology of plants. B.B.Buchanan,

- W. Grissem and R.L. Jones, (ed) American Society Plant Physiology Rockville MD.
- Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9, 1149-1178. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Brown, J.C., Holmes, R.S. and Tiffin, L.O. 1961. Iron chlorosis in soybean as related to the genotype of rootstock: 3. chlorosis susceptibility and reductive capacity at the root. *Soil Sci.*, 91; 127-132.
- Bruggemann, W., Maas-Kantel, K. and Moog, P.R. 1993 Iron uptake by leaf mesophyll cells: The role of the plasma membrane-bound ferric-chelate reductase. *Planta*, 190; 151–155.
- Bueno, P. and Piqueras, A. 2002. Effect of transition metals on stress, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in tobacco cell cultures. *Plant Growth Regu.*, 36; 161-167.
- Bulduk, E.U. ve Erdal, İ. 2012. Genotipsel farklılığın çileğin mineral beslenmesi üzerine etkisi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 29 (1); 59-70.
- Büyük, İ., Aydın, S.S. ve Aras, S. 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69; 97-110.
- Cadenas, S.E. 1989. Biochemistry of oxygen toxicity. *Annu. Rev. Biochem.*, 58; 79-110.
- Cakmak, I. and Marschner, H. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiol.*, 98; 1222-1227.
- Cakmak, I., D. Strbac and Marschner. H. 1993. Activities of hydrogen peroxide-scavenging enzymes in germinated wheat seeds. *Journal of Experimental Botany*, 44; 127–132.
- Cakmak, I., Gülüt, Y.K., Marschner, H. and Graham, R.D. 1994. Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 17; 1-17.
- Cakmak, I. and Engel, S.C. 2000. Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. *Mineral Nutrition of Crops*, 399; 141-168.
- Camp, S.D., Jolley, V.D. and Brown, J.C. 1987. Comparative evaluation of factors involved in iron-stress response in tomatoes and soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 10; 423-442.
- Cañasveras, J.C., Sánchez-Rodríguez, A.R., Carmen del Campillo, M., Barrón, V. and Torrent, J. 2014. Lowering iron chlorosis of olive by soil application of iron sulfate or siderite. *Agronomy for Sustainable Development*, 34; 667-684.

- Castle, W.S., Nunnallee, J. and Manthey, J.A. 2009. Screening citrus rootstocks and related selections in soil and solution culture for tolerance to low iron stress. *Hortscience*, 44; 638–645.
- Celkan, T. 2006. Websitesi: http://www.ctf.edu.tr/anabilimdallari/pdf/17/Demir_Eksikligi_Anemisi.pdf, Erişim Tarihi: 21.09.2014.
- Ceylan, Y. 2013. Tokat yöresi elma bahçelerinin mikro besin elementi (Fe, Zn, Cu, Mn) yönünden beslenme durumlarının dönemsel olarak incelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Tokat.
- Chaney, R.L., Brown, J. C. and Tiffiin, L.O. 1972. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. *Plant Physiol*, 50; 208-23.
- Chaney, R.L. 1984. Diagnostic practices to identify iron deficiency in higher plants. *J. Plant Nutr.*, 7; 47-67.
- Chaney, R.L., Hamze, M.H. and Bell, F.P. 2014. Screening chickpea for iron chlorosis resistance using bicarbonate in nutrient solution to simulate calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, 15; 2045-2062.
- Chebbi, M., Msilini, N., Amdouni, T. and Ouerghi, Z. 2013. Differential responses of two *Lactuca Sativa* varieties to bicarbonate- induced iron deficiency. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9 (4); 39-52.
- Chouliaras, V., Therios, I., Molassiotis, A. and Diamantidis, G. 2004. Iron chlorosis in grafted sweet orange (*Citrus sinensis* L.) plants: physiological and biochemical responses. *Biologia Plantarum*, 48(1); 141-144.
- Cinelli, F. 1995. Physiological Responses of clonal quince rootstocks to iron- deficiency induced by addition of bicarbonate to nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 18(1); 77-89.
- Covarrubias, J.I. and Rombolà, A.D. 2013. Physiological and biochemical responses of the iron chlorosis tolerant grapevine rootstock 140 Ruggeri to iron deficiency and bicarbonate. *Plant and Soil*, 370; 305–315.
- Çoban, H., Aydın, Ş. ve Yağmur, B. 2005. Yapraktan demir (Fe) uygulamalarının yuvarlak çekirdeksiz (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *C.B.U Journal of Science*, 1.2; 109-115.
- Dasgan, H.Y., Ozturk, L., Abak, K. and Cakmak, 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.
- Davies, K.J.A. 1987. Protein damage and degradation by oxygen radicals. 1. General aspects. *J. Biol. Chem.*, 262; 9895-9901.
- Davis, D.G. and Swanson, H.R. 2001. Activity of stress-related enzymes in the perennial weed leafy spurge (*Euphorbia esula* L.). *Environ. Exp. Bot.*, 46; 95-108.

- De Kock, P.C. 1981. Iron nutrition under conditions of stress, *J. Plant Nutr.*, 3; 513-521.
- De La Guardia, M.D. and Alcantara, E. 1996. Ferric chelate reduction by sunflower (*Helianthus annuus* L.) leaves: Influence of light, oxygen, iron-deficiency and leaf age. *J. Expt. Bot.*, 47; 669–675.
- De La Guardia, M.D. and Alc'antara Esteban, A. 2002. Comparison of ferric-chelate reductase and chlorophyll and growth ratios as indices of selection of quince, pear and olive genotypes under iron deficiency stress. *Plant and Soil*, 241; 49-56.
- Denre, M., Bhattacharya, A., Pal, S., Chakravarty, A., Chattopadhyay, A. and Mazumdar, D. 2014. Changes in antioxidants and pungency in response to foliar applications of Mn and Fe in onion. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 6; 19-27.
- Ding, H., Duan, L., Li, J., Yan, H., Zhao, M., Zhang, F. and Li, W.X. 2010. Cloning and functional analysis of the peanut iron transporter AhIRT1 during iron deficiency stress and intercropping with maize. *J. Plant Physiol.*, 167; 996-1002.
- Dockendorf, H. und Höfner, W. 1990. Einfluss von bikarbonat auf die subzellulare verteilung von blatt- und wurzelappliziertem eisen bei sonnenblumen (*Helianthus annuus* L.). *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.*, 153; 313-317.
- Dolcet-Sanjuan, R., Mok, D.W.S. and Mok, M.C. 1990. Micropropagation of *Pyrus* and *Cydonia* and responses to Fe-limiting conditions. *Plant Cell Tiss Organ Cult.*, 21; 191–199.
- Donnini, S., Castagna, A., Guidi, L., Zocchi, G. and Ranieri, A. 2003. Leaf responses to reduced iron availability in two tomato genotypes: T3238FER (Iron efficient) and T3238fer (Iron inefficient). *Journal of Plant Nutrition*, 26; 2137-2148.
- Donnini, S., Cinelli, F., Sensale, L., Muleo, R., Zocchi, G. and Ranieri, A. 2008. Pear plantlets cultured 'in vitro' under lime-induced chlorosis display a better adaptive strategy than quince plantlets. *Plant Cell Tiss Organ Cult.*, 93; 191–200.
- Donnini, S., Castagnab, A., Ranierib, A., Zocchia, G. 2009. Differential responses in pear and quince genotypes induced by Fe deficiency and bicarbonate. *Journal of Plant Physiology*, 166, 1181-1193.
- Donnini, S., Dell' Orto, M. and Zocchi, G. 2011. Oxidative stress responses and root lignification induced by Fe deficiency conditions in pear and quince genotypes. *Tree Physiology*, 31; 102-113.
- Eisenstein, R.S. and Blemings, K.P. 1998. Iron regulatory proteins, iron responsive elements and iron homeostasis. *Journal of Nutrition*, 128; 2295–2298.
- El-Bendary, A., Abou El-Nour, E. and El-Sayed, A. 1999. Response of maize hybrids to Fe-stress in calcareous soil. *Alex. J. Agric. Res.* 44(1); 181-190.

- El-Jendoubi, H., E Igartua, E., Abadía, J. and Abadía, A. 2012. Prognosis of iron chlorosis in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* L. Batsch) trees using bud, flower and leaf mineral concentrations. *Plant Soil*, 354; 121–139.
- Elgala, A.M. and Amberger, A. 1988. Root exudate and the ability of corn to utilize insoluble sources of iron. *J. Plant Nutr.*, 11; 677-690.
- Erdal, I., Askin M. A., Kucukyumuk, Z., Yildirim, F. and Yildirim, A. 2008. Rootstock has an important on iron nutrition of apple trees. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(2); 173-177.
- Erdem, N. 2008. Farklı çilek (*Fragaria* sp.) genotiplerinin demir (Fe) noksanlığına karşı duyarlılığının belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Adana, sayfa 12.
- Esfandiari, E. and Sabaghnia, N. 2012. The effect of Fe- deficiency on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation in wheat leaves. *Abnnales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska Lublin- Polonia*, 4; 25-34.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S. 1996. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık K.H.G.M. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Ankara.
- Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No:T-67, 122.
- Fernandez, V., Eichert, T, Del Rio, V., Lopez-Casado, G., Heredia-Guerrero, J.A., Abadia, A., Heredia, A. and Abadia, J. 2008. Leaf structural changes associated with iron deficiency chlorosis in field-grown pear and peach: Physiological implications. *Plant and Soil*, 311; 161–172.
- Ferree, D.C. and Warrington, I.J. 2003. *Apples Botany, Production and Uses*, Cabi Publishing, Cambridge, USA.
- Flora, S.J. 2007. Role of free radicals and antioxidants in health and disease. *Cell and Molecular Biology*, 53; 1-2.
- Follet, R.H. 1969. Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. Ph. D. Dissertation. Colo. State Univ.
- Foyer, C.H. and Halliwell, B. 1976. The presence of glutathione, glutathione reductase in chloroplasts, a proposed role in ascorbic metabolism. *Planta*, 133; 21-25.
- Foyer, C.H., Lopez Delgalo, H., Dat, J.F. and Scott, I.M. 1997. Hydrogen peroxidase- and glutathione- associated mechanisms of acclimatory stress tolerance and signaling. *Physiologia Plantarum*, 100(2); 241-254.
- Foyer, C.H. and Noctor, G. 2000. Oxygen processing in photosynthesis: Regulation and signalling. *New Phytol.*, 146; 359-388.

- Franca, M.B., Panek, A.D. and Eleutherio, E.C.A. 2006. Oxidative stress and its effects during dehydration. *Comp. Biochem. Phys.*, 146; 621-631.
- Fridovich, I. 1986. Biological effects of superoxide radical. *Arch. Biochem. Biophys.*, 247, 1-11.
- Frugoli, J.A., Zhong, H.H., Nuccio, M.L., McCourt, P. and McPeck, M.A. 1996. Catalase is encoded by a multigene family in *Arabidopsis thaliana* (L.). *Plant Physiology*, 112; 327-36.
- Garcia, S.S. 1999. Iron nutrition and deficiency: A review with emphasis in avocado (*Persea americana* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(2); 67-76.
- Gao, L. and Shi, Y. 2007. Genetic differences in resistance to iron deficiency chlorosis in peanut. *Journal of Plant Nutrition*, 30; 37-52.
- Goenaga, R., Ayala, T. and Quiles, A. 2013. Yield performance of cowpea plant introductions grown in calcareous soils. *Horttechnology*, 23; 247-251.
- Gogorcena, Y., Abadia, J. and Abadia, A. 2004. A new technique for screening iron-efficient genotypes in peach rootstocks: Elicitation of root ferric chelate reductase by manipulation of external iron concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, 27; 1-15.
- Gong, H., X. Zhu, K. Chen, S. Wang, and C. Zhang. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169; 313–321.
- Gonzalo, M.J., Moreno, M.A. and Gogorcena, Y. 2011. Physiological responses and differential gene expression in *Prunus* rootstocks under iron deficiency conditions. *Journal of Plant Physiology*, 168; 887-893.
- González-Vallejo, E.B., Morales, F., Cistue, L., Abadía, A. and Abadía, J. 2000. Iron deficiency decreases the Fe(III)-chelate reducing activity of leaf protoplasts. *Plant Physiology*, 12; 337–344.
- Guerinot, M.L. 2001. Improving rice yields-ironing out the details. *Nature Biotechnology*, 19; 417-418.
- Gunes, A., Inal, A., Pilbeam, D. J. and Kadioglu, Y. K. 2009. Effect of sulfur on the yield and essential and nonessential element composition of alfalfa determined by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40, (13); 2264 – 2284.
- Güneş, A., Aktaş, M., İnal, A. ve Alpaslan, M. 1996. Konya kapalı havzası topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri. A.Ü.Z.F. Yay. No. 1453. Bil. Araşt. ve İnc. 801, Ankara.
- Güneş, A., İnal, A., Alpaslan, M. ve Taban, S. 1999. Beypazarı yöresinde yetiştirilen havuçların beslenme durumları ve besin değerleriyle toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1); 33-44.

- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A. 2004. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, 1539.
- Güzel, N., Gülüt, K.Y. ve Büyük, G. 2004. Toprak Verimliliği ve Gübreler- Bitki Besin Elementleri Yönetimine Giriş. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 2. baskı, 654.
- Han, H Z., Shen, T., Korcak, R.F. and Baligar, V.C. 1998. Iron absorption by iron-efficient and inefficient species of apples. *Journal of Plant Nutrition*, 21(1); 181-190.
- Halliwell, B. 1981. Oxidative damage, lipid peroxidation and antioxidant protection in chloroplasts. *Chem. Phys. Lipids*, 44, 1-14.
- Halliwell, B. 1987. Free radicals and metal ions in health and disease. *Proceedings of the Nutrition Society*, 46, 13-26 .
- Halliwell B. and Gutteridge J.M.C. 1998. *Free radicals in biology and medicine*. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 188-196.
- Hampson, C.R., Quamme, H.A., MacDonald, R.A., Lane W.D. and Lapins, K.O. 2000. Silken, creston and chinook: three new apples from Canada. *Acta Horticulturae*, 538; 711-714.
- Hausing, M., Römheld, V. and Marschner, H. 1985. Beziehungen zwischen chlorosegrad, eisengehalten und blattwachstum von weinreben auf verschiedenen standorten. *Vitis*, 24; 158-168.
- Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplast. 1. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.*, 125; 189-198.
- Hewitt, E.J. 1983. Essential and functional metals in plants. (Eds.: D.A. Robb, and W.S. Pierpoint) *Metals and Micro Nutrients: Uptake and Utilization by Plants*. Academic Pres, New York, 277-323.
- Hızalan, E. ve Ünal, H. 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278, Ankara.
- Hodges, D.M., DeLong, J.M., Forney, C. F. and Prange, R.K. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207; 604–611.
- Horwitz, W. 1980. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Thirteenth edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Igartua, E., Grasa, R., Sanz, M., Abadía, A. and Abadía, J. 2000. Prognosis of iron chlorosis from the mineral composition of flowers in peach. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75(1); 111-118

- Imlay, J.A. and Linn, S. 1988. DNA Damage and oxygen radical toxicity. *Science*, 240; 1302-1309.
- Ishimaru, Y., Suzuki, M., Tsukamoto, T., Suzuki, K., Nakazono, M., Kobayashi, T., Wada, Y., Watanabe, S., Matsushashi, S., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori S. and Nishizawa, N.K. 2006. Rice plants take up iron as an Fe³⁺-phytosiderophore and as Fe²⁺. *The Plant Journal*, 45; 335–346.
- Iturbe-Ormaeche, I., Moran, J.F., Arrese-Igor, C., Cogorcena, Y., Klucas R.V. and Becana M. 1995. Activated oxygen and antioxidant defenses in iron deficient pea plants. *Plant Cell. Environ.*, 18; 421–429.
- İncesu, M. 2011. Anaç ve anaç özelliği olan bazı turuncgöl genotiplerinde demir (Fe) klorozuna dayanıklılığın fizyolojik ve genetik yönden incelenmesi. Doktora Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1-498. New Jersey, USA.
- Jebara, S., Jebara, M., Liman, F. and Aouani, E. 2005. Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 162; 929-936.
- Jelali, N., Donnini, S., Dell'Orto, M., Abdelly, C., Gharsalli, M. and Zocchi, G. 2014. Root antioxidant responses of two *Pisum sativum* cultivars to direct and induced Fe deficiency. *Plant Biology*, 16(3); 607-614.
- Jimenez, S., Pinochet, J., Gogorcena, Y., Betran, J.A. and Moreno, M.A. 2007. Influence of different vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. *Scientia Horticulturae*, 112; 73-79.
- Jiménez, S., Pinochet, J., Abadía, A., Moreno, M.A. and Gogorcena, Y. 2008. Tolerance response to iron chlorosis of *Prunus* selections as rootstocks. *Hortscience*, 43; 304–309.
- Jiménez, S., Ollat, N., Deborde, C., Maucourt, M., Rellán-Álvarez, R., Moreno, M.A. and Gogorcena, Y. 2011. Metabolic response in roots of *Prunus* rootstocks submitted to iron chlorosis. *J. Plant Physiol.*, 168; 415–423.
- Jones, Jr., J.B. 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops, In: G.W. Hardy (Ed.), *Soil Testing and Plant Analysis*. Plant Analysis. Part 11. SSSA Special Publication No. 2. Soil Science Society of America, Madison, WI. pp. 49- 58.
- Jones, Jr., J.B., Wolf, B. and Mills, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*, pp. 23-26. Micro- Macro Publishing, Athens, GA.
- Jones Jr, J.B. 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*, CRC Press, New York.

- Jung, S. 2004. Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. *Plant Sci.*, 166; 459-466.
- Juniper, B.E., Mabberley, D.J. 2006. The story of the apple. Timber Pres, Inc., Oregon.
- Kalefetoğlu, T. 2006. Nohut (*Cicer arietinum* L.) eşit ve hatlarının kuraklık stresine dayanıklılığının karakterizasyonu. Yüksel Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Kalra P.Y. 1998. Reference Methods for Plant Analysis Soil and Plant Analysis Council, Inc. Boca Raton Boston London New York Washington, D.C. 44.
- Kampfenkel, K., Van Montagu, M. and Inze, D. 1995. Effects of iron excess on *Nicotinia plumbaginifolia* plants. *Plant Physiol.*, 107; 725–735.
- Karabal, E., Yucel, M., Oktem, H.A. 2003. Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. *Plant Science*, 164, 925–933.
- Karagiannidis, N., Thomidis, T., Zakinthinos, G. and Tsipouridis, C. 2008. Prognosis and correction of iron chlorosis in peach trees and relationship between iron concentration and brown rot. *Scientia Horticulturae*, 118; 212–217.
- Khan, N.A., Samiullah, T., Singh, S. and Nazar, R. 2007. Activities of antioxidative enzymes, sulphur assimilation, photosynthetic activity and growth of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars differing in yield potential under cadmium stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193; 435–444.
- Kosegarten, H. and Koyro, H.W. 2001. Apoplastic accumulation of iron in the epidermis of maize (*Zea mays*) roots grown in calcareous soil. *Physiologia Plantarum*, 113; 515-522.
- Kosegarten, H. and Gruber, B. 2001. Depressed growth of non-chlorotic vine grown in calcareous soil is an iron deficiency symptom prior to leaf chlorosis. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 165; 111-117.
- Koseoglu, A.T. and Acikgoz, V. 1995. Determination of iron chlorosis with extractable iron analysis in peach leaves. *J. Plant Nutr.*, 18; 153–161.
- Köksal, E. 2008. Beslenme ve Bilişsel gelişim. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü. sayfa 12.Şubat 2008, Ankara.
- Ksouri, R., Gharsali, M. and Lachaal, M. 2002. Quick diagnosis of iron induced chlorosis in vines (*Vitis vinifera* L.). *Hort. Abst.*, 72(6); 5239.
- Ksouri, R.M' Rah, S., Gharsalli, M. and Lachaal, M. 2006. Biochemical responses to true and bicarbonate-induced iron deficiency in grapevine genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 29; 305-315.
- Ksouri, R., Debez, A., Mahmoudi, H., Ouerghi, Z., Gharsalli, M. and Lachaâl, M., 2007. Genotypic variability within Tunisian grapevine varieties (*Vitis vinifera*

- L.) facing bicarbonate-induced iron deficiency. *Plant Physiol. Biochem.* 45; 315–322.
- Kurepa, J., Bueno, P., Kampfenkel, K., Van Montagu, M., Vandebulcke, M. and Inze, D. 1997. Effects of iron deficiency on iron superoxide dismutase expression in *Nicotinia tabacum*. *Plant Physiol Biochem*, 35 (6); 467–474.
- Küçükyumuk, Z. ve Erdal, İ., 2009. Anaç ve çeşidin elmanın mineral beslenmesine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fak. Der.*, 4(2); 8-16.
- Labuschagné, I.F., Louw, J.H., Schmidt, K. and Sadie, A. 2002. Genetic variation in chilling requirement in apple progeny. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 127 (4); 663-672.
- Landsberg, E.C. 1981. Organic acid synthesis and release of hydrogen ions in response Fe efficiency stress of mono and dicotyledonous plant species. *Journal of Plant Nutrition*, 3; 579-591.
- Larbi, A., Morales, A.F. López-Millán, Y., Gogorcena, A. Abadía, P.R. Moog and J. Abadía. 2001. Technical advance: Reduction of Fe(III)-chelates by mesophyll leaf disks of sugar beet. multi-component origin and effects of Fe deficiency. *Plant Cell Physiol.*, 42; 94–105.
- Larbi, A. Moralesa, F., Abadia, A. and Abadia, J. 2010. Changes in iron and organic acid concentrations in xylem sap and apoplastic fluid of iron-deficient *Beta vulgaris* plants in response to iron resupply. *Journal of Plant Physiology*, 167 (4); 255-260.
- Lee, J.A. and Woolhouse, H.W. 1969a. Root growth and dark fixation of carbon dioxide in calcicoles and calcifuges. *New Phytol.*, 68; 247-255.
- Lee, J.A. and Woolhouse, H.W. 1969b. A comparative study of bicarbonate inhibitions of root growth in calcicole and calcifuge grasses. *New Phytol.*, 68; 1-11.
- Levitt J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. New York, London: Academic Press, 697.
- Li, C.J., Zhu, X.P. and Zhang, F.S. 2000. Role of shoot in regulation of iron deficiency responses in cucumber and bean plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23; 1809-1818.
- Liebler, D.C., Kling, D.S. and Reed, D.J. 1986. Antioxidant protection of phospholipid bilayers by α -tocopherol. control of α -tocopherol status and lipid peroxidation by ascorbic acid and glutathione. *J. Biol. Chem.*, 261; 12114-12119.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1969. Development of a DTPA micronutrient soil test. *Soil Sci. Am. Proc.*, 35; 600-602.

- Lindsay, W.L. 1972. Inorganic Phase Equilibria of Micronutrients in Soils In: Micronutrients in Agriculture, Soil Sci. Soc. America, Inc., 41-57, Madison, USA.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42; 421–428.
- Lindsay, W.L. and Schwab, A.P. 1982. The chemistry of soils and its availability to plants. J. Plant Nutr., 5; 821-840.
- Loeppert, R.H., Hallmark, C.T. 1985. Indigenous soil properties influencing the availability of iron in calcareous soils. Soil Sci., Soc., Am. J., 49, 597-603.
- Lombardi, L., Sebastiani L. and Vitaglione, C. 2002. Physiological, biochemical and molecular effects of *in vitro* induced iron deficiency in peach rootstock, Mr.S 2/5. In: XI Int. Sym. on Iron Nutr. And Interactions in Plant. June 23–28, University of Udine–Italy , p. 116.
- Lombardi, L., Sebastiani, L. and Vitagliano, C. 2003. Physiological, biochemical, and molecular effects of *in vitro* induced iron deficiency in peach rootstock Mr. S 2/5. Journal of Plant Nutrition, 26 (10); 2149-2163.
- Lopez-Millan, A.F., Morales, F., Abadia, A. and Abadia, J. 2001. Iron deficiency associated changes in the composition of the leaf apoplastic fluid from field grown pear (*Pyrus communis* L.) trees. Journal of Experimental Botany, 52; 1489-1498.
- Ma, C., Tanabe, K., Itai, A., Tamura, F., Chun, J.P. and Teng, Y. 2005. Tolerance to lime-induced iron chlorosis of Asian pear rootstocks (*Pyrus* spp.). J. Japan. Soc. Hort. Sci., 74; 419–423.
- Manthey, J.A.; Tisserat, B. and Crowley, D.E. 1996. Root responses of sterile grown onion plants to iron deficiency. J. Plant Nutr., 19(1); 145–161.
- Manthey, J.A. and Crowley, D.E. 1997. Leaf and root responses to iron deficiency in avocado. Journal of Plant Nutrition, 20; 683–93.
- Marsh, H.V., Evans, H.J and Matrone, G. 1963. Investigations on the role of iron in chlorophyll metabolism II: Effect of iron deficiency on chlorophyll synthesis. Plant Physiology, 38; 638-642.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Inc., London.
- Marschner, H., Römheld, 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. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Ltd. London.
- Martínez-Cuenca, M., Legaz, F., M. Forner-Giner, A., Primo-Millo, E. and Iglesias, D.J. 2013. Bicarbonate blocks iron translocation from cotyledons inducing

- iron stress responses in citrus roots. *Journal of Plant Physiology*, 170; 899–905.
- Mengel, K., Scherer, H.W. und Malissiovas, N. 1979. Die chlorose aus der sicht der bodenchemie und rebenernahrung mitt. Klosterneuburg, 29; 151-156.
- Mengel, K., Breiniger, M.T. and Bubl, W. 1984a. Bicarbonate the most important factor inducing iron chlorosis in vine grapes on calcareous soil. *Plant Soil*, 81; 333-344.
- Mengel, K., Bubl, W. and Scherer, H.W. 1984b. Iron distribution in vine leaves with HCO_3^- induced clorosis. *Journal of Plant Nutrition*, 7; 715-724.
- Mengel, K., Geurtzen, G. 1986. Iron chlorosis on calcareous soils. Alkaline nutritional condition as the cause for the chlorosis. *Journal of Plant Nutrition*, 9, 161-173.
- Mengel, K. 1994. Iron availability in plant tissue- iron chlorosis on calcareous soils. *Plant and Soil*, 165; 275-283.
- Mengel, K., 1995. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis on calcareous soils. *Iron Nurition in Soils and Plants*, 59; 389-397.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Acad. Pub., 565-571, Netherland.
- Mehrotra, S. C., Gupta, P., Chaturvedi, K. and Bisht, S.S. 1990. Active Fe in relation to chlorophyll and activities of some Fe enzymes in maize. *Indian Journal of Experimental Biology*, 28; 349-351,
- Mehrotra, S. C. and Gupta, P. 1990. Reduction of iron by leaf extracts and its significance for the assay of Fe (II) iron in plants. *Plant Physiology*, 93; 1017-1020.
- Miller, G.W., Pushnik, J.C. and Welkie, G.W. 1984. Iron chlorosis, a world wide problem, the relation of chlorophyll biosynthesi to iron. *Journal of Plant Nutrition*, 7, (1-5); 1-22.
- Miller, G.W., Huang, I.J., Welkie, G.W., Pushnik, J.C. 1995. Function of iron in plants with special emphasis on chloroplasts and photosynthetic activity. (Ed.) J. Abadia, *Iron Nutrition in Soils and Plants*, 19-28. Kluwer Academic Publishers.
- Mobin, M. and Khan, N.A. 2007. Photosynthetic activity, pigment composition and anti-oxidative response of two mustard (*Brassica juncea*) cultivars differing in photosynthetic capacity subjected to cadmium stress. *Journal of Plant Physiol.*, 164(5); 601-610.
- Mohammad, M.J., Najim, H. and Khresat, S. 1998. Nitric acid- and O-phenanthroline-extractable iron for diagnosis of iron chlorosis in citrus lemon trees. *Commun. Soil Sci. Plan.*, 29; 1035–1043.

- Mohamed A.A. and Aly, A.A. 2004. Iron deficiency stimulated some enzymes activity, lipid peroxidation and free radicals production in *Borage officinalis* induced *in vitro*. International Journal of Agriculture & Biology, 6; 179-184.
- Molassiotis, A.N., Diamantidis, G.C., Therios, I.N., Tsirakoglu, V. and Dimassi, K.N. 2005. Oxidative stress, antioxidant activity and Fe(III)-chelate reductase activity of five prunus rootstocks explants in response to Fe deficiency. Plant Growth Regulation, 46; 69-78.
- Molassiotis, A., Tanou, G., Diamantidis, G., Patakas, A. and Therios, I. 2006a. 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.
- Molassiotis, A., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G. and Therios, I. 2006b. Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh). Environ. Exp. Bot., 56; 54-62.
- Monterio, H.P. and Winterbourn, C.C. 1988. The superoxide-dependent transfer of iron from ferritin to transferrin and lactoferrin. Biochemistry Journal, 256; 923-928.
- Morales, F., Grasa, R., Abadía, A. and Abadía, J. 1998. Iron chlorosis paradox in fruit trees. Journal of Plant. Nutrition, 21(4); 815-825.
- M' Sehli-Bouftira, W., Dell'Ortao, M., De Nisbi, P., Donnini, S., Abdelly, C., Zocchi, G. and Gharsalli, M. 2009. Responses of two ecotypes of *Medicago ciliaris* to direct and bicarbonate induced iron deficiency conditions. Acta Physiol Plant, 31; 667-673.
- M' Sehli-Bouftira, W., Jelali, N., Zorrig, W., Rabhi, M., Abdelly, C. and Gharsalli, M. 2012. Responses of two forage legumes to direct iron deficiency: A comparative study. Journal of Biological Research, 18; 336-344.
- M' Sehli-Bouftira, W., Houmani, H., Donnini, S., Zochi, G., Abdelly, C. and Gharsalli, M. 2014. Iron deficiency tolerance at leaf level in *Medicago ciliaris* plants. American Journal of Plant Sciences, 5; 2541-2553.
- Mukherjee, S.P. and Choudhuri. M.A. 1983. Implications of water stress induced changes in the levels of endogenous ascorbic acid and hydrogen peroxide in *Vigna* seedlings. Physiologia Plantarum, 58; 166-170.
- 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.
- Nakano, Y. and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant & Cell Physiol., 22; 867-880.

- Neaman, A. and Aguirre, L. 2007. Comparison of different methods for diagnosis of iron deficiency in avocado. *Journal of Plant Nutrition*, 30; 1097–1108.
- Nikolić, M. and Kastori, R. 2001. Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 23(11/12); 1619-1627.
- Nikolic, M. and Römheld, V. 2002. Does high bicarbonate supply to roots change availability of iron in the leaf apoplast?. *Plant and Soil*, 241; 67-74.
- Niknam, V., Razavi, N., Ebrahimzadeh, H. and Sharifizadeh, B. 2003. Effect of NaCl on biomass, protein and proline content and antioxidant enzymes in seedlings and calli of two *Trigonella* species. *Biol. Plant*, 50; 591-596.
- Noctor, G. and Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Bio.*, 49; 249-279.
- Norwell, W.A. and Adams, M.L. 2006. Screening soybean cultivars for resistance to iron-deficiency chlorosis in culture solutions containing magnesium or sodium bicarbonate. *Journal of Plant Nutrition*, 29; 1855–1867.
- Ojeda, M., Schaffer, B. and Davies, F.S. 2004. Root and leaf ferric chelate reductase activity in pond apple and soursop. *Journal of Plant Nutrition*, 27; 1381-1393.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, N.C. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dept. of Agr. Cir. 939, Washington. D. C.
- Oserkowsky, J. 1993. Quantitative relation between chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves. *Plant Physiol.*, 8; 449-468.
- Ostrovskaya, L.K., Truch, V.V. and Mikhailik, O.M. 1990. Superoxide dismutase activation in response to lime induced chlorosis. *New Phytologist*, 114(1); 39-45.
- Özden, A. and Ayanoğlu, H., 2002. Nutritional status of strawberry plantings near Silifke in Turkey. *Acta Hort.*, 567; 443-446.
- Özdemir, G. 2005. Farklı kireç içerikli topraklarda yetiştirilen asma genotiplerinde değişik uygulamaların Fe alımı üzerine etkilerinin morfolojik ve fizyolojik yönden incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Parthier, B. 1979. The role of phytohormones (cytokinin) in chloroplast development. *Biochem. Physiol. Pflanz.*, 144; 173-214.
- Pavlousek, P. 2009. Evaluation of lime-induced chlorosis tolerance in new rootstock hybrids of grapevine. *European Journal of Horticultural Science*, 74; 35-41.
- Pereira, M.D., Herdeiro, R.S, Fernandes, P.N., Eleutherio, E.C.A. and Panek, A.D. 2003. Targets of oxidative stress in yeast SOD mutants. *Biochim. Biophys. Acta*, 1620; 245-251.

- Pestana, M., David, M.M., de Varennes, A., Abadia, J.A. and Faria, E.A. 2001. Responses of Newhall orange trees to iron deficiency in hydroponics: Effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency and root ferric chelate reductase activity. *Journal of Plant Nutrition*, 24; 1609-1620.
- Pestana, M., Varennes, A., Gross, M. J., Abadia, J., and Faria, E. A. 2004. Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees. *Plant and Soil*, 259; 287-295.
- Pestana, M., De Varennes, A., Abadía, J. and Faria, E.A. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. *Sci. Hortic.* 104; 25–36.
- Pich, A., Manteuffel, R., Hillmer, S., Scholz, G. and Schmidt, W. 2001. Fe homeostasis in plant cells: Does nicotianamine play multiple roles in the regulation of cytoplasmic Fe concentration. *Planta*, 21; 967–976.
- Pinheiro, H.A., DaMatta, F.M., Chaves, A.R.M., Fontes, E.P.B. and Loureiro, M.E. 2004. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. *Plant Science*, 167; 1307-1314.
- Polle, A., Chakrabarti, K., Chakrabarti, S., Seifert, F., Schramel, P. and Rennenberg, H. 1992. Antioxidants and manganese deficiency in needles of Norway spruce (*Picea abies* L.) trees. *Plant Physiol*, 99; 1084-1089.
- Pooladvand, S., Ghorbanli, M. and Sepehr, M.F. 2012. Effect of various levels of iron on morphological, biochemical, and physiological properties of *Glycine max* var. Pershing. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 2 (4); 531-538.
- Pratt, P.F. 1965. Methods of soil analysis part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed.C.A. Black. Amer. Soc.of Agron. Inc. Pub. Agron. Series No. 9.
- Prado, R.M. and Alcantara- Vara, E. 2011. Tolerance to iron chlorosis in non-grafted quince seedlings and in pear grafted onto quince plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11; 119-128.
- Prieto, P., Pineda, M. and Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269; 337–341.
- Prochazkova, D., Sairam, R.K., Srivastava, G.C. and Singh, D.V. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. *Plant Science*, 161; 765–771.
- Pushnik, J.C. and Miller, G.W. 1989. Iron regulation of chloroplast photosynthetic function: Mediation of PS I development. *Journal of Plant Nutrition*, 12; 407-421.

- Ranieri, A., Castagna, A., Baldan, B. and Soldatini, G.F. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. *J. Exp. Bot.*, 52; 25 -35.
- Raychaudhuri, S.S. 2000. The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants. *Bot. Rev.*, 66(1); 89-98.
- Richards, L.A, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. U.S. Dept. of Agr. Handbook No. 60, USA.
- Rombola, A.D., Bruggemann, W., Tagliavini, M., Marangoni, B. and Moog, P.R. 2000. Iron source affects reduction and greening of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) leaves. *Journal of Plant Nutrition*, 23; 75–90.
- Rombola, A. D., Dallari, S., Quartieri, M., Ammari, T., Scudellari, D. and Tagliavini, M. 2002. Effect of foliar-applied Fe sources, organic acids and sorbitol on the re-greening of kiwifruit leaves affected by lime-induced iron chlorosis. *Acta Horticulturae*, 594; 349-355.
- Rombola, A. and Tagliavini, M. 2006. Iron nutrition of fruit tree crops. p 61-83. In: *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms* (L. Barton and J. Abadia Eds.).
- Römera, F.J., Alcantata, E. and De La Guardia, M.D. 1991. Characterization of the tolerance to iron chlorosis in different peach rootstocks grown in nutrient solution. II. Iron- stress response mechanisms. *Plant and Soil*, 130; 121-125.
- Römheld, V. and Marschner, H. 1981. Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. *Plant Physiol.*, 53; 354-360.
- Römheld, V. and Kramer, D. 1983. Relationship between proton efflux and rhizodermal transfer cells induced by iron deficiency. *Z. Pflanzenphysiol.*, Bd. 113; 73-83.
- Römheld, V. 1985. Schlechtwetterchlorose der rebe: einfluss von bikarbonat und niedrigen bodentemperaturen auf die aufnahme und verlagerung von eisen und das auftreten von chlorose. *Vdlufa-Schriftenreihe 16, Kongressban*, 211-217. Deutschland.
- Römheld, V. and Marschner, H. 1984. Plant-induced pH changes in the rizosphere of “Fe-efficient” and “Fe-inefficient” soybean and corn cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 7; 623-630.
- Römheld, V. and Marschner, H. 1986. Mobilization of iron in the rhizosphere of different plant species. in: *advances in plant nutrition*. (Tinker, B. and Lauchli, A. eds.), 2; 155-204.
- Römheld, 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.

- Römheld, V. 2001. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves of grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 23(11-12); 1629-1643.
- Ruiz, J.M., Baghour, M. and Romero, L. 2000. Efficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and the response of some bioindicators *Journal of Plant Nutrition*, 23(11-12); 1777–1786.
- Sabır, A., Ekbic, H., Erdem, H. and Tangolar, S. 2010. Response of four grapevine (*Vitis spp.*) genotypes to direct or bicarbonate-induced iron deficiency. *Spanish Journal of Agri. Research*, 8(3); 823-829.
- Sairam, R.K., Deshmukhi, P.S. and Saxena, D.C. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. *Biologia Plantarum*, 41(3); 387-394.
- Sairam, R.K. and Saxena, D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes, possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agronomy and Crop Sci.*, 184; 55-61.
- Sairam, R. K., Srivasta, G.C., Agarwal, S. and Meena, R.C. 2005. Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Biol. Plant*, 49; 85-91.
- Salama, Z.A.R., El-Beltagi, H.S. and EL- Hariri, D.H. 2009. Effect of Fe deficiency on antioxidant system in leaves of three flax cultivars. *Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 37 (1); 122-128.
- Sanz, M., Pascual, J. and Machín, J. 1997. Prognosis and correction of iron chlorosis in peach trees: Influence on fruit quality. *Journal of Plant Nutrition*, 20; 1567–1572.
- Sanz, M., Perez, J., Pascual, J. and Machin, J. 1998. Prognosis of iron chlorosis in apple trees by floral analysis. *Journal of Plant Nutrition*, 21(8); 1697-1703.
- Schinas, S. and Rowell, D.L. 1977. Lime-induced chlorosis. *J. Soil Sci.*, 28; 351-368.
- Schmidt, W. 2003. Iron solutions: acquisition strategies and signaling pathways in plants. *Trends in Plant Science*, 8, 188-193.
- Schulz, R. and Marschner, H. 1969. Aufnahme und Verlagerung von Eisen bei Bohnenpflanzen in Abhängigkeit von Transpiration und Stoffwechselaktivität. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 124 (1); 1–12.
- Seckback, J. 1982. Ferreting out the secrets of plant ferritin. A review. *Journal of Plant Nutrition*, 5; 369-394.
- Sevilla, F., Del Rio, L.A. and Hellin, E. 1984. Superoxide dismutases from a citrus plant: Presence of two iron-containing isoenzymes in leaves of lemon trees (*Citrus limonum* L.). *Journal of Plant Physiology*, 116, 381-387.

- Shainberg, O., Rubin, B., Rabinowirch, H.D., Libal, Y. and Tel-Or, E. 2000. Acclimation of beans to oxidative stress by treatment with sublethal iron levels. *J. Plant Physiol.*, 157; 93-99.
- Shao, H.B., Chu, L.Y., Wu, G., Zhang, J.H., Lu, Z. and Hu, Y.C. 2007. Changes of some antioxidative physiological indices under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at tillering stage. *Colloid Surf B: Bio interfaces*, 54; 143-149
- Shen, J., Zhang, F., Chen, Q., Rengel, Z., Tang, C. and Song, C. 2002. Genotypic difference in seed iron content and early responses to iron deficiency in wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 25; 1631–1643.
- Sherwin, H.W. and Farrant J.M. 1998. Protection mechanisms against excess light in the resurrection plants *Craterostigma wilmsii* and *Xerophyta viscosa*. *Plant Growth Regul.*, 24; 202-210.
- Siminis, C.I. and Stavrakais, M.N. 2008. Iron induces root and leaf ferric chelate reduction activity in grapevine rootstock 140 Ruggeri. *Hortscience*, 43(3); 685-690.
- Smith, G.S., Cornforth, I.S. and Henderson, H.V. 1984. Iron requirement of C₃ and C₄ plants. *New Phytol.*, 97; 543-556.
- Sönmez, S. ve Kaplan, M. 2002. Korkuteli ve Elmalı yörelerinde yeşil ve klorozlu elma yapraklarının bitki besin maddesi içeriklerinin karşılaştırılması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2); 19-29.
- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.*, 125; 27-58.
- Spiller, S.C., Castelfranco, A. and Castelfranco, P. 1982. Effect of iron and oxygen on chlorophyll biosynthesis I: in vivo observations of iron and oxygen deficient plants. *Plant Physiol.*, 69; 107-111.
- Stuhlfauth, T., Scheuermann, R. and Fock, H.P. 1990. Light energy dissipation under water stress conditions. *Plant Physiol.*, 92; 1053-1061.
- Stylianides, D.C., Tsipouridis, C. and Michailidis, Z. 1989. Resistance to iron deficiency of five peach rootstock. *Acta Horticulturae*, 254; 185-187.
- Stylianides, D. and Syrgiannidis, D. 1995. Fertilization of stone trees. *Agric. Stockbreeder (Greek)* 9; 191–197.
- Suzuki, M., Claudio, K.C., Morikawa, Nakanishi, H., Takahashi, M., Saigusa, M. Mori, S. and Nishizawa, N.K. 2008. Transgenic rice lines that include barley genes have increased tolerance to low iron availability in a calcareous paddy soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54; 77–85.

- Taban, S., Alpaslan, M., Hashemi, A.G. ve Eken, D. 1997. Orta Anadolu’ da çeltik tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Pamukkale Üniv. Müh. Fak. Müh. Bil. Dergi, 3(3); 457-466.
- Tagliavini, M., Bassi, D. and Marangoni, B. 1993. Growth and mineral- nutrition of pear rootstocks in lime soils. *Scientia Horticulturae*, 54; 13-22.
- Tagliavini, M. and Rombola, A.D. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *European Journal of Agronomy*, 15; 71-92.
- Takkar, P. N. and Kaur, N.P. 1984. HCl method for Fe⁺² estimation to resolve iron chlorosis in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5); 81-90.
- Tangolar, S.G., Unlu, G., Tangolar, S., Dasgan, Y. and Yılmaz, N. 2008. Use of *in vitro* method to evaluate some grapevine varieties for tolerance and susceptibility to sodium bicarbonate-induced chlorosis. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant*, 44; 233-237.
- Teranishi, Y., Tanaka, A., Osumi, M. and Fukui, S. 1974. Catalase activity of hydrocarbon utilizing candida yeast. *Agr. Biol. Chem.*, 38; 1213-1216.
- Terry, N. and Low, G. 1982. Leaf chlorophyll content and its relation to the intracellular localization of iron. *Journal of Plant Nutrition*, 5; 301-310.
- 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.
- Therios, I., Chouliaras, V, Bizas, D., Boukouvalas, S., Palioura, E., Hatzidimitriou, E., Basioukas, D., Gioldasis, V. and Stavrou, N. 2005. Changes in leaf biochemical and physiological indices due to iron deficiency in citrus. *Agro Thesis*, 3(1); 18-25.
- Torun, A.A., Erdem, N., Kacar, Y.A. and Serce, S. 2013. Screening of wild strawberry genotypes against iron deficiency under greenhouse conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41; 560-566.
- Toselli, M., Marangoni, B. and Tagliavini M. 2000. Iron content in vegetative and reproductive organs of nectarine trees in calcareous soils during the development of chlorosis. *European Journal of Agronomy*, 13; 279–286.
- Treeby, M. and Uren, N. 1993. Iron deficiency stress responses amongst citrus rootstock, *Z. Pflanzenphysiol. Bodenkd.*, 156; 75-81.
- Tsipouridis, C., Thomidis, T. and Isaakidis, K.E.A. 2005. Effect of peach cultivars, rootstocks and phytophthora on iron chlorosis. *World Journal of Agricultural Sciences*, 1(2); 137-142.
- Türkan. I., Bor, M., Özdemir, F. and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius Gray* and drought-sensitive *P. vulgaris L.* subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168; 223-231.

- Uysal, B. 2012. Ispanakta kadmiyum toksisitesine bağlı oksidatif stres üzerine potasyum beslenmesinin etkisi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Van Breusegem, F. and Dat, J.F. 2006. Reactive oxygen species in plant cell death. *Plant Physiology*, 141; 384-90.
- Van Camp W, Van Montagu M. and Inze D. 1998. H₂O₂ and NO: Redox signals in disease resistance. *Trends Plant Science*, 3; 330-334.
- Van der Mark, F., Vander briel, M.L., Van Der Oers, J.W.A.M. and Bienfait, H.F. 1982. Ferritin in bean leaves with constant and changing iron status. *Planta*, 156; 341-344.
- Vansuyt, G., Lopez, F., Inze, D., Briat, J.F. and Fourcroy, P. 1997. Iron triggers a rapid induction of ascorbate peroxidase gene expression in *Brassica napus*. *FEBS Lett*, 410; 195–200.
- Vasconcelos, M. and Grusak, M.A. 2006. Status and future developments involving plant iron in animal and human nutrition. (In: Barton LL, Abadia J, eds). Iron nutrition in plants and rizospheric microorganisms. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 85–101.
- Velasco, R., Zharkikh, A., Affourtit, J., Dhingra, A., Cestaro, A., ... 2010. The genome of the domesticated apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Nature Genetics*, 42 (10); 833-841.
- Venkat-Raju, K., Marschner, H. and Romheld, V. 1972. Effect of iron nutritional status on iron uptake, substrate pH and production and release of orgaic acids and ribofilavin by sunflower plant., *Z. Pflanzenernahr, Bodenk.* 132; 177-190.
- Von Wiren, N., Mori, S., Marschner, H. and Romeheld., V. 1994. Iron inefficiency in the maize mutant ysl (*Zea mays* L. cv. Yellow-stripe) is caused by defect in uptake of iron phytosiderophores. *Plant Physiol.*, 106; 1-77.
- Wallace, A., Abou-Zamzam, A.M. and Motoyama, E. 1971. Cation and anion balance in the xylem exudate of tobacco roots. *Plant Soil*, 35; 433-438.
- Wirén, V.N., Mori, S., Marschner, H. and Romheld, V. 1994. Iron inefficiency in maize mutant ysl (*Zea mays* 1. Cv Yellow-Stripe) is caused by a defect in uptake of iron phytosiderophore. *Plant Physiology*, 106; 71-77.
- Withan, F.H., Blayedes, D. F. and Devlin, R.M. 1971. Experiment in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Co. 55-58, New York.
- Wu, G., Wei, Z.K. and Shao, H.B. 2007. The mutual responses of higher plants to environment: Physiological and microbiological aspects. *Biointerfaces*, 59; 113-119.
- Yapıcı, M. 2014. Websitesi: <http://www.amasyatarim.gov.tr/teknik-dokumanlar/74-meyvecilik/756-elma-yetistiriciligi.html> Erişim Tarihi:21.04.2014.

- Ye, Z., Rodriguez, R., Tran, A., Hoang, H., Los Santos, D. D., Brown, S. and Vellanoweth. 2000. The developmental transition to flowering represses ascorbate peroxidase activity and induces enzymatic lipid peroxidation in leaf tissue in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Sci.*, 158; 115-127.
- Yen, P.Y., Inskip, W.P. and Westerman, R.L. 1988. Effects of soil moisture and phosphorus fertilization on iron chlorosis of sorghum. *Journal of Plant Nutrition*, 11; 1517-1531.
- Yeşiloğlu, T., İncesu, M., Yılmaz, B. ve Çimen, B. 2013. Bazı turuncgil genotiplerinin yüksek pH koşullarında demir kloroz düzeyleri ile fotosentez aktiviteilerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6; 97-100.
- Yılmaz, G. U., Tangolar, S., Dasgan, H. Y., Tangolar, S. G., Yılmaz, N. 2008. Searching of an vitro method for evaluation of grapevine responses to iron (Fe) deficiency stress. *European Journal of Horticultural Science*, 73(5); 222-226.
- Zaharieva, T.B. and Abadia, J. 2003. Iron deficiency enhances the levels of ascorbate, glutathione, and related enzymes in sugar beet roots. *Protoplasma*, 221; 269-275.
- Zaharieva, T.B., Gogorcena, Y. and Abadia, J. 2004. Dynamics of metabolic responses to iron deficiency in sugar beet roots. *Plant Science*, 166; 1045–1050.
- Zhang, C., Römheld, V. and Marschner, H. 1995. Distribution pattern of root-supplied ⁵⁹ iron in iron-sufficient and iron-deficient bean plants. *Journal of Plant Nutrition*, 18; 2049-2058.
- Zhang, J. and Kirkham, M. B., 1996. Lipid peroxidation in sorghum and sunflower seedlings as affected by ascorbic acid, benzoic acid and propyl gallate. *Journal Plant Physiology*, 149; 489-493.
- Zlatev, Z.S, Lidon, F.C., Ramalho. J.C. and Yordanov, I.T. 2006. Comparison of resistance to drought of three bean cultivars. *Biologia Plantarum*, 50; 389-394.
- Zocchi, G., Nisi, P., Dell'Orto, M., Espen, M. and Gallina, P.M. 2007. Iron deficiency differently affects metabolic responses in soybean roots. *Journal of Experimental Botany*, 58(5); 993-1000.

EKLER

EK 1 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	171
EK 2 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	172
EK 3 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	173
EK 4 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	174
EK 5 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	175
EK 6 Saksıda yetiştirilen MM106 anacına uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	176
EK 7 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	177
EK 8 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	178
EK 9 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	179
EK 10 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	180
EK 11 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	181
EK 12 Saksıda yetiştirilen M9 anacına uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)	182

EK 13 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	183
EK 14 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	184
EK 15 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	185
EK 16 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	186
EK 17 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	187
EK 18 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	188
EK 19 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	189
EK 20 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	190
EK 21 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)	191
EK 22 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)	192

EK 1 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 2 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 3 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



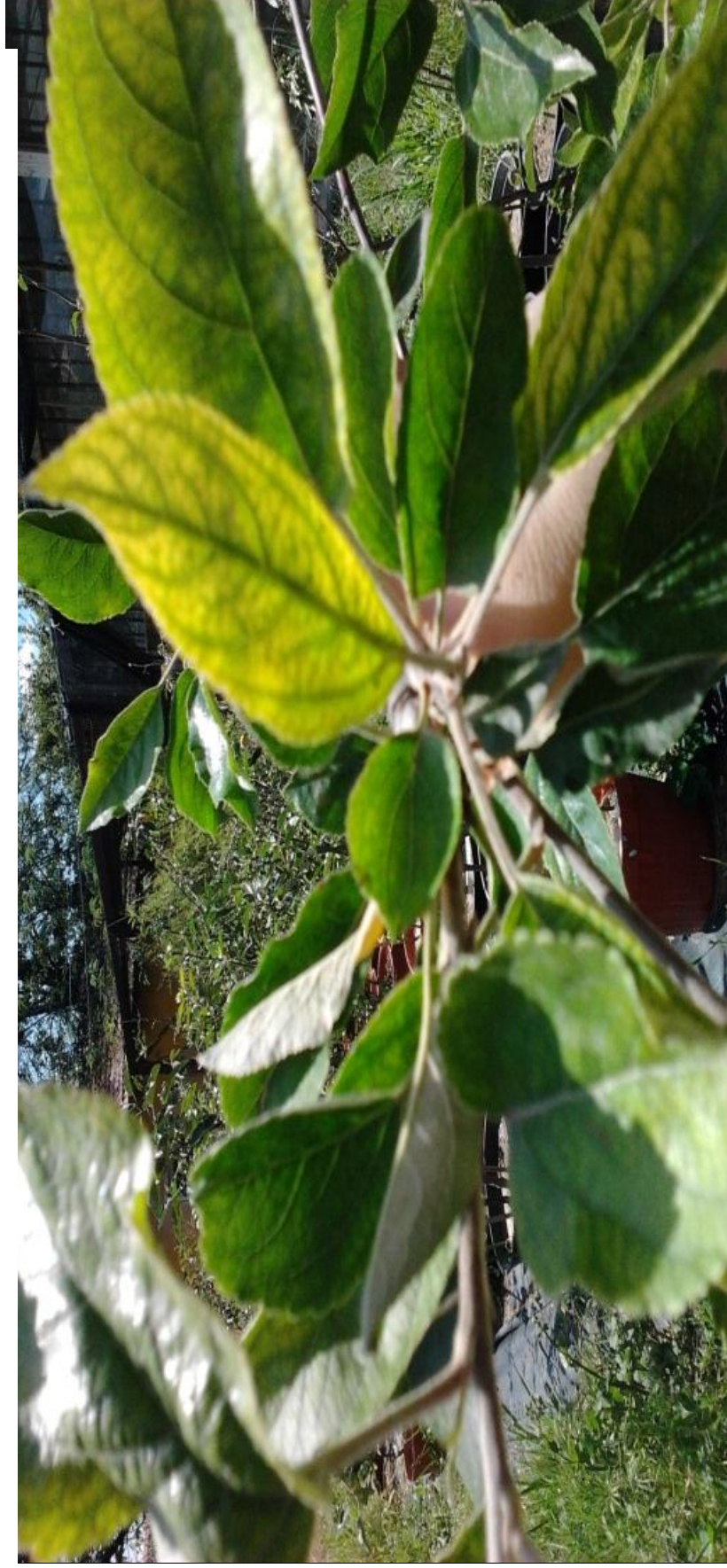
EK 4 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 5 Saksıda yetiştirilen MM106 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



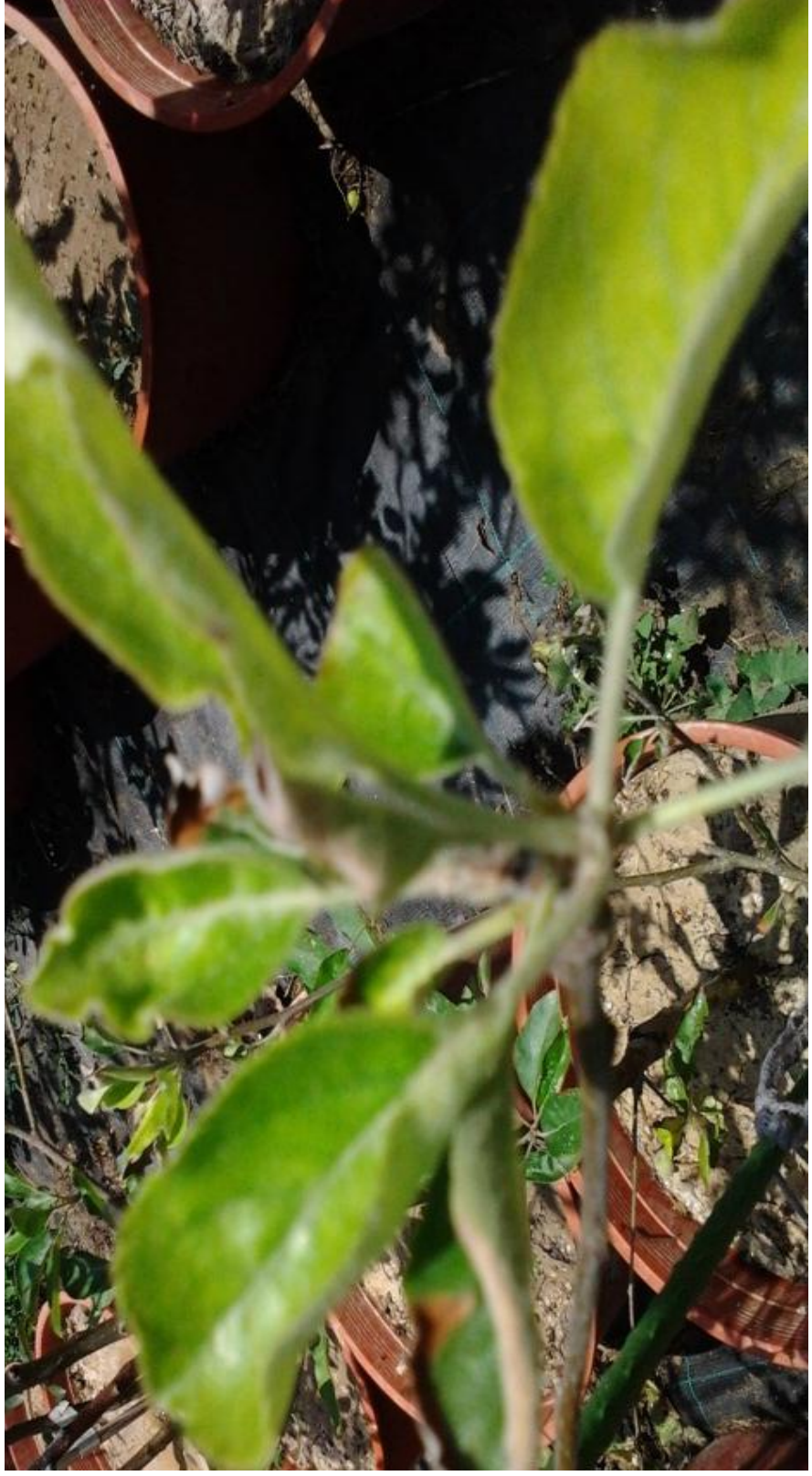
EK 6 Saksıda yetiştirilen MM106 anacına uygulanan bikarbonata bağı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



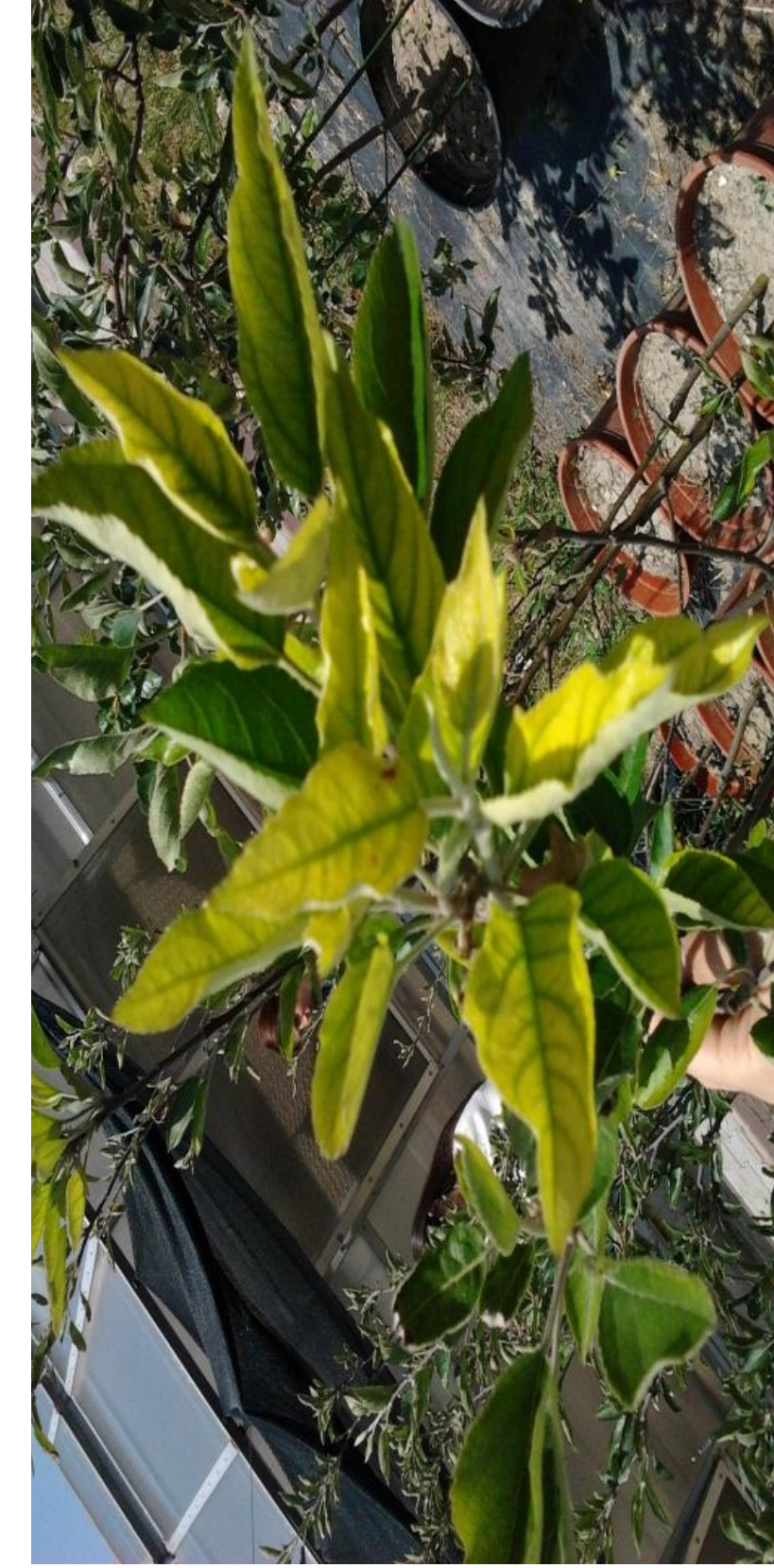
EK 7 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 8 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 9 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 10 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidine uygulanan bikarbonata bağılı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 11 Saksıda yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidine uygulanan bikarbonatla bağlı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)



EK 12 Saksıda yetiştirilen M9 anacına uygulanan bikarbonata bağı olarak ortaya çıkan kloroz belirtileri (2013)





Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 13 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)



Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 14 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Royal Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)



Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 15 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)



Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 16 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Mondial Gala elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)



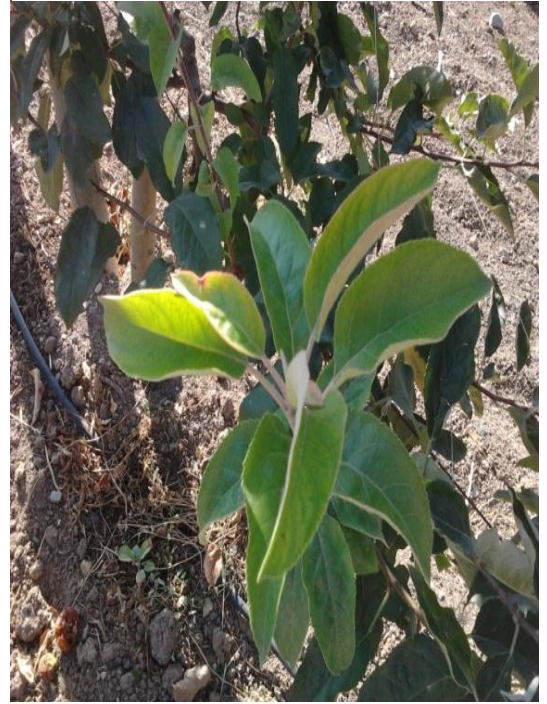
Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 17 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)



Haziran



Temmuz



Ağustos

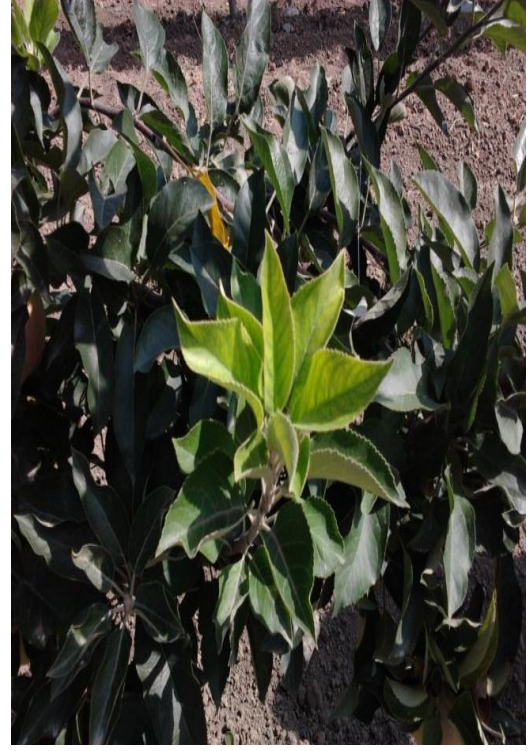


Eylül

Ek 18 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Fuji elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)



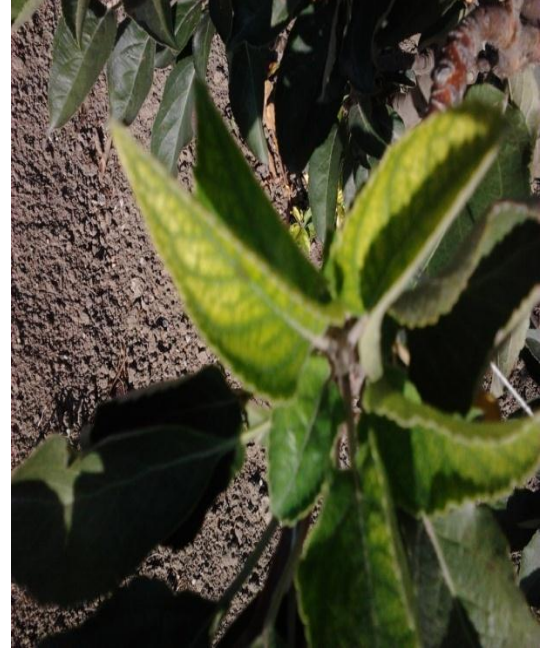
Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 19 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Red Chief elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)



Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 20 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşıllı Red Chief elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)



Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 21 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2012)



Haziran



Temmuz



Ağustos



Eylül

Ek 22 Elma koleksiyon bahçesinde yetiştirilen M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemleri kloroz belirtileri (2013)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Özge ŞAHİN

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 21-01-1982

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Dikmen Yabancı Dil Ağırlıklı Lise, Ankara (2000)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Toprak
Alt Bölümü (2005)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı (2009)

SCI Yayınlar

Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal, A., Bagci, E.G., Coban, S. and **Sahin, O.** 2006. Antioksidant and stomatal response of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 110; 279-28.

Gunes, A., Inal, A., Bagci, G.E., Coban, S. and **Sahin, O.** 2007. Silicon increases boron tolerance and reduces oxidative damage of wheat grown in soil with excess boron. *Biologia Plantarum*, 51(3); 571-574.

Demir, K., **Sahin, O.**, Kadioglu, Y.K., Pilbeam, D.J. and Gunes, A. 2010. Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae*, 127; 16-22.

Sahin, O., Taskin, M.B., Kadioglu, Y.K., Inal, A., Gunes, A. and Pilbeam, D.J. 2012. Influence of chloride and bromate interaction on oxidative stress in carrot plants. *Scientia Horticulturae*, 137; 81-86.

Sahin, O., Taskin, M.B., Kadioglu, Y.K., Pilbeam, D.J., Inal, A. and Gunes, A. 2014. Elementel composition of pepper plants fertilized with pellettized poultry manure. *Journal of Plant Nutrition*, 37; 458–468.

Gunes, A., Inal, A., Taskin, M.B., **Sahin, O.**, Kaya, E.C. and Atakol, A. 2014. Effect of phosphorus enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. *Soil Use and Management*, 30; 182-184.

Inal, A., Gunes, A., **Sahin, O.**, Taskin, M.B. and Kaya, E.C. 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. *Soil Use and Management*, 31; 106–113.

Gunes, A., Inal, A., **Sahin, O.**, Taskin, M.B., Atakol, O. and Yılmaz, N. 2015. Variations in mineral element concentrations of poultry manure biochar obtained at different pyrolysis temperatures, and their effects on crop growth and mineral nutrition. *Soil Use and Management*, in press. doi: 10.1111/sum.12205

Ulusal Kongre Sunum

Şahin, Ö., Güneş, A., İnal, A., Söylemezoğlu, G., Çakır, A. 2013. Tuzlu ve bor toksik koşullarda yetiştirilen farklı anaçlar üzerine aşılı sultani çekirdeksiz (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinin dokularında bor, sodyum ve klor akümüasyonu. 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 3-7 Haziran, Nevşehir,(Sözlü Bildiri).

Şahin, Ö., Güneş, A., İnal, A., Söylemezoğlu, G., Gökbayrak, Z., Bağcı, E.G. Farklı asma anaçları üzerine aşılı sultani çekirdeksiz (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinin bor ve tuz stresine tolerans mekanizmalarının stresle ilgili fizyolojik parametreler ve

antioksidan enzimlerle belirlenmesi. 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 3-7 Haziran, Nevşehir (Sözlü Bildiri).

Şahin, Ö., Taşkın, M.B., Kaya, E.C. Fosfor uygulamasının marul ve soğan bitkilerinin mineral element konsantrasyonları üzerine etkisi. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, 28 - 30 Nisan 2015, Nevşehir, (Sözlü Bildiri).

Taşkın, M.B., **Şahin, Ö.**, Kaya, E.C. Mısır yetiştirilen toprağın bazı özellikleri üzerine çeşitli tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün etkisi. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, 28 - 30 Nisan 2015, Nevşehir (Sözlü Bildiri).

Özkutlu, F., Akkaya, Ö.H., Ete, Ö., **Şahin, Ö.**, Korkmaz, K. Rize ilindeki bazı çay bahçelerinin toprak ve yaprak analizi ile besin element düzeylerinin belirlenmesi. GAP VII. Tarım Kongresi, 28 Nisan- 01 Mayıs 2015, HRÜ, Şanlıurfa (Sözlü Bildiri).