



## Ayçiçeği Genotiplerinin Demir Noksanlığına Karşı Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi

Ayfer Alkan Torun<sup>1</sup>, Halil Erdem<sup>2\*</sup>, Mustafa Bülent Torun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330 Adana, Türkiye

<sup>2</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 60240 Tokat, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### Araştırma Makalesi

Geliş 29 Haziran 2017  
Kabul 04 Ekim 2017

#### Anahtar Kelimeler:

Demir  
Kloroz  
Ayçiçeği  
Noksanlık  
Fe-redüktaz

#### \*Sorumlu Yazar:

E-mail: erdemh@hotmail.com

### ÖZET

Demir (Fe) noksanlığı dünyada bitkilerde ve insanlarda görülen önemli bir beslenme problemidir. Bu sorun aynı zamanda Türkiye’de de yaygın bir beslenme problemi olup ayçiçeği, önemli derecede verim ve kalite kayıplarına yol açan Fe noksanlığına duyarlı bir tür olarak bilinmektedir. Bu çalışmada farklı ayçiçeği genotiplerinin Fe noksanlığına karşı duyarlılığı test edilmiştir. Çalışmada, bitki materyali olarak, TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotipleri kullanılmıştır. Bitkiler, Fe’siz (0 µmol Fe) ve Fe (100 µmol Fe) içeren su kültürü yetiştirme ortamında test edilmiştir. Deneme sonunda bitkilerde simptom derecesi, SPAD değeri, klorofil konsantrasyonu, yeşil aksam kuru madde verimi, Fe-redüktaz enzim aktivitesi, yeşil aksam Fe konsantrasyonu ve büyüme ortamının pH değeri ölçülmüştür. Sonuçlar ayçiçeği bitkisinin Fe noksanlığını etkileyen en önemli faktörlerin Fe alımı ve Fe-redüktaz aktivitesi olduğunu göstermiştir. Çeşitlerin Fe noksanlığına karşı toleransta önemli rolü olan köklerin Fe redüktaz enzim aktivitesinin TR-3080 nolu genotipde Fe noksanlığı koşullarında diğer genotiplerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, uygulanan değişik Fe konsantrasyonlarına karşı genotiplerin tepkilerinin önemli derecede farklılık gösterdiği ve Fe noksanlığına karşı tolerant genotiplerin belirlenmesinde Fe redüktaz enzim aktivitesinin önemli rol oynayabileceği ortaya çıkmıştır.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(11): 1323-1329, 2017

### Determination of Fe Deficiency Tolerance in Sunflower Genotypes

### ARTICLE INFO

#### Research Article

Received 29 June 2017  
Accepted 04 October 2017

#### Keywords:

Iron  
Chlorosis  
Sunflower  
Deficiency  
Fe reductase

#### \*Corresponding Author:

E-mail: erdemh@hotmail.com

### ABSTRACT

Iron deficiency (Fe) is an important nutritional disorder of plants and humans worldwide including Turkey. Sunflower is known as a Fe sensitive crop and its deficiency leads to severe yield and quality losses. In this study, the sensitivity of different sunflower genotypes to Fe deficiency was determined. For this purpose, sunflower genotypes TR-6149-SA, TR-3080 and 6480 were grown either without Fe (0 µmol) or with Fe (100 µmol) hydroponically. At the end of experiment symptom grade, SPAD value, chlorophyll concentration, shoot dry matter yield, Fe-reductase activity, shoot Fe concentration and pH value of growth medium were measured. It was found out that Fe uptake and Fe reductase activity were the most important factors determining the Fe-deficiency tolerance of a genotype. In the deficiency of Fe conditions, the activity of Fe reductase enzyme in the roots was found higher in the genotype of TR-3080 compared to the other genotypes. The results revealed that the genotypic responses to the different Fe concentrations applied are significantly different and Fe reductase enzyme activity may play an important role in amelioration of iron deficiency.

## Giriş

Demir (Fe) noksanlığı, insan, bitki ve topraklarda yaygın bir beslenme sorunudur. Problemin dünyada 1,6 milyar insanı özellikle okul öncesi çağıdaki çocukları ve hamile kadınları etkilediği bildirilmiştir (McLean ve ark., 2009; Çakmak, 2010). İnsanlarda Fe noksanlığına bağlı olarak görülen sağlık problemlerinin genellikle Fe'ce yetersiz olan tarım ürünlerinin tüketiminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Türkiye'de Fe noksanlığı, hem toprakta (Eyüpoğlu ve ark., 1997; Çakmak ve ark., 1999) hem de insanlarda (Çavdar ve ark., 1982) önemli bir beslenme problemidir. Örneğin, Türkiye'nin değişik bölgelerinden toplanan çok sayıda toprak örneğinde yapılan analizlere göre Fe eksikliği %27'lik bir oranla Zn'dan sonra en yaygın olan mikro element eksikliği sorunudur (Eyüpoğlu ve Korucu, 1997). Bu çalışma, Türkiye'nin bitkisel üretim amaçlı kullanılabilir alanının yaklaşık %25'inde (7,5 milyon hektar) Fe eksikliğinin olabileceğine işaret etmektedir. İnsan ve bitkide Fe noksanlığı sorunu, topraklardaki alınabilir Fe konsantrasyonunun düşüklüğü ile ilgilidir (Fernandez ve ark., 2008). Aslında, topraklardaki toplam Fe konsantrasyonunun oldukça yüksek olmasına karşın, bitkilerin söz konusu Fe'den faydalanabilmelerini engelleyen toprak ve çevre faktörlerinin yaygın olduğu bilinmektedir (Tagliavini ve Rombola, 2001). Türkiye koşullarında bu faktörlerin yüksek pH, yüksek kireç ve kil içeriği, düşük organik madde ve düşük toprak sıcaklığı olduğu bildirilmiştir (Kaçar ve Katkat, 1999). Bitkisel üretimde Fe noksanlığına karşı alınabilecek önlemlerin başında topraktan ve yaprakdan gübreleme yoluyla bitkilerin Fe ve diğer elementlerce zenginleştirilmesi gelmektedir. Ancak, bu yöntem oldukça pahalı, çevre dostu olmayan ve geçici bir yöntemdir. Ayrıca topraktan gübrelemede çözüm organik kökenli (şelatl) gübrelerdir. Söz konusu ürünlerin oldukça pahalı olduğu, toprakta etkinliğinin hızla azaldığı ve bitkilerin Cu ve Ni alımını arttırdığı bildirilmiştir (Pestana ve ark., 2011). Bu yöntemin alternatifi, topraktaki Fe noksanlığına karşı toleranslı genotipler bulmak veya ıslah etmektir (Ellsworth ve ark., 1997). Bitki türleri arasında Fe noksanlığına karşı farklı toleransın olduğunu gösterir birçok çalışma mevcuttur (Tagliavini ve Rombola, 2001; Dasgan ve ark., 2002) ve bu türler içinde ayçiçeğinin Fe noksanlığına duyarlı bitki türlerinden biri olduğu saptanmıştır (Mengel ve ark., 1994; Ranieri ve ark., 2001).

Ayçiçeği, ülkemizde çoğunlukla yağlık olarak yetiştirilir. Dünya ayçiçeği üretimi son yıllarda 23 milyon ton civarında olup, Türkiye üretimde ve ekim alanlarında ilk on ülke arasında yer almaktadır. Ülkemizde yağlık ayçiçeği üretimi genelde Trakya-Marmara bölgesinde yoğunlaşmış iken, çerezlik üretimi ise, çoğunlukla İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde, az miktarlarda da diğer bölgelerde yapılmaktadır (Anonim, 2017).

Demir noksanlığına karşı oldukça duyarlı olduğu bildirilen ayçiçeğinin Türkiye'de özellikle Çukurova bölgesinde son yıllarda hem ekim alanı hem de üretimi önemli ölçüde artmıştır (Görmüş ve Barutçular, 2016). Bununla birlikte, Türkiye topraklarında alınabilir Fe

konsantrasyonunun düşük olmasının (Eyüpoğlu ve ark., 1997) ayçiçeğinin verim ve kalitesinde önemli kayıplara neden olabileceğine işaret etmektedir. Ayçiçeği yetiştirilme alanlarının artması ve topraklarda alınabilir Fe konsantrasyonunun düşük olması Fe noksanlığına karşı toleranslı olabilecek ayçiçeği genotiplerinin belirlenmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada, 3 farklı ayçiçeği genotipinin Fe noksanlığına karşı tolerans düzeyleri su kültürü ortamında fizyolojik ve morfolojik mekanizmalar açısından araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada, üç ayçiçeği (TR-6149-SA, TR-3080, 6480) genotipinin Fe noksanlığından kaynaklanan kloroza karşı toleransı su kültürü ortamında test edilmiştir. Su kültürü çalışması Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü iklim odalarında gerçekleştirilmiştir. Ayçiçeği genotipleri her saksıya beş bitki ve altı tekerrürlü olacak şekilde içerisinde besin çözeltisi bulunan 3 L'lik siyah plastik saksılara transfer edilmiştir. Transfer edilen saksıların besin elementleri kompozisyonu: 2,0 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; 0,7 mM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,1 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,1 mM KCl; 0,5 mM MgSO<sub>4</sub>; 1 µM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0,5 µM MnSO<sub>4</sub>; 0,5 µM ZnSO<sub>4</sub>; 0,2 µM CuSO<sub>4</sub>; 0,01 µM (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>; Fe dozları ise 0 µM Fe-EDTA (Fe<sub>0</sub>) ve 100 µM Fe-EDTA (Fe<sub>100</sub>) şeklinde ayarlanmıştır. Bitkilerin bulunduğu besin çözeltisi ortamı deneme süresince havalandırılmış ve her üç günde bir yenisi ile değiştirilmiştir. Bitkilerin Fe noksanlığı belirtileri (simptom şiddeti) iyice belirginleştikten sonra Fe noksanlığı belirtileri, SPAD (Minolta SPAD 502), klorofil ve Fe-redüktaz enzim aktivitesi ölçülmüş ve ardından bitkiler hasat edilmişlerdir. Denemeye alınan bitkilerde hasat işlemi iki farklı zamanda gerçekleştirilmiştir. Birinci hasat bitkiler 13 günlük iken, ikinci hasat ise bitkiler 18 günlük iken yapılmıştır. Birinci hasat Fe noksanlığının ilk çıktığı dönem, ikinci hasat ise Fe noksanlığının çok şiddetli olduğu dönemde yapılmıştır.

Demir noksanlığı belirtileri 1-5 skalasına göre (yaprak üzerindeki klorotik lekelerin şiddeti; 1: Çok şiddetli, 2: Şiddetli, 3: Orta düzeyde şiddetli, 4: Az şiddetli, 5: Çok hafif veya yok) sınıflandırılmış, demir noksanlığına bağlı olarak yapraklarda ortaya çıkan sararmaların şiddeti ise klorofilmetre (Minolta Spad 502) ile SPAD değeri olarak kaydedilmiştir. SPAD'ın ölçümünün yanında ekstraksiyon yöntemi (Arnon, 1949) ile de klorofil ölçümü yapılmıştır. Klorofil ölçümü için örneklemeler Fe noksanlığının ortaya çıktığı ve büyümesini tamamlamış genç yapraklar kullanılarak yapılmıştır. Yönteme göre; 100-200 mg arasında değişen taze yaprak örnekleri, direkt olarak ışık gelmeyen loş bir yerde %80'lik aseton içerisinde homogenize edilmiş ve filtre edildikten sonra ekstrakt %80'lik aseton ile 15 ml'ye tamamlanmıştır. Örneklerdeki toplam klorofil miktarı, Spektrofotometre'de 652 nm dalga boyunda ölçümler yapılarak belirlenmiş ve sonuçlar taze ağırlık başına mg olarak verilmiştir. Ayçiçeği genotiplerinin köklerinde Fe

redüktaz aktivitesinin ölçümü şu şekilde gerçekleştirilmiştir: enzim aktivitesinin ölçüm mekanizması, ortamda bulunan  $Fe^{3+}$ 'ün kökler tarafından  $Fe^{2+}$ 'ye indirgenmesi ve oluşan  $Fe^{2+}$ 'nin ortama eklenen ferrozinin ile reaksiyona girerek pembe rengin ortaya çıkması ve bu rengin spektrofotometrede okunması esasına dayanmaktadır (Camp ve ark., 1987). Bu amaçla tüm kökler kullanılmış ve testler Camp ve ark. (1987)'e göre yürütülmüştür. Köklerin redüksiyon kapasitesinin belirlenmesi için, bitkiler  $10^{-4}$  M  $Fe^{3+}$ -EDTA,  $2 \times 10^{-4}$  M Ferrozinin,  $5 \times 10^{-3}$  M 2-(N-morpholino) ethane-sulfonic acid (MES, pH 5,5) içeren 100 ml.'lik besin çözeltisi ortamına transfer edilmiştir. Bitkiler ışıktan korumalı olarak 1,5-2 saat  $25^{\circ}C$  oda sıcaklığında bekletildikten sonra  $Fe^{2+}$ -Ferozinin kompleksinin farklı genotiplerde farklı tonda oluşturduğu pembemsi rengin absorbansı spektrofotometrede 562 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Okuma işi tamamlandıktan sonra beher içerisindeki köklerin kâğıt mendil arasında nemi alınıp, hassas terazide taze ağırlıkları kaydedilmiştir ve Fe redüktaz aktivitesi yaş veya kuru kök ağırlığı başına (nmol/gT.A./dk.) hesaplanmıştır. Yeşil aksam ve kök kuru madde verimi (mg bitki<sup>-1</sup>/ kök<sup>-1</sup>) için bitkilerin yeşil aksam ve kökleri ayrı ayrı hasat edilmiş ve alınan örnekler kuru ağırlık için  $70^{\circ}C$ 'ye ayarlanmış etüvlerde 48 saat kurutulduktan sonra tartılarak kuru madde verimi (g bitki<sup>-1</sup>) saptanmıştır. Kurutulmuş bitki materyalleri (kök ve yeşil aksam) agat değirmeninde öğütülmüş ve örnekler yaş yakma metoduna göre mikrodalga fırınında  $H_2O_2$ - $HNO_3$  asit karışımında yakılmıştır. Elde edilen süzüklerde Fe ölçümü Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazında (Varian 220 FS) belirlenmiştir (Kaçar ve İnal, 2008).

#### İstatistiksel Analiz

Farklı ayçiçeği çeşitlerine Fe uygulamasının bitkilerin simptom şiddeti, SPAD değeri, klorofil konsantrasyonu kuru madde verimi, yeşil aksam Fe konsantrasyonu ve Fe redüktaz enzim aktivitesine etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanarak belirlenmiştir. Dozların etkileri DUNCAN çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Elde edilen değerler çizelge ve şekillerde ortalama  $\pm$  standart hata şeklinde ifade edilmiştir. Karşılaştırmalarda önem düzeyi  $P \leq 0,05$  olarak alınmıştır. İstatistiksel analizlerde SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır.

Çizelge 1 Su kültürü ortamında Fe0 (0  $\mu$ M) ve Fe100 (100  $\mu$ M) uygulamaları altında yetiştirilen ayçiçeği genotiplerinin simptom şiddeti, SPAD değeri, klorofil konsantrasyonu

Çeşit Adı	Simptom Şiddeti*		SPAD düzeyi		Klorofil (mg g <sup>-1</sup> T.A.)	
	Fe -	Fe +	Fe -	Fe +	Fe -	Fe +
I.Hasat						
TR-6149-SA	2,00 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>	5,00 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	20 $\pm$ 2,6 <sup>b</sup>	40 $\pm$ 1,21 <sup>a</sup>	1,15 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	2,19 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>
TR-3080	4,00 $\pm$ 0,041 <sup>a</sup>	5,00 $\pm$ 0,41 <sup>a</sup>	31 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	37 $\pm$ 1,69 <sup>a</sup>	2,01 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	2,27 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>
6480	2,50 $\pm$ 0,29 <sup>ab</sup>	5,00 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	24 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	31 $\pm$ 0,85 <sup>b</sup>	1,65 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	1,98 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>
II.Hasat						
TR-6149-SA	1,50 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>	5,00 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	27 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>	31 $\pm$ 1,21 <sup>b</sup>	1,22 $\pm$ 0,08 <sup>c</sup>	2,29 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>
TR-3080	3,50 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	5,00 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	36 $\pm$ 0,74 <sup>a</sup>	38 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	2,09 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	2,37 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>
6480	2,00 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>	5,00 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	30 $\pm$ 1,31 <sup>b</sup>	35 $\pm$ 1,31 <sup>a</sup>	1,55 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	2,07 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>

\* : 1 : şiddetli simptom, 5 : simptom yok

## Bulgular

### Simptom Şiddeti, SPAD Değerleri ve Klorofil Konsantrasyonu

Demir noksanlığı ayçiçeği bitkisinde genç yaprakta damarlar arası klorozla kendini göstermiştir. Demir noksanlığından TR-3080 ve 6480 genotipleri az düzeyde etkilenirken, TR-6149-SA genotipinin ise diğerlerine göre daha fazla etkilendiği gözlenmiştir. Deneme sonucunda bitkilerde ortaya çıkan Fe noksanlık belirtilerinin simptomolojik görünüşleri, ortaya çıkış zamanları ve şiddeti açısından genotipler arasında farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. Demir noksanlığından I. hasatta simptomolojik olarak en fazla etkilenen genotipin TR-6149-SA olduğu (simptom skoru 2,0) buna karşılık en az etkilenen genotiplerin TR-3080 (simptom skoru 4,0) ve 6480 (simptom skoru 2,5) olduğu görülmüştür ( $P < 0,01$ ). Simptom şiddetinin eğilimi II. hasatta da benzer şekilde devam etmiştir ( $P < 0,01$ ), (Çizelge 1).

Bitkilerde Fe noksanlığından kaynaklanan simptom şiddeti yalnızca gözlemlere dayandırılmamış aynı zamanda bitki yapraklarının klorofil düzeyini belirleyen SPAD okumalarıyla da desteklenmiştir. Demir uygulamasının yapılmadığı durumda I. hasatta TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotiplerinin SPAD değerlerinin sırasıyla 20, 31 ve 24 olduğu saptanmıştır. Söz konusu koşullarda II. hasatta eğilim aynı şekilde devam etmiş ve SPAD okumalarının sırasıyla 27, 36 ve 30 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu durum ilk büyüme dönemlerinde (I. hasatta) bitkilerin Fe noksanlığına karşı duyarlılığının daha fazla olduğuna işaret etmektedir.

Demir noksanlığına karşı genotipler arasında, özellikle de TR-6149 SA ve TR-3080 genotipleri arasında belirgin farkların olduğu gözlenmiştir. Örneğin Fe noksanlığı altında her iki genotipin sahip olduğu SPAD değeri TR-6149-SA genotipi için 20 ve TR-3080 genotipi için 31 olduğu bulunmuştur (Çizelge 1). İstatistiki açıdan TR-3080 genotipi, SPAD değeri açısından diğer iki genotipe göre daha yüksek olup istatistiki açıdan da anlamlı olup, bu farklar her iki hasatta da  $P < 0,01$  düzeyindedir. Bu bulgular aynı türdeki genotipler arasında Fe noksanlığına yaklaşık iki katlık dayanım farklılıklarının olabildiğini göstermektedir. Bitkilere Fe uygulamasıyla Fe noksanlığının giderildiği ve genelde söz konusu koşullarda bitki yapraklarındaki SPAD değerlerinin 30'dan büyük ve birbirlerine yakın olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 2 Su kültürü ortamında Fe0 (0 µM ) ve Fe100 (100 µM) uygulamaları altında yetiştirilen ayçiçeği genotiplerinin yeşil aksam kuru madde verimi, % verim artışı, Fe etkinliği ve yeşil aksam Fe konsantrasyonu

Çeşit Adı	Kuru madde verimi (g bitki <sup>-1</sup> )		Verim Azalması (%)	Fe Etkinliği (%)	Fe konsantrasyon (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Fe -	Fe +			Fe -	Fe +
I.Hasat						
TR-6149-SA	0,36 ±0,02 <sup>a</sup>	0,47 ±0,03 <sup>a</sup>	22,5	78,0	139 ±6,5 <sup>c</sup>	312 ±18 <sup>b</sup>
TR-3080	0,36 ±0,02 <sup>a</sup>	0,37 ±0,02 <sup>b</sup>	3,4	97,0	209 ±8,3 <sup>a</sup>	308 ±24 <sup>b</sup>
6480	0,33 ±0,00 <sup>a</sup>	0,34 ±0,03 <sup>b</sup>	2,7	97,0	173 ±10 <sup>b</sup>	390 ±2,8 <sup>a</sup>
II.Hasat						
TR-6149-SA	0,81 ±0,10 <sup>a</sup>	1,05 ±0,07 <sup>a</sup>	22,7	77,0	186 ±12 <sup>b</sup>	216 ±15 <sup>b</sup>
TR-3080	0,77 ±0,08 <sup>a</sup>	0,84 ±0,07 <sup>b</sup>	8,1	92,0	231 ±18 <sup>a</sup>	241 ±14 <sup>ab</sup>
6480	0,70 ±0,05 <sup>a</sup>	0,75 ±0,04 <sup>b</sup>	6,4	94,0	252 ±2,5 <sup>a</sup>	269 ±15 <sup>a</sup>

Çizelge 3 Su kültürü ortamında Fe0 (0 µM ) ve Fe100 (100 µM) uygulamaları altında yetiştirilen ayçiçeği genotiplerinin besin çözeltisindeki pH değişimi ile Fe redüktaz enzim aktivitesi

Çeşit Adı	Çözelti pH'sı		Fe Redüktaz Enzim Aktivitesi (µmol g kök <sup>-1</sup> T.A. 2 h <sup>-1</sup> )	
			Fe -	Fe +
I.Hasat				
TR-6149-SA	6,69 ±0,01 <sup>a</sup>	7,2 ±0,03 <sup>a</sup>	0,57 ±0,05 <sup>b</sup>	0,17 ±0,02 <sup>a</sup>
TR-3080	6,61 ±0,01 <sup>a</sup>	7,3 ±0,01 <sup>a</sup>	2,31 ±0,08 <sup>a</sup>	0,19 ±0,02 <sup>a</sup>
6480	6,65 ±0,06 <sup>a</sup>	7,1 ±0,05 <sup>b</sup>	0,61 ±0,06 <sup>b</sup>	0,14 ±0,00 <sup>a</sup>
II.Hasat				
TR-6149-SA	7,48 ±0,14 <sup>a</sup>	7,87 ±0,05 <sup>a</sup>	0,81 ±0,08 <sup>b</sup>	0,65 ±0,06 <sup>a</sup>
TR-3080	7,29 ±0,18 <sup>a</sup>	7,69 ±0,13 <sup>a</sup>	1,40 ±0,14 <sup>a</sup>	0,59 ±0,07 <sup>a</sup>
6480	7,46 ±0,02 <sup>a</sup>	7,74 ±0,03 <sup>a</sup>	1,14 ±0,01 <sup>a</sup>	0,55 ±0,05 <sup>a</sup>

Bitkilerde kloroz düzeyi deneme devam ettiği durumda SPAD ile denemeden sonra ise klorofil analizleriyle saptanmıştır. Demir noksanlığı koşullarında I. hasatta TR-3080 genotipinde klorofil içeriği 2,0 iken, TR-6149-SA genotipinde aynı değerin 1,15 olduğu bulunmuş ve aynı eğilim II. hasatta da devam etmiştir (P=0,001), (Çizelge 1). 6480 genotipinin klorofil konsantrasyonu ise aynı koşullarda 1,65 ile TR-3080'den az, TR-6149-SA genotipinden ise daha yüksek bulunmuş ve aynı eğilim II. hasatta da devam etmiştir (Çizelge 1).

#### Yeşil Aksam Kuru Madde Verimi, % Verim Azalması, Fe Etkinliği ve Yeşil Aksam Fe Konsantrasyonu

Demir noksanlığı altında aynı türün genotiplerinin yeşil aksam kuru madde veriminin farklı olduğu saptanmıştır. Yeşil aksam kuru madde verimi I. hasatta 0,33-0,36 g bitki<sup>-1</sup> arasında iken, II. hasatta ise 0,70-0,81 g bitki<sup>-1</sup> arasında olup istatistiksel olarak aralarında anlamlı bir fark belirlenmemiştir (P>0,05), (Çizelge 2). Demir noksanlığı koşullarında en yüksek kuru madde verimine I. hasatta TR-6149-SA (0,36 g bitki<sup>-1</sup>) ve TR-3080 (0,36 g bitki<sup>-1</sup>) genotipleri sahipken, aynı koşulda en düşük verime ise 6480 (0,33 g bitki<sup>-1</sup>) genotipinin sahip olduğu görülmüştür. Denemede elde edilen başka bir sonuç ise, Fe uygulamasına göre Fe noksanlığından kaynaklı yeşil aksam kuru madde verim azalmasıdır. Kuru madde veriminde meydana gelen verim azalmaları TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotiplerinde sırasıyla %22,5, %3,4 ve %2,8 olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Aynı değer ikinci hasatta aynı genotipler için sırasıyla %22,7, %8,1 ve %6,4 olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Demir noksanlığına karşı toleransta önemli bir parametre olan Fe- etkinlik düzeyi en yüksek ortalama değerlerinin I. hasatta TR-3080 ve 6480 genotiplerinde olduğu ve söz konusu etkinlik değerinin adı geçen genotiplerde sırasıyla %97 ve %97 olduğu belirlenmiştir. II. hasatta ise aynı değerler TR-3080 ve 6480

genotiplerinde sırasıyla %92 ve %94 olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). TR-6149-SA genotipinin Fe-etkinlik düzeyi ise I. ve II. hasatta sırasıyla %78 ve %77 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Demir uygulaması yapılmayan koşullarda en yüksek Fe konsantrasyonuna (308 mg kg<sup>-1</sup>) TR-3080 genotipi sahip olmuştur. Bu genotipi 173 ve 139 mg kg<sup>-1</sup> değerleriyle 6480 ve TR-6149-SA genotipleri takip etmiştir. Buna karşın II. Hasatta Fe eksikliği koşullarında en yüksek Fe konsantrasyonuna 6480 genotipi sahip olmuştur. Birinci hasatta Fe eksikliği koşullarında en düşük Fe konsantrasyonuna sahip olan TR-6149-SA genotipi II. hasatta da en düşük Fe konsantrasyonuna sahip olmuştur.

Adı geçen genotiplerin Fe etkinlik değerlerine bakıldığında I. hasatta Fe noksanlığında yeşil aksam konsantrasyonu yüksek (209 mg kg<sup>-1</sup>) olan TR-3080 genotipinin Fe etkinlik değerinin yüksek (%97), buna karşılık yeşil aksam Fe konsantrasyonu düşük olan TR-6149-SA genotipinin Fe etkinlik değerinin düşük (%78) olduğu görülmüştür. Aynı eğilimin II. hasatta da devam ettiği, Fe etkin genotipin yeşil aksam Fe konsantrasyon değerlerinin etkinliği düşük olan genotipe göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu bulgu genotiplerin Fe noksanlığı altındaki yeşil aksam Fe konsantrasyonunun genotiplerin Fe etkinliğinde önemli olabileceğine işaret etmektedir. Nitekim söz konusu iki parametre arasında I.hasat sonu bitkilerinde R<sup>2</sup>=0,7363\*; 2. hasat sonu bitkilerinde ise R<sup>2</sup>=0,9499\*\* düzeylerinde önemli ilişki elde edilmiştir. Bu sonuçlar beslenme ortamında genotiplerin Fe'i alma ve yeşil aksamda biriktirme yeteneğinin Fe noksanlığına dayanıklılıkta önemli parametreler olabileceğini ortaya koymuştur.

Bilindiği gibi Ayçiçeği streteji-I bitkisi olup, bu grup bitkilerde Fe redüktaz enzim aktivitesi ve pH değişimi oldukça önemlidir.

### Çözeltili pH'sı ve Fe Redüktaz Enzim Aktivitesi

TR-3080 ve 6480 genotiplerinin hem Fe noksanlığında hem de Fe uygulamasında ve her iki hasatta da yeşil aksam Fe konsantrasyonunun TR-6149-SA genotipinden fazla olması, TR-3080 ve 6480'nin beslenme ortamında daha fazla Fe alması ve aldığı Fe'i taşıması ve biriktirmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu durumu açıklayabilmek için pH değişimi ve Fe-redüktaz enzim aktivitesi gibi parametreler her üç genotip için belirlenmiştir. Her iki hasatta ve Fe'li koşulda her üç genotipin besin çözeltilisindeki pH değeri birbirine oldukça yakın olmasına karşılık Fe noksanlığında TR-3080 genotipinin bulunduğu besin çözeltilisindeki pH değeri I. hasatta 6,61, 6480 ve TR-6149-SA genotipleri için aynı değerler sırasıyla 6,65 ve 6,69 olduğu görülmüş ancak istatistiksel bir fark belirlenmemiştir. Aynı eğilim II. hasatta da devam etmiştir. TR-3080 genotipinin besin çözeltilisindeki pH değerinin diğer iki genotipe göre az da olsa düşük olması rizosfere proton (H<sup>+</sup>) salgılamasıyla ilişkilidir.

TR-3080 genotipinin ortamdaki daha fazla Fe almasında Fe redüktaz enzim aktivitesinin yüksek olmasının rolü olduğu görülmektedir. Örneğin Fe noksanlığı uygulamasında TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotiplerinin I. hasatta Fe redüktaz enzim aktivite değerleri sırasıyla 0,57, 2,31 ve 0,61 µmol g kök<sup>-1</sup> T.A. 2 h<sup>-1</sup> olduğu ve aynı değerlerin II. hasatta sırasıyla 0,81, 1,40 ve 1,14 µmol g kök<sup>-1</sup> T.A. 2 h<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). TR-3080 genotipi Fe-redüktaz enzim aktivitesi açısından diğer iki genotipten daha yüksek aktivite göstermiş olup aralarındaki fark P<0,001 düzeyinde anlamlıdır. Bilindiği gibi Fe<sup>+3</sup> ne kadar fazla indirgenirse bitkinin beslenme ortamından o kadar fazla Fe alması beklenir.

### Tartışma ve Sonuç

Besin çözeltilisinde farklı Fe (0 µM Fe ve 100 µM Fe) uygulamaları altında gerçekleştirilen her iki hasata da Fe uygulamasının yapılmadığı koşullarda genotiplerin klorofil düzeyini gösteren SPAD okumalarının ayçiçeği genotipleri arasında farklı olduğu gözlenmiştir. Demir uygulamasının yapılmadığı durumda TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotiplerinin SPAD değerlerinin I. ve II. hasatta sırasıyla 20,1-27,4, 31,4-35,9 ve 23,6-29,7 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde TR-6149-SA ve 6480 genotiplerinin Fe noksanlığında yapraktaki SPAD değerinin 30'dan daha düşük olduğunu göstermiştir. (Çizelge 1). Söz konusu genotiplere Fe uygulandığında ise klorofil düzeyi artmış ve genotiplerin kloroz düzeyini gösteren SPAD değerlerinin genelde 30-40 dolaylarında olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Demir noksanlığına toleransta kloroz düzeyini gösteren klorofil konsantrasyonu veya SPAD okumalarının türler veya aynı türün genotipleri arasında da farklı olduğu gerçekleştirilen birçok çalışmada da ortaya konmuştur.

Demir klorozunun önemli sonuçlarından biri bitki büyümesi ve yeşil aksam, dane ve meyve veriminde azalmaya yol açmasıdır. Besin çözeltilisinde gerçekleştirilen çalışmalarda Fe uygulamasına göre Fe noksanlığından kaynaklı yeşil aksam kuru madde verim azalması, TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotiplerinde

sırasıyla %22,5, %3,4 ve %2,8 olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Aynı değer ikinci hasatta aynı genotipler için sırasıyla %22,7, %8,1 ve %6,4 olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 2). Sonuçlar Fe noksanlığında simptom şiddeti yüksek veya klorofil ve SPAD değerleri düşük genotiplerin Fe noksanlığından kaynaklı kuru madde verim azalmasının daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur. Demir klorozunun bitkilerde verim ve verim parametrelerini düşürdüğü birçok çalışmada gösterilmiştir. Örneğin SPAD değerlerine göre şeftali ve armut ağaçlarının gruplandırıldığı bir çalışmada armutta Fe noksanlığı olmayan ağaçlarda (SPAD değerleri 48-51) ortalama verim 65 kg ağaç<sup>-1</sup> iken orta düzeyde klorozlu ağaçlarda (SPAD değerleri 22-28) aynı değerler 23,7 kg ağaç<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Şeftalide simptomsuz (SPAD değerleri 39-43), orta (SPAD değerleri 24-44) ve şiddetli (SPAD değerleri 18-24) simptoma sahip ağaçlarda verim değerlerinin sırasıyla 128, 21,8 ve 33,8 kg ağaç<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Alvarez-Fernandez ve ark., 2011). Elde edilen sonuçlar Fe noksanlığının her iki ağaç türünde ortalama meyve verimlerinde önemli oranlarda düşüşlere yol açtığını ortaya koymuştur. Orta düzeyde simptom gösteren ağaçlarda kontrol uygulamalarına göre armutta %64 ve şeftalide %83'lük verim kayıplarının gerçekleştiği belirlenmiştir.

Demir noksanlığı koşullarında yalnızca klorofil konsantrasyonu, verim veya kalitede azalma değil aynı zamanda yaprakta Fe konsantrasyonunun azaldığı saptanmıştır. TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotiplerinin Fe uygulamasında yapraktaki Fe konsantrasyonu I. hasatta sırasıyla 312, 308 ve 390 mg kg<sup>-1</sup> ve Fe noksanlığında aynı değerlerin 139, 209 ve 173 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Aynı değerler II. hasatta sırasıyla 216, 269 ve 241 mg kg<sup>-1</sup> ve Fe noksanlığında aynı değerlerin 187, 252 ve 231 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Yapraktaki Fe konsantrasyon azalmasının sırasıyla yaklaşık %35,4, %23,0 ve %26,0 olduğu bulunmuştur. Aynı değer II. hasatta sırasıyla %13,8, %6,3 ve %4,3 olduğu belirlenmiştir. Demir noksanlığında bitkilerde görülen konsantrasyon azalması iki bezelye çeşidiyle yapılan bir çalışmada da elde edilmiştir. Kontrol uygulamasında (+Fe uygulaması) Merveille de Kelvedon ve Lincoln çeşitlerinin yeşil aksam Fe konsantrasyonu sırasıyla 15 ve 17,37 µg g<sup>-1</sup> K.M. olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık Fe noksanlığı altındaki bitkilerde aynı değerlerin sırasıyla 9,7 µg g<sup>-1</sup> KM ve 10,36 µg g<sup>-1</sup> KM olduğu bulunmuştur. En düşük yeşil aksam Fe konsantrasyon değerlerine dolaylı Fe noksanlığı uygulamasındaki (+Fe ve +kireç) bitkilerde rastlanılmıştır. Kontrol uygulamasına göre (+Fe uygulaması) noksanlık altındaki bitkilerin yeşil aksam Fe konsantrasyonlarındaki azalma Merveille de Kelvedon çeşidinde %35,3, Lincon çeşidinde ise %40,4 olduğu görülmüştür. Söz konusu azalışın dolaylı noksanlık uygulamasında artarak devam ettiği gözlenmiştir. Bu durum kirecin bitkilerin beslenmesinde sınırlandırıcı temel faktörlerden biri olduğunu göstermektedir. Çeşitler içinde en belirgin konsantrasyon azalışının genelde Lincon çeşidine ait olduğu saptanmıştır (Jelali ve ark., 2010). Besin çözeltilisiyle gerçekleştirilen çalışmada bitkilerin Fe noksanlığı altındaki yaprak Fe konsantrasyonu genotiplerin Fe etkinlik değeri arasında önemli ve pozitif bir ilişki elde edilmiştir. Bu

sonuç çeşitlerin veya genotiplerin Fe etkinliğinin Fe noksanlık durumunda beslenme ortamında bitkilerin Fe alabilme özelliğinin ön plana çıktığını ortaya koymaktadır. Etkin çeşitlerin Fe'i kullanabilme yeteneklerinin özellikle stres altında daha belirgin olduğu literatürde gösterilmiştir. Torun ve ark. (2017) tarafından çok sayıda çilek genotipi ile yürütülen bir çalışmada genotiplerin Fe noksanlığı altında yeşil aksam Fe konsantrasyonu ile genotiplerin Fe etkinliği arasında  $R^2=419^{***}$  düzeyi ile gösterilen çok önemli bir ilişki elde edilmiştir. Jelali ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise Fe kullanım etkinliğinin Fe stresi altında arttığı ve en belirgin artışın kireç uygulamasının yapıldığı koşulda elde edildiği görülmüştür. Aynı çalışmada bezelye çeşitlerinden Merveille de Kelvedon'nun Lincon çeşidinden daha yüksek Fe kullanım etkinliğine sahip olduğu bulunmuştur.

Çeşitlerin Fe noksanlığına karşı toleransda beslenme ortamını asitleştirmeleri, ATPaz enzim aktivitesiyle proton pompalaması, Fe şelat redüktaz enzim aktivitesi ve köklerden redüktant maddelerin salınımının önemli olduğu literatürde gösterilmiştir (Jelali ve ark., 2010; Pestana ve ark., 2012). Kontrollü koşullarda besin çözeltilisinde TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotipleriyle yapılan bu çalışmada besin çözeltilisinin başlangıçtaki pH değerleri sırasıyla 7,16, 7,27 ve 7,06 olduğu ve deneme sonunda çözelti pH'sının aynı sıralama için 6,69, 6,61 ve 6,65 olduğu görülmüştür (Çizelge 3). Proton salgılama düzeyi ve beslenme ortamını asitleştirebilme yeteneğinin genotipten genotipe farklı olabileceği birçok çalışmada (Tagliavini ve ark., 1995; Jealali ve ark., 2010; Pestana ve ark. 2012a) ortaya konmuştur. Demir noksanlığı stresi altında Fe etkin M. *xiaojinensis*, (elma) genotipinin kireçli topraklarda rizosfer pH'sını yaklaşık 2 birim düşürdüğü görülmüştür (Han ve ark., 1994, 1998). Huxel ve Faber asma çeşitlerinin köklerinden besin çözeltilisine salgılanan  $H^+$  düzeyini belirleyen bir çalışmada, Huxel çeşidi kireçli toprakta şiddetli Fe klorozu gösterirken Faber çeşidinin dayanıklı olduğu bulunmuştur. Faber çeşidi köklerinden 12 saatte bitki başına  $406 \mu\text{mol } H^+$  salgılamak aynı değer Huxel için  $173 \mu\text{mol } 12 \text{ h}^{-1} \text{ bitki}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir (Mengel ve Malissovova, 1982). Bu bulgudan hareketle, Fe noksanlığının kireçli toprakta yaygın bir şekilde çıktığı düşünülürse genotiplerin proton salgılama yeteneğinin Fe noksanlığına dayanıklılıkta önemli bir parametre olduğu görülmektedir.

Çeşitlerin Fe noksanlığına karşı toleransda önemli bir başka parametre köklerin Fe redüktaz enzim aktivitesiyle  $Fe^{+3}$ 'ü  $Fe^{+2}$ 'ye indirgeyebilme yeteneğidir. TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotipleriyle yapılan bu çalışmada Fe etkin genotip TR-3080'in Fe noksanlığında redüktaz enzim aktivitesinin Fe noksanlığına duyarlı TR-6149-SA genotipinden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 3). Benzer sonuçlar, Torun ve ark. (2013ab; 2014) tarafından su kültürü ve sera koşullarında çilekle yürütülen çalışmalarda da bulunmuştur. Çilekle yapılan bir başka çalışmada Fe uygulamasına göre Fe noksanlığındaki bitkilerde Fe şelat redüktaz enzim aktivitesinin yaklaşık 2,5 kez daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Fe etkin çeşitlerin Fe şelat redüktaz aktivitesinin yüksek olduğu birçok çalışmada ve bitki türünde gösterilmiştir. Armut için kullanılan iki anaçtan

*Cydonia oblonga* Fe noksanlığına duyarlı ve *Pyrus communis* dayanıklı olarak sınıflandırılmıştır. Demir noksanlığı altında armutun Fe şelat redüktaz aktivitesi artmış, ancak benzer artışın ayvada olmadığı bulunmuştur. Ortamda  $HCO_3$  olması Fe şelat redüktaz aktivitesini farklı şekilde etkilemiş ve armuttan çok ayvada aktivitenin azalmasına yol açmıştır. Bu durum olasılıkla *C. Oblonga*'ya göre Fe noksanlığına dayanıklı olan *P. Communis*'in Fe noksanlığında rizosfer pH'sını daha çok düşürebilme yeteneğinden kaynaklanmıştır (Tagliavini ve ark., 1995). Bu sonuç, Fe noksanlığına toleransta yalnızca tek bir mekanizmanın değil birden fazla mekanizmanın rolünün olduğunu göstermektedir. Ancak literatürde Fe şelat redüktaz aktivitesinin her zaman Fe klorozuyla ilişkili olmayabileceğini ortaya koyan çalışmalarda (Alcantara ve ark., 2000; Abadia ve ark., 2002) bulunmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, ayçiçeği genotiplerinin Fe noksanlığına karşı toleransta, beslenme ortamındaki Fe'i alabilme düzeyi ve yeşil aksama taşıma ve biriktirme özelliğiyle yakın ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu olayın gerçekleşme düzeyinin de daha çok genotipin proton salgılama ve özellikle Fe redüktaz enzim aktivitesiyle ilişkili olduğu görülmüştür.

## Kaynaklar

- Abadía J, López-Millán AF, Rombolá A, Abadía A. 2002. Organic acids and Fe deficiency: a review. *Plant and Soil*, 241(1), 75-86.
- Alcantara E, Romera FJ, Canete M, de la Guardia MD. 2000. Effects of bicarbonate and iron supply on Fe(III) reducing capacity of roots and leaf chlorosis of Fe susceptible peach rootstock 'Nemaguard'. *J. Plant Nutr.* 23: 1607-1617.
- Alkan Torun A, Aka Kacar Y, Bicen B, Erdem N, Serce S. 2014. In vitro Screening of Octoploid *Fragaria chiloensis* and *Fragaria virginiana* Genotypes against Iron Deficiency. *Turk. J. Agric. For.* 38: 167-179.
- Alkan Torun A, Serce S, Kacar AY, Erdem N, Erdem H, Bicen B. 2013a. Determination of factors affecting sensitivity of two strawberry species to iron deficiency. *J. Food Agric. Environ.* 11: 785-789.
- Alkan Torun A, Serçe S, Aka Kaçar Y, Erdem N. 2013b. Screening of wild strawberry genotypes against iron deficiency under greenhouse conditions. *Not. Bot. Horti. Agrobi.* 41: 560-566.
- Alkan Torun A, Erdem, N., Serce S, Aka Kacar Y, Torun, B. (2017). Screening Octoploid *Fragaria chiloensis* and *Fragaria virginiana* Genotypes against Iron Deficiency under Hydroponic Conditions. *Turk. J. Agric. For.* (in press).
- Álvarez-Fernández A, Melgar JC, Abadía J, Abadía A. 2011. Effects of moderate and severe iron deficiency chlorosis on fruit yield, appearance and composition in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Environ. Exp. Bot.* 71: 280-286.
- Álvarez-Fernández A, Melgar JC, Abadía J, Abadía A. 2011. Effects of moderate and severe iron deficiency chlorosis on fruit yield, appearance and composition in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Environmental and Experimental Botany*, 71(2), 280-286.
- Anonim, 2017. <http://arastirma.tarim.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/2482012115736884.pdf>
- Arnon DI. 1949. Copper Enzymes In Isolated Chloroplast: Polyphenoloxidase In *Beta vulgaris*, *Plant Physiol.*, 14: 1-15.

- Çakmak I. 2010. Biofortification of cereals with zinc and iron through fertilization strategy. In 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World (Vol. 5, pp. 1-6).
- Camp SD, Jolley, VD, Brown JC. 1987. Comparative Evaluation Of Factors Involved In Iron-Stress Response In Tomatoes And Soybean, *Journal of Plant Nutrition.*, 10, 423-442.
- Çakmak İ, Kalaycı M, Ekiz H, Braun HJ, Yılmaz A. 1999. Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-Science for Stability Project. *Field Crops Research* 60: 175-188.
- Çavdar AO, Arcasoy A, Cin S, Babacan E, Gözdasoğlu S. 1982. Geophagia in Turkey: iron and zinc deficiency, iron and zinc absorption studies and response to treatment with zinc in geophagia cases. *Progress in clinical and biological research*, 129: 71-97.
- Daşgan HY, Römheld V, Çakmak I, Abak K. 2002. Physiological root responses of iron deficiency susceptible and tolerant tomato genotypes and their reciprocal F 1 hybrids. *Plant and Soil*, 241(1): 97-104.
- Ellsworth JW, Jolley VD, Nuland DS, Blaylock AD. 1997. Screening for resistance to iron deficiency chlorosis in dry bean using iron reduction capacity. *Journal of plant nutrition*, 20(11): 1489-1502.
- Eyupoglu F, Kurucu N. 1997. Plant available trace iron, zinc, manganese and copper in Turkish soils. In *Soil Fertility Workshop, Aleppo (Syria), 19-23 Nov 1995. ICARDA*.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S, Camsağ U. 1997. Plant available trace iron, zinc, manganese and copper in Turkish soils. *Accomplishments and Future Challenges in Dryland Soil Fertility Research in the Mediterranean Area, ICARDA book*, 191-196.
- Fernández V, Eichert T, Del Río V, López-Casado G, Heredia-Guerrero JA, Abadía A, Abadía J. 2008. Leaf structural changes associated with iron deficiency chlorosis in field-grown pear and peach: physiological implications. *Plant and Soil*, 311(1-2): 161-172.
- Görmuş O, Barutcular C. 2016. Boron Nutrition Studies with Cotton and Sunflower in Southern Turkey. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(7): 915-929.
- Han ZH, Wang Q, Shen T. 1994. Comparison of some physiological and biochemical characteristics between iron-efficient and iron-inefficient species in the genus malus. *Journal of Plant Nutrition*, 17(7): 1257-1264.
- Han ZH, Shen T, Korcak RF, Baligar VC. 1998. Iron absorption by iron-efficient and-inefficient species of apples. *Journal of plant nutrition*, 21(1): 181-190.
- Jelali N, Dell'Orto M, Rabhi M, Zocchi G, Abdely C, Gharsalli M. 2010. Physiological and biochemical responses for two cultivars of *Pisum sativum* ("Merveille de Kelvedon" and "Lincoln") to iron deficiency conditions. *Sci. Horticulture-Amsterdam*, 124: 116-121.
- Kacar B, İnal A. 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım.
- Kaçar B, Katkat V. 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği, Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı Yayınları, Bursa, 401 s.
- McLean E, Cogswell M, Egli I, Wojdyla D, De Benoist B. 2009. Worldwide prevalence of anaemia, WHO vitamin and mineral nutrition information system, 1993-2005. *Public health nutrition*, 12(4): 444-454.
- Mengel K, Malissovova N. 1982. Light depended proton excretion by roots of entire vine plants (*Vitis vinifera* L.). *Z. Pflanzenernährung. und Bodenk.* 145: 261-267.
- Mengel K, Planker R, Hoffmann B. 1994. Relationship between leaf apoplast pH and iron chlorosis of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 17(6): 1053-1065.
- Pestana M, Correia PJ, Saavedra T, Gama F, Abadia A, de Varennes A. 2012a. Development and recovery of iron deficiency by iron resupply to roots or leaves of strawberry plants. *Plant Physiol. Bioch.* 53: 1-5.
- Pestana M, Domingos I, Gama F, Dandlen S, Migue MG, Pinto JC. 2011. Strawberry recovers from iron chlorosis after foliar application of a grass-clipping extract. *Soil Sci. Plant Nutr.* 174: 473-479.
- Pestana M, Gama F, Saavedra T, De Varennes A, Correia PJ. 2012. The root ferric-chelate reductase of *Ceratonia siliqua* (L.) and *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. responds differently to a low level of iron. *Sci. Horticulture-Amsterdam* 135: 65-67.
- Ranieri A, Castagna A, Baldan B, Soldatini GF. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. *Journal of experimental botany*, 52(354): 25-35.
- Tagliavini M, Rombola AD. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *Eur. J. Agron.* 15: 71-92.
- Tagliavini M, Rombola AD, Marangoni B. 1995. Responses to the iron-deficiency stress of pear and quince genotypes. *J. Plant Nutr.* 18: 2465-2482.