



## AYÇİÇEĞİ HATLARININ DEMİR BESLENME KABİLİYETLERİ YÖNÜNDE GRUPLANDIRILMASI VE BU HATLARIN EN İYİ DEMİR BESLENME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ahmet KORKMAZ<sup>1</sup>, Güney AKINOĞLU<sup>1\*</sup>, Elif BOZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

**Özet:** Bu çalışmanın amacı, ayçiçeği hatlarının demir beslenme kabiliyetleri yönünden gruplandırılması ve bu hatların en iyi demir beslenme özelliklerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, 445 g kuvars kumu ortamına % 5,6 CaCO<sub>3</sub> olacak şekilde her saksıya 25 g CaCO<sub>3</sub> uygulanmıştır. Denemede pH'sı 6,0'a ayarlı demirsiz besin çözeltisi aşağıdaki konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. 0,75 mM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 2,0 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 1,0 mM MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,25 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,1 mM KCl; 1,0 µM MnSO<sub>4</sub>; 1,0 µM ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 10 µM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0,01 µM (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>; 0,1 µM CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O. Faktöriyel deneme desenine göre 7 × 3 şeklinde planlanan denemede muameleler 3 tekrürlü uygulanmıştır. Yukarıdaki konsantrasyonlarda hazırlanan besin çözeltisine 0-45 ve 100 µM Fe içerecek şekilde Fe-EDDHA ilave edilmiştir. Demirsiz besin çözeltisi ile yetiştirilen ayçiçeği hatlarının kuru madde miktarları ve bu hatların demir beslenmesi ile ilgili diğer özelliklerine ait değerler, 45 ve 100 µM demir içeren besin çözeltisi ile yetiştirilen hatların kuru madde miktarlarına ve diğer demir beslenme özelliklerine ilişkin değerlerine bölünmesi ile ayçiçeği hatlarının kireçli ortamda demir noksanlığına tolerans indeks değerleri hesaplanmıştır. Demir noksanlığı şartlarında, demir beslenme özellikleri yönünden 12, 18, 25 ve 34 numaralı ayçiçeği hatları birinci grubu; 21, 28 ve 37 numaralı hatlar ise ikinci grubu oluşturmuştur. 28 ve 37 numaralı hatların birbirine en yakın; 12 ve 21 numaralı hatların ise birbirinden en uzak hatlar oldukları belirlenmiştir. Hatlardan 12 nolu ayçiçeği hattı kökte ve yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil kapsamları bakımından 21 nolu ayçiçeği hattına göre daha yüksek bulunmuştur. Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme özellikleri yönünden 12 nolu hattın 21 numaralı hatta göre daha iyi bir hat olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Ayçiçeği hatları, Kireçli ortam, Demir beslenme kabiliyeti, Toplam klorofil, Aktif demir, Ferrik redüktaz aktivitesi

### Grouping Sunflower Lines in Terms of Iron Nutrition Capabilities and Determining the Best Iron Nutrition Characteristics of These Lines

**Abstract:** The aim of this study is to group the sunflower lines in terms of their iron nutrition ability and to determine the best iron nutrition properties of these lines. For this purpose, 25 g CaCO<sub>3</sub> was applied to each pot with 5.6 % CaCO<sub>3</sub> in 445 g quartz sand media. In the experiment, non-ferrous nutrient solution with pH adjusted to 6.0 was prepared in the following concentrations. 0.75 mM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 2.0 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 1.0 mM MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0.25 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0.1 mM KCl; 1.0 µM MnSO<sub>4</sub>; 1.0 µM ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 10 µM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0.01 µM (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>; 0.1 µM CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O. In the experiment, which was planned as 7 × 3 according to the factorial trial design, the treatments were applied in 3 repetitions. Fe-EDDHA, containing 0, 45 and 100 µM Fe, was added to the nutrient solution prepared at the above concentrations. Tolerance index values of sunflower lines for iron deficiency in calcareous environment were calculated as follows. It was calculated by dividing the values of iron feeding characteristics and dry matter contents of sunflower lines grown with non-ferrous nutrient solution to the same characteristics of the lines grown with 45 and 100 µM iron-containing nutrient solution. Sunflower lines 12, 18, 25 and 34 formed the first group in terms of iron nutritional properties under iron deficiency conditions; however, lines 21, 28 and 37 formed the second group. It has been determined that lines 28 and 37 are the closest sunflower lines, while lines 12 and 21 are the furthest from each other. The sunflower line no. 12 was found to be higher in terms of ferric reductase enzyme activity in root and leaf, chlorophyll-a, chlorophyll-b, total chlorophyll contents than the sunflower line no.21. It was concluded that sunflower line no 12 is better than line no 21 in terms of iron nutritional properties under iron deficiency conditions.

**Keywords:** Sunflower lines, Calcareous media, Iron nutritional ability, Total chlorophyll, Active iron, Ferric reductase activity

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

E mail: guney\_akinoglu@gmail.com (G. AKINOĞLU)

Ahmet KORKMAZ <https://orcid.org/0000-0001-5595-0618>

Güney AKINOĞLU <https://orcid.org/0000-0003-4624-2876>

Elif BOZ <https://orcid.org/0000-0001-9579-025X>

**Gönderi:** 19 Mart 2021

**Kabul:** 05 Nisan 2021

**Yayınlanma:** 01 Ekim 2021

**Received:** March 19, 2021

**Accepted:** April 05, 2021

**Published:** October 01, 2021

**Cite as:** Korkmaz A, Akinoğlu G, Boz E. 2021. Grouping sunflower lines in terms of iron nutrition capabilities and determining the best iron nutrition characteristics of these lines. *BSJ Eng Sci*, 4(4): 153-159.

### 1. Giriş

Ülkemiz ayçiçeği ekim alanları ülkemizde ayçiçeği üretiminin ilk başladığı 1950'li yıllardan bu yana büyük çoğunlukla Trakya-Marmara Bölgesi'nde bulunmaktadır (Semerci ve ark., 2011). Ancak son yıllarda ayçiçeğinde

elde edilen gelirin ve mısır, pamuk gibi bitkilerdeki hastalık, zararlı problemlerinin artması nedeniyle, ayçiçeği başta Çukurova Bölgesi olmak üzere diğer bölgelerde de ekilmeye başlanmıştır. Ayçiçeği bitkisi demir noksanlığına duyarlı bir bitki türü olup, demir



noksanlığı görülen topraklarda yetiştirilmesi halinde önemli derecede verim ve kalite kayıpları olmaktadır. Türkiye'nin değişik bölgelerinden toplanan çok sayıda toprak örneğinde yapılan analizlere göre Fe eksikliği % 27'lik bir oranla çinkodan sonra en yaygın olan mikro element eksikliği sorunudur (Eyüpoğlu ve Korucu, 1997). Ayçiçeği gibi bitkilerde demir noksanlığı şartlarına adapte olabilmek için rizosfer pH'sını azaltmak ve köklerin +3 değerlikli demiri ( $Fe^{+3}$ ), +2 değerlikli demire ( $Fe^{+2}$ ) indirgeyebilme kapasitelerini artırma özelliklerinin genotipler arasında dikkate değer ölçüde farklılık olduğu bildirilmiştir (Alcantara ve Guardia, 1991). Araştırmacılar ayçiçeğinde demir alımının köklerin rizosfer pH'sını azaltma ya da rizosferde +3 değerlikli demiri, iki değerlikli demire ( $Fe^{+2}$ ) indirgeyebilme kapasiteleriyle ilişkili olduğunu da belirtmişlerdir. Ayçiçeğinin demir noksanlığına duyarlı bitki türlerinden biri olduğu belirtilmiştir (Mengel ve ark., 1994; Ranieri ve ark., 2001).

Görmüş ve Barutçular (2016) ayçiçeğinin demir noksanlığına karşı oldukça duyarlı bir bitki olduğunu bildirmişler ve ayrıca ayçiçeğinin Türkiye'de özellikle Çukurova Bölgesi'nde son yıllarda ekim alanının ve üretiminin önemli ölçüde arttığını da belirtmişlerdir. Eyüpoğlu ve ark. (1997) Türkiye topraklarının yarayışlı demir konsantrasyonunun düşük olduğunu, bu yüzden ayçiçeğinin verim ve kalitesinde önemli kayıplara neden olabileceğini belirtmişlerdir. Strateji-I bitkileri genellikle dikotiledon bitkiler olup bu bitkilere Arabidopsis thaliana'dan demir alımı ve taşınımı ile ilgili genler aktararak demir alımında etkin varyeteleri elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda demir noksanlığına maruz bırakılan domates bitkilerinde klorofilin azaldığı kökte  $Fe^{+3}$  şelat redüktaz enzim aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir. Strateji-I bitkilerinde aşağıda belirtilen hususlara sahip bitkilerin demir alımında kabiliyetli olduğu bildirilmiştir. Bu özellikler: 1) Demir alımında kabiliyetli çeşitlerin kökleri proton çıkararak rizosferde toprağın asitliğini ve demirin çözünürlüğünü artırıcı özelliğe sahiptir. 2) Demir alımında kabiliyetli bitkiler demir noksanlığı şartlarında köklerinde  $Fe^{+3}$  şelat redüktaz enzim aktivitesini artırarak, +3 değerlikli demirin ( $Fe^{+3}$ ) +2 değerlikli demire ( $Fe^{+2}$ ) indirgenmesini sağlayıcı özelliğe sahiptir. 3) Demir alımında kabiliyetli çeşitler  $Fe^{+2}$  taşıyıcı aktivitesini artırarak, +2 değerlikli demirin ( $Fe^{+2}$ ) plazmalemmadan taşınımını sağlama özelliğine sahiptir (Zamboni ve ark., 2012).

Toprak, iklim ve bitki faktörlerinin uygun olmayışı nedeniyle demirin alımının ve yarayışlılığının önemli derecede azaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca kötü havalanan, soğuk, kalkerli ya da alkalın toprakların bitkilerde demir noksanlığının sıkça görüldüğü topraklar olduğu belirtilmiştir (Marschner ve ark., 1986; Inskeep ve ark., Bloom, 1987). Bu tür topraklarda yetişen bitkiler rizosferde demirin yarayışlılığını artırarak, demir noksanlığı şartlarına karşı adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmalar neticesinde kökleri ile

yeterli miktarda demir aldıkları belirtilmiştir. Demir noksanlığı şartlarına adaptasyonda köklerin gösterdiği responslar bitki türleri arasında farklılık göstermektedir. Strateji-I bitkilerinin demir alımında kök yüzeylerinde +3 değerlikli demirin, +2 değerlikli demire ( $Fe^{+2}$ ) indirgenmesi mutlak gerekli bir işlem olduğu belirtilmiştir (Chaney ve ark., 1972; Römheld ve Marschner, 1986).

Marschner ve ark. (1986) demir noksanlığı şartlarında Strateji-I bitkilerinin diğer bir özelliğinin ATPaz proton pompasıyla rizosferin asitliğini artırma olduğu ve bu özelliğın rizosferde demirin çözünürlüğünü artırarak bitkinin demir beslenmesine katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Demirin; klorofilin biyosentezinde, fotosentezde, solunumda, DNA sentezinde, mitokondri ve kloroplastlarda elektron sağlayarak elektron taşınım zincirinde, protein sentezinde, nitratların amonyağa indirgenmesi dahil bitkilerde birçok hücrel fonksiyonlarda mutlak gerekli bir element olduğu bildirilmiştir. (Ishimaru ve ark., 2006; Kumar ve ark., 2013). Demir ayrıca, katalaz, peroksidaz, akonitaz, süperoksit dismutaz gibi enzimlerin yapısında yer alır. (Marschner, 1995).  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  redoks çifti enzimatik redoks reaksiyonlarını artırarak bitki gelişmesinde önemli bir rol oynar (Gill ve Tuteja, 2010).

Bitki ıslahında hatlar arasında melezleme işlemi yapılarak hibrit çeşitler elde edilir. Hibrit çeşitlerin demir beslenme kabiliyetleri büyük oranda melezlemede kullanılan hatlardan gelir. Kendileme sonucu oluşan bireylere hat denilir. Kendileme yakın akrabalar arasında olan çaprazlama işlemidir. Uzun yıllar kendileme yapılarak elde edilen hatların demir beslenme kabiliyetlerinin bilinmesi, elde edilecek hibrit çeşidin demir beslenme kabiliyetine yansması sebebiyle önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, ayçiçeği hatlarının demir beslenme kabiliyetleri yönünden gruplandırılması ve bu hatların en iyi demir beslenme özelliklerinin belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada 7 farklı ayçiçeği hattı incelenmiştir. Ayçiçeği hatlarının belirlenen bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1. Deneme

Kum kültüründe küçük plastik saksılara % 5,6  $CaCO_3$  içeren 445 g kuvars kumu doldurulmuştur. Deneme  $7 \times 3$  faktöriyel deneme desenine göre tertiplenmiş ve muameleler 3 tekerrürlü uygulanmıştır. Denemede 7 farklı ayçiçeği hattı 0, 45 ve 100  $\mu M$  demir dozu içeren ( $Fe-EDDHA$ ) besin çözeltisi verilerek yetiştirilmiştir. Besin çözeltisi aşağıda verilen konsantrasyonlarda hazırlanmış ve pH'sı 6,0'a ayarlanmıştır. (Öztürk ve ark., 2008).

**Tablo 1.** Ayçiçeği hatlarının belirlenen bazı tabla özellikleri (Aytaç ve ark., 2016)

Hat no	Laboratuvar No	Ortalama tohum sayısı	Tane doldurma oranı	Tabla çapı	Tabla şekli	Kabuk / iç oranı
12	1	869	80,0	25,2	Düz-düz konik	52,2
18	2	972	77,0	27,1	Düz konik	58,5
21	3	708	82,0	24,2	Düz-düz konik	53,66
25	4	928	73,0	25,1	Düz	54,65
28	5	967	62,8	26,6	Düz-düz konik-ters konik	51,63
34	6	869	68,0	23,8	Düz-ters konik	58,42
37	7	754	81,2	22,5	Düz konik-ters konik	65,18

0,75 mM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 2,0 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 1,0 mM MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,25 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,1 mM KCl; 1,0 µM MnSO<sub>4</sub>; 1,0 µM ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 10 µM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0,01 µM (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>; 0,1 µM CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O.

Kum kültüründe yetiştirilen ayçiçeği hatlarına saksa başına her gün kök havasızlığına neden olmayacak şekilde 50 mL besin çözeltisi uygulanmıştır. Ayçiçeği hatları, besin çözeltisi uygulayarak 50 gün süreyle yetiştirilmiştir. Taze yaprakta yapılacak analizler için hatlardan hasat zamanında yaprak örnekleri alınmıştır. Bitkilerin topraküstü aksamaları 65 °C'ye ayarlı etüvde kurutulmuş, kuru madde ağırlıkları tartılmıştır.

### 2.2.2. Bitki analizleri

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen bitkilerin taze kök ve yapraklarında ferrik redüktaz aktivitesi belirlenmiş ve enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar, µmol/saat/ g taze madde (TM) olarak ifade edilmiştir (Ojeda ve ark., 2004). Taze yaprak örnekleri 1,0 N hidroklorik asit çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve süzükte aktif demir atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı ile belirlenmiştir (Takkar ve Kaur, 1984). Taze yaprak örneklerinde Arnon (1949); Witham ve ark. (1971) tarafından bildirildiği şekilde klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid absorbans değerleri spektrofotometre cihazı ile belirlenmiş ve aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır (eşitlik 1, 2, 3 ve 4):

$$\text{Klorofil-a, mg/g TM} = [12,70 \cdot A_{663} - 2,69 \cdot A_{645}] \cdot V / (1000 \cdot W) \quad (1)$$

$$\text{Klorofil-b, mg/g TM} = [22,90 \cdot A_{645} - 4,68 \cdot A_{663}] \cdot V / (1000 \cdot W) \quad (2)$$

$$\text{Toplam klorofil, mg/g TM} = [20,2 \cdot A_{645} + 8,02 \cdot A_{663}] \cdot V / (1000 \cdot W) \quad (3)$$

$$\text{Karotenoid mg/g TM} = A_{480} \cdot V / (250 \cdot w) \quad (4)$$

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

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

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

V = Son hacim, mL

W = Örnek miktarı, g TM

Bitkide toplam azot, fosfor, potasyum ve demir, Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. Ayrıca bitkilerin toplam demir alımları hesap edilmiştir. Ayçiçeği hatlarının demir noksanlığına tolerans indeks değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (eşitlik 5):

$$\text{Demir noksanlığına tolerans indeks değerleri, \%} = (A / B) \times 100 \quad (5)$$

A= Demirsiz besin çözeltisi ile yetiştirilen hatlarda belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, aktif demir kapsamları ve kuru madde miktarları ve B= 45 µM ya da 100 µM demir içeren besin çözeltisiyle yetiştirilen hatlarda belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, aktif demir kapsamları ve kuru madde miktarlarıdır.

### 2.3. İstatistiksel Analizler

Demir beslenme indeksleri yönünden 7 farklı ayçiçeği hatlarının birbirlerine yakınlık ve uzaklıklarını belirlemek amacıyla Cluster (kümeleme) testi veya benzerlik testi uygulanmıştır. Cluster analizi JMP.5.0 istatistik paket programında Ward Yöntemi'ne göre yapılmıştır. Ayçiçeği hatlarının demir beslenme indekslerine göre sınıflandırılması ve hatların bu indekslere göre değişimi ve en iyi özellikleri Biplot analiz yöntemi ile belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Demir Noksanlığı Şartlarında Ayçiçeği Hatlarının Gruplandırılması, Birbirlerine Yakınlık-Uzaklıkları ve İyi Özellikleri

Demir noksanlığı şartlarında ayçiçeği hatlarında belirlenen demir beslenme özelliklerine ait değerler Tablo 2'de; demir noksanlığına tolerans indeks değerleri ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, kireçli ortamda demir noksanlığı şartlarında kökte ve yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi yönünden 12 nolu hat diğer ayçiçeği hatlarına göre en yüksek değerlere sahiptir. Ayrıca, klorofil-a kapsamı yönünden 28 nolu hat; klorofil-b kapsamı yönünden 18 nolu hat; toplam klorofil kapsamı yönünden 18 ve 28 numaralı hat; aktif demir kapsamı ve kuru madde miktarı yönünden 37 nolu hat; yaprakta azot kapsamı yönünden 34 nolu hat en yüksek değerlere sahiptirler.

Ayçiçeği hatları demir noksanlığına ilişkin özelliklere ait

mutlak ve oransal değerler şeklinde olmak üzere 18 özellik bakımından gruplandırılmıştır (Şekil 1). Şekil 1'in incelendiğinde, ayçiçeği hatlarının demir noksanlığı

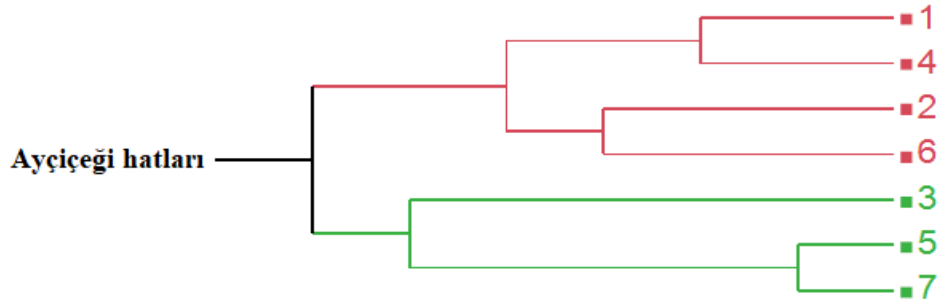
şartlarında, demir beslenme kabiliyetlerine göre 2 ana grupta toplandıkları görülmüştür.

**Tablo 2.** Demir noksanlığı şartlarında ayçiçeği hatlarında belirlenen demir beslenme özelliklerine ait değerler

Hat no	Kökte FRA $\mu\text{mol/saat/g}$ TM (I)	Yaprakta FRA, $\mu\text{mol/saat/g}$ TM (II)	Klorofil-a mg/g TM (III)	Klorofil-b mg/g TM (IV)
12	399,00	341,76	1,27	0,52
18	394,83	331,82	1,38	0,6
21	307,45	341,46	0,34	0,44
25	358,75	329,41	1,42	0,51
28	243,39	341,46	1,47	0,51
34	290,98	318,56	1,21	0,56
37	306,93	337,24	1,28	0,48
	Toplam klorofil mg/g TM (V)	Aktif Fe, ppm (VI)	Verim, g KM/bitki (VII)	Azot,% (VIII)
12	1,8	6,91	11,54	0,94
18	1,98	6,43	9,02	0,95
21	1,39	8,62	11,69	0,99
25	1,93	6,51	10,54	1,13
28	1,98	9,41	10,87	1,04
34	1,77	7,62	8,59	1,21
37	1,76	10,95	12,39	1,09

**Tablo 3.** Ayçiçeği hatlarının demir noksanlığına tolerans indeks değerleri

Hat no	Demir noksanlığı şartlarında belirlenen demir beslenme özelliklerine ilişkin oransal değerler, % (45 $\mu\text{M}$ Fe seviyesine göre) Yeterli demir düzeyine (45 $\mu\text{M}$ Fe) göre				
	Oransal, klorofil-a,% (IX)	Oransal, klorofil-b, % (X)	Oransal, toplam klorofil, % (XI)	Oransal Aktif Fe, % (XII)	Oransal kuru madde miktarı, % (XIII)
12	58,82	74,02	61,24	60	88,11
18	80,65	112,57	88,12	87,74	86,84
21	63,87	86,51	69,46	87,64	96,62
25	76,99	88,61	76,54	62,2	78,91
28	84,03	70,09	82,67	126,74	98,16
34	72,33	98,47	79,09	61,34	62,82
37	81,66	84,66	82,61	138,21	94,4
	Yeterli demir düzeyine (100 $\mu\text{M}$ Fe) göre				
	Oransal klorofil-a, % (XIV)	Oransal klorofil-b, % (XV)	Oransal toplam klorofil, % (XVI)	Oransal aktif Fe,% (XVII)	Oransal kuru madde miktarı, % (XVIII)
12	87,19	87,77	87,44	34,49	99,61
18	76,02	96,14	81,13	28,34	72,81
21	51,68	68,13	57,28	41,27	100,68
25	91,29	104,61	93,15	35,41	98,04
28	100,49	103,23	103,52	61,64	104,66
34	62,15	99,06	66,78	32,74	65,68
37	83,65	90,85	86,81	64,06	98,04



**Şekil 1.** Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme kabiliyetlerine göre ayçiçeği hatlarının gruplandırılması (1= 12 nolu hat; 2= 18 nolu hat; 3= 21 nolu hat; 4= 25 nolu hat; 5= 28 nolu hat; 6= 34 nolu hat; 7= 37 nolu hat).

I. Ana grupta 4 hat (12, 18, 25 ve 34) kümelenmiş; II. Ana grupta ise 3 hat (21, 28 ve 37) kümelenmiştir. Birinci grubu oluşturan hatlar arasında 12 nolu ayçiçeği hattı kuru madde miktarı, kökte ve yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi yönünden en yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Bununla birlikte, 25 nolu hat klorofil-a kapsamı yönünden; 18 nolu hat klorofil-b ve toplam klorofil kapsamı yönünden; 34 nolu hat aktif demir ve azot kapsamı yönünden en yüksek değerler göstermiştir.

İkinci grubu oluşturan hatlar arasında 37 nolu hat kuru madde miktarı, aktif demir ve azot kapsamı yönünden en yüksek değerlere sahiptir. Ayrıca, 28 nolu hat klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamı yönünden en yüksek değerlere sahiptir. II. Ana grupta yer alan 21 nolu hat ise kökte ferrik redüktaz aktivitesi yönünden en yüksek bulunmuş; yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi yönünden ise 21 ve 28 nolu hatlar birbirine yakın ve en yüksek bulunmuşlardır. Demir noksanlığı şartlarında dikotiledon bitkilerin, topraktan demiri absorbe etme ve mobil hale getirme kabiliyetleri vardır. Dikotiledon bitkilerin topraktaki demiri mobil hale getiren bu

varyeteleri “demir etkin bitkiler” olarak adlandırılmaktadır. Demir etkin bitkiler ekstra kök tüylerine ve rizodermal transfer hücrelerine sahip olup, kökleri ile proton çıkarırlar. Ayrıca demir etkin bitkilerin ekstra hücrel ferrik redüktaz aktivitesine sahip oldukları ve yüksek düzeyde +2 değerlikli demiri ( $Fe^{+2}$ ) alabilme kabiliyetine sahip oldukları da belirtilmiştir (Römheld ve Marschner, 1986).

Brown ve Olsen (1980) demir alımında etkin varyetelerin kabiliyetlerinin yetiştirildikleri gelişme ortamının pH'sını düşürme ve köklerden indirgeyici maddelerin çıkarılmasıyla ilgili olduğunu bildirmişlerdir. Demir stresine maruz bırakılmış dikotiledon türlerin rizosfer pH'sını değiştirerek veya kök ferrik redüktaz enzim aktivitesini artırarak demir klorozunu gidermeye çalıştığı bildirilmiştir.

Ayçiçeği hatlarının demir noksanlığı şartlarında grup içi yakınlık değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, 28 ve 37 nolu hattın demir beslenme kabiliyetleri bakımından birbirine en yakın hat oldukları görülmektedir. Diğer yandan, 12 ve 21 nolu hatlar ise birbirinden en uzak hatlar oldukları tespit edilmiştir.

**Tablo 4.** Ayçiçeği hatlarının kireçli ortamda grup içi yakınlık değerleri

Grup sayıları	Grup içi yakınlık değeri	Grup Elemanları
6	2,242	28 37
5	2,949	12 25
4	3,456	18 34
3	4,404	12 18
2	5,350	21 28
1	5,858	12 21

Demir noksanlığı şartlarında, birbirlerinden en uzak hatlar 12 ve 21 nolu hatlar arasında, 12 nolu hat; kökte ve yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil kapsamı bakımından 21 nolu hatta göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ksouri ve ark. (2007) asmada kirece bağlı demir noksanlığının genotiplere bağlı olarak değiştiğini yaprak klorofil kapsamının genotiplere ve bikarbonat dozlarına bağlı olarak değiştiğini bildirmiştir. Buna karşın, 21 nolu hat ise aktif demir kapsamı bakımından 12 nolu hatta göre daha yüksek bulunmuştur. Torun ve ark. (2017) ayçiçeği

bitkisinin demir noksanlığına toleranslı çeşitlerinin seçiminde bitkilerde semptom derecesi, SPAD değeri, klorofil konsantrasyonu, yeşil aksam kuru madde verimi, ferrik redüktaz enzim aktivitesi, yeşil aksam demir konsantrasyonu ve yetiştirme ortamının pH değerini ele almışlardır. Araştırmacılar proton salgılama özelliğinin ve demir redüktaz enzim aktivitesinin önemli olduğunu belirterek, demir etkin genotip olan TR-3080'in demir noksanlığında kök ferrik redüktaz enzim aktivitesinin demir noksanlığına duyarlı genotip olan TR-6149-SA'ninkinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

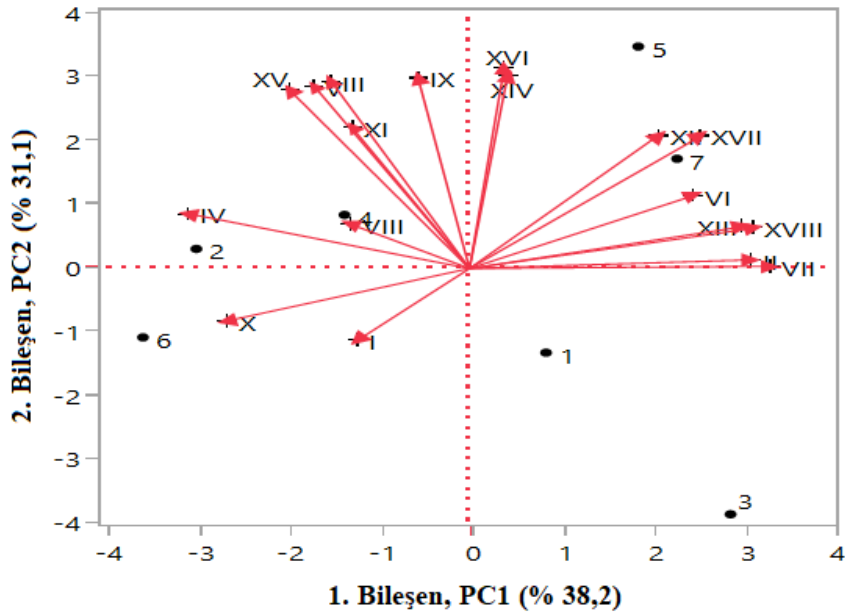
Araştırmacılar kontrollü koşullarda besin çözeltisinde TR-6149-SA, TR-3080 ve 6480 genotipleri ile yaptıkları çalışmada besin çözeltisinin başlangıçtaki pH değerlerinin çeşit sırasıyla 7,16, 7,27 ve 7,06 olduğunu, deneme sonunda ise çeşit sırasıyla pH'nın 6,69, 6,61, 6,65'e düştüğünü belirtmişlerdir. Proton salgılama düzeyinin ve rizosferi asitleştirebilme yeteneğinin çeşitlere göre farklı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar demir etkin çeşit olan TR-3080 ayçiçeği genotipinde demir noksanlığı şartlarında yapraktaki demir konsantrasyonundaki azalmanın % 23 olduğunu, buna karşın demir noksanlığına duyarlı TR-6149-SA ayçiçeği çeşidinde ise % 35,4 olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar uygulanan değişik Fe konsantrasyonlarına karşı genotiplerin tepkilerinin önemli derecede farklılık gösterdiğini ve Fe noksanlığına karşı tolerant genotiplerin belirlenmesinde Fe redüktaz enzim aktivitesinin önemli bir rol oynayabileceğini bildirmişlerdir.

Kuru madde miktarı ve azot kapsamı yönünden 12 ve 21 nolu hattın birbirine yakın oldukları görülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme kabiliyetini belirten indeksler ve diğer özelliklerin hatlara göre sınıflandırılması ve bu hatların en iyi demir beslenme indeksleri Şekil 2'de verilmiştir. Biplot yöntemiyle yapılan analizde PC1 (1. ana bileşen) % 38,2, PC2 (2. ana bileşen) % 31,1 toplamda ise varyasyonun % 69,3'ünü oluşturmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi hatlara göre özelliklerin oransal ve mutlak değerleri ve dağılımları farklılık göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre 18 ve 25 nolu hatlar, klorofil-b kapsamı (IV), azot kapsamı (VIII),

klorofil-a kapsamı (III), oransal toplam klorofil kapsamı (XI), oransal klorofil-b kapsamı (XV) ve oransal klorofil-a kapsamı (IX) yönünden iyi ve aynı grupta toplanmış hatlardır. 28 ve 37 numaralı hatlar ise kireçli şartlarda oransal toplam klorofil kapsamı (XVI), oransal klorofil-a kapsamı (XIV), oransal aktif demir kapsamı (45 ve 100 µM demir dozlarına göre sırasıyla XII ve XVII), yaprakta aktif demir kapsamı (VI), oransal kuru madde miktarı (45 µM ve 100 µM demir dozlarına göre sırasıyla XIII ve XVIII), yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi (II) ve kuru madde miktarı (VII) bakımlarından iyi ve aynı grupta toplanan hatlar oldukları tespit edilmiştir. 12 ve 21 nolu hatlar ise incelenen demir beslenme indeksleri ve diğer özellikler bakımından tamamen farklı bir grupta toplanmıştır. 34 nolu hat kökte ferrik redüktaz enzim aktivitesi (I) ve oransal klorofil-b kapsamı (X) bakımından iyi bulunmuştur (Şekil 2).

#### 4. Sonuç

Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme durumları yönünden ayçiçeği hatlarının 2 ana grupta toplandıkları görülmüştür. I. Ana grupta 12, 18, 25 ve 34 nolu hatlar kümelenmiş; II. Ana grupta 21, 28 ve 37 nolu hatlar kümelenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında 28 ve 37 nolu hatların birbirine en yakın; 12 ve 21 nolu hatların ise birbirinden en uzak hatlar oldukları belirlenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında 12 nolu hat kökte ve yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil kapsamaları bakımından 21 nolu hatta göre daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 2. Demir noksanlığı şartlarında ayçiçeği hatlarının en iyi demir beslenme indekslerine göre gruplandırılması (1= 12 nolu hat; 2= 18 nolu hat; 3= 21 nolu hat; 4= 25 nolu hat; 5= 28 nolu hat; 6= 34 nolu hat; 7= 37 nolu hat).

#### Katkı Oranı Beyanı

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

#### Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

## Destek ve Teşekkür Beyanı

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

## Kaynaklar

- Alcantara E, De La Guardia MD. 1991. Variability of sunflower inbred lines to iron deficiency stress. *Plant Soil*, 130: 93-96.
- Arnon D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiol*, 24: 1-12.
- Aytaç S, Arslanoğlu ŞF, Yiğen Ç. 2016. Some morphological characteristics of confectionary sunflower genotypes obtained through selection breeding. In: *Proceedings of the 19th International Sunflower Conference*, Edirne, Turkey, p.1102-1105.
- Brown C, Olsen RA. 1980. Factors related to iron uptake by Dicotyledonous and Monocotyledonous plants III. Competition between root and external factors for Fe. *J Plant Nutr*, 2: 661-682.
- Chaney RL, Brown JC, Tiffin LO. 1972. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. *Plant Physiol*, 50: 208-213.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S, Canisağ U. 1997. Plant available trace iron, zinc, manganese and copper in Turkish soils. In: Ryan J, editors. *Accomplishments and future challenges in dryland soil fertility research in the Mediterranean area*, ICARDA, Aleppo, Syria, 1th ed., pp. 191-196.
- Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol Bioch*, 48: 909-930.
- Görmüş O, Barutçular C. 2016. Boron nutrition studies with cotton and sunflower in Southern Turkey. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 47(7): 915-929.
- Inskeep WP, Bloom PR. 1987. Soil chemical factors associated with soybean chlorosis in calciaquolls of western Minnesota. *Agron J*, 79: 779-786.
- Ishimaru Y, Suzuki M, Tsukamoto T, Suzuki K, Nakazono M, Kobayashi T, Wada Y, Watanabe S, Matsuhashi S, Takahashi M. 2006. Rice plants take up iron as an Fe+3 phytosiderophore and as Fe+2. *Plant J*, 45: 335-346.
- Kacar B, İnal A. 2008. Bitki analizleri, Nobel Yayınları, Ankara, Türkiye, 1. Basım, 912 s.
- Krouma A, Drevon JJ, Abdelly C. 2006. Genotypic variation of N2 fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to iron deficiency. *J Plant Physiol*, 163: 1094-1100.
- Ksouri R, Debez A, Mahmoudi H, Ouerghi Z, Gharsalli M, Lachaal M. 2007. Genotypic variability within Tunisian grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) facing biocarbonate-induced iron deficiency. *Plant Physiol Bioch*, 45: 315-322.
- Kumar S, Asif MH, Chakrabarty D, Tripathi RD, Dubey RS, Trivedi PK. 2013. Differential expression of rice lambda class GST gene family members during plant growth, development, and in response to stress conditions. *Plant Mol Biol Rep*, 31: 569-580.
- Marschner H, Römheld V, Kissel M. 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *J Plant Nutr*, 6: 695-713.
- Marschner H. 1995. Function of Mineral Nutrients: Micronutrients. In: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, UK, 1th ed., pp. 313-324.
- Mengel K, Planker R, Hoffmann B. 1994. Relationship between leaf apoplast pH and iron chlorosis of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J Plant Nutr*, 17(6): 1053-1065.
- Ohwaki Y, Sugahara K. 1993. Genotypical differences in responses to iron deficiency between sensitive and resistant cultivars of chickpea (*Cicer arietinum*). *Plant Soil*, 155/156: 473-476.
- Ojeda M, Schaffer B, Davies FS. 2004. Root and leaf ferric chelate reductase activity in pond apple and soursop. *J Plant Nutr*, 27: 1381-1393.
- Öztürk L, Yazıcı A, Eker S, Gökmen Ö, Römheld V, Çakmak I. 2008. Glyphosate inhibition of ferric reductase activity in iron deficiency sunflower roots. *New Phytol*, 177: 899-906.
- Ranieri A, Castagna A, Baldan B, Soldatini GF. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. *J Exp Bot*, 52(354): 25-35.
- Römheld V, Marschner H. 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiol*, 80: 175-180.
- Slatni T, Krouma A, Gouia H, Abdelly C. 2009. Importance of ferric chelate reductase activity and acidification capacity in root nodules of N2-fixing common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) subjected to iron deficiency. *Symbiosis*, 47: 35-42.
- Takkar PN, Kaur NP. 1984. HCl method for Fe+2 estimation to resolve iron chlorosis in plants. *J Plant Nutr*, 7(1-5): 81-90.
- Torun AA, Erdem H, Torun MB. 2017. Ayçiçeği genotiplerinin demir noksanlığına karşı tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilimi ve Teknol Derg*, 5(11): 1323-1329.
- Witham FH, Blydes DF, Devlin RM. 1971. *Experiments in plant physiology*. Van Nostrend Reinhold Company, New York, USA, 1th ed., pp. 245.
- Zamboni A, Zanin L, Tomasi N, Pezzotti M, Pinton R, Varanini Z. 2012. Genome-wide microarray analysis of tomato roots showed defined responses to iron deficiency. *BMC Genomics* 13: 101. DOI: 10.1186/1471-2164-13-101.