



BAZI DOMATES HATLARININ DEMİR NOKSANLIĞINA DAYANIKLILIKLARININ BELİRLENMESİ

Ahmet KORKMAZ¹, Elif BOZ¹, Güney AKINOĞLU^{1*}

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

Özet: Bu çalışmanın amacı, bazı domates hatlarının demir noksanlığına dayanıklılıklarının belirlenmesidir. Bu amaçla 445 g kuvars kumu ortamında, 12×3 (hat × demir dozu) şeklinde faktöriyel deneme yürütülmüştür. 12 farklı Tarbio (TB) domates hattına Fe-EDDHA formunda uygulanan demir dozları: Noksan (0,2 µM Fe), yeterli (45 µM Fe), yeterli (100 µM Fe)'dir. Denemede her muamele 3 tekerrürlü yapılmıştır. pH'sı 6,0'a ayarlı bitki besin çözeltisine yukarıda bildirilen demir konsantrasyonlarında Fe-EDDHA ilave edilmiştir. Bu şekilde farklı konsantrasyonlarda demir içeren besin çözeltisi deneme süresince günlük 50 mL olacak şekilde uygulanmıştır. Sera şartlarında deneme 50 gün sürdürülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında birinci ana grupta TB-01, TB-10, TB-22 ve TB-65 nolu hatlar; ikinci ana grupta ise TB-14, TB-18, TB-28, TB-31, TB-35, TB-40, TB-90 ve TB-122 nolu hatlar yer almıştır. Birbirinden en uzak hatlar TB-01 ve TB-14 numaralı hatlar olup, bu hatlar karşılaştırıldığında TB-14 numaralı hattın demir noksanlığı şartlarında kuru madde miktarı, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamları ve yaprakta ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin değerlerin TB-01 numaralı hatta göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna rağmen, demir noksanlığı şartlarında birbirine en uzak hatlar olmakla birlikte, TB-01 nolu hattın aktif demir kapsamının, kökte ferrik redüktaz aktivitesinin ve kök katyon değişim kapasitesinin TB-14 numaralı hatta göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatlarından TB-18 ve TB-28 numaralı hatların birbirine en yakın hatlar oldukları da tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Domates hatları, Demir noksanlığı, Demir beslenme indeksleri, Toplam klorofil, Aktif demir, Ferrik redüktaz aktivitesi

Determining the Resistance of Some Tomato Lines to Iron Deficiency


Abstract: The purpose of this study is to determine the resistance of some tomato lines to iron deficiency.


For this purpose, a factorial trial was conducted as 12 × 3 (line × iron dose) in 445 g quartz sand media. Iron doses applied to 12 different Tarbio (TB) tomato lines in the form of Fe-EDDHA are: Deficient (0.2 µM Fe), sufficient (45 µM Fe), sufficient (100 µM Fe). In the experiment, each treatment was done in 3 replications. Fe EDDHA was added to the pH adjusted to 6.0 plant nutrient solution at the iron concentrations reported above. In this way, a nutrient solution containing iron in different concentrations was applied as 50 mL per day during the trial. The experiment continued for 50 days under greenhouse conditions. While lines TB-01, TB-10, TB-22 and TB-65 take place in the first main group under iron deficiency conditions; the second main group included lines TB-14, TB-18, TB-28, TB-31, TB-35, TB-40, TB-90 and TB-122. It has been determined that the lines farthest from each other are lines TB-01 and TB-14. When these lines were compared with each other, it was determined that the values of dry matter content, chlorophyll-a, chlorophyll-b, total chlorophyll, carotenoid contents and ferric reductase activity in the leaf under iron deficiency conditions of the line numbered TB-14 were higher than the line number TB-01. On the other hand, active iron content, root ferric reductase activity and root cation exchange capacity of tomato line numbered TB-01 were found to be higher than line TB-14. It was also determined that lines TB-18 and TB-28 of tomato lines grown under iron deficiency conditions were the closest lines to each other.


Keywords: Tomato lines, Iron deficiency, Iron nutritional indexes, 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>

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

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

Gönderi: 19 Mart 2021

Kabul: 31 Mart 2021

Yayınlanma: 01 Temmuz 2021

Received: March 19, 2021

Accepted: March 31, 2021

Published: July 01, 2021

Cite as: Korkmaz A, Boz E, Akinoğlu G. 2021. Determining the resistance of some tomato lines to iron deficiency. BSJ Eng Sci, 4(3): 96-102.

1. Giriş

Bitkilerde demir noksanlığının nedeni toprakta mutlak eksikliğe ilave olarak demir çözünürlüğünü azaltan bazı toprak özellikleridir. Ayrıca demir noksanlığının nedenleri arasında bitki köklerinin genetik olarak demir alımında etkin bir özelliğe sahip olmaması söylenebilir. Demir noksanlığını önlemek için demir şelatlarının kullanılması pahalıya mal olmaktadır. Bu yüzden demir noksanlık riski yüksek kalkerli topraklarda demir beslenme kabiliyeti yüksek çeşitlerin ya da hatların

yetiştirilmesi önem taşımaktadır.

Domates demir alımı yönünden Strateji-I bitkisi olarak bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2002). Strateji-I bitkilerinin demir alımında kök yüzeylerinde +3 değerlikli demirin (Fe⁺³), +2 değerlikli demire (Fe⁺²) indirgenmesi mutlak gerekli bir işlem olduğu belirtilmiştir (Chaney ve ark., 1972; Römheld ve Marschner, 1986). Demir noksanlığı şartlarında Strateji-I bitkilerinin diğer bir özelliğinin ATPaz proton pompasıyla rizosferin asitliğini artırma olduğu ve bu özelliğin rizosferde demirin çözünürlüğünü



arttırarak bitkinin demir beslenmesine katkı sağladığını bildirilmiştir (Marschner ve ark., 1986).

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 (Zamboni ve ark., 2012).

Daşgan ve ark. (2002) ortamdaki demirin düşük olması halinde demir klorozuna toleranslı Roza domates çeşidinin daha az zarar gördüğünü fakat 227/1 domates çeşidinde kloroz gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu iki çeşidin F1 hibritlerinin ciddi noksanlık şartlarında daha fazla kloroz gösterdiklerini de bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada ortamdaki demir azaldıkça ebeveyn domates çeşitlerinin ve F1 hibritlerinin Fe⁺³'ü indirgeme kapasiteleri artmıştır. Araştırmacılar domates çeşitlerinin demir noksanlığına toleransta gösterdiği farklılıkların sebebini, genotiplerin demir noksanlığı şartlarında hidrojen salgılamalarından ziyade +3 değerlikli demiri indirgeme kapasitelerinin artışına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Roza domates çeşidinin +3 değerlikli demiri (Fe⁺³) daha fazla indirgeme kapasitesinde bir çeşit olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar hibrit çeşitlerin oluşturulmasında çekirdek transferinin demir klorozuna toleranslı çeşitten toleranssız çeşide yapılması halinde elde edilen hibritlerin demir noksanlık stresine daha iyi respons verdiklerini de bildirmişlerdir.

Demir; 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 elementtir (Ishimaru ve ark., 2006; Kumar ve ark., 2013). Demir; sitokrom, katalaz, peroksidaz, Fe-S (ferrodoksin), akonitaz, süperoksit dismutaz enzimi dahil hem proteini gibi hücrel redoks sisteminin ana maddesidir (Marschner, 1995). Fe⁺² ve Fe⁺³ redoks çifti enzimatik redoks reaksiyonlarını arttırarak bitki gelişmesinde önemli bir rol oynar (Gill ve Tuteja, 2010). Demir noksanlık riski yüksek kalkerli topraklarda yetişen bitkiler rizosferde demirin yayayışlılığını arttırarak, demir noksanlık şartlarına karşı adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmalar neticesinde kökleri ile yeterli miktarda demir aldıkları belirtilmiştir. Demir noksanlık şartlarına adaptasyonda köklerin gösterdiği resposlar bitki türleri arasında farklılık göstermektedir (Marschner ve ark., 1986; Inskeep ve Bloom, 1987). Demirin kısıtlı olduğu şartlarda dikotiledon bitkiler topraktan demiri absorbe etme ve mobil hale getirme kapasitelerini arttırırlar. Dikotiledon bitkilerin bu özelliğe sahip varyeteleri demir etkin bitkiler olarak adlandırılmakta, bu bitkiler ekstra kök tüylerine ve rizodermal transfer hücrelerine sahiptirler, proton çıkarırlar, ekstra selüler ferrik şelatları indirgeme

kapasiteleri yüksek (turbo redüktaz) düzeyde olup, +2 değerlikli demiri (Fe⁺²) alabilme kabiliyetine sahiptirler (Römheld ve Marschner, 1986). Demir noksanlığında domates gibi dikotiledon bitkilerin demir etkinliği ile ilgili reaksiyonlar gösterdiği, proton çıkardıkları, ferrik şelat redüktaz aktivitesini arttırdıkları belirtilmiştir. Kök hücrelerinin plazma membranlarında yeterli demirle beslenen domates bitkilerinde bu reaksiyonların görülmediği de bildirilmiştir (Bienfait, 1988).

Bu çalışmanın amacı, bazı domates hatlarının demir noksanlığına dayanıklılıklarının belirlenmesidir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deneme

Çalışmada 12 Tarbio (TB) domates hattının demir noksanlığı şartlarında demir beslenme kabiliyetleri incelenmiştir. Domates hatları Tarbio Biyoteknoloji Firması'ndan temin edilmiştir. Denemede yetiştirilen Tarbio domates hatlarının bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tarbio domates hatlarının bazı özellikleri (Okumuş ve Dağdır, 2013; Anonymous, 2010)

Lab No	Tarbio Hatları	Tip	Meyve ağırlığı (g)
1	TB-01	Bodur yuvarlak etli	150-170
2	TB-10	Bodur yuvarlak etli	300-350
3	TB-14	Sırık küçük uzun tip	50-60
4	TB-18	Sırık yuvarlak	120-140
5	TB-22	Bodur oval tip	100-120
6	TB-28	Sırık salkım yuvarlak	30-50
7	TB-31	Sırık salkım yuvarlak	160-180
8	TB-35	Bodur tekli yuvarlak bodur	250-300
9	TB-40	Bodur yuvarlak	160-180
10	TB-65	Bodur oval	250-300
11	TB-90	Sırık uzun oval	60-80
12	TB-122	Sırık yuvarlak	100-120

Sera şartlarında 445 g kuvars kumu dolu saksılarda 12×3 (hat x demir dozu) şeklinde faktöriyel deneme yürütülmüştür. Besin çözeltisine, yetersiz (0,2 µM Fe), yeterli (45 µM Fe), yeterli (100 µM Fe) şeklinde olmak üzere Fe-EDDHA ilave edilmiştir. Bu şekilde yetersiz ve yeterli konsantrasyonlarda demir içeren besin çözeltisi domates hatlarına günlük 50 mL olacak şekilde deneme süresince uygulanmıştır. Sera şartlarında domates hatları 50 gün süre ile yetiştirilmiştir. Denemede her muamele 3 tekerrürlü yapılmıştır. Kullanılan besin çözeltisinin pH'sı 6,0'a ayarlanmış ve besin konsantrasyonu aşağıda verilmiştir:

3,0 mM KNO₃; 2,0 mM Ca(NO₃)₂·4H₂O; 1,0 mM MgSO₄·7H₂O; 0,2 mM NH₄H₂PO₄; 3,3 mM (NH₄)₂SO₄; 1,0 µM MnCl₂; 0,5 µM ZnSO₄·7H₂O; 10 µM H₃BO₃; 0,05 µM (NH₄)₆Mo₇O₂₄; 0,5 µM CuSO₄·5H₂O .

Hatların tohumları viyol içerisindeki torf ortamına ekilerek fide oluşturulmuş ve kuvars dolu saksılara fideler şaşırtılmıştır.

Deneme bitiminde farklı domates hatlarından taze yaprakta yapılacak analizler için yaprak örneği alınmıştır. Bitkilerin topraküstü aksamaları 65 °C'ye ayarlı etüvde kurutularak, kuru madde ağırlıkları belirlenmiştir.

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_{663} = 663 nm'deki absorbans değeri

A_{645} = 645 nm'deki absorbans değeri

A_{480} = 480 nm'deki absorbans değeri

V = Son hacim, mL

W = Örnek miktarı, g TM

Kacar ve İnal (2008), tarafından bildirildiği gibi bitkide toplam azot, demir belirlenmiştir. Ayrıca, bitkilerin toplam demir alımları hesap edilmiştir.

Domates hatlarının demir noksanlığına tolerans değerleri oransal olarak klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, kuru madde ve aktif demir değerleri dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (eşitlik 1):

$$\text{Oransal değerler, \%} = (A / B) \times 100 \quad (1)$$

Burada;

A= Demir noksanlığı şartlarında hatlarda belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid, kuru madde ve aktif demir kapsamı

B= 45 µM ya da 100 µM yeterli demir uygulaması şartlarında hatlarda belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kuru madde ve aktif demir kapsamıdır.

2.3. İstatistiksel Analizler

Demir noksanlığına tolerans indeks değerleri yönünden domates hatlarının birbirlerine yakınlık ve uzaklıklarını belirlemek ve gruplandırmak amacıyla Cluster (kümeleme) testi uygulanmıştır. Cluster analizi JMP.5.0 istatistik paket programında Ward Yöntemi'ne göre yapılmıştır. Ayrıca demir beslenme indekslerinin ve diğer özelliklerin hatlara göre sınıflandırılması ve bazı hatların en iyi özellikleri Biplot Analiz yöntemi ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Demir Noksanlığı Şartlarında Yetiştirilen Domates Hatlarının Gruplandırılması, Hatların Yakınlık-Uzaklıkları ve En İyi Özellikleri

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatlarının bazı demir beslenme özelliklerine ilişkin mutlak değerler Tablo 2'de; oransal değerler ise Tablo 3 ve 4'te verilmiştir.

Tablo 2. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatlarının bazı demir beslenme özelliklerine ilişkin mutlak değerler

Hat no	KM	Ka	Kb	TK	K	AFe	KFRA	YFRA	KKDK	BA
TB-01	3,6	1,87	0,92	2,79	0,52	21,54	159,36	342,22	13,69	3,25
TB-10	3,22	1,87	0,95	2,82	0,61	18,68	156,68	333,4	13,72	3,29
TB-14	4,59	2,18	1,15	3,33	0,57	18,96	156,38	350,73	7,68	3,07
TB-18	5,06	2,29	1,08	3,37	0,58	12,74	161,5	320,04	13,04	3,16
TB-22	3,63	2,15	1,09	3,24	0,56	15,04	159,01	340,62	9,66	3,41
TB-28	5,01	2,31	1,19	3,5	0,66	16,49	166,39	328,85	11,35	3,21
TB-31	3,83	2,48	1,08	3,31	0,44	15,07	156,29	346,73	8,85	3,1
TB-35	5,44	2,08	1,17	3,1	0,48	14,59	160,8	342,16	11,83	2,6
TB-40	4,05	2,04	1,02	3,12	0,54	13,79	163,72	344,84	13,05	3
TB-65	4,06	2,14	0,98	3,14	0,6	15,57	153,81	282,67	12,1	3,29
TB-90	3,07	2,12	1,23	3,35	0,52	14,84	154,09	321,95	8,55	3,29
TB-122	4,31	2,47	1,09	3,57	0,51	12,9	145,43	339,94	11,83	3,2

KM= kuru madde, gKM/bitki, Ka= klorofil a,mg/gTM, Kb= klorofil b,mg/gTM, TK= toplam klorofil, mg/gTM, K= karotenoid, mg/gTM, AFe= aktif Fe, ppm, KFRA= kökte FRA, µmol/saat/ g TM, YFRA= yaprakta FRA, µmol/saat/g TM, KKDK= kök katyon değişim kapasitesi me/100gKM, BA= Bitkide azot,%.

Tablo 3. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatlarının bazı demir beslenme özelliklerine ilişkin yeterli doza (45µM Fe) göre oransal değerler (%)

Hat no	KM	Ka	Kb	TKK	KK	AFe
TB-01	87,56	115,66	123,69	118,06	159,67	91,97
TB-10	75,04	132,54	112,16	123,94	163,29	106,24
TB-14	79,08	125,76	155,04	145,79	181,56	110,68
TB-18	99,64	137,28	145,38	138,07	163,83	70,71
TB-22	78,64	106,71	120,46	110,69	157,05	101,66
TB-28	101,44	127,39	142,97	130,71	181,43	68,26
TB-31	136,27	124,19	112,67	120,26	128,12	77,31
TB-35	87,27	118,11	142,45	125,44	134,43	73,13
TB-40	84,38	108,59	99,7	105,68	119,76	62,94
TB-65	73,47	121,72	116,7	120,33	173,65	71,19
TB-90	86,85	90,8	131,5	101,12	102,9	63,9
TB-122	71,17	134,45	120,05	129,89	123,64	48,6

KM= kuru madde miktarı, Ka= klorofil-a kapsamı, Kb= klorofil-b kapsamı, TKK= toplam klorofil kapsamı, KK= karotenoid kapsamı, AFe= aktif demir kapsamı

Tablo 4. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatlarının bazı demir beslenme özelliklerine ilişkin yeterli doza (100 µM Fe) göre oransal değerler (%)

Hat no	KM	Ka	Kb	TKK	KK	AFe
TB-01	114,61	89,04	54,81	73,85	120,72	64,44
TB-10	63,68	96,36	110,27	95,51	217,82	49,87
TB-14	147,4	81,15	96,39	93,12	168,45	46,88
TB-18	124,74	152,06	145,76	149,4	230,29	31,1
TB-22	103,23	94,25	106,24	97,82	155,31	61,3
TB-28	119,13	98,21	116,42	103,3	168,89	31,76
TB-31	145,37	122,92	122,8	122,84	112,77	44,24
TB-35	127,74	78,11	83,39	79,73	102,03	37,02
TB-40	53,99	80,51	81,51	80,79	125,64	27,15
TB-65	82,51	97,38	93,14	96,13	152,79	39,38
TB-90	53,99	120,72	135,94	124,95	136,9	38,13
TB-122	72,83	110,69	120	113,44	134,66	25,27

KM= kuru madde miktarı, Ka= klorofil-a kapsamı, Kb= klorofil-b kapsamı, TKK= toplam klorofil kapsamı, KK= karotenoid kapsamı, AFe= aktif demir kapsamı

Tablo 2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi demir noksanlık şartlarında kuru madde miktarı en yüksek hat TB-35, en düşük hat ise TB-90 nolu hat bulunmuştur. Klorofil-a kapsamı en yüksek hat TB-31, en düşük hatlar ise TB-01 ve TB-10 nolu hatlardır. Klorofil-b kapsamı en yüksek hat TB-90, en düşük hat ise TB-01 nolu hattır. Toplam klorofil kapsamı en yüksek hat TB-122, en düşük hat ise TB-01 nolu hattır. Karotenoid kapsamı en yüksek hat TB-28, en düşük hat ise TB-31 nolu hat bulunmuştur. Yaprakta aktif demir kapsamı en yüksek hat TB-01, en düşük hat ise TB-18 nolu hat bulunmuştur. Kökte ferrik redüktaz enzim aktivitesi en yüksek hat TB-28, en düşük hat ise TB-122 nolu hat bulunmuştur. Yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi en yüksek hat TB-14, en düşük hat ise TB-65 nolu hat bulunmuştur. Kök katyon değişim kapasitesi (KDK) en yüksek hat TB-10, en düşük hat ise TB-14 nolu hat bulunmuştur. Bitkide azot kapsamı en yüksek hat TB-22, en düşük hat ise TB-35 nolu hat bulunmuştur.

Tablo 3'te görüleceği gibi 45 µM demir çözeltisi ile beslenmeye göre hatlar arasında demir noksanlığı

şartlarında nisbi kuru madde miktarı en yüksek hat TB-31, en düşük hat ise TB-122 nolu hat bulunmuştur. Demir noksanlığı şartlarında nisbi klorofil-a kapsamı en yüksek hat TB-18, en düşük hat ise TB-90 nolu hat; nisbi klorofil-b kapsamı en yüksek hat TB-14, en düşük hat ise TB-40 nolu hat; nisbi toplam klorofil kapsamı en yüksek hat TB-14, en düşük hat ise TB-90 nolu hat bulunmuştur. Demir noksanlığı şartlarında karotenoid en yüksek hat TB-14, en düşük hat ise TB-90 nolu hat; nisbi aktif demir kapsamı en yüksek hat TB-14, en düşük hat ise TB-122 nolu hat bulunmuştur.

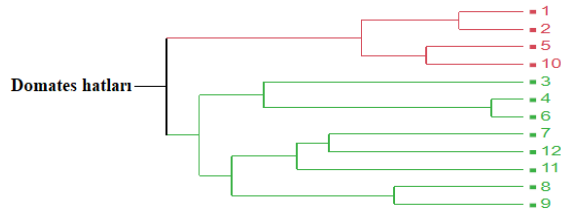
Tablo 4'te görüleceği gibi 100 µM demir çözeltisi ile beslenmeye göre hatlar arasında demir noksanlığı şartlarında nisbi kuru madde miktarı en yüksek hat TB-14, en düşük hatlar ise TB-40 ve TB-90 nolu hatlar; nisbi klorofil-a kapsamı en yüksek hat TB-18, en düşük hat ise TB-35 nolu hat; nisbi klorofil-b kapsamı en yüksek hat TB-18, en düşük hat ise TB-01 nolu hat; nisbi toplam klorofil kapsamı en yüksek hat TB-18, en düşük hat ise TB-01 nolu hat; nisbi karotenoid kapsamı en yüksek hat TB-18, en düşük hat ise TB-35 nolu hat; nisbi aktif demir

kapsamı en yüksek hat TB-01, en düşük hat ise TB-122 nolu hat bulunmuştur.

Artan konsantrasyonlarda (45 µM ve 100 µM Fe) demir çözeltisi uygulaması kontrole göre hatların çoğunda kuru madde miktarını arttırdığı halde klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamlarında azalmaya sebebiyet vermiştir. Bu azalmanın sebebi, demir çözeltisi uygulamasıyla kuru madde miktarındaki artış sonucu görülen seyrelmedir.

Demir noksanlığı şartlarında hatların demir beslenmesi yönünden gruplandırılmasında bu demir beslenme özelliklerine ilişkin mutlak ve oransal değerler olmak üzere toplam 22 özellik dikkate alınmıştır.

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatları incelenen demir beslenme indeksleri ve diğer özellikler bakımından 2 ana grupta toplanmıştır (Şekil 1). Birinci ana grup toplam 4 hattan (TB-01, TB-10, TB-22 ve TB-65); ikinci ana grup ise 8 hattan (TB-14, TB-18, TB-28, TB-31, TB-35, TB-40, TB-90 ve TB-122) oluşmuştur. Her ana grupta kendi içinde iki alt grupta kümelmiştir.



Şekil 1. Demir noksanlığı şartlarında Tarbio domates hatlarının demir beslenmesine ilişkin mutlak ve oransal değerlere göre gruplandırılması (1= TB-01; 2= TB-10; 3= TB-14; 4= TB-18 5= TB-22; 6= TB-28; 7= TB-31; 8= TB-35; 9= TB-40;10= TB-65; 11= TB-90; 12= TB-122).

Demir noksanlığı şartlarında birinci ana grupta toplam klorofil kapsamı yönünden en yüksek hattı TB-65 nolu hat; ikinci ana grubun en yüksek hattı ise TB-122 nolu hat; aktif demir kapsamı yönünden birinci ana grubun en yüksek hattı TB-01 nolu hat; ikinci grubun en yüksek hattı ise TB-14 nolu hat bulunmuştur. Ayrıca demir noksanlığı şartlarında kökte ferrik redüktaz aktivitesi yönünden birinci grubun en yüksek hattı TB-01 nolu hat; ikinci grubun en yüksek hattı ise TB-28 nolu hat bulunmuştur. Demir noksanlığı şartlarında birinci grubun hatlarının ortalama klorofil-a kapsamı 2,01 mg/g TM, ikinci grubun hatlarının 2,25 mg/g TM bulunmuş, klorofil-a kapsamı en yüksek hat TB-31 numaralı hat olup ikinci grupta yer almıştır. Demir noksanlığı şartlarında birinci grubun hatlarının ortalama klorofil-b kapsamı 0,99 mg/g TM, ikinci grubun hatlarının 1,13 mg/g TM bulunmuş, klorofil-b kapsamı en yüksek hat TB-90 numaralı hat olup ikinci grupta yer almıştır. Demir noksanlığı şartlarında birinci ana grubun hatlarının ortalama toplam klorofil kapsamı 2,99 mg/g TM; ikinci grubunkilerin ise 3,39 mg/g TM bulunmuş, toplam klorofil kapsamı en yüksek hat TB-122 numaralı hat olup ikinci grupta yer almıştır. Toplam klorofil içeriği yüksek

olan TB-122 numaralı hat demir noksanlığı şartlarında uygun hat olarak önerilebilir. Ayrıca demir noksanlığı şartlarında birinci ana grubun hatlarının ortalama kök ferrik redüktaz aktivitesi 157,22 µmol/saat/g TM, ikinci ana grubunki ise 158,08 µmol/saat/g TM bulunmuş, hatların ortalama kök ferrik redüktaz aktivitesi değerleri yakın bulunmuştur. Bununla birlikte, kök ferrik redüktaz aktivitesi yönünden TB-28 numaralı hat; fakat yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi yönünden TB-14 numaralı hat yüksek bulunmuş ve bu hatlar ikinci grubun hatları arasında yer almıştır. Demir noksanlığı şartlarında birinci ana grubun hatlarının ortalama aktif demir kapsamı 17,71 ppm, ikinci gruba giren hatların ise 14,92 ppm bulunmuş, aktif demir kapsamı en yüksek hat TB-01 numaralı hat olup, birinci grubun hatları arasında yer almıştır. Ortalama klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamı yönünden ikinci ana grupta toplanan hatların daha yüksek olduğu görülmüştür.

Demir noksanlığı şartlarında domates hatlarının demir beslenmesine ilişkin özellikleri dikkate alınarak, yakınlık-uzaklık değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

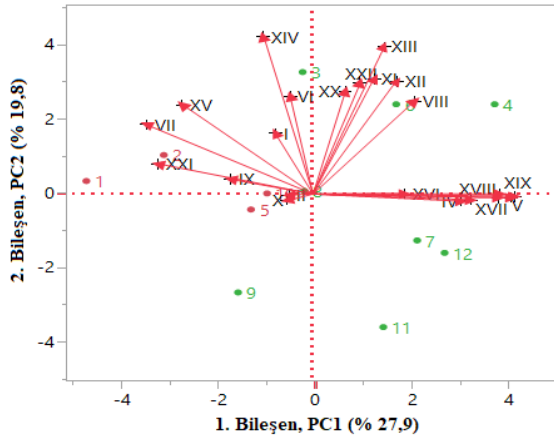
Tablo 5'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatlarından TB-18 ve TB-28 numaralı hatlar birbirine en yakın; TB-01 ve TB-14 numaralı hatların ise birbirine en uzak hatlar olduğu görülmüştür.

Tablo 5. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatlarının demir beslenme özellikleri dikkate alınarak belirlenen yakınlık-uzaklık değerleri

Grup sayıları	Grup içi yakınlık değeri	Grup Elemanları	
11	3,385	TB-18	TB-28
10	3,397	TB-01	TB-10
9	3,410	TB-22	TB-65
8	3,680	TB-35	TB-40
7	3,979	TB-01	TB-22
6	4,157	TB-31	TB-122
5	4,356	TB-31	TB-90
4	4,606	TB-14	TB-18
3	5,531	TB-31	TB-35
2	6,516	TB-14	TB-31
1	6,890	TB-01	TB-14

Birbirinden en uzak hatlar olan TB-01 ve TB-14 numaralı hatlar karşılaştırıldığında, TB-14 numaralı hattın demir noksanlığı şartlarında kuru madde miktarı, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamı ve yaprakta ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin değerlerin TB-01 numaralı hatta göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna rağmen, demir noksanlığı şartlarında bu hatlar birbirine en uzak hatlar olmakla birlikte, TB-01 nolu hattın aktif demir kapsamının, kökte ferrik redüktaz aktivitesinin ve kök katyon değişim kapasitesinin TB-14 numaralı hatta göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında domates hatlarının

belirlenen demir beslenme özellikleri bakımından değişimleri ve bu hatların en iyi özellikleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Demir noksanlığı şartlarında belirlenen bazı demir beslenme indeks değerlerini dikkate alarak hatların ve özelliklerin gruplandırılması (1= TB-01; 2= TB-10; 3= TB-14; 4= TB-18 5= TB-22; 6= TB-28; 7= TB-31; 8= TB-35; 9= TB-40;10= TB-65; 11= TB-90; 12= TB-122) (I= Kök ferrik redüktaz aktivitesi, II= Yaprak ferrik redüktaz aktivitesi, III= Klorofil-a kapsamı, IV= Klorofil-b kapsamı, V= Toplam klorofil, VI= Karotenoid kapsamı, VII= Aktif demir, VIII= Kuru madde miktarı, IX= Kök katyon değişim kapasitesi, X= Bitkide azot kapsamı, XI= Oransal klorofil-a (45 µM Fe’e göre), XII= Oransal klorofil-b (45µM Fe’e göre), XIII= Oransal toplam klorofil, XIV= Oransal karotenoid (45µM Fe’e göre), XV= Oransal aktif demir (45µM Fe’e göre), XVI= Oransal kuru madde miktarı (45µM Fe’e göre), XVII= Oransal klorofil-a (100µM Fe’e göre), XVIII= Oransal klorofil-b (100µM Fe’e göre), XIX= Oransal toplam klorofil (100 µM Fe’e göre)).

Biplot yöntemiyle yapılan analizde PC1 (1. ana bileşen) %27,9, PC2 (2. ana bileşen) %19,8, toplamda ise varyasyonun %47,7’sini oluşturmuştur. Şekil 2’de görüldüğü gibi hatlara göre özellikler ve hatların dağılımları farklılık göstermiştir. Demir noksanlığı şartlarında hatların klorofil-a ve toplam klorofil kapsamaları aynı grupta yer almıştır. Hatların demir noksanlığı şartlarında oransal aktif demir kapsamı (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), kuru madde miktarı, oransal klorofil-a kapsamı (100 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), oransal kuru madde miktarı (45µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), kök katyon değişim kapasitesi, oransal toplam klorofil kapsamı (100 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre) ve oransal karotenoid (45 µM demir çözeltisi ile beslenen bitkilere göre) değerleri aynı grup içerisinde yer almışlardır. Demir noksanlığı şartlarında hatların aktif demir kapsamaları, kök ferrik redüktaz enzim aktivitesi, klorofil-b kapsamaları, oransal klorofil-b (100 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), oransal toplam klorofil (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), oransal klorofil-a (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen

bitkilere göre), yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi aynı grupta toplanmışlardır. Domates hatlarının karotenoid kapsamaları, oransal klorofil-b (45 µM demir çözeltisi ile beslenen bitkilere göre) ve hatların azot kapsamaları farklı grupta toplanmıştır. Demir noksanlığı şartlarında TB-31 nolu domates hattının klorofil-a ve toplam klorofil bakımından iyi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca demir noksanlığı şartlarında oransal aktif demir (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), kuru madde miktarı, oransal klorofil-a (100 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), oransal kuru madde (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), kök katyon değişim kapasitesi, oransal toplam klorofil (100 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), oransal karotenoid (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre) yönlerinden TB-01, TB-18 ve TB-22 numaralı hatların iyi hatlar oldukları belirlenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında TB-10 nolu hattın aktif demir kapsamı ve kök ferrik redüktaz enzim aktivitesi, klorofil-b kapsamı bakımından demir noksanlığına tolerans değeri (100 µM demire göre), toplam demir kapsamı bakımından demir noksanlığına tolerans değeri (45 µM demire göre), klorofil-a kapsamı bakımından demir noksanlığına tolerans değeri (45 µM demire göre) ve yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi yönlerinden iyi hat olduğu tespit edilmiştir. Demir noksanlığı şartlarında TB-14 ve TB-28 nolu hatların ise karotenoid kapsamaları, oransal klorofil-a (45 µM demire göre) ve toplam azot kapsamaları yönünden iyi hatlar oldukları tespit edilmiştir. Daşgan ve ark. (2002) demir noksanlığı şartlarında demir noksanlığına toleranslı ebeveyn Roza domates çeşidinin, hassas olan ebeveyn 227/1 domates çeşidine göre daha az etkilenerek, daha az kloroz gösterdiğini bildirmişlerdir. Şiddetli ve orta düzeyde demir eksikliği durumunda karşılıklı melezler arasında kloroz oluşumu yönünden hiçbir fark bulunmamıştır. Araştırmacılar demir noksanlığı şartlarında karşılıklı melezlerin, hangi ana hattın sitoplazmaya katkısına bakılmaksızın, toleranslı ebeveyn Roza’ya göre daha fazla kloroz gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar demir noksanlığına tolerans farklılıklarının demir eksikliğinde rizosfere salınan hidrojen iyonu miktarından ziyade, domates genotiplerinin kök ferrik redüktaz enzim aktiviteleri ile daha ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Demir alımında etkin çeşitlerin kök ferrik redüktaz enzim aktivite kapasitelerinin yüksek olduğu ifade edilmiştir. Demir etkin genotiplerin genetik olarak rizosfer pH’sını düşürebilme ve köklerinde +3 değerlikli demiri (Fe⁺³) indirgeyebilme kapasitelerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Jolley ve ark.,1996). Bienfait (1989), Chaney (1988), Marschner ve ark., (1986) demir noksanlığı şartlarında dikotiledon bitkilerin rizosfer pH’sını düşürebilme etkinliklerinin Fe⁺³’ü indirgeyebilme kapasitelerinin çeşit faktörüne bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar demir alımında etkin çeşitlerin yan kök ve kök tüyüçüklerini daha fazla oluşturduklarını da belirtmişlerdir.

4. Sonuç

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen domates hatları incelenen demir beslenme indeksleri ve diğer özellikler bakımından 2 ana grupta toplanmıştır. Birinci ana grupta toplam 4 hattın (TB-01, TB-10, TB-22 ve TB-65); ikinci ana grup ise 8 hattın (TB-14, TB-18, TB-28, TB-31, TB-35, TB-40, TB-90 ve TB-122) oluşmuştur. Her ana grupta kendi içinde iki alt grupta kümelendirilmiştir. Birbirine en uzak TB-01 ve TB-14 numaralı hatlar karşılaştırıldığında TB-14 numaralı hattın demir noksanlığı şartlarında kuru madde miktarı, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid kapsamı ve yaprakta ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin değerlerin TB-01 numaralı hatta göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna rağmen demir noksanlığı şartlarında birbirine en uzak hatlar olmakla birlikte, TB-01 nolu hattın aktif demir kapsamının, kökte ferrik redüktaz aktivitesinin ve kök katyon değişim kapasitesinin TB-14 numaralı hatta göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında TB-31 nolu domates hattının klorofil-a ve toplam klorofil bakımından iyi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca demir noksanlığı şartlarında oransal aktif demir (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), kuru madde miktarı, oransal klorofil-a (100 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), oransal kuru madde (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), kök katyon değişim kapasitesi, oransal toplam klorofil (100 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre), oransal karotenoid (45 µM Fe çözeltisi ile beslenen bitkilere göre) yönlerinden TB-01, TB-18 ve TB-22 numaralı hatların iyi hatlar oldukları belirlenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında TB-10 nolu hattın aktif demir kapsamı ve kök ferrik redüktaz enzim aktivitesi, klorofil-b kapsamı bakımından demir noksanlığına tolerans değeri (100 µM demire göre), toplam demir kapsamı bakımından demir noksanlığına tolerans değeri (45 µM demire göre), klorofil-a kapsamı bakımından demir noksanlığına tolerans değeri (45 µM demire göre) ve yaprakta ferrik redüktaz enzim aktivitesi yönlerinden iyi hat olduğu tespit edilmiştir. Demir noksanlığı şartlarında TB-14 ve TB-28 nolu hatların ise karotenoid kapsamı, oransal klorofil-a (45µM demire göre) ve toplam azot kapsamı yönünden iyi hatlar oldukları tespit edilmiştir.

Katkı Oranı Beyanı

AK ve GA fikri tasarlardı. 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 çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel

Araştırma Proje Birimi Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: PYO.ZRT.1901.16.003

Kaynaklar

- Arnon D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiol*, 24: 1-12.
- Bienfait HF. 1988. Proteins under the control of the gene for Fe efficiency in tomato. *Plant Physiol*, 88: 785-787.
- Bienfait HF. 1989. Prevention of stress in iron metabolism of plants. *Acta Bot Neerl*, 38: 105-129.
- Chaney RL, Brown JC, Tiffin LO. 1972. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. *Plant Physiol*, 50: 208-213.
- Chaney RL. 1988. Recent progress and needed research in plant Fe nutrition. *J Plant Nutr*, 11: 1589-1603.
- Daşgan HY, Römheld V, Çakmak I, Abak K. 2002. Physiological root responses of iron deficiency susceptible and tolerant tomato genotypes and their reciprocal F1 hybrids. *Plant Soil*, 241: 97-104.
- Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol Biochem*, 48: 909-930.
- Inskeep WP, Bloom PR. 1987. Soil chemical factors associated with soybean chlorosis in calciaquolls of western Minnesota. *J Agron*, 79: 779-786.
- Ishimaru Y, Suzuki M, Tsukamoto T, Suzuki K, Nakazono M, Kobayashi T, Wada Y, Watanabe S, Matsushashi S, Takahashi M. 2006. Rice plants take up iron as an Fe+3 phytosiderophore and as Fe+2. *Plant J*, 45: 335-346.
- Jolley VD, Cook KA, Hansen NC, Stevens WB. 1996. Plant physiological responses for genotypic evaluation of iron efficiency in strategy-I and strategy-II plants-A review. *J Plant Nutr*, 19: 1241-1255.
- Kacar B, İnal A. 2008. Bitki analizleri, Nobel Yayınları, Ankara, Türkiye, 1. Baskı, pp 891.
- 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, United Kingdom, p. 313-324.
- 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.
- Römheld V, Marschner H. 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiol*, 80: 175-180.
- 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.
- Witham FH, Blydes DF, Devlin RM. 1971. *Experiments in plant physiology*. Van Nostrend Reinhold Company, New York.
- 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.