



Demir Noksanlığı Şartlarında Fasulye Çeşitlerinin Demir Beslenme Kabiliyetlerine Göre Gruplandırılması ve Çeşitlerin En İyi Demir Beslenme İndekslerinin Belirlenmesi

Ahmet KORKMAZ^{1*}, İlkay ÇOKA², Güney AKINOĞLU¹

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

²Mersin Üniversitesi, Mustafa Baysan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin, Türkiye

Ahmet KORKMAZ ORCID No: 0000-0001-5595-0618

İlkay ÇOKA ORCID No: 0000-0001-8387-8457

Güney AKINOĞLU ORCID No: 0000-0003-4624-2876

*Sorumlu yazar: guney_akinoglu@gmail.com

(Alınış: 06.04.2021, Kabul: 25.05.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Fasulye çeşitleri,
Aktif demir,
Demir noksanlığına dayanıklılık,
Ferrik redüktaz aktivitesi,
Klorofil

Öz: Bu çalışmanın amacı, demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme kabiliyetlerine göre gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi demir beslenme indekslerinin belirlenmesidir. Çalışmada 15 fasulye çeşidi karşılaştırılmıştır. Fasulye çeşitlerine Fe-EDDHA formunda; a) Yetersiz (0,2 µM Fe), b) Yeterli (45 µM ve 100 µM Fe) konsantrasyonlarda demir içeren besin çözeltisi verilmiştir. 15×3 faktöriyel denemede muameleler 3 tekerrürlü uygulanmıştır. Demir beslenmeleri yönünden çeşitlerin karşılaştırılmasında bitki kuru madde miktarı, yaprakta klorofil, aktif demir kapsamları, ferrik redüktaz aktivitesi ve diğer bazı özellikler kullanılmıştır. Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme özellikleri yönünden çeşitler 3 grup oluşturmuştur. 10 numaralı çeşit birinci grupta; 1, 5, 2, 11, 6, 3, 9 numaralı çeşitler ikinci grupta; 4, 12, 15, 13, 14, 7, 8 numaralı çeşitler ise üçüncü grupta yer almışlardır. Demir noksanlığı şartlarında Önceler (1 nolu çeşit) ve Eskfbud-7 (10 nolu çeşit), birbirinden en uzak çeşitlerdir. Önceler ve Eskfbud-7 çeşitlerinde demir noksanlığına tolerans indeks değerleri yeterli seviyeye göre (45 µM Fe) klorofil-a yönünden çeşit sırasıyla % 27,93 ve % 74,39; klorofil-b yönünden % 37,60 ve % 119,4; toplam klorofil yönünden % 131,31 ve % 97,2 bulunmuştur. Eskfbud-7 bodur fasulye çeşidinin demir noksanlığına daha dayanıklı bir çeşit olduğu sonucuna varılmıştır.

Determination of the Best Iron Nutrition Indexes of Bean Cultivars in Iron Deficiency Conditions and Grouping of Varieties According to These Indexes

Keywords

Bean varieties,
Active iron,
Resistance to iron deficiency,
Ferric reductase activity,
Chlorophyll

Abstract: The aim of this study is to group bean varieties according to their iron nutritional abilities under iron deficiency conditions and to determine the best iron nutritional index of the varieties. 15 bean varieties were compared in the study. Bean varieties in the form of Fe EDDHA; a) Insufficient (0.2 µM Fe), b) Sufficient (45 µM and 100 µM Fe) iron-containing nutrient solution was given. In the 15 × 3 factorial trial, the treatments were applied in 3 replications. In the comparison of the varieties in terms of iron nutrition, the amount of plant dry matter, chlorophyll in the leaf, active iron content, ferric reductase activity and some other properties were used. The varieties formed 3 groups in terms of iron nutritional properties under iron deficiency conditions. Number 10 is in the first group; Varieties with numbers 1, 5, 2, 11, 6, 3, 9 are in the second group; Varieties with numbers 4, 12, 15, 13, 14, 7, and 8 were in the third group. In iron deficiency conditions, Önceler (variety number 1) and Eskfbud-7 (variety number 10) bean varieties are the farthest from each other. The tolerance index values for iron deficiency in Önceler and Eskfbud-7 varieties were found to be 27,93 % and 74,39 %, respectively for chlorophyll-a; 37,60 % and 119,4 % for chlorophyll-b; 131,31 % and 97,2 % for total chlorophyll according to the sufficient level (45 µM Fe). It was concluded that Eskfbud-7 bean variety is more resistant to iron deficiency.

1. GİRİŞ

Demir noksanlığı, bitkisel üretimde önemli mikro element noksanlık problemidir. Demir noksanlığının düzeltilmesi masraflı bir yoldur. Diğer taraftan demir eksikliği özellikle gelişmekte olan ülkelerde hayvan ve insan sağlığında önemli bir beslenme sorunu oluşturmaktadır. İnsanlarda demir noksanlığının yaygın bir şekilde görülmesinin başlıca sebeplerinden biri demir kapsamı düşük bitkisel gıdaların tüketimine atfedilmektedir. 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 olmamasıdır.

Baklagil bitkilerinde demir, hem konukçu hem de kök nodül bakterilerin gelişmesi için temel bir besin elementidir. Demir konukçu bitkide fotosentezde, solunumda, klorofil oluşumunda, karotenoid sentezinde, DNA sentezinde, protein sentezinde ve nitrat azotunun amonyağa indirgenmesinde büyük bir öneme sahiptir [1].

Baklagil bitkilerinde demir azot fiksasyonunda esansiyel bir elementtir. Baklagil *Rhizobia* simbiyosisi özellikle demir noksanlığına hassastır. Baklagillerde nodüllerle azot fiksasyonu ve bitkinin demir noksanlığı durumunda gösterdiği respons H^+ üreten sistemler olup bu fizyolojik olaylarının biri diğerinin aktivitesini interaksiyon şeklinde etkileyebileceği bildirilmiştir [1].

Demir baklagil yetiştirme ortamında bakterilerin sayısı, çoğalması, nodül oluşumu, nodül miktarı, nodül sayısı, nitrojenaz aktivitesini etkileyen öncelikli bir elementtir. Demir nodül içerisinde leghemoglobin oluşumunu ve nitrojenaz aktivitesini etkilemesi sebebiyle kritik öneme sahiptir [2]. Nodül içerisinde leghemoglobin oluşumu nodüllerin azot fiksasyonunda etkin olabilmesi için gereklidir. Ayrıca, leghemoglobin maddesi nitrojenazı oksijenin zararlı etkisinden korur. Bununla birlikte, nitrojenaz enziminde demir ve molibden vardır. Genel olarak biyolojik azot fiksasyonunda ihtiyaç duyulan maddeler şunlardır: 1- Nitrojenaz enziminin üretimi: Bakteri tarafından üretilen bu enzim demir ve molibden beslenmesinin iyi olmasını gerektirir. 2-Adenozin trifosfat: Bakteri tarafından solunumla sağlanır. 3-Nitrojenazı oksijenden koruyucu sistem: Leghemoglobin maddesinin yapılmasını gerektirir. Bu maddenin üretimi için demir beslenmesi iyi olmalıdır. Leghemoglobin oksijen difüzyonunu regüle eder. 4- H^+ iyonu gereklidir. Hidrojen iyonu bakteri tarafından solunumla sağlanır. 5- Oluşan amonyağın aminoasit oluşumunda kullanılması gereklidir [3].

O'Hara ve ark. [4], yeterli miktarda demirin baklada nodüllerin oluşumu için ve yerfıstığında nodüllerin gelişmesi için esansiyel bir element olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada alkalın besin çözeltisinde demir stresi şartlarında yetiştirilen yer fıstığında *Bradyrhizobium* ırklarının bitkide nodül oluşturma etkinliklerinin farklı olduğu tespit etmişlerdir.

Demir alımında etkin fasulye çeşitlerinin seçiminde indeks değerler olarak demirce noksan ve yeterli ortamda yetiştirilen çeşitlerde yaprakların klorofil kapsamı, kloroz indeks değerleri, yaprakta aktif demir, kök ve yaprakta ferrik-redüktaz enzim aktivitesi, kök ortamında asitlik oluşturma kapasitesi dikkate alınmaktadır. Son çalışmalarda fasulye *Rhizobium* simbiyosusunda demirin önemi nedeniyle farklı fasulye çeşitlerinin köklerinde oluşan nodüllerde demir kapsamı da indeks olarak kullanılmıştır [5].

Ülkemizde demir eksikliği problemine genellikle pH değerleri yüksek olan kireçli topraklarda rastlanmaktadır. Eyüpoğlu ve Kurucu [6], yapmış oldukları bir araştırmada Türkiye tarım topraklarının % 27'sinde demir eksikliği görüldüğünü bildirmişlerdir. Topraklardaki yüksek pH ve kireçle beraber, bitkilerde demir klorozunun ortaya çıktığı ve Türkiye topraklarının büyük bir çoğunluğunun alkali reaksiyonlu topraklardan oluştuğu dikkate alınırsa demir noksanlığı sorununun büyüklüğü kolayca anlaşılabilir.

Özgümüş [7], demir noksanlığının önlenmesinde alınacak tedbirlerin önem sırasına göre aşağıdaki gibi olması gerektiği bildirmiştir: I-) Genetik kontrol, II-) Demir noksanlığına sebep olan toprak özelliklerinin iyileştirilmesi, III-) Demirli gübrelemedir. Genetik kontrol önlemlerin en önemlisidir. Demir noksanlığına sebep olan toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve demirli gübreleme çiftçiye ek masraflar getirir. Diğer yandan, demir noksanlık riski yüksek arazilerde bitkilerde demir noksanlığının görülmemesi için yapılabilecek en doğru ve kalıcı bir yaklaşım toprakta var olan demiri etkin bir şekilde kullanabilen genotiplerin seçilmesi ve böylece bu genotiplerin ıslah çalışmalarında demir eksikliğine toleransı yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılması olacaktır. Bu nedenle, demir noksanlık riski yüksek arazilerde demir klorozuna toleranslı genotipler toprakta alınmaz durumdaki demiri alınabilir forma geçiren bazı fizyolojik ve morfolojik adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmalar neticesinde bu genotiplerin kökleri ile yeterli miktarda demir aldıkları belirtilmiştir. Demir noksanlık şartlarına adaptasyonda köklerin verdiği cevaplar bitki türleri arasında farklılık göstermektedir. Fasulye dahil Strateji-I bitkisi olarak adlandırılan bitkiler köklerinde morfolojik ve fizyolojik bazı değişiklikler oluşturarak demir noksanlığına adapte olmaya çalışırlar [8, 9, 10, 11]. Demir alımında kök yüzeylerinde Fe^{+3} 'ün Fe^{+2} 'ye indirgenmesi mutlak gerekli bir işlem olduğu belirtilmiştir [12, 13]. Marschner ve ark. [14] demir noksanlığı şartlarında Strateji-I bitkilerinin diğer bir özelliğinin ATP_{az} proton pompasıyla rizosferin asitliğini artırma olduğu ve bu özelliğinin rizosferde demirin çözünürlüğünü artırarak, bitkinin demir beslenmesine katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme kabiliyetlerine göre gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi demir beslenme indekslerinin belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada incelenen 15 farklı fasulye çeşidi T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmada incelenen 15 farklı fasulye çeşidinin isimleri aşağıda belirtilmiştir:

1-Önceler (Sırık), 2-Göynük (Bodur), 3-Eskfbud-2 (Sırık), 4- Ktakfbv.2(FÇ.113) (Bodur), 5 Safhat (Eskfbvd-6) (Bodur), 6 Yunus90 (bodur), 7-Eskfbud-11 (Sırık), 8-Eskfbvd-14 (Safhat) (Sırık), 9-Zülbiye(Bodur), 10-Eskfbud-7(Bodur), 11-Karalcaşehir 90 (Bodur), 12-Ada - 13-6-(Bodur), 13-Ktakfbvd-1(safhat) (Bodur), 14- Ktakfbvd-3(FÇ.304) (Bodur), 15-Eskfbvd-8-(safhat) (Bodur).

Denemede içeriği Hewitt [15] tarafından bildirilen ve pH'sı 6,0'a ayarlı aşağıdaki besin çözeltisi uygulanmıştır:

1,0 mM NH₄NO₃; 1,60 mM KH₂PO₄; 3,50 mM CaSO₄; 1,50 mM MgSO₄; 1,50 mM K₂SO₄; 4,0 µM H₃BO₃; 4,0 µM ZnSO₄; 4,0 µM MnSO₄; 0,12 µM (NH₄)₆Mo₇O₂₄

445 g kuvars kumu dolu saksılarda 15×3 (çeşit × demir dozu) şeklinde tesadüf parselleri deney deseninde faktöriyel deneme 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Fe-EDDHA formunda demir dozları, noksan (0,2 µM Fe), yeterli (45 µM Fe), yeterli (100 µM Fe) şeklinde uygulanmıştır.

Her saksıda bir fasulye bitkisi kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Her saksıya makro ve mikro besin maddesi içeren besin çözeltisinden her gün 50'şer mL; yukarıdaki belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanmış Fe-EDDHA çözeltisinde ise her doz için 30'ar mL uygulanmıştır. Fasulye çeşitleri 50 gün süreyle yetiştirilmiştir. Taze yaprakta yapılacak analizler için yaprak örneği alınmıştır. Bitkilerin toprak-üstü aksamaları 65 °C'ye ayarlı etüvde kurularak, kuru madde ağırlıkları belirlenmiştir [16].

Taze yapraklarda ferrik redüktaz aktivitesi Ojeda ve ark. [17] tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır.

Taze yaprak örneklerinde aktif demir belirlenmiştir. Bunun için taze yaprak örneği 1,0 N hidroklorik asit ile

ekstrakte edilmiş, süzükte aktif demir atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlenmiştir [18].

Taze yaprak örneklerinde Arnon [19]; Witham ve ark. [20] tarafından bildirildiği şekilde klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil tayini yapılmıştır.

Kacar ve İnal [16], tarafından bildirildiği gibi bitkide toplam azot, fosfor, potasyum ve demir belirlenmiştir. Ayrıca bitkilerin ortamdan kaldırdıkları toplam demir alımları hesap edilmiştir. Fasulye çeşitlerinde demir noksanlığı şartlarında oransal klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, kuru madde ve aktif demir değerleri yüzde olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Oransal değerler, % = (A / B) x 100

Burada;

A: Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, kuru madde ve aktif demir kapsamları

B: 45 µM ya da 100 µM demir uygulaması şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, kuru madde ve aktif demir kapsamları

Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme indeksleri yönünden fasulye çeşitlerinin 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. Ayrıca demir beslenme indekslerinin ve diğer özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin bu indeks ve özelliklere göre değişimi ve çeşitlerin en iyi özelliklerini belirlemek amacıyla Biplot analizi yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Demir Noksanlığı Şartlarında Fasulye Çeşitlerinin Gruplandırılması, Yakınlık-Uzaklıkları ve En İyi Özellikleri

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen fasulye çeşitlerinde belirlenen demir beslenme özelliklerine ilişkin değerler Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde hesaplanan bu özelliklere ilişkin oransal değerler Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 1. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen fasulye çeşitlerinin demir beslenme durumlarını gösteren bazı özellikleri

Fasulye çeşit no	Kuru madde, gKM/bitki	Klorofil a,mg/gTM	Klorofil b,mg/gTM	Toplam klorofil, mg/gTM	Aktif Fe, ppm	Yaprakta FRA, µmol/saat/g TM	Kök KDK, me/100gKM	Bitkide toplam N, %	Bitkide toplam P, %	Bitkide toplam K, %	Toplam demir kapsamı, ppm
1	7,09	0,25	0,18	0,43	20,73	27,94	7,84	2,4	0,69	2,32	158
2	6,1	0,33	0,23	0,55	14,27	3,66	7,88	2,35	0,67	2,86	139
3	6,43	0,46	0,3	0,76	17,56	27,7	6,01	2,82	0,78	2,72	212
4	10,7	0,36	0,19	0,54	17,53	41,74	6,02	2,25	0,65	2,07	144
5	9,02	0,26	0,17	0,43	21,53	90,7	8,88	2,3	0,58	2,28	159
6	8,48	0,32	0,18	0,49	15,33	353,46	8,06	2,38	0,47	2,53	145
7	5,1	0,51	0,25	0,76	22,06	41,86	6,99	2,56	0,55	2,28	145
8	4,7	0,37	0,2	0,58	17,06	72,46	9,47	2,35	0,53	2,08	113
9	3,9	0,29	0,21	0,5	35,46	40,69	6,04	2,21	0,75	2,75	225
10	5,1	0,49	0,53	1,02	23,9	136,23	7,92	2,49	0,62	2,35	199
11	4,29	0,33	0,19	0,53	18,13	56,78	9,23	2,49	0,52	2,4	136

12	5,06	0,37	0,19	0,57	20,5	32,78	6,45	2,14	0,63	1,69	166
13	5,26	0,32	0,25	0,57	20,7	122,74	5,62	1,61	0,59	2,16	144
14	5,21	0,44	0,23	0,67	26,7	94,04	6,2	1,77	0,5	2,02	138
15	4,96	0,43	0,19	0,62	16,83	102,39	6,91	2,13	0,44	1,78	141

Tablo 2. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen bazı özelliklere ilişkin oransal değerler (45 µM yeterli demir dozuna göre)

Fasulye çeşit no	Oransal kuru madde, %	Oransal klorofil-a kapsamı, %	Oransal klorofil-b kapsamı, %	Oransal toplam klorofil kapsamı, %
1	96,80	27,93	37,60	31,31
2	89,61	42,88	39,32	40,25
3	112,54	54,04	56,10	55,39
4	106,30	49,92	42,02	46,55
5	110,73	27,68	31,19	29,20
6	107,79	43,49	45,46	46,57
7	92,45	60,11	42,47	52,61
8	78,22	32,75	29,65	35,54
9	88,54	34,86	49,50	39,94
10	124,47	74,39	119,40	97,25
11	92,11	26,06	33,48	28,41
12	108,45	43,99	40,84	42,89
13	94,81	43,31	55,37	47,43
14	96,82	54,04	49,68	52,53
15	93,94	46,65	39,21	43,56

Tablo 3. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen bazı özelliklere ilişkin oransal değerler (100 µM yeterli demir dozuna göre)

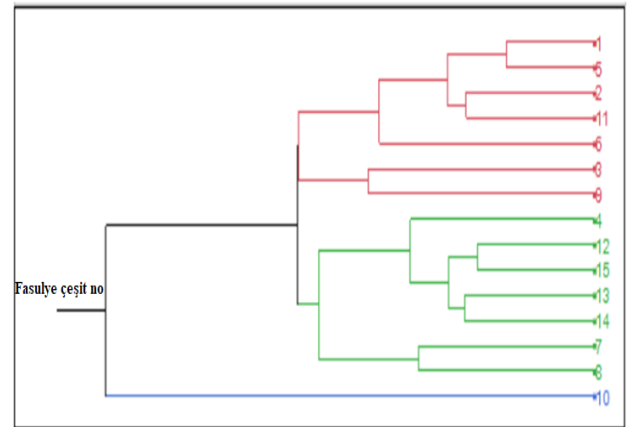
Fasulye çeşit no	Oransal kuru madde, %	Oransal klorofil-a kapsamı, %	Oransal klorofil-b kapsamı, %	Oransal toplam klorofil kapsamı, %	Oransal aktif demir kapsamı, %
1	97,34	34,36	46,19	38,51	101,67
2	85,96	42,3	51,27	44,56	95,87
3	125,27	47,81	58,48	51,62	71,97
4	132,35	53,99	44,47	50,29	89,46
5	99,26	38,42	40,89	39,17	90,58
6	103,11	42,86	41,57	42,43	77,2
7	71,23	52,99	45,78	50,34	44,32
8	41,96	48,8	52,42	54,12	68,61
9	100,35	38,3	56,5	44,53	97,47
10	90,55	65,68	133,73	89,23	67,82
11	94,83	31,98	40	34,53	94,67
12	85,51	45,96	47,58	46,39	104,05
13	111	39,99	54,91	45,32	88,62
14	111,79	58,62	55,29	54,96	108,74
15	98,71	40,75	38,36	42,91	83,4

Tablo 1 incelendiğinde, demir noksanlığı şartlarında en yüksek kuru madde miktarı 4 nolu çeşitte, en düşük kuru madde miktarı ise 9 nolu çeşitte görülmüştür. Yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek 7 nolu çeşitte, en düşük 1 nolu çeşitte; yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek 10 nolu çeşitte, en düşük 5 nolu çeşitte; yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek 10 nolu çeşitte en düşük 1 ve 5 nolu çeşitlerde; yaprakta aktif demir kapsamı en yüksek 9 nolu çeşitte, en düşük 2 nolu çeşitte; kök katyon değişim kapasitesi en yüksek 8 nolu çeşitte, en düşük 13 nolu çeşitte; yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi en yüksek 6 nolu çeşitte, en düşük 2 nolu çeşitte elde edilmiştir. Aynı şekilde, demir noksanlığı şartlarında bitkide azot kapsamı en yüksek 3 nolu çeşitte en düşük 13 nolu çeşitte; fosfor kapsamı en yüksek 3 nolu çeşitte, en düşük 15 nolu çeşitte; potasyum kapsamı en yüksek 2 nolu çeşitte, en düşük 12 nolu çeşitte; toplam demir

kapsamı en yüksek 9 nolu çeşitte, en düşük 8 nolu çeşitte görülmüştür.

45 µM demir çözeltisi verilerek yetiştirilen demir beslenmesi yeterli bitkilere göre demir noksanlığı şartlarında yaprakta oransal klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil en yüksek 10 nolu çeşitte elde edilmiştir. Oransal klorofil-a ve toplam klorofil en düşük 11 nolu çeşitte; oransal klorofil-b ise en düşük 8 nolu çeşitte tespit edilmiştir. Oransal kuru madde miktarı ise en yüksek 4 nolu çeşitte; en düşük 8 nolu çeşitte tespit edilmiştir. Aynı şekilde, 100 µM demir çözeltisi verilerek yetiştirilen demir beslenmesi yeterli bitkilere göre demir noksanlığı şartlarında oransal kuru madde miktarı, oransal aktif demir, oransal klorofil-a, oransal klorofil-b, oransal toplam klorofil kapsamı en yüksek 10 nolu çeşitte görülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında en düşük oransal kuru madde miktarı 8 nolu çeşitte; oransal aktif demir 7 nolu çeşitte; oransal klorofil-a 11 nolu çeşitte; oransal klorofil-b ise 15 nolu çeşitte; oransal toplam klorofil 11 nolu çeşitte tespit edilmiştir.

Demir noksanlığı şartlarında belirlenen özellikler bakımından 10 nolu çeşidin tamamen farklı bir grupta yer aldığı, 1,5, 2, 11, 6, 3 ve 9 nolu çeşitlerin ikinci grupta; 4, 12, 15, 13, 14, 7 ve 8 nolu çeşitlerin ise üçüncü grupta yer aldığı görülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme indeksleri ve diğer özelliklerine göre gruplandırılması

Fasulye çeşitlerin yakınlık uzaklık değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

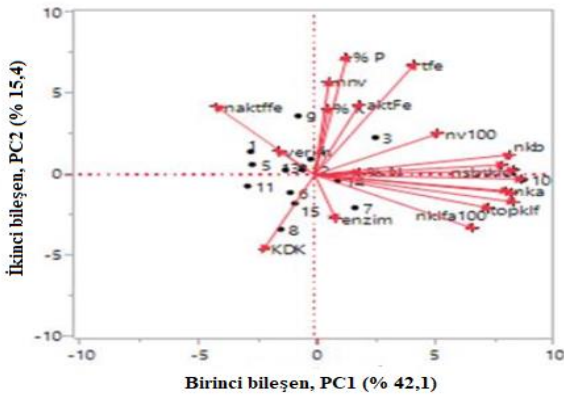
Tablo 4. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen fasulye çeşitlerinin demir beslenme indeks değerleri dikkate alınarak belirlenen yakınlık-uzaklık değerleri

Grup sayıları	Grup içi yakınlık değeri	Grup Elemanları	
14	1,701	1	5
13	2,256	12	15
12	2,472	2	11
11	2,508	13	14
10	2,821	12	13
9	2,831	1	2
8	3,384	7	8

7	3,553	4	12
6	4,155	1	6
5	4,363	3	9
4	5,329	4	7
3	5,719	1	3
2	5,740	1	4
1	9,445	1	10

Tablo 4'ün incelenmesinden de görüleceği gibi demir noksanlığı şartlarında 1 ve 5 nolu çeşitlerin birbirine en yakın; 1 ve 10 nolu çeşitlerin ise birbirine en uzak çeşitler olduğu tespit edilmiştir.

Fe noksanlığı şartlarında incelenen bazı özelliklere ilişkin ortalama değerler dikkate alınarak, özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin de incelenen özelliklere göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Demir noksanlığı şartlarında çeşitlerin gruplandırılması ve bu çeşitlerin en iyi demir beslenme özellikleri

Biplot Yöntemi ile yapılan analizde PC1 (1. ana bileşen) % 42,1, PC2 (2. ana bileşen) % 15,9, PC1 ve PC2'nin toplamı ise varyasyonun % 58'ini oluşturmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi, çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımları farklılık göstermiştir. Demir noksanlığı şartlarında yaprakta belirlenen ferrik redüktaz aktivitesi, oransal klorofil-a (100 µM Fe uygulamasında klorofil-a kapsamına göre), toplam klorofil, oransal klorofil-a (45 µM Fe uygulamasında klorofil-a kapsamına göre) ve oransal toplam klorofil (100 µM Fe uygulamasında toplam klorofil kapsamına göre) aynı grupta yer alırken, demir noksanlığı şartlarında bitkide belirlenen % N kapsamı, oransal toplam klorofil (45 µM Fe uygulamasında toplam klorofil kapsamına göre), oransal klorofil-b (45 µM Fe uygulamasında klorofil-b kapsamına göre), oransal kuru madde (100 µM Fe uygulamasında elde edilen kuru maddeye göre), yaprakta aktif Fe, toplam Fe, % K, % P kapsamları ve oransal kuru madde miktarı (45 µM Fe uygulamasında elde edilen kuru madde miktarına göre) gibi özellikler de kendi içerisinde aynı grupta yer almışlardır. Demir noksanlığı şartlarında belirlenen oransal aktif demir (45 µM Fe uygulamasında yaprakta aktif demir kapsamına göre) ve kuru madde miktarı aynı grupta toplanırken; kök katyon değişim kapasitesi (KKDK) farklı bir grupta toplanmıştır.

Araştırmada incelenen 1, 4, 5, 9, 12 ve 13 numaralı çeşitlerin demir noksanlığı şartlarında oransal aktif Fe

(45 µM Fe uygulamasında yaprakta aktif demir kapsamına göre) ve kuru madde miktarları bakımından iyi çeşitler oldukları belirlenmiştir. Aynı şekilde, demir noksanlığı şartlarında 6, 8, 11 ve 15 numaralı çeşitler ise KKDK yönünden iyi çeşitler oldukları belirlenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında 7, 10 ve 14 numaralı çeşitlerin yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi, oransal klorofil-a (100 µM Fe uygulamasına göre), toplam klorofil, oransal klorofil-a (45 µM Fe uygulamasında klorofil-a kapsamına göre) ve oransal toplam klorofil (100 µM Fe uygulamasına göre) yönünden iyi çeşitler oldukları belirlenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında 3 numaralı çeşidin ise incelenen diğer özellikler yönünden bitkide % N kapsamı, yaprakta oransal toplam klorofil (45 µM Fe uygulamasında toplam klorofil kapsamına göre), oransal klorofil-b, (45 µM Fe uygulamasında klorofil-b kapsamına göre), oransal kuru madde miktarı (100 µM Fe uygulamasına göre), yaprakta aktif Fe, toplam Fe, % K, % P kapsamları ve oransal kuru madde miktarının (45 µM Fe uygulamasında elde edilen kuru madde miktarına göre) iyi olduğu belirlenmiştir.

İkinci grubun çeşitleri arasında klorofil-a kapsamı yönünden en yüksek çeşit 3 nolu çeşit; en düşük çeşit ise 1 nolu çeşit bulunmuştur. Üçüncü grubun çeşitleri arasında en yüksek klorofil-a kapsamı 7 nolu çeşitte; en düşük klorofil-a kapsamı ise 13 nolu çeşitte bulunmuştur. Toplam klorofil kapsamı yönünden ise ikinci grubun en yüksek çeşidi 3 nolu çeşit, en düşük çeşidi 1 ve 5 nolu çeşitler olmuştur. Üçüncü grubun çeşitleri arasında toplam klorofil kapsamı yönünden en yüksek çeşit 7 nolu çeşit, en düşük çeşit ise 4 nolu çeşit bulunmuştur. Aktif demir kapsamı yönünden ikinci grubun en yüksek çeşidi 9 nolu çeşit, üçüncü grubun en yüksek çeşidi ise 14 nolu çeşit bulunmuştur. Bitkilerin demir beslenme durumlarının belirlenmesinde toplam demirin iyi bir ölçü olmadığı belirtilmiştir [21]. Bu nedenle klorofil oluşumunda sorumlu olan aktif demir, demir noksanlığının tespitinde daha kullanılabilir bir ölçüt olduğu belirtilmiştir [22].

Yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi yönünden ikinci grubun en yüksek çeşidi 6 nolu çeşit, üçüncü grubun en yüksek çeşidi ise 13 nolu çeşit bulunmuştur. Oransal toplam klorofil yönünden ikinci grupta en yüksek değeri 3 nolu çeşit, üçüncü grupta ise 14 nolu çeşit sağlamıştır.

Demir noksanlığı şartlarında klorofil-a kapsamı birbirine en uzak 1 ve 10 nolu çeşitlerde sırası ile 0,25 mg/g taze madde (TM) ve 0,49 mg/g TM bulunmuş; klorofil-b kapsamı sırasıyla 0,18 mg/g TM ve 0,53 mg/g TM; toplam klorofil kapsamı sırasıyla 0,43 mg/g TM ve 1,02 mg/g TM; aktif demir kapsamı sırasıyla 20,73 ppm ve 23,90 ppm bulunmuştur. Demir noksanlığına tolerans indeks değerleri (45 µM demir çözeltisiyle beslenen bitkilere göre) klorofil-a yönünden birbirine en uzak 1 ve 10 nolu çeşitlerde sırasıyla % 27,93 ve % 74,39; klorofil-b yönünden sırası ile % 37,60 ve % 119,4; toplam klorofil yönünden sırasıyla % 131,31 ve % 97,2 bulunmuştur. Buna göre incelenen özellikler bakımından demir noksanlığı şartlarında 10 nolu çeşit en uygun çeşit olarak önerilebilir. Ayrıca birbirine en uzak 1 ve 10 nolu çeşitlerde yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi demir

noksanlığı şartlarında sırasıyla 27,94 µmol/saat/g TM ve 136,23 µmol/saat/g TM bulunmuştur. Slatni ve ark. [23] demir noksanlığına dayanıklı Flamingo fasulye çeşidinde ferrik redüktaz aktivitesinin hassas çeşit olan Coco Blanc'a göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Demirli gübrelemeye 1 ve 10 nolu çeşitler kuru madde miktarı bakımından respons vermemişlerdir. Fakat klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamı bakımından 1 nolu çeşit demirli gübrelemeye respons göstererek demirli gübreleme sonucu klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil 1 nolu çeşitte artış göstermiştir. Buna karşın 10 nolu çeşitte demirli gübrelemenin klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur. Slatni ve ark. [23], demir noksanlığına toleranslı Flamingo fasulye çeşidinin demir noksanlığına hassas Coco Blanc fasulye çeşidine göre demir noksanlığı şartlarında klorofil kapsamının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar demir noksanlığına toleranslı Flamingo fasulye çeşidinde demir noksanlığı şartlarında klorofil kapsamının demirce yeterli şartlara göre % 34 azaldığını, demir noksanlığına hassas Coco Blanc fasulye çeşidinde ise klorofil kapsamının demirce yeterli şartlara göre % 76 azaldığını bildirmişlerdir. Diğer bir ifadeyle, araştırmacılar Coco Blanc fasulye çeşidinde klorofil kapsamının demirli gübrelemenin etkisiyle Flamingo fasulye çeşidine göre daha fazla arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar Flamingo fasulye çeşidinde demir noksanlığı şartlarında toplam biokütlelerin % 27 oranında azaldığını, Coco Blanc fasulye çeşidinde ise % 50 oranında azaldığını da bildirmişlerdir. Klorofil ve karotenoidin biyosentezinde demirin gerekliliği belirtilmiştir [24, 25, 26]. Bitkiye demirin yarayışlılığının ortaya konulmasında klorofil biyosentezinin iyi bir indikatör olduğu, demirin yeterince alınmadığı durumlarda bitkilerin yapraklarında klorofil sentezinin inhibe edildiği belirtilmiştir [27]. Marschner [28], demir her ne kadar klorofil molekülünün yapısına girmiyorsa da klorofilin bitkideki sentezinde önemli rol oynadığını bildirmiştir. Gelişme parametreleri ve yaprak klorofil kapsamının çeşit ve demirin alınabilirliğine bağlı olarak farklı etkilendi de bildirilmiştir [29].

4. SONUÇ

Fasulye yetiştiriciliğinde demir noksanlığının önlenmesinde genetik kontrolün, diğer bir ifadeyle çeşit seçiminin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme kabiliyetlerinin farklı olduğu görülmüştür.

Demir beslenme kabiliyetleri yönünden demir noksanlığı şartlarında 10 nolu çeşit tamamen farklı grupta yer alırken, 1, 5, 2, 11, 6, 3 ve 9 nolu çeşitler farklı grupta (2.Grup); 4, 12, 15, 13, 14, 7 ve 8 nolu çeşitler ise başka grupta (3. Grup) kümelenebilir.

Buna göre incelenen özellikler bakımından demir noksanlığı şartlarında 10 nolu çeşit (Eskfbud-7,bodur) en uygun çeşit bulunmuştur. Demirli gübrelemeye 1 ve 10 nolu çeşitler verim bakımından cevap vermemişlerdir. Fakat klorofil-a ve klorofil-b ve toplam klorofil kapsamı bakımından 1 nolu çeşit demirli gübrelemeye cevap

göstererek demirli gübreleme sonucu 1 nolu çeşitte klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil artış göstermiş; buna karşın 10 nolu çeşitte demirli gübrelemenin klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur. İncelenen özellikler bakımından en iyi çeşidin 10 nolu çeşit olmakla birlikte, 3 nolu (Eskfbud-2, sıvık), ve 7 nolu (Eskfbud-11, sıvık) çeşitlerin de demir noksanlığı şartlarında iyi çeşitler olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Tang CR, Obson AD. Lupinus species differ in their requirements for iron. *Plant Soil*. 1993;157: 11-18.
- [2] Moreau S, Meyer JM, Puppo A. Uptake of iron by symbiosomes and bacteroids from soybean nodules. *FEBS Letters*. 1995;361: 225-228.
- [3] Hardarson G. Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationships. International Atomic Energy Agency, Vienna; 1990.
- [4] O'Hara GW, Dilworth MJ, Boonkerd N, Parkpion P. Iron deficiency specifically limits nodule development in peanut inoculated with *Bradyrhizobium sp.* *New Phytol*. 1988;108:51-57.
- [5] Krouma A, Drevon J, Abdelly C. Genotypic variation of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to iron deficiency. *Plant Physiol*. 2006;163(11):1094-1100.
- [6] Eyüpoğlu F, Kurucu N. Plant available trace iron, zinc, manganese and copper in Turkey soils, (ed. J. Ryan), In: Accomplishments and Future Challenges in Dryland Soil Fertility Research in the Mediterranean Area, ICARDA Book, 1997. p.191-196.
- [7] Özgümüş A. Bitkilerde demir klorozu. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 1987;6:117-128.
- [8] Römheld V. Different strategies for iron acquisition in higher plants. *Plant Physiol*. 1987;70:231:234.
- [9] Bavaresco L, Fregoni M, Frascini P. Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and a *Vitis vinifera* cultivar. *Plant Soil*. 1991;130:109-113.
- [10] Rombola AD, Bruggemann W, Lopez-Millan, AF, Tagliavini M, Abadia J, Marangoni B, Moog PR. Biochemical responses to iron deficiency in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Tree Physiol*. 2002;22:869-875.
- [11] Krouma A, Abdelly C. Importance of iron use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for iron chlorosis resistance. *J Plant Nutr. And Soil Sci*. 2003;4:525-528.
- [12] Chaney RL, Brown JC, Tiffin LO. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. *Plant Physiol*. 1972;50:734-739.
- [13] Römheld V, Marschner H. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiol*. 1986;80:175-180.

- [14] Marschner H, Römheld V, Kissel M. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *J Plant Nutr.* 1986;9:695-713.
- [15] Hewitt EJ. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition; 1966.
- [16] Kacar B, İnal A. Bitki Analizleri, 1. Basım. Nobel Yayınları, Ankara; 2008.
- [17] Ojeda M, Schaffer B, Davies FS. Root and leaf ferric chelate reductase activity in pond apple and soursop. *J Plant Nutr.* 2004;27:1381-1393.
- [18] Takkar PN, Kaur NP. HCl method for Fe⁺² estimation to resolve iron chlorosis in plant. *J Plant Nutr.* 1984;7(1-5):81-90.
- [19] Arnon D. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in beta vulgaris. *Plant Physiol.* 1949;24:1-15.
- [20] Withan FH, Blaydes DF, Devlin RM. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 1971. p.55-58.
- [21] Chen Y, Barak P. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv. Agron.* 1982;35:217-240.
- [22] Lang HJ, Reed DW. Comparison of HCl extraction versus total iron analysis for iron tissue analysis for iron tissue analysis. *J Plant Nutr.* 1987;10 (7):107-116.
- [23] Slatni T, Krouma A, Gouia H, Abdely C. 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.* 2009;47: 35-42.
- [24] Morales F, Abadia A, Abadia J. Characterization of the xanthophyll cycle and other photosynthetic pigment changes induced by iron deficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Plant Physiol.* 1990;94:607-613.
- [25] Terry N, Zayed AM. Physiology and biochemistry of leaves under iron deficiency. In: Iron nutrition in soils and plants, Abadia, J., ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 1995. p. 283-294.
- [26] Thoirion S, Pascal N, Briat JF. Impact of iron deficiency and iron re-supply during the early stages of vegetative development in maize (*Zea mays* L.). *Plant Cell Environ.* 1997;20:1051-1060.
- [27] Lopez-Millan AF, Morales F, Abadia A, Abadia J. Changes induced by Fe deficiency and Fe resupply in the organic and metabolism of sugar beet (*Beta vulgaris*) leaves. *Physiol. Plant.* 2001;112:31-38.
- [28] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim Federal Republic of Germany. Academic Press; 2002.
- [29] Krouma A, Slatni T, Abdely C. Differential tolerance to lime-induced chlorosis of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Symbiosis.* 2008;46:137-143.