



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Araştırma Makalesi

***Capsicum baccatum* Türüne Ait Biber Genotiplerinin Fenotipik Kök Özellikleri Yönünden Seleksiyonu**

Aslı KANAL^{*1}, Ahmet BALKAYA², Onur KARAAĞAÇ³

^{*1,2}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

³Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü, Samsun, Türkiye

Aslı KANAL, ORCID No: 0000-0003-0425-9581, Ahmet BALKAYA, ORCID No: 0000-0001-9114-615X,

Onur KARAAĞAÇ, ORCID No: 0000-0002-8794-2556

*Sorumlu yazar e-posta: aslikanal5515@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 28.12.2020
Kabul: 15.02.2021
Yayınlanma Nisan 2021

Anahtar Kelimeler

Anaç,
Capsicum baccatum,
Kök mimarisi,
Seleksiyon

Öz: *Capsicum baccatum*, *Capsicum* cinsinin kültüre alınmış beş biber türünden birisidir. Daha çok Güney Amerika'da yetiştiriciliği yapılan bu tür güçlü kök yapısı ve bazı stres şartlarına dayanıklı olması nedeniyle son yıllarda biber anaç ıslahı programlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada; Amerika kıtasının farklı lokasyonlarından toplanmış olan bu türe ait 66 adet biber genotipinin, fenotipik kök yapılarının incelenmesi ve köklenme mimarilerini oluşturan temel unsurların karşılaştırılması amaçlanmıştır. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde yapılan kök analizleri sonucunda, biber genotiplerinin fenotipik kök özellikleri arasında çeşitliğin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, toplam kök uzunluğunun 325.76 cm (CB-22) ile 1 959.15 cm (CB-46), kök çapının 2.64 mm (CB-72) ile 5.80 mm (CB-86), kök yüzey alanının 198.60 cm² (CB-52) ile 1318.08 cm² (CB-36), kök hacmi değerlerinin 13.50 cm³ (CB-52) ile 151.65 cm³ (CB-36), kök kuru ağırlığının ise 0.48 g ile 3.05 g arasında değişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Seleksiyon ıslahında, ağırlıklı tartılı derecelendirme metodu ile kök mimarisi kriterleri birlikte değerlendirilmiştir. Buna göre CB-50, CB-21, CB-69, CB-36, CB-29 ve CB-44 genotipleri kök yapısı en güçlü ümitvar genotipler olarak belirlenmiştir. Selekte edilen bu genotiplerin, gelecek yıl hibrit biber anaç ıslahı melezleme programında ebeveyn olarak kullanılması planlanmaktadır.

The Selection of *Capsicum baccatum* Genotypes for Phenotypic Root Traits

Article Info

Received: 28.12.2020
Accepted: 15.02.2021
Published April 2021

Keywords

Rootstock,
Capsicum baccatum,
Root system architecture,
Selection

Abstract: *Capsicum baccatum* is one of five cultivated species of the *Capsicum* genus. This species, which is mostly grown in South America, has been used in rootstock breeding programs in recent years due to its strong root structure and resistance to certain stress conditions. In this study; It was aimed to examine the phenotypic root traits of 66 *C. baccatum* genotypes collected from different locations of the American continent. The diversity of phenotypic root traits of pepper genotypes were found to be quite high. In this study, the total root length is ranged from 325.76 cm (CB-22) to 1959.15 cm (CB-46), the root diameter is ranged from 2.64 mm (CB-72) to 5.80 mm (CB-86), the root surface area is ranged from 198.60 cm² (CB-52) to 1318.08 cm² (CB-36), root volume is ranged from 13.50 cm³ (CB-52) to 151.65 cm³ (CB-36). Root architecture characteristics were evaluated together with the Weighted Ranked method in selection. Accordingly, CB-50, CB-21, CB-69, CB-36, CB-29 and CB-44 genotypes were selected as the most promising genotypes with strong root structure. These selected genotypes will be used as parents for interspecific hybridization in the rootstock breeding program.

1. Giriş

Capsicum cinsi içerisinde yer alan biber bitkisi tropik ve subtropik iklimlerde yetiştirilebildiği gibi ılıman iklim kuşağında da yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Greenleaf, 1986). *Capsicum* cinsi içerisinde taksonomik olarak sınıflandırılan 43 türden, sadece beş tür (*C. annuum* L., *C. baccatum* L. var. *pendulum*, *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. ve *C. pubescens* Ruiz & Pav.) kültüre alınmıştır (Eshbaugh, 2012; Barboza ve ark., 2019). Biber bitkisinin orijini Orta Amerika olarak bilinmektedir. Latince “baccatum” kelimesi, “üzümsü meyve” anlamında kullanılmaktadır (Eken & Mavi, 2016). Güney Amerika’da ise “aji” veya “Peru acı biberi” olarak bilinmektedir (Jarret, 2007). *C. baccatum* türü, *C. baccatum* var. *baccatum*, *C. baccatum* var. *pendulum* ve *C. baccatum* var. *praetermissum* olmak üzere üç alt türe ayrılmaktadır. Biber; günümüzde taze tüketimin yanı sıra kurutulmuş (pul, toz vb.) veya işlenmiş ürün (sos, salça vb.) olarak da değerlendirilebilmektedir. Ayrıca ilaç ve kozmetik sanayinde de kullanım alanları bulunmaktadır (Karaağaç & Balkaya, 2010; Eşiyok, 2012). *C. baccatum*’un bir alt türü olan *C. baccatum* var. *pendulum* meyveleri taze tüketim yanında, salsa sosu, acı biber sosu ve toz biber vb. olarak değerlendirilmektedir (Jarret, 2007). Dünya’da Çin (18 978 027 ton), Meksika (3 238 245 ton) ve Türkiye (2 625 669 ton) önde gelen biber üreticisi ülkelerdir (FAO, 2019). Akdeniz Bölgesi (1 048 383 ton), Marmara Bölgesi (547 410 ton) ve Ege Bölgesi (366 333 ton) ülkemizin en fazla biber üretiminin gerçekleştirildiği bölgeleridir (TÜİK, 2020). Ülkemizde *C. baccatum* türüne ait yetiştiriciliği yapılan ticari bir çeşit bulunmamaktadır (TTSM, 2019).

Biber yetiştiriciliğinde; organik maddece zengin, çeşitli besin maddelerini içeren, tınlı, tınlı-kumlu, su tutma kapasitesi iyi, çabuk ısınabilir, derin, geçirgen, iyi drene edilmiş topraklar daha çok tercih edilmektedir. Biber için en uygun toprak pH’sı 5.6-6.8’dir. Biber bitkisi toprak tuzluluğuna karşı çok hassas bir bitkidir (Anonim, 2008; Eşiyok, 2012). Kazık kök 10-15 cm kadar derine indikten sonra üzerinde yan köklerin oluşumu meydana gelmektedir. Ayrıca yan köklerin üzerinde çok sayıda, ince yapılı kılcal kökler oluşmaktadır. Saçak köklerin büyük kısmı toprağın ilk 10-30 cm derinliğinde bulunurken, hafif ve kumlu topraklarda ise kökler 80-100 cm derinliğe kadar inebilmektedir (Şalk ve ark., 2008).

Solanaceae familyası içerisinde domates ve patlıcanda aşılı fide kullanımı son yıllarda oldukça fazla artış göstermiştir. Ancak biberde anaç kullanımı ise halen sınırlı düzeydedir. Biberde kullanılan ticari anaçlar daha çok *C. annuum* türüne aittir. Anaçın kalemle aynı tür olması nedeniyle beklenen kök kapasite artışı sağlanamamıştır. Biber anaç kullanımında verim artışı yeterli seviyede olmadığı için aşılı fide maliyetini karşılayamamaktadır (Aidoo ve ark., 2018; Karaağaç ve ark., 2020). *C. baccatum*’un *C. annuum* ile türlerarası melez bitki eldesinin çok zor olmasından dolayı anaç ıslah programlarında kullanımı sınırlı düzeydedir. Ancak son yıllarda doku kültürü tekniklerinin de gelişmesi ve köprü tür eldesi ile birlikte çok sayıda anaç ıslahı programında bu türe daha fazla yer vermeye başlanmıştır (Hennart, 2017; Penella ve ark., 2017; Ribeiro ve ark., 2020; Sharma ve ark., 2020). *C. annuum* dışındaki diğer bazı kültür türleri, genetik yapılarında özellikle biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılık özellikleri taşımaktadırlar (Grubben ve ark., 1977; Pickersgill, 1980). Yapılan çalışmalarda; *C. baccatum* türünün *C. annuum*’a göre; tuzluluğa, mildiyöye, nematoda ve birçok virüse karşı daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Pico ve ark., 2017). Biberde biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılıkta performansı etkileyen en önemli kriterlerden birisi de kök yapısı ve stres koşulları altında topraktaki kök gelişim kabiliyetidir (Karaağaç ve ark., 2020). Yapılan bazı çalışmalarda, *C. baccatum* türü içerisinde kök sistemi çok güçlü olan genotipler olduğu tespit edilmiştir (Ou ve ark., 2011; Bui ve ark., 2015). Bu nedenle kök parametrelerinin belirlenmesi bitki gelişimi ile ilgili diğer önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kök parametreleri iyileştirilerek su ve besin alınımının kolaylaştırılması ve bu sayede olumsuz faktörlerin verim unsurlarına olan negatif etkisi azaltılabilmektedir (Dorlodot ve ark., 2007). Son yıllarda anaç çeşit ıslahı çalışmalarında, kök sisteminin yönetiminden yararlanarak daha güçlü, su ve besin alım kapasitesi yüksek olan yeni çeşitlerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır (Koevoets ve ark., 2016; Sarıbaş ve ark., 2019). Ancak, bitki kökünün toprak altında olması incelenmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle, kökün fenotipik özelliklerine göre yapılan seleksiyon çalışmaları oldukça azdır (Schwarz ve ark., 2010; Karaağaç, 2020). Son yıllarda dijital görüntüleme sistemlerinden yararlanılarak bitki kök yapıları ve köklenme düzeyleri hakkında detaylı incelemeler yapılabilmektedir (Paez-Garcia ve ark., 2015; Sarıbaş ve ark., 2019; Özgen, 2020). Bu çalışmada, dijital görüntüleme sistemlerinden

yararlanarak *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin fenotipik kök yapılarının incelenmesi ve köklenme mimarilerini oluşturan temel unsurların tartılı derecelendirme yöntemi ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, 2019 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü fizyoloji laboratuvarında ve çoğaltma serasında yürütülmüştür. Araştırmada, Amerika kıtasının farklı ülkelerinden toplanmış olan *C. baccatum* türüne ait 66 adet biber genotipi kullanılmıştır. Bu genetik materyaller, Amerika Tarım Bakanlığı Tohum Gen Bankasından (USDA-ARS-National Plant Germplasm System) temin edilmiştir. Bunlardan 10 tanesi *C. baccatum* var. *baccatum* ve 56 tanesi ise *C. baccatum* var. *pendulum* türüne aittir. İncelenen *C. baccatum* biber popülasyonunda yer alan genetik materyallere ait kayıt bilgileri, Çizelge 1’de sunulmuştur.

C. baccatum türüne ait biber genotiplerine ait tohumlar, torf: perlit (2:1, v:v) harç karışımının konulduğu viyollere 14 Mart 2019 tarihinde ekilmiştir. Dört gerçek yaprağa ulaşan *C. baccatum* türüne ait biber fideleri; sera ünitesi içerisinde steril torf: perlit (2:1, v:v) karışımının bulunduğu 3 litrelik plastik saksılara, 12 Nisan 2019 tarihinde dikilmiştir (Şekil 1.). Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde kurulmuştur. *C. baccatum* fideleri, sıcaklık kontrollü sera yetiştirme odasında ($25^{\circ}\text{C}\pm 1$) 30 gün süreyle yetiştirilmiştir. 13 Mayıs 2019 tarihinde kantitatif olarak hasat edilen bitki kökleri, dikkatli bir şekilde yıkanmış kağıt havlu ile kurutulmuş ve taramaya hazır hale getirilmiştir. Tarama işlemine hazır hale getirilmiş olan kökler, cihazın tarayıcı (scanner) (Epson Expression 10000XL, Epson America Inc., Long Beach, CA, USA) kısmına konularak 400 dpi çözünürlükte üç boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

WinRhizo programı ile yapılan kök taraması sonucunda *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde aşağıda belirtilen kök parametreleri incelenmiştir (Karaağaç ve ark., 2020).

- Toplam kök uzunluğu (cm): Kılcal formda bulunan saçak kökler dahil tüm köklerin toplam uzunlukları belirlenmiştir.
- Ortalama kök çapı (mm): Tüm kök uzantıları bireysel olarak incelenerek ortalama kök çapları hesaplanmıştır.
- Kök yüzey alanı (cm^2): Tarama ile üç boyutlu olarak incelenen tüm köklerin izdüşüm alanları ölçülmüştür.
- Kök hacmi (cm^3): Genotiplerin kökleri tarayıcıdan geçirilerek WinRhizo programı yardımıyla net kök hacmi değerleri hesaplanmıştır.
- Kökteki dallanma sayısı: Ana kök ve birinci lateral köklerden çıkan yan dalların sayısı tespit edilmiştir.
- Kök kuru ağırlığı (g): Bitkiler bisturi yardımıyla kök kısmı ayrılarak 80°C de 72 saat süreyle etüvde kurutulmuş (Karaağaç & Balkaya, 2010) ve örnekler sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Daha sonra hassas terazide (0.001 g) tartılarak kök kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Kök analiz çalışması sonucunda elde edilen verilere, varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve ardından önemli bulunan parametreler Tukey testine göre gruplandırılmıştır.

Kök yapısı güçlü olan *C. baccatum* türüne ait genotiplerin seleksiyonu amacıyla ağırlıklı tartılı derecelendirme metodu uygulanmıştır (Karaağaç ve ark., 2018). Genotiplerin seleksiyonu için kullanılan ağırlıklı tartılı derecelendirme kriterleri tarafımızdan oluşturulmuştur. Fenotipik kök seleksiyon kriterleri, sınıf değerleri ve puanları, Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. *C. baccatum* biber popülasyonunda yer alan genotiplere ait kayıt bilgileri ve orijinleri

Genotipler	Kayıt numarası	Orijini	Genotipler	Kayıt numarası	Orijini
<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>baccatum</i>			<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> (devamı)		
CB-1	PI 159252 01 SD	ABD	CB-50	PI 441568 01 SD	Brezilya
CB-2	PI 585242 02 SD	Ekvator	CB-51	PI 441562 01 SD	Brezilya
CB-3	PI 585243 02 SD	Ekvator	CB-52	PI 159260 01 SD	ABD
CB-4	PI 238061 01 SD	Bolivya	CB-53	PI 281300 01 SD	Arjantin
CB-6	PI 215699 01 SD	Peru	CB-55	PI 266042 01 SD	Meksika
CB-11	PI 439528 01 SD	Brezilya	CB-56	PI 260565 01 SD	Bolivya
CB-12	PI 596059 01 SD	Bolivya	CB-57	PI 260559 01 SD	Bolivya
CB-16	PI 632922 01 SD	Paraguay	CB-58	PI 267729 01 SD	Bolivya
CB-17	PI 633752 02 SD	Paraguay	CB-59	PI 260572 01 SD	Bolivya
CB-18	PI 631150 03 SD	Paraguay	CB-60	PI 159259 01 SD	ABD
CB-20	PI 281309 01 SD	Peru	CB-61	PI 238062 01 SD	Brezilya
<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>			CB-62	PI 159272 01 SD	ABD
CB-21	PI 257169 01 SD	Peru	CB-63	PI 200729 01 SD	Guatemala
CB-22	PI 257179 01 SD	Peru	CB-64	PI 653670 04 SD	Kosta Rika
CB-23	PI 257174 01 SD	Peru	CB-65	PI 441541 01 SD	Brezilya
CB-27	PI 260545 01 SD	Brezilya	CB-66	PI 441552 01 SD	Brezilya
CB-28	PI 260538 01 SD	Arjantin	CB-67	PI 441584 01 SD	Brezilya
CB-29	PI 260488 01 SD	Bolivya	CB-68	PI 241658 01 SD	Peru
CB-31	PI 257168 01 SD	Peru	CB-69	PI 441519 01 SD	Brezilya
CB-33	PI 257134 01 SD	Ekvator	CB-70	PI 439409 01 SD	Uruguay
CB-34	PI 257133 01 SD	Ekvator	CB-71	PI 260593 01 SD	Brezilya
CB-36	PI 260536 01 SD	Arjantin	CB-72	PI 337523 01 SD	Arjantin
CB-38	PI 257122 01 SD	Kolombiya	CB-73	PI 590506 01 SD	Bolivya
CB-39	PI 281320 01 SD	Şili	CB-74	PI 585244 01 SD	Ekvator
CB-40	PI 260552 01 SD	Peru	CB-75	PI 585240 01 SD	Ekvator
CB-41	PI 281311 01 SD	Brezilya	CB-76	PI 632925 02 SD	Paraguay
CB-42	PI 337522 01 SD	Arjantin	CB-77	PI 633756 01 SD	Paraguay
CB-44	PI 594136 01 SD	Macaristan	CB-78	Grif 9196 01 SD	Kosta Rika
CB-45	PI 593932 01 SD	Ekvator	CB-82	PI 241679 01 SD	Şili
CB-46	PI 439411 01 SD	Uruguay	CB-83	PI 188481 01 SD	Peru
CB-47	PI 439410 01 SD	Uruguay	CB-84	PI 281307 01 SD	Bolivya
CB-48	PI 441531 01 SD	Brezilya	CB-85	PI 441554 01 SD	Brezilya
CB-49	PI 441533 01 SD	Brezilya	CB-86	PI 585249 02 SD	Ekvator
			CB-87	PI 585250 01 SD	Ekvator

Çizelge 2. *C. baccatum* türüne ait genotiplerde seleksiyon kriterleri ve tartılı derecelendirme puanları

Kriterler	Sınıf değeri	Sınıf puanı	Göreceli puan
Kök Uzunluğu (cm)	< 652.44	1	20
	652.45 – 979.12	2	
	979.13 – 1 305.79	3	
	1 305.80 – 1 632.47	4	
	1 632.48 <	5	
Kök Çapı (mm)	< 3.69	5	15
	3.70 - 475	3	
	4.76 <	1	
Kök Yüzey Alanı (cm²)	< 571.76	1	15
	571.77 – 944.92	3	
	944.93 <	5	
Kök Hacmi(cm³)	< 41.13	1	25
	41.14 – 68.76	2	
	68.77 – 96.39	3	
	96.40 – 124.02	4	
	124.02 <	5	
Kök Kuru Ağırlığı (g)	< 1.34	1	15
	1.35 – 2.19	3	
	2.20 <	5	
Kök Dallanma Sayısı (adet)	< 2 446.67	1	10
	2 446.68 – 3 981.83	3	
	3 981.84 <	5	

3. Bulgular ve Tartışma

C. baccatum türüne ait biber genotiplerinde, incelenen kök mimarisi parametreleri (toplam kök uzunluğu, kök çapı, kök yüzey alanı, kök hacmi, kök dallanma sayısı ve kök kuru ağırlığı) yönünden yapılan varyans analizinde istatistiksel olarak biber genotipleri arasında önemli düzeyde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Dikimden itibaren 30. gün sonunda yapılan kök tarama analizi sonuçlarına göre toplam kök uzunluğu (cm) değerlerinin 325.76 cm ile 1959.15 cm değeri arasında dağılım gösterdikleri saptanmıştır (Çizelge 3). Toplam kök uzunluğu değeri en fazla 1959.15 cm ile CB-46 genotipinde ölçülmüştür. Bunu 1834.41 cm ile CB-44 ve 1832.88 cm ile CB-29 genotipleri takip etmiştir. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde en düşük toplam kök uzunluğu ise 325.76 cm ile CB-22 genotipinde tespit edilmiştir (Çizelge 3). Karaağaç ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada *C. annuum*’da kök uzunluğunun ortalama 810 cm, *C. baccatum*’da 778 cm ve *C. chinense* türünde ise 922 cm olduğunu tespit etmişlerdir. Fita ve ark. (2013) ise *Capsicum* cinsine ait dört farklı türün kök mimarisini inceledikleri çalışmada 3.2 m kök uzunluğu değeri ile *C. baccatum*’un ön plana çıktığını bildirmişlerdir. Ortaya çıkan bu farklılığın, kök analizinin yapıldığı gün sayısı ve türlerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kök tarama analizi sonuçlarına göre ortalama kök çapı değerlerinin 2.64 mm ile 5.80 mm arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Ortalama kök çapı en fazla 5.80 mm ile CB-86 genotipinde ölçülmüştür. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin en düşük ortalama kök çapı değeri ise 2.64 mm ile CB-72 genotipinde belirlenmiştir. Peláez-Anderica ve ark. (2011), *Capsicum* türlerine ait yabani, yerel ve ticari çeşitlerden oluşan 17 genotipte, ortalama kök çapı değerlerinin 0.48 mm ile 0.75 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Özgen (2020), hibrit dolmalık biber genotiplerinde ortalama kök çapı değerlerinin 2.50 mm - 4.98 mm arasında değişim gösterdiği bildirmiştir. Fita ve ark. (2013), farklı türlere ait 23 biber genotipinin kök çaplarını incelemişler ve 3 mm’den daha dar çaplı genotiplerin toplam kök uzunluğunun diğer türlere göre *C. baccatum* türünde oldukça yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Analiz sonuçları, biber genotiplerine göre değişmekle birlikte belirtilen literatür ile genelde uyum göstermiştir. Genotiplerin ortalama kök yüzey alanı değeri 756.43 cm²

olarak bulunmuştur. En yüksek değerler, CB-36 (1318.08 cm²) ve CB-21 (1116.93 cm²) genotiplerinde ölçülmüştür. En düşük kök yüzey alanı değerleri ise CB-52 (198.60 cm²) ve CB-22 (243.42 cm²) genotiplerinde tespit edilmiştir (Çizelge 2). Karaağaç ve ark. (2020) *Capsicum* türlerinde yapmış oldukları çalışmada ortalama kök yüzey alanı değerlerinin 581.3 cm²-890.7 cm² arasında değiştiğini, tür bazında değerlendirildiğinde ise *C. chinense* (786 cm²), *C. baccatum* (739 cm²) ve *C. annuum* (607 cm²) şeklinde sıralandığını bildirmişlerdir. Biber genotipleri arasında kök yüzey alanları yönünden ortaya çıkan farklılıklar tür ve genotip etkisinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3. *Capsicum baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök uzunluğu (cm), ortalama kök çapı (mm) ve kök yüzey alanı (cm²) değerleri

Genotip No	Kök Uzunluğu (cm)	Ortalama Kök Çapı (mm)	Kök Yüzey Alanı (cm ²)
CB-1	518.49 l-q	5.41 a-c	856.68 b-o
CB-2	950.06 a-b	3.68 d-r	710.18 f-s
CB-3	744.14 a-o	3.19 d-r	904.43 b-j
CB-4	616.18 e-q	4.55 a-ı	881.06 b-l
CB-6	858.09 a-f	3.56 d-r	962.18 b-f
CB-11	816.02 a-j	3.08 j-r	789.03 d-q
CB-12	857.48 a-f	3.99 d-r	1063.71 a-d
CB-16	499.55 m-q	5.59 ab	877.26 b-m
CB-17	848.40 a-g	3.89 d-r	1033.90 b-e
CB-18	573.07 h-q	4.47 a-k	807.99 c-q
CB-20	716.00 a-o	3.71 d-r	836.21 b-p
CB-21	872.90 a-e	4.09 c-q	1116.93 ab
CB-22	325.76 t	3.43 e-r	243.42 vw
CB-23	831.19 a-ı	2.72 qr	713.10 f-s
CB-27	916.41 a-c	2.95 n-r	839.08 b-p
CB-28	946.39 ab	3.03 l-r	878.10 b-m
CB-29	1832.88 a	3.62 d-r	939.08 b-g
CB-31	898.33 a-d	3.16 ı-r	892.72 b-k
CB-33	886.67 o-s	3.62 d-r	572.98 p-u
CB-34	589.96 g-q	3.82 d-r	708.54 f-s
CB-36	947.55 ab	4.63 a-h	1318.08 a
CB-38	621.26 e-q	3.44 e-r	673.90 g-s
CB-39	708.98 a-o	3.00 m-r	653.80 h-s
CB-40	758.71 a-m	4.14 c-p	963.10 b-f
CB-41	752.54 a-n	3.44 e-r	813.73 c-q
CB-42	806.87 a-j	3.04 l-r	776.35 e-q
CB-44	1834.41 a	3.10 j-r	808.20 c-q
CB-45	752.66 a-n	3.28 f-r	778.13 e-q
CB-46	1959.15 a	2.97 m-r	886.07 b-l
CB-47	573.37 h-q	4.79 a-e	867.96 b-m
CB-48	746.52 a-o	3.73 d-r	885.72 b-l
CB-49	540.64 k-q	3.59 d-r	617.42 k-t
CB-50	740.68 a-o	4.67 a-f	1082.06 a-c
CB-51	790.21 g-q	2.93 o-r	539.17 q-u
CB-52	574.54 h-q	2.89 o-r	198.60 w
CB-53	421.64 q-t	2.73 p-r	360.71 t-w
CB-55	421.46 q-t	4.03 c-r	535.67 q-u
CB-56	576.68 h-q	4.94 a-d	894.49 b-k
CB-57	663.52 c-q	4.65 a-g	944.09 b-g
CB-58	926.68 a-c	4.37 b-m	294.04 u-w

Çizelge 3. *Capsicum baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök uzunluğu (cm), ortalama kök çapı (mm) ve kök yüzey alanı (cm²) değerleri (devamı)

Genotip No	Kök Uzunluğu (cm)	Ortalama Kök Çapı (mm)	Kök Yüzey Alanı (cm ²)
CB-59	572.12 ı-q	3.32 f-r	608.28 l-t
CB-60	579.34 h-q	3.07 k-r	558.87 p-u
CB-61	533.48 l-q	3.78 d-r	627.02 j-t
CB-62	492.06 n-r	3.19 ı-r	486.45 r-v
CB-63	596.65 f-q	3.21 ı-r	598.81 m-t
CB-64	421.25 q-t	3.52 e-r	473.93 s-w
CB-65	513.58 l-q	3.14 ı-r	477.66 s-w
CB-66	693.81 b-p	4.35 b-n	648.79 b-g
CB-67	705.69 a-o	2.65 r	582.69 o-t
CB-69	803.37 a-j	4.19 b-o	1042.35 a-e
CB-70	563.91 j-q	3.63 d-r	641.00 j-t
CB-71	701.96 a-o	2.97 mr	644.11 ı-s
CB-72	940.49 ab	2.64 r	769.24 e-q
CB-73	725.10 a-o	4.25 b-o	969.63 b-f
CB-74	801.01 a-k	3.97 ı-r	794.82 d-q
CB-75	924.20 a-c	3.18 ı-r	925.52 b-ı
CB-76	750.54 a-n	3.73 d-r	886.63 b-l
CB-77	524.96 l-q	3.45 e-r	584.78 n-t
CB-78	437.95 p-t	4.42 a-l	621.33 k-t
CB-82	800.78 a-k	3.25 g-r	811.63 c-q
CB-83	622.59 e-q	4.77 a-e	934.05 b-h
CB-84	637.36 d-q	4.48 a-j	866.06 b-n
CB-85	618.15 e-q	4.15 c-o	802.66 c-q
CB-86	581.88 h-q	5.80 a	1015.12 b-e
CB-87	624.32 e-q	3.65 d-r	271.73 f-s
\bar{X}	744.69±292.40	3.73±0.73	756.43±220.19
<i>P</i>	<0.05	<0.05	<0.05

*Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Ortalama kök hacmi değerleri 13.50 cm³ ile 151.65 cm³ arasında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4). CB-36 (151.65 cm³) ve CB-86 (146.67 cm³) genotiplerinde en yüksek kök hacmi değeri elde edilmiştir. En düşük kök hacmi değeri; CB-52 (13.50 cm³) ve CB-22 (20.88 cm³) genotiplerinde ölçülmüştür (Çizelge 4). Karaağaç ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada *Capsicum* türlerinde kök hacmi değerlerinin değişkenlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde kök hacim değerlerinin 39.03 cm³-73.90 cm³ arasında dağılım gösterdiğini belirlemişlerdir. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin köklerinde dallanma sayıları 911.5 adet ile 5517.0 adet arasında değişim göstermiştir. Kök dallanma sayısı en fazla 5517.0 adet ile CB-36 genotipinde belirlenmiştir. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde en düşük kök dallanma sayısının ise CB-2 (911.5 adet) genotipinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Özgen (2020), yapmış olduğu çalışmada hibrit dolmalık biber genotiplerinin köklerinde bulunan dallanma sayılarının, 8332.0 adet ile 17598.0 adet arasında dağılım gösterdiğini tespit etmiştir. 0.48 g ile 3.05 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin kuru kök ağırlıkları incelendiğinde en yüksek değer, CB-66 (3.05 g) ve en düşük ise CB-52 (0.48 g) genotipinde saptanmıştır. Karaağaç ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada *C. baccatum* türünün ortalama 0.63 g kök kuru ağırlığı değeri ile en yüksek performansı gösteren tür olduğu bildirmişlerdir. Araştırma sonuçları belirtilen literatürleri genel olarak destekler nitelikte bulunmuştur.

Çizelge 4. *C. baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök hacmi (cm³), kök kuru ağırlığı (g) ve kök dallanma sayısı (adet) değerlerine ait parametreler

Genotip No	Kök Hacmi (cm ³)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Kök Dallanma Sayısı (adet)
CB-1	115.85 a-e	1.70 c-l	3825.5 c-p
CB-2	65.33 g-u	1.40 g-p	3109.5 h-t
CB-3	87.83 c-p	1.46 f-p	4384.0 a-ı
CB-4	100.25 b-n	1.95 b-ı	3512.5 d-s
CB-6	86.41 c-q	1.58 d-n	4443.5 a-h
CB-11	61.80 ı-v	1.75 c-k	3986.5 b-n
CB-12	105.56 a-k	1.80 c-j	5352.5 ab
CB-16	122.65 a-d	1.55 d-n	3200.0 g-t
CB-17	100.59 b-n	2.05 b-h	4759.0 a-d
CB-18	91.06 c-o	1.25 h-q	3268.5 e-t
CB-20	77.74 c-s	2.00 b-h	3843.5 c-o
CB-21	115.02 a-f	2.35 a-d	5190.5 a-c
CB-22	20.88 u-v	0.64 pq	1077.5 vw
CB-23	48.70 o-v	1.21 h-q	3857.5 c-o
CB-27	61.54 ı-v	1.12 ı-q	4352.0 a-ı
CB-28	67.31 e-u	1.72 c-k	4357.0 a-ı
CB-29	84.80 c-r	1.57 d-n	3979.5 b-n
CB-31	70.59 e-t	1.24 h-q	4616.0 a-g
CB-33	55.34 l-v	0.96 j-q	2245.5 q-w
CB-34	67.74 e-u	1.15 ı-q	2780.0 j-u
CB-36	151.65 a	1.48 e-p	5517.0 a
CB-38	58.31 k-v	0.87 l-q	3219.5 f-t
CB-39	49.34 o-v	1.00 j-q	3259.5 f-t
CB-40	100.19 b-n	1.75 c-k	4142.0 a-j
CB-41	70.03 e-t	1.38 g-p	3493.0 d-s
CB-42	59.52 k-v	1.75 c-k	3971.5 b-n
CB-44	62.55 h-v	1.47 f-p	4008.0 b-m
CB-45	64.01 g-u	1.38 g-p	3400.5 d-s
CB-46	65.80 g-u	1.26 h-q	4775.5 a-d
CB-47	109.09 a-j	1.35 h-p	3144.5 h-t
CB-48	87.59 c-p	2.35 a-d	3664.0 d-q
CB-49	56.44 l-v	2.72 ab	2557.0 n-u
CB-50	126.19 a-c	2.20 b-g	4051.5 b-k
CB-51	39.31 p-v	0.93 k-q	2666.0 k-u
CB-52	13.50 v	0.48 q	911.5 w
CB-53	24.56 t-v	0.65 o-q	1659.0 u-w
CB-55	54.24 m-v	0.98 j-q	1921.0 t-w
CB-56	112.52 a-g	2.00 b-h	3707.5 d-p
CB-57	110.44 a-ı	2.45 a-c	3886.0 c-o
CB-58	31.84 s-v	0.68 o-q	1066.0 vw
CB-59	51.83 n-v	1.05 j-q	2753.5 j-u
CB-60	42.97 o-v	0.91 k-q	2682.0 k-u
CB-61	59.40 k-v	1.31 h-q	2512.5 o-u
CB-62	38.39 q-v	0.66 o-q	2270.5 q-w
CB-63	49.16 o-v	1.05 j-q	2986.5 ı-u

Çizelge 4. *C. baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök hacmi (cm³), kök kuru ağırlığı (g) ve kök dallanma sayısı (adet) değerlerine ait parametreler (devamı)

Genotip No	Kök Hacmi (cm ³)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Kök Dallanma Sayısı (adet)
CB-64	42.88 o-v	0.74 n-q	2104.5 s-w
CB-65	35.82 r-v	0.84 m-q	2604.0 l-u
CB-66	103.25 a-m	3.05 a	4381.0 a-1
CB-67	38.45 q-v	0.95 k-q	3239.0 f-t
CB-68	61.30 j-v	1.29 h-q	4016.5 b-l
CB-69	112.43 a-g	2.32 a-e	4648.5 a-f
CB-70	58.25 k-v	1.75 c-k	2578.0 m-u
CB-71	48.64 o-v	1.05 j-q	3556.5 d-r
CB-72	50.55 o-v	0.95 k-q	4042.5 b-k
CB-73	103.44 a-l	1.55 d-n	4441.5 a-h
CB-74	62.90 h-u	1.10 i-q	4031.0 b-l
CB-75	73.89 d-s	1.65 c-m	4702.5 a-e
CB-76	83.74 c-r	1.15 i-q	3833.5 c-p
CB-77	52.01 n-v	1.35 h-p	2400.5 p-v
CB-78	80.00 c-s	1.10 i-q	2130.5 r-w
CB-82	65.55 g-u	1.31 h-q	4282.0 a-1
CB-83	111.54 a-h	1.50 e-o	3155.5 h-t
CB-84	102.22 b-m	1.40 g-p	3028.5 h-u
CB-85	83.20 c-r	1.07 j-q	3308.5 e-t
CB-86	146.67 ab	2.28 a-f	4375.5 a-1
CB-87	66.14 f-u	1.67 c-m	3290.5 e-t
\bar{X}	73.92±30.02	1.43±0.53	3462.4±1012.4
<i>P</i>	< 0.05	< 0.05	< 0.05

*Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Seleksiyon, bitki popülasyonunun yapısını değiştiren önemli bir etkidir. Seleksiyon bir popülasyondaki gen frekansını değiştirdiği için bazı genotipleri azaltmakta ya da çoğaltmaktadır. Buna bağlı olarak popülasyonun genetik yapısı değişmektedir (Yıldırım, 1985; Balkaya ve ark., 2011). Biber anaç ıslah programında bulunan *C. baccatum* türüne 66 adet genotip; kök mimarisini oluşturan özellikler yönünden incelenerek istatistiksel olarak gruplandırılmaları yapılmıştır. Ancak yapılan değerlendirmede birçok genotipin incelenen fenotipik kök özellikleri yönünden sıralamalarının değişkenlikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, *C. baccatum* türüne ait ümitvar genotiplerin seleksiyonunda ağırlıklı tartılı derecelendirme metodundan faydalanılmıştır.

Ağırlıklı tartılı derecelendirme sonucunda, *C. baccatum* türüne 66 adet genotipin her bir kök parametresi yönünden aldıkları toplam puanlar, 150-410 puan arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5). İncelenen genotiplerde % 10 seleksiyon şiddeti uygulanarak en yüksek puanı alan ilk 6 genotip (CB-50, CB-21, CB-69, CB-36, CB-29 ve CB-44) biber anaç ıslah programı için seçilmiştir (Şekil 1). Önümüzdeki yıl fenotipik kök yapısı unsurları yönünden öne çıkan ümit var biber genotipleri, türler arası melezleme programında ebeveyn olarak kullanılacaktır. Ayrıca bu genotiplerin farklı biber çeşitleri ile aşı uyumu durumları da incelenecektir. Araştırma sonucunda en yüksek puanı alan genotiplerin hepsinin *C. baccatum* var. *pendulum* alt türüne ait olduğu belirlenmiştir.

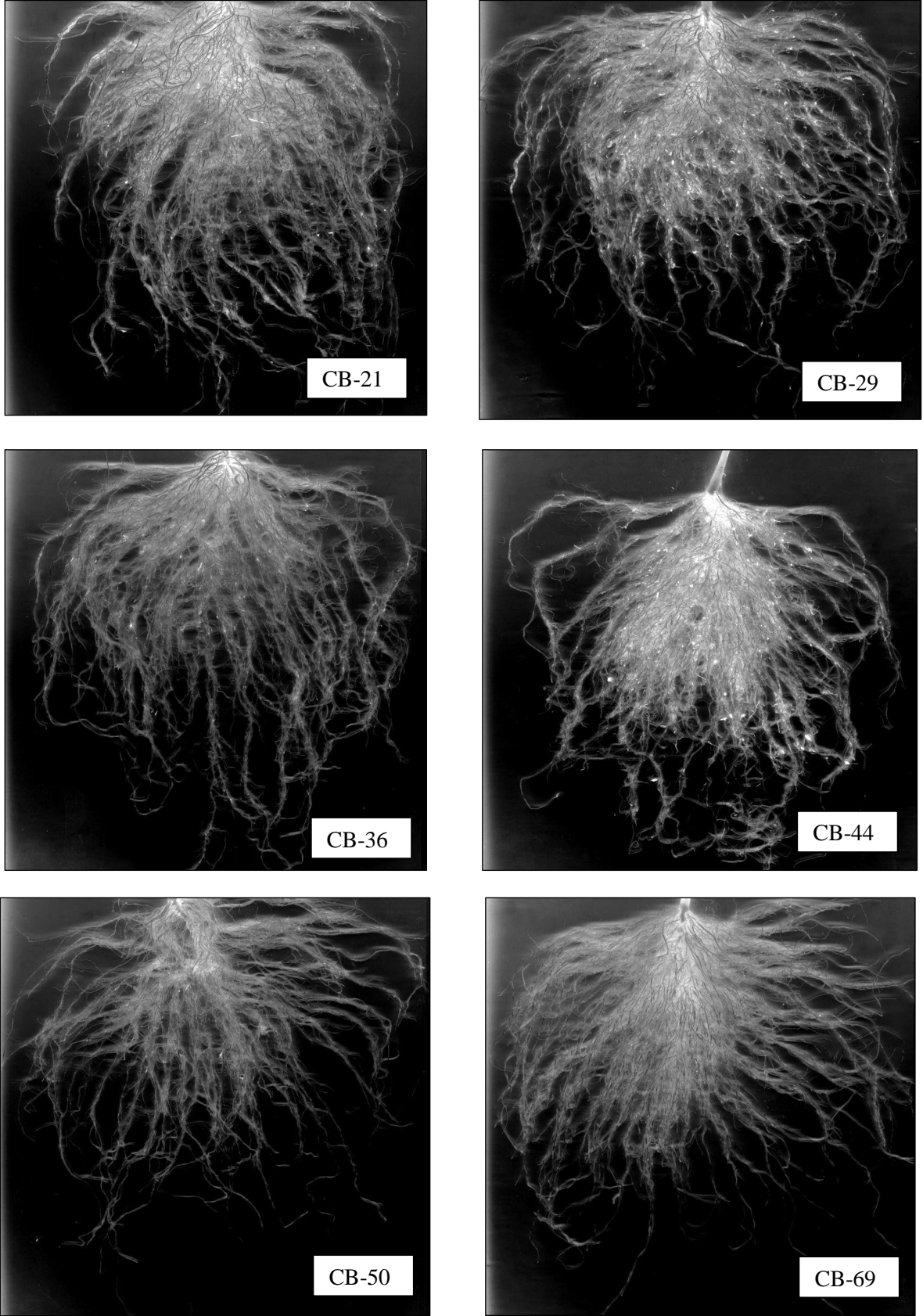
Çizelge 5. Genotiplere ait ağırlıklı tartılı derecelendirme puanları

Genotip No	KU*	KÇ	KYA	KH	KKA	DS	Toplam Puan
CB-50	40	45	75	125	75	50	410
CB-21	40	45	75	100	75	50	385
CB-69	40	45	75	100	75	50	385
CB-36	40	45	75	125	45	50	380
CB-29	100	75	45	75	45	30	370
CB-44	100	75	45	50	45	50	365
CB-6	40	75	75	75	45	50	360
CB-86	20	15	75	125	75	50	360
CB-12	40	45	75	100	45	50	355
CB-17	40	45	75	100	45	50	355
CB-40	40	45	75	100	45	50	355
CB-66	40	45	45	100	75	50	355
CB-73	40	45	75	100	45	50	355
CB-46	100	75	45	50	15	50	335
CB-57	40	45	45	100	75	30	335
CB-3	40	75	45	75	45	50	330
CB-75	40	75	45	75	45	50	330
CB-41	40	75	45	75	45	30	310
CB-48	40	45	45	75	75	30	310
CB-11	40	75	45	50	45	50	305
CB-28	40	75	45	50	45	50	305
CB-31	40	75	45	75	15	50	300
CB-49	20	75	45	50	75	30	295
CB-2	40	75	45	50	45	30	285
CB-4	20	45	45	100	45	30	285
CB-42	40	75	45	50	45	30	285
CB-45	40	75	45	50	45	30	285
CB-84	20	45	45	100	45	30	285
CB-20	40	45	45	75	45	30	280
CB-27	40	75	45	50	15	50	275
CB-68	40	75	45	50	15	50	275
CB-72	40	75	45	50	15	50	275
CB-82	40	75	45	50	15	50	275
CB-70	20	75	45	50	45	30	265
CB-1	20	15	45	100	45	30	255
CB-16	20	15	45	100	45	30	255
CB-23	40	75	45	50	15	30	255
CB-39	40	75	45	50	15	30	255
CB-47	20	15	45	100	45	30	255
CB-56	20	15	45	100	45	30	255
CB-71	40	75	45	50	15	30	255
CB-83	20	15	45	100	45	30	255

Çizelge 5. Genotiplere ait ağırlıklı tartılı derecelendirme puanları (devamı)

Genotip No	KU*	KÇ	KYA	KH	KKA	DS	Toplam Puan
CB-76	40	45	45	75	15	30	250
CB-74	40	45	45	50	15	50	245
CB-77	20	75	45	50	45	10	245
CB-33	40	75	45	50	15	10	235
CB-38	20	75	45	50	15	30	235
CB-59	20	75	45	50	15	30	235
CB-63	20	75	45	50	15	30	235
CB-87	20	75	15	50	45	30	235
CB-18	20	45	45	75	15	30	230
CB-67	40	75	45	25	15	30	230
CB-85	20	45	45	75	15	30	230
CB-78	20	45	45	75	15	10	210
CB-34	20	45	45	50	15	30	205
CB-60	20	75	15	50	15	30	205
CB-61	20	45	45	50	15	30	205
CB-51	40	75	15	25	15	30	200
CB-64	20	75	15	50	15	10	185
CB-65	20	75	15	25	15	30	180
CB-22	20	75	15	25	15	10	160
CB-52	20	75	15	25	15	10	160
CB-53	20	75	15	25	15	10	160
CB-62	20	75	15	25	15	10	160
CB-55	20	45	15	50	15	10	155
CB-58	40	45	15	25	15	10	150

*KU: Kök uzunluğu, KÇ: Ortalama kök çapı, KYA: Kök yüzey alanı, KH: Kök hacmi, KKA: Kök kuru ağırlığı, DS: Dallanma sayısı



Şekil 1. Ağırlıklı tartılı derecelendirme sonucunda öne çıkan *Capsicum baccatum* biber genotiplerinin kök mimarileri.

4. Sonuç

Araştırma sonucunda; fenotipik kök özellikleri ve kök mimarileri yönünden *Capsicum baccatum* biber genotiplerinin yüksek düzeyde varyasyona sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu çalışma ile biber bitkisinde topraktan besin ve su alımının bitki isteklerini karşılayabilmesinde kök uzunluğu ve kök hacminin önemli kriterler olduğu ortaya konulmuştur.

Seleksiyon çalışmasında hedeflendiği şekilde ağırlıklı tartılı derecelendirme yöntemine göre fenotipik kök özellikleri yönünden güçlü kök yapısına sahip olan en yüksek puan alan altı adet genotip seçilmiştir. Biber anaç ıslah programında gelecek çalışmalarda kök yapısı güçlü olan bu genotiplerin aşı başarı oranları, türler arası melezlenebilirlik durumları ve abiyotik stres koşullarına tepkilerinin incelenmesi planlanmaktadır. Böylece bu genetik materyallerin biber anaç ıslahında değerlendirilmesi ve yerli biber anaçlarının geliştirilmesi ile aşılı biber fidesi üretiminde kullanımlarının sağlanması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma, Aslı Kanal'ın Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalında tamamlanmış olan yüksek lisans tez çalışmasının bir kısmından oluşturulmuştur

Kaynakça

- Aidoo, M.K., Sherman, T., Ephrath, J.E., Fait, A., Rachmilevitch, S., & Lazarovitch, N. (2018). Grafting as a method to increase the tolerance response of bell pepper to extreme temperatures. *Vadose Zone Journal*, 17(1), 1-8. doi.org/10.2136/vzj2017.01.0006
- Anonim (2008). *Bahçecilik*. Biber yetiştiriciliği Notları, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemlerinin Güçlendirilmesi Projesi, 47 s., Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Balkaya, A., Kurtar, E.S., Yanmaz, R., & Özbakır, M. (2011). *Karadeniz Bölgesi kestane kabağı (Cucurbita maxima) populasyonlarından seleksiyon ıslahı yoluyla geliştirilen çeşit adayları*. Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, Bildiriler Kitabı-1, 17-22. Samsun.
- Barboza, G.E., Garcia, C.C., Gonzalez, S.L., Scaldaferrro, M., & Reyes, X. (2019). Four new species of *Capsicum* (Solanaceae) from the tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. *PLoS ONE* 14(1): e0209792. doi.org/10.1371/journal.pone.0209792
- Bui, H.H., Serra, V., & Pagès, L. (2015). Root system development and architecture in various genotypes of the Solanaceae family. *Botany*, 93(8), 465-474. doi.org/10.1139/cjb-2015-0008
- Dorlodot, S., Forster, B., Pagès, L., Price, A., Tuberosa, R., & Draye, X. (2007). Root system architecture: opportunities and constraints for genetic improvement of crops. *Trends in Plant Science*, 12 (10), 474-481. doi.org/10.1016/j.tplants.2007.08.012
- Eken N.İ. & Mavi, K. (2016). Çan biberinde (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) meyve olgunluk dönemleri ile tohum gelişimi ve kalitesi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22, 69-76.
- Eshbaugh, W.H. (2012). The taxonomy of the genus *Capsicum*. In: V.M. Russo (Ed), *Peppers Botany, Production and Uses*. (pp: 14-28). Wallingford, UK: CABI.
- Eşiyok, D. (2012). *Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, s. 410. İzmir.
- FAO, (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Erişim tarihi: 26.12.2020.
- Fita, A., Alonso-Valero, I., Andrés, J., Mateu, M.C., & Rodríguez Burruezo, A. (2013). *Evaluating Capsicum spp. root architecture under field conditions*. Paper presented at the XVth EUCARPIA Capsicum and Eggplant Working Group Meeting, Hungary, pp. 373-376.
- Hennart, J.W. (2017). *Capsicum Rootstock*. U.S. Patent No. 9,683,243. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Grubben, G.J., Tindall, H.D., & Williams, J.T. (1977). *Tropical Vegetables and Their Genetic Resources*, p. 197, Rome, Italy.
- Greenleaf, W.H. (1986). Pepper breeding. In: M.J. Basset (Ed.), *Breeding Vegetable Crops*. (pp: 76-82). Avi Publishing Company.

- Jarret, R.L. (2007). Morphologic variation for fruit characteristics in the USDA/ARS *Capsicum baccatum* L. germplasm collection. *Hortscience* 42 (5), 1303-1305. doi.org/10.21273/HortScience.42.5.1303
- Karaağaç, O. & Balkaya, A. (2010). Bafra kırmızı biber populasyonlarının [*Capsicum annuum* L. var. conoides (Mill.) Irish] tanımlanması ve mevcut varyasyonun değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 25(1), 10-20. doi: 10.7161/anajas.2010.25.1.10-20.
- Karaağaç, O., Balkaya, A., Göçmen, M., Şimşek, İ., & Kandemir, D. (2018). Use of phenotypic selection and hypocotyl properties as predictive selection criteria in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) rootstock lines used for grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedling cultivation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(2), 124-135. doi:10.3906/tar-1709-52
- Karaağaç, O. (2020). Hybrid Cucurbita rootstocks improve root architecture, yield, quality, and antioxidant defense systems of cucumber (*Cucumis sativus*) under low temperature conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 23(3), 613-622. doi: 10.17957/IJAB/ 15.1331
- Karaağaç, O., Taş, K., Özgen, R., Kanal, A., & Balkaya, A. (2020). *Capsicum* türlerinin kök yapılarının incelenmesi ve kök özellikleri yönünden karşılaştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2), 266-279. doi.org/10.29133/yyutbd.713437
- Koevoets, I.T., Venema, J.H., Elzenga, J.T., & Testerink, C. (2016). Roots withstanding their environment: exploiting root system architecture responses to abiotic stress to improve crop tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 1335, 1-19. doi.org/10.3389/fpls.2016.01335
- Ou, L.J., Dai, X.Z., Zhang, Z.Q., & Zou, X. (2011). Responses of pepper to waterlogging stress. *Photosynthetica*, 49(3), 339. doi.org/10.1007/s11099-011-0043-x
- Özgen, R. (2020). *Hibrit dolmalık biber (C. annuum var. grossum) kombinasyonlarının düşük sıcaklığa toleranslık düzeylerinin incelenmesi ve sonbahar yetiştiriciliğine uygun çeşit adaylarının saptanması*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s. Samsun.
- Paez-Garcia, A., Motes, C., Scheible, W.R., Chen, R., Blancaflor, E., & Monteros, M. (2015). Root traits and phenotyping strategies for plant improvement. *Plants*, 4(2), 334-355. doi.org/10.3390/plants4020334
- Peláez-Anderica, E., Rodríguez-Burruezo, A., Prohens, J., & Fita, A. (2011). Root seedling morphology diversity in *Capsicum* spp. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture*, 68(1), 535-536.
- Penella, C., Nebauer, S. G., López-Galarza, S., Quiñones, A., San Bautista, A., & Calatayud, Á. (2017). Grafting pepper onto tolerant rootstocks: An environmental-friendly technique overcome water and salt stress. *Scientia Horticulturae*, 226, 33-41. doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.020
- Pickersgill, B. (1980). Some aspects of interspecific hybridization in *Capsicum*. In *Proceedings of the Eucarpia IVth Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant*, Wageningen, The Netherlands, 14–16 October 1980.
- Pico, B., Thompson, A., Gisbert, C., Yetişir, H. & Bebeli, P. (2017). Genetic resources for rootstock breeding. *Vegetable grafting: principles and practices*, 22-69. doi: 10.1079/9781780648972.0022
- Ribeiro, C., Reifschneider, F., Carvalho, S., Bianchetti, L., & Buso, G. (2020). Embrapa's Capsicum Breeding Program-looking back... into the future. *Crop Breed Genet Genom.* 2(1):1-26. doi.org/10.20900/cbgg20200001
- Sarıbaş, Ş., Balkaya, A., Kandemir, D. & Karaağaç, O. (2019). Yerli patlıcan anaçlarının (*Solanum melongena* x *Solanum aethiopicum*) potansiyeli ve fenotipik kök mimarisi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 2(3),138-146.
- Schwarz D, Roupael Y, Colla G & Venema J.H. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants, *Scientia Horticulturae*, 127, 162-171. doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.016
- Sharma, V. K., Srivastava, A., & Mangal, M. (2020). Recent Trends in Sweet Pepper Breeding. In S.S. Gosal, S.H. Wani (Eds.), *Accelerated Plant Breeding, Volume 2*, pp. 417-444. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-030-47298-6_16

- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., & Polat, S. (2008). *Özel Sebzeçilik*, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, s.448, Tekirdağ.
- TTSM, (2019). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/30/Kayit-Listeleri> Erişim tarihi: 13.02.2019.
- TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim tarihi: 28.04.2020.
- Yıldırım, M. (1985). *Populasyon Genetiği II*. Ege Üniv. Ziraat Fakültesi. Ders Kitabı. 236s.