

Atıf İçin: Özgen R, Balkaya A, 2022. Düşük Sıcaklığa Tolerant Hibrit Biber Çeşit Adaylarının Kök Mimarileri. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3): 1213 - 1223.

To Cite: Özgen R, Balkaya A, 2022. Root Architectures of Hybrid Pepper Variety Candidates with Low Temperature Stress Tolerance. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(3): 1213 - 1223.

Düşük Sıcaklığa Tolerant Hibrit Biber Çeşit Adaylarının Kök Mimarileri

Rüveyda ÖZGEN¹, Ahmet BALKAYA^{2*}

ÖZET: Düşük sıcaklık stresine dayanıklılık yönünden bitki türleri arasında genotipik düzeyde farklılıklar bulunmaktadır. Son yıllarda düşük sıcaklığa tolerat yeni çeşitler geliştirilmektedir. Bu çalışmada, hibrit çeşit ıslahı ile düşük sıcaklığa tolerat olarak geliştirilen 28 F1 hibrit dolmalık biber çeşit adayının kök yapıları ve köklenme düzeylerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Hibrit dolmalık biber çeşit adaylarının hem serada ve hem de açıkta birçok kök parametresi yönünden, kontrol çeşide (Benino F₁) göre daha iyi bir köklenme yapısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca biber genotiplerinin kök mimarileri yönünden fenotipik çeşitliliğin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada; ortalama toplam kök uzunluğu, 764.48 cm (HD-6) ile 1120.40 cm (HD-16), kök yüzey alanı 619.47 cm² (HD-9) ile 963.14 cm² (HD-26), kök çapı 2.50 (HD-3) ile 4.98 mm (HD-27) ve kök hacmi ise 47.77 cm³ (HD-3) ile 147.54 cm³ (HD-27) arasında değişim göstermiştir. Tüm kök parametreleri birlikte değerlendirildiğinde; toplam kök uzunluğu yönünden HD-16, kök çapı ve kök hacmi değerleri yönünden HD-27, kök yüzey alanı yönünden HD-26 ve kök kuru ağırlığı yönünden ise HD-22 genotipinin ümit var oldukları saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *C. annuum*, kök sistemi, WinRhizo, mimari, fenotipik çeşitlilik

Root Architectures of Hybrid Pepper Variety Candidates with Low Temperature Stress Tolerance

ABSTRACT: There are genotypic differences between plant species in terms of resistance to low temperature stress. In recent years, new varieties that are tolerant to low temperature have been developed. In this study, it was aimed to compare the root structures and rooting capacities of 28 F1 hybrid bell pepper cultivar candidates developed as low temperature tolerant by hybrid variety breeding. It was determined that hybrid combinations of hybrid bell pepper in both greenhouse and open field have a better rooting structure in terms of many root parameters compared to the control variety (Benino F₁). In addition, it was determined that the phenotypical diversity was high level in terms of root architectures in hybrid bell pepper cultivar candidates. In the study, the average total root length was between 764.48 cm (HD-6) and 1120.40 cm (HD-16), the root surface area was between 619.47 cm² (HD-9), root diameter was between 2.50-4.98 mm, and 963.14 cm² (HD-26) and the root volume was varied between 47.77 cm³ (HD-3) and 147.54 cm³ (HD-27). When all root parameters are evaluated together; HD-16 genotype for total root length, HD-27 genotype for root diameter and root volume, HD-26 genotype for root surface area and HD-22 genotype for dry root weight were determined as promisingly.

Keywords: *C. annuum*, root system, WinRhizo, architecture, phenotypic diversity

¹Rüveyda ÖZGEN ([Orcid ID: 0000-0001-7641-8751](https://orcid.org/0000-0001-7641-8751)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Samsun, Türkiye

²Ahmet BALKAYA ([Orcid ID: 0000-0001-9114-615X](https://orcid.org/0000-0001-9114-615X)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ahmet BALKAYA, e-mail: abalkaya@omu.edu.tr

Bu çalışma, Yükseköğretim Kurulu 637280 numaralı Rüveyda Özgen'in yüksek lisans tezinin bir kısmını oluşturmaktadır.

GİRİŞ

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan sıcaklık, düşük ya da yüksek sıcaklık şeklinde bitkilerin büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Düşük sıcaklık stresine dayanıklılık yönünden sebze türleri arasında belirgin farklılıklar vardır. Sebzelere düşük sıcaklıklarda oluşan zararlanmalar, birçok faktöre bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bunlar; bitkinin genotipik yapısı, bitki bünyesindeki içsel maddeler ve biyokimyasal değişimler, bitkiye uygulanan kültürel uygulamalar, düşük sıcaklığın ortaya çıkış zamanı, düşük sıcaklığın derecesi, sıcaklığın düşüş hızı şeklinde sıralanabilir. Stres oluşturan bu faktörler genellikle karşılıklı olarak etkileşerek bitkinin soğuğa olan dayanımını sağlamakta veya duyarlılık (sensitivity) seviyelerinin artmasına neden olmaktadır (Eriş, 1985; Günay, 1992; Özgen ve Balkaya, 2021). Düşük sıcaklık koşullarında, bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal olarak birçok değişim meydana gelmektedir. Bunlar bitkilerde turgor kaybı ile stoma kontrolünde bozulmalar, büyümede yavaşlama, rozet oluşumu, absisik asit (ABA) miktarında artış, membran lipit kompozisyonunda değişim, prolin ve çözünebilir karbonhidratların birikimi ve antioksidant enzimlerin aktivitelerinde önemli düzeyde artışlar vb. olarak sıralanabilir (Takabe ve ark. 2006; Zhao ve Zhang, 2006; Tuteja ve Islam, 2012).

Biber bitkisinde büyüme ve gelişme, en iyi 25-30 °C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir (Wien, 1997). Gece sıcaklığının düşük olduğu durumlarda, biber fidelerinde kalın ve küçük yaprakların oluştuğu gözlenmiş ve bitkilerin daha kısa boylu olduğu tespit edilmiştir (Sánchez ve ark., 2015). Düşük ışık yoğunluğu ve sıcaklıktan (<14 °C) dolayı biberde dişi organının işlevi bozulmakta ve yeteri kadar çiçek tozu oluşmamaktadır. Buna rağmen oluşan çiçek tozlarının canlılığında azalmaların olduğu görülür. Sera sıcaklığı 5 °C'nin altına düştüğünde ve ısıtmanın olmadığı durumlarda ise bitkilerin fonksiyonlarında belirgin azalışlar meydana gelmektedir. Ayrıca, 0°C'nin altındaki uzun süreli soğuklarda biber yetiştiriciliğinde bitki ölümleri de gerçekleşmektedir (Keleş, 2007).

Biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılıkta, çeşit performansını etkileyen en önemli kriterlerden birisi de bitkilerin kök yapısıdır. Bitkinin büyüme ve gelişme aşamalarında, stres faktörleri nedeniyle kök gelişiminde azalışlar meydana gelmektedir (Biles ve ark., 1989). Bitkilerde kök mimarisi; bitkinin büyüme hızı, verim, stres faktörlerine dayanıklılık, besin alımı ve çevresel değişimlere adaptasyon sağlaması yönünden önemli bir unsurdur. Bitkilerde kök gelişim mimarileri, toprak özellikleri ile de çok yakından ilişkilidir. Aynı yetiştirme ortamında, bitki türünün ve cinsinin genetik özelliklerine göre kök oluşum yapıları da değişiklikler göstermektedir (Işık, 2012). Mmolawa ve Or (2000), bitkilerde gelişimin yetiştiği alanda su ile gübrenin sızma ve dağılmasına, sulama yöntemine, toprak tipine, bitki kök dağılımına ve bitki besin maddesi alımına, suyun ve gübrenin oranına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Kök sisteminin gelişmesinde toprağın bir takım fiziksel özelliklerinin yanı sıra toprak nem içeriği de önemli bir etkidir. Uygulanan sulama yöntemi veya sulama düzeyi, kök sisteminin yatay ve düşey gelişimini etkilemesinin yanı sıra bitki besin maddelerinin toprak içerisinde taşınmasını da sağlamaktadır. Farklı kök derinliğine sahip olan bitkilerin su ve besin maddesi alımlarındaki farklılıklar verimde de etkisini göstermektedir (Wiesler ve ark., 1994). Son yıllarda çeşit ıslahı çalışmalarında, kök sistemi güçlü, su ve besin alım kapasitesi yüksek olan çeşitlerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Capsicum cinsi içerisinde kültüre alınan türler, kök yapıları ve köklenme özellikleri yönünden belirgin farklılıklar göstermektedir. Karaağaç ve ark. (2020), *Capsicum* türlerinin kök yapılarının incelenmesi amacıyla yaptıkları araştırmada, *C. baccatum* ve *C. chinense* türlerinin kök mimarisi özelliklerinin, *C. annuum* türüne göre daha üstün olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, kök uzunluğu ve kök yüzey alanı yönünden *C. chinense*, kök hacmi ve kök kuru ağırlığı değerleri yönünden ise *C.*

baccatum türünün daha fazla ön plana çıktığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Fita ve ark. (2013), *Capsicum* cinsine ait dört türde biber genotiplerinin kök mimarisini incelemişlerdir. Araştırmada, Bol37r genotipinin (*C. baccatum*) kök özellikleri yönünden öne çıktığı belirlenmiştir. Kanal ve ark. (2021), *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde fenotipik kök özellikleri yönünden çeşitliliğin oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Ülkemizde düşük sıcaklık stresine tolerant yerli sebze çeşitlerinin sayısı oldukça azdır. Bu nedenle ıslah programlarının sayısının hızla artırılması gerekmektedir. Bu gibi ıslah programları, düşük sıcaklığa tolerant yerli sebze çeşitlerinin geliştirilmesini mümkün kılacak ve bu durum tohumluk ithalatını azalacaktır. Sıcaklığa dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıyla ısı masrafı olmadan ya da az bir masrafla daha ucuza ve daha geniş bir üretim sezonunda sebze yetiştiriciliğinin yapılabilmesi mümkün olabilecektir (Özgen ve Balkaya, 2021). Abiyotik stres koşullarında bitkilerde köklerdeki dallanma sayısı, kök uzunlukları, kök yüzey alanları, kök hacmi vb. özellikler yönünden kök morfolojilerinde belirgin değişiklikler olmaktadır (Luo ve ark. 2019). Bu çalışma ile ülkemizde Üniversite ve Özel sektör (Ondokuz Mayıs Üniversitesi-Genetika Tohumculuk) iş birliğiyle gerçekleştirilen düşük sıcaklığa tolerant biber çeşit ıslahı programıyla geliştirilen biber çeşit adaylarının kök mimarisini oluşturan unsurların dijital kök görüntüleme sistemlerinden yararlanarak incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasında yürütülmüştür. Kök analizi sonuçlarının değerlendirilmesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. OMÜ BAP 1903-Sanayi İş birliği Araştırma Projeleri kapsamında melezleme ıslahı programı sonucunda geliştirilen düşük sıcaklığa tolerant 28 adet dolmalık biber çeşit adayları ve kontrol çeşit olarak düşük sıcaklığa tolerant dolmalık tip olan Benino F1 çeşidi kullanılmıştır.

Hibrit dolmalık biber genotiplerinin tohum ekimleri, proje ortağı firma (Genetika Tohumculuk Tarım Sanayi ve Ticaret Ltd. Şirketi) tarafından, torf ve perlit (3:1) karışımı ile hazırlanan ortamla doldurulmuş olan viyollere yapılmıştır. Dolmalık biber fideleri, 3-4 gerçek yapraklı döneme gelinceye kadar 25 ± 2 °C sıcaklık değerine sahip kontrollü serada 3 tekerrürlü ve her bir kombinasyondan 30 adet fide olacak şekilde yetiştirilmiştir. Fidelerin dikimleri, 3:1 oranında torf ve perlit karışımından oluşan 2.5 litrelik saksılara 18.04.2018 tarihinde yapılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur. Fideler iki farklı ortamda (sıcaklık kontrollü sera bölmesinde (25 °C, kontrol) ve açıkta tarla koşullarında) saksılarda 40 gün süreyle yetiştirilmiştir. Bitki kök mimarisinin incelenmesinde dijital WinRhizo kök analiz programından yararlanılmıştır. Bitkilerde kök sistemi mimarisi, bitki köklerinde meydana gelen ana kök sayıları, kök ucu, yan kök dallanma sayısı, kesişen kök sayıları ve kök yüzey alanlarının matematiksel olarak izdüşümlerinin hesaplanması ile belirlenmektedir (Sarıbaş, 2019). Çalışmada dikimden itibaren 40. günün sonunda (27.05.2018 tarihinde) yetiştirme ortamından alınan bitki kökleri, dikkatli bir şekilde yıkanıp kâğıt havlu ile kurutulduktan sonra A3 boyutundaki asetat üzerine yerleştirilmiş ve ince uçlu pens yardımı ile detaylı bir şekilde temizlenip ayrılmıştır. Tarama işlemine hazır hale getirilmiş olan biber kökleri, cihazın tarayıcı kısmına konularak 400 dpi çözünürlükte üç boyutlu olarak bilgisayar veri ortamına aktarılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Dolmalık biber genotiplerinde kök analizinin yapılaş aşamaları (a. Kökün yıkanması, b. Kökün pens ile temizlenmesi, c. Kökün tarama işlemine hazırlanması, d. Kökün WinRhizo tarayıcıya yerleştirilmesi ve bilgisayarda taranması).

Bitkilerde kök gelişiminin aynı toprak üstü organların gelişiminde olduğu gibi, üç boyutlu olan ve kompleks bir gelişim sistemi olduğu bilinmektedir (Bektaş, 2021). Araştırmada, WinRhizo programı ile yapılan kök taraması sonucunda hibrit dolmalık biber genotiplerinde aşağıda belirtilen kök parametreleri üç boyutlu olarak incelenmiştir (Karaağaç ve ark., 2020; Kanal ve ark., 2021).

a. Toplam kök uzunluğu (cm): Kılcal yapıda bulunan saçak kökler dahil olmak üzere tüm köklerin toplam uzunlukları tespit edilmiştir.

b. Ortalama kök çapı (mm): Tüm kök uzantıları bireysel olarak tek tek incelenmiş ve ortalama kök çapı değerleri hesaplanmıştır.

c. Kök yüzey alanı (cm²): Taraması üç boyutlu olarak yapılan tüm köklerin dış çeperleri kök yüzey alanı olarak belirlenmiştir.

d. Kök hacmi (cm³): Genotiplerin kökleri tarayıcıdan geçirilerek WinRhizo program yardımıyla kök hacmi değerleri tespit edilmiştir.

e. Kök kuru ağırlığı (g): Biber bitkilerinde kök kısımları kantitatif olarak ayrılarak, 80 °C' de 72 saat süreyle etüvde kurutulmuştur. Kuruyan kökler hassas terazide (0.001 g) tartılarak kök kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Karaağaç ve Balkaya, 2010). Bu kantitatif analiz işlemi, dikim işlemi öncesi ve dikimden 40. gün sonra olmak üzere iki kez yapılmıştır. Hibrit dolmalık biber genotiplerinde kök özellikleri yönünden elde edilen veriler JMP 5.01 istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuş ve DUNCAN çoklu karşılaştırma sistemine göre benzerlik ve farklılık gruplandırmaları yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 28 hibrit dolmalık biber genotipinde ve bir ticari çeşitte (Benino F₁) incelenen kök mimarisi parametreleri (toplam uzunluk, ortalama kök çapı, yüzey alanı, kök hacmi ve kök kuru ağırlığı) yönünden yapılan varyans analizinde istatistiksel olarak genotipler arasında önemli düzeyde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Biber genotiplerinde kök kanopisini oluşturan unsurlarda meydana gelen değişimler ve tespit edilen bu farklılıkların nedenleri aşağıda alt başlıklar halinde sunulmuştur.

Biber Genotiplerinin Toplam Kök Uzunluğu Değerlerinin Değişimi

Bitkisel yetiştiricilikte özellikle besin noksanlığı ve su kısıntısı gibi stres koşullarında köklerin toprağın derinlerine inerek su ve bitki besin maddesi alınımının kolaylaşması yönünden toplam kök uzunluğunun fazla olması istenmektedir (Lambers ve ark., 2006; Comas ve ark., 2013). Araştırmada, dikimden itibaren 40. gün sonunda toplam kök uzunluğu (cm) değerleri incelendiğinde; 598.77 cm ile 1120.40 cm arasında dağılım gösterdiği saptanmıştır. Toplam kök uzunluğu değeri en fazla HD-16 genotipinde ve en düşük Benino F₁ çeşidinde ölçülmüştür (Çizelge 1).

Düşük Sıcaklığa Tolerant Hibrit Biber Çeşit Adaylarının Kök Mimarileri

Çizelge 1. Hibrit dolmalık biber genotiplerinde fide dikiminden itibaren 40. gün sonunda toplam kök uzunluğu (cm) değerlerinin değişimi

Genotip No	Arazi	Sera	Ortalama
HD-1	976.47	a-d	1200.87
HD-2	991.49	a-c	1021.05
HD-3	1085.16	a	1098.26
HD-4	1035.75	ab	1017.23
HD-5	916.67	b-h	1038.57
HD-6	800.39	f-1	728.58
HD-7	909.94	b-h	1071.71
HD-8	953.64	a-e	981.85
HD-9	821.10	e-1	746.90
HD-10	862.00	c-1	987.10
HD-11	862.65	c-1	945.08
HD-12	865.45	c-1	1153.85
HD-13	819.48	e-1	1148.73
HD-14	934.61	a-g	964.23
HD-15	945.79	a-f	1036.79
HD-16	908.41	b-h	1332.38
HD-17	870.61	c-1	1037.88
HD-18	804.83	e-1	1047.85
HD-19	741.90	ij	1059.79
HD-20	900.97	b-h	1165.37
HD-21	774.06	h1	1097.92
HD-22	879.31	c-1	1035.97
HD-23	910.09	b-h	1015.47
HD-24	790.19	g-1	1014.88
HD-25	833.72	d-1	1160.17
HD-26	812.68	e-1	1077.19
HD-27	851.51	c-1	1091.88
HD-28	938.28	a-g	1074.73
Benino F ₁	601.23	j	596.30
Ortalama	875.81	b	1032.71
P <	0.05		a

Açıkta ve serada yetiştirilen dolmalık biber genotiplerinin toplam kök uzunlukları yönünden belirgin düzeyde farklılıklar gösterdikleri belirlenmiştir. Dolmalık biber genotipleri içerisinde, açık arazide yetiştirilen HD-3 (1085.16 cm) genotipi ve serada yetiştirilen HD-16 (1332.38 cm) genotipleri toplam kök uzunluğu değerleri yönünden en yüksek performansı sergilemişlerdir (Çizelge 1). Denemede kontrol olarak kullanılan Benino F₁ çeşidinin toplam kök uzunluğu değerleri; açık arazide 601.23 cm ve sera koşullarında 596.30 cm olarak ölçülmüştür. Araştırma sonucunda, kontrol çeşidin kök uzunluğu değerinin, düşük sıcaklığa tolerat hibrit dolmalık biber genotiplerinin gerisinde kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). Bu durum yüksek sıcaklıkta kökleri daha iyi gelişmesinden kaynaklanır. Ayrıca kök uzunluğu bakımından serada yetiştirilen dolmalık biber bitkilerinin kök uzunluğu değerleri (1032.71 cm), arazide yetiştirilen bitkilere göre (875.81 cm) daha üstün performans göstermiştir (Çizelge 1).

Özgen (2019) bitki besin elementlerinin eksikliği ya da fazlalığının toplam kök uzunluğu ile doğrudan ilişkili olduğunu bildirmiştir. *Capsicum* türlerinde toplam kök uzunluklarının belirlenmesi ile ilgili bazı kantitatif çalışmalar yapılmıştır. Karaağaç ve ark. (2020), *Capsicum* türlerine ait biber genotiplerinde toplam kök uzunluğu değerlerinin 519.89-1109.50 cm arasında dağılım gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kanal ve ark. (2021), farklı *C. baccatum* türüne ait genotiplerde toplam kök uzunluğu değerinin en fazla 1959.15 cm olduğunu ölçmüşlerdir. NeSmith ve ark. (1992) dolmalık biber çeşitlerinde farklı büyüklüklerde saksıların, kök gelişimi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, fide dikiminden itibaren 23 gün sonrasına kadar saksı büyüklüğünün bitki kök oluşumu üzerinde etkisinin çok az düzeyde olduğu, fide dikiminden itibaren 45. gün sonunda ise saksı büyüklüğüne bağlı olarak yaprak alanı ve bitki kuru ağırlıklarının kısmi olarak azalışlar gösterdiğini saptamışlardır. Araştırma sonucunda elde etmiş olduğumuz bulguların, diğer araştırmacıların bulduğu

verilerden farklı olmasının nedeni; genotip etkisi, bitkilerin kök yapısı, saksı büyüklüğü ve yetiştirildiği gün sayısından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Biber genotiplerinde ortalama kök çapı değerlerinin değişimi

Saçak kök eğiliminin önemli bir göstergesi olan kök çapı değerinin düşük olması, kökün absorpsiyon yeteneğini olumlu yönde etkilemektedir (Sarıbaş ve ark., 2019). Ortalama kök çapı değerleri, 2.50 mm- 4.98 mm arasında dağılış göstermiştir. Dolmalık biber genotiplerinde en yüksek ortalama kök çapı değeri, açık arazi koşullarında HD-21 (5.81 mm) genotipinde ve sera koşullarında ise HD-27 (5.78 mm) genotipinde ölçülmüştür. En düşük ortalama kök çapı değeri ise açık arazide HD-16 (2.44 mm), HD-3 (2.45 mm) genotiplerinde ve sera ortamında HD-20 (2.34 mm), HD-21 (2.34 mm) ve HD-5 (2.35 mm) genotiplerinde tespit edilmiştir. Benino F₁ çeşidinde ise ortalama kök çapı değerlerinin açık arazi koşullarında 2.50 mm ve sera ortamında ise 3.85 mm olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Karaağaç ve ark. (2020) farklı *Capsicum* türü biber genotipleri üzerinde yapmış oldukları çalışmada; *C. annuum* türünde ortalama kök çapının 2.45 mm, *C. baccatum* türünde 3.18 mm ve *C. chinense* türünde ise 2.80 mm olduğunu ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, biber anaç ıslahına yönelik kök analiz çalışmalarında kök hacmine ek olarak saçak kök oranı kriterinin de göz ardı edilmemesi gerektiğini bildirmişlerdir. Gough (2001), malç kullanılmadan açık arazide yetiştirilen dolmalık biber bitkilerinin her birinde, ortalama 50 ile 60 adet saçak kökün geliştiğini, kırmızı malç altında yetiştirilen bitkilerde ortalama 20 adet ve siyah ve gümüş malç altında yetişen bitkilerde ise 9 adet saçak kökün geliştiğini bildirmiştir. Araştırmacı, ayrıca kök derinliği arttıkça oluşan kök sayılarının da azalış gösterdiğini belirtmiştir. Karaağaç ve ark. (2020) bitkilerin stres altında toplam kök uzunluğu ve kök hacmini değiştirerek farklı kök adaptasyonları gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Biber genotiplerinde ortalama kök çapı (mm) değerleri

Genotip No	Arazi		Sera		Ortalama	
HD-1	3.60	b-d	3.29	c-e	3.45	b-f
HD-2	2.93	b-d	4.11	a-d	3.52	b-f
HD-3	2.45	d	2.54	de	2.50	f
HD-4	3.27	b-d	3.09	c-e	3.18	b-f
HD-5	3.11	b-d	2.35	e	2.73	ef
HD-6	3.05	b-d	2.57	de	2.81	ef
HD-7	3.83	b-d	3.67	b-e	3.75	b-e
HD-8	3.65	b-d	4.53	a-c	4.09	a-c
HD-9	3.76	b-d	3.17	c-e	3.46	b-f
HD-10	3.52	b-d	4.03	a-e	3.78	b-e
HD-11	2.94	b-d	2.93	c-e	2.94	d-f
HD-12	3.41	b-d	3.48	c-e	3.45	b-f
HD-13	3.09	b-d	2.87	c-e	2.98	c-f
HD-14	2.86	b-d	3.08	c-e	2.97	c-f
HD-15	2.80	b-d	2.64	de	2.72	ef
HD-16	2.44	d	2.70	de	2.57	f
HD-17	3.36	b-d	4.27	a-d	3.81	b-e
HD-18	2.64	cd	2.77	de	2.71	ef
HD-19	3.45	b-d	3.60	b-e	3.53	b-f
HD-20	3.22	b-d	2.34	e	2.78	ef
HD-21	5.81	a	2.54	e	4.18	a-c
HD-22	3.39	b-d	3.13	c-e	3.26	b-f
HD-23	3.26	b-d	3.21	c-e	3.24	b-f
HD-24	3.06	b-d	5.26	ab	4.16	ab
HD-25	2.75	b-d	3.23	c-e	2.99	c-f
HD-26	4.05	bc	3.18	c-e	3.62	b-f
HD-27	4.18	b	5.78	a	4.98	a
HD-28	3.05	b-d	3.56	b-e	3.30	b-f
Benino F ₁	2.50	d	3.85	b-e	3.17	b-f
Ortalama	3.29		3.37			
P <	0.05					

Biber genotiplerinin toplam kök yüzey alanı değerlerinin değişimi

Köklerin su ve besin alım kapasitesini etkileyen önemli kriterlerden birisi de kök yüzey alanıdır. Kök yüzey alanının fazla olması, köklerin su ve besin alım kapasitesini olumlu yönde artırmaktadır. Dolmalık biber genotipleri arasında kök yüzey alanına ait değerlerin, istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık gösterdiği bulunmuştur. Ortalama kök yüzey alanı değerleri, 563.48 cm² ile 963.14 cm² arasında dağılım göstermiştir (Çizelge 3). Açık arazide yetiştirilen bitkilerin kök yüzey alanına ait veriler incelendiğinde; HD-23 (999.91 cm²) ve HD-22 (985.84 cm²) dolmalık biber genotiplerinde en yüksek kök yüzey alanı değerleri ölçülmüştür. Açıkta yetiştiricilikte ise en düşük kök yüzey alanı değerleri HD-9 (640.80 cm²) ve HD-6 (656.24 cm²) genotiplerinde tespit edilmiştir.

Sera koşullarında yetiştirilen bitkilerde ise en yüksek kök yüzey alanı değerleri sırasıyla; HD-8 (1036.30 cm²), HD-26 (1003.14 cm²) ve HD-10 (975.59 cm²) genotiplerinde bulunmuştur. Benino F₁ çeşidi, hem açık arazide (464.92 cm²) hem de sera ortamında (662.04 cm²) yetiştirildiğinde, kök yüzey alanı değerlerinin hibrit dolmalık biber genotiplerine göre daha düşük performans gösterdiği saptanmıştır. Serada yetiştirilen bitkilerde ortalama kök yüzey alanı değerlerinin (869.34 cm²), açıkta yetiştirilenlere göre (794.69 cm²) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yetiştirme ortamları arasındaki bu farklılığın istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Dolmalık biber melezlerinin toplam kök yüzey alanı değerlerinin değişimleri (cm²)

Genotip No	Arazi		Sera		Ortalama	
HD-1	709.01	g-1	874.33	a-e	791.67	b-f
HD-2	738.96	d-1	902.61	a-d	820.78	a-e
HD-3	817.29	b-h	791.74	a-e	804.51	a-f
HD-4	824.11	b-h	905.29	a-d	864.70	a-e
HD-5	760.16	c-1	861.76	a-e	810.96	a-f
HD-6	656.24	h ₁	644.41	de	650.32	f-h
HD-7	929.84	a-c	963.98	ab	946.91	ab
HD-8	857.78	a-h	1036.30	a	931.45	a-c
HD-9	640.80	i	598.14	e	619.47	gh
HD-10	663.01	h ₁	975.59	ab	819.30	a-e
HD-11	729.04	e-1	748.71	b-e	738.88	e-g
HD-12	726.25	f-1	879.65	a-e	802.95	a-f
HD-13	903.02	a-e	845.61	a-e	874.31	a-e
HD-14	875.58	a-g	865.62	a-e	870.60	a-e
HD-15	857.78	ag	862.60	a-e	860.19	a-e
HD-16	771.38	c-1	937.29	a-c	854.33	a-e
HD-17	916.19	a-c	974.01	ab	945.10	a-c
HD-18	722.71	f-1	834.47	a-e	778.59	c-g
HD-19	722.44	f-1	904.86	a-d	813.65	a-f
HD-20	800.79	c-1	955.61	ab	878.20	a-e
HD-21	912.59	a-d	897.90	a-d	905.24	a-e
HD-22	985.84	ab	897.75	a-d	941.80	a-c
HD-23	999.91	a	915.27	a-d	957.59	ab
HD-24	895.67	a-f	920.99	a-d	908.33	a-d
HD-25	721.69	f-1	787.49	a-e	754.59	d-g
HD-26	923.14	a-c	1003.14	ab	963.14	a
HD-27	675.75	h ₁	932.81	a-c	804.28	a-f
HD-28	875.36	a-g	830.87	a-e	853.11	a-e
Benino F ₁	464.92	j	662.04	c-e	563.48	h
Ortalama	794.69	b	869.34	a		
P <	0.05					

Karaağaç ve ark. (2020) biber genotiplerinde ortalama kök yüzey alanı değerlerinin, 581.27 cm²-890.70 cm² arasında dağılım gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, *C. annuum* türü içerisinde yer alan biber çeşitlerinde kök yüzey alanı değerlerinin; sivri biber çeşidinde 581.21 cm², California Wonder tipi biber çeşidinde 600.52 cm², Charlston biber çeşidinde 601.13 cm² ve kapyra biber çeşidinde ise 644.73 cm² ölçüldüğünü tespit etmişlerdir. Araştırma sonuçları, belirtilen literatür ile uyumluluk göstermiştir. Peláez-Anderica ve ark. (2011) biber genotiplerinde kök özellikleri yönünden

ortaya çıkan genetik çeşitliliğinin biber ıslahında kök sistemlerinin geliştirilmesinde yararlı olabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda, hibrit dolmalık biber genotiplerinin arasında kök yüzey alanı değerlerini yönünden fenotipik çeşitliliğin oldukça fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Biber genotiplerinde toplam kök hacmi değerlerinin değişimi

Bitkisel üretimde yetiştiriciliği etkileyen kök parametreleri yönünden, en önemli kriterlerden birisi de kök hacmidir. Kök hacmi değerleri yönünden dolmalık biber genotiplerinin arasında, istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). Ortalama kök hacmi değerleri, 47.72 cm³ ile 147.54 cm³ arasında dağılım göstermiştir. Kök hacmi verileri bir bütün olarak incelendiğinde arazide 40. gün sonucunda HD-21 (134.51 cm³) genotipinde en yüksek kök hacmi değeri elde edilmiştir. En düşük kök hacmi ise HD-16 (47.13 cm³) ve HD-18 (47.72 cm³) genotiplerinde ölçülmüştür. Kök hacmi değerleri yönünden dolmalık biber genotiplerinin serada yetiştirildiklerinde (77.24 cm³), açık araziye göre (66.54 cm³) daha fazla kök hacmi değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir (Çizelge 4). Benino F₁ çeşidinin kök hacmi değerleri ise açık arazide 30.69 cm³ ve serada 64.75 cm³ olduğu tespit edilmiştir. Bu çeşidin kök hacminin, düşük sıcaklığa tolerat hibrit dolmalık biber çeşit adaylarından oldukça düşük olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. Dolmalık biber genotiplerinin kök hacmi (cm³) değerlerinin değişimleri

Genotip No	Arazi	Sera	Ortalama
HD-1	65.38	77.21	71.29
HD-2	53.48	64.64	59.06
HD-3	49.91	45.62	47.77
HD-4	66.95	70.16	68.55
HD-5	60.06	44.08	52.07
HD-6	53.79	49.29	51.54
HD-7	90.03	87.70	88.87
HD-8	75.38	117.63	96.51
HD-9	60.93	53.80	57.36
HD-10	59.34	89.86	74.60
HD-11	53.76	55.12	54.44
HD-12	62.59	74.71	68.65
HD-13	69.24	60.28	64.76
HD-14	63.32	69.68	66.50
HD-15	59.93	57.32	58.63
HD-16	47.13	62.84	54.99
HD-17	76.99	106.52	91.76
HD-18	47.72	58.60	53.16
HD-19	62.48	81.27	71.87
HD-20	64.35	56.07	60.21
HD-21	134.51	89.01	111.76
HD-22	83.22	71.06	77.14
HD-23	81.56	73.37	77.46
HD-24	68.67	123.41	96.04
HD-25	49.82	61.96	55.89
HD-26	93.17	83.67	88.42
HD-27	78.87	216.22	147.54
HD-28	66.39	74.14	70.26
Benino F ₁	30.69	64.75	47.72
Ortalama	66.54	77.24	
P<	0.05		

Özgen (2019), bitkilerde kök hacminin hastalıklara karşı dayanıklılığı artıran önemli bir köklenme faktörü olduğunu bildirmiştir. Karaağaç ve ark. (2020), *C. annuum* türüne ait biber genotiplerinde kök hacmi değerlerinin 33.15 cm³ ile 40.55 cm³, *C. baccatum* türünde 39.03 cm³ (CB27) ile 73.91 cm³ (CB4) ve *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinde ise 39.05 cm³ (CC59) ile 71.38 cm³ (CC76) arasında dağılım gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları ile belirtilen literatürdeki kök hacmi değerleri, biber genotiplerine göre değişmekle birlikte genel olarak benzerlik gösterdiği bulunmuştur.

Biber genotiplerinin toplam kök kuru ağırlığı değerlerinin değişimi

Araştırmada hibrit dolmalık biber genotipleri kök kuru ağırlık değerleri yönünden varyans analizi yapıldığında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Ortalama kök kuru ağırlıkları, dolmalık biber genotipleri arasında 0.89 g ile 1.60 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Dolmalık biber genotiplerinde fide dikim zamanı ve 40. gün sonunda kök kuru ağırlıklarına (g) ait sonuçlar

Genotip No	Başlangıç Kuru Ağırlık		Arazi		Sera		Ortalama Kuru Ağırlığı	
HD-1	0.03	d-g	0.79	f-h	1.62	ab	1.21	b-ı
HD-2	0.03	e-g	1.26	a-e	1.47	a-e	1.37	a-c
HD-3	0.02	g	0.91	e-h	0.97	hı	0.94	ıj
HD-4	0.03	d-g	1.05	d-h	1.48	a-e	1.26	b-g
HD-5	0.07	a	0.91	e-h	0.88	ı	0.89	j
HD-6	0.04	c-g	0.81	f-h	1.12	e-ı	0.96	h-j
HD-7	0.05	b-d	1.24	b-e	1.53	a-d	1.38	a-c
HD-8	0.05	b-d	1.03	d-h	1.57	a-c	1.30	b-f
HD-9	0.02	f-g	0.69	h	1.19	d-ı	0.94	ıj
HD-10	0.03	e-g	0.73	gh	1.40	a-g	1.07	e-j
HD-11	0.02	f-g	0.94	d-h	1.05	g-ı	0.99	g-j
HD-12	0.06	ab	1.06	d-h	1.26	b-h	1.16	b-j
HD-13	0.04	b-e	1.30	a-d	1.35	b-g	1.33	a-e
HD-14	0.03	d-g	1.16	c-f	1.20	c-ı	1.18	b-ı
HD-15	0.05	a-c	1.11	d-g	1.25	b-h	1.18	b-ı
HD-16	0.05	b-d	0.91	e-h	1.22	c-ı	1.06	e-j
HD-17	0.02	f-g	1.21	b-e	1.29	b-h	1.25	b-g
HD-18	0.05	b-d	0.97	d-h	1.36	b-g	1.17	b-j
HD-19	0.03	e-g	0.99	d-h	1.17	d-ı	1.08	d-j
HD-20	0.03	d-g	1.26	a-e	1.21	c-ı	1.24	b-h
HD-21	0.03	d-g	1.51	a-c	1.30	b-h	1.41	a-c
HD-22	0.03	e-g	1.64	a	1.56	a-c	1.60	a
HD-23	0.03	e-g	1.53	a-c	1.34	b-h	1.43	ab
HD-24	0.02	f-g	1.28	a-e	1.46	a-e	1.37	a-c
HD-25	0.04	c-g	0.99	d-h	1.08	f-ı	1.03	f-j
HD-26	0.04	c-g	1.23	b-e	1.42	a-f	1.33	a-e
HD-27	0.02	f-g	1.05	d-h	1.76	a	1.40	a-c
HD-28	0.02	f-g	1.57	ab	1.14	e-ı	1.35	a-d
Benino F ₁	0.04	c-f	1.03	d-h	1.27	b-h	1.15	c-j
Ortalama	0.03		1.11	b	1.31	a		
P<	0.05							

Açık arazide 40 gün süre ile yetiştirilen dolmalık biber genotiplerinin kuru kök ağırlıkları incelendiğinde en yüksek değer, HD-22 (1.64 g) ve en düşük ise HD-9 (0.69 g) genotipinde saptanmıştır. Serada yetiştirilen genotiplerde ise en yüksek değer HD-27 (1.76 g) ve en düşük değer HD-5 (0.88 g) genotipi olarak kaydedilmiştir. Benino F₁ çeşidinde ise açık arazide kök kuru ağırlığının 1.03 g ve serada yetiştirildiğinde ise kök kuru ağırlığının 1.27 g olduğu bulunmuştur. Karaağaç ve ark. (2020) *C. annuum* türü biber çeşitlerinde yapılan kantitatif analizler sonucunda kök kuru ağırlığı değerlerinin; sivri biber çeşidinde 0.54 g, California Wonder tipi biber çeşidinde 0.52 g, Charleston biber çeşidinde 0.35 g ve kopya biber çeşidinde ise 0.59 g olduğunu bulmuşlardır. Kanal ve ark. (2021) *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin kuru kök ağırlıklarını incelediğinde en yüksek değer, 3.05 g ve en düşük ise 0.48 g olduğunu bildirmişlerdir. Araştırma sonuçları, dolmalık biber genotiplerinin kök kuru ağırlıkları yönünden belirtilen literatürlerdeki çalışma sonuçları ile benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

SONUÇ

Dolmalık biber melez kombinasyonlarının kök sistem mimarisi verileri yönünden genel olarak incelendiğinde hem serada ve hem de açıkta birçok kök parametresi yönünden hibrit dolmalık biber genotiplerinin, kontrol çeşide göre daha iyi bir kök sistem mimarisi ve köklenme yeteneğine sahip

olduklarını göstermiştir. Araştırma sonucunda, dolmalık biber genotipleri arasında toplam kök uzunluğu, kök yüzey alanı, kök çapı ve kök hacmi değerleri yönünden fenotipik çeşitliliğin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Kök mimarisini oluşturan tüm kök unsurları, açıkta ve serada elde edilen ortalama değerler yönünden birlikte değerlendirildiğinde; toplam kök uzunluğu yönünden HD16, kök çapı ve kök hacmi değerleri yönünden HD27, kök yüzey alanı yönünden HD26 ve kök kuru ağırlıkları yönünden ise HD22 genotipinin ilk sırada yer aldığı saptanmıştır. Öne çıkan hibrit dolmalık biber adaylarının gelecekte hem biber anaç ıslah programlarında değerlendirilmesi ve hem de firma tarafından hibrit çeşit olarak Standart Tohumluk Kaydına (tescil) başvuru yapılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Araştırma, Sanayi ile İş Birliği Araştırmalarını Destekleme Programı (1903 kodlu projeler) kapsamında Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.ZRT.1903.16.001 proje numarası ile desteklenmiştir. Projenin yürütülmesinde maddi katkıları için Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve Genetika Tohumculuk Firmasına teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Bektaş H, 2021. The Effect of Salt Stress on Root Development and Architecture in Common Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi 23: 793-799.
- Biles CI, Martyn RD, Wilson HD, 1989. Isozymes and General Proteins from Various Watermelon Cultivars and Tissue Types. Hort Science, 24 (5): 810-812.
- Comas L, Becker S, Cruz VMV, Byrne PF, Dierig DA, 2013. Root Traits Contributing to Plant Productivity under Drought. Frontiers in Plant Science, 4: 442.
- Eriş A, 1985. Bahçe Bitkileri Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, No: 11.
- Fita A, Alonso J, Martínez I, Avilés JA, Mateu MC, Rodríguez-Burruezo A, 2013. Evaluating Capsicum spp. Root Architecture under Field Conditions. In XVth EUCARPIA, Capsicum and Eggplant Working Group Meeting pp. 373-376.
- Gough RE, 2001. Color of Plastic Mulch Affects Lateral Root Development but not Root System Architecture in Pepper. Hort Science, 36 (1): 66-68. 7.
- Günay A, 1992. Özel Sebze Yetiştiriciliği. Cilt IV. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 103s.
- Işık, F. (2012). Minirhizotron Kamera ile Elde Edilen Kök Yoğunluğu Görüntüleri Esas Alınarak Yapılan Sulamaların Biberin Kök Gelişimi, Verimi ve Su Kullanım Randımanlarına Etkisi. Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi.
- Kanal A, Balkaya A, Karaağaç O, 2021. *Capsicum baccatum* Türüne Ait Biber Genotiplerinin Fenotipik Kök Özellikleri Yönünden Seleksiyonu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26 (1): 19-93.
- Karaağaç O, Balkaya A, 2010. Bafra Kırmızı Biber Popülasyonlarının (*Capsicum annuum* L. var. *conoides* (Mill.) Irish) Tanımlanması ve Mevcut Varyasyonun Değerlendirilmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 25 (1): 10-20.
- Karaağaç O, Taş K, Özgen R, Kanal A, Balkaya A, 2020. Capsicum Türlerinin Kök Yapılarının İncelenmesi ve Kök Özellikleri Yönünden Karşılaştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 30 (2): 266-279.

- Keleş D, 2007. Farklı Biber Genotiplerinin Karakterizasyonu ve Düşük Sıcaklığa Tolerans. Adana Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Lambers H, Shane MW, Cramer MD, Pearse SJ, Veneklaas EJ, 2006. Root Structure and Functioning for Efficient Acquisition of Phosphorus: Matching Morphological and Physiological Traits. *Annals Botany*, 98: 693-713.
- Luo W, Li J, Ma X, Niu H, Hou S, Wu F, 2019. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Uptake of Selenate, Selenite, and Selenomethionine by Roots of Winter Wheat. *Plant and Soil*, 438 (1): 71-83.
- Mmolawa K, Or D, 2000. Root Zone Solute Dynamics Under Drip Irrigation: A Review. *Plant and Soil*, 222 (1): 163-190.
- NeSmith DS, Bridges DC, Barbour JC, 1992. Bell Pepper Responses to Root Restriction. *Journal of Plant Nutrition*, 15 (12): 2763-2776.
- Özgen R, Balkaya A, 2021. Serada Sonbahar Dönemi Dolmalık Biber Yetiştiriciliğinde Hibrit Çeşit Adaylarının Meyve Kalitesi ve Verim Performansları. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (1): 78-89.
- Özgen T, 2019. Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Genotiplerinin *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*'ya Dayanıklılık Düzeylerinin ve Kök Yapılarının İncelenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- 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.
- Sánchez EG, Heuvelink E, Stanghellini C, 2015. Physiological Processes Affected by Low Night Temperatures in Sweet Pepper Plants. *Procedia Environmental Sciences*, 29: 253-254.
- Sarıbaş HŞ, 2019. Aşılı Patlıcan Üretiminde Genetik Kaynakların Anaç Islah Programında Değerlendirilmesi ve Yerli Hibrit Anaçların Geliştirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Sarıbaş HŞ, Balkaya A, Kandemir D, Karaağaç O, 2019. Yerli Patlıcan Anaçlarının (*Solanum melongena* x *Solanum aethiopicum*) Köklenme Potansiyeli ve Fenotipik Kök Mimarisi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 2 (3): 138-146.
- Takabe T, Rai V, Hibino T, 2006. Metabolic Engineering of Glycinebetaine. *Abiotic Stress Tolerance in Plants*, 137-151.
- Tuteja N, Islam S, 2012. Enhancement of Androgenesis by Abiotic Stress and Other Pretreatments in Major Crop Species. *Plant Science*, 182: 134-144.
- Wien HC, 1997. *The Physiology of Vegetable Crops*. Department of Fruit and Vegetable Science, Cornell University. 259-293, USA.
- Wiesler F, Horst WJ, 1994. Root Growth of Maize Cultivars under Field Conditions as Studied by the Core and Method and Relationships to Shoot Growth. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 157 (5): 351-358, 1994.
- Zhao F, Zhang H. 2006. Salt and Paraquat Stress Tolerance Results from Co expression of the Suaeda Salsa Glutathione S-transferase and Catalase in Transgenic Rice. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 86 (3): 349-358.