



Bazı Yerel Biber Tiplerinden Elde Edilen Melezlerin Morfolojik Özelliklerinin ve Domates Lekeli Solgunluk Virüsüne (TSWV) Dayanıklılığının Belirlenmesi

Assessment of Morphological Traits and Resistance to Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) in Hybrids Derived from Various Indigenous Pepper Varieties

Gökhan KARTAL¹ , Hakan KARTAL^{2*} , Naif GEBOLOĞLU³ 

^{1,2,3}Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, Tokat, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4026-0360>; ²<https://orcid.org/0000-0002-3870-1588>; ³<https://orcid.org/0000-0003-2495-7088>

To cite this article:

Kartal, G., Kartal, H. & Geboloğlu, N. (2024). Bazı yerel biber tiplerinden elde edilen melezlerin morfolojik özelliklerinin ve domates lekeli solgunluk virüsüne (TSWV) dayanıklılığının belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 28(3): 508-523

DOI: 10.29050/harranziraat.1434593

*Address for Correspondence:

Hakan KARTAL

e-mail:

kartalhakan09@gmail.com

Received Date:

09.02.2024

Accepted Date:

24.07.2024

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ÖZ

Tokat Biberi (*Capsicum annuum* L.), Tokat'ta uzun yıllardır yetiştirilen ve tüketilen popüler bir biber çeşididir. Bu çeşidin üretimi çeşitli biyotik stres faktörleri tarafından engellenmektedir. Bunlardan biri de biber tarımında önemli ekonomik kayıplara neden olan domates lekeli solgunluk virüsüdür (TSWV). Bu çalışmada, yerel biber hatları kullanılarak TSWV'ye dayanıklı hibrit bitkiler yetiştirilmiş ve bu hibritlerin verim, meyve özellikleri ve dayanıklılık seviyeleri araştırılmıştır. S5 generasyonuna kadar kendilenmiş üç farklı 'Tokat Biberi' hattı, TSWV'ye dayanıklı ve TSWV geni taşıyan 2 donör bitki ile melezlenmiştir. Melez bitkiler topraksız tarım koşullarında yetiştirilmiş ve TSWV bitkilere hem mekanik yollarla hem de çiçek tripsleri (*Frankliniella occidentalis*) kullanılarak bulaştırılmıştır. Ebeveyn bitkilerin pazarlanabilir verimleri bitki başına 2.260 kg ile 2.727 kg arasında değişirken, melez genotiplerin verimleri bitki başına 1.917 kg ile 2.527 kg arasında değişmiştir. Melez genotiplerin pazarlanabilir verimleri ebeveynlerden düşük olmuştur. Melez bitkilerde TSWV'ye karşı heterozigot dayanıklılık belirlenmiştir. Tül serada hava sıcaklığı 32°C'nin üzerine çıktığında melez bitkilerde dayanıklılığın kırıldığı görülmüştür. Çalışmada melez bitkilerin meyve şekli 3 ve 4 loblu, meyve rengi açık yeşil, yeşil ve koyu yeşil olarak gözlenmiştir. Sonuç olarak, yerel biber hatlarından geliştirilen melez bitkilere TSWV dayanıklılık geni TSWV başarıyla aktarılmıştır. Melez bitkilerin veriminde düşüş meydana gelirken meyve görünümünde bir değişim olmamıştır. Yüksek sıcaklıklarda dayanıklılık kırılmıştır. Literatürde de TSWV geninin bazı durumlarda kırıldığı sıklıkla belirtilmektedir. Çalışma sonunda 'Tokat Biberi' popülasyonlarından TSWV'ye dayanıklı hibrit çeşitlerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: TSWV, Tokat Biberi, Dayanıklılık, Kalite, Verim

ABSTRACT

Tokat Pepper (*Capsicum annuum* L.) is a popular variety of pepper that has been cultivated and consumed in Tokat for many years. The production of this cultivar is hindered by various biotic stress factors, one of which is the tomato spotted wilt virus (TSWV) that causes significant economic losses in pepper farming. In this research, TSWV-resistant hybrid plants were cultivated using local pepper lines, and the yield, fruit characteristics, and resistance levels of these hybrids were analysed. Three

different strains of 'Tokat Pepper', which had undergone self-fertilisation to reach the fifth generation, were interbred with two donor plants that were resistant to TSWV and carried the TSW gene. The hybrid plants were cultivated in soilless farming conditions and TSWV was transmitted by both mechanical means and the use of floral thrips (*Frankliniella occidentalis*). While the marketable yields of the parent plants ranged from 2.260 kg per plant to 2.727 kg per plant, the yields of the hybrid genotypes varied from 1.917 kg per plant to 2.527 kg per plant. Marketable yields of the hybrid genotypes were lower than those of the parents. The hybrid plants exhibited heterozygous resistance to TSWV. However, it was observed that resistance in hybrid plants was compromised when the air temperature surpassed 32°C in the greenhouse. The study revealed that fruit shape of the hybrid plants was either 3 or 4 lobed, and fruit colour ranged from light green to dark green. In conclusion, the TSWV resistance gene TSW has been effectively transferred to hybrid plants that were bred from native pepper varieties. Although hybrid plants showed lower yield, there was no visible effect on the fruit's appearance. Resistance was observed to break down at high temperatures, as it has been frequently reported in literature that the TSW gene may exhibit such problems. The study discovered that hybrid varieties of 'Tokat Pepper' can be developed to resist TSWV.

Key Words: TSWV, Tokat Biberi, Resistance, Quality, Yield

Giriş

Güney Amerika orijinli olan biber (*Capsicum annuum*), dünya genelinde birçok alanda yaygın olarak yetiştirilmektedir. Biber üretimi ve tüketimi 20. yüzyıl boyunca düzenli olarak artmıştır. *Solanaceae* familyasının diğer türlerinden olan domates ve patates gibi biber de popüler türler arasında yer almaktadır. Açık alanda yetiştiriciliğinin yanında Hollanda ve Kanada gibi kuzey ülkeleri ile İspanya, Türkiye, İtalya gibi Akdeniz ülkelerinde örtü altında popüler ürünlerden biri olmuştur (Pardossi ve ark., 2004). Acı ve tatlı biberler geniş bir tüketim şekline sahiptirler. Taze olarak değişik şekillerde tüketilmesinin yanında salça, sos, turşu, kurutulmuş ürün, pul biber, toz biber gibi çok değişik şekillerde de tüketilmektedir. Ayrıca içerdiği fitokimyasallar sayesinde insan sağlığı açısından da önemli bir sebzedir (Bosland ve Votava, 2003; Emmanuel-Ikpeme ve ark., 2014).

Dünya genelinde bu kadar popüler olan biberin yetiştiriciliğinde ve tüketimindeki pazar talepleri ve bunun oluşturduğu rekabet üreticileri daha yüksek verimli ve kaliteli çeşitler kullanmaya yöneltmiştir. Bu durum biber ıslahının gelişmesinde önemli bir pozitif etki oluşturmuştur. Biber ıslahında diğer önemli türlerde olduğu gibi meyve kalitesi, verim, hastalıklara dayanıklılık, erkencilik, stres toleransı ve bitki morfolojisi en önemli özelliklerdir. Biber ıslahında ıslahçıların ve üreticilerin en çok üzerinde durduğu özelliklerden biri üniformitedir. Dünyada

1980'li yıllarda bitki ıslahında yaşanan gelişmeler etkisini biber ıslahında da göstermiş ve 1980'den sonra her geçen gün ıslah çalışmaları artarak devam etmiştir. Biber ıslahındaki bu gelişme biber üretiminde ve veriminde de artışlar sağlamıştır. Dünya biber üretimi toplamda 1980 yılında 2.48 milyon hektar alanda 9.25 milyon ton iken, 2000 yılında 3.33 milyon hektar alanda 23.34 milyon ton, 2021 yılında ise 2,05 milyon ha alanda 36.29 milyon ton üretim yapılmıştır (Fao, 2021). Türkiye biber üretimi ise 377.905 ha alanda 1.445.275 ton kapyra biber, 123.388 ha alanda 420.918 dolma biber 277.868 ha alanda 1.064.633 ton sivri biber ve 23.228 ha alanda 160.469 ton çarliston biber üretimi yapılmıştır (Tüik, 2022).

Üretim miktarındaki ve birim alandan elde edilen üründeki bu artışta biber ıslahının önemli rolü bulunmaktadır. Birden çok biyotik ve abiyotik stres faktörüne dayanıklı ve/veya tolerant ve aynı zamanda verim ve kalitesi yüksek hibrit çeşitler söz konusu olduğunda dışa bağımlılık artmaktadır. Oysa biberde domates lekeli solgunluk virüsü ve L4 virüsü hastalıklarına karşı dayanıklı hibrit çeşitler geliştirmek mümkündür. Günümüzde TSWV'ye karşı dayanıklı çeşit geliştirmek en popüler ıslah çalışmaları arasında yer almaktadır. TSWV'ye dayanıklılık *Capsicum annuum* türünde bulunmamaktadır, ancak *Capsicum chinense* (Boiteux ve ark., 1993), *Capsicum frutescens*, *Capsicum baccatum* (Boiteux ve ark., 1993) ve *Capsicum pubescens* (Nuez ve ark., 1994) türlerinde dayanıklılık bulunmaktadır. *Capsicum chinense* türü içinde PI-152225 ve PI-159236

hatları dayanıklılık taşımaktadır ve bu hatlar *Capsicum annuum* ile melezlenebilmektedir (Cheng ve ark., 1989; Roggero ve ark., 2002). PI-152225 hattı ile *Capsicum annuum* arasında yapılan melezleme çalışmalarında dayanıklı hibritler elde edilebilmektedir ve TSWV'ye dayanıklılık TSWV dominant tek gen tarafından kontrol edilmektedir (Boiteux, 1995; Jahn ve ark., 2000; Çetin, 2023).

Bu çalışmada domates lekeli solgunluk virüsüne dayanıklı F6 kademesinde saf hatlar ile dolmalık ve üç burun biber tipleri TSWV'ye dayanıklı hatlarla mezlenerek TSWV'ye dayanıklı hibritler elde edilip, yerel biber tiplerinde TSWV hastalığına dayanıklı çeşit adayları geliştirilecektir.

Materyal ve Metot

Bu çalışma 2019-2020 yılları arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde yer alan tül sera ve tam otomasyonlu serada yürütülmüştür.

Denemenin melezleme ve melez tohum üretimlerinin yapıldığı sera oluk altı yüksekliği 5 metre, taban alanı 2000 m², ısı ve gölge perdesi bulunan, üstleri kelebek havalandırmalı, yanları uzay havalandırmalı, havalandırma boşlukları böcek ağı ile kapalı, sulama ve gübreleme sistemi otomasyona bağlı, içinde hem fide yetiştirme bölümü hem de topraksız yetiştiriciliğe uygun altyapıya sahip bölümler mevcuttur.

Melez genotiplerin verim ve bitki gelişim durumlarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar tül serada yürütülmüştür. Bu sera 10 m eninde, 40 m uzunluğunda (400 m²), yanları 40 metre insekt net ile, ve üst çatısı %50 gölge tülü ile kaplı gotik çatılıdır. Denemenin yürütüldüğü Tokat ili Karadeniz ve İç Anadolu Bölgeleri arasında geçit iklimine sahip olup, denizden yüksekliği 612 m'dir.

Araştırmada kullanılan biber çeşitleri ve hatları

Araştırmada kullanılan Tokat Biberi'nin özellikleri ince kabuk, meyve eti ince, kızartmaya uygun, üç burun yapısında ve meyvenin baş kısmı uç kısmına göre daha kalın olan bölgeye özgü bir çeşittir. Daha önce yürütülen ve F6 kademesine kadar kendilenmiş hatlar ve anter kültürü çalışmaları sonucunda geliştirilmiş dayanıklı hatlardan oluşan gen havuzundan verim denemeleri ve morfolojik gözlemler sonucunda seçilen 3 hat denemede ana ebeveyn olarak kullanılmıştır. Bu hatlar üç burun, koyu yeşil dolmalık ve açık yeşil dolmalık meyve tipine sahip genotiplerdir. Denemede donör bitki olarak TSWV dayanımı olan bir dolmalık (D1) ve bir üçburun (Ü1) hat kullanılmıştır. Donör bitkiler bir ıslah firmasının gen havuzundan seçilerek alınmıştır. Denemede kullanılan donör bitkilerin özellikleri Çizelge 1'de, bitki yapısı ve temin edilen tohumların resimleri Şekil 1'de dolmalık ve üç burun hatların resimleri Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan TSWV ye karşı dayanıklı donör hatlar

Table 1. TSWV resistant donor lines used in the study

Donör Hatlar <i>Donor Lines</i>	Dayanım Durumu <i>Endurance Status</i>	Homozigotluk Düzeyleri <i>Homozygosity Levels</i>	Orijini <i>Origin</i>
Dolma (D1)	TSW, PC, L4	IL	SEM 334
Üç burun (Ü1)	TSW, L4	F5	Ticari F2 popülasyonundan



Şekil 1. Donör bitkiler ve tohumları
Figure 1. Donor plants and seeds



Şekil 2. Denemede kullanılan yerel biber genotipleri
Figure 2. Local pepper genotypes used in the experiment

Ebeveyn hatların yetiştirilmesi ve melezlemelerin yapılması

Çalışmada melezleme çalışmaları 2019 yılında yapılmış ve melez bitkilerin tohumları elde edilmiştir. Melezlemelerin yapılması ve melez tohumların elde edilmesi aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir. Ebeveyn hatların tohum ekimleri 25 Nisan 2019 tarihinde yapılmıştır. Fide dikimleri 25 Mayıs 2019 tarihinde yapılmıştır. Her ebeveyn için 10 bitki yetiştirilmiştir. Ebeveyn bitkiler serada topraksız tarım koşullarında yetiştirilmiştir. Yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında torf-perlit karışımı kullanılmıştır. Bitkiler Hoagland besin solüsyonu ile gübrenmiştir. Ana ebeveyn olarak kullanılan bitkilerde ilk çiçekler bitkiden uzaklaştırıldıktan sonra diğer çiçekler melezlemede kullanılmıştır. Tozlayıcı olarak kullanılan bitkilerin çiçekleri 1 gün önceden kapatılmış, ertesi gün sabah erken saatlerde çiçek tomurcukları alındıktan sonra polen taneleri bir pensin ucu ile anterlerden çıkarılarak ana bitkilerin stigmaları üzerine aktarılmıştır. Ana bitkilerde melezleme yapılan çiçekler taç yaprakları

açılmamış ancak açılmak üzere olan çiçekler seçilmiş, bir pens ile dikkatlice taç yaprakları açılmış, anterler patlatılmadan iplikçiklerinden tutularak çiçekten uzaklaştırılmıştır. Melezlemesi yapılan çiçeklerde çanak yapraklar stigmayı kırmadan stigma etrafına doğru kapatılmış ve bir cam bant ile izolasyonu yapılmıştır. Melezlemesi yapılan çiçeklere ana ebeveyn x donör ebeveyn adı ve melezleme tarihi yazılarak etiketlenmiştir. Ayrıca ana ve donör bitkilerde her genotip için 10 adet çiçekte kendileme yapılarak ebeveyn hatlarda tohum üretimine devam edilmiştir. Melezleme ve kendilemesi yapılan çiçeklerin gelişmesi ile oluşan meyveler tam olgunluğa ulaştıklarında hasat edilmiş ve bir gün karanlıkta bekletildikten sonra tohumları çıkarılmıştır. Tohumlar hasat edildikten sonra %15 nem içerecek şekilde oda sıcaklığında ve karanlık ortamda kurutulmuş ve daha sonra thiram ile muamele edilerek paketlenmiştir.

Melez hatların yetiştirilmesi

Melez tohumların elde edilmesi yaklaşık 6 ay

sürmüştür. Melez bitkilerin verim, TSWV dayanıklılığı ve morfolojik özellikleri 2020 yılında tül serada yürütülen çalışmada incelenmiştir. Melez bitkiler 2019 yılında ebeveyn hatların yetiştiriciliğinde uygulanan yöntemin aynı kullanılarak yetiştirilmiştir. Melez bitkilerde fideler 6 Haziran 2020 tarihinde dikilmiştir.

Patolojik çalışmalar

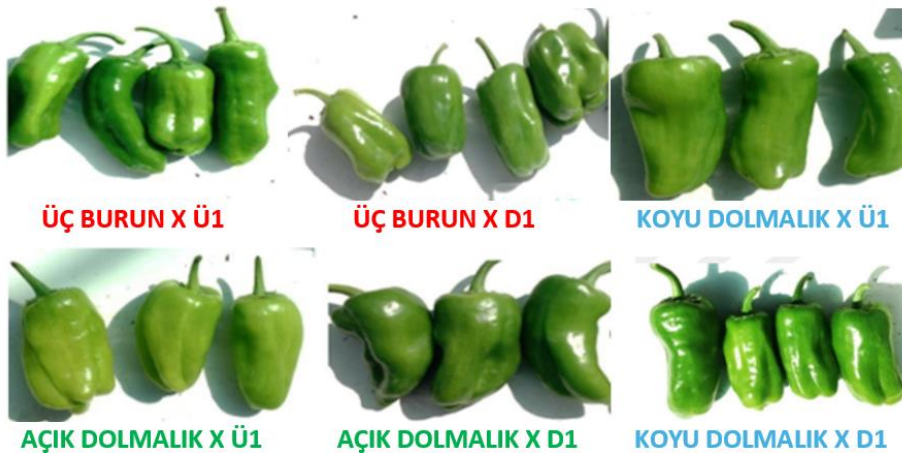
Denemede patolojik testlemeler için Tokat'ta biber tarımının yoğun olarak yapıldığı Kazova yöresinde biber tarlaları gezilmiş, TSWV belirtisi gösteren bitkilerden hastalıklı bitki parçaları alınmış ve naylon torbalara konmuştur. Ayrıca bu bitkilerde çiçekler sallanarak çıkan tripsler bir tüp

içine alınmıştır. Enfekteli bitkilerden alınan doku parçaları testlenecek bitkilerin yan dallarının gövdelerinde yara yüzeyi oluşturulmuş ve bu yüzeylere sürtme yöntemi ile bulaştırma yapılmıştır. Ayrıca tüp içine toplanan tripslerden her bitkinin çiçeğine trips bulaştırması yapılmıştır (Şekil 3; Şekil 4).

Virüsler genellikle 15 günlük kuluçka evresi sonunda etkilerini göstermeye başlamaktadırlar. Bu özellik dikkate alınarak inokulasyondan yaklaşık 1 ay sonra bitki ve meyvelerde gözlemler yapılmış ve hastalık gelişme düzeyleri kaydedilmiştir. Patoloji çalışması 5 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve her tekerrürde 6 bitki kullanılmıştır.



Şekil 3. Melezleme aşamalarından görünüm
Figure 3. View of the hybridisation stages



Şekil 4. Yerel genotiplerin dayanıklı hatlarla melezleme sonucu ortaya çıkan melez bitkiler
Figure 4. Hybrid plants resulting from crossbreeding local genotypes with resistant lines

geni markır yardımı ile test edilmiştir.

Moleküler çalışmalar

Melez bitkilerde patolojik testlemenin yanında moleküler testleme de yapılmıştır. Biberde lekeli solgunluk virüsüne dayanıklılık TSW geni ile kontrol edilmektedir. Melez bitkilerde testlemelerde TSW

Dayanıklılık geninin varlığını tespit edebilmek için DNA ekstraksiyonu DNA Purification Kiti kullanılarak yapılmıştır. İzolasyon sonucunda elde edilen DNA'lar kalıp olarak kullanılmış ve Moury ve ark. (2000) tarafından geliştirilmiş (TSW genine

özelleşmiş) CAPS markırı (SCAC 568) kullanılarak PCR (Thermo Fisher scientific, ABD) işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada PCR işleminde, genomik DNA, 10×PCR buffer, dNTP karışımı, 25mm MgCl₂, forward (5'GTGCCAGAGGAGGATTTAT3') ve reverse (5'GCGAGGTGGACTGATACT3') primerlerin (10 pmol µl⁻¹) her birinden 1 µl ve 5 U µl Taq polymerase enzimi içeren karışım kullanılmış ve 3 dakika başlangıç denatürasyonu, 35 döngü 95 °C'de 50 saniye denatürasyonu, 57

°C'de 45 saniye bağlanma, 72 °C'de 50 saniye uzama, bunu takiben 72 °C'de 10 dakika son uzama koşullarında PCR yapılmıştır. PCR ürünlerinin kontrolü için PCR ürünleri %1.2 oranında hazırlanan, içerisinde 10 mg/ml ethidium bromid bulunan agaroz jelde 100 V'da 1 saat elektroforez işlemine tabi tutulmuştur. Elektroforez işlemi sonunda görüntüleme cihazında görüntüleme işlemi yapılmıştır ve ayrıca araştırmada promega enzimi kullanılmıştır (Tablo 2).

Çizelge 2. Tsw ve lokusların PCR amplifikasyonu için kullanılan primer dizileri

Table 2. Primer sequences used for PCR amplification of Tsw and loci

Primer name Primer adı	Primer sequences (5–3) Primer dizilişi(5-3)	PCR product (bp) PCR ürünü (bp)	Locus Lokus	Restriction enzyme Kısıtlama enzimi	References Kaynaklar
SCAC 568	GTGCCAGAGGAGGATTTAT GCGAGGTGGACTGATACT	568	TSW	XbaI	(Moury ve ark. 2000)

Bulgular ve tartışma

Erkenci verim

Denemede erkenci verim değerleri bitki başına meyve sayısı ve meyve ağırlığı olarak belirlenmiştir. Denemede kullanılan ana ebeveyn genotipler ve bunlardan elde edilen melezlerin erkenci meyve sayıları 20.06 adet/bitki (Koyu dolmalık x D1 melezi) ile 33.00 adet/bitki (Koyu dolmalık x Ü1 melezi) arasında, erkenci verimleri 0.393 kg/bitki (Koyu dolmalık x D1 melezi) ile 0.847 kg/bitki (Koyu dolmalık ana ebeveyn) arasında değişmiştir.

Erkenci meyve sayısı bakımından melez bitkiler ana ebeveynlere göre daha üstün olurken, erkenci verim bakımından melez bitkiler ana ebeveynlerden daha düşük verim vermiştir. Gerek erkenci meyve sayısı ve gerekse erkenci verim bakımından genotipler arasındaki farklar önemli çıkmamıştır. Erkenci meyve sayısı ve erkenci meyve verimine göre varyans analiz sonuçları Çizelge 3'te, ana ebeveyn ve melez genotiplerin erkenci meyve sayıları ve erkenci meyve verimleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Erkenci meyve sayısı ve erkenci meyve verimine ait varyans analizi

Table 3. Variance analysis of early fruit number and early fruit yield

Erkenci meyve sayısı - Number of early fruits					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	p
Genotip	550.501	8	68.813	1.871	0.128
Hata	662.011	18	36.778		
Toplam	20640.384	27			
Erkenci meyve verimi - Early fruit yield					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	P
Genotip	0.520	8	0.065	2.477	0.052
Hata	0.472	18	0.026		
Toplam	12.491	27			

Çizelge 4. Genotiplerin erkenci verimleri

Table 4. Early yields of genotypes

Genotip Genotype	Erkenci verim Early yields	
	Meyve sayısı (adet/bitki) Number of fruits (pcs/plant)	Verim (kg/bitki) Yield (kg/plant)
Üç Burun	24.05	0.770
Açık Dolmalık	22.16	0.703
Koyu Dolmalık	29.28	0.847
Üç Burun x D1	22.33	0.493
Koyu Dolmalık x D1	20.06	0.393
Açık Dolmalık x D1	27.59	0.550
Açık Dolmalık x Ü1	31.22	0.650
Üç Burun x Ü1	31.72	0.773
Koyu Dolmalık x Ü1	33.00	0.693
	ö.d.	ö.d.

ö.d.: Uygulamalar arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olmadığını ifade eder

Pazarlanabilir verim

Bitki başına düşen pazarlanabilir meyve sayısı 76.95 adet/bitki (Üç burun ana ebeveyn) ile 102.81 adet/bitki (Açık dolmalık x Ü1 melezi) arasında değişirken, pazarlanabilir meyve verimi 1.917 kg/bitki (Açık dolmalık x D1) ile 2.727 kg/bitki (Açık dolmalık ana ebeveyn) arasında değişmiştir. Pazarlanabilir meyve sayısı bakımından melez genotipler ana ebeveynlere göre daha üstün performans göstermiş ve genotipler arasındaki farklılıklar $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Pazarlanabilir meyve sayısında melez bitkilerde

ana ebeveynlere göre artış sağlanırken, üç burun x Ü1 melezi ana ebeveynine göre daha üstün verim vermiş, diğer melezlerin verimleri ana ebeveynlerin altında kalmıştır. Denemede pazarlanabilir meyve sayısı bakımından genotipler arasındaki farklılıklar $P \leq 0,01$ düzeyinde, pazarlanabilir verim bakımından genotipler arasındaki farklılıklar $P \leq 0,001$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Pazarlanabilir meyve sayısı ve pazarlanabilir meyve verimi Çizelge 5'te, ana ebeveyn ve melez genotiplerin pazarlanabilir meyve sayıları ve meyve verimleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Pazarlanabilir meyve sayısı ve pazarlanabilir meyve verimine ait varyans analizi

Table 5. Analysis of variance for the number of marketable fruits

Pazarlanabilir meyve sayısı - Number of marketable fruits					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	p
Genotip	1591.800	8	198.975	3.510	0.013
Hata	1020.301	18	56.683		
Toplam	238688.382	27			
Pazarlanabilir meyve verimi - Marketable fruit yield					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	P
Genotip	1.899	8	0.237	6.653	0.000
Hata	0.642	18	0.036		
Toplam	141.398	27			

Çizelge 6. Genotiplerin pazarlanabilir verimleri

Table 6. Marketable yields of genotypes

Genotip Genotype	Pazarlanabilir verim / Marketable yields	
	Meyve sayısı (adet/bitki) Number of fruits(pcs/plant)	Verim (kg/bitki) Yield (kg/plant)
Üç Burun	76.95 b	2.260 bc
Açık Dolmalık	88.13 ab	2.727 a
Koyu Dolmalık	90.69 a	2.593 ab
Üç Burun x D1	101.22 a	2.107 c
Koyu Dolmalık x D1	102.00 a	2.027 c
Açık Dolmalık x D1	93.44 a	1.917 c
Açık Dolmalık x Ü1	102.81 a	2.160 c
Üç Burun x Ü1	93.88 a	2.527 ab
Koyu Dolmalık x Ü1	92.44 a	2.093 c
	**	***

** Uygulamalar arasındaki farkların $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli olduğunu ifade eder

*** Uygulamalar arasındaki farkların $P \leq 0,001$ düzeyinde önemli olduğunu ifade eder

İskarta verim

Pazarlanabilir kalitede olmayan bozuk şekilli meyvelerin ıskarta olarak değerlendirilmiş ve genotiplerin ıskarta meyve sayıları 1.22 adet/bitki (Açık dolmalık x D1 melezi) ile 3.78 adet/bitki (Koyu dolmalık x D1) arasında, ıskarta meyve verimi 0.01 kg/bitki (Açık dolmalık x D1 melezi) ile 0.06 kg/bitki (Üç burun ana ebeveyn) arasında değişmiştir.

İskarta verim bakımından ana ebeveynler ile melezler arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Sayı ve ağırlık olarak ıskarta verim bakımından genotipler arasındaki farklar önemli çıkmamıştır. İskarta meyve sayısı ve ıskarta meyve verimine göre varyans analiz sonuçları Çizelge 7’de, ana ebeveyn ve melez genotiplerin ıskarta meyve sayıları ve ıskarta meyve verimleri Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 7. İskarta meyve sayısına ait varyans analizi

Table 7. Analysis of variance for the number of discarded fruits

İskarta meyve sayısı - Number of discarded fruits					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	P
Genotip	24.927	8	3.116	0.765	0.637
Hata	73.350	18	4.075		
Toplam	270.294	27			
İskarta meyve verimi - Discarded fruit yield					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	P
Genotip	0.006	8	0.001	0.809	0.603
Hata	0.016	18	0.001		
Toplam	0.062	27			

Çizelge 8. Genotiplerin İskarta verimleri
Table 8. Discard yields of genotypes

Genotip Genotype	Erkenci verim / Early yield	
	Meyve sayısı (adet/bitki) Number of fruits (pcs/plant)	Verim (kg/bitki) Yield (kg/plant)
Üç Burun	3.61	0.06
Açık Dolmalık	2.55	0.05
Koyu Dolmalık	1.45	0.03
Üç Burun x D1	2.17	0.03
Koyu Dolmalık x D1	3.78	0.05
Açık Dolmalık x D1	1.22	0.01
Açık Dolmalık x Ü1	3.00	0.04
Üç Burun x Ü1	1.39	0.02
Koyu Dolmalık x Ü1	3.55	0.05
	ö.d.	ö.d.

ö.d. ** Uygulamalar arasındaki farkların önemli olmadığını ifade eder.

Toplam verim

Denemede bitki başına düşen toplam meyve sayısı 80.56 adet/bitki (Üç burun ana ebeveyn) ile 105.81 adet/bitki (Açık dolmalık x Ü1 melezi) arasında değişirken, toplam meyve verimi 1.93 kg/bitki (Açık dolmalık x D1 melezi) ile 2.78 kg/bitki (Açık dolmalık ana ebeveyn) arasında değişmiştir. Bitki başına düşen toplam meyve sayısı bakımından melez genotipler ana ebeveynlere göre daha üstün performans göstermiş ve genotipler arasındaki farklılıklar $P \leq 0,05$ düzeyinde

önemli bulunmuştur. Toplam verimde üç burun x Ü1 melezi ana ebeveynine göre daha üstün verim vermiş, diğer melezlerin verimleri ana ebeveynlerin altında kalmıştır. Denemede toplam meyve verimi bakımından genotipler arasındaki farklılıklar $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Bitki başına toplam meyve sayısı ve toplam meyve verimi varyans analiz sonuçları Çizelge 9'da, ana ebeveyn ve melez genotiplerin toplam meyve sayıları ve meyve verimleri Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 9. Toplam meyve sayısına ait varyans analizi
Table 9. Analysis of variance of total number of fruits

Toplam meyve sayısı - Total number of fruits					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	P
Genotip	1591.325	8	198.916	3.125	0.021
Hata	1145.840	18	63.658		
Toplam	251730.471	27			
Toplam meyve verimi - Total fruit yield					
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	P
Genotip	1.931	8	0.241	6.397	0.001
Hata	0.679	18	0.038		
Toplam	146.117	27			

Çizelge 10. Genotiplerin Toplam verimleri
Table 10. Total yield of genotypes

Genotip Genotype	Toplam Verim Total Yield	
	Meyve sayısı (adet/bitki) Number offruits(pcs/plant)	Verim (kg/bitki) Yield (kg/plant)
Üç Burun	80.56 b	2.32 bc
Açık Dolmalık	90.68 ab	2.78 a
Koyu Dolmalık	92.14 ab	2.62 ab
Üç Burun x D1	103.39 a	2.13 cd
Koyu Dolmalık x D1	105.78 a	2.07 cd
Açık Dolmalık x D1	94.67 ab	1.93 d
Açık Dolmalık x Ü1	105.81 a	2.20 cd
Üç Burun x Ü1	95.26 ab	2.55 ab
Koyu Dolmalık x Ü1	96.00 a	2.15 cd
	*	**

* Uygulamalar arasındaki farkların $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu ifade eder.

** Uygulamalar arasındaki farkların $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli olduğunu ifade eder.

Ortalama meyve ağırlığı

Denemede kullanılan ana ebeveyn genotiplerin ve bunlardan elde edilen melezlerin ortalama meyve ağırlığı 19.87 adet/bitki (koyu dolmalık x D1 melezi) ile 31.14 adet/bitki (açık dolmalık ana ebeveyn) arasında değişmiştir. Melez genotiplerin ortalama meyve ağırlığı ebeveynlere göre daha

düşük çıkmıştır. Ortalama meyve ağırlığı bakımından genotipler arasındaki fark $P \leq 0,001$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Ortalama meyve ağırlığına göre varyans analiz sonuçları Çizelge 11'de, ana ebeveynler ve melez genotiplerin ortalama meyve ağırlıkları Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 11. Ortalama meyve ağırlığına ait varyans analizi
Table 11. Analysis of variance of average fruit weight

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Düzeltilme Faktörü	Kareler Ortalaması	F	P
Genotip	472.669	8	59.084	13.600	0.000
Hata	78.197	18	4.344		
Toplam	16842.496	27			

Çizelge 12. Genotiplerin ortalama meyve ağırlıkları

Table 12. Mean fruit weights of genotypes

Genotip Genotype	Ortalama Meyve Ağırlığı (g) Mean Fruit Weight (g)
Üç Burun	29.39 ab
Açık Dolmalık	31.14 a
Koyu Dolmalık	28.74 ab
Üç Burun x D1	20.74 c
Koyu Dolmalık x D1	19.87 c
Açık Dolmalık x D1	20.54 c
Açık Dolmalık x Ü1	21.10 c
Üç Burun x Ü1	26.86 b
Koyu Dolmalık x Ü1	22.69 c

*** Uygulamalar arasındaki farkların $P \leq 0,001$ düzeyinde önemli olduğunu ifade eder.

Meyve özellikleri

Denemede kullanılan melez bitkilerin meyve renkleri ana ebeveynlerin rengine benzer çıkmış ve koyu yeşil, açık yeşil ve yeşil olarak gözlenmiştir. Melez bitkilerin meyve şekli ana ebeveynlerin meyve şekline benzer çıkmış, uzun yuvarlak ve oval

yuvarlak şeklinde gözlenmiştir. Meyvede lob sayıları da ana ebeveynin lob sayısına benzer çıkmış ve 3 ve 4 loblu olarak gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan ana ve melez bitkilerin meyve rengi, meyve şekli ve lob sayıları çizelge 13'te verilmiştir.

Çizelge 13. Genotiplerin meyve rengi, meyve şekli ve lob sayıları

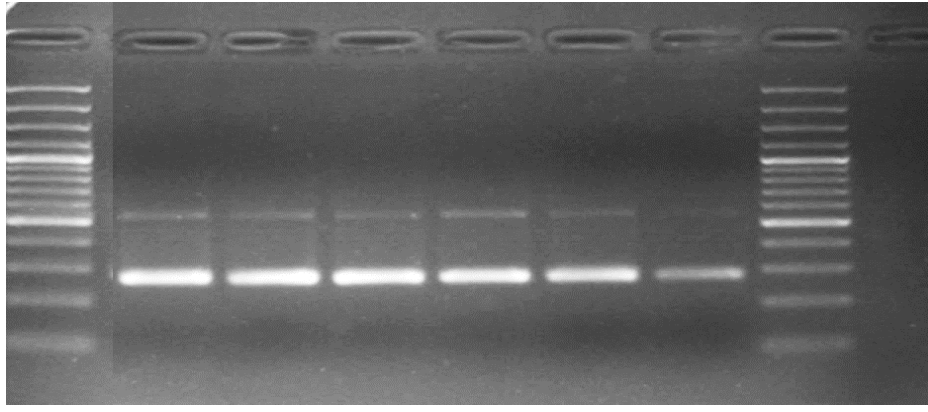
Table 13. Fruit colour, fruit shape and number of lobes of genotypes

Genotip Genotypes	Meyve Rengi Fruit colour	Meyve Şekli Fruit Shape	Lob Sayısı Number of lobes
Koyu Dolmalık	Koyu Yeşil	Yuvarlak-Uzun	4
Açık Dolmalık	Açık Yeşil	Yuvarlak-Oval	3
Üç Burun	Yeşil	Yuvarlak-Oval	3
Koyu Dolmalık X Ü1	Koyu Yeşil	Yuvarlak-Uzun	4
Koyu Dolmalık X D1	Koyu Yeşil	Yuvarlak-Uzun	4
Açık Dolmalık X Ü1	Açık Yeşil	Yuvarlak-Oval	3
Açık Dolmalık X D1	Açık Yeşil	Yuvarlak-Oval	3
Üç Burun X Ü1	Yeşil	Yuvarlak-Oval	3
Üç Burun X D1	Yeşil	Yuvarlak-Oval	3

TSWV dayanıklılık düzeylerinin moleküler ve patolojik bulguları

Denemede kullanılan melez bitkilerde TSWV dayanıklılığının belirlenmesinde Moury ve ark. (2000) tarafından geliştirilen ve TSWV genine özelleşmiş CAPS markırı (SCAC 568) kullanılmıştır.

Deneme sonucunda melez bitkilerde TSWV geni SCAC 568 primeri ile heterozigot profil göstermiştir. Melez bitkilerin TSWV'ye dayanımları heterozigot dayanıklılık şeklinde değerlendirilmiştir. Taq polimerase enzimi kesim sonuçları Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Melez genotiplerin TSW genine ait görünüm

Figure 5. View of TSW gene of hybrid genotypes

Tokat biberi olarak bilinen yerel dolmalık ve üç burun biber hatlarının TSWV dayanımlı donör bitkilerle melezlenmeleri ile elde edilen melez bitkilerde dayanıklılık düzeyi hem patolojik testleme hem de markır tekniği kullanılarak test edilmiştir. Başlangıçta herhangi bir semptom görülmemiş, ancak özellikle tül serada sıcaklığın 35°C'nin üzerine çıkması ile beraber hem ana ebeveyn bitkilerde hem de melez bitkilerde yaprak ve meyvelerde TSWV semptomları görülmüştür. Semptomlar bitkiler yaşlandığında daha da belirgin hale gelmiştir.

Ayrıca aynı melezin farklı bitkilerinde TSWV'ye dayanıklılık konusunda farklı sonuçlar ortaya çıkmış, bitkilerin yaklaşık % 50'si TSWV zararı daha şiddetli görülmüştür. Domates lekeli solgunluk virüsü domates ve biber başta olmak üzere birçok bitkide zarar oluşturmaktadır ve *Frankliniella occidentalis* Pergande bu virüsün taşınmasında ve yayılmasında oldukça etkili bir vektördür (German ve ark., 1992).

Biberde *Capsicum chinense* Jacq türünün farklı aksesyonlarında dayanıklılık tespit edilmiş olup, majör bir gen olan TSW geni TSWV'ye dayanıklılık sağlamaktadır (Black ve ark., 1991; Boiteux, 1995; Moury ve ark., 1997). Ancak yapılan çalışmalar TSW geninin zaman zaman etkisiz kaldığı ve kırıldığını ortaya koymuştur. Özellikle genç bitkilerin 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara maruz kalması, bitkinin yaşı, iklim koşulları, patojenite ve bitkinin maruz kaldığı inokulum yoğunluğu bitkideki dayanıklılığın kırılmasına neden olmaktadır (Black ve ark., 1991; Nuez ve ark., 1994; Gil-Ortega ve Luis, 1994; Salomon ve ark., 2016).

Roggero (2002)'da yüksek sıcaklıklar ve

enfeksiyonun bitkiye bulaştığı döneme bağlı olarak biberde TSWV'ye dayanıklılığın kırıldığını belirtmektedir. Denemede TSWV dayanımının yüksek sıcaklıklarda kırılmasına yönelik elde edilen bulgular literatür sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

Moury ve ark. (1998), biberde TSWV'ye dayanıklılığı TSW lokusundaki heterozigotluk veya homozigotluk ile ilişkilendirmektedir. Araştırmacılar hibrit bir biber bitkisi sürekli yüksek sıcaklıklarda yetiştirildiğinde TSW lokusu heterozigot ise homozigot olana göre daha az dayanıklı olmaktadır. Bu nedenle de TSW lokusu homozigot çeşitlerin geliştirilmesini önermektedirler.

Ayrıca, Çelik ve ark. (2018), TSWV'ye dayanıklı 3 hattı donör bitki olarak kullanarak Serademre 8 bitkisi ile melezlemişler ve F₁ bitkilerinde dayanıklılığın %49,5 olduğunu, melez bitkileri F₅ kademesine kadar kendilediklerinde ise dayanıklılığın %98'e kadar ulaştığını belirlemişlerdir. Denememizde de hibrit çeşitlerde dayanıklılığın bitkiler bazında farklı düzeylerde ortaya çıkması bu çalışma ile benzerlik göstermiştir.

Sonuçlar

Tokat biberi popülasyonlarından tek sel seleksiyon yoluyla elde edilen dolmalık ve üç burun yerel biber hatlarından TSWV'ye dayanıklı melez bitkiler elde etmek için yürütülen çalışmada 2 dolmalık ve bir üç burun biber hattı ana ebeveyn olarak kullanılmış ve TSWV'ye dayanıklılık geni olan TSW genini taşıyan dolmalık ve üç burun donör biber hatları ile melezlenmiştir. Melezlemeler

sonucunda 6 melez genotip elde edilmiş, melez genotiplerde meyve özellikleri, verim ve TSWV dayanım düzeyleri araştırılmıştır. Çalışmada melezlemeler başarıyla tamamlanmış ve yeterli düzeyde F₁ tohum elde edilmiştir.

Verim özellikleri bakımından bazı melez bitkiler ana ebeveynlere göre daha üstün performans gösterememişlerdir. Genotipler arasında önemli farklılıklar oluşmakla beraber, melez bitkilerin pazarlanabilir ve toplam verimleri ana ebeveyn hatlardan düşük çıkmıştır. Benzer şekilde melez bitkilerin ortalama meyve ağırlıkları da ana ebeveyn bitkilerin altında kalmıştır. Meyve şekli, meyve rengi ve meyvedeki lob sayısı %100 ana ebeveynin aynısı çıkmıştır. Patolojik testlemelerde vejetasyon döneminde bitkilerin gelişimi sağlıklı şekilde devam etmiş, ancak sera içi sıcaklıkların 30 °C'nin üzerine çıkması ile birlikte melez bitkilerde TSW geninin etkisiz kaldığı ve dayanıklılığın kırıldığı gözlenmiştir. Bu dönemde özellikle melez bitkilerde yaprak ve sürgünlerde TSWV belirtileri görülmüş ve ilerleyen dönemlerde belirtiler meyvelerde de görülmeye başlanmıştır. Melez bitkilerde TSW dayanıklılık geninin incelendiği çalışmada melez bitkilerin heterozigot dayanıklılığa sahip oldukları anlaşılmıştır.

Bu veriler ışığında ortaya çıkan en önemli sonuç eğer biberde TSWV'ye dayanıklı melez bitkiler geliştirilmek isteniyorsa dayanıklılığın kaynağı olarak kabul edilen TSW geninin ana ebeveynde olması tercih edilmelidir. Yerel popülasyonlardan TSWV'ye dayanıklı melez bireyler elde edilecekse öncelikli olarak TSW geni taşıyan donör bitkilerle melezlendikten sonra geriye melezlemeler yapılarak dayanıklı ve aynı zamanda kendine has özellikleri kaybolmamış hatların (yariyol materyali) elde edilmesi gerekir. Bu durum zaman alsa da ıslah tekniği açısından uygulanması oldukça kolay tekniklerden biridir.

Denemede TSW geninin özellikle yüksek sıcaklık koşullarında kırıldığı gözlenmiştir. Literatürde de yüksek sıcaklık, patojen yoğunluğu, ırk farklılığı gibi faktörlere bağlı olarak TSW geninin kırıldığı genel olarak kabul görmektedir. Bununla beraber günümüzde biberde domates lekeli solgunluk virüsüne karşı dayanıklılık kaynağı olarak sadece

TSW geni bilinmekte ve kırılması söz konusu olmasına rağmen koruyucu etkisi göz ardı edilememektedir. Dolayısıyla bir yandan TSW geninin dayanıklılıkta kullanılırken, diğer yandan yüksek sıcaklık, saldırgan patojen vb. durumlarda TSWV'ye karşı koruyuculuğunu devam ettirecek yeni dayanıklılık kaynaklarının bulunması ve *C. annuum* aktarılması gerekmektedir.

Yazarların Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Beyanlar

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiş olup, emeği geçenlere teşekkür ederiz.

Ekler

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, bilimsel araştırma projeleri komisyonu tarafından 2020/93 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Adamu, U., & Ado, S. G. (1988). Genotypic variability in fruit characteristics of pepper. (*Capsicum spp.*).
- Ahmed, N., & Muzafar, H. (2000). Heterosis studies for fruit yield and some economic characters in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum & Eggplant Newsletter*, (19), 74-77.
- Akıncı, S., Çağlar, G., Akıncı İ. E., Doğan, N., & Aras, V. (1998). Bazı yabancı çeşitlerin kurutmalık kırmızı biber üretimine uygunluklarının belirlenmesi. 2. *Sebze Tarımı Sempozyumu 28- 30 Eylül. Tokat.*
- Alegbejo, M. D., & Orakwue, F. C. (2002). Characteristics of some pepper cultivars commonly grown in Nigeria. *Capsicum Eggplant Newsletter* No: 21:2-24.
- Anonymous (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim Tarihi: 11.06.2019).
- Avila, Y., Stavisky, J., Hague, S., Funderburk, J., Reitz, S., &

- Momol, T. (2006). Evaluation of frankliniella bispinosa (Thysanoptera: Thripidae) as a vector of the tomato spotted wilt virus in pepper. *Florida Entomologist*, 89(2), 204-207.
- Aybak, H. Ç. (2002). Biber yetiştiriciliği. Hasad yayıncılık, İstanbul.
- Ballester, J., & De Vicente, M. C. (1998). Determination of F1 hybrid seed purity in pepper using PCRbased markers. *Euphytica* 103:223–226.
- Barroso, P. A., Rêgo E. R., Rêgo M. M., Nascimento K. S., Nascimento N. F. F., Nascimento M. F., Soares W. S., Ferreira K. T. C., & Otoni W. C. (2012). Analysis of segregating generation for components of seedling and plant height of pepper (*Capsicum annuum* L.) for medicinal and ornamental purposes. *Acta Hort* 953:269–275.
- Biles, C. L., Martiny, R. D., & Wilson, H. D. (1989). Isoenzymes and general proteins from various watermelon cultivars and tissue types. *Hort. Science*. 24:810–812.
- Black, L. L. (1991). Year- Round Vegetable Production Systems. Effects of grafting and shelters on sweet peppers grown in the hot-wet season. *AVRDC Progress Report* 2002. P.61.
- Black, L. L., Hobbs, H. A., & Gatti, J. M. (1991). Tomato spotted wilt virus resistance in *Capsicum chinense* 'PI 152225' and 'PI 159236'. *Plant Dis* 75: 863.
- Boiteux, L. S., Nagata, T., Dutra, W. P., & Fonseca, M. E. N. (1993). Sources of resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) in cultivated and wild species of *Capsicum*. *Euphytica*, 67:89-94.
- Boiteux, L. S., & De Avila, A. C. (1994). Inheritance of a resistance specific to tomato spotted wilt tospovirus in *Capsicum chinense* 'PI 159236'. *Euphytica*, 75(1), 139- 142.
- Boiteux, L. S., (1995). Allelic relationships between genes for resistance to tomato spotted wilt tospovirus in *Capsicum chinense*. *Theor. Appl. Genet.* 90: 146–149.
- Bosland P. W., & Votava E. J. (2003). Peppers: vegetable and spice capsicums. *CABI, New York, 204p*.
- Bozokalfa, K., Eşiyok, D., & Turhan, K. (2009). Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Turkey. *Spanish Journal of Agricultural*, 7 (1):83-95. *Capsicum and Eggplant Newsletter*. 7: 46.
- Cheng, S. S., Green, S. K., Griggs, T. D., & McLean, B. T. (1989). The use of *Capsicum chinense* as sweet pepper cultivars and sources for gene transfer. In: tomato and pepper production in the tropics. *Proceedings of the international symposium on integrated management practices*, Tainan, Taiwan, 2 1-26 March 1988.
- Cherian, E. V., & Indira, P. (2003). Variability in *Capsicum chinense* Jacq. germplasm. *capsicum and eggplant newsletter*. 22:39-43.
- Chiemsombat, P., & Adkins, S. (2006). Tospoviruses In: characterization, diagnosis and management of plant viruses (Rao, G.P., Lava Kumar, P. And Holguín-Peña, R.J., eds), pp. 1–37. Houston, TX: studium press.
- Crossa, J., Campos, G. D. L., Pérez, P., Gianola, D., Burgueño, J., Araus, J. L., & Braun, H. J. (2010). Prediction of genetic values of quantitative traits in plant breeding using pedigree and molecular markers. *Genetics*, 186(2), 713-724.
- Çelik, İ., Özalp, R., Çelik, N., Polat, İ., & Görkem, S. Ü. L. Ü. (2018). Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV)'ne dayanıklı sivri biber hatlarının geliştirilmesi. *Derim*, 35(1), 27-36.
- Çetin, A. N. (2023). Bazı kapyra biber genotiplerinin TSWV (Domates Lekeli Solgunluk Virüsü) ve TMV (Tütün Mozaik Virüsü)'ye dayanım düzeylerinin belirlenmesi ve heterotik gruplarının oluşturulması.
- De Avila, A. C., Haan, P. D., Kitajima, E. W., Kormelink, R., Resende, R. D. O., Goldbach, R. W., & Peters, D. (1992). Characterization of a distinct isolate of tomato spotted wilt virus (TSWV) from *Impatiens* sp. in the Netherlands. *Journal of Phytopathology*, 134(2), 133-151.
- De Ronde, D., Pasquier, A., Ying, S., Butterbach, P., Lohuis, D., & Kormelink, R. (2014). Analysis of Tomato spotted wilt virus NSs protein indicates the importance of the N-terminal domain for avirulence and RNA silencing suppression. *Molecular Plant Pathology*, 15, 185–195.
- Duman, İ., & Düzyaman, E. (2004). Türkiye'de yetiştirilen bazı önemli biber genotiplerinin morfolojik varyabilitesi üzerine bir araştırma. *Ege Ü.Z.F. Dergisi*. 41 (3):55-56
- El Tahir, I. M. (1994). Collection and Characterization of Hot Pepper Germplasm in Sudan. *Horticultural Germplasm Unit, Agricultural Research Corporation. Wad Medani, Sudan. Capsicum and Eggplant Newsletter*. 13:36-39.
- Emmanuel-Ikpeme, C., Henry, P., & Okiri, O. A. (2014). Comparative evaluation of the nutritional, phytochemical and microbiological quality of three pepper varieties. *Journal of food and nutrition sciences*, 2(3), 74-80.
- Eshbaugh, W.H. (1980). The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). *Phytologia* 47:153–165.
- Fao, (2021). World Pepper Production List, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>: [Erişim Tarihi: 26.06. 2024].
- Fehr, W. R. (1987). Principle of Cultivar Development. Theory and Technique. Vol. I. MacMillan Pub. Co. New York. 536p.
- Fery, R. L., & Dukes, P. D. (2005). Potential for utilization of pepper germplasm with a variable reaction to *Sclerotium rolfsii* Sacc. to develop southern blight-resistant pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Plant Genetic Resources*, 3(3), 326-330.
- Fidan, H., & Nuray, S. A. R. I. (2019). Domateste Tomato spotted wilt virüsü'üne karşı dayanıklılığı kıran izolatinin fenotipik karakterizasyonu. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 307-314.
- Florini, D. A., & Zitter, T. A. (1987). Cucumber mosaic virus

- (CMV) in peppers (*Capsicum annuum* L.) in New York and associated yield losses. *Phytopathology*, 77: 652.
- Geleta, L. F., & Labuschagne, M. T. (2004). Hybrid performance for yield and other characteristics in peppers (*Capsicum annuum* L.). *The Journal of Agricultural Science*, 142(4), 411-419.
- Geleta, L. F., Labuschagne, M. T., & Viljoen, C. D. (2004). Relationship between heterosis and genetic distance based on morphological traits and AFLP markers in pepper. *Plant Breeding*, 123(5), 467-473.
- German, T.L., Ullman, D.E., & Moyer, J.W. (1992). *Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, and vector relationships*. *Annu Rev Phytopathol* 30: 315–348 [ejpp835.tex; 3/07/1998; 10:01; p.9](#).
- Gil-Ortega, R., & Luis, M. (1994). Should 'PI 152225' (*Capsicum chinense*) resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) be used in breeding programs? *Capsicum Newslet* 13: 88–89.
- Gitaitis, R. D., Dowler, C. C., & Chalfant, R. B. (1998). Epidemiology of tomato spotted wilt in pepper and tomato in southern Georgia. *Plant Disease*, 82 (7), 752-756.
- Gnayem, N. 1995. Epidemiological and biological aspects of tomato spotted wilt virus-TSWV (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis Submitted to the Faculty of Agriculture of Hebrew University of Jerusalem, Rehavot, Israel).
- Green, S. K., & Kim, J. S. (1991). Source of resistance to viruses of pepper (*Capsicum spp.*): A catalog. *Technical Bulletin*, 20, AVRDC, 64.
- Greenleaf W. H. (1986). Pepper breeding. In: Basset MJ (ed) *Breeding vegetable crops*.
- Groves, R. L., Walgenbach, J. F., Moyer, J. W., & Kennedy, G. G. (2002). The role of weed hosts and tobacco thrips, *Frankliniella fusca*, in the epidemiology of Tomato spotted wilt virus. *Plant Disease*, 86(6), 573-582.
- Gvozdenovic, D. J. (2002). Characteristics of The Assortment of Novi Sad Peppers. *Acta Horticulture* 579:177-179.
- Hanssen, I. M., Lapidot, M., & Thomma, B. P. H. J. (2010). Emerging viral diseases of tomato crops. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 23:539–548.
- İlbi, H. (2003). RAPD markers assisted varietal identification and genetic purity test in pepper, *Capsicum annuum*. *Sci Hortic* 97:211–218.
- Irikova, T., Grozeva, S., & Rodeva, V. (2011). Anther culture in pepper (*Capsicum annuum* L.) in vitro. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(5), 1559-1570.
- Jahn, M., Paran, I., Hoffmann, K., Radwanski, E. R., Livingstone, K. D., Grube, R. C., & Moyer, J. (2000). Genetic mapping of the TSW locus for resistance to the Tospovirus Tomato spotted wilt virus in *Capsicum* spp. and its relationship to the Sw-5 gene for resistance to the same pathogen in tomato. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 13(6), 673-682.
- 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.
- Karagül, S., Keleş, D., & Demirtaş, B. (2005). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Biber (*Capsicum annuum*) Yetiştiriciliğinin Problemleri ve Çözüm Önerileri. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23Eylül, s. 154–161. Şanlıurfa.
- Keleş, D. (2007). Farklı biber tiplerinin karakterizasyonu ve düşük sıcaklığa tolerans. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış). 212 s. Adana.
- Keleş, D., Rastgeldi, U., Karaipçin, Z., Karagül, S., Soylu, M.K., Çömlekçioglu, N., & Büyükcalaca, S. (2016). Seleksiyon Yoluyla Şanlıurfa Biber Islahı. *Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Erdemli, Mersin. Ala tarım* 2016, 15 (1): 39-44
- Kenyon, L., Kumar, S., Tsai, W. S., & Hughes, J. D. (2014). Virus diseases of peppers (*Capsicum spp.*) and their control. *Advances in Virus Research*, 90:297-354. doi:10.1016/B978-0-12-801246-8.00006-8.
- Kim, M., Jang, I. C., Kim, J. A., Park, E. J., Yoon, M., & Lee, Y. (2008). Embryogenesis and plant regeneration of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) through isolated microspore culture. *Plant cell reports*, 27(3), 425-434.
- Lee, J. M., (1994). Cultivation of grafted vegetables. I. current status grafting methods and benefits. *Hortscience*, 29(4):235-239.
- Lefebvre, V., (2004). Molecular markers for genetics and breeding: development and use in pepper (*Capsicum spp.*). In *Molecular marker systems in plant breeding and crop improvement* (pp. 189-214). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Livneh, O., Vardi, E., Stram, Y., Edelbaum, O., & Sela, I. (1992). The conversion of a RFLP assay into PCR for the determination of purity in a hybrid pepper cultivar. *Euphytica* 62:97–102.
- Marama, F., Dessalegne, L., Fininsa, C., & Sigvald, R. (2009). Heterosis and heritability in crosses among Asian and Ethiopian parents of hot pepper genotypes. *Euphytica*, 168(2), 235-247.
- Margarita, P., Ciuffo, M., Pacifico, D., & Turina, M. (2007). Evidence that the nonstructural protein of Tomato spotted wilt virus is the avirulence determinant in the interaction with resistant pepper carrying the TSW gene. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 20:547–558.
- Mohamed, M. B. (1984). Evaluation of Sweet Pepper Cultivars in the Sudan. *Acta Horticulturae* 143, Tropical Horticulture VIII. 189- 193
- Moury, B., & Verdin E. (2012). Viruses of pepper crops in the Mediterranean basin: a remarkable stasis. *Advances in Virus Research*, 84, 127–162.
- Moury, B., Palloix, A., Gebre-Selassie, K., & Marchoux, G. (1997). Hypersensitive resistance to Tomato spotted wilt virus in three *Capsicum chinense* accessions is

- controlled by a single gene and is overcome by virulent strains. *Euphytica*, 94:45–52.
- Moury, B., Pflieger, S., Blattes, A., Lefebvre, V., & Palloix, A. (2000). A CAPS marker to assist selection of tomato spotted wilt virus (TSWV) resistance in pepper. *Genome*, 43 (1): 137–142.
- Moury, B., Selassie, K. G., Marchoux, G., Daubèze, A. M., & Palloix, A. (1998). High temperature effects on hypersensitive resistance to tomato spotted wilt tospovirus (TSWV) in pepper (*Capsicum chinense* J.). *European Journal of Plant Pathology*, 104(5), 489-498.
- Mutlu, S., Haytaoğlu, A. Kır, A., & İçer, B. (2009). Ulusal gen bankası biber (*Capsicum annum* L.) materyalinde morfolojik karakterizasyon. *Anadolu, J. of AARI*. 1 (1):63- 91.
- Nuez, F., Diez, M. J., Roselló, S., Lacasa, A., Jordá, C., Martin, M., & Costa, J. (1994). Genetic resistance to TSWV (tomato spotted wilt virus) in *Capsicum* spp. *Capsicum Newsl* 13: 86–87.
- Otulaj, A. O., & Makine, M. J. (1994). Assesment of the Vegetative, Reproductive Characters and Fruit Production pattern of Pepper Cultivars (*Capsicum* spp.). *Capsicum Eggplant Newsletter* No.13:54-57.
- Paran, I., Aftergoot, E., & Shifriess C. (1998). Variation in *Capsicum annum* revealed by RAPD and AFLP markers. *Euphytica* 99:167–173.
- Pardossi, A., Tognoni, F., & Incrocci, L. (2004). Mediterranean greenhouse technology. *Chronica horticulturae*, 44(2), 28-34.
- Parrella, G., Gognalons, P., Gebre-Selassie, K., Vovlas, C., & Marchoux, G. (2003). An update of the host range of Tomato spotted wilt virus. *Journal of Plant Pathology*, 227-264.
- Rêgo, E. R., Rego, M. M., Finger, F. L., Cruz, C. D., & Casali, V. W. D. (2009). A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). *Euphytica* 168:275–287.
- Rêgo, E. R., Rêgo, M. M., Matos, IWF., & Barbosa, L. A. (2011). Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. *Hortic Bras* 29:364–371.
- Rivero, R. M., Ruiz, J. M., & Romero, L. (2003). Role of Grafting in Horticultural Plants Under Stress Conditions. *Food, Agriculture and Environment*. 1:70 – 74.
- Roditakis, N. E., Lykouressis, D. P., & Goulinopoulou, N. G. (2001). Color preference,
- Roggero, P. 2002. Infection of tospoviruses in pepper and control by resistant plants. *Biológico, São Paulo*, 64(2), 179-181.
- Roggero, P., Pennazio, S., Masenga, V., & Tavella, L. (2002, December). Resistance to tospoviruses in pepper. In *Thrips and tospoviruses: proceedings of the 7th international symposium on Thysanoptera* (CD-ROM). A NIC, Canberra (pp. 105-110).
- Salamon, P., Mitykó, J., Kalo, P., & Szabo, Z. (2016). Symptoms caused by Tomato spotted wilt virus (TSWV) in pepper (*Capsicum* spp.) and marker assisted selection of TSWV resistant pepper lines for hybrid constructions. In *Proceedings XVI, Eucarpia Capsicum and Eggplant Meeting, Kecskemét, Hungary* (pp. 12-14).
- Scholthof, K. B. G., Adkins, S., Czosnek, H., Palukaitis, P., Jacquot, E., Hohn, T., & Hemenway, C. (2011). Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 12 (9), 938-954.
- Sharma, V. K., Punetha, S., & Sharma, B. B. (2013). Heterosis studies for earliness, fruit yield and yield attributing traits in bell pepper. *African Journal of Agricultural Research*, 8(29), 4088-4098.
- Sharma, V. K., Srivastava, A., & Mangal, M. (2020). Recent Trends in Sweet Pepper Breeding. In *Accelerated Plant Breeding, Volume 2* (pp. 417-444). Springer, Cham.
- Sharman, M., & Persley, D. M. (2006). Field isolates of Tomato spotted wilt virus overcoming resistance in capsicum in Australia. *Australasian Plant Pathology*, 35(2), 123-128.
- Shrestha, S. L., Luitel, B. P., & Kang, W. H. (2011). Heterosis and heterobeltiosis studies in sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52(3), 278-283. sticky trap catches and distribution of western flower thrips in greenhouse cucumber, sweet pepper and eggplant crops. *Southwest. Entomology*, 26: 227–238.
- Şevik, M. A. (2015). Sebze Üretimini Tehdit Eden Viral Hastalık Etmeni: Domates lekeli solgunluk virüsü (Tomato spotted wilt virus–TSWV). *Fen Bilimleri Enst. Dergisi İğdir Univ. J. Inst. Sci. & Tech*, 5(2), 17-23.
- TÜİK, (2020). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>.
- TÜİK, (2022). Türkiye Biber Üretim Verileri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-202349535>.
- Ullman, D. E., Sherwood, J. L., & German, T. L. (1997). Thrips as vectors of plant pathogens. *Thrips as vectors of plant pathogens.*, 539-565.
- Valsikova, M., Strelec, V., & Kopec, K. (1983). Morphological Traits of Sweet Pepper. *Capsicum Eggplant Newsletter* No.2:73-74
- Yoon, J. Y., Green, S. K., Tschanz, A. T., Tsou, S. C. S., & Chang, L. C. (1989). Pepper improvement for the tropics, problems and the avrdc approach. *Asian Vegetable Research and Development Center, Tomato and Pepper Production in the Tropics*, AVRDC, Shanhu, Tainan, 86-98.
- Zatykó, L. (2006). Pepper (*Capsicum annum* L.) breeding methods at the turn of the century. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(2), 179-202.