



Türkiye’de Biberde Tsw Geni Dayanıklılığını Kıran *Tomato spotted wilt virus* İzolatlarının Yaygınlığı

Prevalence of Tsw-Resistance Breaking Strains of *Tomato spotted wilt virus* Isolates in Pepper in Türkiye

İlyas Deligöz¹ , Abdullah Baltacı² , Nazlı Dide Kutluk Yılmaz³ 

Geliş Tarihi (Received): 05.05.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 11.11.2025

Yayın Tarihi (Published): 29.12.2025

Öz: *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) tüm dünyada biberi enfekte eden en yaygın virüslerden birisidir. Bu çalışmada 2017 yılında Antalya, Samsun, Manisa, Çanakkale ve Bursa illeri biber üretim alanlarından elde edilen 221 biber TSWV izolatının biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kırma durumları ile biberde *Tsw* genini kıran izolatların domateste TSWV’ye dayanıklılık sağlayan *Sw-5* dayanıklılığını kırabilme durumları incelenmiştir. Bu amaçla izolatlar, *Tsw* genine sahip iki farklı *Capsicum chinense* genotipine (PI 152225 ve PI 159236) ve *Tsw* geni içermeyen Yolo Wonder genotipine ait beşer bitkinin her birine mekanik inokulasyon yöntemi ile ayrı ayrı olarak inokule edilmiştir. İnokulasyondan dört hafta sonra bitkiler simtomatolojik olarak ve ELISA testi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda 221 izolatın 92’sinin (%41.6) biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kırdığı belirlenmiştir. Dayanıklılık kıran izolatlar, Antalya (%77), Samsun (%37.2) ve Çanakkale (%100) illerinde saptanırken, Manisa ve Bursa illerinde yalnızca dayanıklılık kırmayan izolatlar belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıran TSWV izolatlarının tamamının domateste *Sw-5* geni dayanıklılığını kıramadıkları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: TSWV, *Capsicum annuum*, *Tsw*, Dayanıklılık kırılması, Türkiye

&

Abstract: *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) is one of the most common viruses infecting pepper worldwide. In this study, 221 pepper TSWV isolates obtained from pepper production areas in Antalya, Samsun, Manisa, Çanakkale and Bursa provinces of Türkiye in 2017 were examined for breaking the *Tsw* gene resistance in pepper. The ability of the isolates that overcame the *Tsw* gene-mediated resistance in pepper to break the *Sw-5* gene-mediated resistance to TSWV in tomato was assessed. For this purpose, the isolates were mechanically inoculated on each of five plants of two different *Capsicum chinense* genotypes with *Tsw* gene (PI 152225 and PI 159236) and Yolo Wonder genotypes without *Tsw* gene. Four weeks after inoculation, the plants were evaluated symptomatologically and by ELISA. As a result of the study, 92 out of 221 isolates (41.6%) were found to break the *Tsw* gene resistance in pepper. Resistance-breaking isolates were detected in Antalya (%77), Samsun (%37.2) and Çanakkale (%100) provinces, while only non-resistance-breaking isolates were detected in Manisa and Bursa provinces in Türkiye. In addition, it was determined in the study that all TSWV isolates breaking the *Tsw* gene-mediated resistance in pepper were unable to overcome the *Sw-5* gene-mediated resistance in tomato.

Keywords: TSWV, *Capsicum annuum*, *Tsw*, Resistance breaking strain, Türkiye

Atıf/Cite as: Deligöz, İ., Baltacı, A., & Kutluk Yılmaz, N.Y. (2025). Türkiye’de biberde tsw geni dayanıklılığını kıran tomato spotted wilt virus izolatlarının yaygınlığı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 11(3), 284-303. doi: 10.24180/ijaws.1691792

İntihal-Plagiarism/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹Doç. Dr. İlyas DELİGÖZ, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü, ilyasdeligoz@yahoo.com (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

²Dr. Abdullah BALTAÇI, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü, zmabdullah@gmail.com

³Prof. Dr. Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, nazlik@omu.edu.tr

GİRİŞ

Solanaceae familyasının *Capsicum* cinsi içerisinde yer alan biber (*Capsicum annuum* L.), ılıman ve subtropik iklime sahip olan ülkelerde tek yıllık olarak, tropikal iklime sahip ülkelere ise iki veya çok yıllık olarak yetiştirilen bir bitki türüdür. Taze tüketimin yanı sıra sofralık veya sanayide işlenerek te kullanılabilen biber; salça, pul biber, turşu, acı sos, ketçap, boya ve ilaç sanayinde farklı şekillerde değerlendirilmektedir (Aybak, 2002; Aybak, 2007). Türkiye 3.081.010 ton biber üretimi ile Çin ve Meksika'dan sonra 3. sırada yer almakta olup, dünyada üretilen 38.310.350 milyon ton biberin yaklaşık %8'i Türkiye'de üretilmektedir (FAO, 2025). Ülkemizde biber yetiştiriciliği Akdeniz, Ege, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde yoğun olarak yapılmaktadır. Üretim alanı bakımından Çanakkale, Antalya, Samsun, Bursa ve Manisa en önemli biber üreticisi iller arasında yer almaktadır (TÜİK, 2025).

Biberde 70'ten fazla virüsün enfeksiyon oluşturduğu ve bunlardan 20'sinin ise üretimde önemli ekonomik kayıplara neden olduğu bilinmektedir (Moury ve Verdin., 2012; Ojinaga vd., 2022; Pernezny vd., 2003). Bu virüsler içerisinde son yıllarda yapılan çalışmalarda en yaygın ve tahripkar olan virüslerin başında *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) gelmektedir. TSWV, en önemli 10 bitki virüsü arasında tütün mozaik virüsünden sonra ikinci sırada yer almaktadır (Nilon vd., 2021; Scholthof vd., 2011).

Tomato spotted wilt virus, son taksonomik sınıflandırmaya göre *Orthospovirus tomatomaculae* (*Tospoviridae* familyası, *Orthospovirus* cinsi) olarak adlandırılmış olup (ICTV, 2024), 80-110 nm çapında küresel partiküllere sahiptir. TSWV genomu, negatif (-) sense ve ambisense özellikte üç farklı ssRNA molekülünden oluşmakta olup, moleküler büyüklüklerine göre; SRNA (2.9 kb), MRNA (4.9 kb) ve LRNA (8.9 kb) olarak adlandırılmaktadır (Adkins, 2000; Parrella vd., 2003). TSWV'nin genomik RNA segmentlerinden LRNA 52.4 kDa'luk replikasyondan sorumlu RdRp proteinini, MRNA 33.6 kDa'luk hücreden hücreye taşınmadan sorumlu bir proteini (NSm), partikül yapısında yer alan G1 (78 kDa) G2 (58 kDa) proteinlerini kodlamaktadır. SRNA ise; 29 kDa'luk N proteini (nükleokapsid proteini) ve partikül yapısında yer almayan, fonksiyonel özellikte 52.4 kDa'luk bir proteini (NSs) (+) kodlamaktadır. NSs proteini negatif polaritedeki viral RNA segmentinden sentezlenmekte olup, son yıllarda yapılan araştırmalarda bu bölgenin biberde *Tsw* geni dayanıklılığında avirülens faktörü olarak görev yaptığı ve gen susturulmasında "silencing suppressor" olarak rol oynadığı bildirilmektedir (Margaria vd., 2007; de Ronde vd., 2014; Almasi vd., 2015). SRNA'nın bir bölümü ise komplementer RNA (pozitif polaritede) yapımında kullanılmakta ve 28.8 kDa'luk kılıf proteininin (N) sentezlenmesini sağlamaktadır (Adkins, 2000).

Tomato spotted wilt virus, biberde tohumla (Wang vd., 2022; Uslu ve Yorgancı, 2024), mekanik olarak (laboratuvar şartlarında) ve dokuz farklı trips türü ile (Mound, 2002) propagatif (vektör bünyesinde çoğalma özelliği) olarak taşınmaktadır (Mound, 2002). Virüsün taşınmasındaki en önemli vektörünün bölgelere göre değişmekle birlikte; batı çiçek tripsi (*Frankniella occidentalis* Pergande) olduğu bildirilmiştir (Ullman vd., 1992).

Tomato spotted wilt virus, geniş konukçu dizisine sahip olup domates, biber, marul, patlıcan, kabakgiller (hıyar, karpuz, kavun vs), enginar, tere, yer fıstığı, süs bitkileri ve yabancı otlarında aralarında bulunduğu 84 familyaya ait 1.090 bitki türünü enfekte edebilmektedir (Koç vd., 2024; Öztürk vd., 2024; Parrella vd., 2003). Virüs enfeksiyonu sonucu bitkilerde oluşan semptomların şekli ve şiddeti; konukçu bitkinin türü, çeşidi, gelişme dönemi (fide, vejetatif, çiçeklenme, meyve dönemi vs.), iklim şartlarına (sıcaklık, ışık vs.) ve virüs ırkına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Adkins, 2000; Wang vd., 2022). Bununla birlikte TSWV, biberde genel olarak yapraklarda klorotik ve nekrotik halkalı lekeler, mozayik, şekil bozukluğu, yaprak sürgün uçlarında nekroza bağlı kuruma, sürgün ucunda kurumalara bağlı olarak nekrotik çizgiler meydana getirmektedir. Meyvede ise sarı lekeler, konsantrik halkalar, nekrotik halkalı lekeler ve şekil bozukluğu belirtileri gözlenmektedir (Akdura ve Kılıç, 2022; Deligöz vd., 2023; Topkaya, 2021; Usta vd., 2023).

Hem virüs, hem de vektörünün konukçu çevresinin çok geniş olması nedeni ile TSWV'nin kontrolü oldukça zor olmaktadır. Çok sayıda yabancı ot, hem virüse hem de TSWV taşıyan vektör tripslere

konukçuluk etmektedir. Bu nedenle yabancı otlarla mücadele etmek virüsün yayılmasının önlenmesinde etkin bir rol oynamaktadır (Öztürk vd., 2024). Diğer taraftan, vektör trips türlerini kontrol altına almak virüsle mücadelede en önemli yöntemlerden birisini oluşturmaktadır. Tripslere karşı daha ziyade kimyasal mücadele yöntemleri kullanılmakta, ancak tripslerin kimyasal ilaçlara karşı çok çabuk dayanıklılık kazanabilmeleri nedeni ile zamanla uygulanan insektisitler etkisiz olabilmektedir (Coutts ve Jones, 2005). TSWV’nin kontrolünde bir diğer etkin yöntem ise dayanıklı çeşitlerin yetiştiriciliğinin yapılmasıdır (Gautam vd., 2024). Dünyada ticari olarak yetiştirilen TSWV’ye dayanıklı biber çeşitleri *Tsw* olarak adlandırılan tek bir gen içermektedir. Virüs, *Tsw* genine sahip biber çeşitlerinde genellikle symptom oluşturmamakla birlikte; bazen bitkide hipersensitif reaksiyon (HR) oluşabilmekte ve enfeksiyon nekrotik lokal lezyonlarla sınırlı kalabilmektedir (Jahn vd., 2000; Roggero vd., 2002).

Dayanıklılığın tek bir gen tarafından kontrol edilmesi, yüksek virüs popülasyon baskısı ve TSWV’nin vektör trips bünyesinde çoğalarak genomik yapısını değiştirebilmesi gibi faktörler, dayanıklılık kıran yeni virus ırklarının (resistance breaking strain=RB) daha kolay oluşabilmesine olanak sağlamaktadır (Margaria vd., 2007). Yeni oluşan TSWV varyantları tarafından biberde *Tsw* dayanıklılık geninin kırıldığı ilk olarak, Brezilya’da rapor edilmiş, daha sonra ise farklı ülkelerde de biberde dayanıklılık kıran TSWV varyantları belirlenmiştir (Margaria vd., 2004; Roggero vd., 1999; Sharman ve Persley, 2006; Yoon vd., 2021). Türkiye’de ise; biberde dayanıklılık kıran TSWV izolatlarının varlığı ilk olarak 2014 yılında Samsun ilinde (Deligoz vd., 2014); ardından 2016 yılında Antalya ilinde tespit edilmiştir (Fidan, 2016).

Ülkemizde bugüne kadar TSWV’nin farklı konukçularda tespiti ve yaygınlığı üzerine çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Bununla birlikte; biberde dayanıklılık kıran TSWV izolatlarının ne derecede yaygın olduğu ile ilgili ülkemizde detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada Türkiye biber üretiminin yaklaşık yarısını karşılayan önemli biber üretim alanlarına sahip Samsun, Antalya, Manisa, Çanakkale ve Bursa illerinde dayanıklılık kırıcı TSWV izolatlarının yaygınlık durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Virüs İzolatları

Bu çalışmada; daha önce yürütülen bir çalışmada (Deligoz vd., 2023) DAS-ELISA testlemeleri sonucunda yalnızca TSWV ile enfekteli olarak belirlenen Antalya iline ait 87, Manisa iline ait 65, Samsun iline ait 51, Bursa iline ait 12 ve Çanakkale iline ait 6 olmak üzere toplam 221 TSWV izolatı ile pozitif kontrol olarak da SC3-RB izolatı (Deligoz vd., 2014) kullanılmıştır. Tüm virüs izolatları TSWV’ye hassas Yolo Wonder biber genotipine inokule edilerek çoğaltılmış ve muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının elde edildiği iller.

Figure 1. Provinces where *Tomato spotted wilt virus* isolates were obtained.

Biber Genotipleri

Çalışmada, *Tsw* genine sahip *C. chinense* türüne ait PI152225 ve PI159236 biber genotipleri ve *Tsw* geni içermeyen hassas Yolo Wonder genotipi kullanılmıştır. Genotiplere ait tohumlar North Central Regional Plant Introduction Station, Iowa State University ve USDA-ARS (ABD)'den temin edilmiştir.

Biberde *Tsw* Geninin Dayanıklılığını Kıran Tomato spotted wilt virus İzolatlarının Belirlenmesi

C. chinense hatları olan PI 152225 ve PI 1592362'da TSWV'ye dayanıklılık belirlenmiştir (Black vd., 1991). Bu nedenle *Tsw* genine sahip *C. chinense* türüne ait PI152225 ve PI159236 genotipleri ve hassas Yolo Wonder genotipine ait tohumlar içerisinde torf bulunan plastik kaplara ekilmiştir. Bitkiler inokulasyon için uygun döneme (2-4 yapraklı) geldiklerinde; torf içeren plastik bardaklara şaşırtılmıştır. Ardından, Yolo Wonder genotipi biber bitkilerinde muhafaza edilen her bir TSWV izolatı (toplam 221 adet), PI152225 ve PI159236 genotipleri ile hassas Yolo Wonder genotipine ait bitkilere beş tekerrürlü olarak, mekaniksel inokülasyon yöntemi ile aktarılmıştır. Bu amaçla; enfekteli bitkilerin yaprakları steril havan içerisinde %1 oranında Na₂SO₃ (sodyum sülfite) içeren 0.01 M fosfat tampon çözeltisi (pH: 7.0) ile 1 gr yaprak/5 ml tampon çözeltisi olacak şekilde homojenize edilmiştir (Sharman ve Presley, 2006). Elde edilen bitki özsuvarı, 400 mesh'lik karborandum (silicon carbide) ile tozlanarak bitkilerinin yapraklarına inokule edilmiştir. Her bir uygulama için bir adet de kontrol bitki bırakılarak, bu bitkiler sadece tampon çözelti ile muamele edilmiştir. İnokulasyon sonrası, tüm bitkiler musluk suyu altında dikkatlice yıkandıktan sonra, 20-25°C'ye ayarlı ilkim odasına yerleştirilerek, periyodik olarak dört hafta süre ile gözlemlenmiştir. Bu süreç sonunda, her bir bitkinin virüs ile inoküle edilmeyen üst yapraklarından örnekleme yapılarak TSWV'ye spesifik antiserum ile DAS-ELISA yöntemine göre test edilmiştir. Negatif kontrolün üç katı ve daha fazla absorbans değeri veren bitkiler, pozitif olarak kabul edilmiştir (Roggero vd., 2002). Dayanıklı genotiplerde sistemik simptom oluşturan ve DAS-ELISA ile pozitif olarak belirlenen izolatlar 'dayanıklılık kıran (RB)' olarak, simptom oluşturmeyen ve DAS-ELISA ile negatif olarak belirlenen izolatlar ise 'dayanıklılık kırmayan (NRB)' olarak değerlendirilmiştir (Margaria vd., 2004; Roggero vd., 2002; Sharman ve Persley, 2006).

***Tsw*-Dayanıklılığını Kıran Biber İzolatlarının, Domateste *Sw-5*-Dayanıklılığını Kıрма Durumunun Araştırılması**

Dayanıklılık kırıcı olarak belirlenen TSWV izolatları içerisinde izolatların elde edildiği lokasyonlar dikkate alınarak 36 TSWV biber izolatı seçilmiş; *Sw-5* geni içeren iki farklı domates çeşidi (Logure F1 ve Swanson F1) (TSWV'ye dayanıklı) ve hassas kontrol (H-2274) bitkilerine, 2-4 yapraklı dönemde 5 tekerrürlü olarak mekaniksel inokülasyon yöntemi ile inokule edilmiştir. Ayrıca, daha önce Samsun ilinde belirlenen biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıran SC3-RB izolatı da (Deligoz vd., 2014) çalışmada kullanılmıştır. İnokule edilen bitkiler 25°C sıcaklığa ayarlı iklim odasında muhafaza edilmiş, ortaya çıkan belirtiler dört hafta süre ile gözlenmiştir (Aramburu vd., 2010). Daha sonra, tüm bitkilerin virüs inokülasyonu yapılmayan üst yaprakları alınarak DAS-ELISA ile test edilmiş, negatif kontrolün üç katı ve daha fazla absorbans değeri veren bitkiler, pozitif olarak kabul edilmiştir. Sonuçlar, Logure F1 ve Swanson F1 çeşitlerinde sistemik simptom oluşup oluşmadığına ve DAS-ELISA'ya göre değerlendirilmiştir (Aramburu ve Marti, 2003).

BULGULAR VE TARTIŞMA**Biberde *Tsw* Geni Dayanıklılığını Kıran Tomato spotted wilt virus İzolatları**

Çalışmada Antalya, Manisa, Samsun, Bursa ve Çanakkale illerinde biberden izole edilen 221 TSWV izolatının biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kırma durumları araştırılmıştır.

Antalya iline ait 87 TSWV izolatı dayanıklılık kırılması çalışmalarında kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; bu izolatlardan 67'si Yolo Wonder, PI 152225 ve PI 159236 genotiplerinin üçünde de sistemik enfeksiyon oluşturmuştur. Bu genotiplerde virüsün varlığı DAS-ELISA testi ile de teyit edilmiştir. Böylelikle, 67 TSWV izolatının biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıldığı belirlenmiştir. Antalya ilinde incelenen örneklerde dayanıklılık kıran TSWV izolatlarının oranının oldukça yüksek olduğu (%77) ve bu varyantların belli bir ilçede lokalize olmayıp tüm ilçelerde yayılım göstermesi dikkat çekmiştir (Çizelge 1). İncelenen diğer 20 izolat ise; Yolo Wonder genotipinde sistemik enfeksiyona neden olurken, PI 152225 ve PI 159236 genotiplerinde sistemik enfeksiyon oluşturmamıştır. Nitekim; TSWV'ye spesifik antiserum ile

gerçekleştirilen DAS-ELISA sonucunda, Yolo Wonder’a ait bitkiler pozitif, PI 152225 ve PI 159236’ya ait bitkiler ise negatif sonuç vermiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Antalya ilinde dayanıklılık kıran ve kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatları.

Table 1. Resistance breaking and non-resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates in Antalya province.

İl	İlçe	Köy	Çeşit/Tip	İzolat No	Yolo Wonder		PI 152225		PI 159236		Dayanıklılık Kıırma Durumları
					R*	ELISA	R	ELISA	R	ELISA	
ANTALYA	Aksu	Çam	Sivri biber	9	H	+	H	+	H	+	RB
		Çam	Dolma biber	10	H	+	H	+	H	+	RB
		Yurtpınar	Kapya	12	H	+	D	-	D	-	NRB
		Yurtpınar	Kapya	14	H	+	D	-	D	-	NRB
		Yurtpınar	California	18	H	+	H	+	H	+	RB
		Yurtpınar	California 2	19	H	+	H	+	H	+	RB
		Yurtpınar	California	20	H	+	H	+	H	+	RB
		Yurtpınar	California	22	H	+	H	+	H	+	RB
		Yurtpınar	Diyar F1*	23	H	+	H	+	H	+	RB
	Toplam	2		9		9		7		7	
	Demre	Merkez	35508*	24	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	35508*	28	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	Macarinu	30	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	Jalopone	31	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	Hunti F1	32	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	Sivri biber	36	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	35403*	39	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	35403*	40	H	+	H	+	H	+	RB
		Beymelek	Belissa F1*	42	H	+	H	+	H	+	RB
		Beymelek	Kanyon F1 *	43	H	+	H	+	H	+	RB
		Beymelek	Macar çarlı	46	H	+	H	+	H	+	RB
	Toplam	2		11		11		8		8	
	Serik	Çandır	Takıl F1	48	H	+	H	+	H	+	RB
		Çandır	Buket F1	49	H	+	H	+	H	+	RB
		Çandır	Tesla F1	50	H	+	H	+	H	+	RB
		Çandır	Belissa F1	54	H	+	H	+	H	+	RB
		Çakallık	Uygar F1*	62	H	+	H	+	H	+	RB
		Çakallık	Erciyes F1*	64	H	+	H	+	H	+	RB
		Çakallık	Doğanay F1 *	66	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çakallık	Doğanay F1 *	67	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çakallık	Doğanay F1*	68	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çakallık	Zaruri F1	69	H	+	H	+	H	+	RB
		Çakallık	Zaruri F1	70	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	Filinta	151	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	Belissa F1*	154	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	Uygar *	155	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	Efests *	157	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	Kanyon *	158	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	Efsun RZ 3705 *	159	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	152225*	160	H	+	H	+	H	+	RB
		Kocayatak	Nırvın *	161	H	+	H	+	H	+	RB
	Toplam	3		19		19		16		16	
	Kumluca	Mavikent	Kanyon*	73	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Bianca	78	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Bianca	81	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Bianca	82	H	+	H	+	H	+	RB
		Kum Mh.	Belissa F1*	83	H	+	H	+	H	+	RB
		Kum Mh.	Belissa F1*	84	H	+	H	+	H	+	RB
		Kum Mh.	Belissa F1*	85	H	+	H	+	H	+	RB
		Kum Mh.	Belissa F1*	86	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Habip F1	89	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Habip F1	90	H	+	D	-	D	-	NRB

Çizelge 1. Devamı.

Table 1. Continue.

İl	İlçe	Köy	Çeşit/Tip	İzolot No	Yolo Wonder		PI 152225		PI 159236		Dayanıklılık Kırma Durumları
					R*	ELISA	R	ELISA	R	ELISA	
ANTALYA	Kumluca	Mavikent	Belissa F1*	93	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Belissa F1*	94	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Belissa F1*	95	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Belissa F1*	96	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Belissa F1*	97	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Kanyon *	99	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Kanyon *	102	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Belissa F1*	103	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Belissa F1*	104	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Erciyes F1 *	106	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Erciyes F1*	107	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Kanyon F1*	109	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Erciyes F1 *	110	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	Elmira *	111	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	Elmira*	112	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	Elmira*	114	H	+	H	+	H	+	RB
		Kum mah	679 deneme	121	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	Elmira*	122	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez		123	H	+	H	+	H	+	RB
		Merkez	Elmira *	124	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Hayfa	126	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Hayfa	127	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak		128	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Üçburun F1	131	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Üçburun F1	132	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Üçburun F1	133	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Üçburun F1	134	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Üçburun F1	135	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Üçburun F1	136	H	+	D	-	D	-	NRB
		Beykonak		138	H	+	D	-	D	-	NRB
		Mavikent	Üçburun F1	140	H	+	D	-	D	-	NRB
		Beykonak		142	H	+	D	-	D	-	NRB
		Beykonak	Bianca	143	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Bianca	144	H	+	H	+	H	+	RB
		Beykonak	Bianca	145	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Hayfa	147	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Hayfa	148	H	+	H	+	H	+	RB
		Mavikent	Hayfa	149	H	+	H	+	H	+	RB
		Toplam		48		48		36		36	
		İl Toplamı		87		87		67		67	

R: Reaksiyon, D: Dayanıklı, H: Hassas, +: Pozitif, -: Negatif, RB: Dayanıklılık kırıcı izolatlar (Resistance-breaking), NRB: Dayanıklılık kırılmayan izolatlar (Non-resistance breaking) *: Firma tarafından TSWV'ye dayanıklı olduğu belirtilen çeşitleri ifade etmektedir.

Samsun iline ait 19 TSWV izolatı Yolo Wonder, PI152225 ve PI159236'ya ait bitkilerde de sistemik enfeksiyon oluşturmuştur. Böylece, Samsun ilinde incelenen TSWV izolatlarının %37.2'sinin biberde dayanıklılığı kırdığı saptanmıştır. Dayanıklılık kırıcı izolatlar; sadece Çarşamba ve Terme ilçelerinde belirlenmiştir. 32 TSWV izolatı ise yalnızca Yolo Wonder genotipinde sistemik enfeksiyona neden olmuştur. Sonuçlar DAS-ELISA ile teyit edilmiştir. (Çizelge 2).

Çizelge 2. Samsun ilinde dayanıklılık kıran ve kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatları.Table 2. Resistance breaking and non-resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates in Samsun province.

İl	İlçe	Köy	Çeşit/Tip	İzolat No	Yolo Wonder		PI 152225		PI 159236		Dayanıklılık Kıırma Durumu
					R*	ELISA	R	ELISA	R	ELISA	
SAMSUN	Çarşamba	Kiraz Bucağı	Hızır F1*	164	H	+	H	+	H	+	RB
		Kiraz Bucağı	Hızır F1*	165	H	+	H	+	H	+	RB
		Kiraz Bucağı	Şehzade F1*	167	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kiraz Bucağı	Şehzade F1*	168	H	+	D	-	D	-	NRB
		Uluköy	Burkalem	169	H	+	D	-	D	-	NRB
		Damlataş	Barbaros	184	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Estergon*	188	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Dolma	191	H	+	D	-	D	-	NRB
		Damlataş	Hazine*	193	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Hazine*	194	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Hazine*	195	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Hazine*	196	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Hazine*	197	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Hızır F1*	198	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Hızır F1*	199	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Anemon*	200	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Anemon*	201	H	+	H	+	H	+	RB
		Damlataş	Barbaros*	205	H	+	H	+	H	+	RB
		Turgutlu	Dilber	214	H	+	H	+	H	+	RB
		Turgutlu	Çarli	216	H	+	H	+	H	+	RB
		Epçeli	Burkalem	217	H	+	D	-	D	-	NRB
		Epçeli	Burkalem	218	H	+	D	-	D	-	NRB
		KTAE	Kapya	294	H	+	D	-	D	-	NRB
		KTAE	Kapya	295	H	+	D	-	D	-	NRB
		Melik	Çarli	297	H	+	D	-	D	-	NRB
		Melik		302	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kuşhane		305	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kuşhane		306	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kuşhane		309	H	+	D	-	D	-	NRB
	Toplam			29		29		16		16	
	Bafra	Şeyhören	Kapya	223	H	+	D	-	D	-	NRB
		Şeyhören	Kapya	225	H	+	D	-	D	-	NRB
		Şeyhören	Kapya	234	H	+	D	-	D	-	NRB
		Yeşilyazı	Kapya	240	H	+	D	-	D	-	NRB
		Yeşilyazı	Kapya	245	H	+	D	-	D	-	NRB
		Yeşilyazı	Kapya	246	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	250	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	251	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	252	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	254	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	255	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	256	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	257	H	+	D	-	D	-	NRB
		Koşuköyü	Kapya	258	H	+	D	-	D	-	NRB
		Türbe	Kapya	259	H	+	D	-	D	-	NRB
		Karpuzlu	Kapya	261	H	+	D	-	D	-	NRB
		Karpuzlu	Kapya	268	H	+	D	-	D	-	NRB
		Karınca	Kapya	271	H	+	D	-	D	-	NRB
		Türbe	Kapya	280	H	+	D	-	D	-	NRB
	Toplam			19		19		0		0	
	Terme	Geçmiş	Köylüm*	284	H	+	H	+	H	+	RB
		Geçmiş	Köylüm*	285	H	+	H	+	H	+	RB
		Geçmiş	Yıldız	286	H	+	H	+	H	+	RB
	Toplam			3		3		3		3	
İl Toplamı				16		51		19		19	

D: Dayanıklı, H: Hassas, +: Pozitif, -: Negatif, RB: Dayanıklılık kıran izolatlar (Resistance-breaking), NRB: Dayanıklılık kırmayan izolatlar (Non-breaking) *: Firma tarafından TSWV'ye dayanıklı olduğu belirtilen çeşitleri ifade etmektedir.

Manisa ilinde beş ilçeden elde edilen toplam 65 TSWV izolatu bu çalışmada kullanılmıştır. İncelenen izolatların tamamı mekanik olarak inokule edilen Yolo Wonder'a ait bitkilerde sistemik enfeksiyona neden olmuştur. Manisa izolatları mekanik olarak inokule edilen PI 152225 ve PI 159236'ya ait bitkilerde ise herhangi bir sistemik enfeksiyon oluşturmamıştır. İzolatlar bu iki genotipe ait bitkilerde genel olarak hipersensitif reaksiyon oluşturmamışlardır. Gerçekleştirilen DAS-ELISA testi sonucunda da; Yolo Wonder'a ait bitkilerde pozitif, PI 152225 ve PI 159236'ya ait bitkilerde ise negatif sonuç elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar; Manisa ilindeki 65 TSWV izolatının tamamının biberde *Tsw* dayanıklılığını kıramadığını ortaya koymuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Manisa ilinde dayanıklılık kıran ve kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatları.

Table 3. Resistance breaking and non-resistance breaking Tomato spotted wilt virus isolates in Manisa province.

İl	İlçe	Köy	Çeşit/Tip	İzolat No	Yolo Wonder		PI 152225		PI 159236		Dayanıklılık Kıırma Durumu
					R*	ELISA	R	ELISA	R	ELISA	
MANİSA	Kırkağaç	Alacalar	Acı Burun	312	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Acı Burun	313	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Abide F1	315	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Doğanay F1*	316	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Doğanay F1*	319	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Üçburun	320	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Üçburun	321	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Üçburun	322	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Domates Biberi	323	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alacalar	Dilek f1	325	H	+	D	-	D	-	NRB
		Karakurt	Domates Biberi	328	H	+	D	-	D	-	NRB
		Karakurt	Domates Biberi	334	H	+	D	-	D	-	NRB
		Bostancı	Domates Biberi	336	H	+	D	-	D	-	NRB
		Bostancı	Domates Biberi	338	H	+	D	-	D	-	NRB
		Toplam	3	14		14	0		0		
	Akhisar	Balıkburnu	Kapya	339	H	+	D	-	D	-	NRB
		Balıkburnu	Kapya	343	H	+	D	-	D	-	NRB
		Danakovası	Zerzade	344	H	+	D	-	D	-	NRB
		Danakovası	Zerzade	346	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çeşmeönü	-	348	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çeşmeönü	-	350	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çiftlikönü	-	352	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çay özü	Zerzade	353	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çay özü	Zerzade	354	H	+	D	-	D	-	NRB
		Akselendi	-	356	H	+	D	-	D	-	NRB
		Akselendi	-	357	H	+	D	-	D	-	NRB
		Akselendi	-	359	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çeşmeönü	-	360	H	+	D	-	D	-	NRB
		Balıkburnu		387	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çayözü		389	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çeşmeönü		390	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çiftlikönü		391	H	+	D	-	D	-	NRB
		Çiftlikönü		392	H	+	D	-	D	-	NRB
		Balıkburnu		393	H	+	D	-	D	-	NRB
		Toplam	6	19		19	0		0		

Çizelge 3. Devamı.

Table 3. Continue.

İl	İlçe	Köy	Çeşit/Tip	İzolat No	Yolo Wonder		PI 152225		PI 159236		Dayanıklılık Kıırma Durumu
					R*	ELISA	R	ELISA	R	ELISA	
MANİSA	Saruhanlı	Halitpaşa	-	362	H	+	D	-	D	-	NRB
		Halitpaşa	-	363	H	+	D	-	D	-	NRB
		Halitpaşa	Yağlık	366	H	+	D	-	D	-	NRB
		Halitpaşa	-	367	H	+	D	-	D	-	NRB
		Lütfiye	Jalopone	370	H	+	D	-	D	-	NRB
		Lütfiye	Jalopone	371	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alibeyli		374	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alibeyli	-	376	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alibeyli	Tonton	377	H	+	D	-	D	-	NRB
		Halitpaşa	-	381	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alibeyli	-	382	H	+	D	-	D	-	NRB
		Alibeyli	-	383	H	+	D	-	D	-	NRB
	Toplam	3		12		12		0		0	
	Ahmetli	Kargın	Slanovano	397	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kargın	Y. Yağlık 28	399	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kargın	Y. Yağlık 28	401	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kargın	Y. Yağlık 28	402	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kargın	Y. Yağlık 28	403	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kargın	Y. Yağlık 28	405	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kargın	Y. Yağlık 28	406	H	+	D	-	D	-	NRB
		Kargın	Y. Yağlık 28	407	H	+	D	-	D	-	NRB
	Toplam	1		8		8		0		0	
	Gölmarmara	Merkez	Y. Yağlık 28	596	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	Y. Yağlık 28	598	H	+	D	-	D	-	NRB
		Beyler	Y. Yağlık 28	599	H	+	D	-	D	-	NRB
		Beyler	Y. Yağlık 28	600	H	+	D	-	D	-	NRB
		Hacıbaştanlar	Y. Yağlık 28	602	H	+	D	-	D	-	NRB
		Hacıbaştanlar	Y. Yağlık 28	604	H	+	D	-	D	-	NRB
		Hacıbaştanlar	Y. Yağlık 28	605	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	Y. Yağlık 28	606	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	Y. Yağlık 28	607	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	Y. Yağlık 28	609	H	+	D	-	D	-	NRB
		Merkez	Y. Yağlık 28	610	H	+	D	-	D	-	NRB
		Tiyenli	Y. Yağlık 28	614	H	+	D	-	D	-	NRB
	Toplam	4		12		12		0		0	
	İl Toplamı	17		65		65		0		0	

R: Reaksiyon, D: Dayanıklı, H: Hassas, +: Pozitif, -: Negatif, RB: Dayanıklılık kıran izolatlar (Resistance-breaking), NRB: Dayanıklılık kıramayan izolatlar (Non-resistance breaking) *: Firma tarafından TSWV’ye dayanıklı olduğu belirtilen çeşitleri ifade etmektedir.

Yürütülen bu çalışmada, Çanakkale ilinin Ezine ilçesinden sadece altı TSWV izolatı kullanılmış ve bu izolatların tamamı Yolo Wonder, PI152225 ve PI159236 genotiplerinde sistemik enfeksiyon oluşturmuştur. DAS-ELISA testi sonucunda da genotiplerin tamamının TSWV ile enfekteli olduğu teyit edilmiştir. Böylece, Çanakkale iline ait incelenen altı TSWV izolatının da *Tsw* dayanıklılığını kırdığı belirlenmiştir (%100) (Çizelge 4).

Çizelge 4. Çanakkale ilinde dayanıklılık kıran ve kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatları.Table 4. Resistance breaking and non-resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates in Canakkale province.

İl	İlçe	Köy	Çeşit/Tip	İzolat No	Yolo Wonder PI 152225			PI 159236			Dayanıklılık Kıırma Durumu
					R*	ELISA	R	ELISA	R	ELISA	
ÇANAKKALE	Ezine	Mahmudiye	Kapya	468	H	+	H	+	H	+	RB
		Mahmudiye	Kapya	469	H	+	H	+	H	+	RB
		Mahmudiye	Kapya	470	H	+	H	+	H	+	RB
		Mahmudiye	Tonton	473	H	+	H	+	H	+	RB
		Mahmudiye	Tonton	474	H	+	H	+	H	+	RB
		Mahmudiye	Tonton	476	H	+	H	+	H	+	RB
	Toplam	1		6		6		6		6	

R: Reaksiyon, D: Dayanıklı, H: Hassas, +: Pozitif, -: Negatif, RB: Dayanıklılık kıran izolatlar (Resistance-breaking), NRB: Dayanıklılık kıramayan izolatlar (Non-resistance breaking) *: Firma tarafından TSWV'ye dayanıklı olduğu belirtilen çeşitleri ifade etmektedir.

Bursa ilinde ise Karacabey ilçesi biber üretim alanlarından izole edilen 12 TSWV izolatı ile gerçekleştirilen mekanik inokulasyon çalışmaları sonucunda; izolatların tamamı sadece Yolo Wonder genotipinde sistemik enfeksiyona neden olurken, PI 152225 ve PI 159236 genotiplerinde ise sistemik enfeksiyona neden olmamıştır. TSWV antiserumu kullanılarak gerçekleştirilen DAS-ELISA testlemeleri sonucunda Yolo Wonder'a ait bitkilerde pozitif, PI 152225 ve PI 159236'ya ait bitkilerde ise negatif sonuç elde edilmiştir (Çizelge 5). Sonuç olarak; Bursa iline ait 12 TSWV izolatının da (%100) biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıramadığı saptanmıştır.

Çizelge 5. Bursa ilinde dayanıklılık kıran ve kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatları.Table 5. Resistance breaking and non-resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates in Bursa province.

İl	İlçe	Köy	Çeşit/Tip	İzolat No	Yolo Wonder PI 152225			PI 159236			Dayanıklılık Kıırma Durumu
					R*	ELISA	R	ELISA	R	ELISA	
BURSA	Karacabey	Beylik	Kapya	510	H	+	D	-	D	-	NRB
		Ova Hamidiye	Demre	518	H	+	D	-	D	-	NRB
		Beylik	Kapya	520	H	+	D	-	D	-	NRB
		Beylik	Kapya	521	H	+	D	-	D	-	NRB
		İsmetpaşa	Kapya	525	H	+	D	-	D	-	NRB
		İsmetpaşa	Kapya	526	H	+	D	-	D	-	NRB
		İsmetpaşa	Kapya	527	H	+	D	-	D	-	NRB
		İsmetpaşa	Kapya	532	H	+	D	-	D	-	NRB
		İsmetpaşa	Kapya	535	H	+	D	-	D	-	NRB
		Ortasarıbey		536	H	+	D	-	D	-	NRB
		Ortasarıbey		537	H	+	D	-	D	-	NRB
		Ortasarıbey		538	H	+	D	-	D	-	NRB
	Toplam	4		12		12		0		0	

R: Reaksiyon, D: Dayanıklı, H: Hassas, +: Pozitif, -: Negatif, RB: Dayanıklılık kıran izolatlar (Resistance-breaking), NRB: Dayanıklılık kıramayan izolatlar (Non-resistance breaking) *: Firma tarafından TSWV'ye dayanıklı olduğu belirtilen çeşitleri ifade etmektedir.

Çalışmada kontrol olarak kullanılan SC3-RB izolatı Yolo Wonder, PI152225 ve PI159236 genotiplerinde sistemik enfeksiyon oluşturmıştır. DAS-ELISA testi sonuçları her üç genotipteki TSWV enfeksiyonunu doğrulamıştır.

Sonuç olarak; bu çalışmada incelenen 221 TSWV izolatının 92'sinin (%41.6) biberde *Tsw* dayanıklılığını kırdığı belirlenmiştir. Dayanıklılık kırıcı TSWV izolatları Antalya, Samsun ve Çanakkale illerinde belirlenmiş, Manisa ve Bursa illerinden elde edilen izolatların ise dayanıklılık kırıcı özellikte olmadığı ortaya konulmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Türkiye’de dayanıklılık kıran ve kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının illere göre dağılımı.
Table 6. Distribution of resistance breaking and non-resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates in Türkiye.

İller	İzolat Sayısı	Dayanıklılık Kıran İzolat Sayısı	%	Dayanıklılık Kırmayan İzolat Sayısı	%
Antalya	87	67	77	20	23
Samsun	51	19	37.2	32	62.8
Manisa	65	0	0	65	100
Çanakkale	6	6	100	0	0
Bursa	12	0	0	12	100
Toplam	221	92	41.6	129	58.4

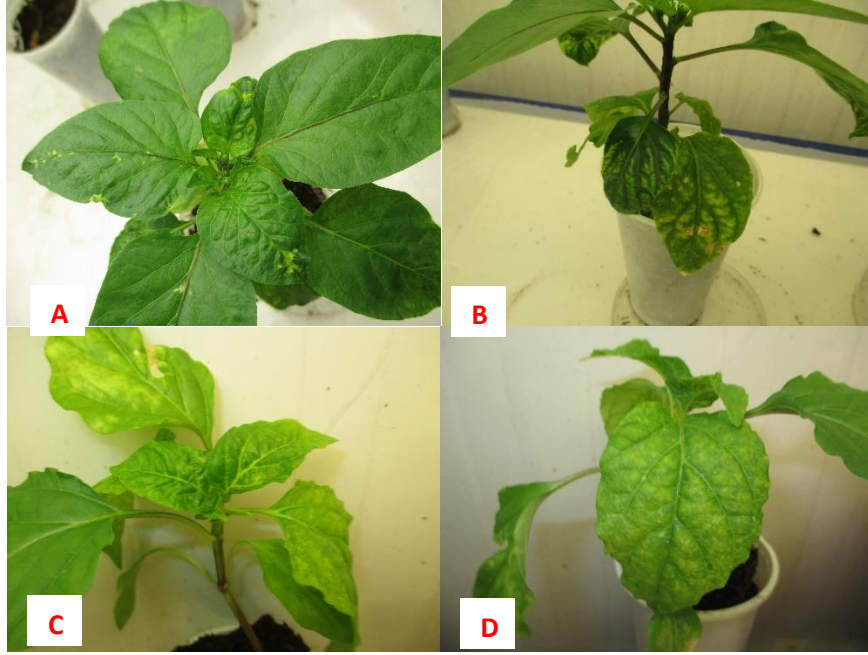
Dayanıklılık kıran TSWV izolatları Yolo Wonder genotipinin yapraklarında mozayik, şekil bozukluğu, klorotik lekeler, konsantrik halkalar ve damarlarda renk açılması şeklinde belirtiler oluşturmuştur (Şekil 2). Diğer taraftan; dayanıklılık kırmayan TSWV izolatları ise Yolo Wonder’ın yapraklarında mozayik, damar bantlaşması, klorotik lekeler, damarlarda renk açılması, mottle şeklinde belirtiler sergilemiştir (Şekil 3).

Dayanıklılık kıran TSWV izolatları PI 152225’e ait biber bitkilerinde ise genel olarak; konsantrik halkalar, kloroz, damar nekrozu, damar bantlaşması, nekrotik halkalı lekeler ve mottle şeklinde (Şekil 4); PI 159236’ya ait bitkilerde ise klorotik ve nekrotik lekeler, kloroz, şekil bozukluğu, mottle ve damar bantlaşması şeklinde belirtiler oluşturmuştur (Şekil 5).

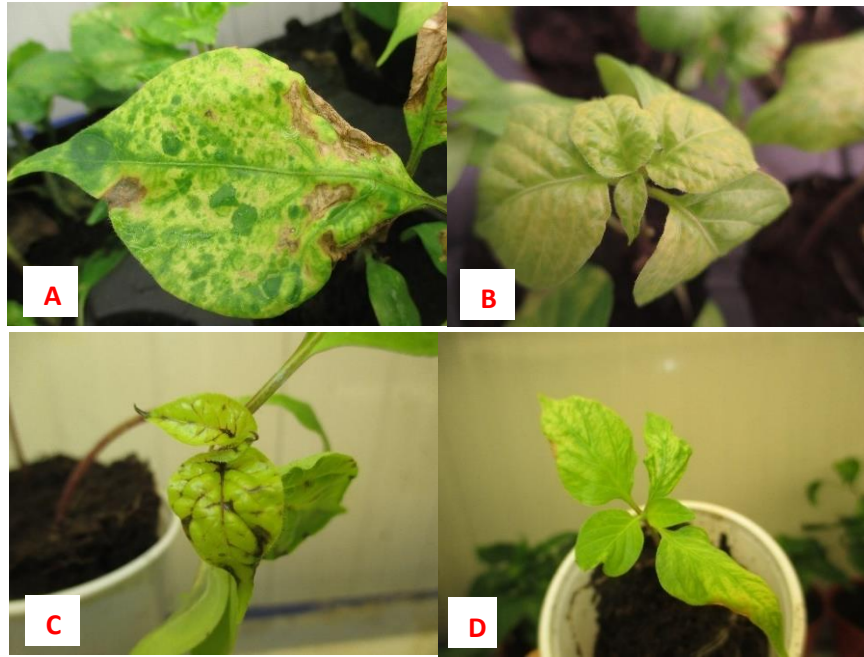
Öte yandan, dayanıklılık kırmayan TSWV izolatları PI 152225 ve PI 159236’ya ait bitkilerde genellikle virüs inokule edilen yapraklarda HR şeklinde belirti vermiş (Şekil 6 ve Şekil 7), üst yapraklarda ise herhangi bir belirti oluşturmamıştır.



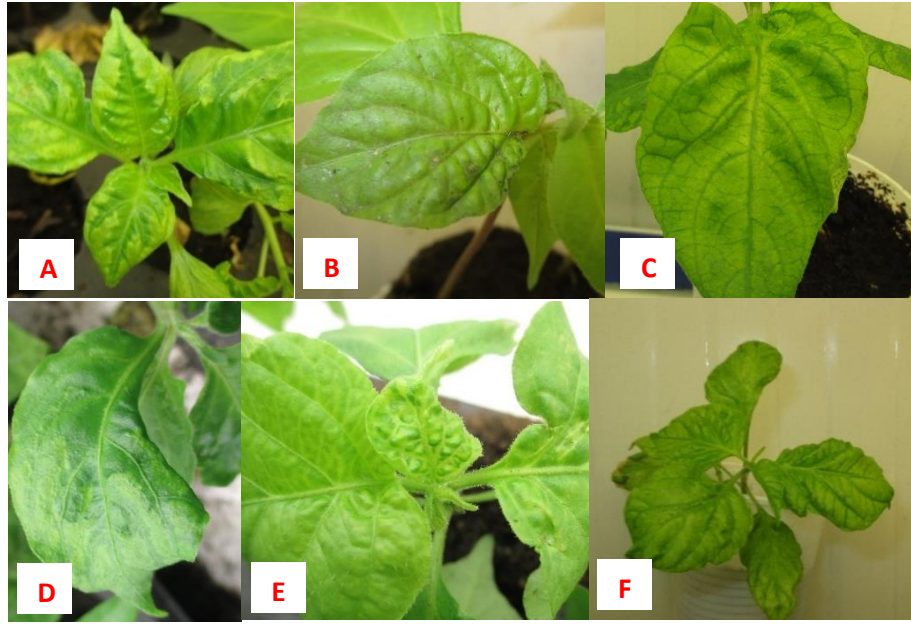
Şekil 2. Dayanıklılık kıran *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının Yolo Wonder bitkisinin yapraklarında oluşturduğu mozayik, şekil bozukluğu (A), klorotik lekeler ve damarlarda renk açılması (B-C) ile konsantrik halkalı lekeler (D) .
Figure 2. Mosaic, deformation (A), chlorotic spots and discoloration of veins (B-C) and concentric ring spots (D) on the leaves of the sensitive host Yolo Wonder plant caused by resistance breaking strains of *Tomato spotted wilt virus*.



Şekil 3. Dayanıklılık kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının Yolo Wonder bitkisinin yapraklarında oluşturduğu mozayik, mottle (A), damar bantlaşması (B), damarlarda renk açılması (C) ve klorotik halka lekeler (D).
Figure 3. Mosaic, mottle (A), vein banding (B), vein discoloration (C) and chlorotic ring spots (D) symptoms on the leaves of the Yolo Wonder plant caused by non-resistance breaking strains of *Tomato spotted wilt virus*.



Şekil 4. Dayanıklılık kıran *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının PI 152225 bitkisinin yapraklarında oluşturduğu konsantrik halkalar (A), kloroz (B), damar nekrozu (C), damar bantlaşması (D).
Figure 4. Concentric rings (A), chlorosis (B), vein necrosis (C) and vein banding (D) symptoms on the leaves of PI 152225 caused by resistance breaking strains of *Tomato spotted wilt virus*.



Şekil 5. Dayanıklılık kıran *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının PI 159236 bitkisinin yapraklarında oluşturduğu mozayik (A), nekrotik lekeler (B), kloroz (C), şekil bozukluğu (D), mottle (E) ve damar bantlaşması (F).

Figure 5. Mosaic (A), necrotic spots (B), chlorosis (C), deformity (D), mottle (E) and vein banding (F) symptoms on leaves of PI 159236 caused by resistance breaking isolates of *Tomato spotted wilt virus*.



Şekil 6. Dayanıklılık kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının PI 152225 bitkisinin yapraklarında oluşturduğu hipersensitif reaksiyon.

Figure 6. Hypersensitive reaction on leaves of PI 152225 caused by non-resistance breaking isolates of *Tomato spotted wilt virus*.



Şekil 7. Dayanıklılık kırmayan *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının PI 159236 bitkisinin yapraklarında oluşturduğu hipersensitif reaksiyon (HR).

Figure 7. Hypersensitive reaction on leaves of PI 159236 caused by non-resistance breaking isolates of *Tomato spotted wilt virus*.

Biberde Dayanıklılık Kıran TSWV İzolatlarının Domateste *Sw-5* Dayanıklılığını Kıırma Durumları

Çalışmada dayanıklılık kırıcı olarak belirlenen 92 TSWV izolatı içerisinde 37 adeti, örneğin toplandığı lokasyonlar dikkate alınarak domatesteki dayanıklılık kırma çalışmaları için seçilmiştir. Ayrıca daha önce Samsun ilinde belirlenen biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıran SC3-RB izolatı da çalışmada kullanılmıştır. İzolatlar TSWV'ye dayanıklı olan ve *Sw-5* geni içeren iki farklı domates çeşidi (Logure F1 ve Swanson F1) ve hassas kontrol (H-2274) bitkilerine mekanik olarak inokule edilmiştir. Çalışmaya ait sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının domateste *Sw-5* geni dayanıklılığını kırma durumları.*Table 7. The ability of Tomato spotted wilt virus isolates to break the Sw-5 gene resistance in pepper.*

İl	İlçe	Çeşit/Tip	İzolat No	H2274	Logure		Swanson		Dayanıklılık Kıırma
				R*	ELISA	R	ELISA	R	
ANTALYA	Aksu	Sivri Biber	9	H	+	D	-	D	NRB
	Aksu	Diyar F1	23	H	+	D	-	D	NRB
	Demre	35508	24	H	+	D	-	D	NRB
	Demre	Huntı F1	32	H	+	D	-	D	NRB
	Demre	35403	39	H	+	D	-	D	NRB
	Demre	35403	40	H	+	D	-	D	NRB
	Demre	Belissa F1	42	H	+	D	-	D	NRB
	Serik	Takıl F1	48	H	+	D	-	D	NRB
	Serik	Tesla F1	50	H	+	D	-	D	NRB
	Serik	Belissa F1	54	H	+	D	-	D	NRB
	Serik	Uygur F1	62	H	+	D	-	D	NRB
	Serik	Zaruri F1	70	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Bianca	78	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Belissa F1	85	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Belissa F1	95	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Belissa F1	97	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Kanyon F1	99	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Erciyes F1	106	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Elmira 2	111	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Elmira 1	112	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	679	121	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Hayfa	126	H	+	D	-	D	NRB
	Kumluca	Bianca	143	H	+	D	-	D	NRB
	Serik	Uygur F1	155	H	+	D	-	D	NRB
	Serik	PI 152225	160	H	+	D	-	D	NRB
Toplam			25		25		25		25
SAMSUN	Çarşamba	Hızır F1	164	H	+	D	-	D	NRB
	Çarşamba	Barbaros	184	H	+	D	-	D	NRB
	Çarşamba	Estergon	188	H	+	D	-	D	NRB
	Çarşamba	Anemon	200	H	+	D	-	D	NRB
	Çarşamba	Barbaros	205	H	+	D	-	D	NRB
	Çarşamba	Dilber	214	H	+	D	-	D	NRB
	Terme	Köylüm	285	H	+	D	-	D	NRB
	Terme	Yıldız	286	H	+	D	-	D	NRB
	Çarşamba	Çaplin	SC3-RB	H	+	D	-	D	NRB
Toplam			9		9		9		9
ÇANAKKALE	Ezine	Kapya	469	H	+	D	-	D	NRB
	Ezine	Kapya	470	H	+	D	-	D	NRB
	Ezine	Tonton	476	H	+	D	-	D	NRB
Toplam			3		3		3		3
Genel Toplam			37		37		37		37

R: Reaksiyon, D: Dayanıklı, H: Hassas, +: Negatif, -: Pozitif, RB: Dayanıklılık kıran izolatlar (Resistance breaking), NRB: Dayanıklılığı kırmayan izolatlar (Non resistance breaking), SC3-RB: Kontrol olarak kullanılan izolat.

Biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıldığı belirlenen 37 TSWV biber izolatı ve SC3-RB izolatı, hassas domates çeşidi olan H 2274 bitkilerinin yapraklarında mozayik, mottle, nekrotik, klorotik ya da nekrotik halkalı leke şeklinde sistemik belirtiler oluşturmuştur (Şekil 8). Bu bitkilerden alınan örneklerde yürütülen ELISA testi

sonuçları da pozitif olarak elde edilmiştir. Biberde dayanıklılık kırıcı özellikteki TSWV izolatlarının tamamı, *Sw-5* geni içeren Logure F1 ve Swanson F1 domates çeşitlerinde ise herhangi bir sistemik simptom oluşturmamışlardır. Bu izolatlar dayanıklı domates çeşitlerinde virüs inokule edilen yapraklarda genellikle HR oluşturmuştur (Şekil 9 ve 10). Bu çalışma sonucunda; biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıran TSWV izolatlarının tamamının, domateste *Sw-5* geni dayanıklılığını kıramadıkları tespit edilmiştir (Çizelge 7).



Şekil 8. Biberde dayanıklılık kıran *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının hassas domates çeşidi H2274’te oluşturduğu yapraklarda mozayik, mottle (A), nekrotik lekeler (B), nekrotik halkalı lekeler (C).

Figure 8. Mosaic, mottle (A), necrotic spots (B), necrotic ring spots (C) on leaves of susceptible tomato cultivar H2274 caused by resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates on pepper.



Şekil 9. Biberde dayanıklılık kıran *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının *Sw-5* genine sahip olan Swanson F1 domates çeşidinde inokule edilen yapraklarda oluşturduğu hipersensitif reaksiyon.

Figure 9. Hypersensitive reaction on inoculated leaves of Swanson F1 tomato cultivar passing *Sw-5* gene caused by resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates on pepper.



Şekil 10. Biberde dayanıklılık kıran *Tomato spotted wilt virus* izolatlarının *Sw-5* genine sahip olan Logure F1 domates çeşidinde inokule edilen yapraklarda oluşturduğu hipersensitif reaksiyon.

Figure 10. Hypersensitive reaction on inoculated leaves of Swanson F1 tomato cultivar passing *Sw-5* gene caused by resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates on pepper.

Tomato spotted wilt virus ile mücadelede *Tsw* geni içeren dayanıklı çeşitlerin kullanımı uzun yıllar etkin bir yöntem olarak kullanılmıştır. Ancak, son yıllarda pek çok ülkede *Tsw* geni dayanıklılığını kıran TSWV varyantlarının ortaya çıkması nedeniyle bu varyantlar biberde önemli bir problem haline gelmeye başlamıştır (Deligoz vd., 2014; Sharman ve Persley, 2006; Yoon vd., 2021). Bu çalışmada, Türkiye’nin en

önemli biber üretim alanlarının bulunduğu Samsun, Antalya, Manisa, Çanakkale ve Bursa illerinden elde edilen toplam 221 TSWV izolatının biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kırma durumları araştırılmış, incelenen izolatların 92'sinin (%41.6) *Tsw* geni dayanıklılığını kırdığı, 129'unun ise (%58.4) bu dayanıklılığı kıramadığı ortaya konulmuştur. Çalışmada *Tsw* geni dayanıklılığını kıran izolatlar Antalya, Samsun ve Çanakkale illerinde belirlenirken, Manisa ve Bursa illerinde ise tespit edilmemiştir. İncelenen izolatlar içerisinde dayanıklılık kıran TSWV izolatları en yaygın olarak Antalya ilinde belirlenmiştir. Antalya ilinde 87 izolatın 67'sinin (%77), Samsun ilinde ise 51 izolatın 19'unun (%37.2) biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kırdığı ortaya konulmuştur. Çanakkale ilinde ise TSWV düşük oranda belirlenmiş olması nedeni ile yalnızca aynı tarladan altı izolat denemeye alınmış ve bu izolatların tamamının dayanıklılığı kırdığı belirlenmiştir (Çizelge 6). *Tsw* geni dayanıklılığını kırabilen izolatlar Antalya ilinde çalışılan tüm ilçelerde belirlenirken, Samsun ilinde Çarşamba ve Terme ilçelerinde, Çanakkale de ise sadece Ezine ilçesinde saptanmıştır. Türkiye'de biberde *Tsw* geni dayanıklılığını kıran TSWV izolatı ilk olarak 2014 yılında Samsun ilinde (Deligoz vd., 2014), daha sonra ise 2016 (Fidan, 2016) ve 2020 yıllarında (Almasi vd., 2020) Antalya ilinde belirlenmiştir. Bu çalışmada ise; Samsun ve Antalya illerine ilave olarak, Çanakkale ilinde de dayanıklılık kıran TSWV izolatlarının varlığı tespit edilmiştir. Machado vd. (2019) *Tsw* geni dayanıklılığının kırılması ile ilgili Amerika'da yaptıkları çalışmada, TSWV izolatı 6 dayanıklı ve 3 hassas biber çeşidine inokule edilmiştir. İzolat TSWV'ye hem dayanıklı hemde hassas çeşitlerde bodurluk, yapraklarda şekil bozukluğu, kloroz ve nekroz gözlemlenmiş olup bu izolatın *Tsw* geni dayanıklılığını bildirmişlerdir bu çalışmada olduğu gibi dayanıklılık kıran izolatlar belirlenmiştir.

Dayanıklılık kıran ve kırmayan izolatlar arasında biberde oluşturdıkları belirtiler açısından belirgin bir farklılık görülmemiştir. Çalışmada dayanıklılık kıran TSWV izolatlarının daha ziyade dayanıklı çeşitlerin yoğun olarak yetiştirildiği yerlerde belirlenmesi dikkat çekmiştir. Dayanıklılık kıran TSWV izolatları dayanıklı çeşitlerin en yaygın olarak yetiştirildiği Antalya iline ait tüm ilçelerde yoğun bir şekilde bulunduğu görülmüştür. Gautam vd., (2024), Avustralya'da 2021, 2022 ve 2023 yetiştirme sezonunda yaptıkları çalışmada *Tsw* geni taşıyan biber çeşitlerinde TSWV enfeksiyon oranının *Tsw* genine sahip olmayan hassas çeşitlere oranla önemli ölçüde daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada TSWV'nin biberde enfeksiyon oranı ile ilgili herhangi bir inceleme yapılmamıştır. Bununla birlikte; dayanıklılık kıran izolatlara dayanıklı çeşitlerin yoğun olarak kullanıldığı Antalya ilinde daha fazla rastlanması hassas çeşitler ve dayanıklı çeşitler arasında TSWV enfeksiyonu açısından önemli bir fark olmadığı düşünülebilir.

Samsun illinin Çarşamba ve Terme ilçelerinde biber üretiminde dayanıklı hibrit çeşitler yaygın olarak kullanılmakta iken, Bafra ilçesinde ise daha çok standart çeşitler kullanılmaktadır. Samsun ilinde dayanıklılık kıran TSWV izolatları dayanıklı hibrit çeşitlerin yaygın olarak yetiştirildiği Çarşamba ve Terme ilçelerinde belirlenirken, Bafra ilçesinde ise herhangi bir dayanıklılık kıran TSWV izolatı tespit edilmemiştir. Benzer şekilde; Manisa ve Bursa illerinde daha çok standart biber çeşitleri yetiştirilmekte olup, bu illerde dayanıklılık kıran izolatlar tespit edilmemiştir. Bu durum dayanıklılık kıran izolatların daha ziyade *Tsw* genine sahip çeşitlerin yoğun olarak yetiştirildiği yerlerde görüldüğünü göstermiştir. Özellikle, tek gen tarafından kontrol edilen dayanıklılıkta, dayanıklı çeşitlerin uzun yıllar ve yoğun olarak yetiştirildiği yerlerde patojen popülasyonundaki seleksiyon baskısı nedeni ile dayanıklılık kırılması görülebilmektedir (Keane ve Brown, 1997; Pink ve Hand, 2003). Bununla birlikte, TSWV'ye karşı dayanıklılığın tek bir gen tarafından kontrol edilmesi, yüksek virüs popülasyon baskısı ve TSWV'nin vektör trips bünyesinde çoğalarak genomik yapısını değiştirebilmesi gibi faktörler, biberde dayanıklılık kıran yeni TSWV varyantlarının daha kolay oluşabilmesine olanak sağlamaktadır (Wijkamp, 1995; Margaria vd., 2007). Nitekim; daha önce yürütülen çalışmalarda, dayanıklı çeşit yetiştiriciliği yapılan üretim alanlarında TSWV'nin çeşitlere kısa sürede adapte olabildiği ve birkaç yılda *Tsw* geni dayanıklılığının kırabildiği gösterilmiştir (Margaria vd., 2004; Roggero vd., 2002; Sharman ve Persley, 2006).

Çalışmada ayrıca, biberde *Tsw* dayanıklılığını kıran 37 TSWV izolatı, *Sw-5* geni içeren Logure F1 ve Swanson F1 domates çeşitlerine inokule edilmiş ve izolatların hiçbirisi bu çeşitlerde sistemik enfeksiyon oluşturmamıştır (Çizelge 7). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda doğal koşullarda hem *Tsw* geni, hem de

Sw-5 geni dayanıklılığını kırabilen herhangi bir TSWV izolatu rapor edilmemiştir. Daha önce yürütülen farklı araştırmalarda, yürütülen bu çalışmaya benzer şekilde *Tsw* geni dayanıklılığını kıran TSWV varyantlarının *Sw-5* geni içeren dayanıklı domates çeşitlerinde dayanıklılığı kıramadıkları belirlenmiş ve bu durumun biberdeki TSWV’ye dayanıklılık geni *Tsw* ile domatesteki *Sw-5* genlerinin farklı özelliklere sahip olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Crescenzi vd., 2013; Debreczeni vd., 2014; Jahn vd., 2000; Macedo vd., 2019; Roggero vd., 2002; Sharman ve Persley, 2006).

SONUÇ

Bu çalışmada, Antalya, Samsun, Manisa, Çanakkale ve Bursa illerinde biber bitkisinden elde edilen toplam 221 TSWV izolatının *Tsw* geni dayanıklılığını kırma durumu incelenmiştir. Elde edilen çalışma sonuçları; Antalya, Samsun ve Çanakkale illerinde dayanıklılık kıran TSWV izolatların bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu sonuçlar Türkiye biber üretiminde birinci sırada yer alan Antalya ilinde dayanıklılık kıran izolatların yaygın olduğunu, Samsun ilinde ise özellikle hibrit çeşit kullanılan biber alanlarında yayılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışma sonuçları TSWV ile mücadelede *Tsw* genine sahip çeşitlerin kullanılmasının tek başına yeterli olmadığını göstermiştir. TSWV ile mücadelede en etkili yolların başında dayanıklı çeşit kullanımı gelmektedir. Dayanıklılığın kırılması nedeni ile yeni dayanıklılık kaynaklarının araştırılmasına ve çeşitlere aktarılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

YAZAR KATKI ORANLARI

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): **İD** (%50), **AB** (%30), **NDKY** (%20)

Veri Toplanması (Data Acquisition): Author **İD** (%50), **AB** (%50),

Veri Analizi (Data Analysis): Author **İD** (%40), **AB** (%40), **NDKY** (%20)

Makalenin Yazımı (Writing up): **İD** (%50), **AB** (%30), **NDKY** (%20)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): **İD** (%50), **AB** (%50)

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK TOVAG 117O192 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adkins, S. (2000). *Tomato spotted wilt virus*—positive steps towards negative success. *Molecular Plant Pathology*, 1(3), 151-157. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2000.00022.x>
- Akdura, N., & Kılıç, H. Ç. (2022). Hakkari ili domates ve biber üretim alanlarında Yonca mozaik virüsü ve Domates lekeli solgunluk virüsü’nün belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 435-440. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1082948>
- Almási, A., Csilléry, G., Csömör, Z., Nemes, K., Palkovics, L., Salánki, K., & Tóbiás, I. (2015). Phylogenetic analysis of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) NSs protein demonstrates the isolated emergence of resistance-breaking strains in pepper. *Virus Genes*, 50, 71-78. <https://doi.org/10.1007/s11262-014-1131-3>
- Almasi, A., Nemes, K., & Salanki, K. (2020). Increasing diversity of resistance breaking pepper strains of *Tomato spotted wilt virus* in the Mediterranean region. *Phytopathologia Mediterranea*, 59(2), 385-391. <https://doi.org/10.14601/Phyto-11346>
- Aramburu, J., & Marti, M. (2003). The occurrence in north-east Spain of a variant of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) that breaks resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum*) containing the *Sw-5* gene. *Plant Pathology*, 52(3). <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00829.x>
- Aramburu, J., Galipienso, L., Soler, S., & Lopez, C. (2010). Characterization of *Tomato spotted wilt virus* isolates that overcome the *Sw-5* resistance gene in tomato and fitness assays. *Phytopathologia Mediterranea*, 49(3), 342-351. DOI: https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-8435.

- Aybak, H. Ç. (2007). *Biber*. İstanbul, Hasad Yayıncılık.
- Aybak, H. Ç., (2002), *Biber yetiştiriciliği*. Hasad Yayıncılık 155 s.
- Black L.L., Hobbs H.A., Gatti J.M. 1991. *Tomato spotted wilt virus* resistance in *Capsicum chinense* PI152225 and 159236", *Plant Disease*, 75, 863.
- Boiteux, L. S. (1995). Allelic relationships between genes for resistance to tomato spotted wilt tospovirus in *Capsicum chinense*. *Theoretical and Applied Genetics*, 90, 146-149. <https://doi.org/10.1007/BF00221009>
- Coutts, B. A., & Jones, R. A. C. (2005). Suppressing spread of *Tomato spotted wilt virus* by drenching infected source or healthy recipient plants with neonicotinoid insecticides to control thrips vectors. *Annals of Applied Biology*, 146(1), 95-103. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04033.x>
- Crescenzi, A., Viggiano, A., & Fanigliulo, A. (2013). Resistance breaking *Tomato spotted wilt virus* isolates on resistant pepper varieties in Italy. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 78(3), 609-612. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1069.13>
- 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(2), 185-195. <https://doi.org/10.1111/mpp.12082>
- Debreczeni, D. E., Rubio, L., Aramburu, J., Lopez, C., Galipienso, L., Soler, S., & Belliure, B. (2014). Transmission of *Tomato spotted wilt virus* isolates able and unable to overcome tomato or pepper resistance by its vector *Frankliniella occidentalis*. *Annals of Applied Biology*, 164(2), 182-189. <https://doi.org/10.1111/aab.12090>
- Deligoz, I., Sokmen, M. A., & Sari, S. (2014). First report of resistance breaking strain of *Tomato spotted wilt virus* (*Tospovirus; Bunyaviridae*) on resistant sweet pepper cultivars in Turkey. *New Disease Reports*, 30(26), 2044-0588. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2014.030.026>
- Deligöz, İ., Baltacı, A., Çelik, N., Özdemir, S., Uzunoğulları, N., & Yılmaz, N. K. (2023). Türkiye’de biberde enfeksiyon oluşturan virüslerin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 38(1), 117-130. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.11274654>
- FAO, (2025). Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. [Erişim Tarihi: 21 Şubat 2025].
- Fidan, H. (2016). *Antalya’da örtü altı domates ve biber alanlarında dayanıklılık kıran Tomato spotted wilt virus (TSWV) izolatların genetik kıyaslanması*, VI. Türkiye Bitki Koruma Kongresi Konya, Türkiye, 560.
- Gautam, S., Workneh, F., Chinnaiah, S., Rush, C., Xue, Q., Anderson, N., Crosby, K. M., & Gadhave, K. R. (2024). *Tsw*-resistant pepper cultivars offer limited protection against resistance-breaking isolates of *Tomato spotted wilt virus*. *Plant Health Progress*, <https://doi.org/10.1094/PHP-08-24-0075-RS>
- Jahn, M., Paran, I., Hoffmann, K., Radwanski, E. R., Livingstone, K. D., Grube, R. C., Aftergoot E., Lapidot M., 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. <https://doi.org/10.1094/MPMI.2000.13.6.673>
- Keane, P. J., Brown j. (1997). *Disease management: resistant cultivars*. In ‘Plant pathogens and plant diseases. (Eds JF Brown, HJ Ogle) p. 556.
- Koç, G., Yildiz, K., Fidan, H., & Çalış, Ö. (2024). Presence of Tomato Spotted Wilt Virus between cress and pepper intercropped in Kumluca district of Türkiye. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 41(2), 98-102. <https://doi.org/10.55507/gopzfd.1491241>
- Macedo, M. A., Rojas, M. R., & Gilbertson, R. L. (2019). First report of a resistance-breaking strain of *Tomato spotted wilt orthotospovirus* infecting sweet pepper with the *Tsw* resistance gene in California, USA. *Plant Disease*, 103(5), 1048. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-18-1239-PDN>

- Margaria, P., Ciuffo, M., & Turina, M. (2004). Resistance breaking strain of *Tomato spotted wilt virus* (Tospovirus; *Bunyaviridae*) on resistant pepper cultivars in Almería, Spain. *Plant Pathology*, 53(6). <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2004.01082.x>
- Margaria, 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(5), 547-558. <https://doi.org/10.1094/MPMI-20-5-0547>
- Mound, L. A. (2002). *So many thrips-so few tospoviruses*. In Thrips and tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera (pp. 15-18). Australian National Insect Collection, Canberra.
- Moury, B.; Verdin, E. (2012). Viruses of pepper crops in the Mediterranean basin. A Remarkable Stasis. In *Advances in Virus Research*, 84., pp. 127-162. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394314-9.00004-X>
- Nilon, A.; Robinson, K.; Pappu, H. R.; Mitter, N. (2021). Current status and potential of RNA interference for the management of Tomato spotted wilt virus and Thrips Vectors. *Pathogens*, 10, 320. <https://doi.org/10.3390/pathogens10030320>
- Ojinaga, M.; Guirao, P.; Larregla, S. A. (2022). survey of main pepper crop viruses in different cultivation systems for the selection of the most appropriate resistance genes in sensitive local cultivars in Northern Spain. *Plants*, 11, 719. <https://doi.org/10.3390/plants11060719>
- Öztürk, P. K., Yavuz, Ş., & Torun, H. (2024). Akdeniz Bölgesi örtüaltı domates ve biber alanlarında *Tomato spotted wilt virus* (TSWV)'a konukçu yabancı ot türleri ile enfeksiyon durumunun belirlenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 39(1), 208-219. <https://doi.org/10.36846/CJAFS.2024.144>
- 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.
- Pernezny, K., Robert, P. D., Murphy, J. F., Goldberg, N. P. (2003). *Compendium of pepper diseases*. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, 1, 24-25.
- Pink, D. A. C., & Hand, P. (2003). Plant resistance and strategies for breeding resistant varieties. *Plant Protection Science-Prague*, 38, 9-14. <https://doi.org/10.17221/10310-PPS>
- Roggero, P., Masenga, V., & Tavella, L. (2002). Field isolates of *Tomato spotted wilt virus* overcoming resistance in pepper and their spread to other hosts in Italy. *Plant Disease*, 86(9), 950-954. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.9.950>
- Roggero, P., Melani, V., Ciuffo, M., Tavella, L., Tedeschi, R., & Stravato, V. M. (1999). Two field isolates of *Tomato spotted wilt tospovirus* overcome the hypersensitive response of a pepper (*Capsicum annuum*) hybrid with resistance introgressed from *C. chinense* PI152225. *Plant Disease*, 83(10), 965-965. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.10.965A>
- Scholthof, K. B. G., Adkins, S., Czosnek, H., Palukaitis, P., Jacquot, E., Hohn, T., Hohn, B., Saunders, K., Candresse, T., Ahlquist, P. (2011). Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 12, 938-954. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00752.x>
- 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. <https://doi.org/10.1071/AP06014>
- Topkaya, Ş. (2021). Prevalence and molecular characterization of *Tomato spotted wilt virus* in pepper fields in Tokat province. *Plant Protection Bulletin*, 61(3), 28-35. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.898371>
- TÜİK, 2025. Bitkisel üretim istatistikleri. www.tuik.gov.tr. URL: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> [Erişim tarihi: 21 Şubat 2025].
- Ullman, D. E., Cho, J. J., Mau, R. F., Westcot, D. M., & Custer, D. M. (1992). A midgut barrier to *tomato spotted wilt virus* acquisition by adult western flower thrips. *Phytopathology-New York and Baltimore Then St Paul*-, 82, 1333-1333.
- Uslu, Y. E., & Yorgancı, S. (2024). Seed and pollen transmission of *Tomato spotted wilt orthotospovirus* (TSWV) in pepper. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 41(3), 186-192. <https://doi.org/10.55507/gopzfd.1547338>

- Usta, M., Güller, A., Demirel, S., Korkmaz, G., & Kurt Z. (2023). New insights into Tomato spotted wilt orthotospovirus (TSWV) infections in Türkiye: Molecular detection, phylogenetic analysis, and in silico docking study. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(3), 13245-13245. <https://doi.org/10.15835/nbha51313245>
- Wang, H.; Wu, X.; Hunag, X.; Wei, S.; Lu, Z.; Ye, J. (2022). Seed transmission of *Tomato Spotted Wilt Orthotospovirus* in pepper. *Viruses*, 14, 1873. <https://doi.org/10.3390/v14091873>
- Wijkamp, I. (1995). *Virus-vector relationships in the transmission of tospoviruses*. [Doctoral dissertation, Wageningen University and Research.], Wageningen. s.143.
- Yoon, J. Y., Her, N. H., Cho, I. S., Chung, B. N., & Choi, S. K. (2021). First report of a resistance-breaking strain of *Tomato spotted wilt orthotospovirus* infecting *Capsicum annuum* carrying the Tsw resistance gene in South Korea. *Plant Disease*, 105(8), 2259. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-20-1952-PDN>