



Türkiye’de Biberde Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Belirlenmesi

Determination of Viruses Infecting Pepper in Turkey

İlyas DELİGÖZ¹, Abdullah BALTAÇI², Nejla ÇELİK³, Sabriye ÖZDEMİR⁴
Nesrin UZUNOĞULLARI⁵, Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ⁶

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

• ilyasdeligoz@yahoo.com • ORCID > 0000-0003-3646-300X

²Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

• zmabdullah@gmail.com • ORCID > 0000-0002-0309-5215

³Zirai Karantina Müdürlüğü, Antalya

• neclacelik32@hotmail.com • ORCID > 0000-0001-5459-6071

⁴Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, İzmir

• sabozdemir@yahoo.com • ORCID > 0000-0002-3313-3876

⁵Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova

• nesrinuzun01@gmail.com • ORCID > 0000-0001-6165-126X

⁶Ondokuzmayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun

• nazlik@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7331-9109

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 13 Haziran / June 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 05 Ocak / January 2023

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 117-130

Atıf/Cite as: Deligöz, İ., Baltacı, A., Çelik, N., Özdemir, S., Uzunoğulları, N. ve Kutluk Yılmaz, N. D. "Türkiye’de Biberde Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Belirlenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 117-130.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: İlyas DELİGÖZ

TÜRKİYE'DE BİBERDE ENFEKSİYON OLUŞTURAN VİRÜSLERİN BELİRLENMESİ

ÖZ:

Biber (*Capsicum annuum* L.)'de çok sayıda virüs enfeksiyona neden olmakta ve önemli ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bu çalışma kapsamında, 2018 yılında Türkiye biber üretiminin büyük bir bölümünün gerçekleştirildiği Antalya, Manisa, Çanakkale, Samsun ve Bursa illerinde biber yetiştirilen alanlardan virüs-benzeri simptom sergileyen 616 adet biber örneği toplanmıştır. Bu örnekler daha sonra Alfalfa mosaic virus (AMV), Cucumber mosaic virus (CMV), Impatiens necrotic spot virus (INSV), Pepper mild mottle virus (PMMoV), Potato virus Y (PVY), Tobacco etch virus (TEV), Tobacco mosaic virus (TMV), Tomato chlorotic spot virus (TCSV), Tomato mosaic virus (ToMV) ve Tomato spotted wilt virus (TSWV) poliklonal antiserumları kullanılarak Double antibody sandwich-enzyme linked immunosorbent assay (DAS-ELISA) yöntemi ile test edilmiştir. Test sonuçlarına göre örneklerin % 55'inin TSWV, % 22.2'sinin CMV, %0.5'inin PMMoV, %0.5'inin PVY ve %0.3'ünün ise AMV ile tekli enfekteli olduğu belirlenmiştir. İncelenen örneklerin % 6.5'inin ise birden fazla virüs ile karışık enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Karışık enfeksiyonlu örnekler içerisinde en yaygın olarak TSWV+CMV ikili enfeksiyonuna (% 4.5) rastlanırken, bunu sırası ile; TSWV+PVY (% 0.6), TSWV+PMMoV (% 0.5), PMMoV+CMV (% 0.3) izlemiştir. Ayrıca, test edilen örneklerde TSWV+CMV+PVY (% 0.3) ve TSWV+CMV+PMMoV (% 0.2) üçlü karışık enfeksiyonu belirlenmiştir. Bununla birlikte, çalışmada test edilen biber örneklerinin hiçbirisinde ToMV, TMV, TEV, TCSV ve INSV tespit edilememiştir. Bu çalışmada tespit edilen PMMoV, Ege ve Marmara Bölgesi için ilk kayıt niteliindedir.

Anahtar Kelimeler: *Capsicum Annuum* L., Das-Elisa, Sürvey, Bulunma Oranı.



DETERMINATION OF VIRUSES INFECTING PEPPER IN TURKEY

ABSTRACT

Various viruses cause infection in pepper (*Capsicum annuum* L.) and can lead to significant crop losses. In this study, 616 pepper samples exhibiting virus-like symptoms were collected in 2018 from pepper production areas in Antalya, Manisa, Çanakkale Samsun and Bursa province, where most of Turkey's pepper production is carried out. Samples were tested using polyclonal antisera of Alfalfa mosaic virus (AMV), Cucumber mosaic virus (CMV), Impatiens necrotic spot virus

(INSV), Pepper mild mottle virus (PMMoV), Potato virus Y (PVY), Tobacco etch virus (TEV), Tobacco mosaic virus (TMV), Tomato chlorotic spot virus (TSCV), Tomato mosaic virus (ToMV) and Tomato spotted wilt virus (TSWV) by Double antibody sandwich-enzyme linked immunosorbent assay DAS-ELISA. Based on the serological test results, TSWV, CMV, PMMoV, PVY and AMV were detected in 55, 22.2, 0.5, 0.5 and 0.3 % of the total tested samples, respectively. Mixed infections involving different combination of viruses were found in 6.5 % of samples. TSWV+CMV dual infection was the most common (4.5 %) among mixed-infected samples, followed by TSWV+PVY (0.6 %), TSWV+PMMoV (0.5 %), PMMoV+CMV (0.3 %). Also, TSWV+CMV+PVY (0.3 %) and TSWV+CMV+PMMoV (0.2 %) triple infections were determined in the tested samples. However, ToMV, TMV, TEV, TCSV and INSV were not detected in any of the pepper samples tested in this study. To our knowledge, this is the first report of PMMoV on pepper in the Aegean and Marmara Regions of Turkey.

Keywords: *Capsicum Annuum* L., DAS-ELISA, Survey, Incidence.



1. GİRİŞ

Biber (*Capsicum annuum* L.), *Solanaceae* familyasının *Capsicum* cinsine ait bir bitki türü olup, gerek besin içeriği, gerekse ekonomik değeri yönünden yetiştirilen en önemli sebze türlerinden birisidir. *Capsicum* cinsi 30’dan fazla türü içermekte olup, dünyada bu türlerden beşinin (*C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* ve *C. pubescens*) yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Parisi ve ark., 2020). Türkiye, 2.265.669 ton biber üretimi ile Çin ve Meksika’dan sonra dünyada 3. sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Ülkemiz biber üretiminde ise Antalya ili, 501.213 tonluk üretim ile ilk sırada bulunmaktadır. Antalya ili ile birlikte, Bursa, Manisa, Çanakkale ve Samsun illeri Türkiye toplam biber üretiminin yaklaşık yarısını karşılamaktadır (TÜİK, 2020). Yetiştirme tekniklerinden kaynaklanan hatalar, hastalıklar ve zararlılar nedeniyle biberde verim ve kalitede önemli kayıplar ortaya çıkabilmektedir. Hastalık etmenleri içerisinde özellikle virüsler mücadelelerinin zor olması nedeni ile ön plana çıkmaktadır (Pernenzly ve ark., 2003).

Biber bitkisi virüs hastalıklarına karşı oldukça hassas olup dünyada 70’den fazla virüs türü biberde enfeksiyon oluşturmaktadır (Pernenzly ve ark., 2003). Akdeniz ülkeleri biber üretim alanlarında başta Tobamovirus’lar olmak üzere, Potato virus Y (PVY), Tobacco etch virus (TEV), Cucumber mosaic virus (CMV) ve Orthotospovirus’ların oldukça yaygın oldukları bildirilmiştir. Özellikle, son yıllarda Tomato spotted wilt virus (TSWV)’un başta Akdeniz ülkeleri olmak üzere birçok ülkede salgın oluşturduğu rapor edilmiştir (Moury ve Verdin, 2012). Bugüne kadar

yürütülen çalışmalar ile ülkemiz biber üretim alanlarında ise; Tomato mosaic virus (ToMV), Tobacco mosaic virus (TMV), PVY, CMV, TEV, TSWV, Potato virus X (PVX), Alfalfa mosaic virus (AMV), Pepper mild mottle virus (PMMoV), Pepper vein yellows virus (PeVYV), Pepper veinal mottle virus (PVMV) ve Pepper mottle virus (PepMoV)'un varlığı rapor edilmiştir (Yılmaz ve Davis, 1985; Erkan, 1986; Çiçek ve Yorgancı, 1991; Güldür ve ark., 1994; Arlı Sökmen ve ark., 2005; Buzkan ve ark., 2006; Özaslan ve ark., 2006; Özdemir ve Erilmez, 2007; Buzkan ve ark., 2013; Keleş Öztürk ve Baloğlu, 2019). Ayrıca, son yıllarda, domates alanlarında yaygın olarak görülen Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)'ün ülkemizde biberde de enfeksiyon oluşturduğu bildirilmiştir (Fidan ve ark., 2021).

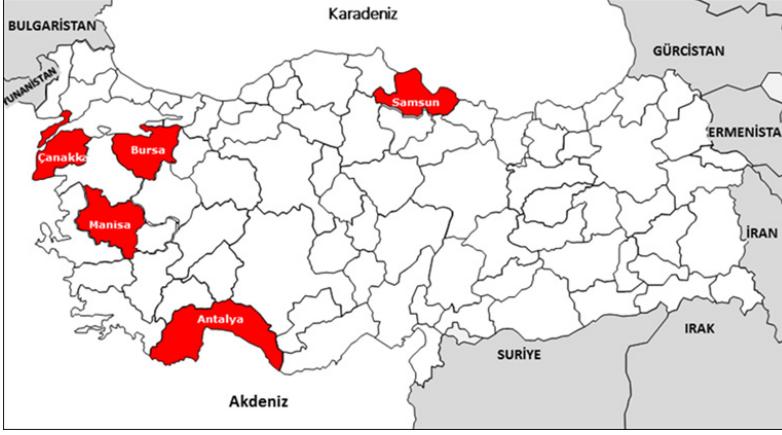
Virüs enfeksiyonu sonucunda biberde oluşan semptomların görünüşü ve şiddeti; konukçu bitkinin türü, çeşidi, gelişme dönemi (fide, vejetatif, çiçeklenme, meyve dönemi vs.), iklim şartları (sıcaklık, ışık vs.) ve virüs irkına bağlı olarak değişebilmektedir (Adkins, 2000; Pernezny ve ark., 2003). Biberde enfeksiyon oluşturan virüsler genel olarak; cücelik, yapraklarda mozayik, kıvrıkcılık, deformasyon, klorotik ve nekrotik halkalı lekeler, meyvelerde ise renk açılmaları, halkalı lekeler ve şekil bozukluğu şeklinde belirtilere neden olmaktadır (Pernezny ve ark., 2003; Arlı Sökmen ve ark., 2005). Biberde virüs enfeksiyonları nedeni ile meyve kalitesi ve ağırlığında önemli oranda azalmalar olmakta ve % 80'e varan ürün kayıpları oluşabilmektedir (Green ve Kim, 1991; Avilla ve ark., 1997). Bununla birlikte, karışık viral enfeksiyonlar ise hastalığın şiddetinde ve ürün kayıplarında artışa yol açabilmektedir (Kenyon ve ark., 2014). Nitekim; yapılan çalışmalarda biberde CMV+PepMoV ikili enfeksiyonunun sözü edilen virüslerin tek enfeksiyonlarına göre daha şiddetli belirtilere yol açtığı, bitki büyümesinde ve bitki ağırlığında önemli ölçüde azalmalara neden olduğu ortaya konulmuştur (Murphy ve Bowen, 2006).

Bu çalışmada Türkiye biber üretiminin yaklaşık yarısının gerçekleştirildiği Samsun, Antalya, Manisa, Çanakkale ve Bursa illerinde biberde enfeksiyon oluşturan virüslerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Sürvey Çalışmaları

Çalışmada, Türkiye'nin dört farklı coğrafik bölgesinde yer alan Antalya (Akdeniz Bölgesi), Samsun (Karadeniz Bölgesi), Bursa ve Çanakkale (Marmara Bölgesi), Manisa (Ege Bölgesi) illerine ait ilçelerdeki biber üretim alanlarından 2018 yılı Nisan-Ekim ayları boyunca (üretim sezonu süresince) toplam 616 adet bitki örneği toplanmıştır (Şekil 1, Çizelge 1). Sürveylerde, virüs-benzeri semptom sergileyen biber yaprak ve meyve örnekleri toplanmış ve örnekler test edilinceye kadar -20°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. Survey çalışmalarında örnekleme yapılan iller

Figure 1. The provinces where survey studies are carried out

2.2. Double Antibody Sandwich-Enzyme Linked Immunosorbent Assay (DAS-ELISA)

Sürvey çalışmaları ile toplanan biber örnekleri, TSWV, PMMoV, CMV, AMV, PVY, ToMV, TMV, TEV, Impatiens necrotic spot virus (INSV) ve Tomato chlorotic spot virus (TCSV)'ye spesifik poliklonal antiserum kullanılarak Double antibody sandwich-enzyme linked immunosorbent assay (DAS-ELISA) yöntemi ile test edilmiştir. DAS-ELISA yöntemi, Clark ve Adams (1977) ve antiserumların temin edildiği firmaların açıklamaları göz önüne alınarak uygulanmıştır. Sonuçlar, Tecan Sunrise ELISA mikroyokluk okuyucusunda substrat ilavesinden 60-120 dk sonra 405 nm dalga boyunda absorbans değerlerinin alınmasıyla elde edilmiş, negatif kontrollerin absorbans değerlerinden 3 katı ve daha fazla değer veren örnekler pozitif olarak değerlendirilmiştir (Rodriguez-Alvarado ve ark., 2002).

3. BULGULAR

Bu çalışmada; Türkiye biber üretiminde önemli bir paya sahip olan Antalya, Manisa, Çanakkale, Samsun ve Bursa illerinde biber yetiştiriciliği yapılan alanlarda yürütülen sürvey çalışmaları ile virüs-benzeri belirti gösteren toplam 616 biber örneği toplanmıştır. Daha sonra, bu örnekler 10 farklı virüse (TSWV, CMV, PVY, TCSV, PMMoV, TMV, ToMV, TEV, INSV ve AMV) karşı DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir.

Test sonuçlarına göre il bazında virüslerin dağılımı incelendiğinde; Antalya ilinde ELISA ile testlenen 161 örneğin % 93.2'i (150 adet) tek olarak TSWV ile enfekteli bulunurken; % 1.2'sinin ise TSWV+CMV (2 adet) ve TSWV+PVY (2 adet) ile karışık olarak enfekteli oldukları belirlenmiştir (Çizelge 1).

Samsun ilinde test edilen 150 örneğin; % 44'ünün TSWV, % 30.6'sının CMV ve % 1.3'ünün PVY ile tek olarak bulaşık olduğu saptanmıştır. Bu ile ait karışık olarak enfekteli örnek oranları ise, TSWV+CMV'de % 10, TSWV+CMV+PVY'de % 1.3 ve TSWV+PVY'de ise % 0.7 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. İllere göre virüsle enfekteli örnek sayıları ve oranları

Table 1. The number and rates of samples infected with the virus on the basis of provinces

İl	İlçe	Alınan Örnek Sayısı	TSWV	CMV	PVY	AMV	PMMoV	TMV	ToMoV	TEV	INSV	TCSV	TSWV+CMV	TSWV+PVY	TSWV+PMMoV	CMV+PMMoV	TSWV+CMV+PVY	TSWV+CMV+PMMoV	Enfekteli Örnek sayısı
Antalya	Serik	38	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	37
	Aksu	19	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	Demre	24	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
	Kumluca	80	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	77
Toplam	4	161	150 (93.2)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (1.2)	2 (1.2)	0	0	0	0	154
Samsun	Çarşamba	74	40	19	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	64
	Bafra	66	20	25	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1	0	0	1	0	58
	Térme	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10
	Toplam	3	150	66 (44)	46 (30.6)	2 (1.3)	0	0	0	0	0	0	15 (10)	1 (0.7)	0	0	2 (1.3)	0	132
Manisa	Kırkağaç	27	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	24
	Saruhanlı	23	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	23
	Akhisar	32	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	32
	Ahmetli	16	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	16
	Gölmarmara	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	2	0	0	0	25
Toplam	5	123	103 (83.7)	0	0	0	1 (0.8)	0	0	0	0	11 (8.9)	1 (0.8)	3 (2.4)	0	0	1 (0.8)	0	120
Çanakkale	Yenice	56	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
	Ezine	10	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Biga	16	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Bayramiç	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Toplam	4	92	6 (6.5)	58 (63)	1 (1)	0	1 (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
Bursa	Karacabey	37	14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	Yenişehir	45	0	27	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	30
	M.Kemalpaşa	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
Toplam	3	90	14 (15.5)	33 (36.6)	0	2 (2.2)	1 (1.1)	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (2.2)	0	0	52
Genel Toplam	19	616	339 (55)	137 (22.2)	3 (0.5)	2 (0.3)	3 (0.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	28 (4.5)	4 (0.6)	3 (0.5)	2 (0.3)	2 (0.3)	1 (0.2)	524 (85)

*: Enfekteli örnek sayısı (enfekteli örnek yüzdesi)

Manisa ilinde 123 örnek test edilmiş ve bu örneklerin tek olarak % 83.7'sinin (103 adet) TSWV, sadece bir tanesinin ise PMMoV ile (% 0.8) enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, % 8.9'unun (11 örnek) TSWV+CMV, % 2.4'ünün (3 örnek) TSWV+PMMoV, % 0.8'inin (1 örnek) TSWV+PVY ve % 0.8'inin (1 örnek) ise TSWV+PMMoV+CMV ile karışık olarak enfekteli oldukları saptanmıştır (Çizelge 1).

Çalışmada, Marmara Bölgesi'ne ait iki ilde (Çanakkale ve Bursa) örnekleme yapılmıştır. Diğer bölgelerdeki illerin aksine; bu bölgedeki her iki ilde de biberlerde CMV enfeksiyonunun TSWV'den daha yaygın olması dikkat çekmiştir. Nitekim, Çanakkale'de ELISA ile testlenen 92 örneğin; % 63'ünün CMV (58 örnek), % 6.5'inin (6 örnek) TSWV ile enfekteli olduğu saptanırken, birer örneğin ise tek olarak PVY (% 1) ve PMMoV (% 1) ile enfekteli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Bursa iline ait testlenen 90 örnekte ise; % 36.6 oranında CMV (33 örnek), % 15.5 oranında TSWV (14 örnek), % 2.2 oranında AMV (2 örnek) ve % 1.1 oranında PMMoV (1 örnek) enfeksiyonunun varlığı ELISA testi ile ortaya konulmuştur. Bu ile ait 2 örneğin ise PMMoV+CMV ile (% 2.2) karışık olarak enfekteli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Survey yapılan beş ilde ait ELISA testi sonuçları değerlendirildiğinde; biber üretim alanlarında en yaygın virüs türünün % 55 (339 adet) oran ile TSWV olduğu, bunu % 22.2 (137 adet) oran ile CMV'nin izlediği tespit edilmiştir. Ayrıca, incelenen örneklerde bu virüsler dışında; düşük oranda tek olarak PVY (% 0.5), PMMoV (% 0.5) ve AMV (% 0.3) enfeksiyonları da belirlenmiştir (Çizelge 1). İncelenen örneklerin % 6.5'inin ise birden fazla virüs ile enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, en fazla % 4.5 (28 örnek) oran ile TSWV+CMV ikili enfeksiyonuna rastlanılmıştır. Bunu sırası ile; TSWV+PVY (% 0.6), TSWV+PMMoV (% 0.5), PMMoV+CMV (% 0.3) izlemiştir. Test edilen örneklerdeki üçlü enfeksiyon oranlarının ise sırasıyla; TSWV+CMV+PVY (% 0.3) ve TSWV+CMV+PMMoV (% 0.2) olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, tüm illerde de test edilen biber örneklerinin hiçbirisinde ToMV, TMV, TEV, TCSV ve INSV enfeksiyonu saptanmamıştır (Çizelge 1).

Survey yapılan illerde genellikle bir ya da daha fazla virüse karşı (özellikle TSWV, TMV, ToMV, PMMoV ve CMV) dayanıklı veya toleranslı çeşitlerin yetiştirildiği dikkati çekmiş olup, hassas ve dayanıklı çeşitler arasında semptom farklılıkları gözlenmemiştir. ELISA testi pozitif olan örnekler semptomatolojik olarak değerlendirildiğinde; TSWV'nin genel olarak biber bitkilerinin yapraklarında mozayik ve şekil bozukluğu, klorotik ve nekrotik halkalı lekeler, meyvelerinde ise konsantrik halkalar, nekrotik halkalı lekeler ve şekil bozukluğu belirtileri sergilediği görülmüştür. CMV enfeksiyonu saptanan biberlerin yapraklarda mozayik, mottle ve şekil bozukluğu, meyvelerde ise çökük olmayan nekrotik halkalı lekelerin olduğu ve bu lekelerin daha ziyade güneş yanıklığı belirtisine benzer olduğu gözlenmiştir. Survey çalışmalarında yaygın olarak rastlanılan TSWV+CMV ikili virüs enfeksiyonunun biber meyvelerinde tek olarak TSWV ya da tek olarak CMV enfeksiyonuna göre daha şiddetli nekrotik çökük halkalı lekeler neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, PMMoV ile enfekteli meyve örneklerinde renk açılmaları, halkalı lekeler ve şekil bozukluğu, PVY ile enfekteli meyvelerde ise sadece renk açılmaları ve şekil bozukluklarının olduğu görülmüştür. Tek olarak AMV ile enfekteli bitkilerde genel olarak semptomlar yapraklarda gözlenmiş olup

virüs ile enfekteli bitkilerin yaprak damarlarının etrafında renk açılmaları dikkat çekmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. TSWV ile enfekteli biber yapraklarında oluşan mozayik, şekil bozukluğu (a), klorotik ve nekrotik halkalı lekeler (b), TSWV-enfekteli biber meyvelerinde konsantrik halkalar (c ve d), nekrotik halkalı lekeler ve şekil bozukluğu. CMV ile enfekteli biber yapraklarında mozayik, beneklenme ve şekil bozukluğu (f), CMV-enfekteli biber meyvelerinde nekrotik halkalı lekeler (g). TSWV+CMV ikili virüs enfeksiyonu sonucu biber meyvelerinde nekrotik halkalı lekeler (h). PMMoV ile enfekteli biber meyvelerinde renk açılmaları, halkalı lekeler (i) ve şekil bozukluğu (j). PVY ile enfekteli biber meyvelerinde renk açılmaları ve şekil bozukluğu (k ve l). AMV ile enfekteli bitkilerin yaprak damarları etrafında renk açılmaları (m)

Figure 2. Mosaic, deformity (a), chlorotic and necrotic ring spots (b) on pepper leaves, concentric rings (c and d), necrotic ring spots and deformity on pepper fruits infected with TSWV. Mosaic, mottle and deformity (f) on pepper leaves, necrotic ring spots on pepper fruits (g) infected with CMV. Necrotic ring spots on pepper fruits ca-

used by TSWV+CMV dual infection (h). Discoloration, ring spots (i) and deformity (j) on pepper fruits infected with PMMoV. Discoloration and deformity on pepper fruits infected with PVY (k and l). Discoloration around the leaf veins infected with AMV (m)

4. TARTIŞMA

Virüsler, biberde verim ve kalitede önemli kayıplara neden olabilen patojenlerin başında gelmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin majör biber üretim alanlarında (Antalya, Samsun, Manisa, Çanakkale ve Bursa) yürütülen sürvey çalışmaları ile 616 adet virüs-benzeri simptom gösteren biber örneği toplanmış ve takiben 10 farklı virüse (TSWV, CMV, PVY, TCSV, PMMoV, TMV, ToMV, TEV, INSV ve AMV) karşı DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. ELISA sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; incelenen örneklerde en yaygın olarak TSWV (% 55) belirlenirken, bu virüsü CMV (% 22.2) takip etmiştir (Çizelge 1).

Bu virüs türlerinden; TSWV, *Tospoviridae* familyasının *Orthospovirus* cinsine dahil olup, doğada dokuz trips türü ile propagatif (vektör bünyesinde çoğalma özelliği) olarak taşınmaktadır (Nilon ve ark., 2021). En önemli vektörünün ise bölgelere göre değişmekle birlikte, batı çiçek tripsi (*Frankniella occidentalis*) olduğu bildirilmiştir (Whitfeld ve ark., 2005). TSWV'nin kontrolünde, en etkili yöntemlerin başında dayanıklı çeşitlerin kullanılması gelmektedir. Günümüzde, dünyada ve ülkemizde ticari olarak yetiştirilen TSWV'ye dayanıklı biber çeşitleri *Tsw* geni içermekte olup, üreticiler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Parişi ve ark., 2020). Bununla birlikte, 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 varyantların kolay oluşabilmesine imkan sağlamaktadır (Wijkamp, 1995; Margaria ve ark., 2007). Nitekim; yeni oluşan TSWV varyantları tarafından biberde *Tsw* geni dayanıklılığının kırıldığı farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur (Boiteux ve ark., 1993; Roggero ve ark., 2002; Margaria ve ark., 2004; Ferrand ve ark., 2015; Yoon ve ark., 2021). Ülkemizde ise; biberde dayanıklılık kıran TSWV izolatlarının varlığı ilk olarak 2014 yılında Samsun ilinde (Deligöz ve ark., 2014); takiben 2016 yılında ise Antalya'da belirlenmiştir (Fidan, 2016). Bu çalışmada, tekli ve karışık enfeksiyonlar birlikte değerlendirildiğinde TSWV enfeksiyonu en fazla Manisa ilinde (% 96.7) belirlenirken; bu ili sırasıyla Antalya (% 95.7) ve Samsun (% 56) illeri izlemiş; en düşük oranda ise Bursa (% 15.5) ve Çanakkale (% 6.5)'de tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yürütülen sürveylerde genel olarak biber alanlarında tripslerin yoğun olarak bulunduğu gözlenmiştir. Vektör trips türlerinin yoğunluğu ve incelenen örneklerde TSWV'nin yaygın olarak tespiti, bu zararlının biber üretim alanlarında etkili bir şekilde kontrol edilemediğini göstermektedir. Diğer taraftan, inceleme yapılan illerde biber yetiştiriciliğinde yoğun olarak TSWV'ye dayanıklı çeşitlerin

kullanılmasına rağmen, TSWV'nin yüksek oranda tespit edilmesi ülkemizdeki biber üretim alanlarında *Tsw* geni dayanıklılığının da büyük oranda kırıldığını işaret etmektedir. Tek gen dayanıklılığına sahip çeşitler yoğun olarak yetiştirildiğinde patojen üzerinde baskı oluşması ve patojen tarafından dayanıklılığın kırılması, pek çok patojen-konukçu ilişkisinde oluşan bir durumdur (Pink ve Hand, 2002; McDonald, 2010).

Çalışmada yaygınlık açısından 2. sırada yer alan CMV ise *Bromoviridae* familyası *Cucumovirus* cinsinin bir üyesi olup, biberde tohumla taşınabilmesinin yanı sıra afit vektörler ile de non-persistent olarak etkili bir şekilde taşınmaktadır (Palukaitis ve ark., 1992; Arogundade ve ark., 2019). Bu çalışmada, CMV en yaygın olarak sırasıyla; Çanakkale (% 63), Samsun (% 42) ve Bursa (% 38.5) illerinde tespit edilmiştir. Manisa ve Antalya illerinde ise sadece karışık enfekteli örneklerde daha düşük oranda (sırası ile % 9.8 ve % 1.2) saptanmıştır (Çizelge 1). Bu çalışmada, CMV'nin standart çeşitlerin üretiminin yapıldığı açık alanlarda (Çanakkale, Bursa illeri ve Samsun ili Bafra ilçesi) daha yaygın olması dikkat çekmiştir. Bunun nedeninin ise; açıkta biber yetiştiriciliğinde kullanılan fideleri daha çok üreticilerin kendi tohumlarından elde etmeleri ve CMV'nin biberde yüksek oranda tohumla taşınmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim; Arogundade ve ark. (2019) CMV'nin biber çeşitlerine göre değişmekle birlikte, doğada % 57-71 oranında tohumla taşındığını bildirmişlerdir. Bu çalışmanın bulgularına benzer şekilde, Keleş Öztürk ve Baloğlu (2019), Adana, Mersin, Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinde açıkta biber yetiştiriciliği yapılan alanlarda virüslerin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, % 33.68 oran ile CMV'yi en yaygın virüs olarak belirlemişler, bunu sırasıyla % 22.26 ile TEV, % 19.64 ile PVY, % 11.38 ile PVMV, % 4.66 ile TSWV, % 3.3 ile PepMoV, % 1.52 ile PMMoV, % 1.42 ile ToMV, % 1.08 ile TMV ve AMV'nin izlediğini ortaya koymuşlardır. Diğer taraftan Uzunogulları ve Gümüş (2015), daha çok açık alanda üretimin yapıldığı Bursa, Yalova, İstanbul, Bilecik ve Sakarya illerinden topladıkları 103 biber örneğini CMV'ye karşı ELISA yöntemi ile test etmişler ve örneklerde çok yüksek oranda % 68.9) CMV enfeksiyonu saptamışlardır.

Ülkemizde en fazla biber yetiştiriciliğinin yapıldığı Antalya ilinde daha önce yürütülen çalışmalarda da, bu araştırma sonuçlarına benzer şekilde biberde TSWV'nin yaygın olduğu rapor edilmiştir. Çelik ve ark. (2012), 2007 ve 2008 yıllarında Antalya ilinden elde ettikleri toplam 274 biber örneğinde, en yaygın virüsleri sırasıyla; TSWV (% 34.6), TMV (% 14.5), CMV (% 13.1), PMMoV (% 7.6) ve PVY (% 7.6) olarak bildirmişlerdir. Güneş ve Gümüş (2019), 2015 yılında Antalya ilinde 148 biber örneğini TSWV ve CMV'ye karşı ELISA ile testlemişler ve en yaygın olarak TSWV'yi (% 35.8) belirlerken, CMV'yi ise düşük oranda (% 7.3) saptamışlardır. Beşkeçili ve ark. (2021), 2019 yılında Antalya il Demre ilçesinde biberde 82 örnekte TSWV ve CMV'yi hem serolojik, hem de moleküler yöntemler ile araştırmışlar, ve bu örneklerin % 57'sinde tek olarak TSWV, % 12'sinde CMV ve

% 10'ununda ise TSWV+CMV ikili virüs enfeksiyonunu belirlemişlerdir. Samsun ilinde ise Arlı Sökmen ve ark. (2005), 1998 ve 1999 yıllarında biberde 313 örneği ELISA ile etmişler ve en yaygın virüsleri sırasıyla PVY (% 24.6), TMV (% 21.5), ToMV (% 8.4), AMV (% 6.9), TSWV (% 3.8) ve CMV (% 2.3) olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise, Samsun ilinde biber üretim alanlarında TSWV ve CMV'nin diğer virüslere oranla daha da yaygınlaştığı ortaya konulmuştur.

Test edilen biber örneklerinde TSWV ve CMV'ye ilave olarak; düşük oranda PVY (% 0.5), PMMoV (% 0.5) ve AMV (% 0.3) enfeksiyonları da belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, testlenen biber örneklerinin % 6.5'inde ikili veya üçlü karışık virüs enfeksiyonları tespit edilmiştir. En yüksek karışık enfeksiyon oranı % 4.5 oran ile TSWV+CMV'de belirlenmiş olup, bunu sırası ile TSWV+PVY (% 0.6), TSWV+PMMoV (% 0.5), PMMoV+CMV (% 0.3) ikili enfeksiyonları, TSWV+PVY+CMV (% 0.3) ve TSWV+PMMoV+CMV (% 0.2) üçlü enfeksiyonları takip etmiştir. AMV, yalnızca Bursa ilinde tespit edilirken; PVY, Antalya, Samsun, Manisa ve Çanakkale illerinde; PMMoV ise Çanakkale, Bursa ve Manisa illerinde saptanmıştır. Çalışma kapsamında saptanan PMMoV bugüne kadar ülkemizde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa ilinde (Güldür ve Çağlar, 2006), Akdeniz Bölgesi'nde Antalya (Sevik, 2011), Adana, Kahramanmaraş ve Mersin illerinde (Çağlar ve ark., 2013) ve Karadeniz Bölgesi'nde ise Samsun ilinde (Deligöz ve Arlı Sökmen, 2020) tespit edilmiş olup, bu çalışma ile Ege Bölgesi ve Marmara Bölgesi'nde de tespit edilmiştir.

Bununla birlikte; incelenen biber örneklerinin hiçbirisinde TMV, ToMV ve TEV tespit edilmemiştir (Çizelge 1). Ancak, bahsedilen bu virüslerin daha önce ülkemizde yürütülen farklı çalışmalarla biber alanlarında bulunduğu bildirilmiştir (Arlı Sökmen ve ark., 2005; Buzkan ve ark. 2006; Çelik ve ark., 2012; Keleş Öztürk ve Baloğlu, 2019). Ülkemizde biberde karantina listesinde olan ve daha önce ülkemizde rapor edilmeyen, *Orthotospovirus* cinsi üyelerinden INSV ve TCSV de bu çalışmada test edilen örneklerde saptanmamıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli biber üretim merkezlerinden Antalya, Samsun, Manisa, Çanakkale ve Bursa illerinde biberde enfeksiyona neden olan bazı virüslerin bulunma durumları araştırılmıştır. İncelenen örneklerde en yaygın olarak TSWV (% 55) ve CMV (% 22.2) enfeksiyonları tespit edilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar ve mevcut çalışma dikkate alındığında; Türkiye'de TSWV ve CMV'nin biber üretimi için önemli bir tehdit oluşturduğu görülmektedir. TSWV kısa mesafelere vektörü olan tripslerle; uzak mesafelere ise bulaşık fide sevkiyatları ile yayılabilmektedir. Ayrıca, fide döneminde enfekte olan bitkiler virüsten daha çok etkilenmekte ve önemli oranda ürün kayıpları yaşanabilmektedir. Bu nedenle TSWV ile mücadelede ilk olarak erken dönemde tripslerin kontrol edilmesi ve enfekteli bitkilerin imha edilmesi önemlidir. Bununla birlikte, virüsle bulaşık fide

sevkiyatlarına yönelik daha sıkı önlemlerin alınması ile virüsün farklı bölgelere yayılmasının ve verim kayıplarının önüne geçilebilir. CMV ise biberde tohumla taşınabilmesinin yanı sıra vektör afit türleri ile non-persistent olarak etkin bir şekilde yayılabilmektedir. Çalışmada yapılan gözlemlerde CMV'nin daha çok standart biber çeşitleri kullanılan açık alanlarda yaygın olduğu görülmüştür. Tohumla taşınma, virüslerin ilk enfeksiyon kaynağını oluşturmaları bakımından önemlidir. CMV'nin yüksek oranda tohumla taşınabilmesi nedeni ile mücadelede virüsten arı sertifikalı tohumların kullanılması anahtar rol oynamaktadır. Bununla birlikte toleranslı çeşitlerin kullanılması ve vektör yaprak bitlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir.

Çıkar Çatışması:

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik:

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları:

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): İD (%30), AB (%15), NÇ (%15) SÖ (%15), NU (%15) NKY (%10)

Veri Toplanması (Data Acquisition): Author İD (%20), AB (%20), NÇ (%20) SÖ (%20), NU (%20)

Veri Analizi (Data Analysis): Author İD (%30), AB (%20), NÇ (%10) SÖ (%10), NU (%10), NKY (%20)

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

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): İD (%60) NÇ (%40)

Teşekkür:

Bu çalışma, TÜBİTAK 117O192 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adkins, S., 2000. Tomato spotted wilt virus -positive steps towards negative success. *Molecular Plant Pathology*, 1, 151-157.
- Arogundade, O., Balogun, O. S., Kumar, P. L. 2019. Seed transmissibility of Cucumber mosaic virus in Capsicum species. *International Journal of Vegetable Science*, 25(2): 146-153. doi:10.1080/19315260.2018.1487498
- Arlı-Sökmen, M., Mennan, H., Sevik, M.A., Ecevit, O., 2005. Occurrence of viruses in field- grown pepper crops and some of their reservoir weed hosts in Samsun, Turkey. *Phytoparasitica*, 33(4): 347-358. doi:10.1007/BF02981301
- Avilla, C., Collar, J. L., Duque, M., Fereres, A., 1997. Yield of bell pepper (*Capsicum annuum*) inoculated with CMV and/or PVY at different time intervals/Ertrag von Paprika (*Capsicum annuum*). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 104(1):1-8.
- Beşkeçili, M., Güneş, N., Gümüş, M., 2021. Antalya ili Demre ilçesi biber yetiştiriciliğinde Tomato spotted wilt virus (TSWV) ve Cucumber mosaic virus (CMV) etmenlerinin yaygınlığının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(3): 399-405. doi:10.20289/zfdergi.799432
- 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.
- Buzkan, N., Demir, M., Öztekin, V., Mart, C., Çağlar, B. K., Yılmaz, M. A., 2006. Evaluation of the status of capsicum viruses in the main growing regions of Turkey, *EPPD Bulletin*, 36(1): 15-19.
- Buzkan, N., Arpacı, B.B., Simon, V., Fakhfakh, H., Moury, B., 2013. High prevalence of poleroviruses in field-grown pepper in Turkey and Tunisia. *Archives Virology*, 158(4): 881-885. doi:10.1007/s00705-012-1553-y
- Clark, M.R., Adams, A.M., 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, 34, 475-483. doi: 10.1099/0022-1317-34-3-475
- Çağlar, B. K., Fidan, H., Elbeaino, T., 2013. Detection and molecular characterization of Pepper mild mottle virus from Turkey. *Journal of Phytopathology*, 161(6). 434-438. doi: 10.1111/jph.12068
- Çelik, N., Özalp, R., Göçmen, M., 2012. Antalya ili örtü altı biber yetiştiriciliğinde Patates Y Virüsü (PVY) patotiplerinin belirlenmesi ve bazı biber çeşitlerinin PVY'ye karşı reaksiyonları. *Bitki Koruma Bülteni*, 52(3): 235-246.
- Çiçek, Y., Yorgancı, Ü., 1991. Studies on the incidence of Tobacco Mosaic Virus on certified seed of tomato, pepper and eggplant in Aegean Region. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 20(2-3): 57-65.
- Deligoz, I., Arlı Sokmen, M., 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. doi: 10.5197/j.2044-0588.2014.030.026
- Deligoz, İ., Arlı Sökmen, M., 2020. Samsun ilinde biber alanlarında enfeksiyon oluşturan Potato virus Y patotiplerinin belirlenmesi ve moleküler karakterizasyonu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3): 483-495. doi:10.7161/omuanajas.697731
- Erkan, S., 1986. Potato virus Y on pepper in Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*, 26, 149-150.
- FAO, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize (Erişim:27.05.2022).
- Ferrand, L., García, M. L., Resende, R. O., Balatti, P. A., Dal Bó, E., 2015. First report of a resistance-breaking isolate of Tomato spotted wilt virus infecting sweet pepper harboring the Tsw gene in Argentina. *Plant Disease*, 99(12): 1869-1870. doi:10.1094/PDIS-02-15-0207-PDN
- Fidan, H., 2016. Antalya'da örtü altı domates ve biber alanlarında dayanıklılık kıran Tomato spotted wilt virus (TSWV) izolatları. VI. Türkiye Bitki Koruma Kongresi, 560, 5-8 Eylül, Konya.
- Fidan, H., Sarıkaya, P., Yıldız, K., Topkaya, B., Erkiş, G., Calis, O., 2021. Robust molecular detection of the new Tomato brown rugose fruit virus in infected tomato and pepper plants from Turkey. *Journal of Integrative Agriculture*, 20 (8): 2170-2179. doi:10.1016/S2095-3119(20)63335-4
- Green, S. K., Kim, J. S., 1991. Characteristics and control of viruses infecting peppers: a literature review. *Asian Vegetable Research and Development Center. Technical Bulletin No:18*, 60p.
- Güldür, M.E., Ozaslan, M., Baloglu, S., Yılmaz, M.A., 1994. Pepper mild mottle virus in pepper in Turkey. *Proceedings of 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union*, 465-467. 18-24 September, Kusadasi.
- Güldür, M.E., Çağlar, B.K., 2006. Outbreaks of Pepper mild mottle virus in greenhouses in Sanliurfa, Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 88(3): 337-340.
- Güneş, N., Gümüş, M., 2019. Detection and characterization of Tomato spotted wilt virus and Cucumber mosaic virus on pepper growing areas in Antalya. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(3): 259-271. doi: 10.15832/ankutbd.499144

- Keleş Öztürk, P., Baloğlu, S., 2019. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde açık alanda yetiştirilen biberlerde bazı virüslerin serolojik ve moleküler tanısı. *Alatırım*, 18(1): 1-11.
- Kenyon, L., Kumar, S., Tsai, W. S., Hughes, J. D. A., 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
- Margaria, P., Ciuffo, M., Turina, M., 2004. Resistance breaking strain of Tomato spotted wilt virus (Tospovirus, Bunyaviridae) on resistant pepper cultivars in Almeria. Spain, *Plant Pathology*, 53, 795. doi: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 virüs is the avirulence determinant in the interaction with resistant pepper carrying the Tsw gene. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 20(5): 547-558. doi: 10.1094/MPMI-20-5-0547
- McDonald, B., 2010. How can we achieve durable disease resistance in agricultural ecosystems?. *New Phytologist*, 185 (1): 3-5. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.03108.x
- Moury, B., Verdin, E., 2012. Viruses of pepper crops in the Mediterranean basin: a remarkable stasis. In Loebenstein, G., Lecoq, H. (Eds). *Advances in virus research*. Academic Press, 84, 127-162. doi: 10.1016/B978-0-12-394314-9.00004-X
- Murphy, J. F., Bowen, K. L., 2006. Synergistic disease in pepper caused by the mixed infection of Cucumber mosaic virus and Pepper mottle virus. *Phytopathology*, 96(3): 240-247. doi: 10.1094/PHYTO-96-0240
- 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(3): 320. doi:10.3390/pathogens10030320
- Özaslan, M., Baç, B., Aytakin, T., Sıgırcı, Z., 2006. Identification of pepper viruses by das-elisa assays in Gaziantep-Turkey. *Plant Pathology Journal*, 5(1): 11-14. doi: 10.3923/ppj.2006.1114
- Özdemir, S., Erilmez, S., 2007. Denizli ilinde yetiştirilen biber, patlıcan ve marul üretim alanlarında bazı viral etmenlerin saptanması. *Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi*, 114, 27-29 Ağustos, Isparta.
- Palukaitis, P., Roossinck, M.J., Dietzgen, R.G., Francki, R.I.B., 1992. Cucumber mosaic virus. *Advances in Virus Research*, 41, 281-349. doi: 10.1016/S0065-3527(08)60039-1
- Parisi, M., Daniela, A., Pasquale, T., 2020. Overview of biotic stresses in pepper (*Capsicum* spp.): Sources of genetic resistance, molecular breeding and genomics. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(7): 2587. doi: 10.3390/ijms21072587
- 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*, 38, 9-14.
- Rodriguez-Alvarado, G., Fernandez-Pavia, S., Creamer, R., Liddell, C., 2002. Pepper mottle virus causing disease in chile peppers in southern New Mexico. *Plant Disease*, 86(6): 603-605. doi: 10.1094/PDIS.2002.86.6.603
- 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 Diseases*, 86(9): 950-954. doi:10.1094/PDIS.2002.86.9.950
- Sevik, M. A., 2011. Occurrence of pepper mild mottle virus in greenhousegrown pepper (*Capsicum annuum* L.) in the West Mediterranean region of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(25): 4976-4979.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr. URL: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=926&locale=tr (Erişim Tarihi:6.06.2020).
- Uzunoğulları, N., Gümüş, M., 2015. Marmara Bölgesi'nde bazı kültür bitkilerinde doğal enfeksiyona neden olan hiyar mozaik virüsü (Cucumber mosaic virus, CMV) nün tespiti. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 16(1): 9-15.
- Whitfeld, A.E., Ullman, D.E., German, T.L., 2005. Tospovirus thrips interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 43, 459-489. doi: 10.1146/annurev.phyto.43.040204.140017
- Wijkamp, I., 1995. Virus-Vector Relationships in The Transmission of Tospoviruses, Doctoral Thesis, Wageningen s.143.
- Yılmaz, M.A., Davis, R.F., 1985. Identification of viruses infecting vegetable crops along the mediterranean sea coast in Turkey. *Journal Turkish Phytopathology*, 14(1): 1-8.
- 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. doi:10.1094/PDIS-09-20-1952-PD