



Araştırma Makalesi

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün Saptanması ve Karakterizasyonu

Sabire CAN¹, Saadettin BALOĞLU¹, Muharrem Arap KAMBEROĞLU^{1*}

ÖZ

Bu çalışma, Adana, Mersin, Antalya ve Hatay illerindeki örtü altında yetiştirilen biberlerde Hıyar mozaik virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün saptanması ve karakterizasyonu amacıyla yürütülmüştür. CMV ile bulaşık olduğundan şüphelenilen bitkilerden alınan toplam 300 örnek (263 yaprak, 19 meyve, 18 tohum) DAS-ELISA yöntemi ile testlenmiş ve 62 örnek pozitif olarak saptanırken, 23 örnek şüpheli bulunmuştur. Pozitif örneklerden 16'sı RT-PCR ile testlenerek, RNA2 üzerindeki 2a gen bölgesine ait beklenen büyüklüğe sahip bantlar (650 bp) elde edilmiş ve DAS-ELISA sonuçları doğrulanmıştır. CMV ile bulaşık olduğu saptanan örneklerden 8 tanesi izolat olarak kabul edilmiş ve bunların nükleotid diziler kullanılarak yapılan filogenetik analizler sonucunda, izolatların tamamı yüksek genetik benzerlik göstermiş ve alt grup IA'da kümelenemiştir; Fakat bazı izolatların IB alt grubuna yakın olarak konumlandığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Örtü altı biber, Cucumovirus CMV, DAS-ELISA, RT-PCR, Dizileme, Filogenetik analiz

Detection and Characterization of Cucumber Mosaic Cucumovirus (CMV) in Greenhouse-Grown Pepper Plants

ABSTRACT

This study was conducted to detect and characterize cucumber mosaic cucumovirus (CMV) in peppers grown under greenhouse conditions in Adana, Mersin, Antalya, and Hatay provinces. A total of 300 samples (263 leaves, 19 fruits, and 18 seeds) taken from plants suspected of being infected with CMV were tested by DAS-ELISA. 62 samples were identified as positive, while 23 were found to be suspicious. Sixteen of the positive samples were tested by RT-PCR, and bands of the expected size (650 bp) were obtained from the 2a gene region of the RNA2 segment, confirming the DAS-ELISA results. Eight of the CMV infected samples were accepted as isolates, and phylogenetic analyses using nucleotide sequences revealed that all isolates showed high genetic similarity and were clustered in subgroup IA. However, some isolates were observed to be located close to subgroup IB.

Keywords: Greenhouse-grown pepper, Cucumovirus CMV, DAS-ELISA, RT-PCR, Sequencing, Phylogenetic analysis

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-3318-5155, 0000-0001-9482-9247, 0000-0003-1165-5902

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 06.05.2025

Kabul Tarihi: 19.12.2025

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Anabilim Dalı, Adana

*E-posta: makamber@cu.edu.tr

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nın Saptanması ve Karakterizasyonu

Giriş

Biber (*Capsicum annuum* L.), Solanaceae familyasına ait olup, ılıman ve subtropikal iklimlerde genellikle tek yıllık, tropikal bölgelerde ise çok yıllık olarak yetiştirilebilen önemli bir sebze türüdür. Orta ve Güney Amerika kökenli olan biber, 16. yüzyılda Türkiye'ye getirilmiş ve İstanbul'da tarımı yapılmaya başlanmıştır; zamanla ülke genelinde ekonomik değeri yüksek bir bitki haline gelmiştir (Özalp, 2010). Ülkemizde örtü altı biber üretimi 1940'lı yıllarda başlamış ve özellikle Akdeniz kıyı şeridinde yoğunlaşmıştır; bölgenin yüksek kış sıcaklıkları ve uzun güneşlenme süreleri, örtü altı üretimi için elverişli ortam sunmaktadır (Anonymous, 1997). 2024 yılı itibarıyla Türkiye genelinde örtü altı biber üretimi 1.063.906 ton olarak gerçekleşmiş olup, Mersin üretimin yaklaşık %80'ini karşılamaktadır. Antalya 468.120 ton, Adana 356.671 ton üretimle ikinci ve üçüncü sırada yer alırken, Hatay 7.696 ton üretimle oldukça düşük seviyededir. Plastik seralar özellikle salçalık ve dolmalık biberde yüksek verim sağlarken, sivri biber 330.549 tonluk üretimiyle en fazla üretilen türlerden biridir (TÜİK, 2025).

Biber, diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi birçok hastalık etmeninden etkilenmektedir. Fungal, bakteriyel ve özellikle viral patojenler, verim ve kalite kayıplarına yol açmakta, viral hastalıkların görülme sıklığı son yıllarda artmaktadır. Virüsler infekteli tohum ve fidelerle taşınabildiği gibi, üretim sezonu boyunca mekanik yollar veya virüs taşıyan vektörler aracılığıyla da hızla yayılabilmektedir. Bitkisel üretimde doğrudan etkili antiviral kimyasal ürünlerin bulunmaması, virüsleri önemli bir sınırlayıcı etmen haline getirmektedir. Bu nedenle erken tanı ve teşhis, virüs inokulumunun ortadan kaldırılması, alet ve ekipmanların dezenfeksiyonu, sağlıklı üretim materyali kullanımı ile etkili vektör ve yabancı ot mücadelesi, biber üretiminde temel koruma

stratejileri olarak öne çıkmaktadır (Akdura ve Çulal-Kılıç, 2022; Yeşil ve Gömlekli, 2021).

Biber üretiminde verim ve kalite kaybına yol açan başlıca etmenlerden biri virüs hastalıklarıdır. Bu hastalıklar arasında, geniş konukçu yelpazesi ve dünya genelindeki yaygınlığı ile Hıyar mozaik virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV) öne çıkmaktadır. CMV, ilk olarak 1934 yılında Amerika'da Price tarafından hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkisinde tanımlanmış olup, Bromoviridae familyası içinde Cucumovirus cinsinin en önemli üyelerinden biridir. CMV, pozitif polariteli tek sarmallı ve üç segmentten oluşan bir RNA genomuna sahiptir. Bu segmentlerden RNA1 ve RNA2, replikaz ile hareket kompleksine ait genleri taşırken; RNA3, hareket proteini (MP) ve kılıf proteini (CP) genlerini kodlamaktadır (Palukaitis ve Garcia-Arenal, 2003; Zitter ve Murphy, 2009). En önemli virüs hastalıklarından biri olan CMV, serolojik ilişkiler ve genetik çeşitlilik oranları dikkate alınarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar literatürde I ve II olarak tanımlanmıştır (Palukaitis ve ark., 1992). Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar, özellikle CP geni ve 5' ucunda protein kodlamayan bölgelerin analizine dayalı olarak, grup I'in IA ve IB olmak üzere iki alt gruba ayrıldığını ortaya koymuştur (Roossinck ve ark., 1999).

Oldukça geniş bir konukçu spektrumuna sahip olan CMV'nin şimdiye dek 100'den fazla bitki familyasına ait 1200'ün üzerinde türde infeksiyon oluşturduğu bildirilmiştir (Zitter ve Murphy, 2009). Ülkemizde yapılan araştırmalarda da CMV'nin oldukça geniş bir konukçu dizisine sahip olduğu belirlenmiştir. Virüsün konukçuları arasında başta sebze türleri olmak üzere; hıyar (*Cucumis sativus* L.), bal kabağı (*Cucurbita moschata* Duch.), kavun (*Cucumis melo* L.), karpuz (*Citrullus lanatus*) ve kabak (*Cucurbita pepo* L.) gibi kabakgiller yer almaktadır. Ayrıca zeytin (*Olea europaea*), biber

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nın Saptanması ve Karakterizasyonu

(*Capsicum annuum* L.), domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve patlıcan (*Solanum melongena* L.) gibi önemli meyve ve sebze türlerinde de varlığı rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra, yapraklı sebzelerden marul (*Lactuca sativa*), ıspanak (*Spinacia oleracea* L.), enginar (*Cynara scolymus* L.), pırasa (*Allium porrum*), karnabahar (*Brassica oleraceae* L. convar. *botrytis* (L)), lahana (*Brassica oleraceae* L. *capitata* (L)), soğan (*Allium cepa* L.), brokoli (*Brassica oleraceae* L. convar. *botrytis* (L) Alef. var. *cymosa* Duch.) ve brüksel lahanası (*Brassica oleraceae* L. convar. *oleraceae* var. *gemmifera* DC), tütün (*Nicotiana tabacum*) gibi farklı türlerde de tespit edilmiştir. Baklagillerden fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), börülce (*Vigna sinensis* L.) ve şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) da CMV'nin konukçuları arasında yer almaktadır. Ayrıca süs bitkileri içerisinde glayöl (*Gladiolus grandiflorus*), nergis (*Narcissus pseudonarcissus*), sümbül (*Hyacinthus orientalis*), zambak (*Lilium candidum*) ve mersin yapraklı sütotu (*Polygala myrtifolia*) türlerinde de enfeksiyon rapor edilmiştir. Nitekim, ülkemizde farklı konukçularda CMV'nin varlığı daha önce de bildirilmiştir (Gümüş ve ark., 2004; Beler ve Açıkgöz, 2005; Köklü ve Yılmaz, 2006; Buzkan ve ark., 2013; Ergün ve ark., 2013; Erkan ve ark., 2013; Usta ve ark., 2020; Karanfil ve Korkmaz, 2021). CMV, enfekte tohumlar, tarla içerisinde kalan bitki artıkları ve yabancı otlar gibi kaynaklarla yayılım gösterebilmekte; ayrıca 60'tan fazla yaprak biti türü tarafından non-persistent (kalıcı olmayan) biçimde taşınarak kısa sürede geniş alanlara taşınabilmektedir. (Francki ve ark., 1979; Raccach ve ark., 1985; Brunt ve ark., 1996; Pollard, 1973; Palukaitis ve ark., 1992; Kaper ve Waterworth, 1981; Çağlar, 2006).

CMV ile infekteli bitkilerin yapraklarında mozaik, beneklenme, sararma, halkalı lekeler, bodurlaşma ve gelişme geriliği gibi belirtiler görülmekte; yaprak, çiçek ve meyvelerde deformasyonlar meydana gelmekte ve bazı

konukçularda “ayakkabı bağı” şeklinde karakteristik belirtiler ortaya çıkmaktadır. Domates bitkilerinde yaprak şekil bozukluğu ve *fernleaf* belirtileri gözlenirken, genellikle gelişme geriliği nedeniyle kısmi veya total ürün kaybı meydana gelmektedir. Biberlerde ise, yeşil aksamda şiddetli mozaik ve nekrotik halkalar, meyvelerde ise şekilsiz ve klorotik halkalar ile lekeler oluşmaktadır. Türkiye’de CMV üzerine yapılan araştırmalar, virüsün farklı konukçularda varlığını ortaya koymuş olmakla birlikte, büyük ölçüde açık alanda yetiştirilen biberlerde CMV'nin saptanması, karakterizasyonu, yaygınlığı ve enfeksiyon oranlarının belirlenmesine yoğunlaşmıştır. Akdeniz kıyı şeridindeki örtü altı biber üretim alanlarında yürütülen bu çalışmada, CMV'nin varlığı serolojik ve moleküler yöntemlerle saptanmış; farklı bölgelerden elde edilen izolatların moleküler karakterizasyonları gerçekleştirilmiş ve bu izolatların Türkiye ile dünya genelinde rapor edilen diğer CMV izolatlarıyla genetik benzerlik düzeyleri ortaya konulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmanın Yapıldığı Yer ve Bitki Materyali Hakkında Bilgiler

Bu araştırma, Adana, Mersin, Antalya ve Hatay illerine bağlı ilçelerde plastik sera, alçak ve yüksek tünel tipi örtü altı yetiştiricilik alanlarında yürütülmüştür. Çalışma kapsamında, virüs enfeksiyonlarının varlığını düşündüren belirtiler gösteren biber bitkilerinden toplam 263 adet örnek toplanmıştır (Çizelge 3). Ayrıca, bu bitkilerden 19 adet meyve ile 18 adet tohum örneği de değerlendirmeye alınmış ve yapılan testlerde materyal olarak kullanılmıştır.

Serolojik Çalışmalarda Kullanılan Materyal

Toplanan biber örneklerinde CMV'nin varlığının serolojik olarak belirlenmesinde, BIOREBA (İsviçre) firmasına ait ticari DAS-

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nın Saptanması ve Karakterizasyonu

ELISA kiti, üretici firmanın önerdiği tampon çözeltiler, NUNC marka ELISA pleytleri kullanılmış ve absorban değerleri 405 nm dalga boyuna sahip Medispec ESR 200 marka ELISA okuyucusu okunmuştur.

Total Nükleik Asit (TNA) Ekstraksiyonunda Kullanılan Materyal

TNA ekstraksiyon çalışmaları, DAS-ELISA testleri sonucunda CMV ile infekteli olduğu belirlenen biber bitkileri ile şüpheli olarak değerlendirilen örneklerden alınan yaprak dokuları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, steril havan ve havan eli, ekstraksiyon poşetleri, Eppendorf tüpleri, ayarlanabilir mikropipetler ve uçları, uygun tampon çözeltiler ile soğutmalı masa tipi santrifüj cihazı (Universal 320R) materyal olarak kullanılmıştır.

Ters Transkripsiyon Polimeraz Zincir Reaksiyonu (RT-PCR) Çalışmalarında Kullanılan Materyal

RT-PCR çalışmalarında, CMV ile infekteli biber örneklerinden seçilen izolatlardan (Çizelge 1.) elde edilen total nükleik asitler, virüsün RNA-2 genom bölgesine özgü 650 bp'lik diziyi hedefleyen RW8 (5'-GGT TCG AA(AG)(AG)(AT)A TAA CCG GG-3') ve RV11 (5'-GTT TAT TTA CAA GAG CGT ACG G-3') primer çifti ile reaksiyon karışımında Taq DNA polimeraz enzimi, ters transkriptaz (RT) enzimi, dNTP karışımı, RNase inhibitörü, uygun tampon çözeltiler, steril distile su, ayarlanabilir mikropipetler, steril pipet uçları ve PCR tüpleri kullanılmıştır.

Çizelge 1. RT-PCR çalışmalarında kullanılan seçili CMV izolatları

Toplandığı Yer	İzolat Kodu	Çeşit	Biber Tipi
Mersin / Kazanlı	K2	Filinta	İnce Sivri Biber
Mersin / Kazanlı	K5	Filinta	İnce Sivri Biber
Mersin / Tarsus	T11	Mert	Sivri Biber
Mersin / Tarsus	T23	Pailin	Sivri Biber
Mersin / Kazanlı	K6	Filinta	İnce Sivri Biber
Mersin / Tarsus	T8	Mert	Sivri Biber
Mersin / Tarsus	T22	Pailin	Sivri Biber
Mersin / Kazanlı	K15	Ejder	Sivri Biber
Mersin / Karaduvar	M35	Filinta	Dolma Biber
Mersin / Karaduvar	M36	Filinta	Dolma Biber
Mersin / Karaduvar	M44	Doğanay	Dolma Biber
Mersin / Karaduvar	M45	Filinta	Kıl Biber
Antalya / Kumluca	A7	Diyar	Kapya
Antalya / Kumluca	A9	Diyar F1	Kapya
Antalya / Kumluca	A15	Nirvin	Kırmızı Kaliforniya (Dolma Biber)
Antalya / Kumluca	A17	Sween	Sarı Kaliforniya (Dolma Biber)

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nın Saptanması ve Karakterizasyonu

Agaroz Jel Elektroforez Çalışmalarında Kullanılan Materyaller

RT-PCR testleri sonucunda elde edilen PCR ürünlerinin analiz edilmesi amacıyla agaroz jel elektroforez yöntemi uygulanmıştır. Bu çalışmalarda agaroz (Sigma), uygun tampon çözeltiler, Mini Sub DNA Cell elektroforez cihazı (Bio-Rad), güç kaynağı, UV ışık kaynağı (UVP Ultraviolet Transilluminator) ve jel görüntüleme sistemi kullanılmıştır.

Dizileme ve Filogenetik Analiz Çalışmalarında Kullanılan Materyaller

Yöntem

Bu çalışma iki ana aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada, Akdeniz Bölgesi'nde seçilen örtü altı biber üretim alanlarına surveyler yapılmış ve virüs enfeksiyonuna bağlı belirtiler gösteren veya göstermeyen biber bitkilerinden örnekler toplanmıştır. İkinci aşamada ise, toplanan bu örnekler serolojik (DAS-ELISA) ve moleküler (RT-PCR) yöntemlerle test edilerek CMV'nin varlığı saptanmış ve bunu takiben, seçilen CMV izolatlarının dizi analizleri yapılarak genetik benzerlikleri ortaya konulmuş ve moleküler olarak karakterize edilmişlerdir.

Survey Çalışmaları

Adana, Mersin, Antalya ve Hatay illerindeki örtü altı biber üretim alanlarında yürütülen arazi çalışmaları kapsamında, virüs enfeksiyonuna bağlı olarak yapraklarda beneklenme, mozaik, damar sararması, deformasyon, halkalı lekeler, meşe yaprağı görünümü ve yaprak ayasında incilme ile meyvelerde deformasyon ve kahverengi çökmeler gibi belirtiler gösteren biber bitkilerinden yaprak ve sürgün örnekleri alınmıştır. Ayrıca, bu bitkilerin bazılarında meyve ve tohum örnekleri de alınmıştır. Toplanan bitki materyalleri plastik torbalara konularak etiketlenmiş ve buz kutusunda

Serolojik ve moleküler testler sonucunda, CMV ile infekteli olduğu belirlenen örneklerden, ELISA testlerinde yüksek absorbans değerine sahip ve PCR analizlerinde belirgin bant veren toplam 8 örnek seçilmiş ve izolat olarak kodlanmıştır (Mersin ilinden K2 ve K5 (Akdeniz-Kazanlı), M36 ve M44 (Akdeniz-Karaduvar), T11 ve T23 (Tarsus-Yeşiltepe) kodlu izolatlar; Antalya'dan ise A7 ve A15 (Kumluca-Yenicepınar) kodlu izolatlar) (Çizelge 2). PCR ürünlerinin DNA dizilemesi, ticari bir firma tarafından gerçekleştirilmiştir.

laboratuvara getirilmiştir. Örnekler kullanılıncaya kadar kısa süre için 4°C'de, uzun süre için ise -20°C'de muhafaza edilmiştir.

Serolojik Tanı (DAS-ELISA) Çalışmaları

Arazi çalışmaları sonucunda şüpheli biber bitkilerinden alınan yaprak ve sürgün örnekleri ile seçili bazı bitkilerin meyve ve tohum dokuları, DAS-ELISA yöntemiyle test edilmiştir. Testler, Clark ve Adams (1977) ile üretici firmanın (BIOREBA AG) önerdiği protokoller modifiye edilerek uygulanmıştır. Her ELISA pleytinde tampon çözelti, negatif ve pozitif kontroller kullanılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde, negatif kontrolden elde edilen absorbans değerinin en az iki katı veya daha yüksek absorbans veren örnekler CMV pozitif olarak kabul edilmiştir.

Total Nükleik Asit Ekstraksiyon Çalışmaları

ELISA testleri sonucunda CMV ile infekte olduğu belirlenen bitki örnekleri kullanılarak TNA ekstraksiyon çalışmaları, Astruc ve ark. (1996) tarafından bildirilen protokole uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen TNA ekstraktları, RT-PCR

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nın Saptanması ve Karakterizasyonu

çalışmalarında kullanılmak üzere -20°C'de derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Ters Transkripsiyon Polimeraz Zincir Reaksiyonu (RT-PCR) Çalışmaları

CMV'nin moleküler olarak tanımlanması amacıyla yürütülen RT-PCR çalışmalarında, serolojik olarak pozitif saptanan örneklerden izole edilen TNA'lar kullanılmış ve yöntem, Sidek ve ark. (1999) ile Prieto ve ark. (2001) çalışmalarından uyarlanarak iki aşamalı olarak uygulanmıştır.

RT aşaması:

Her örnek için 200 µl kapasiteli PCR tüplerine 2 µl TNA, 1 µl ters primer (10 pmol) ve 12 µl steril distile su eklenmiştir. Karışım 95°C'de 3 dakika ısıtılarak RNA denatüre edilmiş ve ardından buz

üzerinde soğutulmuştur. Daha sonra tüplere 10 µl'lik ters transkripsiyon karışımı (1 µl dNTPs, 0.1 µl MMLV ters transkriptaz enzimi, 5 µl RT tamponu, 0.3 µl RNase inhibitörü ve 3.6 µl ddH₂O) ilave edilmiş ve toplam hacim 25 µl'ye tamamlanarak 42°C'de 1 saat inkübe edilmiştir.

PCR aşaması:

Ters transkripsiyonla sentezlenen cDNA'lardan her bir PCR tüpüne 2 µl eklenmiştir. Ardından reaksiyon karışımına 1 µl dNTPs (10 mM), 5 µl DreamTaq Green Buffer (10X), 1 µl forward primer (10 pmol), 1 µl reverse primer (10 pmol), 0.25 µl DreamTaq DNA polimeraz enzimi (5 u/µl) ve 39.75 µl steril distile su ilave edilerek toplam hacim 50 µl'ye tamamlanmıştır. PCR amplifikasyonları, aşağıda belirtilen ısı döngü programına göre gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2.)

Çizelge 2. PCR amplifikasyonlarının ısı döngü programı

Adım	Sıcaklık (°C)	Süre	Döngü Sayısı
İlk denatürasyon	95	3 dk	1
Denatürasyon	93	1 dk	35
Primer bağlanması	64	1 dk	
Uzama	72	1 dk	
Son uzama	72	10 dk	1

Agaroz Jel Elektrophorez Çalışmaları

RT-PCR sonuçları agaroz jel elektrophorez çalışmaları ile değerlendirilmiş ve yöntem Galitelli ve Minafra (1994)'e göre yürütülmüştür. Buna göre, %1,5 agaroz jellere yüklenen PCR ürünleri TAE tamponunda ayrıştırılmış ve jeller UV ışık altında incelenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Simptomatolojik Gözlemler ve CMV ile İnfekteli Bitkilerin Belirlenmesi

Adana, Mersin, Antalya ve Hatay illerinde örtü altı biber üretim alanlarında yürütülen survey çalışmaları, sonbahar ortasından itibaren periyodik olarak (Kasım, Aralık, Ocak, Nisan, Mayıs ve Temmuz ayları) gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Adana'dan 20, Mersin'den 169,

Antalya'dan 30 ve Hatay'dan 44 olmak üzere, virüs enfeksiyonu şüphesi uyandıran belirtiler gösteren bitkiler öncelikli olmak üzere, belirtisizler dahil toplam 263 biber bitkisi örneklenmiştir.

DAS-ELISA ve RT-PCR analizleri sonucunda; yapraklarda kloroz, nekrotik lezyonlar, mozaik, renk bozulmaları, deformasyon, damar nekrozu, yaprak ayasında daralma ve meşe yaprağı deseni, gövdede nekroz ile genel gelişme geriliği ve çalılama gibi belirtiler gösteren bitkilerin CMV ile infekteli olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Bu bulgular, daha önce yapılan çalışmalarla uyumludur. Nitekim birçok araştırmacı da CMV enfeksiyonunun benzer belirtilere neden olduğunu bildirmiştir (Green ve Kim, 1991; Gümüş, 1998; Özasan ve ark., 2006; Kılıç ve

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün Saptanması ve Karakterizasyonu

ark., 2015; Soleimani, 2014; Oawale ve ark., 2015).

Ayrıca, özellikle dolmalık ve kıl biber çeşitlerinde yapraklarda mozaik, deformasyon ve meşe yaprağı benzeri belirtilerin yaygın olduğu; buna karşın sivri biber çeşitlerinde bu tip belirtilerin daha sınırlı, çoğunlukla klorotik ve nekrotik yaprak lezyonları şeklinde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum, virüsün konukçu varyeteye bağlı olarak farklı belirtiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

DAS-ELISA Testleri

Bu çalışmada, Adana, Mersin, Antalya ve Hatay illerinden toplanan biber örneklerinin DAS-ELISA ile incelenmesi sonucunda 62 örnek (%20,67) CMV pozitif, 23 örnek (%7,67) ise şüpheli olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3.). Bölgesel dağılım incelendiğinde, en yüksek enfeksiyon oranı %43,33 ile Antalya ilinde belirlenmiş olup, Hatay ve Mersin sırasıyla %31,82 ve %16,99 oranında enfeksiyon göstermiştir. Adana örneklerinde CMV tespit edilmemiştir. Antalya'da özellikle Kumluca/Yenicepınar (%56,25) ve Finike/Hasyurt (%60) bölgelerinde virüs daha yaygın bulunurken, Mersin'de Akdeniz/Karaduvar bölgesinde tüm örnekler pozitif çıkmış, diğer bölgelerde ise enfeksiyon oranları daha düşük olmuştur. Şüpheli örnekler ise, Antalya (%23,33) ve Mersin (%7,28) illerinde daha fazla saptanmış ve düşük absorbans değerleri nedeniyle moleküler testlerle doğrulama gerektirmektedir. Ayrıca, yaprak dokuları dışında meyve ve tohum örneklerinde CMV pozitifliği gözlenmemiştir. Bu bulgu, Rodriguez-Alvarado ve ark. (2002) ile Svoboda ve Svobodova-Leisova (2012) tarafından yapılan DAS-ELISA çalışmalarında da benzer şekilde rapor edilmiş ve CMV

tespitinde yaprak dokusunun daha güvenilir bir materyal olduğu vurgulanmıştır. Bulgularımız, ülkemizde biberde CMV'nin yayılımına ilişkin önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında farklılıklar göstermektedir. Örneğin, Özdemir ve Erilmez (2007), Denizli'de biber örneklerinde %1,89 oranında CMV ve %11,32 oranında karışık enfeksiyon tespit etmişlerdir; en yaygın virüs TSWV olmuştur. Arlı Sökmen ve ark. (2005) ise 1998–1999 yıllarında yaptıkları çalışmada en yaygın virüsleri PVY, TMV, ToMV, AMV, TSWV ve CMV olarak sıralamışlardır. Keleş Öztürk ve Baloğlu (2019) ise Mersin, Adana, Hatay, Osmaniye ve Kahramanmaraş illerinde CMV'yi %33,68 ile en yaygın virüs olarak belirlemişlerdir. Antalya'da yürütülen bir başka çalışmada TSWV %35,8, CMV %7,3 oranında tespit edilmiştir (Güneş ve Gümüş, 2019). Çulal Kılıç ve ark. (2015) Burdur'da 124 örnekten 8'inde CMV, 8'inde PMMoV ve 4'ünde her iki virüsün birlikte bulunduğunu rapor etmiş, Deligöz ve ark. (2023) ise ikili ve üçlü enfeksiyon oranlarını %0,3–%0,5 arasında bildirmişlerdir. Bu çalışmalarla karşılaştırıldığında, bizim bulgularımızda Antalya ve Mersin illerindeki CMV pozitiflik oranları önceki raporlarla uyumlu bulunmuş, Adana'daki negatif sonuç ise, bölgesel farklılıklar ve örnekleme yoğunluğu ile açıklanabilir. Ayrıca yaprak dokusunun CMV tespiti için en uygun materyal olduğu gözlemi, literatürdeki bulgularla tutarlılık göstermektedir (Rodriguez-Alvarado ve ark., 2002; Svoboda ve Svobodova-Leisova, 2012).

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün Saptanması ve Karakterizasyonu

Çizelge 3. Örnekleme alanları, testlenen bitki sayısı ve DAS-ELISA testlerinin sonuçları

İller	Örneklerin Toplandığı Alanlar	Testlenen Bitki Sayısı	CMV Pozitif	CMV Pozitif (%)	Düşük Absorbans	Düşük Absorbans (%)
Adana	Karagöçer	13	0	%0,00	0	%0,00
	İnceyol	3	0	%0,00	0	%0,00
	Kum Höyüğü	4	0	%0,00	0	%0,00
	Toplam	20	0	%0,00	0	%0,00
Antalya	Kumluca / Yeşilköy	4	1	%25,00	3	%75,00
	Kumluca / Yenicepınar	16	9	%56,25	0	%0,00
	Kumluca / Haciveliler	2	0	%0,00	0	%0,00
	Kumluca / Hızırkaya	3	0	%0,00	3	%100,00
	Finike / Hasyurt	5	3	%60,00	1	%20,00
	Toplam	30	13	%43,33	7	%23,33
Hatay	Samandağ	44	14	%31,82	1	%2,27
	Toplam	44	14	%31,82	1	%2,27
Mersin	Akdeniz / Adanalıoğlu	91	17	%18,68	7	%7,69
	Akdeniz / Kazanlı	47	7	%14,89	3	%6,38
	Akdeniz / Karacailyas	2	1	%50,00	0	%0,00
	Akdeniz / Karaduvar	4	4	%100,00	0	%0,00
	Tarsus / Yeşiltepe	62	6	%9,68	5	%8,06
	Toplam	206	35	%16,99	15	%7,28
GENEL TOPLAM		300	62	%20,67	23	%7,67

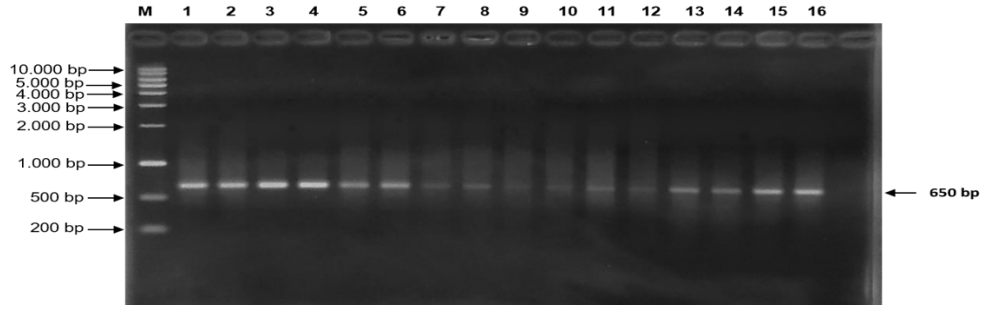
Total NA Ekstraksiyon Çalışmaları

DAS-ELISA testleri ile CMV pozitif veya şüpheli kabul edilen toplam 85 örtü altı biber örneği ekstraksiyon çalışmalarında kullanılmıştır. Bu örnekler arasından, bölgesel farklılıklar ve DAS-ELISA absorbans değerleri dikkate alınarak seçilen 16 örnek TNA ekstraksiyonu için işlenmiş ve RT-PCR testlerine tabi tutulmuştur.

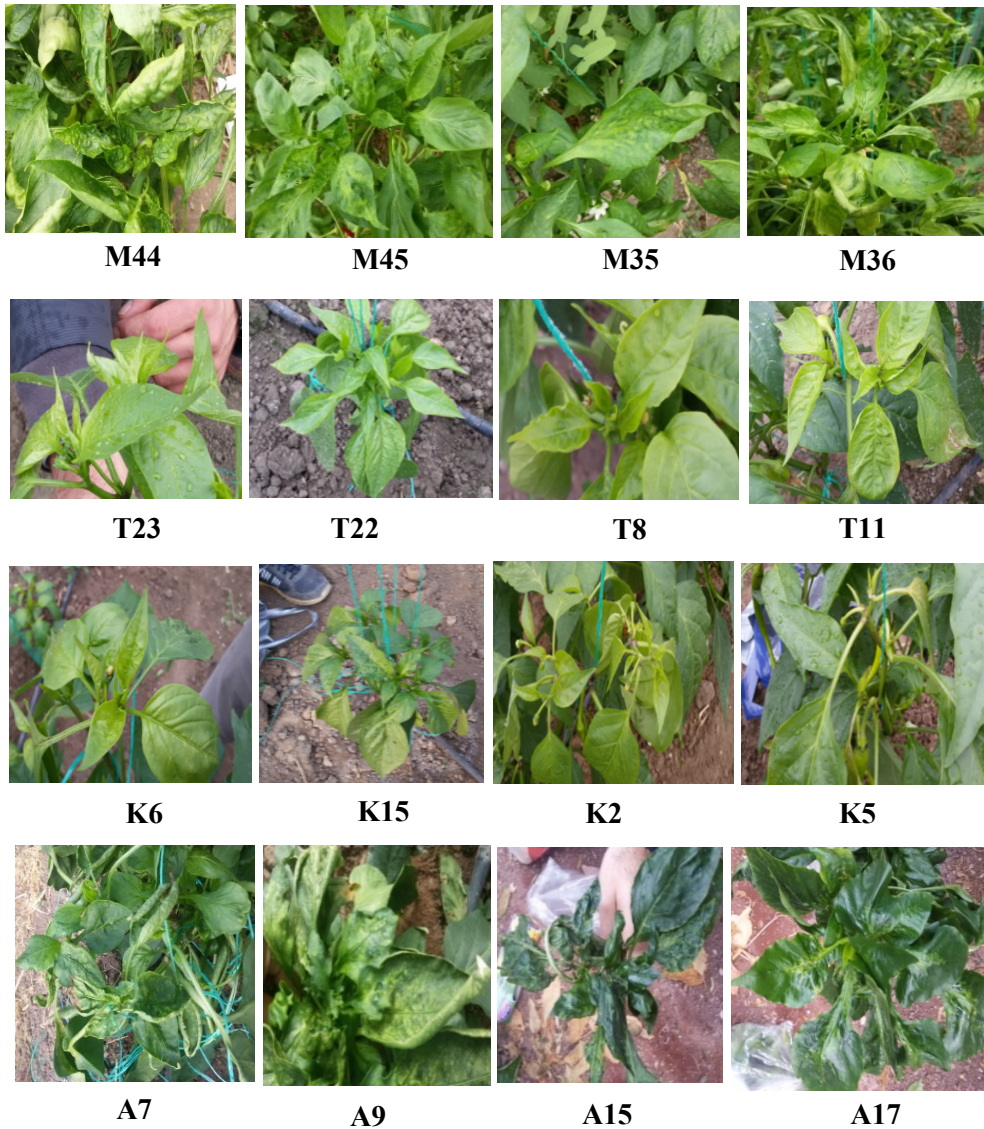
Ters Transkripsiyon Polimeraz Zincir Reaksiyonu (RT-PCR) Çalışmaları

RT-PCR testlerinde, CMV'nin RNA2 segmentinde bulunan yaklaşık 650 bp uzunluğundaki 2a gen bölgesinin çoğaltılması hedeflenmiştir. Bölgesel farklılıklar ve DAS-ELISA absorbans değerleri dikkate alınarak seçilen 16 örneğin tamamında pozitif sonuçlar elde edilmiş ve beklenen 650 bp'lık bantlar gözlenmiştir (Şekil 1.). Elde edilen sonuçlar, Finetti-Sialer ve ark. (1999) ile Çağlar (2006) tarafından RW8/RV11 primer çifti ile yapılan çalışmalarda bulgularla uyumludur.

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün Saptanması ve Karakterizasyonu



Şekil 1. CMV izolatlarına ait RT-PCR sonuçları M; 1kb Marker, 1 (K2), 2 (K5), 3 (T11), 4 (T23), 5 (K6), 6 (T8), 7 (T22), 8 (K15), 9 (M35), 10 (M36), 11 (M44), 12 (M45), 13 (A7), 14 (A9), 15 (A15), 16 (A17)



Şekil 2. DAS-ELISA ve RT-PCR testleri sonuçlarına göre CMV ile infekteli olduğu saptanan örneklerde gözlenen bazı belirtiler

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)’nün Saptanması ve Karakterizasyonu

Dizileme ve Filogenetik Analiz Çalışmaları

Elde edilen veriler doğrultusunda, seçilen izolatların çoğaltılan genom bölgeleri dünya genelinde daha önce rapor edilmiş CMV izolatları ile karşılaştırılmış ve filogenetik soy ağacı oluşturulmuştur. İzolatların uluslararası CMV izolatları ile olan benzerlik oranları Çizelge 4’te verilmiştir. Arazi çalışmalarında farklı bölgelerden toplanan ve ELISA testlerinde yüksek absorpsiyon değerine sahip olan, ayrıca RT-PCR analizlerinde net bant gözlenen örnekler arasından seçilen 8 izolat filogenetik

analizde değerlendirilmiştir (Çizelge 4., Çizelge 5., Şekil 3.).

CMV izolatlarının DNA Dizilerinin Genbank’a Girilmesi

Bu çalışmada, örtü altı biber bitkilerinde tespit edilen CMV örneklerine ait Mersin’den K2 ve K5 (Akdeniz-Kazanlı), M36 ve M44 (Akdeniz-Karaduvar), T11 ve T23 (Tarsus-Yeşiltepe); Antalya’da ise A7 ve A15 (Kumluca-Yenicepınar) kodlu izolatlardan elde edilen diziler GenBank’a kaydedilmiş ve karşılık gelen erişim numaraları alınmıştır (Çizelge 4.).

Çizelge 4. Bu çalışmada elde edilen ve DNA dizileme ve filogenetik analiz çalışmalarında kullanılan seçili izolatlar

Toplandığı Yer	İzolat İsmi	Çeşit	Biber Tipi	GenBank Erişim Numarası
Mersin / Kazanlı	CMV-K2	Filinta	İnce Sivri Biber	PX410184
Mersin / Kazanlı	CMV-K5	Filinta	İnce Sivri Biber	PX410185
Mersin / Tarsus	CMV-T11	Mert	Sivri Biber	PX410186
Mersin / Tarsus	CMV-T23	Pailin	Sivri Biber	PX410181
Mersin / Karaduvar	CMV-M36	Filinta	Dolma Biber	PX410183
Mersin / Karaduvar	CMV-M44	Doğanay	Dolma Biber	PX410180
Antalya / Kumluca	CMV-A7	Diğer	Kapya	PX410182
Antalya / Kumluca	CMV-A15	Nirvin	Kırmızı Kaliforniya (Dolma Biber)	PX410179

Çizelge 5. Filogenetik analiz çalışmalarında referans olarak kullanılan dünya izolatları

GenBank Erişim Numarası	Orijin	Alt grup	GenBank Erişim Numarası	Orijin	Alt grup
HM483935	Türkiye	IA	HQ829827	Çin	IB
LC066422	Japonya	IA	LC003524	Güney Kore	IB
LC066458	Japonya	IA	JX993914	Çin	IB
HM065509	Sırbistan	IA	FN552543	Tayland	II
AJ829771	İspanya	IA	AJ829779	İspanya	II
AF316362	Güney Kore	IA	EF153734	Hindistan	II
KM527391	Çin	IB	JX101617	Kolombiya	II

Not: Peanut stunt virus (PSV, genbankası erişim numarası: U15730) dış grup olarak kullanılmıştır.

RW8/RV11 primer çifti ile elde edilen, CMV’nin kapsid proteini (CP) genine ait kısmi nükleotid dizileri kullanılarak, Mersin ve Antalya’da alınan 8 CMV izolatının (CMV-K2, CMV-K5, CMV-T11, CMV-T23, CMV-M36, CMV-M44, CMV-A7 ve CMV-A15) genetik ilişkileri filogenetik analizlerle incelenmiştir. Filogenetik ağaçta söz konusu izolatların tamamı Alt grup IA içerisinde kümelenmiş ve birbirleriyle yüksek oranda benzerlik göstermişlerdir (Şekil 3.). İzolatların alt grup IA’da yer alan dünya referans izolatlarıyla aynı kümede toplandığı, alt grup IB ve II’ye ait

izolatların ise, ayrı dallarda konumlandığı gözlenmiştir. Bununla birlikte bazı izolatların, alt grup IB’ye ait referans izolat (JX993914, Çin) ile yakın konumlandığı dikkat çekmektedir. Bu durum, çalışmada elde edilen izolatların genetik olarak IA grubuna ait olduklarını, ancak IA ve IB alt grupları arasında belirli bir düzeyde varyasyon sergileyebildiklerini göstermektedir. Ayrıca dış grup olarak kullanılan Peanut stunt virus (PSV, U15730) beklenildiği üzere ağacın kök kısmında yer almış ve çalışmada elde edilen izolatlardan tamamen ayrılmıştır. Bu bulgular, örtü altı biber bitkilerinden izole edilen CMV

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nın Saptanması ve Karakterizasyonu

örneklerinin genetik olarak homojen bir yapı gösterdiğini ve ülkemizde yaygın olarak görülen alt grup IA içerisinde yer aldığını ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, ülkemizde daha önce yapılan araştırmalarla büyük ölçüde uyumludur. Nitekim Finetti-Sialer ve ark. (1999) ile Çağlar (2006), CMV alt gruplarının moleküler karakterizasyonunu ele almış ve Türkiye’de yürütülen çalışmalarda özellikle alt grup IA izolatlarının baskın olduğunu bildirmişlerdir. Çağlar (2006), biber, kavun ve domatesten elde edilen CMV izolatlarının çoğunluğunun subgroup IA’ya ait olduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde, Ergün ve ark. (2013) tarafından yürütülen araştırmada da Türkiye’deki izolatların genetik olarak çoğunlukla IA grubunda yer aldığı vurgulanmıştır.

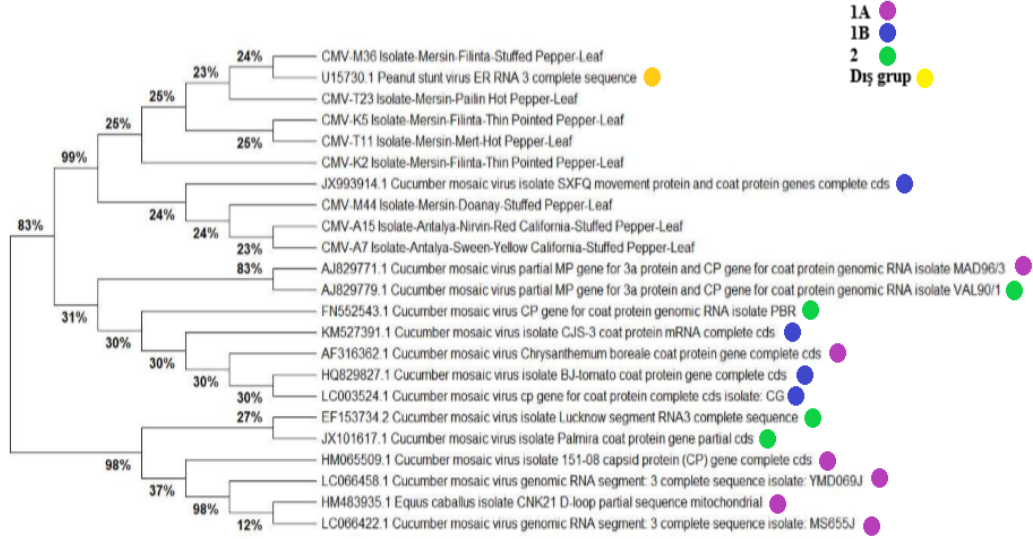
Bununla birlikte, ülkemizde farklı alt grupların da varlığına işaret eden çalışmalar bulunmaktadır. Samsun’da yapılan bir araştırmada yazlık sebzelerden elde edilen CMV izolatları hem subgroup I hem de subgroup II içerisinde konumlanmış ve konukçu-simptom-satellit RNA ilişkileri detaylı olarak ortaya konmuştur (Sarı, 2015). Ayrıca Karanfil ve Korkmaz (2017), ülkemizde subgroup II ve IB alt grubuna ait izolatların da bulunduğunu rapor ederek CMV’nin genetik çeşitliliğine dikkat çekmişlerdir. Bu bulgular, Türkiye’de alt grup

IA izolatlarının baskın olmakla birlikte farklı alt grupların da belirli bölgelerde bulunabildiğini göstermektedir.

Ayrıca bu çalışmada elde edilen bulgular, uluslararası araştırmalarda elde edilen sonuçlarla da paralellik göstermektedir. Roossinck (2002), CMV izolatlarının IA ve II alt gruplarının farklı coğrafi bölgelerden elde edilen dünya izolatlarını kapsadığını, IB alt grubunun ise çoğunlukla Asya kökenli izolatlarla sınırlı kaldığını bildirmiştir. Bu çalışmada Türkiye’den elde edilen izolatlardan yalnızca IA grubuna rastlanması, ülkemizde bu alt grubun yaygınlığını bir kez daha ortaya koyarken, aynı zamanda dünya izolatlarıyla genetik benzerliğini de desteklemektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye’de örtü altı biber üretim alanlarında saptanan CMV izolatlarının homojen bir yapıya sahip olduğunu ve alt grup IA içerisinde kümелendiğini göstermiştir. Bununla birlikte bazı izolatların alt grup IB referansına yakın konumlanması, CMV izolatları arasında alt grup düzeyinde genetik varyasyon olabileceğini göstermektedir. Önceki çalışmalarda IB ve II alt gruplarının da rapor edilmiş olması, ülkemizde CMV’nin genetik çeşitlilik gösterdiğini ve ileride yapılacak daha kapsamlı filogenetik analizlerle bu çeşitliliğin daha ayrıntılı şekilde ortaya konulması gerektiğini göstermektedir.

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün Saptanması ve Karakterizasyonu



Şekil 3. Saptanan CMV izolatlarının filogenetik analizi (Bootstrap 1000 tekrarlamalı, maximum likelihood metodu ile yapılan filogenetik analiz-MEGA11)

Sonuç

Adana, Mersin, Antalya ve Hatay illerindeki örtü altı biber üretim alanlarında yürütülen çalışmada, Hıyar mozaik virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV) semptomatolojik, serolojik (DAS-ELISA) ve moleküler (RT-PCR) yöntemlerle tespit edilmiş ve karakterize edilmiştir. Toplam 300 örnek (263 yaprak, 19 meyve, 18 tohum) incelenmiş; DAS-ELISA ile 62 örnek (%20,67) CMV pozitif, 23 örnek (%7,67) şüpheli bulunmuştur. RT-PCR analizlerinde 16 seçili örnekte 650 bp'lik hedef bantlar elde edilmiş ve seçilen 8 CMV izolatının (CMV-K2, CMV-K5, CMV-T11, CMV-T23, CMV-M36, CMV-M44, CMV-A7 ve CMV-A15) RW8/RV11 primer çifti ile elde edilen kapsid proteini (CP) gen dizileri üzerinden filogenetik analizleri yapılmıştır. İzolatların tamamı alt grup IA'da kümelenmiş ve yüksek genetik benzerlik göstermiştir; bazı izolar IB alt grubuna yakın konumlanmış olup, IA ve IB arasında sınırlı düzeyde genetik varyasyon olabileceğini göstermektedir.

Semptomlar biber çeşitlerine göre farklılık göstermiş; dolmalık ve kıl biberlerde mozaik ve yaprak deformasyonları, sivri biberlerde ise, kloroz ve nekroz daha baskın olmuştur. Bulgular, CMV'nin özellikle sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde yaprak bitleriyle yayıldığını ve örtü altı üretimde ekonomik kayıplara yol açabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, vektör kontrolü, kültürel önlemler, sertifikalı tohum kullanımı ve dayanıklı/tolerant çeşitlerin geliştirilmesi önerilmektedir. Çalışma, CMV'nin bölgedeki varlığı ve genetik yapısı hakkında önemli veriler sunmaktadır.

Kaynaklar

- Arlı-Sökmen, M., Mennan, H., Sevik, M. A., Ecevit, O. (2005) Occurrence of viruses in fieldgrown pepper crops and some of their reservoir weed hosts in Samsun, Turkey. *Phytoparasitica*, 33(4), 347-358. <https://doi.org/10.1007/BF02981301>.
- Akdura, N., Çulal-Kılıç, H. (2022) Hakkari ili domates ve biber üretim alanlarında yonca mozaik virüsü ve domates lekeli

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nın Saptanması ve Karakterizasyonu

- solgunluk virüsü'nün belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(3), 435-440.
- Anonymous (1997) Tarımsal Yapı (Production-Price-Value) Pub. No. 2234. ISBN: 975-19-2187-2, Ankara.
- Astruc, N., Marcos, J. F., Macquarie, G., Candresse, G. T., Pallas, V. (1996) Studies on the Diagnosis of hop Stunt Viroid in Fruit Trees: Identification of New Host and Application of a Nucleic Acid Extraction Procedure Based on Non-Organik Solvents. European Journal of Plant Pathology, 102, 837-846.
- Belçer, Ö., Açıkgöz, S. (2005) Ege ve Marmara bölgelerindeki zeytin fidanlıkları ve ağaçlarında görülen bazı virüs hastalıklarının ELISA testi ile saptanması. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2(1): 79-84.
- Brunt, A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., Watson, L., Zurcher, E. (1996) Plant Virus Online. Descriptions and Lists from the Vide Database. <http://biology.anu.edu.au/Groups/ME/S/vide/>
- 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 of Virology, 158(4): 881-885.
- Clark, M.F., Adams, A.N. (1977) Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. J. Genet. Virol., 34: 475-483.
- Çağlar, B. K. (2006) Hıyar mozaik virüsü (CMV)'nın kavun (Cmv-K), domates (Cmv-D), biber (Cmv-B) izolatlarının biyolojik, serolojik, moleküler yöntemlerle karakterizasyonu ve satellit RNA'lerin virüs üzerindeki etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Doktora Tezi.
- Çulal-Kılıç, H., Yardımcı, N., Toplu, S., Konu, A. (2015) Cucumber Mosaic Virus and Pepper Mild Mottle Virus in Pepper Growing Areas in Burdur Province, Turkey. International Journal of Scientific and Technological. ISSN 2422-8702 (Online) Vol 1, No.1, 2015
- Deligöz, İ., Baltacı, A., Çelik, N., Özdemir, S., Uzunoğulları, N., Kutluk Yılmaz, N. D. (2023) Türkiye'de biberde enfeksiyon oluşturan virüslerin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), 117-130.
- Ergün, M., Erkan, S., Paylan, İ.C. (2013) Cucumber mosaic virus in globe artichoke in Turkey. Canadian Journal of Plant Pathology, 35(4): 514-517.
- Erkan, S., Gümüş, M., Paylan, İ.C., Duman, İ., Ergün, M. (2013) İzmir ili ve çevresindeki bazı kışlık sebzelerde görülen viral etmenlerin saptanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50(3): 311-322.
- Finetti-Sialer, M. M., Cillo, F., Barbarossa, L., and Gallitelli, D. (1999) Differentiation of cucumber mosaic virus subgroups by RT-PCR RFLP. Journal of Plant Pathology, 81 (2):145-148.
- Franck, R.I.B., Mossop, D.W., and Hatta, T. (1979) CMI/AAB Description Viruses No. 213: 6p. <http://image.fs.uidaho.edu/vide/descr909.htm>
- Gallitelli, D., Minafra, A. (1994) Electroforesis. Course on Plant Virus Diagnosis, 15-30 October 1994. Adana-Turkey. Page: 89-99.
- 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.
- Gümüş, M. (1998) İzmir ilinde biberlerdeki viral hastalık etmenlerinin ve oranlarının saptanması ve bazı biber çeşitlerinin

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün Saptanması ve Karakterizasyonu

- bu virüslara reaksiyonlarının belirlenmesi üzerine araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir, Doktora Tezi.
- Gümüş, M., Erkan, S., Tok, S. (2004) Bazı kabakgil türlerinin tohumlarındaki viral etmenlerin saptanması üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41(1): 49-56.
- 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. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.499144>.
- Kaper, J.M, Waterworth, H.E. (1981) Cucumoviruses in Handbook of Plant Virusfections and Comparative Diagnosis (Kurtsak. E., ed.), Biomedical, North Holland, 258-332.
- Karanfil, A., Korkmaz, S. (2017) Çanakkale ili börülce üretim alanlarında hıyar mozaik virüsü (cucumber mosaic virus; CMV)'nün tespiti ve kılıf protein genine göre moleküler karakterizasyonu. Bitki Koruma Bülteni, 57(3): 293-304.
- Karanfil, A., Korkmaz, S. (2021) Güney Marmara Bölgesi kabakgil üretim alanlarında cucumber mosaic virus enfeksiyonunun tespiti ve kılıf protein gen diziliminin filogenetik analizi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 58 (2): 239-246.
- Keleş Öztürk, P., Baloğlu, S. (2019) Doğu Akdeniz Bölgesi'nde açık alanda yetiştirilen biberlerde bazı virüslerin serolojik ve moleküler tanısı. Alatarım, 18(1), 1-11.
- Köklü, G., Yilmaz, Ö. (2006) Occurrence of cucurbit viruses on field-grown melon and watermelon in the Thrace region of Turkey. Phytoprotection, 87(3): 123-130.
- Kılıç, H., Yardımcı, N., Toplu, S., Konu, A. (2015) Cucumber Mosaic Virus and Pepper Mild Mottle Virus in Pepper Growing Areas in Burdur Province, Turkey. International Journal of Scientific and Technological. ISSN 2422-8702 (Online) Vol 1, No.1, 2015
- Olawale, A., Samuel, B. O., Solomon, A. S. O., Kumar, P. L. (2015) Surveys of virüs diseases on pepper (*Capsicum* spp.) in South-test Nigeria. African Journal of Biotechnology, 14(18): 3198-3205
- Özaslan, M., Bas, B., Aytekin T., Sigirci Z. (2006) Identification of Pepper Viruses by DAS-ELISA Assay in Gaziantep-Turkey. Plant Pathology Journal, 5(1), 11-14.
- Özdemir, S., Erilmez, S. (2007) Denizli İlinde Yetiştirilen Biber, Patlıcan ve Marul Üretim Alanlarında Bazı Viral Etmenlerin Saptanması [Conference presentation]. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi, Isparta, Türkiye. 114.
- Özalp, R. (2010) Ülkemizde Biber Üretimi ve Örtüaltı Biber Yetiştiriciliği. Tarım Türk Dergisi, Temmuz-Ağustos 2010, Sayı:24, Yıl:5, (S: 29-32).
- Palukaitis, P., Rossinck, M. J., Dietzgen, R. G., Francki, R. I. B. (1992) Cucumber mosaic virus. Advances in Virus Research, 41: 281-348.
- Palukaitis, P., Garcia-Arenal, F. (2003) Cucumoviruses. Advances in Virus Research, 62: 241-323.
- Pollard, D. G. (1973) Plant Penetration by Feeding Aphids (Hemiptera: Aphidoidea): A review. Bulletin of Entomological Research, 62: 631-714.
- Price, W.C. (1934) Isolation and Study of some yellow strains of cucumber mosaic virus. Phytopathology, 24, 743-761.
- Prieto, H., Bruna, A., Hinrichsen, P., Munoz, C. (2001) Isolation and Molecular Characterization of a Chilean Isolate of Zucchini yellow mosaic virus. Plant Disease, 85:644-648.
- Raccach, B., Galon, A., Eastop, V. F. (1985) The role of flying aphid vectors in the transmission of cucumber mosaic virus

Örtü Altında Yetiştirilen Biberlerde Hıyar Mozaik Virüsü (Cucumber mosaic cucumovirus, CMV)'nün Saptanması ve Karakterizasyonu

- and potato virus topeppers in Israel. Ann. Appl. Biol., 106: 451-460.
- Roossinck, M.J., Zhang, L., Hellwald, K.H. (1999) Rearrangements in the 5' nontranslated region and phylogenetic analyses of Cucumber mosaic virus RNA 3 indicate radial evolution of three subgroups. Journal of Virology, 73(8), 6752-6758.
- Roossinck, M.J. (2002) Evolutionary history of Cucumber mosaic virus deduced by phylogenetic analyses. Journal of Virology, 76(7), 3382-3387.
- Rodriguez-Alvarado, G., Fernandez-Pavia, S., Creamer, S., Liddell, C. (2002) Pepper mottle virus Causing Disease in Chile Peppers in Southern New Mexico. Plant Disease. 86:603-605.
- Sarı, S. (2015) Samsun ilinde yetiştirilen yazlık sebzelerde enfeksiyon oluşturan Cucumber mosaic virus (CMV) izolatlarının karakterizasyonu ve konukçu-simptom-satellit RNA ilişkilerinin araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 89s.
- Sidek, Z., Sako, N., and Ohshima, K. (1999) Characterization and coat protein sequence of a Malaysian isolate of Zucchini yellow mosaic virus. Journal of Plant Protection in Tropics, 12(2):92-105.
- Soleimani, P., Hosseini, S., Hosseini, A. (2014) Distribution of same viral disease on pepper (*Capsicum annum*) plants in Dezful fields from Iran. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci., 3(4): 111-114.
- Svoboda, J., Svobodová-Leišová, L. (2012) Occurrence of viruses on pepper plantations in the Czech Republic. Hort.Science, 39(3), 139-143
- TÜİK (2025) Türkiye İstatistik Kurumu: Tarım İstatistikleri 2025. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <http://www.tuik.gov.tr/VeriTabani/Ind ex>, Erişim Tarihi: 01.05.2025.
- Usta, M., Güller, A., Günay, A. (2020) The molecular characterization of the coat protein sequence and differentiation of CMV-subgroup I on tobacco from native flora in Turkey. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 48: 523-534.
- Yeşil, S., Gömlekli, Ö. (2021) Determination of prevalence and reservoir weed species of tomato spotted wilt tospovirus-TSWV on peppers grown in greenhouses in Kumluca district of Antalya, Turkey. Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology, 9, 2565-2570, <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9isp.2565-2570.4933>.
- Zitter, T. A., Murphy, J. F. (2009). Cucumber mosaic virus. The Plant Health Instructor, Vol. 09, 2009. DOI:10.1094/PHI-I-2009-0518-01.