



Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi

Moleküler İslah Yöntemleri Kullanılarak Tospovirus ve Tobamoviruslere Dayanıklı Çarlı Biber (*Capsicum Annum L.*) Hat ve Çeşitlerinin Geliştirilmesi

Duran Şimşek^{1*}

¹Bircan Tarım A.Ş., Antalya

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi 02 Şubat 2014

Kabul tarihi 13 Mart 2014

Anahtar Kelimeler:

Biber

L3

L4

TSW

ÖZET

Biber yetiştiriciliğinde Pepper mild mottle virus (PMMoV), tobacco mosaic virus (TMV) ve Domates Lekeli Solgunluk Virüsü (TSWV) ana sınırlayıcı faktörlerdendir. Günümüzde üretim sahası ve zamanına bağlı olarak en az iki veya daha fazla hastalık ve de zararlı etmene karşı dayanıklılığı ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada PMMoV, TMV ve TSWV gibi bazı hastalıklara dayanıklılığa bağlı olarak geliştirilmiş L3, L4 ve Tsw alleleri ile ilişkili moleküler markırlar yardımıyla söz konusu virüslere dayanıklı biber hat ve çeşitlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için markır yardımcı geriye melezleme ve/veya kendileme ile elde edilen 2400 adet çarlı biber bitkisi söz konusu markırlarla testlenmiş ve hem dayanıklı hem de agronomik olarak üstün olan 45 adet hat ebeveyn olarak belirlenmiştir. Bu hatlar içerisinde her 3 dayanıklılık allelini taşıyacak şekilde 100 adet melez yapılmış ve bu melezler arasından 3 tanesi aday çeşit olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, moleküler ve klasik ıslah yöntemleri birlikte kullanılarak biberde PMMoV, TMV ve TSWV gibi hastalıklara dayanıklı çeşit geliştirilebileceğini göstermektedir.

Development of Bell Pepper (*Capsicum Annum L.*) Lines and Cultivars Resistant to Tospovirus and Tobamovirus Using Molecular Breeding Methods

ARTICLE INFO

Article history:

Received 02 February 2014

Accepted 13 March 2014

Keywords:

Pepper

L3

L4

TSW

ABSTRACT

Main limiting factors in pepper growing are pepper mild mottle virus (PMMoV), tobacco mosaic virus (TMV) and tomato spotted wilt virus (TSWV), respectively. Today, there is growing need to resistance for two or more diseases and insects depending on production field and time. Present research was made to the aim of developing of virus resistant pepper lines and varieties by using the molecular markers of L3, L4 and TSW alleles which are resistant to PMMoV, TMV and TSWV diseases. For this purpose, a total of 2400 "çarlı pepper" plant which were developed by marker assisted backcross and/or inbred were tested while 45 of the lines were determined as parents due to be resistant and agronomical superior. In total, 100 crossing was made by using these lines for the aim of having all of the 3 resistance alleles and 3 of crosses were identified as candidate. Present research showed that molecular and classical breeding methods can be used together to developing of resistant pepper to PMMoV, TMV and TSWV etc. diseases.

1. Giriş

Biber yetiştiriciliğinde ana sınırlayıcı faktörlerden bazıları; virüs, bakteri, nematod, mantar gibi biyotik etmenlerin neden olduğu verim kayıplarıdır. Hastalık ve

zararlıların yayılmasının kontrolünde kimyasal uygulamalar, kültürel uygulamalar (budama, sulama, gübreleme, vb.) ve dayanıklı çeşit seçimi ön plana çıkmaktadır. Girdi maliyetlerini arttıran ve kalıntı problemleri oluşturan kimyasal mücadele bazı hastalık ve zararlıların yayılmasını önlemesine rağmen viral etmenlere karşı

* Sorumlu yazar email: duan@bircantari.com

etkili değildir. Ayrıca, kültürel önlemler hastalık ve zararlı kontrolünde her zaman ekonomik sınırlarda kalılabilmektedir. Bu nedenle, özellikle virüs hastalıklarında dayanıklı çeşit kullanımı en etkin yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Şimşek ve ark. 2015).

Biberde, domates gibi yoğun olarak tarımı yapılan bitki türlerinde bir üretim alanında birden fazla hastalık ve zararlı etmen aynı anda bulunabilmekte ve verim ile kalite yönünden büyük kayıplara yol açabilmektedir. Günümüzün ticari piyasasında bulunan birçok tür ve çeşitte, bilimsel bulguların elverdiği ölçüde bir veya birkaç hastalık ve zararlıya karşı dayanıklılık mevcuttur. Özellikle de sebze üretiminde kullanılan F₁ hibrit çeşitler çoklu dayanıklılığa sahiptir.

Biberde 43 farklı virüsün hastalık yaptığı ve bunlardan *Cucumber mosaic cucumovirus* (CMV)'ün Türkiye'e biber yetiştirilen alanlarda en çok rastlanan virüs olduğu bildirilmektedir (Çelik ve ark. 2013). Bu virüsü sırasıyla; *Potato Y potyvirus* (PVY), *Tobacco etch potyvirus* (TEV), *Tobacco mosaic tobamovirus* (TMV) ve *Pepper mild mottle tobamovirus* (PMMoV) takip etmektedir (Ekbiç ve ark. 1997; Çelik ve ark. 2012).

Özellikle PMMoV ve TMV gibi Tobamo virusler *Solanaceae* türlerinde önemli verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Tobamo virüslerin; P0, P1, P1-2, ve P1-2-3 olmak üzere dört farklı patotipi bildirilmiştir (Çelik ve ark. 2013). Bu sınıflandırma dayanıklılık geninin (L) farklı allelleri (*L1*, *L2*, *L3*, *L4*) taşıyan genotipler kullanılarak yapılmıştır. İspanya'da saptanan virüs izolatlarının %85'i P1-2 ve %15'inin P1-2-3 patotipine ait olduğu belirlenmiştir (TenlladoI ve ark. 1997). *L3* ve *L4* genleri biberde tobamovirüslere karşı dayanıklılık sağlayan allelik genlerdir. *L3* allelini taşıyan biber genotiplerinin P0, P1, P1-2 patotiplerine, *L4* allelini taşıyanların ise P1-2-3 patotiplerine karşı koruma sağlamaktadır. *L3* geni *C. chinense* PI 152225, *L4* geni ise *C. chacoense* PI 260429 genotipinden gelmektedir.

Domates lekeli Solgunluk virüsü (TSWV) ise kültür bitkilerinde en fazla zarar oluşturan ilk 10 virüs arasında yer almaktadır (Goldbach ve Peters, 1994; Griep ve ark., 2000). TSWV, ekonomik öneminden dolayı günümüzde üzerinde en yoğun çalışma yapılan bitki virüslerinden birisi durumundadır (Parrella ve ark., 2003).

20. yüzyılın başlarından bu yana hastalık ve zararlılara dayanıklılık genleri klasik ıslah metodlarıyla kültür çeşitlerine aktarılmaktadır. Fakat tek bir etmene karşı dayanıklı bir çeşit; verimlilik ve kalite açısından, biber gibi hastalık ve zararlıları sayıca fazla olan bir bitki türü için yeterli olmamaktadır.

MAS (Markır seleksiyonu (marker assisted selection)) CMV (Ben eve ark., 2001), TSWV (Moury ve ark., 2000) ve *potato virus Y* (PVY) (Caranta ve ark., 1999)'te olduğu gibi çeşitli patojen dayanıklılıklarının aktarılmasında alternatif bir yöntem olarak son yıllarda kullanılmaktadır. *L4* alleli ile ilişkili AFLP markeri belirlenmiş SCAR markerine çevrilerek L4SC340 olarak dizayn edilmiştir. Söz konusu markırın tobamovirüslere dayanıklı çeşit geliştirmede virüse dayanıklılığın hızlı

ve düşük maliyetle taranmasında etkili olabileceği rapor edilmiştir. Diğer taraftan *L4* alleline yakın bir başka SCAR markeri daha geliştirilmiş olup Matsunaga ve ark., (2003) tarafından geliştirilen WA31-1500S markırından daha yakın olduğu beyan edilmiştir (Kim ve ark. 2008). *L4* genine bağlı dominant bir RAPD markırını Matsunaga ve ark. (2003) tarafından belirlenmiştir. Araştırmacılar bu markırını daha spesifik dominant SCAR markırına çevirmişlerdir.

Biberde *L3* alleli için Sugita ve ark (2004) tarafından bildirilen PMFR11 ve PMFR21 SCAR markırını kullanılmaktadır. Diğer taraftan yine *L3* alleli için, Tomita ve ark (2008) belirttiği IH6-06, IH6-04 ve 189D23M SCAR markırları ve *L4* alleli için Yang ve ark (2009) tarafından belirtilen 060I2END dominant SCAR markırını ve 087H3T7 ko-dominant CAPS markırları moleküler ıslah çalışmalarında güvenle kullanılmaktadır.

Moury ve ark. (2000) *Capsicum chinense* PI 152225 X *Capsicum frutescens* PI 195301 türler arası melez popülasyonunu kullanarak *Tsw* genine bağlı dört adet RAPD markırını tespit etmişlerdir. Bu markır, moleküler ıslah çalışmalarında kullanılmak üzere spesifik co-dominant CAPS markırına (SCAC568) çevrilmiştir. Bu markır *Tsw* geninin geriye melezleme ve MAS ile agromik olarak üstün çeşit ve hatlara aktarılmasında kullanılmaktadır.

Gen piramitlemesi birden fazla karakterin bir hatta toplanmasında ve hastalığa dayanıklılıkta çoklu dayanıklılığa ulaşmada kullanılan önemli ve etkili bir yaklaşımdır. Bu çalışmada PMMoV ve TMV için *L3/L4* ve TSWV için *Tsw* genlerini tanımlayan moleküler markırlar kullanarak çoklu virüs dayanıklılığı taşıyan yeni biber hatlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

3. Materyal ve Yöntem

Materyal olarak çalışmada 12 adet Domates Lekeli Solgunluk virüsü (TSWV)'ne dayanıklı ve 6 adet TMV ve benzeri (PMMoV gibi) virüslere dayanıklı ve F6 kademesindeki kalite özellikleri bakımından üstün biber genotipi kullanılmıştır. Bu ebeveynlerden elde edilen F1 biber hibritleri kullanılmıştır.

F1 biber hibritleri söz konusu virüslere dayanıklılığın belirlenmesi amacıyla moleküler markırlarla taranmıştır. Bunun için bitkilerden DNA izolasyonu modifiye CTAB yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Doyle ve Doyle, 1990). TMV dayanımlarından (*L3/L4* allelleri) *L3* alleli için Tomita ve ark (2008) tarafından belirlenen IH6-06, IH6-04 ve 189D23M SCAR markırları ve *L4* alleli için Yang ve ark (2009) tarafından belirtilen 060I2END dominant SCAR markırını ve 087H3T7 ko-dominant CAPS markırları kullanılmıştır. Domates Lekeli Solgunluk virüsü (TSWV)'ne karşı ise *Tsw* genine bağlı ve Moury ve ark. (2000) tarafından geliştirilen ko-dominant CAPS markırını (SCAC568) kullanılmıştır.

Markır analizlerine göre dayanıklılık allellerinin en az birisini taşıyan saf biber hatları ile diğer dayanıklılığı

taşıyan heterozigot ticari F1 çeşitlerle melezleme yapılmıştır (Yalancı geriye melez-GM1F1). Melezlemeleden elde edilen tohumlar tekrar çimlendirilmiş ve elde edilen fidelerin yapraklarından DNA izolasyonu yapılarak markır analizleri yapılmıştır. Markır analizlerine göre dayanıklılık allelini taşıyan genotipler seraya aktarılmış ve GM2F1 elde etmek hassas ebeveynlerle tekrar geriye melezlenmiştir.

İkinci geriye melez GM2F1 bitkilerinde her populas-yonda L3/L4 ve Tsw genleri bakımından markır analizinden geçirilmiştir. L3/L4 ve Tsw dayanıklılık genlerinin markırlarını taşıyan GM2F1 bireyleri tespit edilmiş ve dayanıklılık genlerini taşıyan bu bitkiler içinden başlangıçtaki agronomik olarak üstün hassas hatta fenotip (meyve şekli, meyve rengi, boğum arası uzunluğu, bitki habitusu vs) olarak en çok benzeyen bitkiler seçilmiş bunların içinde çoklu virüs dayanımlı hatlar geliştirmek için gen piramitlemesinde kullanılmıştır.

İkinci geriye melez GM2F1'leri oluşturan bitkilerin kendilenmiş hatları GM1F2 ler, Antalya ve Kumluca bölgesinde çiftçi şartlarında test edilmiş ve seçildiği dayanıklılık ve kalite durumu doğrulanmıştır. Tekrar dayanıklılık allelini taşıyan genotipler seraya aktararak üçüncü geriye melez (BC3F1) yapılmış ardından GM3F1 ve GM2F2 bitkilerinde her populas-yonda L3/L4 ve Tsw spesifik moleküler markır yardımı ile dayanıklılık genlerini taşıyan bireyler seçilmiştir. Bu genleri birlikte taşıyan GM3F1 ve GM2F2 bireyleri ve çoklu virüs dayanımlı hatlar geliştirmek için gen piramitlemesine devam edilmiştir.

Kendilenmiş hatlar, (GM2F3) ve F1 hibritler farklı lokasyonlarda (Kumluca) çiftçi şartlarında test edilmiş olup seçildiği dayanıklılık ve agronomik özelliklerinin doğrulanması yapılmıştır. Yapılan geri melezlemelerin ardından elde edilen populas-yon agronomik özellikler ve dayanıklılık takip edilerek GM3F6 ve GM2F6 olacak şekilde kendilenmiştir. Tsw, ve L3/L4 allelleri için toplam 2400 adet biber bitkisi söz konusu allellerle ilişkili markırlarla taranmıştır.

Elde edilen 30 adet TSW ve 15 adet L3/L4 allelerini taşıyan hatlar arasında 100 adet melez yapılmış ve bunlar arasında 3 adet çeşit adayı olarak belirlenmiştir. Bu 100 adet F1 hibrit adayı piyasanın önde gelen 3 F1 şahit

çeşidi ile tesadüf blokları deneme desenine göre 3 lokasyonunda (Muğla-Fethiye, Antalya-Kumluca ve Samsun-Çarşamba) 3 tekerrürlü denemeler yürütülmüştür. Hem şahit çeşitlerde hem de aday çeşitte Tablo 2'de yer alan bitki ve meyvelere ait değerler ile verim değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen verilerin analizi SPSS 19.0 verisiyonu ile varyans analizi yapılmıştır. Gruplar arasında önemli farklılıklar Duncan testi ile belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları

PMMoV ve TMV, gibi Tobamovirusler grubunda yer alan virüsler, *Solanaceae* türlerinde verim ve kalitede önemli ölçüde zarar oluşturmaktadır. Biber virüsleri içerisinde, PMMoV sulama suyu ile kolay taşınması nedeniyle en fazla problem oluşturan virüs olarak kabul edilmektedir (Choi et al., 2004; Paresand Gunn, 1989; Han ve ark., 2001a; 2001b; Ikegashira ve ark., 2004). TSWV'nin ise Dünya'da tarımsal ürünlerde her yıl bir milyar dolardan fazla kayba neden olduğu tahmin edilmektedir (Uhrig ve ark., 1999; Griep ve ark., 2000). TSWV enfeksiyonundan kaynaklanan verim kayıp oranları, % 30' dan %100' e kadar değişebilmektedir (Cho ve ark., 1986; German ve ark., 1992; Rosello ve ark. 1999). TSWV'nin önemli kayıplara yol açtığı ürünler arasında domates, biber, patlıcan, marul, fasulye, enginar, kereviz ve tütün sayılmaktadır (Rosello ve ark., 1996; Şevik, 2011). Özellikle ülkemizde üretimin artışına paralel olarak söz konusu virüslerin zararı belirgin olarak ortaya çıkmakta ve bu zararın önüne geçmek kimyasal ve kültürel uygulamalarla mümkün olmamaktadır. Bunun en etkin çözümü dayanıklı çeşit kullanmakla mümkün olmaktadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de dayanıklı F1 çeşitlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada, moleküler markırlar kullanarak PMMoV ve TMV için L3, L4 ve TSWV için Tsw genleri gibi çoklu virüs dayanıklılığı taşıyan yeni biber hatlarının geliştirilmesi amacıyla GM3F6 ve GM2F6 kademesinde bitkiler elde edilmiştir. L3, L4 ve Tsw dayanıklılık allelleri için yapılan moleküler testleme sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre F6 kademesinde 30 adet Tsw, 20 adet L3, 16 adet Tsw+L3, ve 9 adet L4 homozigot dayanıklılık allelleri taşıyan saf hatlar elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1.

Değişik kademelerdeki dolma biber hatlarımızda Tsw, L3, ve L4 genlerini tek ve/veya kombinasyonlar şeklinde taşıyan hat sayıları.

Allel	*GM ₃ F ₂	*GM ₃ F ₁	GM ₂ F ₄	F ₅	F ₆
Tsw	55	60	112	25	30
L3	45	58	134	45	20
L4	20	36	54	12	9
L3 + L4	28	15	40	7	15
Tsw, L3	30	39	90	14	16
Tsw, L4	24	12	22	8	0

*GM: Geri melez

%50 çiçeklenme zamanı (gün) kontrol 1 ve aday 2 çeşitlerinde 27 gün, aday 1 çeşidinde 26 gün olurken Armina çeşidinde 25 gün olarak en düşük %50 çiçeklenme zamanı gerçekleşmiştir. Bitki görünüşü hem Armina çeşidinde ve denemede kullanılan diğer genotipler ve kontrol olarak kullanılan ticari çeşitlerde dik olarak tespit edilirken, yaprak uzunluk/genişlik oranı denemede kullanılan bütün çeşitlerde uzun olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Bitki başına verim ve dekar başına verim değerleri bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar istatistik bakımından $p \leq 0.01$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek verim değerine sahip çeşit, Armina olmuş, onu sırasıyla C 154, C 217 ve safran izlemiştir. C 217 ve Armina en iri meyvelere sahip çeşitler olarak dikkat çekmiştir ($p \leq 0.01$). Ticari çeşit olarak kullanımda en önemli kriterlerden olan bitki başına verim (g/bitki) kontrol 1, 2 ve 3'de sırasıyla 2608, 2671, 2735 g/bitki olurken aday

çeşitte 2780 g/bitki olarak gerçekleşmiştir. Ortalama verim ise (kg/da), kontrol 1, 2 ve 3'de sırasıyla 8694, 8904, 9117 (kg/da) olurken aday çeşitte 9267 (kg/da), olarak gerçekleşmiştir. Duncan testine göre aday çeşit birinci gruba (a), C 154 ikinci gruba (b), C217 üçüncü gruba (c) ve kontrol çeşit ise son gruba (d) girmiştir.

Yaprak rengi, kontrol çeşitlerde ve aday çeşitte koyu yeşil olarak tespit edilmiştir. Olgunlaşmamış meyve rengi, kontrol çeşitlerin tümünde yeşil iken aday çeşitte koyu yeşil olarak tespit edilmiştir. Meyve duruşu (sarkık), olgun meyve rengi (kırmızı), meyve sap çukuru (var), meyve uç şekli (Yuv.), meyvede et kalınlığı (orta), meyve tadı (tatlı), meyvede körüklülük (yok), meyve şekli (DÜ) ve meyve ucunda kıvrılma (yok) bakımından aday çeşitler benzer bulunmuşlardır. Meyve uzunluğu (cm) bakımından ise kontrol 1, 2, 3 sırasıyla 17.1, 20.4, 18.3 cm olurken aday çeşidin meyve uzunluğu 21.2 cm olarak belirlenmiştir. Kontrol çeşitler 65 günde hasada gelirken aday çeşit 63 günde hasada gelmiştir (Tablo 2).

Tablo 2.

Bitki ve meyvelere ait değerler ile verim değerleri

Gözlem ve Ölçümler	Çeşit			
	SAFRAN F1	C 217 F1	C 154 F1	ARMİNA F1
Tekerrür	4	4	4	4
Bitki Sayısı	40	40	40	40
%50 Çiçeklenme Zamanı (gün)	27	26	27	25
Bitki Görünüşü	Dik	Dik	Dik	Dik
Yaprak Uzunluk/Genişlik Oranı	Uzun	Uzun	Uzun	Uzun
Yaprak Rengi	K.Y.	K.Y.	K.Y.	K.Y.
Bitki Başına Verim (g/bitki)	2608 d	2671 c	2735 b	2780 a
Ortalama Verim (kg/da)	8694 d	8904 c	9117 b	9267 a
Olgunlaşmamış Meyve Rengi	Y	Y	Y	K.Y
Meyve Duruşu	Sarkık	Sarkık	Sarkık	Sarkık
Meyve Uzunluğu (cm)	17,1 c	20,4 a	18,3 b	21,2 a
Olgun Meyve Rengi	kır.	kır.	kır.	kır.
Meyve Sap Çukuru	Var	Var	Var	Var
Meyve Uç Şekli	Yuv.	Yuv.	Yuv.	Yuv.
Meyvede Et Kalınlığı	Orta	Orta	Orta	Orta
Meyve Tadı	Tatlı	Tatlı	Acı	Tatlı
Meyvede Körüklülük	Yok	Yok	Yok	Yok
Meyvenin Şekli	DÜ	DÜ	DÜ	DÜ
Meyve Ucunda Kıvrılma	Yok	Yok	Yok	Yok
Hasat Zamanı (gün)	65	65	65	65

Y: Yeşil; K.Y.: Koyu Yeşil; Kır. Kırmızı; H.B.: Hafif Bükük; D.d.: Dik dörtgen

Yapılan nicel ve nitel gözlemler sonucunda 3 F1 çeşit aday piyasadaki ticari çeşitlerle rekabet edebilecek üstünlükte olduğu belirlenmiştir. Seçilen F1 hibritlerden birisi ARMİNA F1 ismiyle 05/11/2013 tarihinde "T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tohum Tescil Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü'nde" ticari sebze üretim izni alınarak kayıt ettirilmiştir. Bu çalışma sonucunda geliştirilen çeşit ve adayları hasat sonrası kriterler olarak; meyve kalitesi, raf ömrü, verim, lezzet gibi özellikler yönünden de şahitlerle eşdeğer bulunmuştur.

Bu çalışma sonucu geliştirilen gerek üretim izni alınmış, gerekse üretim izni alınmak için aday olan çeşitler; Türkiye sebze tohum piyasasında ekonomik değeri en

yüksek ticari benzer çeşitlerden bir kaç karakter, bu çalışmada sözü geçen TMV grubu ve TSWV virüslerine karşı tam dayanımı bakımından üstün olması nedeniyle pazarda rekabet şansı bulabilecektir. Böylece ülkemizde hem üretim bakımından hemde tohum piyasası bakımından önemli bir yeri olan biberde ithalatı azaltıcı ve uluslararası tohum piyasasında ihracat oluşturma bakımından avantaj sağlayabilecektir. Agronomik özellikler bakımından klasik ıslahı, hastalık dayanımları için moleküler ıslah yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışma ülkemizde kullanılan yöntem olarak hem özel sektör hem de kamu araştırma kuruluşlarında yürütülen ıslah çalışmalarına yol gösterecek niteliktedir.

4. Kaynaklar

- Ben Chaim A, Grube RC, Lapidot M, Jahn M, Paran, I (2001). Identification of quantitative trait loci associated with resistance to cucumber mosaic virus in *Capsicum annuum*. *Theoretical and Applied Genetics* 102: 1213–1220.
- Boukema IW (1980). Allelism of gene controlling resistance to TMV in *Capsicum L.* *Euphytica* 29: 433–439.
- Caranta C, Thabuis A, Palloix A (1999). Development of a CAPS marker for the Pvr4 locus: a tool for pyramiding potyvirus resistance genes in pepper. *Genome* 42: 1111–1116.
- Cho JJ, Mau RFL, Gonsalves D, Mitchell WC (1986). Reservoir weed hosts of tomato spotted wilt virus. *Plant Disease* 70(11): 1014-1017.
- Choi GS, Kim JH, Kim JS, Kim HR (2004). Tobamo viruses of green peppers growing on hydroponic systems. *Research Plant Disease* 10: 194–197.
- Çelik İ, Özalp R, Çelik N, Polat İ, Sülü G, Ünlü A (2013). Patates Y virüsü (Potato Virus Y = Pvy)'ne dayanıklı sivri biber hatlarının geliştirilmesi. *Derim* 30(2):42-53.
- Çelik N, Özalp R, Göçmen M (2012). Antalya ilinde örtüaltı biber yetiştiriciliğinde Patates Y virüsü (PVY) patotiplerinin belirlenmesi ve bazı biber çeşitlerinin PVY'ye karşı reaksiyonları. *Bitki Koruma Bülteni* 52(3):235-246.
- Doyle JJ, Doyle JL (1990) Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12: 13-15.
- Ekbiç E, Abak K, Yılmaz MA (1997). A New PVY Pathotype on Pepper Along Mediterranean Coastal Area of Turkey. *Proc.10th Cong, Medit. Phytopath. Union, Montpellier, 1-5 June 1997.* 187-189.
- Han JH, Lee CH, La YJ (2001a). Pathotype of Tobamo virus isolates from commercial red pepper seeds. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 19:309–453.
- Han JH, Sohn SH, La YJ (2001b). Identification and characterization of Tobamo viruses isolated from commercial pepper seeds. *Research Plant Disease* 7, 164–169
- Ikegashira Y, Ohki T, Ichiki UT, Higashi T, Hagiwara K, Omura T, Honda Y, Tsuda S (2004). An immunological system for the detection of Pepper mild mottle virus in soil from green pepper fields. *Plant Disease* 88: 650–656.
- Kim HJ, Han JH, Yoo JH, Cho HJ, Kim B (2014). Development of a Sequence Characteristic Amplified Region Marker linked to Locus Confering Broad Spectrum Resistance to Tobamo viruses in Pepper Plants. *Molecules and Cells* 25(2): 205-210.
- Matsunaga H, Saito T, Hirai M, Nunome T, Yoshida T (2003). DNA markers linked to pepper mild mottle virus(PMMoV) resistant locus (L4) in *Capsicum*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 72:218–220.
- Moury B, Pflieger S, Blattes A, Lefebvre V, Polloix A (2000). A CAPS marker to assist selection to tomato spotted wilt virus(TSWV) resistance in pepper. *Genome* 43:137-142.
- Pares RD, Gunn LV (1989). The role of non-vectored soil transmission as a primary source of infection by pepper mild mottle and cucumber mosaic viruses in glasshouse grown capsicum in Australia. *Journal of Phytopathology* 126: 353–360.
- Roselló S, Diéz MJ, Nuez F (1996). Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. I. The tomato spotted wilt virus- a review. *Scientia Horticulturae* 67:117-150.
- Şimşek D, Pınar H, Mutlu N (2015). Development of New Bell Pepper (*Capsicum annum L.*) Lines and Cultivars Resistance to Tospovirus and Tobamovirus Using Molecular Breeding Methods. *Alatırım*, 14(1): 1-8.
- Tomita R, Murai J, Miura Y, Ishihara H, Liu S, Kubotera Y, Honda A, Hatta R, Kuroda T, Hamada H, Sakamoto M, Munemura I, Nunomura O, Ishikawa K, Genda Y, Kawasaki S, Suzuki K, Meksem K, Kobayashi K (2008). Fine mapping and DNA fiber FISH analysis locates the tobamo virus resistance gene L3 of *Capsicum chinense* in a 400-kb region of R-like genes cluster embedded in highly repetitive sequences. *Theoretical and Applied Genetics* 117(7):1107-18.
- Toyoda K, Hikichi Y, Takeuchi S, Kuroda T, Okumura, A, Nasu Y, Okuno T, Suzuki K (2004). Epidemiological aspects of the Japanese tobamo virus strain, pepper mild mottle virus (PMMoV) infecting the L2 resistance genotype of green pepper (*Capsicum annum L.*). *Scientific Reports of the Faculty of Agriculture Okayama University* 93:19–27.
- Yang HB, Liu WY, Kang WH, Jahn M, Kang BC (2009). Development of SNP markers linked to the L locus in *Capsicum* spp. by a comparative genetic analysis. *Molecular Breeding* 4:433-446.