

FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.)' DE BEAN COMMON MOSAIC VIRUS VE BEAN COMMON MOSAIC NECROSIS VIRUS'E DAYANIKLILIK

İlyas DELİGÖZ¹

Miray ARLI SÖKMEN^{2*}

¹ Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

² O.M.Ü, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun

*e-mail: mirays@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.03.2010

Kabul Tarihi: 27.01.2011

ÖZET: Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de çok sayıda viral etmen enfeksiyona neden olmakta ve önemli ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bunlar arasında *Bean common mosaic virus* (BCMV) ve *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV) tüm dünyada en yaygın olan virüs türleridir. Bu virüslerle mücadelede en etkili yol dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır. BCMV ve BCMNV'ye karşı pek çok dayanıklı çeşit geliştirilmiş ve günümüzde de halen geliştirilmesi yönündeki çalışmalar devam etmektedir. Dayanıklılık mekanizmasının ve patojen ile konukçu bitki arasındaki ilişkilerin iyi bilinmesi dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında önemlidir. Fasulyede dayanıklılık genleri ile BCMV ve BCMNV' nin patojenisite genleri arasında gene karşı gen ilişkisinin var olduğu ortaya konmuş ve bu bilgiler sayesinde dayanıklılık ıslahı çalışmalarının başarısı artmıştır. Fasulyede dayanıklılık yanıtı oluşumu esnasında dominant *I* geni BCMV ve BCMNV'ye karşı hipersensitif (aşırı hassasiyet) reaksiyonunda, resesif *bc* genleri ise bitki dokularında virüs çoğalmasının sınırlandırılması ya da engellenmesinde rol oynamaktadır.

Anahtar Sözcükler: : BCMV, BCMNV, Resesif, Dominant, Dayanıklılık, Islah

RESISTANCE TO BEAN COMMON MOSAIC VIRUS AND BEAN COMMON MOSAIC NECROSIS VIRUS IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

ABSTRACT: Several viruses have been known to infect common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and cause yield losses. *Bean common mosaic virus* (BCMV) and *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV) are the most widespread virus species infecting common bean in all over the world. The use of resistant varieties has been considered to be most effective approach to control these viruses. There are several varieties developed resistant to BCMV and BCMNV, and efforts in breeding new varieties are continuing around the world. It is important to know resistance mechanism and plant-virus interactions for breeding resistant varieties. It has been shown that there is gene-for-gene interactions between resistance genes and the pathogenesis-related genes of BCMV and BCMNV in common bean, and this information has improved the success of resistance breeding studies. The dominant *I* gene and recessive *bc* genes play roles in regulation of hypersensitive reaction and limiting the spread of the virus through plant, respectively, in common bean.

Key Words: BCMV, BCMNV, Recessive, Dominant, Resistance, Breeding.

1.GİRİŞ

Bean common mosaic virus (BCMV) ve *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV) fasulyede enfeksiyona neden olan ve *Potyviriidae* familyası *Potyvirus* cinsinde yer alan viral etmenlerdir. Bu virüslerin doğada bitkiden bitkiye bulaşmasında birçok yaprak biti (afit) türü etkili olmaktadır (Jordan ve Hammond, 2008). BCMV ve BCMNV yaprak bitleri ile non-persistent şekilde taşınmakta, ayrıca mekanik olarak bitki öz suyu ile, tarımsal ekipmanlarla, tohumla ve polenle yayılabilmektedir. Tohumla taşınma, bu virüslerin hem primer enfeksiyon oluşturmaları hem de bölgeler hatta ülkeler arası yayılmasını sağladığı için önemlidir (Galvez ve Morales, 1989).

Önceleri BCMV ve BCMNV aynı virüsün iki farklı streyni (strain) olarak değerlendirilmiştir (Drijfhout ve ark., 1978). Konukçu reaksiyonları, serolojik testler ve genom dizi analizleri farklılıklarına göre daha sonra bu virüsler iki ayrı virüs türü olarak kabul edilmişlerdir (McKern ve ark., 1992; Vetten ve ark., 1992; Mink ve ark., 1994).

BCMV ve BCMNV, enfekte ettikleri fasulye bitkileri eğer dominant *I* geni içermiyorsa benzer semptomlara (genellikle mozayik) sebep olurlar. BCMV ve BCMNV'nin semptomatolojik olarak ayırımı, bitki *I* genine sahipse mümkün olabilmektedir. Çünkü *I* geni içeren bitkiler 30° C'nin altındaki sıcaklıklarda BCMV'ye dayanıklılık gösterirken, BCMNV bu bitkilerde sistemik nekroz (black root) semptomu oluşturmaktadır (Gilbertson ve ark., 2001). Diğer taraftan bazı BCMV streynleri, *I* genine sahip bitkilerde ancak 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda sistemik nekroza (sıcaklığa bağlı) sebep olmaktadır (Wang ve ark., 1984; Vetten ve ark., 1992).

BCMV ve BCMNV aynı fasulye alanında enfeksiyon oluşturabildiği gibi, bazen de aynı bitkiyi birlikte enfekte edebilmektedir. Doğada BCMV ve BCMNV aynı bitkide beraber enfeksiyona sebep olduklarında, genetik rekombinasyon sonucu yeni streynler hatta yeni patotipler oluşturabilmektedir (Silbernagel ve ark., 2001). Bugüne kadar BCMV' nin NL1, NL7, US5, NL6, US2, NL2, NL4 ve RU-1 streynleri, BCMNV' nin ise NL3, NL5 ve NL8 streynleri tespit edilmiştir (Drijfhout, 1994; Silbernagel ve ark., 2001).

Sağlıklı tohum kullanılması ve yaprak bitleri ile mücadele edilmesi bu virüsler nedeni ile meydana gelebilecek kayıpların azalmasını sağlasa da, mücadelede en etkili yöntem dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır (Galvez ve Morales, 1989; Drijfhout, 1994). Dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında dayanıklılığın mekanizmasının ve patojen-konukçu ilişkilerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. BCMV ve BCMNV enfeksiyonlarına karşı fasulyede hipersensitif reaksiyonun ortaya çıkmasına neden olan dominant *I* geninin Ali (1950) tarafından belirlenmesinden sonra, BCMV'nin streynlerine karşı dayanıklılık islahında bu gen günümüze kadar etkili olarak kullanılmıştır. Drijfhout (1978), fasulye bitkisinde dayanıklılığın ortaya çıkmasında rol oynayan genler ile, BCMV ve BCMNV patojenisite genleri arasında gene karşı-gen (gene for gene) ilişkisinin bulunduğunu belirlemiştir. Bu ilişkinin ortaya çıkması ile bu alandaki çalışmalar hızlanmış ve fasulyedeki dayanıklılık genleri ve dayanıklılığın mekanizması ile ilgili çok önemli veriler ortaya konmuştur. Son yıllarda BCMV ve BCMNV'ye dayanıklı çeşit geliştirme çalışmaları yoğun bir şekilde sürmektedir (Miklas ve ark., 1997; Vishawa ve ark., 1998; Myers ve ark., 2001; Kelly ve ark., 2001; Miklas ve Kelly., 2002; Kimani ve ark., 2004). Dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarının dışında dayanıklılıkta rol oynayan genler ve kalıtımı ile ilgili de çok sayıda araştırma mevcuttur (Strausbaugh ve ark., 2003; Larsen ve ark., 2005; Vallejos ve ark., 2006).

Bu makalede BCMV ve BCMNV'ye karşı fasulyede dayanıklılığın ortaya çıkmasında rol oynayan genler, etki mekanizmaları ve bu genlerin dayanıklılık islahında nasıl kullanılabileceği hakkında bilgiler verilecektir.

2. FASULYEDE BCMV VE BCMNV' YE KARŞI DAYANIKLILIKTA ROL OYNAYAN GENLER

Fasulyede BCMV ve BCMNV'ye karşı dayanıklılıkta rol oynayan genler streyn-spesifik ve streyn-spesifik olmayan şeklinde ayrılmaktadır.

2.1. Streyn-Spesifik Olmayan Konukçu Dayanıklılık Genleri:

I: Dominant bir gendir. BCMV'nin streynlerine karşı sıcaklığa duyarlı dayanıklılığın ya da sistemik nekroz yanıtının ortaya çıkmasından sorumludur (Ali, 1950; Fisher ve Kyle, 1996).

bc-u: Resesif özellikte ve virüs streynine spesifik olmayan tamamlayıcı gendir. Tek başına dayanıklılığın oluşumunda rolü bulunmamaktadır. Ancak, diğer resesif genlerle birlikte bulunduğu BCMV ve BCMNV'nin streynlerine karşı resesif dayanıklılığın oluşmasında rol oynamaktadır (Drijfhout, 1978).

2.2. Streyn-Spesifik Konukçu Dayanıklılık Genleri:

Streyn-spesifik konukçu genleri resesiftir ve BCMV ve BCMNV'nin konukçu hücrelerinde

çoğalmalarının önlenmesinden sorumludurlar. Etkilerini gösterebilmeleri için mutlaka *bc-u* geni ile birlikte bulunmaları gereklidir. Ancak *bc-1²* ve *bc-3* genleri ise dominant *I* geni ile birlikte bulduklarında, *bc-u* geninin yokluğunda da dayanıklılık oluşturabilmektedirler (Drijfhout, 1978).

bc-1: BCMV'nin NL1, BCMNV'nin NL8 streynlerine karşı dayanıklılığı sağlamaktadır.

bc-1²: BCMV'nin NL1, NL7, US2, NL2 ve BCMNV'nin NL8 streynlerine karşı dayanıklılığı sağlamaktadır.

bc-2: BCMV'nin NL1, NL4, NL6, NL7 ve US5 streynlerine karşı dayanıklılığı sağlamaktadır.

bc-2²: BCMV'nin NL1, NL2, NL6, NL7 ve RU1, BCMNV'nin NL3, NL5 ve NL8 streynlerine karşı dayanıklılığı sağlamaktadır.

bc-3: BCMV ve BCMNV'nin bilinen tüm streynlerine karşı dayanıklılığı sağlamaktadır (Drijfhout, 1978; Silbernagel ve ark., 2001).

3. BCMV VE BCMNV'YE AİT PATOJENİSİTE GENLERİ

Fasulye, BCMV ve BCMNV enfeksiyonlarına karşı dayanıklılık reaksiyonu oluşturmada rol oynayan genlere sahipken, buna karşılık BCMV ve BCMNV fasulyede enfeksiyon oluşturmada sorumlu patojenisite genlerine sahiptir. Patojenisite genlerinin varlığı ve streyn ayırım setindeki konukçuların reaksiyonlarına göre BCMV ve BCMNV streynleri 7 patojenisite gurubuna (PG) ayrılmıştır (Çizelge 1). Buna göre PG (1), PG (2) ve PG (3) yalnızca 1 patojenisite geni içermekte, PG (4) ve PG (5) grupları 2 patojenisite geni, PG (6) ve PG (7) ise 3 patojenisite geni içermektedir (Drijfhout ve ark., 1978). Bu gruplandırma, BCMV'nin streynleri PG (1), PG (2) PG (4), PG (5), PG (6) ve PG (7)' de, BCMNV' nin streynleri ise PG (3) ve PG (6) ' da sınıflandırılmıştır (Silbernagel ve ark., 2001) (Çizelge 1).

4. GENE KARŞI-GEN İLİŞKİSİ

Drijfhout (1978) fasulyenin sahip olduğu streyn spesifik dayanıklılık genleri (*bc-1*, *bc-1²*, *bc-2*, *bc-2²*) ve BCMV ve BCMNV'nin patojenisite genleri (*P1*, *P1²*, *P2*, *P2²*) arasında gene karşı gen ilişkisi bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu teoriye göre konukçuda bulunan dayanıklılık genlerine karşı patojende de patojenisite genleri bulunmakta, dayanıklılık veya hassaslık bu genlerin interaksiyonları sonucu oluşmaktadır (Çizelge 1). Eğer virüs streyni uygun patojenisite geni veya genlerine sahipse her bir streyn-spesifik konukçudaki dayanıklılık genlerinin üstesinden gelebilmekte ve hastalık oluşturabilmektedir. Virüs streynine spesifik bitkideki dayanıklılık genlerinden *bc-3* geni ile virüs patojenisite genleri arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Her iki virüsün şu ana kadar tespit edilmiş bütün streynleri için bu genin dayanıklılık etkisini ortadan kaldıracak bir *P3* patojenisite geni

Çizelge 1. Konukçu-Patojen Gen İnteraksiyonları

	Patojenite Gurupları ve Patojenisite Genleri										
	1	2	3	4	5	6	7				
	P0	P1	P2	P1.P1 ²	P1.P2	P1.P1 ² .P2	P1.P1 ² .P2 ²				
BCMNV ve BCMNV Streynerleri											
Konukçu Genleri	NL1	NL7	NL8	US5	NL6	US2	NL2	NL3	NL5	RU1	NL4
i	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
bcu+bc1	R	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S
bcu+bc1²	R	R	R	S	S	R	R	S	S	S	S
bcu+bc2	R	R	S	R	R	S	S	S	S	S	R
bcu+bc1+bc2	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	R
bcu+bc1²+bc2²	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S
bcu+bc2+bc3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
I	R	R	S*	R	S**	R	S**	S*	S*	S*	R
I+bc1	R	R	R*	R	S**	R	S**	S*	S*	R	R
I+bc1²	R	R	R*	R	S**	R	R	S**	S*	R	R
I+bcu+bc1²+bc2²	R	R	R*	R	R	R	R	R*	R*	R	R

R: Dayanıklı, S: Hassas, S+: Hassas Sistemik mozaik

S*: Hassas, genellikle bütün bitkiler sıcaklığa bağlı olmaksızın damar nekrozu ve sistemik nekrozu gösterir

S**: Hassas, sistemik nekroz sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile birlikte sistemik nekrozlu bitki sayısı artar

R*: Dayanıklı, sistemik nekroz yok, lokal lezyon olarak toplu iğne başı büyüklüğünde lezyon var.

bulunmadığından dolayı, yalnızca *bc-3* geni BCMV ve BCMNV'nin bilinen bütün streynerlerine dayanıklılığı sağlamaktadır. *P0* patojenisite geni taşıyan virüs streynerleri ise yalnızca dayanıklılık geni içermeyen fasulye bitkilerini enfekte edebilmektedir (Drijfhout, 1994).

5. FASULYEDE BCMV VE BCMNV' YE KARŞI DAYANIKLILIK TİPLERİ

5.1. Dominant Dayanıklılık

Fasulyede *I* geni, BCMV enfeksiyonuna karşı hipersensitif reaksiyona neden olan dominant dayanıklılık geni olarak hareket etmektedir. BCMNV streynerlerine karşı fasulyede ortaya çıkan hipersensitif reaksiyon, sistemik tepe nekrozu olarak da adlandırılmaktadır. (Cooper ve Jones, 1983). Dominant *I* geni, virüs enfeksiyonuna karşı bitki sürgün ucunda ve enfekteli yaprakların iletim dokularında hızlı bir biçimde ve yüksek miktarlarda *phaseolin* üretilmesine neden olarak yanıt vermektedir. *Phaseolin*, fasulye dokularında virüs replikasyonunun engellenmesi amacıyla üretilen bir fitoaleksinin türüdür (Lamb ve ark., 1989). Bitkinin iletim sistemi yoluyla fitoaleksinin aşağıya doğru taşınması sonucunda, iletim sisteminde renk değişimi (kararma) ve sonunda bitkide ölüm meydana gelmektedir. İletim sistemindeki bu renk değişimi

siyah kök (black root) olarak adlandırılmaktadır (Grogan ve Walker, 1948). *I* geni dayanıklılık yanıtı oluşturmasının dışında BCMNV'nin tohumla taşınabilmesini de engelleme özelliğine sahiptir (Kelly, 1997).

Dominant *I* geni BCMV'nin birçok streynerine karşı dayanıklılık oluşturmasına rağmen, 30°C ve üzerindeki sıcaklıklarda BCMV'nin nekroza neden olan streynerleri (NL2, NL6 ve RU1) ve bütün sıcaklıklarda BCMNV'nin bütün streynerleri *I* geni dayanıklılığını kırarak bitkide hipersensitif reaksiyon sonucu sistemik öldürücü nekroza neden olabilmektedir. Bu reaksiyon korunmamış *I* geni dayanıklılığı olarak adlandırılmakta ve büyük bir dezavantaj oluşturmaktadır. Tek başına *I* geni dayanıklılığının diğer bir dezavantajı da kırmızı ya da sarı renkli tohumlardaki karartıcı etkisidir (Drijfhout, 1994). Buna rağmen, dominant *I* geni dayanıklılığı, BCMNV'nin enfeksiyon oluşturmadığı pek çok ülkede BCMV'ye karşı etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

5.2. Resesif Dayanıklılık

Drijfhout (1978), fasulye bitkilerinde dominant *I* geninden bağımsız streyner-spesifik, BCMV ve BCMNV'ye dayanıklılıkta rol oynayan *bc* genlerini tanımlamıştır. Bunlar *bc-1*, *bc-1²*, *bc-2*, *bc-2²* ve *bc-3* genleridir. Resesif *bc* genlerinin dayanıklılığın

oluşumundaki rolleri, enfeksiyon başlangıcında fasulye bitkilerinde hipersensitif yanıtın oluşmasında rol oynayan dominant *I* geninden tamamen farklıdır. Dayanıklılık yanıtı oluşumu esnasında *bc* genleri, bitki dokularında virüs çoğalmasının sınırlanmasında ya da engellenmesinde rol oynamaktadır (Fraser, 1992).

Resesif dayanıklılık, streyn-spesifiktir ve ortaya çıkabilmesi için *bc* genleri ile *bc-u* geninin birlikte bulunması gerekmektedir. Resesif *bc-u* geni tek başına BCMV ve BCMNV'nin hiçbir streynine karşı dayanıklılıkta etkili olmamakla birlikte, streyn-spesifik *bc* genlerinin fasulye bitkilerinde dayanıklılık yanıtını oluşturabilmelerinde rol oynamaktadır (Drijfhout, 1978; Kelly ve ark., 1995).

Her streyn-spesifik resesif dayanıklılık geni, BCMV ve BCMNV streynlerinde mevcut olan patojenite genlerinin varlığına göre resesif dayanıklılığı sağlamaktadır. Örneğin *bc-1* geni yalnızca BCMV'nin NL1 ve BCMNV'nin NL8 streynine karşı resesif dayanıklılığı sağlamaktadır. Çünkü bu ikisi dışındaki streynlerin hepsi *bc-1* geninin etkisini kıran *PI* patojenite genine sahipken, NL1 ve NL8 streyni *PI* genine sahip değildir (Çizelge 1). BCMV ve BCMNV'nin hiçbir streyninde *bc-3* geninin etkisini kırabilecek bir patojenite geni bulunmaması nedeniyle yalnızca *bc-3* geni her iki virüsün bilinen bütün streynlerine karşı resesif dayanıklılığı sağlamaktadır (Drijfhout, 1978 ve 1994).

Tek başına resesif dayanıklılık, yeni streynlerin ortaya çıkabilmesi ve bu streynlerin bu tür dayanıklılığın etkisini kırabilmesi ihtimalinden dolayı günümüzde fasulye ıslahçıları tarafından tercih edilmemektedir.

5.3. Uzun Süreli Dayanıklılık (Korunmuş *I* Geni Dayanıklılığı)

Resesif *bc* genleri, fasulye dokularındaki virüs replikasyonunun önlenmesinde veya sınırlandırılmasında rol oynarken, dominant *I* geni virüs enfeksiyonlarına karşı tipik fitoaleksinin yanıtı oluşmasında rol oynamaktadır. Bununla birlikte *I* geninin dayanıklılığın oluşmasındaki etkisi, *bc* genlerinin bitki dokularındaki virüs konsantrasyonunu sınırlaması ile daha da artmaktadır. Resesif dayanıklılık genleri ile bir arada bulunan dominant *I* geni hipersensitif yanıtın sınırlanmasını, gecikmesini veya önlenmesini sağlamaktadır (Kelly, 1997).

Eğer bir çeşitte dominant *I* geni streyn-spesifik *bc*-genleri ile kombine edilirse bu tip dayanıklılık, **Korunmuş *I* Geni Dayanıklılığı** olarak adlandırılır ve bu durumda ne BCMV, ne de BCMNV streynleri fasulyede sistemik nekroza yani siyah kök oluşumuna sebep olmaz (Coyne ve ark., 2003). Örneğin, BCMNV NL-3 ırkı ile inokule edilen $I+bc-1^2$ gen kombinasyonuna sahip fasulye çeşidinde inokule edilen yaprakta ortaya çıkan nekroz damarlar ile sınırlandırılırken, $I+bc-2^2$ gen kombinasyonuna sahip fasulye çeşidinde virüs sadece inokule edilen yapraklarda küçük toplu iğne başı büyüklüğünde lekelerde sınırlı kalır. $I+bc3$ gen kombinasyonuna

sahip çeşitlerde ise hiçbir nekrotik belirti oluşmaz (Çizelge 2) (Kelly, 1997).

Çizelge. 2. BCMNV NL3 Streyni ile İnokule Edildiğinde Farklı Genotiplere Sahip Bitkilerin Reaksiyonları

Bitki Genotipi	Semptomlar
<i>Ii</i>	mozayik
<i>II</i>	tepe nekrozu
$ii+bc-1^2 bc-1^2$	hafif mozayik veya simptomsuz
$II+bc-1^2 bc-1^2$	damar nekrozu veya simptomsuz
$ii+bc-2^2 bc-2^2$	reaksiyon yok
$II+bc-2^2 bc-2^2$	nekrotik lokal lezyon
$ii+bc-3 bc-3$	reaksiyon yok
$II+bc-3 bc-3$	reaksiyon yok

Korunmuş *I* Geni dayanıklılığında *I* geni ile kombine edilmesi gereken streyn-spesifik *bc* genlerinin seçimi dayanıklılıkta önemli rol oynamaktadır. BCMV ve BCMNV enfeksiyonlarına karşı en dayanıklı genotipin $I+bc-u+bc-2^2+bc-3$ olduğu bildirilmesine rağmen (Drijfhout, 1978), bu genlerin aynı bitkide bir araya getirilmesi çok zor olmaktadır. Bu nedenle günümüzde ıslahçıları BCMV ve BCMNV'nin bilinen bütün streynlerine karşı uzun süreli dayanıklılığı sağlayabilmek için daha çok $I+bc-3$ ya da $I+bc-2^2$ genlerine sahip olan fasulye çeşitlerini ıslah etmeye çalışmaktadırlar.

6. FASULYEDE BCMV VE BCMNV'YE KARŞI DAYANIKLILIKTA ROL OYNAYAN GENLERİN BELİRLENME YÖNTEMLERİ

Fasulyede BCMV ve BCMNV'ye karşı dayanıklılıkta etkili olan genlerin tespit edilmesi için farklı yöntemler bulunmaktadır. Fasulye bitkilerinde *bc-3* geni taşıyanlar hariç, diğer resesif dayanıklılık genlerinin *I* geni ile bütün kombinasyonlarını bulunduranlar, BCMNV NL3 streyninin fasulye bitkilerine inokule edilmesi ve daha sonra bitkilerde ortaya çıkan semptomlara göre tanımlanabilmektedir (Çizelge. 2) (Kelly, 1997). Ancak, bazı fasulye genotiplerinde bulunan dayanıklılık genlerinin Çizelge 2'de açıklandığı gibi fenotipik olarak belirlenmesi, bazı zayıf resesif genlerin epistatik olarak maskelenmesinden dolayı her zaman mümkün olmamaktadır. Çünkü, BCMNV NL3 streyni fasulye bitkilerine inokule edildiğinde *bc-3* geni, *bc-2^2* ve *bc-1^2* geninin etkisini; *bc-2^2* geni ise *bc-1^2* geninin etkisini maskeleymektedir. Ayrıca, *bc-3* geni, *I* geni ile birlikte aynı genotipte bulunduğu *I* geninin etkisini maskeleymektedir. Bu nedenle *bc3-1* ve *bc3-i* gen kombinasyonuna sahip bitkileri ayırt etmek yalnızca melezlemeler (test crossing) ve DNA markör seleksiyon yöntemi kullanılarak mümkün olmaktadır (Kelly ve ark., 1995). Markör yardımıyla seleksiyon yöntemi, virüsün yokluğunda dahi dayanıklılık genlerinin bitkilerde belirlenebilmesine olanak sağlayabilmesi nedeniyle günümüzde yoğun olarak kullanılan bir yöntemdir. Fasulye dayanıklılık genlerine spesifik bazı markörler çeşitli araştırmacılar

tarafından geliştirilmiştir. Bunlardan *I* dayanıklılık geni (Haley ve ark., 1994a; Melotto ve ark., 1996), *bc-3* (Haley ve ark., 1994b; Johnson ve Gepts, 1994; Miklas ve ark., 1996) ve *bc-1²* (Myers ve ark., 1996; Miklas ve ark., 2000) dayanıklılık genlerine spesifik moleküler markörler günümüzde BCMV ve BCMNV'ye dayanıklılık ıslahı çalışmalarında kullanılmaktadır.

7. SONUÇ

Tek başına *I* geni dayanıklılığı BCMV'ye dayanıklılık ıslahında etkili bir şekilde kullanılmaktayken, BCMNV nekrotik streynlerinin ortaya çıkması ve bu streynlerin dominant *I* geni taşıyan bitkilerde sistemik öldürücü nekrozlara neden olması nedeniyle günümüzde geçerliliğini kaybetmiş durumdadır. Buna karşın sadece streyn-spesifik dayanıklılık genlerini (resesif genleri) taşıyan fasulye çeşitleri yetiştirildiğinde ise BCMV'nin yeni streynlerinin oluşabileceği bildirilmektedir. Bu nedenle son yıllarda araştırmacılar yeni streynlerin oluşma riskini ortadan kaldırabilmek ve BCMV'nin yanı sıra BCMNV'ye karşı da dayanıklılığı sağlayabilmek için dominant *I* geni ile streyn-spesifik resesif *bc* genlerini aynı bitkide toplamaya çalışmaktadırlar.

8. KAYNAKLAR

- Ali, M.A. 1950. Genetics of resistance to the common bean mosaic virus in the bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Phytopath., 40: 69-79.
- Cooper, L.I., Jones, A.T. 1983. Responses of plants to viruses: Proposals for the use of terms. Phytopath., 73: 127-128.
- Coyne, D.P., Steadman, J.R., Godoy-Lutz, G., Gilbertson, R., Arnaud-Santana, E., Beaver, J.S. Myers, J.R. 2003. Contributions of the Bean/Cowpea CRSP to management of bean diseases. Field Crop Res., 82: 155-168.
- Drijfhout, E. 1978. Genetic interaction between *Phaseolus vulgaris* L. and bean common mosaic virus with implications for strain identification and breeding for resistance. Agriculture Research Report 872, 1-98, Centre for Agriculture Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands.
- Drijfhout, E., Silbernagel, M.J., Burke, D.W., 1978. Differentiation of strains of *Bean common mosaic virus*. Neth. J. Plant Pathol., 84: 13-26.
- Drijfhout, E. 1994. *Bean common mosaic virus* (In: Compendium of Bean Diseases, Second Edition. Ed: R. Hall). APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Fisher, M.L., Kyle, M.M. 1996. Inheritance of resistance to potyviruses in *Phaseolus vulgaris* L. 4. Inheritance, linkage relations and environment effects on systemic resistance to four potyviruses. Theor Appl. Genet., 92: 204-212.
- Fraser, R.S.S. 1992. The genetics of plant-virus interactions: implications for plant breeding. Euphytica 63: 175-185.
- Galvez, G.E., Morales, F.J. 1989. Aphid-transmitted viruses. p.333-361. In H.F. Shawartz and M.A. Pastor-Corrales (ed). Bean production problems in the Tropics, 2nd. Ed. Cent.Int. Agric.Trop. (CIAT), Cali, Colombia
- Gilbertson, R.L., Guzman, P., Rojas, M., Crnov, R., Mkandawire, A. 2001. Detection of bean-infecting viruses in California with an emphasis on the CRSP-facilitated work. Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program-East Africa Proceedings: Bean Seed Workshop Arusha, Tanzania. pp. 4.
- Grogan, R.G., Walker, J.C. 1948. The relation of common bean mosaic to black root of beans. J. Agric. Res., 77: 315-331.
- Haley, S.D., Afanador, L., Kelly, J.D. 1994a. Identification and application of random amplified polymorphic DNA marker for the *I* gene (potyvirus resistance) in common bean. Phytopath., 84: 157-160.
- Haley, S.D., Afanador, L.K., Kelly, J.D. 1994b. Selection for monogenic resistance traits with coupling and repulsion phase RAPD markers. Crop Sci., 34: 1061-1066.
- Johnson, W.C., Gepts, P. 1994. Two molecular markers linked to *bc3*. Bean Imp. Coop. Annu. Rep., 37:206-207.
- Jordan, R., Hammond, J. 2008. Bean common mosaic virus and bean common mosaic necrosis virus. Encyclopedia of Virology, 3rd Ed. (B.W.J. Mahy and M.H.V. Van Regenmortel, Eds). 1:288-295.
- Kelly, J.D., Afanador, L., Haley, S.D. 1995. Pyramiding genes for resistance to *bean common mosaic virus*. Euphytica 82: 207-212.
- Kelly, J.D. 1997. A review of varietal response to *Bean common mosaic potyvirus* in *Phaseolus vulgaris*. Plant Var. Seeds, 10: 1-6.
- Kelly, J.D., Hosfield, G.L., Varner, G.V., Uebersax, M.A., Taylor, J. 2001. Registration of Jaguar Black Bean. Crop Sci. 41:1647-1648.
- Kimani, P.M., Wagara, I., Blair, M. 2004. Selection of climbing bean lines to Common Bacterial Blight, Bean Common Mosaic and Web Blight. The XLVII Report of the bean improvement cooperative. 47: 309-310.
- Lamb, C.J., Lawton, M.A., Dron, M., Dixon, R.A. 1989. Signals and transduction mechanisms for activation of plant defenses against microbial attack. Cell 56, 215-224.
- Larsen, R.C., Miklas, P.N., Druffel, K.L., Wyatt, S.D. 2005. NL3-K Strain Is a Stable and Naturally Occurring Interspecific Recombinant derived from Bean Common Mosaic Necrosis Virus And Bean Common Mosaic Virus. Phytopath., 95: 1037-1042.
- McKern, N.M., Mink, G.I., Barnett, O.W., Mishra, A., Whittaker, L.A., Silbernagel, M.J., Ward, C.W., Shukla, D.D. 1992. Isolates of bean common mosaic virus comprising two distinct potyviruses. Phytopath., 82: 923-929.
- Meletto, M., Afanador, L., Kelly, J.D. 1996. Development of SCAR marker linked to the *I* gene in common bean. Genome. 39: 1216-1219.
- Miklas, P.N., Afanador, L., Kelly, J.D. 1996. Recombination facilitated RAPD marker assisted selection for disease resistance in common bean. Crop Sci. 36: 86-90.
- Miklas, P.N., Beaver, J.S., Steadman, J.R., Silbernagel, M.J., Freytag, G.F. 1997. Registration of three bean common mosaic virus-resistant navy bean germplasms. Crop Sci. 37:1025.
- Miklas, P.N., Kelly, J.D. 2002. Registration of Two Cranberry Bean Germplasm Lines Resistant to Bean Common Mosaic and Necrosis Potyviruses: USCR-7 and USCR-9. Crop Sci. 42: 673-674.
- Miklas, P.N., Larsen, R.C., Riley, R., Kelly, J.D. 2000. Potential marker-assisted selection for *bc-1²* resistance

- to common bean mosaic potyvirus in common bean. *Euphytica* 116: 211-219.
- Mink, G.I., Vetten, J., Ward, C.W., Berger, P., Morales, F., Myers, J.R., Silbernagel, M.J., Barnett, O.W., 1994. Taxonomy and classification of legume infecting potyviruses. A proposal from the Potyvirus Study Group of the Plant Virus Subcommittee of ICTV. *Arch. Virol.*, 139:231–235.
- Myers, J.R., Strausbaugh, C.A., Forster, R.L., McClean, P.E. 1996. Resistance and tolerance to bean common mosaic virus (BCMV) and bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) in bean. *Bean Imp. Coop. Annu. Rep.*, 39:94-95.
- Myers, J.R., Stewart-Williams, K.D., Hayes, R.E., Kolar, J.J., Singh, S.P. 2001. Registration of UI 320 Pinto Dry Bean. *Crop Sci.* 41: 1642-1643.
- Silbernagel, M.J., Mink, G.I., Zhao, R.L., Zheng, G.Y., 2001. Phenotypic recombination between *Bean common mosaic* and *Bean common mosaic necrosis* potyviruses in vivo. *Arch. Virol.*, 146: 1007-1020.
- Strausbaugh, C.A., Miklas, P.N. Singh, S.P., Myers, J.R., Forster, R.L. 2003. Genetic characterization of differential reactions among host group 3 common bean cultivars to NL-3 K strain of *Bean common mosaic necrosis virus*. *Phytopath.*, 93: 683-690.
- Vallejos, E.C., Monge, G.A., Jones, V., Plyler, T.R., Sakiyama, N.S., Mackenzie, S.A. 2006. Genetic and Molecular Characterization of the *I* Locus of *Phaseolus vulgaris*. *Genetics*; 172(2): 1229–1242.
- Vetten, H.J., Lesemann, D.E., Maiss, E. 1992. Serotype A and B strains of *Bean common mosaic virus* are two distinct potyviruses. *Arch. Virol.*, (Suppl. 5):415-431.
- Vishawa, D., Gurha, S.N., Dhar, V. 1998. Sources of Resistance to *Bean common mosaic virus* In French Bean. *Indian J. of Pulses Research.* 11:138-139.
- Wang, WY., Mink, G.I., Silbernagel, M.J., Davis, W.C. 1984. Production of hybridoma lines secreting specific antibodies to Bean common mosaic virus (BCMV) strains. *Phytopath.*, 74: 1142.