

BİTKİLERDE VİRÜS HASTALIKLARINA KARŞI DAYANIKLILIK MEKANİZMALARI¹

Havva İLBAĞI²

Ahmet ÇITIR³

ÖZET

Kültür bitkilerinde verimi ve kaliteyi, üretim materyalinin genetik potansiyeli, çevre koşulları, kültürel faaliyetlerin uygulanmasındaki başarı derecesi, bu bitkilerde görülen zararlılar ve hastalıklar ile yine bu bitkilere karşı yabancı otların rekabeti belirler. Başlıca bitki hastalık etmenlerinden virüslerin ve diğer patojenlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için kültür bitkilerinin genotipik, anatomik, morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin değiştirilerek onların hastalıklara karşı bağışık ve dayanıklı hale getirilmesi önemli bir biyoteknoloji araştırma konusudur. Bitki hastalık yönetiminin en etkili önlemi de hastalıklara karşı bağışık ve dayanıklı çeşit kullanmaktır. Bitki ıslahında her geçen yıl önemli bilimsel gelişmeler olmakta ve dolayısıyla bilgi birikiminin güncellenmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, bitkilerde virüs hastalıklarına ve virüs vektörlerinin davranışlarına karşı oluşan dayanıklılığın biyokimyasal, kalıtsal ve genetik değişim mekanizmaları üzerinde yapılan bazı çalışmaların sonuçları özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki Hastalıkları, Dayanıklılık, Virüs, Genetik, Biyoteknoloji

SUMMARY

RESISTANCE MECHANISMS AGAINST PLANT VIRUSES ON PLANTS

Actual yield of cultivated crops are determined by genetic potential, enviromental conditions, degree of cultivation success, harmful effects of pest and diseases and the competition with weeds. In order to get rid of the advers effects of primary plant diseases caused by viruses and other pathogens, breeding immune and resistant cultivars by changing the genotypic structures, anatomical, morphological and physiological features of plants have become popular research subject of biotechnology. To obtain and the usage of immune and resistant cultivars is considered one of the best way of plant disease management. Scientific know how and scientific advances happens every year on plant breeding. So in this review the results of some research works on plant resistance against viruses and virus vectors were collected and the mechanisms of biochemical and genetic changes in plants were summarized.

Keywords: Plant Diseases, Resistance, Virus, Genetic, Biotechnology

¹Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: Şubat, 2006

²Yrd. Doç. Dr., Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü TEKİRDAĞ

³Prof. Dr., Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü TEKİRDAĞ

GİRİŞ

Kültür bitkileri ve doğadaki floraya mensup bitkilerin her türü, fungusların, bakterilerin, fitoplazmaların, parazit yüksek bitkilerin, nematodların, virüsler ve viroidlerin neden oldukları hastalıklardan dolayı olumsuz şekilde etkilenmektedirler. Bazen bir bitki türünün ortalama 100 adet patojenin neden oldukları hastalıklardan zararlandıkları saptanabilirken, yine tek bir bitki türünün, tek bir patojenin neden olduğu enfeksiyona maruz kaldığı örneklerle rastlanabilir. Tek veya çok yıllık her bitki türü bulunduğu ortamda iklimin ve toprağın olumsuz etkilerine maruz kalabildiği gibi insanoğlunun hatalı tarımsal uygulamalarından da zarar görmektedir. Bitkiler, içinde buldukları ortamı diğer canlılarla paylaşmak ve hatta onlarla rekabet etmek zorundadırlar (15). Bitkiler saprofitik, simbiyotik ve patojenik özelliklerde en azından 100.000 fungus, 2.500 parazit yüksek bitki, 1.000 virüs ve viroid, 500 prokaryotik tek hücreli patojen ve 500 adet nematod türleri ile bir arada yaşamak zorundadırlar. Çoğu zaman bitkilerin bu canlılardan ve patojenlerden etkilenmeleri kaçınılmazdır (1). Bitkiler tüm bu patojenlere karşı varlıklarını ve canlılıklarını sürdürüp, yaşamaya devam edebilmektedirler. Daha yakından incelendiğinde bitkiler kendilerini patojenlere karşı, sahip oldukları fiziksel engeller ile ya da patojenlerin girişlerini önleyici biyokimyasal reaksiyonlarla veya girişten sonra bitkinin sentezleyerek salgıladığı toksik bileşikler ile ve nihayet kalıtsal dayanıklılık mekanizmaları ile korumaya çalışırlar. Enfeksiyonlara karşı bitkilerin kendilerini nasıl savduklarını, bu savunma mekanizmalarını nasıl geliştirdikleri bugün artık genetik kuralları ile açıklanmaktadır. Patojen-konukçu ilişkileri ve bitkilerde saptanan dayanıklılık konularındaki bilgiler her geçen gün değişmekte ve artmaktadır. Bu nedenle de periyodik olarak güncellenmeleri gerekir. Nitekim bu konudaki en son derleme Ertunç ve İlhan (6) tarafından kaleme alınmış ve bitki virüs hastalıklarına karşı dayanıklılık hakkındaki bulgular başarı ile özetlenmiştir. Şüphesiz son 10 yılda bitki virüs hastalıkları ve bunlara karşı bitkilerdeki dayanıklılık mekanizmaları konusunda yeni bulgular da ortaya çıkmıştır. Bu derleme makalesinin amacı böyle bir güncellemeyi gerçekleştirmektir.

Bilindiği gibi canlı hastalık etmenlerinden fitoplazmalarla, moleküler hastalık etmenlerinden, virüs ve viroidlerin; tarla koşullarında taşınmaları diğer patojenlerde olduğu gibi gerçekleşemez. Bitki dokusu üzerine kitle halinde dahi yerleştirilmiş olsalar, virüsler, viroidler ve fitoplazmalar kendi kendilerine hücreye giriş yaparak asla bir enfeksiyonu başlatamazlar. Virüslerin konukçu bitkide enfeksiyonu başlatabilmeleri için mutlaka canlı hücre içerisine girmiş olmaları gerekir. Aksi takdirde hiçbir zaman hastalık yapma yeteneğine kavuşamazlar. Asıl şaşırtıcı olan da virüslerin ve viroidlerin tarla koşullarında bu denli büyük epidemilere neden olabilecek enfeksiyonları başlatabilmeleridir. Bu durum virüslerin ancak çok etkili ve dinamik vektörlerinin varlığı ve taşıma yöntemlerinin şekli ile izah edilebilir. Bir virüs enfeksiyonunun epidemik boyutlara ulaşabilmesi için konukçu bitkinin duyarlı, patojenin saldırgan, vektörün etkin, çevre koşullarının ise hastalık lehine uygun olması gerekir. Bir başka deyişle, bir bitki hastalığının ortaya çıkışı, bitkinin morfolojik ve fizyolojik durumunun, patojenle olan ilişkisinin hastalık lehine olması halinde enfeksiyon ortaya çıkmaktadır. Şayet bu durum gerçekleşmemiş ise, patojenle konukçu arasında; Bağışıklık, Dayanıklılık, Tolerans ve Aşırı Duyarlılık gibi dört farklı olasılık karşımıza çıkmaktadır (1).

-*Bağışıklık* olayında bitki ve patojen arasında herhangi bir tanışıklık yoktur. Dolayısıyla bitkide hastalık asla görülmez.

-*Dayanıklılıkta* ise bitkinin bir hastalık etmeni ile karşılaşması durumunda, enfeksiyona karşı koyabilmesi yada konukçu-patojen interaksiyonunun bitkinin yararına değişmesi gerekir. Dayanıklılık, bitkide kalıtsal bir nitelik olmakla birlikte, bazen sonradan kazanılmış da olabilir. Kalıtsal dayanıklılık tek bir gen ile ya da çok sayıda gen ile yönetilir. Dayanıklılık tek gene bağlı olduğunda bu tek gen ayrıntılı biçimde incelenip tanımlanabilir. Dayanıklılık sadece konukçu bitkide bir dayanıklılık geninin bulunmasına bağlı olmayıp parazit mikroorganizmanın kalıtsal niteliklerine de bağlıdır. Temelde hastalığın durumunu, konukçu ile patojenin kalıtsal nitelikleri arasındaki ilişki belirlemektedir. Hastalıklara dayanıklı bitki çeşitlerinin elde edilmesinde, patojenin virülensinin de genlerle yönetiliyor olmasının büyük önemi

vardır. Çünkü dayanıklılığın büyük çapta kalıtsal nitelikli oluşu ona aynı zamanda sürekli bir değişim özelliği de vermektedir. Konukçu bitkinin ve patojenin kalıtsal varyasyon kaynakları dayanıklı çeşitlerin zamanla bu niteliklerini yitirmelerine yol açmaktadır. Böylelikle patojende yeni ırkların doğmasına yol açan olaylar, bir bitkinin belirli bir hastalığa uzun yıllar dayanıklı kalma olanağını ortadan kaldırmaktadır.

-*Tolerans'da* bitki-patojen ilişkisinde enfeksiyon gerçekleşmekte ancak ürünün verim ve kalitesi ekonomik zarar eşiğinin altına asla düşmemektedir.

-*Aşırı duyarlılık* ise bağışıklık derecesinde bitkinin, patojene karşı koyduğu sadece sınırlı sayıda bitki hücreyi ölümüne karşı patojenin engellendiği bir ilişkidir.

Hastalık olaylarının gelişmesi ve semptomların oluşumunda, bitkinin histolojik ve biyokimyasal yapısı etkilidir. Hatta patojenin değişik derecelerdeki virülensinin ortaya çıkışı bile konukçudaki hastalık inhibitörlerinin nicelikleri ile açıklanmakta ve tanımlanmaktadır. Bitki, patojenin hastalandırmasına elverişli bir konstitüsyonda olabilir veya olmayabilir. Birinci durumda bitki ile hastalık etmeni arasında kurulacak ilişki, hastalık etmeni patojen yararına gelişecek ve sonunda bitki hastalanıp ölecektir. İkinci durumda ise bitki ya histolojik özellikleri ile yani mekaniksel olarak ya da biyokimyasal özellikleri ile hastalık etmeninin hücrelere girmesine veya girişten sonra bitkinin dokusunda yaşamasına engel olacaktır. Sonuç olarak da bitki hastalığa karşı dayanıklılığını sergileyecektir (4).

1. Bitkilerde Virüslere Karşı Yapısal Dayanıklılık Şekilleri

Bitkiler patojenlere karşı kendilerini iki farklı grup altına toplanan özelliklerinin kombinasyonları ile korumaktadırlar. Bunlar sırası ile fiziksel engeller ve bariyer olarak işlev gören ve patojenin bitkiye girişini, bitki dokusu içinde yayılmasını engelleyen yapısal dayanıklılık özellikleridir. Diğerleri ise patojenin girişinden sonra bitki bünyesinde gerçekleşen patojene karşı toksik veya onun çoğalmasını engelleyen bazı biyokimyasal moleküllerin sentezi ve reaksiyonlardır (1).

1.1. Konukçu Bitkide Virüslere Karşı Oluşan Yapısal Dayanıklılık

Konukçu bitkilerde var olan anatomik ve morfolojik yapısal değişiklikler, bitkiyi virüs enfeksiyonuna karşı dayanıklı, tolerant veya bağışık kılabilmektedir. Şöyle ki kalın bir kütikula tabakası, tüylü bir yaprak yüzeyi ve duvarı kalın bir epidermis hücresi ile bitki, üzerinde vektörün beslenmesine ve sokucu-emici ağız tipindeki styletini kullanmasına karşı koyabilmektedir. Mevsim başında bitkilerdeki bu karşı koyma, taze sürgün ve yapraklara sahip genç fide ve fidanlara virüslerin bulaşmasına engel olmak açısından önemli bir özelliktir.

1.2. Olgun Bitki Dayanıklılığı

Bitkideki vegetatif ve generatif gelişme sürecinde bitkinin gelişmesi ve farklılaşması tamamlandıktan sonra, olgun bitki dayanıklılığı ortaya çıkar. Bu durum geç dönem enfeksiyonlarına karşı bitkiyi korumaktadır. Yine olgun bitkinin dış görünümünün tüylü ve dikenli çıkıntularla kapalı olması da stylet kökenli virüs enfeksiyonlarına karşı bitkiyi korumaktadır. Tüylü dış görünüm arzeden pek çok kültür bitki çeşidinin non-persistent olarak, styletle bulaşarak taşınan mozayik hastalıklarına karşı direnç ve dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir. Entegre mücadele kavramı içerisinde tohumluk patates üretiminde yumruların 30 mm'lik çapa ulaştıktan sonra toprak üstü kısmının herbisit ile imha edilerek öldürülmesi, virüslerden arı sağlıklı tohumluk yumrular elde etmenin başarılı bir örneğidir.

2. Bitkilerde Virüslere Karşı Oluşan Biyokimyasal Dayanıklılık Şekillerinin Mekanizması

2.1. Bitkinin İçerdiği Biyokimyasal Moleküllerle Patojene Karşı Koyması

Bu türlü dayanıklılık şekli, bitkiler açısından iki farklı yönde oluşmaktadır. Bunlardan birincisi; bitkinin enfeksiyonlardan önce sahip olduğu ve sentezlediği bazı biyokimyasal moleküllerle patojene karşı koymasıdır.

-*Virüs sentezini engelleyen biyokimyasal maddeler:* Virüs sentezini engelleyen bazı mo-

leküllerin virüs sentezini inhibe ederek bitkiyi koruduğu gözlenmiştir.

-*Virüs sentezi için gerekli moleküllerin yetersizliği:* Virüsler beslenme ihtiyacı içerisinde olan canlı hücreler olmadıklarından bunların, sentezi için gerekli moleküllerin konukçu bitki hücresi içerisinde yetersiz oluşu da virüs enfeksiyonunu sınırlayan bir başka biyokimyasal durumdur.

2.2. Enfeksiyon Sonucu Ortaya Çıkan Biyokimyasal Moleküller

Bitki hastalıklarına karşı asıl biyokimyasal dayanıklılık enfeksiyonunun başlaması ile birlikte, yine enfeksiyonun tetiklediği bazı moleküllerin sentezi sonucu ortaya çıkmaktadır.

-*Ket vurucular, fenolik bileşikler ve fitoaleksinler:* Bu ket vurucular inhibitörler, fenolik bileşikler, fitoaleksinler ve bunlara benzer diğer moleküllerdir. Virüslerin sentezini engelleyebilecek bazı inhibitörler, duyarlı konukçu hücre içerisinde sentezlenirken, canlı hastalık patojenlerine karşı fenolik bileşikler ile fitoaleksinlerin daha etkili oldukları görülmüştür.

-*Aşırı duyarlılık:* Aşırı duyarlılık virüs enfeksiyonlarına karşı konukçu hücrelerinde gerçekleşen bir dizi biyokimyasal reaksiyonun oluşturduğu bir dayanıklılık şeklidir. Bu mekanizma incelendiği zaman, virüsün etkisi ile polyfenoloxidase ve peroksidase enzimlerinin aktiviteleri artmakta ve böylece virüsün giriş yaptığı hücrenin fizyolojisi değişerek ölümüne neden olduğu sanılmaktadır. Benzer şekilde toksik kinon moleküllerinin tamamı aynı zamanda virüs inhibitörleridir. Bu moleküller konukçu hücresi içerisinde toksiktirler. Virüs enfeksiyonu sonucu etkilenen hücrelerde kinon maddeleri sentezlemekte, bunlar virüs sentezine ket vururken virüsün işgaline uğramış olan konukçu hücrelerini de öldürmektedir. Böylece aşırı duyarlılık reaksiyonu, dayanıklılığın doğrudan bir sebebi olmayabilir ise de konukçu hücrelerine giriş yapmış olan patojenin inhibe edilerek, hücrenin ölümü sonucu virüs sentezinin engellenmesine yol açmasıdır. Bu sayede virüs penetrasyon noktasında birkaç ölü konukçu hücresi içerisine hapsolmakta ve burada yok olarak sistemik bir enfeksiyonun önü kesilmektedir. Aşırı duyarlılık reaksiyonunun bir diğer

şekli, enfekteli konukçu bitki hücrelerinin olgunlaşması sırasında birkaç gün veya birkaç saat gibi çok kısa bir süre içerisinde hızlı bir yaşlanma işlemine maruz kalmasıdır. Aşırı duyarlılık bu reaksiyonu gösteren bitki çeşitlerinde mutlak anlamda bir dayanıklılığı sağlarken, virüs hastalıklarına karşı da dayanıklı çeşitlerin ıslahına da vesile olacak olanakları yaratmaktadır (1).

3. Bitkilerde Virüslere Karşı Kalıtsal Dayanıklılık

3.1. Dayanıklılığın Genetik Temeli

Bitki virüslerine karşı pek çok dayanıklılık durumu, sadece tek bir lokusta sağlanmaktadır. Bazı durumlarda, konukçu türlerde iki veya daha fazla lokusta bağımsız genler keşfedilmiştir. Genel olarak, bu durumdaki genetik analiz basittir. Dayanıklılık ve hassasiyet mendel kanunlarına dayanmaktadır ve alleller arasında kesin dominant ilişkiler vardır. Fakat diğer durumlarda, rejenerasyon daha az belirgindir ve daha kompleks genetik interaksiyonlar içermektedir. Bunlar çeşitli tiplerde olabilmektedir.

İlk olarak, dayanıklılık tamamen dominant veya resesif olmayabilir. Bitkilerde dayanıklılıkla homozigotluğun heterozigotluktan daha etkili olduğu yerlerde bazı durumlar yarı dominant gösterilmektedir. Simptom şiddeti temelindeki ilişkiler tam olarak araştırılırsa, dayanıklılık tam dominant veya resesif olarak görülebilir. Fakat virüs çoğalması ölçüldüğünde, gen dozajı bağımlılığı gösterebilmektedir. Örnek olarak domates de *Domates mozaik virüsü: Tomato mosaic virus (ToMV)*'ne dayanıklılığı sağlayan *Tm-1* geni ve Fasulye adı mozaik virüsü: *Bean common mosaic virusu (BCMV)*'ne dayanıklılığı sağlayan *Phaseolus vulgaris*'teki *bc-1* geni verilebilir. İkinci olarak, dayanıklılığın birkaç gen tarafından kontrol edildiği durumlarda, segregasyon oranları kaçınılmaz bir şekilde karmaşık hale gelmektedir. Kompleks genetik kontroller için bir tek virüse karşı dayanıklılıkta içerilen konukçu genlerin tersine, birkaç virüse karşı dayanıklılık veren gen örnekleri de bulunmaktadır. Kyle ve ark. (11) *Phaseolus vulgaris* 'teki BCMV, Soya fasulyesi mozaik virüsü: *Soybean mosaic virus (SMV)*, Börülce mozaik virüsü: *Cowpea mosaic virusu (CPMV)*

ve Karpuz mozaik virüsü: *Watermelon mosaic virus* (WMV)'ne hypersensitif dayanıklılığın aynı veya çok yakın bağlantılı olduğunu göstermişlerdir (8).

3.2. Genetik Değişim Mekanizmaları

Biyolojinin en dinamik ve en önemli özelliklerinden birisi, canlıların morfolojik ve fizyolojik olarak sabit özelliklerden ziyade çok değişken nitelikleri sergilemesidir. Hiçbir canlı türün yeni generasyonlarındaki bireyleri, ebeveynler ile aynı olmamakta, mutlaka farklı özelliklere sahip olarak ortaya çıkmaktadırlar. İşte bu evrensel değişimin mekanizması içerisinde konukçu bitkiler ve onların patojenleri de yer almaktadır. Böylece bu dinamik değişim, genotipik bakımdan her nesilde farklı patojenik ırkları veya konukçu bitkiler açısından yeni dayanıklı çeşitleri ortaya çıkarmaktadır. Söz konusu edilen bu genetik değişimin 3 ayrı mekanizması bulunmaktadır. Bunlar sırası ile mutasyon, hibridizasyon ve sitoplazmik kalıtım yöntemleridir.

3.2.1. Mutasyon

Bir canlının genetik materyalinde görülen ve ani olan değişiklikler olup, bu özellikler kalıtım sayesinde yeni nesillere geçmektedir. Mutasyona uğramış canlıların çoğu letal bir etki sonucu ortadan kalkarken çok azının yararlı özelliklere sahip olarak nesillere intikal edebildiği saptanmıştır. Mutasyon sonucu ortaya çıkan faydalı özelliklerden birisi de bir bitki türünün daha önce duyarlı olduğu hastalık etmenine karşı bağışık bir konuma geçmesidir.

Seleksiyonlar sayesinde bitki türleri içerisinde mutasyonlar sonucu önemli patojenik hastalıklara dayanıklılık sergileyen bireyler bulunarak, çoğu zaman bir kültür bitkisinin varlığının devamını da sağlanabilmektedir. Bunun en çarpıcı örneklerinden birisi Şekerkamışı mozaik virüsü: *Sugarcane mosaic virus* (SCMV)'unun, İkinci Dünya savaşıdan önce tüm dünyada bu kültür bitkisini yok olma noktasına getirdiği bir anda SCMV'ye karşı Java adasında ortaya çıkan ve bir mutasyonun eseri olan klonun immun derecede hastalığa dayanıklı olduğu yeni plantasyonların, bu klonla tesis edildiği bir gerçektir (13).

3.2.2. Hibridizasyon

Klasik bitki ıslahının temel yöntemlerinden birisidir. 1 N kromozom yapısındaki gametlerin genetik materyallerinin bileşimi sonucu diploid formda 2N kromozom yapısında zigotun meydana gelmesi sayesinde virüs enfeksiyonlarına karşı bitkilerde dayanıklılık ıslahı yapılmaktadır. Bazı gen çiftlerinin hibridizasyonu sonucu patojen virüse karşı konukçu bitkiyi sırasıyla bağışık kıldığı, enfeksiyona dayanıklı hale getirdiği, konukçu da duyarlılık gerçekleştirerek, enfeksiyondan koruduğu yine genotipik değişiklikler yaratarak, patojen virüsün enfeksiyonuna karşı konukçu bitkide tolerans sağladığı, hatta virüsün vektörlerine karşı dayanıklılık oluşturduğu durumlar vardır. Hibridizasyon sayesinde bazen en virulent bitki virüsüne karşı anlamlı çeşitler üretildiği görülmüştür. Bunun en iyi örneklerini patates virüslerine karşı ıslah edilerek geliştirilen çeşitlerde görebiliriz. Örneğin Patates X virüsü: *Potato X virus* (PVX)'e karşı USDA-41956, El-SACO çeşitlerinin ortaya çıkarılmasıdır (14). Benzer şekilde Türkiye'de Eskişehir Bolat ve ark. (3) tarafından Toprak kökenli buğday mozaik virüsü: *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV)'ne karşı iki ekmeçlik buğday çeşidinin ıslah edilerek tescil ettirilmesi bir başka örnektir.

3.2.3. Sitoplazmik Kalıtım

Sitoplazmik kalıtım yolu ile kromozomların dışında bitkilerde veya bunların karşıtı olan patojenlerde, fizyolojik davranışlarda görülen değişimler kaydedilmektedir. Ancak virüs ve viroidlerin bizzat kendileri herhangi bir hücre yapı ve organizasyonuna sahip olmadıklarından sitoplazmik kalıtıma ilişkin değişiklikler göstermezler. Diğer patojenler ise bu değişimi en çarpıcı şekilde fungusitlere karşı direnç kazanmak suretiyle sergilemektedir.

3.2.4. Virüslerde Genetik Rekombinasyon

Diğer canlı hastalık etmeni patojenlerin aksine virüsler tek tek bitki hastalıklarına neden olabildikleri gibi, birden ziyade virüsün aynı konukçu üzerine inokulasyonu ve müşterek enfeksiyonları sonucu virüsler sentezlenirken, nükleik asitler arasında nükleotid alışverişi ol-

makta ve böylece inokule edilen virüslerin dışında yeni bir virüs tipi rekombinasyon sayesinde ortaya çıkabilmektedir. Şüphesiz yeni virüsün neden olabileceği enfeksiyon tipi de orijinal virüslerin her birinin tek tek neden oldukları enfeksiyon şekllinden farklı olmaktadır. Bu olay en azından moleküler hastalık etmenleri olan virüs ve viroidler için varyasyonun bir başka şeklini oluşturmaktadır.

-Patojenlerde saldırganlığın konukçu bitkilerde dayanıklılığın kalıtımı: Patojenik bitki hastalıklarında, patojen ve konukçu olmak üzere en az iki organizmanın interaksyonu söz konusudur. Bu organizmaların her biri kendilerine özgü DNA içeren genetik materyal tarafından yönlendirilmektedir. Patojene karşı konukçu tepkisi, dayanıklılık ve duyarlılık derecesi bitki ıslahının ana konularından birisi olup, yeni çeşitlerin ortaya çıkışına vesile olmuştur. Enfeksiyon tipi patojenin saldırgan veya ılımlı oluşu da son yıllarda gündeme gelmiştir. Patojenler daima ırklar oluştururken, konukçu bitkiler çeşit ve varyetelerle ortaya çıkmakta ve bu yeni patojene karşı koymaktadırlar. Şüphesiz bir hastalığın etmeni olan patojenin tüm ırklarına karşı dayanıklı bir çeşit elde etmek bu güne kadar pek mümkün olmamıştır. Daima virülensi en yüksek patojen ırkına karşı dayanıklı çeşitler elde etmek için çalışılırken, diğer ırklar ve patojenler göz ardı edilmektedir. Örneğin *Tobacco mosaic virus* (TMV)'una karşı tütün ve domates çeşitleri geliştirilebilmiştir. Şüphesiz geliştirilen bu çeşitleri de günün birinde hastalandırabilecek yeni patojenik ırkların ortaya çıkabileceği güçlü bir olasılıktır.

3.2.5. Virüs Enfeksiyonlarına Karşı Genetik Dayanıklılık Örnekleri

Comeau ve ark. (5) yaptıkları çalışmada Arpa sarı cücelik virüsü: *Barley yellow dwarf virus-PAV* (BYDV-PAV) virusuna karşı bağışıklık ve dayanıklılık kaynağı olarak ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ile *Agropyron* çaprazlanmıştır. *Agrotricum* (*Agropyron x Triticum*) hattı OK7111T42 (2n =56) BYDV-PAV virüsüne ait olan Cloutier izolatına karşı bağışık olarak saptanmıştır. BYDV'unun dayanıklılığı için seleksiyon yöntemiyle ve buğday benzeri tohumların fenotipleriyle, buğday benzeri F7 türetilmiş hatları, *Triticum aestivum x*

OK211542 çaprazlarından elde edilmiştir. Bu sonuçlar, BYDV-PAV virusuna immun ekmeklik buğday yaratılması konusunda yardımcı olacaktır. Arpa sarı mozayik virüsü: *Barley yellow mosaic virusu* (BaYMV)'na karşı dayanıklılık kaynağının araştırılması konusunda Götz ve ark. (9) tarafından yapılan çalışmada, Almanya'da BaYMV'na dayanıklı Banjo, Brunhild, Birgit, Franka, Ogra, Diana ve Sonate çeşitleri, dünyanın farklı yerlerindeki dayanıklı ve immun çeşitleriyle Hipoly, Turkey Naked 2, Anson Barley ve Palomino çaprazlanmıştır. Bunun sonucunda allelik olmayan dayanıklı genler belirlenmiştir. Kaiser ve ark. (10) dayanıklı Alman çeşitlerinin çekinik dayanıklılık genini Barley 3 kromozomu üzerinde bulmuşlardır. Bu sonuç Konishi ve Matsuar (12) tarafından yapılan çalışmaların sonuçları ile desteklenmektedir. Patates yaprak kıvrılma virüsü: *Potato leafroll virus* (PLRV)'una dayanıklılıkla ilgili yapılan bir çalışmada, PLRV konsantrasyonu kantitatif olarak ELISA'da ölçülmüş ve sırasıyla, PLRV'na hassas patates cinsi *Solanum tuberasum* cv. Maris piper'da sekonder enfeksiyonda yaprakta 2900 ng/g, PLRV'na dayanıklı olan SCRI klonlarında, yaprakta 180 ng/g bulunmuştur. Maris Piper'in kendilenmesiyle elde edilen progenler ayrılmamış, tüm genotipler PLRV çoğalmasına duyarlılık göstermişlerdir (2). Yine kültür ve yabancı patates çeşitlerinde virüslere dayanıklılığın doğal genleri ve mekanizmaları ile ilgili bir çalışmada Valkonen (16) virüs veya virüs ırklarının spesifik genlerini, kültür ve yabancı patates türlerde tanımlanmış ve kültür patatesine taşındığını saptamıştır.

Son yıllarda patojen dsRNA içeren virüslerin harekete geçirdiği konukçu bitki genlerinde bir RNA-Silencing olayı bitkilerin bu virüslere karşı bir dayanıklılık reaksiyonu olarak ortaya çıkmıştır. Agrios (1) RNA-Silencing olayını, bitkinin hücre sitoplazmasında gerçekleşen ve konukçu bitkinin bir nevi patojen virüse karşı gen uyarlaması olarak tanımlamaktadır. Bitkilerdeki hücre savunmasını yürüten ve birbirine bağımlı reaksiyon zincirlerinden birisi olarak ortaya çıkan bu olay ilk defa transgenik bitkilerde saptanmıştır. RNA-Silencing olayını etkisiz hale getirmek için virüsler de Supressor: Baskıcı ve engelleyici proteinler sentezledikleri ve böylece dayanıklılık sistemini etkisiz hale getirmek suretiyle Potyvirus'lerdekine benzer

sinerjistik etkiler yaratarak transgenik bitkilerde tahripkar enfeksiyonlara neden olabildikleri gözlenmiştir.

4. Gen İçin Gen Kavramı

Başından beri konukçu bitkiler ile onların patojenleri doğada yan yana evrime uğrayarak varolagelmışlerdir. Patojenin virülensinde ortaya çıkan bir değişiklik mutlaka konukçunun dayanıklılığında artışı gerektiren bir değişikliğe vesile olmuştur. Böylece dayanıklılık ve saldırganlık arasında dinamik bir denge oluşmuş ve konukçu bitkilerle patojenler daima iç içe hayatta kalmayı başarmışlardır. Şayet patojenin saldırganlığı yada konukçunun dayanıklılığı herhangi bir karşılık görmemişse, bunun sonucunda o konukçu ve patojenin doğadan yok olması kaçınılmaz bir sonuçtur. Flor (7) tarafından *Linum usitatissimum* keten bitkisi ile keten pası etmeni *Melampsora lini* arasında karşılıklı 26 gen çifti ile kanıtlanan böyle bir basamaklı dayanıklılık ve saldırganlık evrimi gen için gen kavramı ile izah edilmiştir. Bu kavrama göre konukçu bünyesinde şekillenen ve gelişen dayanıklılık genine karşılık mutlaka patojenin bünyesinde bir saldırganlık geni faaliyete geçmektedir. Kültür bitkilerinde pas hastalıkları, onların konukçuları arasında yıllardır sürdürülen ıslah çalışmaları ve araştırmalar gen için gen kavramının kanıtlanmış bir hipotez olduğunu göstermiştir. Ancak şu da bir gerçektir ki son yıllarda genetik mühendisliğinin ortaya çıkışı ve bu bilim kolunun geliştirdiği ileri teknikler ve yöntemler sayesinde gen için gen kuralının bozulacak bir aşamaya geldiğini göstermektedir. Çünkü artık, bir bitki türünün ihtiyacı olan dayanıklılık geni sadece kendi kromozomlarına bağlı olmayıp bir başka canlıdan da transfer edilir hale gelmiş olması, sonuçta “Genetically Modified” (GM): Genleri düzenlenmiş yeni bitki çeşitlerinin ortaya çıkmasına vesile olarak patojenler aleyhine bu kural bozulacak gibi görülmektedir.

SONUÇ

Bitki virüs hastalıkları ile mücadelede; bitki virüslerinin antiviral kod proteinleri ile uydu RNA molekülleri, rekombinant RNA molekül-

leri yanında, diğer türlerden bitkiler, gen transferlerini sağlayan ribozomların kullanımını devreye sokabilecektir. Böylece geleneksel dayanıklılık genleri yanında genetik olarak modifiye edilmiş bitki çeşitlerinin (GM) diğer bir deyişle transgenik bitkilerin devreye sokulması ile çok daha istikrarlı tipte virüslere karşı dayanıklılık programları ortaya çıkacaktır. Çünkü söz konusu çeşitlere onu en çok etkileyen virüsün bir parçası veya bitki genomu içerisine nükleik asitin bir parçası sokularak adeta bitki bu virüse karşı bağışık hale getirilmektedir. Bugüne kadar gen için gen kavramındaki evrimleşme kuralı bozulacağından virüsler her zaman hastalandırıcıları bitkilerin yeni genotipik nesillerini hastalandırarak şekilde kendi genotiplerinde yeni saldırgan ırkları oluşturmada güçlük çekeceklerdir.

KAYNAKLAR

1. Agrios, G., 2005. Plant Pathology. Elsevier Academic Press, Newyork. 922 p.
2. Barker, H., R.M. Solomon, J.E. Mcnicol, and J.E. Bradshaw, 1994. Resistance to Potato Leaf Roll Virus Multiplication in Potato is Under Major Gene Control. *Theoretical and Applied Genetics* 88:754-758.
3. Bolat, N., F. Altay, B. Süzen, and M. Keser, 1996. The Effect of Soil-Borne *Wheat Mosaic Virus* on yield and Components of Wheat. *5th International Wheat Con. Abst. June 10-14, Ankara.177 p.*
4. Bora, T., ve İ. Karaca, 1972. Bitkilerde Hastalığa Dayanıklılığın Ana Yolları. *E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 203, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.30 s.*
5. Comeau, A., K.M. Makkouk, F. Ahmad, and C.A. Pierre, 1994. Bread Wheat x Agrotriticum Crosses as a Source of Immunity and Resistance of the PAV Strain of *Barley yellow dwarf luteovirus*. *Agronomie 4:153-160.*
6. Ertunç, F., ve D. İlhan, 1997. Bitki Virüs Hastalıklarına Dayanıklılığın Genetiksel Yönleri. *Yankı Matbaacılık, Ankara. 23 s.*
7. Flor, H.H., 1971. Current Status of the Gene-for-Gene Concept. *Ann. Rev. Plant Phytopathology 9: 275- 296.*

8. Fraser, R., 1990. The Genetics of Resistance to Plant Viruses. *Ann. Rev. Plant Pathology* 28: 179-200.
9. Götz, R., B. Foroughi-wehr, R. Kaiser, and W. Friedt, 1991. Genetics of and Breeding for Resistance to BaYMV. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 26: 111-116.
10. Kaiser, R., R. Götz, and W. Friedt, 1991. Inheritance of Resistance to *Barley yellow mosaic virus*. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 26: 105-110.
11. Kyle, M., M.H. Dickson, R. Providenti, and H.M. Munger, 1986. A Major Gene for Broad Spectrum Virus Resistance in *Phaseolus vulgaris* L.. *Hortscience* 21:1557.
12. Konishi, T. and S. Matsuura, 1987. Linkage Analysis of *Est4* Locus for Esterase Isozyme-4 in Barley. *BGN* 17:68-70.
13. Mathews, R.E.F., 1970. *Plant Virology*. Academic press, New York-London. 778p.
14. Ross, A.F., 1961. Systemic Acquired by Localized Virus Infections in Plants. *Virology* 14: 340-358.
15. Tör, M., 1998. Bitkilerde Moleküler Konukçu-Patojen İlişkilerindeki Son Gelişmeler. *Turkish J.of Biology* 22: 271-285.
16. Valkonen, J.P.T., 1994. Natural Genes and Mechanismus for Resistance to Viruses in Cultivated and Wild Potato Species (*Solanum* sp.). *Plant Breeding* 112: 1-16.