



Derleme

www.ziraat.selcuk.edu.tr/ojs
Selçuk Üniversitesi
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
24 (3): (2010) 101-108
ISSN:1309-0550



BİTKİ PATOJENİ FUNGUSLARDA FUNGİSİD DAYANIKLILIĞI

Serkan YEŞİL¹, Nuh BOYRAZ^{1,2}

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Konya/Türkiye
(Geliş Tarihi: 24.08.2009, Kabul Tarihi: 30.12.2009)

ÖZET

Kültür bitkilerinde fungal mikroorganizmalardan dolayı meydana gelen hastalıklarla mücadelede en etkili yol fungisid kullanımıdır. Bununla birlikte, çeşitli sebeplerden dolayı fungisid uygulaması sonucu hastalıkla mücadelede yeterince başarı sağlanamamaktadır. Bu sebeplerden en önemlisi fungal patojende, fungiside karşı dayanıklılık oluşmasıdır. Fungisid dayanıklılığı, patojen bir fungusun, bir fungiside stabil ve genetik olarak uyum sağlaması sonucu hassasiyetinin azalması olarak ifade edilmektedir. Dayanıklılık muhtemelen genetik mutasyonlar sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu genetik değişikliğin tipine göre fungisid dayanıklılığı farklılık gösterir. Bu derlemede, bitki patojeni funguslarda dayanıklılık tipleri, bunların nasıl gerçekleştikleri, dayanıklılık oluşumunda etkili olan faktörler ve dayanıklılık oluşturma risklerine göre fungisid grupları ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fungal patojenler, fungisidler, fungisid dayanıklılığı.

FUNGICIDE RESISTANCE IN PLANT PATHOGENIC FUNGI

ABSTRACT

The most effective method to control of diseases which caused by fungal microorganisms in plants is using of fungicide. However it couldn't be obtained adequately or it could be obtained no disease control with fungicides because of several causes. One of them is the development of resistance against the fungicide in a fungal pathogen. Fungicide resistance is described as the stable, inheritable adjustment by a fungus to a fungicide, resulting in a less than normal sensitivity to that fungicide. Most likely, resistance occurs a result of genetic mutations. According to type of these genetic mutations, resistance shows differences. This paper aims at giving types of resistance and how does develops resistance, the factors which are effective in development of resistance and according to risk of resistance development of fungicides groups with fungal pathogens.

Key Words: Fungal pathogens, fungicides, fungicide resistance.

GİRİŞ

Bitkilerde hastalık yapan patojenler arasında funguslar önemli bir yere sahiptirler. Önemli bitki hastalıklarının yaklaşık olarak % 70'i fungal organizmalar tarafından meydana getirilmektedir (Deacon, 1997). Kültür bitkilerinde fungal organizmaların meydana getirdiği hastalıklarla mücadelede en etkin yol fungisid kullanımıdır.

Hastalıklarla kimyasal mücadelede en önemli problemlerden birisi, bitki patojeni fungus popülasyonlarında fungisidlere karşı dayanıklılık oluşumudur. Hastalıklarla mücadelede fungisid kullanımını gelecekte de önemli bir rol oynamaya devam edecek olmasından dolayı etkili fungisidlerin etkilerini yitirmemeleri için dayanıklılık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi gerekli olacaktır (Anonymous, 2009b).

Fungisid dayanıklılığı açıkça bir problem olarak 1970'lerin başında, sistemik bir fungisid olan benomyl'in ruhsatlandırılması ve geniş alanlarda kullanılması ile ortaya çıkmıştır (Delph, 1980). Benomyl'in sistemik etkiye sahip olması, bitkileri hastalıktan korumasının yanında enfeksiyonun erken dönemlerinde uygulandığında da hastalığı kontrol etmesinden dolayı üreticilerin büyük ilgisini çekmiş

ve yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Bununla birlikte, birkaç yıl yoğun olarak kullanıldığı alanlarda şeker pancarı küllemesi (*Erysiphe betae*), yerbıstığı yaprak lekesi (*Cercospora arachidicola*), elma kara lekesi (*Venturia inaequalis*) ve çimenlerde dolar lekesi (*Sclerotinia homoeocarpa*) gibi hastalıklara neden olan patojenlerde benomyl'e karşı dayanıklılık sorunları ortaya çıkmıştır (Anonymous, 2009a).

Ülkemizde fungisidlere karşı duyarlılık azalışı konusunda ilk çalışma 1979'da yapılmıştır (Nemli, 1979). Günümüze kadar yapılan çalışmalar genelde, kurşuni küf hastalığı etmeni *Botrytis cinerea*'da yoğunlaşmıştır. Kültür bitkisi olarak bakıldığında ise, en fazla çalışma sebzelerde yürütülmüştür. Yapılan bu çalışmalara göre, *B. cinerea* izolatlarının sera sebzelerinde benomyl'e (Delen ve Yıldız, 1981: Delen ve ark., 1984); bağda carbendazim'e (Yıldız, 1999); domateste ipradion'a ve pyrimethanil'e (Delen ve ark., 2004; Koplay, 2004) dayanıklı olduğu ortaya konulmuştur (Delen ve ark., 2005).

Botrytis cinerea dışındaki çalışmalar ise, domateslerde *Alternaria solani*, bağlarda *Uncinula necator*, turunçgillerde depo çürüklüklerine yol açan *Penicillium* spp., sert çekirdekli meyvelerde *Sclerotinia* spp., karanfillerde *Rhizoctonia solani* ve ayçiçeği mildiyösü etmeni *Plasmopara helianthi* üze-

²Sorumlu Yazar: nboyraz@selcuk.edu.tr

rinde yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmalara göre, patojenlere ait izolatların, söz konusu hastalık etmenlerine ruhsatlandırılmış önemli fungusidlere karşı duyarlılıklarının azalma eğiliminde ya da önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır (Arı ve Delen, 1988; Benlioğlu, 1991; Delen ve ark., 1985, 1991, 1994; Demir, 1991; Özbek, 1993; Tosun ve Delen, 1986).

Turunçgillerde depo çürüklüklerine yol açan *Penicillium* spp. izolatları 1986 yılında imazalil'e son derece duyarlı iken (Tosun ve Delen, 1986), 1993 yılında imazalil'e duyarlılıklarında bir azalma saptanmış (Özbek, 1993), 2004'te yapılan son araştırmada ise söz konusu patojene ait izolatların büyük bir bölümünün imazalil'e duyarlılığı önemli düzeyde azalmıştır (Kımay ve ark., 2004). Yine aynı çalışmaya göre, ülkemizde ruhsatlı olmamasına rağmen turunçgil paketleme evlerinde kullanılan guazitine'e de *Penicillium* spp. izolatlarının belli bir bölümü duyarlı bulunmamıştır (Delen ve ark., 2005).

FUNGİSİD DAYANIKLILIĞININ TANIMI VE DAYANIKLILIK TİPLERİ

Dünya'da 135'ten fazla etkili maddeye karşı patojen populasyonlarının dayanıklı olduğu bildirilmektedir (Anonymous, 2009b). Bazı önemli örnekler, Tablo 1'de verilmiştir. Bununla birlikte, bir hastalığa karşı fungusid uygulamasının başarısızlığı, tamamen fungusid dayanıklılığı ile açıklanamaz. Yetersiz veya yanlış zamanda uygulama, preparatın son kullanma tarihinin geçmesi, uygulama aletinin kalibrasyonunun uygun olmaması, uygulayıcı hataları, aşırı rüzgar, yağmur tarafından yıkanma, etmenin yanlış teşhis edilmesi, çeşitli sebeplerle bitki örtüsünde yeterli ve homojen kaplamanın sağlanamaması veya hastalık baskısının çok yüksek olması gibi faktörler uygulamanın başarısızlığından sorumlu olabilirler (Anonymous, 2009 b;c).

Öncelikle fungusid dayanıklılığının, hastalığa sebep olan fungal organizmada meydana gelen bir değişiklik sonucu ortaya çıktığının anlaşılması gerekir. Kısaca fungusid dayanıklılığı, patojen bir fungusun bir funguside stabil ve genetik olarak uyum sağlaması sonucu hassasiyetinin azalması olarak tarif edilebilir (Dekker, 1995). Dayanıklılık muhtemelen genetik mutasyonlar sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durum patojenlere fungusid etkisinden korunabilme yeteneğini verir. Böyle mutasyonlar patojenlere doğal koşullar altında canlılıklarını sürdürürebilme yeteneğini veremeyebilir fakat fungusid uygulaması ile oluşan selektif baskı altında yaşayabilmesine izin verir. Patojen populasyonunun küçük ve sabit bir kısmının bir funguside karşı dayanıklılığa sebep olan bir mutasyon geçirmesi durumunda aynı fungusidin yoğun ve sürekli olarak kullanılması ile popülasyondaki hassas bireylerin öldürüldüğü ve böylece mutasyona uğramış dayanıklı bireylerin yaşamlarını sürdürmelerine izin verilerek popülasyonda baskın duruma geldikleri düşünülmektedir (Anonymous, 2009 b;c).

DAYANIKLILIK TİPLERİ

Bazı fungusidlerin, patojen funguslara karşı etkilerinin tamamen kaybolması şeklinde oluşan dayanıklılık, tek bir genin modifikasyonu (monogenic) ile ortaya çıkmaktadır. Bu tip dayanıklılığa "**Kalitatif dayanıklılık**" ismi verilir. Bu tip fungusidler genellikle "**Tek yer engelleyici fungusidler**" veya "**Modern fungusidler**" olarak bilinirler. Çünkü bunlar patojende bir tek metabolik olayı etkilerler. Bu durumda dayanıklılık oluşumu için patojen popülasyonunda sadece bir gende mutasyon oluşması gereklidir. Fungusidlere karşı oluşan bu tip dayanıklılık çok hızlı gelişebilir.

Çok genle idare edilen (Polygenic) dayanıklılıkta popülasyonda hassasiyet yönünden devam eden bir varyasyon vardır. Dayanıklılık bir çok genin modifikasyonu sonucu ortaya çıkar ve bu da oldukça uzun bir zaman alır. Burada uygulama dozunun ve uygulama sıklığının artırılması önceleri etkiyi artırır, fakat bu durumun belli bir süre devam etmesi ile etki zamanla azalır ve sonuçta etki tamamen kaybolur. Bu tip dayanıklılığa "**Kantitatif dayanıklılık**" ismi verilmektedir. Bu tip dayanıklılığın görüldüğü fungusidler patojende birden fazla sayıda metabolik bölgeyi etkilediklerinden "**Çok yer engelleyici fungusidler**" veya "**Klasik fungusidler**" olarak bilinmektedirler. Bu durumda, bu tip dayanıklılığın gelişebilmesi için birçok mutasyonun aynı anda oluşması gerekmektedir. Bu sebeple, klasik fungusidlerin dayanıklılık riskleri oldukça düşüktür. Örneğin klasik fungusidlerden olan ve 1940'lı yıllardan beri kullanılan Ethylenebisdithiocarbamate (EBDC)'li fungusidlere karşı günümüze kadar dayanıklılık durumu ortaya çıkmamıştır (Anonymous, 2009b).

Aynı gruptaki farklı fungusidlerin etki mekanizmaları benzer veya aynı olabilir. Bir gruptaki bir funguside karşı dayanıklılık kazanan herhangi bir patojen fungus aynı grup içindeki diğer fungusidlere de hemen hemen dayanıklı olabilir. Yani fungusta, bir kimyasala karşı dayanıklılık oluşurken aynı yerdeki mutasyon sonucu diğer bir kimyasala karşı da dayanıklılık oluşması söz konusu olabilir. Bu durumda **Pozitif ilişkili çapraz dayanıklılıktan** söz edilir. Çapraz dayanıklılık sorunu, dayanıklılık yönetimi esnekliğini sınırlandıracak bir durum ortaya çıkarır. Bir funguside karşı dayanıklılık geliştiğinde aynı gruptaki diğer fungusidlerin daha az etkili veya kullanışsız hale gelmesi muhtemeldir. Pozitif ilişkili çapraz dayanıklılığa Phenylamide, Hydroxy-pyrimidine; Methyl Benzimidazole Carbamate (MBC), Kinon Dış Engelleyicileri (QoI), Dicarboximide, Aromatik Hidrokarbonlar, Demetilasyon Engelleyicileri (DMI) ve Morpholine (Amine'ler) grubu etkili maddelerine karşı görülen dayanıklılık örnek verilebilir (Anonymous, 2009a;c).

Tablo 1. Fungisidlere Dayanıklılık Kazanmış Bazı Fungal Patojenler (Anonymous, 2009e).

Fungisid - Grup İsmi	Dayanıklılık Kazanmış Patojen	Hastalık	Bitki
Benzimidazole	<i>Oculimacula (Tapesia) yallundae</i> , <i>O. (Tapesia) acuformis</i>	Göz lekesi hastalığı	Buğday, Arpa
	<i>Septoria tritici</i>	Yaprak lekesi hastalığı	Buğday
	<i>Microdochium nivale</i>	Kahverengi sap çürüklüğü	Buğday
	<i>Rhynchosporium secalis</i>	Rhynchosporium yaprak leke hastalığı	Arpa
	<i>Helminthosporium solani</i>	Gümüşi leke hastalığı	Patates
	<i>Polyscytalum pustulans</i>	Kuru çürüklük hastalığı	Patates
	<i>Fusarium sulphureum</i> , <i>F. culmorum</i>	Kuru çürüklük hastalığı	Patates
	<i>Botrytis fabae</i>	Çikolata lekesi	Fasulye
	<i>Botrytis cinerea</i>	Kurşuni küf, Meyve ve soğan çürüklüğü	Fasulye, Bezelye, Elma, Armut, Çilek, Nergiz
	<i>Pyrenopezizae brassicae</i>	Açık yaprak lekesi	Kolza
	<i>Venturia inaequalis</i>	Karaleke	Elma
	<i>Gloeosporium</i> spp.	Meyve çürüklüğü	Elma
	<i>Penicillium expansum</i>	Meyve çürüklüğü	Elma
	<i>Verticillium fungicola</i>	Kuru kabarcık hastalığı	Kültür mantarı
	<i>Mycosphaerella brassicola</i>	Halka leke hastalığı	Lahanagiller
	<i>Cladobotryum dendroides</i> , <i>C. mycopilum</i> tip 2	Örümcek ağı hastalığı	Kültür mantarı
	<i>Fusarium culmorum</i>	Soğan çürüklüğü	Karanfil (pembe)
	<i>Didymella lycopersici</i>	Gövde çürüklüğü	Domates
	<i>Verticillium tricorpus</i>	Solgunluk	Domates
	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Külleme	Hıyar
<i>Penicillium oxalicum</i>	Gövde çürüklüğü	Hıyar	
<i>Didymella bryoniae</i>	Siyah sap çürüklüğü	Hıyar	
<i>Botrytis elliptica</i>	Yaprak çürüklüğü	Zambak	
<i>Phoma clematidina</i>	Solgunluk	Clematis	
<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>narcissi</i>	Taban çürüklüğü	Nergiz	
<i>Penicillium</i> spp.	Soğan çürüklüğü	Nergiz	
<i>Microdochium nivale</i>	Fusarium lekesi	Çimen	
<i>Septoria apiicola</i>	Yaprak lekesi	Kereviz	
QoI (Quinone-ou- side Inhibitors, Kinon dış engelleyicileri)	<i>Septoria tritici</i>	Yaprak lekesi hastalığı	Buğday
	<i>Erysiphe graminis</i>	Külleme hastalığı	Buğday, Arpa
	<i>Pyrenophora teres</i>	Ağlekese hastalığı	Arpa
	<i>Puccinia horiana</i>	Beyaz pas	Krizantem
DMI (Demethylation Inhibitors, Demetilasyon engel- leyicileri)	<i>Septoria tritici</i>	Yaprak lekesi hastalığı	Buğday
	<i>Erysiphe graminis</i>	Külleme hastalığı	Buğday, Arpa
	<i>Rhynchosporium secalis</i>	Rhynchosporium yaprak leke hastalığı	Arpa
	<i>Venturia inaequalis</i>	Karaleke	Elma
Morpholine	<i>Puccinia horiana</i>	Beyaz pas	Krizantem
	<i>Erysiphe graminis</i>	Külleme hastalığı	Buğday, Arpa
Carboximide	<i>Puccinia horiana</i>	Beyaz pas	Krizantem
	<i>Ustilago nuda</i>	Açık rastık hastalığı	Arpa
Phenylamide	<i>Phytophthora infestans</i>	Geç yanıklık hastalığı	Patates
	<i>Peronospora parasitica</i>	Mildiyö	Lahanagiller
	<i>Phytophthora porri</i>	Beyaz uç hastalığı	Pırasa
	<i>Bremia lactucae</i>	Mildiyö	Marul (açık alan ve sera)
	<i>Pythium</i> spp. <i>Peronospora viciae</i>	Kök çürüklüğü, çökerten Mildiyö	Su teresi, sakı bitkileri Fasulye
Dicarboximide	<i>Botrytis fabae</i>	Çikolata lekesi	Fasulye
	<i>Botrytis cinerea</i>	Kurşuni küf, Meyve çürüklüğü	Fasulye, Bezelye, Elma, Armut
	<i>Alternaria linicola</i>	Fide yanıklığı	Keten
	<i>Didymella lycopersici</i>	Gövde çürüklüğü	Domates
	<i>Didymella bryoniae</i>	Siyah sap çürüklüğü	Hıyar
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Taban çürüklüğü	Marul (sera)
<i>Phoma exigua</i> var. <i>exigua</i>	Yaprak çürüklüğü	Marul (sera)	
Dodine	<i>Venturia inaequalis</i>	Karaleke	Elma
Metalaxyl	<i>Phytophthora syringae</i>	Meyve çürüklüğü	Elma
Prochloraz	<i>Verticillium fungicola</i>	Kuru kabarcık hastalığı	Kültür mantarı
	<i>Cladobotryum dendroides</i> , <i>C. mycopilum</i> tip 2	Örümcek ağı hastalığı	Kültür mantarı
Carbamate	<i>Pythium</i> spp.	Kök çürüklüğü, çökerten	Yastık ve sakı bitkileri
Fenarimol	<i>Erysiphe</i> sp.	Külleme	Domates
	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Külleme	Hıyar
Bakır	<i>Septocya ruborum</i>	Mor leke	Böğürtlen
Dichlofluamid	<i>Botrytis cinerea</i>	Kurşuni küf	Domates
Bupirimate, imazalil	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Külleme	Hıyar
Quintozene, tolclofos- methyl.	<i>Rhizoctonia solani</i>	Taban çürüklüğü	Marul (sera)

Bununla birlikte, fungal organizmada oluşan bir mutasyon sonucu bir kimyasal maddeye karşı dayanıklılık meydana gelirken aynı mutasyon sonucu o organizmanın mutant olmayan tipine oranla başka bir kimyasal maddeye karşı daha fazla duyarlı hale gelmesi **Negatif ilişkili çapraz dayanıklılık** olarak tanımlanır. Buna örnek olarak ta *Penicillium expansum* ve *Botrytis cinerea*'da MBC grubu fungusidlere karşı dayanıklılık gelişirken, Nitro-Phenylcarbamate grubu fungusidlere karşı duyarlılık artışı veya bunun tam tersi verilebilir. Yine *Aspergillus nidulans* ve *A. niger* thiabendazole dayanıklı iken, bu izolatlar benomyl ve carbendazime yabancı tiplerine oranla daha duyarlı bulunmuşlar (Anonymous, 2009a;c).

Patojen popülasyonlarının birden fazla kimyasal gruplarda bulunan fungusidlere dayanıklılık kazanmaları durumunda da **Çoklu (Multiple) dayanıklılıktan** söz edilir. Farklı kimyasal gruplarındaki riskli fungusidlerin dayanıklılık yönetimi prensipleri göz önüne alınmadan yoğun olarak kullanılması sonucunda çoklu (multiple) dayanıklılık ortaya çıkar. Örneğin, hıyar küllemesi izolatlarının QoI, Benzimidazoller ve DMI'nin de içinde bulunduğu dört fungusid grubuna karşı, Japonya'da bu fungusidlerin sadece iki yıl yoğun kullanılmalarının ardından dayanıklılık geliştirdikleri saptanmıştır. Yine şekerpancarında *Cercospora beticola* Red River Valley (Kuzey Amerika)'de en az iki farklı gruba ait fungusidlere karşı dayanıklılık geliştirmiştir. Benzimidazole ve Strobilurinlere karşı dayanıklılık gelişimi kolay olduğundan aynı patojende bu iki gruptan fungusidlere dayanıklılık oluşma riski yüksektir (Anonymous, 2009 b; c).

DAYANIKLILIK RİSKİNİN SAPTANMASI

Bir fungusidin dayanıklılık tehdidi altında olup olmadığını ortaya koyabilmek için, tarlada hastalık kontrolünün kaybedilmesiyle birlikte laboratuvar koşullarında bunun ortaya konulması gerekir. Birçok durumda tarladaki etki azalışı açık değildir ve hastalık kontrolünün kaybedilmesi ile laboratuvar dayanıklılığı arasındaki ilişkiyi göstermekte zorluk olabilir. Laboratuvarda yapılan dayanıklılık çalışmalarının pek çoğunda pratik bir yöntem olan petriyelerdeki besiyerlerinde gerçekleştirilir. Bu çalışmalar patojenin izole edilmesi ve fungusid varlığında gelişme gösterip göstermediğinin ortaya konulması şeklinde gerçekleştirilir. Bu tür çalışmalar genellikle besiyerinde tek spor kültürünün elde edilmesi ile yapılır. Tek spor izolatlarından yetişen fungal koloniler popülasyonun genetik ünitelerini bireysel olarak temsil ederler. Genellikle izolat ve strain kelimelerinin sinonim olarak kullanılmasına karşın, benzer dayanıklılık düzeylerine sahip izolatlara strain ismi de verilmektedir (Anonymous, 2009c).

Bir izolata gelişimini, fungusid uygulanmamış aynı izolata göre % 50 oranında engelleyen fungusid konsantrasyonuna **EC₅₀ (50% effective concentration-etkili konsantrasyon)** veya **ED₅₀ (50% effective dose-etkili doz)** ismi verilir. EC₅₀

farklı izolatların, fungusid konsantrasyonuna olan tepkilerinin mukayesesinin bir ifadesidir. Fungusid konsantrasyonu mg/litre veya ppm (milyonda bir) olarak ifade edilir ve konsantrasyon etkili madde olarak verilir.

Bir izolat için saptanan etkili konsantrasyon (EC₅₀), normalde onun gelişimini engelleyen konsantrasyondan birkaç kat daha fazla olduğu zaman dayanıklılık meydana gelmiş demektir. Normali ortaya koyabilmek için **temel hassasiyet** veya fungusid tarafından kontrol edilen izolatların EC₅₀ değerinin bilinmesi gereklidir. Temel hassasiyet değeri en iyi olarak bölgede fungusidin daha önce hiç kullanılmadığı alanlardan alınan izolatlardan elde edilir. Bu aynı zamanda **yabancı tip hassasiyeti** olarak ifade edilir. Bölgede fungusidin kullanılmasından sonra güvenli bir vahşi tip hassasiyet değerinin ortaya konması mümkün olmadığı için, temel hassasiyet değeri, sıkça belirli bir fungusidin kullanım geçmişinin bilinmediği yerlerden alınan izolatlar kullanılarak değerlendirilir (Anonymous, 2009c).

Dayanıklılık Riskinin Saptanmasında Dikkat Edilmesi Gereken Konular

1. Dayanıklı İzolatların Doğaya Uyumu,
2. Fungusid Kullanım Şekli,
3. Patojen Biyolojisi,
4. Bitkisel Üretim Yöntemleri,
5. Fungusid Grupları ve Etki Mekanizmaları.

1. Dayanıklı İzolatların Doğaya Uyumu

Başlıktaki "doğaya uyum" kelimeleri, fungal mikroorganizmanın doğada yaşamını devam ettirebilmesi, doğa koşullarına uyum sağlayabilmesi anlamını ifade etmektedir. Yani herhangi bir funguside dayanıklı izolatların, o fungusidin kullanılmaması durumunda da hassas izolatlar gibi yaşamlarını sürdürebilmeleridir. Örneğin, Güney Amerika'da yerfistığında erken yaprak lekesi hastalığına sebep olan *Cercospora arachidicola*'nın 15 yıl önce benomyle karşı oluşturduğu dayanıklı izolatlar hala varlığını devam ettirdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple dayanıklı izolatların yüksek düzeyde uyum sağladığı bölgelerde dayanıklılık sorunu olan fungusidlerin tekrar kullanımı başarılı olamaz (Anonymous, 2009a).

2. Fungusid Kullanım Şekli

Riskli fungusidlerin yoğun ve aşırı kullanımı dayanıklılık riskini artırır. Birçok yaprak hastalığında olduğu gibi bazı hastalıkların mücadelesinde başarı sağlayabilmek için fungusid uygulamasının tekrarlanması gerekmektedir. Bu durum da seleksiyon baskısını artırmaktadır. Buna karşın, toprak kaynaklı hastalıklarla mücadelede durum oldukça farklıdır. Bu hastalıkların mücadelesinde riskli fungusidlerin tohuma uygulanmaları ile sadece bir uygulama yapıldığından seleksiyon baskısı ve dayanıklılık riski düşüktür. Uygulama

dozu ve metodu da dayanıklılık gelişimi üzerinde etkili olmaktadır.

Uygulamada yeterli kaplamanın sağlanamaması mücadelenin başarı şansını azaltır. Aynı zamanda daha yoğun bir uygulama yapılması fungus popülasyonundaki daha fazla sayıdaki bireyin fungusla muamele edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarır. Yeterli uygulama dozunun uygulanması ile fungusun çoğalması baskılanarak hastalık kontrolü sağlanmış olur. Böylece seleksiyon baskısı da azalır. Benzer olarak koruyucu bir ilaçlama programının uygulanması kuratif (tedavi edici) bir programdan daha az risklidir. Çünkü seleksiyon baskısı daha az miktardaki bireyi etkiler. Sonuç olarak ihtiyacın dışındaki aşırı uygulama yapılması seleksiyon baskısında artışa sebep olur (Anonymous, 2009a).

3. Patojen Biyolojisi

Funguslar, yüksek oranda yeniden üreme gücüne sahip olduklarından fungusidlere karşı dayanıklılık geliştirmeye çok yatkındırlar. Çünkü, funguslar çok sayıda spor oluştururlar, çok sayıda birey ilaçla muamele edilir, seleksiyon baskısıyla karşılaşır ve fungusid hassasiyetinin azalmasına sebep olacak mutasyonların oluşma olasılıkları oldukça yükselir. Yaprak hastalıkları her bir yaprak lekesinde binlerce spor oluştururlar. Buna ilaveten, bu hastalıklar tipik olarak bir sezon içinde birkaç kez yaşam çemberlerini tamamlarlar. Seleksiyon baskısı altında, birkaç nesil sonra dayanıklı birey miktarı popülasyonda baskın hale gelebilecek şekilde hızla artabilir.

Tablo 2. Dayanıklılık Riski Taşıyan Bazı Fitopatojen *Funguslar* (Anonymous, 2009d;e).

Dayanıklılık Oluşma Riski	Patojen	Hastalık	Konukçu
Yüksek	<i>Botrytis cinerea</i>	Kurşuni küf	Çeşitli, özellikle bağ.
	<i>Erysiphe (Blumeria) graminis</i>	Külleleme	Buğday/arpa.
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Siyah sigatoka hastalığı.	Muz
	<i>Penicillium</i> spp.	Hasat sonrası çürüklük	Narenciye ve çeşitli ürünlerde.
	<i>Phytophthora infestans</i> (hedef RNA polimeraz)	Geç yanıklık, yalancı mildiyö	Domates ve patates.
	<i>Plasmopara viticola</i>	Külleleme	Bağ
	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Külleleme	Kabakgiller ve çeşitli bitkilerde.
	<i>Pyricularia</i> spp.	Yaprak leke hastalığı	Çeltik, çim.
	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Külleleme	Kabakgiller ve çeşitli bitkilerde.
	<i>Venturia</i> spp.	Uyuz, karaleke	Elma, armut.
Orta	<i>Bremia lactucae</i>	Marul mildiyöcü	Marul
	<i>Cercospora</i> spp.	Yaprak leke hastalığı.	Şeker pancarı, yer fıstığı ve çeşitli bitkilerde.
	<i>Gibberella fujikuroi</i>	Bakanae hastalığı.	Çeltik
	<i>Monilinia</i> spp.	Monilya hastalığı	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Mycosphaerella graminicola</i> (<i>Septoria tritici</i>)	Yaprak leke hastalığı	Buğday
	<i>Mycosphaerella musicola</i>	Sarı sigatoka hastalığı.	Muz
	<i>Peronospora</i> spp.	Mildiyö.	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Phytophthora infestans</i> (Hedef RNA polimeraz dışında)	Geç yanıklık, yalancı mildiyö.	Patates/domates.
	<i>Pyrenophora teres</i>	Ağbeneklilik hastalığı.	Arpa
	<i>Rhynchosporium secalis</i>	Yaprak leke/yanıklık hastalığı.	Arpa
<i>Sclerotinia</i> spp.	Sclerotinia hastalıkları, dolar lekesi	Çeşitli bitkilerde (çim, kolza).	
<i>Tapesia</i> spp.	Gözlekesi	Buğday/arpa.	
Düşük	<i>Alternaria</i> spp.	Yaprak leke hastalığı.	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Colletotrichum</i> spp.	Antraknoz	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Fusarium</i> spp ve akraba türler.	Fusarium solgunluğu	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Hemileia vastatrix</i>	Pas hastalığı.	Kahve.
	<i>Leptosphaera nodorum</i>	Yaprak leke hastalığı.	Buğday
	<i>Phytophthora</i> spp.(Çökerten hastalığı.	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Podosphaera leucotricha</i>	Külleleme hastalığı.	Elma.
	<i>Puccinia</i> spp. ve akraba pas türleri	Pas hastalığı.	Buğday/arpa ve çeşitli bitkilerde.
	<i>Pythium</i> spp.	Çökerten hastalığı.	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Rhizoctonia</i> spp.	Kök çürüklüğü.	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Sclerotium</i> spp.	Yanıklık.	Çeşitli bitkilerde.
	<i>Tilletia</i> spp.	Sürme hastalığı.	Hububatta.
<i>Ustilago</i> spp.	Rastık hastalığı	Hububatta.	

Fungal patojenlerin biyolojik özelliklerine göre fungusidlere karşı dayanıklılık oluşturma riskleri; yüksek, orta ve düşük riskli olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*), *Erysiphe (Blumeria) graminis*, *Mycosphaerella*

fijiensis, *Penicillium* spp. gibi funguslar fungusidlere karşı yüksek derecede dayanıklılık oluşturma riskine sahiptirler. Bu gruplara ait örnekler Tablo 2'de verilmiştir (Anonymous, 2009d;e).

4. Bitkisel Üretim Yöntemleri

Patojenler hassas çeşitlerde dayanıklı çeşitlere göre daha yüksek oranlarda çoğalabilirler. Üretimde, dayanıklı çeşitlerin kullanılması ile daha az ilaçlamaya gerek duyulacağından seleksiyon baskısı da düşürülebilir.

Aşırı ve sık sulama da, hastalık yayılımını sağlaması, yaprak ıslaklığı ve toprak neminin yüksek olmasına sebep olması ile hastalık zararını artırabilir.

Arazide sürekli üretimin yapılması ve sanitasyon işlemlerine önem verilmemesi de erken sezon hastalıkları gelişimini teşvik eder.

Seralar gibi kapalı üretim sistemlerinde sık üretim yapılması nedeniyle hastalık gelişimi, yayılımı ve

yüksek oranda seleksiyon baskısının ortaya çıkışı söz konusudur (Anonymous, 2007a).

5. Fungisid Grupları ve Etki Mekanizmaları

Fungisidler genellikle kimyasal yapılarının ve etki mekanizmalarının benzerliğine göre gruplandırılırlar (Anonymous, 2009a). Değişik fungisid gruplarının dayanıklılık risklerine ait bilgiler Tablo 3’de verilmiştir.

Fungisid Dayanıklılığı Yönetimi Prensipleri

Fungal patojenlerde, dayanıklı popülasyonların gelişiminin geciktirilmesi veya engellenmesi için bir idare programının uygulanması esastır. Dayanıklılık geliştikten sonra bir idare programının uygulanması etkili olmayabilir. Aşağıda ifade edilen, bu prensiplerin tamamı her zaman için uygulanabilir değildir. Fakat birçoğu kullanılabilir.

Tablo 3. Farklı Fungisid Gruplarının Özellikleri ve Dayanıklılık Riskleri (Anonymous, 2009a).

Grup	Etkili Madde	Etki	Kullanım	Dayanıklılık Riski	Çapraz Dayanıklılık
Aromatik Hidrokarbonlar	Chloroneb	K	Tk.,Tu.	Düşük	Var
	Dichloran	K	Tk., Tu., Hs.	Orta	Var
	Etridiazole	K	Tk.	Düşük	Var
	PCNB	K	Tk., Tu.	Düşük	Var
Benzimidazole’ler	Benomyl	S	Y.,Tk.,Tu.,Hs.	Yüksek	Var
	Thiabendazole	S	Y., Tk.	Yüksek	Var
	Thiophanate methyl	S	Y., Tk., Tu	Yüksek	Var
Carboximide’ler	Carboxin	S	Tu	Düşük	Yok
	Flutolanil	S	Tk.	Düşük	Yok
Dicarboximide’ler	İprodione	K	Y., Tk.	Orta	Var
	Vinclozolin	K	Y., Tk.	Orta	Var
Dithiocarbamate’lar	Maneb	K	Y	Yok	Yok
	Mancozeb	K	Y., Tk.	Yok	Yok
	Metiram	K	Y	Yok	Yok
İnorganikler	Bakır hidroksit	K	Y	Yok	Yok
	Bakır sülfat	K	Y	Yok	Yok
	Kükürt	K	Y	Yok	Yok
Phenylamide’ler	Metalaxyl	S	Y.,Tk.,Tu	Yüksek	Var
	Oxadixyl	S	Tu	Düşük	Var
Sterol Engelleyicileri	Cyproconazole	S	Y.,Tk.	Orta	Var
	Difenconazole	S	Tu	Düşük	Var
	Fenarimol	S	Y.,Tk.	Orta	Var
	Fenbuconazole	S	Y	Orta	Var
	İmazalil	S	Tu.	Düşük	Var
	Myclobutanil	S	Y	Orta	Var
	Propiconazole	S	Y.,Tk.	Orta	Var
	Tebuconazole	S	Y.,Tk.	Orta	Var
	Triadimefon	S	Y	Orta	Var
	Triadimenol	S	Tu	Düşük	Var
	Triforine	S	Y	Orta	Var
Diğerleri	Captan	K	Y.,Tk.	Yok	---
	Chlorothalonil	K	Y., Tk.	Yok	---
	Dodine	K	Y	Orta	---
	Fentin hidroksit	K	Y	Düşük	---
	Fosetyl-AL	S	Y.,Tk.	Düşük	---
	Propamocarb	S	Tk.,Y.,Tu.	Düşük	---

K: Koruyucu, S: Sistemik, Tk.:Toprak kaynaklı hastalıklar, Y.:Yaprak hastalıkları., Tu.:Tohum uygulamaları., Hs.:Hasat sonrası uygulamaları.

Bu prensiplerin en önemlisi, riskli fungisidlerin farklı etki mekanizmalarına sahip fungisidlerle birlikte

dönüşümlü olarak kullanılması ve dayanıklılık riski düşük fungisidlerle birlikte veya dönüşümlü olarak

kullanılmasıdır. Riskli fungusidler, üretici firmanın tavsiye ettiği dozda ve uygulama aralığı dikkate alınarak kullanılmalıdır. Tavsiye edilen dozun kullanımı ile, dayanıklılık polygenik (kantitatif) olduğu zaman orta düzeyde hassasiyete sahip strainlerin seleksiyonu en aza indirilebilir. Ancak, firmalar yeni bir fungusidi ruhsatlandırırken uygun kontrolü sağlayan en düşük doz seçerler. Etkili en düşük dozun kullanımı, orta derece dayanıklı strainlerin yaşamlarını devam ettirmelerine izin verebilir.

Riskli fungusidler, sadece çok gerektiğinde, yani başka bir alternatif yoksa kullanılmalıdır. Bu tipteki fungusidler dayanıklılık yönetimi için en kritik kullanım zamanı patojen popülasyonunun düşük olduğu, epideminin yeni başladığı zamandır. Riskli fungusidler fungal patojen popülasyonu yoğunluğu yükseldikten sonra, tedavi edici olarak kullanılması dayanıklılık yönetimi için uygun değildir. Bu fungusidler tedavi edici olarak kullanıldığında çok sayıda patojen seleksiyon için uygun olur, yaşamını sürdürür ve orta derece dayanıklılık çok daha kolay ve hızlı bir şekilde gelişebilir.

Kullanılan fungusidler etkin mekanizmalarının anlaşılması çok önemlidir. Dayanıklılık gelişim riski ve bunun uzun süre stabil kalması en çok kantitatif dayanıklılığın görüldüğü benzimidazoller ve QoI'nde görülmektedir. Bazı durumlarda depo karışımı yapılması veya şekerpancarı küllemesinde olduğu gibi fungusidler dönüşümlü olarak kullanılması mümkün olmayabilir. İlaçlama aletinin deposuna riskli fungusidle birlikte kükürt karıştırılması, kükürde karşı dayanıklılık gelişimine rastlanmadığından bu hastalığa karşı iyi bir mücadele yapılmasını ve dayanıklılık gelişiminin önlenmesi sağlanabilir. Benzer durumlarda aşağıdaki dayanıklılık gelişimi yönetimi temel stratejileri uygulanabilir (Anonymous, 2009a;b;c).

- 1) Dayanıklılık yönetim programlarında amaç dayanıklı strain oluşumunu geciktirmek veya engellemektir. Dayanıklılık geliştikten sonra dayanıklılık yönetimi, oluşmadan önceki önleme çalışmalarından daha zordur.
- 2) Dayanıklılık riski bulunan fungusidler yardımcı bir fungusidle karıştırılarak uygulanmalıdır, bu funguside karşı çapraz dayanıklılık bulunmalıdır. Örneğin Ethylenebisdithiocarbamate (EBDC)'li fungusidler gibi çok yer engelleyici bir fungusid kullanılabilir.
- 3) Farklı etki mekanizmalarına sahip fungusidler dönüşümlü olarak kullanılmalıdır.
- 4) Riskli fungusidler bir sezon içinde sadece birkaç kez uygulanması dayanıklılık gelişimini en iyi şekilde sınırlandırabilir.
- 5) Çok yönlü dayanıklılık gelişim olasılığını azaltmak için aynı üretim sezonunda benzimidazoller ve QoI kullanımlarından kaçınılmalıdır.
- 6) Riskli fungusidler popülasyonun düşük olduğu, epideminin başlangıcında kullanılmalıdır. Fungal patojen popülasyonunun yoğunlaşmasından

sonra tedavi edici olarak kullanımından kaçınılmalıdır.

7) Riskli fungusidler üretici firmanın tavsiye ettiği uygulama dozu ve uygulama aralığı dikkate alınarak uygulanmalıdır. Düşük doz uygulandığında orta derece dayanıklı popülasyonlar ortaya çıkar.

8) Ertesi yıl da dönüşümlü uygulamaların sürdürülmesi faydalı olabilir.

SONUÇ

Fungusid dayanıklılığı, bitki hastalıklarıyla kimyasal mücadelenin başarısızlığının sebeplerinden birisidir. Dayanıklılık sadece fungusidin kullanılabilirliğini tehdit etmez, aynı zamanda yetersiz hastalık kontrolü sonucu oluşan ürün kaybı neticesinde ekonomik kayıplara da sebep olur. Düşük dayanıklılık riskine sahip, geniş etki spektrumlu eski fungusidler ruhsatlarını kaybederken bunların yerine konan yeni fungusidler pek çoğu daha seçici, tek yer engelleyici etki mekanizmasına sahip olmalarından dolayı, dayanıklılık oluşumuna daha yatkındırlar. Bu sebeple yeni fungusidler etkinliklerini sürdürmek ve korumak önemlidir. Riskli fungusidler kullanılabilirliğini muhafaza etmek için dayanıklılık yönetimi stratejileri için uzmanlarınca ele alınmalı ve üreticiler bu tavsiyelere uymalıdırlar. Fungusid grupları dayanıklılık risk düzeyi açısından farklıdır. Yeni geliştirilen fungusidler için risk tayini oldukça önemlidir. Bununla birlikte dayanıklılık riskinin tahmini, birçok faktöre bağlı olması nedeniyle oldukça güçtür. Dayanıklılıkla ilgili edinilen tecrübeler birçok problemin idare edilebileceğini gösterir. Dayanıklılık riski tayini ve idaresi ile ilgili uygulamaların değerlendirilmesi açısından patojendeki dayanıklılık düzeyinin gözlenmesi önemlidir. Maalesef düzenli bir gözlem çalışması yoktur ve üreticiler önceden ortaya konan dayanıklılık yönetimi metodlarına güvenmek zorundadırlar. Bunların içinde hastalık baskısını düşük düzeylerde tutmak için, kültürel işlemlerin ve uygulama programının kullanılarak, farklı gruplardan fungusidlerle depo karışımı yapılıp veya dönüşümlü olarak kullanmak gerekir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2009a. Fungicide Resistance Management. Oklohoma Cooperative Extension Service. <http://osuextra.com> veya <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2317/F-7663web.pdf>
- Anonymous, 2009b. Managing Fungicide Resistance. <http://www.uidaho.edu/sugarbeet/Managingfungresist.htm>
- Anonymous, 2009c. Understanding Fungicide Resistance. <http://www.hortnet.co.nz/publications/science/orch94.htm>
- Anonymous, 2009d. Pathogen Risk List. Fungicide Resistance Action Committee. <http://www.frac.info/>
- Anonymous, 2009e. Records of Fungicide Resistance in the UK. Fungicide Resistance Action Group. <http://www.pesticides.gov.uk/rags.asp?id=1693>

- Arı, M., N., Delen, 1988. Studies on the fungicide sensitivity of vine mildew (*Uncinula necator* (Schwrin) Burr.) in Aegean region of Turkey. *J. Turk. Phytopathol.*, 17:19-30.
- Benlioğlu, S., 1991. Domateslerde erken yanıklık hastalığı (*Alternaria solani*) ile kimyasal savaşım olanakları. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilimdalı. Doktora tezi, 119s.
- Deacon, J.W., 1997. Modern Mycology. Blackwell Scienc Ltd.
- Dekker, J., 1995. Development of resistance to modern fungicides and strategies for its avoidance. P.22-38 in: Modern Selective Fungicides. Properties, Applications, Mechanisms of Action, 2nd ed. Gustav Fischer Verlag Publ., New York.
- Delen, M. and M., Yıldız, 1981. Fungicide resistance in Turkey. *Neth. J. Pl. Path.*, 87:253.
- Delen., M., M., Yıldız and H. Manaite, 1984. Benzimidazole and dithiocarbamate resistance of *Botrytis cinerea* on greenhouse crops in Turkey. *Med. Fac. Landbauw. Rijksuniv. Gent*, 49/2:153-161.
- Delen, N., M., Yıldız and E., Onoğur, 1985. Sensitivity levels to metalaxyl in six *Plasmopora helianthi* Novat. Isolates. *J. Turkish Phytopath.*, 14:31-36.
- Delen, N., T., Özbek and İ. Yıldırım, 1991. Effectiveness of tolclofos methyl to *Rhizoctonia solani* isolates. *J. Turkish Phytopath.*, 20:113.
- Delen, N., T., Özbek and N., Tosun. 1994. Sensitivity in *Alternaria solani* isolates to EBI's. 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union. Sept., 18-24, 1994, Kuşadası, Aydın, 361-364.
- Delen, N., N., Tosun, Z., Yıldız and T. Momol, 1999. Variable responses of *Botrytis cinerea* isolates to captan, thiram and mancozeb in greenhouse crops. *Phytopathology*, 89:20.
- Delen, N., N., Tosun, E., Yılmaz and Z., Yıldız, 2000. Variation in the sensitivities of *Botrytis cinerea* isolates to some fungicides with non-specific mode of action. XIIth International Botrytis Symposium, July 3-7 2000, Universite'de Reims, France. P 64.
- Delen, N., C., Koplay, M., Yıldız, N., Güngör, P., Kınay, F., Yıldız and A., Coşkuntuna, 2004. Sensitivity in *Botrytis cinerea* isolates to some fungicides with spesific mode of action. XIII. Botrytis Symposium, 25-31 October 2004, Antalya. Abstracts, 131.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C. ve A., Burçak, 2005. Pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları. Türkiye Zir. Müh. VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara, s., 2-21.
- Delph, C.J., 1980. Coping with resistance to plant diseases control agents. *Plant Diseases*, 64:652-657.
- Demir, T., 1991. *Sclerotinia* spp., izolatlarının bazı fungusidlere duyarlılıkları üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilimdalı, Doktora tezi, 142 s.
- Kınay, P., M., Yıldız, N., Güngör ve F. Yıldız, 2004. Turunçgillerde meyve çürüklüklerine yol açan *Penicillium* spp. izolatlarına karşı fungusidlere duyarlılıkları konusunda çalışmalar. Türkiye I. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 8-10 Eylül 2004, Samsun, 183.
- Koplay, C., 2004. Sofralık sultani üzümde fungal kaynaklı çürüklük patojenlerinin saptanması ve in vitro koşullarda etkili fungusidlerle önlenmesi üzerinde incelemeler. E.Ü., Fen Bil. Enst. Bitki Koruma ABD, Yüksek Lisans Tezi, 107s.
- Nemli, T., 1979. Bazı fungusidlerin *Verticillium dahliae* Kleb. ve *Botrytis cinerea* Pers.'nin domates izolatlarına etkileri üzerinde araştırmalar. *E.Ü.Z.F. Dergisi*, 16/2:175-184.
- Özbek, T., 1993. turunçgil meyvelerinde *Penicillium* türlerinin oluşturduğu depo çürüklüklerine karşı kimyasal savaşım olanakları üzerinde araştırmalar. E.Ü. Fen Bil. Enst. Bitki Koruma ABD, Doktora tezi, 80 s.
- Tosun, N., N., Delen, 1986. Turunçgillerde meyve çürüklüğü etmeni *Penicillium* spp. izolatlarının bazı kimyasal maddelerle önlenmesi üzerinde çalışmalar. IV. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 8-11 Ekim 1986, İzmir.
- Yıldız, Z., 1999. Kurşuni küf etmeni *Botrytis cinerea* Pers. ile kimyasal savaşımında diethofencarb yoluyla benzimidazole grubu fungusidlere karşı dayanıklılığın kırılması olanakları üzerinde araştırmalar. E.Ü. Fen Bil. Enst. Bitki Koruma ABD, Yüksek lisans tezi, 43 s.