

Buğdayda *Fusarium culmorum*'a Ruhsatlı Olmayan Fungisitlerin Etkisi

Nagehan Desen KÖYÇÜ^{1*}

Fusun SUKUT

¹Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ

Sorumlu yazar e-mail: dkoycu@nku.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 08.03.2017 Kabul Tarihi (Accepted): 07.03.2018

Buğdayda *F. culmorum*'un tohum veya toprak yolu ile taşınarak fide ve başak yanıklığına (FHB) sebep olması, aynı zamanda tanelerde salgıladığı toksinler nedeni ile insan ve hayvan sağlığını tehdit etmesi patojenin hem Dünyada hem de Türkiye'de önemini ortaya çıkarmıştır. Bu patojene karşı buğdayda tohumla ruhsatlı az sayıda fungisit olması nedeni ile bu çalışmanın amacı buğdayda bu patojene ruhsatlı olmayan tebuconazole+metalaxyl-M (Maxim XL 035) ve fludioxonil+metalaxyl-M (Certigor 050 FS) etkili maddeli fungisitlerin *F. culmorum*'a etkililiğinin tespit edilmesidir. Patojenin fungisitlere duyarlılığı, patojenisitesi bilinen *F. culmorum* (S-14) izolatu ile Potato Dextrose Agar (PDA) besi ortamında miselyal gelişimi engelleme oranları (EC₅₀) tespit edilerek belirlenmiştir. Fungisitlerin patojen üzerine etkililik denemeleri ise, *in vitro* ve *in vivo* koşullarda yürütülmüştür. Denemelerde, patojenin S-14 izolatu ile enfekte edilmiş ve enfekteli olmayan Flamura-85 çeşidinden elde edilen tohumlar kullanılmıştır. *In vivo* testler, enfekteli tohumların fungisitler ile ilaçlanarak steril toprağa ekilmesi veya patojenin 1x10⁶ spor/ml dozunda steril toprağa bulaştırılarak fungisitler ile ilaçlanmış temiz tohumun ekilmesi şeklinde yürütülmüştür. *In vitro* testlerde, patojenin tebuconazole+metalaxyl-M ve fludioxonil+metalaxyl-M fungisitleri için EC₅₀ değerleri sırasıyla 0,55 ve 1,57 µg/ml olarak belirlenmiştir. Her iki fungisit kontrol ile karşılaştırıldığında çimlenme, kök ve koleoptil uzunlukları ve hastalık şiddetleri arasında önemli bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. *In vitro* testlerde yine her iki fungisit bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık, hastalık şiddetleri açısından kontrole göre önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelime: *Fusarium culmorum*, buğday, fungisit, kontrol

Effect of Unregistreted Fungicides to *Fusarium culmorum* on Wheat

The importance of pathogen in World and Turkey has been revealed when it was released that *F. culmorum* causes head blight and seedling in wheat (FHB) carrying by seed or soil. It threatens the health of human and animals due to their toxins released by pathogens in grains. The objective of this study is to identify the effectiveness of tebuconazole+metalaxyl-M (Maxim XL 035) and fludioxonil+metalaxyl-M (Certigor 050 FS) unregistreted to the pathogens on wheat. There are a few number of fungicides registreted for seed pathogens of the wheats. The sensitivity of pathogen against the fungicide has been identified by analyzing the effective concentration (EC₅₀) on mycelial development of *F. culmorum* (S-14) isolate known as pathogen. The experiments of efficacy of fungicides on pathogen were carried out both in petri dishes and pots under controlled conditions. In the experiments, the seeds which have been infected by S-14 isolate of the pathogens and obtained from the uninfected Flamura-85 wheat type were used. *In vivo* experiments were conducted by amended and unamended seeds with fungicides and planting to the sterilized soil or planting the clean disinfected seeds with fungicides by infecting the pathogens to sterilized soil at 1x10⁶ spores/ml. At the end of the experiment, germination rate, plant length, fresh and dry weight measurements, disease severity rate of seeds were measured. EC₅₀ values for tebuconazole+metalaxyl-M and fludioxonil+metalaxyl-M fungicides of pathogen have been identified respectively as 0,55 and 1,57 µg/ml. It has been found that there was a significant difference between the germination, root, coleoptile lengths and disease severity when both fungicides were compared with control in the *in vitro* tests. It was determined that there was a significant difference on plant length, wet and dry weight, and disease severity of both fungicides *in vivo* tests compared to the control.

Key words: *Fusarium culmorum*, wheat, fungicide, control

Giriş

Dünyada ve ülkemizde kültür bitkileri arasında ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından ilk sırada buğday yer almaktadır. Başta unlu mamuller olmak üzere insan beslenmesinde kullanılarak dünya nüfusuna bitkisel kaynaklı besinlerden sağlanan

toplam kalorinin yaklaşık % 20'sini, ülkemizde ise % 60'ını karşılamaktadır. Ayrıca buğday ülkemizde tahıl üretimi içerisinde % 58,5 oranıyla en büyük paya sahip bir ürün olarak öne çıkmaktadır. (Anonim, 2003; TÜİK, 2016). Türkiye'de bölgelere göre buğday üretimi değişmektedir. Üretim açısından bölgelere bakıldığında İç Anadolu

Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ve Trakya Bölgesi olarak sıralandığı görülmektedir (TÜİK, 2016). Trakya Bölgesi, Türkiye buğday üretiminin %10'unu karşılaması ile önemli bir bölgemizdir. Bölgemizde 550.000 ha alanda buğday ekilmekte olup, ortalama verim 350-380 kg/da arasında değişmektedir (TÜİK, 2016). Buğdayın hasat sonunda %17-20 arasında değişen kayıplarının olduğu (Wiese, 1987; Mathieson ve ark., 1990) ve bu kayıpların başlıca nedenlerinden birinin de *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Gaeumannomyces graminis* var *tritici*, *Bipolaris sorokiniana*, *Pseudocercospora herpotrichoides* ve *Alternaria* spp., gibi kök ve kök boğazında şiddetli enfeksiyonlara neden olan fungal hastalık etmenlerinden kaynaklandığı bilinmektedir (Finci, 1979; Wiese, 1987; Hill et al., 1983; Aktaş et al., 1999; Yıldırım et al., 1999; Araz et al., 2009). Bu fungal etmenler arasında geniş bir konukçu dizisine sahip *Fusarium* cinsleri dünyanın farklı ekolojik koşullarında tespit edilmesi, tür sayılarının fazla olması, insan ve hayvan sağlığında tehlikeli olan mikotoksinleri üretebilmesi ile ayrı bir öneme sahiptir (Scher, et al., 2013). *Fusarium* cinsi içerisinde *F. pseudograminearum*, *F. graminearum*, *F. culmorum* ve *F. avenaceum* virulensi en yüksek türler olarak tespit edilmiştir (Parry, 1990). Bu türler arasında *Fusarium culmorum* buğdayda dünyada olduğu gibi (Scardaci, ve Webster, 1982; Bateman and Murray, 2001; Kosiak et al., 2003; Goswami and Kistler, 2004; Hogg et al., 2010; Treikale et al., 2010; Wagacha and Muthomi, 2007; Wang et al., 2006) Türkiye'de de önemli patojen tür olarak tespit edilmiştir (Aktaş et al., 1997; Demirci, 2003; Arslan ve Baykal, 2002; Uçkun ve Yıldız 2004; Arıcı et al., 2013; Karadeniz, 2014). Bu patojen Trakya Bölgesi'nde de yaygın ve önemli patojen bir tür olarak karşımıza çıkmaktadır (Aktaş et al., 1996; Tunalı et al., 2008; Hekimhan, 2011; Mert-Türk and Gencer 2013; Köycü and Özer, 2014). Patojen tohum ve toprak yoluyla taşınarak bölgemizde ekonomik kayıpların nedenidir. Fidelerde şiddetli enfeksiyonlara yol açması nedeniyle *F. culmorum*'un tohum kaynaklı enfeksiyonlarında tohum ilaçlaması en etkili bir mücadelede yöntemi olarak ortaya çıkmıştır (Cook, 2010; Scher, et al., 2013). Ancak ülkemizde buğdayda bu patojene ruhsatlı tohum ilaçlarının sayısı azdır (Anonim, 2017). Ülkemizde buğdayda *Fusarium culmorum*'a karşı tohum ilaçlamasında fungusit kullanımı ilk olarak 1993 yılında carboxin+thiram'ın ruhsatlanmasıyla başlamıştır. Carboxin Succinate dehidrogenase engelleyici grubunda yer alan daha

çok Basidiomycotina üyelerine özelleşmiş fungusittir. Dithiocarbamate grubuna ait olan thiram ise Oomycota ve Ascomycota/Deuteromycetes tarafından oluşturulan hastalıkları engellemektedir. 2013 yılında ise Ascomycota/Deuteromycetes ve Basidiomycota üyesi patojenler üzerinde etkili olan sterol biyosentezi engelleyici grup içerisinde yer alan prothioconazole+tebuconazole karışımı ve 2015 yılında ise yine aynı gruba ait fungusitlerden triticonazole+pyraclorostrobin karışımı ruhsatlandırılmıştır (Delen, 2016). Tohum ilaçlamasında *F. culmorum*'a karşı kullanılan fungusitlerin etkisinin yüksek olmasının yanısıra uygulama sonrası stabil olarak kalabilen ve aynı zamanda ekotoksikolojik özellikleri iyi olan fungusitler olması günümüzde çok önemlidir. Nitekim phenylpyrrole grubuna ait fludioxonil'in kimyasal yapısının ışığa dayanıklılığı nedeni ile fungusitin tohum uygulamalarında kullanımının uygunluğu, tahıllarda *Fusarium* spp.'ne etkili olduğu ve çevre açısından düşük riskli fungusitler içerisinde yer aldığı bildirilmektedir (Delen, 2016). Bu nedenle tohum ilaçlaması için *F. culmorum*'a karşı hem etkisi yüksek hem de çevre dostu olan yeni fungusitlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, buğdayda sürme ve rastık hastalık etmeni için ruhsatlı olan tebuconazole+metalaxyl ile bezelye, mısır ve pamukta *Fusarium* spp. için tohum ilaçlamasında kullanılan fludioxonil+metalaxyl'in *F. culmorum*'a etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Tarla koşullarında yetiştirilen Flamura 85 ekmeklik buğday bitkileri çiçeklenme dönemine (Zadoks 60. dönem) (Zadoks et al., 1974) geldiklerinde *Fusarium culmorum* (S-14) izolatu ile enfekte edilmiş ve hastalık etmeni ile bulaşık olan tohumlar çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan *F. culmorum* (S-14) izolatu daha önce Flamura 85 ve Pehlivan ekmeklik buğday çeşitlerinde *F. culmorum* izolatları içerisinde en patojen izolat (hastalık şiddeti her iki çeşit için %100 olarak belirlenen) olarak tespit edildiği için denemeye alınmıştır (Köycü ve Özer, 2014). Denemede buğdayda kök ve kök boğazı hastalık etmenlerine ruhsatlı olmayan tebuconazole+metalaxyl-M (Certigor 050 FS) ve fludioxonil+metalaxyl-M (Maxim XL 035 FS) etkili maddeli fungusitler (Syngenta Grup) kullanılmıştır. Bu fungusitler ile ilgili bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme, *F. culmorum* izolatının tohumda kullanılan fungusitlere duyarlılıklarının

tespit edilebilmesi için *in vitro* testler ve fungusitlerin tohum veya toprak kaynaklı enfeksiyonlarında patojen üzerine etkisinin belirlenebilmesi için ise *in vivo* testler olarak iki bölümde yürütülmüştür.

***In vitro* testler**

***Fusarium culmorum*'un fungusitlere duyarlılığı**

Fungisitlerin, *F. culmorum* (S-14) izolatının miselyal gelişimini engelleme oranlarını saptayabilmek amacı ile patojen 23±1°C 'de karanlıkta PDA (Potato Dextrose Agar, Merck) besi ortamında geliştirildikten sonra 4 mm çapındaki diskleri 0 (kontrol), 0.01, 0.03, 0.1, 1, 3, 10, 30 µg/ml etkili madde (e.m) dozlarını içeren PDA besi ortamında denemeye alınmıştır. Fungisitlerin etkili madde dozları üzerinden stok solüsyonları iki kere steril edilen saf suda hazırlanarak seyreltilmiş ve otoklavda steril edilerek, 50°C'ye soğutulmuş erlenmayer içerisindeki besi ortamlarına final konsantrasyonu 1ml olacak şekilde ilave edilmiştir. Fungisit ilave edilmiş ve fungusit ilave edilmemiş (kontrol) besi ortamı steril plastik petri kaplarına 25 ml olacak şekilde paylaştırıldıktan sonra izolatların 0,4 mm çapındaki diskleri miselyal kısımları besi ortamı ile temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra bu petri kapları 23±1°C 'de tamamen karanlıkta 3 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda *F. culmorum* izolatlarının petri kaplarındaki koloni gelişimlerinin çapı ölçülerek fungusitlerin EC₅₀ (Miselyal gelişmeyi % 50 engelleyen doz µg/ml) değerleri belirlenmiştir. Bu değer kontrole göre hesaplanarak yüzde gelişim değerlerinin log-probit kağıda uygulanması ile tespit edilmiştir (Delen et al., 1984; Koplay, 2003). Ayrıca patojenin fungusitli besi ortamında gelişmediği en düşük yoğunluk değeri (MIC) µg/ml de belirlenmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak her petriye 3'er disk olacak

şekilde kurulmuştur. Deneme 2 kez tekrar edilmiştir.

***In vitro* koşullarda fungusitlerin etkisinin belirlenmesi**

Buğday tohumları % 0,5'lik NaOCl 'de (Sodyum hipoklorit) 2 dk. bekletildikten sonra 2 kere steril saf suda durulanmış ve steril kurutma kağıtlarında kurutulmuştur. Kurutulan tohumlar tebuconazole+metalaxyl-M ve fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusitler ile 50 ml/100 kg dozunda steril cam kavanozlarda tohum ilaçlaması yapılmıştır. Tohumlar steril kabinde, steril kurutma kağıtları üzerinde 2 saat kurutulmuştur. Petri kaplarına steril saf suda ıslatılan 4 kat steril kurutma kağıdı konularak, her petriye 20 adet buğday tohumu yerleştirilmiştir. Kontrol olarak kullanılan tohumlara fungusit uygulaması yapılmamıştır. Tohumlar 7 gün süre ile tamamen karanlıkta 23±1°C 'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda tohumların yüzde çimlenme oranı, kök ve koleoptil ölçümleri ve hastalık şiddeti değerlendirilmesi yapılmıştır. Hastalık şiddeti modifiye edilen Wildermuth ve Mc Namara (1994)'nın 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekrarlı olarak her tekrarda 2 petri olacak şekilde kurulmuştur.

***In vivo* testler**

Saksı denemeleri iki şekilde yürütülmüştür:

1. Tohum testlerinde kullanılan S-14 izolatı ile doğal olarak enfekteli tohumlara fungusit uygulaması yapılarak saksıya ekimi: Denemede steril plastik saksılara (12x10 cm) otoklavda steril edilmiş olan 1/3 oranında kum ve torf (Klasman-Deilmann) karışımı ile doldurulmuştur. *F. culmorum* ile doğal olarak enfekteli olan tohumlar *in vitro* testlerinde anlatıldığı şekilde ve aynı oranda ilaçlanarak saksılara ekilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan fungusitler

Table 1. Fungicides in the trial

Ticari Adı	Etkili Madde Adı ve Oranı	Ruhsatlı Ürün	Hastalık Etmeni	Önerilen Doz	Ruhsat Tarihi	Ruhsat Şekli
Certigor 050 FS	Tebuconazole 30g/L + metalxyl-M 20g/L	Buğday	Sürme (<i>Tilletia caries</i> , <i>Tilletia foetida</i>) Rastık (<i>Ustilago tritici</i>)	100 ml/100 kg Tohuma	16.09.2009	İthal
Maxim XL 035 FS	Fludioxonil 25g/L + metalxyl-M 10g/L	Biber	<i>Fusarium</i> spp., <i>Phythium</i> spp.	10 ml /m ² 4L su ile	10.10.2000	İthal
		Biber (sera)	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>	500 ml/da (damla sulama)		
		Bezelye	<i>Fusarium</i> spp., <i>Phythium</i> spp., <i>Rhizoctoniasolani</i>	200 ml /100 kg Tohuma		
		Domates	<i>Fusarium</i> spp., <i>Phythium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>	10 ml /m ² 4L su ile		
		Domates (Sera)	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	500 ml/da (damla sulama)		
		Mısır	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Phythium</i> spp.	100 ml/100 kg Tohuma		
		Muz	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	1000 ml/da		
		Pamuk	<i>Alternaria</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Macrophomina</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium</i> spp.	300 ml/100kg (Havsız Tohuma) 500 ml/ 100kg (Havlı Tohuma)		
		Tütün	<i>Fusarium</i> spp., <i>Phythium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>	7,5 ml/ m ² 3L su ile		
		Yerfıstığı	<i>Aspergillus niger</i>	400 ml/ 100 kg Tohuma		

2. S-14 izolatını toprağa bulaştırarak patojen ile bulaşık olmayan temiz tohuma fungusit uygulaması yapılarak saksıya ekimi: *F. culmorum* PDA besiyerinde geliştirildikten sonra yaklaşık 10 günlük kültürlerden 1×10^6 spor/ml oranında hazırlanarak her saksıya 200 ml spor süspansiyonu olacak şekilde bulaştırılmıştır (Stadnik ve Dhingra, 1997). Flamura 85'in tohumlarına *in vitro* testlerinde anlatıldığı şekilde ve aynı oranda tohum ilaçlaması yapıldıktan sonra *in vitro* testlerinde anlatıldığı şekilde ve aynı oranda ilaçlanarak saksılara ekilmiştir.

Kontrol saksılara ise ilaçlanmamış enfekteli veya temiz tohumların ekimleri yapılmıştır. Denemede her saksıya 20 tohum kullanılmıştır. Saksılar $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 14 saat aydınlık ve 10 saat karanlık olacak şekilde, üstten aydınlatmalı (15 000 lüx) iklim odasına yerleştirilerek düzenli olarak çeşme suyu ile sulanmıştır. Denemeler her tekerrürde 2 saksı olmak üzere, 5 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur.

Ekim tarihinden 15 ve 30 gün sonra saksılarda bulunan bitkilerin değerlendirilmeleri şu şekilde yapılmıştır.

1. Tohumların saksılara ekim tarihinden 15 gün sonra saksılarda bitki sayımları yapılarak çıkış oranları (%) açısından değerlendirilmiştir.

2. Saksılarda 30 gün sonra yapılan değerlendirmelerde, fideler saksılardan dikkatle çıkarılarak kökleri çeşme suyunda dikkatlice yıkanmıştır. Su artıkları kurutma kağıdı ile giderildikten sonra Çizelge 2'de verilen modifiye edilen 0-5 skalasına göre fidelerin kök ve kök boğazında meydana gelen lezyonlar hastalık hastalık şiddetleri (%) açısından değerlendirilmiştir (Wildermuth ve McNamara,1994). Hastalık şiddeti ile ilgili değerler ortaya konmasında Townsend-Heuberger formülü [$\text{Şiddeti \%} = \frac{\sum (\text{Skala Değeri} \times \text{Skala Değerindeki Bitki sayısı})}{(\text{Toplam Bitki Sayısı} \times \text{En Yüksek Skala Değeri})} \times 100$] uygulanmıştır (Townsend and Heuberger 1943).

Çizelge 2. Hastalık şiddetinin değerlendirilmesinde kullanılan tanımsal skala

Table 2. Descriptive scale of the disease severity

Skala Değeri	Hastalığın Tanımı
0	Sağlıklı bitki, sözü edilen bölgelerde herhangi bir renk değişimi yok
1	Nekroz alanı %25'den az
2	Nekroz alanı %25-50 arasında
3	Nekroz alanı %51-75 arasında
4	Nekroz alanı %75'den fazla
5	Bitki ölmüş

3- Bitki boyu ölçümünde fidenin kök çıkışı kısmından itibaren ölçüm alınmıştır.

4- Bitkilerin yaş ve kuru (g) ağırlık ölçümleri alınmıştır. Yaş ağırlıkları için bitkiler hasat edildikten sonra tartımları yapılarak değerlendirilmiştir. Kuru ağırlık ölçümü yapılan bitkiler ise 50°C sıcaklıkta etüvde kese kağıtları içerisinde 72 saat tutularak değerlendirilmiştir.

5-Hastalık değerlendirmesi sonrasında bitkilerin kök ve kök boğazı kısımlarında meydana gelen lezyonlardan tekrar PDA besi ortamına geri-izolasyonları yapılmıştır.

İstatistik değerlendirme

In vitro ve *in vivo* testlerde elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak SPSS paket programı kullanılarak Tukey'in karşılaştırma testine göre yapılmıştır.

Sonuçlar ve Tartışma

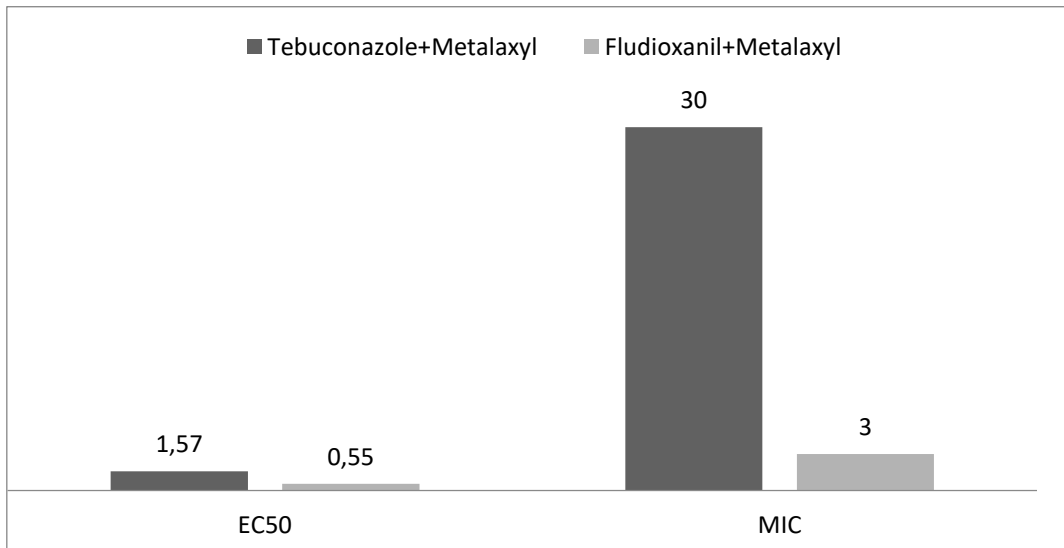
In vitro testler

Fusarium culmorum'un fungusitlere duyarlılığı

F. culmorum'un besi ortamında fungusitlere duyarlılığı ile ilgili çalışmaların sonucu elde edilen veriler Şekil 1' de verilmiştir. Testler sonucunda tebuconazole+metalaxyl-M etkili maddeli fungusitin EC_{50} ($1.57 \mu\text{g/ml}$) ve MIC ($30 \mu\text{g/ml}$) değerinin, fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit ile kıyaslandığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Patojenlerin fungusitlere duyarlılığının daha önceden fungusite maruz kalması ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir (Delen, 2016). Bölgemizde tebuconazole etkili maddeli fungusit buğdayda tohumda sürme ve rastık hastalık

etmenleri için, yeşil aksamda ise pas külleme ve septorya hastalık etmenleri için 1995 yılından beri kullanılmaktadır. Bu nedenle tebuconazole+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit için patojenin EC₅₀ ve MIC değerlerinin yüksek olmasının bu maruziyet ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Bölgemizde *F. culmorum*'un tebuconazole+metalaxyl-M fungusitine duyarlılığı ilk kez bu çalışma ile tespit edilmiştir. Patojenin bu fungusite duyarlılık durumunun tespit edilmesi patojenin ileride bu veya diğer fungusitlere maruziyeti sonucu izolatların duyarlılık

düzeylerinin tarla koşullarında takip edilebilmesi ve fungusit/fungisitler için temel hassasiyetin ortaya çıkarılması açısından çok önemlidir. Fludioxonil +metalaxyl-M etkili maddeli fungusit buğdayda ruhsatlı değildir ve patojenin bu fungusit için hem EC₅₀ (0.55 µg/ml) hem de MIC (3 µg/ml) değerinin daha düşük olma nedeninin patojenin fludioxonil etkili maddesi ile daha öncesinde bir uygulamanın olmamasından kaynaklandığı düşünülmüştür.



Şekil 1: *F. culmorum* izolatının EC₅₀ (µg/ml) ve MIC değerleri (µg/ml)

Figure 1. EC₅₀ (µg/ml) and MIC (µg/ml) values of *F. culmorum* isolate.

Fungisitlerin hastalık gelişimine etkisi

Tohum testlerinde *F. culmorum* ile doğal olarak enfekteli olan tohuma fungusitlerin uygulaması sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi fungusit uygulaması yapılan tohumlarda çimlenme oranlarının tebuconazole+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit için %70 ve fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit için %76,25 oranlarında olduğu gözlemlenirken kontrolde ise %27.00 olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Fungisit uygulaması sonrası tohumda kök ve koleoptil uzunluğunda artış olduğu tespit edilmiştir. Tohumun kök uzunluğunun tebuconazole+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit uygulaması sonucu 5.36 cm, fludioxonil+metalaxyl-M uygulamasında 6,42 cm olduğu tespit edilmiştir. Koleoptil uzunluğu yönünden fungusit uygulamaları değerlendirildiğinde fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit uygulamasının 3.07 cm olduğu, tebuconazole+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit uygulamasının ise 2,41 cm olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2: *F. culmorum* ile enfekteli tohumlara tebuconazole+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit uygulanması (sağ) ve kontrol (sol)

Figure2. Tebuconazole + metalaxyl-M a. i. fungicide application to seeds infected with *F. culmorum* (right) and control (left)

Çizelge 3 Fungisitlerin *F. culmorum* ile enfekteli tohumun çimlenme oranı (%), kök uzunluğu (cm), koleoptil uzunluğu (cm) ve hastalık şiddeti (%) üzerine etkisi.

Table 3. Effect of fungicides on seed germination (%), root length (cm), coleoptil length (cm) and disease severity (%) to seeds infected with *F. culmorum*.

Muamele	Çimlenme (%)	Kök Uzunluğu (cm)	Koleoptil Uzunluğu (cm)	Hastalık Şiddeti (%)	Fungisitlerin Etkisi (%)
Tebuconazole+metalaxyl-M	70,00 a*	5,36 b	2,41 b	59,33 b	31,33
Fludioxonil+metalaxyl-M	76,25 a	6,42 a	3,07 a	43,00 c	50,23
Kontrol	27,00 b	3,65 c	1,56 c	86,40 a	

* Aynı sütun içinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey'in çoklu testine ($P \geq 0.05$) göre önemsizdir.

Her iki uygulamanın da kontrole göre kök ve koleoptil uzunluğunda önemli bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Tohuma uygulanan fungusitlerin patojenin hastalık şiddetini önemli oranda azalttığı görülmektedir. Tebuconazole+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit uygulanan tohumlarda hastalık şiddeti %59.33 olarak belirlenirken; fludioxonil+metalaxyl-M'de ise %43 olarak tespit edilmiştir. Her iki fungusitin de tohumdaki enfeksiyonu önleyerek hastalık şiddetini kontrole göre önemli oranda azalttığı tespit edilmiştir

Fungisitler kendi arasında değerlendirildiğinde buğdayda ruhsatlı olmayan fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusitin hem bitki gelişimine hem de hastalık şiddeti üzerinde daha etkili olarak (%50,23), tebuconazole+metalaxyl-M etkili

maddeli fungusit ile aralarında önemli ($P \leq 0.05$) bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir

Fludioxonil+metalaxyl-M ekili maddeli fungusit buğdayda ruhsatlı olmamasına rağmen yapılan testler sonucu fungusitin buğday tohumları üzerinde herhangi bir anormal çimlenme etkisi tespit edilmemiştir (Data verilmedi).

In vivo testler

F. culmorum'un tohum veya toprak kaynaklı enfeksiyonlarında fungusit uygulaması yapılmayan tohumlardan elde edilen fidelerde enfeksiyonun şiddeti şekil 3'de verilmiştir. Hem tohum hem de toprak kaynaklı enfeksiyonlarda kök ve kök boğazı kısmında kahverengi lezyonlar ve köklerde kısalmalar tespit edilmiştir



Şekil 3. Fidelerde toprak kaynaklı (sol) ve tohum kaynaklı enfeksiyon (sağ)

Figure 3. Soil infection (left) and seed infection (right) of seedlings

Bu lezyon tipi etmenin erken enfeksiyonlarında fidelerde meydana getirdiği tipik lezyonlardır (Scherm, et al., 2013). Üstelik şiddetli enfeksiyonlarda fide ölümleri gerçekleşmiştir. Bununla birlikte patojenin tohum kaynaklı enfeksiyonlarında bazı fidelerde kök boğazı kısmında daralmalar gözlemlenirken; bu daralmalar toprak kaynaklı enfeksiyonlarında gözlemlenmemiştir.

F. culmorum'un tohum veya toprak kaynaklı enfeksiyonlarına tebuconazole+metalaxyl-M ve fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit uygulamalarının etkisi tohumun saksılara ekiminden 15 gün sonra fidelerde çıkış oranı açısından, 30 gün sonra ise bitki boyu, hastalık şiddeti, yaş ve kuru ağırlıkları açısından değerlendirilerek Çizelge 4'de verilmiştir.

Patojenin tohum veya toprak kaynaklı fide enfeksiyonlarında fungusit uygulaması yapılmış tohumların çıkış oranlarının tohum kaynaklı enfeksiyonlarda %86-89 arasında olduğu; toprak kaynaklı enfeksiyonlarda ise %96-99 arasında değiştiği ve ilaçlanmamış tohumdan elde edilen fide çıkış oranlarından (%46-49) daha yüksek ($P \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Yine fidelerin yaş ve kuru ağırlıkları incelendiğinde her iki fungusit uygulaması sonucu tohum veya toprak kaynaklı enfeksiyonlarda yaş ağırlıkların yaklaşık 7 g olduğu kontrollerde ise bu oranın tohum kaynaklı enfeksiyonlarda 5.51 g toprak kaynaklı enfeksiyonlarda ise 4.22 g olduğu tespit edilmiştir. Fidelerin kuru ağırlıkları incelendiğinde tohum ve toprak kaynaklı enfeksiyonlarda kuru ağırlıkların birbirine çok yakın değerlerde olduğu (≈ 1 g) tespit edilmiştir. Her iki fungusit uygulamasının da *F. culmorum*'un tohum ve toprak kaynaklı enfeksiyonlarda fidelerin çıkış oranını artırarak bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Fungisitlerin hastalık şiddetleri üzerine

etkinde tohum kaynaklı enfeksiyonlarda tebuconazole+metalaxyl-M ve fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusit uygulaması sonucu hastalık şiddetinin sırasıyla %15.78 ve %16.76 olduğu tespit edilirken, patojenin toprak kaynaklı enfeksiyonlarında her iki fungusit uygulamasının hastalık şiddeti üzerine etkisinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte her iki fungusit uygulaması da kontrole göre bitki boylarında azalmaya neden olmuştur.

Tebuconazole+metalaxyl-M ve fludioxonil+metalaxyl-M fungusitlerinin patojenin tohum veya toprak yolu ile bulaşmalarında her iki fungusitin de patojenin toprak kaynaklı enfeksiyonları üzerinde daha etkili bir koruma sağlayarak fide çıkış oranını artırdığı ve hastalık şiddetini azalttığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusitin patojenin toprak kaynaklı enfeksiyonlarında fidelerdeki hastalık şiddetinin %1,85 olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Akgül ve Erkılıç (2016), fludioxonil+metalaxyl-M etkili maddeli fungusiti buğday tohumuna uyguladıklarında *F. culmorum*'un toprak kaynaklı enfeksiyonları üzerinde hastalık şiddetinin %15-26 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Tohuma uygulanan triazole grubu fungusitlerin buğdayda önemli bir verim artışına neden olduğu (Demirci ve Maden, 2006) ve bitkinin soğuğa dayanıklılığını artırdığı bilinmektedir (Kuck and Vors, 2007). Bu nedenle bu çalışmada fungusitlerin bitkinin yaş ve kuru ağırlıkları üzerinde yaptığı önemli ($P \leq 0.05$) artışın tarla koşullarında verim artışına neden olacağı düşünülmüştür. Ayrıca, Arslan ve Baykal (2002). buğdaylara uygulanan carbendazim ve tebuconazole'ün %80, maneb'in %60, triticonazole'ün %28 oranında patojen üzerinde etkili olduğunu ve buğday üreticisinin triticonazole dışında fungusitler ile tohumluğunu ilaçladığında

sürme ve rastık hastalıkları ile birlikte kök ve kök boğazı patojenlerinden *F. culmorum*'a karşı etkili bir koruma sağlayabileceği tespit etmişlerdir. Aynı şekilde tebuconazole+metalaxyl-M'in sürme ve rastık hastalık etmenine ruhsatlı olması nedeni ile bu fungusitin tohum ilaçlaması için kullanıldığında *F. culmorum*'un buğdayda gerek tohum yolu ile gerekse toprak yolu ile bulaşmalarda fide enfeksiyonlarını önlemede etkili olabileceği ilk kez bu çalışma ile tespit edilmiştir. Aynı zamanda her

iki fungusitin patojenin tohum veya toprak kaynaklı enfeksiyonları üzerindeki yüksek etkililiğinin tarla koşullarında da tohumun çıkış öncesi ve çıkış sonrası enfeksiyonları üzerinde de etkili olabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak patojenlerin fungusitlere duyarlılık durumlarının laboratuvar koşullarında tespit edilmesi tarla koşullarında fungusitin dayanıklılık tehlikesinin olup olmamasının ortaya konulması açısından oldukça önemlidir.

Çizelge 4. Fungisitlerin *F. culmorum* ile enfekteli tohum ve toprak kaynaklı enfeksiyonlarda fide çıkışı (%), bitki boyu (cm), yaş ağırlık (g), kuru ağırlık (g) ve hastalık şiddeti (%) üzerine etkisi

Table 4. Effect of fungicides on seed germination (%), plant length (cm), fresh/dry weight (cm) and disease severity (%) in soil/seed borne infection infected with *F. culmorum*

Etkili madde	Çıkış Oranı (%)		Bitki Boyu (cm)		Yaş Ağırlık (g)		Kuru Ağırlık (g)		Hastalık Şiddeti (%)	
	TH	TP	TH	TP	TH	TP	TH	TP	TH	TP
Tebuconazole + Metalaxyl-M	86.00 a*	99,50 a	31,85 b	28,96 b	7.70 a	7.55 a	0.95 a	0.92 a	15.78 b	1.92 b
Fludioxonil + Metalaxyl-M	89.00 a	96,50 a	32,32 b	29,43 b	7.67 a	7.14 a	1.00 a	0.91a	16.76 b	1.85 b
Kontrol	46.00 b	49,50 b	34,21 a	32.77 a	5.51 b	4.22 b	0.69 b	0.58 b	74.16 a	71.58 a

*Aynı sütun içinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine (P≥0.05) göre önemsizdir.

TH:Tohum; TP:Toprak

Teşekkür

Çalışmada kullanılan *Fusarium culmorum* (S-14) izolatının filogenetik analizleri REFGEN (Gen Araştırmaları ve Biyoteknolojisi) tarafından yapılmıştır. Ayrıca izolatın tür teşhisi için Matias Pasquali 'ye (Département Environnement et Agrobiotechnologies (EVA) Centre de Recherche Public-Gabriel Lippmann 41, rue du Brill L-4422 Belvaux, Grand-duchy of Luxembourg) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim 2003. Türkiye Ziraat Odaları Birliği resmi internet sitesi verileri: <https://www.tzob.org.tr/tzob/tzoburunrapor/rapor2003bugday.htm>. (Erişim tarihi: 2016)
- Anonim 2017. Ruhsatlı Bitki Koruma Ürünleri: <https://bku.tarim.gov.tr>
- Akgül, D.S., and A. Erkılıç, 2016. Effect of wheat cultivars, fertilizers, and fungicides on *Fusarium* foot rot disease of wheat. Turkish J. Agricult. and Forest. 40:101-108
- Aktaş, H., H. Bostancıoğlu, B. Tunalı, ve E. Bayram. 1996. Sakarya yöresinde buğday kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan hastalık etmenlerinin belirlenmesi ve bu etmenlerin buğday yetiştirme teknikleri ile ilişkileri üzerinde araştırmalar. Bitki Koruma Bülteni, 36 (3-4):151-167
- Aktaş, H., B. Tunalı, H. Bostancıoğlu, and E. Bayram, 1997. Reaction of some wheat varieties and lines against to root and foot-rot disease agents in the field

- and laboratory conditions. J. Turkish Phytopathol, 26 (2-3):61-68
- Aktaş, H., E. Kınacı, A. F. Yıldırım, L. Sayın, ve A. Kural, 1999. Konya yöresinde hububatta sorun olan kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenlerinin hububatta verim komponentlerine etkileri ve mücadelesi üzerine araştırmalar. Hububat Sempozyumu 8-11 Haziran 1999, Konya. Bildiri Özetleri, 392-403.
- Araz, A., M.E. Bayram, ve E.N., Babaroğlu, 2009. Sakarya ilinde bazı buğday çeşitlerinde kök ve kök boğazı hastalıklarına neden olan etmenlerin belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni. 49 (1):31-43.
- Arcı, Ş.E., Ü., Arap, ve F.B. Yatağan, 2013. Isparta ve Burdur illeri buğday ekim alanlarındaki kök ve kök boğazı fungal hastalık etmenlerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(2), 26-30.
- Arslan, Ü., ve N. Baykal, 2002. Kök ve kök boğazı fungal patojenlerine karşı bazı buğday çeşitlerinin reaksiyonları ve tohum koruyucu fungusitlerin *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sagg'a etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 16:69-76.
- Bateman, G.L., and G. Murray, 2001. Seasonal variations in populations of *Fusarium* species in wheat-field soil. App. Soil Ecol. 18:117-128.
- Cook, R.J., 2010. Compendium of wheat diseases and pests. Third edition. The American Phytopathological Society. 3340 Pilot Knob Road, St. Paul Minnesota 55121, U.S.A.
- Delen N., M. Yıldızand H. Maraite, 1984. Benzimidazole and Dithiocarbamate resistance of *Botrytis cinerea* on

- greenhouse crops in Turkey. Mededelingen in Viticulture Ed Enologia Universita Torino 9: 278-279.
- Delen, N., 2016. Fungisitler. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şt. S:534.
- Demirci, F. 2003. Bazı Buğday Çeşitlerinin Önemli Kök ve Kök Boğazı Hastalık Etmenleri (*Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana*)' ne Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi. 9 (4); 460-466.
- Demirci, F., ve S. Maden, 2006. Triazole Grubu Fungisitlerin Buğday Tohumlarında Çimlenme ve Çıkışa Etkileri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 12 (2) 144-150
- Finci S., 1979. Buğdayın kök ve kök boğazı hastalıkları ve korunma çareleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Ziraat Mücadele ve Ziraat Karantina Genel Müdürlüğü Çiftçi Broşürü No:21 s.15.
- Goswami, R.S., and H.C. Kistler, 2004. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. Molecular Plant Pathol. 5:515–525.
- Hekimhan, H. ve N. Boyraz, 2011. Trakya Bölgesi Buğday ekiliş alanlarında fungal kaynaklı kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalıklarının tespiti. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 25 (3): 25-31.
- Hill, J., Fernandez, J.A., and M.S. McShane, 1983. Fungi Associated with common root rot of winter wheat in Colorado and Wyoming. Plant Dis. 67:795-797.
- Hogg, A.C., Johnston, R.H., Johnston, J.A., Klouser, L., Kephart, K.D., and A.T. Dyer, 2010. Monitoring *Fusarium* crown rot populations in spring wheat residues using quantitative real-time polymerase chain reaction. Phytopathol. 100: 49–57.
- Karadeniz, İ., 2014. Konya Ereğli ilçesi ve civarında tahıllarda kök ve kök boğazı çürüklüğünün yaygınlığı ve nedensel etmenlerin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü, s,52.
- Kuck K., and J.P. Vors, 2007. Sterol Biosynthesis inhibitors. In: Modern Crop Protection Compounds, Vol. 3. (W. Krämer, U. Schirmer, ed.). Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 605–650.
- Kosiak, B., Skjerve, E., Thrane, U. and M. Torp, 2003. The prevalence and distribution of *Fusarium* species in Norwegian cereals: a survey. Acta Agricult. Scandinav. 53:168–176.
- Kopluy C., 2003. Studies on determination of fungal pathogens causing rots on Sultanina table grapes and their control with fungicides in vitro conditions. İzmir, Turkey, University of Ege, MS thesis. P. 105.
- Köycü, N.D., and N. Özer, 2014. Determination of Resistance in some wheat cultivars against *Fusarium* spp. Isolates in Trakya region. 14th Mediterranean Phytopathological Union International Society of Mycotoxicology, Istanbul/Turkey, 25-29 August, 2014, s.118
- Mert-Türk F., and R. Gencer, 2013. Distribution of the 3-AcDON, 15-AcDON, and NIV chemotypes of *Fusarium culmorum* in the North-West of Turkey. Plant Protect. Sci. 49: 57-64.
- Mathieson J.T., Rush G.M., Bordovsky D., Clark L.E., and O.R. Jones, 1990. Effects of tillage on common root rot of wheat in Texas. Plant Dis. 74:1006-1008.
- Parry, D.W. 1990. The incidence of *Fusarium* spp. in stem bases of selected crops of winter wheat in the Midlands, UK. Plant Pathol. 39:619-622.
- Scherm, B., Virgilio, B., Spanu, F., Giovanni, P., Giovanna, D., Pasquali, M., and Q. Micheli, 2013. *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. Molecular Plant Pathol, 14(4):323-341.
- Scardaci, S.C. and R.K. Webster, 1982. Common Root Rot of Cereals in California. Plant Dis. 66(31-34).
- Stadnik, M.J. and O.D. Dhingra, 1997. Root Infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae at different growth stages and its relation to the development of onion basal rot. Phytopathol. Mediter. 36:8-11.
- Townsend G. K. and J. W., Heuberger, 1943. Methods for Estimating Losses Caused by Diseases in Fungicide Experiments. Plant Dis. Report. 27:340-343.
- Treikale, O., Priekule, I., Javoisha, B. and L. Lazareva, 2010. *Fusarium* head blight: distribution in wheat in Latvia. Comm. Agric. Appl. Biol. Sci. 75, 627–634.
- Tunalı B., J.M. Nicol, D. Hadson, Z. Uçkun Z., O. Büyük, D. Erdurmuş, H. Hekimhan, M.A. Aktaş, M.A. Akbudak and S.A. Bağcı, 2008. Root and crown rot fungi associated with spring, facultative, and winter wheat in Turkey. Plant Dis. 92:1299-1306.
- TÜİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, değer), Ankara.
- Uçkun, Z., ve M. Yıldız, 2004. İzmir, Aydın ve Denizli illeri buğday alanlarındaki kök ve kökboğazı hastalıklarının yoğunluğunun ve etmenlerinin tespit belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 44(1-4):79-92.
- Yıldırım, A. F., E. Kınacı, H. Hekimhan ve S. Çeri, 1999. Konya, Karaman, Niğde ve Aksaray yörelerinde tahıllarda önemli hastalıkların durumu ve bunlara dayanıklılık kaynaklarının araştırılması. Hububat Sempozyumu Bildiri Özetleri, Konya, 8-11 Haziran 1999. s. 404-413.
- Wagacha, J.M., and J.W. Muthomi, 2007. *Fusarium culmorum*: infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. Crop Protect. 26:877–885.
- Wang, H., S.F. Hwang, F. Eudes, K.F. Chang, R.J. Howard and G.D. Turnbull, 2006. Trichothecenes and aggressiveness of *Fusarium graminearum* causing seedling blight and root rot in cereals. Plant Pathol. 55:224–230
- Wildermuth G.B. and R.B. McNamara, 1994. Testing wheat seedlings for resistance to crown rot caused by *Fusarium graminearum* Group 1. Plant Dis. 78:949-953.
- Wiese, M.V., 1987. Compendium of Wheat Diseases. American Phytopathological Society, St. Paul MN. 53-55 pp.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak, 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14:415-421.