

Non patojen *Fusarium* spp.'lerinin Nohutta *Fusarium* Solgunluğuna Karşı *in vitro* Koşullarda Antagonistik Etkilerinin Belirlenmesi[§]

Merve DİLMAÇ¹, Havva DİNLER^{2*}, Barış KAKI³

¹Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Bilimleri Anabilim Dalı, Uşak

²Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Uşak

³Uşak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Uşak

*Sorumlu yazar: havva.dinler@usak.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.03.2020 Düzeltme Tarihi: 14.05.2020 Kabul Tarihi: 22.05.2020

Öz

Dünyada ve ülkemizde nohut ekimi yapılan alanlarda son yıllarda dikkat çeken önemli hastalıklardan biri de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* Padwick (*Foc*)'in neden olduğu *Fusarium* solgunluğudur. Bu hastalık nedeniyle ülkemizde nohut ekim alanlarının yaklaşık % 40'ı bulaşık olup, ekonomik olarak önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Hastalıkla mücadelede dünya genelinde etkili ve pratik yöntemlerden biri de dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır. Ancak dayanıklı çeşit kullanımının etkililiği, *Foc*'ta patojenik ırkların ortaya çıkması ile kısıtlanmaktadır. Nohutta *Fusarium* solgunluğunun mücadelesinde dayanıklı çeşitlerin kullanımı ile birlikte bakteriyel veya fungal antagonistler de kullanılarak biyolojik mücadele yoluyla hastalık baskılanabilir. Günümüzde non-patojen *Fusarium* izolatları ve farklı forma *speciales*'leri *Fusarium* solgunluk hastalıklarının biyolojik mücadelesi için umut verici bir stratejidir. Çalışma nohutta *Fusarium* solgunluğuna karşı nohut bitkilerinden izole edilen ve patojenisite denemesi sonucunda nonpatojen olan 110 *Fusarium* spp. izolatının *in vitro* koşullarda antagonistik etkilerini belirlemek amacıyla yapılmış ve çalışmada ikili kültür metodu kullanılmıştır. İkili kültür metodu sonucunda 105 non-patojen *Fusarium* spp. izolatı Patates Dekstroz Agar (PDA) besi yerinde antagonistik etki göstermiştir. Non-patojen olan *Fusarium* spp. izolatlarının *Fusarium oxysporum*'un misel gelişimini en düşük ve en yüksek % 10.0-52.14 arasında engellediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çalışmada kullanılan non-patojen *Fusarium* izolatlarının *Fusarium oxysporum*'un misel gelişimini engellemiş olması nedeniyle, bu izolatlar solgunluk hastalığına karşı biyolojik mücadele çalışmalarında önemli bir potansiyel antagonist olarak kullanılabilirliğini düşündürmektedir. Ayrıca *F.oxysporum*'un misel gelişimini engellemede en yüksek antagonistik etki gösteren non-patojen izolatların *in vivo* koşullarda da denemesi sonucunda biyolojik mücadele çalışmalarında tek başına ya da diğer biyolojik ajanlarla kullanılması, hastalıkla mücadelede ümitvar sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Antagonistik etki, Biyolojik mücadele, *Fusarium oxysporum*, İkili kültür metodu, Non-patojen *Fusarium* spp.

Determining of the Antagonist Effects of Non pathogenic *Fusarium* spp. Againsts *Fusarium* in Chickpea Under *in vitro* Conditions

Abstract

One of the most significant diseases in the chickpea cultivation areas in recent years in the world and in Turkey is the *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* Padwick (*Foc*). Due to this disease, approximately 40% of the chickpea cultivation areas in Turkey are contaminated and this situation causes significant product losses economically. One of the most effective and practical methods for the control of the disease throughout the world is the use of durable varieties. But the efficiency of using durable varieties is limited by the emergence of pathogenic races in *Foc*. Together with the use of durable varieties in the control of *Fusarium* wilt in chickpea, bacterial or fungal antagonists can also be used and the control of the disease can be more successful through biological control. Today, non-pathogenic *Fusarium* isolates and different formae *speciales* are a promising strategy in the biological

control of the fusarium wilt diseases. The study was conducted to determine the antagonistic effects of 110 *Fusarium* spp. isolates, isolated from chickpea plants against Fusarium Wilt in Chickpea and found to be non-pathogenic as a result of pathogenicity test, under *in vitro* conditions and dual culture method was used in the study. As a result of dual culture method, 105 non-pathogenic *Fusarium* spp. isolates had an antagonist effect in Potato Dextrose Agar (PDA) medium. It was determined that non-pathogenic *Fusarium* spp. isolates prevented the mycelial growth of *F.oxysporum* with the rate of 10.0% as the lowest and 52.14 % as the highest. According to the results, as the non-pathogenic Fusarium isolates used in the study prevented the mycelial growth of pathogenic fungus, it was considered that these isolates can be used as an important potential antagonist in the biological control studies against wilt disease. Also, as a result of testing the non-pathogenic isolates, with the highest antagonistic effect in preventing the mycelial growth of *F.oxysporum*, under *in vivo* conditions, it is considered that its usage in the biological control studies individually or with the other biological agents may produce promising results in the control of the disease.

Key words: Antagonistic activity, Biological control, Dual culture method, *Fusarium oxysporum*, Nonpathogen *Fusarium* spp.

Giriş

Dünyanın hemen hemen her yerinde tarımı çok uzun zamanlardan beri yapılan yemeklik tane baklagiller arasında nohut (*Cicer arietinum* L.), insan ve hayvan beslenmesinde önemli bitkisel protein kaynaklarından birisidir. Nohut bitkisinin önemli stres faktörlerinden sıcağa, kurağa ve soğuğa dayanıklı olması, besince fakir topraklarda ürün verebilmesi ve kışlık tahıllarla ekim nöbetine girmesi nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir (Atasagun, 2009). Ayrıca nohut tüm bu özelliklerinin yanında baklagillerin genel özelliği olarak, köklerinde simbiyotik yaşam sürdürebilen *Rhizobium* bakterileri ile havadaki serbest azotu kullanabilmesi ve toprağı bu yönden zenginleştirmesi ve toprak verimliliğini artırması açısından önemli baklagiller arasında yer almaktadır (Hajarpour ve ark., 2014). Dünyada 14.564.399 ha alanda nohut üretimi yapılmakta olup, toplam 14.776.827 ton ürün elde edilmektedir (Anonim, 2020a). Dünyada nohut üretimi açısından Hindistan, Avustralya, Myanmar, Etiyopya'dan sonra Türkiye 470.000 ton üretim miktarı ile 5. sırada yer almaktadır. Ülkemizde Ege Bölgesi nohut üretim alanlarının % 11'ini, üretim miktarının ise yaklaşık % 8 'ini oluşturmaktadır (Anonim, 2020b). Uşak İli Ege Bölgesi nohut üretim alanlarının yaklaşık % 51.11'ini oluşturmakta; Ulubey, Merkez ve Banaz ilçeleri başta olmak üzere bölgede 27.233 ton nohut üretilmektedir (Anonim, 2020b).

Ülkemizde iç tüketim ve ihracatımız için önemli bir yere sahip olan nohut üretimi ve verimi bazı faktörler tarafından etkilenebilmektedir. Dünya genelinde oldukça geniş bir alanda yetiştiriciliği yapılmasına ve geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olmasına

rağmen mikro besin elementi noksanlıkları, soğuk, kuraklık, tuzluluk (Mahmoudi ve ark., 2007), ekim zamanı (Eser, 1978) gibi çeşitli abiyotik faktörler ve bazı biyotik faktörlerden kaynaklanan nohut hastalıkları da verimliliği doğrudan etkilemektedir. Bu patojenler fungal, bakteriyel ve viral kaynaklı olup, bunlar içerisinde fungal kaynaklı hastalıklar daha fazla yer tutmaktadır (Yiğit, 2001).

Nohut ekimi yapılan alanlarda son yıllarda dikkat çeken *Fusarium* solgunluğu (Haware ve ark., 1986) ile antraknoz hastalığı verim kaybına sebep olan en önemli biyotik stres faktörlerindedir (Singh ve Reddy, 1996; Landa ve ark., 2004; Arıcı ve Evsen, 2018). Nohut hastalıkları içerisinde *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr. f. sp. *ciceris* (Padwick) Matuo & K. Sato, (*Foc*)'in neden olduğu *Fusarium* solgunluğu hastalığı en büyük sorunlardan biri olmaktadır (Landa ve ark., 2004). *Fusarium* solgunluğu dünya genelinde nohutta % 10 ile % 15 arasında verim kaybına neden olmakta (Trapero-Casas ve Jimenez-Diaz, 1985) ve belirli koşullar altında bu kayıp % 100'e kadar ulaşabilmektedir (Jimenez-Gasco ve Jimenez-Diaz, 2003). Ekim alanlarında oldukça yaygın olan bu hastalık etmeninin, toprakta uzun süre hayatta kalması (en az 6 yıl) ve popülasyonlarında en az sekiz patojenik ırk (0, 1B/C, 2, 3, 4, 5, 6) oluşturması hastalığın mücadelesini daha da zorlaştırmaktadır (Haware ve ark., 1996).

Ürün rotasyonu, toprak solarizasyonu, temiz tohum kullanımı, uygun üretim alanı seçimi ve dayanıklı çeşit kullanımı *Fusarium* solgunluğunu önlemek için kullanılmakta ancak hastalığın kontrolünde tam olarak yeterli olmadığı ifade edilmektedir (Jimenez-Diaz ve

ark., 2015). Ayrıca tüm dünyada patojene karşı etkili bir kimyasal mücadele programı da bulunmamaktadır (Martin, 2004). Bu nedenle son yıllarda dünyada yapılan çalışmalarda kimyasal mücadeleye alternatif olarak biyolojik mücadele çalışmalarının hız kazandığı görülmektedir.

Dünya genelinde birçok bitkide *Fusarium* solgunluğunun biyolojik mücadelesinde, topraktan izole edilen antagonistik bakteri ve fungusların kullanılması ile ilgili çalışmalar son yirmi yıldır yapılmaktadır (Kaur ve ark., 2010). Bir çok araştırmacı tarafından da *Fusarium* solgunluğuna karşı *Fusarium oxysporum*'un non-patojen izolatları kullanılarak çalışmalar yapılmıştır (Benhamou ve ark., 2002; Shishido ve ark., 2005; Edel-Hermann ve ark., 2011; Aimé ve ark., 2013). *Fusarium* solgunluğunu biyolojik mücadelesinde sera ve tarla denemelerinde çok sayıda bitkide non-patojen *Fusarium* türlerinin hastalığı kontrol ettiği ifade edilmiştir (Mandeel ve Baker, 1991; Larkin ve ark., 1996; Larkin ve Fravel, 1998; Katsube ve Alasaka, 1997; Honda ve Kawakub, 1998; Minuto ve ark., 1997a, b; Hervas ve ark., 1998; Fuch ve ark., 1999).

Fusarium genusunun çoğu türü doğada yüksek saprofitik potansiyele sahip ve bazıları patojenik olan önemli toprak kaynaklı etmenlerdir (Larkin ve Fravel, 1998; Patil ve ark., 2011).

Fusarium'un patojen türleri bitkilerde vasküler solgunluğa neden olup, konukçu bitki türlerine ve bazen de belirli çeşitlerde konukçuya özelleşme göstermektedirler. *Fusarium* türleri bitkide endofitik olarak kolonize olarak, kök ve bitki dokuları içine girerek penetrasyonu gerçekleştirmektedirler. Ancak non-patojen türler vasküler dokulara zarar vermez ve hastalık oluşturmazlar. Non-patojen *Fusarium* türlerinin, muz (Gerlach ve ark., 1999) fesleğen (Fravel ve Larkin, 2002), karanfil (Garibaldi ve ark., 1986), hıyar (Mandeel ve Baker, 1991), sıklamen (Minuto ve ark., 1995), keten (Alabouvette ve ark., 1993), glayöl (Magie, 1980), kavun (Rouxel ve ark., 1979), domates (Lemanceau ve Alabouvette, 1991; Larkin ve Fravel, 1998; Patil ve ark., 2011), ıspanak (Katsube ve ark., 1994), çilek (Tezuka ve Makino, 1991) ve karpuz (Larkin ve ark., 1996; Raghunandan ve ark., 2014) dahil olmak üzere birçok bitkide *Fusarium* solgunluğuna karşı kullanıldığı rapor edilmiştir.

Domateste *Fusarium* solgunluğunu kontrol etmek amacıyla *Trichoderma* spp., *Gliocladium virens*, *Pseudomonas fluorescens*,

Burkholderia cepacia, *Fusarium* spp. izolatlarının non-patojen ırklarının da bulunduğu birçok fungal ve bakteriyel antagonistlerin etkinlikleri birçok çalışmada denenmiştir. Antagonistlerin çoğunun *Fusarium* solgunluğunu azaltma potansiyeline sahip olduğu ancak non-patojen *Fusarium* izolatları kadar etkili ve sürdürülebilir bir etkiye sahip olmadığı ifade edilmiştir. Non-patojen *F.oxysporum* ve *F.solani* izolatlarının oldukça etkili antagonistler olduğu ve hastalığın gelişimini önemli derecede azalttığı (% 50-80) belirtilmiştir (Larkin ve Fravel, 1998). Farklı agroiklimatik bölgelerden izole edilen non-patojen *Fusarium* spp'nin etkili sonuçlarının olduğu birçok çalışma bulunmaktadır (Schneider, 1984; Paulitz ve ark., 1987; Larkin ve ark., 1993, 1996; Raghunandan ve ark., 2014). *F.oxysporum* ve *F.solani* türlerinin toprakta bulunan diğer *Fusarium* türlerine göre daha fazla engelleme etkisinin olduğu ve ayrıca bu non-patojen *F.oxysporum*'un etkili biyokontrol ırklarının sağlıklı bitkilerden izole edildiği ifade edilmiştir (Ogawa ve Komada, 1984; Postma ve Rattink, 1992). Non-patojen *Fusarium* türlerinin etki mekanizmaları arasında besin ve yer açısından rekabet ve uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) bulunmaktadır (Patil ve ark., 2011).

Nohut bitkisinin rizosfer bölgesinde yaşayan, saprofitik özellikteki bazı bakteri (*Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Paenibacillus* spp.) ve funguslar (patojen olmayan (NP) izolatlar) nohut solgunluğuna karşı biyolojik mücadelede etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Hervas ve ark., 1997; Hervas ve ark., 1998; Landa ve ark., 2001). Bu biyolojik etmenler içerisinde non-patojen *Fusarium* türleri, *Fusarium* solgunluğuna karşı biyolojik mücadelede en çok kullanılan antagonistler olarak bilinmektedir (Mandeel ve Baker, 1991; Ogawa ve Komada, 1985; Paulitz ve ark., 1987). Saprofitik özellikteki *Fusarium* türleri, dünyanın her tarafına yayılmış olup, hemen hemen tüm toprak ve doğal habitatlarda bulunmaktadır. Non-patojen *Fusarium* türleri, bitki patojenlerine karşı rekabet, mikoparazitizm ve konukçu dayanıklılığını uyarma şeklindeki etki mekanizmalarını kullanmaktadır (Fravel ve ark., 2002).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda non-patojen *Fusarium* türlerinin, hem *in vitro* hem de *in vivo* koşullarda *Fusarium* solgunluğunu baskı altına almada kullanılan önemli antagonistler olduğu görülmüştür (Schneider, 1984; Tamietti ve Alabouvette, 1986; Paulitz ve ark., 1987;

Tamietti ve Pramotton, 1990; Larkin ve ark., 1993, 1996; Singh ve ark., 2002a, b). Yapılan bir çalışmada non-patojen *Fusarium* türleri domateste *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye karşı sera koşullarında uyarıcı olarak denenmiş ve bu hastalığın biyolojik kontrolünü (%10.7-69,6) sağlamışlardır (Yiğit ve ark., 2007).

Yine yapılan başka bir çalışmada patlıcanda *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* karşı Acidobenzolar S methyl bitki aktivatörü (ASM) ile patlıcanda non-patojen olan *Fusarium oxysporum* izolatu (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*; FOM) sera koşullarında denenmiş ve ASM VE FOM uygulamasının hastalık şiddetini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Altınok, 2009).

Thongkamngam ve Jaenaksorn (2017)'un yaptığı çalışmada non-patojen *Fusarium oxysporum* (F221-B) izolatının *F. oxysporum* f.sp. *lactucae* (F221-R, F442-G) izolatlarının misel gelişimini sırasıyla % 42-38.8 oranında engellediğini tespit etmişlerdir.

Yapılan literatür taramaları da dikkate alındığında, son yıllarda nohutta solgunluğa sebep olan fungal patojenlerin tespiti ve tanımasına yönelik ülkemizde ve dünyada birçok araştırma yürütülmüştür. Ancak ülkemizde nohutta hastalığa neden olan patojen *Fusarium* türlerinin yanında non-patojen *Fusarium* türlerinin varlığı ve bunların kimyasal mücadeleye alternatif olarak biyolojik mücadelede kullanım olanakları ile ilgili bir çalışma mevcut değildir. Dolayısı ile bu çalışma; hastalık etmenine karşı etkili bir kimyasal mücadele yönteminin olmaması nedeniyle hastalıkla mücadelede yeni stratejilerin geliştirilmesine ışık tutacaktır. Çalışmada Uşak ili (Merkez, Banaz, Ulubey ilçeleri) nohut üretim alanlarından non-patojen *Fusarium* spp. elde edilmiş ve elde edilen izolatların nohutta solgunluk hastalığına sebep olan *Fusarium oxysporum*'a karşı *in vitro* koşullarda antagonistik etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ana materyalini hastalıklı nohut bitkilerinden izole edilen ve patojenisite çalışmaları sonucunda virülensi en yüksek *Fusarium oxysporum* (İ1T/18 izolatu, Uşak/Merkez) ile 110 non-patojen *Fusarium* spp. izolatu oluşturmaktadır. Çalışmada yer alan

Fusarium oxysporum ve *Fusarium* spp. izolatlarının makroskopik ve mikroskopik incelemelerle koloni rengi, makrokonidi, mikrokonidi, klamidospore, konidiofor ve fialid özellikleri dikkate alınarak teşhisleri yapılmıştır (Nelson ve ark., 1983).

Patojenisite testi

İzolasyonlar sonucu elde edilen 278 *Fusarium* spp. izolatu Patates Dekstroz Agar (PDA) ortamında çimlenmiş nohut tohumları üzerinde patojenisite testlerine tabi tutulmuştur. Bu amaçla; PDA üzerinde geliştirilmiş 10 günlük *Fusarium* spp. kültürlerinden 5 mm çapında mantar deliciyle alınan fungal diskler PDA içeren petrilerin merkezine yerleştirilerek 25±2°C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Tohumlar % 1 sodyum hipoklorit (NaOCl) içerisinde 5 dakika yüzey sterilizasyona tabi tutulmuş ve steril saf su içerisinde 3 kez durulanmıştır. Daha sonra tohumlar, nemi alınmak üzere steril filtre kağıdı üzerinde kurutulmuş ve PDA üzerine 3'er adet olacak şekilde ekimleri yapılmıştır. Bu testlerde *Fusarium* solgunluğuna karşı hassas nohut çeşitlerinden ILC 482 kullanılmıştır. Petri kapları, 12 saat aydınlık/12 saat karanlık koşullarda 25±2°C' de 10 günlük inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon periyodu sonrasında nohut tohumlarından gelişen kökçükler üzerinde belirtiler gözlemlenmiştir (Basbagci ve ark., 2019). Kökçüklerdeki lezyon uzunlukları dijital kumpas yardımıyla ölçülerek, lezyon uzunlukları kaydedilmiş ve lezyonlar 1-5 skalasına göre değerlendirilmiştir (Trapero Casas ve Jimenez-Diaz 1985; Peters ve Grau, 2002; Leisso ve ark., 2011).

Skala Değeri	Hastalık Tanımı
1	Çimlenmiş tohumların köklerinde hastalık belirtisi yok.
2	Çimlenmiş tohumların köklerinin <% 25 nekrotik
3	Çimlenmiş tohumların köklerinin % 25-50'si nekrotik
4	Çimlenmiş tohumların köklerinin % 50-75'i nekrotik
5	Tohumda çimlenme yok (hastalık nedeniyle) veya çimlenmiş tohumların köklerinin %75-100 'ü nekrotik

Çizelge 1. Uşak İli Merkez İlçesi nohut ekim alanlarında nohut bitkilerinden izole edilen *Fusarium* spp. izolatlarının kökçüklerdeki ortalama lezyon boyu ve skala değeri

İzolat No	Ortalama Lezyon Boyu (mm)	Ortalama Skale Değeri	Patojenisite Sonuç	İzolat No	Ortalama Lezyon Boyu (mm)	Ortalama Skale Değeri	Patojenisite Sonuç
Ş1T/1	0	-	Nonpatojen	Ş9T/13	0	-	Nonpatojen
Ş1T/10	19.44	2.66	Patojen	Ş10T/4	0	-	Nonpatojen
Ş1T/21	13.31	2.33	Patojen	Sus1T/1	0	-	Nonpatojen
Ş2T/1	0	-	Nonpatojen	Sus1T/2	0	-	Nonpatojen
Ş2T/3	21.80	3	Patojen	Sus2T/2	46.68	4.33	Patojen
Ş2T/3-1	20.95	2.66	Patojen	Sus2T/4	25.87	3	Patojen
Ş2T/4	30.33	3.33	Patojen	Sus3T/3	0	-	Nonpatojen
Ş2T/5	3.46	2	Patojen	Sus3T/4	49.83	4.66	Patojen
Ş2T/15	32.53	3.66	Patojen	Sus3T/5	8.61	2	Patojen
Ş3T/1	29.36	3.33	Patojen	Sus3T/6	0	-	Nonpatojen
Ş3T/3	5.86	2	Patojen	Sus3T/7	0	-	Nonpatojen
Ş3T/4	0	-	Nonpatojen	Sus5T/3	3.99	2	Patojen
Ş3T/5	0	-	Nonpatojen	Sus6T/1	36.78	4	Patojen
Ş3T/5-1	0	-	Nonpatojen	Sus6T/4	0	-	Nonpatojen
Ş3T/9	21.69	3	Patojen	Sus6T/11	37.88	4	Patojen
Ş3T/11	0	-	Nonpatojen	Sus6T/21	2.03	2	Patojen
Ş3T/14	26.33	3.33	Patojen	Y1T/9	0	-	Nonpatojen
Ş3T/17	0	-	Nonpatojen	Y1T/13	42.76	4.33	Patojen
Ş3T/19	39.11	4	Patojen	Y1T/17	0	-	Nonpatojen
Ş3T/26	7.66	2	Patojen	Y1T/18	33.51	3.33	Patojen
Ş3T/41	5.56	2	Patojen	Y3T/1	22.94	2.66	Patojen
Ş4T/2	13.89	2.33	Patojen	Y3T/2	32.43	3.33	Patojen
Ş4T/3	33.13	3.66	Patojen	Y3T/4	0	-	Nonpatojen
Ş5T/9	7.66	2	Patojen	Y3T/6	44.1	4.33	Patojen
Ş5T/10	50	4.66	Patojen	Y3T/19	41.53	4	Patojen
Ş5T/10-1	20.69	2.66	Patojen	Y4T/1	50.32	4.66	Patojen
Ş5T/11	25.37	3	Patojen	Y4T/2	0	-	Nonpatojen
Ş5T/13	23.74	3	Patojen	Y4T/7	0	-	Nonpatojen
Ş5T/14	25.55	3	Patojen	Y4T/8	23.14		Patojen
Ş5T/16	0	-	Nonpatojen	Y5T/1	41.25	4	Patojen
Ş6T/3	0	-	Nonpatojen	Y5T/3	0	-	Nonpatojen
Ş6T/7	6.66	2	Patojen	Y5T/6	0	-	Nonpatojen
Ş6T/8	17.23	2.66	Patojen	Y5T/11	0	-	Nonpatojen
Ş6T/9	20.03	2.66	Patojen	Y5T/12	9.66	2	Patojen
Ş6T/10	39.02	4	Patojen	Y6T/1-2	41.59	4	Patojen
Ş6T/12	0	-	Nonpatojen	Y6T/2	38.85	4	Patojen
Ş6T/13	14.33	2.33	Patojen	Y6T/3	0	-	Nonpatojen
Ş6T/14	0	-	Nonpatojen	Y6T/6	0	-	Nonpatojen
Ş6T/19	0	-	Nonpatojen	Y6T/8	0	-	Nonpatojen
Ş6T/21	0	-	Nonpatojen	Y6T/9	29.89	3.66	Patojen
Ş6T/27	35.38	4	Patojen	Y7T/5	25.46	3	Patojen
Ş6T/40	16.33	2.33	Patojen	Y7T/7	28.74	3.66	Patojen
Ş6T/43	5.08	2	Patojen	İ1T/3	2.03	2	Patojen
Ş6T/49	46.90	4.33	Patojen	İ1T/11	25.35	3	Patojen
Ş6T/92	11.96	2.33	Patojen	İ1T/14	45.79	4.33	Patojen
Ş7T/2	0	-	Nonpatojen	İ1T/15	46.41	4.33	Patojen
Ş7T/5	5.66	2	Patojen	İ1T/18	54.62	5	Patojen
Ş7T/16	0	-	Nonpatojen	İ2T/1	20.67	2.66	Patojen
Ş7T/18	0	-	Nonpatojen	İ2T/3	0	-	Nonpatojen
Ş7T/21	32.49	3.66	Patojen	İ2T/5	8.03	2	Patojen
Ş8T/2	2.57	2	Patojen	İ3T/1	33.25	3.66	Patojen
Ş8T/7	0	-	Nonpatojen	İ3T/4	23.98	3	Patojen
Ş8T/12	0	-	Nonpatojen	İ3T/5	0	-	Nonpatojen
Ş8T/16	32.04	3.66	Patojen	İ4T/1	38.67	4	Patojen
Ş9T/4	4.47	2	Patojen	İ4T/5	44.86	4.33	Patojen
Ş9T/8	27.36	3	Patojen	İ4T/8	4.8	2	Patojen
Ş9T/11	16.55	2.33	Patojen	İ4T/11	3.66	2	Patojen
Ş9T/12	20.7	2.66	Patojen	İ5T/5	7.66	2	Patojen

Çizelge 2. Uşak İli Ulubey İlçesi nohut ekim alanlarında nohut bitkilerinden izole edilen *Fusarium* spp. izolatlarının kökçüklerdeki ortalama lezyon boyu ve skala değeri

İzolat No	Ortalama Lezyon Boyu (mm)	Ortalama Skale Değeri	Patojenisite Sonuç	İzolat No	Ortalama Lezyon Boyu (mm)	Ortalama Skale Değeri	Patojenisite Sonuç
A1T/1	0	-	Nonpatojen	Ü1T/5	14.01	2.33	Patojen
A1T/2	0	-	Nonpatojen	Ü1T/6	0	-	Nonpatojen
A1T/4	0	-	Nonpatojen	Ü1T/9	25.52	3	Patojen
A1T/5	35.05	3.66	Patojen	Ü1T/19	0	-	Nonpatojen
A1T/8	0	-	Nonpatojen	Ü2T/1	21.50	2.66	Patojen
A1T/10	31.57	3.33	Patojen	Ü2T/2	18.57	2.66	Patojen
A1T/11	0	-	Nonpatojen	Ü2T/10	20.64	2.66	Patojen
A1T/15	24.18	3	Patojen	Ü2T/11	0	-	Nonpatojen
A1T/30	0	-	Nonpatojen	Ü2T/13	4.81	2	Patojen
A1T/34	19.87	2.66	Patojen	Ü2T/19	5.87	2	Patojen
A1T/35	0	-	Nonpatojen	Ü2T/22	6.99	2	Patojen
A1T/36	17.89	2.66	Patojen	Ü3T/7	0	-	Nonpatojen
A2T/1	38.67	4	Patojen	Ü3T/11	0	-	Nonpatojen
A2T/2	0	-	Nonpatojen	Ü4T/1	14.66	2.33	Patojen
A2T/3	16.90	2.33	Patojen	Ü7T/4	0	-	Nonpatojen
A2T/3-2	0	-	Nonpatojen	Ü7T/32	3.89	2	Patojen
A2T/5	10.67	2.33	Patojen	Ü9T/3	0	-	Nonpatojen
A2T/6	0	-	Nonpatojen	Ü9T/5	0	-	Nonpatojen
A3T/1	24.96	3	Patojen	Ü10T/2	17.37	2.33	Patojen
A3T/3	24.46	3	Patojen	Ü10T/3	27.18	3	Patojen
A3T/17	5.97	2	Patojen	Ü10T/4	0	-	Nonpatojen
A4T/3	24.04	3	Patojen	Ü10T/4-1	21.82	2.66	Patojen
A4T/7	23.52	3	Patojen	Ü10T/26	23.39	3	Patojen
A4T/8	0	-	Nonpatojen	Ü10T/27	21.66	2.66	Patojen
A4T/8-1	24.71	3	Patojen	Ü12T/1	19.75	2.66	Patojen
A4T/13	0	-	Nonpatojen	Ü12T/1-1	21.42	2.66	Patojen
A4T/15	17.88	2.66	Patojen	Ü12T/4	0	-	Nonpatojen
A4T/42	0	-	Nonpatojen	Ü13T/3	0	-	Nonpatojen
A5T/2	23.62	3	Patojen	Ü13T/7	30.78	3.33	Patojen
A5T/11	14.55	2.33	Patojen	K1T/1	10.81	2.33	Patojen
A6T/1	0	-	Nonpatojen	K1T/3	19.99	2.66	Patojen
A6T/7	0	-	Nonpatojen	K1T/5	25.13	3	Patojen
A6T/9	0	-	Nonpatojen	K4T/5	18.87	2.66	Patojen
A6T/13	31.97	3.33	Patojen	K5T/1	0	-	Nonpatojen
A6T/17	17.06	2.66	Patojen	K5T/7	0	-	Nonpatojen
A7T/3	16.91	2.33	Patojen	K5T/11	0	-	Nonpatojen
A7T/8	11.37	2.33	Patojen	K5T/16	16.27	2.33	Patojen
A8T/1	17.07	2.66	Patojen	K5T/21	0	-	Nonpatojen
A8T/6	22.32	3	Patojen	K6T/1	0	-	Nonpatojen
A9T/1	26.21	3	Patojen	K6T/2	16.65	2.33	Patojen
A9T/8	0	-	Nonpatojen	K6T/8	16.37	2.33	Patojen
A9T/11	0	-	Nonpatojen	K7T/12	0	-	Nonpatojen
A10T/9	26.09	3	Patojen	K7T/13	26.09	3	Patojen

Çizelge 3. Uşak İli Banaz İlçesi nohut ekim alanlarında nohut bitkilerinden izole edilen *Fusarium* spp. izolatlarının kökçüklerdeki ortalama lezyon boyu ve skala değeri

İzolat No	Ortalama Lezyon Boyu (mm)	Ortalama Skala Değeri	Patojenisite Sonuç	İzolat No	Ortalama Lezyon Boyu (mm)	Ortalama Skala Değeri	Patojenisite Sonuç
Ç1T/1	15.44	2.33	Patojen	P2T/1	21.36	2.66	Patojen
Ç1T/1-1	0	-	Nonpatojen	P2T/8	11.35	2.33	Patojen
Ç1T/2	0	-	Nonpatojen	P3T/3	0	-	Nonpatojen
Ç1T/3	0	-	Nonpatojen	P3T/14	0	-	Nonpatojen
Ç2T/1	17.35	2.33	Patojen	P4T/3	18.04	2.66	Patojen
Ç2T/1-1	19.41	2.66	Patojen	P4T/4	0	-	Nonpatojen
Ç2T/2	0	-	Nonpatojen	P4T/6	0	-	Nonpatojen
Ç2T/3	0	-	Nonpatojen	P4T/12	20.84	2.66	Patojen
Ç2T/43	0	-	Nonpatojen	P4T/20	0	-	Nonpatojen
Ç2T/43-1	19.01	2.66	Patojen	P5T/1	19.99	2.66	Patojen
Ç2T/44	0	-	Nonpatojen	P5T/8	23.14	3	Patojen
Ç2T/45	16.35	2.33	Patojen	P6T/3	0	-	Nonpatojen
Ç3T/16	14.57	2.33	Patojen	P6T/7	30.91	3.33	Patojen
Ç3T/16-1	18.53	2.33	Patojen	P6T/9	0	-	Nonpatojen
Ç3T/18	0	-	Nonpatojen	P6T/13	0	-	Nonpatojen
Ç3T/30	0	-	Nonpatojen	P6T/15	8.37	2	Patojen
Ç3T/74	15.4	2.33	Patojen	P8T/2	11.33	2.33	Patojen
Ç5T/2	0	-	Nonpatojen	P8T/4	0	-	Nonpatojen
Ç5T/2-1	24.82	3	Patojen	P8T/10	0	-	Nonpatojen
Ç5T/6	0	-	Nonpatojen	P9T/4	18.47	2.66	Patojen
Ç5T/13	0	-	Nonpatojen	P9T/13	20.01	2.66	Patojen
Ç5T/13-1	9.44	2	Patojen	K1T/2	0	-	Nonpatojen
Ç6T/1	18.98	2.66	Patojen	K1T/3	16.79	2.33	Patojen
Ç6T/2	16.91	2.33	Patojen	K1T/11	0	-	Nonpatojen
Ç6T/3	0	-	Nonpatojen	K1T/14	19.85	2.66	Patojen
Ç6T/11	12.89	2.33	Patojen	K2T/1	16.52	2.33	Patojen
Ç7T/3	0	-	Nonpatojen	K2T/2	24.72	3	Patojen
Ç7T/10	35.83	4	Patojen	K2T/11	0	-	Nonpatojen
Ç7T/13	23.83	3	Patojen	K2T/23	0	-	Nonpatojen
Ç7T/16	16.15	2.33	Patojen	K2T/35	21.45	3	Patojen
Ç7T/24	0	-	Nonpatojen	K3T/1	0	-	Nonpatojen
Ç7T/28	13.82	2.33	Patojen	K3T/1-1	0	-	Nonpatojen
Ç7T/42	0	-	Nonpatojen	K3T/2	11.98	2.33	Patojen
P1T/1	13.52	2.33	Patojen	K3T/7	23.56	3	Patojen
P1T/3	14.89	2.33	Patojen	K4T/5	5.48	2	Patojen
P1T/9	0	-	Nonpatojen	K5T/4	0	-	Nonpatojen
P1T/20	12.57	2.33	Patojen	K5T/12	0	-	Nonpatojen
P1T/63	0	-	Nonpatojen	K5T/16	15.27	2.33	Patojen

İkili kültür metodu

Fusarium oxysporum'a karşı non-patojen *Fusarium* spp'nin antagonistik etkisi *in vitro* koşullarda Patates Dekstroz Agar (PDA) besi

ortamında ikili kültür yöntemi (Fungal Disk Yöntemi) kullanılarak belirlenmiştir (Thongkamngam ve Jaenaksorn, 2017). Bu amaçla hem non-patojen *Fusarium* spp. hem de

patojen *F. oxysporum* izolatının PDA besi yerinde geliştirilen 7 günlük kültürlerinden, 5 mm çapında mantar deliciyle ayrı ayrı diskler alınarak (petriye 5 cm boşluk olacak şekilde) yine PDA içeren steril petri kabının köşelerine ekimleri yapılmıştır. Kontrol petrilere ise sadece patojen fungusun ekimleri yapılmıştır. Ekimleri yapılan petri kaplarının etrafı streç film ile kapatılarak $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra kontrol petrisindeki patojenin ve ikili kültürde iki fungus arasında oluşan engelleme zonu (IZ) inokulasyonun 3., 5., 7. ve 9. günlerinde dijital kumpas yardımıyla ölçülerek değerlendirilmiştir. Her non-patojen-patojen fungus kombinasyonu için denemeler 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür (Thongkamngam ve Jaenaksorn, 2017). Engelleme yüzdesi: $((D1-D2)/D1) \times 100$
 D1: Kontroldeki patojenin koloni çapı
 D2: İkili kültürdeki patojenin koloni çapı formülüne göre hesaplanmıştır.

İstatistik analizler

Çalışmada antagonistik etkisi değerlendirilen non-patojen sayısının çokluğu (105 adet) ve tekrar sayısının azlığı (3) klasik varyans analizi tekniği ile çözüme imkan vermemektedir. Bundan dolayı her bir non patojen için karışık etkiler yöntemi kullanılarak şansa bağlı kesim (Random Intercepts) ve farklı günlerdeki antagonistik etkilerinin eğim (Random Slopes) parametreleri hesaplanmıştır. Non-patojenlerin antagonistik etkilerine göre sınıflandırılması, kesim noktaları ve farklı günlerdeki eğim parametreleri dikkate alınarak hiyerarşik Wards's kümeleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kümeleme analizi sonucunda miseliyal gelişimi bakımından farklılaşmış üç grup elde edilmiştir. Bu üç grup ile kontrol grubu miseliyal gelişim ortalamaları, 3., 5., 7. ve 9. günlerin her biri için tek yönlü varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SAS 9.4 yazılımı ile Minitab 17.1 yazılımları kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Uşak İli nohut ekim alanlarından (Merkez, Ulubey ve Banaz ilçeleri) toplanan nohut bitkilerinden toplamda 278 adet *Fusarium* spp. izolatı elde edilmiş ve yapılan patojenisite çalışmaları sonucunda izolatların % 60.43'ünün (168) patojen, 110 izolatın ise patojen olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1, 2 ve 3). Uşak İli Merkez ilçeden izole edilen toplam 116 izolattan yaklaşık

% 33.6 (39 izolat)'sının nohut tohumlarının kökçüklerinde lezyon oluşturmadığı ve non-patojen olduğu bulunmuştur (Çizelge 1). Ulubey ilçesinden 86 *Fusarium* izolatının 35'i (% 40.7) ve Banaz ilçesinin ise 76 izolattan yaklaşık % 47.4'ünün (36 izolat) patojenisite çalışması sonucunda patojen olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

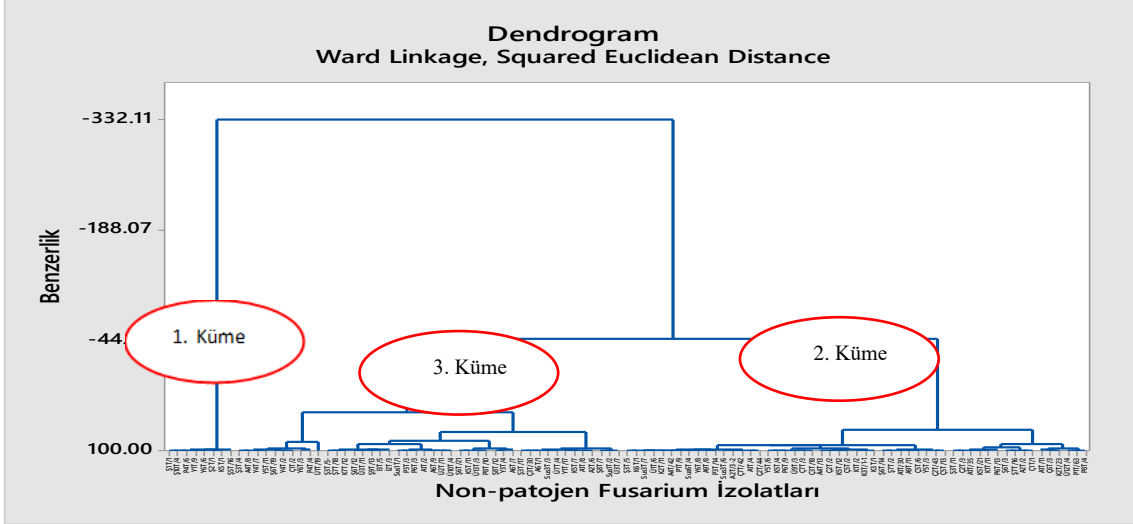
Ülkemizde yapılan surveylerde Ankara'da nohut ekim alanlarında en yaygın solgunluk patojeninin *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (% 49), kök patojeninin ise *Fusarium solani* (%34) olduğunu (Dolar, 1996) ve daha sonra 31 *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* izolatının farklı nohut çeşitlerinde (JG-62, C-104, JG-74, CPS-1, BG-212, WR-315, Annigeri, Chafa, L-550, 850-3/27) çeşit reaksiyonlarını belirlemiş ve bu bölgede patojenin 0, 2 ve 3 nolu ırklarının bulunduğu tespit etmişlerdir (Dolar, 1997). Demirci ve ark. (1999), Doğu Anadolu'da geliştirilen Aziziye-94 nohut çeşidinde, *Fusarium solani* f. sp. *pisi* ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*'i yaygın olduğunu ve bunlara ilaveten *F. acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. equiseti* ve *Rhizoctonia solani* (AG-5) etmenlerinin görüldüğünü de gözlemlemişlerdir. Ülkemizde 15 farklı ilde nohut alanlarında yapılan survey çalışmasında, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. semitectum*, *F. acuminatum*, *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani*'nin solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olduğu saptanmıştır. İzolasyonlarda *F. oxysporum*'un en yaygın izole edilen patojen olduğu ve bunu *F. solani* ve *M. phaseolina*'nin takip ettiği bildirilmiştir (Bayraktar ve Dolar, 2009). Benzer şekilde; Bayraktar ve Dolar (2012), Türkiye'nin dört bölgesinden toplam sekiz ilden nohut üretim alanlarından *Fusarium oxyporum* f. sp. *ciceris* izole etmişler ve bu izolatlara karşı nohut çeşitlerinin (JG 62, C 104, JG 74, CPS 1, BG 212, WR 315, Annigeri, Chafa, L 550, 850-3/27) çeşit reaksiyonunu belirlemişler ve çalışma sonucunda sonucunda bu bölgelerde patojenin 0, 2 ve 3 nolu ırklarının bulunduğunu bildirmişlerdir. Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgelerini temsil eden izolatlar arasında 0 ve 2 nolu ırklar yaygın olarak bulunurken, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise 0 ve 3 nolu ırkların yaygın olarak bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Dubey ve ark. (2010), Hindistan'ın farklı bölgelerinden topladıkları nohut bitkilerinden izole ettikleri 246 *Fusarium* izolatını morfolojik özelliklerine tanılamışlar ve patojenisite testleri sonucunda bu izolatlardan 112' sinin nohutta

patojen olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* olduklarını bulmuşlardır.

Çalışmada virülensliği yüksek olan *Fusarium oxysporum* izolatu seçilmiş (İ1T/18) ve non-patojen olduğu belirlenen 110 *Fusarium* spp. izolatının ikili kültür yöntemiyle antagonistik etkileri belirlenmiştir. Kontroldeki

F.oxysporum'un misel gelişimi petriyi kapladığı anda değerlendirme sonlandırılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda, non-patojenler antagonistik etkilerine göre sınıflandırılmışlardır. Bu amaçla sonuçların istatistiksel açıdan yorumlanabilmesi için hiyerarşik Wards's kümeleme yöntemi kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının 3, 5, 7, ve 9. günlerdeki antagonistik etkilerine göre sınıflandırılması

Kümeleme analizi sonucunda miseliyal gelişimi bakımından farklılaşmış üç grup elde edilmiştir (Çizelge 4, 5 ve 6). Kümeler kesim noktaları ve farklı günlerdeki eğim parametreleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Çizelge 4'te I. Küme de bulunan non-patojen izolatlar (8 izolat) farklı zamanlarda (3, 5, 7 ve 9. günlerde) patojenin miseliyal gelişimini engellediği ve % engelleme oranlarının da (%10-27.24) daha düşük bulunması nedeniyle aynı küme (I. Küme) de yer almışlardır. Bu kümenin istatistiksel açıdan antagonist potansiyeli en düşük olan non-patojenleri kapsadığı görülmektedir. Oluşan her 3 küme de de engelleme yüzdesi aritmetik olarak artmış ve 9. günde her non-patojen için en iyi engelleme 9. günde kaydedilmiştir (Çizelge 4, 5 ve 6). Kümeleme analizi oluşan II. Küme antagonistik etki gösteren non patojenlerin yaklaşık % 50,5'ini oluşturmakta olup, bu kümede bulunan izolatların miseliyal gelişimin ölçüldüğü son günde (9. gün) patojene karşı % 23.32-35.38 engelleme etkisi gösterdiği kaydedilmiştir (Çizelge 5). II. Kümenin I. Kümeye göre daha yüksek antagonistik potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. (Çizelge 4 ve 5). Çizelge 6'da kümeleme analizi sonucunda çalışmada kullanılan non-patojenlerin yaklaşık % 42'si III.

Kümede yer almış ve farklı günlerdeki miseliyal gelişim parametreleri değerlendirildiğinde diğer kümelerden daha yüksek antagonistik etki gösterdiği belirlenmiştir. 9. günde (son değerlendirme) elde edilen verilere göre, miseliyal gelişimi engelleme etkisi en düşük % 30.48, en yüksek ise % 52.14 olarak kaydedilmiştir. Bu küme içinde patojeni engelleme etkisi en yüksek izolat P8T/10 izolatu (% 52.14) olurken, diğer 15 non-patojen *Fusarium* izolatu (Ü1T/19, Ü2T/11, Ü3T/7, Ü3T/11, Ü7T/4, Ü10T/4, Ü13T/3, K5T/7, K5T/11, K7T/12, Ç1T/2, Ç3T/30, P3T/3, P4T/4, P6T/3) ise % 40.08-44.47 arasında engelleme etkisi göstermiştir (Çizelge 6). Patojen *Fusarium oxysporum*'un miseliyal gelişimini engelleme bakımından en iyi olduğu belirlenen III. Küme'deki non-patojenler için tekrar şansa bağlı kesim ve eğim parametreleri hesaplanmış ve bu değerler yeniden kümeleme analizine tabi tutulmuştur.

A1T/1, Ü9T/5, Ç1T/3, Ç7T/24 ve P4T/20 izolatları bulaşma nedeniyle elden çıktığı için ikili kültüre alınamamıştır. Elde edilen sonuçlara göre non-patojen olan 105 *Fusarium* izolatu PDA besi ortamında ikili kültürde antagonistik etki gösterirken, bunlardan 87'si patojenin

büyümesini engellemiş ve besi ortamında daha hızlı gelişme göstermiştir. K5T/12, Ş6T/3, K5T/4, Ç1T/1, Ü7T/4, A6T/7, P8T/10, Sus3T/6, P6T/3, K2T/23, K5T/11, P6T/9, P3T/3, Y4T/2, Y4T/7, Ü3T/11, P4T/4, P1T/9, P3T/14, K5T/7, Ç3T/30, A4T/13, K2T/11, Ş3T/5, İ3T/5, K1T/11, Ş8T/12, İ2T/3, izolatları ise *F.oxysporum*'a karşı engelleme zonu oluşturmuştur (Çizelge 4, 5 ve 6). Çalışmada elde edilen 3 kümenin 3., 5., 7. ve 9. günlerdeki miseliyal gelişimleri varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmış ve 3 kümede gruplanan non-patojen *Fusarium* izolatlarının miseliyal gelişim ortalamaları kontrol ile karşılaştırıldığında her 3 kümede kontrolden farklı bulunmuştur (Şekil 2, Çizelge 7). Her kümenin 3. gün miseliyal gelişim

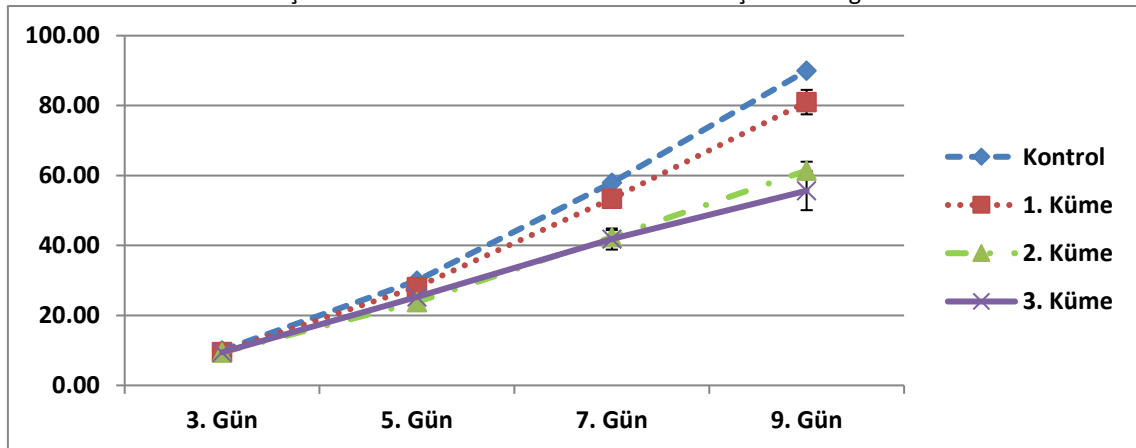
ortalamaları kontrolden farklı ancak istatistiksel olarak birbiri ile aynı grupta yer almıştır. Değerlendirmenin 9. gününde ise antagonist potansiyeline sahip olan bu 3 küme de istatistiksel açıdan farklı gruplarda bulunmuştur. En yüksek antagonistik etki gösteren III. Küme olurken (% 38.14), en düşük etki gösteren ise % 13.54 engelleme oranı ile I. Küme belirlenmiştir (Çizelge 7). Bir çok araştırmacı tarafından; çeşitli bitkilerde patojen olan *Fusarium* spp.'nin biyolojik mücadelesine yönelik çalışmalarda saprofit veya non-patojen *Fusarium* izolatlarının kullanıldığı bilinmektedir (Shishido ve ark., 2005; Abeyasinghe, 2006; Nel ve ark., 2006; Kaur ve ark., 2007; Joshi ve ark., 2012).

Çizelge 4. Non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının (I. Küme) farklı günlerdeki miseliyal gelişimi (mm) ve engelleme oranları (%)

İzolat	3. Gün		5. Gün		7. Gün		9. Gün	
	MG*	MGE (%)**	MG	MGE (%)	MG	MGE (%)	MG	MGE (%)
Ş1T/1	9.58±0.03	4.20	28.32±0.04	5.60	53.41±0.04	7.91	81.00±0.01	10.00
Ş2T/1	9.48±0.82	5.20	28.06±0.10	6.47	51.16±0.07	11.79	80.00±0.15	11.11
Ş5T/16	9.83±0.05	1.70	28.54±0.06	4.87	54.23±0.06	6.50	78.00±0.07	13.33
Ş10T/4	9.46±0.07	5.40	28.04±0.04	6.53	53.67±0.03	7.47	81.00±0.04	10.00
Y1T/9	9.31±0.11	6.90	27.37±0.05	8.77	53.18±0.05	8.31	79.00±0.03	12.22
Y6T/6	9.60±0.13	4.00	28.10±0.03	6.33	53.09±0.02	8.47	80.00±0.12	11.11
K5T/1	9.37±0.02	5.30	27.38±0.03	25.53	51.02±0.10	25.55	78.00±0.05	27.24
P4T/6	9.77±0.03	7.30	27.55±0.06	23.07	53.00±0.05	25.28	82.00±0.08	26.81
Genel	9.55±0.30	4.44	27.92±0.42	9.68	52.85±1.10	11.25	79.88±1.39	13.54

*MG: Misel Gelişim

**MGE: Misel Gelişiminin Engellenmesi



Şekil 2. Farklı kümelerde gruplanan non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının farklı günlerdeki miseliyal gelişim (mm) eğrisi ve kontrol

Yapılan bir çalışmada nohutta *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* ırk 5'e karşı non-patojen *Fusarium oxysporum*, *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas fluorescens* biyolojik etmenleri ile tohum ve toprak uygulamalarının hastalığı baskı

altına almakla birlikte tohum verimini de arttırdığı ifade edilmiştir (Landa ve ark., 2004). Başka bir çalışmada ICCV 4 ve PV 61 kabulü nohut çeşitlerinin metilselüloz ile süspansedilmiş non-patojen *Fusarium oxysporum* (Fo 90105)

izolatı ile yapılan tohum uygulaması hastalık gelişimini geciktirdiği ve hastalık yoğunluğunu azalttığı sonucuna varmışlardır (Hervas ve ark, 1997). *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*'in oldukça şiddetli virulent ırkına karşı (*Foc* ırk 5), *Foc* ırk 0 ve non-patojen *Fusarium oxysporum*'un uyarıcı olarak kullanıldığı bir çalışmada ise non-patojen *Fusarium oxysporum*'un hastalığı baskılamada *Foc* ırk 0'dan daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Cachinero ve ark., 2002).

Hindistan'da yapılan bir çalışmada, çeşitli bitkilerin kök bölgesindeki topraklardan izole edilen *Fusarium* spp. patojenisite yapılmış ve domates, güvercin bezelyesi, nohut, yer fıstığı, kırmızı biber, karpuz, hintyağı otu ve muz bitkilerinden izole edilen izolatlar arasında 6 izolat non-patojen olarak bulunmuştur. Non-patojen izolatlar, saksı koşullarında patojen inokule edilmiş domates bitkilerinde hastalığın gelişimini azaltmış ve bitki gelişimi teşvik etmiştir. Bu non-patojen *Fusarium* izolatlarının bitkiler üzerindeki etkisinin belirlenmesi için büyüme parametrelerini (kök/sürgün uzunluğu ve ağırlığı) kaydetmişlerdir. Non-patojen *Fusarium* izolatları solgunluk hastalığının biyolojik mücadelesinde kullanılabilirliği belirtilmiştir (Patil ve ark., 2011). *F. oxysporum* f.sp. *radicis-cucumerinum*'a karşı Sri Lanka'da non-patojen üç *F. oxysporum* izolatının *in vitro* koşullarda antagonistik bir potansiyele sahip olduğu bulunurken (Abeyasinghe, 2006), benzer şekilde Hindistan'da (Karnataka) domatesin kök bölgesinden izole edilen 7 izolatın ise domates solgunluk etmenini *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*'ye karşı rekabet mekanizması ile *in vitro* koşullarda yaklaşık % 24-40 engelleme ile antagonistik potansiyeli olduğunu belirlemişlerdir (Patil ve ark., 2011).

Yapılan başka bir çalışmada, Karpuz solgunluğu hastalığına neden olan, *F. oxysporum* f. sp. *niveum*' a karşı non-patojen *Fusarium* (UAS NPFu-1, UAS NPFu-2, UAS NPFu-3, UAS NPFu-4, UAS NPFu-5, UAS NPFu-6, NBAlI NPFu-24 ve USDA Fo47) kültürlerinin ikili kültür yöntemiyle antagonistik etkisini belirlemişlerdir. İnokulasyondan 4 gün sonra yapılan ölçümlerde, USDA Fo47 (1.80 cm) ve UAS NPFu2 izolatında (1.70 cm) patojenin koloni çapı her iki izolatta en düşük kaydedilirken, patojenin kontrol petrisindeki koloni çapı 4.20 cm olarak ölçülmüştür. Non-patojen *Fusarium* izolatlarının antagonistik etkisinde yüzde engelleme oranlarında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. UAS NPFu2 (% 59.52) ve USDA Fo47 (% 57.14)

izolatlarının patojeni engelleme oranının en yüksek olduğu bulunmuş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı ifade edilmiştir. En düşük engelleme oranı % 40.47 ile UAS NPFu3 ve UAS NPFu4 izolatlarında kaydedilmiştir (Raghuandan ve ark., 2014). İnokulasyonun yedinci gününde, UAS NPFu2'ye (2.20 cm) ve bunu takiben USDA Fo47 izolatında (2.40 cm) patojenin miseliyal gelişiminin en küçük olduğunu kaydetmişlerdir. Kontrol petrilerinde patojenin koloni çapını 5.80 cm olarak ölçmüşlerdir. İzolatların misel gelişimini engelleme potansiyelinde önemli farklılıklar olduğunu gözlemişlerdir. En yüksek engelleme UAS NPFu2 (% 62.06), bunu takiben UAS NPFu6 ve USDA Fo47 (% 58.62) izolatları olmuş ve ayrıca en düşük engelleme oranı UAS NPFu4 (% 37.93) izolatında olduğunu kaydetmişlerdir (Raghuandan ve ark., 2014). Mevcut çalışmada *in vitro* koşullarda non-patojen *Fusarium* spp.'nin patojen *Fusarium* izolatının gelişiminde önemli ölçüde engelleme gösterdiği, yer ve beslenme için rekabet mekanizması ikili kültür çalışmalarında ortaya koymuşlardır. Entegre hastalık yönetiminde non-patojen *Fusarium* spp.'nin kullanılabilirliği için patojen *Fusarium* izolatına karşı sistemik uyarılmış dayanıklılığın diğer mekanizmaları ve biyo-etkinliği *in vivo* çalışmalarla belirlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir (Raghuandan ve ark., 2014). Benzer şekilde, Patil ve ark. (2011)'nin yaptıkları çalışmada da, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*'nin gelişimini non patojen türlerin engellediği ifade edilmiştir. Bu non-patojen *Fusarium* izolatları (Fu4, Fu3, Fu24 ve Fu25) patojenin gelişimini % 32-40 oranında engellediği ve en iyi etkiyi Fu25 izolatının gösterdiğini belirtmişlerdir.

Nohutta *Fusarium* solgunluk hastalığına karşı non-patojen olan 110 *Fusarium* spp.'nin *in vitro* koşullarda antagonistik etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, çalışmada kullanılan non-patojen *Fusarium* izolatlarının *Fusarium oxysporum* 'un misel gelişimini farklı oranlarda engellediği bulunmuştur. O nedenle bu izolatların *in vivo* koşullarda da denenmesi ve ümit var sonuçlar elde edildiğinde ise, biyolojik mücadelede bu non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının potansiyel antagonist mikroorganizmalar olarak kullanılabilirliği ve hastalık yoğunluğunu baskı altına alabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5. Non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının (II. Küme) farklı günlerdeki miseliyal gelişimi (mm) ve engelleme oranları (%)

İzolot	3. Gün		5. Gün		7. Gün		9. Gün	
	MG(mm)	MGE(%)	MG(mm)	MGE(%)	MG(mm)	MGE(%)	MG(mm)	MGE(%)
Ş3T/5	9.27±0.08	7.30	23.74±0.1	20.87	43.42±0.04	25.14	60.91±0.02	32.32
Ş3T/11	9.36±0.04	6.40	22.74±0.03	24.20	42.29±0.03	27.09	62.28±0.08	30.80
Ş6T/3	9.66±0.04	3.40	27.57±0.1	8.10	46.51±0.03	19.81	63.8±0.04	29.11
Ş6T/14	9.65±0.04	3.50	20.75±0.06	30.83	38.9±0.03	32.93	60.07±0.03	33.26
Ş7T/2	9.63±0.07	3.70	20±2.34	33.33	38.57±0.05	33.50	58.93±0.08	34.52
Ş7T/16	9.82±0.18	1.80	28.49±0.03	5.03	45.47±0.03	21.60	62.59±0.03	30.46
Sus3T/6	9.35±0.14	6.50	23.2±0.02	22.67	41.53±0.07	28.40	60.23±0.07	33.08
Sus3T/7	9.47±0.1	5.30	23.56±0.06	21.47	42.77±0.03	26.26	60±0.12	33.33
Sus6T/4	9.29±0.15	7.10	24.43±1.79	18.57	44.79±0.15	22.78	61.02±0.08	32.20
Y5T/3	9.48±0.11	5.20	21.96±1.76	26.80	41.22±0.05	28.93	62.86±0.05	30.16
Y5T/6	9.37±0.12	6.30	24.15±0.06	19.50	40.11±0.09	30.84	60.53±0.05	32.74
Y6T/8	9.19±0.1	8.10	24.17±0.09	19.43	44.82±0.03	22.72	61.33±0.04	31.86
A1T/4	9.4±0.09	6.00	22.81±0.27	23.97	42.05±0.05	27.50	60.9±0.04	32.33
A1T/11	9.15±0.06	8.50	25.72±0.03	14.27	46.17±0.05	20.40	64.97±0.09	27.81
A1T/30	9.51±0.09	4.90	21.05±0.08	29.83	39.78±0.05	31.41	58.16±0.07	35.38
A1T/35	9.47±0.07	5.30	24.86±0.05	17.13	43.54±0.06	24.93	63.95±0.1	28.94
A2T/2	9.34±0.08	6.60	26.29±0.05	12.37	43.63±0.1	24.78	62.87±0.07	30.14
A2T/3-2	9.5±0.11	5.00	22.78±0.03	24.07	42.15±0.08	27.33	60.11±0.05	33.21
A4T/13	9.69±0.08	3.10	24.59±1.71	18.03	42.06±0.06	27.48	60.17±0.04	33.14
A4T/42	9.35±0.11	6.50	22.5±0.04	25.00	43.18±0.1	25.55	59.71±0.06	33.66
A9T/8	9.88±0.03	1.20	23.56±0.06	21.47	43.24±0.07	25.45	58.82±0.05	34.64
A9T/11	9.48±0.05	5.20	21.78±0.1	27.40	40.36±0.07	30.41	59.25±0.05	34.17
Ü1T/6	9.56±0.01	4.40	23.65±0.04	21.17	42.92±0.04	26.00	59.85±0.12	33.50
Ü9T/3	9.87±0.03	1.30	25.76±0.1	14.13	43.27±0.11	25.40	62.63±0.04	30.41
Ü12T/4	9.47±0.04	5.30	22.34±0.06	25.53	43.18±0.11	25.55	65.48±0.07	27.24
K5T/21	9.46±0.04	5.40	24.59±0.42	18.03	42.88±0.11	26.07	62.95±0.07	30.06
K6T/1	9.33±0.06	6.70	23.17±0.11	22.77	43.33±0.05	25.29	60.31±0.03	32.99
Ç1T/1	9.4±0.01	6.00	27.16±0.06	9.47	44.14±0.06	23.90	62.66±0.07	30.38
Ç2T/2	9.63±0.06	3.70	25.15±0.95	16.17	41.39±0.1	28.64	59.4±0.03	34.00
Ç2T/3	9.26±0.07	7.40	23.49±0.07	21.70	43.22±0.04	25.48	63.53±0.09	29.41
Ç2T/43	9.59±0.01	4.10	21.82±0.03	27.27	40.73±0.06	29.78	60.94±0.14	32.29
Ç2T/44	9.6±0.05	4.00	21.98±0.06	26.73	41.9±0.03	27.76	60.77±0.04	32.48
Ç3T/18	9.78±0.06	2.20	24.53±0.09	18.23	42.01±0.09	27.57	61.65±0.05	31.50
Ç5T/2	9.47±0.02	5.30	25.13±0.9	16.23	42.1±0.03	27.41	58.99±0.03	34.46
Ç5T/6	9.55±0.03	4.50	21.77±1.29	27.43	40.61±0.08	29.98	60.08±0.03	33.24
Ç5T/13	9.53±0.07	4.70	21.53±0.05	28.23	39.97±0.05	31.09	60.59±0.07	32.68
Ç6T/3	9.42±0.04	5.80	28.23±2.96	5.90	47.07±0.08	18.84	67.91±0.06	24.54
Ç7T/3	9.4±0.02	6.00	25.19±0.03	16.03	42.18±0.06	27.28	61.93±0.08	31.19
Ç7T/42	9.15±0.08	8.50	22.24±2.29	25.87	42.03±0.08	27.53	60.03±0.02	33.30
P1T/9	9.51±0.04	4.90	22.64±0.74	24.53	43.38±0.1	25.21	59.56±0.06	33.82
P1T/63	9.27±0.04	7.30	23.08±0.36	23.07	43.34±0.06	25.28	65.87±0.04	26.81
P3T/14	9.34±0.02	6.60	22.44±0.05	25.20	41.59±0.06	28.29	58±0.04	35.56
P6T/9	9.29±0.04	7.10	25.19±0.04	16.03	40.88±0.07	29.52	62.09±0.02	31.01
P6T/13	9.38±0.06	6.20	24.89±0.03	17.03	42.73±0.08	26.33	65.25±0.05	27.50
P8T/4	9.47±0.05	5.30	22.96±0.2	23.47	44.58±0.05	23.14	66.85±0.12	25.72
K1T/2	9.42±0.03	5.80	23.48±1.18	21.73	40.03±0.07	30.98	58.42±0.05	35.09
K1T/11	9.29±0.02	7.10	24±0.09	20.00	43.13±0.05	25.64	61.96±0.08	31.16
K2T/11	9.36±0.03	6.40	23.84±0.06	20.53	43.49±0.07	25.02	60.09±0.04	33.23
K2T/23	9.41±0.05	5.90	26.33±0.93	12.23	46.67±0.07	19.53	69.01±0.05	23.32
K3T/1	9.38±0.04	6.20	24.26±0.61	19.13	39.11±0.07	32.57	58.73±0.09	34.74
K3T/1-1	9.67±0.04	3.30	23.57±1.72	21.43	40.22±0.04	30.66	58.93±0.07	34.52
K5T/4	9.35±0.02	6.50	24.67±1.14	17.77	40.84±0.06	29.59	60.17±0.03	33.14
K5T/12	9.25±0.07	7.50	24.2±2.15	19.33	40.97±0.06	29.36	58.45±0.07	35.06
Genel	9.46±0.18	5.40	23.85±1.95	20.50	42.46±1.95	26.79	61.44±2.51	31.73

Çizelge 6. Non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının (III. Küme) farklı günlerdeki miseliyal gelişimi (mm) ve engelleme oranları (%)

İzolat	3. Gün		5. Gün		7. Gün		9. Gün	
	MG	MGE	MG	MGE	MG	MGE	MG	MGE
Ş3T/4	9.28±0.38	7.20	28.62±0.61	4.60	46.83±0.04	19.26	62.57±0.2	30.48
Ş3T/5-	9.37±0.11	6.30	28.01±0.04	6.63	46.89±0.07	19.16	61.38±0.08	31.80
Ş3T/17	9.52±0.07	4.80	26.94±0.04	10.20	46.51±0.1	19.81	60.76±0.09	32.49
Ş6T/12	9.27±0.17	7.30	25.84±0.04	13.87	45.61±0.16	21.36	60.66±0.04	32.60
Ş6T/19	9.39±0.08	6.10	26.43±0.03	11.90	44.66±0.08	23.00	60.49±0.04	32.79
Ş6T/21	9.79±0.11	2.10	25.32±0.03	15.60	44.89±0.1	22.60	60.27±0.04	33.03
Ş7T/18	9.33±0.03	6.70	27.03±0.18	9.90	46.95±0.05	19.05	60.07±31.71	33.26
Ş8T/7	9.33±0.14	6.70	26.9±1.94	10.33	42.46±0.07	26.79	59.94±0.05	33.40
Ş8T/12	9.42±0.07	5.80	25.26±0.03	15.80	45.43±0.07	21.67	59.76±0.03	33.60
Ş9T/13	9.73±0.04	2.70	25.64±0.24	14.53	44.31±0.04	23.60	59.27±0.15	34.14
Sus1T/1	9.49±0.08	5.10	26.95±0.04	10.17	44.47±0.07	23.33	58.83±0.04	34.63
Sus1T/2	9.28±0.21	7.20	26.99±1.3	10.03	42.03±0.03	27.53	58.34±0.04	35.18
Sus3T/3	9.23±0.15	7.70	25.86±1.7	13.80	40.66±0.07	29.90	58.13±0.04	35.41
Y1T/17	9.39±0.06	6.10	26.22±0.28	12.60	41.29±0.11	28.81	58±0.02	35.56
Y3T/4	9.88±0.07	1.20	27.63±0.01	7.90	40.14±0.05	30.79	57.67±0.03	35.92
Y4T/2	9.45±0.06	5.50	25.13±0.93	16.23	45.17±0.07	22.12	57.58±0.11	36.02
Y4T/7	9.51±0.04	4.90	24.99±0.06	16.70	42.06±0.04	27.48	57.54±0.05	36.07
Y5T/11	9.52±0.04	4.80	26.3±0.13	12.33	43.94±0.12	24.24	57.28±0.01	36.36
Y6T/3	9.5±0.07	5.00	26.5±0.04	11.67	40.61±0.03	29.98	57.03±0.04	36.63
İ2T/3	9.71±0.07	2.90	24.16±0.03	19.47	41.21±0.05	28.95	56.62±0.07	37.09
İ3T/5	9.39±0.08	6.10	23.01±1.02	23.30	41.54±0.06	28.38	56.31±0.06	37.43
A1T/2	9.35±0.12	6.50	27.08±0.04	9.73	42.11±0.09	27.40	56.23±0.04	37.52
A1T/8	9.56±0.11	4.40	28.03±0.48	6.57	40.16±0.12	30.76	56.03±0.04	37.74
A2T/6	9.42±0.08	5.80	28.76±0.04	4.13	43.29±0.08	25.36	55.45±0.02	38.39
A4T/8	9.68±0.01	3.20	23.59±0.08	21.37	40.19±0.04	30.71	55.27±0.06	38.59
A6T/1	9.13±0.03	8.70	20.96±0.04	30.13	38.19±0.09	34.16	55.08±1.85	38.80
A6T/7	9.78±0.06	2.20	28.05±0.47	6.50	43.25±0.04	25.43	54.63±0.06	39.30
A6T/9	9.57±0.08	4.30	26.73±1.48	10.90	44.23±0.07	23.74	54.49±0.07	39.46
Ü1T/19	9.81±0.02	1.90	26.92±0.31	10.27	40.62±0.03	29.97	53.93±0.05	40.08
Ü2T/11	9.47±0.07	5.30	22.6±1.38	24.67	40.58±0.05	30.03	53.89±0.05	40.12
Ü3T/7	9.37±0.11	6.30	25.23±0.02	15.90	43.34±0.06	25.28	53.81±0.04	40.21
Ü3T/11	9.26±0.13	7.40	21.74±0.06	27.53	38.49±0.08	33.64	53.67±0.13	40.37
Ü7T/4	9.2±0.15	8.00	22.76±0.05	24.13	39.91±0.06	31.19	53.49±0.04	40.57
Ü10T/4	9.76±0.12	2.40	23.49±0.11	21.70	40.57±0.05	30.05	52.71±0.12	41.43
Ü13T/3	9.19±0.03	8.10	27.32±0.07	8.93	45.56±0.1	21.45	52.7±0.07	41.44
K5T/7	9.65±0.12	3.50	25.6±0.04	14.67	36.17±0.09	37.64	51.61±0.09	42.66
K5T/11	9.24±0.01	7.60	23.1±0.05	23.00	40.12±0.07	30.83	51.57±0.06	42.70
K7T/12	9.6±0.08	4.00	24.05±0.07	19.83	37.84±0.13	34.76	51.48±0.06	42.80
Ç1T/2	9.45±0.03	5.50	22.83±0.85	23.90	39.68±0.2	31.59	51.45±0.06	42.83
Ç3T/30	9.32±0.05	6.80	24.4±0.05	18.67	38.99±0.13	32.78	50.29±0.07	44.12
P3T/3	9.43±0.17	5.70	21.77±2.88	27.43	36.88±0.08	36.41	49.99±0.05	44.46
P4T/4	9.28±0.03	7.20	22.31±0.03	25.63	38.68±0.07	33.31	49.99±0.03	44.46
P6T/3	9.21±0.12	7.90	20.67±0.07	31.10	34.6±0.09	40.34	49.98±0.02	44.47
P8T/10	9.48±0.05	5.20	23.7±0.06	21.00	40.13±0.11	30.81	43.07±0.04	52.14
Genel	9.45±0.21	5.50	25.26±2.22	15.80	41.85±3.01	27.84	55.67±5.57	38.14

Sonuç ve Öneriler

Dünya genelinde nohut üretimi yapılan birçok alanda *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*'in (Padwick) Matuo ve K. Sato'nun neden olduğu *Fusarium* solgunluğu, tohum ve toprak kökenli olduğundan mücadelesi oldukça zor olduğu bilinmektedir. *Fusarium*'un farklı patojenik ırklarının olması ve herhangi bir adaptasyon durumunda yeni ırkların ortaya çıkma durumu dayanıklı çeşit kullanımını oldukça sınırlamaktadır. Patojene karşı etkili bir kimyasal mücadele programı da bulunmamakla birlikte; son yıllarda pestisitlerin insan, hayvan ve çevre üzerindeki tehlikeli etkileri konusunda endişeleri arttırmaktadır. Bunun yanı sıra pestisitlerin yoğun kullanımı, bu pestisitlere karşı patojen direncinde de artışa neden olabilmektedir. Hastalıkla mücadelede dünya genelinde en etkili ve pratik yöntemlerden biri de dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır. Ancak dayanıklı çeşit kullanımının etkililiği, *Foc*'ta farklı patojenik ırkların ortaya çıkması ile

kısıtlanmaktadır. Bu tür sorunlar, hastalıkların mücadelesinde biyolojik mücadele gibi alternatif yaklaşımların araştırılmasını teşvik etmektedir. Nohutta *Fusarium* solgunluğunun mücadelesinde dayanıklı çeşitlerin kullanımı ile birlikte bakteriyel veya fungal antagonistlerde kullanılarak biyolojik kontrol yoluyla hastalıkla mücadelede başarı arttırılabileceği ifade edilmektedir. Günümüzde non-patojen *Fusarium* izolatları ve farklı forma *speciales*'leri *Fusarium* solgunluk hastalıklarının biyolojik mücadelesinde umut verici bir strateji olacaktır. Bu nedenle son yıllarda kimyasal mücadeleye alternatif olarak biyolojik mücadele çalışmaları nohutta solgunluk hastalığını kontrol etmede ileri bir adım olarak düşünülebilir. Ülkemizde nohutta solgunluk hastalığının baskı altına alınmasında non-patojen *Fusarium* spp. türlerinin antagonist potansiyelinin belirlenmesine yönelik daha önce yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Çizelge 7. Farklı kümelerde gruplanan non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının farklı günlerdeki miseliyal gelişimi (mm) ve engelleme oranları (%)

	3. Gün		5. Gün		7. Gün		9. Gün	
	MG(mm)*	MGE (%)**	MG(mm)	MGE(%)	MG(mm)	MGE(%)	MG(mm)	MGE(%)
Kontrol	10.00±0.06 ^A	0.00	30.00±0.04 ^A	0.00	58.00±0.02 ^A	0.00	90.00±0.01 ^A	0.00
I. Küme	9.55±0.30 ^B	4.44	27.92±0.42 ^B	9.68	52.85±1.10 ^B	11.25	79.88±1.39 ^B	13.54
II. Küme	9.46±0.18 ^B	5.40	23.85±1.95 ^C	20.50	42.46±1.95 ^C	26.79	61.44±2.51 ^C	31.73
III. Küme	9.45±0.21 ^B	5.50	25.26±2.22 ^C	15.80	41.85±3.01 ^C	27.84	55.67±5.57 ^D	38.14

*MG: Misel Gelişim

**MGE: Misel Gelişiminin Engellenmesi

Elde edilen sonuçlara göre; non-patojen *Fusarium* spp. izolatlarının patojenin *in vitro* koşullarda misel gelişimini engelleyerek bir başarı sağlamış olması, daha sonra yapılacak çalışmalarda, bu izolatların *in vivo* koşullarda da *Fusarium oxysporum*'a karşı antagonist etkinliklerinin tespit edilmesi, patojene karşı kullandığı etki mekanizmalarının belirlenmesi ve ayrıca diğer antagonistlerle de kombinasyonlarının kullanılması çalışmanın önemini daha da arttıracaktır.

‡: Merve DİLMAÇ'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Abeyasinghe, S. 2006. Biological control of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-cucumerinum*, the causal agent of root

and stem rot of *Cucumis sativus* by non-pathogenic *Fusarium oxysporum*. *Ruhuna Journal of Science*, 1: 24-31.

Aime, S., Alabouvette, C., Steinberg, C. ve Olivain, C. 2013. The endophytic strain *Fusarium oxysporum* Fo47: A good candidate for priming the defense responses in tomato roots. *MPMI*, 26 (8): 918-926.

Alabouvette, C., Lemanceau, P. ve Steinberg, C. 1993. Recent advances in biological control of fusarium wilts. *Pesticide Sciences*, 37: 365-373.

Altınok, H.H. 2009. Activation of systemic disease resistance by acibenzolar-S-methyl and a non-pathogen *Fusarium oxysporum melonis* (FOM) strain against *Fusarium* wilt disease in eggplant seedlings. *J. Turk. Phytopath.*, 38 (1-3): 21-32.

- Anonim, 2020a. Food and Agriculture Organization of the United Nations, (<http://www.faostat.fao.org>) (Erişim tarihi: 10 Ocak 2020).
- Anonim, 2020b. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, (<http://www.tuik.gov.tr>) (Erişim tarihi: 10 Ocak 2020).
- Arıcı, Ş.E. ve Evsen, M.A. 2018. Nohut antraknozu (*Ascochyta rabiei*)'nun entegre hastalık yönetimi. *Erzincan Üniversitesi Erzincan University Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3): 488-498.
- Atasagun, M. 2009. Konya İlinde Nohut Antraknozu (*Ascochyta rabiei* (Pass) Labr.)' nun Durumu ve Mücadele Olanakları. Bitki Koruma Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Basbagci, G., Unal, F., Uysal, A. ve Dolar, S. 2019. Identification and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* AG-4 causing root rot on chickpea in Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17 (2):1007-1019.
- Bayraktar, H. ve Dolar, F.S. 2009. Genetic diversity of wilt and root rot pathogens of chickpea, as assessed by RAPD and ISSR. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 33: 1-10.
- Bayraktar, H. ve Dolar, F.S. 2012. Pathogenic variability of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* isolates from chickpea in Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 44 (2): 821-823.
- Benhamou, N., Garand, C. ve Goulet, A. 2002. Ability of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 to induce resistance against *Pythium ultimum* infection in cucumber. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (8): 4044-4060.
- Cachinero, J.M., Hervas, A., Jimenez-Diaz, R.M. ve Tena, M. 2002. Plant defence reactions against fusarium wilt in chickpea induced by incompatible race 0 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* and nonhost isolates of *F. oxysporum*. *Plant Pathology*, 51: 765-776.
- Demirci, E., Eken, C. ve Kantar, F. 1999. Pathogenicity of wilt and root rot pathogens of chickpea cv. Aziziye-94. *Journal of Turkish Phytopathology*, 28: 25-32.
- Dolar, F.S. 1996. Survey of chickpea disease in Ankara. Turkey. *International Chickpea and Pigeonpea*, 3: 33-34.
- Dolar, F.S. 1997. Determination of the races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in Ankara province of Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*, 26 (1): 11-15.
- Dubey, S.C., Singh, S.R. ve Singh, B. 2010. Morphological and pathogenic variability of Indian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* causing chickpea wilt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43 (2): 174-190.
- Edel-Hermann, V., Aime, S., Cordier, C., Olivain, C., Steinberg, C. ve Alabouvette, C. 2011. Development of a strain specific real-time PCR assay for the detection and quantification of the biological control agent Fo47 in root tissues. *FEMS Microbiology Letters*, 322 (1):34-40.
- Eser, D. 1978. *Yemeklik Tane Baklagiller Ders Rotosu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara, 98s.
- Fravel, D.R. ve Larkin, R.P. 2002. Reduction of *Fusarium* wilt of hydroponically-grow basil by *Fusarium oxysporum* strain CS-20. *Crop Protection*, 21 (7): 539-543.
- Fravel, D., Olivain, C. ve Alabouvette, C. 2002. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New Phytologist*, 157 (3): 493-502.
- Fuch, J.G., Moenne, L.Y. ve Defago, G. 1999. Ability of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 to protect tomato against fusarium wilts. *Biological Control*, 14: 105-110.
- Garibaldi, A., Brunatti, F. ve Gullino, M.L. 1986. Suppression of Fusarium wilt of carnation by competitive nonpathogenic strains of Fusaria. *Medical Fac Landbouw Rijksuniversiteit Gent*, 51 (2): 633-638.
- Gerlach, K.S., Bentley, S., Moore, N.Y., Aitken, E.A.B. ve Pegg, K.G. 1999. Investigation of Non-Pathogenic Strains of *Fusarium oxysporum* for Suppression of Fusarium Wilt of Banana in Australia, 28. In: Alabouvette C, ed. *Second International Fusarium Workshop*. Dijon, France:INRA-CMSE, 54.
- Hajarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E. ve Sayyedi, F. 2014. Potential benefits from adaptation to climate change in chickpea. *TI Journals: Agriculture Science Developments*, 3 (7): 230-236.
- Haware, M.P., Nene, Y.L. ve Mathur, S.B. 1986. *Ascochyta blight*. Seed Borne Diseases of

- Chickpea. Technical Buletin from the Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries, No:1, Denmark, 15s.
- Haware, M.P., Nene, Y.L. ve Natarajan, M. 1996. The survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* in the soil in the absence of chickpea. *Phytopathologia Mediterranea*, 35 (1): 9-12.
- Hervas, A., Landa, B. ve Jimenez-Diaz, R.M. 1997. Influence of chickpea genotype and *Bacillus* sp. on protection from Fusarium wilt by seed treatment with nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *European Journal of Plant Pathology*, 103: 631-642.
- Hervas, A., Landa, B., Datnoff, L.E. ve Jimenez-Diaz, R.M. 1998. Effects of commercial and indigenous microorganisms on Fusarium wilt development in chickpea. *Biological Control*, 13: 166-176.
- Honda, M. ve Kawakub, Y. 1998. Control of Fusarium basal rot of rakkyo (*Allium chinense*) by non-pathogenic *Fusarium moniliforme* and *Fusarium oxysporum*. *Soil Microorganisms*, 51: 13-18.
- Jimenez-Diaz, R.M., Castillo, P., del Mar Jimenez-Gasco, M., Landa, B.B. ve Navas-Cortes, J.A. 2015. Fusarium wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection*, 73: 16-27.
- Jimenez-Gasco, M.M. ve Jimenez-Diaz, R.M. 2003. Development of a specific polymerase chain reaction based assay for the identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* and its pathogenic races 0, 1A, 5, and 6. *Phytopathology*, 93: 200-209.
- Joshi, M., Srivastava, R., Sharma, A. K. ve Prakash, A. 2012. Screening of resistant varieties and antagonistic *Fusarium oxysporum* for biocontrol of Fusarium wilt of chilli. *J. Plant Pathol. Microbiology*, 3 (5): 1-6.
- Katsube, K. ve Akasaka, Y. 1997. Control of *Fusarium* wilt of spinach by transplanting seedlings pretreated with non-pathogenic *Fusarium oxysporum*. *Japanese Journal of Phytopathology*, 63: 389-394.
- Katsube, K., Akasaka, Y. ve Nakatani, F. 1994. Biocontrol of Fusarium wilt of spinach by using nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. 2. Investigation of inoculation methods. *Annals of Reporter Plant Protection North Japan*, 445: 72-75.
- Kaur, R., Kaur, J. ve Singh, R.S. 2010. Nonpathogenic *Fusarium* as a biological control agent. *Plant Pathology*, 9 (3): 79-91.
- Kaur, R., KauR, J., Singh, R.S. ve Alabouvette, C. 2007. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* by non-pathogenic *Fusarium* and fluorescent *Pseudomonas*. *Internartional Journal of Botany*, 3 (1): 114-117.
- Landa, B.B., Navas-Cortes, J.A., Hervas, A. ve Jimenez-Diaz, R.M. 2001. Influence of temperature and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on suppression of Fusarium wilt of chickpea by rhizosphere bacteria. *Phytopathology*, 91: 807-816.
- Landa, B.B., Navas-Cortes, J.A. ve Jimenez-Diaz, R.M. 2004. Integrated management of Fusarium wilt of chickpea with sowing date, host resistance, and biological control. *Phytopathology*, 94: 946-960.
- Larkin, R.P., Hopkins, D.L. ve Martin, F.N. 1993. Ecology of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in soils suppressive and conducive to Fusarium wilt of watermelon. *Phytopathology*, 83: 1105-1116.
- Larkin, R.P., Hopkins, D.L. ve Martin, F.N. 1996. Suppression of fusarium wilt of watermelon by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other microorganisms recovered from a disease suppressive soil. *Phytopathology*, 86: 812-819.
- Larkin, R.P. ve Fravel, D.R. 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organism for control of Fusarium wilt of tomato. *Plant Disease*, 82: 1022-1028.
- Leisso, R., Miller, Z., Jacobsen, B. ve Burrows, M. 2011. Pathogenicity of *Fusarium* spp. to chickpea seed and seedlings (*Cicer arietinum* L.). *Canadian Journal of Plant Pathology*, 33(3): 400-409.
- Lemanceau, P. ve Alabouvette, C. 1991. Biological control of fusarium diseases by fluorescent *Pseudomonas* and non-pathogenic *Fusarium*. *Crop Protection*, 10: 279-286.
- Magie, R.O. 1980. Fusarium disease of gladioli controlled by inoculation of corms with non-pathogenic Fusaria. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 93: 172-175.

- Mahmoudi, H., Labidi, N., Ksouri, R., Gharsalli, M. ve Abdelly, C. 2007. Differential tolerance to iron deficiency of chickpea varieties and Fe resupply effects. *C.R. Biologies* 330: 237-246.
- Mandeel, Q. ve Baker, R. 1991. Mechanisms involved in biological control of Fusarium wilt of cucumber with strains of nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, 81: 462-469.
- Martin, A. 2004. Yerli Nohut Çeşitlerinin *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* Irklarına Karşı Reaksiyonları. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 42 s.
- Minuto, A., Migheli, Q. ve Garibaldi, A. 1995. Evaluation of antagonistic strains of *Fusarium* spp. in the biological and integrated control of Fusarium wilt of cyclamen. *Crop Protection*, 14: 221-226.
- Minuto, A., Minuto, G., Migheli, Q., Mocioni, M. ve Gullino, M.L. 1997a. Effect of antagonistic *Fusarium* spp. and of different commercial biofungicide formulations on Fusarium wilt of basil (*Ocimum basilicum* L.) *Crop Protection*, 16: 765-769.
- Minuto, A., Migheli, Q. ve Garibaldi, A. 1997b. Evaluation of antagonistic strains of *Fusarium* spp. in the biological and integrated control of fusarium wilt of cyclamen. *Crop Protection*, 14: 221-226.
- Nel, B., Steinberg, C., Labuschagne, N. ve Viljoen, A. 2006. The potential of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other biological control organisms for suppressing Fusarium wilt of banana. *Plant Pathology*, 55: 217-223.
- Nelson, P.E., Toussoun T.A. ve Marasas, W.F.O. 1983. *Fusarium* Species. An Illustrated Manual for Identification. University Park, PA, USA: The Pennsylvania State University Press, 193 pp.
- Nene, Y.L., Sheila, V.K. ve Sharma, S.B. 1996. *A World List of Chickpea and Pigeonpea Pathogens*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics Patancheru 502 324, India, 27 s.
- Ogawa, K. ve Komada, H. 1984. Biological control of Fusarium wilt of sweet potato by nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Japanese Journal of Phytopathology*, 50: 1-9.
- Ogawa, K. ve Komada, H. 1985. Biological control of Fusarium wilt of sweet potato with cross-protection by prior inoculation with nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 19 (1) :20-25.
- Patil, U., Sriram, S. ve Savitha, M.J. 2011. Evaluation of non-pathogenic *Fusarium* for antagonistic activity against *Fusarium* wilt of tomatos. *Journal of Biological Control*, 25 (2): 118-123.
- Paulitz, T.C., Park, C. S. ve Baker, R. 1987. Biological control of Fusarium wilt of cucumber with non-pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum*. *Canadian Journal of Microbiology*, 33 (5): 349-353.
- Peters, R.D. ve Grau, C.R. 2002. Inoculation with nonpathogenic *Fusarium solani* increases severity of pea root rot caused by *Aphanomyces euteiches*. *Plant Disease*, 86: 411-414.
- Postma, J. ve Rattink, H. 1992. Biological control of Fusarium wilt of carnation with a nonpathogenic isolate of *Fusarium oxysporum*. *Canadian Journal of Botany*, 70: 1199-1205.
- Raghunandan, B.L., Naik, L.K ve Shivaprakash, M.K. 2014. Studies on non-pathogenic *Fusarium* Spp. for their biocontrol activity against Fusarium wilt pathogen of watermelon under in vitro. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 48 (1): 16-23.
- Rouxel, F., Alabouvette, C. ve Louvet, J. 1979. Recherches sur la resistance des sols aux maladies. IV – Mise en evidence du role des *Fusarium* autochtones dans la resistance dun sol ala Fusariose vasculaire du Melon. *Annales de Phytopathologie*, 11: 199-207.
- Schneider, R.W. 1984. Effects of nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum* on celery root infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* and a novel use of the line weaver-burk double reciprocal plt technique. *Phytopathology*, 74: 646-653.
- Shishido, M., Miwa, C., Usami, T., Amemiya, Y. ve Johnson, K. B. 2005. Biological control efficiency of Fusarium wilt of tomato by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Fo-B2 in different environments. *Phytopathology*, 95 (9): 1072-1080.
- Singh, K.B. ve Reddy, M.V. 1996. Improving chickpea yield by incorporating resistance to Ascochyta blight. *Theoretical Applied Genetics*, 92: 509-515.

- Singh, R.S., Kaur, J., Kaur, R. ve Alabouvette, C. 2002a. Effect of amendment with farm yard manure on biocontrol potentiality of non-pathogenic *Fusarium* against chickpea wilt. *Plant Disease*, 17: 207-207.
- Singh, R.S., Kaur, J., Kaur, R. ve Alabouvette, C. 2002b. The Role of nonpathogenic *Fusarium* in biocontrol of *Fusarium* wilts. University of Mysore, Mysore, 150-151.
- Tamietti, G. ve Alabouvette, C. 1986. Resistance de sols aux maladies: XIII-Role des *Fusarium oxysporum* non pathogenes dans les mecanismes de resistance dun sol de noirmoutier aux fuseieses vascularies. *Agronomie*, 6: 541-548.
- Tamietti, G. ve Pramotton, R. 1990. La receprivite des sols aux fusarioses vasculaires: Rapports entre resistance et microllore aotuchtone avec reference particuliere aux *Fusarium* non pathogens. *Agronomie*, 10: 69-76.
- Tezuka, N. ve Makino, T. 1991. Biological control of *Fusarium* wilt of strawberry by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* isolated from strawberry. *Annals of Phytopathology Society of Japan*, 57: 506–511.
- Thongkamngam, T. ve Jaenaksorn, T. 2017. *Fusarium oxysporum* (F221-B) as biocontrol agent against plant pathogenic fungi *in vitro* and in hydroponics. *Plant Protect. Science*, 53 (2): 85-95.
- Trapero-Casas, A. ve Jimenez-Diaz, R.M. 1985. Fungal wilt and root rot disease of chickpea in Southern Spain. *Phytopathology*, 75: 1146-1151.
- Yiğit, F. 2001. Common Names of some plant diseases and their causal agents. Selçuk üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Konya.
- Yiğit, F., Arıkan, K. ve Balaban, Y.Y. 2007. Patojen olmayan *Fusarium* türleri ile domateste *Fusarium* kök çürüklüğü hastalığının biyolojik kontrolü üzerinde bir araştırma. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (42): 59-63.