

## Arbüsküler Mikorizal Fungusların Pamukta Bitki Gelişimine ve *Verticillium* Solgunluğu (*Verticillium dahliae* Kleb.) Üzerine Etkileri

Hülya ÖZGÖNEN\*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü /ISPARTA  
Alınış Tarihi:11.10.2011, Kabul Tarihi:25.10.2011

**Özet:**Bu çalışmada, *Glomus coledonium*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatus*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *Gigaspora margarita* mikorizal fungus türlerinin pamukta bitki gelişim parametreleri ve solgunluk hastalık etmeni olan *Verticillium dahliae*'nin hastalık şiddeti üzerine etkileri araştırılması amaçlanmıştır. Mikorizal fungusların *V. dahliae* inokulasyonu yapılmadığı ve yapıldığı durumlarda pamuk bitkilerinde kolonizasyon oranları sırasıyla %38.9-67.8 ve 11.5-57.0 arasında değişmiştir. En yüksek kolonizasyon oranları *G.mosseae*, *G. etunicatum* ve *G. fasciculatus* tarafından gerçekleştirilmiştir. Mikorizal funguslar bitki boyu, yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığında artışa neden olmuştur; ancak *Verticillium dahliae* inokulasyonu yapıldığı durumda bitki gelişim parametrelerinde azalmaya neden olmuştur. Bitki gelişim parametrelerinde en yüksek artışı *V. dahliae* varlığında ve yokluğunda *G. mosseae* tarafından sağlanmış en düşük etkiyi ise *G. coledonium* türü göstermiştir. Önceden mikorizal fungus inokulasyonu yapılmış bitkilerde hastalık şiddetini %31.3-65.6 azaltmıştır. Hastalık şiddetini azaltmada *G. mosseae* ve *G. etunicatum* en etkin türler olmuştur. Sonuç olarak *G. mosseae* ve *G. etunicatum* hem bitki gelişim parametrelerini arttırması hem de hastalık şiddetini azaltıcı etkiye sahip olarak biyolojik mücadelede ümitvar türler olarak belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Pamuk, *Verticillium dahliae*, Mikorizal fungus, biyolojik mücadele, hastalık şiddeti

## The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Development of Cotton Plants and *Verticillium* Wilt ((*Verticillium dahliae* Kleb.)

**Abstract:**This study was aimed to investigate the effects of mycorrhizal fungi *Glomus coledonium*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatus*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *Gigaspora margarita* on plant development parameters of cotton and diseases severity of wilt caused by *Verticillium dahliae*. The root colonisation ratio of mycorrhizal fungi at the condition of *V. dahliae* inoculation or not, changed between 38.9-67.8% and 11.5-57.0%, respectively. The highest colonisation ratio were provided by *G.mosseae*, *G. etunicatum* and *G. fasciculatus* species. Mycorrhizal fungi increased the length of plant, number of leaf, fresh and dry weight of plants; however *Verticillium dahliae* inoculation caused decrease the plant growth parameters. The highest increase in plant growth parameters in the presence and absence of *V. dahliae* was achieved by *G. mosseae* and the lowest by *G. coledonium*. In pre-inoculated plants by mycorrhizal fungi, the diseases severity was decreased by %31.3-65.6. *G. mosseae* and *G. etunicatum* were the most effective species by the decrease of the disease severity. Consequently, *G. mosseae* and *G. etunicatum* identified as promising biological control agents because of the effects of both increasing the plant growth parameters and reducing the disease severity.

**Key words:** Cotton, *Verticillium dahliae*, Mycorrhizal fungi, biological control, diseases severity

### Giriş

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) insanların gereksinimlerini karşılayan önemli bir endüstri bitkimizdir. Dünya ve Türkiye ekonomisinde önemli bir paya sahip olan pamuk lif, yağ ve yem bitkisi olarak değerlendirilen önemli bir üründür. Pamuk tekstil ile birlikte diğer sanayi kollarının hammaddesini oluşturur (Nacak, 2004). Ülkemiz ekonomisinde önemli bir yeri olan pamuk 420.000 ha ekiliş alanı ve toplam 381.000 ton lif verimi ile dünya üretiminde 8. sırada yer alarak önemli bir yere sahip olmuştur (Anonim, 2010).

Pamuk yetiştiriciliğinde hastalık ve zararlılar dünyada ve Ülkemizde sınırlayıcı faktör olmuştur (Bell, 1992; Derviş vd., 2009). Pamuk tohumunun ekiminden sonra önemli olan hastalıklar arasında *Rhizoctonia solani* başta olmak üzere diğer çökerten grubu etmenler fide çıkışını engellemektedir. Solgunluk hastalıkları ise daha sonraki dönemlerde önemli olmakta ve ürün kayıpları meydana getirmektedir. Bunlar arasında en önemli sayılabilecek fungal hastalıklardan *Verticillium dahliae* Kleb. tarafından neden olunan *Verticillium* solgunluğu çimlenme sonrası bitkide fide köklerinin kabuk dokusunda renk değişikliklerine, yumuşamaya ve

çürümeye neden olur. Daha sonraki dönemlerde ise bitkide toprak yüzeyinin hemen altında sap kısmında koyu çökük kahverengi lekeler neden olur ve ileri dönemlerde özellikle ksilem iletim demetlerinde kahverengileşme ile birlikte bitkide tek taraflı bir solgunluk meydana getirmesi sonucu, bitki sararır solar ve ölür. İletim demetlerindeki kahverengileşme karakteristiktir ve çoğunlukla hastalığın teşhisinde kullanılır (Kirkpatrick ve Rothrock, 2001).

Hastalıkla mücadelede kimyasal kontrol, kültürel önlemler ve biyolojik kontrol gibi mücadele şekillerinin yanı sıra dayanıklı çeşitler üzerinde durulmuştur. Fungisit uygulamaları kısa vadede hastalığı kontrol etse de ekonomik olarak oldukça pahalı olması, hastalığa karşı dayanıklılık riski ve kimyasal mücadelenin çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı pek tercih edilmemektedir. Bu yüzden geleneksel mücadele yöntemlerini destekleyici olarak alternatif mücadele yöntemlerin kullanılması son yıllarda araştırma konuları arasındadır (Conway vd., 1983; Sezgin, 1985; Xiao vd., 1998).

Mikorizal funguslar bitki kökleri ile simbiyotik yaşayan funguslar olup konukçu bitkiye yararlıdırlar. Arbüsküler

\* [hozgonen@gmail.com](mailto:hozgonen@gmail.com)

mikorizal funguslar bitkilerin kök sistemine kolonize olduktan sonra kök sisteminin absorbe etme yeteneğini artırır ve çözünemeyen mineralleri çözünebilir hale getirerek bitkinin alabileceği forma dönüştürürler. Bu sayede mikorizal fungusların bitki gelişimine olan olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (Smith ve Read, 1997). Bitki gelişimine olan etkilerinin yanı sıra köklerin canlılığını daha uzun süre koruyarak bitkileri toprak kökenli hastalıkların enfeksiyonlarına karşı daha dayanıklı hale getirerek bir koruma sağlarlar (Agrios, 1997). Mikorizal fungusların bitki hastalıklarını azaltıcı, inhibe edici etkileri belirlenmiştir (Schenk, 1987). Bu etkileşim, domates – *Phytophthora parasitica* (Pozo vd., 1999), bezelye-*Rhizoctonia solani* (Abdel-Fattah ve Shabana, 2002), domates ve patlıcan – *Verticillium solgunluğu* (Karagiannidis vd., 2002), kolyoz – *Fusarium clamosporium* (Boby ve Bagyaraj, 2003) gibi pek çok bitki – patojen sisteminde ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada farklı arbüsküler mikorizal fungus türleri kullanılarak pamuk bitkisinin gelişimine ve pamukta *Verticillium solgunluğu* üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Saksı çalışmalarında *Verticillium* hastalığına patojenite testleri ile hassas olduğu ortaya konulmuş Gloria pamuk çeşidi kullanılmıştır. Patojen *V. dahliae* hastalıklı pamuk bitkilerinden normal mikolojik yöntemlere göre izole edilmiştir.

Denemede daha önceden mısır bitkisinde üretimi yapılmış ve +4°C’de muhafaza edilen arbüsküler mikorizal fungusların (*Glomus coledonium*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatus*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *Gigaspora margarita*) spor ve kök parçalarını içeren inokulumu kullanılmıştır.

### Metot

#### *V. dahliae* inokulumunun üretilmesi

*V. dahliae* inokulumunun üretilmesi için yulaf tohumları 1 saat süreyle kaynatıldıktan sonra suyu süzülmesi daha sonra 500 ml’lik erlenlere aktarılarak 121°C’de 1 atm basınçta 1 saat süreyle steril edilmiştir. Steril edilen yulaf inokulum üretiminde kullanılmak üzere soğutulmuştur. Daha önceden Czapek Dox ortamında geliştirilmiş bir haftalık taze *V. dahliae* kültüründen 2 adet 6 mm çapında disk alınarak yulaf ortamında kültüre alınmıştır. Erlenler 3 hafta süreyle 25°C sıcaklıkta inkübe edilmiştir.

#### Saksı denemesinin kurulması

Pamuk tohumları %5’lik NaOCl solusyonunda 5 dk bekletilmiş ve daha sonra iki kez steril distile su ile yıkanmıştır. Saksı çalışmasında kullanılan toprak:kum:pomza taşı karışımı (1:1:1, v:v:v) 121°C’de 1 atm basınçta 2 kez 1 saat süreyle steril edilmiştir. Denemede 15cm çaplı saksı kullanılmıştır. Denemede yer alan altı mikorizal fungus türü tohum ekiminden hemen

önce saksı toprağına uygulanmış ve *V. dahliae* uygulanmış ve/veya uygulanmamıştır. Spor ve kök parçalarından oluşan mikorizal fungus inokulumu tohum yatağının 2-3 cm altına uygulanmış ve daha sonra tohum ekimi yapılmıştır (Menge ve Timmer, 1982). Mikorizal fungus inokulumu 1000 spor/10 g toprak oranında uygulanmıştır. Saksılar 25°C±2 sıcaklık, 12 saat fotoperiyot koşullarının bulunduğu klima odasına yerleştirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. *V. dahliae* inokulasyonu yapılırken fungusun yulaf ortamında geliştirilmiş inokulumundan her saksının kök bölgesi civarına 2 g miktarda uygulanmıştır.

Mikorizal fungusların bitki gelişimine etkilerini incelemek amacıyla kök kolonizasyonu, yaprak sayısı, bitki boyu, sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları değerlendirilmiştir.

Kök kolonizasyonunun belirlemek amacıyla kök temizleme ve boyama işlemi Koske ve Gemma (1989)’ya göre yapılmıştır. Kökler iyice temizlendikten sonra her bitkinin ince köklerinden 40 mg tartılmıştır. Boyama tüpü içerisine yerleştirilen kökler sırasıyla %10’luk KOH ve 2N HCl ile uygulama yapılmıştır. Daha sonra %0.1’lik Trypan Blue ile boyanmış ve laktik asit ilave edildikten sonra sayımlar gerçekleştirilmiştir. Kökler gridline intersection metoduna göre (Giovannetti ve Mosse, 1980) sayılmış ve kolonizasyon oranının belirlenmesi için % infeksiyon = Mikoriza ile infekteli kök sayısı x 100 / Toplam kök sayısı formülü kullanılmıştır.

Mikorizal fungusların *V. dahliae*’nin hastalık şiddeti üzerine etkileri 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir. Bu skalaya göre; 0: Sağlıklı bitki 1: Yapraklarda az düzeyde kloroz, yapraklarda %25’ten az solgunluk 2: Yaprakların %30-50’sinde orta düzeyde kloroz veya solgunluk (bitkide %30 yaprak kaybı), 3: Orta düzeyde solgunluk, yapraklarda %50-75 solgunluk (%60 yaprak kaybı), 4:Yaprakların %75’inden fazla kloroz veya solgunluk (%90 yaprak kaybı), 5: Ölü bitki (Tsror vd., 2001).

Deneme sonunda her uygulamadaki yaprak sayıları belirlenmiştir. Bitki yaş ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla bitkiler hasat edilmiş ve her uygulama için ayrı ayrı tartılarak kaydedilmiştir. Kuru ağırlıklarının belirlenmesi için ise bitki kısımları 70°C’deki etüvde 2 gün süreyle kurutularak tartılmıştır. Sonuçlar varyans analizi ile değerlendirilmiş uygulamaların birbirinden farklılıkları LSD çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur. Mikorizal fungusların patojen üzerine etkileri değerlendirilirken elde edilen skala değerleri üzerinden indeks değeri ve hastalık şiddeti (%) hesaplanmıştır. Uygulamaların etkileri ise Abbott formülüne göre hesaplanmıştır (Karman, 1971).

## Bulgular

Mikorizal fungusların kök kolonizasyonu (%), bitki boyu, yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığı gibi bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Çizelge 1’de mikorizal fungus uygulamalarının kök kolonizasyonu (%), bitki boyu ve yaprak sayısı *V. dahliae*

inokulasyonu yapılmış veya yapılmamış olarak her iki durumda değerlendirilmiştir.

Mikorizal fungusların *V. dahliae* inokulasyonu yapılmamış ve yapılmış pamuk bitkilerinde kolonizasyon oranları sırasıyla %38.9-67.8 ve %11.5-57.0 arasında değişmiştir. *V. dahliae* yokluğunda en yüksek kolonizasyon oranı *G.mosseae*, *G. etunicatum* ve *G. fasciculatus* tarafından gerçekleştirilmiş ve bu oranlar sırasıyla %67.8, %65.4 ve %63.2 olarak belirlenmiştir. *G.*

*coledonium* en düşük kolonizasyon oranına (%38.9) sahip olmuştur. *V. dahliae* inokulasyonu test edilen tüm mikorizal fungus türlerinin kolonizasyon oranını azaltmıştır. Ancak en yüksek kolonizasyon oranı benzer şekilde *G.mosseae*, *G. etunicatum* ve *G. fasciculatus* türlerine ait olmuş ve bu oranlar sırasıyla %57.0, %50.0 ve %55.5 olarak belirlenmiştir. *G. coledonium* kolonizasyon oranı ise büyük ölçüde patojen inokulasyonundan etkilenerek %11'e azalmıştır.

Çizelge 1. Mikorizal fungusların pamukta kök kolonizasyon oranları (%) ve bitki gelişimine etkileri

| Uygulamalar            | Kolonizasyon oranı (%) |        | Bitki boyu (cm) |        | Yaprak sayısı |        |
|------------------------|------------------------|--------|-----------------|--------|---------------|--------|
|                        | Vd (+)**               | Vd (-) | Vd (+)          | Vd (-) | Vd (+)        | Vd (-) |
| <i>G. coledonium</i>   | 11.5 e*                | 38.9 c | 19.6 b          | 23.5 b | 9.5 a         | 13.0 c |
| <i>G. etunicatum</i>   | 50.0 b                 | 65.4 a | 24.9 a          | 26.5 a | 8.5 a         | 17.0 b |
| <i>G. fasciculatus</i> | 35.4 c                 | 52.5 b | 23.0 a          | 27.3 a | 10.5 a        | 19.0 a |
| <i>G. intraradices</i> | 55.5 a                 | 63.2 a | 22.5 a          | 27.0 a | 9.5 a         | 16.0 b |
| <i>G. mosseae</i>      | 57.0 a                 | 67.8 a | 24.5 a          | 28.0 a | 9.8 a         | 21.0 a |
| <i>Gi. margarita</i>   | 27.2 d                 | 49.6 b | 17.0 bc         | 26.8 a | 11.3 a        | 20.0 a |
| Kontrol                | -                      | -      | 15.8 c          | 21.0 b | 9.3 a         | 11.0 c |

\*Farklı harf içeren ortalamalar LSD (P = 0.05) testine göre istatistik olarak farklıdır.

\*\*Vd (+) *V. dahliae* inokulasyonu yapılmış bitkiler; Vd (-) *V. dahliae* inokulasyonu yapılmamış bitki

Mikorizal funguslar bitki boyunu kontrole kıyasla *V. dahliae* inokulasyonu yapılmayan ve yapılan bitkilerde her iki durumda da arttırmıştır. Sadece mikorizal fungus uygulaması olan grupta bitki boyları 23.5 cm ile 28.0 cm arasında değişmiştir. Kontroldeki bitki boyu 21.0 cm iken *G. mosseae* uygulamasında 28.0 cm olmuştur. En az bitki boyu kontrole aynı grupta yer alan *G. coledonium* türüne ait (23.5 cm) olmuştur. *V. dahliae* inokulasyonu yapıldığı durumda, mikorizal fungus uygulamalarında bitki boylarında azalmaya neden olmakla birlikte 17.0-24.9 cm arasında değişmiştir. Ancak yine *G. margarita* ve *G. coledonium* türleri hariç bitki boyu kontrole kıyasla yüksek olmuştur. *G. etunicatum* ve *G. mossea* türleri en yüksek bitki boyu sonuçlanmış ve patojen uygulanmış bitki boyu 15.8 cm iken bu türlerde sırasıyla 24.9 cm ve 24.5

cm olarak elde edilmiştir. *G. margarita* ve *G. coledonium* türlerinde bitki boyu kontrole yakın bir şekilde 17.0 cm ve 19.6 cm olarak belirlenmiştir. Yaprak sayıları değerlendirildiğinde, *V. dahliae* inokulasyonu yapılmadığı durumda *G. coledonium* türü hariç diğer türlerdeki bitki yaprak sayısına olan etki kontrole kıyasla farklı bulunmuş ve 17 ile 21 adet arasında değişmiştir. En yüksek yaprak sayıları *G. mosseae*, *G. margarita* ve *G. fasciculatus* uygulamasına ait olmuştur. *V. dahliae* uygulamasında, mikorizal fungus uygulamaları yaprak sayılarında artmaya neden olmayıp istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer almış ve yaprak sayıları 8.5 ile 11.3 adet arasında değişmiştir.

Mikorizal fungus uygulamalarının bitki yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri Çizelge 2 'de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.** Mikorizal fungusların bitki yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri

| Uygulamalar            | Bitki Yaş ağırlığı (g) |         | Bitki kuru ağırlığı (g) |        |
|------------------------|------------------------|---------|-------------------------|--------|
|                        | Vd (+) **              | Vd (-)  | Vd (+)                  | Vd (-) |
| <i>G. coledonium</i>   | 15.0 bc*               | 21.2 c  | 5.5 c                   | 6.0 c  |
| <i>G. etunicatum</i>   | 22.3 a                 | 29.0 ab | 8.0 a                   | 11.0 a |
| <i>G. fasciculatus</i> | 22.5 a                 | 27.1 b  | 6.5 b                   | 7.5 b  |
| <i>G. intraradices</i> | 21.3 a                 | 30.1 a  | 8.8 a                   | 11.8 a |
| <i>G. mosseae</i>      | 23.6 a                 | 31.2 a  | 9.2 a                   | 12.0 a |
| <i>Gi. margarita</i>   | 17.2 b                 | 26.0 b  | 7.1 ab                  | 7.9 b  |
| Kontrol                | 14.5 c                 | 20.5 c  | 4.5 c                   | 6.0 c  |

\*Farklı harf içeren ortalamalar LSD (P = 0.05) testine göre istatistik olarak farklıdır.

\*\*Vd (+) *V. dahliae* inokulasyonu yapılmış bitkiler; Vd (-) *V. dahliae* inokulasyonu yapılmamış bitki

Mikorizal funguslar bitki yaş ve kuru ağırlığını *V. dahliae* varlığında ve yokluğunda arttırmıştır. Ancak *V. dahliae* inokulasyonu yapılmış bitkilerde bitki yaş ve kuru ağırlığında azalış meydana gelmiştir. *V. dahliae* inokulasyonu yapılmamış grupta kontrol bitkinin yaş ve kuru ağırlığı sırasıyla 20.5 g ve 6.0 g iken patojen inokulasyonu yapılmış negatif kontrolde yaş ve kuru ağırlık sırasıyla 14.5 g ve 4.5 g' a azalmıştır. Bitki yaş ve

kuru ağırlığında belirgin olarak artış sağlayan *G. mosseae*, *G. intraradices* ve *G. etunicatum* türleri tek başına uygulandıklarında bitkilerde yaş ağırlıkları sırasıyla 31.2, 30.1 ve 29.0 g olurken kuru ağırlığı sırasıyla 12.0, 11.8 ve 11.0 g olarak belirlenmiştir. Patojen varlığında yine *G. mosseae*, en fazla yaş ve kuru ağırlık sağlayan tür olmuştur.

**Çizelge 3.** Mikorizal fungusların *V. dahliae*'nin hastalık şiddeti üzerine etkileri

| Uygulamalar                  | Hastalık indeksi | Hastalık şiddeti (%) | % etki |
|------------------------------|------------------|----------------------|--------|
| <i>G. coledonium</i> + Vd ** | 2.2 c*           | 43.0                 | 31.3   |
| <i>G. etunicatum</i> + Vd    | 1.4 a            | 29.0                 | 56.3   |
| <i>G. fasciculatus</i> + Vd  | 1.6 ab           | 31.0                 | 50.0   |
| <i>G. intraradices</i> + Vd  | 2.0 bc           | 39.0                 | 37.5   |
| <i>G. mosseae</i> + Vd       | 1.1 a            | 23.0                 | 65.6   |
| <i>Gi. margarita</i> + Vd    | 1.8 b            | 36.0                 | 43.8   |
| Kontrol (Vd)                 | 3.2 d            | 64.0                 | -      |

\*Farklı harf içeren ortalamalar LSD (P = 0.05) testine göre istatistik olarak farklıdır.

\*\*Tüm uygulamalara *V. dahliae* inokulasyonu yapılmıştır

Mikorizal fungusların *V. dahliae*'nin hastalık şiddeti üzerine etkilerinin denendiği saksı çalışmasında mikorizal fungusların önceden kolonizasyonu sağlanmış ve daha sonra patojen inokulasyonu yapılmıştır. Mikorizal funguslar bu koşullarda hastalık şiddetini değişen oranlarda (%31.3-65.6) azaltmıştır (Çizelge 3). Patojen

uygulanmış bitkide hastalık şiddeti %64 iken *G. mosseae* ve *G. etunicatum* uygulanmış bitkilerde %23.0 ve %29.0'a azalarak en etkin türler olmuştur. Hastalık şiddeti üzerine en az etkili olan tür ise hastalık şiddetini %31.3 oranında azaltan *G. coledonium* olarak belirlenmiştir.

## Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, *G. coledonium*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatus*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *Gigaspora margarita* olarak belirlenen altı farklı mikorizal fungus türlerinin pamukta bitki gelişimi ve solgunluk hastalık etmeni olan *V. dahliae*'nin hastalık şiddeti üzerine etkileri araştırılmıştır. Saksı çalışmaları, mikorizal fungusların pratikte kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi açısından patojen inokulasyonu yapılmadığı ve yapıldığı durumlarda değerlendirilmiştir.

Mikorizal funguslar pamuk bitkisinin köklerinde tek uygulandıklarında değişen oranlarda kolonizasyonlarını gerçekleştirmişlerdir. En yüksek kolonizasyon oranları *G. mosseae*, *G. intraradices* ve *G. etunicatum* tarafından gerçekleştirilmiştir. *G. coledonium* türü hariç diğer tüm türler %50 civarında veya üzerinde bir kolonizasyon oranına sahip olmuştur. *V. dahliae* ve mikorizal fungus türlerinin kombinasyon halinde uygulandıkları durumda kolonizasyon oranlarında azalmalar sonuçlanmış olsa da aynı mikorizal fungus türlerinin kolonizasyon oranları diğerlerine kıyasla daha yüksek olmuştur. *G. coledonium* ve *G. margarita* türleri patojenle zayıf rekabet ya da diğer faktörlerden kaynaklandığı düşünülen düşük kolonizasyon oranlarını sonuçlamıştır. Liu (1995), *G. mosseae*, *G. versiforme* ve *Sclerocystis sinuosa* mikorizal fungusların *Gossypium hirsutum* L. ve *G. barbadense* türlerinde inokulasyonu sonrasında kök kolonizasyonu başarıyla gerçekleşmiştir. Ancak, benzer şekilde, aynı anda *Verticillium solgunluğu* ve mikorizal fungus inokulasyonları sonrasında karşılıklı olarak birbirlerinin kolonizasyonlarını azalttığı ortaya konulmuştur. Matsubara vd. (1995) patlıcan bitkilerinde *G. etunicatum* ve *G. margarita* mikorizal fungus türlerinin 10 hafta sonra bitki köklerindeki kolonizasyon oranlarını sırasıyla %48 ve %40.2 olarak bulmuştur. Ancak bu çalışmada diğerinden farklı olarak kolonizasyon oranları patojen uygulamasıyla birlikte azalışı da ortaya konulmuştur. Demir vd., (2010) tarafından yapılan bir çalışmada solgunluk hastalığına farklı düzeylerde duyarlılığa sahip pamuk çeşitlerinde *G. mosseae*, *G. intraradices* ve *G. margarita* mikorizal fungus türleri, Sayar-314 çeşidinde kolonizasyon oranı yüksek olmakla birlikte bitkilerin kök kolonizasyon oranlarını %19-60 oranlarında tesbit etmişlerdir. Farklı mikorizal fungus türlerinin değişik bitkilerde kolonize olma yeteneği diğer araştırmacılar tarafından da ortaya konulmuştur. mikorizal fungus türlerinden *G. intraradices* tütün ve patlıcan köklerinde sırasıyla %63.5 ve %51.2 oranında (Demir, 1998); çilekte *G. fasciculatum* ve *G. etunicatum* sırasıyla %55 ve %70 oranında (Norman vd., 1996); *G. fasciculatum* yerfıstığında %91 oranında (Krihsna ve Bagyaraj, 1983) kolonizasyon gerçekleştirmişlerdir.

Mikorizal funguslar tek tek veya kombinasyon halinde uygulandıklarında kolonizasyon oranlarına bağlı olarak bitki boyunda artışlara sebep olmuştur. Ancak *G. coledonium* ve *G. margarita* türleri patojen varlığından etkilenecek etkisi diğer türlere oranla daha düşük olmuştur. *G. mosseae*, *G. margarita* ve *G. fasciculatus* türleri tek tek uygulandıkları durumda bitkilerde yaprak sayısını arttırmıştır. Ancak hiçbir mikorizal fungus türü

patojen inokulasyonu yapıldığı durumda yaprak sayısında artışa neden olmamış ve istatistik olarak kontrolle benzer bulunmuştur. *G. coledonium* dışındaki tüm mikorizal funguslar bitki yaş ve kuru ağırlığını arttırmıştır. Bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları patojen inokulasyonu ile birlikte ağırlık azalışına neden olsa dahi kontrole kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bitki yaş ve kuru ağırlığını *V. dahliae* varlığında ve yokluğunda belirgin olarak arttıran türler *G. mosseae*, *G. intraradices* ve *G. etunicatum* olmuştur. Matsubara vd., (1995) mikorizal fungusların patlıcan bitkisinde bitki boyu, yaprak sayısı ve gövde çapında artış sonuçladığını ortaya koymuşlardır. Demir vd., (2010) *Verticillium solgunluğu*na tolerant Carmen pamuk çeşidinde *G. mosseae* ile inokulasyon sonrası bitki boyu, boğum sayısı ve bitkinin yaş ve kuru ağırlığını arttırmıştır. Duyarlı çeşitlerden Stonville ve Maraş 92 çeşitlerinde mikorizal funguslar bitki boyu ve boğum sayısı kontrolden farklı olmamıştır. Ancak duyarlı Sayar-314 çeşidinde, *G. mosseae* ve *G. margarita* bitki boyunu ve yaş ve kuru ağırlığını arttırmış, boğum sayısına herhangi bir etkisi olmamıştır. Sonuçlar bu araştırma ile kıyaslandığında mikorizal fungusların çeşit farklılıklarında farklı tepkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur. Nitekim bu çalışmada kullanılan Gloria pamuk çeşidi mikorizal fungusların kök kolonizasyonuna olumlu yanıt vermiştir. Liu (1995) ise *G. versiforme* mikorizal fungus türünün pamuk bitkisinde çiçek ve koza sayısı gibi bitki gelişim parametrelerini arttırdığını ve buna paralel olarak tohum sayısında artış elde edildiğini ifade etmiştir.

Bu çalışmada, mikorizal fungusların hastalık şiddeti üzerine etkileri değerlendirildiğinde, *G. mosseae* ve *G. etunicatum* türleri hastalık şiddetini sırasıyla %65.6 ve %56.3 oranında azaltmıştır. Diğer mikorizal fungus türleri ise %50.0 veya daha altında izleyen oranlarda etkili olmuşlardır. Hu ve Gui, (1991) tarafından pamuk bitkisinde yapılan bir çalışmada, *G. mosseae* mikorizal fungus türü pamuğun önemli diğer bir solgunluk etmeni olan *Fusarium vasinfectum*'un enfeksiyonlarını azaltmada etkili olmuştur. Liu (1995) tarafından, *G. mosseae*, *G. versiforme* ve *Sclerocystis sinuosa* mikorizal fungus türlerinin pamuk bitkisinde *Verticillium solgunluğu*na karşı etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, *G. versiforme* patojenin topraktaki mikrosklerot oranını azaltmada en başarılı tür olarak belirlenmiştir. Matsubara vd., (1995) tarla koşullarında *G. etunicatum* ve *G. margarita* mikorizal fungus türlerinin patlıcanda *Verticillium solgunluğu*nun hastalık şiddetini sırasıyla %30 ve %45 oranlarında azaltmıştır.

Sonuç olarak tüm bitki gelişim parametreleri ve hastalık şiddeti üzerine etkiler birlikte değerlendirildiğinde *G. mosseae* başta olmak üzere *G. etunicatum* ve *G. intraradices* türlerinin etkili olduğu dikkat çekmiştir. Test edilen mikorizal funguslar arasında *G. coledonium* türünün etkisiz olduğu ortaya konulmuştur. *G. fasciculatus* ve *G. margarita* türleri bazı bitki gelişim parametreleri üzerinde etkili olsa da hastalık şiddetini azaltma yeteneği bakımından orta düzeyde bulunmuştur. Söz konusu mikorizal fungus türleri arasında *G. mosseae* başta olmak üzere üç mikorizal fungus türü daha etkin bulunmuş ve daha sonraki çalışmalarda detaylı olarak test

edilmek üzere tavsiye edilebileceği ortaya konulmuştur. Başarılı bulunan mikorizal fungusların arazi koşullarında etkinliği ve bunların fiziksel ve biyokimyasal dayanıklılık mekanizmaları daha sonraki araştırma konuları arasındadır.

## Kaynaklar

- Abdel-Fattah, G.M., Shabana, Y.M. 2002. Efficacy of Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus clarum* in Protection of Cowpea Plants Against Root Rot Pathogen in *Rhizoctonia Solani*. Zeitschrift fur Pflanzen Krankheiten und Pflanzenschutz, 109(2), 207-215.
- Agrios, N.G. 1997. Mycorrhizae. Plant Pathology. 4th Edition. New York, USA, 635 pp.
- Anonim, 2010. www.tuik.gov.tr
- Bell, A.A. 1992. Verticillium Wilt. (87-126) in: Hillocks, R.J. [Ed.] Cotton Diseases. C.A.B.I. International, Oxford, UK, 440 pp.
- Boby, V.U., Bagyaraj, D.J. 2003. Biological Control of Root Rot of *Coleus forskohlii* Briq. Using Microbial Inoculants. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 19, 175-180.
- Conway, K.E., Martin, M.J., Melok, H.A. 1983. The Potential of Soil Solarization to Control Verticillium Dahliae in Oklahoma. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science, 63, 25-27.
- Demir, S. 1998. Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler Arbüsküler Mikorhiza Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 114s.
- Demir, S., Bars Orak, A., Durak, E.D. 2010. Verticillium Solgunluğuna Farklı Reaksiyon Gösteren Bazı Pamuk Çeşitlerinin Arbüsküler Mikorhizal Funguslara (AMF) Karşı Mikorhizal Bağlılıkları. Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 20(3), 201-207.
- Dervis, S., Erten, L., Kurt, S., Yıldız, M. 2009. An Overview of Vegetative Compatibility Groups of *Verticillium dahliae* from Cotton in Turkey, Including New Isolates. 10<sup>th</sup> International Verticillium Symposium, Corfu Island, Hellas, 16-20 November, Corfu (Greece), pp99.
- Giovannetti, M., Mosse, B. 1980. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection in Root. New Phytologist, 84, 489-500.
- Hu, Z.J., Gui, X.D. 1991. Pretransplant Inoculation with VA Mycorrhizal Fungi and Fusarium Blight of Cotton. Soil Biology and Biochemistry, 23, 201-203.
- Karagiannidis, N., Bletsos, F., Stavropoulos, N. 2002. Effect of Verticillium Wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and Mycorrhizae (*Glomus mosseae*) on Root Colonization Growth and Nutrient Uptake in Tomato and Eggplant Seedling. Scientia Horticulturae, 94, 145-156.
- Karman, M. 1971. Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler, Denemelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları. Zırai Mücadele ve Zırai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları. Bornova İzmir, 273 s.
- Kirkpatrick, T.L., Rothrock, C.S. 2001. Compendium of Cotton Diseases. 2. Ed. APS Press. USA, 77 pp.
- Koske, R.E., Gemma, J.N. 1989. A Modified Procedure for Staining Root to Detect VAM. Mycological Research. 92, 486-505.
- Krishna, K.R., Bagyaraj, D.J. 1983. Interaction Between *Glomus fasciculatum* and *Sclerotium rolfsii* in Peanut. Canadian Journal of Botany. 61, 2349-2351.
- Liu, R.J. 1995. Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Verticillium Wilt of Cotton. Mycorrhizae, 5(4), 293-297.
- Matsubara, Y., Tamura, H., Harada, T. 1995. Growth Enhancement and Verticillium Wilt Control by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus inoculation in Eggplant. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 64(3), 555-561.
- Menge, J.A, Timmer, L.W. 1982. Procedure for Inoculation of Plants with Vesicular Arbuscular Mycorrhizae in Laboratory, Greenhouse and Field. In: 'Methods and Principles of Mycorrhizal Research', N.C. SCHENK. 244 pp.
- Nacak, P.İ. 2004. Türkiye Pamuk Dış Ticaretinin Yapısı ve Bunu Etkileyen Faktörler Üzerine Bir Araştırma. İzmir Ticaret Borsası Yayınları, 83, İzmir.
- Norman, J.R., Atkinson, D., Hooker, J.E. 1996. Arbuscular Mycorrhizal Fungal-Induced Alteration to Root Architecture in Strawberry and Induced Resistance to Root Pathogen *Phytophthora fragaria*. Plant and Soil, 185, 191-198.
- Pozo, M.J., Azcon-Aguilar, C., Dumas-Gaudot, E., Barea, J.M. 1999. B-1,3-glucanase Activities in Tomato Roots Inoculated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and/or *Phytophthora parasitica* and their Possible Involvement in Bioprotection. Plant Science, 141, 149-157.
- Schenk, N.C. 1987. Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi and the Control of Fungal Root Diseases. Pp. 179-191. In. I. Chet (Editors). Innovative Approches to Plant Diseases Control. John Wiley and Sons, New York, 327 pp.

- Sezgin, E. 1985. Pamuk solgunluk hastalığı ile savaşımında kültürel işlemlerin önemi. Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Yıllığı, 3, 232-31, Bornova, İzmir.
- Smith, S.E., Read, D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2. Edition. Academic Press, London. 605 pp.
- Tsrör, L., Hazanovsky, S., Mordechi-Lebiush, S., Sivan, S. 2001. Aggressiveness of *Verticillium dahliae* Isolates from Different Vegetative Compatibility Groups to Potato and Tomato. Plant Pathology, 50, 477-482.
- Xiao, C.L., Subbaro, K.V., Schulbach, K.F., Koike, S.T. 1998. Effect of Crop Rotation and Irrigation on *Verticillium dahliae* Microsclerotia in Soil and Wilt in Cauliflower. Phytopathology, 88, 1046-1055.