

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tarsus Bağ Alanlarındaki Doğal Vesiküler Arbüsküler
Mikorizal (VAM) Fungusların Varlığı ve Enfeksiyon
Oranlarının Araştırılması**

Mert SÖNMEZ

Bitki Koruma Anabilim Dalı

Eylül, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

**Tarsus Bağ Alanlarındaki Doğal Vesiküler Arbüsküler
Mikorizal (VAM) Fungusların Varlığı ve Enfeksiyon
Oranlarının Araştırılması**

Mert SÖNMEZ

Bitki Koruma Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 01/09/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Davut Soner AKGÜL (Danışman)
: Prof. Dr. Şener KURT
: Prof. Dr. İsmail ERPER

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof.Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma BAP birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL 2024-16768

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VI
1.GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Bitkisel Materyal.....	15
3.2. Metot	15
3.2.1. Sörvey Çalışması	15
3.2.2 Bitki Kök Örneklerinin Alınması.....	16
3.2.3. Toprak Örneklerinden Mikoriza Sporlarının İzolasyonu.....	17
3.2.4. Mikoriza Kök İnfeksiyonunun Belirlenmesi.....	17
3.2.5 Morfolojik Olarak Sporların Gruplandırılması	20
3.2.6. Morfolojik Yöntemler ile Mikoriza Sporlarının Tanımlanması.....	21
3.2.7 Moleküler Yöntemler ile Mikoriza Türlerinin Tanımlanması	21
3.2.8. Tanımlanmış Mikoriza Türlerinin Üretimi	22
3.2.8. Mikorizaların Asma Çeliklerine Inokule Edilmesi	23
3.2.9. Mikoriza İnokule Edilmiş Çeliklerde Kök Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi	24
3.2.10. Asma Fidanı Rizosferinde Mikoriza Spor Sayısı ve Kök Enfeksiyon Oranlarının Belirlenmesi	24
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	25
4.1. Mikoriza Spor Yoğunluğu	25
4.2. Bağlardaki Mikorizal Kök Enfeksiyon Oranı.....	26
4.3. Toprak Tekstrü, pH ve Elektriksel İletkenlik (EC) Ölçüm Sonuçları	27
4.4. Mikorizal Türlerin Teşhis Sonuçları.....	28
4.5. Sorgum Bitkisinde Mikorizal Üretim Sonuçları.....	31
4.5. Mikoriza Inokule Edilen Asma Çeliklerinde Kök Enfeksiyon Oranı, Topraktaki Spor Yoğunluğu, Kök Yaş ve Kuru Ağırlıkları	33
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	49

**Tarsus Bağ Alanlarındaki Doğal Vesiküler Arbüsküler
Mikorizal (VAM) Fungusların Varlığı ve Enfeksiyon
Oranlarının Araştırılması**

Mert SÖNMEZ

Danışman: Prof. Dr. Davut Soner AKGÜL

İkinci Danışman: Doç. Dr. Adem YAĞCI

Bitki Koruma Anabilim Dalı

ÖZ

Vesiküler arbüsküler mikoriza (VAM) fungusları, asma kökleriyle simbiyotik ilişkiler kurarak su ve besin alımını artırmakta, bitkilerin kuraklık ve tuzluluk gibi stres koşullarına toleransını güçlendirmekte ve bitki beslenmesine katkılar sağlamaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, Tarsus bağ topraklarında doğal mikoriza funguslarının varlığını, yoğunluğunu ve çeşitliliğini belirlemek ve farklı asma anaçlarıyla olan etkileşimlerini kontrollü inokulasyon denemeleri ile değerlendirmektir. Sörvey çalışmasıyla farklı bağ alanlarından toprak ve kök örnekleri toplanmış, 10 gram topraktaki mikoriza sporlarının yoğunluğu, bağlarda asma köklerindeki enfeksiyon oranları (%) belirlenmiştir. İzole edilen sporların morfolojik ve moleküler tanısı yapılmış, bunlar sorgum bitkilerinde çoğaltılmış ve asma anaçlarına (110-Richter, 140-Ruggeri, 1103 Paulsen ve Kober 5BB) inokule edilerek topraktaki spor yoğunluğu ve fidanları kolonize etme performansları ortaya çıkarılmıştır. İlçedeki bağlarda iki mikoriza türü (*Funneliformis coronatum* ve *Septoglomus jasnowskae*) saptanmış, *F. coronatum*'un yaygın tür olduğu bulunmuştur. İlçedeki bağ topraklarında mikorizal spor yoğunluğu 38-96 (adet/10 g toprak) arasında, asma köklerindeki enfeksiyon oranları %23-63 arasında değişmiştir. *F. coronatum* sorgum köklerini daha fazla enfekte etmiş, kontrole göre topraktaki spor yoğunluğu daha yüksek bulunmuştur. Bu türlerin asma anaçlarına inokulasyonu, kontrole göre kök yaş ve kuru ağırlıkları önemli miktarda artmıştır. İki türün 110-Richter ve 140-Ruggeri anaçlarının saksı topraklarında ürettiği spor yoğunluğu arasında fark bulunmazken, *F. coronatum* Kober-5BB ve 1103-Paulsen anaçlarında *S. jasnowskae*'ya göre daha fazla spor üretmiştir. Buna karşın bu türlerin Kober-5BB ve 1103-Paulsen anaçlarını enfekte etme yüzdeleri arasında fark bulunmamıştır. *F. coronatum* 140-Ruggeri'yi enfekte etmede *S. jasnowskae*'ya üstünlük sağlarken, 110-Richter anacında bu durumun tam tersi meydana gelmiştir. Bu çalışmadaki mikoriza türlerinin geleneksel tarım yapılan bağlardan izole edildiği göz önünde tutulursa, iki türün çoğaltılarak karışım halinde tüplü asma fidanı üretiminde kullanılabilceğini veya ticari preparatların içeriklerine dahil edilerek bağ alanlarında değerlendirilebileceği ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asma anaçları, bağcılık, *Funneliformis coronatum*, *Septoglomus jasnowskae*

Investigation of the Presence and Infection Rates of Natural Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM) Fungi in Tarsus Vineyards

Mert SÖNMEZ

Advisor: Prof. Dr. Davut Soner AKGÜL

Co-advisor: Assoc. Prof. Adem YAĞCI

Department of Plant Protection

ABSTRACT

Vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi establish symbiotic relationships with grapevine roots, thereby enhancing water and nutrient uptake, strengthening plants' tolerance to stress conditions such as drought and salinity, and contributing to plant nutrition. This study aims to determine the presence, abundance, and diversity of natural mycorrhizal fungi in Tarsus vineyard soils and to evaluate their interactions with different grape rootstocks through controlled inoculation experiments. Soil and root samples were collected from different vineyard areas through a survey study, and the density of mycorrhizal spores in 10 grams of soil and the infection rates (%) in vine roots were determined. The morphological and molecular identification of the isolated spores was performed, and these were propagated in sorghum plants and inoculated into rootstocks (110-Richter, 140-Ruggeri, 1103 Paulsen, and Kober 5BB) to determine their spore density in the soil and their performance in colonizing seedlings. Two mycorrhizal species (*Funneliformis coronatum* and *Septoglomus jasnowskiae*) were identified in the vineyards of the district, and *F. coronatum* was found to be the predominant species. The mycorrhizal spore density in the vineyard soils of the district ranged from 38 to 96 (spores/10 g soil), and the infection rates in grapevine roots varied between 23% and 63%. *F. coronatum* infected sorghum roots more extensively, and its spore density in the soil was higher than in the control. Inoculation of these species into grapevine rootstocks significantly increased root fresh and dry weights compared to the control. While there was no difference in spore density produced in potting soil between the 110-Richter and 140-Ruggeri rootstocks of the two species, *F. coronatum* produced more spores than *S. jasnowskiae* on Kober-5BB and 1103-Paulsen rootstocks. However, there was no difference in the percentage of infection of these species in the Kober-5BB and 1103-Paulsen rootstocks. *F. coronatum* was superior to *S. jasnowskiae* in infecting 140-Ruggeri, while the opposite was true for the 110-Richter rootstock. Considering that the mycorrhizal species in this study were isolated from vineyards under conventional farming practices, it was found that the two species could be propagated and used in the production of potted vine seedlings in mixtures or included in the contents of commercial preparations for use in vineyards.

Keywords: Grapevine, Mycorrhiza, *Funneliformis coronatum*, *Septoglomus jasnowskiae*

TEŞEKKÜR

Tarsus Bağ Alanlarındaki Doğal Vesiküler Arbüsküler Mikorizal (VAM) Fungusların Varlığı Ve Enfeksiyon Oranlarının Araştırılması isimli yüksek lisans tez konumun belirlenmesinde, denemenin yürütülmesinde, araştırılmasında ve yazım aşamasında beni yönlendirerek, yol gösteren, tüm deneyim ve bilgisini ve tecrübelerini aktaran çok değerli Sayın Prof. Dr. Davut Soner AKGÜL hocama, Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ hocama ve Doç. Dr. Adem YAğCI hocama saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Tez değerlendirme aşamasında yorumlarıyla, yönlendirici ve yapıcı fikirleri ile katkıda bulunan değerli jüri üyeleri Prof. Dr. şener KURT ve Prof. Dr. İsmail ERPER 'a teşekkür ediyorum.

Çalışmalarımın esnasında yardımını, bilgi ve tecrübelerini aktaran, çalışmalarımın çoğu aşamasında emeği geçen değerli arkadaşlarım Ziraat Mühendisleri; Suat ERDEM'e, Utkucan ÖZBİLEN'e, Hatice ÖZEL'e ve Araştırma Görevlileri T. Tarık ERPER'e, Mehmet İŐIK ve Mert ACAR'a yardım ve desteklerinden dolayı en içten teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde ve koşulunda yaptıklarıyla daima yanımda duran, bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan beni destekleyen sevgili aileme, Annem Zeynep SÖNMEZ'e, Merhum Babam Vakıf SÖNMEZ, Halam Türkan SÖNMEZ ve Dayım Mehmet BİLGİN'e sonsuz teőekkürler ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya Geneline Önde Gelen Bağcılık Ülkelerinin Alan, Üretim ve Verim Değerleri	1
Çizelge 1.2. Farklı Bölgelerdeki Üzüm Üretim Verileri	2
Çizelge 3.1. Mikoriza tanımlama cetveli (Ör. Tarsus İlçesi Asma bitkisinin 1 nolu örnek / Tarsus İlçesi Killik köyü, Mersin, Türkiye), Schenck and Perez (1990)	21
Çizelge 3.2. Mikoriza tanısında kullanılacak universal primerler ve PCR koşulları	22
Çizelge 4.1. Çalışma alanına ait toprakların tekstür, pH ve EC değerleri.....	28
Çizelge 4.2. Sorgum bitkisine mikoriza sporu inokülasyonu sonrası gram toprakta spor üretim sayısı ve kök enfeksiyon oranları.....	32
Çizelge 4.3. Farklı Amerikan asma anaçlarına <i>Funneliformis coronatum</i> ve <i>Septoglomus jasnowskae</i> uygulamalarının kök yaş-kuru ağırlıkları, mikoriza spor sayısı ve kök enfeksiyon oranları (%).....	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil. 3.1. a) Tarsus ilçesi sörvey çalışması yapılan bağ alanları haritası, b) Bağ alanı, c) Asma bitkisi rizosfer bölgesi	16
Şekil. 3.2. a) Mikoriza izolasyonu için kullanılan test elekleri, b) Stereo mikroskop ile spor sayımı	17
Şekil. 3.3. a) Glycerol trypan blue içerisinde bekleyen kökler, b) Işık mikroskobu altında görülen köklere infekte olmuş sporlar	18
Şekil. 3.4. Toprak Tekstrü analizi öncesi toprak hazırlığı	20
Şekil. 3.5. a) Mikoriza sporları gruplanmadan önce, b) Mikoriza sporları gruplandıktan sonra	20
Şekil. 3.7. a) Steril ortamda yetiştirilen sorgum fidesinin köklerine mikoriza inokule edilmesi b) Mikoriza inokule edilen sorgumların kök gelişimleri	23
Şekil. 3.8. a) Mikoriza sporu inokule edilmemiş asma kökleri b) Asma köklerinde gelişen Mikorizalar	24
Şekil 4.1. Tarsus ilçesindeki bağlarda gram topraktaki mikoriza spor sayısı (Adet /10 gram toprak)	26
Şekil 4.2. Tarsus ilçesindeki bağlarda mikoriza kök infeksiyonu oranı.....	27
Şekil 4.3. a) <i>Funneliformis coronatum</i> sporunun morfolojik tanılama amacıyla kırılmamış hali, b) <i>F. coronatum</i> sporunun kırılmamış hali, c) <i>Septoglomus jasnowskiae</i> sporunun morfolojik tanılama amacıyla kırılmamış hali d) <i>S. Jasnowskiae</i> morfolojik tanılama amacıyla kırılmamış hali	29
Şekil 4.4. <i>Funneliformis coronatum</i> ve <i>Septoglomus jasnowskiae</i> blast sonuçları	30
Şekil 4.5. a) İnokule edilen mikoriza sporlarının mikroskop görüntüsü, b) Steril ortamda yetiştirilen sorgum fidesinin köklerine mikoriza inokulasyonu, c-d) Mikoriza inokulasyonu yapılmış sorgumların kök gelişimleri	31
Şekil 4.6. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama spor sayıları (adet/10gr toprak)	34
Şekil 4.7. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama kök infeksiyonu (%)	35
Şekil 4.8. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama kök yaş ağırlıkları (g)	35
Şekil 4.9. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama kök kuru ağırlıkları (g)	36
Şekil 4.10. a) Mikoriza inokülasyonu yapılmamış asma fidanı, b) <i>Funneliformis coronatum</i> inokülasyonu yapılmış asma fidanı c) <i>Septoglomus jasnowskiae</i> inokülasyonu yapılmış asma fidanı	37

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
AM	: Arbüsküler mikoriza (Arbuscular Mycorrhiza)
ANOVA	: Varyans analizi (Analysis of Variance)
bp	: Baz çifti (Base pair)
cm	: Santimetre
DNA	: Deoksiribonükleik asit
dNTP	: Deoksiribonükleotid trifosfat
EDTA	: Etilen diamin tetra asetik asit
g	: Gram
H ₂ O	: Su
HCl	: Hidroklorik asit
ITS	: Internal Transcribed Spacer (İç Transkripsiyon Aralığı)
KOH	: Potasyum hidroksit
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
NaCl	: Sodyum klorür
PCR	: Polimeraz zincir reaksiyonu (Polymerase Chain Reaction)

1.GİRİŞ

Bağcılık, insanlık tarihinin en eski tarımsal faaliyetlerinden biri olup, Anadolu coğrafyası bu kültürün ilk filizlendiği yerlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ülkemiz, bağcılık sektörü açısından gerek sahip olduğu iklim ve toprak koşulları, gerekse kültürel birikimi ile dünya çapında önemli bir konuma sahip bir ülkedir. Üzümün anavatanları arasında Kafkasya, Hazar Denizinin güneyi ve Kuzeydoğu Küçük Asya ile birlikte Anadolu' da yer almaktadır (Ağaoğlu, 1999). Anadolu'da bağcılık faaliyetleri, kökeni çok eski çağlara uzanan köklü bir geçmişe sahiptir.

Türkiye bağcılık için dünyanın en uygun iklim kuşakları ve toprak yapısının içerisinde yer almakta olup, bağ yetiştiriciliği; ülkemizin de içinde bulunduğu 34°-49° kuzey ve güney enlemleri arasında gerçekleştirilmektedir. (Oraman, 1970; Çelik ve ark., 1998; Ağaoğlu, 2002) Anadolu, yalnızca asmanın (*Vitis vinifera* L.) gen merkezi olmasıyla değil, aynı zamanda binlerce yıl öncesine dayanan güçlü bağcılık kültürüyle de dikkat çeker. Ülkemiz üzerinde farklı üzüm çeşitlerinin bulunması, üzümün farklı amaçlarla değerlendirilmesi ve kültürel bir gelenek olarak günümüze kadar sürdürülmesi, bu tarihsel geçmişin en önemli göstergelerindedir (Çelik, 1998).

Tarih boyunca bu topraklarda yaşayan birçok uygarlık için bağcılık hem önemli bir uğraş hem de temel geçim kaynaklarından biri olmuştur. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2022 verilerine göre ise Türkiye, bağ alanı bakımından dünyada beşinci, üzüm üretiminde ise 6'ncı sırada yer almaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Dünya genelinde önde gelen bağcılık ülkelerinin alan, üretim ve verim değerleri * (2022 Yılı)

No	Ülkeler	Bağ Alanı (ha)x 1000	Alan (%)	Üretim (ton) x 1000	Üretim (%)	Verim (kg/da) x 1000
1	İspanya	932	13.4	6818	8.7	732
2	Fransa	759	10.9	5884	7.5	775
3	Çin	768	11.1	14843	19	1933
4	İtalya	704	10.1	8222	10.5	1168
5	Türkiye	401	5.8	4209	5.4	1050
6	ABD	372	5.4	5389	7	1449
7	Arjantin	215	3.1	2056	2.6	956
8	Şili	201	2.9	2773	3.6	1380
9	Diğer	2599	37.4	27840	35.7	
	TOPLAM	6.951		78.034		

Ülkemizin önemli tarımsal üretimlerinden biri olan bağcılık, yaklaşık 4 milyon hektar alanda gerçekleştirilmektedir ve her yıl ortalama 4.2 milyon ton üzüm üretimi yapılmaktadır. Dünya genelinde bağcılığın yaygın olarak yapıldığı ülkelerle karşılaştırıldığında, Türkiye üretim alanı ve üzüm üretim miktarı açısından Fransa'nın ardından 6. sırada yer almaktadır. Ayrıca, dünya kuru üzüm ihracatının %32.1'lik kısmı Türkiye tarafından karşılanmakta, bu da ülkemizin sektördeki güçlü konumunu ortaya çıkarmaktadır. Ülkemizin hemen her bölgesinde üzüm yetiştiriciliği yapılırken en fazla üretim %50.5'luk oran ile Ege, %16.7 ile Akdeniz, %15.5 ile Güneydoğu Anadolu'da ve %17.3 ile diğer bölgelerde gerçekleşmektedir (TÜİK, 2021). Akdeniz Bölgesi'nde toplam yaklaşık 65.000 hektar bağ alanı bulunmakta olup, bunun üçte birini yani yaklaşık 25.000 hektarı Mersin ilinde yer almaktadır. Mersin'de ise özellikle Tarsus ilçesi, üzüm üretiminde ilk sırada gelmekte ve erken dönem turfanda sofralık üzüm üretimiyle öne çıkmaktadır (Cebeci ve Akın, 2014).

Çizelge 1.2. Farklı bölgelerdeki üzüm üretim verileri

Bölge	Üretim Miktarı (Ton)	Üretim Oranı (%)
Ege Bölgesi	2.071.696	50.5
Akdeniz Bölgesi	686.059	16.7
Güneydoğu Bölgesi	636.390	15.5
Diğer Bölgeler	700.000	17.3
TOPLAM	4.094.145	

Son yıllarda küresel iklim değişikliği, bağcılık sektörünü doğrudan etkileyen önemli bir sorun haline gelmiştir. Akdeniz Bölgesi, iklim değişiminden olumsuz etkilerinin yoğun şekilde hissedildiği bir bölge olarak öne çıkmaktadır. Sıcaklık artışı, yağış rejimindeki değişiklikler ve ekstrem iklim olaylarının sıklığı, bağ alanlarının sürdürülebilirliğini tehdit etmekte, asma fenolojisi, verim ve kalite dengesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Soltekin ve ark., 2021). Asmalar, genel olarak kuvvetli gelişim gösteren, odunsu yapıya sahip, çok yıllık bitkiler olarak tanımlanmaktadır. Bu morfolojik ve fizyolojik özellikleri, kültüre alınmış asma türlerinin budama işlemlerine yüksek adaptasyon göstermesine ve farklı üretim hedeflerine uygun çeşitli terbiye sistemlerine uyum sağlamasına olanak tanımaktadır.

Geçmişte bölgede yaygın olarak kullanılan Goble terbiye sistemi (desteksiz, toprak yüzeyine yakın gelişen omcalar), son otuz yıllık süreçte yerini büyük ölçüde telli terbiye sistemlerine bırakmıştır. Bu dönüşümle birlikte, bölgeye yeni sofralık ve şaraplık üzüm çeşitlerinin girişi hız kazanmış, aynı zamanda aşılı asma fidanı kullanım oranında da belirgin bir artış gözlenmiştir.

Türkiye’de kamu ve özel sektör dahil olmak üzere toplam 60’ın üzerinde asma fidanı üreten işletme bulunmakta olup, ortalama yıllık 5 milyon adet fidan üretimi yapılmaktadır. Üretilen fidanların bir kısmı açık köklü arazi fidanı, geri kalanı ise tüplü fidandır. Üretilen fidanların yalnızca %50.4’ü aşılı fidandır. Bu üretim miktarı henüz aşılı fidan ihtiyacını karşılayacak sayıda ve kalitede değildir. Sera koşullarında, tüplü asma fidanı üretiminde aşılama sonrası fidan randımanı yaklaşık %55-70 seviyelerindeyken, açık köklü arazi fidanı üretiminde fidan randımanı %41-43 seviyesindedir (Söylemezoğlu ve ark. 2015). Akdeniz Havzası’nda aşılı asma fidanı üretimi, ülkemiz genelindeki toplam fidan üretimi içerisinde oldukça sınırlı bir paya sahiptir. Bu nedenle, Tarsus başta olmak üzere, Adana, Mersin, Osmaniye gibi illerde aşılı asma fidanı ile yeni bağ tesis edilmek istendiğinde, ihtiyaç duyulan fidanların önemli bir bölümü Ege Bölgesi’ndeki fidan üretim merkezlerinden sağlanmaktadır.

Asma fidanı üretim sürecinde, farklı aşamalarda çeşitli kayıplar meydana gelebilmektedir. Fidan randımanını etkileyen başlıca faktörler arasında; kullanılan anacın köklenme kapasitesi, aşı materyalinin sağlıklı olması, aşının doğru teknikle uygulanması, parafinin kalitesi, kaynaştırma ortamının uygun sıcaklık, nem ve hijyen koşullarında tutulması, ayrıca fidanlıkta gerçekleştirilen dikim ve bakım uygulamalarının niteliği yer almaktadır (Çelik, 2012).

Aşılı asma fidanı üretiminde randımanı ve kaliteyi artırmak için bugüne kadar pek çok çalışma yapılmıştır. Mikoriza funguslarının kullanımı üzerine yapılan araştırmalar, bu simbiyotik organizmaların bitkilerin su ve besin maddelerini daha etkin bir şekilde almasına yardımcı olduğunu göstermiştir. Mikoriza fungusları, asma fidanlarının kök gelişimini teşvik ederek kök yüzey alanını artırır ve özellikle fosfor gibi zor alınabilir besin maddelerinin bitki tarafından alınmasını kolaylaştırmaktadır. (Ortaş, 1997).

Mikroorganizmalar, bitkiler ile birlikte simbiyotik bir birliktelik oluşturan mikorizal yaşam sistemi, neredeyse tüm bitkilerde görülmektedir. Bitki türlerinin yaklaşık %90’ının kök sistemleri, mikoriza fungusları ile enfekte durumdadır. (Ortaş, 1997). Bu simbiyotik ilişkide, bitki fotosentez yoluyla ürettiği karbon bileşiklerini enerji kaynağı olarak mikorizaya iletirken; mikoriza fungusu da bitkinin ihtiyaç duyduğu mineral besin elementlerinin ve suyun alımını artırmaktadır. Konukçu bitki ile mikoriza arasındaki bu karşılıklı faydaya dayalı ilişki, yalnızca ekosistemdeki besin döngüsüne katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda bitki topluluklarının sürekliliğini ve ekolojik canlılığını da desteklemektedir.

Mikoriza ile inoküle edilmiş fidanlarda kök ve sürgün gelişiminin hızlandığı, bu sayede daha kaliteli ve dayanıklı fidanlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu simbiyotik ilişki, bitkilerin özellikle fosfor gibi zor alınabilir besin maddelerini daha etkin bir şekilde almasına olanak tanırken, farklı mikoriza türlerinin asma fidanları üzerindeki etkilerinin değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymuştur. Özellikle arbusküler mikoriza fungusları (AMF), bağcılıkta en yaygın incelenen türlerden biridir ve kök gelişimini teşvik etmenin yanı sıra asma fidanlarının

hem toprak koşullarına uyumunu artırmakta hem de üretim sürecinde sürdürülebilir bir yaklaşım sunmaktadır (Kılıç, 2014).

Biyoteknolojinin, daha az bir maliyet kullanarak sürdürülebilir şekilde daha yüksek miktarda gıda üretimini mümkün kılarak, tarımda ikinci bir “Yeşil Devrim”e öncülük etmesi öngörülmektedir. Bu bağlamda, arbusküler mikorizal funguslar, geleceğin tarımsal üretim sistemlerinde kritik rol üstlenecek önemli biyolojik aktörler arasında değerlendirilmektedir. Son yıllarda sürdürülebilir tarım uygulamalarına olan ilginin artması, mikorizal fungusların bağcılık sektöründe kullanımını önemli bir seçenek haline getirmiştir. Mikorizal funguslar, bitki kökleri ile simbiyotik bir ilişki içinde çalışarak, özellikle fosfor ve çinko gibi besin elementlerinin alımını artırmakta, su kullanım verimliliğini iyileştirmekte ve bitkilerin biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Bu biyolojik ajanlar, kimyasal gübre kullanımını azaltarak hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir üretim modeli sunmaktadır. Türkiye’de mikoriza kullanımı, bağcılık sektöründe sürdürülebilirlik ve verimlilik hedefleri doğrultusunda giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Arbusküler mikoriza (AM) simbiyotik ilişkisinin temelini, bitkilerin fotosentez yoluyla sentezlediği karbonhidratların, funguslar ise topraktan temin ettiği besin elementlerinin karşılıklı olarak değişimi oluşturmaktadır. Bu değişim tamamen değilse de büyük oranda kök kortikal hücreleri içerisine kadar çok fazla dallanmış fungus yapıları olan arbusküller üzerinden gerçekleşmektedir. Mikroskop altında teşhis edilen, bitki kök bölgesinde yoğun miktarda hif oluşturan mikorizalar, bu hifler aracılığıyla alımı yavaş olan besin elementlerinin bitki tarafından daha etkin şekilde alınmasını sağlamakta ve böylece bitki gelişimine olumlu katkıda bulunmaktadır. Son yıllarda, mikorizalar tarım ve bağcılık alanlarında yürütülen çok sayıda bilimsel araştırmanın odağında yer almıştır. Bağ alanlarının rizosferi, çeşitli mikoriza türlerinin yoğun olarak bulunduğu bir ekosistemdir. Mikorizalar, özellikle arbusküler mikoriza fungusları (AMF), asma bağlarında köklerle simbiyotik ilişkiler kurarak bitki beslenmesini ve stres toleransını artırmıştır. Yapılan araştırmalar, bazı mikoriza türlerinin belirli bitki türleriyle daha güçlü simbiyotik ilişkiler kurma eğiliminde olduğunu ve bu nedenle mikorizal seçicilik özelliğinin ortaya çıkabildiğini göstermiştir. Bu seçicilik, mikoriza türlerinin bağın kök salgıları, fenolik bileşikler ve genetik yapısı gibi faktörlere duyarlılığıyla şekillenmektedir. Aynı zamanda, çevresel koşullara, toprak yapısına ve bitki çeşidine bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir.

Ayrıca bağ rizosfer bölgesi içerisinde köklerle en etkili simbiyozu kuran mikoriza türlerinin doğru şekilde teşhis edilmesi büyük önem taşımaktadır, Çünkü her mikoriza türü aynı düzeyde yarar sağlamamakta; bazıları belirli bağ koşullarında veya üzüm çeşitlerinde daha etkili kolonizasyon oluşturmakta ve bitkiye daha yüksek düzeyde fayda sunabilmektedir. Bu nedenle, bağlardan izole edilen yerel mikoriza türlerinin moleküler ve mikroskopik yöntemlerle tanımlanması, etkin türlerin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Tanımlanan ve etkinliği yüksek olduğu saptanan mikoriza türlerinin laboratuvar ve sera koşullarında çoğaltılarak biyolojik

inokulant olarak hazırlanması, bağcılıkta mikorizal desteğin kontrollü ve bilinçli biçimde sağlanmasına olanak tanımaktadır. Bu türlerin, özellikle asma fidancılığı sürecinde fidelerin kök sistemine inokule edilerek kullanılmaları, genç bitkilerin hem daha hızlı gelişmesine hem de çevresel stres koşullarına karşı daha dirençli hale gelmesine katkı sağlamakta ve mikorizal inokulantların asma fidanlarıyla birlikte entegre edilmesi, uzun vadede bağın genel sağlığına, ürün kalitesine ve toprak biyolojik verimliliğine olumlu katkılar sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı kapsamında, Tarsus ilçesinde geleneksel tarım yapılan bağ alanlarında doğal olarak bulunan mikoriza sporlarının yoğunluğunu ve asma köklerinin enfeskiyon oranlarını saptamak, bu sporları üreten türleri morfolojik ve moleküler yöntemlerle tanılamak, en yaygın türlerin farklı asma anaçlarını kolonize etme performanslarını ortaya çıkarmaktır.





2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mikroorganizmalar ile bitkiler arasında kurulan simbiyotik birlikteliklerden biri olan mikorizal yaşam sistemi, doğada neredeyse tüm bitkilerde görülmektedir. Bitki türlerinin yaklaşık %90'ının kök sistemleri mikoriza funguslar ile enfekte durumdadır (Ortaş ve Varma, 2007; Smith ve Read, 2008). Geçmişte, toprakta yayırlılığı düşük olan besin elementlerinin bitkilere yalnızca kökler aracılığıyla geçtiği düşünölmekteydi. Ancak son dönemlerde yapılan araştırmalar, besin elementlerinin alım sürecinde bitki köklerinin yanı sıra mikroskop altında tanımlanabilen ve yoğun hif ağı geliştiren mikoriza adı verilen fungusların da önemli bir görev üstlendiğini göstermiştir. (Ortaş, 1997).

Bonfante-Fasolo, (1978) arazi koşullarında yetişen asmaların mikorizalı kökleri üzerinde morfolojik incelemeler yapmış ve mikorizanın karakteristik yapıları olan hücreler arası hifler ile arbüskülleri detaylı olarak değerlendirmiştir. Araştırmacı, fungusun konukçu hücresine girdikten sonra yoğun şekilde dallandığını, oluşan arbüsküllerin kortikal hücreleri tamamen doldurduğunu, ayrıca arbüsküllerin bozulma sürecinin farklı aşamalarını gözlemleyerek tanımlamıştır.

Menge ve ark., (1983) Kaliforniya'da üzüm yetiştirilen alanlarda mikoriza varlığı, mikorizasız toprak ve asma gelişimi arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Çalışmada, mikoriza ile inokule edilen asmaların daha iyi gelişim gösterdiği, inokulasyon yapılmayanlara kıyasla %66 oranında daha yüksek ürün elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, mikoriza uygulanan tüm asmaların 19 ay sonraki toplam gelişim düzeyi, kontrol grubuna göre %13 daha yüksek bulunmuştur.

Nappi ve ark., (1985) tarafından İtalya'da yürütölen bir çalışmada, asma kökleri ve bağ toprağındaki mikoriza yoğunluğu değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, spor sayısının kök kalitesiyle yakından ilişkili olduğu, toprağın üst tabakalarında alt tabakalara göre daha fazla mikoriza bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek spor sayısına, yeşil örtü veya ağaç kabuğu ile malçlanan bağların toprak profillerinde rastlanmış; organik madde ve besin maddesi düşük olan bağlarda ise mikorizal yoğunluğun ve arbüskül miktarının en yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Schubert ve ark., (1988) farklı mikoriza türleri ile inokule edilen asma anaçlarında mikoriza kolonizasyonu ile kök ve sürgün gelişimini incelemişlerdir. Araştırmada, köklü asma anaçlarında *G. monosporum* ve *G. occultum*'un en etkili mikoriza türleri olduğu saptanmıştır. Ayrıca, *G. monosporum*, *G. occultum* ve *Glomus* sp. uygulamalarının sürgün kuru ağırlığını anlamlı ölçüde artırdığı, kök kuru ağırlığında ise daha sınırlı bir artış sağladığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, saksı kültüründe etkili olduğu tespit edilen bazı mikoriza türlerinin çalışma alanındaki doğal topraklarda bulunmadığını ve düşük düzeyde dahi olsa mikoriza inokulasyonunun asma gelişimini belirgin şekilde olumlu etkilediğini ifade etmişlerdir.

Ferrer ve ark., (1989) Çekoslovakya'daki farklı bağlarda yetiştirilen 14 üzüm çeşidine ait asma köklerinde mikoriza varlığını incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, mikorizaların büyük çoğunluğunun *Glomus* cinsine (10 tür) ait olduğu, bunun yanında *Sclerocystis* (3 tür) ve *Acaulospora* (2 tür) cinslerine de rastlandığı belirlenmiştir. Çalışmada, bağ alanlarında en yaygın görülen türlerin *G. fasciculatum*, *G. mosseae* ve *G. macrocarpum* olduğu rapor edilmiştir.

Mazzitelli ve Schubert, (1989) farklı mikoriza türleri ile yapay büyüme ortamlarının, *in vitro* koşullarda çoğaltılan 1103 P asma anacının gelişimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, sekiz farklı mikoriza türü, her biri ayrı ayrı yapay ortam içeren saksılara inokule edilerek denenmiş ve tüm mikoriza uygulamalarının, kontrol bitkilerine kıyasla asma gelişimini anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, özellikle *Glomus caledonium* türünün, %10 toprak, %30 torf ve %60 kum içeren ortamda yetiştirilen asmalarda, inokule edilmemiş bitkilere göre daha yüksek bitkisel gelişim sağladığını bildirmişlerdir. Buna karşın, %0 toprak – %50 torf – %50 kum ve %20 toprak – %40 torf – %40 kum oranındaki karışımlarda yetiştirilen bitkilerde ise mikoriza uygulaması ile kontrol bitkileri arasında anlamlı bir gelişim farkı gözlenmemiştir.

Khadge ve ark., (1992) yaptıkları çalışmada tropikal koşullarda *Glomus mosseae*'nin mısır ve maş fasulyesi üzerindeki inokulum taşıma etkilerini incelemiştir. Çalışma, fumige edilmemiş topraklarda yapılan mısır inokülasyonunun kuru madde ve tane veriminde artış sağladığını, ancak bu etkinin mahsul döngüsünde maş fasulyesi için sürdürülemediğini göstermiştir. Bu bulgu, tropikal alanlarda mikorizal inokülasyonun her mahsul için yeniden uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışma ayrıca mikorizal fungusların sürdürülebilir tarımdaki rolünü ve ürün rotasyonuna etkisini ortaya koymaktadır. Mısır bitkisinde kuru madde verimi %35 artarken, maş fasulyesinde bu artış %10'da kalmıştır. Mikorizal spor yoğunluğu mısır köklerinde 180 spor/g, maş fasulyesi köklerinde ise 60 spor/g olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, mikorizal inokülasyonun mahsuller arasında değişken etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur.

Plenchette ve Perrin, (1992) pırasa ve buğday bitkilerinde kullanılan 11 farklı fungusitin arbusküler mikorizal (AM) fungus gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada fungusitler, yapraklara dört farklı konsantrasyonda uygulanmış ve mikorizal enfeksiyon oranları incelenmiştir. Bulgular, sistemik fungusitlerin pırasa köklerinde enfeksiyonu azalttığını, ancak genel olarak mikorizal enfeksiyonun ciddi şekilde etkilenmediğini göstermiştir. İlginç bir şekilde, fosetil-alüminyum içeren Aliette adlı fungusitin mikorizal gelişimi teşvik ettiği belirlenmiştir. Çalışma, fungusitlerin AM funguslarına etkisinin genellikle toprak fumigasyonundan daha az zararlı olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, fungusit kullanımının mikorizal simbiyoz üzerindeki etkisinin ürün ve uygulama yöntemi bazında değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Bayram, (2000) ise son yıllarda mikoriza preparat uygulamalarının asma fidan randımanı ve gelişimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Vesiküler-arbusküler endomikoriza (VAM) enfeksiyonunun, farklı asma anaçlarının bitkisel gelişimi ve besin elementi alımı üzerine

etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada, *G. mosseae* ve *G. etunicatum* türlerinin, denemede kullanılan asma anaçları için en etkili mikoriza türleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Schreiner ve ark., (2003), Yaptıkları çalışmada farklı asma anaçlarının arbusküler mikorizal (AM) fungus kolonizasyonu üzerindeki değişkenliği doğal tarla koşullarında incelemiştir. Çalışma, 10 farklı anaç türü üzerinde gerçekleştirilmiş ve kök kolonizasyonu, verim ve meyve yükü gibi parametreler değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, kök kolonizasyon oranı genel olarak %60'ın üzerinde olsa da, kolonizasyon oranı anaç türüne, meyve yüküne ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Özellikle 140-Ruggeri, Kober 5BB ve SO-4 gibi daha fazla büyüme potansiyeli sunan anaçların daha yüksek AM kolonizasyonu gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum, düşük fosfor veya su stresi gibi zorlu çevre koşullarında yüksek mikorizal kolonizasyon sağlayan anaçların daha avantajlı olabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, arbuskül oranlarının meyve yükünün artmasıyla azaldığı gözlenmiştir. Çalışma, asma anaçlarının mikorizal kolonizasyon kapasitesindeki küçük farklılıkların, stresli koşullarda bağ yetiştiriciliği için önem arz edebileceğini vurgulamaktadır.

Aguín ve ark., (2004) yaptığı çalışmada asma çelikleri köklerindeki *Glomus aggregatum* inokulasyonu ile kök morfolojisini değiştirmiştir. *Glomus aggregatum* inokule edilmiş çelikler dokuz ay boyunca büyütüldüğünde birinci dereceden yanal köklerin dallanması artmış, köklü çelikler, yeterli toprakla saksılara nakledildiğinde önemli bir büyüme artışı bulunmuştur.

Baumgartner ve ark., (2005) Kaliforniya'da bir bağda, yabancı ot kontrolü ve örtü bitkisi uygulamalarının arbusküler mikorizal (AM) fungus kolonizasyonu ve spor popülasyonları üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada ot kontrol yöntemleri ve örtü bitkisi türleri (çavdar ve tritikale) incelenmiştir. Örtü bitkilerinin bağ alanlarındaki mikorizal kolonizasyonunu artırmadığı, ancak örtü bitkilerinin köklerinde ve asma köklerinde ortak AM fungus türleri (*Glomus aggregatum*, *G. mosseae*, *G. etunicatum*, ve *G. scintillans*) bulunduğu tespit edilmiştir. Mekanik toprak işleme, AM fungus kolonizasyonunu artırırken, herbisitlerin bu kolonizasyonu düşürdüğü gözlenmiştir. Sonuçlar, örtü bitkileri ve ot kontrol yöntemlerinin bağlarda AM fungus popülasyonları üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Çalışma sonuçlarına göre, mekanik toprak işleme AM kolonizasyon oranını artırırken, herbisit uygulamaları kolonizasyonu %30'a kadar azaltmıştır. Örtü bitkilerinin bağ asmalarının köklerinde mikorizal kolonizasyonu artırmadığı, ancak ortak AM fungus türlerini (*Glomus aggregatum*, *G. Mosseae*, *G. etunicatum*, ve *G. scintillans*) paylaştığı tespit edilmiştir. Mikorizal spor yoğunluğu çavdar köklerinde ortalama 150 spor/g, tritikale köklerinde ise 140 spor/g olarak bulunmuştur.

Lee ve ark., (2006) yaptıkları çalışmada Güney Kore'deki farklı bölgelerden toplanan arbusküler mikorizal (AM) fungus sporlarını morfolojik ve moleküler yöntemlerle incelemiştir. Çalışma kapsamında, 25 farklı alandan toplanan sporlar morfolojik özelliklerine göre 15 morfotüre ayrılmış ve bunların 4'ü Kore'de ilk kez tanımlanmıştır. Ayrıca, sporların 18S rDNA bölgeleri kullanılarak genetik çeşitlilik analiz edilmiştir. Çalışma, AM funguslarının köklerde

tanımlanması için morfolojik ve moleküler yöntemlerin bir arada kullanılmasının önemini vurgulamış ve bu tür analizlerin tarım ve çevresel alanlarda kullanım potansiyeline işaret etmiştir.

Karagiannidis ve ark., (2007) Yaptıkları çalışmada azotlu gübrelerin *Glomus mosseae* aktivitesi ve asma büyümesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada üre uygulamasının mikorizal kök kolonizasyonunu baskıladığını, ancak kalsiyum nitratın sürgün büyümesini ve yaprak sayısını artırdığını göstermiştir. Mikorizal asmalar, P ve K gibi besin maddelerinin yaprak konsantrasyonlarında artış gösterirken, Zn, Mn ve Fe gibi mikro besinlerde mikorizal olmayanlara göre daha düşük değerler sergilemiştir. Bu bulgular, azot formunun mikorizal simbiyoz ve bitki beslenmesine etkilerini vurgulamaktadır. Üre uygulaması mikorizal kök kolonizasyonunu %70'ten %40'a düşürmüştür, ancak kalsiyum nitratın kolonizasyonu koruduğu (%68) ve sürgün büyümesini %25 artırdığı görülmüştür. Mikorizal bitkilerde fosfor (P) konsantrasyonu %0.4'e kadar çıkarken, kontrol grubunda bu oran %0.3 olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, azot gübrelemesinin mikorizal simbiyoz üzerindeki etkisinin gübre formuna bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Özdemir ve ark., (2010) Türkiye'de farklı asma anaçlarında ve üzümü çeşidinde (Early Cardinal) mikorizal fungus inokülasyonunun (*Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices*) etkilerini araştırmıştır. Fumige edilmiş yetiştirme ortamına dikilen çeliklere 1000 adet mikorizal spor uygulanmıştır. Her iki fungus türü, kök ve sürgün büyümesi ile yaprak fosfor (P) ve çinko (Zn) konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırmıştır. *G. mosseae*, sürgün büyümesi üzerinde daha etkili bulunurken, *G. intraradices*'in kök büyümesi ve yaprak P-Zn konsantrasyonlarını artırmada daha etkili olduğu gözlenmiştir. 5 BB anacı, en yüksek P ve Zn alımına sahip olurken, mikorizal inokülasyonun kontrol bitkilerinde herhangi bir kolonizasyon oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, P ve Zn eksikliklerinin yaygın olduğu bölgelerde mikorizal fungusların kullanım potansiyelini vurgulamaktadır. Mikorizal inokülasyonun yaprak fosfor (P) konsantrasyonunu %0.23'ten %0.36'ya, çinko (Zn) konsantrasyonunu ise 18 ppm'den 24 ppm'e yükselttiği belirlenmiştir. *G. intraradices*, kök kolonizasyonunda %78 oranla en yüksek etkili tür olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda mikorizal kolonizasyon gözlenmemiştir. Sürgün uzunluğu inoküle edilmiş bitkilerde %25 oranında artmıştır.

Radić ve ark., (2012) Hırvatistan'daki bağlarda yabancı ot türlerinin asma köklerinin AM fungus kolonizasyonu üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, asma bağlarında yaygın olarak bulunan iki yabancı ot türü olan *Plantago lanceolata* ve *Tanacetum cinerariifolium*'un mikorizal spor üretimi, eksterradikal miselyum uzunluğu ve kök kolonizasyonu üzerindeki etkileri saksı denemelerinde değerlendirilmiştir. Sonuçlara bakılacak olursa *T. cinerariifolium*'un arbusküler mikorizaların gelişimini artırmada daha etkili olduğunu, spor üretimini ve miselyum uzunluğunu artırarak mikorizal çeşitliliği desteklediğini göstermiştir. Çalışma, bağlardaki bitki çeşitliliğinin mikorizal topluluklar üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceğini ve bu durumun bağ yönetiminde dikkate alınması gerektiğini önermektedir.

Hao ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada *Glomus intraradices*'in asma anaçlarında *Xiphinema index* nematoduna karşı biyolojik koruma sağlama mekanizmalarını araştırmıştır. Çalışma, AM funguslarının nematod gelişimini hem lokal hem de sistemik yollarla baskıladığını ve bitkide savunma genlerinin aktivasyonunu artırdığını göstermiştir. Özellikle, savunma genlerinin AM inokülasyonu ile aktive olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, mikorizal fungusların biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılabilmesini ve nematodlar tarafından oluşturulan stresin azaltılmasında etkili bir yöntem olabileceğini ortaya koymaktadır. AM fungus inokülasyonu yapılan köklerde nematod yoğunluğu %45 oranında azalmış, savunma genleri ise 4 kat daha yüksek seviyede ifade edilmiştir. Ayrıca, inoküle edilmiş bitkilerde yaprak su içeriği %15 daha yüksek bulunmuştur.

Kılıç, (2014) farklı asma anaçları (140 Rugeri, 110 R, 41B, 1103 P, 5 BB) ile *Narince* üzüm çeşidini kullanarak, ticari mikoriza preparatlarının (MP) fidan randımanı ve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada, torf ve steril perlit karışımı içeren plastik poşetlere dikilen çeliklere Roots Deep (RD), Endo Roots (EN), Myco Apply (MA), Bio-one (BO) ve Biovam (BV) gibi mikorizal preparatlar uygulanmıştır. Sonuçlar hem anaç türü hem de MP uygulamalarının fidan randımanı ve kalitesini farklı düzeylerde etkilediğini ortaya koymuştur. Özellikle EN, RD ve BO uygulamaları, en yüksek fidan randımanını sağlamıştır. MP uygulamalarının kök sayısı, kök çapı, kök yaş ve kuru ağırlığı, sürgün gelişimi ve yaprak alanı gibi birçok morfolojik parametreye etkisinin ise kullanılan anaç türüne bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Kök bölgesinde mikoriza spor sayıları, birinci yıl 171.7–219.0 adet, ikinci yıl ise 169.7–216.7 adet arasında bulunmuş; mikorizal enfeksiyon oranları ise birinci yıl %74.3–90.0, ikinci yıl %72.33–84.33 aralığında gerçekleşmiştir.

Trouvelot ve ark., (2015) yaptığı bir çalışmada arbusküler mikoriza funguslarının asma büyümesini artırdığını ve toprak besin maddelerine daha iyi erişim yoluyla ve fosfor (P), nitrojen (N) ve diğer elementler için bitki taşıma proteinlerinin düzenlenmesini aktive ederek, su stresi, toprak tuzluluğu, demir klorozu ve ağır metal toksisitesi gibi abiyotik streslere karşı toleransı artırdığını tespit etmişlerdir. bununla birlikte arbusküler mikoriza fungusları biyotik faktörlere karşı koruma sağlayıp kök hastalıklarını baskıladığı ve glikoproteinler ve toprağın stabilitesini artıran, topraktaki besin maddelerini %14'e kadar koruyan yoğun bir hif ağı ürettiğini de yaptıkları çalışmalarda göstermişlerdir.

Ahmed ve ark., (2018) pestisitlerin arbusküler mikorizal fungus gelişimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, pestisitlerin AM fungusları üzerindeki etkilerinin uygulama şekline, doza ve aktif maddenin özelliklerine bağlı olarak nötr, pozitif veya negatif olabileceğini göstermiştir. Özellikle, bazı pestisitlerin fungus sporlarının çimlenmesini veya kök kolonizasyonunu engelleyebileceği, ancak bazı durumlarda simbiyotik ilişkiyi teşvik edebileceği tespit edilmiştir. Çalışma, tarımda pestisit kullanımının AM fungusları üzerindeki dolaylı ve doğrudan etkilerinin daha kapsamlı şekilde ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Holland ve ark., (2019) Yaptıkları çalışmada AM funguslarının asma bağlarında kara bacak hastalığını azaltma potansiyelini incelemiştir. Çalışma, AM funguslarının (*Rhizophagus irregularis*) kök patojenlerine karşı beklenen koruma etkisi göstermediğini, aksine enfeksiyonu arttırabileceğini ortaya koymuştur. Bu durum, AM funguslarının patojenlere karşı genel olarak koruma sağladığı algısını sorgulamaktadır. Bununla birlikte, AM funguslarının kök kolonizasyonunun çevresel stres koşullarında farklı tepkiler gösterebileceği belirtilmiştir. *R. irregularis* ile inoküle edilen köklerde *Ilyonectria* enfeksiyonunun %30 oranında arttığı, mikorizal kök kolonizasyonunun ise patojen baskısını azaltmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, AM funguslarının her zaman patojenlere karşı koruma sağlamadığı algısını desteklemiştir.

Betancur ve ark., (2020) Brezilya’da yaptığı çalışmada eski bağlarında topraklarına yüksek fungusit uygulamalarına bağlı bakır birikimini asmaların fizyolojisini ve büyümesini etkileyebileceğini ve arbüsküler mikorizal funguslar (AMF) metallere toksik etkilerini azaltıp fotosentez ve bitki büyümesine katkıda bulunduğunu göstermişlerdir. Ayrıca bağlarda farklı topraklarda AMF inokulasyonuna olumlu yanıt verirken bununla birlikte yüksek seviyeden yerli AMF topluluğu bakırlı topraklara aşılmasını, asma bağları için umut verici olduğunu göstermiştir. Asmada verimliliği düşük bir toprakta AMF'nin olumlu etkileri olduğunu ve bununla birlikte *Rhizophagus clarus* inokulasyonu fotosentetik performans ve karbon alımı daha çok arttırdığını göstermişlerdir.

Mallorca ve ark., (2020) İspanya’da yürüttüğü bir çalışmada farklı asma çeşitlerinin kök bölgelerindeki arbüsküler mikorizal fungus (AMF) toplulukları DNA dizileme yöntemiyle analiz etmiştir. Çalışmada, aynı toprak koşullarında yetiştirilen farklı üzüm çeşitlerinin, köklerinde farklı mikorizalar barındırdığı tespit edilmiştir. Bu durum, bitki genotipinin mikorizal kolonizasyon sürecinde belirleyici bir faktör olduğunu ve farklı üzüm çeşitlerinin spesifik mikorizal türlerle daha uyumlu bir simbiyoz ilişkisi kurabildiğini ortaya koymuştur. Bulgular, AMF topluluğunun yalnızca çevresel faktörlerle değil, aynı zamanda bitkinin genetik yapısıyla da şekillendiğini göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, asma yetiştiriciliğinde doğru çeşit-mikoriza eşleşmesinin, mikorizal etkinliği maksimize etmek için dikkate alınması gerektiğini göstermiştir.

Korkutal ve ark., (2020) yaptıkları çalışmada, farklı mikorizal fungus türlerinin aşılı asma fidanlarında fidan tutma oranı ve gelişimi üzerindeki etkileri üzerine çalışmışlardır. Çalışmada, mikorizaların kök, sürgün ve yaprak özelliklerini olumlu yönde etkilediği, ancak en etkili yöntemin dikim ortamına yapılan uygulama olduğu tespit edilmiştir. Mikorizal uygulamaların fidanların besin alımını artırdığı ve genel performansını iyileştirdiği gösterilmiştir. Bu durum, mikorizal fungusların fidan kalitesi ve randımanını artırmak için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Dikim ortamına yapılan mikorizal uygulamalar, kök uzunluğunu %35, sürgün çapını ise %22 oranında artırmıştır. Fidanların yapraklarında potasyum (K) konsantrasyonu %15 artış göstermiştir.

Duret ve ark., (2022) yaptıkları çalışmada arbusküler mikorizal (AM) kolonizasyon düzeylerini ve simbiyozun canlılığını değerlendirmek için RT-qPCR yöntemiyle, *Rhizophagus irregularis* ile inoküle edilmiş asma anaçlarında mikorizal kolonizasyonun ölçülmesinde genetik ifadelerin etkisi incelenmiştir. GintPT ve VvPht1.2 genlerinin ekspresyon seviyelerinin simbiyozun aktifliğini temsil ettiği ve mikroskopik analizlere göre bu yöntemin daha hassas olduğu tespit edilmiştir. Bu yöntem, simbiyozun canlılığını ölçmede hızlı ve güvenilir bir araç olarak görülmüştür. Sonuçlar, mikorizal simbiyozun fenotipik ve genotipik değerlendirilmesinde daha gelişmiş metotlara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. *R. irregularis* ile inoküle edilmiş köklerde GintPT gen ekspresyon seviyesi, simbiyozun aktif olduğu köklerde 2.5 kat daha yüksek bulunmuştur. Mikorizal kök kolonizasyon oranı %65, simbiyozun genel canlılık skoru ise 4 üzerinden 3.6 olarak ölçülmüştür. Bu yöntemle simbiyotik etkinlik değerlendirilmesinde daha hızlı ve hassas ölçümler yapılabileceği belirtilmiştir.

Ye ve ark., (2022) yaptıkları çalışmada mikorizal fungusların kuraklık stresine maruz kalan bağlarda büyüme, fotosentetik aktivite ve klorofil floresansı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma da AM fungusu inokulasyonu yapılan asmaların yaprak su içeriği, klorofil konsantrasyonu ve fotosentetik performansta anlamlı artış sağladığı gözlemlenmiştir. Kuraklık koşullarında, mikorizal funguslar bitkilerde daha yüksek su kullanımı verimliliği sağlamış, fotosentetik oranları artırmış ve stresin olumsuz etkilerini azaltmıştır. Ayrıca, mikorizal asmaların stomatal iletkenlikleri daha yüksek, yaprak içi CO₂ konsantrasyonları ise daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar, AM funguslarının kuraklık stresi altında bağcılık için umut verici bir çözüm olduğunu ortaya koymaktadır.



3. MATERYAL VE METOT

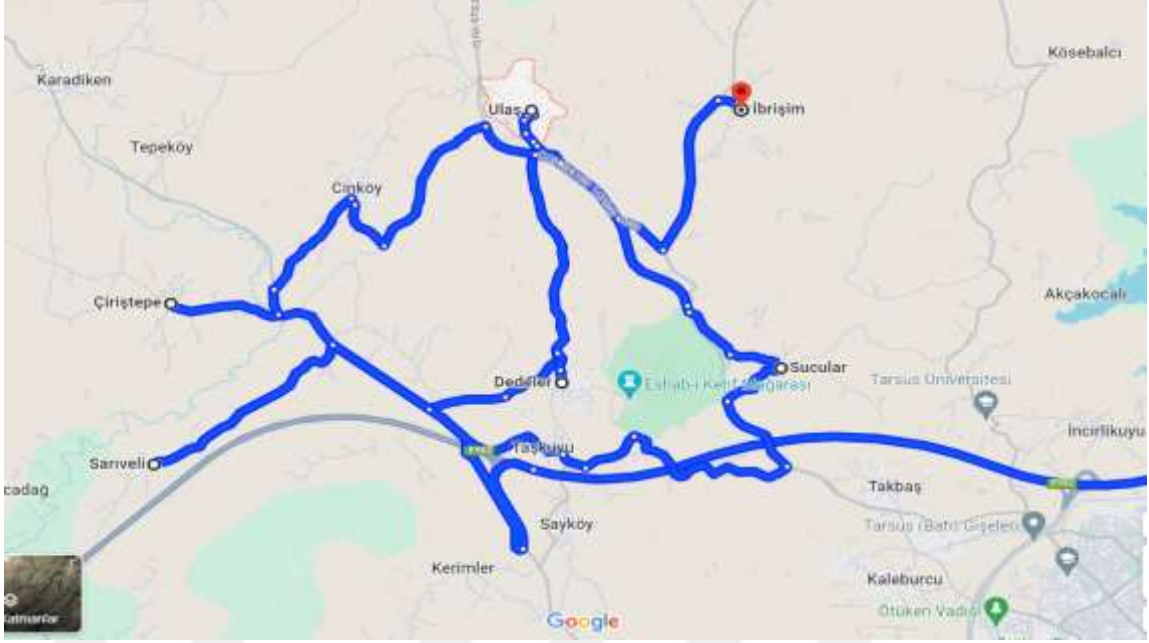
3.1. Bitkisel Materyal

Denemede bitkisel materyal olarak, bağıcılıkta yaygın şekilde kullanılan 1103 Paulsen, 110 Ruggeri, Kober 5BB ve 140 Ruggeri Amerikan asma anaçları tercih kullanılmıştır. Bu anaçlar, hem farklı toprak ve iklim koşullarına uyum kabiliyetleri hem de asma fidanı üretiminde yaygın kullanım oranlarının yüksek olması nedeniyle çalışmada en çok miktarda kullanılan materyaller olmuştur.

3.2. Metot

3.2.1. Sörvey Çalışması

Sörvey çalışması kapsamında Tarsus ilçesinin Killik, Dedeler, Taşkuyu, Sarıveli, Çiriştepe, Cinköy, Ulaş, İbrişim, Sucular köylerinde ve Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü arazisinde bulunan 10 farklı bağ incelenmiş ve her bağın farklı noktalarından 5 toprak örneği kökleri ile birlikte alınmıştır.(şekil.3.1) Toprak örneği alınırken ortalama 20-25 cm derinlikteki kılcal köklerin alınmasına dikkat edilmiş ve topraklar örnek poşetine koyularak laboratuvara getirilip uygun koşullarda bekletilmiştir.



a.



b.



c.

Şekil. 3.1. a) Tarsus ilçesi sömvey çalışması yapılan bağ alanları haritası, b) Bağ alanı, c) Asma bitkisi rizosfer bölgesi

3.2.2 Bitki Kök Örneklerinin Alınması

Arazi koşullarından temin edilen bitki kök örnekleri, toprak partiküllerinden özenle ayrıştırıldıktan sonra, sırasıyla bol miktarda akan musluk suyu ve distile su ile yıkanmıştır. Mikorizal enfeksiyonun mikroskopik olarak teşhis edilebilmesi ve kök dokularının yapısal bütünlüğünün korunabilmesi amacıyla, taze yıkanmış kök örnekleri etanol, glasiyal asetik asit ve formalinden oluşan (250:13:15) oranında çözelti içerisinde muhafaza altına alınmıştır (Ortaş, 1994).

3.2.3. Toprak Örneklerinden Mikoriza Sporlarının İzolasyonu

Toprak örneklerinden mikoriza sporlarının izolasyonu, nematolojik araştırmalarda toprak kökenli organizmaların ayrıştırılmasında kullanılan prosedür temel alınarak, Gerdemann ve Nicolson (1963) tarafından tanımlanan ıslak eleme tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, her bir alt toprak örneğinden 10 g materyal tartılmış, üzerine 100 mL distile su eklenmiş ve süspansiyonun agregasyonunu engellemek amacıyla 1–2 damla yüzey aktif madde (sıvı deterjan) ilave edilmiştir.

Elde edilen süspansiyon, gözenek çapları 500 µm, 250 µm, 125 µm ve 53 µm olan elekler aracılığıyla, en küçük gözenekli elek en altta olacak şekilde sıralı filtrasyondan geçirilmiştir. Filtrasyon süreci, çözelti tamamen berraklaşınca kadar akan musluk suyu ile devam ettirilmiştir. Elek üzerinde tutulan fraksiyonlar santrifüj işlemine tabi tutulmuş; ardından sporların yoğunlaştırılması ve ayrıştırılması amacıyla şeker çözeltisi santrifügasyonu uygulanmıştır. Son aşamada, %50'lik şeker çözeltisinden arındırılan spor fraksiyonları distile su ile durulanmış ve Petri kaplarına aktarılmıştır. Mikoriza sporlarının kantitatif analizi, stereomikroskop altında 40–60× büyütme ile gerçekleştirilmiştir (Şekil3.2).



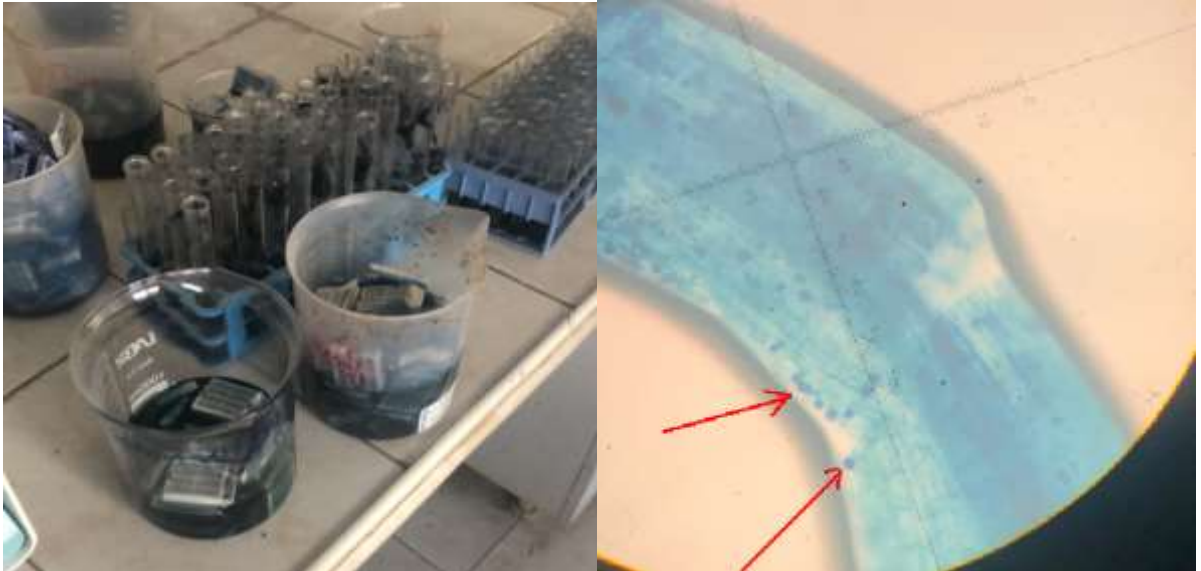
Şekil. 3.2. a) Mikoriza izolasyonu için kullanılan test elekleri, b) Stereo mikroskop ile spor sayımı

3.2.4. Mikoriza Kök İnfeksiyonunun Belirlenmesi

Bağlardan temin edilen bitki köklerinde mikorizal enfeksiyonun tespiti, Koske ve Gemma (1989) tarafından tanımlanan kök temizleme ve boyama yöntemi esas alınarak

gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle göre, arazi koşullarından getirilen kök örnekleri, yüzeylerinde bulunan toprak partiküllerinden arındırılacak şekilde iyice yıkanmış, içerisindeki ölü kök parçaları ayrılmış ve canlı kök segmentleri Petri kutusuna alınarak yaklaşık 1 cm uzunluğunda kesilmiştir.

Elde edilen kök parçaları test tüplerine aktarılmış ve üzerlerini kaplayacak miktarda %10 (w/v) potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler, kök dokularının yumuşatılması ve hücre içeriğinin uzaklaştırılması amacıyla 65 °C sıcaklıktaki su banyosunda 60 dakika süreyle bekletilmiştir. İşlem tamamlandıktan sonra KOH çözeltisi uzaklaştırılmış ve köklerin bulunduğu tüplere yeterli miktarda %1 hidroklorik asit (HCl) eklenerek tüplerin üst kısımları kapatılmıştır. Daha sonrasında 65°C'lik etüvde 60 dakika bekletildikten sonra asit çözeltisi uzaklaştırılmıştır. Asit çözeltisi ortamdaki uzaklaştırıldıktan sonra, köklerin boyanması amacıyla tüplere %0.5 g/L'lik trypan-blue-gliserol çözeltisi ilave edilmiştir. İlave edildikten sonra en az 60 dakika süreyle 65°C'deki etüvde inkübe edilmiştir. Daha sonrasında kökler kaplanıncaya kadar saf laktik asit eklenmiş ve oda sıcaklığında 2 gün bekletilerek köklerin tamamen yumuşaması sağlanmıştır (Şekil3.3). Boyama işlemini takiben, kökler dikkatlice Petri kutusuna boşaltılmış, pens yardımıyla oldukça hassas ve kırılabilir olan kökçükler mikroskop lamalarına yerleştirilmiştir. Mikorizal yapıların varlığı ve yoğunluğu, stereomikroskop altında 40–60× büyütme düzeyinde, Gioanetti ve Mosse (1980) metoduna göre değerlendirilmiştir. Pratik olarak % kök infeksiyonu''% infeksiyon= 100*toplam mikorizalı kök /toplam sayılan kök sayısı'' formül yardımıyla hesaplanmıştır.



a.

b.

Şekil. 3.3. a) Glycerol trypan blue içerisinde bekleyen kökler, b) Işık mikroskobu altında görülen köklere infekte olmuş sporlar

3.2.5. Toprak Tekstürü, pH ve Elektriksel İletkenlik (EC) Değerlerinin Saptanması

Toprak tekstürü, primer toprak fraksiyonlarının (kum, silt ve kil) <2 mm boyutundaki mineral toprak materyali içerisindeki yüzdesel dağılımının bir göstergesidir. Kum fraksiyonu 2 mm–0.02 mm, silt fraksiyonu 0.02 mm–0.002 mm, kil fraksiyonu ise <0.002 mm çapındaki taneciklerden oluşmaktadır. Analizde kullanılacak hava kurusu toprak örnekleri 2 mm’lik elekten geçirilmiş, buradan 50 g örnek tartılarak 400 mL’lik bir beher içerisine aktarılmıştır. Aynı miktarda ikinci bir örnek alınarak etüv kurusu ağırlığı belirlenmiştir (Şekil3.4). Beherdeki toprağın üzerine 10 mL kalgon (sodyum heksametafosfat) çözeltisi ve yaklaşık 150 mL saf su ilave edilmiş, ucu lastik kaplı cam çubuk yardımıyla homojenize edilmiştir. Süspansiyon bir gece bekletildikten sonra beher içeriği, elektrikli karıştırıcının dispersiyon kabına saf su ile yıkanarak aktarılmıştır. Dispersiyon işlemi, toprak bünyesine bağlı olarak kumlu topraklarda 7–8 dakika, tın bünyeli topraklarda 10 dakika, kil oranı yüksek topraklarda ise 15 dakika olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma tamamlandıktan sonra süspansiyon, dispersiyon kabından sedimantasyon silindire aktarılmış ve kabın iç yüzeyi saf su ile silindire yıkanmıştır. Silindir litre seviyesine kadar saf su ile doldurulduktan sonra, pirinç karıştırma çubuğu süspansiyon içerisine daldırılmış ve 20 kez aşağı–yukarı hareket ettirilerek tam homojenizasyon sağlanmıştır. Karıştırma çubuğu çıkarıldıktan 20 saniye sonra hidrometre yavaşça süspansiyona daldırılmış ve 40. saniyede birinci okuma yapılmıştır. Bu okuma, süspansiyondaki kil + silt fraksiyonunun ağırlığını vermektedir. Ardından süspansiyon sıcaklığı ölçülmüş ve 20 °C referans sıcaklığına göre ± 1 °C fark için 0.36 birim ekleme veya çıkarma yapılarak sıcaklık düzeltilmesi uygulanmıştır. İkinci hidrometre okuması, süspansiyondaki kil fraksiyonunun ağırlığını belirlemiştir.

Hesaplamalarda, düzeltilmiş ikinci saat hidrometre okuması etüv kurusu toprak ağırlığına oranlanarak % kil miktarı bulunmuş; düzeltilmiş 40. saniye okuması etüv kurusu toprak ağırlığına oranlanarak % kil + silt değeri hesaplanmıştır. % silt miktarı, % kil + silt değerinden % kil değerinin çıkarılmasıyla elde edilmiş; % kum oranı ise 100’den % kil + silt değerinin çıkarılması ile belirlenmiştir.

Araştırmada toprak örneklerinde pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri belirlenmiştir. Ölçümlerde cam elektrotlu pH metre ve platin hücreli iletkenlik ölçer kullanılmıştır. Cihazlar ölçümler öncesinde pH 4.01, 7.00 ve 10.01 tampon çözeltileri ile iletkenlik ölçer ise $1.413 \mu\text{S cm}^{-1}$ ve 12.88 mS cm^{-1} standart çözeltileri ile kalibre edilmiştir.

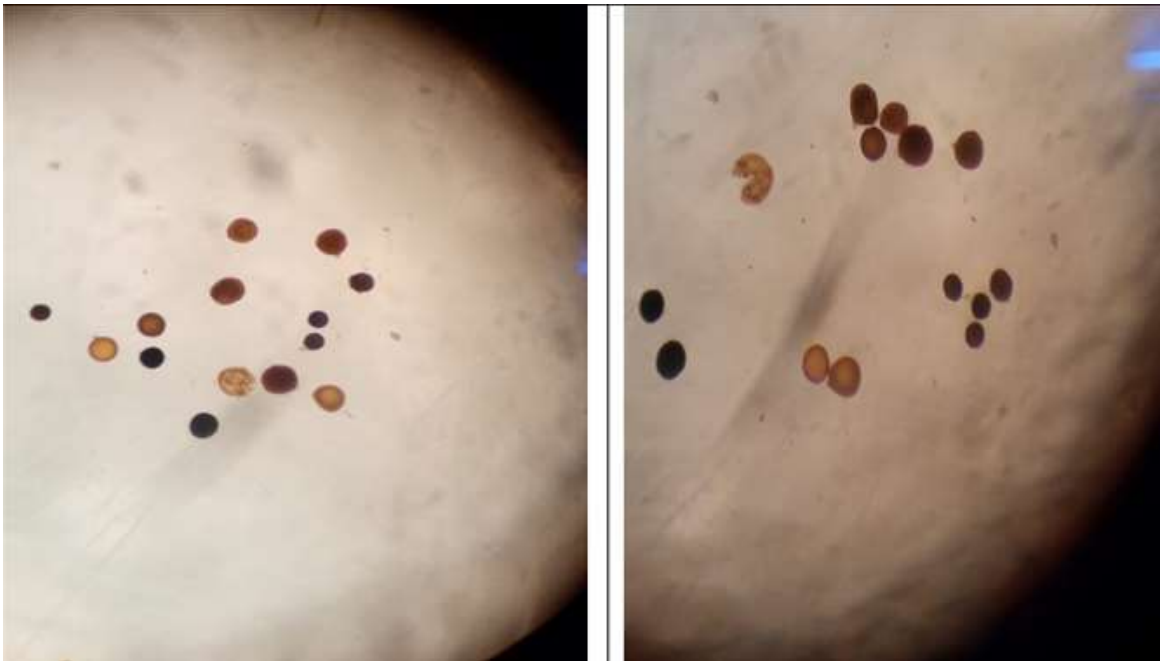
Toprak pH tayini için 1 / 2.5 (toprak:su) oranında süspansiyon hazırlanmış, 30 dakika bekletildikten sonra ölçüm yapılmıştır. Toprak tuzluluğu ise saturasyon özütü yöntemi ile belirlenmiş ve elde edilen özütlerde EC değerleri dS m^{-1} cinsinden kaydedilmiştir. APHA (2017)



Şekil. 3.4. Toprak Tekstrü analizi öncesi toprak hazırlığı

3.2.5 Morfolojik Olarak Sporların Gruplandırılması

Araziden getirilen rizosfer bölgesi toprakları ıslak eleme yöntemine Gerdemann and Nicolson (1963) göre izole edildikten sonra stereo mikroskop altında cam pastör pipet ile toplanarak 1.5ml ependorf tüplere 1:1 saf su + ringer solüsyonuna aktarılıp +4°C’de buzdolabında saklanmıştır. Daha sonra da İzole edilen ve depolanan bol miktarda doğal mikoriza sporları büyüklüklerine göre, renk, hif bağlantı yeri, şekli (elipsitik ya da tam dairemsi), boyutu gibi morfolojik özelliklerine göre ayrılmıştır (Şekil3.5).



a.

b.

Şekil. 3.5. a) Mikoriza sporları gruplanmadan önce, b) Mikoriza sporları gruplandıktan sonra

3.2.6. Morfolojik Yöntemler ile Mikoriza Sporlarının Tanımlanması

İzole edilen sporlar büyüklük, çap ve renk yönünden mikroskop altında ayırt edilmiştir. Daha sonra ekstrakte edilen ve alt gruba ayrılan sporlar iki lam üzerine yerleştirilen birer adet benzer mikoriza sporları üzerleri lamel ile kapatılarak analize hazırlanmış, örneklerden biri kırılarak diğeri ise kırılmadan sağlam olmak üzere çizelgedeki örnek tanımlama cetvelindeki özellikler ekseninde tespit edilmeye çalışılmıştır (Çizelge3.1).

Çizelge 3.1. Mikoriza tanımlama cetveli (Ör. Tarsus İlçesi Asma bitkisinin 1 nolu örnek / Tarsus İlçesi Killik köyü, Mersin, Türkiye), Schenck and Perez (1990)

Spor Morfolojisi	Spor Duvarı yapısı	Hif bağlantısı durumu	Spor Morfolojisi
Sporun Şekli: yarı-global veya global Renk: 0/20-60/0 sarı ve/ya kahverengi Üretim ortamı: toprak, yetiştirme ortamı Büyüklük: 56 x54.4 µm ile 64 x60.8µm 56 (61.3)-64x-54.4(59.7)-64	Sporun duvar sayısı: 2 Duvar kalınlığı: 4.8 µm Duvar rengi: 0/10, 60/0 Özel not: yer yer renk değişimi görülmektedir.	Hif kalınlığı: 11.2µm Hif uzunluğu: :25µm Renk: 10/0, 40/10 Hif duvar kalınlığı: 3.2µm Septum: Yok Septum açıklığı: Septumun mikoriza bağlantı kalınlığı: 1.6µm	Üretim yeri: Şekil: - Renk: - Büyüklüğü: Özel not:

3.2.7 Moleküler Yöntemler ile Mikoriza Türlerinin Tanımlanması

DNA ekstraksiyonu sırasında, tek bir sporun kullanılması esas alınmıştır. Bu işlem INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi) tarafından önerilen protokole göre yapılmıştır. DNA ekstraksiyonu öncesinde bir tek spor alınarak lamel üzerine aktarılmış ve hazırlanan sporun çevresindeki su uzaklaştırılmıştır. Daha sonrasında üzerine yaklaşık 2 µl Taq polimeraz PCR tamponu eklenerek ekstraksiyon sırasında ise sporlar stereo mikroskop altında pipet ucu ya da mikrofüj havan eli aracılığıyla ezilerek içerikleri serbest bırakılmıştır. Spor kırıldıktan hemen sonra tüplere aktarılıp üzerine 14 µl soğuk Taq polimeraz PCR tamponu eklenmiş ve karıştırıldıktan sonra yeniden buz üzerine alınmıştır. DNA ekstraksiyonu, tüplerin 94°C'de 4 dakika süreyle su banyosuna yerleştirilip ardından hızla buz üzerine aktarılmasıyla tamamlanmıştır. Elde edilen DNA, PCR amplifikasyonunda doğrudan kullanılabilir nitelikte olup ayrıca -20°C'de saklanabilir hale getirilmiştir.

DNA'ları çıkarılan izolatların genomik DNA üzerindeki PCR işlemi ile çoğaltılması Nested PCR olarak yapılmıştır. İlk Etapta LR1 ve NDL22 primerleri kullanılmış ve ikinci etapta FLR3 – FLR4 primerleri ile çoğaltılması gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2.).

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) için gerekli bileşenler hazırlanmış. Bu bileşen içine her bir örnek için 38.75µm PCR suyu, 5µm PCR buffer, 2µm DNTP seti, 1 µm Primer FLR3, 1

µm Primer FLR4, 0.25 µm Tag Polimeraz Enzimi ve 2 µm da DNA eklenip toplam 50 µm'luk bir karışım hazırlanmıştır.

Hazırlanan reaksiyon karışımı, PCR cihazına yerleştirilerek aşağıdaki sıcaklık ve süre döngülerinde çoğaltma işlemi gerçekleştirilmiştir: DNA zincirinin ayrılması (denaturation) için 95 °C'de 3 dakika, ardından açılan DNA zincirlerine primerlerin bağlanması (annealing) için 95 °C'de 1 dakika, 60 °C'de 1 dakika ve 72 °C'de 1 dakika olmak üzere üç aşamalı ısı döngü 35 kez tekrarlanmıştır. Döngülerin tamamlanmasını takiben, primer uzaması (primer extension) için 72 °C'de 10 dakika inkübasyon uygulanmıştır. PCR ürünleri % 1.5'luk agaroz jelde yürütüldükten sonra bant elde edilen izolatların PCR ürünleri sekanslanmıştır (Şekil. 3.6.). Nükleotid dizilimleri NCBI-BLAST yazılımıyla, gen bankasındaki diğer dizilerle karşılaştırılarak ve elde edilen benzerlik oranlarına göre moleküler tanı tamamlanmıştır.

Çizelge 3.2. Mikoriza tanısında kullanılacak universal primerler ve PCR koşulları

Gen Bölgesi	Primer Çiftleri
FLR (Gollotte 2004) (Van Tuinen,1998)	LR1 GCATATCAATAAGCGGAGGA
	NDL22 TGGTCCGTGTTTCAAGACGT
	FLR4 TACGTCACATCCTTAACGAA
	FLR3 TTGAAAGGGAAACGATTGAAGT
PCR Koşulları	
(LR1-NDL22) İlk denatürasyon 95°C: 3 dk, 35 kez: 95°C'de 1 dk, 58°C: 1 dk, 72°C: 1 dk ve son döngü 72°C: 10 dk.	
(FLR3-FLR4) İlk denatürasyon 95°C: 3 dk, 35 kez: 95°C'de 1 dk, 52°C: 1 dk, 72°C: 1 dk ve son döngü 72°C: 10 dk.	

3.2.8. Tanılanmış Mikoriza Türlerinin Üretimi

Mikoriza üretimi için en yaygın türün çoğaltılması amacıyla izole edilmiş mikoriza sporları, sorgum bitkisi üzerinde çoğaltılmıştır. Denemede, Ürgüp taşı, toprak, torf ve kompost, hacim oranına göre 6:2:1:1 şeklinde karıştırılmış ve otoklavda 121°C sıcaklık, 2.5 atmosfer basınçla 75 dakika süreyle otoklav edilmiştir. Steril edilen bu karışıma sorgum tohumları ekilmiştir. Sorgum bitkileri fide boyuna ulaştığında kökleri dikkatlice sökülerek her birine tek bir

mikoriza sporu inokule ve bireysel saksılara dikilmiştir. Bu süreçte mikoriza sporları, sorgum köklerinde gelişmiş ve asma bitkilerine inokule edilmek üzere mikorizalı toprak üretimi tamamlanmıştır (Şekil 3.7.)



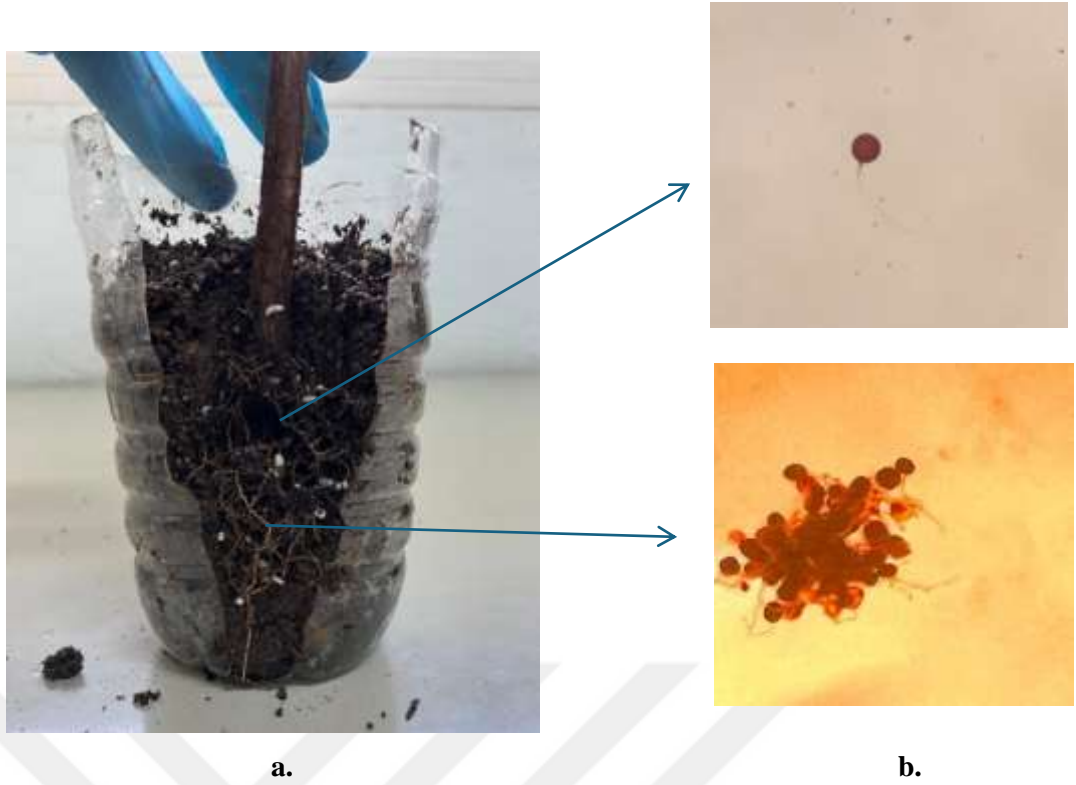
a.

b.

Şekil. 3.7. a) Steril ortamda yetiştirilen sorgum fidesinin köklerine mikoriza inokule edilmesi
b) Mikoriza inokule edilen sorgumların kök gelişimleri

3.2.8. Mikorizaların Asma Çeliklerine Inokule Edilmesi

Denemede Ürgüp taşı, toprak, torf karışımı hacim esasına dayalı olarak 6:2:1 karışımı otoklavdan steril edilerek viyollere aktarılmıştır. Mikoriza üretim denemesinde üretilen *Funneliformis coronatum* ve *Septoglomus jasnowskae* asma çeliklerinin kökleneceği uç kısma gelecek şekilde viyollere inokule edilmiş ve üzerlerine çelikler dikilmiştir (Şekil 3.8.). Bu şekilde asma çelikleri, köklendiği anda mikoriza ile buluşmuştur. İnokulasyon yapılırken her asma çeliğine ortalama 1000 mikoriza sporu gelecek şekilde ayarlanmıştır. Bu mikoriza sayısında, mikoriza üretim denemesinde üretilen toprakta (Gerdemann ve Nicolson) (1963) ıslak eleme yöntemiyle yapılacak sayım sonucu oran orantı yöntemiyle kaç gram toprakta kaç mikoriza olduğu hesaplanıp ayarlanmıştır. Deneme Tesadüfü parseller deneme desenine göre 5 tekerür olacak şekilde kurulmuş ve her asma anacı bir tekerürü temsil etmiştir



Şekil. 3.8. a) Mikoriza sporu inoküle edilmemiş asma kökleri b) Asma köklerinde gelişen Mikorizalar

3.2.9. Mikoriza İnoküle Edilmiş Çeliklerde Kök Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Köklerde yaş ve Kuru Ağırlık

Kök örnekleri, yüzeylerindeki toprak partiküllerinden arındırıldıktan sonra bol su ile yıkanmış ve fazla yüzey suyunun uzaklaştırılması amacıyla kurutma kâğıdı ile nazikçe kurulanmıştır. Gövdeden ayrılan kökler tartılarak yaş ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Kuru ağırlığın belirlenmesi için ise yaş ağırlığı ölçülen kökler, 58 °C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar (yaklaşık 72 saat) kurutulmuş ve sonrasında tartım işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.10. Asma Fidanı Rizosferinde Mikoriza Spor Sayısı ve Kök Enfeksiyon Oranlarının Belirlenmesi

Asma fidanlarının Rizosferindeki mikorizal spor sayımı ve mikorizal kök enfeksiyon oranlarının belirlenmesi daha önce Tarsus ilçesi bağlarında yapılan 10 gram topraktaki mikoriza spor sayımı ve kök enfeksiyonunun belirlenmesi metodunda izah edildiği gibi yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

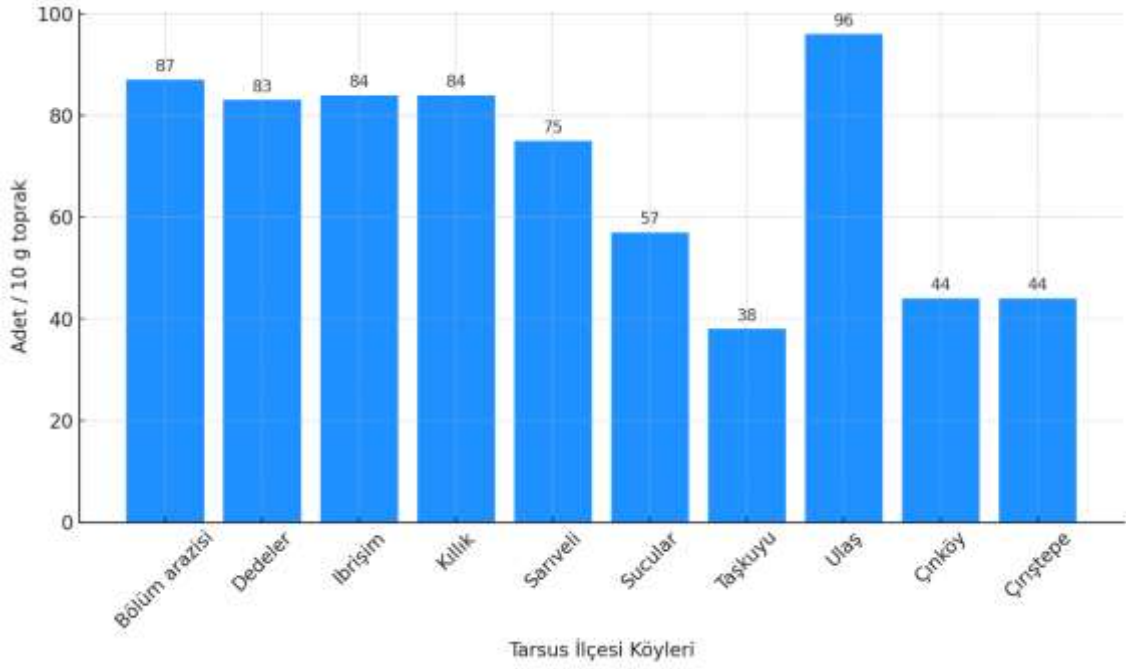
Tez çalışmasının ilk aşamasında, Tarsus ilçesinin farklı köylerinde bulunan 10 farklı bağ alanından alınan toprak ve kök örneklerinden mikoriza spor sayıları ve kök enfeksiyon oranları belirlenmiştir. Toprak örnekleri 20–25 cm derinlikten, kılcal köklerin bulunduğu rizosfer bölgesinden alınarak her bağdan üç tekerrür şeklinde örnekleme yapılmış ve spor sayısı ile enfeksiyon oranları bu tekerrürlerin ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

4.1. Mikoriza Spor Yoğunluğu

10 farklı bağdaki toprak örneklerinden elde edilen spor sayıları incelendiğinde, köyler bazında belirgin farklılıklar olduğu görülmüştür. En yüksek ortalama spor sayısı, Ulaş köyünde ortalama 96 adet/10 g toprak olarak ölçülürken, en düşük ortalama spor sayısı ise Taşkuyu köyünde (ortalama spor sayısı 38 adet/10 g toprak) tespit edilmiştir. Diğer köylerde ortalama spor sayıları 38 ile 96 adet spor /10 g aralığında değişmiştir.

Bu verilere göre bağların mikorizal yoğunlukların toprak yapısı, pH, organik madde içeriği, yetiştirme yöntemi vb.gibi faktörlerin önemli ölçüde etkilendiğini ortaya konulmuştur. Özellikle Ulaş, İbrişim, Killik ve Dedeler bölgelerinde spor yoğunluğunun yüksek olması, bu alanların mikoriza açısından daha zengin rizosfer ekosistemine sahip olduğunu göstermiştir. (Şekil 4.1).

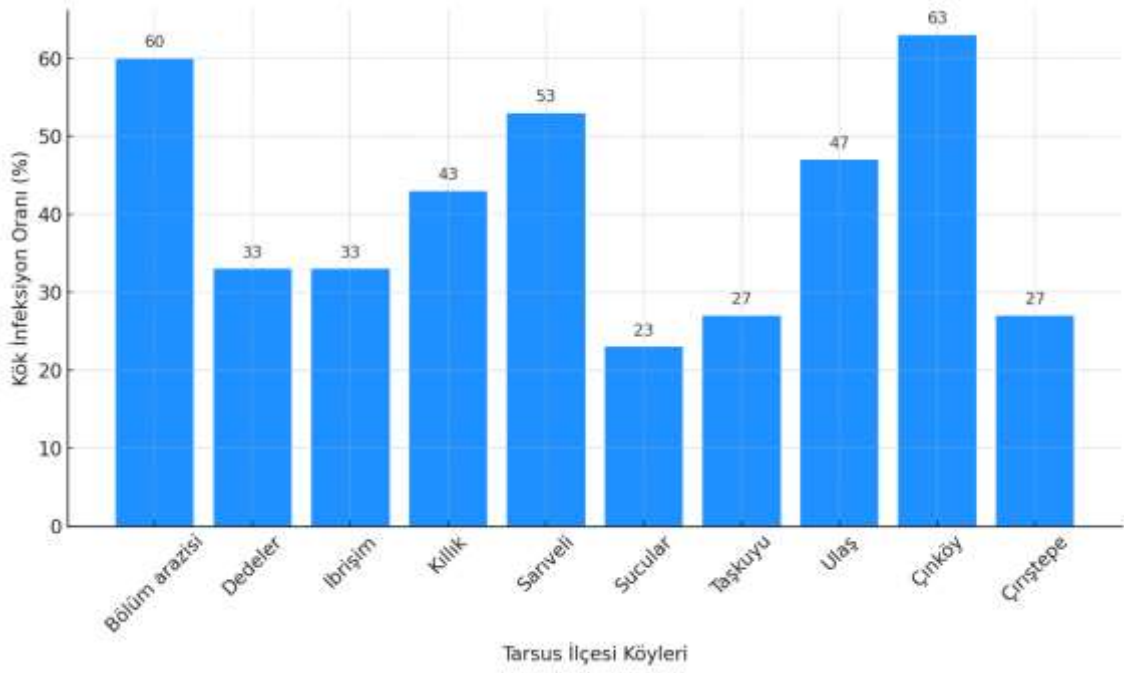
Uyanöz (2008), Konya Ovası'nda farklı toprak gruplarından izole edilen arbusküler mikoriza sporlarının dağılımı ve bu sporlara bağlı bitkilerde mikorizal enfeksiyon oranlarını incelemiştir. Çalışma sonucunda, doğal mikorizal potansiyelin hidromorfik allüviyal topraklarda en yüksek düzeye ulaştığı ve 10 g toprakta ortalama 654 adet spor tespit edildiği bildirilmiştir. Buna karşılık, en düşük spor sayısı 58 adet/10 g toprak ile allüviyal toprak grubunda saptanmıştır. Elde edilen bu bulgular, toprak gruplarının ve bitki türlerinin mikoriza spor yoğunluğu ile kök enfeksiyon düzeyleri üzerinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.1. Tarsus ilçesindeki bağlarda gram topraktaki mikoriza spor sayısı (Adet /10 gram toprak)

4.2. Bağlardaki Mikorizal Kök Enfeksiyon Oranı

Rizosfer bölgesinde bulunan kılcal köklerde yapılan mikroskopik incelemeler sonucunda elde edilen enfeksiyon oranları da bölgelere göre farklılık göstermiştir. Bu da toprak yapısı, organik madde içeriği, nem durumu ve bölgedeki bitki tür kompozisyonu gibi faktörlerin kök enfeksiyon oranlarını doğrudan etkileyebildiğini ortaya koymaktadır. En yüksek ortalama kök enfeksiyon oranı, Çinköy köyünde %63 olarak belirlenmiştir. Bu oran, bölgedeki toprakların muhtemelen mikorizal enfeksiyonu için elverişli yapıda olduğunu, yeterli organik maddeye ve mikorizaların gelişimini destekleyen uygun nem koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. En düşük enfeksiyon oranı ise sucular köyünde %23 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2.). Bu bölgede düşük organik madde düzeyi, muhtemel tarımsal uygulamalar (yoğun toprak işleme, kimyasal gübreleme) veya çevresel stres faktörlerinin mikoriza kolonizasyonunu olumsuz etkileyebileceğinden dolayı düşük olduğu düşünülmektedir. Genel olarak spor sayısı ile kök enfeksiyon oranı arasında pozitif bir korelasyon görülmüş, spor sayısının yüksek olduğu bölgelerde enfeksiyon oranlarının da yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Tarsus ilçesindeki bağlarda mikoriza kök enfeksiyonu oranı

Toprak örnekleri ve kök parçaları üzerinde yapılan analizler sonucunda, mikoriza spor sayılarının 38–96 adet/10 toprak arasında değiştiği, kök enfeksiyon oranlarının ise %23–%63 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu değerler, Akdeniz iklim kuşağında daha önce yapılan benzer çalışmalarla uyumlu sonuçlar ortaya koymuştur.

Çalışmada özellikle Ulaş ve Killik köylerinden alınan örneklerde hem spor sayısının hem de enfeksiyon oranının yüksek bulunması, bu köylerin toprak yapısı ve organik madde içeriğinin mikoriza gelişimi açısından elverişli olduğunu göstermektedir. Mikorizal gelişimi etkileyen en önemli faktörlerden biri olan toprak organik maddesi hem fungusların spor oluşturma kapasitesini hem de kök kolonizasyonunu doğrudan etkilemektedir (Smith ve Read, 2008). Ayrıca Killik ve Dedeler bağ alanı topraklarının orta-düşük tuzluluk düzeyine sahip olması, mikorizal simbiyozun gelişimi açısından avantaj sağlamış olarak gözükmektedir; zira yüksek tuzluluk mikorizal gelişimi baskılayabilmektedir (Ortaş, 1994).

4.3. Toprak Tekstrü, pH ve Elektriksel İletkenlik (EC) Ölçüm Sonuçları

Çalışma alanına ait toprakların pH değerleri 6.20 ile 8.13 arasında değişmektedir. En düşük pH değeri Sucular (6.20) lokasyonunda tespit edilmiş olup hafif asidik özellik göstermektedir. En yüksek pH değeri ise Çinköy (8.13) lokasyonunda belirlenmiş ve bu alanın hafif alkalın karakterde olduğu saptanmıştır. Genel olarak bağ topraklarının büyük çoğunluğu nötr ile hafif alkalın aralığında yer almaktadır. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 0.60–1.18 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmiş olup, en düşük EC değeri Dedeler (0.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en yüksek ise Taşkuyu (1.18 $\mu\text{S}/\text{cm}$) lokasyonunda belirlenmiştir (Çizelge 4.1.). Toprak tekstürü bakımından incelendiğinde bağ alanlarında tın, kil tın, kumlu kil tın, silt ve kil gibi farklı sınıflar gözlenmiştir.

Kumlu kil tın yapısına sahip Çiriştepe, İbrişim ve Sucular bölgeleri daha iyi drenaj sağlarken, kil oranı yüksek olan Cinköy ve Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi bölüm arazisi su tutma kapasitesi yüksek fakat hava sirkülasyonu sınırlı özellik göstermiştir. Nitekim, mikoriza yoğunluğunun toprak tekstürü ve pH ile yakından ilişkili olduğu; iyi havalandırılan ve nötr pH'a yakın ortamlarda kolonizasyonun arttığı, buna karşın aşırı alkaline veya yüksek kil oranına sahip topraklarda mikorizal gelişimin baskılandığı görülmektedir. (Błaszowski, 2014).

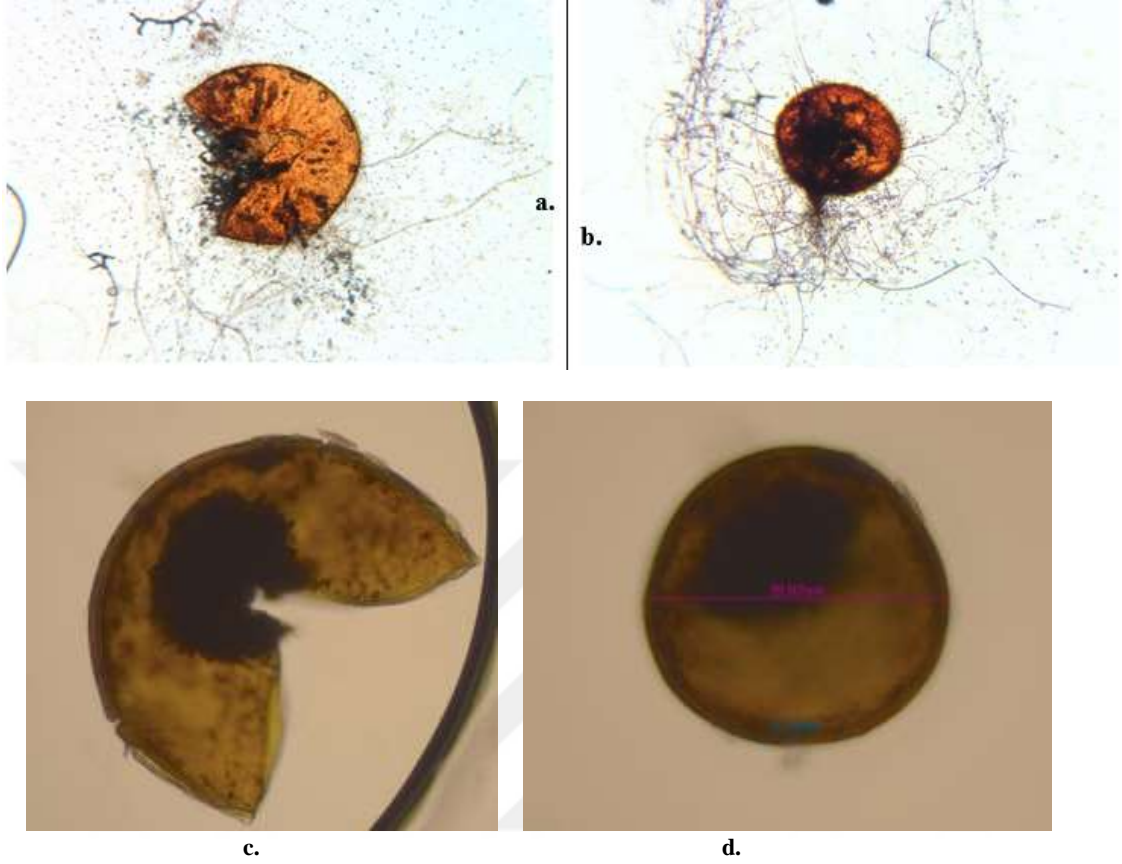
Çizelge 4.1 Çalışma alanına ait toprakların tekstür, pH ve EC değerleri

No	Lokasyon	Toprak Tekstürü	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)
1	Kıllık	Tın	7.51	0.7
2	Dedeler	Tın	7.99	0.6
3	Taşkuyu	Kil-Tın	7.9	1.18
4	Sarıveli	Silt	6.88	0.8
5	Çiriştepe	Kumlu Kil Tın	7.51	1.11
6	Cinköy	Kil	8.13	1.12
7	Ulaş	Kil Tın	7.72	1.01
8	İbrişim	Kumlu Kil Tın	7.7	0.77
9	Sucular	Kumlu Kil Tın	6.2	0.73
10	Ç.Ü. Bölüm Arazisi	Kil	7.1	1.04

4.4. Mikorizal Türlerin Teşhis Sonuçları

Arazi çalışmaları sonucunda toplanan kök ve toprak örneklerinin morfolojik ve moleküler düzeyde tanımlanmasıyla, Tarsus ilçesindeki bağların rizosferinde en baskın arbusküler mikoriza türünün *Funneliformis coronatum* olduğu belirlenmiştir. Schenck and Perez (1990) in Mikoriza tanımlama cetveline göre *F. coronatum* cinsi mikorizalar yaklaşık 50-80 μm büyüklüğe sahip açık kahverengi renge sahip mikorizalardır. Mikoriza hif uzunlukları da ortalama 15-25 μm arası değişmektedirler. Mikoriza sporu kırıldığında 2 hücre duvarı görülmekte olup hücre duvar kalınlığı da 3-6 μm arası değişmektedir. Bu türün hem mikroskopik spor morfolojisi (renk, boyut, duvar yapısı) hem de moleküler analizleri ile doğrulanması (Şekil 4.4.), tanımlamanın güvenilirliğini artırmıştır. *F. coronatum*, geniş adaptasyon yeteneği, yüksek kolonizasyon kapasitesi ve bitki besin maddesi alımını artırma potansiyeli ile bilinen, tarımsal ekosistemlerde önemli bir simbiyotik bir mikoriza türüdür (Şekil 4.3.). Özellikle fosfor alımını optimize etme,

kök yüzey alanını genişletme ve bitkiyi kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklı kılma özellikleri nedeniyle, bağcılıkta stratejik bir tür olarak değerlendirilmektedir. (Ortaş,1994)



Şekil 4.3. a) *Funneliformis coronatum* sporunun morfolojik tanılama amacıyla kırılmamış hali, b) *F. coronatum* sporunun kırılmamış hali, c) *Septoglomerus jasnowskae* sporunun morfolojik tanılama amacıyla kırılmış hali d) *S. jasnowskae* morfolojik tanılama amacıyla kırılmamış hali

Bunun yanı sıra, bazı bağlardan alınan örneklerde *Septoglomerus jasnowskae* türüne de rastlanmıştır (Şekil 4.3.). Bu türün yaygın olmamakla birlikte belirli bölgelerde varlık göstermesi, Tarsus bağlarının mikorizal topluluk yapısında tür çeşitliliğinin mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. *Septoglomerus jasnowskae*, özellikle organik maddece zengin, iyi havalandırılan topraklarda daha başarılı kolonizasyon gösterebilen bir tür olmasıyla bilinmektedir. (Błaszowski, 2014). Nispeten sınırlı dağılım göstermesi, hem ekolojik faktörlere (toprak pH'ı, nem düzeyi, toprak tekstürü) hem de tarımsal yönetim uygulamalarına bağlı olabilir.

Tarsus ilçesindeki her iki türün birlikte bulunması, bölgedeki bağların rizosfer ekosisteminin hem yaygın hem de spesifik mikoriza türlerini barındırabildiğini göstermiştir. Bu durum, bağların mikorizal simbiyoz kapasitesinin yüksek olduğuna işaret etmekte ve potansiyel olarak farklı türlerin birlikte kullanıldığı inokulasyon uygulamalarının sinerjik etki yaratabileceğini düşündürmektedir. Özellikle *Funneliformis coronatum*'un yaygınlığı, doğal mikoriza potansiyelinin korunması açısından önem taşırken, *Septoglomerus jasnowskae*'nin belirli alanlarda bulunması, bu bölgelerde yerel adaptasyona sahip mikoriza izolatlarının çoğaltılarak

kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bölgeye özgü baskın türlerin çoğaltılarak kullanılması, bağların besin alım verimliliğini, biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılığını artıracaktır; ayrıca kimyasal gübre kullanımını azaltarak sürdürülebilir bağcılık hedeflerine katkı sağlayabilecektir.

Saptanan baskın türün *Funneliformis coronatum*, ikinci yaygın türün ise *Septoglomus jasnowskiae* olması, Akdeniz kuşağındaki bağ alanlarında sık karşılaşılan tür dağılımıyla paralellik göstermektedir (Błaszowski, 2014). Bu iki türün bağ ekosisteminde bulunması, hem asmaların kök bölgesinde uzun süreli simbiyotik ilişki kurabilen hem de yüksek enfeksiyon kapasitesine sahip türlerin bölgede doğal olarak var olduğunu göstermektedir. Özellikle *F. coronatum*'un yüksek spor üretim kapasitesi ve farklı bitki türlerine uyum sağlayabilmesi, onu inokulum üretimi için potansiyel aday haline getirmektedir.

Job Title MST18-FLR3
RID BJVNPF20014 Search expires on 09-05 18:38 pm [Download All](#) ▼
Program BLASTN [Citation](#) ▼
Database core_nt [See details](#) ▼
Query ID lc8Query_2901783
Description MST18-FLR3
Molecule type dna
Query Length 331
Other reports [Distance tree of results](#) [MSA viewer](#) ⓘ

Filter Results
Organism only top 20 will appear exclude
Type common name, binomial, taxid or group name
[+ Add organism](#)
Percent Identity to
E value to
Query Coverage to
[Filter](#) [Reset](#)

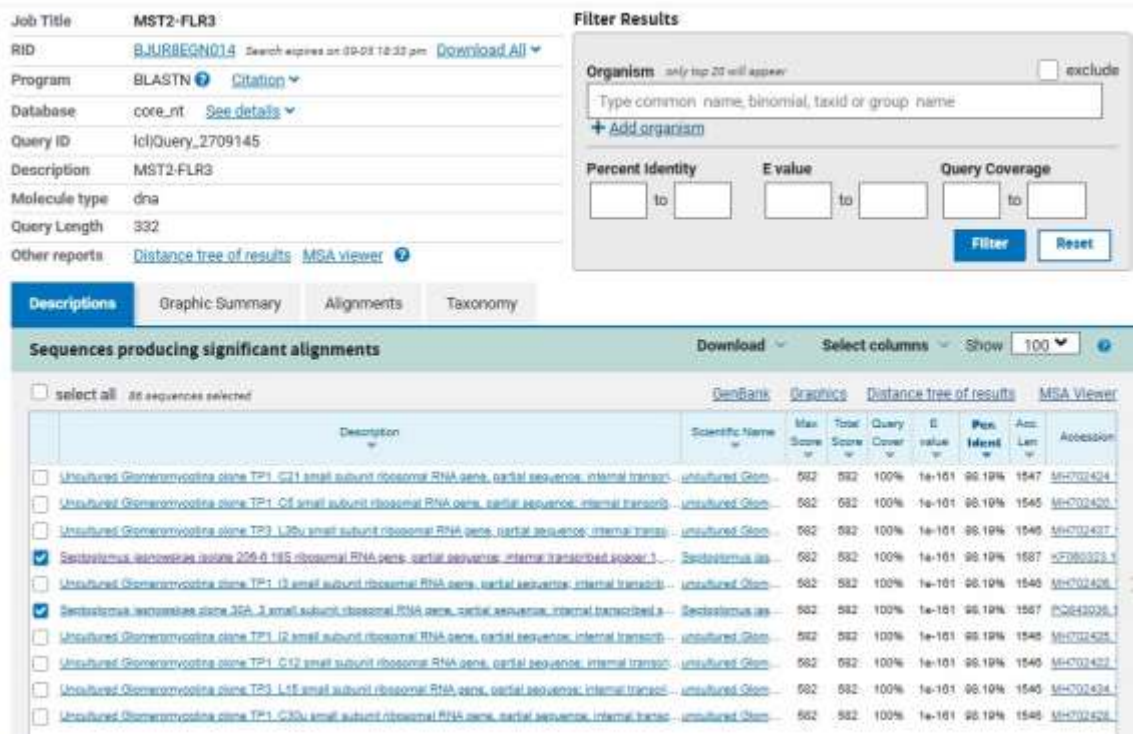
Descriptions [Graphic Summary](#) [Alignments](#) [Taxonomy](#)

Sequences producing significant alignments [Download](#) ▼ [Select columns](#) ▼ Show 100 ▼ ⓘ

select all 100 sequences selected [GenBank](#) [Graphics](#) [Distance tree of results](#) [MSA Viewer](#)

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per Ident	Acc Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Funneliformis coronatum strain RC2022 RNA sequence contigs ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2, 28S rDNA	Funneliformis cor...	597	597	99%	3e-185	99.30%	1550	LC739249.1
<input checked="" type="checkbox"/> Uncultured Glomeromycota clone O48.185 ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1	uncultured (Glo...	597	597	99%	3e-195	99.30%	1603	JN685250.1
<input checked="" type="checkbox"/> Glomus coronatum isolate RC0387 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	Funneliformis cor...	597	597	99%	3e-195	99.30%	450	AF204989.1
<input checked="" type="checkbox"/> Glomus coronatum 185 rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), accession	Funneliformis cor...	597	597	99%	3e-195	99.30%	1529	FM376797.1
<input checked="" type="checkbox"/> Glomus coronatum isolate RC0387 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	Funneliformis cor...	592	592	99%	2e-184	99.00%	450	AF204989.1
<input checked="" type="checkbox"/> Glomus coronatum 185 rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), accession	Funneliformis cor...	592	592	99%	2e-184	99.00%	1526	FM376798.1
<input checked="" type="checkbox"/> Glomus coronatum isolate RC0387 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	Funneliformis cor...	592	592	99%	2e-184	99.00%	450	AF204989.1
<input checked="" type="checkbox"/> Glomus sp. MUC1.41825.185 rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), acc	Glomus sp. MUC	592	592	99%	2e-184	99.00%	1524	FR750118.1
<input checked="" type="checkbox"/> Funneliformis coronatum strain RC0387 clone Hrc22-20.28S ribosomal RNA (LSU) gene, partial sequence	Funneliformis cor...	592	592	99%	3e-184	99.00%	938	JQ248849.1
<input checked="" type="checkbox"/> Glomus coronatum 185 rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), accession	Funneliformis cor...	592	592	99%	2e-184	99.00%	1525	FM376794.1

Şekil 4.4. *Funneliformis coronatum* ve *Septoglomus jasnowskiae* blast sonuçları



Şekil 4.4. (devamı) *Funneliformis coronatum* ve *Septoglomus jasnowskae* blast sonuçları

4.5. Sorgum Bitkisinde Mikorizal Üretim Sonuçları

Araştırmanın ikinci aşamasında, Tarsus ilçesinden izole edilen baskın mikoriza türleri (*Funneliformis coronatum* ve *Septoglomus jasnowskae*), sorgum bitkisi üzerinde çoğaltılmıştır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. a) İnokule edilen mikoriza sporlarının mikroskop görüntüsü, b) Steril ortamda yetiştirilen sorgum fidesinin köklerine mikorizanın inokulasyonu, c-d) Mikoriza inokulasyonu yapılmış sorgumların kök gelişimleri

Funneliformis coronatum ortalama spor yoğunluğu 198 adet/10 g toprak olarak kaydedilmiştir. Kök enfeksiyon oranı %100 olup, bu türün sorgum köklerini tamamen kolonize edebildiği gözlenmiştir. Yüksek spor üretim kapasitesi, bu türün biyoinokulant üretimi için uygun bir aday olduğunu göstermektedir. *Septoglomus jasnowskiae* ortalama spor sayısı 127 adet/10 g toprak, kök enfeksiyon oranı ise %90 olarak belirlenmiştir. *F. coronatum*'a kıyasla biraz daha düşük spor üretim kapasitesine sahip olmasına rağmen, yüksek enfeksiyon oranı ile başarılı bir simbiyotik ilişki kurmuştur. Bu aşamadaki bulgular, sorgum bitkisinin her iki tür için de yüksek verimlilikte inokulum üretim ortamı sağladığını, ancak spor sayısı bakımından *F. coronatum*'un öne çıktığını ortaya koymuştur. Tarsus bağlarından elde edilen mikorizal türler sorgum bitkisi üzerinde çoğaltılmıştır. Sorgum, geniş kök yüzey alanı ve hızlı gelişim kapasitesi nedeniyle literatürde “etkili tuzak bitki” olarak tanımlanmaktadır (Dhillion, 1992; Plenchette ve ark., 1983). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da bu tanımlı doğrular niteliktedir.

Funneliformis coronatum, sorgum köklerinde ortalama 198 adet/10 g toprak spor üretmiş ve %100 enfeksiyon oranına ulaşmıştır. Bu değerler, literatürde bildirilen yüksek verimli mikorizal çoğaltma çalışmalarına oldukça yakındır. Nicolson (1963), sorgumda *Glomus* türleri ile %95–%100 arasında enfeksiyon oranı elde etmiş, spor sayılarının ise 150–220 adet/10 g toprak arasında değiştiğini rapor etmiştir.

Septoglomus jasnowskiae ise ortalama 127 adet/10 g toprak spor üretmiş ve kök enfeksiyon oranı %90 olarak belirlenmiştir. Her iki türde de yüksek enfeksiyon oranlarının elde edilmesi, kullanılan çoğaltma yönteminin etkinliğini göstermektedir. Ancak spor sayısı bakımından *F. coronatum*'un daha yüksek değerler üretmesi, bu türün inokulum üretimi açısından daha avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, inokulum uygulamalarında hedeflenen yüksek spor yoğunluğuna ulaşmada tür seçiminin kritik olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.2. Sorgum bitkisine mikoriza sporu inokülasyonu sonrası gram toprakta spor üretim sayısı ve kök enfeksiyon oranları

Lokasyon	Mikoriza Türleri	Mikoriza Spor Sayısı (Adet/10g toprak)	Kök Enfeksiyonu (%)
Kıllık	<i>Funneliformis coronatum</i>	198	100
Dedeler	<i>Septoglomus jasnowskiae</i>	127	90
Taşkuyu	<i>F.coronatum</i>	90	70
Sarıveli	<i>F.coronatum</i>	95	70
Çiriştepe	<i>F.coronatum</i>	104	60
Cinköy	<i>F.coronatum</i>	117	60
Ulaş	<i>F.coronatum</i>	92	80
İbrişim	<i>F.coronatum</i>	74	70
Sucular	<i>F.coronatum</i>	143	70
Bölüm Arazisi	<i>F.coronatum</i>	89	80

4.5. Mikoriza Inokule Edilen Asma Çeliklerinde Kök Enfeksiyon Oranı, Topraktaki Spor Yoğunluğu, Kök Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Araştırmanın üçüncü aşamasında, sorgum bitkilerinde üretilen mikorizalar dört farklı asma anacına (1103 Paulsen, 110R, Kober-5BB, 140 Ruggeri) inokule edilmiştir. Mikoriza uygulamalarının kök yaş-kuru ağırlıkları, mikoriza spor sayısı ve kök enfeksiyon oranları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Farklı Amerikan asma anaçlarına *Funneliformis coronatum* ve *Septoglo mus jasnowskæ* uygulamalarının kök yaş-kuru ağırlıkları, mikoriza spor sayısı ve kök enfeksiyon oranları (%)

Doğal Mikoriza Uygulamaları	110 Richter	140-Ruggeri	Kober 5-BB	1103 Paulsen
	Kök Yaş Ağırlığı (g)			
<i>Funneliformis coronatum</i>	1.01 b*	0.71 a	0.81 b	1.41 a
<i>Septoglo mus jasnowskæ</i>	1.16 a	0.76 a	1.16 a	1.22 b
Kontrol	0.52 c	0.39 b	0.41 c	0.45 c
	Kök Kuru Ağırlığı (g)			
<i>Funneliformis coronatum</i>	0.74 a	0.31 a	0.51 a	0.89 a
<i>Septoglo mus jasnowskæ</i>	0.75 a	0.33 a	0.37 b	0.83 b
Kontrol	0.37 b	0.20 b	0.23 c	0.24 c
	Topraktaki Spor Sayısı			
<i>Funneliformis coronatum</i>	34.8 a	29.4 a	35.8 a	45.8 a
<i>Septoglo mus jasnowskæ</i>	34.4 a	28.4 a	31.2 b	30.2 b
Kontrol	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c
	Kök Enfeksiyon Oranı (%)			
<i>Funneliformis coronatum</i>	65.0 b	55.0 a	65.0 a	75.0 a
<i>Septoglo mus jasnowskæ</i>	75.0 a	45.0 b	60.0 a	80.0 a
Kontrol	0.0 c	0.0 c	0.0 b	0.0 b

* Sütunlar içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Duncan (0.05) çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

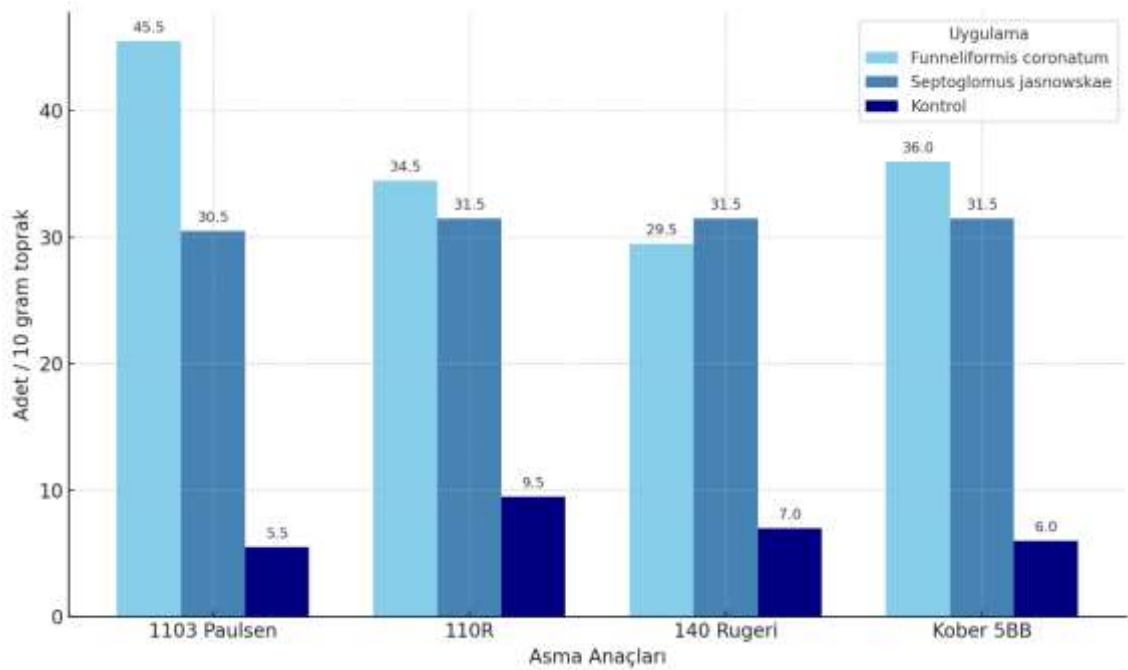
1103 Paulsen anacında *F.coronatum* uygulaması ile kök yaş ağırlığı ortalama 1.41 g, *S. jasnowskæ* uygulaması ile 1.22 g olarak bulunmuş, kontrol grubunda ise 0.45 g değerleri elde edilmiştir. Kök kuru ağırlıkları *F. coronatum*'da 0.89 g, *S. jasnowskæ*'de 0.83 g iken kontrol grubunda 0.24 g seviyesinde kalmıştır. Spor sayısı *F. coronatum* uygulamasında ortalama 45.8 adet ile *S. jasnowskæ* uygulamasına (30.2 adet) kıyasla hafif üstünlük sağlamış, kök enfeksiyon oranları ise *F. coronatum*'da %75, *S. jasnowskæ*'de %80, kontrol grubunda ise %0 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, 1103 Paulsen anacında her iki mikoriza türünün de kök biyokütlesi ve spor üretimini artırdığını, ancak *F. coronatum*'un spor sayısında daha etkili olduğunu göstermiştir.

110R anacında *F. coronatum* uygulaması kök yaş ağırlığını 1.01 g'a, *S. jasnowskæ* uygulaması ise 1.16 g'a yükseltmiş, kontrol grubunda bu değerler 0.52 g olarak kaydedilmiştir. Kök kuru ağırlıkları *F. coronatum*'da 0.74 g, *S. jasnowskæ*'de 0.75 g iken kontrol grubunda 0.37

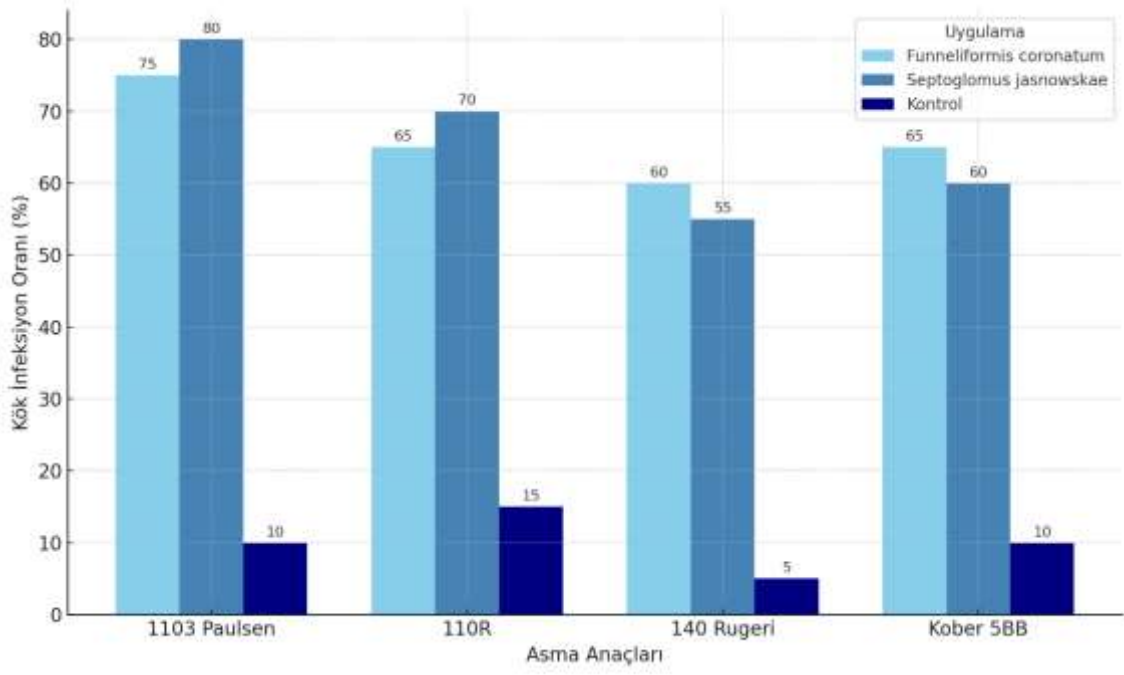
g seviyesindedir. Spor sayısında *F. coronatum* (34.8 adet) *S. jasnowskae*'ye (34.4 adet) göre küçük bir üstünlük sağlamış, kök enfeksiyon oranları *F. coronatum*'da %65, *S. jasnowskae*'de %75 olarak tespit edilmiştir. 110R anacının özellikle kök kütlesinde yüksek verimlilik gösterdiğini ve spor üretiminde *F. coronatum*'un az da olsa daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Kober anacında *F. coronatum* uygulaması ile kök yaş ağırlığı 0.81 g, *S. jasnowskae* uygulaması ile 1.16 g, kontrol grubunda ise 0.41 g olarak belirlenmiştir. Kök kuru ağırlıkları *F. coronatum*'da 0.51 g, *S. jasnowskae*'de 0.37 g iken kontrol grubunda 0.23 g seviyesindedir. Spor sayıları *F. coronatum*'da 35.8 adet, *S. jasnowskae*'de 31.2 adet olarak ölçülmüş, her iki uygulama da kontrol grubuna (0 adet) kıyasla yüksek değerler sağlamıştır. Kök enfeksiyon oranları *F. coronatum*'da %65, *S. jasnowskae*'de %60 olup, bu sonuçlar Kober anacında her iki türün de benzer düzeyde etkili olduğunu göstermektedir.

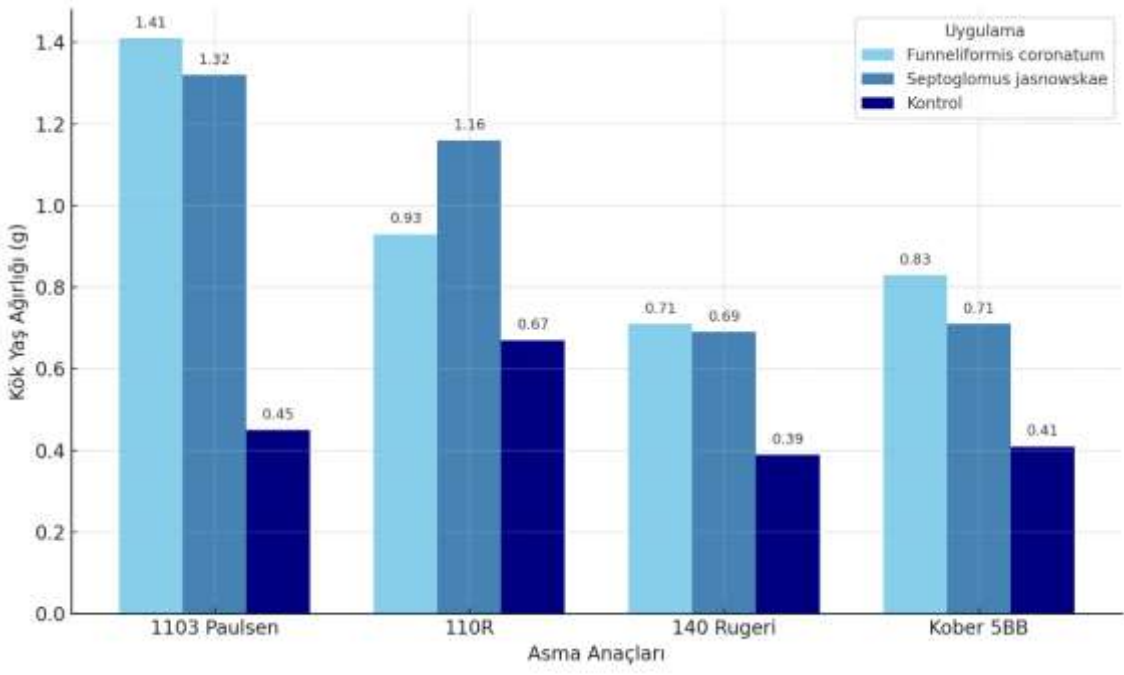
140 Ruggeri anacında *F. coronatum* uygulaması ile kök yaş ağırlığı 0.71 g, *S. jasnowskae* uygulaması ile 0.76 g, kontrol grubunda ise 0.39 g olarak belirlenmiştir. Kök kuru ağırlıkları *F. coronatum*'da 0.31 g, *S. jasnowskae*'de 0.33 g iken kontrol grubunda 0.20 g'da kalmıştır. Spor sayıları *F. coronatum*'da 29.4 adet, *S. jasnowskae*'de 28.4 adet olarak ölçülmüş, kontrol grubunda ise 0 adet gibi oldukça düşük değerler elde edilmiştir. Kök enfeksiyon oranları *F. coronatum*'da %55, *S. jasnowskae*'de %45, kontrol grubunda ise %0'dır. Sonuçlar, 140 Ruggeri anacında her iki mikoriza türünün kök biyokütlesi, spor sayısı ve enfeksiyon oranında belirgin artış sağladığını göstermektedir.



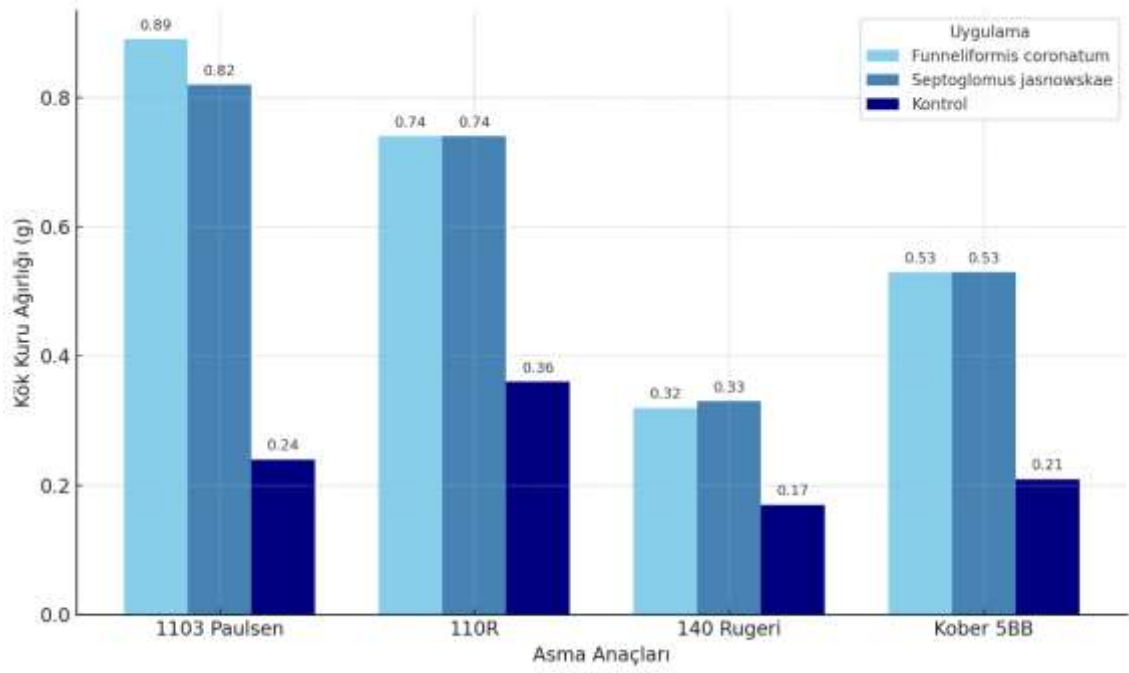
Şekil 4.6. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama spor sayıları (adet/10gr toprak)



Şekil 4.7. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama kök enfeksiyonu (%)



Şekil 4.8. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama kök yaş ağırlıkları (g)



Şekil 4.9. İnokulasyon yapılmış farklı asma anaçlarındaki ortalama kök kuru ağırlıkları (g)

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, mikoriza inokulasyonunun farklı asma anaçlarında kök gelişimini anlamlı derecede iyileştirdiğini açıkça ortaya koymuştur. Uygulama yapılan tüm anaçlarda, kontrol gruplarına kıyasla kök yaş ve kuru ağırlıklarında, mikoriza spor sayılarında ve kök enfeksiyon oranlarında belirgin artışlar gözlenmiştir (Şekil 4.9.). Bu artışlar, mikorizaların kök sistemini hem fiziksel (daha yoğun ve gelişmiş kök yapısı) hem de biyolojik (yüksek kolonizasyon oranı, daha fazla spor üretimi) açıdan güçlendirdiğini göstermektedir.



Şekil 4.10. a) Mikoriza inokülasyonu yapılmamış asma fidanı, b) *Funneliformis coronatum* inokülasyonu yapılmış asma fidanı c) *Septoglomus jasnowskiae* inokülasyonu yapılmış asma fidanı

Anaç bazında değerlendirildiğinde; 1103 Paulsen anacı, özellikle *F. coronatum* uygulamasında en yüksek kök yaş (1.41 g) ve kuru ağırlığı (0.89 g) ile dikkat çekmiş, aynı zamanda %75–80 gibi yüksek enfeksiyon oranlarına ve 45–46 adede ulaşan spor sayılarına sahip olmuştur. Bu durum, 1103 Paulsen'in mikoriza ile simbiyotik etkileşime en güçlü yanıt veren anacın başında geldiğini göstermektedir. 110R anacı, kök yaş ve kuru ağırlık açısından dengeli ve yüksek değerler elde ederek hem *F. coronatum* hem de *S. jasnowskiae* uygulamalarında başarılı sonuçlar vermiştir. Özellikle *F. coronatum* uygulaması, spor sayısında (35 adet) diğer kombinasyonlara kıyasla üstünlük sağlamıştır. Kober anacında *F. coronatum* ve *S. jasnowskiae* uygulamaları arasında spor sayısı bakımından belirgin fark görülmemekle birlikte, her iki uygulama da kontrol grubuna göre kayda değer artış göstermiştir. Enfeksiyon oranlarında ise %60–65 aralığında değerler kaydedilmiştir. 140 Ruggeri anacında ise mikoriza uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla kök biyokütlesi, spor sayısı ve enfeksiyon oranlarında anlamlı artış sağlamış, özellikle *F. coronatum* uygulaması spor üretiminde hafif bir üstünlük göstermiştir.

Genel olarak, *F. coronatum* uygulaması dört anacın tamamında kök biyokütlesi, spor sayısı ve enfeksiyon oranı bakımından *S. jasnowskiae* uygulamasına göre daha yüksek veya en azından eşdeğer değerler üretmiştir. Bu durum, *F. coronatum*'un inokulum yoğunluğu, spor canlılığı veya uygulama şeklinin bitki ile simbiyotik ilişki kurmada daha etkili olabileceğine işaret etmektedir. Araştırma sonuçları, mikoriza inokülasyonunun, özellikle bağ tesisinde genç asma

çeliklerinin köklenme başarısını ve adaptasyon kabiliyetini artırmada kullanılacak etkili bir biyolojik yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanında, kök sistemi üzerinden bitkinin su ve besin alım kapasitesini artırarak ilerleyen dönemlerde daha yüksek verim ve kalite elde edilmesine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Funneliformis coronatum uygulamasında kök yaş ağırlığının 1.01 g, kök kuru ağırlığının 0.63 g olması ve %65 enfeksiyon oranına ulaşılması, mikoriza uygulamasının kök biyokütlesi ve simbiyotik ilişki kurulması açısından yüksek başarı sağladığını göstermektedir. Kontrol grubunda kök gelişim düzeyi ve ağırlık değerlerinin daha düşük bulunması, mikoriza uygulamalarının özellikle genç fidan gelişiminde sağladığı avantajı açıkça ortaya koymaktadır.

Schreiner (2003), farklı asma anaçlarında arbusküller mikoriza (AM) kolonizasyon oranlarını incelemiş ve köklerin genel olarak %60'ın üzerinde mikorizal kolonizasyona sahip olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, Ruggeri 140, Kober 5BB ve SO-4 gibi daha yüksek gelişim kuvveti sağlayan anaçlarda kolonizasyon oranlarının daha yüksek olduğu, ürün yükü fazla olan yıllarda ise arbuskül oranlarının belirgin şekilde azaldığı saptanmıştır. Bu sonuçlar, asma anaçlarının mikoriza kolonizasyon kapasitesi açısından küçük farklılıklar göstermekle birlikte, ürün yükü ve toprak nemi gibi çevresel faktörlerin kök enfeksiyon oranlarını belirleyici bir şekilde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Fors ve ark., (2023) tarafından Portekiz'in Lizbon ve Pegões bölgelerinde yürütülen çalışmada, farklı toprak tipleri ve arazi kullanım şekillerinin yanı sıra 1103 Paulsen ve Richter 110 anaçlarının köklerinde arbusküller mikoriza (AMF) spor yoğunluğu ve kolonizasyon oranları araştırılmıştır. Bulgulara göre, spor yoğunluğu Lizbon topraklarında 170 propagül/g (doğal alan) ile 15 propagül/g (bağ toprağı) arasında değişirken, Pegões topraklarında bu değerler 1.1–3 propagül/g arasında saptanmıştır. Kök kolonizasyon oranı ise anaçlara göre farklılık göstermiş, Richter 110'da %61, 1103 Paulsen'de ise %72 olarak belirlenmiştir. Araştırma, toprak tipi ve arazi kullanımının AMF spor yoğunluğu üzerinde belirgin etkilerinin bulunduğunu, ayrıca asma köklerindeki mikorizal enfeksiyon oranlarının anaç genotipine göre de değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışmamızda elde edilen veriler, özellikle asma köklerine mikoriza inokülasyonunun ince kök sayısını artırarak besin ve su alım kapasitesini desteklediğini öne süren önceki araştırmalarla tutarlılık göstermektedir. Örneğin Schubert ve Cravero (1985), İtalyan bağ alanlarındaki bağ anaçlarında mikoriza kolonizasyonu ile toprak pH'sı arasında pozitif bir ilişki saptamış; arbusküller mikoriza funguslarının (AMF), kök gelişiminde ve özellikle ince kök yoğunluğunda artışa katkı sağladığını rapor etmiştir. Benzer şekilde Smith ve ark., (2008) yaptığı çalışmalarda, AMF uygulamasının hem kök hem sürgün canlı ağırlığını artırdığı, özellikle fosfor içeriğinin yükseldiği ve kök sisteminin daha kompakt ve dallanmış bir yapı kazandığını belirtilmiştir. Bu fizyolojik gelişmelerin ardındaki mekanizma olarak, mikorizal fungusların oluşturduğu hif (miselyum) ağı öne çıkmaktadır. Bu ağ, topraktaki fosfor (P), çinko (Zn), bakır (Cu) gibi sınırlı mobiliteye sahip besin elementlerinin bitki tarafından daha etkin şekilde

alınmasını desteklemektedir. Dolayısıyla bitki, bu elementleri daha verimli kullanabilmekte ve özellikle besin temininde avantaj elde etmektedir (Smith ve Read, 2008). Bununla birlikte, AMF'nin sadece besin alımını artırmakla kalmayıp, aynı zamanda su stresi, alkali ve tuzlu toprak koşulları gibi çevresel stres faktörlerine karşı da toleransı artırdığına ilişkin kanıtlar mevcuttur. Arbusküler funguslar, kök sisteminde hem işlevsel olarak hem yapısal olarak adaptasyon sağlayan bir fonksiyonu yerine getirmekte, böylece daha dayanıklı bir kök sistemi oluşturmaktadır (Trouvelot, 2015)





5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Tarsus ilçesindeki farklı bağ alanlarından alınan toprak örneklerinde arbusküler mikoriza (AM) spor yoğunluğu ve kök enfeksiyon oranlarının belirlenmesi, elde edilen mikoriza türlerinin sorgum üzerinde çoğaltılması ve çoğaltılan mikorizaların asma çeliklerine inokule edilerek performanslarının değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma bulguları, bölgesel mikoriza potansiyelinin belirlenmesi, mikoriza çoğaltım tekniklerinin optimizasyonu ve bağcılıkta mikoriza kullanımının pratik faydaları açısından önemli veriler ortaya koymuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, spor yoğunluğu bakımından en yüksek değer Ulaş köyünde (96 adet/10 g toprak) belirlenmiş, en düşük değer ise Taşkuyu köyünde (38 adet/10 g toprak) tespit edilmiştir. Kök enfeksiyon oranı açısından en yüksek değer Cinköy bağlarında (%63), en düşük oran ise Sucular köyünde (%23) kaydedilmiştir. Spor yoğunluğu ile kök enfeksiyon oranı arasında her zaman doğrusal bir ilişkinin bulunmaması, toprak yapısı, nem düzeyi, organik madde içeriği ve bitki kök mimarisi gibi çevresel ve biyolojik faktörlerin kolonizasyon sürecinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Bu bulgu, mikoriza potansiyelinin değerlendirilmesinde yalnızca spor sayısının değil, aynı zamanda kök enfeksiyon oranının da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sorgum bitkisi üzerinde yürütülen çoğaltım çalışmalarında, *F. coronatum* 198 adet/10 g spor yoğunluğu ve %100 kök enfeksiyon oranı ile en yüksek performansı göstermiştir. *S. jasnowskiae* ise 127 adet/10 g spor yoğunluğu ve %90 kök enfeksiyon oranına ulaşmıştır. Bu sonuçlar, *F. coronatum*'un çoğaltım açısından daha verimli bir tür olduğunu, ancak *S. jasnowskiae*'nin de yüksek kolonizasyon kapasitesi sayesinde tarımsal uygulamalarda başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, laboratuvar koşullarında elde edilen yüksek çoğaltım verimleri, bu türlerin biyogübre formülasyonlarında kullanılma potansiyelini desteklemektedir.

Asma çeliklerinde yapılan inokülasyon denemeleri sonucunda, mikoriza uygulaması yapılan çeliklerde köklenme oranı, kök uzunluğu, sürgün gelişimi ve toplam biyokütlede kontrol grubuna kıyasla anlamlı artışlar elde edilmiştir. *F. coronatum* inokule edilmiş çelikler, özellikle kök gelişimi ve sürgün uzunluğu bakımından en yüksek değerleri verirken, *S. jasnowskiae* inokule edilmiş çelikler de benzer şekilde kök gelişimlerinde olumlu etkiler sağlamıştır. Kontrol grubunda ise mikoriza kolonizasyonunun doğal olarak düşük seviyede kaldığı ve bitki gelişiminin sınırlı olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar ışığında, bölgesel mikoriza yönetiminin bağcılıkta verim ve kaliteyi artırmak amacıyla planlı bir şekilde yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Mikoriza potansiyelinin düşük olduğu bölgelerde, özellikle Sucular gibi düşük enfeksiyon oranına sahip alanlarda, mikoriza inokulumu ile destekleme yapılması bitki beslenmesi ve stres toleransı açısından faydalı olacaktır. *F. coronatum*'un yüksek çoğaltım başarısı ve %100 kolonizasyon oranı, bu türün bağcılıkta

biyogübre formülasyonlarında öncelikli olarak kullanılabileceğini göstermektedir. *S. jasnowskae* ise daha düşük spor yoğunluğuna rağmen yüksek kök kolonizasyonu sayesinde farklı toprak koşullarına uyumlu bir alternatif tür olarak öne çıkmaktadır.

Uygulama açısından, mikoriza inokülasyonunun köklenme döneminde yapılması simbiyotik ilişkinin hızlı kurulmasını sağlamakta, sulama suyu ile uygulama veya substrata karıştırma yöntemleri ise bağ tesisinde pratik çözümler sunmaktadır. Mikoriza uygulamaları, kimyasal gübre kullanımını azaltarak hem maliyetleri hem de çevresel kirliliği düşürmekte, ayrıca iklim değişikliği kaynaklı streslere (kuraklık, tuzluluk, sıcaklık dalgalanmaları) karşı bitkinin dayanıklılığını artırmaktadır. Bu nedenle, mikoriza kullanımının sürdürülebilir bağcılık uygulamalarının ayrılmaz bir parçası haline getirilmesi, uzun vadeli üretim hedeflerine ulaşmada önemli bir strateji olacaktır.



KAYNAKLAR

- Abbott, L.K and Robson, A.D., 1986. The Effect of VAM on Plant Growth. VA Mycorrhizae. Edit by Povwell, C.L. and Bagyaraj, D.J., 114-126, CRC Pres, Boca Raton, Florida, USA.
- Ağaoğlu, Y. (1999). "Bağcılık (Ampeloloji)" – Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları
- Ağaoğlu, Y.S., 2002. Bilimsel ve Uygulamalı Bağcılık (Asma Fizyolojisi-I) Kavaklıdere Eğitim Yayınları, 445s
- Al_Raddad, A.M., 1987. Effect of VA Mycorrhizal Isolates on Growth of Tomato Eggplant and Pepper In Field Soil. *Dirasat (Jordan)*, 14 (11): 161-168.
- APHA (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23rd Edition, American Public Health Association, Washington, DC.
- Baumgartner, K., & Veilleux, L. (2005). Weed control and cover crop management affect mycorrhiza in grapevines. *Ecological Applications*, 15(4), 1306-1312.
- Bayram, A., 2000. Bazı Mikoriza Türlerinin Amerikan Asma Anacı Fidanlarının Kök Ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş Üniv. Fen Bilimleri Ens. Bahçe Bit. Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş
- Betancur, Agudelo, Meyer, 2020, Growth, heavy metal uptake, and photosynthesis in 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *rupestris*) grapevine rootstocks inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi from vineyard soils with high copper contents, *Vitis* 59, 169–180 (2020)
- Biricolti, S., Ferrini, F., Rinaldelli, E., Tamantini, I., & Vignozzi, N. (1997). VAM inoculation and growth of grapevine rootstocks. *American Journal of Enology and Viticulture*, 48(1), 93–99.
- Błaszowski, J., Chwat, G., Góralaska, A., Ryszka, P. ve Orfanoudakis, M. (2014). *Septoglomus jasnowskae* ve *Septoglomus turnauae*: Arbusküler mikorizal fungusların (Glomeromycota) iki yeni türü. *Mycological Progress*, 13(4), 999–1009. doi:10.1007/s11557-014-0985-z
- Bonfante-Fasolo, P., 1978. Some Ultrastructural Features of the Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in the Grapevine. *Vitis*, 17: 386-395. Bouyoucos, G.J., 1951. Hydrometer Method Improved For Marking Particle Size Analysis of Soils. *Agronomy J.* 54, pp: 464–465.
- Brechenmacher, L., Weidmann, S., et al. (2004). Expression profiling of up-regulated plant and fungal genes during arbuscular mycorrhizal colonization. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17(2), 137-150.
- Cebeci E. ve Akın, A., 2014. Mersin ili üzüm ihracatının Türkiye ekonomisi içindeki yeri ve öneminin değerlendirilmesi. *Ç.O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2: 119-129
- Çelik, H. (2012). Türkiye Bağcılığı ve Asma Fidanı Üretimi-Dış Ticareti İle İlgili Stratejik Bir Değerlendirme. *TÜRKTÖB Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 4, 10-16.

- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı B., Söylemezoğlu, G., 1998. Genel Bağcılık. Sunfidan A.ğ. Mesleki Kitaplar Serisi:1, Ankara, 253s
- Duran Kiliç,2014, Kokteyl Mikoriza Uygulamalarının Aşili Asma Fidani Üretiminde Fidan Randiman Ve Kalitesi Üzerine Etkileri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı
- Duret, X., Chagnon, P.-L., et al. (2022). Use of a RT-qPCR method to estimate mycorrhization intensity and symbiosis vitality in grapevines. *Mycorrhiza Research*, 32(1), 45-58.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAOSTAT: Crops and Livestock Products. Rome: FAO, 2022
- Ferrer., R. L., Prikryl, Z., Gryndler, M., Vancura, V., 1989. Natural occurrence of Vesicular-Arbuscular Fungi in Grapevine and Apple Trees. Interrelationships Between Microorganisms and Plants in Soil. In: Developments of Soil Science No: 18. (Ed: Vancura. V., Kunc, F. J.,) Elsevier Science Publishing Company. 141-147
- Fors, R. O., Sorci-Uhmann, E., Santos, E. S., Silva-Flores, P., Abreu, M. M., Viegas, W., & Nogales, A. (2023). Influence of soil type, land use, and rootstock genotype on root-associated arbuscular mycorrhizal fungi communities and their impact on grapevine growth and nutrition. *Agriculture*, 13(11), 2163.
- Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46(2), 235–244.
- Gioannetti, M., and Mosse, B., 1980. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in Roots. *New Phytologist*, 84:489-500
- Gollotte, A., van Tuinen, D., & Atkinson, D. (2004). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing roots of the grass species *Agrostis capillaris* and *Lolium perenne* in a field experiment. *Mycorrhiza*, 14(2), 111–117
- Hage-Ahmed, K., Rosner, K., & Steinkellner, S. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi and their response to pesticides. *Pest Management Science*, 74(9), 2146-2154.
- Hao, Z., van Tuinen, D., et al. (2012). Mycorrhiza-induced protection against *Xiphinema index* in grapevine rootstocks. *Journal of Experimental Botany*, 63(10), 3657–3672.
- Holland, T., Bowen, P., et al. (2019). Does inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi reduce trunk disease in grapevine rootstocks? *Horticulturae*, 5(3), 61.
- International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM), The University of Kansas. (t.y.). DNA Extraction from Single Spores [Web sayfası]. Erişim adresi: INVAM web sitesi – DNA Extraction
- Kara, Z., 2010a. Mikorizanın Sürdürülebilir Tarımdaki Önemi, S. Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, <http://www.dazb.org.tr>. 05.01.2014

- Karagiannidis, N., Nikolaou, N., et al. (2007). Effects of different nitrogen fertilizers on the activity of *Glomus mosseae* and on grapevine nutrition and berry composition. *Mycorrhiza*, 18(1), 43-50.
- Khadge, P. N., & Khaire, V. M. (1992). Effect of VAM inoculum carry-over on the successive cropping of maize and mungbean. *Tropical Agriculture*, 69(3), 190-195.
- Kılıç, D. (2014). Farklı mikoriza preparatlarının bağ anaçları üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Adana.
- Killha and Ortaş, (1997). Determination of the extent of rhizosphere soil." *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 28.11-12 (1997): 835-842.
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Teksoz, T. (2020). Applying mycorrhizas by different methods on grafted rooted vines (*Vitis vinifera* L.): Effects on sapling performance and growth characteristics. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(2), 149-157.
- Koske, R.E., and Gamma, J.N., 1989. A Modified Procedure for Staining Roots to Detect VAM. *Mycological Research*, 92:486-505
- Lee, J., Lee, S., & Young, J. P. W. (2006). Morphological and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in different geographical regions of Korea. *Mycological Research*, 110(1), 52–59.
- Mallorca, E., Barea, J. M., & Azcón-Aguilar, C. (2020). Grapevine cultivar-dependent differences in arbuscular mycorrhizal fungal communities revealed by high-throughput sequencing. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1234.
- Mazzitelli, M. ve Schubert, A., 1989. Effect of several VAM Endophytes and Artificial Substrates on *In Vitro* Propogated *Vitis berlandieri* x *V. rupestris* 1103P. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 289-293
- Menge, J. A., Raski, D. J., Lider, L. A., Johnson, E. L. V., Jones, N. O., Kissler, J. J., Hemstreet, C. L., 1983. Interactions Between Mycorrhizal Fungi, Soil Fumigation and Growth of Grapes in California. *Am. J. Enol. Vitic.*3-4(2): 117- 121.
- Millner, P. D., 1991. Characterization and Use of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae in Agricultural Production Systems. *The Rhizosphere and Plant Growth*. Edit by Keister, D.L. and Cregan, P.B., 335-342, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Nappi, P., Jodice, R., Luzzati, A., Coring, L., 1985. Grapevine Root System and VA Mycorrhizae in Some Soils of Piedmont (Italy). *Plant and Soil*, 85: 205-210.
- O'Donnell K., Cigelnik E., Nirenberg H. I. 1998. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, 90 (3): 465-493.
- Olga Aguín,2004, Effects of Mycorrhizal Inoculation on Root Morphology and Nursery Production of Three Grapevine Rootstocks, *Am. J. Enol. Vitic.* 55:1
- Oraman, M. N., 1972. Bağcılık tekniği II. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay: 470, Ankara.

- Ortas, I., 1994. The Effect of Different Forms and Rates of Nitrogen and Different Rates of Phosphorus Fertilizer on Rhizosphere pH and P Uptake in Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal Sorghum Plants, (Doktora Tezi), University of Reading, U.K.
- Ortaş, İ., 1998. Toprak ve Bitki Mikoriza. Workshop Kurs Kitapçığı, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. 20-22 Mayıs, Adana
- Özdemir, G., İncekara, Ü., et al. (2010). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on grapevine rootstocks. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(3), 215-226.
- Plenchette, C., Perrin, R., & Fortin, J. A. (1992). Evaluation in the greenhouse of the effects of fungicides on mycorrhiza. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(11), 1205-1207.
- Radić, T., & Pavlović, I. (2012). Influence of neighboring weeds on arbuscular mycorrhizal formation in grapevines. *Journal of Agricultural Science*, 60(4), 499-507.
- Schenck NC, Perez Y (1990) Manual for the Identification of VA mycorrhizal Fungi. ..
- Schreiner, R. P., Mihara, K. L., et al. (2003). Mycorrhizal colonization of grapevine rootstocks under field conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(3), 143-149.
- Schubert, A., & Cravero, M. C. (1985). Occurrence and effect of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi on grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36(3), 265–268.
- Schubert, A., Cammarata, S., Eynard, I., 1988. Growth and Root Colonization of Grapevines Ğnoculated with Different Mycorrhizal Endophytes. *Hort Sci.*, 23(2): 302-303
- Smith SE, Read DJ (2008) Mycorrhizal Symbiosis, Third Edition, 3rd edn. Academic Press
- Soltekin, D., Candar, S., & Kısımalı, İ. (2021). İklim Değişikliğinin Türkiye'de Bağcılık Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1), 457-465.
- Sophie Trouvelot, 2015, Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture, *Agron. Sustain. Dev*
- Söylemezoğlu, G., Çelik, H., Sümbül, A., & Yağcı, A. (2015). Asma fidanı üretimi ve Türkiye'deki durumu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2), 147–154.
- Teksoz, T. (2020). Vesiküler arbusküler mikorizaların asma fidanları üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tekirdağ.
- Torices, R., Albaladejo, R. G., Fernández, N., & Ferrer, M. M. (2020). Space and vine cultivar interact to shape arbuscular mycorrhizal fungal communities in Mediterranean vineyards. *FEMS Microbiology Ecology*, 96(12), fiae208.
- Trouvelot, S., Bonneau, L., Redecker, D., van Tuinen, D., Adrian, M., & Wipf, D. (2015). Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1449–1467.
- TÜİK (2021). Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Turrini, A., Avio, L., Bedini, S., Pellegrino, E., & Giovannetti, M. (2022). Soil AMF communities differentially affect growth and nutrient uptake by grapevine rootstocks. *Mycorrhiza*, 32(3), 345–358

- Uyanöz, R. (2008). Konya Ovası'ndaki farklı toprak gruplarından izolasyonla elde edilen arbusküler mikoriza sporlarının dağılımı ve mikorizal enfeksiyon oranlarının belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(44), 56–64.
- Van Tuinen, D., Jacquot, E., Zhao, B., Gollotte, A., & Gianinazzi-Pearson, V. (1998). Characterization of root colonization profiles by a microcosm community of arbuscular mycorrhizal fungi using 25S rDNA–specific primers. *Molecular Ecology*, 7(7), 879–887. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00407.x>
- Ye, M., & Wang, X. (2022). Neighboring weeds influence the formation of arbuscular mycorrhiza in grapevines. *Plant and Soil*, 469(1-2), 115-129.





ÖZGEÇMİŞ

Mert SÖNMEZ, İlk, Orta ve Lise öğrenimini Adana ilinde tamamladı. 2018 yılında Adıyaman Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde başladığı Lisans eğitimini, 2022 yılında fakülte birinciliği ve bölüm birinciliği dereceleriyle tamamladı. Aynı yıl, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Lisansüstü eğitimi sırasında, iki yıl süreyle TÜBİTAK projesinde Araştırmacı Bursiyer olarak görev aldı. 1 Eylül 2023 tarihinden itibaren TOPRAQ Tarım Teknolojileri Şirketi'nde Agronomist olarak görev yapmakta olup, bu görevine halen devam etmektedir.

