



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**ARBÜSKÜLER MİKORİZAL FUNGUS (*Glomus spp.*)
TÜRLERİNİN CEVİZ (*Juglans regia*)
ÇÖĞÜRLERİNİN BÜYÜME VE MORFOLOJİSİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Nilay ÇAKIR YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR / 2019



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**ARBÜSKÜLER MİKORİZAL FUNGUS (*Glomus spp.*)
TÜRLERİNİN CEVİZ (*Juglans regia*)
ÇÖĞÜRLERİNİN BÜYÜME VE MORFOLOJİSİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Nilay ÇAKIR YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

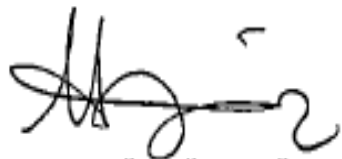
Dr. Öğr. Üyesi Sebahattin YILMAZ

KIRŞEHİR / 2019

“Arbüsküler Mikorizal Fungus (*Glomus* spp.) Türlerinin Ceviz (*Juglans regia*) Çöğürlerinin Büyüme ve Morfolojisi Üzerine Etkisi” adlı çalışma, 25/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Dr. Öğr. Üyesi Sebahattin YILMAZ
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Ziraat Fakültesi


Doç. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi


Doç. Dr. Sevil SAĞLAM YILMAZ
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nilay ÇAKIR YILMAZ



ÖNSÖZ

Yüksek lisans dönemi boyunca bana yol gösteren, bir orman mühendisi olarak ziraat ve orman mühendisliği alanlarının ortak konuları olan ceviz ve mikorizalar üzerine çalışma imkânı sağlayan, ilgi ve desteğini sürekli hissettiren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sebahattin YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim. Araştırma için mikoriza inokulumlarını göndererek önemli katkı sağlayan başta Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ ve Araştırma Görevlisi Mehmet IŞIK olmak üzere Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Rizosfer Laboratuvarı çalışanlarına, paylaşım konusundaki iyi niyetleri ve uygulama aşamalarındaki bilgi destekleri için özellikle teşekkür ederim. Araştırmanın önemli bir aşaması olan mikoriza incelemeleri ve analizler için laboratuvarını açan ve değerli bilgilerini paylaşan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA'ya özel teşekkürlerimi sunarım. Arazi ve laboratuvar çalışmalarında önemli desteklerini gördüğüm yüksek lisans öğrenci arkadaşlarım Sefer SAÇLIK, İlhami ÇOBAN ve Halil KAKÇI'ya, bu süreçte beni sürekli destekleyen eşim Okan'a, tez çalışmalarımıyla meşgulken gözüm arkada kalmadan oğullarım Ezel ve Ege'ye bakan anneme teşekkür ederim. Ayrıca, burada saymayı unuttuğum emeği geçen, çalışmalarına katkı ve kolaylık sağlayan herkese minnettarlığımı sunarım.

Temmuz, 2019

Nilay ÇAKIR YILMAZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Mikorizalar.....	6
2.2. Tarım ve Ormancılıkta Mikoriza Kullanımı	8
2.3. Fidan Üretiminde Mikoriza Kullanımı	9
2.4. Cevizlerde Mikoriza	18
2.5. Ceviz Türlerinin Fidan Üretiminde Mikoriza Kullanımı.....	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.1.1. Tohum Kaynakları ve Özellikleri.....	25
3.1.2. Yetiştirme Ortamının Özellikleri	25
3.1.3. Mikoriza İnokulumlarının Özellikleri	26
3.2. Yöntem.....	27
3.2.1. Cevizlerde Yapılan Ön Uygulamalar	27
3.2.2. Cevizlerin Ekilmesi	28
3.2.3. Mikorizaların İnokulasyonu ve Uygulama Dozları.....	28
3.2.4. Çöğürlerin Bakımı ve Yapılan Uygulamalar	30
3.2.5. Tohum Kaynaklarının Performanslarına İlişkin Gözlemler.....	32
3.2.6. Çöğür Büyüme ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	32
3.2.7. Çöğürlerde Mikorizal Birliktelik Düzeylerinin Belirlenmesi	35
3.2.8. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler.....	37
4. BULGULAR	38
4.1. Tohum Kaynaklarının Performansları	38
4.1.1. Tohumların Çıkış Oranları, Çıkış Süreleri ve Çöğür Kuruma Oranları.....	38
4.2. Çöğürlerin Büyüme Performansları	41
4.2.1. Sürgün Uzunlukları, Kök Boğazı Kalınlıkları, Sürgün Kalınlıkları ve Ana Kök Uzunlukları.....	41
4.2.2. Yaş Sürgün, Yaş Kök ve Toplam Yaş Çöğür Biyokütelleri	44

4.2.3. Sürgün, Kök ve Toplam Çöğür Nem Oranları	46
4.2.4. Kuru Sürgün, Kuru Kök ve Toplam Kuru Çöğür Biyokütelleri	48
4.3. Çöğürlerin Morfolojik Özellikleri	51
4.3.1. Morfolojik Oranlar ve Dickson Kalite İndeks Değerleri	51
4.3.2. Diğer Kök, Sürgün ve Çöğür Morfolojik Özellikleri	53
4.4. Çöğürlerin Mikorizal Birliktelik Oluşturma Düzeyleri	65
4.4.1. Çöğür Köklerinde Mikorizal Kolonizasyon Oranları.....	65
4.4.2. Yetiştirme Ortamında Oluşan Spor Sayıları.....	67
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	69
KAYNAKLAR.....	86
EKLER	94
ÖZGEÇMİŞ	96



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan cevizlerin katlama öncesi suda ıslatılmaları, 16 Mart 2017 (Orijinal).....	27
Şekil 3.2. Cevizlerin tüpe ekilmesi, 30 Nisan 2017 (Orijinal).....	28
Şekil 3.3. Ekim öncesi cevizlere fırça yardımıyla mikorizaların inokulasyonu, M-1 uygulaması (Orijinal).....	29
Şekil 3.1. Ekimden hemen sonrasında yetiştirme ortamına sulandırılmış mikoriza inokulumunun uygulanması, M-2 uygulaması (Orijinal).....	30
Şekil 3.2. Deneme alanının büyüme sezonu başındaki görünümü, 22 Mayıs 2017 (Orijinal).....	30
Şekil 3.3. Deneme alanının (orta blok) büyüme sezonunda 15 Eylül 2017 (a) ve sezon sonunda 24.10.2017 (b) tarihlerindeki görünümleri (Orijinal).....	31
Şekil 3.4. Çöğürlerin sökülme sonrasında etiketlenmeleri, 28.10.2017 (Orijinal).....	32
Şekil 3.5. Ceviz çöğürlerinde mikorizal kolonizasyon oranlarının belirlenmesine yönelik kök örneklerinin hazırlanması, Kasım 2017 (Orijinal).....	36
Şekil 3.6. Spor sayımı için toprak örneklerinin hazırlanması (a) ve elekten geçirilmesi (b), Temmuz 2018 (Orijinal).....	37
Şekil 4.1. Çöğür doğruluğu bakımından doğru (0) özellik gösteren (a) M-1 x Kaman-1, (b) M-1 x Franquette kombinasyonlarındaki çöğürler (Orijinal).....	60
Şekil 4.2. Çöğür doğruluğu bakımından doğru değil (1) özelliği gösteren (a) M-4 x Kaman-1, (b) M-4 x Franquette kombinasyonlarındaki çöğürler (Orijinal).....	60
Şekil 4.3. Sürgün doğruluğu bakımından, sürgün doğru değil (1) özelliği gösteren (a) M-2 x Franquette, (b) M-2 x Chandler kombinasyonlarındaki çöğürler (Orijinal)..	62
Şekil 4.4. Sürgünde kıvrılma durumu bakımından, sürgünde kıvrılma var (1) özelliği gösteren (a) M-1 x Franquette, (b) M-1 x Kaman-1 kombinasyonlarındaki çöğürler (Orijinal).....	64
Şekil 4.5. Mikoriza ile kolonize olmamış ceviz kökünün mikroskop altındaki görüntüsü (Orijinal).....	66
Şekil 4.6. Mikoriza ile kolonize olmuş ceviz kökünün mikroskop altındaki görüntüsü, M-4 x Chandler kombinasyonu (Orijinal).....	67

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Araştırmada tohum kaynağı olarak kullanılan cevizlere ilişkin belirlenen özellikler.....	26
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan mikorizal fungus preparatları ve inokulumların özellikleri.....	26
Tablo 3.3. Mikoriza inokulumlarının uygulanma şekilleri ve uygulama dozları..	29
Tablo 3.4. Kök Şekil İndeksi sınıflandırılmasına ilişkin açıklamalar.....	34
Tablo 3.5. Kök lifliliği (kılcal dallanma) derecelendirme sistemine ait tanımlamalar.....	34
Tablo 4.1. Tohum çıkış oranları (%), tohum çıkış süreleri (gün) ve çöğürlerdeki kuruma oranlarına (%) ait varyans analiz özeti.....	39
Tablo 4.2. Tohum çıkış oranları (%), çıkış süreleri (gün) ve çöğür kuruma oranları (%)......	40
Tablo 4.3. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerinin yetiştirme ortamındaki sürgün uzunluk (cm) ve kalınlıkları (mm) ile sökülme sonrasında ölçülen sürgün uzunlukları (cm), kök boğazı kalınlıkları (mm) ve ana kök uzunluklarına (cm) ait varyans analiz özeti.....	41
Tablo 4.4. Ceviz çöğürlerinin yetiştirme ortamındaki sürgün uzunluk (cm) ve kalınlıkları (mm) ile sökülme sonrasında ölçülen sürgün uzunlukları (cm), kök boğazı kalınlıkları (mm) ve ana kök eksen uzunlukları (cm) değerleri.....	42
Tablo 4.5. Ceviz çöğürlerinin yaş sürgün biyokütle (gr), yaş kök biyokütle (gr) ve toplam yaş çöğür biyokütle (gr) değerlerine ait varyans analiz özeti.....	44
Tablo 4.6. Ceviz çöğürlerinin yaş sürgün biyokütle (gr), yaş kök biyokütle (gr) ve toplam yaş çöğür biyokütle (gr) değerleri.....	45
Tablo 4.7. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki sürgün, kök ve toplam çöğür nem oranlarına (%) ait varyans analiz özeti.....	46
Tablo 4.8. Ceviz çöğürlerindeki sürgün, kök ve toplam çöğür nem oranları (%)..	47
Tablo 4.9. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kuru sürgün, kuru kök ve toplam kuru çöğür biyokütle (gr) değerlerine ait varyans analiz özeti.....	49
Tablo 4.10. Ceviz çöğürlerinin kuru sürgün, kuru kök ve toplam kuru çöğür biyokütle (gr) değerleri.....	50
Tablo 4.11. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki önemli morfolojik oranlar ve Dickson Kalite İndeks değerlerine ait varyans analiz özeti.....	51
Tablo 4.12. Ceviz çöğürlerindeki önemli morfolojik oranlar ve Dickson Kalite İndeks değerleri.....	52
Tablo 4.13. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kök dağılımı homojenliği özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.....	55

Tablo 4.14. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kök şekil indeksi özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.....	56
Tablo 4.15. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kök liflilik derecelendirmesi özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.....	57
Tablo 4.16. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki çöğür doğruluğu özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.....	59
Tablo 4.17. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki sürgün doğruluğu özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.....	62
Tablo 4.18. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki sürgünde kıvrılma durumu özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.....	63
Tablo 4.19. Ceviz çöğürlerinde köklerin mikorizal kolonizasyon oranları ve ortamda oluşan spor sayılarına ait değerlerin varyans analiz özeti.....	65
Tablo 4.20. Ceviz çöğürlerinde köklerin mikorizal kolonizasyon oranları (%)...	67
Tablo 4.21. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre yetiştirme ortamında oluşan spor sayıları.....	68

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklamalar
AMF	: Arbuscular Mychorrhizal Fungus – Arbüsküler Mikorizal Mantar
VAM	: Vesicular Arbuscular Mychorizas – Vesiküler Arbüsküler Mikorizalar
VA	: Vesicular Arbuscular – Vesiküler Arbüsküler
ERS	: Endo Root Solution
DQI	: Dickson Quality Index
DKİ	: Dickson Kalite İndeksi
KŞİ	: Kök Şekil İndeksi
kg	: Kilogram
gr	: Gram
lt	: Litre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
da	: Dekar
Ö. D.	: Önemli değil
%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARBÜSKÜLER MİKORİZAL FUNGUS (*Glomus spp.*) TÜRLERİNİN CEVİZ (*Juglans regia*) ÇÖĞÜRLERİNİN BÜYÜME VE MORFOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

Nilay ÇAKIR YILMAZ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sebahattin YILMAZ

Bu araştırmada, önemli Arbüsküler Mikorizal Fungus (*Glomus spp.*) türlerinin, ceviz (*Juglans regia* L.) çöğürlerinin büyümeleri ve morfolojileri üzerine etkileri ile mikorizal birliktelik oluşturma düzeylerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Farklı *Glomus* türlerini içeren mikorizal fungus inokulumları (M-1, M-2, M-3 ve M-4), dört farklı ceviz (Fernor, Chandler, Kaman-1 ve Franquette) tohum kaynağına inokule edilmiştir. Bir büyüme sezonu sonunda, mikoriza uygulamalarının sürgün uzunluğu, ana kök uzunluğu, yaş kök biyokütle ve toplam yaş çöğür biyokütle değerleri dışındaki tüm büyüme parametreleri üzerine önemli düzeyde etkide bulunduğu, pişkinlik oranı dışındaki tüm morfolojik oranları, köklerdeki liflilik düzeyini ve sürgünlerdeki kıvrılma durumlarını etkilediği belirlenmiştir. Tohum kaynağının tüm büyüme parametreleri üzerine etkisinin önemli olduğu ve parametrelerin tamamında etkinin mikoriza uygulamalarından daha önemli olduğu belirlenmiştir. *Glomus intraradices* (M-3) ve *Glomus iranicum* (M-2) uygulamalarının çöğürlerin toplam biyokütle değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Tüm tohum kaynaklarında ve mikoriza uygulamalarında benzer düzeyde kolonizasyon oranları gözlemlenmiş, ancak mikoriza uygulamaları farklı sayılarda spor çoğaltımı gerçekleştirmişlerdir. M-2 (*Glomus iranicum*) ve M-4 (*Glomus mosseae*) uygulamaları diğer uygulamalardan daha fazla sayıda spor üretmişlerdir.

Temmuz 2019, 96 Sayfa.

Anahtar kelimeler: Endomikoriza, *Juglans regia* L., çöğür biyokütlesi, çöğür morfolojisi, mikorizal kolonizasyon

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGUS (*Glomus spp.*) SPECIES ON GROWTH AND MORPHOLOGY OF WALNUT (*Juglans regia*) SEEDLINGS

Nilay ÇAKIR YILMAZ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Science and Engineering Institute
Agricultural Biotechnology

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sebahattin YILMAZ

In this research, it is aimed to determine the effects of important Arbuscular Mycorrhizal Fungus species (*Glomus spp.*) on growth, morphology and mycorrhizal association levels of walnut (*Juglans regia* L.) seedlings. Four different mycorrhizal inoculums (M-1, M-2, M-3 and M-4) including different *Glomus* spp. were inoculated to four different seed sources of walnut (Fernor, Chandler, Kaman-1 and Franquette cv.). At the end of the one growing season, it is found that mycorrhizal applications had shown significant effects on all growth parameters of seedlings except of shoot length, length of main taproot, root and total seedling biomass in fresh base, and on all morphological rates except of sturdiness quotient. Mycorrhizal applications had also shown significant effects on root fibrosity, and the occurrence of slight curves on shoots. The effects of seed sources on all growth parameters of seedlings were found more significant than the effects of mycorrhizal applications. *Glomus intraradices* (M-3) and *Glomus iranicum* (M-2) fungus species had increased the seedling biomass values. Similar root colonization rates were observed, but different numbers of spores were detected among mycorrhizal applications. M-2 (*Glomus iranicum*) and M-4 (*Glomus mosseae*) mycorrhizal applications had produced more spores than the others.

July 2019, 96 Pages.

Keywords: Endomycorrhiza, *Juglans regia* L., seedling biomass, seedling morphology, mycorrhizal colonization

1.GİRİŞ

Mikorizal funguslar, yüksek bitkilerin büyük bir bölümünün köklerinde simbiyotik olarak varlık göstermektedirler (Brundrett, 2009; Wang ve Qiu, 2006; HacsKaylo, 1972). Günümüzde mikorizal funguslar, bitkinin türüne, toprağın ve fiziksel çevrenin koşullarına bağlı olarak “Endomikoriza, Ektomikoriza, Erikoid, Monotropoid ve Orkide Mikorizaları” şeklinde sınıflandırılmaktadırlar (Smith ve Read, 2008b).

Ektomikoriza fungus türleri kökler etrafında kalın misel ağı oluştururlar ve bu misellerin bir bölümü korteks hücrelerinin arasına girerek *Hartig ağı* adı verilen bir hif ağı oluştururlar. Endomikorizal fungus türleri ise epidermis ve kök tüyü yoluyla köke giriş yaparak hücreler arası boşluklar içerisinde ilerler ve aynı zamanda kök hücreleri içine giriş yaparlar. Hücreler içerisinde hif, *vesikül* denen oval yapılar, *arbüskül* denilen dallanmış özel yapılar oluştururlar. Bu yapılar konakçı bitki ile fungus arasındaki besin iyonları değişiminde görev almaktadırlar (Türkan, 2008).

Endomikorizal fungus türleri, oluşturdukları vesikül ve arbüsküler yapılarından esinlenilerek ilk başlarda *Vesiküler Arbüsküler Mikoriza* (VAM) olarak adlandırılmış ancak son zamanlarda, tüm türlerde vesikül bulunmamasından dolayı, *Arbüsküler Mikorizal Fungus* (*Arbuscular Mycorrhizal Fungus*) tanımlaması ve AMF kısaltması kullanılmaya başlanmıştır (Smith ve Read, 2008b). Bitkilerin mikorizalarla meydana getirdikleri birliktelikler, yapı ve fonksiyon açısından çok farklı şekillerde olmakla birlikte, büyük çoğunlukla *Arbüsküler Mikorizal* birliktelik şeklinde görülmektedir (Smith ve Read, 2008c). Çok sayıda araştırmada AMF’lerin önemi vurgulanmakta, bitki biyoçeşitliliği üzerine etki ettiği, nematod ve patojen fungusların kontrolüne yardımcı olduğu, kirlenmiş ve kurak arazilerde bitkilerin sağlıklı gelişmesine imkân sağladığı bildirilmektedir (Souza, 2015).

AMF’ler zorunlu simbiyotik organizmalardır ve konakçı bitkinin varlığında çimlenen sporları ile ekstra radikal hif ağları geliştirirler. Bu hifler mikorizal işlevin önemli bir parçasıdır, zira besin maddesi transferi için kök ve toprak arasında bir köprü görevi görürler (Smith ve Read, 2008d). Arbüsküler mikorizal funguslar sistematikteki yeni gelişmeler doğrultusunda *Glomeromycota* şubesi altında incelenmeye başlanmıştır. Bu şube, 4 sınıf, 11

famulya, 25 cins ve 200'ün üzerinde türden oluşmaktadırdır (Souza, 2015). *Glomus* cinsi arbüsküler mikorizal fungus türleri ise *Glomeromycetes* sınıfı, *Glomerales* takımı, *Glomeraceae* famulyası altında incelenmektedirler (Redecker ve diğ., 2013).

Günümüzde mikorizal funguslar, ormancılık (Kara ve Tilki, 2001) ve ziraatın birçok üretim alanında kullanılmakta (Smith ve Read, 2008a) ve önemli faydalar sağlamaktadır (Almaca, 2014; Marx ve diğ., 2002; ztrk ve diğ., 2017). Mikorizal mantarların önemli bir grubu olan Arbüsküler Mikorizal Fungus (AMF) türleri orman ve ziraat fidancılığında uzun sreden beri kullanılmakta, sağladığı faydalar nedeniyle de kullanımları önerilmektedir (Jaenicke, 1999; Brundrett ve diğ., 1996; Molina ve Trappe, 1984).

Dünyanın değişik ülkelerinde mikorizal fungusların odunsu türlerde kullanımı üzerine çok sayıda araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Genel bir değerlendirme ile bağcılık (Trouvelot ve diğ., 2015) ve turunçgil (Wu ve diğ., 2012; Wu ve Zou, 2010) yetiştiriciliğinde mikorizal fungusların kullanımının daha fazla olduğu söylenebilir. Endemik meyve türlerinin sera koşullarında çoğaltılması ve mineral alımı üzerine etkileri (Guissou ve diğ., 2016), turunçgil türleri (Wu ve diğ., 2012), kayısı (Dutt ve diğ., 2013), kakao (Cuenca ve diğ., 1990), kahve (Andrade ve diğ., 2010), elma (Miller ve diğ., 1985; Mehta ve Bharat, 2013) ve antepfıstığı (Abbaspour ve diğ., 2011) ğrlerinin yetiştirilmesinde ve asma çeliklerinin köklendirilmesinde kullanımı (Aguın ve diğ., 2004) alışılan konulardan bazılarıdır. Mikorizal fungusların, klasik çoğaltma metotlarının dışında, odunsu meyve türlerinin mikro çoğaltımında (Taylor ve Harrier, 2003), özellikle köklenme ve yaşama oranlarının artırılmasında (Kapoor ve diğ., 2008) kullanıldığı ve mikro çoğaltımda önemli faydalar sağladığı bildirilmektedir. Yine mikoriza uygulamalarının konteynırlarda fidan yetiştiriciliğinde olumlu sonuçlar verdiği (Zinati ve diğ., 2008; Zinati ve Dighton, 2009) ve ayrıca AMF ile çöğür inokulasyonun yeniden dikimde yüksek büyüme performansı ve yaşama oranlarına imkan sağladığı bildirilmiştir (Castellano, 1996).

Tarımsal rnlerin büyük bir bölümünün özellikle de bahçe bitkilerindeki önemli türlerin AMF'ler ile birliktelik gösterdiği ve kullanımının yetiştiricilikte önemli katkılar sağladığı birçok araştırmacı tarafından vurgulanmaktadır (Azcn-Aguilar ve Barea, 1997; Marx ve diğ., 2002; Wang ve Qiu, 2006). Bahçe bitkileri ürünlerine AMF inokulasyonunun esas etkilerinin, (i) artan çöğür/fide büyümesi, (ii) fosfor gübrelemesi ihtiyacının azalması, (iii) mikro çoğaltımda yaşama oranının artması ve bitki büyümesinin artması, (iv) bitkilerin patojen funguslara karşı direncinin artması, (v) abiyotik streslere direncin artması, (vi) erken

çiçeklenme ve meyve tutumu, (vii) ürün üniformitesinde artış, (viii) çeliklerde köklenmenin artması, (ix) meyve üretiminde artış olduğu bildirilmektedir. Uyumlu bir bitki/fungus/ortam seçiminin başarı için kritik öneme sahip olduğu, ekim ya da yeniden dikim aşamalarının erken döneminde AMF birlikteliğinin sağlanmasının bahçe bitkileri uygulamalarında büyümeyi artırmak için anahtar bir öneme sahip olduğu özellikle vurgulanmaktadır (Azcón-Aguilar ve Barea, 1997).

Ülkemizde de mikorizal fungusların bitkilere sağladığı katkılar üzerine çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmaların büyük bir bölümünün sebze türleri, tıbbi aromatik bitkiler ve mısır üzerine, daha az bir kısmının ise meyve türleri üzerine olduğu görülmektedir (Erzurumlu ve Kara, 2014). Meyvecilik ve bağcılık alanında yürütülen araştırmaların, asmanın çoğaltılma faaliyetlerinde çeliklerin köklendirilmesi ve fidan kalitelerinin artırılmasına (Bağçevli, 2010; Kara ve Özdemir, 2009), antepfıstığında çöğür ve fidan üretim sürecinin geliştirilmesine (Açar ve diğ., 2007), turunçgillerde (Taştekin ve Dalkılıç, 2008) fidan kalitesinin artırılmasına, elmada ise klon anaçların büyüme ve gelişmelerinin artırılmasına (Uçgun ve diğ., 2009) yönelik olarak yapıldığı görülmektedir.

Juglans regia L. sistematikte *Fagales* takımı, *Juglandaceae* (Cevizgiller) familyası altında incelenmektedir (Manos ve Stone, 2001). Cevizin mikoriza türleri ile simbiyotik yaşamı üzerine literatürde farklı değerlendirmeler olup, endomikoriza türleri ile simbiyotik ilişki geliştirebilen ve ektomikoriza türlerinden de olumlu etkilenebilen tür olduğu bildirilmektedir. *Fagales* takımı mikorizalarla ilişkisi bakımından ektomikorizal olarak tasnif edilmiş olmakla birlikte (Wurzbürger ve diğ., 2017), *Juglandaceae* familyası üyelerinin ekto ve endomikorizal birliktelikler oluşturabildiği, *Juglans regia* L. türünün ise yapılan çalışmaların %33'ünde AM, %33'ünde ECM, %33'ünde ise AM+ECM birliktelikler oluşturduğu bildirilmiştir (Wang ve Qiu, 2006). *J. regia*'da endotropik mikorizal ilişki Schuster ve diğ. (1944) ile Semahanova ve Mazur (1968)'in çalışmalarında tespit edilmiş, Castellano ve Molina (1989) ve Wilkinson (2009) cevizlerde ektomikorizal ve VAM birlikteliği görüldüğünü ve bundan konteynırlarda fidan yetiştiriciliğinde istifade edildiğini bildirmiştir. Bir çok ülkede yürütülen mikoriza çalışmalarının derlemesini yapan Harley ve Harley (1987), *J. regia*'da 1900 ve 1937 yılları arasında yürütülen çalışmalarda VA, ekto, ikili infeksiyonun belirlendiği çalışmalar olduğunu rapor etmiştir.

Ceviz türleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, *Juglans nigra* L. çöğürlerinin yetiştirilmesinde mikorizaların kullanımı ve etkileri üzerine daha fazla sayıda çalışmanın yürütüldüğü (Schultz ve diğ., 1981; Kormanik ve diğ., 1982; Ponder Jr, 1983; Ponder Jr.,

1984; Kormanik, 1985; Melichar ve diğ., 1986; Dixon, 1988) görülebilir. *Juglandaceae* familyasındaki başka bir ceviz türü olan pekan (*Carya illinoensis*) bitkisinde ektomikorizanın kullanımına (Bonito ve diğ., 2011) ve Venezüella’da endemik bir tür olan *Juglans venezuelis* üzerine AMF’lerin etkisinin incelendiği birer çalışma bulunmakla birlikte (Fajardo ve diğ., 2014), *Juglans regia* çöğürlerinde mikoriza kullanımı üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Arbüsküler mikorizal mantar türlerinden olan *Glomus mosseae*’nin *Juglans nigra*’nın da (Kara Ceviz) içlerinde olduğu sekiz geniş yapraklı ağaç türünde büyümeyi ve besin maddesi alımını artırdığı belirlenmiş (Pirazzi ve diğ., 1999), başka bir çalışmada da endomikoriza türlerinin, özellikle *Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices* türlerinin cevizin doku kültürü ile çoğaltılmasında besin ortamlarına ilave edilmesiyle kallus kültüründe köklenmeyi teşvik ettiği ve olumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Dolcet-Sanjuan ve diğ., 1996).

Dünyada, anaç yetiştirmek ve ağaçlandırma çalışmalarında ana materyal olarak kullanmak üzere *Juglans nigra*, *Juglans hindsii* gibi farklı ceviz türleri ve türler arası melez bitkilerin yetiştirildiği görülmektedir. Ancak, ülkemizde sadece *Juglans regia* L. türü anaç yetiştirmek üzere kullanılmaktadır (Akça, 2014). *Juglans regia*’nın ülkemiz için önemli bir ceviz türü olması sebebiyle çöğürlerinin yetiştiriciliğinde farklı yetiştirme teknikleri ve çok sayıda yeni uygulama araştırılmış ancak mikorizaların kullanımı üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bitki türleri ile simbiyotik bir ilişki kurarak besin maddesi ve su alımını geliştiren ve bunun sonucunda bitkilerin büyümelerini artıran mikorizal fungus türlerinden olan arbüsküler mikorizal fungus türlerinin (*Glomus* spp.) ceviz çöğürlerinin büyüme ve morfolojisi üzerine yaptığı etkileri ve simbiyotik ilişki kurma düzeylerini belirleyerek çöğür yetiştiriciliğinde kullanılabilirliğini ortaya koymak bu tezin ana amacını oluşturmaktadır. Bu çalışma ile dünyada ve ülkemizde ilk defa endomikoriza türlerinin *Juglans regia* L. çöğürleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Böylece, *Juglans regia*’nın yetiştirme tekniği üzerine faydalı olacak bilgiler elde edilmiş olup, ulusal ve uluslararası literatüre katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

Çalışmada, arbüsküler mikorizal fungus türlerini barındıran iki ticari mikorizal fungus preparatı ERS (Bioglobal) ve MycoUp (Symborg) ile *Glomus mosseae* (*Funneliformis mosseae*) ve *Glomus intraradices* (*Rhizophagus irregularis*) türlerini içeren kök+toprak+misel+spor karışımı inokulumlar kullanılmıştır. Bunlardaki mikorizal fungus türlerinin *Juglans regia* L. ceviz türünün dört farklı tohum kaynağından (Fernor, Chandler,

Kaman-1, Franquette) yetişen ögürlerin büyüme ve morfolojik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca mikorizal fungus türlerinin ceviz ögürlerinde ne düzeyde birliktelik oluşturduğu, mikoriza uygulamaları ve tohum kaynakları bazında köklerdeki kolonizasyon oranlarının ve yetiştirme ortamındaki spor sayılarının belirlenmesi yoluyla değerlendirmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, AMF'lerin ceviz ögürlerinin, kök ve sürgün büyümeleri ayrıca kök kaliteleri ve kök özellikleri, kök/sürgün oranı, pişkinlik oranı ve Dickson Kalite İndeksi, Kök Şekil İndeksi gibi morfolojik özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Böylece anaç üretiminde ve ceviz yetiştiriciliğinde kullanılabilme olanakları ve olası faydaları hakkında daha spesifik değerlendirmelerin yapılmasına imkân sağlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Mikorizalar

Mikorizal funguslar, yüksek bitkilerin büyük bir bölümünün köklerinde simbiyotik olarak varlık göstermektedirler (Hacskeylo, 1972; Harley ve Harley, 1987; Brundrett, 2009). Mikoriza, "mantar kökü" anlamına gelir ve spesifik mantarlar ile yüksek bitkilerin ince, genç kökleri arasında simbiyotik bir ilişkinin genel adıdır. Bitkilerin büyük çoğunluğunun köklerinden daha fazla mikorizaları vardır. Bitkilerde yedi farklı mikorizal birliktelik türü vardır ve bunlardan en önemlileri endomikoriza ve ektomikorizalardır. Endomikorizal bitkiler arasında otsu bitkiler, çalılar, birçok süs, meyve ve fındık ağacı, sebzeler ve tarım bitkileri ve çim bitkileri sayılabilir. Yüksek bitkilerin %85'inden fazlası endomikorizal birliktelikler oluşturur. Ektomikorizal funguslar, köknar ve çam gibi kozalaklı ağaçlarla, huş ağacı, kayın ağacı, okalıptüs, meşe, söğüt ağacı ve manolya gibi sert ağaçlarla ilişki halindedir. Ektomikorizal funguslar yüksek bitkilerin yaklaşık %10'unu kolonize ederler. Okalıptüs gibi bazı bitkiler hem endo hem de ektomikorizal birliktelikler oluşturabilirler (Davies, 1998).

Endomikoriza, arbüskül denilen (arbüsküler mikoriza) yapılarla karakterize edilir ve bazı endomikoriza türleri hem arbüskül hem de vesikül (kesecik) denen yapılar oluştururlar. Bu yapıları oluşturan mikorizalar Vesiküler Arbüsküler Mikorizalar olarak adlandırılmaktadır. Mikorizal hifler kök kortikal hücrelerine nüfuz ederler ve çevrelerindeki toprağa doğru uzantı oluşturarak köklerin yüzey alanını artırırlar. Vesikül yapıları, besin maddesi depolamada kullanılır. Arbüskül yapıları ise konukçu bitkiye mikoriza tarafından verilecek besin elementlerin değişimi için gelişmiş yapılardır. Bu simbiyotik ilişkide, mantar, fotosentez yapamadığından, konukçudan karbon sağlar. Arbüsküler mikoriza, hiflerini kurumaktan koruyan, rizosferdeki mineral elementler ve suyla köklerin temasını geliştirmeye katkı sağlayan kök sistemi etrafındaki toprağın agregasyonunu teşvik eden glomalın adı verilen hidrofobik bir protein sentezler. Bu durum bitkilerin kurağa ve diğer streslere direncini artırır (Davies, 2008).

Arbüsküler mikorizalar en yaygın görülen toprak altı simbiyantlardır ve çok çeşitli bitkiler ile *Glomeromycota* filumunun zorunlu simbiyotik fungusları arasında oluşurlar. Arbüsküler

mikorizal funguslar temelde toprak besin maddelerinin alımını artırarak, sadece fosforu (P) değil, aynı zamanda konukçu bitkilerin biyotik ve abiyotik streslerine karşı direncini artırarak, bitki büyümesini artırır. Fosfor üzerindeki olumlu alım etkisi, (i) ekstraradikal miselyum (ERM) tarafından daha büyük bir toprak hacminin kullanılması (ii) artan fosfor emici yüzey alanı sayesinde ve mikorizal olmayan köklere kıyasla, yüzey birimi başına daha yüksek fosfor alım hızının oluşması, (iii) mikorizal mantarlar tarafından polifosfatların (polyP) oluşturulması böylece düşük iç inorganik fosfor (Pi) konsantrasyonlarının oluşması ve (iv) fosforun organik komplekslerden salınmasını katalize eden organik asitlerin ve fosfatazların üretimini artırma etkisinden kaynaklanmaktadır (Marschner ve Dell, 1994).

Arbüsküler mikorizal funguslar, köklerin içinde ve köklerin arasında yapılar oluşturan en karmaşık mikoriza grubudur. Bu funguslar, (1) sıklıkla kortikal parankimanın dış katmanlarında bulunan hücre içi hifler oluşturan sarmallar (2) hücre içi hif, (3) çok fazla dallanma gösteren hücreler arası hif, yani arbüskül ve (4) hücre içi ve hücreler arası hipertrofi gösteren hifler yani vesiküllerden oluşurlar. Kökleri çevreleyen misel ağı, dimorfiktir ve kaba kalın duvarlı düzensiz septat olmayan hif ve daha küçük, ince duvarlı kısa yaşam ömrüne sahip lateral dallardan oluşur. Kalın duvarlı hifler konukçu köküne nüfuz ederler ve hücre içi infeksiyona neden olurlar. Hifler, konukçu bitkiye giriş noktasında apresoryumlar oluştururlar. Penetre olan ve infekte olmuş hifler konukçu bitkinin kök korteksinde hücre içinde ve hücreler arası boşlukta yayılma gösterirler. Arbüskül adı verilen çok dallı yapılar genellikle iç korteks içinde oluşurlar. Bunlar, tekrarlanan çatallı dallanmalar tarafından oluşturulan geçici yapılardır ve gelişimlerini 4 ya da 5 gün içinde tamamlarlar. Arbüsküller, besin alışverişi için anahtar bölgelerdir ve sadece 4-15 gün boyunca aktif kalırlar. Arbüskül oluşturan endomikorizal fungusların çoğu, daha sonra kök korteksinde terminal veya araya eklenmiş vesiküller oluştururlar. Bunlar genişlemiş, bir bölme ile sınırlandırılmayan çok miktarda lipid içeren ince duvarlı yapılardır ve vesikül olarak adlandırılırlar. Vesiküller, küresel, oval veya loblu olabilirler, sonrasında kalın duvarlı hale gelebilirler ve bu haliyle dinlenen sporlara benzerler. Vesiküller, içe doğru gelişen (endofitik) depo organları olarak hizmet ederler ve lipidler bakımından zengindirler (Varma, 2008).

Glomalean cinsi funguslar köklerde vesiküler-arbüsküler mikorizal birliktelikler oluştururlar. Bu birliktelikler, ayrıca arbüsküler mikorizalar (AM), VA mikorizalar, endo mikorizalar veya endotrofik mikorizalar olarak da bilinir. Arbüsküler mikoriza ya da vesiküler-arbüsküler mikoriza adlandırmalarından hangisinin bu birliktelikler için en uygun isim olduğu konusunda bazı anlaşmazlıklar bulunmaktadır. Çünkü bazı funguslar vesikül

üretmezler, köklerde de her zaman arbüskül yapıları oluşturmazlar. Ayrıca arbüsküllerin besin maddesi değişimindeki rolleri de halen açık bir şekilde gösterilememiştir. VAM birliktelikleri, toprakta üretilen hifler, sporlar ve yardımcı kısımlar şeklinde ifade edilebildiği gibi, köklerdeki hifler, arbüsküller ve vesiküller olarak da ifade edilirler. Bu yapılar, fungusların tanımlanmasında, miktarlarının belirlenmesinde kullanıldığı gibi farklı teknikler kullanarak bu fungusların çoğaltılmasında da kullanılırlar (Brundrett ve diğ., 1996).

2.2. Tarım ve Ormancılıkta Mikoriza Kullanımı

Mikorizal funguslar, tarım ve ormancılığın çok farklı alanlarında kullanıldığı (Smith ve Read, 2008a) ve kullanımından çok önemli faydalar sağlandığı bilinmektedir (Almaca, 2014; Marx ve diğ., 2002; Öztürk ve diğ., 2017).

Kara ve Tilki (2001), mikorizanın bitkilerin su ve besin maddeleri alımını, yüksek sıcaklık ve yüksek pH'a, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığını artırdığını ve fidanlıklardaki mikoriza aşılama çalışmalarının, fidan kalitesini ve dikim sonrası yaşama yüzdesi ile boy büyümesini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Tür ve orijininin dikkate alınarak uygun mikorizal fungus türleri ile aşılama yapılan fidanların, farklı arazi koşullarına dikildiğinde ortama uyum yeteneklerinin arttığını, doğal gençleştirme alanlarında ve ağaçlandırma çalışmalarında, özellikle su ve besin elementi stresinin bulunduğu alanlarda, mikorizalı fidanlardan faydalanma yoluna gidilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Fidanlıklarda mikoriza aşılması ile (çıplak köklü veya kaplı) fidan üretiminin yaygınlaştırılmasına ve ağaçlandırma çalışmalarında kullanılmasına önem verilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Almaca (2014), artan dünya nüfusuna bağlı olarak gıda talebinde artışlar olacağını ve bu talebin ancak tarımsal üretimin artırılması ile karşılanabileceğini, tarımsal üretimde az girdi kullanarak daha fazla ürün elde etmenin önemli bir amaç olduğunu ve tarımsal üretimde yoğun kimyasal kullanımına karşı son yıllarda hassasiyetin oluşması nedeniyle mikorizal mantarların kullanımının artacağını öngörmektedir. Ayrıca, mikorizaların fosfor ve çinko alımında sağladığı avantajdan dolayı ekolojik tarımsal faaliyetlerde kullanımının önemli olduğunu bildirmiştir.

Palta ve diğ. (2010), mikorizal fungusların konukçu oldukları bitki köklerinin içinde ve dışında kurdukları ilişkilerden dolayı ekolojik olarak büyük öneme sahip olduklarını ifade etmektedirler. Genel anlamda AM fungusların, ekstra matrikal (dışsal) hifleri sayesinde bitki köklerinin yüzey alanını genişlettiğini ve böylece bitkinin bulunduğu topraktan daha fazla

yararlanmasına imkân sağladığını, bitkilerin kuraklık, tuzluluk ve ağır metal stresine karşı direncini arttırdığını, kök patojenlerine karşı bitkiyi koruduğunu, bitkide büyüme sağlayan hormonları teşvik ettiğini bildirmişlerdir. AMF'lerin çayır ve mera bitkilerinin fizyolojisi ve morfolojisi üzerine de olumlu etki yaptıklarını, kompozit gübre kullanımını azaltarak ekosisteme katkı sağlayabileceklerini ve ülkemizde de çayır-mera ıslah çalışmalarında bu funguslardan yararlanmanın öncelikli konular arasında yer aldığını bildirmişlerdir.

Demir (2002), ekonomik öneme sahip, serada ve açıkta yetiştirilen ve farklı familyalardaki, 10 sebze türünde, AMF'lerin oluşumunu ve kolonizasyon düzeyini belirlemek amacıyla çalışma yürütmüştür. Çalışmada, *Glomus intraradices* mikoriza türü, domates, biber, patlıcan, kabak, hıyar, soğan, sarımsak, pırasa, maydanoz ve fasulye gibi sebze türlerine uygulanmış ve en uygun tepki veren sebze türü bulunmaya çalışılmıştır. *G. intraradices*'in çalışmada kullanılan sebze türlerinin hepsinde farklı oranlarda kolonizasyon gerçekleştirerek simbiyotik bir yaşam ilişkisi kurabildiğini, en yüksek ortalama kolonizasyon oranının %53,9 ile *Liliaceae* familyasında ve bu familya içinde de %66,0 ile pırasa türünde tespit edildiğini bildirmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere istinaden, tüplerde fide ve fidan yetiştiriciliğinde mikorizaların kullanımının mümkün olduğu sonucuna varmışlardır.

2.3. Fidan Üretiminde Mikoriza Kullanımı

Mikoriza, bitki köklerinin etkinliğini, toprak veya konteynır ortamından su ve mikro elementlerinin alımını geliştirerek artırabilir. Bu durum, gübreleme ve sulama gereksinimlerini azaltmaya, bitkinin kuraklığa ve patojenlere karşı direncini artırmaya aynı zamanda bitki sağlığını ve gelişme gücünü artırmaya yardımcı olur ve stresi en aza indirir. Stresin en az düzeye indirilmesi özellikle önemlidir, çünkü daha az stres koşullarında patojen ve zararlılara karşı daha fazla bitki direnci oluşur ve böylece pestisit kullanımında azalma olur. Patojen direnci açısından bakıldığında, mikoriza tarafından üretilen belli bileşiklere biyotik tepkilerin oluşmasıyla *Fusarium* sporlarının çimlenmesi engellenir ve bu durum mikorizal sporların çimlenmesini teşvik eder. Ektomikorizal fungal manto, kökler ve patojenler arasında fiziksel bir bariyer oluşturur. Mikoriza, konukçu bitkinin biyokimyasında değişikliklere neden olarak kuraklığa direncini artırır (daha fazla osmotik basınç ayarlama, daha az absisik asit üretimi), kök morfolojisini değiştirir (daha iyi su emilimi için daha fazla yeni kök oluşturma) ve daha fazla sayıda ekstra radikal hiflerin oluşmasıyla kök sisteminin topraktaki suyla daha iyi temas etmesini sağlar. Bitki, kuraklık koşullarında hayatta kalma

noktasında daha etkin hale gelir. Sağlanan diğer faydalar arasında çöğür büyümesinin ve çeliklerde adventif kök oluşumunun artması ve yeniden dikim performansında artış sayılabilir. Mikorizaların, çok zor koşullardaki kömür madenlerinin ağaçlandırılmasında, endo ve ekto mikorizal bitkilerin hayatta kalmasını ve büyümesini artırarak başarı sağladığı birçok örnekte görülmüştür. Toprak yapısı bozulmuş, sıkışmaya uğramış, drenaj ve havalandırma problemleri olan bozuk alanlar, konut yapım alanlarında da görülebilir. Fidanlıklardaki üretim sürecine mikorizayı dahil ederek birçok fırsat yaratılabilir. Bu şekilde, herhangi bir çalı veya ağaç formundaki süs bitkisi kullanılacağı peyzaj alanına nakledildiğinde, daha fazla stres direncine, yaşama ve yeniden büyüme kabiliyetine sahip olacaktır (Davies, 2008).

VA mikorizal fungusların bitkilere inokulasyon tekniği, ektomikorizalardan farklılık gösterir. VA mikorizal fungus sporları birçok ektomikorizal fungus sporları gibi rüzgarla taşınmazlar ve bu türler saf kültürde çoğaltılamazlar. Ektomikorizal funguslar için kullanılan toplu bitkisel (misel) aşılama tekniği VA mikorizal fungus türlerinde kullanılamaz. VA mikorizal funguslar için, ektomikorizal funguslar için kullanılanlara paralel başka şekillerde inokulum kaynakları ve teknikleri mevcuttur. Doğada bulunan VA mikorizal konukçu bitkinin yakınından toprak almak ve onu konteynırın yetiştirme ortamına herhangi bir şekilde dahil etmek basit bir aşılama yöntemidir. Ancak bu yöntem büyük miktarlarda toprak kullanılmasını gerektirdiği ve istenmeyen zararlıların fidanlığa taşınma riskini barındırdığı için fazla arzu edilmez. Saksı kültüründe üretilmiş toprak ve bitki kökleri inokulum olarak kullanılabilir. Saksı kültürü yönteminde, belirli bir VAM fungusunun sporları ilk önce doğal topraktan çeşitli ayırma teknikleri ile izole edilir, toprak sterilize edilir ve daha sonra sorgum veya yonca gibi konukçu bitkilerin olduğu steril bir yetiştirme ortamına ilave edilir ve büyütülürler. Bitki büyüdükçe, arzu edilen fungus türüyle birlikte VA mikoriza oluşturur. Fungus, yetiştirme ortamında çoğalır ve bol miktarda spor üretir. Bu sporlar daha sonra inokulum olarak kullanılmak üzere yetiştirme ortamından alınabilir veya daha yaygın olarak yapıldığı şekliyle, içerdiği miselyum, spor ve köklerle, doğranmış olarak yetiştirme ortamının tamamı inokulum olarak kullanılabilir. Saksı kültüründe yetiştirilmiş VA mikorizal fungus inokulumu, yetiştirme ortamına genellikle iki yöntemle ilave edilir. İlk yöntemde, inokulum yetiştirme ortamı boyunca, boşluklar henüz dolmadan, eşit bir şekilde karıştırılır. İkinci yöntemde ise inokulum, yetiştirme ortamı yüzeyinin yaklaşık 3-5 cm altına bant şeklinde uygulanır. Bant yöntemi ile kökler inokulum bandından aşağı doğru büyürken kökler ve funguslar arasında hızlı temas sağlanır. Yeterli düzeyde inokulasyon sağlamak için

ne kadar inokulum kullanılması gerektiği konusunda bilgiler değişkendir. Ancak, fidanlıklarda yetiştirme kabı başına 200 ila 500 spor içeren inokulumun ilave edilmesi çoğu zaman yeterlidir. 160 cm³ kaplarda yetişen sedir ve sekoya fidelerini başarıyla inokule etmek için saksı kültüründe yetiştirilmiş 20 ml inokulumun (sporlar + toprak + kıyılmış kökler) yeterli olduğu ve bu hacimdeki inokulumun 400 ila 770 arası spor içerdiği ve köklerin %30'u ile %68'ini kolonize edebildiği belirlenmiştir. VA mikorizal funguslar, birçok ektomikorizal fungus gibi, yüksek gübre seviyelerine duyarlıdır. Bu nedenle, uyumlu yetiştirme düzeni geliştirmek için farklı fidanlık yönetim uygulamaları altında mikorizaların mikroskopik gelişimin dikkatli bir şekilde izlenmesi gerekir. Saksı kültüründe yetiştirilen inokulum, birçok nedenden dolayı en iyi VA mikorizal fungus kaynağıdır, eğer kültür uygun şekilde yapılırsa, istenmeyen zararlı veya patojenlerin ortaya çıkma riski oldukça azdır. İnokulum, genellikle güvenilir ve etkilidir ve yetiştirme ortamına kolaylıkla ilave edilebilir. En önemlisi, saksı kültürü, fidan büyümesini ve yaşama oranlarını maksimum düzeyde tutmayı sağlayacak belirli fungus suşlarının kullanılmasına imkân sağlar (Castellano ve Molina, 1989).

Molina ve Trappe (1984), fidancılıkta mikoriza kullanımının, besin maddelerinin, özellikle fosforun alımının artmasına imkân sağladığını bildirmektedir. Mikorizaların diğer faydalarının da artan su alım kabiliyetiyle birlikte genç çöğürlerin kuraklık direncinin artırılması, bazı mikorizaların topraktaki toksinlerin detoksifiye etmesine katkı sağlaması, çöğürlerin yüksek toprak sıcaklığına ve aşırı asitliliğe dayanımlarının artması olduğunu saymışlardır. Fidanlık yönetiminde pratik öneme sahip olan bazı mikorizal fungus hatlarının bitkilerin köklerini *Laccaria laccata* Scop gibi belirli patojenlere karşı koruyabileceğini ve besleyici köklerin *Fusarium* enfeksiyonundan korunabileceğini bildirmişlerdir.

Mikorizaların bağcılıkta ve bağ fidanı yetiştiriciliğinde kullanıldığı birçok çalışma ile bildirilmiş olup ana hatları ile saydığı faydaların; Büyüme ve bitki beslenmesinin iyileştirilmesi, mikorizal simbiyosis sayesinde gübre ihtiyacının azalması, arbüsküler mikorizal simbiyosizin P, N alımını ve ayrıca diğer besin maddelerinin alımını artırması olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca bağcılıkta mikoriza kullanımının genel anlamda asmalarda abiyotik streslere toleransı artırdığı, su stresini azaltmada, kireçli topraklarla ve demir eksikliği ile baş etmede yardımcı olduğu, toprak tuzluluğuna ve ağır metal toksisitesine karşı toleransı artırdığı bildirilmiştir (Trouvelot ve diğ., 2015).

Aguín ve diğ. (2004) tarafından, *Glomus aggregatum*'un 196-17, 110 R ve 161-49 Couderc asma anaçlarının kök morfolojisine ve büyümesine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, köklenme ortamında AM fungus türü *Glomus aggeratum* ile inokule olan çeliklerin birinci sıra yan kök gelişiminin artması neticesinde kök morfolojilerinin değiştiği belirlenmiştir. Köklenen çelikler, yeterli miktarda fosfor içeriğine sahip saksılara aktarılıp, 9 ay süre ile büyütüldüklerinde anaçların ikisinde belirgin bir büyüme artışı kaydedilmiştir. *Glomus aggeratum*'un tek başına veya dahili AMF ile sinerji oluşturarak, 161-49 C asma anacının köklerinde yoğun bir kolonizasyon ve ciddi bir büyüme artışı sağladığı ve bu anaç ile iyi bir uyum gösterdiği belirlenmiştir.

Bağçevli (2010), yaptığı çalışmada *Azotobacter vinelandii*, *Clostridium pasteurianum* içeren Bio-one, *Azotobacter chroococum*, *Azotobacter vinelandii* içeren Bioplin, *Azotobacter chroococum*, *Azotobacter vinelandii* içeren Vitormone ve *Glomus intraradices*, *G. mossea*, *G. aggregatum*, *G. clarum*, *G. monosporus*, *G. deserticola*, *G. brasilianum*, *G. etunicatum* ve *Gigaspora margarita* içeren Endo Roots adlı ticari preparatların, 1:1 oranında perlit torf karışımı içeren tüplere doğrudan dikilen 41 B, 99 R, 110 R, 140 Ru ve 1103 P asma anacı çeliklerinin gelişimi üzerine etkileri yetiştirme sezonu sonunda yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Çalışmada, dört farklı mikoriza preparatı, anaçların tomurcuklarının uyanıp büyümeye geçtikleri dönemde uygulanmıştır. 41 B anacına uygulanan Vitormone ve Endo Roots preparatlarının, kontrole göre, sürgün uzunluğunu ve yaprak alanını artırdığını, sürgün çapını etkilemediği bildirilmiştir. 99 R anacına uygulanan Bioplin ve Endo Roots preparatlarının ise kontrole göre, sürgün uzunluğu, sürgün çapı ve yaprak alanını artırdığını bildirmiştir. 110 R anacında, Vitormone uygulaması yapılan çelikler Bio-one uygulamasına göre sürgün uzunluğu, sürgün çapı, yaprak sayısı, sürgün gelişme düzeyi, koltuk sürgün sayısı ve yaprak kuru ağırlığı değerleri bakımından daha yüksek değerler göstermişlerdir. 140 Ru anacına uygulanan Bio-one, Bioplin ve Endo Roots preparatları karşılaştırıldığında, yaprak sayısı, sürgün gelişme düzeyi, yaprak alanı, ana sürgün sayısı, koltuk sürgün sayısı, yaprak yaş ağırlığı ve yaprak kuru ağırlığı değerleri Bio-one uygulamasında daha yüksek kaydedilmiştir. Sürgün uzunluğu, sürgün çapı, yaprak sayısı, sürgün gelişme düzeyi ve ana sürgün sayısı değerleri bakımından Endo Roots uygulaması daha yüksek değerler sağlamıştır.

Kivi'nin (*Actinidia deliciosa*) üç farklı çeşidine (Liang, Ferguson, Hayward) ait çelikler kullanılarak yürütülen bir çalışmada, 3 farklı gübre dozu ve 5 farklı mikoriza aşılama oranı kullanılmıştır. Çelikler, sera koşullarında ve turba pomza taşı karışımı ortamda 130 gün süre

ile büyütülmüşlerdir. Çalışmada, fosforlu gübrelemenin sürgün uzunluğunu ve ağırlığını sırasıyla %170 ve %145 arttırdığı, mikorizal aşılamanın da inokulumun miktarına ve inokulasyon sonrası geçen süreye bağlı olarak sürgün uzunluğunu ve ağırlığını sırasıyla %294 ve %265 oranında arttırdığı bildirilmiştir. Kivi çeliklerinin köklerinde, kullanılan inokulumun ortamdaki karışım oranına ve inokulasyon sonrası geçen süreye bağlı olarak %11 ila %56 arasında değişen kök kolonizasyon oranları belirlenmiştir. En uygun bitki büyümesinin 1000 gr/m³ süper fosfat gübrelemesinde ve 50 litre/m³ mikoriza inokulumu konsantrasyonlarında sağlandığı bildirilmiştir (Powell ve Santhanakrishnan, 1986).

Taştekin ve Dalkılıç (2008), 2003 ve 2005 yılları arasında, turunç ve kaba limon turunçgil çöğürlerinde *G. mosseae*, *G. etunicatium*, *G. clarium*, *G. intraradices*, *G. caledonium*, *G. macrocarpium*, *G. margarita*, *G. fasciculatum* türlerinin karışımı bir inokulum kullanarak anaçlarının mikoriza bağımlılığını, çöğür gelişimine ve fidan kalitesine etki bakımından en uygun mikoriza uygulama zamanını (tohum ekim dönemi, şaşırtma dönemi), uygun mikoriza dozunu (0, 50, 100, 200 gr mikoriza karışımı) ve fosfor (P-, P+) uygulamasını belirlemeye çalışmışlardır. Mikoriza inokulumu, yetiştirme ortamına bitki başına 0, 500, 1000 ve 2000 spor/bitki dozu sağlayacak şekilde uygulanmış, şaşırtma döneminde ise çöğürlere yeniden 0 ve 50 gr miktarlarında mikoriza inokulasyonu yapılmıştır. Turunç çöğürlerinin şaşırtılmasında en önemli kriter olan kök kuru ağırlığı, aşılama için en önemli kriter olan gövde çapı ve iyi bir fidan açısından önemli bir kriter olan fidan (kalem) çapının her iki mikoriza uygulama döneminde 50 gr (500 spor/bitki) inokulum miktarında sağlandığı, çöğür gelişimi ve fidan özellikleri ve kolonizasyon oranlarının birlikte dikkate alındığında bir kez mikoriza inokulasyonu yapmanın yeterli olduğu bildirilmiştir.

Wu ve Zou (2010), düşük sıcaklıklara oldukça hassas olan turunçgiller üzerinde sıcaklık stresi koşullarında yaptığı çalışmada, *Citrus tangerine* çöğürlerinin büyüme, fotosentez, kök morfolojisi ve besin alımında, arbüsküler mikorizal fungus türü olan *Glomus mosseae*'nin rolünü araştırmışlardır. *G. mosseae* ile inokule edilmiş ve edilmemiş 3 aylık çöğürler 25 °C ve 15 °C'lik iki farklı sıcaklık rejiminde 55 gün süre ile büyütülmüşlerdir. Düşük sıcaklık rejiminin uygulandığı çöğürlerde, mutedil sıcaklık rejimine göre simbiyotik birlikteliğin önemli göstergelerinden olan mikorizal kolonizasyon, giriş noktası, vesikül ve arbüskül gelişiminin şiddetli biçimde kısıtlandığını belirlemişlerdir. Genel anlamda 25 °C'de *G. mosseae* inokulasyonu ile yetiştirilen çöğürlerin, mikoriza inokulasyonu yapılmayan çöğürlerle karşılaştırıldığında daha iyi kök çapı, bitki boyu, yaprak alanı, kök ve toplam kuru ağırlık, daha yüksek fotosentetik oran, terleme hızı ve stoma iletkenliği, daha yüksek kök

hacmi ve daha fazla P, Ca ve Mg alımı sağladığını, bununla birlikte mikorizal inokulasyonun 15 °C'de yetiştirilen çöğürlerde sadece kök uzunluğunu ve Ca içeriğini önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Düşük sıcaklık rejimi, gövde çapını, bitki yüksekliğini, yaprak alanını ve bitki biyokütlelerini önemli derecede azaltmıştır. Bununla birlikte, 25 °C'lik sıcaklık rejiminde, mikoriza aşılansız çöğürler aşılansız olanlara göre belirgin derecede yüksek gövde çapı, bitki yüksekliği, yaprak alanı, kök ve toplam kuru ağırlık değerleri sağlamıştır. 15 °C'deki AMF inokulasyonu ise bu özelliklerde artış sağlamasına rağmen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Düşük sıcaklık rejimi, mutedil sıcaklık rejimi ile karşılaştırıldığında ortalama kök çapını etkilememiş fakat kök uzunluğunu, kök koruma alanını, kök yüzey alanını ve kök hacmini kuvvetli derecede azaltmıştır. 25 °C'de, mikorizal inokulasyon kök hacmini %15 düzeyinde artırmıştır. 15 °C'de, AMF inokulasyonu, mikorizasız büyütülen çöğürlerle karşılaştırıldığında kök uzunluğunda, kök koruma alanında, kök yüzeyinde ve kök hacminde sırasıyla %19, %17, %17 ve %13 artış sağlamıştır. P, K ve Ca alımı bakımından 25 °C'de büyüyen çöğürler ile 15 °C'de büyüyen çöğürler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Düşük sıcaklıklar P, K ve Ca alımını azaltmıştır. AMF kolonizasyonu K, Fe, Cu, Mn ve Zn alımını etkilememiş ancak P, Ca ve Mg içeriklerini etkilemiştir. 25 °C'de gerçekleşen mikorizasyon, çöğürlerdeki P alımını %25, Ca alımını %7 ve Mg alımını %9 düzeyinde, 15 °C'deki mikorizasyon ise Ca alımını %8 düzeyinde artırmıştır. Araştırmacılar çalışma sonunda, mikoriza oluşumunun, mutedil sıcaklık rejiminde yetiştirilen çöğürlerde büyüme, fotosentez, kök morfolojisi ve kısmen besin alımı üzerine yararlı etkileri olduğunu, ancak arbüsküler mikorizaların faydalı etkilerinin düşük sıcaklıkta neredeyse tamamen kaybolduğu sonucuna varmışlardır (Wu ve Zou, 2010).

Wu ve diğ. (2012), AMF'lerin kırmızı mandalina çöğürlerinde, Kök Sistem Mimarisi (Root System Architecture) ve içsel köklenme biyokimyasaları üzerine etkisini çalışmışlardır. Bu amaçla, saksılardaki 9 günlük kırmızı mandalina (*Citrus mandalina* Hort., Tanaka çeşidi) çöğürlerine 0, 5, 10, 20 ve 40 gr *Glomus mosseae*'nin taze inokulumunu uygulamışlardır. İnokulasyon oranı kullanılan inokulumun miktarına bağlı olarak artmıştır. *G. mosseae*'nin 5, 10, 20 ve 40 gr miktarlarında inokulum kullanımı sırasıyla %26,6, %38,6, %46,4 ve %54,2 oranında kök kolonizasyonu ile sonuçlanmıştır. AMF ile inokulasyon yapılmayan kontrol çöğürlerinde herhangi bir mikoriza kolonizasyonu gerçekleşmemiştir. Çöğür köklerinde meydana gelen mikoriza oluşumu, Kök Sistem Mimarisini (RSA) ve kök biyokimyasını değiştirmiştir. Mikoriza oluşumu, RSA özelliklerinden toplam kök uzunluğunu, korunan kök alanını, kök yüzey alanını, kök hacmi ve 0-1 cm uzunluğundaki köklerin uzunluğunu, 0-1

cm uzunluğundaki köklerin toplam köklere oranı artırmış ancak ortalama kök çapını ve 1-2 cm uzunluğundaki köklerin oranını düşürmüştür. Araştırmacılar, bulguların, AMF'nin endojen polyamin metabolizmasını düzenleyebileceğini ve böylece RSA üzerinde sinerjik bir etkiye yol açabileceğini gösterdiğini bildirmişlerdir.

Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünde, 2006-2007 yılları arasında, elmada yaygın olarak kullanılan MM106 anacı için en uygun mikoriza türünün ve yetiştirme ortamının belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Açık alanda yürütülen çalışmada, klon anaçlar 4 farklı ortamda (Toprak; Toprak+çiftlik gübresi; Toprak+çiftlik gübresi+1. fosfor seviyesi; Toprak+çiftlik gübresi+2. fosfor seviyesi), 5 farklı mikoriza türü (*Glomus clusterforme*, *Glomus deserticola*, *Glomus caledonium*, *Glomus mossea*, *Glomus intraradices*) inokule edilerek yetiştirilmişlerdir. Anaçlarda, bitki boyu, bitki çapı, yaş kök ağırlığı, kuru kök ağırlığı, mikoriza infeksiyon yüzdesi ölçülmüş, büyüme sezonu ortasında ise yapraklarda P ve Zn içerikleri belirlenmiştir. MM106 anacının çalışmanın birinci yılındaki bitki boyu üzerine yetiştirme ortamının, bitki çapı üzerine ise mikoriza uygulamalarının önemli etkide bulunduğu, kolonizasyon yüzdesi üzerine ise yetiştirme ortamının ve mikoriza uygulamalarının etkili olduğu bulunmuştur. Çalışmada, anacın yaş ve kuru kök ağırlıkları üzerine ortam ve uygulamaların etkisi her iki yılda da önemli bulunmamıştır. Bitki çapı en yüksek *G. mosseae* uygulamasında, mikoriza kolonizasyon oranı en yüksek *G. mosseae* (%39,16) ve *G. caledonium* (36,66) türlerinde bulunmuştur (Uçgun ve diğ., 2009).

Kakao (F3 Amazon çeşidi) çöğürlerinin saksı ortamında, *Glomus mosseae*'nin farklı inokulasyon seviyelerine karşı duyarlılığını değerlendirmek üzere fidanlık denemesi yapılmıştır. Denemede, bitki boyu, yaprak sayısı, gövde çevresi, yaprak alanı, sürgün ve kök taze ağırlığı ve kuru ağırlık, mikorizal bağımlılık ve arbüsküler mikoriza inokulasyonuna büyüme tepkisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, AM funguslarının 50 gr ve 100 gr miktarları ile inokule edilmiş kakao çöğürlerinden daha iyi bitki büyüme performansı elde edildiği ve bu çöğürlerin yeniden dikimde daha yüksek başarı gösterdiği bildirilmiştir. Başarılı inokulasyon miktarı olan 50 ve 100 gr inokulasyon miktarlarında, bitki boyu (34,24 ve 37,89 cm), yaprak sayısı (11,70 ve 12,67), gövde çevresi (0,67 mm ve 0,75), yaprak alanı (51.38 cm² ve 59.45 cm²), sürgün taze ağırlığı (7.42 gr ve 9.98 gr), kök taze ağırlığı (6.48 gr ve 6.77 gr), sürgün kuru ağırlığı (3.17g ve 3.88 gr), kök kuru ağırlığı (1.17 ve 1.21 gr) ve taze kök / sürgün oranı (0.87 ve 0.69) bakımından 25 gr'lık uygulama ve kontrole göre daha yüksek değerler alınmıştır. Mikorizanın 50 gr'lık uygulama seviyesinde, %81,4 oranıyla

Glomus mosseae'de en yüksek kolonizasyon düzeyinin belirlendiği bildirilmiştir (Oladele, 2015).

Açar ve diğ. (2007), 2002 ila 2006 yılları arasında yürüttükleri Fırat Vadisi ve Gaziantep'te Aşılı Tüplü Antepfıstığı Fidan Üretimini Geliştirilmesi projesinde *Pistacia vera* L. (Siirt x 46 melezi) ve *Pistacia khinjuk* Stocks'un (OB1 x 5 melezi) tohumlarını 3 farklı ortamda mikoriza inokulasyonu yaparak ve mikoriza olmadan yetiştirmişlerdir. Çalışmada mikoriza türü olarak (1) *Glomus caledonium*, (2) *Glomus clarum*, (3) *Glomus mosseae*, (4) *Glomus etunicatum* ve (5) tüm bu türlerin karışımı olan inokulum kullanılmıştır. Mikoriza inokulumları tohum derinliğinin 5 cm altına bant olarak uygulanmıştır. Mikoriza uygulamalarının etkisini ortaya koymak amacıyla tüplerde yetiştirilen çöğürlerde sürgün uzunluğu (bitki boyu) ve sürgün kalınlıkları belirlenmiştir ayrıca bu bitkilerde aşılama başarısı değerlendirilmiştir. Siirt x 46 çeşidinin çöğürlerinde mikoriza uygulamalarının 2002 yılında bitki boyu ve bitki çapı üzerine olumsuz etki ettiği, 2003 yılında ise bitki boyuna etkisinin olmadığı ancak bitki çapına olumsuz etki ettiği belirlenmiştir. Bitki boyu bakımından en iyi gelişmenin Fırat Vadisi Ortam-2'den elde edildiği, en düşük bitki boyunun ise Enstitü Ortam-1 Mikorizalı uygulamasından, bitki çapı bakımından en iyi gelişmenin Fırat Vadisi Ortam-1'den elde edildiğini, en düşük çap gelişiminin ise Fırat Vadisi Ortam-2 Mikorizalı uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Ortalama bitki çapının, denemenin yürütüldüğü iki lokasyonda da sadece mikoriza uygulamalarının yapılmadığı ortamlarda aşılama için yeterli kalınlığa ulaşabildiği bildirilmiştir. *Pistacia khinjuk* melezi olan OB1x5 çöğürlerinde, mikoriza uygulamalarının bitki boyu üzerine etki ettiği belirlenirken bitki çapı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. OB1x5 çöğürlerinde, bitki çapının 3,6 ile 4,0 mm arasında değiştiği, en yüksek bitki boyunun Fırat Vadisi Ortam-1 Mikorizalı uygulamasından elde edildiği, en düşük bitki boyunun ise Enstitü Ortam-1 uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir. OB1x5 melez çöğürlerinde bitki boyu ve bitki çapı gelişiminin Siirt x 46 melez çöğürlerine göre belirgin derecede düşük olduğu ve aşılama için yeterli kalınlığa ulaşamadıkları belirlenmiştir.

Kafkas ve Ortaş (2009), *Pistacia vera* ('Siirt' ve 'Kırmızı' çeşitleri), *P. eurycarpa*, *P. atlantica* ve *P. terebinthus* türlerinden iki genotipte on farklı mikoriza türünü denemişlerdir. *Pistacia* çöğürleri 6:3:1 oranında kum, toprak ve kompost karışımından oluşan bir büyüme ortamında sekiz ay süre ile büyütülmüşlerdir. Çalışmada, türler arasında büyüme, besin maddesi alımı ve mikorizal enfeksiyon yüzdeleri bakımından önemli farklılıklar bulunmuş, ayrıca mikoriza türlerinin de bitki büyümesini ve besin alımını artırma açısından farklılıklar

gösterdiği belirlenmiştir. Mikoriza uygulamaları, *P. atlantica*'da PA-14 genotipi hariç tüm genotiplerin büyümesini önemli ölçüde arttırmıştır. *P. vera* ve *P. eurycarpa*'daki tüm mikoriza inokulumları çöğürlerin kuru ağırlığını artırmıştır. *P. atlantica*'da *G. clarium*, *G. caledonium*, *G. mosseae*, *G. etunicatum*, *G. intraradices*, *G. fasciculatum* mikoriza türleri, *P. terebinthus*'ta *G. clarium*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatum*, *G. mosseae*, *G. margarita*, *G. intraradices* ve *G. caledonium* uygulamaları sürgünlerin kuru ağırlıklarını diğerlerinden daha fazla artırmıştır. Kokteyl mikoriza uygulaması hariç tüm mikoriza uygulamaları, araştırmada kullanılan tüm *Pistacia* genotiplerinde kontrol bitkilerine kıyasla kuru sürgün ağırlıklarını artırmıştır. Ayrıca, *G. clarium* ve *G. mosseae*, tüm *Pistacia* çöğürlerinin sürgün ve kök kuru ağırlıklarını diğer mikoriza türlerine göre daha fazla artırmıştır. Mikoriza inokulasyonu, *P. atlantica*, *P. terebinthus* ve *P. vera* (Siirt çeşidi) çöğürlerinde kuru kök ağırlıklarını önemli ölçüde artırmıştır. *G. mosseae* ile inokule edilmiş çöğürler, *P. vera* (Kırmızı çeşidi) çöğürlerinde en yüksek kuru kök ağırlığı değeri alınırken, 'Siirt' çeşidine ait çöğürlerde en düşük değer alınmıştır. *P. vera*'da *G. fasciculatum*, *G. etunicatum*, *G. macrocarpum* ve *G. caledonium*, *P. eurycarpa*'da *G. macrocarpum*, *P. atlantica*'da *G. intraradices*, *G. macrocarpum* ve *G. mosseae*, *P. terebinthus*'ta *G. mosseae*, *G. clarium* ve *G. macrocarpum* türleriyle inokule edilen çöğürler diğer mikoriza uygulamalarından daha fazla kuru kök ağırlığı sağlamışlardır. Çalışmanın genelinde, *G. macrocarpum* ardından da *G. mosseae* test edilen tüm *Pistacia* genotiplerinin çöğürlerinde kuru kök ağırlıklarını artırmışlardır. Çalışma sonucunda, Siirt, Genotip 08, 11, 13 ve 14'ün mikorizal aşılamaya yüksek düzeyde tepki verdiği ve *Glomus clarium*'un, büyüme ve beslenmede en iyi gelişmeyi sağlayarak daha fazla bitki biyokütlesi ve Zn, P alımını gerçekleştirdiği bildirilmiştir. Bu türü takiben, *G. etunicatum*, *G. intraradices*, *G. caledonium* ve *G. mosseae* türlerinin etkili türler olduğu, *G. mosseae* ve *G. fasciculatum* türlerinin bitki büyümesi üzerine, *G. clarium*'un da P ve Zn alımı açısından etkili türler olduğu belirtilmiştir. Fıstık yetiştiriciliğinde, daha iyi çöğür üretimi için AM fungusların kullanımının dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

Venezuela'da yürütülen bir çalışmada vesiküler-arbüsküler mikoriza inokülasyonunun kakao fidelerinin (*Theobroma cacao* var. *Ocumare 60*) büyümesi üzerine etkileri, fidanlık şartlarında 5 aylık süre boyunca incelenmiştir. Kakao çöğürleri, bakır oksiklorür (1), metil bromid (2) ile fumige edilmiş ve doğal mikoriza içeriği ile bırakılmış (sterilize edilmemiş) 3 farklı toprak koşullarında, *Glomus occultum*, *Acaulospora appendicula*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora morrowae* ve *Scutellospora pellucida* türleriyle inokule edilerek ve

inokulasyon yapılmadan yetiştirilmiştir. Kakao çöğürlerinde en iyi gelişmenin, doğal mikoriza içeriği ile bırakılmış toprak koşullarında *Scutellospora pellucida* türü ile inokulasyonun yapıldığı uygulamada olduğu bildirilmiştir. *Scutellospora pellucida* mikoriza türü bitki yüksekliğinde, kuru ağırlıkta ve yapraktaki P, Cu ve Zn alımını kontrol uygulamasına göre belirgin derecede artırmıştır (Cuenca ve diğ., 1990).

AMF'lerin kiraz (*Prunus avium* L.) bitkilerinin köklerinin doku kültüründe, besin alımı ve büyüme, alıştırma ve bitki tesisi kurma sırasında yaptığı etkilerin araştırıldığı çalışmada, bitkicikler *Glomus clarum*, *Glomus caledonium*, *Glomus etunicatum*, *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, bu türlerin karışımı ve Çukurova bölgesinden izole edilen bir mikorizal fungus hattı ile aşılanmıştır. Çalışma sonucunda, bütün kiraz fidelerinin taşınma sırasında canlı kaldığı, 16 hafta sonra mikorizalı olanlarda mikoriza uygulanmayanlara göre besin alımının daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, doku kültüründen normal ortama taşınma aşamasında, mikorizaların bitki büyümesine yardımcı olabileceği, mikoriza ile kolonize olan kiraz köklerinin daha sağlıklı olduğu, çinko ve fosfor içeriklerinin daha yüksek olduğu ve *G. mosseae*'nin en etkili AMF türü olduğu ve yerli mikoriza hattının da bitki gelişimi ve besin alımı üzerinde önemli bir etki gösterdiği rapor edilmiştir (Aka Kaçar ve diğ., 2010).

2.4. Cevizlerde Mikoriza

Harley ve Harley (1987), İngiltere florasında mikorizal birliktelik gösteren bitki türleri üzerinde inceleme yapan yazarlar için bir referans listesi oluşturmak amacıyla, mikorizalar üzerine yürütülen 723 çalışmayı incelemiş ve bunlara dayalı olarak toplam 968 türün alfabetik sırayla listelendiği bir *Mikoriza Kontrol Listesi* hazırlamışlardır. Yaptıkları bu çalışmaya, esas olarak, Britanya Adaları Florası, Gezinti Florasında bulunan türler üzerine yapılan araştırmalar ile İngiltere ve Batı, Orta veya Güney Avrupa'da yürütülen çalışmaları dahil etmişlerdir. Çok özel durumlar dışında, diğer yerlerde bulunan veya tanımlanan türleri listelerine dahil etmemişlerdir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan kontrol listesinin 85. sırasında *Juglandaceae* familyasına ait *Juglans regia* türüne yer vermişlerdir. Burada yer alan 385 (PEYRONEL, B. (1924). *Rivista di Biologia*, 5 & 6 and *Mem. Staz. Patol. veg. Roma*. 3-6L), 470 (STAHL, E. (1900). *Jb. Wiss. Bot.*, **34**, 541-668.) ve 532 (KLECKA, A. & VUKOLOV, V. (1937). *Sbomik-Czechoslov. Akad. Zemed.*, **12**, 190-195.) numaralı referanslar *Juglans regia* L. türü üzerine yürütülen mikorizal çalışmaları içermektedir. 1924 yılında yürütülmüş olan 385 referans nolu çalışmada cevizlerin vesiküler arbüsküler

birliktelik gösterdiği aynı zamanda ektomikorizal birlikteliğe de rastlanıldığı not edilmiş, 532 numaralı referansta ektomikorizal birliktelik gösterdiği, 470 numaralı referansta ise mikorizal birlikteliğe rastlanmadığı raporlanmıştır.

Evenden (1942), Oregon'da bulunan Wilamette Vadisinde fındıklar ve cevizlerde (*Juglans nigra*) surveyler yaparak mikorizalarla birliktelik gösterme durumlarını araştırmıştır. Araştırmada, 12 farklı bahçeden farklı derinliklerden alınan ceviz kök örnekleri makroskobik ve mikroskobik incelemelere tabi tutulmuş, gözlem sonuçları rapor edilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Kökler üzerinde yaptığı makroskobik incelemeler sonucunda, 0-2 fit derinliklerden aldığı *Juglans nigra* köklerinin büyük ölçüde mikorizal birliktelik oluşturduğunu ve bu birlikteliğin endotropik mikorizal birliktelik olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca mikoriza ile bulaşık köklerden ve mikotropik olmayan köklerden meydana gelen yatay kök büyümesinin genellikle mikorizal köklere dönüşümünün gerçekleştiğini, genç lateral köklerin iyi topraklarda kötü topraklara nazaran daha sıklıkla mikorizal köklere dönüştüğünü ve görünüme bağlı olarak yaptığı değerlendirmede kök özelliğinin ve toprak karakterinin mikorizal oluşum için iki önemli faktör olduğunu bildirmiştir. Köklerin mikroskobik incelemeleri sonucunda; Eğer mikorizal birliktelik erken dönemde gerçekleşiyorsa, mikorizal büyümenin esas olarak ilkbahar döneminde meydana geldiğini, mikorizal birliktelik oluşturan köklerin belirgin bir şekilde şişme gösterdiğini ve kısaldığını ancak birleşme gösteren dokuların gal benzeri bir görünüme sahip olmadığını gözlemlemiştir. Mikorizal birlikteliğin ilk aşamasında hücrelerarası hiflerin orta kortekste kıvrılma gösterdiğini, gelişimin ilerleyen aşamalarında hiflerin belirgin bir şekilde farklılaştığını, hücre içindeki boşluklarda tipik ağaç dallanması görünümünü aldığını, dış kortekste ise yağ benzeri damlalar şeklinde görüldüğünü belirtmiştir.

Tacikistan'ın merkezinde mikoriza oluşumu, mikoriza anatomisi ve biyolojisi üzerine yürütülen çalışma sonucunda, *Juglans regia*'da doğal koşullarda endotrofik mikorizal birliktelik olduğu belirlenmiştir. Cevizde görülen bu mikorizanın phycomycete tipi mikoriza olduğu ve yoğun olarak toprağın 5 ve 30 cm'lik katmanında bulunduğu bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca, mikorizal fungusun konukçu bitkinin köklerine penetrasyonu ve yayılımı, fagositoz sürecinde mantar-konukçu metabolizması tarif edilmiştir. Optimum mikoriza gelişmesinin, orta derecede bir fosfor desteği ile toprağın % 40-55 arasında su tutma kapasitesinde olduğu durumlarda elde edildiği bildirilmiştir (Semahanova ve Mazur, 1968).

Yajima ve Machida (1978), *Juglans* cinsine dahil *J. subcordiformis* DODE ve *J. Sieboldiana* MAXIM'in yabancı türlerinin ince kök dokularında ve köklerin dış kısmında mikorizal funguslar keşfettiklerini bildirmişlerdir. *J. subcordiformis* türünde keşfettikleri mantarın ektotrofik mikorizada olduğu gibi kökleri kapladığını gözlemlemişler ancak korteks hücrelerinde septa olmayan hifler gördüklerini ve bu hiflerin aynı fungusun uzantıları olup olmadığını belirleyemediklerini bildirmişlerdir. Buna rağmen gözlemledikleri mikorizayı endotropik mikoriza olarak kabul etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca *J. Sieboldiana*'nın kök korteks hücrelerinde benzer fakat belirsiz belirsiz bir fungus gözlemlediklerini bildirmişlerdir.

Bunların dışında, Kanada ekolojisinde yapılan incelemelerin sonuçlarına dayalı olarak, *Ulmaceae* familyasından *Ulmus* cinsinde, *Aceraceae* familyasından *Acer* cinsinde, *Fraxinaceae* familyasından *Fraxinus* cinsleri ile birlikte *Juglandaceae* familyasından *Juglans* cinslerinde mikorizaların doğal olarak görüldüğünü bildirmiştir (Brundrett ve diğ., 1996).

2.5. Ceviz Türlerinin Fidan Üretiminde Mikoriza Kullanımı

Fraxinus americana L. (Beyaz Kül ağacı) ve *Juglans nigra* L. (Kara Ceviz) çöğürleri fümige edilmiş toprakta *Glomus fasciculatus* inokulasyonu yapılarak ve yapılmadan, topraktan ve yapraktan azotlu ve fosforlu gübreler verilerek 20 hafta süre ile büyütülmüşlerdir. Gübreleme yöntemi ve gübreler, mikoriza inokulasyonu yapılmış toprakta yetişen türlerde mikoriza ile infekte olmuş kök segmentlerinin sayısını önemli ölçüde etkilememiştir. Çalışmada, mikoriza inokulasyonunun ve yaprak gübrelemelerinin, bitkilerin kök biyokütlesini ve genel büyümesini arttırdığı, *Fraxinus americana* L. çöğürlerinin *Juglans nigra* L. çöğürlerine göre mikorizal aşılardan daha fazla yararlandığı belirlenmiştir. *Juglans nigra* çöğürleri topraktan yapılan gübre uygulamalarına daha iyi tepki vermiş, bitki boyunda sadece topraktan N uygulaması, bitki çapında topraktan N ve NP gübre uygulamaları, kök biyokütlesinde yapraktan N, P ve NP uygulamaları, toplam çöğür biyokütlesinde topraktan N ve NP uygulamaları en iyi sonuçları vermiştir. Mikoriza uygulaması yapılmış *J. nigra* çöğürlerinde tüm gübre uygulamalarında, bitki yüksekliği 43,2-97,4 cm, gövde çapı 9,0-11,4 mm, kuru kök ağırlığı 29,5-71,4 gr, toplam kuru çöğür ağırlığı 102,7-146,0 gr arasında bulunmuştur. Mikoriza uygulanmamış çöğürlerin tüm gübre uygulamalarında ise, bitki yüksekliği 40,5-59,3 cm, gövde çapı 8,4-11,8 mm, kuru kök ağırlığı 31,7-44,9 gr, toplam kuru çöğür ağırlığı 50,3-88,4 gr arasında bulunmuştur. Mikoriza

aşlanmış toprakta yetiştirilen çöğürlerde, yaprak gübresi uygulamalarında bitkilerin kök biyokütlelerinin daha büyük olmasının kök büyümesinin ve dikim sonrasında bitkilerin hayatta kalmasının artmasında önemli bir faktör olabileceği belirtilmiştir (Ponder Jr., 1984).

Doğu Kara Ceviz çöğürleri (*Juglans nigra*), dört farklı vesiküler-arbüsküler mikorizal fungus ile aşlanmış ve 198 gün boyunca sera koşullarında büyütülmüştür. Mikoriza inokulasyonu yapılan çöğürler ile mikoriza uygulanmayan kontrol grubunun gövde ve kök büyümeleri karşılaştırılmıştır. *Glomus microcarpus*, *G. mosseae* veya *G. microcarpus* + *G. fasciculatus* ile aşlanmış çöğürlerin gelişimi *G. caledonius* ile inokule edilmiş ve inokulasyon yapılmamış çöğürlere göre çok daha üstün olmuştur. Araştırma bulgularının uygulamaya aktarılmasının, fidanlıklarda üretilen zayıf çöğürlerin sayısının azalmasında ve dışarıya dikimi yapılan ceviz anaçlarının erken büyümesini teşvik etmede faydalı olabileceği bildirilmiştir (Melichar ve diğ., 1986).

Dixon (1988), üç farklı *Juglans nigra* kaynağından alınan tohumlarla yetiştirdiği çöğürleri, vesiküler arbüsküler mikoriza (VAM) mantarları olmadan fumige edilmiş toprakta ve *Gigaspora margarita*, *Glomus deserticola* ve *Glomus etunicatum* ile inokule edilmiş ortamda yetiştirmiştir. Vesiküler-arbüsküler mikoriza gelişiminin siyah ceviz tohum kaynakları arasında önemli ölçüde değişiklik gösterdiği, *Glomus deserticola* ve *Glomus etunicatum*'un tüm tohum kaynaklarında en yüksek düzeyde kök kolonizasyonu sağladığı bildirilmiştir. Çöğür sürgünleri ve köklerinin büyümeleri arasındaki bu önemli farklılık, her bir tohum kaynağında spesifik VAM mantarları tarafından oluşturulan kök kolonizasyonuna bağlanmıştır. Araştırmacı, *J. nigra* çöğürlerinin VAM kolonizasyonuna oldukça olumlu bir tepki verdiğini, *Glomus deserticola*'nın tohum kaynağının birinde çöğür yaprak alanını %26, kök ağırlığını ise %52 oranında artırdığını, diğer iki tohum kaynağında da çöğür yapraklarındaki N, P ve K konsantrasyonlarının VAM tarafından belirgin şekilde iyileştirildiğini belirlemiştir. Ayrıca, tohum kaynakları arasındaki bu farklılıkların güçlü bir konakçı-ortak yaşam etkileşimine işaret ettiğini bildirmiştir.

Acer negundo L. (Dişbudak Yapraklı Akçaağaç), *Acer rubrum* L. (Kırmızı Akçaağaç), *Acer saccharum* (Şeker Akçaağaç), *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. (Yeşil Dişbudak Ağacı), *Juglans nigra* L. (Kara Ceviz), *Liquidambar styraciflua* L. (Tatlı Sakız); *Platanus occidentalis* L. (Amerikan Çınarı) ve *Prunus serotina* Ehrh. (Vişne) olmak üzere, sekiz odunsu ağaç türünün tohumları, VAM olmadan fümigasyonlu toprakta ve *Glomus mosseae* ve *Glomus etunicatus* karışımı ile bulaştırılmış toprakta çöğür yetiştirmek üzere

büyütülmüştür. Çalışmada, çöğürlere, iki mikoriza uygulamasıyla birlikte 140, 560 ve 1.120 kg/ha olmak üzere üç farklı dozda 10-10-10 kompoze gübre uygulaması yapılmıştır. Büyüme mevsimi boyunca bütün uygulama alanlarına, toplamda 1.680 kg/ha dozunda 10 eşit kısımlar halinde amonyum nitrat uygulaması yapılmıştır. Sekiz türün altısında VAM ile inokule edilmiş çöğürlere, mikorizal olmayan çöğürlere göre daha fazla boylanma (uzunluk) ve gövde kalınlığı (çapı) ve kuru ağırlık üretimi sağlamıştır. Sekiz tür içerisinde *Acer saccharum* Marsh. ve *Juglans nigra* L. çöğür yüksekliği (uzunluğu) bakımından uygulamalara göre farklılık göstermemişlerdir. Mikoriza aşılması yapılmış çöğürlere sadece *Acer negundo* L. çöğürleri artan gübre seviyelerine tutarlı bir şekilde tepki vermiştir. Mikorizal olmayan çöğürlere genellikle artan gübre uygulamalarıyla birlikte artan bir büyüme göstermişlerdir. Mikorizal olmayan çöğürlere daha yüksek gübre seviyelerinde gerçekleştirdiği büyüme, ağaçlandırma çalışmalarında dikim için kullanılabilir yeterli bulunmamıştır. Türler arasında mikoriza ile enfeksiyon düzeylerinin büyük farklılık göstermesi sonucunda, farklı *Glomus* türlerinin konukçu tercihlerinin farklı olabileceğini düşündürmüştür. Türlerin mikoriza ile kolonize olma oranları %40 (*Acer saccharum* Marsh., *Liquidambar styraciflua* L.) ile %80 (*Platanus occidentalis* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) arasında değişmiştir. *Juglans nigra* L. çöğürlere kök kolonizasyon oranları ise %64-68 arasında bulunmuştur. *Juglans nigra* L. çöğürlere, mikoriza uygulanmış çöğürlere farklı gübre dozlarında (140, 250, 1120 kg/ha) yükseklik (sürgün uzunluğu) bakımından 22,4 ila 23,6 cm arasında, gövde çapı (sürgün kalınlığı) bakımından tüm uygulamalarda 0,67 cm, kuru kök ağırlığı bakımından 42,39 ila 48,35 gr arasında, kuru gövde ağırlığı bakımından 3,11 ila 3,45 gr arasında, mikorizasız çöğürlere de yükseklik bakımından 20,8 ila 22,4 cm arasında, gövde çapı bakımından 0,59 ila 0,61 cm arasında, kuru kök ağırlığı bakımından 14,90 ila 16,67 gr arasında, kuru gövde ağırlığı bakımından 2,61 ila 2,71 gr arasında değişen değerler göstermişlerdir. Mikoriza uygulamaları, tüm gübre seviyelerinde *Juglans nigra* L. çöğürlere yükseklik değerleri hariç belirlenen tüm özelliklerinde artışa sebep olmuştur. Araştırmacılar, mikorizal ve mikorizasız çöğürlere yükseklik bakımından fark oluşmamasını, çöğür büyümesinin haziran sonu ve temmuz ayı başına kadar ceviz tohumları içindeki yüksek karbonhidrat rezervleriyle sağlanmasına bağlamışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, bu türlerde mikoriza uygulamalarının, fidanlıklarda yeterli düzeyde VAM konsantrasyonu sağlandığında, çöğür gelişimini artırdığını göstermiştir (Schultz ve diğ., 1981).

Pirazzi ve diğ. (1999) tarafından yapılan çalışmada, vesiküler-arbüsküler mikorizal (VAM) funguslarının büyüme ve konukçu bitkilerin mikro besin birikimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada, *Prunus avium* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L. ve *Juglans nigra* L. olmak üzere dört farklı ağaç türü, *Glomus mosseae* ile aşılansmış ve serada büyütölmüşlerdir. Yetiştirilen bitkilerde, iki yılın sonunda, VAM enfeksiyonu ve kök kolonizasyonu, ağaç büyümesi ve mikro besin birikimi değerlendirilmiştir. *Juglans nigra* köklerindeki VAM enfeksiyonu, *G. mosseae*'nin hif ve vesikül oluşumlarının varlığı ile karakterize edilmiştir. İnfeksiyon kök uçları ile sınırlı olacak şekilde gerçekleşmiş, köklerde arbüskül yapıları bulunamamıştır. Sadece iyi kalitedeki berrak kök uçlarında kolonizasyonun gerçekleşmesi sebebiyle, sık yapıdaki koyu renkli köklerin mantarlara karşı morfo-fizyolojik bir bariyer oluşturduğu kanısına varılmıştır. Diğer türler mikoriza ile birlikteliğe artan büyüme şeklinde karşılık verirken aynı durum *J. nigra*'da görülmemiştir. *J. nigra*'nın büyümesi ve mikro besin alımı *Glomus mosseae* tarafından artırılmamış, etki kökler ile sınırlı kalmış ve toplam çöğür ağırlığı mikoriza uygulanmış çöğürlerde uygulanmamış olanlardan daha düşük olmuştur.

Venezuela'da endemik olarak yetişen ve tehdit altında olduğu kabul edilen *Juglans venezuelensis* Manning ceviz türünün çoğaltılmasına ve yeniden dikimdeki başarısının artırılmasına yönelik olarak *Dentiscutata heterogama* ve *Rhizophagus manihotis* adlı iki arbüsküler mikorizal fungusun etkisini belirlemek üzere bir çalışma yürütölmüştür. Araştırmada, mikoriza türlerinin çöğürlerin büyümesi ve beslenmesi üzerindeki etkileri kurulan bir saksı denemesiyle belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada, sürgün ve toplam kuru ağırlık ve yaprak alanı değerleri AMF ile aşılansmış çöğürlerde aşılansmamış olanlara göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Mikoriza aşılansmış ve aşılansmamış çöğürler arasındaki bitki boyu ve yaprak sayısı değerleri arasındaki farklılıkların 30 günlük büyüme süresinden sonra daha belirgin hale geldiği, mikoriza aşılansmış bitkilerde kaynakların yaprak biyokütlesine daha yüksek tahsis edilmesi sonucunda daha büyük bir yaprak alanı oluşturulduğu bildirilmiştir. Mikoriza uygulanmış ve uygulanmamış bitkiler arasında köklerde oluşan biyokütle miktarları bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır. Boyama metotlarından elde edilen sonuçlar, *D. heterogama* türünün göstermiş olduğu kolonizasyonunun, *R. manihotis* kolonizasyonuna kıyasla neredeyse tamamen aktif olduğunu göstermiştir. *Juglans venezuelensis* çöğürleri *D. heterogama* ve *R. manihotis* mikoriza türleri ile sırasıyla % 21,8 ve % 25,4 arasında ortalama kolonizasyon oranı göstermiş, denemede düşük fosfor içerikli topraklar kullanılmış olmasına rağmen gözlenen

kolonizasyon oranı hiçbir ögürde %45'in üstüne çıkmamıştır. *J. venezuelensis*'in AMF türlerine verdiği büyüme ve fizyolojik tepkiler, bu mikroorganizmaların tehdit altındaki türün doğal ortamına yeniden sokulması için yapılacak çoğaltma faaliyetlerinde kullanılması gerektiğini göstermiştir (Fajardo ve diğ., 2014).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma, 39° 06' 11.34'' N, 34° 13' 25.57'' E koordinatlarında, ortalama deniz seviyesinden yüksekliği 1129 metre olan, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nin Aşıkpaşa Kampüsünde bulunan Ziraat Fakültesi uygulama alanında, 2017 yılı büyüme sezonunda yürütülmüştür.

3.1.1. Tohum Kaynakları ve Özellikleri

AMF türlerinin çöğür büyümesi ve morfolojisi üzerine etkisini araştırmak üzere *Juglans regia* L. türüne ait Fernor, Chandler, Kaman 1 ve Franquette çeşitlerine ait ağırlıkları 10-12 gr arasında bulunan cevizler tohum kaynağı olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak cevizler, 2016 yılı hasat sezonunda Kırşehir İli, Kaman İlçesinde bulunan Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Ceviz Araştırma ve Uygulama bahçesinden toplanmışlardır. Hasat edilen cevizler laboratuvara getirilerek yeşil kabukları soyulmuş, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tartılarak, ağırlık gruplarına göre tasnif edilmişlerdir. Her bir tohum kaynağı için çimlenmeye etki edecek tohum özelliklerini belirlemek üzere 25'er meyvede ölçüm yapılarak ortalama iç randımanları, kabuk kalınlıkları, kabuğun iki parçasının tutunma güçleri ve meyve şekilleri belirlenmiştir. Cevizler, ilkbahar döneminde kullanılmaya başlayıncaya kadar polietilen torbalarda serin bir odada muhafaza edilmişlerdir. Tohum kaynağı olarak kullanılan cevizlerde belirlenen önemli özellikler Tablo 3.1'de sunulmuştur.

3.1.2. Yetiştirme Ortamının Özellikleri

Çöğürlerin yetiştirilmesi için 15 cm ağız çapına sahip 45 cm yüksekliğindeki UV katkılı polietilen torbalar (tüpler) kullanılmıştır. Bu tüplerde yetiştirme ortamı olarak kullanılmak üzere hacimsel bazda 1:1:2 oranında torf, kum ve elenmiş bahçe toprağından oluşan 3'lü karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan karışım, tüplerin üst 5 cm'lik seviyesi boş kalacak biçimde, 40 cm yüksekliğinde doldurulmuş, ortam seviyeleri dolundan 1 hafta sonra kontrol edilerek seviyeleri düşenlere karışım ilave edilerek seviyeler eşitlenmiştir.

Tablo 3.1: Araştırmada tohum kaynağı olarak kullanılan cevizlere ilişkin belirlenen özellikler.

Tohum Kaynağı	Tohum ağırlık aralığı (gr)	İç randımanı ortalaması (%)	Kabuk kalınlığı ortalaması (mm)	Tohum kabuğunun birbirine tutunma gücü *	Meyve Şekli **
Fernor	10-12	39,57	1,80	Kuvvetli	Yamuk
Chandler	10-12	40,20	1,30	Orta	Yayvan yamuk
Kaman-1	10-12	54,23	1,13	Orta	Yayvan yamuk
Franquette	10-12	38,75	1,72	Kuvvetli	Yayvan eliptik

* UPOV 22 nolu meyve özelliğine göre, ** UPOV 10 nolu meyve özelliğine göre (Upov, 1999).

3.1.3. Mikoriza İnokulumlarının Özellikleri

Çalışmada kullanılan inokulumlar, temin edildikleri kaynakların farklı olması nedeniyle içerdikleri türler, formları ve yoğunlukları itibarı ile farklılık arz etmektedirler. Çalışmada kullanılan AMF inokulumlarına ait ayrıntılı bilgiler Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan mikorizal fungus preparatları ve inokulumların özellikleri.

Uygulamanın adı	İnokulumun özelliği / Adı / Üreticisi	İnokulumun formu	İnokulumun içerdiği AMF türleri	İnokulumun yoğunluğu (spor/gr)
M-1	Ticari preparat / ERS (Endo Root Solution) / BIOGLOBAL	Spor + Bağlayıcı + Diğer içerik	<i>Glomus intraradices</i> , <i>Glomus aggregatum</i> , <i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus clarum</i> , <i>Glomus monosporus</i> , <i>Glomus deserticola</i> , <i>Glomus brasilianum</i> , <i>Glomus etunicatum</i> , <i>Glomus margarita</i>	0,8x10 ² spor/gr *
M-2	Ticari preparat / MycoUp / SYMBORG	Spor+ Bağlayıcı	<i>Glomus iranicum var. Tenuihypharum</i>	1,2x10 ² spor/gr *
M-3	Tuzak kültürü/ <i>Glomus intraradices</i> saf kültür / Ç.Ü.Z.F. Rizosfer Laboratuvarı	Kök+toprak+ vermikulit+ misel+spor	<i>Glomus intraradices</i>	13 spor/gr **
M-4	Tuzak kültürü / <i>Glomus mosseae</i> saf kültür / Ç.Ü.Z.F. Rizosfer Laboratuvarı	Kök+toprak+ vermikulit+ misel+spor	<i>Glomus mosseae</i>	13 spor/gr **

*Firmanın beyan ettiği şekliyle; **Laboratuvarın beyan ettiği şekliyle

AMF inokulumları, kolay anlaşılmayı sağlamak üzere, bu çalışmaya özgü olarak M-1, M-2, M-3 ve M-4 olarak adlandırılmışlardır (Tablo 3.2). M-1 ve M-2 uygulamalarında kullanılan inokulumlar ticari olarak satılan preparatlardır ve Türkiye dağıtıcılarından temin edilmişlerdir. M-1 preparatı, ağırlıklı olarak *G. intraradices*, *G. mosseae* ve *G. aggregatum*

olmak üzere 9 farklı AMF türüne ait sporların karışımını içermektedir ve üreticisi tarafından bir çok bitki türünde kullanımı tavsiye edilmektedir (Bioglobal, 2017). M-2 preparatı *Glomus iranicum* fungus türüne ait Tenuihypharum varyetesini içeren bir üründür ve aralarında cevizin de bulunduğu diğer bazı bitki türleri için kullanılması önerilmektedir (Symborg, 2017). *Glomus iranicum* fungus türü İran'da keşfedilerek 2010 yılında tanımlanmış yeni bir AMF türüdür (Błaszowski ve diğ., 2010). M-3 (*Glomus intraradices*) ve M-4 (*Glomus mosseae*) inokulumları ise Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Rizosfer Laboratuvarı tarafından tuzak kültüründe vermikülit ve toprak karışımı kullanılarak üretilmiş inokulumlardır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Cevizlerde Yapılan Ön Uygulamalar

Cevizler, 16 Mart 2017 tarihinden itibaren 3 gün boyunca her gün suları değiştirilerek, nemlenmeleri ve suda şişmeleri sağlanmıştır. Suda şişmeleri sağlanan cevizler polietilen torbalardaki nemli perlit içerisine yerleştirilerek zorunlu dinlenmelerini ortadan kaldırmak üzere +4 °C'deki buzdolabında 6 hafta süre ile katlamaya tabi tutulmuşlardır. Tohumlarda çimlenmeye yönelik herhangi bir kimyasal ya da hormon uygulaması yapılmamıştır. Cevizlerin katlamaya alınmadan önce suda ıslatılma aşaması ile ilgili laboratuvar görüntüsü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Araştırmada kullanılan cevizlerin katlama öncesi suda ıslatılmaları, 16 Mart 2017 (Orijinal).

3.2.2. Cevizlerin Ekilmesi

Cevizler, 30 Nisan 2017 tarihinde, yetiştirilecekleri 40 cm yüksekliğinde ortam doldurulmuş tüplere, ortam seviyesinden 5 cm derinliğe, cevizin iki kabuğunun ayrılma yeri toprağa paralel biçimde yatay pozisyonda ekilmişlerdir. Cevizlerin dikim şekline ilişkin fotoğraf Şekil 3.2’de verilmiştir. M-1 ve M-2 uygulamalarında ekilecek cevizlerin sürgün ve kök ucu çıkardıkları bölge olan meyve uç kısımlarına fırça yardımı ile ilk mikoriza inokulasyonu yapılmıştır. M-3 ve M-4 uygulamalarında ise tohumlar mikoriza inokulasyonu yapılmadan ekilmişlerdir.

3.2.3. Mikorizaların İnokulasyonu ve Uygulama Dozları

Mikorizaların çöğür kökleri ile inokule olmalarını sağlamak için tohumların ekim aşamasında M-1 ve M-2 uygulamalarında (1) tohum uç kısımlarına fırça yardımı ile inokulum bulaştırılmıştır (Şekil 3.3), (2) tohumlar dikildikten sonra, 250 ml (0,8 gr/litre) suyla karıştırılmış mikoriza inokulumu tohumların üzerine gelecek biçimde yetiştirme ortamına dökülmüştür (Şekil 3.4) (Brundrett ve diğ., 1996). M-3 ve M-4 uygulamalarında ise mikoriza inokulumu çöğürler 5-10 cm boya geldiklerinde 4 farklı noktadan delik açılarak çöğürlerin kök bölgesindeki toprağa yerleştirilmişlerdir (Castellano ve Molina, 1989). Mikoriza uygulamalarına göre inokulasyonun yapılma şekilleri, kullanılan inokulum miktarları ve dozlarına ait bilgiler Tablo 3.3’te ayrıntılarıyla verilmiştir.



Şekil 3.2: Cevizlerin tüplere ekilmesi, 30 Nisan 2017 (Orijinal).

Tablo 3.3: Mikoriza inokulumlarının uygulanma şekilleri ve uygulama dozları.

Mikoriza uygulamasının adı	İnokulasyon şekli (1)-(2)-(3)	İnokulumun suyla karıştırma oranı (gr/litre)	Sulandırılmış inokulumun uygulama miktarı (ml)	Tohum uygulaması için kullanılan inokulum miktarı (gr/tohum)	Yetiştirme ortamı başına kullanılan toplam inokulum miktarı (gr)	Yetiştirme ortamı başına uygulanan spor sayısı (adet)
M-1	(1)Ekim öncesi tohum uygulaması + (2)Suyla karıştırarak ortama verme	1,50 gr/ litre	250 ml	0,18 ± 0,01 gr	0,375 gr (1) 0,180 gr (2)	44 adet (1+2)
M-2	(1)Ekim öncesi tohum uygulaması + (2)Suyla karıştırarak ortama verme	1,20 gr/ litre	250 ml	0,26 ± 0,02 gr	0,300 gr (1) 0,260 gr (2)	67 adet (1+2)
M-3	(3)Kök bölgesine karıştırma	-	-	-	14,0 ± 0,2 gr (3)	182 adet (3)
M-4	(3)Kök bölgesine karıştırma	-	-	-	14,0 ± 0,2 gr (3)	182 adet (3)



Şekil 3.3: Ekim öncesi cevizlere fırça yardımıyla mikorizaların inokulasyonu, M-1 uygulaması (Orijinal).



Şekil 3.4: Ekimden hemen sonrasında yetiştirme ortamına sulandırılmış mikoriza inokulumunun uygulanması, M-2 uygulaması (Orijinal).



Şekil 3.5: Deneme alanının büyüme sezonu başındaki görünümü, 22 Mayıs 2017 (Orijinal).

3.2.4. Çöğürlerin Bakımı ve Yapılan Uygulamalar

Çöğürlerin sulanması için damlama sulama sistemi kurulmuş ve her bir tüp için 1 adet 2,3 litre/saat debide su veren basınç duyarlı bireysel damlatıcılar kullanılmıştır. Çöğürler büyüme dönemi içinde, 15 Haziran 2017 tarihine kadar haftada bir defa, 15 Haziran 2017 ile 15 Eylül 2017 tarihleri arasında da haftada iki defa olmak üzere düzenli olarak

sulanmışlardır. Tüplerde çıkan yabancı otlar düzenli olarak mekanik yollarla temizlenmişlerdir. Yetiştirme ortamlarındaki besin içeriği seviyesini eşitlemek amacıyla 20 Haziran 2017 tarihinde bir defaya mahsus tüp başına 20 gr iz element içeren kompoze gübre (Major 20.20.20 + ME) uygulaması yapılmıştır. Ayrıca, 21 Haziran 2017 tarihinde bir defalık 40 gr/litre konsantrasyonda 150 ml'lik hümik asit uygulaması yapılmıştır. Deneme alanının sulama sistemi ve düzenini gösterecek biçimde genel görünüşü Şekil 3.5'de, büyüme sezonu içindeki ve sonundaki görünüşleri de Şekil 3.6 (a) ve (b)'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.6: Deneme alanının (orta blok) büyüme sezonunda 15 Eylül 2017 (a) ve sezon sonunda 24.10.2017 (b) tarihlerindeki görünüşleri (Orijinal).

3.2.5. Tohum Kaynaklarının Performanslarına İlişkin Gözlemler

Tüplere ekilen cevizlerin çıkış süreleri günlük gözlemler yapılarak sürgün ucunun ortam seviyesinde görünür olduğu dönem esas alınarak belirlenmiş ve kayıt edilmiştir. Tohumlardaki *çimlenme oranları* (%) [*Çıkış Yapan Tohum Sayısı / Ekilen Tohum Sayısı*] formülü ile hesaplanmıştır. Çimlenen ve daha sonraki dönemde yaşamlarını devam ettiremeyen çöğürlerde *ölüm oranları* (%) [*Kuruyan (Ölen) Çöğür Sayısı / Çimlenen Tohum Sayısı*] formülüne göre hesaplanmıştır.

3.2.6. Çöğür Büyüme ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Büyüme sezonu sonunda, çöğürler gelişmelerini tamamladıktan ve yapraklarının 2/3'ünü döktükten sonraki aşamada, sökülmeden önce ortam seviyesinden sürgün ucuna kadar olan mesafe ölçülerek *sürgün uzunluğu* (cm) ve toprak seviyesinden sürgünlerin gövde çapları bir kumpas vasıtası ile ölçülerek *sürgün kalınlıkları* (mm) belirlenmiştir. Çöğürler, yaprağını döktükten sonra köklere zarar vermeden yetiştirme ortamlarından çıkarılmıştır. Sökümü gerçekleştirilen çöğürler etiketlenerek laboratuvara taşınmış (Şekil 3.7) ve önemli çöğür özellikleri belirlenmiştir. Çöğürlerin tüp içerisinde oluşturdukları ana kök ekseninin uzunluğu kök boğazından aşağıya doğru ölçülerek *ana kök uzunlukları* (cm), *kök boğazı kalınlıkları* (mm), kök boğazından itibaren sürgün ucuna kadar olan mesafe ölçülerek *sürgün uzunlukları* (cm) belirlenmiştir (Ritchie, 1984; Haase, 2007).



Şekil 3.7: Çöğürlerin sökülme sonrasında etiketlenmeleri, 28.10.2017 (Orijinal).

Çöğürler kök boğazından kesilerek sürgün ve köklerine ayrılmış, nemlerini kaybetmeden *yaş kök* ve *yaş sürgün biyokütle* değerleri ayrı ayrı belirlenmiş, *toplam yaş çöğür biyokütle* değerleri de bu değerlerin toplanması yoluyla hesaplanmıştır. Yaş biyokütle değerleri alınan çöğür kısımlarında, 65°C’de 72 saat kurutma işleminden sonra *kuru kök ve kuru sürgün biyokütle* (gr) değerleri belirlenmiş ve bu değerlerin toplanmasıyla da *toplam kuru çöğür biyokütleri* (gr) hesaplanmıştır (Thompson, 1984). Ağırlık ölçümlerine bağlı olarak yaş ve kuru bazda kök/sürgün, morfolojik oranları hesaplanmıştır (Thompson, 1984; Haase, 2007). *Pişkinlik oranı [Sürgün Uzunluğu (cm) / Kök Boğazı Kalınlığı (mm)]* formülüne göre (Thompson, 1984), Dickson Kalite İndeks değerleri ise $[DKI = \text{Toplam Kuru Çöğür Biyokütlesi (g)} / (\text{Sürgün Uzunluğu (cm)} / [\text{Kök Boğazı Kalınlığı (mm)}] + [\text{Kuru Sürgün Biyokütlesi (g)} / \text{Kuru Kök Biyokütlesi (g)}])]$ formülüyle hesaplanmıştır (Dickson ve diğ., 1960; Ritchie, 1984).

Ceviz çöğürlerinin kök kaliteleri hakkında değerlendirme yapmaya imkân sağlayan diğer önemli kök morfolojik özelliklerinden olan (1) *Kök Dağılımının Homojenliği* belirlenmiş, (2) *Kök Şekil İndeksi* tanımlamaları yapılmış ve (3) *Kök Lifliliği Derecelendirme Sistemi*’ne göre derecelendirmeleri yapılmıştır.

Kök dağılımının homojenliği, ana kök ekseninde köklerin homojen olarak dağılma ve dağılmama durumuna göre Homojen (0) / Homojen Değil (1) şeklinde değerlendirme yapılarak belirlenmiştir (Sundström ve Keane, 1999; Lindström ve Rune, 1999).

Kök Şekil İndeksi (Root Form Index) tanımlaması, Tablo 3.4’te verilen açıklamalara dayalı olarak yapılmıştır (Wilson ve diğ., 2007). Kök Şekil İndeksi, çöğür köklerinin görsel olarak morfolojik anormallikler yönünden tanımlanmasına ve 1-4 arası derecelendirilmesine dayalı bir sistem olup ilk defa Harris ve diğ. (1971) tarafından geliştirilmiştir (Wilson ve diğ., 2007; Haase, 2011).

Kök Lifliliği Derecelendirmesi, Wilson ve diğ. (2007) tarafından geliştirilmiş *Kök Lifliliği Derecelendirme Sistemi* kullanılarak ana kök üzerinden çıkan esas kökler üzerindeki yan köklerin sayılması yoluyla, 1-5 arası değerler verilerek yapılmıştır. *Kök Lifliliği Derecelendirme Sistemi (Rating System for Root Fibrosity)* kazık kök üreten türlerde kullanılmak üzere Hatchell ve Muse (1990) tarafından geliştirilmiş olan *Liflilik İndeksi*’nin değiştirilmesiyle tasarlanmış bir kök değerlendirme sistemidir. Bu sistemde, çöğür köklerinin liflilik değerlendirmesi, 1 mm çapından büyük kaliteli köklerin, ana kök eksenini boyunca ve kökün taban kısmında sayılarak yaklaşık sayılarının belirlenmesi ve

derecelendirilmesi prensibiyle yapılmaktadır. Bu liflilik değerlendirmesi, kök sisteminde görülecek kıvrılma, bükülme ve dolaşmayı tanımlamamaktadır. Tablo 3.5'te Kök Lifliliği Derecelendirme Sisteminde kullanılan değerler, sınıflandırma kategorileri ve bu kategorilerin tanımlamaları verilmiştir (Wilson ve diğ., 2007).

Tablo 3.4: Kök Şekil İndeksi sınıflandırılmasına ilişkin açıklamalar.

	Açıklamalar *
1	Kıvrılan (bükülen) ya da dolaşma gösteren kök yok
2	Kabul edilebilir kök formu, ancak köklerde bazı kıvrılma (bükülme) ve / veya dolaşma olabilir.
3	Gelecekte ağaç gelişimini engelleme potansiyeli olan orta derecede kıvrılma (bükülme) ve / veya dolaşma gösteren kökler var
4	Gelecekte ağacın büyümesini engelleme olasılığı yüksek kıvrılma (bükülme) ve / veya dolaşma gösteren kökler var
*Ana kök eksenini ve primer birinci dereceden yan kökler bağımsız olarak değerlendirilmektedir. Çöğür kalitesi açısından 1 puan en avantajlı olarak kabul edilmektedir.	

Tablo 3.5: Kök lifliliği (kılcal dallanma) derecelendirme sistemine ait tanımlamalar.

Değer	Liflilik sınıfı	Tanımlama *
1	Çok düşük	2. sıra uzun kök yok; sıfır ya da çok az kök mevcut
2	Düşük	1-3 arası ikinci sıra uzun kökler; düşük yoğunlukta yüksek kaliteli uzun ve kısa köklerin bulunur
3	Orta	3-5 arası ikinci kalite uzun kökler; orta yoğunlukta yüksek kaliteli uzun ve kısa köklerin bulunur
4	Yüksek	5'ten fazla ikinci kalite uzun kökler; orta yoğunlukta yüksek kaliteli uzun ve kısa kökler bulunur
5	Çok Yüksek	5'ten fazla ikinci kalite uzun kökler; yüksek yoğunlukta yüksek kaliteli uzun ve kısa kökler bulunur
*Derecelendirme, birincil birinci dereceden yan köklerin 10 cm'lik kesimi başına yüksek kaliteli yan köklerin yaklaşık sayısının ve türünün görsel olarak değerlendirilmesine dayanır (örneğin; ana kökten (kök hattından) dallanan, 1 mm'den büyük çaptaki kökler). Uzun kökler 5 mm'den büyüktür ve bir sonraki dallanmada yüksek kaliteli kökler içerebilir. Kısa kökler 5 mm'den küçüktür; yüksek kaliteli kökleri barındırmazlar.		

Ceviz çöğürlerinde ayrıca tüm çöğür kalitesi ve sürgün kaliteleri hakkında değerlendirme yapmaya imkân sağlayan diğer önemli morfolojik özelliklerden (1) **Çöğür Doğruluğu** (Kök-sürgün ekseninin doğruluğu), (2) **Sürgün Doğruluğu**, (3) **Sürgünde Kıvrılma Durumları** belirlenmiştir.

Çöğür doğruluğu (*Seedling Straightness*), kök ve sürgün eksenleri baz alınarak aynı eksen üzerinde olmaları durumunda **Doğru (0)**, aynı eksen üzerinde olmama durumunda ise **Doğru**

Değil (1) şeklinde değerlendirme yaparak belirlenmiştir (Thompson, 1984; Danjon ve diğ., 1999a). Bu çöğür özelliği, çöğürlerin kullanımı ve taşıma ve kullanma gibi diğer işlemlerinin yapılması aşamasında önemli bir özelliktir (Thompson, 1984).

Sürgün doğruluğu (*Stem Straightness*) ise, sürgün ekseninin düz bir eksen üzerinde (açılı gelişme/kırılma, keskin bükülme, kıvrılma ve diğer deformasyonlar gibi nedenlerle) düzgün gelişme gösterip göstermediğine bağlı olarak *Doğru (0)* / *Doğru Değil (1)* şeklinde tanımlanmıştır (Rune, 2003; Danjon ve diğ., 1999a). Sürgünlerde kıvrılma durumu, görsel olarak sürgün boyunca kıvrılma olup olmadığına bağlı olarak *Yok (0)*, *Var (1)* şeklinde tanımlamalar yapılarak değerlendirilmiştir. Sürgünlerde kıvrılma, sürgünlerin keskin (köşeli) bir bükülme, açılı gelişme/kırılma dışında kavis yaparak parabolik biçimde gelişmesini tanımlayan bir özelliktir. Çalışmadaki çöğürlerin sürgünlerinde kıvrılma dışında herhangi bir şekilsel bozukluk görülmediği için sadece kıvrılma durumları değerlendirilmiştir (Danjon ve diğ., 1999a; Danjon ve diğ., 1999b).

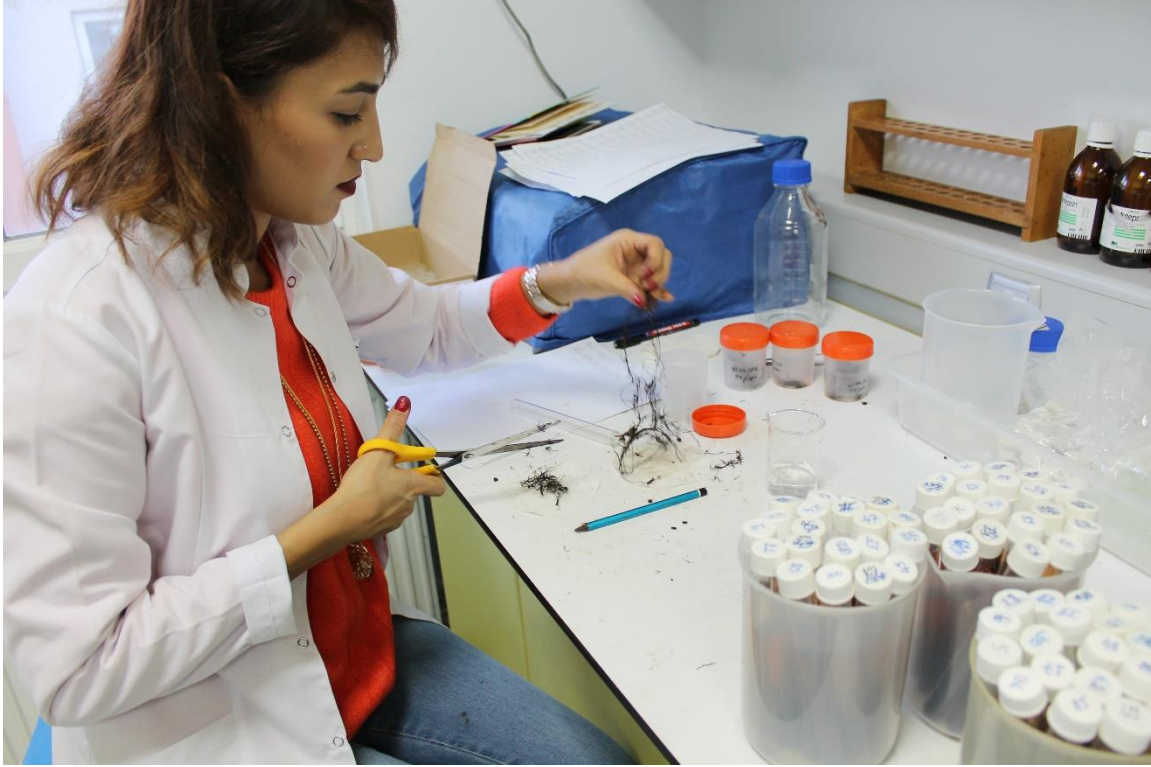
3.2.7. Çöğürlerde Mikorizal Birliktelik Düzeylerinin Belirlenmesi

Çalışmada, farklı mikorizal fungusların, farklı tohum kaynağından çöğürlerin kökleri ile mikorizal birliktelik oluşturma düzeyi, köklerde oluşan mikorizal kolonizasyon oranlarının ve kök bölgesindeki toprakta gelişen spor sayılarının belirlenmesi yoluyla yapılmıştır. Ceviz çöğürleri 2017 yılında çimlenme sonrasında yaklaşık olarak 6 ay süreli bir büyüme gerçekleştirmişlerdir. Büyüme sezonu sonunda, 28 Ekim ile 01 Kasım 2017 tarihleri arasında, söküm gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, mikorizal kolonizasyonun belirlenmesine yönelik olarak kök örnekleri ile yetiştirme ortamındaki spor sayılarının belirlenmesi için kök bölgesindeki topraklardan örnekler alınmıştır.

Kolonizasyon Oranlarının Belirlenmesi:

Köklerin mikorizal kolonizasyon oranlarını saptamak üzere, tüm mikoriza uygulamalarındaki tohum kaynaklarından söküm aşamasında her tekerrürden 2'şer adet bitki seçilerek, toplam 120 bitkiden kök örnekleri alınmış ve tüplere konulmuştur. Kök örnekleri, kurumaya mahal vermeyecek şekilde soğuk zincirle, 2017 yılı Kasım ayı içerisinde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde bulunan laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarda ilk olarak kökler yıkanmış ve yabancı maddelerden arındırılmıştır. Köklerde trypan mavisi ile boyama işlemi yapılmış (Koske ve Gemma, 1989) daha sonra boyanmış kökler ½-inch boyutundaki gridlenmiş petri

kaplarına yayılmış, stereoskopik mikroskop altında Grid-Line Intersect metodu kullanılarak mikoriza ile kolonize olmuş köklerin sayımı gerçekleştirilmiştir (Giovannetti ve Mosse, 1980). Köklerde mikorizal fungusa ilişkin herhangi bir yapının (hif, vesikül, arbüskül, klamidospor) bulunması durumunda köklerin mikoriza ile kolonize olduğu kabul edilmiştir. Köklerdeki kolonizasyon oranı, **Kolonizasyon (%) = [Mikoriza ile kolonize olmuş kök sayısı x 100] / Toplam kök sayısı** formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Araştırmadaki ceviz çöğürlerinde mikorizal kolonizasyon oranlarının belirlenmesine yönelik olarak yürütülen laboratuvar çalışmasına ait fotoğraf Şekil 3.8’de sunulmuştur.



Şekil 3.8: Ceviz çöğürlerinde mikorizal kolonizasyon oranlarının belirlenmesine yönelik kök örneklerinin hazırlanması, Kasım 2017 (Orijinal).

Spor Sayılarının Belirlenmesi:

Sezon sonunda çöğürlerin sökülme aşamasında, bitki kök bölgesine yakın kısımlardan 50-100 ml hacimde toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri, spor sayımlarını yapmak üzere 2018 yılı temmuz ayı içerisinde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde bulunan laboratuvara götürülmüşlerdir. Bu örneklerden 10’ar gram kullanılarak ıslak eleme (Wet-Sieving) metodu ile spor sayımı yapılmıştır (Gerdemann ve Nicolson, 1963; Brundrett ve diğ., 1996). Laboratuvarında spor sayılarının belirlenmesi aşamasına ait fotoğraflar Şekil 3.9 (a) ve (b)’de sunulmuştur.



(a)



(b)

Şekil 3.9: Spor sayımı için toprak örneklerinin hazırlanması (a) ve elekten geçirilmesi (b), Temmuz 2018 (Orijinal).

3.2.8. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler

Mikoriza uygulamalarının ceviz çöğürlerindeki etkisini farklı tohum kaynakları kullanarak belirleme üzerine tasarlanan bu çalışma *Tesadüf Parsellerinde Bölünmüş Parseller* deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 20 tohum olacak şekilde kurulmuştur. Çalışmadan elde edilen parametrik değerler 0,05 önem düzeyine göre ($P < 0,05$) deneme desenine uygun olarak MINITAB 17.0 programı kullanılarak varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Faktör etkilerinin önemli ve çok önemli bulunması durumunda, ortalamaları karşılaştırmak üzere Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılarak gruplandırmalar yapılmıştır. Çöğürlerin morfolojik özelliklerine ilişkin parametrik olmayan kategorik değerler ise normalite ve aykırı değer testlerine tabi tutulmuştur. Değerlerin normal dağılım gösterdiği ve aykırı değerlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı görüldükten sonra Krusker-Wallis Non-Parametrik testi uygulanarak farklılıkları incelenmiştir (Minitab, 2010).

4. BULGULAR

4.1. Tohum Kaynaklarının Performansları

Çalışmada kullanılan 4 farklı tohum kaynağının performansı, tohumların çıkış (çimlenme) oranları ve çıkış sürelerinin gözlemler yoluyla belirlenmesi ve hesaplanmasıyla belirlenmiştir. Tohum kaynaklı bir özellik olarak düşünüldüğünden, çöğür kuruma oranlarının incelenmesi de bu başlık altında yapılmıştır.

4.1.1. Tohumların Çıkış Oranları, Çıkış Süreleri ve Çöğür Kuruma Oranları

Çalışma boyunca yapılan gözlemlerle belirlenen ve hesaplanan tohum çıkış oranları (çimlenme oranları) ve tohum çıkış süreleri ile çıkış sonrası dönemde gerçekleşen çöğür kuruma oranlarına ilişkin değerlerin istatistiksel analiz sonucu belirlenen varyans analiz özeti Tablo 4.1'de, bu özelliklere ilişkin değerler ise Tablo 4.2'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Mikoriza uygulamalarının tohum çıkış oranlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamış ancak anlamlı olabilecek düzeyde olduğu görülmüştür ($P=0,059$). Tohum çıkış oranlarına tohum kaynağının etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P=0,000$). Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynağı interaksiyonunun tohum çıkış oranlarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P=0,100$) (Tablo 4.1).

İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte, sayısal olarak en yüksek tohum çıkış oranı %44,58 oranı ile mikoriza uygulanmamış Kontrol uygulamasındaki tohumlarda gözlemlenirken, en düşük tohum çıkış oranı ise %32,50'lik oran ile mikoriza türleri karışımı uygulanan (M-1) tohumlarda gözlemlenmiştir. Tohum kaynağı bazında, tohum çıkış oranlarında en yüksek istatistiksel değeri Kaman-1 (%69,67) çeşidine ait tohumlarda gözlemlenirken, ara değerler Franquette (%39,00), Chandler (%26,44) tohumlarında, en düşük çıkış oranı ise Fernor (%15,00) tohumlarında gözlemlenmiştir (Tablo 4.2).

Tohum çıkış süresi üzerine mikoriza uygulamalarının ($P=0,000$) ve tohum kaynağının ($P=0,000$) etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Mikoriza uygulaması ve tohum kaynağı (MxT) interaksiyonunun etkisi ise istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur ($P=0,020$). Çöğür kuruma oranları üzerine mikoriza uygulamaları ($P=0,262$), tohum kaynağı ($P=0,532$) ve MxT interaksiyonunun etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4.1).

Mikoriza uygulamalarına göre, tohum çıkış süreleri bakımından istatistiksel olarak en yüksek değerler (en uzun sürede tohum çıkışı) 65, 64 ve 60 gün ile sırasıyla *Glomus mosseae* (M-4), mikoriza türlerini içeren karışım uygulaması (M-1), *Glomus iranicum*, (M-2) uygulamalarında gözlemlenmiştir. *Glomus intraradices* (M-3) uygulaması ise 51 gün ile en küçük değerlerin (en hızlı sürede tohum çıkışı) gözlemlendiği uygulama olmuştur. Kontrol uygulaması ise 62 gün ile geçiş grubunda yer almıştır (Tablo 4.2).

Tablo 4.3: Tohum çıkış oranları (%), tohum çıkış süreleri (gün) ve çöğürlerdeki kuruma oranlarına (%) ait varyans analiz özeti.

Varyans Kaynakları	Tohum çıkış oranları (%)			Tohum çıkış süresi (Gün)			Çöğür kuruma oranları (%)		
	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	0,29	0,749	Ö.D	0,11	0,897	Ö.D	1,19	0,314	Ö.D
Mikoriza Uygulaması	2,50	0,059	A	6,77	0,000	**	1,37	0,262	Ö.D
Tohum Kaynağı	86,66	0,000	**	123,32	0,000	**	0,74	0,532	Ö.D
M X T	1,72	0,100	A	2,06	0,019	*	0,57	0,856	Ö.D

* Önemli (p<0.05); ** Çok Önemli (p<0.01); A. Anlamlı (p<0.05 - p<0.10); Ö.D.: Önemli değil

Tohum kaynaklarına göre tohum çıkış süreleri incelendiğinde istatistiksel olarak en uzun sürede çimlenme gösteren tohum kaynağının Chandler (89 gün) olduğu, Fernor (73 gün) ve Franquette (67 gün) tohumlarının ise tohum çıkış süresi bakımından ara değerleri gösterdiği, Kaman-1'in (45 gün) ise en kısa sürede çimlenen tohum kaynağı olduğu görülmektedir (Tablo 4.2).

Çöğür kuruma oranları hem mikoriza uygulamaları hem de tohum kaynaklarına göre istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir (Tablo 4.1). Çalışmada, çimlenme sonrasındaki gelişme döneminin ilerleyen aşamalarında çöğürlerin genelinde %3,65 oranında kuruma gözlemlenmiştir. İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte, sayısal olarak mikoriza uygulamalarında en yüksek çöğür kuruma oranları %9,52 ile M-3 uygulamasındaki çöğürlerde, en düşük ise %0,83'lük bir oranla M-1 uygulamasındaki çöğürlerde gözlemlenmiştir. Tohum kaynaklarında ise sayısal olarak en yüksek çöğür kuruma oranları Fernor tohum kaynağından elde edilen çöğürlerde (%5,56), en düşük ise Franquette tohum kaynağından elde edilen çöğürlerde (%0,83) gözlemlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.4: Tohum çıkış oranları (%), çıkış süreleri (gün) ve çöğür kuruma oranları (%).

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Tohum Çıkış Süreleri (Gün)					Çöğür kuruma oranları (%)
		Tohum çıkış oranları (%)	Ortalama	Min.	Maks.		
M-1	Fernor	16,67 ± 4,41	84,89 ± 5,38	49	110	5,56 ± 3,87	
	Chandler	18,33 ± 6,01	101,60 ± 3,75	84	113	5,33 ± 2,86	
	Kaman-1	65,00 ± 8,66	42,90 ± 2,92	29	86	2,90 ± 1,15	
	Franquette	30,00 ± 2,89	68,87 ± 4,31	34	111	0,83 ± 0,83	
	Ortalama	32,50 ± 6,38	64,40 ± 3,41A	29	113	0,83 ± 0,83	
M-2	Fernor	11,67 ± 1,67	75,71 ± 9,83	43	110	0,00 ± 0,00	
	Chandler	18,33 ± 1,67	93,00 ± 5,93	53	114	8,33 ± 8,33	
	Kaman-1	66,67 ± 1,67	43,69 ± 2,75	29	77	0,00 ± 0,00	
	Franquette	51,67 ± 4,41	66,58 ± 4,90	36	111	0,00 ± 0,00	
	Ortalama	37,08 ± 6,98	60,92 ± 3,03A	29	114	2,08 ± 2,08	
M-3	Fernor	13,33 ± 8,82	65,80 ± 13,10	40	113	16,70 ± 16,70	
	Chandler	28,89 ± 5,88	75,17 ± 4,83	41	110	8,33 ± 8,33	
	Kaman-1	73,33 ± 3,33	41,37 ± 2,17	28	78	8,93 ± 1,79	
	Franquette	36,67 ± 1,67	51,71 ± 3,00	39	73	4,17 ± 4,17	
	Ortalama	38,06 ± 7,06	51,56 ± 2,42B	28	113	9,52 ± 4,31	
M-4	Fernor	15,00 ± 5,77	79,67 ± 7,29	50	100	11,10 ± 11,10	
	Chandler	23,33 ± 4,41	94,91 ± 5,22	65	110	0,00 ± 0,00	
	Kaman-1	61,67 ± 1,67	49,29 ± 1,92	30	87	0,00 ± 0,00	
	Franquette	41,70 ± 10,90	72,57 ± 3,25	52	100	0,00 ± 0,00	
	Ortalama	35,42 ± 6,11	65,36 ± 2,56A	30	110	4,31 ± 2,78	
Knt.	Fernor	18,33 ± 4,41	63,08 ± 5,11	38	85	0,00 ± 0,00	
	Chandler	43,33 ± 9,28	85,86 ± 2,73	69	109	10,00 ± 10,00	
	Kaman-1	81,67 ± 3,33	48,60 ± 2,47	20	109	2,22 ± 2,22	
	Franquette	35,00 ± 5,77	72,43 ± 5,66	43	111	0,00 ± 0,00	
	Ortalama	44,58 ± 7,47	62,93 ± 2,36AB	30	111	3,06 ± 2,51	
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	15,00 ± 2,18d	73,28 ± 3,45b	38	113	5,56 ± 3,87	
	Chandler	26,44 ± 3,36c	89,05 ± 2,14a	41	114	5,33 ± 2,86	
	Kaman-1	69,67 ± 2,56a	45,40 ± 1,12c	20	109	2,90 ± 1,15	
	Franquette	39,00 ± 3,02b	66,96 ± 2,11b	34	111	0,83 ± 0,83	
Genel Ortalama		37,53 ± 2,99	61,21 ± 1,25	28	114	3,65 ± 1,25	

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05), ** Çok önemlidir (p<0.01)

Yine sayısal olarak en yüksek çöğür kuruma oranları %16,70 oranı ile M-3 uygulamasındaki Fernor tohum kaynağı kombinasyonundaki çöğürlerde gözlemlenmiştir. Bundan sonra ise sırasıyla %11,10 (M-4 x Fernor), %10,00 (Kontrol x Chandler), %8,93 (M-3 x Kaman-1), %8,33 (M-2 x Chandler, M-3 x Chandler), %5,56 (M-1 x Fernor), %5,33 (M-1 x Chandler), %4,17 (M-3 x Kaman-1), %2,90 (M-1 x Kaman-1), %2,22 (Kontrol x Kaman-1), %0,83

(M-1 x Franquette) oranlarında çöğür kuruma oranları gözlemlenmiştir. Bunların dışında diğer kombinasyonlarda herhangi bir çöğür kuruması gözlemlenmemiştir (Tablo 4.2).

4.2. Çöğürlerin Büyüme Performansları

Çöğürlerin büyüme performansları sürgün uzunluğu, sürgün kalınlığı, kök boğazı kalınlığı, ana kök uzunluğu, yaş ve kuru bazda sürgün, kök ve toplam çöğür biyokütle, sürgün, kök ve toplam çöğür nemi özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi yoluyla yapılmıştır.

4.2.1. Sürgün Uzunlukları, Kök Boğazı Kalınlıkları, Sürgün Kalınlıkları ve Ana Kök Uzunlukları

Büyüme mevsimi sonunda, sökümden hemen önce yetiştirme ortamında çöğürlerin sürgün uzunlukları ve sürgün kalınlıkları ortam seviyesinden ölçülmüştür. Söküm sonrasında laboratuvara taşınan çöğürlerde ise kök boğazı kalınlıkları, kök boğazından itibaren yukarıya doğru sürgün uzunlukları ve kök boğazından itibaren aşağıya doğru ana kök ekseninin uzunlukları ölçülmüştür. Ölçümü yapılan bu çöğür özelliklerine ilişkin veriler Minitab programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analiz sonuçları özet olarak Tablo 4.3’de, bu özelliklere ait ayrıntılı değerler ise Tablo 4.4’te sunulmuştur.

Tablo 4.3: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerinin yetiştirme ortamındaki sürgün uzunluk (cm) ve kalınlıkları (mm) ile sökümden sonra ölçülen sürgün uzunlukları (cm), kök boğazı kalınlıkları (mm) ve ana kök uzunluklarına (cm) ait varyans analiz özeti.

Varyans Kaynakları	Çöğür Özellikleri														
	Yetiştirme Ortamında						Söküm Sonrasında								
	Sürgün uzunluğu (cm)			Sürgün kalınlığı (mm)			Sürgün uzunluğu (cm)			Kök boğazı kalınlığı (mm)			Ana kök uzunluğu (cm)		
	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1,48	0,228	Ö.D	0,65	0,525	Ö.D	2,25	0,107	Ö.D	0,62	0,541	Ö.D	0,77	0,465	Ö.D
Mikoriza Uygulaması	0,71	0,584	Ö.D	5,66	0,000	**	0,43	0,789	Ö.D	6,30	0,000	**	0,54	0,704	Ö.D
Tohum Kaynağı	32,26	0,000	**	86,57	0,000	**	41,22	0,000	**	75,15	0,000	**	5,71	0,001	**
M X T	1,80	0,046	*	1,84	0,040	*	1,93	0,030	*	1,06	0,395	Ö.D	0,35	0,978	Ö.D

* Önemli (p<0.05), ** Çok Önemli (p<0.01), Ö.D.: Önemli değil

Tablo 4.4: Ceviz çöğürlerinin yetiştirme ortamındaki sürgün uzunluk (cm) ve kalınlıkları (mm) ile söküm sonrasında ölçülen sürgün uzunlukları (cm), kök boğazı kalınlıkları (mm) ve ana kök eksen uzunlukları (cm) değerleri.

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Çöğür Özellikleri				
		Yetiştirme Ortamında		Söküm Sonrasında		
		Sürgün uzunluğu (cm)	Sürgün kalınlığı (mm)	Sürgün uzunluğu (cm)	Kök boğazı kalınlığı (mm)	Ana kök uzunluğu (cm)
M-1	Fernor	16,19 ± 1,29	5,03 ± 0,36	18,58 ± 1,42	11,59 ± 0,59	28,67 ± 2,57
	Chandler	10,22 ± 0,82	4,01 ± 0,45	12,88 ± 1,21	9,38 ± 0,71	27,05 ± 2,94
	Kaman-1	22,14 ± 1,32	9,28 ± 0,48	26,56 ± 1,38	15,19 ± 0,54	37,07 ± 1,10
	Franquette	19,66 ± 1,16	5,79 ± 0,30	22,37 ± 1,26	11,16 ± 0,44	31,70 ± 0,86
	Ortalama	18,95 ± 0,83	6,91 ± 0,34B	22,33 ± 0,91	12,66 ± 0,39B	32,91 ± 0,86
M-2	Fernor	15,98 ± 0,96	6,05 ± 0,70	18,18 ± 1,17	12,18 ± 1,22	31,84 ± 1,95
	Chandler	15,17 ± 1,00	5,27 ± 0,50	18,58 ± 1,00	11,86 ± 0,73	32,19 ± 0,55
	Kaman-1	19,55 ± 0,75	9,23 ± 0,26	23,61 ± 0,88	15,21 ± 0,40	38,43 ± 1,09
	Franquette	16,31 ± 0,97	6,15 ± 0,31	20,18 ± 0,93	11,96 ± 0,44	29,94 ± 0,64
	Ortalama	17,43 ± 0,51	7,27 ± 0,26AB	21,2 ± 0,55	13,33 ± 0,32AB	34,07 ± 0,67
M-3	Fernor	15,67 ± 1,04	6,27 ± 0,41	18,16 ± 1,10	13,36 ± 0,46	30,74 ± 2,08
	Chandler	15,11 ± 0,75	6,98 ± 0,56	18,21 ± 0,86	11,85 ± 0,49	30,62 ± 0,64
	Kaman-1	19,97 ± 1,03	9,56 ± 0,46	24,03 ± 1,05	16,63 ± 0,54	46,90 ± 11,10
	Franquette	20,21 ± 1,15	7,64 ± 0,53	23,51 ± 1,14	13,58 ± 0,63	31,91 ± 1,03
	Ortalama	18,54 ± 0,63	8,28 ± 0,31A	22,08 ± 0,67	14,66 ± 0,38A	38,68 ± 5,39
M-4	Fernor	17,17 ± 1,39	7,94 ± 1,03	20,77 ± 1,20	11,86 ± 0,43	30,53 ± 1,79
	Chandler	13,95 ± 1,12	6,48 ± 0,69	17,28 ± 1,14	11,64 ± 0,72	29,97 ± 0,99
	Kaman-1	19,15 ± 0,72	8,97 ± 0,35	22,8 ± 0,65	15,01 ± 0,41	36,8 ± 1,23
	Franquette	18,65 ± 0,93	6,32 ± 0,38	21,9 ± 0,86	13 ± 0,26	28,6 ± 0,48
	Ortalama	17,98 ± 0,52	7,64 ± 0,27A	21,5 ± 0,49	13,58 ± 0,27AB	32,62 ± 0,74
Knt.	Fernor	15,38 ± 0,86	6,47 ± 0,37	19,52 ± 0,93	12,52 ± 0,66	35,39 ± 1,15
	Chandler	14,21 ± 0,84	5,89 ± 0,32	17,83 ± 0,77	12,66 ± 0,38	34,25 ± 0,96
	Kaman-1	19,82 ± 0,68	9,65 ± 0,31	24,2 ± 0,70	16,33 ± 0,32	38,8 ± 0,97
	Franquette	16,47 ± 0,91	5,68 ± 0,30	21,4 ± 0,97	12,42 ± 0,56	32,7 ± 1,30
	Ortalama	17,40 ± 0,49	7,73 ± 0,26AB	21,7 ± 0,51	14,35 ± 0,29A	36,33 ± 0,62
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	15,97 ± 0,48bc	6,23 ± 0,26b	18,98 ± 0,52c	12,31 ± 0,33b	31,71 ± 0,92ab
	Chandler	14,00 ± 0,45c	5,84 ± 0,24b	17,29 ± 0,47c	11,72 ± 0,28b	31,37 ± 0,59b
	Kaman-1	20,06 ± 0,40a	9,36 ± 0,16a	24,2 ± 0,42a	15,71 ± 0,20a	39,6 ± 2,20a
	Franquette	18,20 ± 0,49b	6,26 ± 0,17b	21,7 ± 0,48b	12,33 ± 0,21b	30,7 ± 0,38b
Genel Ortalama		18,02 ± 0,27	7,56 ± 0,13	21,7 ± 0,28	13,73 ± 0,15	34,91 ± 1,02

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05), ** Çok önemlidir (p<0.01)

Mikoriza uygulamalarının, hem çöğürlerin yetiştirme ortamında ölçülen sürgün uzunluğuna hem de söküm sonrasında laboratuvar ortamında ölçülen sürgün uzunlukları ve ana kök uzunlukları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte,

mikoriza uygulamalarının yetiştirme ortamında ölçülen sürgün kalınlığı ($P=0,000$) ve söküm sonrasında ölçülen kök boğazı kalınlıklarına etkisi ($P=0,000$) istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (Tablo 4.3). Mikoriza uygulamaları arasında, istatistiksel olarak en yüksek ortalama sürgün kalınlığı değerleri M-3 (8,28 mm) ve M-4 (7,64 mm) uygulamalarının yapıldığı çöğürlerde bulunurken, en düşük sürgün kalınlığı değeri ise M-1 (6,91 mm) uygulaması yapılan çöğürlerde bulunmuştur. Kontrol ve M-2 uygulamaları geçiş grubunda yer almışlardır. İstatistiksel olarak, en yüksek ortalama kök boğazı kalınlığı değeri mikoriza uygulanmamış (Kontrol) çöğürlerde (14,35 mm) ve M-3 (14,66 mm) uygulamasındaki çöğürlerden elde edilirken, en düşük ortalama kök boğazı kalınlığı değeri ise M-1 (12,66 mm) uygulaması yapılan çöğürlerden elde edilmiştir. M-2 (13,33 mm) ve M-4 (13,58 mm) uygulamaları ise geçiş grubunda yer almışlardır (Tablo 4.4).

Tohum kaynağının çöğürlerin yetiştirme ortamında ölçülen sürgün uzunluk ve kalınlıkları ile söküm sonrasında ölçülen kök boğazı kalınlığı ve kök uzunluğu değerlerinin tamamı üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P=0,000$) (Tablo 4.3). Yetiştirme ortamında ölçülen sürgün uzunlukları bakımından, tohum kaynakları arasında istatistiksel olarak en yüksek ortalama değer 20,06 cm ile Kaman-1 kaynaklı çöğürlerden elde edilirken, en düşük sürgün uzunluğu ise 14,00 cm ile Chandler kaynaklı çöğürlerden elde edilmiştir. Sürgün kalınlığı bakımından Franquette (18,20 cm) çeşidine ait çöğürler orta grupta yer almış, Fernor (15,38 cm) çeşidine ait çöğürler ise en düşük ve orta grup arasındaki geçiş grubunda yer almışlardır. Tohum kaynaklarına göre, yetiştirme ortamında ölçülen sürgün kalınlıklarında istatistiki olarak en yüksek ortalama değeri yine Kaman-1 (9,36 mm) tohum kaynağı sağlamış, Chandler (5,84 mm), Fernor (6,23 mm) ve Franquette (6,26 mm) tohum kaynaklarından yetişen çöğürler diğer grupta yer alarak daha düşük değerler sağlamışlardır. Söküm sonrasında ölçülen sürgün uzunluğu değerleri bakımından, tohum kaynakları arasında istatistiksel olarak en yüksek ortalama değer Kaman-1 (24,19 cm) kaynaklı çöğürlerden, en düşük ortalama değerler ise Fernor (18,98 cm) ve Chandler (17,29 cm) kaynaklarından yetişen çöğürlerden elde edilmiştir. Franquette (21,70 cm) kaynaklı çöğürler ise orta grupta yer almıştır. Tohum kaynaklarına göre, kök boğazı kalınlığı değerleri bakımından en yüksek ortalama değer yine Kaman-1 (15,71 mm) tohum kaynaklı çöğürlerden elde edilmiş, diğer tohum kaynaklarından ise daha düşük değerler elde edilmiştir. Yine söküm sonrası değerlendirmesi yapılan ana kök uzunluğu değerlerinde; En yüksek ortalama değer Kaman-1 (39,61 cm) tohum kaynaklı çöğürlerde bulunurken,

Chandler (31,37 cm) ve Franquette (30,70 cm) kaynaklı çöğürler daha düşük değer veren grupta, Fernor (31,71 cm) kaynaklı çöğürler ise geçiş grubunda yer almıştır (Tablo 4.4).

Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynağı (MxT) interaksiyonun yetiştirme ortamında ölçülen sürgün uzunluğu (P=0,046) ve sürgün kalınlık değerleri (P=0,040) ile sökülme sonrasında ölçülen sürgün uzunluk değerleri (P=0,030) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, kök boğazı kalınlığı (P=0,395) ve kök uzunluğu (P=0,978) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4.3).

4.2.2. Yaş Sürgün, Yaş Kök ve Toplam Yaş Çöğür Biyokütleri

Mikoriza uygulamalarının laboratuvar ortamında ölçümü yapılan yaş sürgün biyokütle (P=0,042) değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, yaş kök biyokütle, toplam yaş çöğür biyokütle değerlerine etkisi ise önemli bulunmamıştır (Tablo 4.5). Mikoriza uygulamaları arasında en yüksek yaş sürgün biyokütle ortalama değeri M-3 uygulamasından elde edilirken, en düşük ortalama değer M-1 uygulamasındaki çöğürlerden elde edilmiş, M-2, M-4 ve Kontrol uygulamaları ise geçiş grubunda yer almışlardır (Tablo 4.6).

Tablo 4.5: Ceviz çöğürlerinin yaş sürgün biyokütle (gr), yaş kök biyokütle (gr) ve toplam yaş çöğür biyokütle (gr) değerlerine ait varyans analiz özeti.

Varyans Kaynakları	Çöğür Özellikleri								
	Yaş sürgün biyokütlesi (gr)			Yaş kök biyokütlesi (gr)			Toplam yaş çöğür biyokütlesi (gr)		
	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	0,97	0,379	Ö.D	0,67	0,512	Ö.D	0,73	0,482	Ö.D
Mikoriza Uygulaması	2,51	0,042	*	1,91	0,107	Ö.D	1,95	0,102	Ö.D
Tohum Kaynağı	89,62	0,000	**	103,35	0,000	**	108,44	0,000	**
M X T	0,90	0,549	Ö.D	0,83	0,619	Ö.D	0,81	0,642	Ö.D

* Önemli (p<0.05), ** Çok Önemli (p<0.01), Ö.D.: Önemli değil

Tohum kaynaklarının, çöğürlerin yaş sürgün (P=0,000), yaş kök (P=0,000), toplam yaş çöğür biyokütle (P=0,000) değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (Tablo 4.5). Yaş sürgün biyokütle değerleri bakımından tohum kaynakları arasında en yüksek ortalama değer Kaman-1 (13,21 gr) kaynaklı çöğürlerde olurken, Franquette (6,96

gr), Fernor (5,78 gr) ve Chandler (5,59 gr) kaynaklı çöğürler daha düşük değerlerin olduğu diğer grupta yer almışlardır.

Tablo 4.6: Ceviz çöğürlerinin yaş sürgün biyokütle (gr), yaş kök biyokütle (gr) ve toplam yaş çöğür biyokütle (gr) değerleri.

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Çöğür Özellikleri		
		Yaş sürgün biyokütlesi (gr)	Yaş kök biyokütlesi (gr)	Toplam yaş çöğür biyokütlesi (gr)
M-1	Fernor	4,49 ± 0,61	18,02 ± 3,37	22,52 ± 3,91
	Chandler	3,11 ± 0,55	11,72 ± 2,08	14,83 ± 2,51
	Kaman-1	13,17 ± 1,16	77,56 ± 7,45	90,73 ± 8,47
	Franquette	6,63 ± 1,02	31,58 ± 4,14	38,21 ± 4,51
	Ortalama	8,60 ± 0,75B	46,33 ± 4,65	54,93 ± 5,3
M-2	Fernor	5,22 ± 1,14	38,20 ± 10,10	43,40 ± 11,10
	Chandler	5,74 ± 0,79	24,51 ± 4,13	30,26 ± 4,82
	Kaman-1	11,91 ± 0,71	84,60 ± 5,54	96,59 ± 5,96
	Franquette	6,29 ± 0,60	34,68 ± 3,48	40,97 ± 3,93
	Ortalama	8,45 ± 0,50AB	54,16 ± 3,97	62,61 ± 4,38
M-3	Fernor	5,84 ± 0,75	34,65 ± 7,30	40,50 ± 7,91
	Chandler	6,50 ± 0,58	27,29 ± 2,97	33,80 ± 3,35
	Kaman-1	15,15 ± 1,15	80,63 ± 6,59	95,79 ± 7,54
	Franquette	8,96 ± 0,79	43,69 ± 5,06	52,66 ± 5,65
	Ortalama	11,08 ± 0,76A	57,04 ± 4,39	68,13 ± 5,06
M-4	Fernor	6,60 ± 0,84	39,25 ± 6,99	45,85 ± 7,71
	Chandler	5,67 ± 0,78	21,46 ± 3,63	27,13 ± 4,34
	Kaman-1	11,79 ± 0,67	66,51 ± 5,15	78,30 ± 5,67
	Franquette	7,30 ± 0,54	29,56 ± 2,51	36,86 ± 2,85
	Ortalama	8,97 ± 0,47AB	45,34 ± 3,33	54,30 ± 3,73
Knt.	Fernor	6,78 ± 0,88	43,04 ± 8,57	49,82 ± 9,37
	Chandler	5,96 ± 0,50	24,30 ± 2,17	30,26 ± 2,57
	Kaman-1	13,89 ± 0,70	75,91 ± 4,60	89,80 ± 5,13
	Franquette	6,04 ± 0,49	28,62 ± 2,75	34,66 ± 3,04
	Ortalama	9,87 ± 0,57AB	52,13 ± 3,54	62,00 ± 4,03
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	5,78 ± 0,39b	34,43 ± 3,61bc	40,21 ± 3,96bc
	Chandler	5,59 ± 0,31b	22,75 ± 1,46c	28,34 ± 1,72c
	Kaman-1	13,21 ± 0,40a	77,04 ± 2,60a	90,25 ± 2,91a
	Franquette	6,96 ± 0,34b	33,25 ± 1,68b	40,21 ± 1,87b
Genel Ortalama		9,38 ± 0,27	51,05 ± 1,78	60,43 ± 2,01

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05), ** Çok önemlidir (p<0.01)

Yaş kök biyokütle değerleri bakımından tohum kaynakları arasında en yüksek ortalama değer Kaman-1 (77,04 gr) kaynaklı çöğürlerden alınırken, en düşük ortalama değer ise Chandler (22,75 gr) kaynaklı çöğürlerden alınmıştır. Franquette tohum kaynaklı çöğürler 33,25 gramlık ortalama değerle orta grupta yer alırken, Fernor kaynaklı çöğürler 34,43 gramlık değerle en alt ve orta arasındaki geçiş grubunda yer almışlardır. Toplam yaş kök biyokütle değerleri açısından, tohum kaynakları arasında en yüksek ortalama değer yine Kaman-1 (90,25 gr) kaynaklı çöğürlerden elde edilirken, en düşük ortalama değer Chandler (28,34 gr) kaynaklı çöğürlerden elde edilmiştir. Franquette tohum kaynaklı çöğürler 40,21 gramlık ortalama değerle orta grupta yer almış, Fernor kaynaklı çöğürler 40,21 gramlık değerle en alt ve orta arasındaki geçiş grubunda yer almışlardır (Tablo 4.6).

MxT interaksiyonunun yaş sürgün, kök, toplam çöğür biyokütle değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4.5).

4.2.3. Sürgün, Kök ve Toplam Çöğür Nem Oranları

Çalışmada yetiştirilen tüm çöğürlerin sürgün, kök ve toplam çöğür nem içerikleri yüzde olarak hesaplanmış ve değerler varyans analizine tabi tutulmuştur. Sürgün, kök ve toplam çöğür nem değerlerinin varyans analiz sonuç özetleri Tablo 4.7’de, bu özelliklere ait değerler ise Tablo 4.8’te sunulmuştur.

Tablo 4.7: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki sürgün, kök ve toplam çöğür nem oranlarına (%) ait varyans analiz özeti.

Varyans Kaynakları	Çöğür Özellikleri								
	Sürgün nemi (%)			Kök nemi (%)			Toplam çöğür nemi (%)		
	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1,09	0,336	Ö.D.	0,01	0,988	Ö.D.	0,06	0,945	Ö.D.
Mikoriza Uygulaması	2,32	0,056	A	3,63	0,006	**	3,76	0,005	**
Tohum Kaynağı	10,98	0,000	**	8,29	0,000	**	6,65	0,000	**
M X T	1,54	0,108	Ö.D.	0,84	0,609	Ö.D.	1,01	0,440	Ö.D.

* Önemli (p<0.05), ** Çok Önemli (p<0.01), A.: Anlamlı (p<0.05 - p<0.10), Ö.D.: Önemli değil

Çalışmada, mikoriza uygulamalarına göre çöğürlerin sürgün nem değerleri arasındaki farklılık, istatistiksel olarak önemli bulunmamakla birlikte anlamlı olabilecek düzeyde bulunmuştur (P=0,056) (Tablo 4.7). Sürgün nemi yüzde değerleri bakımından en yüksek ortalama değer M-2 (%50,74) uygulamasındaki çöğürlerde görülürken, M-4 (%53,51), M-1

(%53,33), Kontrol (%52,91) ve M-3 (%52,57) uygulamalarındaki çöğürler daha düşük değerlerin yer aldığı grupta yer almışlardır. Mikoriza uygulamalarına göre, çöğürlerin kök nem değerleri (P=0,006) ve toplam çöğür nem (P=0,005) değerleri arasındaki farklılık ise istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur (Tablo 4.7).

Tablo 4.8: Ceviz çöğürlerindeki sürgün, kök ve toplam çöğür nem oranları (%).

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Çöğür Özellikleri		
		Sürgün nemi (%)	Kök nemi (%)	Toplam Çöğür Nemi (%)
M-1	Fernor	54,32 ± 0,79	57,86 ± 3,75	57,05 ± 3,00
	Chandler	52,67 ± 5,42	60,19 ± 2,50	59,12 ± 2,48
	Kaman-1	51,21 ± 0,98	63,11 ± 1,33	60,75 ± 1,07
	Franquette	56,04 ± 2,07	64,00 ± 1,83	63,22 ± 1,67
	Ortalama	53,33 ± 1,06B	62,28 ± 1,01AB	60,80 ± 0,88AB
M-2	Fernor	51,30 ± 1,13	58,18 ± 2,10	57,36 ± 1,89
	Chandler	51,78 ± 0,78	57,62 ± 1,86	56,77 ± 1,35
	Kaman-1	47,76 ± 0,73	60,97 ± 0,47	59,23 ± 0,42
	Franquette	53,97 ± 0,94	60,75 ± 0,86	59,68 ± 0,75
	Ortalama	50,74 ± 0,536A	60,05 ± 0,51AB	58,77 ± 0,42B
M-3	Fernor	55,80 ± 3,13	55,65 ± 1,03	55,65 ± 1,19
	Chandler	54,84 ± 1,47	57,42 ± 0,84	56,80 ± 0,83
	Kaman-1	50,91 ± 0,52	62,24 ± 0,82	60,29 ± 0,67
	Franquette	52,44 ± 1,15	60,61 ± 1,33	59,17 ± 1,22
	Ortalama	52,57 ± 0,595B	60,19 ± 0,59B	58,83 ± 0,50B
M-4	Fernor	52,79 ± 1,02	59,91 ± 1,23	58,87 ± 1,14
	Chandler	57,19 ± 1,20	62,97 ± 1,95	61,72 ± 1,54
	Kaman-1	52,43 ± 0,84	63,18 ± 0,72	61,45 ± 0,70
	Franquette	53,27 ± 1,44	62,97 ± 1,39	61,05 ± 1,14
	Ortalama	53,51 ± 0,645B	62,83 ± 0,63A	61,17 ± 0,54A
Knt.	Fernor	51,26 ± 0,96	61,95 ± 0,93	60,28 ± 0,88
	Chandler	54,04 ± 0,62	59,14 ± 0,76	58,12 ± 0,69
	Kaman-1	51,86 ± 0,34	62,61 ± 0,69	60,81 ± 0,56
	Franquette	55,84 ± 0,56	62,44 ± 1,21	61,26 ± 0,99
	Ortalama	52,91 ± 0,31B	61,69 ± 0,46AB	60,18 ± 0,38AB
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	53,00 ± 0,72ab	58,91 ± 1,02b	57,98 ± 0,85b
	Chandler	54,11 ± 0,84a	59,30 ± 0,69b	58,34 ± 0,59b
	Kaman-1	50,86 ± 0,33b	62,41 ± 0,37a	60,52 ± 0,31a
	Franquette	54,29 ± 0,65a	62,21 ± 0,63a	60,93 ± 0,55a
	Genel Ortalama	52,58 ± 0,29	61,40 ± 0,29	59,94 ± 0,25

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05), **Çok önemlidir (p<0.01)

Mikoriza uygulamaları arasında, kök nem değerleri bakımından, en yüksek ortalama değer M-4 (%62,83) uygulamasındaki çöğürlerde görülürken, en düşük ortalama değer ise M-3 (%60,19) uygulamasındaki çöğürlerde görülmüştür. M-1 (%62,28), Kontrol (%61,09) ve M-2 (%60,05) uygulamalarındaki çöğürler geçiş grubunda yer almışlardır. Toplam çöğür nem değerleri bakımından en yüksek ortalama değer M-4 (%61,17) uygulaması yapılan çöğürlerde görülürken, en düşük ortalama değerler M-3 (%58,83) ve M-2 (%58,77) uygulamasındaki çöğürlerde görülmüştür. M-1 (%60,80) ve Kontrol (%60,18) uygulamalarındaki çöğürlerin ortalama değerleri ise geçiş grubunda yer almıştır (Tablo 4.8).

Tohum kaynaklarına göre, sürgün nem ($P=0,000$), kök nem ($P=0,000$) ve toplam çöğür nem ($P=0,000$) yüzde değerleri arasındaki farklılık istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur ($P=0,000$) (Tablo 4.7). Tohum kaynaklarına göre, sürgün nemi yüzde değerleri bakımından en yüksek ortalama değer Chandler (%54,11), Franquette (%54,29) kaynaklı çöğürlerde bulunurken, en düşük ortalama değer ise Kaman-1 (%50,86) kaynaklı çöğürlerde bulunmuştur. Fernor (%53,00) kaynaklı çöğürler ise geçiş grubunda yer almıştır. En yüksek ortalama kök nemi yüzde değeri Kaman-1 (%62,41) ve Franquette (%62,21) kaynaklı çöğürlerde olurken, Chandler (%59,30) ve Fernor (%58,91) kaynaklı çöğürler daha düşük değerlerin olduğu diğer grupta yer almışlardır. En yüksek ortalama toplam çöğür nemi yüzde değerleri ise Franquette (%60,93) ve Kaman-1 (%60,66) kaynaklı çöğürlerde belirlenirken, Chandler (%58,34) ve Fernor (%57,98) kaynaklı çöğürlerde daha düşük değerler belirlenmiştir (Tablo 4.8)

MxT interaksiyonu bakımından ortalama sürgün, kök ve toplam çöğür nem yüzde değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmamıştır (Tablo 4.7).

4.2.4. Kuru Sürgün, Kuru Kök ve Toplam Kuru Çöğür Biyokütleri

Sökümü yapılan çöğürlerin yaş ağırlıklarının elde edilmesinden sonra etüvde kurutularak belirlenen kuru sürgün ($P=0,029$), kuru kök ($P=0,037$) ve toplam kuru çöğür biyokütlesi ($P=0,035$) değerleri, mikoriza uygulamalarına göre istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir (Tablo 4.9).

Mikoriza uygulamalarına göre kuru sürgün biyokütlesi değerlerinde en yüksek ortalama değer 5,39 gr ile M-3 uygulamasındaki çöğürlerde bulunmuştur, en düşük ortalama sürgün biyokütlesi ise 4,03 gr ile M-1 uygulamasındaki çöğürlerde bulunmuştur. Kontrol uygulaması 4,72 gr, M-2 uygulaması 4,21 gr, M-1 uygulaması ise 4,03 gr'lık değerler ile

geçiş grubunda yer almışlardır. Kuru kök biyokütle değerleri bakımından, mikoriza uygulamaları arasında, en yüksek ortalama değer 22,37 gr ile M-3 uygulamasındaki çöğürlerden elde edilmiş, en düşük kuru kök biyokütlesi ortalama değeri ise 17,85 gr ile M-1 uygulamasındaki çöğürlerden elde edilmiştir. M-2, Kontrol ve M-4 uygulamaları ise sırasıyla 21,41 gr, 19,73 gr ve 17,00 gr'lık ortalama değerlerle geçiş grubunda yer almışlardır. İstatistiki olarak, en yüksek ortalama toplam kuru çöğür biyokütle değeri M-3 uygulamasındaki (27,77 gr) çöğürlerden elde edilirken, en düşük ortalama değer ise M-1 (21,88 gr) uygulamasındaki çöğürlerden elde edilmiştir. M-2, Kontrol ve M-4 uygulamaları ise sırasıyla 25,62 gr, 24,45 gr ve 21,26 gr'lık değerlerle geçiş grubunda yer almışlardır (Tablo 4.10).

Tablo 4.9: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kuru sürgün, kuru kök ve toplam kuru çöğür biyokütle (gr) değerlerine ait varyans analiz özeti.

Varyans Kaynakları	Çöğür Özellikleri								
	Kuru sürgün biyokütlesi (gr)			Kuru kök biyokütlesi (gr)			Toplam kuru çöğür biyokütlesi (gr)		
	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1,08	0,340	Ö.D	0,53	0,590	Ö.D	0,57	0,566	Ö.D
Mikoriza Uygulaması	2,73	0,029	*	2,55	0,039	*	2,59	0,036	*
Tohum Kaynağı	102,80	0,000	**	92,53	0,000	**	100,81	0,000	**
M X T	1,04	0,409	Ö.D	0,94	0,504	Ö.D	0,91	0,538	Ö.D

* Önemli (p<0.05), ** Çok Önemli (p<0.01), Ö.D.: Önemli değil

Tohum kaynaklarına göre, kuru sürgün (P=0,000), kuru kök (P=0,000) ve toplam kuru çöğür biyokütle (P=0,000) değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (Tablo 4.9). Tohum kaynakları arasında, kuru sürgün biyokütlesi değerleri bakımından en yüksek ortalama değer 6,53 gr ile Kaman-1 kaynaklı çöğürlerden elde edilirken, Fernor (2,76 gr), Chandler (2,59 gr) ve Franquette (3,13 gr) kaynaklı çöğürlerden daha düşük ortalama değerler elde edilmiştir. Tohum kaynaklarına göre, kuru kök biyokütle değerleri bakımından en yüksek ortalama değer Kaman-1 (29,32 gr) çöğürlerinden alınırken, Fernor (14,01 gr), Franquette (12,73 gr) ve Chandler (9,40 gr) çöğürlerinden daha düşük ortalama değerler alınmıştır. Toplam kuru çöğür biyokütle değerleri bakımından en yüksek ortalama değer Kaman-1 (35,85 gr) çöğürlerinden elde edilirken, Fernor (16,67 gr), Franquette (15,88 gr) ve Chandler (11,99 gr) çöğürlerinden daha düşük değerler elde edilmiştir (Tablo 4.10).

MxT interaksiyonunun kuru sürgün (P=0,409), kök (P=0,504), toplam çöğür biyokütle (P=0,538) değerleri üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4.9).

Tablo 4.10: Ceviz çöğürlerinin kuru sürgün, kuru kök ve toplam kuru çöğür biyokütle (gr) değerleri.

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Çöğür Özellikleri		
		Kuru sürgün biyokütlesi (gr)	Kuru kök biyokütlesi (gr)	Toplam kuru çöğür biyokütlesi (gr)
M-1	Fernor	2,07 ± 0,30	7,29 ± 1,37	9,36 ± 1,59
	Chandler	1,43 ± 0,28	4,95 ± 1,04	6,38 ± 1,30
	Kaman-1	6,52 ± 0,59	29,87 ± 2,98	36,39 ± 3,49
	Franquette	2,66 ± 0,25	11,84 ± 1,67	14,50 ± 1,87
	Ortalama	4,03 ± 0,36B	17,85 ± 1,83B	21,88 ± 2,16B
M-2	Fernor	2,53 ± 0,55	15,72 ± 4,06	18,25 ± 4,55
	Chandler	2,81 ± 0,40	10,17 ± 1,68	12,98 ± 2,05
	Kaman-1	6,17 ± 0,35	33,13 ± 2,19	39,30 ± 2,41
	Franquette	2,87 ± 0,27	13,70 ± 1,35	16,57 ± 1,56
	Ortalama	4,21 ± 0,26AB	21,41 ± 1,55AB	25,62 ± 1,77AB
M-3	Fernor	2,67 ± 0,44	15,35 ± 3,20	18,03 ± 3,56
	Chandler	3,01 ± 0,32	11,75 ± 1,30	14,76 ± 1,50
	Kaman-1	7,50 ± 0,58	30,68 ± 2,58	38,18 ± 3,07
	Franquette	4,33 ± 0,42	17,37 ± 2,00	21,70 ± 2,35
	Ortalama	5,40 ± 0,39A	22,37 ± 1,67A	27,77 ± 2,01A
M-4	Fernor	3,15 ± 0,45	15,90 ± 3,05	19,05 ± 3,45
	Chandler	2,49 ± 0,40	8,12 ± 1,50	10,60 ± 1,85
	Kaman-1	5,71 ± 0,35	24,81 ± 1,95	30,53 ± 2,25
	Franquette	3,41 ± 0,26	10,95 ± 1,00	14,36 ± 1,16
	Ortalama	4,26 ± 0,24AB	17,00 ± 1,27AB	21,26 ± 1,47AB
Knt.	Fernor	3,35 ± 0,46	16,62 ± 3,41	19,97 ± 3,84
	Chandler	2,76 ± 0,24	10,06 ± 0,92	12,82 ± 1,11
	Kaman-1	6,71 ± 0,35	28,29 ± 1,69	35,00 ± 1,97
	Franquette	2,68 ± 0,22	10,61 ± 0,96	13,28 ± 1,06
	Ortalama	4,72 ± 0,28AB	19,73 ± 1,30AB	24,45 ± 1,55AB
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	2,76 ± 0,21b	14,01 ± 1,47b	16,77 ± 1,65b
	Chandler	2,59 ± 0,15b	9,40 ± 0,62b	11,99 ± 0,75b
	Kaman-1	6,53 ± 0,20a	29,32 ± 1,02a	35,85 ± 1,17a
	Franquette	3,14 ± 0,14b	12,73 ± 0,67b	15,88 ± 0,77b
Genel Ortalama		4,52 ± 0,14	19,69 ± 0,68	24,20 ± 0,80

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05), **Çok önemlidir (p<0.01)

4.3. Çöğürlerin Morfolojik Özellikleri

4.3.1. Morfolojik Oranlar ve Dickson Kalite İndeks Değerleri

Mikoriza uygulamalarının, yaş kök/sürgün oranları (P=0,001) ve kuru kök/sürgün oranları (P=0,001) ve Dickson Kalite İndeks (DKİ) değerleri (P=0,002) üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunurken, pişkinlik oranı ortalama değerleri (P=0,203) üzerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.11).

Mikoriza uygulamaları arasında, yaş kök/sürgün oranları bakımından istatistiki olarak en yüksek ortalama değer 6,24 ile M-2 uygulamasında bulunurken, 5,21 ile M-1, 5,14 ile Kontrol, 5,05 ile M-3, 4,87 ile M-4 uygulamalarında daha düşük değerler bulunmuştur. Ortalama kuru kök/sürgün oranları bakımından ise en yüksek değer 4,99 ile M-2 uygulamasından elde edilirken, 4,21 ile M-1, 4,16 ile Kontrol, 3,89 ile M-4 uygulamalarından daha düşük ortalama değerler elde edilmiştir. Çöğürlerin ortalama DKİ değerlerinde, en yüksek ortalama değer 19,78 ile M-3, 17,11 ile M-2 uygulamalarındaki çöğürlerde bulunmuş, en düşük ortalama değer ise 12,79 oranı ile M-1 uygulamasının yapıldığı çöğürlerde bulunmuştur. M-4 ve Kontrol uygulamalarının ortalama DKİ değerleri ise geçiş grubunda yer almıştır (Tablo 4.12).

Tablo 4.11: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki önemli morfolojik oranlar ve Dickson Kalite İndeks değerlerine ait varyans analiz özeti.

Varyans Kaynakları	Kök / Sürgün oranı (yaş)			Kök / Sürgün oranı (kuru)			Pişkinlik oranı			DKİ		
	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi
	Tekerrür	0,40	0,671	Ö.D.	1,27	0,283	Ö.D.	0,57	0,568	Ö.D.	0,37	0,691
Mikoriza Uygulaması	4,55	0,001	**	4,32	0,002	**	1,49	0,203	Ö.D.	4,37	0,002	**
Tohum Kaynağı	17,44	0,000	**	8,20	0,000	**	11,59	0,000	**	95,44	0,000	**
M X T	1,86	0,037	*	2,06	0,019	*	1,56	0,101	Ö.D.	0,52	0,903	Ö.D.

* Önemli (p<0.05), ** Çok Önemli (p<0.01), A. Anlamlı (p<0.05 - p<0.10), Ö.D.: Önemli değil

Tohum kaynaklarının, çöğürlerde yaş ve kuru bazda belirlenen kök/sürgün oranları ve pişkinlik oranları ile çöğürlerin Dickson Kalite İndeks değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (P=0,000).

Tablo 4.12: Ceviz çöğürlerindeki önemli morfolojik oranlar ve Dickson Kalite İndeks değerleri.

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Çöğür Özellikleri			
		Kök / Sürgün oranı (yaş)	Kök / Sürgün oranı (kuru)	Pişkinlik Oranı	DKİ
M-1	Fernor	3,83 ± 0,34	3,56 ± 0,48	1,61 ± 0,10	6,58 ± 1,35
	Chandler	4,37 ± 0,78	3,57 ± 0,40	1,39 ± 0,09	4,90 ± 0,79
	Kaman-1	5,95 ± 0,36	4,63 ± 0,31	1,74 ± 0,06	21,07 ± 1,96
	Franquette	5,17 ± 0,48	4,19 ± 0,39	2,00 ± 0,10	7,77 ± 1,06
	Ortalama	5,21 ± 0,253B	4,21 ± 0,20B	1,75 ± 0,05	12,79 ± 1,22B
M-2	Fernor	7,19 ± 0,83	6,13 ± 0,77	1,56 ± 0,13	13,62 ± 4,01
	Chandler	4,19 ± 0,43	3,53 ± 0,29	1,61 ± 0,10	9,14 ± 1,52
	Kaman-1	7,39 ± 0,46	5,51 ± 0,33	1,57 ± 0,06	26,40 ± 1,80
	Franquette	5,59 ± 0,37	4,78 ± 0,32	1,72 ± 0,09	10,20 ± 0,93
	Ortalama	6,24 ± 0,278A	4,99 ± 0,21A	1,63 ± 0,04	17,11 ± 1,26A
M-3	Fernor	5,74 ± 0,65	6,11 ± 1,04	1,37 ± 0,09	12,72 ± 1,64
	Chandler	4,34 ± 0,43	4,35 ± 0,74	1,56 ± 0,08	10,22 ± 1,23
	Kaman-1	5,32 ± 0,25	4,11 ± 0,20	1,47 ± 0,06	28,20 ± 2,49
	Franquette	4,78 ± 0,45	3,92 ± 0,36	1,78 ± 0,12	13,46 ± 1,75
	Ortalama	5,05 ± 0,193B	4,34 ± 0,23AB	1,54 ± 0,05	19,78 ± 1,59A
M-4	Fernor	5,58 ± 0,51	4,95 ± 0,40	1,76 ± 0,12	11,09 ± 1,75
	Chandler	3,73 ± 0,30	3,27 ± 0,37	1,50 ± 0,06	7,60 ± 1,29
	Kaman-1	5,58 ± 0,31	4,30 ± 0,23	1,54 ± 0,04	20,77 ± 1,61
	Franquette	4,24 ± 0,28	3,40 ± 0,26	1,68 ± 0,05	8,86 ± 0,61
	Ortalama	4,87 ± 0,196B	3,89 ± 0,16B	1,60 ± 0,03	14,10 ± 1,03AB
Knt.	Fernor	5,79 ± 0,63	4,48 ± 0,47	1,61 ± 0,13	13,53 ± 2,58
	Chandler	4,19 ± 0,29	3,72 ± 0,27	1,41 ± 0,05	9,47 ± 0,85
	Kaman-1	5,50 ± 0,25	4,28 ± 0,19	1,50 ± 0,04	24,19 ± 1,38
	Franquette	4,92 ± 0,42	4,19 ± 0,37	1,74 ± 0,07	8,16 ± 0,84
	Ortalama	5,14 ± 0,179B	4,16 ± 0,14B	1,53 ± 0,03	16,84 ± 1,08AB
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	5,60 ± 0,312ab	4,93 ± 0,32a	1,58 ± 0,05b	11,49 ± 1,16b
	Chandler	4,16 ± 0,182c	3,71 ± 0,20c	1,49 ± 0,03b	8,61 ± 0,55b
	Kaman-1	5,94 ± 0,157a	4,56 ± 0,12ab	1,56 ± 0,02b	24,20 ± 0,86a
	Franquette	4,97 ± 0,183b	4,11 ± 0,16bc	1,79 ± 0,04a	9,54 ± 0,49b
Genel Ortalama		5,32 ± 0,10	4,33 ± 0,09	1,61 ± 0,02	16,15 ± 0,56

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05), **Çok önemlidir (p<0.01)

Tohum kaynakları arasında, yaş kök/sürgün oranları bakımından en yüksek ortalama değer 5,94 ile Kaman-1 kaynaklı çöğürlerde bulunurken, en düşük ortalama değer ise 4,16 ile Chandler kaynaklı çöğürlerde bulunmuştur. Franquette kaynaklı çöğürler orta grupta yer alırken, Fernor kaynaklı çöğürler ise üst ve orta grup arasındaki geçiş grubunda yer

almışlardır. Kuru kök/sürgün oranları bakımından tohum kaynakları arasında, en yüksek ortalama oran 4,93 ile Fernor kaynaklı çöğürlerde, en düşük ortalama oran ise 3,71 ile Chandler kaynaklı çöğürlerde bulunmuştur. Kaman-1 kaynaklı çöğürler üst ve orta grup arasındaki geçiş grubunda, Franquette kaynaklı çöğürler ise alt ve orta grup arasındaki geçiş grubunda yer almışlardır. Pişkinlik oranı bakımından, tohum kaynakları arasında en yüksek ortalama değer 1,79 oranı ile Franquette kaynaklı çöğürlerde belirlenirken, Fernor (1,56) Kaman-1 (1,49) ve Chandler (1,58) kaynaklı çöğürler daha düşük ortalama değer göstermişlerdir. DKİ değerleri bakımından, en yüksek ortalama değer 24,20 ile Kaman-1 kaynaklı çöğürlerde bulunurken, Fernor (11,49), Franquette (9,54) ve Chandler (8,61) kaynaklı çöğürlerde daha düşük ortalama değerler bulunmuştur (Tablo 4.12).

Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynağı interaksiyonunun (MxT) ise çöğürlerin yaş kök/sürgün oranları (P=0,037) ve kuru kök/sürgün oranları (P=0,019) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, DKİ (P=0,903) değerleri ve pişkinlik oranı (P=0,101) değerleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.11).

4.3.2. Diğer Kök, Sürgün ve Çögür Morfolojik Özellikleri

Çöğürlerin morfolojik özelliklerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan morfolojik oranlar ve DKİ dışında, kök kalitesinin belirlenmesine yönelik Kök Dağılımının Homojenliği (0/1), Kök Şekil İndeksi (1, 2, 3, 4) ve Kök Lifliliği Derecelendirmesi (1, 2, 3, 4, 5), çögür kalitesinin belirlenmesine yönelik Çögür Doğruluğu (0/1), sürgünlerin kalitesini belirlemeye yönelik olarak da Sürgün Doğruluğu (0/1) ve Sürgünde Kıvrılma Durumu (0/1) gibi diğer morfolojik özellikler incelenmiş ve bunlara ait kategorik değerler elde edilmiştir. Bu morfolojik özelliklere ilişkin değerlerde, Tekerrür, Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları faktörlerine göre yapılan Kruskal-Wallis Non-Parametrik Testlerinin sonuçları her bir özellik için tablo haline getirilmiş ve sonuçlar alt başlıklarda açıklanmıştır. Ayrıca, verilerin daha iyi yorumlanmasına ve test sonuçlarının daha anlaşılabilir olmasına katkı sağlamak üzere, mikoriza uygulamaları ve tohum kaynakları bazında her morfolojik özelliğin her bir kategorik değeri için yüzde dağılımları belirlenmiştir. Kök Dağılımının Homojenliği, Kök Şekil İndeksi ve Kök Lifliliği Derecelendirme sonuçlarının kategorik değerlere göre yüzde dağılımları Ek 1’de, Çögür Doğruluğu, Sürgün Doğruluğu ve Sürgünde Kıvrılma Durumlarının değerlendirme sonuçlarına ait kategorik değerlerin yüzde dağılımları ise Ek 2’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kök dağılımının homojenliği:

Çöğürlerin köklerinde belirlenen kök dağılımının homojenliği değerlerinde yapılan Kruskal-Wallis Non-Parametrik Testi sonucunda, mikoriza uygulamaları ($P=0,000$) arasındaki ve tohum kaynakları ($P=0,000$) arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Denemedeki tekerrür faktörü bakımından ise farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu özelliğin değerlendirilmesinde kullanılan “0” değeri köklerin homojen dağılım gösterdiği, “1” değeri ise homojen dağılım göstermediği anlamına gelmektedir (Tablo 4.13). Bu özellik için sayısal değer arttıkça özellik olumsuzlaşmaktadır.

Mikoriza uygulamaları arasında M-1 ve M-2 uygulamalarında medyan değeri 0,0 olurken, M-3, M-4 ve Kontrol uygulamalarında medyan değeri 1,0 olmuştur. Mikoriza uygulamalarında ortalama sıra değeri en düşükten en yükseğe doğru M-2, M-1, Kontrol, M-3 ve M-4 uygulamalarında bulunmuştur. Test sonucuna göre en çok M-2 ve M-1 uygulamalarındaki çöğürlerde kök dağılımı homojenliği homojen değerler tarafında, M-3, M-4 ve Kontrol uygulamalarındaki çöğürlerde ise homojen olmayan değerler tarafında ağır basmaktadır.

Tohum kaynaklarının tamamında medyan değeri 1,0 olmuştur, yani tohum kaynaklarının hepsinde çöğürler baskın bir şekilde homojen olmayan bir kök dağılımı sergilemişlerdir. Tohum kaynakları arasında, ortalama sıra değeri en düşükten en yükseğe doğru Franquette, Kaman-1, Fernor ve Chandler kaynaklarında bulunmuştur. Test sonucuna göre en çok kök homojenliği gösteren çöğürler Franquette çöğürleri olup bunu Kaman-1, Fernor ve Chandler çöğürleri takip etmektedir.

Kök dağılımının homojenliği değerlerinin yüzde dağılımları incelendiğinde ise, çöğürlerin %33,83'ünün homojen kök dağılımına sahip olduğu, %66,17'sinin ise homojen kök dağılımı göstermediği görülmektedir. Mikoriza uygulamaları bazında; M-2 uygulamasında çöğürlerin %59,30'unun, M-1 uygulamasında %51,85'inin, Kontrol uygulamasında %22,22'sinin, M-3 uygulamasında 20,55'inin, M-4 uygulamasında ise %15,19'unun kök dağılımının homojen olduğu belirlenmiştir. Tohum kaynakları bazında; Franquette kaynaklı çöğürlerin %42,31'lik bir oranla en yüksek oranda kök homojenliğine sahip çöğür grubu olduğu, bunu %38,89'luk oran ile Kaman-1, %31,82 ile Fernor çöğürlerinin izlediği, %10,81 oranı ile Chandler kaynağının ise en düşük oranda homojen kök dağılımı gösteren tohum kaynağı olduğu görülmüştür (Ek 1).

Tablo 4.13: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kök dağılımı homojenliği özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.

Varyans Kaynakları		Kök dağılımı homojenliği						
		n	Medyan değeri	Ortalama sıra	Z	H	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1	123	1,0	205,8	0,49	1,75	0,417	Ö.D.
	2	140	1,0	206,3	0,61			
	3	139	1,0	192,9	-1,08			
Mikoriza Uygulamaları	M-1	74	0,0	166,3	-2,89	58,36	0,000	**
	M-2	86	0,0	150,3	-4,61			
	M-3	73	1,0	228,2	2,17			
	M-4	79	1,0	239,0	3,20			
	Kontrol	90	1,0	224,8	2,16			
Tohum Kaynakları	Fernor	44	1,0	205,5	0,24	22,940	0,000	**
	Chandler	74	1,0	247,8	3,79			
	Kaman-1	180	1,0	191,3	-1,58			
	Franquette	104	1,0	184,5	-1,74			

Kök dağılımı homojenliği değerleri: 0: Homojen 1: Homojen değil; ** Çok Önemli ($p < 0.01$); Ö.D.: Önemli değil

Kök şekil indeksi:

Kök şekil indeksi özelliğine ait değerlerde yapılan Kruskal-Wallis Non-Parametrik Testi sonuçlarına göre, mikoriza uygulamaları arasında ve tekerrürler arasında görülen farklılık istatistiksel olarak önemsiz, tohum kaynakları arasında görülen farklılık da anlamlı bulunmuştur (Tablo 4.14). Kök şekil indeksi değerlerinde değer arttıkça kök kalitesi düşmektedir yani en iyi kök şekil özelliği gösteren çöğürlerde indeks değeri “1”, en kötü kök özelliği gösteren çöğürlerde ise indeks değeri “4” olmaktadır (Wilson ve diğ., 2007).

Mikoriza uygulamalarının ve tohum kaynaklarının tamamında medyan değeri 1,0 olmuştur, yani çöğürlerde kök şekil indeksi değerlerinde baskın olarak “1” değeri belirlenmiştir. İstatistiksel olarak farklılıkları önemli olmamakla birlikte, mikoriza uygulamalarında ortalama sıra değeri en düşükten en yükseğe doğru Kontrol, M-4, M-3, M-2, M-1 uygulamalarında olmuştur (Tablo 4.14).

Tohum kaynaklarının tamamında da medyan değeri 1,0 olarak bulunmuştur. Yani tohum kaynakları bazında baskın olarak çöğürlerde “1” kök şekil indeksi değeri belirlenmiştir. Tohum kaynaklarında, ortalama sıra değeri en düşükten en yükseğe doğru Kaman-1, Fernor,

Chandler ve Franquette kaynaklarında bulunmuştur (Tablo 4.14). Bu sıralama aynı zamanda bu özellik bakımından en iyiden en kötüye doğru olan sıralamadır.

Tablo 4.14: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kök şekil indeksi özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.

Varyans Kaynakları		Kök şekil indeksi						
		n	Medyan değeri	Ortalama sıra	Z değeri	H değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1	117	1,0	191,9	-0,07	0,62	0,733	Ö.D.
	2	133	1,0	194,2	0,22			
	3	134	1,0	191,3	-0,15			
Mikoriza Uygulamaları	M-1	71	1,0	195,0	0,21	2,98	0,561	Ö.D.
	M-2	72	1,0	195,0	0,21			
	M-3	73	1,0	194,9	0,21			
	M-4	78	1,0	189,5	-0,27			
	Kontrol	90	1,0	189,1	-0,33			
Tohum Kaynakları	Fernor	43	1,0	191,4	-0,07	7,67	0,053	A.
	Chandler	60	1,0	196,7	0,32			
	Kaman-1	178	1,0	188,1	-0,73			
	Franquette	103	1,0	198,2	0,60			

Kök şekil indeksi değerleri: 1, 2, 3; A. Anlamlı ($p < 0.05$ - $p < 0.10$); Ö.D.: Önemli değil

Çöğürlerin hem mikoriza uygulamalarında hem de tohum kaynaklarında, kök şekil indeksi değerlerinin büyük oranda en iyi değer olan “1” değerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Kök anomaliliklerinin bulunduğu 2 ve 3 nolu kategorilerde çok az sayıda çögür olduğu, şiddetli kök anormalliklerinin bulunduğu 4 nolu kategoride ise herhangi bir çögür olmadığı görülmüştür. Tohum kaynakları arasında, Kaman-1 çöğürleri en iyi kök şekil indeksi değeri olan “1” değerini %99,43’lük bir oran ile en fazla gösteren kaynak olmuştur. Kaman-1 kaynağının diğer kalan %0,56’lık kısmı sadece 2. kategorideki çöğürler olup, bu oran ile 2. kategoride en düşük değer gösteren kaynak durumundadır. Kaman-1 çöğürlerinden sonra en iyi kök şekil indeksi değerlerini %97,67’lik bir oran Fernor tohum kaynağı göstermiştir, Fernor kaynaklı çöğürler %2,33 oranıyla 2. kategoride ikinci sırada çögür elde edilen kaynak durumunda olup 3. kategoriye dahil olan herhangi bir çögürü yoktur. Franquette ise %4,85 oranı ile en yüksek oranda 2. kategoride çögür oluşturan kaynak olmuş, çöğürlerinin sadece %0,97’lik kısmı 3. kategoride bulunmuştur, diğer kalan %94,16’lık kısmı 1. kategoride çöğürler olmuştur. Chandler ise %1,68 oranıyla üçüncü sırada 2. kategoride çöğürler elde edilen kaynak olurken, %3,33’lük oran ile 3. kategoride en fazla çögürün elde edildiği tohum

kaynağı olmuştur. Chandler çöğürlerinin kalan %95,00'lik kısmı ise 1. kategorideki çöğürlerden oluşmuştur (Ek 1).

Kök lifliliği derecelendirmesi:

Çöğürlerin kök lifliliği derecelendirmesine ait değerler için yapılan Kruskal-Wallis Non-Parametrik Testi sonuçları Tablo 4.15'te sunulmuştur. Kök lifliliği derecelendirme değerleri bakımından mikoriza uygulamaları arasındaki farklılık ve tohum kaynakları arasındaki farklılık istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Kök liflilik derecelendirmesi değerlerinde değer arttıkça kök kalitesi artmaktadır yani en iyi kök şekil özelliği gösteren çöğürlerde değer "5", en kötü kök özelliği gösteren çöğürlerde ise değer "1" olmaktadır (Wilson ve diğ., 2007).

Tablo 4.15: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki kök liflilik derecelendirmesi özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.

Varyans Kaynakları		Kök lifliliği derecelendirmesi						
		n	Medyan değeri	Ortalama sıra	Z değeri	H değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1	123	3,0	194,3	-0,77	0,99	0,609	Ö.D.
	2	139	3,0	207,8	0,86			
	3	139	3,0	200,1	-0,11			
Mikoriza Uygulamaları	M-1	73	3,0	152,5	-3,96	28,29	0,000	**
	M-2	86	3,0	178,9	-1,99			
	M-3	73	3,0	216,2	1,24			
	M-4	79	3,0	229,8	2,47			
	Kontrol	90	3,0	223,8	2,12			
Tohum Kaynakları	Fernor	44	2,5	145,0	-3,40	87,070	0,000	**
	Chandler	74	3,0	150,4	-4,16			
	Kaman-1	180	4,0	257,6	8,82			
	Franquette	103	3,0	162,4	-3,92			

Kök Lifliliği Derecelendirmesi değerleri: 1, 2, 3, 4, 5; ** Çok Önemli (p<0.01); Ö.D.: Önemli değil

Mikoriza uygulamalarının tamamında kök lifliliği derecelendirme değerlerinde medyan değeri 3,0 olmuştur. Mikoriza uygulamalarında ortalama sıra değeri en yüksekten en düşüğe doğru M-4, Kontrol, M-3, M-2 ve M-1 uygulamalarında bulunmuştur. Test sonucuna göre en iyi kök lifliliği değerleri sırasıyla M-4, Kontrol, M-3, M-2 ve M-1 uygulamalarında görülmüştür. M-1 ve M-2 uygulamalarında medyan değerinin altında, M-3, M-4 ve Kontrol

uygulamalarında ise medyan değerinin üzerinde değer gösteren örnek sayısı fazladır (Tablo 4.15).

Tohum kaynaklarında, Kaman-1 kaynağında 4,0'lık bir medyan değeri oluşurken, Franquette ve Chandler kaynaklarında 3,0, Fernor kaynağında ise 2,5'lik bir medyan değeri oluşmuştur. Tohum kaynaklarında, ortalama sıra değeri en yüksekte en düşüğe doğru Kaman-1, Franquette, Chandler ve Fernor kaynaklarında bulunmuştur. Test sonucuna göre en iyi kök lifliliği değerleri sırasıyla Kaman-1, Franquette, Chandler ve Fernor kaynaklarında görülmüştür. En fazla Chandler'da olmak üzere Franquette ve Fernor çöğürlüğünde medyan değerinin altında değer gösteren çöğürlükler bulunmaktadır. Kaman-1'de ise medyan değerinin üstünde değer gösteren çöğürlükler bulunmaktadır (Tablo 4.15).

Çöğürlüğün genelinde, kök lifliliği değerlerinin 3. kategoride (%40,90) yoğunlaştığı, sonra 2. kategoride (%25,19) daha sonra ise 4. kategoride (%22,44) olduğu görülmektedir. Çöğürlüğün %3,24'lük kısmının en zayıf liflilik özelliğindeki 1. kategoride olduğu, %8,23'ünün ise en iyi liflilik kategorisi 5'te olduğu görülmektedir (Ek 1).

Çöğür doğruluğu:

Çöğür doğruluğu değerleri için yapılan Kruskal-Wallis Non-Parametrik Testinin sonuçları Tablo 4.16'da sunulmuştur. Test sonucunda, çöğür doğruluğu özelliği bakımından mikoriza uygulamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmazken, tohum kaynakları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Çöğür doğruluğunda "0" değeri çöğürlüğün kök-sürgün ekseninin aynı hat üzerinde olduğu anlamına gelmekte olup, "1" değeri ise kök ve sürgün eksenlerinin aynı hat üzerinde olmadığı anlamına gelmektedir. Bu değerlendirme şeklinde değer sayısal olarak arttıkça çöğür doğruluğu özelliği olumsuzlaşmaktadır. Çalışmada incelemesi yapılan çöğürlükler arasında çöğür doğruluğu bakımından doğru ve doğru değil özelliği gösterenlerden örnekler Şekil 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Mikoriza uygulamalarının tamamında medyan değeri 0,0 olmuştur. Yani mikoriza uygulamalarında çöğürlüğün büyük bir bölümü çöğür doğruluğu bakımından doğru değerler göstermişlerdir.

Tohum kaynakları bazında, Chandler kaynağında 1,0'lık bir medyan değeri oluşmuş, diğer kaynaklarda ise 0,0'lık bir medyan değeri oluşmuştur. Chandler dışındaki tüm tohum kaynaklarında çöğürlüğün büyük bir bölümü doğru olurken, Chandler kaynaklı çöğürlüklerde çöğürlüğün büyük bir kısmı doğru değildir. Tohum kaynaklarında, ortalama sıra değeri en

düşükten en yükseğe doğru sırasıyla Kaman-1, Fernor, Franquette Chandler şeklinde gerçekleşmiştir. Test sonucuna göre doğru çöğürler en fazla Kaman-1, daha sonra ise Fernor ve Franquette kaynaklarında görülmüştür (Tablo 4.16).

Tablo 4.16: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki çöğür doğruluğu özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.

Varyans Kaynakları		Çöğür doğruluğu						
		n	Medyan değeri	Ortalama sıra	Z değeri	H değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1	123	0,0	210,7	1,05	1,53	0,466	Ö.D.
	2	140	0,0	198,6	-0,37			
	3	139	0,0	196,3	-0,65			
Mikoriza Uygulamaları	M-1	74	0,0	200,6	-0,07	1,35	0,852	Ö.D.
	M-2	86	0,0	209,2	0,69			
	M-3	73	0,0	190,8	-0,87			
	M-4	79	0,0	202,6	0,09			
	Kontrol	90	0,0	202,6	0,10			
Tohum Kaynakları	Fernor	44	0,0	197,8	-0,22	84,36	0,000	**
	Chandler	74	1,0	290,3	7,28			
	Kaman-1	180	0,0	163,5	-5,91			
	Franquette	104	0,0	205,7	0,43			

Çöğür doğruluğu: 0: Doğru 1: Doğru değil; ** Çok Önemli ($p < 0.01$); Ö.D.: Önemli değil

Çöğür doğruluğu bakımından değerlerin yüzde dağılımlarının incelenmesinde, tüm çöğürlerin %54,98'inin doğru olduğu, %45,02'sinin ise doğru olmadığı görülmektedir. Mikoriza uygulamaları bazında, uygulamaların hepsinde çöğürler %50'nin üzerinde çöğür doğruluğu göstermişlerdir. En yüksek çöğür doğruluk oranı M-3 uygulamasındaki çöğürlerde, daha sonra ise sırasıyla Kontrol (%54,44), M-4 (%54,43), M-1 (%55,41), M-2 (%51,16) uygulamalarında görülmüştür. Tohum kaynakları bazında ise; Kaman-1 kaynaklı çöğürlerin %73,89 oranla en yüksek çöğür doğruluğu yüzdesi gösteren kaynak olduğu, Chandler'ın ise %10,81'lik oran ile en düşük çöğür doğruluğu yüzdesi gösteren kaynak olduğu görülmüştür. Fernor ve Franquette kaynaklarında ise çöğürlerin sırasıyla %56,82 ve %52,88'inin doğru olduğu görülmüştür (Ek 2).



(a)



(b)

Şekil 4.1: Çögür doğruluğu bakımından doğru (0) özellik gösteren (a) M-1 x Kaman-1, (b) M-1 x Franquette kombinasyonlarındaki çögürler (Orijinal).



(a)



(b)

Şekil 4.2: Çögür doğruluğu bakımından doğru değil (1) özelliği gösteren (a) M-4 x Kaman-1, (b) M-4 x Franquette kombinasyonlarındaki çögürler (Orijinal).

Sürgün doğruluğu:

Çöğür sürgünlerinde belirlenen sürgün doğruluğu değerlerinde yapılan Kruskal-Wallis Non-Parametrik Testi sonucunda, mikoriza uygulamaları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı, tohum kaynakları arasındaki farklılığın ise istatistiksel olarak çok önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.17). Sürgün doğruluğu değerlendirmesinde “0” değeri sürgünlerin düzgün bir gelişme gösterdiği anlamında olup istenen bir durumdur, “1” değeri ise herhangi bir sebeple düzgün büyüme göstermemesi anlamına gelmektedir ve istenmeyen bir durumdur. Bu özellikte de sayısal olarak değer arttıkça sürgün doğruluğu yönünden olumsuzluk artmaktadır. Çalışmada incelemesi yapılan çöğürler arasında sürgün doğruluğu bakımından doğru değil özelliği gösterenlerden örnekler Şekil 4.3’te verilmiştir.

Mikoriza uygulamalarının tamamında medyan değeri 0,0 olmuştur. Yani mikoriza uygulamalarında çöğürlerin büyük bir bölümü sürgün doğruluğu bakımından doğru özellik göstermişlerdir (Tablo 4.17).

Tohum kaynaklarında ise Chandler kaynağında 0,5’lik bir medyan değeri oluşmuş, diğer kaynaklarda ise 0,0’lık bir medyan değeri oluşmuştur. Chandler dışındaki tüm tohum kaynaklarında çöğürlerin sürgünlerinin büyük bir bölümü doğru iken, Chandler kaynaklı çöğürlerde sürgünlerin yarısı doğru yarısı doğru olmayan bir sürgün gelişimi sergilemişlerdir. Tohum kaynaklarında, ortalama sıra değeri en düşükten en yükseğe doğru sırasıyla Kaman-1, Fernor, Franquette Chandler şeklinde gerçekleşmiştir. Test sonucuna göre en fazla sayıda doğru sürgünler sırasıyla Kaman-1, Fernor, Franquette kaynaklarında görülmüştür (Tablo 4.17). Bu özelliğe ait değerlendirme sonuçlarının çöğür doğruluğu ile büyük oranda paralellik arz ettiği görülmüştür.

Sürgün doğruluğu bakımından değerlerin yüzde dağılımları incelendiğinde, tüm çöğürlerde sürgünlerin %70,85’inin doğru olduğu, %29,15’nin ise doğru olmadığı belirlenmiştir. Mikoriza uygulamalarının hepsinde çöğürler %65’in üzerinde sürgün doğruluğu göstermişlerdir. En yüksek doğruluk oranı M-1 uygulamasındaki (%77,03) çöğürlerde, daha sonra ise sırasıyla M-4 (%74,68), M-3 (%69,86), M-2 (%69,77) ve Kontrol (%65,56) uygulamalarındaki çöğürlerde görülmüştür. Tohum kaynakları bazında ise, Kaman-1 kaynaklı çöğürlerin %79,44 oranla en yüksek sürgün doğruluğu gösteren kaynak olduğu, Chandler’ın ise %50,00’lik oran ile en düşük sürgün doğruluğu gösteren kaynak olduğu görülmüştür. Fernor ve Franquette kaynaklarında ise çöğür sürgünlerinin sırasıyla %72,73 ve %67,31 oranlarında doğru sürgün gelişimi gösterdiği görülmüştür (Ek 2).

Tablo 4.17: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki sürgün doğruluğu özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.

Varyans Kaynakları		Sürgün doğruluğu						
		n	Medyan değeri	Ortalama sıra	Z değeri	H değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1	123	0,0	208,9	0,84	1,21	0,547	Ö.D.
	2	140	0,0	199,5	-0,25			
	3	139	0,0	197,0	-0,56			
Mikoriza Uygulamaları	M-1	74	0,0	189,7	-0,97	3,23	0,520	Ö.D.
	M-2	86	0,0	204,3	0,25			
	M-3	73	0,0	204,1	0,21			
	M-4	79	0,0	194,4	-0,61			
	Kontrol	90	0,0	212,7	1,04			
Tohum Kaynakları	Fernor	44	0,0	198,3	-0,19	22,15	0,000	**
	Chandler	74	0,5	244,0	3,48			
	Kaman-1	180	0,0	184,8	-2,59			
	Franquette	104	0,0	201,5	0,00			

Sürgün doğruluğu: 0: Doğru 1: Doğru değil; ** Çok Önemli ($p < 0.01$); Ö.D.: Önemli değil



(a)



(b)

Şekil 4.3: Sürgün doğruluğu bakımından, sürgün doğru değil (1) özelliği gösteren (a) M-2 x Franquette, (b) M-2 x Chandler kombinasyonlarındaki çöğürler (Orijinal).

Sürgünde kıvrılma durumu:

Sürgünlerde kıvrılma durumuna ait kategorik verilerinin Kruskal-Wallis Non-Parametrik Testine göre değerlendirme sonuçları Tablo 4.18’de sunulmuştur. Test sonucunda, sürgünlerde kıvrılma durumu özelliği bakımından mikoriza uygulamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak çok önemli bulunurken, tohum kaynakları arasındaki farklılık ise anlamlı bulunmuştur. Sürgünlerde kıvrılma durumunda, “0” değeri sürgünlerde kıvrılma olmadığı anlamına gelmekte olup, “1” değeri ise kıvrılma var anlamına gelmektedir. Bu özellikte de yine sayısal olarak değer arttıkça sürgün kalitesi bakımından olumsuzluk artmaktadır. Çalışmada incelemesi yapılan çöğürler arasında sürgünde kıvrılma durumunda bakımından kıvrılma gösterenlerden örnekler Şekil 4.4’te verilmiştir.

Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarının tamamında medyan değeri 0,0 olmuş yani tüm muamelelerde çöğürler baskın olarak sürgünde kıvrılma yok değerleri göstererek düzgün bir sürgün gelişimi göstermişlerdir. Mikoriza uygulamalarında, ortalama sıra değeri en düşükten en yükseğe doğru sırasıyla M-4, M-1, M-2, Kontrol ve M-3 şeklinde gerçekleşmiştir. Test sonucuna göre sürgünlerde kıvrılma durumu bakımından daha iyi durum M-4, M-1, M-2 uygulamalarında görülürken, Kontrol ve M-3 uygulamalarında daha kötü durum görülmüştür (Tablo 4.18).

Tablo 4.18: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerindeki sürgünde kıvrılma durumu özelliğine ait Kruskal-Wallis Testi sonuçları.

Varyans Kaynakları		Sürgünde kıvrılma durumu						
		n	Medyan değeri	Ortalama sıra	Z değeri	H değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	1	123	0,0	195,8	-0,66	0,79	0,674	Ö.D.
	2	140	0,0	203,1	0,20			
	3	139	0,0	204,9	0,43			
Mikoriza Uygulamaları	M-1	74	0,0	185,3	-1,33	17,19	0,002	**
	M-2	86	0,0	201,4	-0,01			
	M-3	73	0,0	229,8	2,30			
	M-4	79	0,0	178,0	-2,01			
	Kontrol	90	0,0	212,5	1,02			
Tohum Kaynakları	Fernor	44	0,0	172,8	-1,73	6,51	0,089	A.
	Chandler	74	0,0	215,2	1,12			
	Kaman-1	180	0,0	202,5	0,15			
	Franquette	104	0,0	202,2	0,07			

Sürgün kıvrılma durumu: 0: Yok 1: Var; ** Çok Önemli (p<0.01); A. Anlamlı (p<0.05 - p<0.10); Ö.D.: Önemli değil



(a)

(b)

Şekil 4.4: Sürgünde kıvrılma durumu bakımından, sürgünde kıvrılma var (1) özelliği gösteren (a) M-1 x Franquette, (b) M-1 x Kaman-1 kombinasyonlarındaki çöğürler (Orijinal).

Tohum kaynakları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte anlamlı olabilecek bir düzeydedir. Tohum kaynakları arasında, ortalama sıra değeri en düşükten en yükseğe doğru sırasıyla Fernor, Franquette, Kaman-1, Chandler şeklinde gerçekleşmiştir. Test sonucuna göre en az sürgün kıvrılması sayısı Fernor, Franquette ve Kaman-1 ve Chandler kaynaklı çöğürler sıralamasıyla olmuştur (Tablo 4.17).

Sürgünde kıvrılma özelliğine ait değerlerin yüzde dağılımları incelendiğinde, çöğürlerin tamamında çöğür sürgünlerinin %74,88'inin kıvrılma göstermediği, %25,62'sinin ise kıvrılma gösterdiği belirlenmiştir. Mikoriza uygulamalarının hepsinde çöğürler %60'ın üzerinde kıvrılma göstermeyen sürgünler oluşturmuşlardır. Sürgünde kıvrılma yok kategorisinde en yüksek oran M-4 uygulamasındaki (%86,08) çöğürlerde, daha sonra ise sırasıyla M-1 (82,43), M-2 (%74,42), Kontrol (%68,69) ve M-3 (%60,27) uygulamalarındaki çöğürlerde görülmüştür. Tohum kaynakları arasında farklılık önemli olmamakla birlikte, sayısal olarak Fernor kaynaklı çöğürlerin %88,64 oranı ile en yüksek oranda sürgünde kıvrılma yok değeri gösteren çöğürler olduğu, bunu sırasıyla Franquette (%74,04), Kaman-1 (%73,78) ve en düşük oranla Chandler'ın (%67,57) takip ettiği görülmüştür (Ek 2).

4.4. Çöğürlerin Mikorizal Birliktelik Oluşturma Düzeyleri

Çalışmada, mikorizaların ceviz çöğürleri ile birliktelik oluşturma düzeyleri (1) köklerdeki mikorizal kolonizasyon oranlarının belirlenmesi, (2) kök bölgesindeki toprakta çoğalmış sporların sayılarının belirlenmesi yoluyla yapılmıştır.

Mikoriza uygulamaları (P=0,718) ve tohum kaynakları (P=0,776) bazında köklerde belirlenen mikorizal kolonizasyon oranları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte, istatistiksel olarak mikoriza uygulamalarına göre kök bölgesindeki toprakta belirlenen spor sayıları arasındaki farklılık çok önemli, tohum kaynaklarına göre köklerde belirlenen spor sayıları arasındaki farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.19). Mikoriza kolonizasyon oranları ve spor sayıları üzerine daha ayrıntılı değerlendirmeler aşağıdaki alt başlıklarda yapılmıştır.

Tablo 4.19: Ceviz çöğürlerinde köklerin mikorizal kolonizasyon oranları ve ortamda oluşan spor sayılarına ait değerlerin varyans analiz özeti.

Varyans Kaynakları	Özellik					
	Mikoriza kolonizasyon oranları (%)			Spor sayıları (adet)		
	F değeri	P değeri	Önem derecesi	F değeri	P değeri	Önem derecesi
Tekerrür	0,09	0,911	Ö.D	1,72	0,187	Ö.D
Mikoriza Uygulaması	0,45	0,718	Ö.D	28,25	0,000	**
Tohum Kaynağı	0,37	0,776	Ö.D	1,66	0,184	Ö.D
M X T	0,71	0,696	Ö.D	1,03	0,426	Ö.D

* Önemli (p<0.05), ** Çok Önemli (p<0.01), Ö.D.: Önemli değil

4.4.1. Çöğür Köklerinde Mikorizal Kolonizasyon Oranları

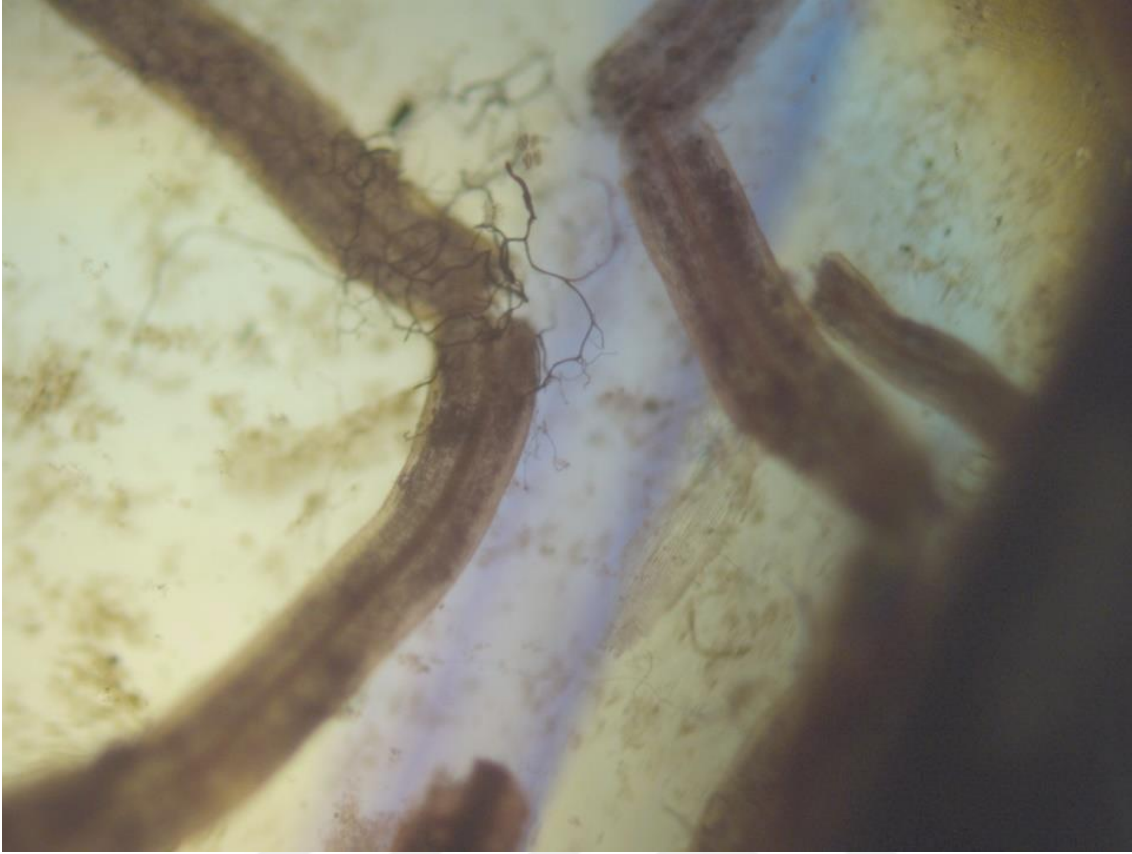
Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarında, çöğürlerin köklerinde belirlenen mikorizal kolonizasyon oranlarına ait değerler Tablo 4.20’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Mikoriza uygulamalarının etkisini tam olarak ortaya çıkartmak için mikoriza inokulasyonu yapılmayan Kontrol uygulamasına ait değerler varyans analizi dışında tutulmuş ve karşılaştırmalar mikoriza uygulamaları arasında yapılmıştır.

Mikoriza uygulamalarında, kolonizasyon oranları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte sayısal olarak en yüksek kök kolonizasyon oranının M-2 uygulamasında ortalama %30,07 ile, en düşük kolonizasyon oranının ise M-4 uygulamasında ortalama %23,67 ile olduğu görülmüştür. Kontrol uygulamasındaki çöğürlerin köklerinde de doğal olarak ortalama %3,41 oranında bir mikorizal

kolonizasyonun gerçekleştiği belirlenmiştir. Tohum kaynaklarında belirlenen kök kolonizasyon oranları arasındaki farklılıklar da istatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte en yüksek kolonizasyon oranı %28,77 ile Franquette ğrlerinde, en düşük ise %24,81 ile Kaman-1 ğrlerinde belirlenmiştir. Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları interaksiyonunda ise, sayısal olarak en yüksek kök kolonizasyon oranı %35,56 ortalama ile M-2 x Franquette kombinasyonunda, en düşük kolonizasyon oranı ise %17,77 ortalama ile M-4 x Kaman-1 kombinasyonunda belirlenmiştir (Tablo 4.20). Laboratuvar çalışmasında incelenen ceviz ğrlerinde mikorizal kolonizasyonun belirlenme aşamasında elde edilen, kolonizasyon göstermeyen ve kolonizasyon gösteren köklere ait örnek mikroskop görüntüleri sırasıyla şekil 4.5 ve şekil 4.6'da verilmiştir.



şekil 4.5. Mikoriza ile kolonize olmamış ceviz kökünün mikroskop altındaki görüntüsü (Orijinal)



Şekil 4.6. Mikoriza ile kolonize olmuş ceviz kökünün mikroskop altındaki görüntüsü, (M-4 x Chandler kombinasyonu (Orijinal)).

Tablo 4.20: Ceviz çöğürlerinde köklerin mikorizal kolonizasyon oranları (%)

Mikoriza Uygulamaları	Tohum Kaynakları				Mikoriza Uygulamaları Ort. (Ö.D.)
	Fernor	Chandler	Kaman-1	Franquette	
1	24,30 ± 1,00	29,49 ± 4,73	26,61 ± 6,17	32,22 ± 9,02	28,15 ± 3,44
2	29,92 ± 1,42	29,92 ± 3,92	24,87 ± 2,00	35,56 ± 5,45	30,07 ± 1,90
3	28,52 ± 0,97	33,34 ± 4,89	29,96 ± 7,64	20,52 ± 7,07	28,09 ± 2,84
4	33,47 ± 4,58	19,95 ± 8,96	17,77 ± 3,62	26,77 ± 9,46	23,67 ± 3,70
¹ Tohum kaynağı ort. (Ö.D.)	28,64 ± 2,64	28,18 ± 2,95	24,81 ± 2,64	28,77 ± 3,79	27,58 ± 1,50
Kontrol	3,27 ± 1,79	0,94 ± 0,50	6,48 ± 0,32	2,93 ± 0,83	3,41 ± 0,74

¹: Kontrol hariç ortalama değerler; Ö.D.: Önemli değil

4.4.2. Yetiştirme Ortamında Oluşan Spor Sayıları

Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynakları bazında çöğürlerin kök bölgelerindeki topraklarda belirlenen spor sayılarına ait değerler Tablo 4.21’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Mikoriza uygulamalarının etkisini tam olarak görebilmek amacıyla mikoriza inokulasyonu

yapılmayan Kontrol uygulamasına ait değerler varyans analizi dışında tutulmuş ve karşılaştırmalar 4 farklı mikoriza uygulaması arasında yapılmıştır.

Mikoriza uygulamalarına göre kök bölgesindeki topraklarda belirlenen spor sayıları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama spor sayısı 913,2 adet ile M2 ve 855,4 adet ile M-4 uygulamasındaki çöğürlerde bulunurken en düşük ortalama spor sayısı ise 640,7 adet ile M-1 uygulamasındaki çöğürlerde bulunmuştur. M-3 uygulaması ortalama 771,2 adet spor sayısı ile orta grupta yer almıştır. Kontrol uygulamasındaki çöğürlerin kök bölgesindeki topraklarda da doğal olarak ortalama 132,8 adet spor bulunduğu belirlenmiştir.

Tohum kaynakları bazında belirlenen spor sayıları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte, sayısal olarak en yüksek ortalama spor sayısı 815,4 adet ile Fernor, en düşük ortalama spor sayısı ise 758,4 adet ile Franquette çöğürlerinin kök bölgesindeki topraklarda belirlenmiştir.

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları interaksiyonunda ise sayısal olarak en yüksek ortalama spor sayısı 997,8 adet ile M-2 x Fernor kombinasyonunda, en düşük ortalama spor sayısı ise 570,0 adet ile M-1 x Franquette kombinasyonunda belirlenmiştir (Tablo 4.21).

Tablo 4.21: Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre yetiştirme ortamında oluşan spor sayıları.

Mikoriza Uygulamaları	Tohum Kaynakları				
	Fernor	Chandler	Kaman-1	Franquette	Mikoriza Uygulamaları Ort. (**)
1	654,2 ± 25,4	640,4 ± 43,3	700,5 ± 36,5	570,0 ± 92,7	640,7 ± 29,4C
2	997,8 ± 57,9	862,3 ± 24,4	938,7 ± 62,8	882,2 ± 33,1	913,2 ± 23,9A
3	787,2 ± 26,1	827,8 ± 53,7	718,5 ± 34,6	753,8 ± 25,0	771,2 ± 19,6B
4	870,0 ± 47,1	886,2 ± 35,5	847,8 ± 22,0	827,7 ± 43,1	855,4 ± 17,8A
¹ Tohum kaynağı ort. (Ö.D.)	815,4 ± 34,9	807,9 ± 27,8	801,4 ± 28,1	758,4 ± 35,6	794,2 ± 15,8
Kontrol	126,5 ± 22,2	172,0 ± 33,1	126,2 ± 18,7	121,0 ± 5,4	132,8 ± 10,6

** Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark çok önemlidir (p<0.01)

¹ : Kontrol hariç ortalama değerler

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Arbüsküler Mikorizal Fungus türlerinin (*Glomus* spp.), ceviz çöğürlerinin (*Juglans regia* L.) büyümeleri ve morfolojileri üzerine etkileri ile mikorizal birliktelik oluşturma düzeylerini ortaya koymak amacıyla tasarlanan ve yürütülen bu araştırmada dört farklı mikorizal fungus inokulumu (M-1, M-2, M-3, M-4), dört farklı ceviz (Fernor, Chandler, Kaman-1 ve Franquette) tohum kaynağına inokule edilmiştir. Mikorizal fungus uygulamalarının etkisini değerlendirmek amacıyla tohum kaynaklarında çıkış oranları ve çıkış süreleri belirlenmiş, çöğürlerde çöğür kuruma oranları, kök boğazı kalınlığı, sürgün uzunluğu, sürgün kalınlığı, yaş ve kuru bazda kök, sürgün ve toplam çöğür biyokütleleri belirlenmiştir. AMF türlerinin çöğür morfolojilerine etkilerini belirlemek amacıyla ise yaş ve kuru kök/sürgün oranları, pişkinlik oranları, Dickson Kalite İndeks (DKİ) değerleri, Kök Şekil İndeks değerleri hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, çöğürlerin morfolojisiyle ilgili olarak Kök Liflilik Derecelendirmesi, ana kök ekseninde kök dağılımının homojenliği, çöğür ve sürgün doğrulukları ile sürgünlerdeki deformasyonlar belirlenmiştir. Ceviz çöğürlerinin AMF türleriyle mikorizal birliktelik oluşturma düzeyleri ise kök kolonizasyon oranlarının ve yetiştirme ortamında çoğalttıkları sporların sayımı yolu ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, genel anlamda, farklı mikorizal fungus türlerinin çöğürlerin büyüme ve morfolojik özellikleri üzerine farklı düzeylerde etkide buldukları, köklerde benzer düzeylerde mikorizal kolonizasyon oluşturdıkları ve farklı sayılarda spor çoğalması gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Denemedeki iki önemli faktörün çöğürlerde belirlenen özellikler üzerine oluşturdıkları etkiler aşağıdaki paragraflarda ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Mikoriza uygulamaları, tohum çıkış oranları üzerine istatistiki olarak önemli düzeyde etkide bulunmamış ancak tohum kaynakları önemli düzeyde etkide bulunmuştur. Mikoriza uygulamalarının çimlenmeyi engelleyici bir etkisinin olduğu herhangi bir çalışmada bildirilmemiştir. Farklı ceviz genotiplerinden ve çeşit kaynaklı ağaçlardan alınan cevizlerde çimlenme oranlarının değişken olduğu ve yapılan çalışmalarda çimlenme oranlarının %25-85 arası değiştiği bildirilmiştir (Yılmaz ve Akça, 2016). Bu çalışmada, mikoriza uygulamalarındaki tohum çıkış oranları (çimlenme oranları) %32,50 (M-1) ile %44,58 (Kontrol) arasında, tohum kaynaklarındaki çıkış oranları ise %15,00 (Fernor) ile 69,96

(Kaman-1) arasında değişmiş ve genel ortalama olarak %37,53'lük bir çimlenme oranı görülmüştür. Çalışmamızdaki tohum çıkış oranları, diğer çalışmalarda bulunan değerlere (Sesli, 2016) ve Yılmaz ve Akça (2016)'nın aynı çeşitler için bildirdiği oranlara göre daha düşük gerçekleşmiştir.

Tohum çıkış süresi bakımından durum değerlendirildiğinde, hem mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarının etkisi istatistiksel olarak çok önemli düzeydedir (Bkz. Tablo 4.1). Mikoriza uygulamalarında 65 gün (M-4) ile 51 gün (M-3) arasında çıkış süresi, tohum kaynaklarında ise 89,05 gün (Chandler) ile 45,4 gün (Kaman-1) arasında değişen süreler belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.2). Çalışmamızdaki mikoriza uygulamalarında, M-4 (*Glomus mosseae*), M-1 (Karışım mikoriza) ve M-2 (*Glomus iranicum*)'de Kontrol uygulamasının üzerinde çimlenme süresi gözlemlenirken sadece M-3 (*Glomus intraradices*) uygulamasında çimlenme süresi Kontrol uygulamasından daha azdır yani tohumlar daha hızlı çıkış göstermişlerdir. Bu sonuçlar, ilk bakışta, mikoriza uygulamalarının çimlenme hızını etkilediğini düşündürmektedir, ancak mikoriza inokulasyonları, M-1 (Karışım mikoriza) ve M-2 (*Glomus iranicum*) uygulamalarında çimlenme öncesi dönemde yapılmış, M-3 (*Glomus intraradices*) ve M-4 (*Glomus mosseae*) uygulamalarında ise çimlenme sonrasında yapılmıştır. Bu nedenle, mikorizaların kök ucu çıkışı gösteren cevizlere nüfuz etmesinden kaynaklı bir kök ve sürgün gelişimi yavaşlaması sadece M-1 (Karışım mikoriza) ve M-2 (*Glomus iranicum*) uygulamaları için geçerli olabilir, sürenin uzama gösterdiği diğer M-4 uygulaması için söz konusu olamaz. Nitekim mikoriza uygulamalarının olumsuz bir etkisi olmuş olsa bu durum bir şekilde çöğür kuruma/ölme oranlarına yansıyabilirdi ancak gerek mikoriza uygulamalarında gerekse tohum kaynaklarında çöğür kuruma oranları arası farklılık önemli bulunmamıştır. Yine, Kontrol uygulamasına göre çıkış süresi kısa olan M-3 uygulaması da çimlenme sonrası dönemde yapılmış olduğundan, bu uygulama için de çıkış hızlandırıcı bir etkiye sahip olduğu söylenemez. Mikorizal inokulasyonların yapıldığı çalışmalarda çimlenme süresi ve hızı incelenen özelliklerden biri değildir ve bu konuda karşılaştırma yapabilmek için herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan mikoriza uygulamalarına göre çıkış süreleri arasındaki farklılığının başka çalışmalarda yeniden test edilmesi ve değerlendirilmesi daha yerinde olacaktır. Çimlenme sürelerinin, ortalama süre ve çimlenme hızı bakımından farklı kaynaklardan alınan tohumlarda ve çeşit bazlı tohum kaynaklarında farklı olabildiği ceviz üzerine yürütölen çalışmalarda görölmektedir (Vahdati ve diğ., 2012; Sesli, 2016; Yılmaz ve Akça, 2016). Vahdati ve diğ. (2012), ceviz gibi sert kabuklu meyvelerde kabuk kalınlığının fazla olması,

kabuk içi yapısının düzensiz olması ve kabukların birbirine tutunma kuvvetinin yüksek olması gibi nedenlerle kök ve sürgünün dışarı çıkışının fiziksel olarak engellenebileceğini, Yılmaz ve Akça (2016) ise farklı kaynaklardan alınan ceviz tohumlarının aynı çevre koşullarına farklı hızlarda biyokimyasal tepkiler gösterebileceğini ve cevizlerin sert kabuklarının farklı düzeylerde mekanik etkiler ve kısıtlamalar oluşturarak çimlenme hızlarını değiştirebileceğini bildirmişlerdir . Çalışmamızda tohum kaynağı olarak kullanılan çeşitlerin çimlenme süreleri, aynı çeşitlerle çalışma yürüten Yılmaz ve Akça (2016)'nın belirlediğinden daha uzun olmakla birlikte, çimlenme süreleri bakımından çeşitlerin sıralamaları aynıdır. Fizyolojik olarak tohumlardan radisil ve hipokotilin çıkış süresi üzerine, eğer bünyede herhangi bir çimlenme engelleyici biyokimyasal madde yok ise, büyük ölçüde çimlenme ortamındaki çevre koşulları etkilidir. Burada görülen çimlenme süresi farklılığın nedeni, bu çalışmanın yürütüldüğü 2017 yılında çimlenmeye etki eden çevre faktörlerinin (hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı ve yağış gibi) farklılığı olabilir.

Çalışmamızda, sürgün büyümesine ilişkin değerler, ilk olarak yetiştirme ortamında toprak seviyesinden sürgün kalınlık ve uzunluk değerlerinin ölçülmesi yoluyla, ikinci olarak da ortamdaki çıkarılmış çöğürlerin kök boğazı kalınlığının ve kök boğazından sürgün ucuna kadarki sürgün uzunluğunun yeniden ölçülmesi yoluyla elde edilmiştir. Yetiştirme ortamında ölçülen sürgün uzunluk ve kalınlık değerleri kolay alınabilir değerlerdir ve çöğürlerin sökümünün tercih edilmeyeceği çalışmalarda da rahatlıkla elde edilebilirler. Birçok çalışmada çöğürler için kullanılan önemli bir büyüme parametresi olan kök boğazı kalınlığı değeri ise ancak söküm sonrasında çıplak köklü çöğürlerden alınabilir. Yetiştirme ortamında ölçülen bu sürgün uzunluk ve kalınlık değerleri, yürütülecek diğer çalışmalarda rahatlıkla elde edilebilecek değerlerle karşılaştırma imkânı sağlamaları yönüyle önem arz etmektedir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlarda, söküm sonrası alınan değerler daha yüksek olmak kaydıyla, yetiştirme ortamında ölçülen sürgün uzunluk değerleri ile söküm sonrasında belirlenen sürgün uzunluk değerleri ve yetiştirme ortamında belirlenen sürgün kalınlıkları ile söküm sonrasında belirlenen kök boğazı kalınlık değerlerinin yüksek bir korelasyon halinde görülmüştür. Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynakları sürgün uzunluk değerleri ve sürgün kalınlık değerleri ile kök boğazı kalınlık değerleri üzerine benzer etkiler göstermişlerdir. Mikoriza uygulamalarının her iki sürgün uzunluğu değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Pirazzi ve diğ. (1999)'nin *J. nigra* çöğürlerinde *G. mosseae* kullanarak yürüttüğü çalışmada da benzer bir sonuç elde edilmiştir. Schultz ve diğ. (1981)'in yürüttüğü çalışmada da mikoriza uygulamalarının sürgün

uzunluğunu artırmadığı belirlenmiştir. Nitekim, Schultz ve diğ. (1981) bu durumu, sezonluk tek bir büyüme yapan odunsu ağaç türlerinde temmuz ayı başına kadar olan hızlı bir sürgün büyümesinin oluşuna ve bu büyümenin büyük ölçüde tohumdaki rezerv besinler kullanılarak gerçekleşmesine bağlamışlardır. Araştırmacılar, mikorizaların besin maddesi alımındaki etkinliğinden dolayı oluşturacağı büyüme artışının çöğür kalınlık değerlerinde (Schultz ve diğ., 1981) ve köklerde kuru madde artışı olarak ortaya çıktığını (Pirazzi ve diğ., 1999; Kormanik ve diğ., 1982) bildirmişlerdir. Sürgün büyümesine (uzunluğuna) etki eden tohumla ilgili olan bu durum çalışmamızda belirlenen tohum kaynağı faktörünün sürgün uzunluğu üzerine etkisini daha kolay izah etmemize imkân sağlamaktadır. Çalışmamızdaki tohumlar sürmeye etki edecek iç ağırlıkları itibarı ile birbirinden farklıdır (Bkz. Tablo 3.1). Tohum kaynaklarının bu farklılığı, aynı zamanda denemede mikorizaların gelişme üzerine olumlu etkisini baskılayacak bir etki göstermiş olabilir.

Çalışmamızda, sürgün kalınlık değerleri üzerine mikoriza uygulamalarının etkisi önemlidir, başka bir ifade ile inokulumlar içerisindeki farklı mikorizal fungus türleri farklı düzeylerde etkide bulunmuşlardır. M-1 (Karışım mikoriza) uygulaması sürgün kalınlık değerlerinde kontrole göre azalmaya neden olurken, M-3 (*Glomus intraradices*) ve M-4 (*Glomus mosseae*) uygulamaları kontrole göre artışa neden olmuştur. Kök boğazı kalınlığı değerlerinde sadece M-3 (*Glomus intraradices*) uygulaması kontrole göre kalınlık artışına neden olmuş, M-4 (*Glomus mosseae*) ve M-2 (*Glomus iranicum*) uygulamaları değişikliğe neden olmazken, M-1 (Karışım mikoriza) uygulaması ise kök boğazı kalınlık değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Sürgün kalınlık ve kök boğazı kalınlıkları itibarıyla birlikte değerlendirme yapıldığında her ikisinde de sadece M-3 (*Glomus intraradices*) uygulamasının kalınlık değerlerini artırdığı görülmektedir. Sürgün uzunluk ve kalınlık değerleri üzerine mikoriza türlerinin farklı etki etme durumu fıstık (*Pistacia* spp.) çöğürleri üzerine yürütülen çalışmada (Kafkas ve Ortaş, 2009), *J. nigra* üzerine yürütülen bir çalışmada (Melichar ve diğ., 1986) ve kirazların doku kültüründe mikoriza inokulasyonu yapılarak üretildiği başka bir çalışmada da belirlenmiştir (Aka Kaçar ve diğ., 2010).

Ana kök uzunluğu üzerine mikoriza uygulamaları herhangi bir etkide bulunmazken tohum kaynaklarının etkisi çok önemlidir (Bkz. Tablo 4.3). Ceviz ile ilgili tüm çalışmalarda kök uzunluğu değeri belirlenmemiş olmakla birlikte *J. regia*'da yürütülen sınırlı sayıdaki çalışmada (Yılmaz ve Akça, 2016) ve *J. nigra* üzerine yürütülen çalışmalarda kök uzunluk değerleri yanında kök büyüklüğü üzerine tohum kaynağının etkisinin olduğu gösterilmiştir (Kormanik, 1985; Schultz ve diğ., 1981; Wilson ve diğ., 2004).

Büyüme performansını yansıtmaya yönelik olarak belirlenmiş olan yaş sürgün, yaş kök ve toplam yaş çöğür biyokütle değerlerine etki bakımından tohum kaynaklarının etkisi mikoriza uygulamalarından daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Mikoriza uygulamaları sadece yaş sürgün biyokütle değerleri üzerinde önemli bir etki göstermiş, yaş kök ve toplam yaş çöğür değerlerine etki etmemiştir (Bkz. Tablo 4.5). Tohum kaynaklarının yaş bazda belirlenen tüm biyokütle değerleri üzerine etkisi çok önemli düzeydedir. Yaş sürgün biyokütle değerleri bakımından M-3 uygulaması yapılan çöğürler Kontrol uygulamasındaki çöğürlerin üzerinde değer gösterirken, M-1 uygulamasındaki çöğürler daha düşük değerler göstermişlerdir (Bkz. Tablo 4.6). Bu durum mikoriza türlerinin çöğürlerin kök ve dolaylı olarak sürgün fizyolojileri üzerine olan etkilerinden kaynaklanabilir. Tohum kaynakları arasında en iyi yaş biyokütle üretim performansını Kaman-1 kaynaklı çöğürler, daha sonra ise sırasıyla Franquette, Fernor ve Chandler kaynaklı çöğürler sergilemişlerdir.

İncelenen çöğürlerde, sürgün, kök ve çöğürlerin tamamında belirlenen nem içerikleri üzerine etki eden faktörler yaş biyokütle değerleri üzerinde görülen etkiden farklılık göstermektedir. Buradaki farklılık mikoriza uygulamalarının etki düzeyinde de görülmektedir (Bkz. Tablo 4.5 ve 4.7). Yaş sürgün biyokütle değerlerindeki farklılık üzerine mikoriza uygulamaları etki göstermezken (Bkz. Tablo 4.5), nem içerik değerleri üzerine anlamlı sayılabilecek bir düzeyde etki göstermiştir (Bkz. Tablo 4.7). M-2 uygulamasındaki çöğürler, Kontrol dahil tüm mikoriza uygulamalarındaki çöğürlerden daha yüksek sürgün nemi içeriğine sahip olmuşlardır. Kök nemi ve toplam çöğür nemi bakımından da M-4 uygulamasındaki çöğürlerin nem içeriği kontrol dahil diğer uygulamalardan yüksektir. M-3 uygulamasında ise kök nem değerleri Kontrol uygulamasının altındadır. Kökler ile etkileşime geçen farklı mikoriza türleri daha uygun rizosfer koşulları sağlayarak ya da düşük sıcaklıklarda köklerin çalışmasını devam ettirerek dormant hale geçişi etkiliyor olabilirler. Bu durum kök ve sürgünlerde sonbaharın ilerleyen dönemlerinde daha yüksek düzeyde su bulunmasına ya da kök ve sürgünlerdeki su içeriğinin daha yavaş azalmasına sebep oluyor olabilir. M-2 uygulamasında görülen yüksek sürgün nem içeriği ve M-4 uygulamasında görülen yüksek kök ve toplam çöğür nemi içeriğinin tam sebebi daha spesifik çalışmalarla ortaya konabilir.

Tohum kaynakları arasında, sürgün nemi, kök nemi ve toplam çöğür nemi içeriği bakımından Franquette kaynaklı çöğürler en yüksek değerleri göstermişlerdir. Kaman-1 çöğürleri ise sürgün nemi dışında diğer nem değerlerinde de yüksek değer sergilemişlerdir. Chandler çöğürleri ise sürgün neminde en yüksek değeri gösterirken kök ve toplam çöğür nemi içeriği bakımından en düşük değerleri göstermişlerdir. Tohum kaynaklarının farklı

tarihlerde yapraklanma ve yaprağını dökme özelliği yönünden genetik farklılıklara sahip olmalarından dolayı sezon sonunda dormant hale geçişlerinde, bünyelerindeki suyu azaltmalarında birbirlerinden farklılıkları bulunabilir ve bu farklılık çöğürlerin değişik miktarlarda nem içeriğine sahip olmalarına neden olabilir. Tablo 4.8'deki değerler dikkatlice incelenirse, sürgün nemi içeriği yüksek çöğürlerin orijinleri itibarı ile geç yapraklanma gösteren Franquette, Chandler ve Fernor ceviz çeşitlerine ait olduğu görülebilir. Bu çeşitler sadece geç yapraklanma göstermezler aynı zamanda gelişmelerini de sonbaharda geç döneme kadar devam ettirirler. Nitekim, bu özelliklerinden dolayı Franquette, Chandler ve Fernor kaynaklı çöğürler erken yapraklanan ve erken kışa hazırlanan Kaman-1 çeşidinin çöğürlerinden daha yüksek sürgün nemi içeriğine sahip olmuşlardır. Değerlerde dikkat çeken başka bir durumda toplam çöğür nem değeri yüksek olan kaynakların kök biyokütlesi bakımından yüksek değerler gösteren Kaman-1 ve Franquette kaynaklı çöğürler olmasıdır. Ceviz çöğürlerinde köklerinin ortalama nem içeriği (%61,40) sürgünlerin ortalama nem (%52,58) içeriğinden fazladır (Bkz. Tablo 4.8) ve kuru bazda köklerin biyokütle değerleri ortalama 4,33 kat daha fazladır (Bkz. Tablo 4.12). Çöğürlerde nem içeriklerinin bilinmesi, kalitelerine ilişkin daha erken dönemde karşılaştırma yapabilmek, mevcut fizyolojik durumları hakkında bilgi sahibi olabilmek ve daha sonraki dönemlerde çöğürlerde yapılan işlemlerin etkisini belirleyebilmek açılarından önemlidir (Thompson, 1984; Wilson ve Jacobs, 2006; Davis ve Jacobs, 2005). Çöğürlerin bünyesinde bulunan nem değerleri, bu çalışmaya özgü olarak da mikoriza ve tohum kaynaklarının yaprak döküm sonrasında çöğürlerin fizyolojik aşamalarına ait bilgi vermesi bakımından önemlidir.

Çalışmamızda etkisi değerlendirilecek esas konular olan, mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarının çöğür büyümesi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi bakımından, kuru biyokütle değerleri daha iyi karşılaştırma yapma imkânı sağlamaktadır. Bununla birlikte, çöğür fizyolojisi farklılıkların tam olarak anlaşılabilmesi için yaş, kuru biyokütle değerleri ve çöğürlerin nem içeriklerinin birlikte değerlendirilmesinin gerektiği unutulmamalıdır. Nitekim, kuru sürgün, kuru kök ve toplam kuru çöğür biyokütlelerinin belirlenmesi aşamasında çöğür nemi farklılıkları ortadan kalktığı için mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarının etkilerinin daha iyi karşılaştırma yapmaya imkân sağlayacak derecede belirgin hale geldiği görülmüştür. Sonuçta olarak da çöğürlerin kuru sürgün, kuru kök ve toplam çöğür biyokütle üretimleri üzerine mikoriza uygulamalarının etkisinin önemli, tohum kaynağının etkisinin ise çok önemli olduğu ortaya çıkmıştır. M-3 uygulaması Kontrol ile karşılaştırdığında ortalama kuru sürgün biyokütlesini artırmış, M-1, M-2 ve M-4

uygulamaları ise düşürmüştür. M-2 ve M-3 uygulamaları da Kontrol ile karşılaştırdığında ortalama kuru kök biyokütlesinde artışa sebep olmuştur, M-1 ve M-4 uygulamaları ise bir değişikliğe sebep olmamıştır. M-3 uygulamasındaki çöğürler sürgün, kök ve toplam çöğür biyokütlesi bakımından Kontrol uygulamasındaki çöğürlerden daha yüksek biyokütle üretimi gerçekleştirmiş, M-1 uygulamasındaki çöğürler ise Kontrol uygulamasındaki çöğürlerden daha düşük biyokütle üretimi gerçekleştirmişlerdir. M-3 uygulaması, ceviz çöğürlerinde tüm kuru biyokütle değerlerinde büyümede artış sağladığı için dikkat çeken bir uygulama olmuştur. M-2 uygulaması, sadece kök biyokütlesini artıran kaynak olarak önemlidir. M-1 uygulaması, tüm kuru biyokütle değerlerinde düşüşe sebep olmuş, diğer mikoriza uygulamaları ise önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır (Bkz. Tablo 4.10). Farklı mikoriza türlerinin sürgün ve köklerde farklı düzeyde biyokütle üretimine neden olabileceği fıstıklarda (Kafkas ve Ortaş, 2009), *J. nigra* çöğürlerinde yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Schultz ve diğ., 1981; Ponder Jr., 1984; Melichar ve diğ., 1986; Dixon, 1988). Çalışmamızda, *Glomus intraradices*'in (M-3) kök ve sürgün biyokütlesinde artışa sebep olduğu belirlenirken, *Glomus iranicum*'un (M-2) sadece kök biyokütlesinde artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Mikorizaların sürgünden ziyade kök biyokütlesini artırma durumu, *J. nigra* üzerinde çalışma yürüten Pirazzi ve diğ. (1999) ile Ponder Jr. (1984) tarafından da bildirilmiştir.

Nem farklılıklarının ortadan kalkması neticesinde tohum kaynaklar arası biyokütle üretim farkları daha belirgin hale gelmiştir. En iyi kuru biyokütle üretim performansını Kaman-1 kaynaklı çöğürler, daha sonra ise sırasıyla Fernor, Franquette ve Chandler kaynaklı çöğürler sergilemişlerdir (Bkz. Tablo 4.10). Yaş biyokütle üretimindeki sıralama (Bkz. Tablo 4.6), Franquette çöğürlerindeki yüksek nem içeriğinden dolayı değişmiş ve Fernor kaynaklı çöğürlerin daha iyi performans gösterdiği burada ortaya çıkmıştır (Bkz. Tablo 4.8 ve 4.10). Aynı çeşitlerle 2015 yılında çalışma yürüten Yılmaz ve Akça (2016)'nın çalışmasında tohum kaynaklarının biyokütle üretme performansları arasında önemli düzeyde farklılık bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ortaya çıkan Fernor çöğürlerinin Franquette çöğürlerine göre daha fazla biyokütle üretme sonucu ise o çalışmada tersine bulunmuş, yine Kaman-1'in en fazla biyokütle üretimi gerçekleştiren tohum kaynağı olduğu belirlenmiştir. *J. nigra* üzerinde yapılan çalışmalarda da tohum kaynağının kök ve sürgün biyokütle üretimi üzerine önemli etkisinin olduğu belirgin biçimde ortaya konulmuştur (Wilson ve diğ., 2004; Dixon, 1988).

Yaş kök/sürgün oranları, kuru kök/sürgün oranları ve DKİ değerleri üzerine mikoriza uygulamaları çok önemli düzeyde etki yapmıştır, pişkinlik oranları ise mikoriza uygulamalarından etkilenmemiştir (Bkz. Tablo 4.11). Brookshire ve diğ. (2003), *J. nigra*'da yürüttüğü çalışmada, burada bulunan sonucun aksine mikoriza uygulamalarının çöğürlerin pişkinlik oranını artırdığını bildirmiştir. M-2 uygulaması yaş kök/sürgün oranını Kontrol uygulamasına göre artırmıştır. Diğer uygulamalar ise Kontrole göre herhangi bir değişikliğe sebep olmamıştır. M-2 uygulamasının çöğürlerin kuru kök/sürgün oranlarını belirgin şekilde artırdığı, M-3 uygulamasının hafif bir artışa sebep olduğu görülürken, diğer uygulamaların ise herhangi bir değişikliğe sebep olmadığı görülmüştür. Kök/sürgün oranları, kök ve sürgün arasındaki gelişme dengesini yansıtması açısından önemlidir ve çöğürlerin yeniden dikimdeki yaşama oranları ile yakından ilgilidir. Kök/sürgün oranı, kök gelişiminin sürgün aleyhine artmasıyla yükselmektedir. Sürgün gelişiminin artması toprak üstü aksamdan terleme ile su kaybını artırmakta ve bu durum özellikle yeniden dikimin ilk safhalarında sorun oluşturmaktadır. Yüksek bir kök/sürgün oranı su stresini azaltabilecek etkide bulunabilir ve bu nedenle çöğürler için önemli bir özelliktir (Haase, 2007). Ceviz gibi havuç benzeri ana kök üreten türlerde, kökler aynı zamanda besin maddesi depo işlevi görmektedirler ve doğal olarak daha büyüktürler. Cevizlerde, çöğürdeki toplam biyokütle birikiminin %58 ile %81 oranları arasında köklerde gerçekleştiği ve sonuç olarak kök biyokütlesinin sürgün biyokütlesinden ortalama 3 kat daha büyük olduğu bildirilmiştir (Mariotti ve diğ., 2015).

Çöğürlerin tüm özelliklerinin dikkate alındığı değerlendirme şekli olan DKİ üzerine M-2 (*Glomus iranicum*) ve M-3 (*Glomus intraradices*) uygulamaları değerleri artırıcı etki göstermiş, M-1 uygulaması ise bir miktar azaltıcı etki göstermiştir (Bkz. Tablo 4.11). Bu durum kök ve sürgün biyokütle artış ve azalışlarında karşılaşılan durumlarla ilişki halindedir. Çünkü, DKİ çöğürlerin kuru biyokütle değerlerini ve sürgün uzunluk ve kalınlık değerlerini birlikte ortaya koyabilen bir indekstir. İndeksin daha yüksek değerler alabilmesi için çöğür biyokütle değerlerinin yükselmesi ve/ya sürgün uzunluğu/kök Boğazı kalınlığı değerinin (pişkinlik oranı) ve sürgün/kök (ağırlık) oranının ayrı ayrı ya da toplamda düşmesi gerekmektedir (Dickson ve diğ., 1960). Toplam çöğür biyokütlesinde artış sağlayan mikoriza uygulamaları DKİ formülündeki eşitliğin üst kısmının büyümesine, kök boğazı kalınlığını ve kök biyokütle değerini artıran mikoriza uygulamaları ise eşitliğin alt kısmının azalmasına neden olduğu için DKİ değerlerinde diğer özelliklerde görülenden daha belirgin bir artış ortaya çıkarmaktadırlar. Nitekim M-2 ve M-3 uygulamalarının toplam çöğür

biyokütlesinde meydana getirdiği artışlar ve M-2 uygulamasının kök biyokütlesinde sağladığı artış (sürgün/kök oranının düşmesi) DKİ değerlerini artırarak büyüme üzerine olan etkiyi daha belirgin hale getirmiştir. Sadece bu indeks değeri üzerinden bir değerlendirme yapılacak olursa M-2 ve M-3 uygulamalarının çöğürlerin kalitesini artırdığı söylenebilir. Bu çalışmada büyüme etkisini yansıtmaya bakımından Dickson Kalite İndeksinin ortaya koyduğu performans, diğer çalışmalar için de bu indeksin kullanışlı olabileceğini düşündürmektedir.

Belirlenen bütün morfolojik oranlar ve DKİ değerleri üzerinde tohum kaynaklarının etkisi çok önemlidir ve etkinin önemli olduğu morfolojik özelliklerde etki düzeyi mikoriza uygulamalarından daha yüksektir (Bkz. Tablo 4.11). Kuru kök/sürgün oranları bakımından en ideal çöğürleri Fernor tohum kaynağı oluşturmuş, Chandler en dezavantajlı kaynak olmuştur. Pişkinlik oranı bakımından Franquette kaynaklı çöğürler 1,79'luk oran ile diğer kaynaklardan yetiştirilen çöğürlerden daha üstün bulunmuşlardır. Pişkinlik oranı, çöğürlerin kısa kalın ya da ince uzun gelişim doğasını yansıtmaya yönüyle önemli bir orandır (Thompson, 1984), eğer iki çöğür aynı boyda ise kalın olan daha pişkindir. Konteynırlarda yetiştirilen çöğürlerde bu oran daha da önem kazanmaktadır (Mariotti ve diğ., 2015). Sürgünler, tüp boyutları ya da yetiştirme koşulları nedeni ile ince ve uzun bir gelişme gösterebilirler ve böylece pişkinlik oranı bakımından istenmeyen yüksek değerlere ulaşabilirler. Pişkinlik oranında, ağırlıklardan ziyade sürgün uzunluk ve sürgün (kök boğazı) kalınlıklarının oranı etkili olup Franquette kaynaklı çöğürlerin daha kalın ve kısa ya da boyuna göre daha kalın çöğürler oluşturduğu söylenebilir. Franquette çöğürlerinin pişkinlik oranı bakımından gösterdiği değere yakın bir değer Yılmaz ve Akça (2016)'nın çalışmasında da bulunmuştur. DKİ değerleri bakımından, Kaman-1 (24,20) kaynaklı çöğürlerin değerleri diğer kaynaklardan elde edilen çöğürlere göre belirgin derecede yüksektir. Chandler (8,61) kaynaklı çöğürler DKİ yönünden en düşük kalitedeki çöğürlerdir (Bkz. Tablo 4.11). *Juglans nigra* başta olmak üzere diğer ceviz türlerinde çöğür kalite değerlendirmesinde DKİ değerinin hesaplandığı araştırmalar bulunmakla birlikte *J. regia* L. çöğürlerinin değerlendirildiği çalışma sayısı sınırlıdır. Ćirković-Mitrović ve diğ. (2015), yabani tohum kaynaklarını kullanarak çıplak köklü olarak yetiştirdikleri *J. regia* L. çöğürlerinde ortalama 5,36, *J. nigra* çöğürlerinde ise 1,70 DQI (DKİ) değerlerini elde ettiklerini bildirmişlerdir. *J. regia* L. çöğürlerinin farklı yetiştirme kaplarında büyüme performanslarının incelendiği, direk olarak DKİ değerlerinin hesaplanmadığı ancak indeksin hesaplanmasındaki bileşenlerin tamamının belirlendiği, başka bir çalışmada çöğürler 15,05 ile 22,68 arasında indeks değerleri sağlamışlardır (Mariotti ve diğ., 2015). Farklı tohum kaynaklarından elde

edilen ceviz çöğürlerinde DKİ değerlerinin *J. regia*'nın tohum kaynağına göre önemli derecede değiştiği Yılmaz ve Akça (2016) tarafından da bildirilmiş olup, çalışmalarında 18,69 (Kaman-1) ile 9,55 (Chandler) arasında DKİ değerleri belirlediklerini bildirmişlerdir.

Çöğürlerin morfolojik özelliklerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan morfolojik oranlar ve DKİ dışında, köklerin kalitesini ve topoğrafik özelliklerinin morfolojik olarak tanımlanmasına yarayan köklerin kök ekseninde her seviyede ve yönde homojen dağılım gösterme durumuna ilişkin bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme, çok yıllık orman ağaçlarında, çöğür büyümesinin ilk yıllarında çöğür kalitesinin değerlendirilmesine ve sonraki yıllardaki performanslarının incelenmesine yönelik olarak yapılmaktadır. Bu özellik genel literatür değerlendirmesi sonucunda bu çalışmaya dahil edilmiş ve ceviz çöğürlerinde ilk defa kullanılmaktadır (Lindström ve Rune, 1999; Sundström ve Keane, 1999). Köklerin kök ekseninde dağılım özelliği, çöğürlerin kök kalitesi hakkında yapılan kültürel uygulamaları yansıtması ve daha sonraki yaşam evrelerindeki performanslarına etki edebilecek mahiyette olması bakımından özellikle önemlidir. Köklerin dağılımı bakımından homojenlik gösteren çöğürler göstermeyenler ile karşılaştırıldığında, diğer özellikler bakımından aynı olsalar bile, homojen dağılım gösteren çöğürler kalite ve daha sonraki yaşama ve büyüme performansları bakımından daha üstündürler (Lindström ve Rune, 1999; Sundström ve Keane, 1999). Mikoriza uygulamalarından M-1 ve M-2 uygulamaları Kontrol uygulamasındaki çöğürlere göre köklerde homojen kök dağılımını artırıyor, M-3 ve M-4 uygulamaları ise önemli bir değişikliğe neden olmuyor gibi görünmektedir. Öte yandan, köklerin dağılımının homojenlik göstermesi bakımından bu değerler istenilenin altında değerlerdir. Bu durum mikoriza uygulamalarından daha çok çöğürlerin yetiştirme ortamında sulama damlatıcısının tek olmasından ve bu nedenle köklerin tek yönlü gelişmesinden, M-3 ve M-4 uygulamalarında inokulumunun uygulama şeklinden kaynaklanmış olabilir. Bu özelliğe etki eden faktörler bakımından denemede istenmeyen olumsuz şartların gerçekleşmiş olması da düşünülebilir. Kök dağılımı homojenliği bakımından, tohum kaynakları arasında Franquette ve Kaman-1 çeşitleri Fernor'dan ve Chandler kaynaklarından daha homojen kök dağılımı sergiliyor gibi görünmektedir. Ortaya çıkan bu durum, bu özellik üzerine genetik kontrolün de olduğunu düşündürmektedir. Kaman-1 tohum kaynaklı çöğürlerin gelişme kuvvetinin fazla olması sebebiyle yüksek oranda homojen kök dağılımı göstermesi beklenebilir bir durumdur ancak daha zayıf gelişme göstermiş olan Franquette kaynaklı çöğürlerde bu oranın yüksek olması bu tohum kaynağının gelişme özelliği bakımından genetik bir avantaja sahip

olduđu, yine benzer bir şekilde Chandler tohum kaynađında dűşűk olması bu kaynađın genetik olarak zayıflıđına iřaret ediyor olabilir. Nitekim Wu ve diđ. (2012) kűk sisteminin tűm bir bűtűn olarak deđerlendirildiđi kűk sistem mimarisini űzerine genetik kontrolűn olduđunu ve mikorizaların bu űzellikte deđiřiklik oluřturabileceđini bildirmiřtir. Denemedeki faktűrlerin tesirini daha iyi yorumlayabilmek için aynı tűrde daha űnce yapılmıř bařka bir çalıřma bulunamadıđından ve bu sonuçların űđűr yetiřtirme ortamındaki řartların daha iyi kontrol edildiđi spesifik çalıřmalar ile desteklenmesi gerektiđi kanaatine varıldıđından daha ileri dűzeyde tartıřılmamıřtır.

Denemedeki űđűrlerin Kűk řekil İndeksi bakımından yapılan deđerlendirme ve Kruskal-Wallis Testi sonuçları mikoriza uygulamalarının bu indeks űzerine etkisinin olmadıđını ve tohum kaynaklarının etkisinin ise anlamlı sayılabilecek bir dűzeyde olduđunu gűstermektedir (Bkz. Tablo 4.14). Genel bir deđerlendirme ile denemedeki mikoriza uygulamalarının Kűk řekil İndeksi űzerine olumsuz bir etkisinin olmadıđı sonucuna varmak műmkűndűr. Aynı řekilde, tohum kaynaklarının da Kűk řekil İndeksi bakımından, kűklerde anormal řekil bozuklukları oluřturmayan kaynaklar olduđu sonucuna hűkmetmek műmkűndűr. Ancak, Chandler űđűrleri, indeks deđerlerinin dađılım durumlarında (Ek 1) gűrűleceđi űzere bu űzellik bakımından istenmeyen bir dűzey gűstermektedir. Chandler, laboratuvardaki morfolojik deđerlendirme ařamasında da kűk anomaliliklerinin gűrűldűđű tohum kaynađı olarak dikkat çekici biçimde fark edilmiřtir. Chandler tohum kaynađına iliřkin çıkıř oranları ve çıkıř sűreleri dikkate alındıđında, bu kűk anomaliliklerinin cevizin çimlenme ařamasındaki bir zorlukla iliřkili olduđu dűřűnűlmektedir. űte yandan, tohum kaynakları açısından, %99,83'lűk bir oranda 1. kategoride űđűr oluřturması nedeniyle Kaman-1 tohum kaynađının Kűk řekil İndeksi bakımından en iyi űzelliđi gűsteren tohum kaynađı olduđu gűrűlmektedir (Ek 1).

Kruskal-Wallis Testi sonucunda, űđűrlerdeki kűk lifliliđi űzerine hem mikoriza uygulamalarının hem de tohum kaynaklarının etkisi çok űnemli bulunmuřtur. M-4 uygulaması kűk lifliliđini artırıcı bir etki yapmıř, M-3 uygulaması űnemli bir etkide bulunmazken, M-1 ve M-2 uygulamaları kűk lifliliđini azaltıcı bir etki gűstermiřtir (Bkz. Tablo 4.15). Bu sonucun ortaya çıkmasında, M-1 ve M-2 uygulamalarındaki Fernor ve Chandler űđűrlerinin ve M-3 uygulamasındaki Chandler űđűrlerinin gűstermiř olduđu dűřűk liflilik űzelliđinin etkili olduđu gűrűlmektedir. Yine benzer řekilde, genel ortalamalarda en iyi liflilik kategorisinde oluřan %8,23'lűk deđer sadece Kaman-1 kaynaklı űđűrlerin M-2 (%8,33), M-3 (%17,14), M-4 (%31,43) ve Kontrol (%25,58)

uygulamalarında gösterdiği yüksek liflilik değerlerinden kaynaklandığı Ek 1’den görülebilir. Mikoriza uygulamalarındaki dağılımda ise kök lifliliği değerleri daha çok 2, 3 ve 4 nolu kategorilerde yoğunlaşmıştır. Uygulamaların tamamında çöğürlerin %50’den fazlası 3 ve üzeri kategorilerde yer almıştır. Mikoriza uygulamalarında en iyi liflilik kategorisinde dağılım değerinin ortaya çıkması sadece Kaman-1 kaynaklı çöğürlerin bu kategoride yüksek değerler oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Yine 4. kategorideki yüksek yüzde değerlerinin oluşmasında Kaman-1 çeşidinin etkisi büyüktür (Bkz. Ek 1). Kök lifliliği özelliğinin değerlendirmesi zor bir özellik olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Haase, 2011; Davis ve Jacobs, 2005). Wu ve diğ. (2012), turunçgiller üzerinde yaptığı araştırmada, mikoriza uygulamalarının köklerin uzunluk ve sayılarını etkileyerek, kök lifliliği de dahil olmak üzere kök sistem mimarisi üzerinde değişiklik oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Tohum kaynaklarında, kök liflilik değerlerinin farklılığının önemli olmasının Kaman-1 çöğürlerin çok iyi liflilik değeri göstermesinden kaynaklandığı görülebilir (Bkz. Tablo 4.15 ve Ek 1). Tohum kaynaklarındaki kök lifliliği kategorik değerlerinin Ek 1’deki yüzde dağılım değerlerine bakıldığında; Yüksek yüzde değerlerin ve yüksek toplam yüzde değerlerin Fernor ve Chandler kaynaklarında 3’ün altındaki kategorilerde olduğu, Kaman-1 kaynağında ise 3 ve üzerindeki kategorilerde olduğu ve Kaman-1’in kök lifliliği bakımından en iyi tohum kaynağı olduğu belirgin biçimde görülmektedir. Kök lifliliği derecelendirmesi sonuçları, tohum kaynağının mikoriza uygulamasından daha fazla kök liflilik özelliği üzerine etki yaptığı düşüncesini güçlendirmektedir. Kök lifliliğinin çöğürlerde yeniden dikimde yaşama oranlarını ve büyümeleri artırdığı bildirilmekte olup (Davis ve Jacobs, 2005; Wilson ve Jacobs, 2006), *J. regia* çöğürlerinde kök lifliliği özelliğine ve etkisine dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Tam aksine, yakın tür olan *J. nigra*’da kök lifliliğinin yeniden büyümede belirgin bir avantaj sağlamadığına dair sonuçlar bulunmaktadır (Williams, 1972).

Çöğür doğruluğu özelliği mikoriza uygulamalarından etkilenmezken, tohum kaynaklarından çok önemli düzeyde etkilenmiştir (Bkz. Tablo 4.16). Çöğür doğruluğu üzerine tohum kaynaklarının etkisinin yüksek düzeyde çıkması Chandler kaynaklı çöğürlerde çöğürlerin büyük bir kısmının doğru olmamasından (Bkz. Ek 2) ve bu kaynaktaki çöğürlerde sayısal olarak 1,0’lık medyan değeri oluşmasından kaynaklanmaktadır. Diğer tohum kaynakları arasında belirgin bir fark olmayıp en doğru çöğürler Kaman-1, daha sonra ise Fernor ve Franquette kaynaklarında görülmüştür (Tablo 4.16). Chandler kaynaklı çöğürlerde çöğür

doğruluğunun az olmasının, çimlenme aşamasında kök ucu ve sürgün ucunun çıkışındaki bir zorlukla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Söküm aşamasında, Chandler çöğürlerinin bazılarında ceviz kabuğunun iki parçasının veya tek parçasının kök boğazı bölgesine yapışık olarak durduğu, çimlenmenin gözlemlenmediği bazı tüplerde de sürgün ucu ve kök ucunun kabuğun dışına çıkamadan cevizin içerisinde kıvrılarak kaldığı gözlemlenmiştir.

Sürgün doğruluğu üzerinde de yine mikoriza uygulamalarının etkisi önemli değilken, tohum kaynaklarının etkisi çok önemli düzeydedir (Bkz. Tablo 4.17). Çöğür doğruluğu özelliğinde olduğu gibi sürgün doğruluğu üzerine de tohum kaynaklarının etkisinin yüksek düzeyde çıkması Chandler kaynaklı çöğürlerde sürgünlerin yarısının düzgün gelişme göstermemesinden kaynaklanmaktadır (Bkz. Ek 2). Bu özellik itibarı ile de Chandler tohum kaynağı en kötü sonuçların alındığı, Kaman-1 ise en iyi sonuçların alındığı kaynak durumundadır. Çöğürlerin sürgünlerinde belirlenen doğru sürgün oranı, çöğürlerde belirlenen doğru çöğür oranından daha yüksektir. Çöğür doğruluğuna etki eden çıkış dönemindeki anomalilerden oluşan kök boğazı deformasyonları, çöğür doğruluğunu etkilerken sürgün doğruluğunu etkilemeyebilmektedir.

Kruskal-Wallis Test sonuçları sürgünde kıvrılmanın var/yok durumu üzerine mikoriza uygulamalarının etkisinin çok önemli düzeyde, tohum kaynaklarının etkisinin ise anlamlı sayılabilecek bir düzeyde olduğunu göstermektedir. Mikoriza uygulamaları arasında M-3 uygulaması çöğürlerde sürgün kıvrılmasını artırıyor, M-4 uygulaması yüksek düzeyde, M-1 ve M-2 uygulamaları ise daha düşük düzeyde azaltıyor gibi görünmektedir (Bkz. Tablo 4.18). Tohum kaynakları arasında en az sürgün kıvrılması gösteren kaynak Franquette daha sonra ise Fernor'dur. Franquette ve Fernor kaynaklı çöğürlerde, çöğür doğruluğu, sürgün doğruluğu ve sürgünlerde morfolojik anormallik olarak kabul edilen kıvrılma yönünden olumlu yönde bir üstünlük dikkat çekmektedir. Bu özelliğe ait değerlendirme sonuçları sürgün doğruluğu ile paralellik arz etmekle birlikte kıvrılma olmayan sürgün oranları sürgün doğruluğundan yüksektir. Bu durum, sürgün doğruluğuna etki eden kök boğazı bölgesindeki ve sürgün tabanlarında oluşan şekil bozukluklarının ve deformasyonların, çöğür ve sürgün doğruluğuna etki etmesinden ancak bu olumsuz etkinin sürgün üzerinde kıvrılma şeklinde gerçekleşmemesinden kaynaklanmaktadır. Çöğür doğruluğu, sürgün doğruluğu ve sürgünde kıvrılma durumları ceviz çöğürlerinde ilk defa değerlendirildiği için bu özelliklerle ilgili karşılaştırma yapacak herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Çalışmamızda, yetiştirme ortamı başına uygulanan spor sayılarının farklı olmasına rağmen bütün inokulumlar tüm mikoriza uygulamalarında ve tohum kaynaklarında benzer düzeylerde mikorizal kolonizasyon oranları sağlamışlardır. Bu çalışmada, %17,77 ile %35,56 arasında ve ortalama %27,58 oranında kolonizasyon oranları belirlenmiştir. Bu değerler literatürde diğer odunsu türlerin çöğürleri ve çelikleri için bildirilen değerlerden genel olarak düşük olmakla birlikte bu oranlara yakın değerler de görülmektedir. Estaun ve diğ. (2003), zeytin çeliklerinde 15 aylık bir büyüme döneminin ardından mikorizal kolonizasyon oranlarını *Glomus mosseae* için ortalama %64, *Glomus intraradices* için %48, *Glomus mosseae*+ *Glomus intraradices* karışımı için ise %52 olarak bulmuştur. Schultz ve diğ. (1981), 8 farklı odunsu ağaç türünde *Glomus mosseae* ve *Glomus etunicatus* karışımı inokulumu kullandığı çalışmalarında siyah kiraz için %47,9 ile %64,3 arasında, *J. nigra* için ise %64,0 ile %68,1 arasında mikorizal kolonizasyon oranları belirlemiştir. Fajardo ve diğ. (2014), çalışmamızdaki büyüme süresine yakın sürede büyütülen *J. venezulensis* ceviz çöğürlerinde %45'i geçmeyen kolonizasyon oranları belirlemiştir. Dixon (1988), *J. nigra* çöğürlerinde yaptığı çalışmada kolonizasyon oranlarını *Glomus margarita* türü için %29-39 arasında, *Glomus deserticola* için %74-77 arasında, *Glomus etunicatum* için ise %40-86 arasında bulmuştur. Kormanik (1985), *J. nigra*'da farklı fosfor dozlarının etkisini de denediği çalışmada, *Glomus margarita* için %47,9-%78,2 arasında, *Glomus fasciculatum* için %26,1-%35,8 arasında *Glomus macrocarpum* için %18,2-%29,0 arasında, kontrol bitkilerinde ise %1,0-%8,4 arasında kolonizasyon oranları belirlediğini ve tüm türlerde gerçekleşen bu kolonizasyon oranlarıyla kontrole göre büyümede artış sağladığını bildirmiştir. Literatürdeki bu sonuçlar ışığında, çalışmamızda *J. regia* için belirlenen kök kolonizasyon oranlarının mikorizanın büyüme etkisini ortaya çıkarmak için yeterli düzeyde olduğu söylemek mümkündür. Nitekim, farklı sebze türleri üzerinde yürütülen bir çalışmada *Glomus intraradices*'in %19 ile %66 arasında kök kolonizasyonu oluşturduğunu ve bu oranların sebzelerde ilave büyüme artışı için yeterli olabildiği bildirilmiştir (Demir, 2002).

Çalışmamızdaki mikoriza uygulamalarında kullanılan inokulum miktarlarının farklı olmasına ve uygulama dozlarının 4 kata kadar fark etmesine rağmen, sonuçlara bakıldığında tüm uygulamaların köklerde benzer düzeylerde mikorizal kolonizasyon sağladığı görülmüştür (Bkz. Tablo 4.20). İnokulum olarak kullanılan ticari fungus preparatların içinde bulunan spor sayılarının farklı olması ve tohumlara inokulasyonunda farklı miktarda dozların uygulanma durumunun oluşması sebebiyle yetiştirme ortamı başına uygulanan dozların farklı olmasına sebep olmuştur. Çalışmamızda, mikoriza uygulamalarında

yetiştirme ortamı başına 44 ile 182 adet arasında spor uygulanmıştır (Bkz. Tablo 3.3). M-1 ve M-2 uygulamaları için, yaklaşık 6 m² olan deneme alanı dikkate alındığında, üreticilerin tavsiye ettiği 6 kat daha fazla doz uygulaması yapılmıştır. Davies (2008), inokulasyon için tavsiye edilen dozlarının çok değişken olduğunu belirtmiş ve yetiştirme ortamı başına 250-400 arası sporun saksılarda yetiştirilen bitkilerin kolonize olması için yeterli olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, ticari fungus preparatlarında üreticilerin alan bazında tavsiye ettiği dozların üzerinde kullanım yapılmış olmasına rağmen yetiştirme ortamı başına uygulanan spor sayıları Davies (2008)'in önerdiği spor sayılarının oldukça altında kalmıştır. Aynı durum M-3 ve M-4 uygulamaları için de geçerlidir.

Mikorizaların sezon sonunda yetiştirme ortamında çoğalttıkları spor sayılarında ise mikoriza uygulamalarına göre çok önemli bir farklılık bulunmuş, tohum kaynaklarına göre ise önemli bir farklılık bulunmamıştır. Mikoriza uygulamalarında, yetiştirme ortamında en çok spor çoğalması gerçekleştiren uygulama M-2 (*Glomus iranicum*) ve M-4 (*Glomus mosseae*), daha sonra ise M-3 (*Glomus intraradices*) ve M-1 (Karışım mikoriza) uygulamaları olmuştur (Bkz. Tablo 4.21). En fazla çoğalma gösteren M-2 uygulamasındaki *Glomus iranicum* arbüsküler mikorizal fungus türünün kolonize olduğu bitkinin stres koşullarına dayanıklılığını artırdığı (Błaszowski ve diğ., 2010) ve çoğalma yönünden üstün performans gösterdiği bildirilmektedir (Martín ve diğ., 2017). Nitekim, çalışmamızda belirlenen bu spor sayıları ile de *G. iranicum*'un çoğalma performansı bir kez daha gösterilmiştir. M-4 ve M-3 uygulamalarındaki *Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices* mikorizal fungus türleri ise en yaygın kullanılan, kolay çoğalma gösteren ve sporları dayanıklı olan türler olarak tanımlanmaktadır (Davies Jr ve diğ., 2000). Bu türlerin kolay çoğalma özelliğine sahip olduğu çalışmamızda da bir kez daha ortaya konulmuştur. M-1 uygulamasında kullanılan ticari mikorizal fungus preparatının 1 gramında toplam 79 adet spor olduğu, *Glomus intraradices* (25 adet), *G. mosseae* (24 adet), *G. aggregatum* (24 adet), *G. clarum* (1 adet), *G. monosporus* (1 adet), *G. deserticola* (1 adet), *G. brasilianum* (1 adet), *Glomus etunicatum* (1 adet) ve *Glomus margarita* (1 adet) türlerinin farklı sayılarda sporlarını içerdiği beyan edilmektedir (Bioglobal, 2017). Ağırlıklı olarak *Glomus intraradices*, *G. mosseae* ve *G. aggregatum*'dan oluşan bu preparat, bu türlerin çoğalma hızındaki farklılıklardan dolayı düşük bir spor çoğalması gerçekleştirmiş olabilir.

Bu çalışmanın sonucunda, farklı genetik özelliklere sahip *Juglans regia* L. tohum kaynaklarından yetiştirilen çöğürlerde, *Glomus iranicum*, *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus clarum*, *Glomus monosporus*,

Glomus deserticola, *Glomus brasilianum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus margarita* AMF türlerini barındıran mikoriza inokulumlarının kullanımı ile belirli bir düzeyde mikorizal birliklilik olduğu belirlenmiştir. Yetiştirme ortamı başına uygulanan spor miktarlarındaki değişkenliğe rağmen bütün inokulumların benzer düzeyde kolonizasyon sağlaması ve ortamda sporlarını çoğaltması mikoriza türlerinin çalıştığına ve inokulum miktarlarının yeterli olduğuna işaret etmektedir. Ceviz üzerine daha sonra yapılacak araştırmalarda ve üretim çalışmalarında çalışmamızda kullanılan dozlar ve uygulama şekilleri kullanılabilir. Bununla birlikte, kullanım ekonomisi açısından, inokulumların farklı dozlarının denenerek, en uygun dozların belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması da yerinde olacaktır. Araştırılması gereken bir başka konu da en uygun inokulasyon tekniğinin belirlenmesi hususudur. Çalışmamızdan elde ettiğimiz inokulasyon tecrübesine istinaden, tüplerde fidan yetiştiriciliğinde uygulama kolaylığı ve daha yüksek etkinlik sağlamak için, ticari fungus preparatlarının en uygun dozunun biraz üzerindeki miktarın çimlenme öncesi ve sonrası 2 farklı uygulamaya bölünerek yapılmasının ve kök+toprak/vermikulit+misel+spor içeren inokulumların da tohum ekim derinliğinin 3-5 cm altına bant şeklinde uygulanmasının daha iyi olacağını söyleyebiliriz.

Ceviz çöğürleri, mikoriza uygulamalarındaki fungus türlerine bağlı olarak büyüme parametrelerinde, morfolojik özelliklerde ve kalite özelliklerinde değişen tepkiler vermiştir. Çöğürlerde belirlenmiş olan benzer düzeylerdeki mikorizal kolonizasyon oranları bir büyüme sezonunda büyümeyi tüm mikoriza uygulamaları için belirgin biçimde artırmamıştır. Ancak mikorizal fungusların sporlarının yetiştirme ortamında çoğalması sayesinde köklerin mikorizal kolonizasyon oranları artmaya devam ederek 2 sezonluk bir büyüme periyodunda daha farklı bir büyüme artışı sağlayabilecektir. Bununla birlikte, çöğürlerin ilk yılki büyüme performanslarında tohum kaynağının etkisinin mikoriza ile sağlanan etkiden daha büyük olduğu bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

Denemedeki tohum kaynakları arasında Kaman-1'in çıkış oranları ve süreleri, biyokütle üretim miktarları, tüm morfolojik özellikleri, Kök Şekil İndeksi ve Dickson Kalite İndeksi değerleri bakımından en iyi tohum kaynağı olduğu görülmüştür. Ayrıca, çıkış oranlarının düşüklüğü, çıkış süresinin uzunluğu, biyokütle üretim miktarının diğer kaynaklara göre az olması ve Kök Şekil İndeksi bakımından ve diğer morfolojik özellikler yönünden en kötü sonuçların alındığı kaynak olması sebebi ile Chandler'ın ceviz çöğürü yetiştirmek için dezavantajlı tohum kaynaklarından biri olduğu görülmüştür.

Çöğür ve fidan üretim aşamasında mikorizal fungus türlerinin kullanımı, büyüme artışı sağlanmasına, çöğür kalitesinin artmasına aynı zamanda bitki besleme ve bitki koruma maliyetlerinin azalmasına imkân sağlayabilecek potansiyeldedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında; Ceviz çöğür ve fidan yetiştiriciliğinde, *Glomus intraradices* (M-3) ve *Glomus iranicum* (M-2) AMF türlerinin kullanımının özellikle dikkate alınması gerektiğini söylemek mümkündür. Ceviz çöğürü yetiştiriciliğinde mikorizaların kullanımı sayesinde ceviz fidancılığı ekonomisine ve bu fidanları kullanacak bahçelerin de ekonomisine önemli katkılar sağlanabilecektir.



KAYNAKLAR

- Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H. 2011, Improving drought tolerance of *Pistacia vera* L. seedlings by arbuscular mycorrhiza under greenhouse conditions. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 7065-7072.
- Açar, İ., Arpacı, S., Sarpkaya, K., Karadağ, S., Akgün, A., Tahtacı, A. S. 2007, Fırat Vadisi ve Gaziantep'te aşılı tüplü Antepfıstığı fidan üretiminin geliştirilmesi. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No:25 Gaziantep.
- Aguín, O., Mansilla, J. P., Vilariño, A., Sainz, M. J. 2004, Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55, 108-111.
- Aka Kaçar, Y., Akpınar, C., Açar, A., Yalçın Mendi, Y., Serçe, S., Ortaş, I. 2010, The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstocks during acclimatization. *Romanian Biotechnological Letters*, 15, 5246-5252.
- Akça, Y. 2014, *Ceviz Yetiştiriciliği*, Anıt Matbaası, Ankara, ISBN: 975-97498-07.
- Almaca, A. 2014, Tarımsal üretimde mikorizanın önemi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18, 56-65.
- Andrade, S. A. L., Silveira, A. P. D., Mazzafera, P. 2010, Arbuscular mycorrhiza alters metal uptake and the physiological response of *Coffea arabica* seedlings to increasing Zn and Cu concentrations in soil. *Science of the Total Environment*, 408, 5381-5391.
- Azcón-Aguilar, C., Barea, J. 1997, Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae*, 68, 1-24.
- Bağçevli, A. 2010, *Bazı simbiyotik mikroorganizma karışımı uygulamalarının farklı asma anacı çeliklerinde köklenme ve bitki gelişimi üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bioglobal. 2017, *Endo Roots Soluble Ürün Özellikleri* [Online]. <https://www.bioglobal.com.tr/tr/endo-roots-soluble-ers-4> [Ziyaret Tarihi: 01.04.2017 2017].
- Błaszowski, J., Kovács, G. M., Balázs, T. K., Orłowska, E., Sadravi, M., Wubet, T., Buscot, F. 2010, *Glomus africanum* and *G. iranicum*, two new species of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*). *Mycologia*, 102, 1450-1462.
- Bonito, G., Brenneman, T., Vilgalys, R. 2011, Ectomycorrhizal fungal diversity in orchards of cultivated pecan (*Carya illinoensis*; *Juglandaceae*). *Mycorrhiza*, 21, 601-612.

- Brookshire, B. L., Garrett, H. E., Robison, T. L. 2003, Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae and seed source on nursery-grown black walnut seedlings. *In: Van Sambeek, J W, Dawson, Jeffery O , Ponder Jr., Felix, Loewenstein, Edward F , Fralish, James S, eds. Proceedings of the 13th Central Hardwood Forest Conference, 2003 North Central Research Station, St. Paul, MN. US Department of Agriculture, Forest Service, 468-475.*
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk, N. 1996, *Working With Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*, ACIAR Monograph 32, Australia, ISBN: 86320-8-5.
- Brundrett, M. C. 2009, Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil*, 320, 37-77.
- Castellano, M. A. 1996, Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. *Handbook of Vegetation Science, Concepts in mycorrhizal research*, *In: Mukerji, K. G. (ed.), Springer, Dordrecht, ISBN: 978-90-481-4660-4, 223-301.*
- Castellano, M. A., Molina, R. 1989, The biological component: Nursery pests and mycorrhizae. *Chapter-Mychorrhizae, The Container Tree Nursery Manual*, *In: Landis, Thomas D., Nisley, Rebecca G. (eds.), Department of Agriculture Forest Service, Washington DC. U.S., 101-167.*
- Ćirković-Mitrović, T., Ivetić, V., Vilotić, D., Brašanac-Bosanac, L., Popović, V. 2015, Relation between morphological attributes of five wild fruit tree species seedlings in Serbia. International Conference: Reforestation Challenges, 3-6 June 2015 Belgrade, Serbia. 68-77.
- Cuenca, G., Herrera, R., Meneses, E. 1990, Effects of Va mycorrhiza on the growth of cacao seedlings under nursery conditions in Venezuela. *Plant and Soil*, 126, 71-78.
- Danjon, F., Bert, D., Godin, C., Trichet, P. 1999a, Structural root architecture of 5-year-old *Pinus pinaster* measured by 3D digitising and analysed with AMAPmod. *Plant and Soil*, 217, 49-63.
- Danjon, F., Sinoquet, H., Godin, C., Colin, F., Drexhage, M. 1999b, Characterisation of structural tree root architecture using 3D digitising and AMAPmod software. *Plant and Soil*, 211, 241-258.
- Davies, F. T. 2000, Benefits and opportunities with mycorrhizal fungi in nursery propagation and production systems. Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, 1998. IPPS, 482-489.
- Davies, F. T. 2008, Opportunities from down under: How mycorrhizal fungi can benefit nursery propagation and production systems. Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, 2008. 539-548.
- Davies Jr, F., Saraiva Grossi, J., Carpio, L., Estrada-Luna, A. 2000, Colonization and growth effects of the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in a commercial nursery container production system. *Journal of Environmental Horticulture*, 18, 247-251.

- Davis, A. S., Jacobs, D. F. 2005, Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests*, 30, 295-311.
- Demir, S. 2002, Mikorhizal fungus *Glomus intraradices* (Schenck & Smith)'in bazı sebze bitkilerinin köklerinde kolonizasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 12, 53-57.
- Dickson, A., Leaf, A. L., Hosner, J. F. 1960, Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36, 10-13.
- Dixon, R. K. 1988, Seed source and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiont affects growth of *Juglans nigra* seedlings. *New Forests*, 2, 203-211.
- Dolcet-Sanjuan, R., Claveria, E., Camprubi, A., Estaun, V., Calvet, C. 1996, Micropropagation of walnut trees (*Juglans regia* L.) and response to arbuscular mycorrhizal inoculation. *Agronomie*, 16, 639-645.
- Dutt, S., Sharma, S. D., Kumar, P. 2013, Arbuscular mycorrhizas and Zn fertilization modify growth and physiological behavior of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Scientia Horticulturae*, 155, 97-104.
- Erzurumlu, G. S., Kara, E. E. 2014, Mikoriza konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 7, 55-65.
- Estaun, V., Camprubi, A., Calvet, C., Pinochet, J. 2003, Nursery and field response of olive trees inoculated with two arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus intraradices* and *Glomus mosseae*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128, 767-775.
- Evenden, W. 1942, *The mycorrhizae of Corylus and Juglans*. Master Thesis, Oregon State College.
- Fajardo, L., Caceres, A., Arrindell, P. 2014, Arbuscular mycorrhizae, a tool to enhance the recovery and re-introduction of *Juglans venezuelensis* Manning, an endemic tree on the brink of extinction. *Symbiosis*, 64, 63-71.
- 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, 235-244.
- Giovannetti, M., Mosse, B. 1980, An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84, 489-500.
- Goussou, T., Babana, A. H., Sanon, K. B., Ba, A. M. 2016, Effects of arbuscular mycorrhizae on growth and mineral nutrition of greenhouse propagated fruit trees from diverse geographic provenances. *Biotechnologie Agronomie Societe Et Environnement*, 20, 417-426.
- Haase, D. L. 2007, Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In: Riley L E, Dumroese R K, Landis T D (tech. cords) ed. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations, 19-22 June 2006 Fort Collins, CO, Rocky

- Mountain Research Station. USA: Forest and Conservation Nursery Associations, 3-8.
- Haase, D. L. 2011, Seedling root targets. *In: Riley, L E, Haase, D L, Pinto, J R, eds. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins USA. USDA Forest Service, Forest and Conservation Nursery Associations, 80-82.*
- Hacskeylo, E. 1972, Mycorrhiza: The ultimate in reciprocal parasitism? *BioScience*, 22, 577-583.
- Harley, J. L., Harley, E. L. 1987, A check-list of mycorrhiza in the British flora*. *New Phytologist*, 105, 1-102.
- Harris, R., Davis, W., Stice, N., Long, D. 1971, Root pruning improves nursery tree quality. *Amer Soc Hort Sci J.*, 96, 105-108.
- Hatchell, G. E., Muse, H. D. 1990, Nursery cultural practices and morphological attributes of longleaf pine bare-root stock as indicators of early field performance. Asheville: United States Department of Agriculture Southeastern Forest Experiment Station.
- Jaenicke, H. 1999, *Good tree nursery practices*, World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya, ISBN: 92 9059 130 7.
- Kafkas, S., Ortaş, I. 2009, Various mycorrhizal fungi enhance dry weights, P and Zn uptake of four *Pistacia* species. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 146-159.
- Kapoor, R., Sharma, D., Bhatnagar, A. 2008, Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae*, 116, 227-239.
- Kara, Ö., Tilki, F. 2001, Mikoriza ve ormancılıkta kullanımı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University - İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51, 127-139.
- Kara, Z., Özdemir, Ş. 2009, Bazı asma anaçları ve üzüm çeşitleri çeliklerine kokteyl mikoriza (Biovam) uygulamalarının fidanın vejetatif gelişmesine etkileri. *Türkiye VII. Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu*, 5-9.
- Kormanik, P. P. 1985, Effects of phosphorus and vesicular–arbuscular mycorrhizae on growth and leaf retention of black walnut seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 15, 688-693.
- Kormanik, P. P., Schultz, R. C., Bryan, W. C. 1982, The influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on the growth and development of eight hardwood tree species. *Forest Science*, 28, 531-539.
- Koske, R. E., Gemma, J. N. 1989, A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92, 486-488.
- Lindström, A., Rune, G. 1999, Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. *Plant and Soil*, 217, 29-37.

- Manos, P. S., Stone, D. E. 2001, Evolution, phylogeny and systematics of the *Juglandaceae*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 88, 231.
- Mariotti, B., Maltoni, A., Jacobs, D. F., Tani, A. 2015, Container effects on growth and biomass allocation in *Quercus robur* and *Juglans regia* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1-15.
- Marschner, H., Dell, B. 1994, Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, 159, 89-102.
- Martín, F. F., Molina, J. J., Nicolás, E. N., Alarcón, J. J., Kirchmair, M., García, F. J., Garcia, A. J. B., Bernal, C. 2017, Application of arbuscular mycorrhizae *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* var. *nova* in intensive agriculture: A study case. *Journal of Agricultural Science and Technology*, B 7 (2017), 221-247.
- Marx, D. H., Marrs, L. F., Cordell, C. E. 2002, Practical use of the mycorrhizal fungal technology in forestry, reclamation, arboriculture, agriculture, and horticulture. *Dendrobiology*, 47, 27-40.
- Mehta, P., Bharat, N. K. 2013, Effect of indigenous arbuscular - mycorrhiza (*Glomus spp.*) on apple (*Malus domestica*) seedlings grown in replant disease soil. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83, 1173-1178.
- Melichar, M. W., Garrett, H. E., Cox, G. S. 1986, Mycorrhizae benefit growth and development of eastern black walnut seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry*, 3, 151-153.
- Miller, D. D., Domoto, P. A., Walker, C. 1985, Colonization and efficiency of different endomycorrhizal fungi with apple seedlings at two phosphorus levels. *New Phytologist*, 100, 393-402.
- Minitab, I. 2010, [Computer software] Minitab 17 Statistical Software. State College, PA: Minitab, Inc.
- Molina, R., Trappe, J. 1984, Mycorrhiza management in bareroot nurseries. *Forestry Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*, Springer, 211-223.
- Oladele, S. O. 2015, Mycorrhizal fungus (*Glomus mossae*) inoculation effects on performance and root biomass development of cacao seedlings in the nursery. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 61, 69.
- Öztürk, N., Basım, E., Basım, H. 2017, Tarımda Mikorizal Fungusların Etkinliği. *Mantar Dergisi/The Journal of Fungus*, Nisan 2017, 20-34.
- Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Ömer, K., Şensoy, H. 2010, Arbüsküler mikorizal funguslar (AMF) bitki ve toprakla ilişkileri, mera ıslahındaki önemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12, 87-98.
- Pirazzi, R., Rea, E., Bragaloni, M. 1999, Improvement of micronutrient uptake of valuable broadleaves in interaction with *Glomus mosseae*. *Geomicrobiology Journal*, 16, 79-84.

- Ponder Jr, F. 1983, Soil moisture levels and mycorrhizal infection in black walnut seedlings. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 14, 507-511.
- Ponder Jr., F. 1984, Growth and mycorrhizal development of potted white ash and black walnut fertilized by two methods. *Canadian Journal of Botany*, 62, 509-512.
- Powell, C. L., Santhanakrishnan, P. 1986, Effect of mycorrhizal inoculation and phosphorus fertiliser on the growth of hardwood cuttings of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) in containers. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 29, 263-267.
- Redecker, D., Schüßler, A., Stockinger, H., Stürmer, S. L., Morton, J. B., Walker, C. 2013, An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*). *Mycorrhiza*, 23, 515-531.
- Ritchie, G. A. 1984, Assessing seedling quality. Forestry nursery manual: Production of bareroot seedlings, Springer, ISBN: 13:978-94.009-6112-8, 243-259.
- Rune, G. 2003, Slits in container wall improve root structure and stem straightness of outplanted Scots pine seedlings. *Silva Fennica*, 37, 333-342.
- Schultz, R. C., Kormanik, P. P., Bryan, W. C. 1981, Effects of fertilization and vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on growth of hardwood seedlings. *Soil Science Society of America Journal*, 45, 961-965.
- Schuster, C., Stephenson, R., Evenden, W. 1944, Mycorrhizas of filbert and walnut trees in Oregon orchards. *Botanical Gazette*, 105, 388-392.
- Semahanova, N. M., Mazur, O. P. 1968, Mycorrhiza on walnuts (*J. regia*) and conditions of its formation. *IZV. Akad. Nauk mold. SSR. Ser. biol*, 4, 517-529.
- Sesli, Y. 2016, *Bazı ceviz (Juglans regia L.) çeşitlerinin tohum anacı olarak kullanılabilme potansiyellerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı.
- Smith, S. E., Read, D. 2008a, 17 - Mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. *Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)*, Academic Press, London, ISBN: 978-0-12-370526-6, 611-XVIII.
- Smith, S. E., Read, D. 2008b, *Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)*, Academic Press, London, ISBN: 978-0-12-370526-6.
- Smith, S. E., Read, D. 2008c, 1 - The symbionts forming arbuscular mycorrhizas. *Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)*, Academic Press, London, ISBN: 978-0-12-370526-6, 13-41.
- Smith, S. E., Read, D. 2008d, 4 - Growth and carbon economy of arbuscular mycorrhizal symbionts. *Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)*, Academic Press, London, ISBN: 978-0-12-370526-6, 117-144.
- Souza, T. 2015, *Glomeromycota Classification*. Handbook of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Springer, ISBN: 978-3-319-24848-6, 87-128.

- Sundström, E., Keane, M. 1999, Root architecture, early development and basal sweep in containerized and bare-rooted Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Plant and Soil*, 217, 65-78.
- Symborg. 2017, *MycoUp Ürün Özellikleri* [Online]. <https://www.symborg.com/tr/productos/mycoup-5/> [Ziyaret Tarihi: 01.04.2017].
- Taştekin, E., Dalkılıç, Z. 2008, Turunç (*Citrus aurantium* L.) ve kaba limon (*C. jambhiri* lush.) çöğürlerinde mikoriza ve fosfor uygulamasının fidan gelişimi üzerine etkileri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 1, 61-73.
- Taylor, J., Harrier, L. A. 2003, Beneficial influences of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on the micropropagation of woody and fruit trees. *Micropropagation of Woody Trees and Fruits*, Springer, ISBN: 978-94-010-0125-0, 129-150.
- Thompson, B. E. 1985, Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. *In: Durvea, M L, ed. Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests, 16-18 October 1984* 1984 Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.
- 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.
- Türkan, G. 2008, Bitki Fizyolojisi (3. Baskıdan Çeviri). *Mineral Beslenme*, Bitki Fizyolojisi, *In: İsmail, Türkan (ed.)*, Palme Yayıncılık, Ankara, ISBN: 978-9944-341-61-5, 67-86.
- Uçgun, K., Atasay, A., Akgül, H., Ay, Z., Küçükyumuk, C., Koçal, H., Bakıcı, S., Kaymak, S., Özongun, Ş., Gargın, S. 2009, MM 106 elma klon anacında mikoriza uygulamalarının bitki gelişimine etkileri. *TABAD - Research Journal of Agricultural Sciences*, 2, 187-192.
- Upov. 1999, *Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability, International Union for the Protection of New Varieties of Plants, Walnut (Juglans regia L.)* [Online]. Geneva: International Union for the Protection of New Varieties of Plants. <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg125.pdf> [Ziyaret Tarihi: 2018 2007].
- Vahdati, K., Aslani Aslamarz, A., Rahemi, M., Hassani, D., Leslie, C. 2012, Mechanism of seed dormancy and its relationship to bud dormancy in Persian walnut. *Environmental and Experimental Botany*, 75, 74-82.
- Varma, A. 2008, Mycorrhizal Fungi: What We Know and What Should We Know? Mycorrhiza: state of the art, genetics and molecular biology, eco-function, biotechnology, eco-physiology, structure and systematics, *In: Varma, Ajit (ed.)*, Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-540-78824-9, 3-27.
- Wang, B., Qiu, Y.-L. 2006, Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16, 299-363.
- Wilkinson, K. M. 2009, 14-Beneficial Microorganism. *14-Beneficial Microorganism, Nursery Management. Agriculture Handbook 730*, *In: Dumroese, R. Kasten, Luna,*

Tara, Landis, Thomas D. (eds.), U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C., ISBN: 9781782662068, 247-261.

- Williams, R. D. 1972, Root fibrosity proves insignificant in survival, growth of black walnut seedlings. *Tree Planters' Notes*, 23, 25-28.
- Wilson, B., Mckenna, J., Jacobs, D., Woeste, K. 2004, Stock quality of black walnut (*Juglans nigra*) seedlings as affected by half-sib seed source and nursery sowing density. V International Walnut Symposium, 30 March 2005 Sorrento, Italy. ISHS,375-381.
- Wilson, B. C., Jacobs, D. F. 2006, Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. *New Forests*, 31, 417-433.
- Wilson, E. R., Vitols, K. C., Park, A. 2007, Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. *New Forests*, 34, 163-176.
- Wu, Q.-S., Zou, Y.-N. 2010, Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. *Scientia Horticulturae*, 125, 289-293.
- Wu, Q. S., He, X. H., Zou, Y. N., Liu, C. Y., Xiao, J., Li, Y. 2012, Arbuscular mycorrhizas alter root system architecture of *Citrus tangerine* through regulating metabolism of endogenous polyamines. *Plant Growth Regulation*, 68, 27-35.
- Wurzburger, N., Brookshire, E. N. J., McCormack, M. L., Lankau, R. A. 2017, Mycorrhizal fungi as drivers and modulators of terrestrial ecosystem processes. *New Phytologist*, 213, 996-999.
- Yajima, M., Machida, H. 1978, Studies on mycorrhiza of walnut plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 47, 39-44.
- Yılmaz, S., Akça, Y. 2016, Tüplerde yetiştirilen farklı ceviz (*Juglans regia*) çeşitlerine ait çöğürlerin bazı morfolojik özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi / Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33, 157-166.
- Zinati, G., Dighton, J. 2009, Integration of natural mycorrhizae in production of container-grown nursery crops. *Hortscience*, 44, 1063-1064.
- Zinati, G., Dighton, J., Obal, R., Johnson, J., Frecon, J., Nordstrom, C. 2008, Effects of fertilizers and naturally-occurring mycorrhizae on sustainable production of nursery crops. *Hortscience*, 43, 1126-1126.

EKLER

Ek 1 – Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerinin kök dağılımının homojenliği, Kök Şekil İndeksi ve Kök Lifliliği Derecelendirmesi özelliklerine ait kategorik değerlerinin dağılımları (%)

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Diğer Kök Morfolojik Özellikleri								
		Kök dağılımının homojenliği (%)	Kök şekil indeksi (%)			Kök lifliliği derecelendirmesi (%)				
			H.	1	2	3	1	2	3	4
M-1	Fernor	60,00	100,00	0,00	0,00	10,00	90,00	0,00	0,00	0,00
	Chandler	20,00	100,00	0,00	0,00	20,00	70,00	10,00	0,00	0,00
	Kaman-1	58,06	100,00	0,00	0,00	0,00	22,58	41,94	35,48	0,00
	Franquette	52,17	87,00	13,00	0,00	4,55	36,36	50,00	9,09	0,00
	Ortalama	51,35	95,78	4,23	0,00	5,48	42,47	34,25	17,81	0,00
M-2	Fernor	75,00	100,00	0,00	0,00	12,50	50,00	37,50	0,00	0,00
	Chandler	26,67	100,00	0,00	0,00	20,00	46,67	33,33	0,00	0,00
	Kaman-1	66,67	100,00	0,00	0,00	0,00	5,56	50,00	36,11	8,33
	Franquette	62,96	88,89	7,41	3,70	3,70	29,63	66,67	0,00	0,00
	Ortalama	59,30	95,83	2,78	1,39	5,81	24,42	51,16	15,12	3,49
M-3	Fernor	0,00	87,50	12,50	0,00	0,00	25,00	75,00	0,00	0,00
	Chandler	0,00	86,67	6,67	6,67	0,00	20,00	53,33	26,67	0,00
	Kaman-1	31,43	100,00	0,00	0,00	0,00	11,43	40,00	31,43	17,14
	Franquette	26,67	100,00	0,00	0,00	0,00	26,67	66,67	6,67	0,00
	Ortalama	20,55	95,89	2,74	1,37	0,00	17,81	52,05	21,92	8,22
M-4	Fernor	16,67	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
	Chandler	0,00	92,31	0,00	7,69	0,00	38,46	38,46	23,08	0,00
	Kaman-1	17,14	100,00	0,00	0,00	0,00	14,29	28,57	25,71	31,43
	Franquette	20,00	100,00	0,00	0,00	0,00	16,00	68,00	16,00	0,00
	Ortalama	15,19	98,72	0,00	1,28	0,00	17,72	44,30	24,05	13,92
Knt.	Fernor	8,33	100,00	0,00	0,00	0,00	41,67	33,33	25,00	0,00
	Chandler	9,52	100,00	0,00	0,00	0,00	42,86	33,33	14,29	9,52
	Kaman-1	25,58	97,67	2,33	0,00	2,33	9,30	13,95	48,84	25,58
	Franquette	42,86	100,00	0,00	0,00	21,43	28,57	35,71	14,29	0,00
	Ortalama	22,22	98,89	1,11	0,00	4,44	24,44	24,44	32,22	14,44
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	31,82	97,67	2,33	0,00	4,55	45,45	36,36	13,64	0,00
	Chandler	10,81	95,00	1,68	3,33	6,76	41,89	35,14	13,51	2,70
	Kaman-1	38,89	99,43	0,56	0,00	0,56	12,22	33,89	36,11	17,22
	Franquette	42,31	94,16	4,85	0,97	4,85	27,18	59,22	8,74	0,00
Genel Ortalama		33,83	97,14	2,08	0,78	3,24	25,19	40,90	22,44	8,23

H.: Homojen

Ek 2 –Mikoriza uygulamaları ve tohum kaynaklarına göre ceviz çöğürlerinin çöğür doğruluğu, sürgün doğruluğu ve sürgün kıvrılma durumu özelliklerine ait kategorik değerlerinin dağılımları (%)

Mikoriza Uygulamaları ve Tohum Kaynakları		Diğer Sürgün Morfolojik Özellikleri					
		Çöğür doğruluğu (%)		Sürgün doğruluğu (%)		Sürgünde kıvrılma durumu (%)	
		D.	D.D.	D.	D.D.	Y.	V.
M-1	Fernor	40,00	60,00	60,00	40,00	90,00	10,00
	Chandler	10,00	90,00	70,00	30,00	80,00	20,00
	Kaman-1	77,42	22,58	83,87	16,13	80,65	19,35
	Franquette	52,17	47,83	78,26	21,74	82,61	17,39
	Ortalama	55,41	44,59	77,03	22,97	82,43	17,57
M-2	Fernor	62,50	37,50	87,50	12,50	87,50	12,50
	Chandler	6,67	93,33	40,00	60,00	60,00	40,00
	Kaman-1	66,67	33,33	77,78	22,22	75,00	25,00
	Franquette	51,85	48,15	70,37	29,63	77,78	22,22
	Ortalama	51,16	48,84	69,77	30,23	74,42	25,58
M-3	Fernor	37,50	62,50	50,00	50,00	75,00	25,00
	Chandler	13,33	86,67	53,33	46,67	53,33	46,67
	Kaman-1	88,57	11,43	85,71	14,29	68,57	31,43
	Franquette	53,33	46,67	60,00	40,00	40,00	60,00
	Ortalama	60,27	39,73	69,86	30,14	60,27	39,73
M-4	Fernor	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
	Chandler	7,69	92,31	46,15	53,85	84,62	15,38
	Kaman-1	77,14	22,86	85,71	14,29	82,86	17,14
	Franquette	36,00	64,00	68,00	32,00	88,00	12,00
	Ortalama	54,43	45,57	74,68	25,32	86,08	13,92
Knt.	Fernor	58,33	41,67	75,00	25,00	91,67	8,33
	Chandler	14,29	85,71	47,62	52,38	66,67	33,33
	Kaman-1	62,79	37,21	67,44	32,56	65,12	34,88
	Franquette	85,71	14,29	78,57	21,43	64,29	35,71
	Ortalama	54,44	45,56	65,56	34,44	68,89	31,11
Tohum Kaynağı Ort.	Fernor	56,82	43,18	72,73	27,27	88,64	11,36
	Chandler	10,81	89,19	50,00	50,00	67,57	32,43
	Kaman-1	73,89	26,11	79,44	20,56	73,89	26,11
	Franquette	52,88	47,12	67,31	28,85	74,04	25,96
Genel Ortalama		54,98	45,02	70,85	29,15	74,38	25,62

D.: Doğru, D.D.:Doğru Değil; Y.: Yok, V.: Var

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Nilay ÇAKIR YILMAZ
Doğum Yeri	Kırşehir
Doğum Tarihi	01.07.1991
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer.
Telefon	0543 551 95 69
E-Posta Adresi	nly.ckr@outlook.com
Web Adresi	-



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2014

Yüksek Lisans	
Üniversite	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Ana Bilim Dalı	Tarımsal Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı
Programı	Tarımsal Biyoteknoloji Programı
Mezuniyet Yılı	2019

Makale ve Bildiriler	
