

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



**ETKİLİ MİKROORGANİZMALARIN DOĞAL ÇAM
TÜRLERİNİN TOHUM ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

ESRA SARIALIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. SEZGİN AYAN

OCAK - 2025

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Esra SARIALIOĞLU tarafından hazırlanan “ETKİLİ MİKROORGANİZMALARIN DOĞAL ÇAM TÜRLERİNİN TOHUM ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **23.01.2025** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Sezgin AYAN Kastamonu Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. M. Nuri ÖNER Çankırı Karatekin Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Esra Nurten YER ÇELİK Kastamonu Üniversitesi

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ
----------------	-----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde 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 ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Esra SARIALIOĞLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ETKİLİ MİKROORGANİZMALARIN DOĞAL ÇAM TÜRLERİNİN TOHUM ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ESRA SARIALIOĞLU

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF. DR. SEZGİN AYAN

Türkiye’de doğal yayılış alanı geniş ve de kitlesel fidan üretimi en çok olan dolayısıyla da ağaçlandırma çalışmalarında en yaygın kullanılan türlerin başında Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* J. F. Arnold) olmak üzere doğal çam türleri gelmektedir. Bu çalışmada; teknik ve teknoloji olarak zirai üretimde doğan ve gelişen “Etkili Mikroorganizmalar (EM)” uygulamasının ormancılık sektöründe orman ağacı tohumları çimlenme karakteristiklerine etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaçla bu tez çalışmasında; Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* J. F. Arnold) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türlerinin tohum çimlenme karakteristikleri üzerinde etkin mikroorganizmaların etkisi araştırılmıştır. Bu tez çalışması; etkin mikroorganizma (EM) çeşitlerinin ve uygulama dozlarının tür bazında çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkilerini belirlemeye yöneliktir. Araştırma kapsamında kullanılan doğal iki çam türü tohumlarına dört farklı EM (EM-A, EM-5, EM-GOLD ve EM-FPE) çeşidi, üç dozda (%5-Düşük, %15-Orta ve %25-Yüksek) kullanılarak Kontrol işlemleri ile mukayese edilmiştir. Araştırma sonucunda; Gerek karaçam gerekse sarıçamda incelenen tohum çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine EM çeşidi, dozu ve ikili etkileşimlerinin istatistiksel anlamda önemli etkileri saptanmıştır. Bununla birlikte, Kontrol işlemi her iki türde ve araştırılan bağımlı değişkenlerde en üst homojen gruplarda yer almıştır. Ayrıca, karaçam tohum çimlenme hızı üzerinde; EM-5 * Düşük, Kontrol ve EM-FPE * Düşük işlem kombinasyonlarında; çimlenme yüzdesi üzerinde EM-FPE * Düşük işlem kombinasyonu ve ortalama çimlenme süresi değişkeni üzerinde ise EM-A * Düşük ve Kontrol işlemlerinde en olumlu etki saptanmıştır. Sarıçam tohumları çimlenme hızı üzerinde EM-FPE * Düşük işlem kombinasyonu, çimlenme yüzdesi üzerinde EM-FPE-Düşük işlem kombinasyonu ve ortalama çimlenme süresi üzerinde ise Kontrol ve EM-5 * Düşük işlem kombinasyonu en olumlu etkiyi yaptığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Aktif mikroorganizmalar, Karaçam, Çimlenme, Sarıçam.

Ocak 2025, 55 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

EFFECT OF EFFECTIVE MICROORGANISMS ON SEED'S GERMINATION CHARACTERISTICS OF NATIVE PINE SPECIES

ESRA SARIALIOĞLU

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: PROF. DR. SEZGİN AYAN

In Türkiye, the natural distribution area and mass seedling production of the Anatolian black pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold) is among the most common tree species used in afforestation efforts, as well as other native pine species. This study aims to investigate the effects of "Effective Microorganisms (EM)" applications, which have emerged and developed in agricultural production technologies, on the germination characteristics of forest tree seeds in the forestry sector. In this thesis, the effects of effective microorganisms on the germination characteristics of Anatolian black pine and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds were researched. The thesis study is aimed at determining the effects of different EM types and application doses on the germination rate, germination percentage, and mean germination time on each species basis. In the study, four different EM species (EM-A, EM-5, EM-GOLD, and EM-FPE) were applied to the seeds of the two native pine species at three doses (5%-Low, 15%-Medium, and 25%-High), and compared with control treatments. As a result of the study, it was determined that the EM species, dose, and their interactions had statistically significant effects on the seed germination rate, germination percentage, and mean germination time for both Anatolian black pine and Scots pine. Additionally, the control treatment was found to be in the first homogeneous group for both species and the examined dependent variables. Furthermore, for Anatolian black pine, the most favourable effects were found on seed germination rate in the EM-5 * Low, Control, and EM-FPE * Low treatment combinations; on germination percentage in the EM-FPE * Low treatment combination; and on mean germination time in the EM-A * Low and Control treatments. For Scots pine, the most favourable effects were found on germination rate in the EM-FPE * Low treatment combination, on germination percentage in the EM-FPE * Low treatment combination, and on mean germination time in the Control and EM-5 * Low treatment combinations.

KEYWORDS: Active microorganisms, Black pine, Germination, Scots pine.

January 2025, 55 Page

TEŞEKKÜR

Mensubu ve mezunu olmaktan gurur duyacağım Kastamonu Üniversitesi ile tanıştığım 2013 yılından günümüze kadar uzanan bu süreçte değerli ve harikulade destekleyici danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sezgin AYAN'a en derin saygı ve şükranları sunarım.

Çalışmaların gerek Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında (MERLAB) yürütülen aşamaları gerekse yazım sürecinde tecrübe, ilgi ve desteğini herdaim hissettiğim Sayın Doç. Dr. Esra Nurten YER ÇELİK'e ve yine deneme deseninin kurulması, istatistiksel veri setleri oluşturma, veri setleri istatistik analizlerinde ve çalışmanın her aşamasında yanımda olan Sayın Dr. Orhan GÜLSEVEN'e, katkılarından dolayı Sayın Dr. Şeyma Selin AKIN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Bora İMAL'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans sürecinde çalışmaların devamlılığı için izin ve çalışma fırsatları sağlayan Kastamonu Orman Fidanlık Müdürü Sayın Mustafa Levent TEROĞLU'na Fidanlık Müdür Yardımcısı Sayın Gonca ŞENTÜRK'e teşekkürü borç bilirim. Aynı zamanda birbirinden kıymetli fidanlık personellerimiz çalışma arkadaşlarım özellikle manevi kardeşim Hülya DEMİRCİ'ye teşekkür etmek isterim.

Lisans eğitimim boyunca ve Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı verilerin kaydedilmesi aşamaları, toplanması aşamaları gibi dönemleri birlikte yürüttüğüm ve hayatımın her sürecinde arkamda desteğini hissettiğim ağabeyim Tevfik SARIALIOĞLU'na, yeğenim Yağmur SARIALIOĞLU'na ve desteği her daim güç veren ablam Hülya SARIALIOĞLU ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma vesilesi ile en çok hayattaki en büyük şansım babam Hasan SARIALIOĞLU'na maddi-manevi desteklerini hiç eksik etmeyen aileme sevgi ve saygılarımı sunarım.

ESRA SARIALIOĞLU

Kastamonu, 2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	7
3. MATERYAL VE METOD	12
3.1 Materyal	12
3.1.1 Çalışmada Kullanılan Tohumların Genel Özellikleri	12
3.1.2 Çalışmada Kullanılan Etkin Mikro Organizmaların Genel Özellikleri	12
3.2 Yöntem.....	14
3.2.1 Deneme Deseni	14
3.2.2 Çimlenme Karakteristikleri.....	16
3.2.2.1 Çimlenme hızı	16
3.2.2.2 Çimlenme yüzdesi	16
3.2.2.3 Ortalama çimlenme süresi.....	16
3.3 İstatistik Değerlendirmeler.....	16
4. BULGULAR	17
4.1 Anadolu Karaçamı Tohumları Analizleri	17
4.1.1 EM'nin Anadolu Karaçamı Tohum Çimlenme Hızı Üzerine Etkisi.....	17
4.1.1.1 Karaçamda çimlenme hızına EM uygulama çeşidinin etkisi	17
4.1.1.2 Karaçamda çimlenme hızına uygulama dozunun etkisi.....	18
4.1.1.3 Karaçamda çimlenme hızı üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi	19
4.1.2 EM'nin Anadolu Karaçamı Tohum Çimlenme Yüzdesi Üzerine Etkisi	21
4.1.2.1 Çimlenme yüzdesine uygulamanın çeşidinin etkisi	21
4.1.2.2 Karaçamda çimlenme yüzdesine uygulama dozunun etkisi.....	23
4.1.2.3 Karaçamda çimlenme yüzdesine EM uygulama çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi	24
4.1.3 EM'nin Anadolu Karaçamı Tohum Ortalama Çimlenme Süresi Üzerine Etkisi	26
4.1.3.1 Karaçamda ortalama çimlenme süresine EM uygulama çeşidinin etkisi.....	26
4.1.3.2 Ortalama çimlenme süresi uygulama dozunun etkisi.....	27
4.1.3.3 Karaçam tohumlarında ortalama çimlenme süresi üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi	29
4.2 Sarıçam Tohumları Analizleri.....	31

4.2.1	EM'nin Sarıçam Tohum Çimlenme Hızı Üzerine Etkisi.....	31
4.2.1.1	Sarıçamda çimlenme hızına EM uygulama çeşitlerinin etkisi	31
4.2.1.2	Sarıçamda çimlenme hızına EM uygulama dozunun etkisi	32
4.2.1.3	Çimlenme hızına üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi	33
4.2.2	EM'nin Sarıçam Tohum Çimlenme Yüzdesi Üzerine Etkisi.....	35
4.2.2.1	Sarıçamda çimlenme yüzdesine EM uygulama çeşidinin etkisi	35
4.2.2.2	Çimlenme yüzdesine uygulama dozunun etkisi.....	37
4.2.2.3	Çimlenme yüzdesine etkisi EM çeşidi ve dozu etkileşimine etkisi	38
4.2.3	EM'nin Sarıçam Tohum Ortalama Çimlenme Süresi Üzerine Etkisi	40
4.2.3.1	Ortalama çimlenme süresi üzerine EM uygulama etkisi.....	40
4.2.3.2	Sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine EM dozunun etkisi	42
4.2.3.3	Sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi	43
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	45
	KAYNAKLAR	49
	ÖZGEÇMİŞ.....	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Etkin mikroorganizmaların farklı oranlarda hazırlanması	14
Şekil 3.2 Karaçam ve sarıçam türleri için oluşturulan deney deneme deseni	15



TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Tohum kaynağına ait bilgiler.....	12
Tablo 3.2 Kullanılan etkin mikro organizmalara ait genel bilgiler.....	13
Tablo 4.1 EM uygulama çeşitlerinin karaçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	17
Tablo 4.2 EM uygulama çeşidi faktörünün çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları.....	17
Tablo 4.3 Karaçamda çimlenme hızı değişkeni için EM uygulama çeşidine ait Duncan testi sonuçları.....	18
Tablo 4.4. EM uygulama dozlarının karaçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	18
Tablo 4.5 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozunun çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	19
Tablo 4.6 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozlarına ait Duncan testi sonuçları.....	19
Tablo 4.7. Karaçam tohumlarına uygulanan EM çeşidi ve dozu etkileşiminin karaçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	20
Tablo 4.8 Karaçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktörlerinin etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	20
Tablo 4.9 Karaçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları.....	21
Tablo 4.10 EM uygulama çeşidinin karaçam tohumları çimlenme yüzdesine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	22
Tablo 4.11 EM uygulama çeşidi faktörünün karaçam çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	22
Tablo 4.12 Karaçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları.....	22
Tablo 4.13 EM uygulama dozlarının karaçamda çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait açıklayıcı istatistikler.....	23
Tablo 4.14 Karaçamda çimlenme yüzdesi için EM dozlarına ait varyans analiz sonuçları.....	23
Tablo 4.15 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozlarına ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları.....	24
Tablo 4.16 EM Uygulama dozlarının ve uygulama etkileşiminin karaçamda çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler.....	24
Tablo 4.17 EM uygulama dozları ve çeşidi etkileşiminin çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	25
Tablo 4.18 Karaçamda çimlenme yüzdesi uygulama dozu ve çeşidinin etkileşimine ait Duncan testi sonuçları.....	25
Tablo 4.19 EM uygulama çeşitlerinin karaçam tohumları ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	26

Tablo 4.20	EM uygulama çeşidi faktörünün karaçam ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	27
Tablo 4.21	Karaçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait ortalama çimlenme süresine ilişkin Duncan testi sonuçları	27
Tablo 4.22	Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozunun ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler	28
Tablo 4.23	Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozunun ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	28
Tablo 4.24	Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozlarının ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları	28
4.2	Tablo 4.25 EM çeşidi ve dozu etkileşiminin karaçam tohumları ortalama çimlenme süresi etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	29
Tablo 4.26	EM çeşidi ve uygulama dozu faktörlerinin etkileşiminin ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	30
Tablo 4.27	EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları.....	30
Tablo 4.28	EM uygulama çeşitlerinin sarıçam tohumlarında çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	31
Tablo 4.29	EM uygulama çeşidi faktörünün sarıçamda çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	31
Tablo 4.30	Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşidinin çimlenme hızına etkisine ait Duncan testi sonuçları.....	32
Tablo 4.31	EM uygulama dozlarının sarıçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	32
Tablo 4.32	Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozunun çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	33
Tablo 4.33	Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozlarının çimlenme hızı üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları.....	33
Tablo 4.34	Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşidi ve dozu etkileşiminin Sarıçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler	34
Tablo 4.35	Sarıçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	34
Tablo 4.36	Sarıçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları	35
Tablo 4.37	EM uygulama çeşidinin sarıçam tohumları çimlenme yüzdesine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler.....	36
Tablo 4.38	EM uygulama çeşidi faktörünün çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	36
Tablo 4.39	Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları	36
Tablo 4.40	EM uygulama dozlarının çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait açıklayıcı istatistikler	37
Tablo 4.41	Sarıçamda çimlenme yüzdesinde EM dozlarına ait varyans analiz sonuçları	37
Tablo 4.42	Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozlarına ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları	38

Tablo 4.43 EM uygulama dozlarının ve çeşidinin etkileşiminin çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler	39
Tablo 4.44 EM uygulama dozları ve çeşidi etkileşiminin çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	39
Tablo 4.45 Sarıçam çimlenme yüzdesi uygulama dozu ve çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları	40
Tablo 4.46 EM uygulama çeşitlerinin sarıçam tohumları ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler	41
Tablo 4.47 EM uygulama çeşidi faktörünün sarıçam ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları	41
Tablo 4.48 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait Duncan testi sonuçları	41
Tablo 4.49 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozunun ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	42
Tablo 4.50 EM dozunun sarıçam ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları	42
Tablo 4.51 EM dozlarının sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları	43
Tablo 4.52 EM çeşidi ve dozu etkileşiminin sarıçam tohumları ortalama çimlenme süresi etkisine ait tanımlayıcı istatistikler	43
Tablo 4.53 EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları	44
Tablo 4.54 EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

%	: Yüzde
%KKök	: Kuru kök yüzdesi
°C	: Santigrat derece
ECM	: Ektomikorizal mantarlar
EM	: Etkin Mikroorganizma
FB	: Fidan Boyu
FTA	: Fidan taze ağırlığı
Gİ	: Gürbüzlük indisi
GTA	: Gövde taze ağırlığı
KBÇ	: Kök boğazı çapı
Max.	: Maximum
Min.	: Minimum
Mm	: Milimetre
NaOH	: Sodyum Hidroksit
ppm	: Parts per million (Milyonda bir)-(0,000001)
R	: (Range) Değişim aralığı
RPU18	: Bakteri izolatları
Std.	: Standart
Subsp.	: Subspecies
TB	: Tohum Bahçes
Vd.	: Ve diğerleri

1. GİRİŞ

Türkiye ormanlarının mevcut yaklaşık %46 oranındaki degrade durumu, farklı fidan üretim ve ağaçlandırma teknikleriyle bu ormanların verimli hale getirilmesini öncelikli bir şekilde ve acilen rehabilite etmeyi gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda; genelde bütün doğal-canlı ekosistemlerinin ve özelde ise orman ekosistemlerinin özünde var olan birbirine karşıt iki dinamik güç; rejenerasyon, ki bu güce “hayat-yaşam gücü” diğer güç ise, “dejenerasyon-tahrip gücü”dür. Dejenerasyon, imha edici özelliğe sahip parçalanmaya, çürümeye, kirlenmeye, zehirlenmeye, hastalıklara ve ölüme yol açan bir güçtür. Bilimsel araştırmalara göre, rejenerasyon ve dejenerasyon üzerindeki kontrol tamamen mikroorganizmalara aittir. Rejenaratif organizmalar hüküm sürdüğünde, yaşam destekli ve verimli işlemler baskın olurken, dejeneratif veya patojen mikroorganizmalar üstünlük sağladığında ise parçalanma ve yıkıcı işlemler ortama hakim olmaktadır (Ayan vd., 2018; Ayan vd., 2021; Ayan vd., 2022: URL-1, 2021).

Çevre kirletici faktörlerin etkisiyle bozulan ekolojik denge sonucunda zararlı olan mekanizmaların popülasyonlarında hızlı bir artış meydana gelmekte ve bu artış yararlı mekanizmaların popülasyon frekansını ve büyüklüğünü olumsuz yönde etkilemiştir. Oysa tabiatta var olan ekolojik denge ve ortak yaşam sistemi birçok yararlı ve zararlı mekanizma ile birlikte mümkün olabilmektedir (Ayan vd., 2018; Ayan vd., 2021; Ayan vd., 2022).

Etkili mikroorganizmalar [aktif, etkili, efektif mikroorganizmaların (EM)] doğada çeşitli önemli rol ve görevleri söz konusudur. Doğadaki bu bazı anahtar rol ve görevleri aşağıdaki şekilde tasnif edilebilir:

1. *Besin Döngüsü*: Mikroorganizmalar, organik maddelerin ayrışmasını sağlamak ve böylece besin döngüsünün devamlılığını temin ederler. Örneğin, bakteriler ve mantarlar ölü bitki ve hayvan materyallerini ayrıştırarak toprağa besin maddelerini geri kazandırması gibi.

2. *Toprak Sağlığı*: Toprak mikroorganizmaları, toprağın yapısını ve verimliliğini iyileştirir. Ayrıca, azot bakterileri, atmosferden azotu toprağa aktararak bitkiler için kullanılabilir hale getirir. Bu bağlamda; mikorizal mantarlar da bitkilerin kökleriyle simbiyotik ilişkiler kurarak besin alımını artırırlar.

3. *Su Temizliği*: Su ekosistemlerinde var olan mikroorganizmalar, kirleticileri parçalayıp, temizlemek suretiyle suyun kalitesini korurlar. Özellikle bakteriler ve diğer mikroorganizmalar, organik atıkları ve zararlı maddeleri parçalamaktadır.

4. *Ekosistem Dengesinin Korunması*: Mikroorganizmalar, ekosistemlerdeki diğer organizmalarla etkileşim içinde olup, ekosistem dengesini korumaktadırlar. Bu, hem besin ağlarının hem de doğal denge unsurlarının sürekliliği için kritik öneme sahiptir.

5. *Hastalıkların Kontrolü*: Bazı mikroorganizmalar, patojenlerle savaşarak doğal hastalık kontrol mekanizmalarını desteklerler. Örneğin; bazı bakteriler ve mantarlar, zararlı organizmaların yayılmasını engelleyici etkilere sahip olabilir.

6. *Biyoteknolojik Uygulamalar*: Mikroorganizmalar, biyoteknolojik uygulamalar için kullanılır. Örneğin; bazı bakteriler ve mantarlar, biyolojik olarak parçalanabilen plastikler veya biyoyakıtlar üretmek için kullanılmaktadırlar (Allahverdiev vd., 2015; Ayan vd., 2021; Karlık, 2010; Keskin, 2012;).

Kısaca, mikroorganizmalar doğadaki birçok süreç için temel bir rol oynar ve ekosistemlerin sağlıklı işleyişi için vazgeçilmezdir. Farklı gruplar altında değerlendirilebilecek EM'lerin tabiattaki rolleri ise aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

1. *Mikorizal Mantarlardan Yararlanma*: Mikorizal mantarlar, bitkilerin kökleriyle simbiyotik ilişkiler kurarak, tohum çimlenmesini destekleyebilir. Bu mantarlar, bitkilerin besin alımını artırır ve suyun daha etkili kullanılmasını sağlar. Yapılan alışmalar, mikorizal mantarlarla yapılan uygulamaların çimlenme oranlarını artırdığını ve bitki gelişimini iyileştirdiğini göstermiştir (Smith ve Read, 2008).

2. *Azot Bağlayan Bakterilerin Etkisi*: Azot bağlayan bakteriler, toprağa azot ekleyerek bitkilerin besin ihtiyaçlarını karşılamada önemli rol oynarlar. Bu bakteriler, özellikle

baklagil tohumlarının çimlenme sürecini olumlu etkiler. Bazı çalışmalarda, azot bağlayan bakterilerin tohum çimlenmesini teşvik ettiği ve bitki büyümesini hızlandırdığı bulunmuştur (Graham ve Vance, 2003).

3. *Silikon ve Diğer Bakteri Etkileşimi*: Silikon, bazı bitkiler için tohum çimlenmesini destekleyen bir faktör olarak bilinir. Ayrıca, bazı bakterilerle kombinasyon halinde, tohumların çimlenme oranını artırabilir. Silikon ve bakterilerin birleşimi, bitkilerin daha dayanıklı ve sağlıklı olmasını sağlayabilir (Epstein, 1999).

4. *Biyolojik Kontrol Ürünlerinin Rolü*: Bazı mikroorganizmalar, patojenlerle mücadelede kullanılarak tohum çimlenmesini dolaylı olarak etkiler. Örneğin, bazı bakteriler ve mantarlar, tohumları çevreleyen patojenleri azaltarak çimlenme oranlarını artırabilir (Kloepper vd., 2004).

5. *Pseudomonas ve Bacillus Türlerinin Etkileri*: *Pseudomonas* ve *Bacillus* türleri gibi belirli bakteri türlerinin tohum çimlenmesini artırdığı gösterilmiştir. Bu bakteriler, ürettikleri hormonlar aracılığıyla çimlenmeyi teşvik eder ve bitki büyümesini destekler (Lugtenberg ve Kamilova, 2009).

6. *Toprak Mikroflorasının Genel Etkileri ve Çimlenme Üzerindeki Etkisi*: Toprak mikroflorası, tohum çimlenmesi üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler yapabilir. Toprağın mikrobiyal içeriği, besin maddelerinin mevcudiyetini ve biyolojik aktiviteyi etkileyerek çimlenme süreçlerini etkiler (Strickland ve Rousk, 2010).

Orman ekosistemlerinin varlığı ve sürdürülebilir yönetimi açısından orman ağacı tohumlarının çimlenmesi anahtar ve kritik bir husustur. Orman ağaçlarının yetiştirilmesi, ormanların gençleştirilmesi, ağaçlandırılması, rehabilitasyon ve restorasyonu gibi uygulamalar orman ağaçlarının tohumlarının çimlenme süreçlerine bağlıdır. Birçok araştırmada çeşitli faktörlerin tohum çimlenmesi üzerine olan etkilerini açıklamaya yönelik çok önemli bilgi ve tespitler söz konusudur. Bu bağlamda; orman ağacı tohumlarının çimlenmesi üzerine etki yapan faktör grupları ile ilgili bazı önemli araştırmalar aşağıda ifade edilmiştir.

1. *Tohum Çimlenmesinde Çevresel Faktörler*: Orman ağacı tohumlarının çimlenmesi genellikle çevresel faktörlerden büyük ölçüde etkilenir. Sıcaklık, nem ve ışık koşulları, tohumların çimlenme oranlarını ve hızını etkilemektedir. Örneğin, birçok orman ağacı tohumunun çimlenmesi için belirli sıcaklık aralıklarına ihtiyaç duyduğu ve nemin yeterli olması gerektiği belirtilmiştir (Fenner ve Thompson, 2005).

2. *Tuz ve Toprak Özelliklerinin Etkisi*: Tohum çimlenmesi, toprak özellikleri ve tuz stresi gibi faktörlerden etkilenir. Toprak pH'ı, organik madde içeriği ve tuz konsantrasyonları, orman ağacı tohumlarının çimlenme sürecini etkileyebilir. Örneğin, tuzlu ortamların bazı orman türlerinin çimlenmesi üzerinde olumsuz etkiler yarattığı tespit edilmiştir (Khan ve Ungar, 1997).

3. *Ekolojik ve Biyolojik Faktörler*: Toprak mikroorganizmaları, tohum çimlenmesini etkileyebilir. Bazı mikroorganizmalar, tohumların çimlenme oranlarını artırabilirken, bazıları patojen olarak etkileyebilmektedir. Mikorizal mantarların ve bazı bakteri türlerinin tohum çimlenmesini teşvik edici etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu etkileşimlerin önemini vurgulamaktadır (Newman ve Reddell, 1987).

4. *Tohum Kabuğu, Dormansi ve Çimlenme*: Birçok orman ağacı tohumunun çimlenmesi, tohum kabuğunun fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle dormansi durumundadır. Dormansi, tohumun uygun çevresel koşullarda bile çimlenmemesi durumudur. Dormansi kırma yöntemleri ve tohum kabuğunun etkileri üzerine yapılan araştırmalar, çeşitli stratejilerin çimlenme oranlarını nasıl artırabileceğini göstermiştir (Bewley ve Black, 1994).

5. *Genetik Çeşitlilik ve Evrimsel Faktörler*: Orman ağacı tohumlarının çimlenmesi, genetik çeşitliliğe bağlı olarak değişebilir. Farklı bireylerin veya populasyonların tohumları, çevresel streslere ve çimlenme koşullarına farklı tepkiler verebilir (Yahyaoglu ve Ölmez, 2005). Bu konudaki araştırmalar, orman genetik kaynaklarının korunması ve yönetimi için çok önemlidir.

Orman yönetimi ve restorasyon projelerinde tohum çimlenmesi üzerine yapılan çalışmalar, ekosistemlerin yeniden yapılandırılması için kritik bilgiler sağlamaktadır. Tohumların çimlenme başarıları ve çevresel koşullara uyum sağlama yetenekleri,

restorasyon projelerinin başarısını etkiler (Lamb vd., 2005). Bu sayede; Orman ağacı tohumlarının çimlenmesi üzerine yapılan araştırmalar ile tohumların çevresel koşullara uyum sağlama yeteneklerini ve çeşitli faktörlerin etkilerini anlamak da mümkün olabilmektedir.

Etkin mikroorganizmalar (EM), toprakta doğal olarak bulunan laktik asit bakterileri, fotosentetik bakteriler, mayalar ve aktinomisetlerden oluşan mikrobiyal bir karışımdır (Zimmermann ve Kamukuenjandje, 2008). Bu mikroorganizmalar, toprak kalitesini artırmak, bitkilerin büyümesini ve verimini desteklemek, atık su arıtımı sağlamak, zararlıların ve hastalıkların kontrolünü kolaylaştırmak, hayvan gelişimini iyileştirmek, kompost üretimini artırmak ve ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Higa ve Parr, 1994; Iwahori ve Nakagawara, 1996; Iwaishi, 1994; Suzuki, 1985; Zimmermann ve Kamukuenjandje, 2008). Ağırlıklı olarak tarımda kullanılan EM'ler doğal tarımın önemli bir öğesi durumundadır (Higa, 1998; Arakawa, 1985; Suzuki, 1985). EM'ler, çok sayıda mikrobiyal türden oluşmasına karşın, dominant popülasyonlar laktik asit ve fotosentetik bakterileri ile mayalar ve aktinomisetlerdir (Ayan vd., 2021).

EM teknolojisi, "Etkin Mikroorganizmalar" kavramına dayanmakta olup, tabiatta varolan yararlı ve zararlı mikroorganizmalar arasındaki sürekli bir mücadelenin varolduğu fikrini esas alır. Yararlı mikroorganizmalar ortamda baskın hale geldiğinde, "fırsatçı tür mikroorganizmalar" da onlarla birlikte yararlı hale gelir. Bu mikroorganizmalar arasında bir sinerji de mevcuttur. EM, çeşitli mikroorganizma türlerinden oluşmakta ve doğal ortamdan toplanarak özel koşullarda üretilmektedir (Higa, 1994; Higa, 1998).

EM teknolojisi, Japon mikrobiyolog Higo TERO tarafından geliştirilmiştir. EM grubundaki mikroorganizmalar, rejenerasyon süreçlerinden sorumlu olup, fotosentetik ve laktik asit bakterileri, mayalar, funguslar ve etkili enzimleri içermektedir. Bu mikroorganizmalar EM preparatında bulunur ve toprak içinde işbirliği yapar. Bu süreçte enzimler, fizyolojik olarak aktif maddeler, aminoasitler, nükleik asitler ve diğer bileşikler üretilir. Ayrıca, bu mikroorganizmalar toprak içindeki hava ve suyu temizleyerek, EM teknolojisi ile saf, kaliteli ve verimli ürünlerin elde edilmesine

katkıda bulunurlar. Organik maddelerle etkileşimde bulduklarında ise, organik asitler, antioksidanlar, antibiyotikler, doğal hormonlar ve diğer biyolojik aktif maddeleri üretirler. EM teknolojisi, sürekli gelişen bir teknoloji olup, ürün geliştirme ve uygulama alanları oldukça geniştir (Allahverdiev vd., 2015; Higa ve Wididana, 1991a; Higa ve Wididana, 1991b; Higa ve Parr, 1994).

EM teknolojisi, bitkiler üzerinde üç temel amacı gerçekleştirmek için uygulanmaktadır: Bu amaçlar; *i*) Tohumlarda çimlenme engelinin hızlı ve etkili bir şekilde kaldırılması ile çimlenme parametrelerinin iyileştirilmesi, *ii*) fidanlarda büyüme performansının artırılması ve morfolojik/fizyolojik özelliklerin iyileştirilmesi, *iii*) bitkilerin çeşitli hastalıklara ve zararlılara karşı dirençlerinin artırılmasıdır (Higa, 1994; Higa, 1998; Karlık, 2010).

Bu tez çalışmasında; teknik ve teknoloji olarak zirai üretimde doğan ve gelişen “Etkili Mikroorganizmalar” uygulamasının ormancılık sektöründe orman ağacı tohumları çimlenme karakteristiklerine etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaçla bu tez kapsamında; ticari bir ürün olan EM’lerin, Anadolu karaçamı ve sarıçam tohumlarının çimlenme karakteristiklerine etkileri araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Effektif mikroorganizmaların orman ağacı tohumlarının çimlenmesi üzerinde hem olumlu hem de olumsuz yönde etkileri konusunda araştırmalar mevcuttur. Olumlu etkiler genellikle toprak besinlerinin artırılması, toprak yapısının iyileştirilmesi ve patojenlerle mücadele gibi alanlarda ağırlıklı görülürken, olumsuz etkiler ise ekosistem dengesizliği, inhibitör etkiler ve kötü adaptasyon gibi hususlarda yoğunlaşmaktadır (Epstein, 1999; Graham ve Vance, 2003; Kloepper vd., 2004; Lugtenberg Kamilova, 2009; Strickland ve Rousk, 2010). Mikroorganizmaların potansiyel olası olumsuz etkilerin önlenmesi için mikroorganizmaların uygun şekilde seçilmesi ve uygulanması gerektiği konusu öne çıkmaktadır. Bu nedenle olası olumsuz etkilere karşı EM'lerin uygulama stratejilerini optimize etmek ve olumsuz etkileri minimize etmek önem arz etmektedir.

EM'lerin zirai ürün verimliliği üzerindeki olumlu etkileri ile ilgili olarak; mikroorganizmaların etkileri üzerine Chagas vd., (2001) papatyada, Hollanda ve Avusturya'da çimler üzerine (Daly ve Stewart, 1999; Fujita, 2000) Japonya'da ise elma üzerine (Fujita, 2000) araştırmalar yapılmıştır. Fidan kalitesi üzerine ise Atik (2013)'de karaçamda EM'nin fidan boyu ve kök boğaz çapına olan etkisi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Ayan vd. (2021) Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) tüplü fidanlarının kök taze ağırlığı ve kuru kök yüzdesi (%KKök) değişkenleri üzerinde en olumlu tesiri EM-1'in yaptığını, EM uygulamalarının genelde orta ve yüksek dozlarının kök boğazı çapı (KBÇ), gövde taze ağırlığı (GTA), fidan taze ağırlığı (FTA), %KKök ve gürbüzlük indisi (Gİ) karakterleri üzerinde olumlu etkisi tespit edilmiştir. Ayrıca, EM uygulamasının zaman açısından vejetasyon dönemi içinde, haziran ayında, yapılan aplikasyonun KBÇ ve %KKök üzerinde olumlu etkisi saptanmıştır. Aynı araştırma kapsamında; Araştırmada; EM çeşidi ve uygulama zamanı faktörlerinin etkileşimli etkileri irdelendiğinde; Vejetasyon dönemi öncesinde EM-5 ve EM-GOLD, vejetasyon dönemi içi uygulamalarda ise EM-GOLD çeşidinin fidan boyu (FB) üzerinde olumlu tesiri saptanırken, KBÇ, GTA ve FTA morfolojik karakterleri

üzerinde vejetasyon dönemi içerisinde uygulanan EM-1 çeşidinin en olumlu tesiri yaptığı tespit edilmiştir.

Zydlik ve Zydlik (2008), EM uygulanan elma ağaçlarının iyi gelişmiş bir kök sistemi ile bitkinin yer üstü organlarının gelişimi üzerinde de pozitif etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Ayan vd. (2022), 2+0 yaşlı tüplü Toros sediri fidanlarının fizyolojik karakteristikleri üzerine EM'lerin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; ikinci vejetasyon döneminin sonu itibariyle EM türü, dozu ve uygulama zamanı faktörlerinin; klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, fotosentez hızı, transpirasyon ve bağıl nem gibi fizyolojik özellikler üzerinde önemli etkileri olduğu; EM-A'nın fotosentez hızı üzerinde, EM-5'in ise diğer ölçülen bütün fizyolojik parametreler üzerinde olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir. EM'lerin yüksek dozu, bağıl nem üzerinde en olumlu etkiye sahipken, orta dozda EM'ler, klorofil değerleri, transpirasyon hızı ve fotosentez hızı üzerinde en olumlu etkiye sahip olmuştur. Ayrıca, vejetasyon dönemi başında yapılan EM uygulamasının, tüm ölçülen fizyolojik parametre değerlerinde artırıcı bir etkisi olduğu belirtilmiştir.

Smith ve Read (2008) tarafından yürütülen ve çam fidanlarının hayatta kalma ve gelişimleri üzerine mikorizaların etkisini irdeleyen bir araştırmada; Mikoriza mantarlarının çam tohumlarının çimlenme ve genç fideciklerin gelişimi üzerinde toprakta besin maddelerini (özellikle fosfor) daha erişilebilir hale getirmek suretiyle destekleyici rol üstlendiğini, mikoriza mantarlarıyla kolonize olmuş çam fidanlarının daha hızlı büyüdüğünü ve daha yüksek sağkalım oranlarına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Wood (1997), salatalık ve diğer sebzelerde önemli zararlara sebebiyet veren *Diaphania nitidalis* ve *Cucurbitaceae* zararlıları ile mücadelede ve sebzedeki verim artışında EM'lerin etkilerini araştırmıştır. Araştırmanın deneme deseninde üç farklı sulama metodu uygulanmıştır. İşlemlerden birincisi yalnızca su, ikincisi EM+EMA ve üçüncüsü ise EM+EM5+EMA uygulaması şeklindedir. Araştırmanın sonucunda; EM+EM5+EMA ile sulanan bitkilerin ürün artışının fazlalığı yanında böcek zararının daha az görüldüğü tespit edilmiştir.

EM1 uygulamasının çim miktarına ve kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; kumlu ve killi topraklarda 1997-1998 yıllarında EM1, çeşitli gübreler ve sığır gübresi bulamacı farklı kombinasyonlar şeklinde uygulanarak, iki toprak türü arasındaki etki farkı belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma neticesinde; EM1 + sığır gübresi bulamacı kombinasyonun verimi muhafaza ederek kimyasal gübre kullanımının azaltılabileceği kanaatine varılmıştır. Kumlu topraklarda EM1'in olumlu etkisi sebebiyle gübrelemeye gerek olmadığı hükmüne varılmıştır (Bruggenwert vd., 1998).

Plant Pathology Department of the Federal Rural Üniversite'sinde mısır, domates, bezelye gibi zirai ürünlere EM uygulamalarının etkisinin araştırıldığı çalışmada; EM uygulamalarının yüksek tohum çimlenme yüzdeleri sonucunu ortaya koyduğu saptanmıştır. Aynı zamanda EM uygulanan tohum ekimlerinden elde edilen fideliklerin kök uzunluğunun, kontrol grubu fideliklerinin kök uzunluğundan önemli derecede farklı olduğu saptanmıştır. Tohuma EM dozu uygulamaları zayıf tohumların normal tohum gibi büyüme ve yaşam sürdürme için çimlenme oranını artırabildiği ifade edilmiştir.

Nelemans ve Beusichem (1997)'den akt. Çalışkan (2018) EM'in çim üzerine etkileri ve NPK verimi ve alımına ait değişimlerin araştırıldığı çalışmada; üç tekerrürlü olarak altı saksıya çim ekimi yapılmış, çimler iki kez biçilmiş ve çıkan ürünlerin ağırlıkları ve NPK oranları karşılaştırılması yapılmıştır. EM uygulanan çimlerin ağırlıkları her seferinde yapılan ölçümlerde yüksek çıkmıştır. EM uygulanan bitkilerde N miktarı fazla iken, P ve K oranlarında fazla bir değişiklik görülmediği ortaya konulmuştur.

Soğan, mısır ve bezelye üzerinde Daly ve Stewart (1999) tarafından yürütülen başka bir çalışmada; Besin takviyeli EM ile 10.000 lt su ve 10 lt EM bir konsantrasyon hazırlanmıştır. Hazırlanan konsantrasyon soğanlara üç defa, bezelyeye iki defa ve mısır bitkine yedi defa uygulanmış, uygulama sonucunda EM + şeker kamışı; soğan verimini %29; bezelye verimini %31 ve mısır verimini %23 oranında artırmıştır. Ayrıca, dört hafta boyunca, 30°C sıcaklıkta, killi kum ve çayır üzerinde çalışma yapılarak, glikoz ve glikoz + EM uygulama NaOH tuzakları ile C miktarı tespiti çalışmaları yapılmak istenmiş. Çalışma sonucunda glikoz muamelesi uygulanmış alanlar kontrol grubuna göre %38 daha fazla C üretmiştir. Glikoz + EM muamelesi

uygulanmış alanda ise yalnız glikoz uygulaması yapılan alana göre %8 ek üretim olmuştur.

Okuda ve Higa (1999), atık suların EM ile arıtılması ve tarımda kullanılabilirlik imkanlarını araştırdıkları çalışmalarında; EM'nin uzun süreli uygulamasının atık suyun olumsuz özelliklerini azaltarak, suyun kalitesini iyileştirdiğini ayrıca, tarımda kullanılabilirliği bakımından da salatalık bitkisine uygulanan EM'nin büyümeyi olumlu etkilediğini belirtmişlerdir.

Xu vd. (2001), EM ve bazı organik gübrelerin domates verimi ve kalitesi ile yapraklarda fotosentez artışına olan etkisini araştırdıkları çalışmada; yalnızca bokaşi ve tavuk gübresi uygulanmış ürünlere göre tavuk gübresi + EM uygulamasının ürünlerdeki verimi ve kaliteyi arttırdığını, ayrıca, hem bokaşi hem de tavuk gübresine EM inokule edildiğinde hem verim hem de fotosentezde artışı tespit edildiği ifade edilmiştir. Sonuç olarak; EM'nin diğer gübrelerle kombinasyonunun verim artışını ve kaliteyi olumlu etkilediğini vurgulanmıştır.

Atik (2008), biyohumus ve Baykal EM-1 gibi doğal maddelerin doğu kayını tohumlarının çimlenmesi ile 1+0, 1+1 yaşlı fidanların bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklere etkisini araştırdığı doktora tez çalışmasında; doğal maddelerin tohum çimlenmesi, fidan yaşama yüzdesi, morfolojisi ve fizyolojisi üzerinde kontrol işlemlerine göre önemli ölçüde farklılık oluşturduğunu, doğal maddelerin doğu kayını fidan kalitesini olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir.

Aytekin (2008), hormonlar ile mikroorganizmaların safran bitkisi yetiştiriciliğinde etkisini araştırdığı çalışmasında; biyohumus+ EM karışımının safran yetiştiriciliğinde olumlu etki sağladığını belirtmiştir.

Dönmez (2009), bazı *Amaranthus* türlerinde Baykal EM1 ve biyohumus gibi doğal maddelerin morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerine etkisini araştırdığı çalışmada; Baykal EM-1, biyohumus, Baykal EM-1+biyohumus uygulamaları arasında doğal madde kullanımının *Amaranthus* türlerinin büyüme, gelişme ve adaptasyonunu pozitif yönde etkilediğini, özellikle Baykal EM-1 kullanımının biyohumus kullanımına oranla daha olumlu etki yaptığını vurgulanmıştır.

Kore’de gerçekleştirilen bir çalışmada; toprağa uygulanan EM fermente kompostun piriņ ve çeşitli sebzelerde büyüme ve verimi ortalama %16 arttırdığını, havuç, turp, lahana ve marul gibi sebzelere uygulanan EM fermente kompostun ise sebze büyüme ve veriminin kimyasal gbrelele oranla daha fazla olduğunu belirtilmiştir (Lee, 2016).



3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışmada Kullanılan Tohumların Genel Özellikleri

Tez çalışmasında; kullanılan etkin mikroorganizmaların (EM) tohum çimlenmesi üzerine etkileri araştırma materyali olarak belirlenen karaçam (*Pinus nigra* J. F. Arnold) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türlerinde incelenmiştir. Kullanılan tohumların kaynağına ait bilgiler Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Tohum kaynağına ait bilgiler

Tür Adı	Tohum Kaynağı	Orijini	Toplanma Yılı
Karaçam	Tohum Bahçesi (TB-122)	Karadere	2017
Sarıçam	Tohum Bahçesi (TB-151)	Araç-Dereyayla	2017

3.1.2 Çalışmada Kullanılan Etkin Mikro Organizmaların Genel Özellikleri

Bu tez çalışmasında; dört farklı EM (EM-A; EM-5; EM-Gold ve EM-FPE) çeşidi kullanılmıştır. Her çeşit için üç doz uygulaması değerlendirilmiştir. Kontrol grubunda ise sadece saf suda şişirme işlemi uygulanmıştır. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Silvikültür ABD laboratuvarında etkin mikroorganizmalar farklı oranlarda hazırlanmıştır. Kullanılan etkin mikro organizmalar ve dozlara ait bilgiler Tablo 3.2’de verilmiştir.

EM-1, EM-5, EM-FPE, EM-KOMPOST ve EMX-GOLD gibi ürünleri Türkiye’de kolayca tedariki mümkündür. Bitkilerin büyüme performanslarını, morfolojik ve ekofizyolojik özelliklerini ve bunlara bağlı olarak ürün verimliliğini artırmak amacıyla yapılan araştırmalarda, EM ürünleri ppm ya da litre cinsinden uygulanmaktadır. Bu anlamda; 200 kg/ha ile 800 kg/ha arasında değişen dozlarda EM ürünleri uygulanmaktadır. Diğer taraftan EM solüsyonları 100 cc ile 800 cc arasında değişen miktarlar 400 lt suya uygulanarak derişik çözeltiler halinde hazırlanmaktadır. Hazırlanan bu çözeltiler yaprak yüzeylerine spreylemek yapmak suretiyle

uygulanabildiği gibi bitki yetiştirme ortamlarına (kap, torba vb) verilebilmektedir (URL-1, 2018).

Tablo 3.2 Kullanılan etkin mikro organizmalara ait genel bilgiler

Faktör	Çeşit			
İşlemler	EM-A	EM-5	EM-GOLD	EM-FPE
Doz	% 5 - % 15 - %25			
Kontrol	Saf su kullanılarak yapılan çimlendirme işlemi			

Seçilen EM'lere ait genel özellikler:

EM-A; Hastalık ve zararlılara, düşük sıcaklık ve donlara karşı bitkinin direnci arttıran enzimler, antioksidan maddeler, organik asitler, biyoaktif maddeler, mineraller, doğal hormonlar ve diğer yararlı maddeler içermektedir (URL-1, 2018). İçeriğinde; laktik asit bakterileri (*Lactobacillus fermentum*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. casei* ve *L. delbrueckii*), mayalar (*Saccharomyces cerevisiae*), fototrofik bakteriler (*Rhodopseudomonas palustris*) ile heterotrofik bakteri (*Bacillus subtilis*) ve 3,5 pH altında yaşayabilen yararlı organizmalar mevcuttur (URL-3, 2021).

EM-FPE: Sıvı forma üretilen içeriği zengin bitki besin maddeleri içeren, bitkinin gelişiminde stres faktörlerine olan dayanıklılığını artıran gübre çeşidi olarak ticari olarak temin edilmektedir. İçerisinde *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei* laktik asit bakteri, *Saccharomyces cerevisiae* mayası ve *Rhodopseudomonas palustris* fototrofik bakterileri mevcuttur (URL-2, 2021).

EM-5; Melas ve EM-1 ile fermente edilmiş bir karışımdır. Kaliteli bir sıvı mikrobiyal gübre, yardımcı bitki besin maddesi, hastalık ve zararlılara karşı direnci arttıran, sürekli uygulandığında kimyasal tarım ilaçları gereksinimini yok denecek kadar azaltan ve çimlenmeden sonra, hastalık ve zararlılar ortaya çıkmadan önce kullanılan önemli bir etkin mikroorganizma grubudur (URL-1, 2018). Muhteviyatında laktik asit bakterileri (*Lactobacillus delbrueckii*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. casei*), mayalar (*Saccharomyces cerevisiae*) ve fototrofik bakteriler (*Rhodopseudomonas palustris*) mevcuttur (URL-4, 2021).

EM-Gold; İnsanlar için üretilmiş antioksidan maddeler ve çeşitli vitaminler içermektedir (URL-1, 2018). Su, mercan kireci ve nigari karışımında mikroorganizmalar tarafından fermente edilmiş şeker kamışı pekmezi ve maya ekstraktı bazlı özel bir üründür (URL-5, 2021).

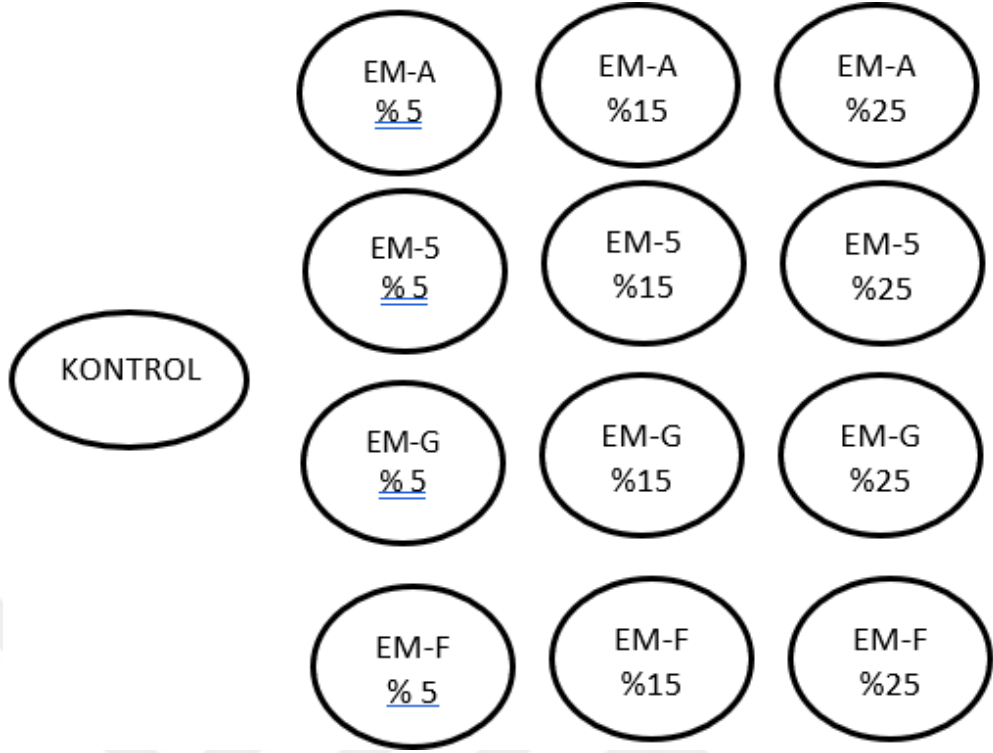


Şekil 3.1 Etkin mikroorganizmaların farklı oranlarda hazırlanması

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme Deseni

Deneye ait oluşturulan deneme deseni iklim dolabında ve petri kaplarında gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de oluşturulan deneme deseni şematik olarak gösterilmiştir. Kullanılan her petri kabı üç bölmeli olarak kendi içerisinde ayrılmıştır. Her bölme için kapak üzerine 1. Tekrar; 2. tekrar ve 3. tekrar yazılmıştır. Her tekrar 20 tohum ile temsil edilmiştir. Her uygulamada toplam 60 tohum takip edilmiştir.



Şekil 3.2 Karaçam ve sarıçam türleri için oluşturulan deney deneme deseni

Tohumlar ekim öncesi temizlendikten ve sayıldıktan sonra yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Tohumlar yaklaşık 24 saat saf suda 1 gece bekletilmiştir. Petri kapları içerisine çift kat filtre kağıdı yerleştirilmiştir. Etkili mikro organizmalar petri kabı içerisine 5 ml kadar uygulanmıştır. Tohum ekimi sonrasında tohumlar iklimlendirme kabininde çimlenmeye alınmıştır. Çimlenme kabın şartları $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%60\pm 2$ nem ayarlaması yapılmıştır. Çam tohumları çimlenme süresi 28-30 gün kadar takip edilmiştir. Kökçüklerin en az 1 mm uzaması durumunda çimlenme, gerçekleşmiş sayılmıştır (Ayan vd., 2021). Her gün çimlenme yapan tohumların sayımları

yapılmıştır ve çimlenme füyüne kaydedilmiştir. İlgili tüm testler Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür.

3.2.2 Çimlenme Karakteristikleri

3.2.2.1 Çimlenme hızı

Tohumların çabuk çimlenme kabiliyeti çimlenme hızı olarak hesaplanmaktadır. Çimlenme hızı değeri ilk 10 günde (28 günlük takipte) çimlenen tohumların yüzde olarak ifade edilmesidir.

3.2.2.2 Çimlenme yüzdesi

Çimlenme oranı yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Boydak ve Çalışkan, 2014).

$$\text{ÇY (\%)} = (\sum ni) / N * 100 \quad (3.1)$$

ni: i. gündeki çimlenen sayısı, N: Teste konulan toplam tohum sayısı

3.2.2.3 Ortalama çimlenme süresi

Günlük olarak çimlenen tohumların sayılması suretiyle ve çimlenme tamamlandığında aşağıda verilen formüle göre ortalama çimlenme süresi (OÇS) hesaplanır (Ellis ve Robert, 1980).

$$\text{OÇS} = \sum(n * c) / \sum c \quad (3.2)$$

n: sayım yapılan gün sayısı c: n. günde çimlenen tohum sayısı

3.3 İstatistik Değerlendirmeler

Çalışma sonucu elde edilen veriler, “IBM SPSS Statistic 23” programı aracılığı ile analiz edilmiştir. İşlemlerin etkisi varyans analizi ile kontrol ve işlem grupları arasındaki farklılıklar ise Duncan testi ile %5 önem düzeyinde ($p < 0,05$) belirlenecektir.

4. BULGULAR

4.1 Anadolu Karaçamı Tohumları Analizleri

4.1.1 EM'nin Anadolu Karaçamı Tohum Çimlenme Hızı Üzerine Etkisi

4.1.1.1 Karaçamda çimlenme hızına EM uygulama çeşidinin etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama çeşitlerinin çimlenme hızına etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.1'de sunulmuştur. Çimlenme hızında uygulama çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.2'de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.3'de sunulmuştur.

Tablo 4.1 EM uygulama çeşitlerinin karaçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama (%)	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	89,16	7,35	3,00	80	100	20
EM-A	9	26,66	31,22	10,40	0	80	80
EM-5	9	28,8	25,9	8,65	0	75	75
EM-Gold	9	23,33	23,31	7,77	0	60	60
EM-FPE	9	20,55	27,09	9,03	0	70	70

Tablo 4.1 incelendiğinde; En yüksek çimlenme hızı değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme hızı değerinin EM-A uygulamasında gözlenmiştir.

Tablo 4.2 EM uygulama çeşidi faktörünün çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	21629,96	4	5407,490	8,449	0,000
Gruplar içi	23681,94	37	640,053		
Toplam	45311,905	41			

Tablo 4.2 incelendiğinde; Çimlenme hızı değerleri açısından uygulama çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.3 Karaçamda çimlenme hızı değişkeni için EM uygulama çeşidine ait Duncan testi sonuçları

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
Kontrol	6	89,16±3,0	a
EM-A	9	26,66±10,4	b
EM-5	9	28,8±8,65	b
EM-Gold	9	23,33±7,77	b
EM-FPE	9	20,55±9,03	b

Tablo 4.3 incelendiğinde; Duncan analizi sonucunda kontrol grubu ve EM-FPE uygulaması aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.1.2 Karaçamda çimlenme hızına uygulama dozunun etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama dozlarının çimlenme hızına etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.4’de sunulmuştur. Çimlenme hızında uygulama dozlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.5’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.6’da sunulmuştur.

Tablo 4.4. EM uygulama dozlarının karaçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama (%)	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	89,16	7,35	3,00	80	100	20
Düşük	12	47,91	26,23	7,57	5	80	75
Orta	12	19,16	21,51	6,21	0	60	60
Yüksek	12	7,5	8,11	2,34	0	25	25

Tablo 4.4 incelendiğinde; en yüksek çimlenme hızı değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme hızı değerinin düşük dozda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.5 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozunun çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	31651,488	3	10550,49	29,349	0,00
Gruplar içi	13660,417	38	359,485		
Toplam	45311,905	41			

Tablo 4.5 incelendiğinde; Çimlenme hızı değerleri açısından doz çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,005$) görülmektedir.

Tablo 4.6 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozlarına ait Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama \pm Std. hata	Homojen gruplar
Yüksek	12	7,5 \pm 2,34	c
Orta	12	19,16 \pm 6,21	c
Düşük	12	47,91 \pm 7,57	b
Kontrol	6	89,16 \pm 3,0	a

Tablo 4.6 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda kontrol grubu ile Düşük doz uygulamasının aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.1.3 Karaçamda çimlenme hızı üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin çimlenme hızına etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.7’de sunulmuştur. Çimlenme hızında uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.8’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.7. Karaçam tohumlarına uygulanan EM çeşidi ve dozu etkileşiminin karaçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

İşlem Kombinasyonları	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	89,16	7,35	3,00	80	100	20
EM-A * Düşük	3	65	21,79	12,58	40	80	40
EM-A * Orta	3	1,66	2,88	1,66	0	5	5
EM-A * Yüksek	3	13,3	2,88	1,66	10	15	5
EM-5 * Düşük	3	58,33	20,81	12,01	35	75	40
EM-5 * Orta	3	16,6	11,54	6,66	10	30	20
EM-5 * Yüksek	3	11,66	12,58	7,26	0	25	25
EM-Gold * Düşük	3	15,00	13,22	7,63	5	30	25
EM-Gold * Orta	3	51,66	7,63	4,40	45	60	15
EM-Gold*Yüksek	3	3,33	5,77	3,33	0	10	10
EM-FPE*Düşük	3	53,3	20,81	12,01	30	70	40
EM-FPE*Orta	3	6,66	7,63	4,40	0	15	15
EM-FPE*Yüksek	3	1,66	2,88	1,66	0	5	5

Tablo 4.7 incelendiğinde; En yüksek çimlenme hızı değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme hızı değerinin EM-A düşük doz grubunda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.8 Karaçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktörlerinin etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	41074,405	12	3422,867	23,425	0,00
Gruplar içi	4237,5	29	146,121		
Toplam	45311,905	41			

Tablo 4.8 incelendiğinde; Çimlenme hızı değerleri açısından uygulama çeşitleri ve uygulama dozlarının etkileşimleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.9 Karaçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
EM-A * Orta	3	1,66±1,66	c
EM-A * Yüksek	3	13,3±1,66	c
EM-FPE * Yüksek	3	1,66±1,66	c
EM-GOLD*Düşük	3	15±7,63	c
EM-A * Düşük	3	65±12,58	b
EM-5 * Orta	3	16,6±6,66	c
EM-5 * Yüksek	3	11,66±7,26	c
EM-Gold * Yüksek	3	3,33±3,33	c
EM-Gold * Orta	3	51,66±4,40	b
EM-FPE * Orta	3	6,66±4,40	c
EM-5 * Düşük	3	58,33±12,01	b
Kontrol	6	89,16±3	a
EM-FPE * Düşük	3	53,3±12,01	b

Tablo 4.9 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda uygulama çeşidi ve uygulama dozları etkileşimlerinde Kontrol grubunun en yüksek değeri veren homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.2 EM'nin Anadolu Karaçanı Tohum Çimlenme Yüzdesi Üzerine Etkisi

4.1.2.1 Çimlenme yüzdesine uygulamanın çeşidinin etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama çeşitlerinin çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.10'de sunulmuştur. Çimlenme yüzdesine uygulama çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.11'de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.12'de sunulmuştur.

Tablo 4.10 EM uygulama çeşidinin karaçam tohumları çimlenme yüzdesine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	93,33	6,05	2,47	85,00	100	15
EM-A	9	35,55	25,79	8,59	10	80	70
EM-5	9	55,55	32,35	10,78	15	95	80
EM-Gold	9	42,77	32,79	10,93	10	85	75
EM-FPE	9	34,44	23,90	7,96	5	70	65

Tablo 4.10 incelendiğinde; En yüksek çimlenme yüzdesi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme yüzdesi değerinin EM-5 uygulamasında gözlenmiştir.

Tablo 4.11 EM uygulama çeşidi faktörünün karaçam çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	16054,563	4	4013,641	5,489	0,001
Gruplar içi	27055,556	37	731,231		
Toplam	43110,119	41			

Tablo 4.11. incelendiğinde; Çimlenme yüzdesi değerleri açısından uygulama çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,001$) görülmektedir.

Tablo 4.12 Karaçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
EM-A	9	35,55±8,59	B
EM-Gold	9	42,77±10,93	B
EM-5	9	55,55±10,78	B
EM-FPE	9	34,44±7,96	b
Kontrol	6	93,33±2,47	a

Tablo 4.12 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda kontrol grubunun çimlenme yüzdesi bakımından en yüksek değeri veren homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.2.2 Karaçamda çimlenme yüzdesine uygulama dozunun etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama dozlarının çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.13’de sunulmuştur. Çimlenme yüzdesinde uygulama dozlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.14’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.15’de sunulmuştur.

Tablo 4.13 EM uygulama dozlarının karaçamda çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait açıklayıcı istatistikler

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	93,33	6,05	2,47	85	100	15
Düşük	12	63,33	25,96	7,49	15	95	80
Orta	12	42,91	29,34	8,47	10	85	75
Yüksek	12	20,00	10,66	3,07	5	40	35

Tablo 4.13 incelendiğinde; En yüksek çimlenme yüzdesi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme yüzdesi değerinin düşük doz uygulamasında olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.14 Karaçamda çimlenme yüzdesi için EM dozlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	24787,202	3	8262,401	17,135	0,000
Gruplar içi	18322,917	38	482,182		
Toplam	43110,119	41			

Tablo 4.14. incelendiğinde; Çimlenme yüzdesi değerleri açısından uygulama dozları arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.15 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozlarına ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama \pm Std. Hata	Homojen gruplar
Yüksek	6	20 \pm 3,07	d
Orta	12	42,91 \pm 8,47	c
Düşük	12	63,33 \pm 7,49	b
Kontrol	12	93,33 \pm 2,47	a

Tablo 4.15 incelendiğinde; Duncan analizi sonucunda kontrol grubunun çimlenme yüzdesi bakımından en yüksek değeri veren homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.2.3 Karaçamda çimlenme yüzdesine EM uygulama çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi

Karaçam tohumlarına uygulanan aktif mikroorganizma çeşit ve doz etkileşiminin çimlenme yüzdesine ait açıklayıcı istatistikleri Tablo 4.16’de sunulmuştur. Uygulama çeşit ve doz etkileşimine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.17’de ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 4.18’de sunulmuştur.

Tablo 4.16 EM Uygulama dozlarının ve uygulama etkileşiminin karaçamda çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	93,33	6,055	2,47	85	100	15
EM-A * Düşük	3	65	21,79	12,58	40	80	40
EM-A * Orta	3	13,3	2,88	1,66	10	15	5
EM-A * Yüksek	3	28,33	7,63	4,40	20	35	15
EM-5 * Düşük	3	93,33	2,88	1,66	90	95	5
EM-5 * Orta	3	46,6	22,54	13,01	25	70	45
EM-5 * Yüksek	3	26,6	12,58	7,26	15	40	25
EM-Gold * Düşük	3	31,66	17,55	10,13	15	50	35
EM-Gold * Orta	3	83,33	2,88	1,66	80	85	5
EM-Gold * Yüksek	3	13,33	5,77	3,33	10	20	10
EM-FPE * Düşük	3	63,3	7,63	4,40	55	70	15
EM-FPE * Orta	3	28,33	10,40	6,00	20	40	20
EM-FPE -Yüksek	3	11,66	5,77	3,33	5	15	10

Tablo 4.16 incelendiğinde; En yüksek çimlenme yüzdesi değerinin kontrol ve EM-5 uygulamasının düşük dozu grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol ve EM-5 uygulamasının düşük dozu grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme yüzdesi değerinin EM-Gold uygulamasının orta doz grubunda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.17 EM uygulama dozları ve çeşidi etkileşiminin çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	39393,452	12	3282,788	25,615	0,000
Gruplar içi	3716,667	29	128,161		
Toplam	43110,119	41			

Tablo 4.17 incelendiğinde; Çimlenme yüzdesi değerleri açısından uygulama çeşitleri ve uygulama dozlarının etkileşimleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.18 Karaçamda çimlenme yüzdesi uygulama dozu ve çeşidinin etkileşimine ait Duncan testi sonuçları

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
EM-A * Orta	6	13,3±1,66	e
EM-A * Yüksek	3	28,33±4,44	de
EM-Gold * Düşük	3	31,66±10,13	de
EM-Gold * Yüksek	3	13,33±3,33	e
EM-FPE * Yüksek	3	11,66±3,33	e
EM-5 * Yüksek	3	26,6±7,26	de
EM-5 * Orta	3	46,6±13,01	cd
EM-A * Düşük	3	65±12,58	Bc
EM-Gold * Orta	3	83,33±1,66	Ab
EM-5 * Düşük	3	93,33±1,66	A
Kontrol	3	93,33±2,47	A
EM-FPE * Orta	3	28,33±6	de
EM-FPE * Düşük	3	63,3±4,40	c

Tablo 4.18 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda uygulama çeşidi ve uygulama dozları etkileşiminin EM-5-Düşük doz, EM-Gold-Orta doz ve Kontrol grubu uygulamalarının en yüksek değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.3 EM'nin Anadolu Karaçamı Tohum Ortalama Çimlenme Süresi Üzerine Etkisi

4.1.3.1 Karaçamda ortalama çimlenme süresine EM uygulama çeşidinin etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama çeşitlerinin ortalama çimlenme süresine etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.19'de sunulmuştur. Ortalama çimlenme süresi uygulama çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.20'de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.21'de sunulmuştur.

Tablo 4.19 EM uygulama çeşitlerinin karaçam tohumları ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	5,043	0,53	0,21	4,45	5,89	1,44
EM-A	9	10,55	4,93	1,64	4,63	18,67	14,04
EM-5	9	12,27	5,10	1,70	6,22	22,67	16,45
EM-Gold	9	14,40	5,49	1,83	8,65	25,50	16,85
EM-FPE	9	15,48	6,68	2,22	5,79	24,00	18,21

Tablo 4.19 incelendiğinde; en iyi ortalama çimlenme süresi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en iyi tohum ortalama çimlenme süresi değerinin EM-A uygulamasında gözlenmiştir.

Tablo 4.20 EM uygulama çeşidi faktörünün karaçam ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	471,511	4	117,878	4,343	0,006
Gruplar içi	1004,255	37	27,142		
Toplam	1475,766	41			

Tablo 4.20. incelendiğinde; ortalama çimlenme süresi değerleri açısından uygulama çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,006$) görülmektedir.

Tablo 4.21 Karaçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait ortalama çimlenme süresine ilişkin Duncan testi sonuçları

İşlemler	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
Kontrol	6	5,043±0,21	a
EM-A	9	10,55±1,64	b
EM-5	9	12,27±1,70	b
EM-Gold	9	14,40±1,83	b
EM-FPE	9	15,48±2,22	b

Tablo 4.21 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda kontrol grubunun ortalama çimlenme süresi bakımından en iyi değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.3.2 Ortalama çimlenme süresi uygulama dozunun etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama dozlarının ortalama çimlenme süresi üzerindeki etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.22’de sunulmuştur. Ortalama çimlenme süresi uygulama dozlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.23’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.24’da sunulmuştur.

Tablo 4.22 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozunun ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	5,04	0,53	0,21	4,45	5,89	1,44
Düşük	12	8,20	3,17	0,91	4,63	13,67	9,04
Orta	12	13,53	4,04	1,16	8,65	22,20	13,55
Yüksek	12	17,80	5,10	1,47	10,17	25,50	15,33

Tablo 4.21 incelendiğinde; En iyi ortalama çimlenme süresi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Bu grubundan sonra en iyi ortalama çimlenme süresinin değerinin düşük dozda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.23 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozunun ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	896,562	3	298,854	19,607	0,000
Gruplar içi	579,204	38	15,242		
Toplam	1475,766	41			

Tablo 4.22. incelendiğinde; ortalama çimlenme süresi değerleri açısından doz çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.24 Karaçam tohumlarına uygulanan EM dozlarının ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama ± Std. Hata	Homojen gruplar
Kontrol	6	5,04±0,21	a
Düşük	12	8,20±0,91	a
Orta	12	13,53±1,16	b
Yüksek	12	17,80±1,47	c

Tablo 4.24 incelendiğinde; Duncan analizi sonucunda Kontrol grubu, düşük doz uygulamalarının ortalama çimlenme süresine göre daha pozitif etki gösterdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.1.3.3 Karaçam tohumlarında ortalama çimlenme süresi üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi

Karaçam tohumlarında uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin etkisine ortalama çimlenme süresine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.25’de sunulmuştur. Ortalama çimlenme süresi uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.26’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.27’de sunulmuştur.

Tablo 4.25 EM çeşidi ve dozu etkileşiminin karaçam tohumları ortalama çimlenme süresi etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

İşlem Kombinasyonları	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	5,04	0,53	0,21	4,45	5,89	1,44
EM-A * Düşük	3	5,105	0,50	0,28	4,63	5,63	1
EM-A * Orta	3	13,77	4,83	2,79	9,00	18,67	9,67
EM-A * Yüksek	3	12,77	2,49	1,44	10,17	15,14	4,97
EM-5 * Düşük	3	7,02	0,81	0,46	6,22	7,84	1,62
EM-5 * Orta	3	13,93	1,67	0,96	12,22	15,57	3,35
EM-5 * Yüksek	3	15,88	5,98	3,45	11,38	22,67	11,29
EM-Gold * Düşük	3	12,61	1,08	0,62	11,50	13,67	2,17
EM-Gold * Orta	3	9,68	1,12	0,64	8,65	10,88	2,23
EM-Gold*Yüksek	3	20,91	4,06	2,34	17,75	25,50	7,75
EM-FPE * Düşük	3	8,06	2,79	1,61	5,79	11,18	5,39
EM-FPE * Orta	3	16,73	4,96	2,86	12,50	22,20	9,7
EM-FPE*Yüksek	3	21,66	2,08	1,20	20,00	24,00	4

Tablo 4.25 incelendiğinde; kontrol grubunun en iyi ortalama çimlenme süresini verdiği görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en iyi ortalama çimlenme süresi değerinin EM-A-Düşük doz uygulamasında olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.26 EM çeşidi ve uygulama dozu faktörlerinin etkileşiminin ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	1224,667	12	102,056	11,787	0,000
Gruplar içi	251,099	29	8,659		
Toplam	1475,766	41			

Tablo 4.26 incelendiğinde; ortalama çimlenme süresi değerleri açısından uygulama çeşitleri ve uygulama dozlarının etkileşimleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.27 EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
Kontrol	6	5,04±0,21	a
EM-5 * Düşük	3	7,02±0,46	a
EM-Gold * Yüksek	3	20,91±2,34	fe
EM-FPE * Orta	3	16,73±2,86	fed
EM-5 * Yüksek	3	15,88±3,45	ed
EM-FPE * Düşük	3	8,066±1,61	ab
EM-Gold * Düşük	3	12,61±0,62	bcd
EM-Gold * Orta	3	9,68±0,64	abc
EM-FPE * Yüksek	3	21,66±1,20	f
EM-5 * Orta	3	13,93±0,96	cd
EM-A * Düşük	3	5,10±0,28	a
EM-A * Yüksek	3	12,76±1,44	bcd
EM-A * Orta	3	13,77±2,79	cd

Tablo 4.27 incelendiğinde; Duncan analizi sonucunda uygulama çeşidi ve uygulama dozları etkileşiminin Duncan testi sonucunda EM A düşük doz, kontrol grubu ve EM-5 düşük doz uygulaması en iyi ortalama çimlenme süresini göstermekte ve aynı homojen grupta yer almaktadır.

4.2 Sarıçam Tohumları Analizleri

4.2.1 EM'nin Sarıçam Tohum Çimlenme Hızı Üzerine Etkisi

4.2.1.1 Sarıçamda çimlenme hızına EM uygulama çeşitlerinin etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama çeşitlerinin çimlenme hızına etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.28'de sunulmuştur. Çimlenme hızında uygulama çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.29'de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.30'de sunulmuştur.

Tablo 4.28 EM uygulama çeşitlerinin sarıçam tohumlarında çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	76,66	13,29	5,42	60	100	40
EM-A	9	22,77	20,17	6,72	0	55	55
EM-5	9	55,00	17,50	5,83	30	85	55
EM-Gold	9	49,44	15,09	5,03	20	70	50
EM-FPE	9	59,44	24,67	8,22	25	90	65

Tablo 4.28 incelendiğinde; En yüksek çimlenme hızı değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme hızı değerinin EM-FPE uygulamasında gözlenmiştir.

Tablo 4.29 EM uygulama çeşidi faktörünün sarıçamda çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	11928,571	4	2982,143	8,307	0,000
Gruplar içi	13283,333	37	359,00		
Toplam	25211,905	41			

Tablo 4.29 incelendiğinde; Çimlenme hızı değerleri açısından uygulama çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.30 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşidinin çimlenme hızına etkisine ait Duncan testi sonuçları

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
EM-A	6	22,77±6,72	c
EM-Gold	9	49,44±5,03	b
EM-5	9	55,00±5,83	b
EM-FPE	9	59,44±8,22	ab
Kontrol	9	76,66±5,42	a

Tablo 4.30 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda kontrol grubu ve EM-FPE uygulamalarının çimlenme hızı bakımından en yüksek değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.1.2 Sarıçamda çimlenme hızına EM uygulama dozunun etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama dozlarının çimlenme hızına etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.31’de sunulmuştur. Çimlenme hızında uygulama dozlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.32’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.33’te sunulmuştur.

Tablo 4.31 EM uygulama dozlarının sarıçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	8	76,66	13,29	5,42	60	100	40
Düşük	12	57,91	23,00	6,64	20	90	70
Orta	12	44,16	28,90	8,34	0	80	80
Yüksek	12	37,91	14,05	4,05	15	55	40

Tablo 4.31 incelendiğinde; En yüksek çimlenme hızı değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme hızı değerinin düşük dozda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.32 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozunun çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	7141,07	3	2380,357	5,006	0,005
Gruplar içi	18070,833	38	475,548		
Toplam	25211,905	41			

Tablo 4.32. incelendiğinde; Çimlenme hızı değerleri açısından doz çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,005$) görülmektedir.

Tablo 4.33 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozlarının çimlenme hızı üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama \pm Std. hata	Homojen gruplar
Yüksek	8	37,91 \pm 4,05	b
Orta	12	44,16 \pm 8,34	b
Düşük	12	57,91 \pm 6,64	ab
Kontrol	12	76,66 \pm 5,42	a

Tablo 4.33 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda kontrol grubu ve düşük doz uygulamalarının çimlenme hızı bakımından en yüksek değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.1.3 Çimlenme hızına üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin çimlenme hızına etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.34'te sunulmuştur. Çimlenme hızında uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.35'te ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.36'da sunulmuştur.

Tablo 4.34 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşidi ve dozu etkileşiminin Sarıçam tohumları çimlenme hızına etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

İşlem Kombinasyonları	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	76,66	13,29	5,42	60	100	40
EM-A * Düşük	3	41,66	15,27	8,81	25	55	30
EM-A * Orta	3	1,66	2,88	1,66	0	5	0
EM-A * Yüksek	3	25	13,22	7,63	15	40	25
EM-5 * Düşük	3	71,66	15,27	8,81	55	85	30
EM-5 * Orta	3	45	15	8,66	30	60	30
EM-5 * Yüksek	3	48,33	11,54	6,66	35	55	20
EM-Gold * Düşük	3	40	20	11,54	20	60	40
EM-Gold * Orta	3	60	13,22	7,63	45	70	25
EM-Gold * Yüksek	3	48,33	5,77	3,33	45	55	10
EM-FPE * Düşük	3	78,33	16,07	9,27	60	90	30
EM-FPE * Orta	3	70	10	5,77	60	80	20
EM-FPE * Yüksek	3	30	8,66	5	25	40	15

Tablo 4.34 incelendiğinde; En yüksek çimlenme hızı değerinin EM-FPE-Düşük doz grubunda yer aldığı görülmektedir. EM-FPE-Düşük doz grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme hızı değerinin kontrol grubunda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.35 Sarıçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	20228,571	12	1685,714	9,810	0,000
Gruplar içi	4983,333	29	171,839		
Toplam	25211,905	41			

Tablo 4.35 incelendiğinde; Çimlenme hızı değerleri açısından uygulama çeşitleri ve uygulama dozlarının etkileşimleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.36 Sarıçam tohumlarına EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin çimlenme hızı üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama \pm Std. hata	Homojen gruplar
EM-A * Orta	3	1,66 \pm 1,66	e
EM-A * Yüksek	3	25 \pm 7,63	d
EM-FPE * Yüksek	3	30,00 \pm 5	d
EM-Gold * Düşük	3	40 \pm 11,54	cd
EM-A * Düşük	3	41,66 \pm 8,81	cd
EM-5 * Orta	3	45 \pm 8,66	cd
EM-5 * Yüksek	3	48,33 \pm 6,66	bcd
EM-Gold * Yüksek	3	48,33 \pm 3,33	bcd
EM-Gold * Orta	3	60 \pm 7,63	abc
EM-FPE * Orta	3	70,00 \pm 5,77	ab
EM-5 * Düşük	3	71,66 \pm 8,81	ab
Kontrol	6	76,66 \pm 5,42	a
EM-FPE * Düşük	3	78,33 \pm 9,27	a

Tablo 4.36 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda uygulama çeşidi ve uygulama dozları etkileşimlerinde EM-FPE-Orta doz, EM-5-Düşük doz, Kontrol grubu ve EM-FPE düşük doz uygulamalarının en yüksek değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.2 EM'nin Sarıçam Tohum Çimlenme Yüzdesi Üzerine Etkisi

4.2.2.1 Sarıçamda çimlenme yüzdesine EM uygulama çeşidinin etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama çeşitlerinin çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.37'de sunulmuştur. Çimlenme yüzdesine uygulama çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.38'de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.39'de sunulmuştur.

Tablo 4.37 EM uygulama çeşidinin sarıçam tohumları çimlenme yüzdesine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	8	87,500	6,892	2,813	80	100	20
EM-A	9	38,333	28,613	9,537	5	80	75
EM-5	9	69,444	17,400	5,800	45	95	50
EM- Gold	9	56,111	14,953	4,984	35	75	40
EM-FPE	9	78,333	20,615	6,871	50	95	45

Tablo 4.37 incelendiğinde; En yüksek çimlenme yüzdesi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme hızı değerinin EM-FPE uygulamasında gözlenmiştir.

Tablo 4.38 EM uygulama çeşidi faktörünün çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	11911,508	4	2977,877	7,652	0,000
Gruplar içi	14398,611	37	398,152		
Toplam	26310,119	41			

Tablo 4.38 incelendiğinde; Çimlenme yüzdesi değerleri açısından uygulama çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.39 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
EM-A	9	38,333±9,537	c
EM- Gold	9	56,111±4,98	bc
EM-5	9	69,444±5,80	ab
EM-FPE	9	78,333±6,87	a
Kontrol	8	87,500±2,81	a

Tablo 4.39 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda EM-5, kontrol grubu ve EM-FPE uygulamalarının çimlenme yüzdesi bakımından en yüksek değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.2.2 Çimlenme yüzdesine uygulama dozunun etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama dozlarının çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.40'da sunulmuştur. Çimlenme yüzdesinde uygulama dozlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.41'de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.42'de sunulmuştur.

Tablo 4.40 EM uygulama dozlarının çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait açıklayıcı istatistikler

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	87,50	6,892	2,813	80	100	20
Düşük	12	74,583	21,580	6,229	35	95	60
Orta	12	57,916	32,365	9,343	5	95	90
Yüksek	12	49,166	12,401	3,579	20	75	55

Tablo 4.40 incelendiğinde; En yüksek çimlenme yüzdesi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme yüzdesi değerinin düşük doz uygulamasında olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.41 Sarıçamda çimlenme yüzdesinde EM dozlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	7735,119	3	2578,373	5,275	0,004
Gruplar içi	18575,00	38	488,816		
Toplam	26310,119	41			

Tablo 4.41. incelendiğinde; Çimlenme yüzdesi değerleri açısından uygulama dozları arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,004$) görülmektedir.

Tablo 4.42 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozlarına ait çimlenme yüzdesi Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama \pm Std. Hata	Homojen gruplar
Yüksek	12	49,166 \pm 3,57	c
Orta	12	57,916 \pm 9,34	bc
Düşük	12	74,583 \pm 6,22	ab
Kontrol	6	87,500 \pm 2,81	a

Tablo 4.42 incelendiğinde; Duncan analizi sonucunda kontrol grubu ve Düşük doz uygulamasının çimlenme yüzdesi bakımından en yüksek değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.2.3 Çimlenme yüzdesine etkisi EM çeşidi ve dozu etkileşimine etkisi

Sarıçam tohumlarına uygulanan aktif mikroorganizma çeşit ve doz etkileşiminin çimlenme yüzdesine ait açıklayıcı istatistikleri Tablo 4.43’de sunulmuştur. Uygulama çeşit ve doz etkileşimine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.44’de ve Duncan testi sonuçları ise Tablo 4.45’de sunulmuştur.

Tablo 4.43 EM uygulama dozlarının ve çeşidinin etkileşiminin çimlenme yüzdesine etkisine ait açıklayıcı istatistikler

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	87,500	8,892	2,813	80	100	20
EM-A * Düşük	3	70,000	13,228	7,637	55	80	25
EM-A * Orta	3	8,333	5,773	3,333	5	15	10
EM-A * Yüksek	3	36,666	14,433	8,333	20	45	25
EM-5 * Düşük	3	85,000	13,228	7,637	70	95	25
EM-5 * Orta	3	65,000	15,000	8,660	50	80	30
EM-5 * Yüksek	3	58,333	15,275	8,819	45	75	30
EM-Gold * Düşük	3	48,333	18,929	10,929	35	70	35
EM-Gold * Orta	3	70,000	8,660	5,000	60	75	15
EM-Gold*Yüksek	3	50,000	5,000	2,886	45	55	10
EM-FPE * Düşük	3	95,000	0	0	95	95	0
EM-FPE * Orta	3	88,333	7,637	4,409	80	95	15
EM-FPE*Yüksek	3	51,667	2,886	1,666	50	55	5

Tablo 4.43 incelendiğinde; en yüksek çimlenme yüzdesi değerinin EM-FPE-Düşük doz grubunda yer aldığı görülmektedir. EM-FPE-Düşük doz grubundan sonra en yüksek tohum çimlenme yüzdesi değerinin EM-FPE orta doz grubunda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.44 EM uygulama dozları ve çeşidi etkileşiminin çimlenme yüzdesi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	22922,619	12	1910,218	16,353	0,000
Gruplar içi	3387,500	29	116,810		
Toplam	26310,119	41			

Tablo 4.44 incelendiğinde; Çimlenme yüzdesi değerleri açısından uygulama çeşitleri ve uygulama dozlarının etkileşimleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,000$) görülmektedir.

Tablo 4.45 Sarıçam çimlenme yüzdesi uygulama dozu ve çeşidi etkileşimine ait Duncan testi sonuçları

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
EM-A * Orta	6	8,333±3,3	f
EM-A * Yüksek	3	36,666±8,33	e
EM-Gold * Düşük	3	48,333±10,92	de
EM-Gold * Yüksek	3	50,000±2,88	de
EM-FPE * Yüksek	3	51,667±1,66	cde
EM-5 * Yüksek	3	58,333±8,81	cd
EM-5 * Orta	3	65,000±8,66	cd
EM-A * Düşük	3	70,000±7,63	bc
EM-Gold * Orta	3	70,000±5,00	bc
EM-5 * Düşük	3	85,000±7,63	ab
Kontrol	3	87,500±2,81	ab
EM-FPE * Orta	3	88,333±4,40	ab
EM-FPE * Düşük	3	95,000±0,00	a

Tablo 4.45 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda uygulama çeşidi ve uygulama dozları etkileşiminin EM-FPE-Düşük doz, EM-FPE-Orta doz, Kontrol grubu ve EM-5-Düşük doz uygulamalarının en yüksek değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.3 EM'nin Sarıçam Tohum Ortalama Çimlenme Süresi Üzerine Etkisi

4.2.3.1 Ortalama çimlenme süresi üzerine EM uygulama etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama çeşitlerinin ortalama çimlenme süresine etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.46'de sunulmuştur. Ortalama çimlenme süresi uygulama çeşitlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.47'de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.48'de sunulmuştur.

Tablo 4.46 EM uygulama çeşitlerinin sarıçam tohumları ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	4,8339	0,56664	0,23133	4,00	5,76	1,76
EM-A	9	11,7974	11,7974	2,01398	6,00	26	20
EM-5	9	7,7226	1,68707	0,56236	5,11	10,10	4,99
EM-Gold	9	7,5037	1,19641	0,39880	5,22	9,57	4,35
EM-FPE	9	8,1464	1,35968	0,45323	6,44	10,82	4,38

Tablo 4.46 incelendiğinde; En düşük ortalama çimlenme süresi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir.

Tablo 4.47 EM uygulama çeşidi faktörünün sarıçam ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	190,871	4	47,718	5,153	0,002
Gruplar içi	342,655	37	9,261		
Toplam	533,526	41			

Tablo 4.47 incelendiğinde; ortalama çimlenme süresi değerleri açısından uygulama çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,002$) görülmektedir.

Tablo 4.48 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM çeşitlerine ait Duncan testi sonuçları

Uygulama Çeşidi	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
Kontrol	6	4,8339 ± 0,23133	a
EM-Gold	9	7,5037 ± 2,01398	ab
EM-5	9	7,7226 ± 0,56236	ab
EM-FPE	9	8,1464 ± 0,39880	b
EM-A	9	11,7974 ± 0,45323	c

Tablo 4.48 incelendiğinde; Duncan testi sonucunda EM-5, kontrol grubu ve EM-Gold uygulamalarının ortalama çimlenme süresi bakımından en iyi değeri verdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.3.2 Sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine EM dozunun etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama dozlarının ortalama çimlenme süresi üzerindeki etkisine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.49’da sunulmuştur. Ortalama çimlenme süresi uygulama dozları ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.50’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.51’de sunulmuştur.

Tablo 4.49 Sarıçam tohumlarına uygulanan EM dozunun ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	4,8339	0,56664	0,23133	4	5,76	1,76
Düşük	12	7,8308	1,83786	0,53055	5,11	12,09	6,98
Orta	12	10,0833	5,51412	1,59179	6,00	26,00	20
Yüksek	12	8,4635	2,07401	0,59871	5,22	12,78	7,56

Tablo 4.49 incelendiğinde; En yüksek ortalama çimlenme süresi değerinin kontrol grubunda yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en yüksek ortalama çimlenme süresi değerinin düşük dozda olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.50 EM dozunun sarıçam ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	112,988	3	37,663	3,403	0,027
Gruplar içi	420,538	38	11,067		
Toplam	533,526	41			

Tablo 4.50 incelendiğinde; ortalama çimlenme süresi değerleri açısından doz çeşitleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,027$) görülmektedir.

Tablo 4.51 EM dozlarının sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozu	Adet	Ortalama ± Std. Hata	Homojen gruplar
Kontrol	6	4,8339±0,231	a
Düşük	12	7,8308±0,530	ab
Yüksek	12	8,4635±1,591	b
Orta	12	10,0833±0,598	b

Tablo 4.51 incelendiğinde; Duncan analizi sonucunda Kontrol grubu, düşük doz uygulamalarının ortalama çimlenme süresine göre daha pozitif etki gösterdiği ve aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

4.2.3.3 Sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine EM çeşidi ve dozu etkileşiminin etkisi

Sarıçam tohumlarında uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin etkisine ortalama çimlenme süresine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 4.52’de sunulmuştur. Uygulama dozları ve uygulama etkileşiminin ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.53’de ve homojen grupların ayrılmasında kullanılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.54’da sunulmuştur.

Tablo 4.52 EM çeşidi ve dozu etkileşiminin sarıçam tohumları ortalama çimlenme süresi etkisine ait tanımlayıcı istatistikler

İşlem Kombinasyonları	Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Maks.	R
Kontrol	6	4,483	0,566	0,233	4	5,76	1,76
EM-A * Düşük	3	9,466	2,402	1,387	7,38	12,09	4,71
EM-A * Orta	3	15,666	10,016	5,783	6,00	26,00	20
EM-A * Yüksek	3	10,259	2,399	1,385	8,00	12,78	4,78
EM-5 * Düşük	3	5,974	0,9146	0,528	5,11	6,93	1,82
EM-5 * Orta	3	9,345	0,653	0,377	8,94	10,10	1,16
EM-5 * Yüksek	3	7,847	1,248	0,721	6,45	8,87	2,42
EM-Gold * Düşük	3	7,970	1,387	0,801	7,13	9,57	2,44
EM-Gold * Orta	3	8,100	0,3605	0,208	7,80	8,50	0,7
EM-Gold*Yüksek	3	6,440	1,0564	0,609	5,22	7,10	1,88
EM-FPE*Düşük	3	7,912	0,906	0,523	7,26	8,95	1,69
EM-FPE*Orta	3	7,220	0,756	0,436	6,44	7,95	1,51
EM-FPE * Yüksek	3	9,306	1,617	0,934	7,60	10,82	3,22

Tablo 4.52 incelendiğinde; kontrol grubunun en iyi ortalama çimlenme süresini verdiği görülmektedir. Kontrol grubundan sonra en iyi ortalama çimlenme süresi değerinin EM-5-Düşük doz uygulamasında olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.53 EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	288,182	12	24,015	2,839	0,011
Gruplar içi	245,343	29	8,460		
Toplam	533,526	41			

Tablo 4.53 incelendiğinde; ortalama çimlenme süresi değerleri açısından uygulama çeşitleri ve uygulama dozlarının etkileşimleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($0,05 > P = 0,011$) görülmektedir.

Tablo 4.54 EM çeşidi ve uygulama dozu faktör etkileşiminin sarıçamda ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait Duncan testi sonuçları

İşlem Kombinasyonu	Adet	Ortalama ± Std. hata	Homojen gruplar
Kontrol	6	4,8339±0,231	a
EM-5 * Düşük	3	5,9742±0,52	a
EM-Gold * Yüksek	3	6,4407±0,60	a
EM-FPE * Orta	3	7,2209±0,43	a
EM-5 * Yüksek	3	7,8478±0,72	a
EM-FPE * Düşük	3	7,9123±0,52	a
EM-Gold * Düşük	3	7,9702±0,80	a
EM-Gold * Orta	3	8,100±0,20	a
EM-FPE * Yüksek	3	9,3061±0,93	a
EM-5 * Orta	3	9,3458±0,37	a
EM-A * Düşük	3	9,4664±1,38	a
EM-A * Yüksek	3	10,2593±1,38	a
EM-A * Orta	3	15,667±5,78	b

Tablo 4.54 incelendiğinde; Duncan analizi sonucunda uygulama çeşidi ve uygulama dozları etkileşiminde EM-A orta doz uygulaması dışında bütün uygulama ve dozların, kontrol grubu ile aynı homojen grupta yer aldığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yetiştiriciliğin omurgası olan tohumun kalitesi, herhangi bir ürünün/tesisin başarılı bir şekilde kurulması ve performansında önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Begum vd., 2022; Damalas vd., 2019; Osburn vd., 1989). Tohum kalitesinin iki göstergesi, düzgün tohum çimlenmesi ve fide canlılığıdır. Çimlenmeyi artırmak için, arbusküler mikorizal mantarlar, *Trichoderma* spp., *Rhizobia* spp. ve diğer bakterilere ait faydalı mikroorganizmalar da dahil olmak üzere birçok türde işlem, ekimden önce kaplama veya biyo-priming işlemleri yoluyla tohumlarda denenmiş ve tahıl ürünleri, yağlı tohumlar ve sebzeler dahil olmak üzere farklı ürünlerin tohum çimlenmesinde artış bildirilmiştir (McDonald, 2000; Warwate vd., 2017). Etkin mikroorganizmaların kullanım alanının oldukça geliştiği son yıllarda ziraat kaynaklı birçok bitkinin gelişiminde destekleyici rol üstlendiğine dair çalışmalar yürütülmektedir. Yakın zamanda ortaya koyulmuş bazı çalışmalarda orman ağaçlarında fidan morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin araştırıldığı bilinmektedir (Atik, 2013; Ayan vd., 2021; Ayan vd., 2022). Çok geniş yelpazesi bulunan EM uygulamalarının pozitif etkileri (Smith ve Read, 2008) olduğu gibi gelişimi negatif yönde etkilediği Johnson ve Graham (2013) çalışmaları da mevcuttur. Domenico (2019)'un *Kalanchoe daigremontiana* bitkisi üzerinde yapmış olduğu çalışmasında EM'nin istatistiksel olarak çimlenme yüzdesini kontrol grubuna göre arttırdığı, ortalama çimlenme süresini ise önemli oranda düşürdüğünü tespit etmiştir. Ayrıca EM uygulanmış gruptaki bitkilerde, bitki ağırlığını, yaprak sayısını ve köklenmeyi olumlu yönde teşvik ettiği de görülmüştür. Harper ve Lynch (1980)'de ise farklı bakteri türlerinden müteşekkil EM'lerin arpa tohumunda bakteri türüne göre değişmekle birlikte çimlenmeyi arttırdığını belirlemişlerdir. EM'lerin çimlenme üzerine etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada da; buğday, mısır, pirinç, soya fasulyesi, kanola, ayçiçeği, domates gibi bahçe bitkilerine ait tohumlarda EM uygulamalarının hem çıkış sırasında hem de çıkıştan sonra bitki çimlenmesini, fide canlılığını ve biokütleyi arttırdığı ve tohumla ilgili sınırlamaların (abiyotik stres gibi) giderilmesinde etkin rol aldığı belirtilmiştir. Ayrıca, çalışma sonuçları arasında bitki türü ve yetiştirme tekniklerine bağlı olarak farklı mikroorganizmaların tohum üzerindeki etkilerinin anlaşılması için daha fazla çalışmaların yürütülmesi gerektiği vurgulanmıştır (Cardarelli vd., 2022). Buğday

tohumunda *Pseudomonas balearica*'nın çimlenme oranını %100 (Zia vd., 2021), mısır tohumunda *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens*, *Azospirillum lipoferum*'nın tekli ve kombinasyon olarak uygulamasının çimlenmeyi %16'ya kadar ve tohum canlılığını ise %75 oranında arttırdığını (Kochoni vd., 2013), pirinç tohumunda *Bacillus sp.* ve *Paenibacillus yonginensis* mikroorganizmaların çimlenmeyi olumlu yönde teşvik ettiği ve %4'kadar artış sağladığı (Choi vd., 2016; Javed vd., 2021) belirlenmiştir.

Khan vd. (2011) *Dalbergia sissoo* Roxb. (Hint gül ağacı)'nın faydalı mikroorganizma etkisinin tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarında ise maksimum tohum çimlenme oranını ve fide gelişimini teşvik etmek için düşük konsantrasyonda (en fazla %2) EM kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Ayan vd. (2022), etkili mikroorganizma (EM) uygulamalarının 2+0 yaşlı tüplü Toros sedir fidelerinin bazı fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisi araştırdıkları çalışmalarında; EM'lerin fidelerin fizyolojik kalite özellikleri üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu ve ağaçlandırmada daha yüksek adaptasyon kabiliyetine sahip fidelerin üretimine katkıda bulunabileceği sonucuna varmışlardır. Moreno-Valencia vd. (2024) *Pinus montezumae* ve *Pinus patula* orman ağacı türlerinde mikroorganizmaların çam büyümesini arttırmada önemli rol aldığını belirlemişlerdir. Melnykova ve Kots (2018), EM'lerin kara akasya üzerinde etki gösterme şeklinin bakteri büyümesini etkileyen çevresel koşullara bağlı olduğunu ifade etmektedir. Yetiştirilen bakteri izolatları (RPU18 ve RP5), kara akasya tohumu çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu, RP5 bakterisinin sabit koşullar altında (havalandırma olmadan) yetiştirilmesinde ise tohum çimlenmesinin inhibisyonuna yol açtığını rapor etmişlerdir. Bzdyk vd. (2018) *Fagus sylvatica* ve *Quercus robur* fidanlarında etkin mikroorganizma uygulamasının ilk yılından sonra büyüme parametreleri üzerinde önemli bir etki gözlenmediğini ve bununla birlikte; EM'nin yaprak uygulamasının cansız kök uçlarının oranını artırabileceğini, EK çeşitliliğini ve cansız ECM kök uçlarının oranını olumsuz etkileyebileceğini öne sürmüşlerdir. Dolayısı ile EM uygulamasının bahsedilen orman ağacı türleri üzerinde yararlı etkilerinin olmadığını ifade etmişlerdir. Khan vd. (2007) bir fidanlık denemesinde; farklı EM konsantrasyonlarıyla muamele edilen bitkilerde EM'nin yağmur ağacı (*Albizia saman* (Jacq.) F. Muell.) tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu gözlemlemiştir. Ertekin (2011) altın yağmur ağacı tohumlarında EM-1

uygulamasının altın yağmur ağacının çimlenmesini %94'e kadar artırdığını tespit etmiştir. Wangdir vd. (2020) ise fasulye verimi açısından hem malçlamanın hem de EM uygulamasının birleşik etkisinden kaynaklı fasulyelerin kalite özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmamakla birlikte pozitif bir korelasyonun var olduğu vurgulanmıştır. Plastik malçlama ve EM uygulaması ile yapılan uygulamada en yüksek olmak üzere çimlenme yüzdesi üzerindeki birleşik etkilerde de pozitif bir korelasyon gözlenmiştir. Bu araştırma, EM uygulamasının tek başına fasulye verimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, farklı EM uygulama yöntemlerinin ve oranlarının ürün üzerindeki etkisi ve EM etkisinin mekanizması hakkında daha fazla araştırma yapılmasının gerekli olduğu ifade edilmiştir. Aynı zamanda EM, ürünün büyümesindeki fenotipik değişikliklerle birlikte besin içeriğinde ve ürünün raf ömründe oynadığı rolü incelemek için de önemli bir araştırma objesidir. Belova ve Protasova (2021) çalışmalarında; EM teknolojisinin *Fabaceae* familyasından *Pisum sativum* L. bitkisinin gelişimi üzerindeki etkisini yansıtan çalışmaların sonuçlarını rapor etmişlerdir. Çalışmada; bitki büyümesini etkileyen bir faktör olarak EM'lere dayalı ajanların, tohumların şişmesi ve çimlenmesinde hemen aktive olduklarını, fidelerin ortaya çıkma sürecini ve sonuç olarak bitkilerdeki morfogenez ritmini senkronize ettiğini bildirmişlerdir. Bezelye tohum verimliliğindeki artışın, mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak üretilen aktif maddelerle bitki gelişiminin uyarılması, fitopatojenik mikrofloranın gelişiminin baskılanması ve bitkiler tarafından mineral besin elementlerinin emiliminin iyileştirilmesiyle ilişkili olduğu söylenmektedir. Ayrıca araştırma sonuçları, tarımda etkili mikroorganizmalar teknolojisinin kullanımı ve daha da geliştirilmesi, EM ajanlarının iyileştirilmesi ihtiyacı ve içerdikleri suşların tanıtımı için yöntemlere işaret etmektedir.

EM'lerin bitki büyüme ve gelişmesi üzerindeki pozitif etkilerinin bahsedildiği yukarıdaki çalışmalar ile Bzdyk vd. (2018) ile Mayera vd. (2010) çalışmaları çelişmektedir. Bu tez çalışmasında da Bzdyk vd. (2018) ve Mayera vd. (2010) ile paralel sonuçlar bulunmuştur. Mayera vd. (2010)'da EM ile yapılan işlemlerin ardından kontrol ile karşılaştırıldığında toprak mikrobiyal parametrelerinde hiçbir fark bulamadıklarını vurgulamışlardır.

Hazırlanmış olan bu tez çalışmasında; dört EM uygulama çeşidi ve üç farklı doz ile iki farklı çam türü (*Pinus nigra* ve *Pinus sylvestris*) tohumlarında fidan çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve çimlenme süresine ilişkin analizler yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlarda; çimlenme hızı bakımından karaçam tohumlarında uygulanan hiçbir EM çeşidi kontrol grubundan ($89,16 \pm 3,00$) daha yüksek çimlenme hızı değeri vermemiştir. Kontrol grubundan sonra en yüksek çimlenme hızı değeri EM-5 uygulamasında ($28,8 \pm 8,65$) gözlenmiştir. Yine çimlenme hızı bakımından incelendiğinde en yüksek varyasyon EM-A uygulamasında (80); en düşük varyasyon ise kontrol grubunda (20) gözlenmiştir. Uygulama dozları bakımından karaçam tohumlarında en yüksek çimlenme hızı kontrol grubunda ($89,16 \pm 3,00$) saptanmıştır. Yine çimlenme hızı bakımından incelendiğinde; en yüksek varyasyon düşük doz uygulamasında (75), en düşük varyasyon ise kontrol grubunda (20) gözlenmiştir.

Çimlenme hızı bakımından uygulama-doz etkileşiminde; çimlenme hızı bakımından EM-FPE uygulamasının düşük dozu (78,33); kontrol grubuna (76,66) göre daha yüksek değer sunmuştur ve kontrol grubu ile aynı homojen grupta yer almaktadır. Karaçamda çimlenme yüzdesi üzerinde EM-FPE * Düşük işlem kombinasyonu ve ortalama çimlenme süresi değişkeni üzerinde ise EM-A * Düşük ve Kontrol işlemlerinde en olumlu etki saptanmıştır. Sarıçam tohumları çimlenme hızı üzerinde EM-FPE * Düşük işlem kombinasyonu, çimlenme yüzdesi üzerinde EM-FPE-Düşük işlem kombinasyonu ve ortalama çimlenme süresi üzerinde ise Kontrol ve EM-5 * Düşük işlem kombinasyonu en olumlu etkiyi yaptığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışma ile ağaç türü ve EM kokteylini oluşturan mikroorganizma grup ve türleri ile EM dozuna ve bunların etkileşimlerine göre çimlenme kapasitesinde artış veya azalışlar olabileceği sonucuna varılmıştır. Dolayısı ile ileriki çalışmalarda, etkin mikroorganizmaların uygulama şekli ve farklı doz kombinasyonlarının denenmesi önerilmektedir. Özellikle orman ağacı tohumlarında EM etkisinin çimlenme kapasitesi üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Allahverdiev, S. R., Minkova, N. O., Yarigin, D.V., & Gökhan, G. (2015). The Silent Heroes: Effective Microorganisms. *Ormançılık Dergisi*, 10(2):24-28.
- Arakawa, Y. (1985). *Effects of EM application on snow thawing as well as snow rotting and powdery mildew problems of crops (Part V)*. Proceedings of Symposium of Applied Soil Microbiology. November 22, 1985, Urazoe, Okinawa, Japan.
- Atik, A. (2013). Effect of different concentrations of effective microorganisms (Baikal EM1) on the root collar diameter and height growth in the seedlings of Anatolian black pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)]. *International Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 1300-1304.
- Atik, H.A. (2008). Doğal Maddelerin (Biyohumus ve Baykal EM 1) Doğu Kayınında (*Fagus orientalis* Lipsky.) Bazı Morfolojik-Fizyolojik Proseslere Etkisi. Doktora Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Zonguldak.
- Ayan, S., Çalışkan, E., Özel, H. B., Çelik, E. N. Y., Yılmaz, E., Gülseven, O., & Akın, Ş. S. (2022). The influence of effective microorganisms on physiological characteristics of containerized taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) seedlings. *CERNE*, 28, e103018.
- Ayan, S., Çalışkan, E., Özel, H. B., & Yer, E. N. (2018). The influences of the effective microorganisms on morphological and physiological characters of Taurus cedar seedlings (*Cedrus libani* A. Rich.). *International Scientific Symposium "Modern Agriculture - Achievements and Prospects"*, 85th Anniversary - State Agrarian University of Moldova, Proceeding Book, p.359-364, 4-6 October 2018, Chisinau, Moldova. ISBN 978-9975-64-296-5.
- Ayan, S., Çalışkan, E., Özel, H.B., Yer Çelik, E.N., Gülseven, O., & Yılmaz, E. (2021). Influence of effective microorganisms on morphological characteristics of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) containerised seedlings, *Journal of Bartın of Faculty of Forestry*, 23(1), 294-305, DOI: 10.24011/barofd.893148
- Aytekin, A., & Acikgoz, A. O. (2008). Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.) plants. *Molecules*, 13(5), 1135-1146.
- Begum, N., Hasanuzzaman, M., Li, Y., Akhtar, K., Zhang, C., & Zhao, T. (2022). Seed germination behavior, growth, physiology and antioxidant metabolism of four contrasting cultivars under combined drought and salinity in soybean. *Antioxidants*, 11(3), 498.
- Belova, T. A., & Protasova, M. V. (2021.). Technology of effective microorganisms for the growth of agricultural plants of the Fabaceae family. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 845, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.

- Bewley, J. D., & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press.
- Boydak, M., & Çalışkan, S. (2014). *Ağaçlandırma*. Ormancılığı geliştirme ve orman yangınları ile mücadele hizmetlerini destekleme vakfı (OGEM-VAK) Yayını, İstanbul.
- Bruggenwert vd. (1998). EM-effect on quality and quantity of grass production: On-Farm Research, Netherland. <http://www.emturkey.com.tr> Erişim Tarihi: 06.03.2018.
- Bzdyk, R. M., Olchowik, J., Studnicki, M., Oszako, T., Sikora, K., Szmidla, H., & Hilszczańska, D. (2018). The impact of effective microorganisms (EM) and organic and mineral fertilizers on the growth and mycorrhizal colonization of *Fagus sylvatica* and *Quercus robur* seedlings in a bare-root nursery experiment. *Forests*, 9(10), 597.
- Cardarelli, M., Woo, S. L., Roupael, Y., & Colla, G. (2022). Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. *Plants*, 11(3), 259.
- Chagas, P.R., Tokeshi, H., Alves, M.C. (2001). Effect of calcium on yield of Papaya fruits on conventional and organic (Bokashi Em) systems. *Proceeding of The 6th International Conference on Kyusei Nature Farming*, South Africa, Pp. 255-258.
- Choi, E. S., Sukweenadhi, J., Kim, Y. J., Jung, K. H., Koh, S. C., Hoang, V. A., & Yang, D. C. (2016). The effects of rice seed dressing with *Paenibacillus yonginensis* and silicon on crop development on South Korea's reclaimed tidal land. *Field Crops Research*, 188, 121-132.
- Çalışkan, E. (2018). Etkili mikroorganizmaların tüplü Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidan morfolojik ve fizyolojik özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Daly, M. J., & Stewart, D. P. C. (1999). Influence of "effective microorganisms" (EM) on vegetable production and carbon mineralization—a preliminary investigation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(2-3), 15-25.
- Damalas, C. A., Koutroubas, S. D., & Fotiadis, S. (2019). Hydro-priming effects on seed germination and field performance of faba bean in spring sowing. *Agriculture*, 9(9), 201.
- Domenico, P. (2019). Effective microorganisms for germination and root growth in *Kalanchoe daigremontiana*. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 3(3), 047-053.
- Dönmez, Ş. (2009). Bartın iklim koşullarında doğal maddelerin (BAYKAL EM1 ve BİYOHUMUS) *Amaranthus caudatus* var. *bulava* ve *Amaranthus tricolor* var. *valentina*'da bazı morfolojik ve fizyolojik proseslere etkisi ve bu bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı. Doktora Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.

- Ellis, R., & Roberts, E.H. (1980). Towards a rational basis for seed testing seed quality. (P. Hebblethwaitei Editör). In: *Seed Production. Butterworths*, London, pp.605-635.
- Epstein, E. (1999). *Silicon*. Annual Review of Plant Physiology 50:641-664 <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>.
- Ertekin, M. (2011). Effects of microorganisms, hormone treatment and stratification on seed germination of the goldenrain tree (*Koelreuteria paniculata*). *International Journal of Agriculture and Biology*. 13: 38–42.
- Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press.
- Fujita, M. (2000). Nature farming practices for apple production in Japan. *Journal of Crop Production*, 3(1), 119-125.
- Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physiology*, 131 (3), 872–877, <https://doi.org/10.1104/pp.017004>
- Harper, S. H. T., & Lynch, J. M. (1980). Microbial effects on the germination and seedling growth of barley. *New Phytologist*, 84(3), 473-481.
- Higa, T. (1994). Effective microorganisms -A new dimension for nature farming. In J. F. Parr vd. (Eds.), proceeding of the *2nd International Kyusei Nature Farming Conference*. USDA Washington. PP. 22-23.
- Higa, T. (1998). Effective microorganisms for a more sustainable agriculture, environment and society: Potential and prospects. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Kyusei Nature Farming*, Paris (pp. 12-13).
- Higa, T., & Parr, J.F. (1994). *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (Vol. 1)*. International Nature Farming Research Center. Atami, Japan. 16 Pp.
- Higa, T., & Wididana, G. N. (1991a). Changes in the soil micro flora induced by effective microorganisms. p. 153-161. In J.F. Parr, S.B. Hornick, ve C.E. Whitman (Ed.), *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
- Higa, T., & Wididana, G.N. (1991b). The concept and theories of microorganisms (EM). Proc. *First International Conference Kyusei Nature Farming Oct.* 17-21, 1989. Khon kae, Thailand pp. 118-124.
- Iwahori, H., & Nakagawara T. (1996). Studies on EM application in nature farming. V. Applying methods of EM bokashi in vegetable cultures. *Annual Meeting of Japanese Society of soil Science and Plant Nutrition*, April 1996, Tokyo, Japan.
- Iwaishi, S. (1994). Effects of em bokashi on various paddy-rice varieties. *Annual Meeting of Asia-Pacific Nature Agriculture Network*. October 6, 1994, Seoul, Korea.

- Javed, T., Afzal, I., & Mauro, R. P. (2021). Seed coating in direct seeded rice: An innovative and sustainable approach to enhance grain yield and weed management under submerged conditions. *Sustainability*, 13(4), 2190.
- Johnson N. C., & Graham, J. H. (2013). The continuum concept remains a useful framework for studying mycorrhizal functioning. *Plant Soil* 363:411–419. DOI 10.1007/s11104-012-1406-1
- Karlık, E. (2010). Demir biyogiderimi için etkin mikroorganizmaların izolasyonu ve biyogiderim kapasitelerinin incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*. Gebze.
- Keskin, Y. (2012). Etkin mikroorganizmaların dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve çınar yapraklı akçağaç (*Acer platanoides* L.) türlerinde 1+0 yaşlı fidanların morfolojik özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.
- Khan, B. M., Hossain, M. K., & Mridha, M. A. U. (2011). Nursery practice on seed germination and seedling growth of *Dalbergia sissoo* using beneficial microbial inoculants. *Journal of Forestry Research*, 22, 189-192.
- Khan, B.M., Hossain, M.K., & Mridha, M. A. U. (2007). Effect of microbial inoculants on Albiziasaman germination and seedling growth. *Journal of Forestry Research*, 17, 99–102
- Khan, M. A., & Ungar, I. A. (1997). Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes. *Canadian Journal of Botany*, 75, 835–841.
- Kloepper, J. W., Ryu, C.-M., & Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94 (11), 1259-66. doi: 10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259.
- Kochoni, E., Didagbé, Y. O., Adjanohoun, A., Allagbé, M., Sikirou, R., Gachomo, E. W., Kotchoni, S. O., & Baba-Moussa, L. (2013). *Effect of Different Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Maize Seed Germination and Seedling Development*.
- Lamb, D., Erskine, P. D., & Parrotta, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632.
- Lee, K. H. (2016). Effect of EM and EM-fermented compost on the growth and yield of rice and vegetable crops in Korea, Korea Nature Farming Research Center, Korea.
- Lugtenberg, B., & Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting Rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*. 63:541-556. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>
- Mayera, J., Scheida, S., Widmera, F., Fliessbach, A., & Oberholzer, H.R. (2010). How effective are effective microorganisms (EM)? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology*, 46, 230–239.

- McDonald, M. B. (2000). *Seed priming*. Seed technology and its biological basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, 287-325.
- Melnykova, N., & Kots, S. (2018). Effect of microorganisms from the rhizosphere of black locust on seed germination and seedling growth. In *Zborník referátov z vedeckej konferencie: "Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany 2018"*, 11.10.2018. Vieska nad Žitavou: Arboretum Mlyňany ÚEL SAV, s. 110-114. ISBN 978-80-8940833-7
- Moreno-Valencia, F. D., Plascencia-Espinosa, M. Á., Morales-García, Y. E., & Muñoz-Rojas, J. (2024). Selection and effect of plant growth-promoting bacteria on pine Seedlings (*Pinus montezumae* and *Pinus patula*). *Life*, 14(10), 1320.
- Newman, E. I., & Reddell, P. (1987). The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. *New Phytologist*, 106(4), 745-751.
- Okuda, A., Higa, T. (1999). Purification of waste water with effective Microorganisms and its utilization in agriculture. In proceedings of the 5th International Conference on Kyusei Nature Farming, Thailand.
- Osburn, R. M., & Schroth, M. N. (1989). Effect of osmopriming sugar beet seed on germination rate and incidence of *Pythium ultimum* damping-off, *Plant Disease*, 21-24.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd Edition, Academic Press.
- Strickland, M. S., & Rousk, J. (2010). Considering fungal: bacterial dominance in soils—methods, controls, and ecosystem implications. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(9), 1385-1395.
- Suzuki, Y. (1985). Effects of Effective Microorganisms on Yield and Quality of Gin-Seng Herbs. *Symposium of Applied Soil Microbiology*. November 22, 1985, Ura-Zoe, Okinawa.
- URL-1 (2018). <http://www.emturkey.com.tr>. Erişim tarihi: 02/04/2018
- URL-2 (2021). <https://buildasoil.com/products/em-1-microbial-inoculant?variant=8779501895797>. Erişim tarihi: 01/02/2021
- URL-3 (2021). <https://asertarim.com.tr/urunlerimiz/ema-canli-bakteri-20-lt-Sivas>. Erişim tarihi: 01/02/2021
- URL-4 (2021). <https://www.pttavm.com/mikrobiyal-gubre-em-5-1-lt-p-84195047>. Erişim tarihi: 01/02/2021
- URL-5 (2021). <http://www.em-produkte.de/EM-X-Gold-500ml> Erişim tarihi: 01/02/2021
- Wangdir, U., Ngawangr Yangdenr, T., Phuentshor, T., & Kencho. (2020). Effect of effective microorganism (em) application and mulching on the yield of japanese

- pole bean (*Phaseolus vulgaris*). *Bhutanese Journal of Agriculture*, 2(1), 138-147.
- Warwate, S. I., Kandoliya, U. K., Bhadja, N. V., & Golakiya, B. A. (2017). The effect of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) seedling. *Int. J. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 1926-1934.
- Wood, M. T., Miles, R., & Tabora, P. (1997). EM-fermented plant extract and EM5 for controlling pickleworm (*Diaphania nitidalis*) in organic cucumbers. *Agriculture and Food Sciences, Environmental Sciences*. <https://www.scribd.com/document/561286446/C5-7-185>
- Xu, H. L., Wang, R., Mridha, M. A. U., Kato, S., Katase, K., & Umemura, H. (2001). Effect of organic fertilization and EM inoculation on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. In Proceedings of the 6th International Conference on Kyusei Nature Farming, South Africa, 1999 Senanayake.
- Yahyaoğlu, Z., & Ölmez, Z. (2005). *Tohum Teknolojisi ve Fidanlık Tekniği*. Kafkas Üniversitesi, Yayın No: 1, Kars.
- Zia, R., Nawaz, M. S., Yousaf, S., Amin, I., Hakim, S., Mirza, M. S., & Imran, A. (2021). Seed inoculation of desert-plant growth-promoting rhizobacteria induce biochemical alterations and develop resistance against water stress in wheat. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 990-1006.
- Zimmermann, I., & Kamukuenjandje, R.T. (2008). Overview of a variety of trials on agricultural applications of Effective Microorganisms (EM). *Agricola*, 8, 1-24.
- Zydlik, P., & Zydlik, Z. (2008). Impact of biological effective microorganisms (EM) preparations on some physico-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree rootstocks. *Nauka Przyroda Technologie*, 2(1), 4.