

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

**BAZI NANO PARTİKÜLLERİN ANADOLU
KARAÇAMI (*PINUS NİGRA* ARNOLD. SUBSP.
PALLASIANA LAMB. (HOLMBOE))
TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİ**

ASUMAN ÇELİKBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. SEZGİN AYAN

KASTAMONU 2019

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI NANO PARTİKÜLLERİN ANADOLU KARAÇAMI (*PİNUS
NİGRA* ARNOLD. SUBSP. *PALLASIANA* LAMB. (HOLMBOE))
TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

ASUMAN ÇELİKBAŞ

**Danışman: Prof. Dr. Sezgin AYAN
Jüri Üyesi: Prof. Dr. Handan UCUN ÖZEL
Jüri Üyesi: Doç. Dr. Ferhat KARA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Asuman ÇELİKBAŞ tarafından hazırlanan "**Bazı Nano Partiküllerin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkisi**" adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri üyeleri önünde sunulmuş ve oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Sezgin AYAN
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Handan UCUN ÖZEL
Bartın Üniversitesi



Jüri Üyesi

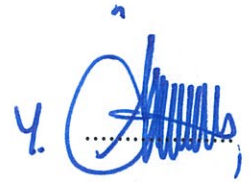
Doç. Dr. Ferhat KARA
Kastamonu Üniversitesi



03/07/2019

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Nur BELKAYALI



TAAHHÜTNAME

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

ASUMAN ÇELİKBAŞ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI NANO PARTİKÜLLERİN ANADOLU KARAÇAMI (*PINUS NİGRA* ARNOLD. SUBSP. *PALLASIANA* LAMB. (HOLMBOE)) TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Asuman ÇELİKBAŞ

Kastamonu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sezgin AYAN

Bu çalışmada, Türkiye'nin Kastamonu ili Taşköprü ilçesinden temin edilen *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Anadolu karaçamı) alt türüne ait tohumlara uygulanan nanopartiküllerin çimlenmeye etkisi araştırılmıştır. Gün gün çimlenmeler takip edilmiş ve kayıtlara geçilmiştir. 14. günün sonunda plumula ve radikulası yani çap, kök ve gövde boyu ölçülmüştür. Petri kaplarında yapılan ölçümler sonucunda; Silika nanopartikülde en fazla çap 1200 mg/l, en uzun gövde yapan 1200 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 1600 mg/l konsantrasyonudur. Fe₂O₃ Np de en fazla çap 2000 mg/l, en uzun gövde yapan 1200 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 1200 mg/l konsantrasyonudur. Fe₃O₄ Np de yapılan ölçümler sonucunda en fazla çap 800 mg/l, en uzun gövde yapan 1600 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 1600 mg/l konsantrasyonudur. ZnO Np de en fazla çap 2000 mg/l, en uzun gövde yapan 2000 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 800 mg/l konsantrasyonudur. CuO Np de en fazla çap 800 mg/l, en uzun gövde yapan 600 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 200 mg/l konsantrasyonudur. Au Np de en fazla çap 100 mg/l, en uzun gövde yapan 100 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 40 mg/l konsantrasyonudur. TiO₂ Np de en fazla çap 600 mg/l, en uzun gövde yapan 600 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 600 mg/l konsantrasyonudur. Ag Np de en fazla çap 100 mg/l, en uzun gövde yapan 100 mg/l ve en uzun kök boyu oluşturan 100 mg/l konsantrasyonudur.

Sonuç olarak; Ag, Fe₃O₄, Fe₂O₃, ZnO ve Silika nanopartiküllerinin yüksek konsantrasyonda CuO₂ ve TiO₂ Np'lerin ise düşük konsantrasyonlarında olumlu etki ettiği gözlemlenmiştir. TiO₂ nanopartikül uygulamasında olumsuz bir etki tespit edilmemiştir. Ayrıca kontrol grubundaki radikula kalınlığı değerinin, nanopartikül uygulamalarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anadolu Karaçamı, Çimlenme, Nanopartikül, Tohum

2019 , 53 sayfa

Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

EFFECT OF SOME NANOPARTICLES ON SEED GERMINATION OF ANATOLIAN BLACK PINE (*PINUS NIGRA* ARNOLD. SUBSP. *PALLASIANA* LAMB. (HOLMBOE))

Asuman ÇELİKBAŞ
Kastamonu University
Faculty of Forestry
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Sezgin AYAN

In this study, Turkey's Black Sea region of Western Black Sea Region Kastamonu province Taşköprü district from Taşköprü origin of the obtained *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe) (Anatolian black pine) germination of nanoparticles applied to the type of seeds effect has been studied over. he day was followed by germination and registration was started. At the end of 14th day, plumula and radicula, ie diameter, root and stem length were measured. As a result of measurements made in Petri dishes; Silica nanoparticle is also the highest concentration of 1200 mg / l, the longest body is 1200 mg / l and the longest root length is 1600 mg / l concentration. The maximum diameter of Fe₂O₃ Np is 2000 mg / l, the longest body is 1200 mg / l and the longest root length is 1200 mg / l. In Fe₃O₄ Np, as a result of the measurements, the maximum diameter is 800 mg / l, the longest body is 1600 mg / l and the longest root length is 1600 mg / l concentration. he maximum diameter of ZnO Np is 2000 mg / l, the longest body is 2000 mg / l and the longest root length is 800 mg / l. In CuO Np, the maximum diameter is 800 mg / l, the longest body is 600 mg / l and the longest root length is 200 mg / l. n Au Np, the maximum diameter is 100 mg / l, the longest body is 100 mg / l and the longest root length is 40 mg / l. The maximum diameter of TiO₂ Np is 600 mg / l, the longest body is 600 mg / l and the longest root length is 600 mg / l. The maximum diameter in Ag Np is 100 mg / l, the longest body is 100 mg / l and the longest root length is 100 mg / l. As a result, it was observed that Ag, Fe₃O₄, Fe₂O₃, ZnO and Silica nanoparticles had positive effects at high concentration. CuO₂ and TiO₂ Np's had a positive effects at low concentrations. There is no negative effects on TiO₂ Np. It was found that the thickness of the radical was higher than most nanoparticles.

Keywords: Anatolian Black Pine, Germination, Nanoparticle, Seed.

2019, 54 pages

Science Code: 1205

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen kıymetli ve danışman hocam Prof. Dr. Sezgin AYAN'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Yine çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL, Prof. Dr. Handan UCUN ÖZEL ve Dr. Öğretim Üyesi Esra Nurten YER ÇELİK hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, kıymetli zamanını benim hazırladığım yüksek lisans tezine ayırıp değerlendirip, yol göstermek ve en doğrusu olması için kısa zaman da olsa gece gündüz katkı veren Orman Mühendisliği Doktora Programı öğrencisi Ziraat Yüksek Mühendisi Şeyma Selin AKIN'a teşekkürü borç bilirim. Tez kapsamında bilgi ve tecrübeleriyle yanımda olan Orman Mühendisliği Doktora Programı öğrencisi Orman Yüksek Mühendisi Orhan GÜLSEVEN'e şükranlarımı sunarım.

Çalışma süreci boyunca maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli meslektaşım Aydın PİRİZOĞLU'na, her konuda ve her zaman bizlere destek olduğu için teşekkürlerimi sunarım.

En büyük teşekkür benimle birlikte yoğun iş temposu arasında bile çalışmasına devam eden bana her şeyden önce yoldaş olan sevgili eşim Halit ÇELİKBAŞ'a ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, okumamız için varını yoğunu önümüze seren, dünyayı verseler vazgeçmeyeceğim, dünyalar kıymetlisi biricik aileme sonsuz şükür ve teşekkür ediyorum.

Asuman ÇELİKBAŞ
Kastamonu, Ağustos, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜRLER	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
1.1. Anadolu karaçamı (<i>Pinus nigra</i>)’ın Genel Karakteristikleri.....	2
1.3. Çimlenme Olayı	5
1.4 Nanoteknoloji Nedir?	6
1.4.1. Nanopartiküller İle İlgili Bazı Çalışmalar	8
1.5. Nanopartiküllerin Doğada Etkisi.....	8
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Petri kaplarında Çimlenme Testlerine Tabi Tutulacak Tohumlara Ön İşlemler	16
3.2.2. Viyollerde Çimlenme Testlerine Tabi Tutulacak Tohumlara Ön Hazırlık.....	23
4. BULGULAR.....	28
4.1. Silika Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler	28
4.1.1 Petri Kaplarında Çimlenme	28
4.1.2 Viyollerde Fidelik Gelişimi.....	29
4.2. Fe ₂ O ₃ Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler	29
4.2.1 Petri Kaplarında Çimlenme	29
4.2.2 Viyollerde Fidelik Gelişimi.....	30
4.3. Fe ₃ O ₄ Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler	31
4.3.1 Petri Kaplarında Çimlenme	31
4.3.2 Viyollerde Fidelik Gelişimi.....	32
4.4. ZnO Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler	32

4.4.1 Petri Kaplarında Çimlenme	32
4.4.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi.....	33
4.5. CuO Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler	33
4.5.1 Petri Kaplarında Çimlenme	33
4.5.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi.....	34
4.6. Au Nanopartikülüne Ait Bulgular	35
4.6.1 Petri Kaplarında Yapılan Çimlenme.....	35
4.6.2 Viyollerde Fidan Gelişimi	36
4.7. TiO ₂ Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler	36
4.7.1 Petri Kaplarında Çimlenme	36
4.7.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi.....	37
4.8. Ag Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler.....	37
4.8.1 Petri Kaplarında Çimlenme	37
4.8.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi.....	38
4.9. Petri Kaplarındaki Fidecik Gelişimlerinin Genel Değerlendirme	39
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	46
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Au	:	Altın
CuO	:	Bakır oksit
ZnO	:	Çinko oksit
Fe ₂ O ₃	:	Demir (II) oksit
Ag	:	Gümüş
Fe ₃ O ₄	:	Magnetit
Si	:	Silika
TiO ₂	:	Titanyum dioksit

KISALTMALAR

cm	:	Santimetre
mm	:	Milimetre
Np	:	Nanopartikül

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Çimlenme evreleri.....	6
Şekil 1. 2. Nano teknoloji ilgi alanları (NANOTEKNOLOJİ - Weebly).....	7



TABLolar DİZİNİ

Tablo 4. 1. Farklı dozlarda Silika NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	28
Tablo 4. 2. Farklı dozlarda Silika NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %	28
Tablo 4. 3. Farklı dozlardaki Silika NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	29
Tablo 4. 4. Farklı dozlarda Fe ₂ O ₃ NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	30
Tablo 4. 5. Farklı dozlarda Fe ₂ O ₃ NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %	30
Tablo 4. 6. Farklı dozlardaki Fe ₂ O ₃ NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	30
Tablo 4. 7. Farklı dozlarda Fe ₃ O ₄ NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	31
Tablo 4. 8. Farklı dozlarda Fe ₃ O ₄ NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %.	31
Tablo 4. 9. Farklı dozlardaki Fe ₃ O ₄ NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	32
Tablo 4. 10. Farklı dozlarda ZnO NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	32
Tablo 4. 11. Farklı dozlarda ZnO NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %..	33
Tablo 4. 12. Farklı dozlardaki ZnO NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	33
Tablo 4. 13. Farklı dozlarda CuO NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	34
Tablo 4. 14. Farklı dozlarda CuO NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme % değerleri.....	34
Tablo 4. 15. Farklı dozlardaki CuO NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	34
Tablo 4. 16. Farklı dozlarda Au NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	35
Tablo 4. 17. Farklı dozlarda Au NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme % değerleri.....	35
Tablo 4. 18. Farklı dozlardaki Au NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	36
Tablo 4. 19. Farklı dozlarda TiO ₂ NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	36
Tablo 4. 20. Farklı dozlarda TiO ₂ NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme % .	37
Tablo 4. 21. Farklı dozlardaki TiO ₂ NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	37
Tablo 4. 22. Farklı dozlarda Ag NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri	38
Tablo 4. 23. Farklı dozlarda Ag NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %	38
Tablo 4. 24. Farklı dozlardaki Ag NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri.....	39

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 1. 1. Anadolu karaçamının yayılış alanı	2
Fotoğraf 1. 2. Anadolu karaçamı iğne yaprak ve kozalağı	3
Fotoğraf 1. 3. Anadolu karaçamı gövde kabuğu	3
Fotoğraf 1. 4. Anadolu karaçamı sürgünü.....	4
Fotoğraf 1. 5. Anadolu karaçamı kozalağı	5
Fotoğraf 1. 6. Nano boyut	7
Fotoğraf 3. 1. Stok hazırlığı	17
Fotoğraf 3. 2. TiO ₂ Nanopartiküllerin tartım aşaması.....	17
Fotoğraf 3. 3. Au nanopartikülünün tartım aşaması.....	18
Fotoğraf 3. 4. Hazırlanan nanopartikül konsantrasyonları	18
Fotoğraf 3. 5. Tohumları saf suda bekletilmesi.....	19
Fotoğraf 3. 6. Tohumların petri kaplarına yerleştirilmesi	20
Fotoğraf 3. 7. Nanopartiküller kullanılarak solüsyonların hazırlanması.....	20
Fotoğraf 3. 8. Hazırlanan farklı 5 dozdaki nanopartiküller ve petri kaplarındaki tohumlara uygulanışı	21
Fotoğraf 3. 9. İklimlendirme dolabı	21
Fotoğraf 3. 10. Çimlenen tohumların sayılıp çizelgeye işlenmesi	22
Fotoğraf 3. 11. Fe ₂ O ₃ nanopartikülün etkisiyle çimlendikten sonraki kök oluşumu	23
Fotoğraf 3. 12. Kullanılan torf ve özellikleri	24
Fotoğraf 3. 13. Viyollere torf doldurma işlemleri.....	24
Fotoğraf 3. 14. Sağırlardan ayrılan sağlam tohumlar.....	25
Fotoğraf 3. 15. Tohumlar ekildikten sonra viyoller	25
Fotoğraf 3. 16. İlk çimlenme-6.gün	26
Fotoğraf 3. 17. (a) Yeni çimlenme, (b) çimlenen tohumlarda boy büyümesi, (c) fideciğin tohumu kabuğunu atmadan önceki son hali	26
Fotoğraf 3. 18. Çap ölçer ve cetvel çap-boy ölçümü	27
Fotoğraf 3. 19. Besin maddesi karışımı	27

1.GİRİŞ

Günümüzde ormanların yok olmasıyla ilgili olarak, insanların etkisi olduğu gibi doğanın da etkisi vardır. Buna en popüler örnek iklim değişikliğidir. İklim değişikliği, karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen olağan iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik biçiminde tanımlanmaktadır (URL-1).

Ormanların yok olmalarını engellemek için kısa sürede hayata geçirebileceğimiz pratik çözümler üretmek gerekmektedir. Bunu yaparken doğaya zarar vermeden ya da en az derece de zararla yapılması gerekir. Yapılan yanlış müdahaleler yüzyıllarca sürece ekosistemi derinden etkileyecek belki de çıkmazlara sürükleyebilecektir. Bu nedenle; geniş çaplı araştırılıp, enine boyuna düşünmek suretiyle ve üç hususa çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunlar; kısa süre, pratik çözüm ve kesin sonuçtur (Tüylek, 2018).

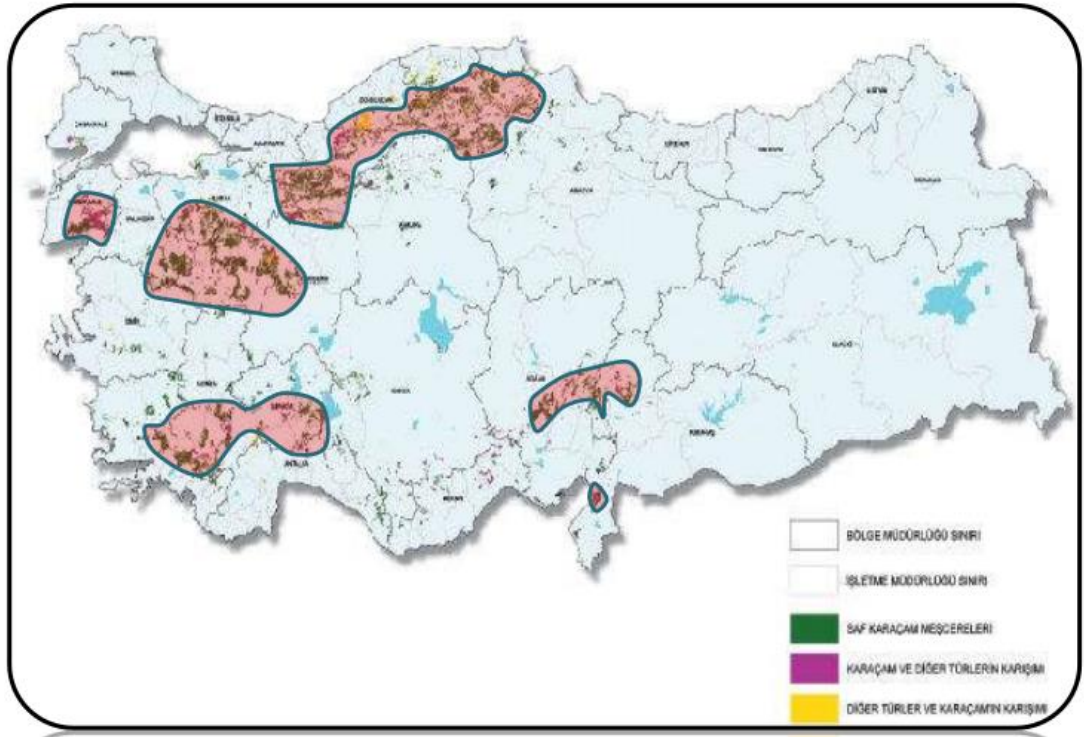
Nanopartikül kullanım alanlarının ve uygulamalarının artması, çevre ile etkileşimlerinin önemli oranda artmasına neden olmaktadır. Nanopartiküllerdeki yüksek yüzey hacim oranı, elektronik yapı, ara yüzey tepkiselliği gibi farklı fizikokimyasal özellikler son derece farklı çevresel davranışlara ve etkilere sebep olabilir (Ma, 2010). Nanopartiküllerin ekolojik sistem üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerinin olabileceği ifade edilmektedir (Tüylek, 2018). Bu çalışmada; Türkiye ağaçlandırma çalışmalarında en yaygın kullanılan dolayısıyla bitki kitlesel üretiminde en önde olan Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) tohumu araştırma objesi olarak ele alınmıştır. Tohumun yapısında; tohum kabuğu, çenekler ve embriyo bulunmaktadır. Uygun koşullar sağlandığında bir tohumdan genç bir bitki oluşması ile çimlenme olayı gerçekleşir. Çimlenme ile yeni bir bitkinin hayat süreci başlamaktadır. Bu tez çalışmasında çimlenme sürecine nanopartiküllerin (NP) etkileri irdelenmeye çalışılmıştır. Araştırmada amaç; uygulanan NP'ler tohum çimlenirken plumula ve radikulasında ne kadar hızda değişiklikler meydana geldiğini, çimlenme üzerindeki etkinin olumlu

ya da olumsuz sonuçları ortaya koymaktır. Olumsuz bir sonuç alınması durumunda probleme karşı alternatif çözüm arayışları söz konusu olabilecektir.

Anadolu karaçamı bilindiği üzere Türkiye’de yaygın bir şekilde doğal yayılışını gerçekleştiren, kuraklık ve düşük sıcaklıklara karşı dayanıklı, kanaatkâr ve stepe en çok sokulabilen ağaç türlerimizdendir. Asli ağaç türlerimizden olması sebebiyle ayrı bir öneme sahiptir. Yetiştirme ortamı açısından bazik topraklarda yetişmesi ve iklim değişikliğinden en fazla etkilenen kurak alanlarda yetişmesi sebebiyle ayrı bir stratejik önemi vardır.

1.1. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra*)’ın Genel Karakteristikleri

Anadolu karaçamı, Türkiye’nin hemen hemen her bölgesinde görülür (Fotoğraf 1. 1.). Coğrafi olarak geniş yayılışa sahip, doğal çam türlerinden biri olan Anadolu karaçamı (Fotoğraf 1. 2.), Türkiye’de 400-2100 m yükseltilerde yer almaktadır. Yaşlı gövdesi derin çatlaklı, kalın ve boz renkli kabukları vardır (Fotoğraf 1. 3.).



Fotoğraf 1. 1. Anadolu karaçamının yayılış alanı



Fotoğraf 1. 2. Anadolu karaçamı iğne yaprak ve kozalağı



Fotoğraf 1. 3. Anadolu karaçamı gövde kabuğu

Kırk metre kadar boy, 1 m'den daha fazla çap yapabilen silindir biçiminde düzgün gövdeli bir ağaçtır. Tepe yapısı, azman yapmaya eğilimli olduğu halde, yüksek mntikalarda ve sık meşcerelerde dar ve küçüktür. Gençlikte büyümesi hızlıdır. Her dem yeşil iğne şeklinde yapraklara sahiptir (Fotoğraf 1. 4.).



Fotoğraf 1. 4. Anadolu karaçamı sürgünü

Toprak istekleri bakımından çok kanaatkârdır. Anadolu karaçamı derin topraklarda kazık kök, sığ ve sert topraklarda kalp kök sistemini oluşturur. Nemli derin ağır balçıkla, kumlu-balçık ve balçıklı-kum topraklarında iyi yetişir. Saf ormanlarını yangın ve kar zararları tehdit eder. Fırtına zararları sığ topraklarda ve seyrek yetiştiği alanlarda tehlikelidir. Dona ve kuraklığa dayanıklıdır. Anadolu karaçamının odunları sert, dayanıklı, reçineli ve iyi kalitelidir. Çivi ve vida tutma direnci iyi, işlenmesi kolay olduğundan yapı malzemesi olarak da kullanılmaktadır (Tebeş, 2015).

1.2. Anadolu Karaçamı Tohum Özellikleri

15-20 yaşlarında kozalak tutmaya başlar. Bol tohum yılı 2-3 yılda bir tekrar eder. Tohumlar ikinci yılın Ekim-Kasım ayında olgunlaşır. Eylül ayında toplanan tohumların %92, Ekim ayı ortasında toplanan tohumların %98 gibi çok yüksek çimlenme değeri verdiği saptanmıştır. Kozalakta olgunlaşan tohumlar hava koşulları ve yüksekliğe bağlı olarak Şubat-Mart-Nisan aylarında tamamen dökülür (Derya 2012). (Fotoğraf 1. 3.).



Fotoğraf 1. 5. Anadolu karaçamı kozalağı

Kızılçamla en önemli farkı tüm tohumların dökülmesi aynı mevsimde olur. Tohumun olgunlaştığı ekim ayından itibaren kozalaklar toplanabilir. 100 kg kozalakdan 2,5 kg tohum elde edilir. 1 kg'da ortalama 44500 adet tohum bulunur. Tohumların çimlenme engeli yoktur (URL-2).

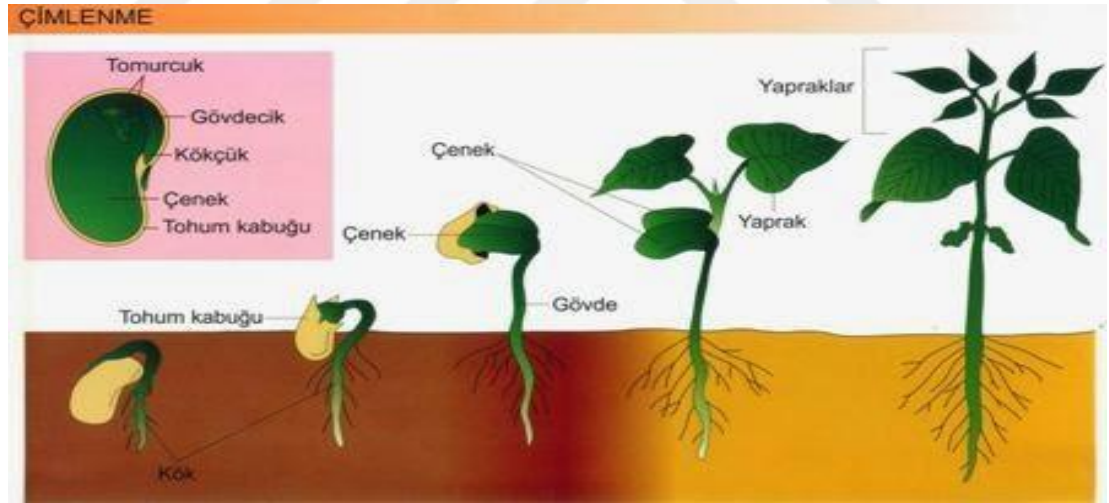
1.3. Çimlenme Olayı

Çimlenme, tohumda bulunan embriyonun uygun şartlar bulunca gelişerek ana bitkiye benzer yeni bir bitkiyi oluşturmak üzere tohumdan çıkarak serbest hale geçmesine denir. Çimlenme esnasında meydana gelen bu olaylar serisinin başında, suyun tohum tarafından emilmesi gelir. Tohum kabuğu yumuşadıkça ve protoplazma sulandıkça, çoğunlukla tohum şişer ve bazen kabuğu çatlatır. Suyun alınmasını, enzim faaliyetinin ve oksijen alımıyla ölçülen solunumun artışı izler. Bu faaliyetlerden

sonra hücreler büyür ve kökçük tohum kabuğundan çıkar. Bu olaylar çimlenmenin başlaması ile birlikte meydana gelen olaylardır (URL-3).

Çimlenme Olayı (Şekil 1. 1.)

1. Şartlar uygun olduğunda tohum su alarak şişer ve tohum kabuğu çatlar,
2. Alınan su tohumda absisik asit etkinliğini kırar,
3. Alınan suyun etkisi ile endosperm hücreleri giberellin üretir,
4. Giberellin, absisik asidin etkinliğini azaltırken amilaz etkinliğini artırır.
5. Amilaz etkisi ile nişasta glikoza parçalanır.
6. Oluşan glikoz çatlayan kabukla beraber alınan fazla miktardaki O₂ kullanılarak solunumda harcanır.
7. Çimlenme ile beraber tohumda ağırlık azalması gerçekleşir.
8. Metabolizmanın hızlanması ile beraber hücre bölünmesi hızlanır.
9. Meristem etkisi ile bitkiye yeni hücre ve dokular katılır.
10. Bitki uç meristemi ile boyca, kambiyum ile ence kalınlaşarak büyür (URL-3).



Şekil 1. 1. Çimlenme evreleri

1.4 Nanoteknoloji Nedir?

“Nano” kelimesi yunanca “küçük adam” veya “cüce” anlamına gelmektedir. Tekno kelimesinin kökeni ise kaynaklarda zanaat ile uğraşma, zanaat gibi anlamlarına geldiği belirtilmektedir. Nanoteknolojinin (Fotoğraf 1.4.) ilk tohumlarını Richard Feynman adlı fizikçi atmıştır (URL-4).



Fotoğraf 1. 6. Nano boyut

Nano teknoloji farklı bilim alanları ile ilişkilidir. Bu tez konusu ise biyoloji disiplini ile direkt alakalıdır. Teknolojinin konusu, biyolojik olan ve olmayan 100 nm'den küçük yapıları üretmek, karakterize etmek ve fonksiyonel hale getirmektir. Nano teknoloji, 0,1-100 nm boyutlar için kullanılır. Nano teknolojik materyaller, boyutlarının bir sonucu olarak mikro metrik veya daha büyük moleküllerden çok farklı özellikler sergilerler. Bunlar; optik, fiziksel dayanıklılık, kimyasal reaktivite, elektriksel iletkenlik ve manyetizma gibi özelliklerdir (Mousavi ve Rezaei, 2011).



Şekil 1. 2. Nano teknoloji ilgi alanları (NANOTEKNOLOJİ - Weebly)

1.4.1. Nanopartiküller İle İlgili Bazı Çalışmalar

TiO₂ nano partiküllerinin 385 nm'den daha düşük dalga boyuna sahip olan ultraviyole ışık altında ışınlanması sonucunda elektronlar değerlik bandından iletim bandına doğru hareket ederler ve pozitif yükle yüklenmiş bir boşluk oluştururlar (Hashimoto vd., 2005).

Chen, Weiss ve Shahidi (2006), pH değiştirilerek Ag nano partiküllerin şekillerinin ve renklerinin kontrol edilebileceğini bildirmiştir. Nano partiküllerin sentezlendiği tüm durumlarda UV-görünür absorpsiyon spektrumu nano yapıların gelişiminin gösterilmesi ve nano partiküllerin boyutlarının görüntülenmesi için kullanılır.

Ag nano partiküllerinin bakteri membranının yapısal elemanlarıyla etkileşime girdiği ve hücrelere zarar verdiği de gözlenmiştir. Transmission elektron mikroskobu (TEM) analizleri de hücre yüzeyinde girinti çıkıntılarının oluşmasına bağlı olarak nano partiküllerinin hücre içerisine dâhil olduğunu doğrulamıştır (Sondi vd., 2004).

Ag nano parçacıklar iyi anti bakteriyel özelliklere sahiptir. Ag nano parçacıklar, bakterilerin hücre yüzeyine yapışarak hücre içine gümüş iyonları bırakmaktadır (URL-5). Milyonlarca nano parçacığın toplam yüzey alanı, büyük bir gümüş parçasından çok daha büyüktür. Bu nedenle gümüş nano parçacıkları daha fazla bakteriyi öldürebiliyor. Yani daha iyi bir anti bakteriyeldir. Küçük ebatlarda böyle özel amaçlı nano parçacıklar, gelecekte hayatımızda daha önemli bir yere sahip olabilecektir. Örneğin; mutfaklarda hijyen gözetilmediğinde sağlık için risk oluşturabilen gıda hazırlanan yüzeylerde anti bakteriyel kaplamaların kullanımı, nanoteknoloji ile mümkün olabilecektir (URL-5).

1.5. Nanopartiküllerin Doğada Etkisi

Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve yorumlanması sonucu, yüksek oranda nanopartikül içeren havayı soluyan insanlarda kalp - damar hastalığına yakalanma riskinin yüksek olduğunu ortaya konmuştur. Buna karşılık iş ortamında nanopartiküllere maruz kalan işçilerin bu bulgularla ilişkisi tam olarak ortaya konamamıştır. Solunumun yanında mesleki maruziyetin bir sonucu olarak nanopartiküllerin deri ve sindirim sistemiyle ilişkisi söz konusudur. Kozmetik ürünlerde kullanılan nanopartiküller dışında, cildi etkileyen nanomalzemeler

hakkındaki araştırmalarda oldukça kısıtlıdır (Tüylek, 2018). Nanopartiküllerin cilde teması sonrası oluşan etkilerin temas bölgesinde olması beklenir. Nanomalzemelerin cilt tarafından emilim potansiyeli hakkında yapılan çalışma, gerekleēecek herhangi bir cilt emiliminin çok dūřuk miktarlarda olacağını ortaya koymuştur. Sindirim sistemine giren nanopartikülün akıbetiyle ilgili genel sonuçlar ortaya koyabilecek detaylı bir bilgi hala mevcut değildir. Nanopartiküllerin yan etkisi tam olarak bilinmediğinden çeşitli hastalıklar ortaya çıkabilir dūřüncesiyle hareket edilmektedir. Bu nedenle nanoteknoloji alanındaki uygulamalar arttıa, nanopartiküllerin ekolojik sistem üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerinin olabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu sayede daha uyumlu nanomalzemelerin hayatımıza girmesi sağlanmış olur (Tüylek, 2018).

Nanopartikül kullanım alanlarının ve uygulamalarının artması, evre ile etkileşimlerinin önemli oranda artmasına neden olmaktadır. Nanopartiküllerdeki yüksek yüzey hacim oranı, elektronik yapı, ara yüzey tepkiselliği gibi farklı fizikokimyasal özellikler son derece farklı çevresel davranışlara ve etkilere sebep olabilir (Ma, 2010).

Orman yangınları ve bunun sonucu olarak toprağın yanması, yaşadığımız dünyanın oluştuğu zamandan beri süregelen ve artık dünyanın doğal bir parçası haline gelen bir olaydır. Büyük orman yangınları, kül ve duman ortaya çıkartarak yüzlerce kilometrelik alanlara yayılabilir ve nano seviyede materyallerin olduğu nanopartiküllerin oluşmasına neden olabilirler. Orman yangınları sadece doğal çevreye zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda o bölgede yaşayan canlıları da tehdit eder (Buseck, 1999).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Uluslararası Bitki ve Toprak Bilimi Dergisindeki makalelerinde; TiO₂ ve TiO₂ nanopartikülünün otsu bitki olan nane (*Mentha piperita*) de çimlenme yüzdesi, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve çimlendikten sonraki fidecik klorofil a-b ile karotenoid üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmalarında 0, 100, 200, 300 mg/l konsantrasyonları hazırlanıp, dört tekrarlı olacak şekilde tohumlara uygulanmış ve hem TiO₂ hem de TiO₂ NP'lerin çimlenme yüzdesine, sürgün uzunluğuna olumsuz etki gösterdiğini ortaya koymuşlardır. TiO₂ NP'lerinin 100 mg/l'de yani düşük dozda kök uzamasına önemli bir etkisi olduğu saptanmıştır (Samadi, 2014).

Thuesombat, Hannongbua, Akasit, ve Çadchaçası, (2014) araştırmalarında; Ag NP'lerin pirinç (*Oryza sativa*) tohumlarının çimlenmesine ve bitki büyümesi üzerinde etkisini incelemişlerdir. 0.1, 1, 10, 100, 1000 mg/l konsantrasyonlar kullanılmış ve bunu farklı boyutlardaki örneklere uygulamışlardır. Uygulama sonucunda; artan Ag NP konsantrasyonlarının tohumun çimlenmesinde ve fide üzerinde olumsuz etkilediğini ortaya koymuşlardır.

“Su, Hava ve Toprak Kirliliği Dergisinde” yayınlanan makalede düşük konsantrasyondaki Bakır, Çinko Manganez ve Demir Oksit nanopartiküllerinin ve bu metallerin marul (*Lactuca sativa*) bitkisinin tohum çimlenmesine etkisi araştırılmış, demir oksit nanopartikülünün bitki büyümesine olumlu etki ederken, bakır nanopartikülünün bakır metaline göre daha olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir (Liu, Zhang ve Lal, 2016).

Tek yıllık bir bitki olan marulda (*Lactuca sativa*) TiO₂, TiO₂Ag nanopartikülleri kullanılarak 10, 20, 40, 60, 80 ve 100 mg/l konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan konsantrasyonlardan petri kaplarına 5 ml uygulanmış ve marul tohumunun çimlenmesinde 80 ve 100 mg/l'de olumlu etki görülmüştür (Doğaroğlu ve Köleli, 2016).

Tek yıllık bitki olan buğday türünde elde edilen verilere göre; 10 mg/l TiO₂ ve üstü konsantrasyonlarda buğday bitkisinin kök uzamasını olumlu etkilediği ve 20 mg/l TiO₂ ve üstü konsantrasyonlarda ise ortalama gövde uzamasının arttığı tespit edilmiştir (Doğaroğlu ve Köleli, 2014).

Zn nanopartikülünde; Soğan bitkisinin çimlenmesinde düşük konsantrasyonlarda artış gösterirken, yüksek konsantrasyonlarda değerlerde düşüş göstermiştir (Raskar ve Laware, 2014).

ZnO nanopartikülünün 2000 mg/l konsantrasyonunda mısır bitkisinde tohum çimlenmesi ve kök büyümesinde olumlu etkisi tespit edilmiştir (Lin ve Xing, 2007).

Kontrol - 1,5 - 3 mm Silika NP'lerin, bakla bitkisinde çimlenme ve büyümesinde artış etkisi görülmüştür. 1,5 mm Silika NP'lerine maruz bırakıldığında bitkide çiçeklenme ve 3 mm'de kontrol grubuna göre çapında artış görülmüştür (Roohizadeh, Majd, ve Arbabian, 2015).

Tarımsal toprakta buğday bitkisi; TiO₂ ve ZnO nanopartiküllerine maruz bırakılmış büyüme ve enzim aktivitesi araştırılmıştır. Deneyde kurutulmuş buğday tohumları kullanılmaktadır. Bu materyal, TiO₂ ve ZnO nanopartiküllerine maruz bırakılarak elektronik mikroskopta incelenmiş ve olumsuz etki ettiği ortaya konmuştur (Du vd.,2010).

Çemen otu (*Trigonella foenum*)'nda büyüme parametreleri (yaprak sayısı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, taze ağırlığına) üzerine Ag-NP'nin etkisi araştırılmıştır. Ag-NP'lerin büyüme üzerindeki etkisini incelemek için, çemen fideleri, her bir işlem için 0,2 mg/fide nihai bir konsantrasyonda Ag-NP'lerle muamele edilmiştir. Ag-NP'ler ile muamele edilmiş fidelerde, büyüme parametrelerinin çoğunda önemli ölçüde yüksek değerler saptanmıştır (Thomas, Jasim, Mathew ve Radhakrishnan 2016).

Ag nanopartiküllerinin hardal otu (*Brassica juncea*)'nda filiz, kök uzunluğu, yaprak alanı, klorofil ve enzim gibi parametrelerin artış göstermesi ile bitkide gelişme olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada, Ag metal nanopartiküllerin (0, 25, 50, 100, 200 ve 400 ppm) 7 günlük fidelerin büyümesi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Ag nanoparçacıkların gözlenen uyarıcı etkilerinin doza bağlı olduğu tespit edilmiş, uygun dozun ise 50 ppm olduğu belirlenmiştir (Sharma vd., 2012).

Savithramma, Ankanna ve Bhumi (2012), NP'lerin tohum kabuğunda su girişini kolaylaştırmak suretiyle tohum çimlenmesini hızlandırdığını ifade etmektedir.

Ag NP's veya iyodinin farklı konsantrasyonlarda roka (*Eruca sativa*) fidelerine, 5 gün boyunca muamele edildiği araştırmada; 10 mg/l konsantrasyondaki işlemin kök uzamasını artırdığı ifade edilmiştir (Vannini vd., 2013).

Nanopartiküllerin toksik doz aralığının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, domates, tere, salatalık, kabak, fasulye, nohut, bezelye ve soğan tohumlarına ticari ZnO ve MicNo-Z®, TiO₂ ve MicNo-T® nanopartikülleri 0, 100, 200,400, 500, 1000, 2000, ve 4000 ppm dozlarında uygulanmıştır.Kısa süreli etki değerlendirilmesi yapılmıştır (Nazikcan, 2015).

Yüksek konsantrasyonda, anti mikrobiyal özellikleri sayesinde, TiO₂ nanopartiküllerine maruz bırakılan köklerin büyümesini önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir (Clément, Hurel ve Marmier 2013).

TiO₂ nanopartikülleri, 50-200 mg-1 konsantrasyonları arasında $P<0.001$ düzeyinde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 96 saat maruz kalmada 200 mg/l konsantrasyonda su mercimeğinin klorofil miktarları üzerine ölçülebilir bir etkisi gözlenmemiştir (Dağlıoğlu ve Türkış, 2017).

Oukarroum ve arkadaşları 7 gün boyunca 0-0,01-0,1-1 ve 10 mg/l Ag nanopartikül konsantrasyonunda; AgNP'nin *Lemna gibba*'da büyüme ve hücre canlılığı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ag NP'ün tüm konsantrasyonlarında yaprak sayısındaki azalmaya bağlı olarak büyümenin inhibe edildiği belirlenmiştir. AgNP

çözeltisinin *L. gibba* için toksik bir potansiyel kaynak olduğunu ifade edilmektedir. Çalışma sonunda, sucul sistemlerdeki AgNP birikiminin potansiyel toksik kaynak olduğu ve su mercimeğinin canlılığı için risk oluşturduğu belirtilmektedir (Oukarroum, Barhoumi, Pirastru ve Dewez 2013).

Sucul başka bir bitki olan *Landoltia punctata* üzerinde CuO-NP ve karşılaştırılabilir çözümler Cu dozları, su mercimekleri olan *Landoltia punctata*'ya uygulandı. Büyüme, sadece% 0,16 mg L (-1) çözülebilir Cu'yı büyüme ortamına bırakan 0,6 mg L (-1) çözümler bakır veya 1,0 mg L (-1) CuO-NP ile% 50 inhibe edildi. 1,0 mg L (-1) CuO-NP ile strese sokulmuş bitkilerde, önemli miktarda klorofil miktarında artış gözlemlenmiştir. CuO-NP' ye maruz kalan yaprakların Cu içeriği, eşdeğer bir çözümler bakır dozuna maruz bırakılan yapraklara göre dört kat daha yüksektir (Shi, Abid, Kennedy, Hristova ve Silk 2011).

Buğday ve acı bakla bitkilerinde; 500 ve 1000 mg/l'de Mesopo silika nanoparçacıkları alımının ardından, tohum çimlenmesini, bitki biyokütlesini, toplam proteini ve klorofil içeriğini arttırmaktadır. Her iki türün Mesopo silika nanoparçacıklarıyla en yüksek konsantrasyonda (2000 mg/L) muamelesi oksidatif stres veya hücre zarı hasarı ile sonuçlanmamıştır. Bu bulgular, Mesopo silika nanoparçacıklarının bitkilerde yeni dağıtım sistemleri olarak kullanılabilceğini ve test edilen konsantrasyon aralığında, Mesopo silika nanoparçacıklarının bitki büyümesi veya gelişimi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını göstermektedir (Sun vd., 2016).

Beş çeşit nanopartikülün (çok duvarlı karbon nano tüp, alüminyum, alümina, çinko ve çinko oksit) turp, kolza, çavdar, marul, mısır ve salatalık tohumlarının çimlenmesi ve kök büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tohum çimlenmesi, 2000 mg/l konsantrasyonda mısır bitkisinde çinko oksit (nano-ZnO) inhibasyonu haricinde istenilen şekilde etkilenmemiştir. Farklı nanopartiküllerin kullanıldığı farklı bitkiler arasında kök büyümesinin büyük ölçüde inhibe edildiği görülmüştür. 2000 mg/l nano-Zn veya nano-ZnO süspansiyonları, test edilen bitki türlerinin kök uzamasını pratik olarak sonlandırdı. Yüzde elli inhibe edici konsantrasyonun (IC50) nano-Zn ve

nano-ZnO'nun turp için 50 mg/l, çavdar için yaklaşık 20 mg/l olduğu tahmin edilmiştir (Lin ve Xing (2007). Tohum çimlenmesi ve salatalığın (*Cucumis sativus*) büyüme gelişimi üzerindeki etkilerini incelemek için beş nano-silika (NS) süspansiyon oranı (0, 100, 200, 300 ve 400 mg/l) kullanılmıştır. 200 mg/l dozu, kontrol işlemi tohumlarına kıyasla, nihai çimlenme yüzdesini, çimlenme hızını, canlılık indeksini ve çimlenme endeksini sırasıyla; %28,7, %70,3, %46,7 ve %68,8 oranında artırmıştır. Bununla birlikte, ortalama çimlenme süresini %31,7 oranında azaltmıştır (Mohammed, Elgarawany, Al-Saeedi ve El-Ramady 2019).

ZnO nanopartikülleri, bakteriyostatik bir ajan olarak potansiyel bir uygulamaya sahiptir ve çeşitli patojenlerin yayılmasını ve enfeksiyonunu kontrol etmek için kullanılabilir. Araştırmada, farklı konsantrasyonlar (0, 10, 20, 30 ve 40 g ml/1) ZnO NP's damıtılmış su içinde hazırlandı ve soğan tohumlarında muamele için hücre bölünmesi, tohum çimlenmesi ve erken fide büyümesi üzerindeki etkisini incelemek için kullanıldı. Soğan tohumunun çimlenmesi düşük konsantrasyonlarda artmış, ancak daha yüksek konsantrasyonlarda değerlerde azalma göstermiştir. Çimlenme endeksleri düşük konsantrasyonlarda artan değerler gösterdi ancak, bunlar daha yüksek konsantrasyonlarda önemli ölçüde azaldı. Ancak, daha yüksek konsantrasyonlarda değerlerde azalma olduğunu göstermiştir (Shilpa ve Lawre, 2014).

0, 10, 20 ve 30 uM konsantrasyonlarındaki Fe₂O₃ NP'ler; yaprak taze ve kuru ağırlığında, fosfor, potasyum, demir, çinko ve tuzluluk stresi altındaki nane kalsiyum içeriğinde artışlara neden olmuştur. Ancak, sodyum elementi üzerinde bir etkisi olmamıştır. 30 uM konsantrasyonu Fe₂O₃NP daha etkin olmaktadır (Askary, Talebi, Amini ve Bangan 2016).

Ag nanopartiküllerin tere tohumunun çimlenmesini ve bitki büyümesini arttırdığı belirtilmiştir. Bitkilerin 1 mg/l Ag NP'lere maruz bırakılması, fide taze ve kuru ağırlıklarında kontrol bitkilerine kıyasla önemli bir artışa neden olurken, daha düşük ve daha yüksek konsantrasyonlara maruz kalma, taze ve kuru ağırlıklarda bir düşüşe neden olmuştur (Almutairi, 2017).

Soğan (*Allium cepa*) kök uçları, CuO NP'lerinin 25, 50, 75 ve 100 µg/ml'lik ve SiO₂ NP'lerinin 50, 250, 500 ve 1000 µg/ml'lik konsantrasyonları ile 24, 48 ve 72 saat süreyle muamele edilmiştir. CuO nanopartiküllerinin bütün konsantrasyonları ve uygulama süreleri, *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde mitotik indekste kontrole kıyasla önemli düzeyde düşüşe sebep olmuştur (Çalbay, 2014).

Manyetit (Fe₃O₄) nanopartikülleri içeren sulu bir ortamda yetişen kabak bitkilerinin (*Cucurbita maxima*) bitki dokularındaki partikülleri emebileceğini, yer değiştirebileceğini ve biriktirebileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, çevre ve ekolojik sistemlerin önemli bir bileşeni olan bitkilerin önemini ortaya koymaktadır (Zhu, Han, Xiao ve Jin 2008).

Paulownia fortunei türünde CuO Np'lerinin yüksek konsantrasyonu çimlenmeyi büyük oranda azaldığı saptanmıştır (Wang, Li, Zhang ve Ke 2010).

Ulu sığırkuyruğu (*Verbascum olympicum*) tohumlarında 100, 500 ve 1000 µM konsantrasyonlarında Zn, Cu, Cr, Ni, Cd, uygulanmış. Uygulama sonunda en fazla kök uzunluğu kontrol grubunda tespit edilmiştir. Cu Np uygulamasında kök uzunluğu ve çimlenme yüzdesi düşük konsantrasyonlarda daha yüksektir. Buna karşın yüksek konsantrasyonlarda gövde uzunluğunda artış olduğu belirlenmiştir (Derya, 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Kastamonu ili Taşköprü ilçesinden temin edilen Anadolu karaçamının tohumlarıyla ve sekiz farklı nanopartikül çeşidiyle hem petrilere iklimlendirme dolabında hem de viyollerde oda şartlarında çimlendirme ve fide oluşumu gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Petri kaplarında Çimlenme Testlerine Tabi Tutulacak Tohumlara Ön İşlemler

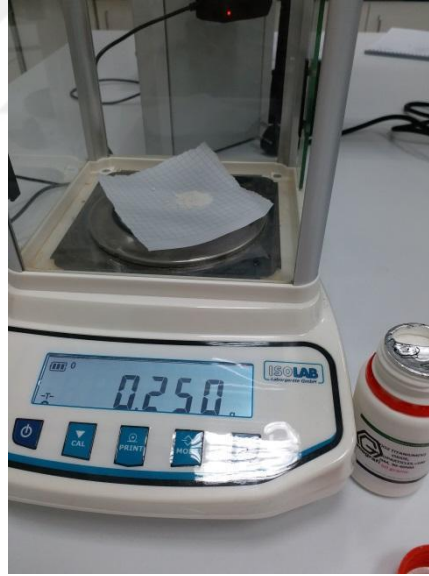
Ön hazırlık sürecinde tohumlar; el ile muayene edilip, bir gün boyunca saf suda bekletilip, sağlamlık kontrolünün ardından nanopartikül ve saf suyun birleşiminden oluşan farklı konsantrasyonların tohumlara uygulanmıştır. Konsantrasyonlar; sekiz farklı nanopartikül ve beş farklı doz ile oluşturulmuştur. Kullanılan nanopartiküller; Silika, Fe_2O_3 , Manyetit (Fe_3O_4), ZnO, TiO_2 , Au, CuO, Ag ve iki adet kontrol grubundan oluşmaktadır.

İlk olarak Silika, Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , ZnO nanopartiküllerinden 0,5 gr tartılarak saf su ile karıştırıp 250 ml olacak şekilde stok yapılarak 2000, 1600, 1200, 800 ve 400 mg/l konsantrasyonlarda hazırlanmıştır (Fotoğraf 3. 1.).



Fotoğraf 3. 1. Stok hazırlığı

TiO₂ ve CuO nanopartiküllerinden 0,25 gr tartılarak saf su ile karıştırıp, 250 ml olacak şekilde stok yapılarak; 1000, 800, 600, 400 ve 200 mg/l konsantrasyonlarda hazırlanmıştır (Fotoğraf 3.1.).



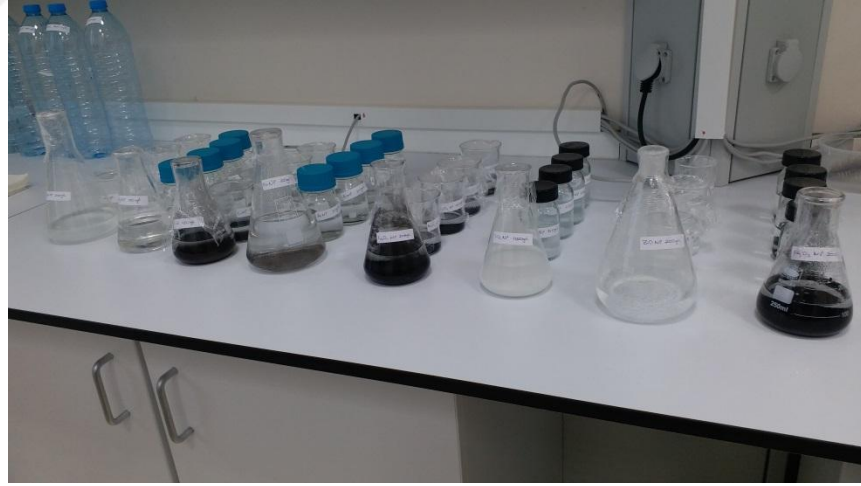
Fotoğraf 3. 2. TiO₂ Nanopartiküllerin tartım aşaması

Au nanopartikülünden 0,05 gr tartılarak saf su ile karıştırıp, 500 ml olacak şekilde stok yapılarak 100, 80, 60, 40 ve 20 mg/l konsantrasyonlarda hazırlanmıştır (Fotoğraf 3. 2.).



Fotoğraf 3.3. Au nanopartikülünün tartım aşaması

Ag nanopartikülü sıvı olduğu için 1 ml ölçülerek saf su ile karıştırıp, 250 ml olacak şekilde stok yapılarak; 100, 80, 60, 40 ve 20 mg/l konsantrasyonlarda hazırlanmıştır (Fotoğraf 3. 3.). Kontrol grubumuzda sadece 50 ml saf su kullanılmıştır.



Fotoğraf 3. 4. Hazırlanan nanopartikül konsantrasyonları

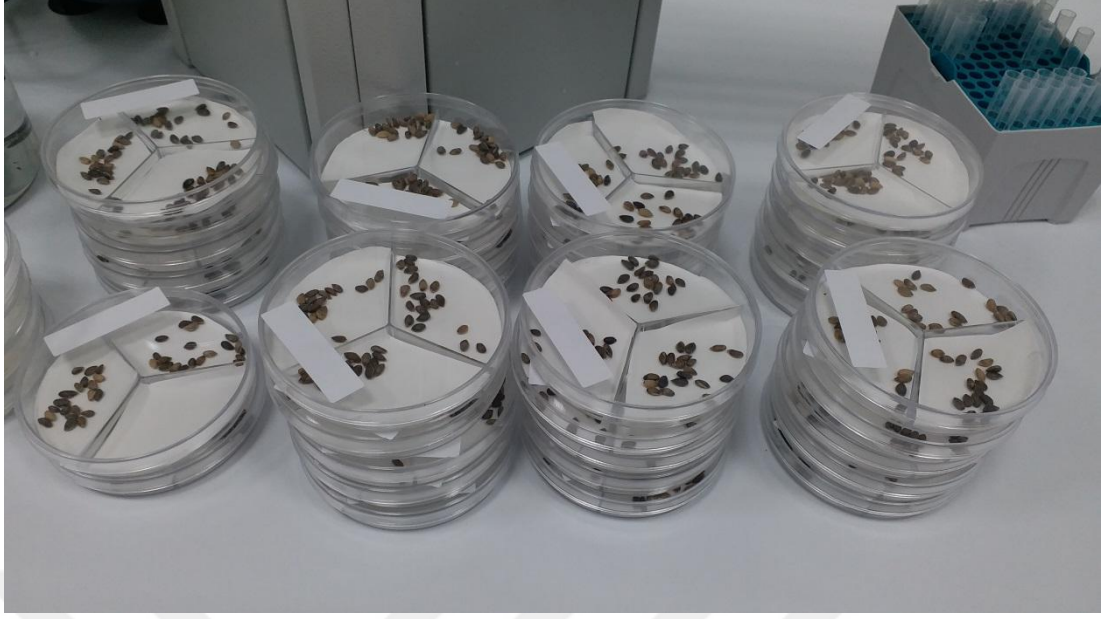
Taşköprü orijinli olan Anadolu karaçamı tohumları 1 gün boyunca saf suda bekletilerek (Fotoğraf 3.5.), sağlam olanları ayrılıp, turnusol kâğıdına alınıp nemliliği en aza indirilmiştir. Saf suda bekletme işlemi tohumları kış boyunca uygun şartlarda

sakladıktan sonra baharın yaklaşması ile artık onları uyandırma zamanı olarak devam eder.

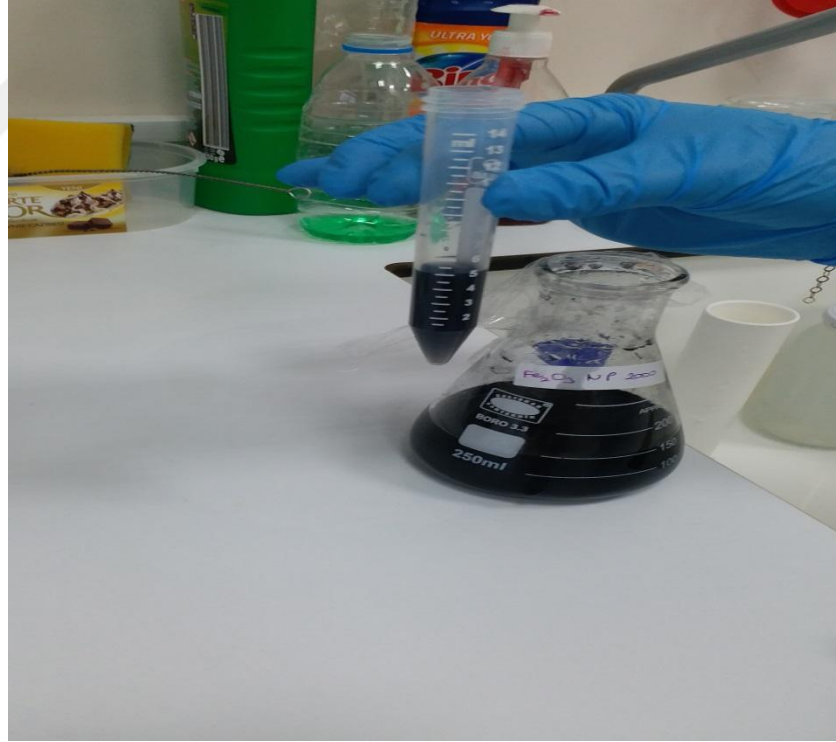


Fotoğraf 3. 5. Tohumları saf suda bekletilmesi

Daha sonra petri kaplarının içine üç tekrarlı olacak şekilde 20'şer tane tohum koyularak (Fotoğraf 3.6.) üzerine 5 ml hazırlanan solüsyondan (Fotoğraf 3.7.) eklendi ve iklimlendirme dolabına koyularak, her gün aynı saatlerde çimlenme kontrolleri yapılarak, çimlenen tohumların sayımı yapıldı.



Fotoğraf 3. 6. Tohumların petri kaplarına yerleştirilmesi



Fotoğraf 3. 7. Nanopartiküller kullanılarak solüsyonların hazırlanması

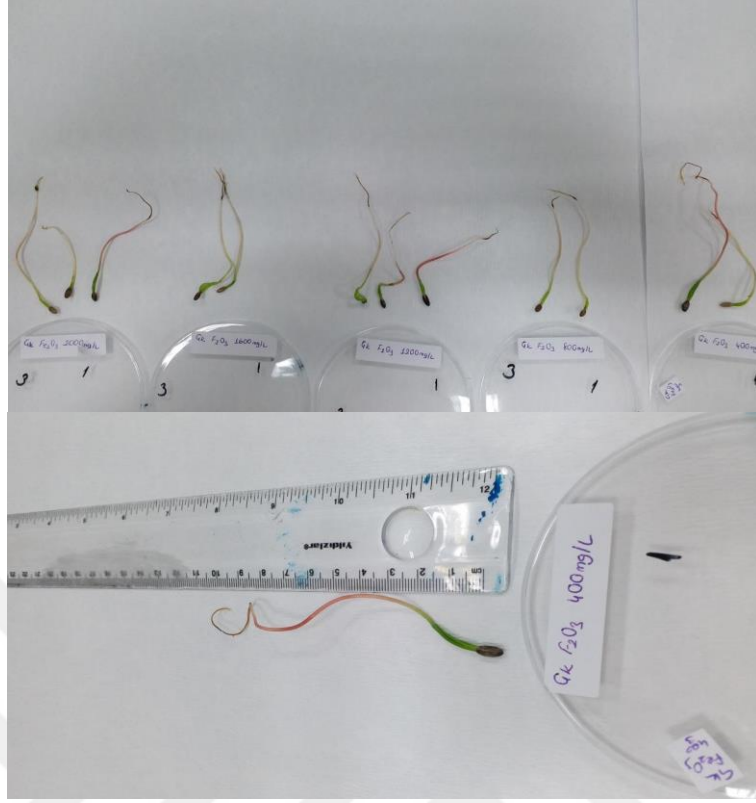
Bu uygulama her nanopartikülün 5 farklı dozu için petrilerdeki tohumlara uygulanmıştır (Fotoğraf 3.8., 3.9.).



Fotoğraf 3. 8. Hazırlanan farklı 5 dozdaki nanopartiküller ve petri kaplarındaki tohumlara uygulanışı



Fotoğraf 3. 9. İklimlendirme dolabı



Fotoğraf 3. 11. Fe₂O₃ nanopartikülün etkisiyle çimlendikten sonraki kök oluşumu

3.2.2. Viyollerde Çimlenme Testlerine Tabi Tutulacak Tohumlara Ön Hazırlık

Petri kaplarında çimlendirme yaparken hazırlanan nanopartiküllerle aynı dozlarda konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Kış boyunca uygun şartlarda saklanana tohumlar ekim öncesi hızlı ve homojen çimlenmeyi sağlamak için yaklaşık 1 gün boyunca saf suda bekletilmiştir.

Tohumlar saf suda bekletilirken, viyollere uygun bir şekilde torflar dolduruldu (Fotoğraf 3.12., 3.13.). Torf, tohum ekimi ve fidan yetiştiriciliğinde tanecik yapısı küçük veya orta büyüklükte olması, nemi uzun süre tutabilmesi gibi sebeplerle uygun çimlenme ortamı olarak tercih edilmiştir.



EN Standartına Göre Ürün Özellikleri

Kodu	Amacı	pH (1:5 H ₂ O)	Elektrik İletkenliği (1:5 H ₂ O) mS/cm	NPK (dönüş) kg/t
GT 0	Natural	3,5 – 4,5	0,1 – 0,3	0
GT 1	Standart pH dengeli	5,5 – 6,5	0,1 – 0,3	0
GT 2	Tohum ekme için Taneleri küçük veya / ve orta büyüklükte	5,5 – 6,5	0,5 – 1,0	≤1,0
GT 3	Fidan yetiştirmek için Taneleri küçük veya / ve orta büyüklükte	5,5 – 6,5	1,0 – 2,0	≤2,0
GT Pr	Özel			

Müşterinin isteklerine göre üretilmiş torban

TR Greenterra Ltd. "Greenterra Professional"

Greenterra Professional, formülünün kodu ve numarasının gösterdiği gibi her türlü bitki ekiminde ve yetiştirmede kullanılan, doğal yosunlu üst tabaka torftan yapılan yüksek kaliteli ve pH dengeli turba toprağıdır.

Greenterra Professional toprağı için freze veya / ve parça veya / ve kırık, ayrışma derecesi düşük H2 – H4 veya / ve ayrışma derecesi orta H4 – H5 olan torf kullanılır, tanelerin büyüklüğü 0/4, 0/7, 0/20, 7/20, 20/40, 20/30 dir.

Müşterinin isteği üzerine NPK gübreleri, kıl, perlit, Hindistan cevizi, ağaç kabuğu ve diğer ek madde ve mikro elementler geneli oranla eklenebilir.

Ürünün kodu, üretim tarihi ve miktar torbanın üzerine yazılır. Torba içindeki ürünün miktar torba dokunulurken tespit edilir. EN 12580

Fotoğraf 3. 12. Kullanılan torf ve özellikleri



Fotoğraf 3. 13. Viyollere torf doldurma işlemleri

Sulama işlemi yapılarak viyoller suya doymun hale gelip, hazırlandıktan sonra çimlenmenin takip edileceği oda ortamı koşullarına taşındı. Sağlam olmayan tohumlar saf suda bekletilen kaptan alınarak sağlam tohumlar kurutma kâğıtlarına serilerek suyu alınmıştır.

Toplam 2000 tohum 2 saat boyunca nanopartiküllerle muamele edilip (Fotoğraf 3.14.), her viyole birer tane olacak şekilde tohum ekimi özenle gerçekleştirildi ve sonra periyodik olarak çimlenmeler gözlemlendi (Fotoğraf 3.15.).



Fotoğraf 3. 14. Sağırlardan ayrılan sağlam tohumlar

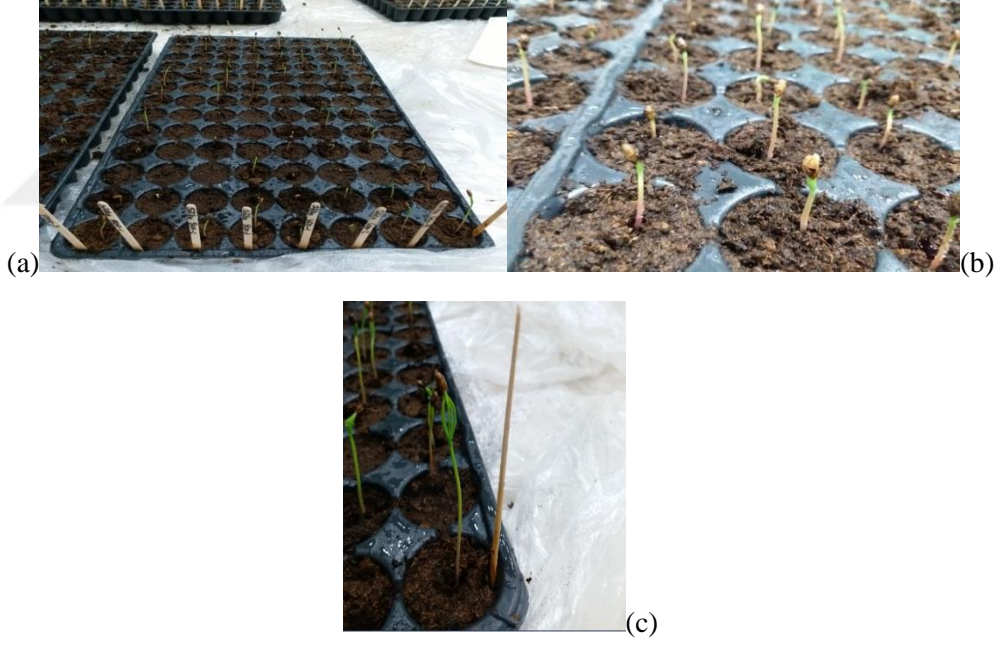


Fotoğraf 3. 15. Tohumlar ekildikten sonra viyoller

Viyollerde yürütülen deneme kurulduktan 6 gün sonra çimlenmeler başlamış olup, çimlenme takip çizelgesine gün gün çimlenen tohumlar kaydedilmiştir (Fotoğraf 3.16., 3.17.).



Fotoğraf 3. 16. İlk çimlenme-6.gün



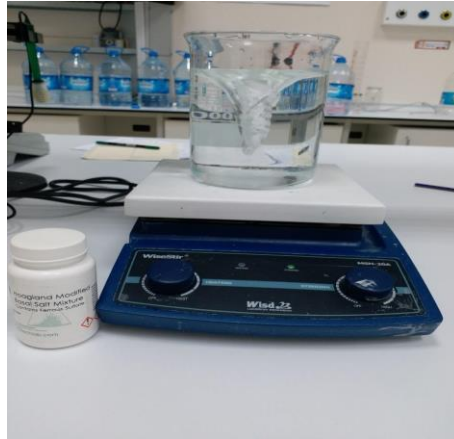
Fotoğraf 3. 17. (a) Yeni çimlenme, (b) çimlenen tohumlarda boy büyümesi, (c) fideciğin tohumu kabuğunu atmadan önceki son hali



Fotoğraf 3. 18. ap ler ve cetvel çap-boy ölçümü

Çimlenme esnasında çürüyen, ölen ve sağlıklı gelişim yapıp fidecik oluşturan tohumlar tespit edildi (Fotoğraf 3.17). 24. gün sonunda çap ve toprak üstü boy ölçümü gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 3.18.).

Silika, Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , ZnO , TiO_2 , Au, CuO ve Ag nanopartikülleri uygulanan fideciklerde 30. gün sonunda belirlenemeyen nedenden dolayı solmalar, sararmalar gözlemlenmiştir. Bu durum akabinde 2 gün boyunca Hoagland zeltisi kullanılarak besin takviyesi yapılarak doğgun hale getirilmiştir. Bunun için 5 kg saf suyun içerisine 8,15 gr tartılan besin maddesi vortekslenerek kullanılmıştır (Fotoğraf 3.19.). Besin maddesi kullanıldıktan 1 gün sonra fidelerde çok az bir canlanma gözlemlenmiştir. Fakat fideciklerdeki soluk renk oluşumu artıp, bitki solmalara karşı koyamadığı için fideciklerde ölümler tespit edilmiştir.



Fotoğraf 3. 19. Besin maddesi karışımı

4. BULGULAR

Kastamonu ili Taşköprü ilçesinden temin edilen Taşköprü orijinli Anadolu karaçam türü tohumuna uygulanan nanopartiküllerin çimlenmeye etkisi laboratuvar ortamında iklimlendirme dolabında gerçekleşmiştir.

4.1. Silika Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler

4.1.1 Petri Kaplarında Çimlenme

Petri kaplarında yapılan çalışmada, 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.1.).

Tablo 4. 1. *Farklı dozlarda Silika NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri*

mg/l	Radikula Kalınlığı(mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
2000	0,91	1,17	6,33
1600	1,05	1,00	7,33
1200	1,10	1,63	6,17
800	0,81	1,07	4,97
400	0,61	0,83	3,50
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Yapılan ölçümler sonucunda; En yüksek radikula kalınlığı kontrol işleminde, plumula uzunluğu 1200 mg/l ve radikula uzunluğu ise 1600 mg/l işlemlerinde saptanmıştır.

Tablo 4. 2. *Farklı dozlarda Silika NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %*

mg/l	4. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
2000	11	4	1	0	81
1600	15	3	1	0	96
1200	5	6	1	0	63
800	10	4	1	0	76
400	6	5	2	2	66
Kontrol 1	6	4	0	0	53

Tablo 4.2’de görüldüğü gibi en yüksek çimlenme Silika NP’nün 1600 mg/l olarak uygulandığı konsantasyon tespit edilmiştir. Bütün Silika NP işlemleri Kontrol

işlemine göre yüksek değer göstermiş olup, Silika NP'nin çimlenme % üzerinde olumlu bir tesiri olduğu ifade edilebilir.

4.1.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi

Viyollere ekilen Anadolu karaçamı tohumlarından gelişen, 40. gün sonundaki fidecik çap ve boy gelişimi Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Farklı dozlardaki Silika NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri

Silika	40. Gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
2000	3,43	5,1
1600	2,1	3,6
1200	2,61	4,5
800	0,61	4,6
400	0,89	6,4
Kontrol	0,71	5,8

Silika NP'lerin 40 günlük fidelerde en fazla çap yapan işlem dozu 2 000 mg/l olup, Kontrol işlemine göre takriben 4,8 kat fidecik çap gelişimi üzerinde olumlu tesir yapmıştır. Genel olarak bütün konsantrasyonlar değerlendirildiğinde; yüksek dozlardaki Silika NP'lerde çap gelişiminin belirgin bir şekilde yüksek olduğu saptanmıştır. Fidecik boy büyümesinde ise çap gelişiminde belirlenenin tam tersi bir durum tespit edilmiş olup, en düşük Silika NP dozu olan 400 mg/l'de en yüksek boy gelişimi saptanmıştır.

4.2. Fe₂O₃ Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler

4.2.1 Petri Kaplarında Çimlenme

Petri kaplarında yapılan uygulamada 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.4.).

Tablo 4. 4. Farklı dozlarda Fe_2O_3 NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri

mg/l	Radikula Kalınlığı(mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
2000	1,03	0,91	6,47
1600	0,66	0,90	5,00
1200	0,96	1,37	7,00
800	0,66	0,63	4,50
400	0,67	0,80	5,50
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Yapılan ölçümler sonucunda; en yüksek radikula kalınlığı kontrol işleminde, en yüksek plumula ve radikula uzunluğu Fe_2O_3 NP'ünün 1200 mg/l dozunda tespit edilmiştir (Tablo 4.4.). Çimlenmeler incelendiğinde; Tablo 4.5'de görüleceği gibi en yüksek çimlenme yüzdesi 1200 mg/l dozunda saptanmıştır. Bu oran Kontrol işlemine göre 1,7 kat fazladır. Bütün nanopartikül uygulamalarında Kontrole göre yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4. 5. Farklı dozlarda Fe_2O_3 NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %

mg/l	4. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
2000	13	2	3	0	90
1600	5	5	5	0	78
1200	11	5	3	0	96
800	13	4	2	0	95
400	10	5	2	0	88
Kontrol 1	6	4	0	0	53

4.2.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi

Viyollerde yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.6.).

Tablo 4.6. Farklı dozlardaki Fe_2O_3 NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri

Fe_2O_3	40. gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
2000	0,63	4,9
1600	0,46	3,7
1200	0,6	4,2
800	0,72	5,9
400	0,76	4,9
Kontrol	0,61	4,1

Fe₂O₃ NP'lerinde 40. günde en fazla fidelik çapı 400 mg/l'de, en fazla boy gelişimi de 800 mg/l saptanmıştır (Tablo 4.6.)

4.3. Fe₃O₄ Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler

4.3.1 Petri Kaplarında Çimlenme

Petri kaplarında yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7. Farklı dozlarda Fe₃O₄ NP işlemine maruz bırakılmış fideliklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri

mg/l	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
2000	0,58	0,87	4,47
1600	1,04	1,83	8,00
1200	0,68	1,03	5,00
800	1,10	0,70	5,53
400	0,88	0,97	4,67
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek radikula kalınlığı kontrol işleminde, en yüksek plumula ve radikula uzunluk değeri 1600 mg/l'lik Fe₃O₄ NP'ünde tespit edilmiştir. Fe₃O₄ NP'nün çimlenmeye etkisi incelendiğinde; Tablo 4.8'de de görüleceği üzere; 21. gün sonunda en fazla çimlenme 2000 mg/l ve 1600 mg/l dozlarında saptanmıştır. Bu oranlar Kontrol işlemine göre 1,85 kat daha fazladır. Bütün Fe₃O₄ NP dozlarında Kontrol işlemine göre çimlenmede belirgin fark görülmüş olup, nanopartikül uygulaması çimlenmeyi müspet etkilemiştir.

Tablo 4. 8. Farklı dozlarda Fe₃O₄ NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %

mg/L	4.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
2000	14	2	3	0	96
1600	17	1	1	0	98
1200	16	2	0	0	93
800	10	5	2	0	86
400	9	7	2	0	93
Kontrol 1	6	4	2	0	53

4.3.2 Viyollarda Fidecik Gelişimi

Viyollarda yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.9.).

Tablo 4. 9. Farklı dozlardaki Fe_3O_4 NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri

Fe_3O_4	40. Gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
2000	0,63	5,6
1600	0,61	5,6
1200	0,69	5,2
800	0,79	4,6
400	0,62	3,8
Kontrol	0,68	4,9

40. gün itibariyle fidecik gelişimine bakıldığında ise Kontrol işlemine göre 800 mg/l işlemi çap gelişiminde ve yüksek dozlar (2000, 1600 ve 1200 mg/l) boy gelişiminde Kontrole göre olumlu tesir yaptığı saptanmıştır.

4.4. ZnO Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler

4.4.1 Petri Kaplarında Çimlenme

Petri kaplarında yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.10.).

Tablo 4. 10. Farklı dozlarda ZnO NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri

mg/l	Radikula Kalınlığı(mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
2000	0,93	1,23	4,50
1600	0,53	0,77	4,40
1200	0,74	0,30	3,80
800	0,88	0,50	4,83
400	0,63	0,17	2,67
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Yapılan ölçümler sonucunda; en fazla radikula çap ve boy gelişimi Kontrol işleminde, en yüksek plumula uzunluğu ise 2000 mg/l dozdaki ZnO NP işleminde tespit edilmiştir.

Çimlenme yüzdesi değerlendirildiğinde; Tablo 4.11’de de görüleceği üzere, en fazla çimlenme 1200, 1600 ve 800 mg/l’lık işlem dozlarında görülmüştür. Bütün ZnO NP uygulamaları Kontrol işlemine göre yüksek çimlenme göstermiştir.

Tablo 4. 11. *Farklı dozlarda ZnO NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %*

mg/l	4.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
2000	11	2	3	0	80
1600	10	6	0	3	96
1200	13	3	0	3	95
800	11	5	3	0	96
400	10	5	2	0	88
Kontrol 1	6	4	0	0	53

4.4.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi

Viyollere ekilen Anadolu karaçamı tohumlarından gelişen fideciklerin, 40. gün sonu itibariyle çap ve boy gelişimleri Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4. 12. *Farklı dozlardaki ZnO NP’lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri*

ZnO	40. Gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
2000	0,92	5,4
1600	0,66	4,8
1200	0,72	5,6
800	0,49	3,6
400	0,73	5
Kontrol	0,7	4,8

Uygulanan ZnO NP’leri dozlarından 2000 mg/l dozu 40. gün sonu itibariyle çap gelişimini, 1200 mg/l ise boy gelişimini diğer işlemlere göre daha çok artırıcı etki yapmıştır (Tablo 4.12.).

4.5. CuO Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler

4.5.1 Petri Kaplarında Çimlenme

Petri kaplarında yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. *Farklı dozlarda CuO NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri*

mg/l	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
1000	1,08	1,37	3,17
800	1,12	1,33	3,03
600	1,11	1,90	4,23
400	0,76	0,30	2,40
200	1,00	1,77	5,20
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Yapılan ölçümler sonucunda; en yüksek radikula çap ve boy değeri Kontrol işleminde, en yüksek plumula değeri ise 600 mg/l CuO NP işlem konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Çimlenme oranları incelendiğinde ise, CuO NP'nün bütün uygulama dozlarında Kontrole göre müspet etkiler tespit edilmiştir (Tablo 4.14.).

Tablo 4.14. *Farklı dozlarda CuO NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme % değerleri*

mg/l	4.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
1000	14	3	1	0	90
800	12	5	2	0	95
600	9	4	5	0	90
400	10	2	5	0	85
200	15	2	2	0	96
Kontrol 1	6	4	0	0	53

4.5.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi

Viyollere ekilen Anadolu karaçamı tohumlarının 40. gün sonundaki fidecik çap ve boy gelişimi Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15. *Farklı dozlardaki CuO NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri*

CuO	40. Gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
1000	0,68	5
800	0,77	5,5
600	0,69	5,5
400	0,68	5,4
200	0,78	6,4
Kontrol	0,7	5,5

40. gün sonunda yapılan ölçümlerde; 200 mg/l dozunda, en yüksek boy değeri saptanmıştır (Tablo 4.15.).

4.6. Au Nanopartikülüne Ait Bulgular

4.6.1 Petri Kaplarında Yapılan Çimlenme

Petri kaplarında yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.16.).

Tablo 4.16. Farklı dozlarda Au NP işlemine maruz bırakılmış fideliklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri

mg/l	Radikula kalınlığı(mm)	Plumula uzunluğu (cm)	Radikula uzunluğu (cm)
100	1,08	1,30	5,57
80	0,53	0,63	4,50
60	0,69	0,97	6,10
40	1,06	1,27	7,27
20	0,95	0,93	4,73
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Yapılan ölçümler sonucunda; en yüksek radikula çapı Kontrol işleminde, en yüksek plumula uzunluğu 100 mg/l ve en yüksek radikula uzunluk değeri 40 mg/l dozlarında tespit edilmiştir. Çimlenme oranları incelendiğinde; bütün Au NP doz işlemlerinde Kontrol işlemine göre yüksek çimlenme elde edilmiş olup, Genel olarak diğer NP'ler ile mukayese edildiğinde Au NP'ünde en yüksek çimlenmeler elde edildiği ifade edilebilir (Tablo 4.17.).

Tablo 4.17. Farklı dozlarda Au NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme % değerleri

mg/l	4.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
100	16	3	0	0	98
80	15	3	1	0	96
60	18	1	0	0	96
40	14	3	2	0	95
20	14	4	1	0	96
Kontrol 1	6	4	0	0	53

4.6.2 Viyollerde Fidan Gelişimi

Viyollere ekilen Anadolu karaçamı tohumlarının 40. gün sonundaki fidecik çap ve boy gelişimleri tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4. 18. *Farklı dozlardaki Au NP’lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri*

Au	40.gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
100	0,82	6,5
80	0,71	6,3
60	0,69	5,8
40	0,81	6,9
20	0,67	5,7
Kontrol	0,75	5,3

En yüksek fidecik çap gelişimi 0,82 cm ile 100 mg/l işlem dozunda, en yüksek boy büyümesi ise 6,9 cm ile 40 mg/l konsantrasyonunda elde edilmiştir (Tablo 4.18.).

4.7. TiO₂ Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler

4.7.1 Petri Kaplarında Çimlenme

Petri kaplarında yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 4.19.)

Tablo 4.19. *Farklı dozlarda TiO₂ NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri*

mg/l	Radikula kalınlığı(mm)	Plumula uzunluğu (cm)	Radikula uzunluğu (cm)
1000	0,86	0,90	5,50
800	0,89	0,70	2,93
600	0,99	1,33	6,97
400	0,86	0,83	6,03
200	0,64	0,53	3,70
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Tablo 4.19’da görüleceği üzere; en fazla radikula kalınlığı Kontrol işleminde, en yüksek plumula ve radikula uzunluğu 600 mg/l işlem dozunda tespit edilmiştir. Çimlenme oranına bakıldığında; En yüksek çimlenmeler 200 ve 600 mg/l dozlarında,

tespit edilmiş olup, bütün TiO₂ NP dozlarında Kontrol işlemine göre daha yüksek çimlenme saptanmıştır (Tablo 4.20.).

Tablo 4. 20. Farklı dozlarda TiO₂ NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %

mg/l	4.Gün	7. Gün	14.Gün	21.Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
1000	12	4	1	0	88
800	8	6	4	0	93
600	12	5	2	0	96
400	12	3	2	0	86
200	14	2	3	0	95
Kontrol 1	6	4	0	0	53

4.7.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi

Viyollere ekilen Anadolu karaçamı tohumlarından gelişen fideciklerin 40. gün sonu itibariyle çap ve boy gelişimleri Tablo 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.21. Farklı dozlardaki TiO₂ NP’lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri

TiO ₂	40.gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
1000	0,71	4,4
800	0,7	4,9
600	0,79	5,5
400	0,74	5,7
200	0,64	4,8
Kontrol	0,68	5,1

40. günün sonu itibariyle; en yüksek çap gelişimi 0,79 mm 600 mg/l konsantrasyonda, en yüksek boy değeri ise 400 mg/l TiO₂ dozunda elde edilmiştir.

4.8. Ag Nanopartikülünün Etkisine Ait Tespitler

4.8.1 Petri Kaplarında Çimlenme

Petri kaplarında yapılan uygulamalarda 21. gün sonunda yapılan kök gövde boyları ve çapı ölçülerek kaydedilmiştir. Ag nanopartiküllerinde 40 mg/l ve 80 mg/l konsantrasyonlarında değerler bulunmaktadır. 40 mg/l ve 80 mg/l konsantrasyonlarında uygulanan nanopartiküllerde çimlenme söz konusu olup daha

sonrasında fidecik ölümleri görülmüştür. Bu kapsamda uygulanan konsantrasyonların elimine olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 22. Farklı dozlarda Ag NP işlemine maruz bırakılmış fideciklerde radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu değerleri

mg/l	Radikula kalınlığı(mm)	Plumula uzunluğu (cm)	Radikula uzunluğu(cm)
100	1,15	1,00	5,50
60	1,14	0,00	3,50
20	1,07	0,50	4,53
Kontrol 1	1,31	1,00	6,50

Yapılan fidecik ölçümlerinde en fazla radikula çapı Kontrol, en yüksek plumula uzunluğu 100 mg/l ve Kontrol, en uzun kökçük gelişimi ise yine Kontrol işleminde saptanmıştır. Ag NP'ü kontrole göre plumula ve radikula gelişiminde olumsuz tesir yaptığı ifade edilebilir. Ayrıca, tablo 4.23'de görüleceği üzere en yüksek çimlenme 20 mg/l dozunda, en düşük çimlenme ise deneme kapsamında kullanılan en yüksek doz olan 100 mg/l'da saptanmıştır. Ag NP'ünün 100 mg/l dozu hariç, 80, 60, 40 ve 20 mg/l dozlarında Kontrol işlemine göre yüksek çimlenmeler elde edilmiştir.

Tablo 4. 23. Farklı dozlarda Ag NP işlemine maruz bırakılmış tohumlarda çimlenme %

mg/l	4.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün	Çimlenme Yüzdesi (%)
100	5	0	1	0	30
80	6	6	2	0	80
60	10	4	0	0	73
40	13	2	1	0	81
20	12	4	2	0	91
Kontrol 1	6	4	0	0	53

4.8.2 Viyollerde Fidecik Gelişimi

Viyollere ekilen Anadolu karaçamı tohumlarından gelişen fideciklerde, 40. gün sonu itibariyle fidecik çap ve boy gelişimi Tablo 4.24'de verilmiştir.

Tablo 4. 24. Farklı dozlardaki Ag NP'lerin etkisiyle gelişen fideciklerdeki çap ve boy değerleri

Ag	40. Gün Fidecik	
	Çap (mm)	Boy (cm)
100	0,75	6,2
80	0,63	4,9
60	0,69	5,5
40	0,66	4,8
20	0,67	4,9
Kontrol	0,65	4

Fideciklerde 40. gün itibariyle en yüksek çap ve boy Ag NP'nin 100 mg/l dozunda elde edilmiştir.

4.9. Petri Kaplarındaki Fidecik Gelişmelerinin Genel Değerlendirme

Araştırmada kullanılan sekiz farklı nanopartikülün beş farklı doz ortalamasına göre 40. gün itibariyle fideciklerdeki boy ve çap gelişimi Tablo 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4. 25. Nanopartiküllerin 40. gün itibariyle fidecik çap ve boy gelişimleri

Nanopartiküller	Çap (mm)	Boy (cm)
Silika	0,71	5,8
Fe ₂ O ₃	0,61	4,1
Fe ₃ O ₄	0,68	4,9
ZnO	0,70	4,8
CuO	0,70	5,5
Au	0,75	5,3
TiO ₂	0,68	5,0

Kullanılan nanopartiküller arasında 40. gün sonunda en yüksek çap gelişimini 0,75 mm ile Au NP yaparken, en yüksek boy büyümesini 5,8 cm ile silika NP gerçekleştirmiştir.

Petri kaplarında yürütülen NP çeşitlerine göre; Anadolu karaçamı tohumlarından elde edilen çimlenmeler ve gelişen fideciklere ait radikula kalınlığı ve uzunluğu ile plumula uzunluğuna ilişkin basit istatistikler Tablo 4.26'de verilmiştir.

Tablo 4.26. Petri kaplarında yürütülen denemelere ilişkin farklı nanopartiküllere göre fidecik özelliklerine ait basit istatistikler

Parametre	NP	Adet	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maximum
PLUMULA UZUNLUĞU	Ag	5	.7000	.32404	.14491	.40	1.10
	Au	12	1.2750	.67302	.19428	.30	2.50
	CuO	14	1.4286	.74051	.19791	.30	2.50
	Fe ₂ O ₃	12	1.1517	.37952	.10956	.50	2.00
	Fe ₃ O ₄	12	1.3500	.58543	.16900	.30	2.10
	Silika	14	1.2214	.78758	.21049	.20	2.60
	TiO ₂	13	1.1077	.77078	.21378	.30	2.40
	ZnO	13	.8385	.60213	.16700	.40	2.50
	Kontrol	6	1.1000	.58310	.23805	.50	2.00
RADİKULA UZUNLUĞU	Ag	5	4.5200	1.37913	.61677	2.60	5.50
	Au	12	6.2167	2.31706	.66888	1.10	9.30
	CuO	14	3.8643	1.05874	.28296	2.50	6.50
	Fe ₂ O ₃	12	7.1167	1.50746	.43517	4.50	10.50
	Fe ₃ O ₄	12	6.9167	1.77243	.51166	4.20	9.20
	Silika	14	6.0643	1.79684	.48023	3.00	9.00
	TiO ₂	13	5.8000	2.67893	.74300	.80	9.20
	ZnO	13	4.6615	1.94574	.53965	1.60	9.00
	Kontrol	6	5.5000	2.00000	.81650	4.50	9.50
RADİKULA KALINLIĞI	Ag	5	1.1000	.12288	.05495	.93	1.25
	Au	12	1.0783	.27584	.07963	.69	1.58
	CuO	14	1.0893	.10802	.02887	.93	1.27
	Fe ₂ O ₃	12	.9950	.12993	.03751	.78	1.13
	Fe ₃ O ₄	12	1.0717	.29508	.08518	.57	1.80
	Silika	14	.9593	.16891	.04514	.55	1.18
	TiO ₂	13	.9785	.24100	.06684	.66	1.51
	ZnO	13	.8554	.16374	.04541	.40	1.04
	Kontrol	6	1.2350	.43043	.17572	.94	1.98

Petri kaplarında Anadolu karaçamı çimlenme ve fidecik gelişimleri (radikula kalınlığı ve uzunluğu ile plumula uzunluğu) üzerinde NP'lerin etkisi varyans analizi ile ortaya konmaya çalışılmıştır (Tablo 4.27.).

Tablo 4. 27. NP'lerin fidecik özellikleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

VARYASYON KAYNAĞI	KARELER TOPLAMI	SERBESTLİK DERECESİ	KARELER ORTALAMASI	F	P DEĞERİ
PLUMULA UZUNLUĞU	Gruplar Arası	4.110	.514	1.208	.303
	Gruplar içi	39.129	.425		
	Toplam	43.239	100		
RADİKULA UZUNLUĞU	Gruplar Arası	115.393	14.424	3.969	.000
	Gruplar içi	334.313	3.634		
	Toplam	449.706	100		
RADİKULA KALINLIĞI	Gruplar Arası	.883	.110	2.252	.030
	Gruplar içi	4.508	.049		
	Toplam	5.391	100		

Tablo 4.27'den görüleceği üzere NP'ler radikula kalınlığı ve uzunluğu üzerinde istatistik anlamda önemli etki yaparken, plumula uzunluğu üzerinde önemli bir etki tespit edilmemiştir. Radikula kalınlığı ve uzunluğu için yapılan Duncan Çoklu Testi sonuçlarına göre oluşan homojen gruplar Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.28. Duncan testi sonuçlarına göre radikula kalınlığı ve uzunluğu için homojen gruplar

NP	N	RADİKULA UZUNLUĞU		
		Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
CuO	14	3,8643a		
Ag	5	4,5200a	4,5200ab	
ZnO	13	4,6615a	4,6615ab	
Kontrol	6	5,5000a	5,5000ab	
TiO ₂	13		5,8000b	5,8000bc
Silika	14		6,0643b	6,0643bc
Au	12		6,2167b	6,2167bc
Fe ₃ O ₄	12			6,9167c
Fe ₂ O ₃	12			7,1167c
Sig.		,085	,087	,103
NP	N	RADİKULA KALINLIĞI		
		Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
ZnO	13	,8554a		
Silika	14	,9593a	,9593a	
TiO ₂	13	,9785a	,9785a	
Fe ₂ O ₃	12	,9950a	,9950a	
Fe ₃ O ₄	12	1,0717a	1,0717ab	1,0717bc
Au	12	1,0783a	1,0783ab	1,0783bc
CuO	14		1,0893b	1,0893bc
Ag	5		1,1000b	1,1000bc
Kontrol	6			1,2350c
Sig.		,051	,232	,150

Tablo 4.28'de görüldüğü gibi radikula uzunluğu üzerinde Fe₂O₃, Fe₃O₄, Au, Silika ve TiO₂ NP'leri en olumlu tesiri yaparken, Kontrol ile birlikte Ag, CuO, Au ve Fe₃O₄

NP çeşitlerinde en yüksek radikula kalınlığı değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla; Radikula uzunluğu üzerinde bazı nano partiküller Kontrole göre olumlu bir etki gösterirken, radikula kalınlığı değişkeninde en iyi etkiye sahip NP'ler ile Kontrol aynı homojen grupta yer almıştır.

Petri kaplarında yürütülen NP dozlarına göre; Anadolu karaçamı tohumlarından elde edilen çimlenmeler ve gelişen fideliklere ait radikula kalınlığı ve uzunluğu ile plumula uzunluğuna ilişkin basit istatistikler tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4. 29. *Petri kaplarında yürütülen denemelere ilişkin farklı nanopartikül dozlarına göre fidelik özelliklerine ait basit istatistikler*

Parametre / NP Uygulama Dozu		Adet	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maximum
PLUMULA UZUNLUĞU	2000-1000-100	21	1.2010	.65239	.14236	.30	2.50
	1600-800-80	17	1.2941	.50925	.12351	.50	2.10
	1200-600-60	20	1.3550	.73947	.16535	.30	2.60
	800-400-40	19	.8632	.61392	.14084	.20	2.50
	400-200-20	18	1.1389	.72367	.17057	.40	2.50
	Kontrol	6	1.1000	.58310	.23805	.50	2.00
RADİKULA UZUNLUĞU	2000-1000-100	21	5.4048	2.04217	.44564	1.60	9.20
	1600-800-80	17	6.2118	2.57242	.62390	.80	9.00
	1200-600-60	20	5.5700	2.30288	.51494	1.10	8.90
	800-400-40	19	5.6105	1.96522	.45085	1.60	9.30
	400-200-20	18	5.7500	1.92698	.45419	2.60	10.50
	Kontrol	6	5.5000	2.00000	.81650	4.50	9.50
RADİKULA KALINLIĞI	2000-1000-100	21	.9776	.19992	.04363	.57	1.29
	1600-800-80	17	1.0271	.19890	.04824	.69	1.51
	1200-600-60	20	.9985	.20500	.04584	.40	1.29
	800-400-40	19	.9684	.18969	.04352	.55	1.25
	400-200-20	18	1.0778	.26022	.06133	.83	1.80
	Kontrol	6	1.2350	.43043	.17572	.94	1.98

Petri kaplarında gerçekleştirilen Anadolu karaçamı çimlenme ve fidelik gelişimleri (radikula kalınlığı ve uzunluğu ile plumula uzunluğu) üzerinde NP dozlarının etkisi varyans analizi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.30.).

Tablo 4.30. Farklı NP dozlarının fidecik özellikleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

VARYANS KAYNAĞI		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	F	P
PLUMULA UZUNLUĞU	Gruplar arası	2.801	5	1.316	264
	Gruplar içi	40.438	95		
	Toplam	43.239	100		
RADİKULA UZUNLUĞU	Gruplar arası	7.014	5	.301	.911
	Gruplar içi	442.692	95		
	Toplam	449.706	100		
RADİKULA KALINLIĞI	Gruplar arası	.436	5	1.670	.149
	Gruplar içi	4.956	95		
	Toplam	5.391	100		

Tablo 4.30’de görüldüğü üzere radikula uzunluğu ve kalınlığı ile plumula uzunluğu üzerinde varyans analizi sonuçlarına göre farklı NP dozları istatistikî anlamda önemli etki yapmamıştır.

4.10. Viyollerdeki Fidecik Gelişimlerinin Genel Değerlendirilmesi

Farklı NP’lere maruz bırakılan Anadolu karaçamı tohumlarının viyollerdeki çimlenme ve gelişimlerini takiben ölçülen boy ve kök boğazı çapı basit istatistikleri Tablo 4.31’de verilmiştir.

Tablo 4.31. Viyollerde yürütülen denemelere ilişkin farklı nanopartiküllere göre fidecik özelliklerine ait basit istatistikler

Nanopartiküller		Adet	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maximum
FİDECİK BOYU	Silika	144	7.097	1.3968	.1164	2.4	10.4
	CuO	157	7.369	1.4903	.1189	1.5	11.8
	Ag	146	7.279	1.3800	.1142	2.0	10.0
	Fe ₂ O ₃	138	7.012	1.2494	.1064	2.8	9.5
	Fe ₃ O ₄	139	7.284	1.4620	.1240	2.3	10.8
	Au	161	7.898	1.4138	.1114	2.0	10.9
	TiO ₂	143	7.182	1.2881	.1077	3.3	10.1
	ZnO	140	7.118	1.3878	.1173	2.6	10.1
KÖK BOĞAZI ÇAPI	Silika	144	1.0181	.19355	.01613	.44	1.60
	CuO	158	.9458	.13390	.01065	.67	1.45
	Ag	146	.9238	.12654	.01047	.62	1.30
	Fe ₂ O ₃	138	.9423	.14759	.01256	.56	1.36
	Fe ₃ O ₄	139	.9819	.17008	.01443	.46	1.41
	Au	161	.9424	.12629	.00995	.58	1.28
	TiO ₂	143	1.0343	.15327	.01282	.51	1.39
	ZnO	140	.9707	.14155	.01196	.38	1.32

Viyollerde yürütülen Anadolu karaçamı fidecik gelişimleri (Fidecik boyu ve kök boğazı çapı) üzerinde NP'lerin etkisi varyans analizi ile ortaya konmaya çalışılmıştır (Tablo 4.32.).

Tablo 4.32. *Viyollerde yetiştirilen fidecik özellikleri üzerine NP'lerin etkilerini gösterir varyans analiz sonuçları*

VARYANS KAYNAĞI		KARELER TOPLAMI	SERBESTLİK DERESESİ	KARELER ORTALAMASI	F	P DEĞERİ
FİDECİK BOYU	Gruplar Arası	82.403	7	11.772	6.114	.000
	Gruplar İçi	2233.522	1160	1.925		
	Toplam	2315.924	1167			
KÖK BOĞAZI ÇAPI	Gruplar Arası	1.577	7	.225	10.003	.000
	Gruplar İçi	26.142	1161	.023		
	Toplam	27.718	1168			

Tablo 4.32 incelendiğinde; Viyollerde yetiştirilen fideciklerin boy ve kök boğazı çapı gelişimi üzerinde varyans analizi sonuçlarına göre istatistiki anlamda önemli farklılık görülmüştür. Fidan boyu ve kök boğazı çapı için yapılan Duncan çoklu test sonuçlarına tablo 4.33'de verilmiştir.

Tablo 4.33. *Duncan testi sonuçlarına göre fidecik boyu ve kök boğazı çapı için homojen gruplar*

FİDECİK BOYU	NP	N	Önem düzeyi = 0.05		KÖK BOĞAZI ÇAPI	NP	N	Önem düzeyi = 0.05			
			1	2				1	2	3	4
			Fe ₂ O ₃	138				7,012a		Ag	146
Silika	144	7,097a		Fe ₂ O ₃	138	,9423a	,9423ab				
ZnO	140	7,118a		Au	161	,9424a	,9424ab				
TiO ₂	143	7,182a		CuO	158	,9458a	,9458ab	,9458bc			
Ag	146	7,279a		ZnO	140		,9707b	,9707bc			
Fe ₃ O ₄	139	7,284a		Fe ₃ O ₄	139			,9819c			
CuO	157	7,369a		Silika	144				1,0181d		
Au	161		7,898b	TiO ₂	143				1,0343d		
Sig.			,057	1,000	Sig.		,261	,143	,051	,357	

Tablo 4.33'de görüldüğü gibi viyollerde yürütülen denemede; uygulanan Au NP'ü, fidecik boyu üzerinde diğer NP çeşitlerine nazaran daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Viyollerde çimlenmeleri ve gelişimleri gözlemlenen farklı dozlar uygulanmış Anadolu karaçamı tohumlarına ilişkin; fidecik boyu ve kök boğazı çapına ait basit istatistiksel analizler tablo 4.34’da verilmiştir.

Tablo 4. 34. *Viyollerdeki tohumlara uygulanan Konsantrasyonlara ait istatistiki veriler*

Parametre/Konsantrasyonlar	Adet	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maximum	
FİDECİK BOYU	2000-1000-100	226	7.288	1.3718	.0913	1.5	10.8
	1600-800-80	205	7.428	1.3155	.0919	3.5	10.3
	1200-600-60	220	7.260	1.4787	.0997	2.0	11.8
	800-400-40	218	7.350	1.4239	.0964	2.0	10.6
	400-200-20	226	7.201	1.4073	.0936	2.3	10.9
	Kontrol	73	7.126	1.5201	.1779	1.5	10.1
	Total	1168	7.292	1.4087	.0412	1.5	11.8
KÖK BOĞAZI ÇAPI	2000-1000-100	226	.9585	.15686	.01043	.38	1.45
	1600-800-80	205	.9754	.17015	.01188	.56	1.43
	1200-600-60	220	.9688	.15174	.01023	.45	1.60
	800-400-40	219	.9708	.14509	.00980	.51	1.41
	400-200-20	226	.9780	.15374	.01023	.44	1.39
	Kontrol	73	.9537	.13216	.01547	.73	1.32
	Total	1169	.9692	.15405	.00451	.38	1.60

Viyollerde yürütülen deneme kapsamında; Anadolu karaçamı fidecik gelişimleri (fidecik boyu ve kök boğazı çapı) üzerinde NP dozlarının etkisi varyans analizi ile ortaya konmaya çalışılmıştır (Tablo 4.35.).

Tablo 4.35. *Viyollerde yetiştirilen fideciklere uygulanan farklı NP dozlarının fidecik boyu ve kök boğazı çapına etkisini ait varyans analizi sonuçları*

VARYANS KAYNAĞI		KARELER TOPLAMI	SERBESTLİK DERECEŚİ	KARELER ORTALAMASI	F	P DEĞERİ
FİDECİK BOYU	Gruplar Arası	8.624	5	1.725	.869	.501
	Gruplar İçi	2307.300	1162	1.986		
	Toplam	2315.924	1167			
KÖK BOĞAZI ÇAPI	Gruplar Arası	.069	5	.014	.583	.713
	Gruplar İçi	27.649	1163	.024		
	Toplam	27.718	1168			

Tablo 4.35’de görüldüğü üzere fidecik boyu ve kök boğazı çapı üzerinde varyans analizi sonuçlarına göre farklı NP dozları istatistiki anlamda önemli etki yapmamıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma materyali olarak Anadolu karaçamı tohumlarının kullanıldığı, petri kaplarında iklim dolabında ve viyollerde oda şartlarında yürütülen 8 farklı nanopartikülün (Silika, Fe₂O₃, Manyetit (Fe₃O₄), ZnO, TiO₂, Au, CuO, Ag) 5 farklı dozunun bazı fidecik özellikleri (Plumula uzunluğu, Radikula kalınlığı, Radikula uzunluğu, Fidecik boyu ve Kök boğazı çapı) üzerine etkisinin irdelendiği bu tez kapsamında özetle şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- ✓ NP uygulaması radikula kalınlığı ve uzunluğu üzerinde istatistik anlamda önemli etki yaparken, plumula uzunluğu üzerinde önemli bir etkisi saptanmamıştır.
- ✓ Kullanılan NP'ler arasında 40. gün sonu itibariyle en yüksek kök boğazı çap gelişimi 0,75 cm ile Au NP gerçekleştirirken, en iyi boy gelişimi 5,8 cm ile silika NP uygulaması ile gerçekleşmiştir.
- ✓ Fideciklerde 40. gün itibariyle en yüksek kök boğazı çapı ve boyu Ag NP'nin 100 mg/l dozunda elde edilmiştir. Ancak, Ag NP'ünün 100 mg/l dozu hariç, diğer dozlarında (80, 60, 40 ve 20 mg/l) Kontrol işlemine göre yüksek çimlenmeler elde edilmiştir.
- ✓ Radikula uzunluğu üzerinde Fe₂O₃, Fe₃O₄, Au, Silika ve TiO₂ NP'leri en olumlu tesiri yaparken, Kontrol ile birlikte Ag, CuO, Au ve Fe₃O₄ NP çeşitlerinde en yüksek radikula kalınlığı değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla; Radikula uzunluğu üzerinde bazı NP'ler, Kontrole göre olumlu bir etki gösterirken, radikula kalınlığı değişkeninde en iyi etkiye sahip NP'ler ile Kontrol aynı homojen grupta yer almıştır.
- ✓ Radikula uzunluğu ve kalınlığı ile plumula uzunluğu üzerinde varyans analizi sonuçlarına göre farklı NP dozları istatistiki anlamda önemli etki yapmamıştır. Ayrıca, fidecik boyu ve kök boğazı çapı üzerinde varyans analizi sonuçlarına göre farklı NP dozları istatistiki anlamda önemli etki yapmamıştır.

- ✓ Viyollerde yetiştirilen fideciklerin boy ve kök boğazı çapı gelişimi genel olarak değerlendirildiğinde; Fidecik boy gelişimini en olumlu etkileyen Au NP iken, kök boğazı çapı gelişimi üzerinde ise silika ve TiO₂ NP'leri en olumlu tesiri göstermişlerdir.

Orman ağacı türlerinde Türkiye'de yürütülen ilk çalışma olması ve uluslararası düzeyde ise yayına dönüşmüş çok az yayın olması nedenleriyle bu tez kapsamında elde edilen sonuçlar etkin bir şekilde diğer çalışmalar ile mukayese edilip, irdelenememektedir. Genel olarak zirai bitkilerde yürütülen ve yayınlanan çalışmalar, bu çalışmanın zenginleştirici materyalleri olmuştur.

Ag NP'lerin pirinç, tohumunun çimlenmesi ve büyümesinde yüksek konsantrasyonların olumsuz etkilediğini (Thuesombat vd., 2014), buna karşın Sharma vd. (2012), Hardal bitkisinde yürüttükleri araştırmada; taze ağırlık, kök ve sürgün uzunluğu ile fidelerin canlılık indeksi üzerine Ag nanoparçacık muamelesinin olumlu yönde etkisi olduğunu ayrıca, prolin içeriğindeki azalma ve NP muamelesine maruz bırakılan fidelerin antioksidan durumundaki iyileşme olduğunu belirtmektedirler. Ag nanoparçacıkların gözlenen uyarıcı etkilerinin doza bağlı olduğu vurgulanmıştır (Sharma vd., 2012). Ag Np'lerin fasulye, mısır ve çemen (*Trigonella foenum*) bitkileri gelişiminde olumlu etki yaptığı ifade edilmiştir (Hediat, 2012; Thomas vd., 2016). Yürütülen bu tezkapsamında; Düşük konsantrasyondaki Ag Np'lerin tohumlarının tamamına yakınının yüksek konsantrasyonlardan önce çimlenme gösterdiği tespit edilmiş fakat nihai ölçümlerde yüksek konsantrasyonlu Ag NP uygulamasının fideciklerin kök boğazı çapı ve boy gelişimini olumlu etkilediği görülmüştür.

Tek yıllık roka bitkisinde düşük konsantrasyondaki NP muamelesinin kök uzamasını teşvik ettiği (Vannini vd., 2013) bununla birlikte Oukarroum vd. (2013), sucul bitkilerden su mercimeğinde büyüme parametresi olan yaprak sayısında azalma ve hücre canlılığında risk gözlendiği ifade edilmiştir. Almutairi (2017), NP uygulamasının tere bitkisinde bitki büyümesi ve çimlenmede artışa sebebiyet verdiğini belirtmiştir.

CuO NP'lerin soğan bitkisinde kök ucu hücrelerinde düşüşe sebep olduğu ortaya koyulmuştur (Çalbay, 2014). Ulu sığırkuyruğu (*Verbascum olympicum*) tohumunda

en fazla kök uzunluğu düşük konsantrasyonlu CuO NP'lerde olduğu fakat gövde uzunluklarının da yüksek konsantrasyonlu uygulamalarda daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Derya, 2012). Derya (2012), çimlenme yüzdesi de aynı zamanda düşük konsantrasyonlarda daha hızlı olmakta, konsantrasyon arttıkça da çimlenme süresinde uzama görülmekte, Cu ağır metali su alımını engelleyebilmekte ve buda çimlenme aşamasında gerekli olan suyu alamamasından dolayı engel oluşturabildiğini vurgulamaktadır. Liu vd. (2016) Marul (*Lactuca sativa*) bitkisi üzerinde yürüttükleri araştırmada; tohum çimlenmesine Cu NP'nün bakır metaline göre daha olumsuz etki yaptığını belirtmişlerdir. Yürütülen bu tez kapsamında ise CuO NP'nün verileri değerlendirildiğinde; en fazla kökçük uzunluğunun 200 mg/l konsantrasyonda gerçekleştiği, 200 mg/l daha yüksek dozlarda Anadolu karaçamını fideciklerinin kök gelişiminin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Plumula uzunluğu bakımından ise CuO NP'nün 600 mg/l dozunun daha müspet tesir yaptığı saptanmıştır. Çimlenme yüzdesi de düşük konsantrasyonda daha yüksek bulunmuştur.

TiO₂ NP'lerin nane tek yıllık bitkisinin tohum çimlenme yüzdesinde olumsuz etki yaptığı, kök uzunluğuna düşük konsantrasyonların önemli etkisi olduğu Samadi (2014) tarafından belirtilmiştir. Marulun çimlenmesi üzerinde de 80 ve 100 mg/l konsantrasyonların olumlu etki yaptığı Doğaroğlu vd. (2016) tarafından belirtilmiştir. Buğday tek yıllık bitkisinde kök uzaması 10 mg/l üstü konsantrasyonda, gövde uzaması ise 20 mg/l konsantrasyonda olumlu sonuçlar vermektedir (Doğaroğlu vd., 2014). Domates, salatalık, tere, kabak, fasulye, nohut, bezelye ve soğan tohumlarında TiO₂ nanopartikülleri için negatif etkiye rastlanmadığı Nazikcan (2015) tarafından ifade edilmiştir. TiO₂ NP muamelesi ile bitkilerde yüksek konsantrasyonlarda kök büyümesi önemli derecede arttığı Clément vd. (2013) tarafından belirtilmiştir. Bu araştırma kapsamında ise TiO₂ NP'nün 600 mg/l dozunun radikula kalınlık ve uzunluğu ile plumula uzunluğu üzerinde müspet etki yaptığı belirlenmiştir. Ayrıca, çimlenme üzerinde olumsuz bir etkisi gözlenmemiştir.

Fe₂O₃ NP'nde çok fazla denenmiş bitki olmamakla birlikte Askary vd. (2016)'nın yaptığı çalışmada nane bitkisinde yüksek konsantrasyonlu Fe₂O₃ NP olumlu etki yaptığı belirtilmiştir. Yürütülen bu tez kapsamında ise en fazla çap artımı araştırma kapsamındaki denen en yüksek doz olan 2000 mg/l'de yüksek çıkmıştır. 1200 mg/l

konsantrasyonda da gövde ve kök uzunluğunun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Eldeki verilerle kısmen önceki araştırmalar teyid edilmekle birlikte sağlıklı hüküm verebilmek için daha ileri araştırmalara ihtiyaç vardır.

Fe₃O₄ nanopartiküllerindeki araştırmalar da sadece nanopartikülleri içeren sulu bir ortamda yetişen kabak bitkilerinin NP'leri biriktirdiği, bu birikmenin bitki üzerinde olumsuz yada olumlu bir etkisi konusunda kesin bir hüküm verilmemektedir (Zhu vd., 2008). Yürütülen bu çalışmada; Fe₃O₄ NP'ünün en fazla çap artırımını 800 mg/l doz ile gerçekleştirdiği, plumula ve radikula uzunluklarının 1600 mg/l dozunda en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Silika NP'lerinin tohum çimlenmesi ve salatalığın (*Cucumis sativus*) büyüme ve gelişimi üzerinde 200 mg/l doz ile olumlu etki yaptığı (Mohammed vd., 2019) silika NP'nün buğday ve bakla gibi tek yıllık bitki türlerinin 500 ve 1000 mg/l'de tohum çimlenmesini arttırdığı ayrıca, silika nanoparçacıklarının bitki büyümesi veya gelişimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı Sun vd. (2016) tarafından vurgulanmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre; Petri kaplarındaki çimlendirme işleminde en fazla radikula kalınlığı ve plumula uzunluğu 1200 mg/l konsantrasyonda gerçekleştiği, çimlenmenin yüksek Silika NP konsantrasyonlarında olumlu etkilendiği saptanmıştır. Viyollerde ise yüksek konsantrasyonda yani 2000 mg/l'de en fazla fidecik kök boğazı çap gelişimi olup, boy büyümesinde ise tam tersi bir durumla yani düşük konsantrasyonlarda yüksek boy gelişimi tespit edilmiştir.

ZnO NP'lerine maruz kalan bitkilerin, doz artışı ile özellikle kök bölümlerindeki çinko iyonu birikimlerinin arttığı, buna bağlı olarak da bitki gelişiminin inhibe olarak, toksik etkiler saptandığı belirtilmiştir. ZnO NP'lerine maruz bırakılmış buğday bitkisinin büyüme ve enzim aktivitesinde olumsuzlar gözlemlendiği Du vd. (2010) tarafından ifade edilmiştir. Zn NP'nde soğan bitkisi tohumunun çimlenmesi üzerinde düşük konsantrasyonlarda artışa neden olurken, yüksek konsantrasyonlarda düşüşler gözlemlenmiştir (Raskar vd., 2014). 2000 mg/l dozda mısır bitkisinde tohum çimlenmesi ve kök büyümesinde ZN NP'nin olumlu etkisi görülmüş, 2000 mg/l nano-Zn veya nano-ZnO süspansiyonları, test edilen bitki türlerinin kök uzamasını pratik olarak sonlandırarak ve nano-ZnO'nun turp için 50 mg/l, çavdar için yaklaşık 20 mg/l olduğu belirtilmiştir (Lin vd., 2007). Yürütülen bu araştırmada; en fazla

radikula kalınlık artışının ve plumula uzamasının yüksek dozlarda olduğu ve çimlenmenin 800 mg/l konsantrasyonda fazla olduğu tespit edilmiştir. Viyollerde yapılan çimlendirmelerde; en fazla fidecik kök boğazı çapı ve boy büyümesinin de yine yüksek konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. NP'lerin bitkilerde su girişini kolaylaştırmak, tohum kabuğundan beslenmek ve çimlenmeyi hızlandırmak (Savithramma vd., 2012) gibi bitki gelişimine katkı sunabilecek özellikleri nedeniyle daha ileri ve detay çalışmalarla orman ağaçlarında araştırmaların yürütülmesi özellikle de fidan üretimleri ve ağaçlandırma çalışmaları için potansiyel bakır bir alan olarak değerlendirilmektedir.



KAYNAKLAR

- Almutairi, Z. M. (2017). Expression profiling of certain MADS-box genes in *Arabidopsis thaliana* plant treated by silver nanoparticles. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 53(1), 30-36.
- Askary, M., Talebi, S., Amini, F., & Bangan, A. D. (2016). Effect of NaCl and iron oxide nanoparticles on *Mentha piperita* essential oil composition. *Environmental and Experimental Biology*. 14, 27-32.
- Buseck P.R, & Pósfai M. (1999). Airborne minerals and related aerosol particles: Effects on climate and the environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.96, 3372–3379.
- Çalbay, Ö. (2014). Bakır oksit ve silikon dioksit nanopartiküllerinin *Allium cepa*'daki genotoksik etkileri. Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Chen, A. v. (2006). Tomato QM-like protein protects *Saccharomyces cerevisiae* cells against oxidative stress by regulating intracellular proline levels.72(6), 4001-4006.
- Chen, H., Weiss, J., & Shahidi , F. (2006). Nanotechnology in Agriculture and Food. *Nanotechnology in Nutraceuticals and Functional Foods*, (3), 30-36.
- Clément, L., Hurel, C., & Marmier, N. (2013). Toxicity of TiO₂ nanoparticles to cladocerans, algae, rotifers and plants – Effects of size and crystalline structure. *Chemosphere*, 90 (3), 1083-1090.
- Dağlıoğlu, Y., & Türkiş , S. (2017). TiO₂ nanopartikül uygulamasının su mercimeğinin (*Lemna minör* L.) fotosentetik pigment içeriği üzerine etkisi. *Acta Biologica Turcica*. Acta Biologica Turcica. 30(4), 108-115
- Derya, S. (2012). Bazı Ağır Metallerin *Verbascum olympicum* Boiss.(scrophulariaceae) Türünün Tohum Çimlenmesi Üzerinde Etkileri, Yüksek lisans tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Doğaroğlu, Z. G., & Köleli, N. (2016). Titanyum dioksit ve titanyum dioksit-gümüş nanopartiküllerinin marul (*Lactuca sativa*) tohumunun çimlenmesine etkisi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 31(ÖS 2), 193-198.
- Doğaroğlu, Z., & Köleli, N. (2014). Titanyum dioksit nanopartikülünün buğday çimlenmesine etkisi. Akademik Platform. ISITES 2014, 1283-1288. Karabük - TURKEY
- Du, W., Sun, Y., Ji, R., Zhu, J., Wu, J., & Guo, H. (2010). TiO₂ and ZnO nanoparticles negatively affect wheat growth and soil enzyme activities in agricultural soil. *Journal Environmental Monitoring*.13, 882.
- Fujishima, A., Hashimoto, K., & Watanabe, T. (1999). TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and applications. 51, 91-129.
- Hashimoto, K., Irie, H., & Fujishima, A. (2005). Application photocatalysis for treatment of industrial waste water—A Short Review. *Open Access Library Journal*, 1, e713.

- Hediat, M. (2012). Effects of silver nanoparticles in some crop plants, Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). *International Research Journal of Biotechnology*, 3(10), 190-197.
- Lin, D., & Xing, B. (2007). Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth, *Environmental Pollution*, 150 (2), 243-250
- Liu, R., Zhang, H., & Lal, R. (2016). Effects of Stabilized Nanoparticles of Copper, Zinc, Manganese, and Iron Oxides in Low Concentrations on Lettuce (*Lactuca sativa*) Seed Germination: Nanotoxicants or Nanonutrients? *Water, Air, & Soil Pollution*, 227, 42.
- Ma, X., & Wang, C., (2010). Fullerene Nanoparticles Affect the Fate and Uptake of Trichloroethylene in Phytoremediation Systems. *Environmental Engineering Science*, 27(11), 989-992.
- Mohammed, M., Elgarawany, M., Al-Saeedi, A., & El-Ramady, H. (2019). Application of silica nanoparticles induces seed germination and growth of cucumber (*Cucumis sativus*), *JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric.Sci*, 28(1), 57-68.
- Mousavi, S. R., & Rezaei, M. (2011). Nanotechnology in Agriculture and Food Production. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1(10), 414-419.
- Nazikcan, Ö. (2015). Farklı üretim özelliğine sahip nanomalzemelerin bitkiler üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Oukarroum, A., Barhoumi, L., Pirastru, L., & Dewez, D. (2013). Silver nanoparticle toxicity effect on growth and cellular viability of the aquatic plant *Lemna gibba*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32(4), 902-907.
- Raskar, S., & Laware, S. (2014). Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion, 3(2), 467-473.
- Roohizadeh, G., Majd, A., & Arbabian, S. (2015). The effect of sodium silicate and silica nanoparticles on seed germination and growth in the *Vicia faba* L, *Tropical Plant Research*, 2(2), 85-89.
- Samadi, N. (2014). Effect of TiO₂ and TiO₂ Nanoparticle on. *International Journal of Plant & Soil Science*, 3(4), 408-418.
- Savithamma, N., Ankanna, S., & Bhumi, G. (2012). Effect of Nanoparticles on Seed Germination and Seedling Growth of *Boswellia ovalifoliolata* – an Endemic and Endangered Medicinal Tree Taxon. *Nano Vision*, 2 (1,2&3), 61-68.
- Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M., Saradhi, P., Khanna, P., & Arora, S. (2012). Silver Nanoparticle-Mediated Enhancement in Growth and Antioxidant Status of *Brassica juncea*, 167, 2225-2233.
- Shi, J., Abid, A., Kennedy, I., Hristova, K., & Silk, W. (2011). To duckweeds (*Landoltia punctata*), nanoparticulate copper oxide is more inhibitory than the soluble copper in the bulk solution. *Environmental Pollution*, 159 (5), 1277-82.
- Shilpa, R., & Lawre, S. (2014). Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. *International Journal of Current Microbiology And Applied Sciences*, 3(2), 467-473.

- Sondi, I., & Sondi, B. (2004). Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of Colloid and Interface Science*, 275(1), 177-182.
- Sun, D., Hussain, H., Yi, Z., Rookes, J., Kong, L., & Cahill, D. (2016). Mesoporous silica nanoparticles enhance seedling growth and photosynthesis in wheat and lupin. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 152, 81-9.
- Tebeş, N.T., (2015). Çankırı ve Çerkeş orman fidanlıklarında üretilen karaçam (*pinus nigra* arnold. subsp. pallasiana) fidanlarının morfolojik özellikleri ve kalitesi. Yüksek lisans tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Thuesombat, P., Hannongbua, S., Akasit, S., & Chadchasa, S. (2014). Effect of silver nanoparticles on rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105) seed germination and seedling growth, 104, 302-309.
- Thomas, R., Jasim, B., Mathew, J., & Radhakrishnan, E. (2016). Plant growth and diosgenin enhancement effect of silver nanoparticles in Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25, 443-447.
- URL-1. İklim değişikliği ile ilgili bilgiler, 26/04/2019 tarihinde http://www.yegm.gov.tr/iklim_deg/i_deg_nedir.aspx. adresinden alınmıştır.
- URL-2. Karaçam asli ağaç türünün özellikleri 25/04/2019 tarihinde <http://www.kazdagimilliparki.com/karacam.html>. adresinden temin edilmiştir.
- URL-3. Çimlenme olayı ile ilgili bilgiler 25/04/2019 tarihinde <http://justtellyourselfillbeok.blogspot.com.tr/2014/03/cimlenme.html>. adresinden alınmıştır.
- URL-4. Nanoteknoloji ile ilgili veriler 24/04/2019 tarihinde <https://sabahlatan.com/blog/kisaca-nanoteknoloji/>. adresinden alınmıştır.
- URL-5. Nanoteknoloji ile ilgili veriler 24/04/2019 tarihinde <https://www.sabah.com.tr/teknoloji/2016/11/09/nanoteknoloji-nedir>. adresinden alınmıştır.
- Vannini, C., Domingo, G., Onelli, E., Prinsi, B., Marsoni, M., Espen, L., & Bracale, M. (2013). *Morphological and Proteomic Responses of Eruca sativa Exposed to Silver Nanoparticles or Silver Nitrate*. *PLOS ONE*, 8(7), 1-8.
- Zhu, H., Han, J., Xiao, J., & Jin, Y. (2008). Uptake, translocation, and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. *Journal of Environmental Monitoring*, 10(6), 713-717.
- Wang, J., Li, W., Zhang, C., & Ke, S. (2010). Physiological responses and detoxification mechanisms to Pb, Zn, Cu and Cd in young seedlings of *Paulownia fortunei*. *Journal of Environmental Sciences*, 22(12), 1916-1922

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Asuman ÇELİKBAŞ
Doğum Yeri ve Yılı :Kastamonu- 1993
Medeni Hali :Evli
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta : asu.nwn@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise :İnebolu Anadolu Teknik Lisesi
Lisans :Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi

Mesleki Deneyim

İş Yeri 2017 - Aydın Mühendislik Müşavirlik Ormancılık Bürosu
İş Yeri 2018 - Aydın Mühendislik Müşavirlik Ormancılık Bürosu
İş Yeri 2019 - Aydın Ormancılık Mühendislik Müşavirlik İnş. Tic. San. Ltd.
Şti.(Halen)