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

BAZI NANO PARTİKÜLLERİN SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

HALİT MUSA ÇELİKBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. SEZGİN AYAN

KASTAMONU 2019

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI NANO PARTİKÜLLERİN SARIÇAM (*Pinus sylvestris*L.) TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

HALİT MUSA ÇELİKBAŞ

Danışman	**Prof. Dr. Sezgin AYAN**
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Esra Nurten YER ÇELİK**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Halit Musa ÇELİKBAŞ tarafından hazırlanan **"Bazı Nano Partiküllerin Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkisi"** adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri üyeleri önünde sunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Sezgin AYAN Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL Bartın Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi E. Nurten YER ÇELİK Kastamonu Üniversitesi	.....

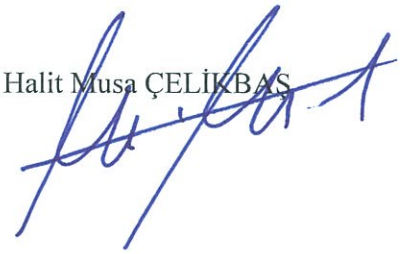
03/07/2019

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.

Halit Musa ÇELİKBAŞ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI NANO PARTİKÜLLERİN SARIÇAM (*PİNUS SYLVESTRİS* L.) TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Halit Musa ÇELİKBAŞ
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sezgin AYAN

Bu çalışma; doğada yaygın olarak depolanan ve canlı organizmalar üzerinde oldukça geniş spektrumlu etkiye sahip olan 8 adet nanopartikül (NP) çeşidinin (ZnO, AgNPs, SiO_2, TiO_2, Fe_2O_3, Fe_3O_4, AuNPs ve CuO) farklı dozlarında, sarıçam tohumları ile laboratuvar koşullarında petri kapları içerisinde ve oda koşullarında ise viyollerde yürütülen denemeleri kapsamaktadır.Tohumlar, 8 saatlik saf suda bekletme işlemi akabinde petri kaplarına ve viyollere 3 tekrarlı olacak şekilde ekilip, NP uygulamalarına tabii tutulmuştur. Petri kapları, 24 °C sabit sıcaklık ve %50 nem değerine ayarlanmış iklim dolabına yerleştirilmiştir. Çalışma süreci boyunca her gün çimlenen tohum sayısı belirlenmiş ve petri kaplarındaki filtre kağıtlarının nem durumu kontrol edilerek ayarlanmıştır. Viyollerde steril torf içerisinde yapılan ekimlerde petri kaplarında yapılan sayımlara paralel olarak gözlenmiştir. Viyollerde yapılmış olan çalışma ortalama 18 °C sıcaklıkta oda koşullarında gerçekleştirilmiştir.Petri kaplarında yürütülen çalışmada; ZnO, Fe_2O_3 ve TiO_2 nanopartikülleri 400 mg/l konsantrasyon işleminde çimlenme yüzdesi üzerinde pozitif etkiler göstermiştir. SiO_2 NP'ü 2000 mg/l konsantrasyonda diğer dozlara göre daha yüksek çimlenme yüzdesine sahiptir. Ag NP'ünde ise en düşük konsantrasyon olan 20 mg/l'de en yüksek sonuçlar alınmıştır. Au Np'ünde 60 mg/l, CuO NP'de ise 600 mg/l konsantrasyonda pozitif sonuçlar alınmıştır. Fe_3O_4 NP'de ise tüm konsantrasyon grupları kontrol grubuna göre düşük çimlenme yüzdesi vermiş ve çimlenme üzerinde negatif etkileri olduğu gözlemlenmiştir.
Viyollerde gözlere yapılan ekimlerde ZnO, Fe_3O_4 NP'lerinde en yüksek çimlenme yüzdesi değerleri yüksek doz olan 2000 mg/l konsantrasyon grubunda gözlenmiştir. Ag ve Fe_2O_3 NP'lerinde tüm konsantrasyon grupları kontrol gruplarına göre daha düşük çimlenme yüzdesi değerine sahip olmuş ve çimlenme üzerinde negatif etki göstermişlerdir. TiO_2, CuO ve SiO_2 NP'leri 800 mg/l konsantrasyon gruplarında en yüksek çimlenme değerine sahip olmuş, çimlenme üzerinde pozitif etki göstermiştir. Au NP'de ise düşük dozlardan olan 40 mg/l konsantrasyon grubunda çimlenme üzerinde pozitif etki göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanopartikül, Çimlenme, Tohum, Sarıçam
2019, 63 sayfa
Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

THE EFFECT OF SOME NANO PARTICULES ON SUCCESS OF SCOTS PINE (*PİNUS SYLVESTRIS* L.) SEEDS

Halit Musa ÇELİKBAŞ
Kastamonu University
Facultyof Forestry
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Sezgin AYAN

In this study, different doses of 8 nanoparticle varieties (ZnO, AgNPs, SiO2, TiO2, Fe2O3, Fe3O4, AuNPs and CuO), which are widely stored in nature and have a wide spectrum effect on living organisms, were obtained in yellow pine seeds, petri dishes and vials in laboratory conditions. Seeds were placed into petri dishes and viols after 8 hours of soaking in pure water and subjected to NP application. The Petri dishes are placed in a climate cabinet set at a constant temperature of 24 °C and a humidity of 50%. The number of seeds germinating each day during the study period was determined and the amount of moisture in the petri dishes was adjusted. Seedings made in sterile peat in viols were also subjected to counts in petri dishes. The study carried out on the viols was carried out at room temperature at an average temperature of 18 °C. In petri dishes, ZnO, Fe_2O_3 and TiO_2 nanoparticles showed positive results on germination percentage in 400 mg/l concentration group. SiO_2 NP has higher germination percentage than other doses at a concentration of 2000 mg/l. In Ag nanoparticle, positive results were obtained at the lowest concentration of 20 mg/l. Positive results were obtained at 60 mg/l in Au Np and 600 mg/l in CuO NP. In Fe_3O_4 NP, all concentration groups gave low germination percentage compared to the control group and it was observed that it had negative effects on stinging.

ZnO, Fe_3O_4 NP, the highest germination percentage values were observed in 2000 mg/l concentration group. In Ag and Fe_2O_3 NPs, all concentration groups had lower germination percentage values compared to control groups and showed negative effect on germination. TiO_2, CuO and SiO_2 NPs had the highest germination value in 800 mg/l concentration groups and showed positive effect on germination. On the other hand, Au NP showed a positive effect on germination in low concentration 40 mg/l concentration group.

Keywords: Nanoparticle, Germination, Seed, Scots pine

2019, 63 sayfa
Science Code: 1205

TEŞEKKÜRLER

"**Bazı nano partiküllerin sarıçam (*Pinussylvestris* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisi**"adlı bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.Tez çalışmalarımda ilgi ve desteklerini esirgemeyen, çalışmalarımın yönlendirilmesinde bilgi ve tecrübeleri ile her zaman yanımda olan ve her konuda bana yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Sezgin AYAN'a, Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL'e, Prof. Dr. Handan UCUN ÖZEL'e ve Dr. Öğr. Üyesi Esra Nurten YER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle ilgili çalışmalarımda yardımlarını benden esirgemeyen sevgili eşim Asuman ÇELİKBAŞ'a ve her türlü maddi ve manevi desteği veren değerli patronum, ağabeyim Aydın PİRİZOĞLU'na, bigi ve tecrübeleriyle tez süreci boyunca yardımlarını esirgemeyen Orhan GÜLSEVEN ve Şeyma Selin AKIN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Hayatımın en büyük serveti olan ve maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen KIYMETLİ AİLEM'e gönülden teşekkür ederim.

Yapmış olduğum bu çalışmanın, bu konuda çalışacak tüm meslektaşlarıma ve çevremdeki arkadaşlarıma yardımcı olmasını temenni eder, sonuçlarının ormancılık açısından faydalı olmasını dilerim.

Halit Musa ÇELİKBAŞ
Kastamonu, Ağustos, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET v
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜRLER vii
İÇİNDEKİLER viii
FOTOĞRAF DİZİNİ x
TABLOLAR DİZİNİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xiii
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 3
2.1. Nanoteknoloji ve Nanopartiküller 4
2.2. Nanopartikül ve Bitki İlişkisi 4
3.1. Materyal 8
3.2. Metot 8
3.2.1. Nanopartikül Solüsyonlarının Hazırlanması 9
3.2.2. Petri Kaplarında Yürütülen Denemeler İçin Tohumlara Nanopartikül Uygulaması 15
3.2.3. Çimlenmenin İzlenmesi 16
3.2.4. Çimlenen Tohumlardan Oluşan Fideciklerin Ölçümü 17
3.3. Viyollerde Yapılacak Uygulama İçin Tohumlara Nanopartikül Uygulaması 17
3.4. İstatistik Analiz 22
4. BULGULAR 23
4.1. Petri Kaplarında Yürütülen Denemeye Ait Tespitler 23
4.1.1. ZnO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 27
4.1.2. Fe_2O_3 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 28
4.1.3. Fe_3O_4 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 29
4.1.4. TiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 30
4.1.5. Ag Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 31
4.1.6. Au Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 33
4.1.7. CuO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 34
4.1.8. SiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 35
4.2. Viyollerde Yürütülen Denemeye Ait Tespitler 36
4.2.1. ZnO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 39

4.2.2. Fe_2O_3 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 40
4.2.3. Fe_3O_4 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 41
4.2.4. TiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 42
4.2.5. Ag Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 43
4.2.6. AuNanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 44
4.2.7. CuO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 45
4.2.8. SiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler 46
5. TARTIŞMA 48
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 52
6.1. ZnO NanopartikülUygulamalarına Ait Sonuçlar 52
6.1.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 52
6.1.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 52
6.2. Fe_2O_3Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar 53
6.2.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 53
6.2.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 53
6.3. Fe_3O_4 Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar 54
6.3.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 54
6.3.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 54
6.4.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 55
6.4.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 55
6.5. Ag Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar 56
6.5.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 56
6.5.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 56
6.6. Au Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar 56
6.6.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 56
6.6.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 57
6.7. CuO Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar 57
6.7.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 57
6.7.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 58
6.8. SiO_2 Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar 58
6.8.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 58
6.8.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar 58
KAYNAKLAR 60
ÖZGEÇMİŞ 63

FOTOĞRAF DİZİNİ

Fotoğraf 2. 1. Sarıçam türünün genel görünüşü 3
Fotoğraf 3. 1. Saf su içerisinde bekletilen tohumların kurutulması 8
Fotoğraf 3. 2. Nanopartikül maddelerin tartılması 9
Fotoğraf 3. 3. Nanopartikül solüsyonlarının hazırlanması 9
Fotoğraf 3. 4. Ana solüsyonlardan hazırlanan farklı konsantrasyonlar 10
Fotoğraf 3. 5. Petri kaplarında tohumların tekerrürlere göre ayırılması 15
Fotoğraf 3. 6. Petri kaplarının iklimlendirme dolabına yerleşimi 16
Fotoğraf 3. 7. Petri kaplarının iklimlendirme dolabına yerleşimi 16
Fotoğraf 3. 8. Çimlenen tohumların sayılması ve folyolanması 17
Fotoğraf 3. 9. Sarıçam tohumlarına nanopartiküllerin uygulanması 18
Fotoğraf 3. 10. Saf suda bekletilen sarıçam tohumları 18
Fotoğraf 3. 11. Nanopartikül konsantrasyonlarının hazırlanması 19
Fotoğraf 3. 12. Çimlenen tohumların sayılması 19
Fotoğraf 3. 13. Viyollerin sulanması 20
Fotoğraf 3. 14. Çap ölçümünün yapılması 21
Fotoğraf 3. 15. Çimlenmelerden sonra viyollerin görünümü 21

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4. 1. Petri kaplarında yürütülen denemelerin işlem dozlarına ait basit istatistikler 23
Tablo 4. 2. Petri kaplarında yürütülen denemelerin doz etkisine ait ANOVA testi sonuçları..... 24
Tablo 4. 3. Petri kaplarında yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait istatistiki veriler 25
Tablo 4. 4. Petri kaplarında yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait ANOVA testi 26
Tablo 4. 5. Petri kaplarında yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait Duncan testi sonuçları 26
Tablo 4. 6. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 27
Tablo 4. 7. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri 28
Tablo 4. 8. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 28
Tablo 4. 9. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların 15 gün fidecik değerleri..... 29
Tablo 4. 10. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 29
Tablo 4. 11. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri 30
Tablo 4. 12. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 31
Tablo 4. 13. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri 31
Tablo 4. 14. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 32
Tablo 4. 15. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri 33
Tablo 4. 16. Au nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 33
Tablo 4. 17. Au nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri 34
Tablo 4. 18. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 34
Tablo 4. 19. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri..... 35
Tablo 4. 20. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 36
Tablo 4. 21. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri 36
Tablo 4. 22. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait basit istatistiki veriler..... 37
Tablo 4. 23. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait ANOVA testi 37
Tablo 4. 24. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait Duncan testi sonuçları..... 38
Tablo 4. 25. Viyollerde yapılan çalışmanda uygulanan dozlara ait istatistiki veriler 38
Tablo 4. 26. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan dozlara ait ANOVA testi 39

Tablo 4. 27. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan dozlara ait Duncan testi sonuçları 39
Tablo 4. 28. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 40
Tablo 4. 29. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen çap ve boy değerleri 40
Tablo 4. 30. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 41
Tablo 4. 31. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen çap ve boy değerleri 41
Tablo 4. 32. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 42
Tablo 4. 33. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. Gün ölçülen çap ve boy değerleri 42
Tablo 4. 34. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 43
Tablo 4. 35. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri 43
Tablo 4. 36. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 44
Tablo 4. 37. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri 44
Tablo 4. 38. Au nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 45
Tablo 4. 39. Au nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri 45
Tablo 4. 40. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 46
Tablo 4. 41. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri 46
Tablo 4. 42. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi 47
Tablo 4. 43. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri 47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Au	Altın
Ag	Gümüş
CuO	Bakır oksit
Fe_2O_3	Demir III oksit
Fe_3O_4	Magnetit
SiO_2	Silika
TiO_2	Titanyum dioksit
ZnO	Çinko oksit

Kısaltmalar

mm	Milimetre
NP	Nanopartikül
cm	Santimetre
FB	Fidan boyu
KBÇ	Kök boğazı çapı
yy.	Yüzyıl

1. GİRİŞ

İlk çağlardan günümüze kadar çeşitli bitki toplulukları içerisinde özellikle ağaçlar, insanların ilgisini çekmiş ve uzak mesafelerden taşınarak yeni sahalara dikilmişlerdir. Yine o devirlerde ağaçların dikim ve bakımları konusunda geniş bilgiler verilmiştir. Daha sonra ortaçağlarda botanik bahçeleri ve arboretumlarda sayısız egzotik türler yetiştirilmeye başlanmış ve bu iş günümüze kadar çok daha gelişerek kentlerde ve kırsal alanlarda büyük park ve bahçelerle çeşitli amaçlarla plantasyon ve bitkilendirme çalışmalarına dönüşmüştür (Ürgenç, 1998).

Geçmişten bugüne kadar yapılan başarılı çalışmalar neticesinde bitki gelişimi ve büyümesinde, bitkilerin fizyolojik ve morfolojik özelliklerinde iyileştirmeler yapılabilmiştir. Yapılan ıslah çalışmaları ile türlerin farklı yaşam koşullarına adaptasyonu, üretilen bitki ürünlerinin kalitesi, dayanıklılığı vb. gibi bazı özelliklerinin geliştirilmesi sağlanmıştır.

Orman ağacı türlerinin önemi gün geçtikçe daha iyi anlaşılmaktadır. Gelişen teknoloji ile büyüyen sanayi sektörü, çevre kirliliği ve küresel ısınmayı 20 ve 21. yy'da oldukça arttırmıştır ve arttırmaya devam etmektedir. Bu sorunlar karşısında dünya ülkeleri çözüm için doğayı taklit etmekten başka etkili bir çözüm yolu bulamamaktadır.

Orman varlığı dünya genelinde son yıllarda gitgide azalmaktadır. Orman varlığının yangınlar, kötü yaşam koşulları, bilinçsiz insan faydalanması, doğal afetler vb. nedenlerle azalıyor olması, gelecekte insanlığın yaşanamaz derecede bir dünyada,var olma savaşına neden olacaktır. Su dengesi ve oksijen kaynağı açısından ormanların korunması gerekmektedir ve bu amaçla tabiat bilimiyle uğraşan bilim insanları bir takım iyileştirme çalışmaları yapmaktadırlar.

Ormanların geliştirilmesi ve çoğalmasına yönelik geçmişte kurulan birçok plantasyon sahası mevcuttur. Planlı ve işletme amacına uygun türlerle gerçekleştirilen çalışmalarda çok verimli sonuçlar alınmış bulunmaktadır. Ancak, yapılan bu başarılı çalışmalar dahi günümüzde ormana olan ihtiyaçları

karşılayamamaktadır. Bu yüzden ormancılıkta yeni ormanların kurulması ihtiyacı elzem bir durumdur.

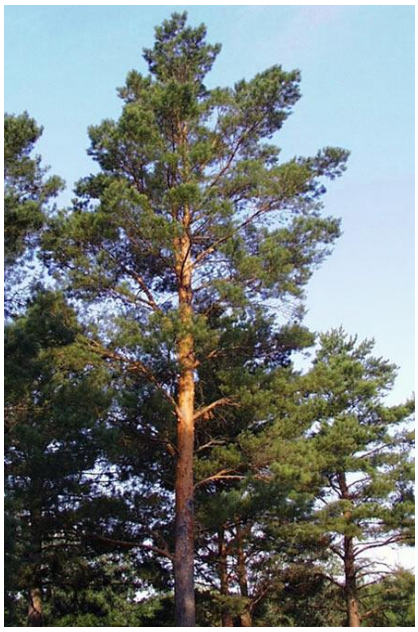
Yeni ormanların kurulabilmesi ancak entansif bir ormancılık anlayışı ve bu bakış açısıyla yapılacak teknik uygulamalarla başarıya ulaşabilmektedir. Ormanın en önemli varlıklarından biriside o ormanda bulunan orman ağaçlarıdır. Ağacın temeli fidan, fidanın temelide o fidanı oluşturacak tohumdur. Tohum, bitkilerin üremek için oluşturdukları yapıdır. Tozlaşma sonrası evrelerde oluşan bu yapı, toprağa ulaştığında çimlenerek yeni bir fidan oluşturur ve bitkilerin nesillerini devam ettirmesini sağlar.

Son yıllarda bilimsel arayışlar neticesinde oldukça ilerleme kaydedilen ve nanoteknoloji ile yaygınlaşan nano malzemelerin kullanımı temizlik malzemeleri üretimi, tıbbi malzemelerin oluşması, tarım ve hayvancılık alanlarında önemli gelişmelere yol açmıştır.

Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalara göre NP'lerin; Fotosentezin uyarılması, tohum çimlenmesi üzerine negatif etkilerinin olduğu ifade edilirken,aynı zamanda NP'lerin ayrıcalıklı özelliklerinin tohum çimlenmesi ya da ekin performansında kullanılabileceği de öne sürülmektedir (Capaldi vd., 2015). Nanopartiküller bitki yüzeylerine tutunur ve doğal yolla nano veya mikro ölçekli açıklıklardan bitki içine alınırlar (Dietz ve Herth, 2011). Nanopartiküller hem sürgünler hem de kökler aracılığıyla bitkiye giriş yapabilirler (Zhu vd., 2008).Bu tez kapsamında; Doğada yaygın olarak bulunan nanopartiküllerin, tohum çimlenmesi üzerine etkisi çalışılmıştır. Daha çok zirai bitkilerde bazı örnek ve ilk çalışmalara literatürde rastlanılmasına rağmen orman ağaçlarında bu konu hala bakirliğini korumakta ve aydınlatılmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, sarıçam tohumları üzerine farklı nanopartiküllerin değişik dozlardaki etkilerinin olumlu yada olumsuz etkileri tohum çimlenme ve fidecik gelişim parametreleri izlenerek ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ormanlar içerisinde bitkiler, hayvanlar, mantarlar, böcekler, mikroorganizmalar vb. gibi canlı ve toprak, su, kaya, hava vb. gibi cansız etmenlerin bir araya gelerek oluşturdukları; kendisine özgü ekolojik özellikleri olan yetişme ortamlarıdır. Bütün bileşenleriyle birlikte özgün ekosisteme sahiptirler. Bu ekosistemlerin en önemli faktörlerinden birisi de ağaçlardır. Türkiye orman ekosistemleri içerisinde mevcut beş farklı doğal çam türünden biri sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'dır. Sarıçam, Türkiye ormanlarında geniş yayılış alanına sahip, asli orman ağacıdır. Sarıçamı diğer türlerden ayıran belirgin özellikleri vardır. Diğer çam türlerine göre ibrelerinin kısa ve sık oluşu, tepesinin sivri olması, kozalağının ve tohumunun diğer çam türlerine göre daha küçük olması ve gövdede kabuk renginin tilki kürkü sarısı olması sarıçamı diğer orman ağaçlarından ayıran en belirgin morfolojik özelliklerdir (Fotoğraf 2.1.).



Fotoğraf 2. 1. Sarıçam türünün genel görünüşü

Sarıçam; optimum yetişme alanı olarak 1000 ile 2500m rakıma sahip, bölgelerde yetişmektedir. Yetişme ortamının koşullarına göre 20 ile 50 m arasında boylanan bir ağaç türüdür. Güney yayılışındaki en uç sınırı Türkiye'de Kayseri ili Pınarbaşı mevkiindedir. En yoğun yayılış alanı Kuzey Anadolu'nun iç mıntıkaları ile Orta

Anadolu mıntıkasıdır. Karadeniz'de Çam Burnu yöresinde deniz kıyısına kadar yaşam alanı bulur ve Doğu Anadolu'da Sarıkamış yöresinde 2700 m rakıma kadar yetişmektedir(OGM, 2013). Sarıçam, Türkiye'de 882.231 ha normal ve 636.698 ha bozuk meşçere oluşturmaktadır. Sarıçam toplam 1.518.929ha alanda Türkiye orman alanlarının %6,80'inde yayılış göstermektedir (OGM, 2015).

2.1. Nanoteknoloji ve Nanopartiküller

Nanoteknolojinin gün geçtikçe gelişmesi ve bu alanda bilgilerin artması ile birlikte nanokristal, nanopartikül, nanotüp gibi nano boyutlu malzemelerin üretilebilmesi için olanaklar sağlanmıştır. Son yıllarda kullanım alanı oldukça genişleyerek birçok sektörde kullanılmaya başlayarak önemi oldukça artan NP'ler, nanoteknolojinin temeli konumundadır. Boyutları 1 ila 100 nm arasında olan NP'lerin çevreye ve insan sağlığına olan etkileri ve riskleri ile ilgili çok az bilgi olmasına rağmen birçok sektörde çok çeşitli ticari ürünlerin bileşimine entegre edilmiş durumdadır (Andreotti vd., 2015).

Nanoboyutlu malzemeler üzerine gerçekleştirilen çalışmalar gün geçtikçe artmıştır ve nanoteknoloji tek başına önemli bir çalışma ve merak alanı oluşturmuştur. Nanoboyutlu malzeme olarak tanımlanan bu yapılar; nanokristaller, nanopartiküller, nanotüpler, nanoteller, nanokabuklar veya nano ince filmler karakteristik özellikleri incelenerek farklı sınıflara ayrılmaktadır. Boyutları 100 nm ve daha küçük tozlar olarak nitelendirilmiş olan nanopartiküller, nanoboyutlu malzemelerin temel birimidir. Nanopartiküller bu nedenle nanoteknolojinin de temelini oluşturmaktadır (Miller vd., 2004).

2.2. Nanopartikül ve Bitki İlişkisi

Nanopartikül maddelerin kullanımı günümüz teknolojisinin gelişmesine bağlı olarak oldukça ilerlemiştir. Günümüzde hemen hemen her türlü alanda kullanıma sunulan nanoteknoloji ürünleri yapısal dinamikleri ile çevredeki dağılımları ekolojik hayatı önemli ölçüde etkilemektedir.

Bitkiler, biyosfer ve canlılar arasındaki maddesel nitelikli geçişi sağlayan çok önemli ara birimlerdir. Bitkiler su, toprak ve atmosferik çevre elemanlarıyla doğrudan etkileşim halinde olup, bu etkileşimler sayesinde nanopartiküllerin de yayılmasında farklı yollar doğabilmektedir (Miralles vd., 2012).

Mikroorganizmaların, bitkilerin ya da bitki parçalarının nanopartikül sentezlemede kullandıkları biyolojik yollar NP sentezi için kimyasal ve fiziksel alternatif yöntemlere göre daha çekici ve çevre dostudur (Asztemborska vd., 2015). Bitkiler nanopartikülleri çeşitli yollar ile yapılarına alabilmektedirler. Ayrıca, bünyelerinde bu maddeleri taşıyabilirler ve bazı bitki depo aksamlarında biriktirebilirler. Her nanopartikülün her bitkiye yapacağı etki türden türe değişen farklılıklar oluşturabilmektedir. Nanopartiküllerin etkileri negatif yönde olabileceği gibi pozitif etkilerinin de görüldüğü hatta hiçbir etkinin gözlenmediği de yayınlanan çalışmalarda ifade edilmiştir. Örneğin; Zirai alanda soya fasulyesi üzerinde yapılan bir çalışmada; ZnO ve CO_2 nanopartikülü soya fasulyesinin çimlenmesine herhangi bir etki göstermez iken, bitkinin çimlendikten sonraki diğer büyüme evrelerinde CeO_2nanopartikülüne maruz bırakıldığında genotoksik etki belirlendiği ve bitkilerin zarar gördüğü tespit edilmiştir (Doğaroğlu ve Köleli, 2014).

Nanopartiküllerin epidermal hücrelerdeki kutikula, trikom veya stomalardaki geçirgenliği birbirinden farklıdır (Schreiber, 2010). Kök uçlarından nanopartikül alımının sürgünlerden daha etkili olabileceği bildirilmiştir (Zhu vd., 2008). Kök ve yumru gibi yer altı organları ara yüz olarak süberin tabakalar geliştirir (Schreiber, 2010). Süberin, hücre duvarı yüzeyinde bulunan tek veya çok katmanlı bir depolama tabakasıdır. Çoğunlukla birincil köklerde süberinli ekzodermisin yanında süberinli endodermis de gelişir. Ekzodermis, eriyiklerin ve suyun topraktan merkezi silindirle apoplastik geçisini önler (Steudle ve Peterson, 1998). Ancak, bazal kök bölgesinde yan kökler gelişir, oluşan bu yan kökler rizodermis korteksini deler ve apoplastik geçiş mümkün olur. Böylece nanopartiküller bu alanlardan ksilemler ile korteks ve merkezi silindire geçebilir (Faiyue vd., 2010).

Başka bir araştırmada; TiO_2nanopartikülü ve TiO_2-Ag nanokompozitinin marul (*Lactucasativa*) bitkisinin tohum çimlenmesine etkisi değerlendirilmiştir. Marul

tohumları petri kaplarına yerleştirildikten sonra farklı dozlardaki (Kontrol, 10, 20, 40, 60, 80 ve 100 mg/l) 5'er ml TiO_2 ve TiO_2Ag nanopartikül süspansiyonlarına maruz bırakılmıştır. Sonuçta; marul tohumlarının çimlenmesinin, nanopartikül derişimi arttıkça arttığı ve bu artışın özellikle 80 ve 100 mg/l TiO_2 konsantrasyonlarında gerçekleştiği belirlenmiştir (Doğaroğlu vd., 2016). Ayrıca, kök radikula uzamasının 20 mg/l TiO_2 ve 10 mg/l TiO_2Ag nanopartikül konsantrasyonlarında artış gösterdiği tespit edilmiştir (Doğaroğlu vd., 2014).

TiO_2 ve TiO_2 nanopartikülünün otsu bitki olan nane (*Mentha piperita*)'de çimlenme yüzdesi, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve çimlendikten sonraki fidecikte klorofil a, b ve karotenoid üzerindeki etkisi araştırıldığı bir çalışmada; 0, 100, 200, 300 mg/l konsantrasyonları hazırlanıp, dört tekrarlı olacak şekilde tohumlara uygulanmış ve hem TiO_2 hem de TiO_2 NP'lerin çimlenme yüzdesine, sürgün uzunluğuna olumsuz etki gösterdiğini ortaya koymuşlardır. TiO_2 NP'lerin 100 mg/l'de yani düşük dozda kök uzamasına önemli bir etkisi olduğu saptanmıştır (Samadi, 2014).

Düşük konsantrasyondaki Cu, Zn, Mn 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, vd., 2016).

Tarımsal toprakta buğday bitkisi; TiO_2 ve ZnO nanopartiküllerine maruz bırakılmış, akabinde büyüme ve enzim aktivitesinin etkileri araştırılmıştır. Deneyde; kurutulmuş buğday tohumları kullanılmıştır. Bu materyal, TiO_2 ve ZnO nanopartiküllerine maruz bırakılarak, elektronik mikroskopta incelenmiş ve olumsuz etki ettiği ortaya konmuştur (Du vd., 2010).

Çemen otu (*Trigonella foenum*)'nda büyüme parametreleri üzerinde; yaprak sayısı, kök ve sürgün uzunluğu ve taze ağırlık 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'ler ile muamele edilmiştir. Ag-NP'lerle

muamele edilmiş fidelerde, büyüme parametrelerinin çoğunda önemli ölçüde yüksek değerler saptanmıştır (Thomas vd., 2016).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma sürecinde kullanılan tüm NP'ler KÜ-BAP01/2017-11 proje numaralı BAP projesi kapsamında yurtdışından temin edilmiştir. Bu çalışmada; NP uygulama çalışması iki ayrı çalışma olarak gerçekleştirilmiştir. Petri kapları, laboratuvar şartlarında iklimlendirme dolabında ve viyollerdeki ekim denemeleri ise Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Silvikültür Laboratuvarında koşullarında yürütülmüştür. Viyollerde yürütülen denemelerde çimlendirme ortamı olarak steril torf kullanılmıştır.

3.2. Metot

Uygulamada kullanılan tüm araç ve gereçler sterilizasyon işlemine tabi tutularak oluşabilecek olumsuz faktörlerin önüne geçilmiştir. Uygulamanın her aşamasında sterilizasyonu yapılmış araç ve gereçler kullanılmış olup, olumsuzluk görülen durumlarda petri kapları ve filtre kâğıtları değiştirilmiş, iklimlendirme dolabının temizliği sağlanmıştır. Viyollerde yapılan çalışmada ise steril torf kullanılarak mantar oluşumunun önüne geçilmeye çalışılmıştır.

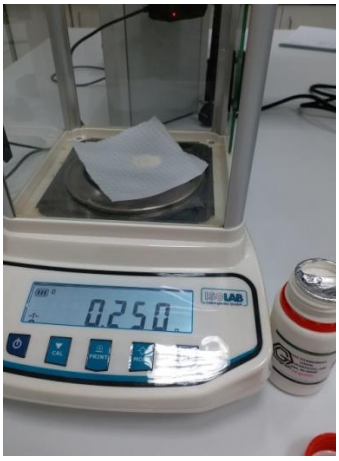
Tohumlara, nanopartikül uygulaması öncesi 8 saat saf su içerisinde bekletilerek, tohumların şişmesi ve homojen çıkma sağlanmaya çalışılmıştır (Fotoğraf 3.1.).



Fotoğraf 3. 1. Saf su içerisinde bekletilen tohumların kurutulması

3.2.1. Nanopartikül Solüsyonlarının Hazırlanması

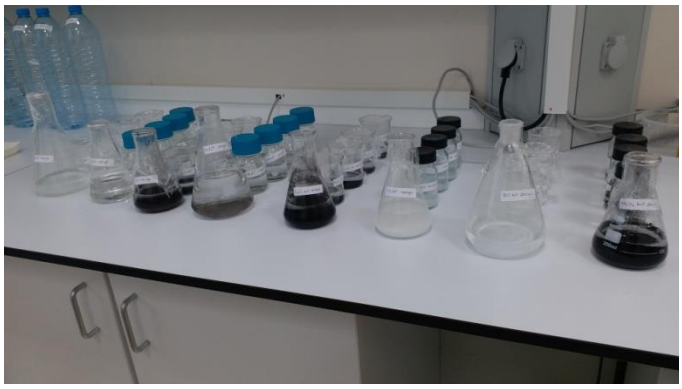
Nanopartikül solüsyonları hazırlanırken geçmiş çalışmalar baz alınarak, literatürde mevcut olan uygulamalardan esinlenerek her NP türü için dozlar belirlenmiştir. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra NP‘ ler tartılarak gerekli miktarda saf su eklenmiştir ve NP’ lerin homojen bir şekilde saf su içerisinde karışması sağlanmıştır. Hazırlanan ana solüsyonlara saf su eklemek suretiyle de diğer dozlar oluşturulmuştur (Fotoğraf 3.2, Fotoğraf 3.3, Fotoğraf 3.4).



Fotoğraf 3. 2. Nanopartikül maddelerin tartılması



Fotoğraf 3. 3. Nanopartikül solüsyonlarının hazırlanması



Fotoğraf 3. 4. Ana solüsyonlardan hazırlanan farklı konsantrasyonlar

3.2.1.1. ZnO solüsyonunun hazırlanması

2000 mg/l'lik solüsyon için 2 g/l hesabından faydalanılarak ¼ oran alınarak ZnO nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,5 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikül cam beher kabı içerisine alınmıştır ve 250 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 1600 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 1200 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 800 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 400 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.1.2. Fe_2O_3 solüsyonunun hazırlanması

2000 mg/l‘lik solüsyon için 2 g/l hesabından faydalanılarak ¼ oran alınarak Fe_2O_3 nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,5 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikül cam beher kap içerisine alınmıştır ve 250 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 1600 mg/l’lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 1200 mg/l’lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 800 mg/l’lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 400 mg/l’lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.1.3. Fe_3O_4 solüsyonunun hazırlanması

2000 mg/l‘lik solüsyon için 2 g/l hesabından faydalanılarak ¼ oran alınarak Fe_3O_4 nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,5 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikül cam beher kap içerisine alınmıştır ve 250 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 1600 mg/l’lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 1200 mg/l’lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 800 mg/l’lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 400 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.1.4. TiO_2 solüsyonunun hazırlanması

1000 mg/l 'lik solüsyon için 1 g/l hesabından faydalanılarak ¼ oran alınarak TiO_2 nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,25 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikülcam beher kap içerisine alınmıştır ve 250 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 800 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 600 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 400 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 200 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.1.5. CuO solüsyonunun hazırlanması

1000 mg/l'lik solüsyon için 1 g/l hesabından faydalanılarak ¼ oran alınarak CuO nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,25 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikül cam beher kap içerisine alınmıştır ve 250 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 800 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 600 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 400 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 200 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.1.6. SiO_2solüsyonunun hazırlanması

2000 mg/l'lik solüsyon için 2 g/l hesabından faydalanılarak ¼ oran alınarak SiO_2 nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,5 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikül cam beher kabı içerisine alınmıştır ve 250 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 1600 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 1200 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 800 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 400 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.1.7. AuNPs solüsyonunun hazırlanması

100 mg/l'lik solüsyon için 0,1 g/l hesabından faydalanılarak 1/2 oran alınarak Au NPs nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,05 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikül cam beher kabı içerisine alınmıştır ve 500 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 80 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 60 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 40 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 20 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.1.7. AgNPs solüsyonunun hazırlanması

100 mg/l'lik solüsyon için 0,1 g/l hesabından faydalanılarak 1/2 oran alınarak Ag NPs nanopartikülünden hassas terazi yardımıyla 0,05 gr tartılmıştır. Tartılan nanopartikül cam beher kabı içerisine alınmıştır ve 500 ml saf su üzerine eklenerek ana solüsyon hazırlanmıştır.

- Oluşturulan ana solüsyondan 40 ml üzerine 10 ml saf su eklenerek 80 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 30 ml üzerine 20 ml saf su eklenerek 60 mg/l'lik solüsyon oluşturulmuştur.

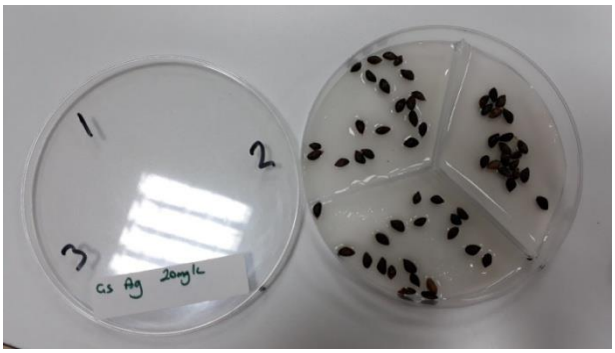
- Oluşturulan ana solüsyondan 20 ml üzerine 30 ml saf su eklenerek 40 mg/l lik solüsyon oluşturulmuştur.

- Oluşturulan ana solüsyondan 10 ml üzerine 40 ml saf su eklenerek 20 mg/l lik solüsyon oluşturulmuştur.

3.2.2. Petri Kaplarında Yürütülen Denemeler İçin Tohumlara Nanopartikül Uygulaması

Çalışmada kullanılan sarıçam tohumları, önce canlılığı kontrol edilip, temizlendikten sonra saf su içerisinde 8 saat bekletilmiştir. Çimlenmeye teşvik edilen tohumlar 3 gözlü ve her göze filtre kağıtları yerleştirilmiş petri kaplarına, her gözde 20 adet tohum olacak şekilde yerleştirilmiştir. Tüm NP çeşitlerinin her dozu için petri kaplarına etiketleme işlemi yapılmıştır.

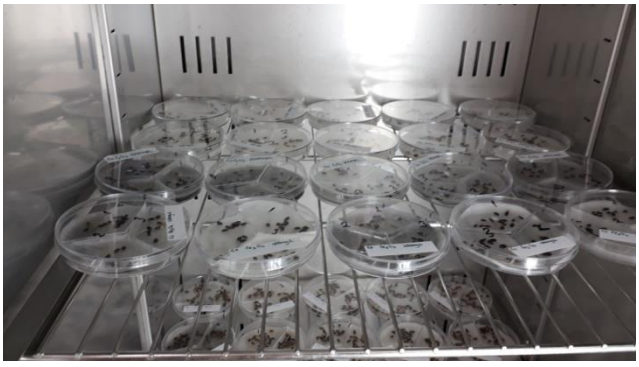
Hazırlanan her NP çeşidi ve dozuna göre ayarlanmış solüsyonlara göre petri kaplarına etiketleme yapılarak, ilgili petri kabına 0,5 ml olacak şekilde püskürtülmüştür. Farklı işlemlere göre ekimi petri kaplarına yapılan tohumlar çimlendirilmek üzere iklim dolabına yerleştirilmiştir. Her gün çimlenmeler takip edilmiş ve her NP çeşidi ve dozu için çimlenen tohumlar; farklı amaçlı başka bir araştırma için petri kaplarından alınarak saklanmak üzere folyo içerisinde -80 derece sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Günlük çimlenme sayıları kaydedilmiş ve 4, 7, 10, 14 ve 21 gün çimlenmeleri tespit edilmiştir (Fotoğraf 3.5., Fotoğraf 3.6., Fotoğraf 3.7.).



Fotoğraf 3. 5. Petri kaplarında tohumların tekerrürlere göre ayırılması



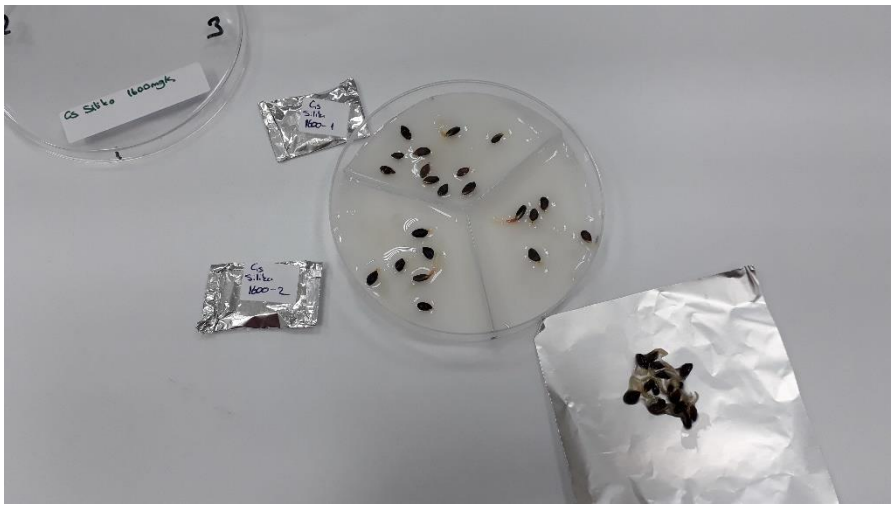
Fotoğraf 3. 6. Petri kaplarının iklimlendirme dolabına yerleşimi



Fotoğraf 3. 7. Petri kaplarının iklimlendirme dolabına yerleşimi

3.2.3. Çimlenmenin İzlenmesi

Petri kaplarına yerleştirilmiş olan tohumlara ait çimlenmeler her işlemiçin günlük olarak takip edilmiş ve her NP işlemi için çimlenen tohumlar petri kaplarından alınarak saklanmak üzere folyo içerisine alınmış olup -80°C derece sıcaklıktaki dolapta bekletilmiştir. Günlük çimlenme sayıları tutulmuş ve 4, 7, 10, 14 ve 21 gün çimlenmeleri tespit edilmiştir (Fotoğraf 3.8.).



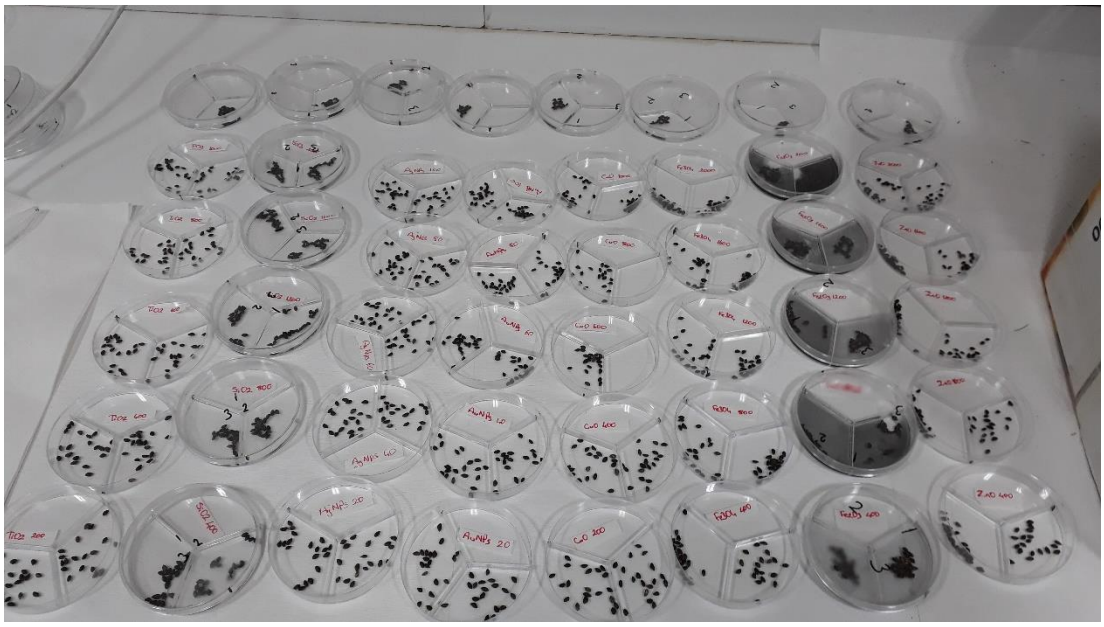
Fotoğraf 3. 8. Çimlenen tohumların sayılması ve folyolanması

3.2.4. Çimlenen Tohumlardan Oluşan Fideciklerin Ölçümü

Denemenin başlamasıyla birlikte her NP türüne ait her dozunun petri kabında bırakılan 3 adet çimlenen tohum yardımıyla, fidelerin büyümesi izlenmiştir. Uygulamanın 15. gününe gelindiğinde büyümeye bırakılan fidelere ait radikula kök boğaz çapı, uzunluğu ve plumula uzunluğu elektronik kumpas kullanılarak ölçümler yapılmıştır. 2000-1000-100 mg/l konsantrasyon grubunda 19 adet fidecikte ölçüm alınmıştır. Diğer konsantrasyon gruplarında 20 şer adet, kontrol grubunda ise 6 adet fidecikte ölçümler gerçekleştirilmiştir.

3.3. Viyollerde Yapılacak Uygulama İçin Tohumlara Nanopartikül Uygulaması

Viyollerde yapılmış olan çalışmada öncelikle steriltorf materyali viyol gözlerine doldurulduktan sonra kuru haldeki torf sulanmak suretiyle viyol içerisine nemlendirilerek torfun viyol içerisine oturması sağlanmıştır. Bu işlem ile eş zamanlı olarak kullanılacak olan tohumlar, 8 saat saf suda bekletildikten sonra her bir deneme için yeterli sayıda tohum ayrılmış ve önceden hazırlanmış olan nanopartikül işlem dozlarına maruz bırakılmıştır (Fotoğraf 3.9.)



Fotoğraf 3. 9. Sarıçam tohumlarına nanopartiküllerin uygulanması

Ön hazırlıklar bittikten sonra viyoller her NP çeşidi dozuna göre tasnif edilmiştir. Tohumlar, her bir göze dikkatli bir şekilde ekilmiştir. Daha sonra sulama yapılarak çalışmanın kurulumu tamamlanmıştır (Fotoğraf 3.10, Fotoğraf 3.11).



Fotoğraf 3. 10. Saf suda bekletilen sarıçam tohumları



Fotoğraf 3. 11. Nanopartikül konsantrasyonlarının hazırlanması

Çalışma esnasında her gün çimlenen tohum sayısını belirlemek için sayımlar yapılmıştır. Viyollerde nem durumu izlenmiş, gerektiği hallerde sulama işlemi yapılmıştır (Fotoğraf 3.12, Fotoğraf 3.13).



Fotoğraf 3. 12. Çimlenen tohumların sayılması



Fotoğraf 3. 13. Viyollerin sulanması

Bitkilerin gelişimi izlenmiş ve uygulamanın 30. gününde bitki besin solüsyonu vermek amacıyla saf su ile karışım hazırlanmış, sulama yapılarak bitki besin elementleri viyol gözlerine uygulanmıştır. Bitki gelişimini izlemek ve uygulanan NP'lerin etkilerini tespit etmek amacıyla uygulamanın 40. gününde her NP türünün her dozu için oluşturulan tekerrürlerde çimlenme ve büyüme gözlenen tüm fideciklerin, fidecik boy ve kök boğazı çap ölçümleri yapılmıştır. Çap ölçümlerinde elektronik kumpas, boy ölçümlerinde milimetrik cetvel kullanılmıştır (Fotoğraf 3.14, Fotoğraf 3.15.).

Yapılan bütün ölçümler kaydedilerek, bütün dozlara ait üç tekrarlı örneklerin ortalamaları alınmıştır. Her nanopartikül türü için ait olduğu viyolde kontrol grubu oluşturulmuştur.



Fotoğraf 3. 14. Çap ölçümünün yapılması



Fotoğraf 3. 15. Çimlenmelerden sonra viyollerin görünümü

3.4. İstatistik Analiz

Denemeler, üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen verilerin IBM SPSS Statistic 23 programı aracılığı ile istatistiki analizleri yapılmıştır. İşlemlerin etkisi varyans analizi ile kontrol ve işlem grupları arasındaki farklılıklar ise Duncan çoklu testine ile %5 önem düzeyinde ($p<0,05$) yapılmıştır.

4. BULGULAR

Laboratuvarda iklim dolabındaki petri kaplarında ve oda şartlarındaki torf dolgu maddeli viyollerde yürütülen denemelere ait bulgular aşağıda açıklanmıştır.

4.1. Petri Kaplarında Yürütülen Denemeye Ait Tespitler

Petri kaplarında çimlenmeleri ve gelişimleri gözlemlenen farklı NP işlemlerine ilişkin sarıçam tohumlarında; radikula kalınlığı ve uzunluğu ile plumula uzunluğu ait verilerinden yararlanılarak yapılan basit istatistiksel analizler, Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

Tablo 4. 1. Petri kaplarında yürütülen denemelerin işlem dozlarına ait basit istatistikler

İŞLEM DOZLARI		Adet	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Min.	Max.
RADİKULA KALINLIĞI(mm)	2000-1000-100	19	.8679	.21415*	.04913	.29*	1.16
	1600-800-80	20	.9085*	.17067	.03816	.40	1.10
	1200-600-60	20	.8750	.16382	.03663	.40	1.14
	800-400-40	20	.8660	.21259	.04754	.40	1.24*
	400-200-20	20	.8765	.15435	.03451	.55	1.24*
	Kontrol	6	.7783	.21433	.08750*	.53	1.12
RADİKULA UZUNLUĞU(cm)	2000-1000-100	19	4.3842	1.81728*	.41691	.50*	7.50
	1600-800-80	20	4.6100	1.29854	.29036	2.00	6.70
	1200-600-60	20	4.5750	.94806	.21199	3.00	6.70
	800-400-40	20	4.5950	1.12973	.25262	2.00	7.00
	400-200-20	20	4.8750*	1.50013	.33544	2.60	8.30*
	Kontrol	6	5.5833*	.89759	.36644	4.70	7.30
PLUMULA UZUNLUĞU(cm)	2000-1000-100	19	1.2526	.52108	.11954	.50	2.20
	1600-800-80	20	1.2200	.53861	.12044	.40	2.50*
	1200-600-60	20	1.1450	.56333	.12596	.30*	2.20
	800-400-40	20	1.3275*	.60032*	.13424	.50	2.50*
	400-200-20	20	1.1500	.47738	.10675	.40	2.00
	Kontrol	6	1.3500	.45935	.18753*	.60	1.80

Farklı NP işlemlerinin ölçülen değişkenlere (Radikula kalınlığı ve uzunluğu ile plumula uzunluğu) olan istatistiki etkileri Tablo 4.2.'deki Anova testi sonuçları ile

verilmiştir. Tablo 4.2. incelendiğinde; Petri kapları içerisindeki sarıçam tohumlarına uygulanan dozların radikula kalınlığı, uzunluğu ve plumula uzunluklarına ilişkin yapılmış olan varyans analizi sonuçlarına göre NP doz uygulamalarının bu değişkenler üzerinde istatistiki anlamda önemli bir etki yapmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 4. 2. Petri kaplarında yürütülen denemelerin doz etkisine ait ANOVA testi sonuçları

Değişkenler / Varyasyon Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	*P Değeri*
RADİKULA KALINLIĞI	Gruplar arası	.081	5	.016	.466	*.801*
	Gruplar İçi	3.430	99	.035		
	Toplam	3.511	104			
RADİKULA UZUNLUĞU	Gruplar arası	7.760	5	1.552	.856	*.514*
	Gruplar İçi	179.596	99	1.814		
	Toplam	187.357	104			
PULUMULA UZUNLUĞU	Gruplar arası	.559	5	.112	.386	*.857*
	Gruplar İçi	28.661	99	.290		
	Toplam	29.220	104			

Petri kaplarında çimlenmeleri ve gelişimleri gözlemlenen ve farklı NP çeşidine maruz bırakılan sarıçam tohumlarına ilişkin; radikula kalınlığı, radikula uzunluğu ve plumula uzunluğuna ait verilerinden yararlanılarak yapılan basit istatistikleri ise Tablo 4.3.‘de sunulmuştur.

Tablo 4. 3. Petri kaplarında yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait istatistiki veriler

Değişkenler/NP		Adet	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum
RADİKULA KALINLIĞI	Ag	6	.8433	.13018	.05315	.66	.99
	Au	15	.9407	.10437	.02695	.82	1.16
	CuO	13	.9238	.15185	.04212	.73	1.24
	Fe_2O_3	13	.7662	.18205	.05049	.29*	1.05
	Fe_3O_4	13	.7754	.20296	.05629	.40	1.04
	Silika	12	.7933	.25206	.07276	.40	1.24
	TiO2	15	.9740*	.12552	.03241	.72	1.15
	ZnO	12	.9717	.12648	.03651	.79	1.14
	Kontrol	6	.7783	.21433	.08750	.53	1.12
RADİKULA UZUNLUĞU	Ag	6	4.2167	1.55746	.63583	3.30	7.30
	Au	15	5.2200*	1.82647	.47159	3.00	8.30
	CuO	13	3.4769	1.08332	.30046	2.00	5.50
	Fe_2O_3	13	4.7000	1.45717	.40415	.50*	6.00
	Fe_3O_4	13	4.4231	1.06861	.29638	2.50	6.00
	Silika	12	5.3000	1.27208	.36722	3.40	7.50
	TiO_2	15	4.5600	.80071	.20674	3.30	6.70
	ZnO	12	4.7500	.92195	.26615	2.60	6.20
	Kontrol	6	5.5833*	.89759	.36644	4.70	7.30
PULUMULA UZUNLUĞU	Ag	6	1.4667*	.75277	.30732	.50	2.00
	Au	15	1.2133	.54362	.14036	.40	2.00
	CuO	13	1.0000	.29439	.08165	.50	1.50
	Fe_2O_3	13	1.3769	.62471	.17326	.30*	2.50
	Fe_3O_4	13	1.4462	.51739	.14350	.40	2.50
	Silika	12	1.4333	.55487	.16018	.60	2.20
	TiO_2	15	.8233	.26245	.06776	.40	1.30
	ZnO	12	1.2000	.51522	.14873	.40	2.00
	Kontrol	6	1.3500	.45935	.18753	.60	1.80

NP çeşitlerinin fidecik değişkenlerine etkisi Tablo 4.4'e verilmiştir.

Tablo 4. 4. Petri kaplarında yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait ANOVA testi

Değişkenler / Varyasyon Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	*P Değeri*
RADİKULA KALINLIĞI	Gruplar Arası	.780	8	.097	3.426	*.002*
	Gruplar İçi	2.731	96	.028		
	Toplam	3.511	104			
RADİKULA UZUNLUĞU	Gruplar Arası	35.104	8	4.388	2.767	*.009*
	Gruplar İçi	152.253	96	1.586		
	Toplam	187.357	104			
PULUMULA UZUNLUĞU	Gruplar Arası	4.988	8	.624	2.470	*.018*
	Gruplar İçi	24.232	96	.252		
	Toplam	29.220	104			

İlgili varyans analiz sonuç tablosu incelendiğinde; petri kapları içerisindeki sarıçam tohumlarına uygulanan NP çeşitlerinin radikula kalınlığı, uzunluğu ve plumula uzunluklarına istatistiki anlamda önemli farklılığa sebebiyet vermiştir.

Homojen grupların belirlenmesi için Duncan testi uygulanmış ve tablo 4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4. 5. Petri kaplarında yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait Duncan testi sonuçları

PLUMULA UZUNLUĞU				**RADİKULA UZUNLUĞU**					**RADİKULA KALINLIĞI**				
Duncan[a,b]													
		P=0.05				P= 0.05					P = 0.05		
NP	N	2	1	NP	N	3	2	1	NP	N	3	2	1
TiO_2	15	,8233a		CuO	13	3,4769a			Fe_2O_3	13	,7662a		
CuO	13	1,0000a	1,0000ab	Ag	6	4,2167a	4,2167ab		Fe_3O_4	13	,7754a	,7754ab	
ZnO	12	1,2000a	1,2000ab	Fe_3O_4	13	4,4231a	4,4231ab	4,4231abc	Kontrol	6	,7783a	,7783ab	
Au	15	1,2133a	1,2133ab	TiO2	15	4,5600a	4,5600ab	4,5600abc	Silika	12	,7933a	,7933ab	
Kontrol	6		1,3500b	Fe_2O_3	13		4,7000b	4,7000bc	Ag	6	,8433a	,8433ab	,8433abc
Fe_2O_3	13		1,3769b	ZnO	12		4,7500b	4,7500bc	CuO	13	,9238a	,9238ab	,9238abc
Silika	12		1,4333b	Au	15		5,2200b	5,2200bc	Au	15		,9407b	,9407bc
Fe_3O_4	13		1,4462b	Silika	12		5,3000b	5,3000bc	ZnO	12			,9717c
Ag	6		1,4667b	Kontrol	6			5,5833c	TiO_2	15			,9740c
P		*,109*	*,073*	*Sig.*		*,075*	*,093*	*,072*	*Sig.*		*,063*	*,051*	*,119*

Tablo 4.5'da verilen Duncan testi sonuçlarına göre; Plumula uzunluğuna etki eden uygulamalardan, Fe_2O_3, Silika, Fe_3O_4, Ag ve Kontrol işlemleri en yüksek değere sahip aynı grup içerisinde yer almışlardır. Radikula uzunluğunda en yüksek değer Ag NP'de, radikula kalınlığında ise ZnO ve TiO_2 NP'lerde en yüksek değerler elde edilmiştir.

4.1.1. ZnO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

ZnO NP uygulamasında kullanılan 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır. Günlük sayımlar esnasında petri kaplarında bulunan tohumlardan küflenmiş olanlar uygulamadan çıkarılmış olup, petri kabı değiştirilmiştir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 14. gününde gerçekleşmiş olup, ZnO NP'lü uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 23. güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir.

Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.6.'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 6. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

ZnO	**2000 mg/l**	**1600 mg/l**	**1200 mg/l**	**800 mg/l**	**400 mg/l**	**Kontrol**
4. GÜN	14.66	11	13	14.66	14.66	13.66
7. GÜN	16.66	16.66	18	18	19	19
10.GÜN	17.66	19	18.66	18.66	19	19
14. GÜN	18	19	18.66	18.66	19	19
21. GÜN	18	19	18.66	18.66	19	19
Çimlenme %	90	95	93,33	93,33	95	95

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula boy ve çapı ile plumula boyları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; ZnO NP'ü uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek kök boğazı çapı değerini 1600 ve 1200 mg/l'lik dozlarda yapmıştır. En yüksek plumula boyu 800 mg/l dozda iken, en yüksek radikula boyu ise 1600 mg/l dozda görülmektedir. Tablo 4.7'de ölçülen değerlerin ortalaması verilmiştir.

Tablo 4. 7. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri

NP	Mg/L	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
ZnO	2000	1.03	1.60	4.80
	1600	1.04	0.70	5.13
	1200	1.04	1.27	5.03
	800	0.79	1.75	4.50
	400	0.89	0.90	3.95
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.1.2. Fe_2O_3 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Fe_2O_3 NP uygulamasında kullanılan 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır.

Günlük sayımlar esnasında petri kaplarında bulunan tohumlardan küflenmiş olanlar uygulamadan çıkarılmış olup petri kabı değiştirilmiştir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 17. gününde gerçekleşmiş olup, nanopartikül uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 23.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir.

Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 8. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

Fe_2O_3	2000 mg/l	1600 mg/l	1200 mg/l	800 mg/l	400 mg/l	Kontrol
4. Gün	15.33	15.00	14.00	15.00	16.33	13.66
7. Gün	17.67	17.33	17.67	18.00	19.67	19
10.Gün	18.00	17.67	18.00	18.33	19.67	19
14. Gün	18.00	17.67	18.00	18.67	19.67	19
21. Gün	18.33	17.67	18.00	18.67	19.67	19
Çimlenme %	91,65	88,35	90	93,33	98,35	95

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula boy ve kök boğazı çapı ile plumula boyları ölçülmüştür (Tablo 4.9.). Uygulamanın 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edilen

sonuçlara göre Fe_2O_3 NP uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek radikula kalınlığı değerini 1200 mg/L dozda yapmıştır. En yüksek gövde boyu 800 mg/L dozda iken, en yüksek radikula boyu ise 400 mg/l dozda görülmektedir.

Tablo 4. 9. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların 15 gün fidecik değerleri

NP	Mg/L	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
Fe_2O_3	**2000**	0.68	1.20	5.03
	1600	0.75	1.60	4.95
	1200	0.88	0.97	4.83
	800	0.77	1.85	4.70
	400	0.75	1.00	5.75
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.1.3. Fe_3O_4 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Fe_3O_4 NP uygulamasında kullanılan 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın ikinci gününde maksimum düzeydedir. Günlük sayımlar esnasında petri kaplarında bulunan tohumlardan küflenmiş olanlar uygulamadan çıkarılmış olup petri kabı değiştirilmiştir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 11.gününde gerçekleşmiş olup, nanopartikül uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 23.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Tablo 4. 10. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

Fe_3O_4	2000 mg/l	1600 mg/l	1200 mg/l	800 mg/l	400 mg/l	Kontrol
4. GÜN	14.33	12.33	13.00	11.67	14.33	13.66
7. GÜN	17.00	16.33	17.00	15.33	17.00	19
10.GÜN	17.67	17.00	18.00	16.00	17.67	19
14. GÜN	17.67	17.33	18.67	16.00	17.67	19
21. GÜN	17.67	17.33	18.67	16.00	17.67	19
Çimlenme %	88,32	86,65	86,66	80	88,32	95

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula ve plumula boyları ve radikula kalınlığı ölçülmüştür (Tablo 4.11). Uygulamanın 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre; Fe_3O_4 NP'ü uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek radikula kalınlığı değeri 800 mg/l, radikula boyu Kontrol işleminde ve en yüksek plumula boyu 1600 mg/l dozda elde edilmiştir.

Tablo 4. 11. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri

NP	mg/l	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
Fe_3O_4	**2000**	0.89	1.30	3.77
	1600	0.70	1.67	4.57
	1200	0.73	1.23	4.33
	800	0.90	1.45	5.25
	400	0.53	1.50	4.50
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.1.4. TiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

TiO_2 nanopartikül uygulamasında kullanılan 1000 mg/l, 800 mg/l, 600 mg/l, 400 mg/l ve 200 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın üçüncü gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 11.gününde gerçekleşmiş olup, NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 23.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 12. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

TiO_2	1000 mg/l	800 mg/l	600 mg/l	400 mg/l	200 mg/l	Kontrol
4. GÜN	14.33	13.33	13.00	12.00	12.67	13.66
7. GÜN	17.67	17.00	16.00	18.33	16.00	19
10.GÜN	18.67	17.67	17.67	19.00	18.00	19
14. GÜN	18.67	17.67	18.00	19.00	18.00	19
21. GÜN	18.67	17.67	18.00	19.00	18.00	19
Çimlenme %	93,35	88,35	90	95	90	95

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula boy ve kalınlığı ile plumula boyları ölçülmüştür. Uygulamanın 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara (Tablo 4.13.) göre TiO_2 NP'ü uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek radikula kalınlığı değerini 200 mg/l dozda yapmıştır. En yüksek plumulave radikula boyu Kontrol işleminde iken elde edilmiştir. Dolayısıyla TiO_2 NP'nin bütün dozlarda plumula boyu ile radikula uzunluğunun gelişimini olumsuz etkilediği ifade edilebilir.

Tablo 4. 13. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri

NP	mg/l	Radikula Kalınlığı (mm)	PlumulaUzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
TiO_2	**1000**	0.99	0.80	4.50
	800	0.99	0.90	4.83
	600	0.99	0.83	5.07
	400	0.87	0.85	4.13
	200	1.03	0.73	4.27
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.1.5. Ag Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Ag NP uygulamasında kullanılan 100 mg/l, 80 mg/l, 60 mg/l, 40 mg/l ve 20mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır. Günlük sayımlar esnasında petri kaplarında bulunan tohumlardan küflenmiş olanlar uygulamadan çıkarılmış olup, petri kabı değiştirilmiştir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 14. gününde gerçekleşmiş olup, nanopartikül uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 23. güne kadar izlenmiştir. Bu zaman

diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.14'da gösterilmiştir.

Tablo 4. 14. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

AgNPs	100 mg/l	80 mg/l	60 mg/l	40 mg/l	20 mg/l	Kontrol
4. GÜN	8.67	6.00	10.33	12.00	10.00	13.66
7. GÜN	10.33	8.33	15.33	16.67	18.67	19
10.GÜN	13.00	12.33	17.67	17.33	19.33	19
14. GÜN	13.00	12.33	17.67	17.67	19.33	19
21. GÜN	13.00	12.33	17.67	17.67	19.33	19
Çimlenme %	65	61,65	88,35	88,35	96,65	95

Ag NP uygulamalarında özellikle yüksek dozlarda Kontrole göre belirgin çimlenme düşüklüğü gözlenirken Ag NP dozu düştükçe 20 mg/l olduğu gibi Kontrol işleminde elde edilen çimlenmelere ulaşılmıştır. Kısaca, Ag NP uygulaması çimlenme üzerinde olumsuz bir etki yapmıştır.

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula ve plumula boyları ve radikula kalınlığı ölçülmüştür (Tablo 4.15). Uygulama sürecinde 80 ve 60 mg/l Ag NP uygulanan petri kaplarında enfeksiyon oluştuğu için bu dozlara ait sağlıklı olacak veriler alınamamıştır. Uygulamanın 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre; Ag NP'ü uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek radikula kalınlığı değerini40 mg/l dozda yapmıştır. En yüksek plumula ve radikula uzunluğunu 100 mg/l dozda gerçekleştirmiştir.

Tablo 4. 15. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri

NP	Mg/L	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
Ag	**100**	0.84	2.00	7.30
	80	-	-	-
	60	-	-	-
	40	0.86	1.15	3.80
	20	0.83	1.50	3.47
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.1.6. Au Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Au NP uygulamasında kullanılan; 100 mg/l, 80 mg/l, 60 mg/l, 40 mg/l ve 20 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın ikinci gününde maksimum düzeydedir. Günlük sayımlar esnasında petri kaplarında bulunan tohumlardan küflenmiş olanlar uygulamadan çıkarılmış olup, NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar, 23.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4. 16. Au nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

AuNPs	100 mg/l	80 mg/l	60 mg/l	40 mg/l	20 mg/l	Kontrol
4. GÜN	14.67	13.67	16.67	14.33	13.67	13.66
7. GÜN	17.33	18.33	19.33	17.33	18.33	19
10.GÜN	17.67	18.67	19.67	18.00	18.33	19
14.GÜN	17.67	18.67	19.67	18.00	18.33	19
21.GÜN	17.67	18.67	19.67	18.00	18.33	19
Çimlenme %	88,35	93,35	98,35	90	91,65	95

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula ve plumula boyları ve radikula kalınlığı ölçülmüştür (Tablo 4.17). Uygulamanın 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara

göre Au NP uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek radikula kalınlığı değerini 100 ve 40 mg/l dozlarda yapmıştır. En yüksek plumula uzunluğu Kontrol işleminde ve radikula uzunluğu ise 20 mg/l dozda görülmektedir.

Tablo 4. 17. Au nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri

NP	mg/l	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
Au	100	0.99	1.33	4.83
	80	0.97	1.17	4.43
	60	0.85	0.70	4.07
	40	0.99	1.47	5.50
	20	0.90	1.40	7.27
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.1.7. CuO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

CuO NP uygulamasında kullanılan; 1000 mg/l, 800 mg/l, 600 mg/l, 400 mg/l ve 200 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın ikinci gününde maksimum düzeydedir. Günlük sayımlar esnasında petri kaplarında bulunan tohumlardan küflenmiş olanlar uygulamadan çıkarılmış olup petri kabı değiştirilmiştir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 10.gününde gerçekleşmiş olup, NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 23.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 18. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

CuO	1000 mg/l	800 mg/l	600 mg/l	400 mg/l	200 mg/l	Kontrol
4. Gün	12.33	12.00	14.33	13.67	14.67	13.66
7. Gün	16.33	18.33	18.67	18.67	19.33	19
10.Gün	17.33	19.00	19.33	19.00	19.33	19
14. Gün	17.33	19.00	19.33	19.00	19.33	19
21. Gün	17.33	19.00	19.33	19.00	19.33	19
Çimlenme %	86,65	95	96,65	95	96,65	95

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula ve plumula boyları ve kök boğazı çapı ölçülmüştür (Tablo 4.19). Uygulamanın 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre; CuO NP uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek radikula kalınlığı değerini 400 mg/l dozda yapmıştır. En yüksek plumula ve radikula uzunluğu kontrol işleminde görülmektedir.

Tablo 4. 19. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri

NP	Mg/L	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
CuO	1000	0.85	0.70	2.83
	800	0.92	1.17	2.90
	600	0.80	1.10	4.00
	400	1.14	1.03	3.50
	200	0.86	1.05	4.75
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.1.8. SiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

SiO_2 NP uygulamasında kullanılan; 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın ikinci günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın ikinci gününde maksimum düzeydedir. Günlük sayımlar esnasında petri kaplarında bulunan tohumlardan küflenmiş olanlar uygulamadan çıkarılmış olup petri kabı değiştirilmiştir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 16.gününde gerçekleşmiş olup, NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 23.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.20'de ölçülen değerlerin ortalaması verilmiştir.

Tablo 4. 20. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

SiO_2	2000 mg/l	1600mg/l	1200mg/l	800mg/l	400mg/l	Kontrol
4. GÜN	13.67	13.67	13.00	11.67	12.33	13.66
7. GÜN	18.00	18.00	17.67	17.00	17.67	19
10.GÜN	18.67	18.00	18.00	17.67	17.67	19
14. GÜN	19.00	18.00	18.00	17.67	18.00	19
21. GÜN	19.00	18.00	18.00	17.67	18.33	19
Çimlenme %	95	90	90	88,35	91,65	95

Uygulamanın 15. gününde petri kaplarında büyümeye bırakılan tohumların çimlendikten sonraki radikula ve plumula boyları ve radikula kalınlığı ölçülmüştür. Uygulamanın 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara (Tablo 4.21) göre SiO_2NP uygulanan tohumlar çimlendikten sonra en yüksek radikula kalınlığı değerini 400 mg/l dozda yapmıştır. En yüksek plumula ve radikula boyu ise 2000 mg/l dozda görülmüştür.

Tablo 4. 21. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 15. gün fidecik değerleri

NP	mg/l	Radikula Kalınlığı (mm)	Plumula Uzunluğu (cm)	Radikula Uzunluğu (cm)
SiO_2	**2000**	0.61	2.20	7.50
	1600	0.94	1.47	5.57
	1200	0.81	1.90	4.50
	800	0.45	0.80	5.65
	400	0.99	1.10	4.87
	Kontrol	0,79	1,57	5,73

4.2. Viyollerde Yürütülen Denemeye Ait Tespitler

Nanopartükül uygulaması yapılmış ve viyollere ekilerek çimlenme ve gelişimi izlenen sarıçam tohumlarına ilişkin; fidecik boyu (FB) ve kök boğaz çapına (KBÇ) ait verilerinden yararlanılarak yapılan basit istatistiki veriler Tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4. 22. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait basit istatistiki veriler

		N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maximum
FİDECİK BOYU	Silika	145	6.425	.8369	.0695	3.8	8.5
	Ag	130	6.358	1.3144	.1153	2.5	9.2
	CuO	104	6.563	.9208	.0903	3.1	8.6
	Fe2O3	144	5.904	1.0660	.0888	1.0	8.8
	Fe3O4	120	6.493	.8810	.0804	3.8	9.2
	Au	145	6.815*	.8989	.0746	2.5	8.7
	TiO2	144	6.658	.8873	.0739	4.0	8.7
	ZnO	128	5.977	.9905	.0875	3.2	8.8
KÖK BOĞAZI ÇAPI	Silika	145	.7872	.12008	.00997	.49	1.21
	Ag	130	.7696	.14841	.01302	.35	1.22
	CuO	104	.8171	.11570	.01135	.59	1.11
	Fe2O3	144	.8261	.11694	.00974	.52	1.12
	Fe3O4	120	.8009	.10451	.00954	.51	1.06
	Au	145	.7261	.08012	.00665	.48	.90
	TiO2	144	.6684	.33832	.02819	.40	4.50
	ZnO	128	.8530*	.10163	.00898	.66	1.12

Tablo 4.23. incelendiğinde; viyollerdeki sarıçam tohumlarına uygulanan NP' lerin FB ve KBÇ ilişkin, yapılmış olan varyans analizi sonuçlarına göre, NP çeşitleri FB ve KBÇ üzerinde istatistiki olarak anlamlı etki yapmıştır (Tablo 4.23). Homojen grupların belirlenmesi için Duncan testi uygulanmış ve tablo 4.24.'de verilmiştir.

Tablo 4. 23. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait ANOVA testi

Değişken/Varyasyon Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	*P Değeri*
FİDAN BOYU	Gruplar Arası	97.006	7	13.858	14.301	*.000*
	Gruplar İçi	1019.410	1052	.969		
	Toplam	1116.416	1059			
KÖK BOĞAZI ÇAPI	Gruplar Arası	3.419	7	.488	18.246	*.000*
	Gruplar İçi	28.156	1052	.027		
	Toplam	31.575	1059			

Tablo 4.24'de gösterildiği gibi uygulanmış olan Duncan testi sonuçlarına göre; FB etki eden uygulamalardan, Au NP uygulaması diğer uygulamalara nazaran daha iyi sonuçlar vermiş ve 1. grupta yer almıştır. Kök boğazı çapında en yüksek değer ZnO, TiO2 ve CuO NP' lerinde gözlenmiştir.

Tablo 4. 24. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan nanopartiküllere ait Duncan testi sonuçları

FİDECİK BOYU					**KÖK BOĞAZ ÇAPI**						
DUNCAN[a,b,c]											
NP	N	Önem düzeyi =0.05			NP	N	Önem düzeyi = 0.05				
		3	2	1			5	4	3	2	1
Fe_2O_3	144	5.904a			TiO_2	144	,6684a				
ZnO	128	5.977a			Au	145		,7261b			
Ag	130		6.358b		Ag	130			,7696c		
Silika	145		6.425b		Silika	145			,7872c	,7872cd	
Fe_3O_4	120		6.493b	6.493bc	Fe_3O_4	120			,8009c	,8009cd	
CuO	104		6.563b	6.563bc	CuO	104				,8171d	,8171e
TiO_2	144		6.658b	6.658bc	Fe_2O_3	144				,8261d	,8261e
Au	145			6.815c	ZnO	128					,8530e

NP uygulaması yapılmış ve viyollere ekilerek çimlenme ve gelişimi izlenen sarıçam tohumlarına ilişkin; FB ve KBÇ ait verilerinden yararlanılarak yapılan basit istatistikler Tablo 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4. 25. Viyollerde yapılan çalışmanda uygulanan dozlara ait istatistiki veriler

Değişkenler / Dozlar		N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum
FİDECİK BOYU	2000-1000-100	202	6.403	.9476	.0667	3.8	9.2
	1600-800-80	188	6.272	.9495	.0692	4.1	8.3
	1200-600-60	205	6.282	1.0524	.0735	1.0	8.7
	800-400-40	200	6.465	1.0599	.0749	2.5	8.8
	400-200-20	200	6.560*	1.0849	.0767	1.1	9.2
	Kontrol	65	6.408	1.0589	.1313	3.2	8.4
KÖK BOĞAZI ÇAPI	2000-1000-100	202	.7725	.11954	.00841	.42	1.12
	1600-800-80	188	.7927*	.13121	.00957	.47	1.22
	1200-600-60	205	.7823	.12302	.00859	.40	1.11
	800-400-40	200	.7711	.13041	.00922	.47	1.12
	400-200-20	200	.7877	.29509	.02087	.41	4.50
	Kontrol	65	.7349	.15222	.01888	.35	1.21

Değişkenler üzerinde NP dozlarının etkisi varyans analizi ile (Tablo 4.26) ortaya konmaya çalışılmıştır. Viyollerdeki sarıçam tohumlarına uygulanan NP' lerin sadece FB değişkeni üzerinde istatistiki anlamda önemli etkisi olmuştur. Homojen grupların belirlenmesi adına Duncan testi uygulanmış ve tablo 4.27.'de sunulmuştur.

Tablo 4. 26. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan dozlara ait ANOVA testi

Değişken / Varyasyon Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	*P Değeri*
FİDECİK BOYU	Gruplar Arası	11.864	5	2.373	2.264	*.046*
	Gruplar İçi	1104.552	1054	1.048		
	Toplam	1116.416	1059			
KÖK BOĞAZI ÇAPI	Gruplar Arası	.200	5	.040	1.340	*.245*
	Gruplar İçi	31.375	1054	.030		
	Toplam	31.575	1059			

FB değişkeni için yapılan Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 4.27); FB'ye etki eden uygulama dozlarından, 400 mg/l, 200 mg/l ve 20 mg/l' lik yani en düşük doz grubu uygulaması diğer konsantrasyonlara nazaran daha iyi sonuçlar vermiş ve 1. grupta yer almıştır.

Tablo 4. 27. Viyollerde yapılan çalışmada uygulanan dozlara ait Duncan testi sonuçları

FİDANBOYU			
DUNCAN[a,b,c]			
		Önem Düzeyi = 0.05	
DOZ	N	2	1
1600-800-80	188	6.272a	
1200-600-60	205	6.282a	
2000-1000-100	202	6.403a	6.403ab
Kontrol	65	6.408a	6.408ab
800-400-40	200	6.465a	6.465ab
400-200-20	200		6.560b
Sig.		.100	.234

4.2.1. ZnO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

ZnO NP uygulamasında kullanılan; 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın 10. günü alınmaya başlamıştır. Diğer NP uygulamalarına göre çimlenmede belirgin bir gecikme etkisi olduğu saptanmıştır. Çimlenmeler uygulamanın 11. gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 23.gününde gerçekleşmiş olup, ZnO nanopartikülü uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği

gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4. 28. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

ZnO	2000 mg/l	1600mg/l	1200mg/l	800mg/l	400mg/l	KONTROL
4. GÜN	0	0	0	0	0	0
7. GÜN	0	0	0	0	0	0
10.GÜN	7	5	5.67	6	7.33	5
14. GÜN	9.33	6.33	9	8.33	8.67	8
21. GÜN	9.67	7	9.33	8.67	9.33	8
30.GÜN	9.67	7	9.33	8.67	9.33	8
34.GÜN	9.67	7	9.33	8.67	9.33	8
Çimlenme %	74,38	53,84	71,76	66,69	71,76	61,53

Viyollerde yapılan uygulamanın, 40. günlerinde fidecik kök boğazı çap ve boyuna dair ölçümler yapılmıştır (Tablo 4. 29).

Tablo 4. 29. ZnO nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen çap ve boy değerleri

ZnO						
mg/l	**2000**	**1600**	**1200**	**800**	**400**	**KONTROL**
BOY(cm)	6.02554	5.73222	5.99861	5.82667	6.16750	6.35714
ÇAP(mm)	0.83466	0.84262	0.84242	0.86474	0.87867	0.82375

4.2.2. Fe_2O_3 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Fe_2O_3 NP uygulamasında kullanılan; 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın 8. günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın 13. gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 31.gününde gerçekleşmiş olup, Fe_2O_3 NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.30'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 30. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

Fe_2O_3	2000 mg/l	1600mg/l	1200mg/l	800mg/l	400mg/l	KONTROL
4. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.GÜN	7.00	8.67	8.00	10.00	9.33	10.00
14. GÜN	8.00	9.67	9.33	10.00	9.67	11.00
21. GÜN	8.00	10.00	9.33	10.00	9.67	11.00
30.GÜN	8.00	10.00	9.33	10.00	10.00	11.00
34.GÜN	8.00	10.00	9.33	10.00	10.00	11.00
Çimlenme %	61,53	76,92	71,76	76,92	76,92	84,61

Viyollerde yapılan uygulamanın, 40. günlerinde çap ve boya dair ölçümler yapılmıştır. Fe_2O_3 nanopartikülü uygulanan tohumlara ait boy ve çap ortalamaları alınıp Tablo 4.31'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 31. Fe2O3 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen çap ve boy değerleri

Fe_2O_3						
mg/l	**2000**	**1600**	**1200**	**800**	**400**	**KONTROL**
BOY(cm)	6.08478	5.49631	6.18485	6.36662	5.45769	6.11818
ÇAP (mm)	0.80247	0.83122	0.83425	0.82404	0.84744	0.76364

4.2.3. Fe_3O_4 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Fe_3O_4 NP uygulamasında kullanılan; 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın 10. günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın on üçüncü gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 31.gününde gerçekleşmiş olup, Fe_3O_4 NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.32'de verilmiştir.

Tablo 4. 32. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

Fe_3O_4	2000 mg/l	1600mg/l	1200mg/l	800mg/l	400mg/l	KONTROL
4. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.GÜN	7.67	5.33	7.67	4.67	6.00	6.00
14. GÜN	9.00	6.00	8.33	5.67	6.00	8.00
21. GÜN	10.00	6.67	8.67	6.33	7.00	8.00
30. GÜN	10.67	6.67	8.67	7.00	7.67	9.00
34. GÜN	10.67	6.67	8.67	7.00	7.67	9.00
Çimlenme %	82,07	51,30	66,69	53,84	59,00	69,23

Viyollerde yapılan uygulamanın, 40.günde çap ve boya dair ölçümler yapılmıştır. Fe_3O_4 NP'ü uygulanan tohumlardan gelişen fideciklere ait boy ve çap ortalamaları alınıp Tablo 4.33' de gösterilmiştir.

Tablo 4. 33. Fe3O4 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. Gün ölçülen çap ve boy değerleri

Fe_3O_4						
mg/l	**2000**	**1600**	**1200**	**800**	**400**	**KONTROL**
BOY(cm)	6.78741	6.46032	6.50061	6.29685	6.32381	6.38571
ÇAP (mm)	0.79358	0.81587	0.77830	0.85244	0.78929	0.78714

4.2.4. TiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

TiO_2 NP uygulamasında kullanılan; 1000 mg/l, 800 mg/l, 600 mg/l, 400 mg/l ve 200 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın sekizinci günü alınmaya başlamıştır.

Çimlenmeler uygulamanın 11. gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 31.gününde gerçekleşmiş olup, TiO_2 NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.34'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 34. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

TiO_2	1000 mg/l	800mg/l	600mg/l	400mg/l	200mg/l	KONTROL
4. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.GÜN	9.67	11.00	9.33	7.67	8.33	8.00
14. GÜN	9.67	11.00	9.33	7.67	8.33	8.00
21. GÜN	9.67	11.00	9.33	7.67	8.67	9.00
30. GÜN	10.00	11.00	9.33	8.00	9.00	9.00
34. GÜN	10.00	11.00	9.33	8.00	9.00	9.00
Çimlenme %	76,92	84,61	71,76	61,53	69,23	69,23

Viyollerde yapılan uygulamanın, 40.gününde fidecik çap ve boya dair ölçümler yapılmıştır. TiO_2 NP uygulanan tohumlara ait fidecik boy ve çap ortalamaları alınıp, Tablo 4.35'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 35. TiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri

TiO_2						
mg/l	**1000**	**800**	**600**	**400**	**200**	**KONTROL**
BOY(cm)	6.49232	6.65939	6.50000	6.95361	6.84360	6.31111
ÇAP (mm)	0.62073	0.65797	0.63067	0.62615	0.79951	0.58889

4.2.5. Ag Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Ag nanopartikül uygulamasında kullanılan; 100 mg/l, 80 mg/l, 60 mg/l, 40 mg/l ve 20 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın 11. günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın 12. gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 31.gününde gerçekleşmiş olup, Ag nanopartikülü uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.36'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 36. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

Ag	100 mg/l	80 mg/l	60 mg/l	40 mg/l	20 mg/l	KONTROL
4. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.GÜN	5.17	0.33	1.33	4.33	7.33	6.00
14. GÜN	6.50	5.33	6.67	7.67	9.00	11.00
21. GÜN	7.33	8.33	8.67	9.00	9.00	11.00
30. GÜN	7.67	8.67	9.00	9.00	9.00	11.00
34. GÜN	7.67	8.67	9.00	9.00	9.00	11.00
Çimlenme %	59	66,69	69,23	69,23	69,23	84,61

Viyollerde yapılan uygulamanın, 40. günlerinde çap ve boya dair ölçümler yapılmıştır. Ag nanopartikülü uygulanan tohumlara ait boy ve çap ortalamaları alınıp Tablo 4.37 ‘de gösterilmiştir.

Tablo 4. 37. Ag nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri

Ag						
mg/l	**100**	**80**	**60**	**40**	**20**	**KONTROL**
BOY (cm)	6.30	5.70	5.55	6.52	7.49	6.51
ÇAP(mm)	0.76	0.88	0.81	0.72	0.67	0.68

4.2.6. Au Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

Au NP uygulamasında kullanılan;100 mg/l, 80 mg/l, 60 mg/l, 40 mg/l ve 20 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın sekizinci günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın on birinci gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 31.gününde gerçekleşmiş olup, Au nanopartikülü uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.38’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 38. Au nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

Au	100 mg/l	80 mg/l	60 mg/l	40 mg/l	20 mg/l	Kontrol
4. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.GÜN	1.00	3.67	4.33	5.33	2.33	3.00
14. GÜN	7.00	8.67	10.00	11.00	8.00	9.00
21. GÜN	8.33	9.33	10.33	11.33	9.00	9.00
30.GÜN	8.33	9.33	10.33	11.33	9.33	9.00
34.GÜN	8.67	9.33	10.33	11.33	9.67	9.00
Çimlenme %	66,69	71,76	79,46	87,15	74,38	69,23

Viyollerde yapılan uygulamanın, kırkıncı günlerinde çap ve boya dair ölçümler yapılmıştır. Au nanopartikülü uygulanan tohumlara ait boy ve çap ortalamaları alınıp Tablo 4.39 ‘de gösterilmiştir.

Tablo 4. 39. Au nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri

	Au					
mg/l	**100**	**80**	**60**	**40**	**20**	**KONTROL**
BOY(cm)	6.75667	6.91667	6.69167	6.94916	6.74483	7.00000
ÇAP(mm)	0.75022	0.72180	0.74259	0.71636	0.70049	0.68600

4.2.7. CuO Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

CuO NP uygulamasında kullanılan; 1000 mg/l, 800 mg/l, 600 mg/l, 400 mg/l ve 200 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın 11. günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın 15. gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 31.gününde gerçekleşmiş olup, CuO nanopartikülü uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.40’deverilmiştir.

Tablo 4. 40. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

CuO	1000 mg/l	800 mg/l	600 mg/l	400 mg/l	200 mg/l	Kontrol
4. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14. GÜN	2.67	3.00	3.33	1.33	2.00	1.00
21. GÜN	7.00	8.00	6.33	6.67	5.00	3.00
30.GÜN	7.00	8.33	7.33	7.33	5.67	3.00
34.GÜN	7.33	8.33	7.67	8.00	6.67	3.00
Çimlenme %	56,38	64,07	59,00	61,53	51,30	23,07

Viyollerde yapılan uygulamanın, 40.gününde çap ve boya dair ölçümler yapılmıştır. CuO NP uygulanan tohumlara ait boy ve çap ortalamaları alınıp, Tablo 4.41'de verilmiştir.

Tablo 4. 41. CuO nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri

CuO						
mg/l	**1000**	**800**	**600**	**400**	**200**	**KONTROL**
BOY (cm)	6.52	6.48	6.58	6.48	6.65	6.63
ÇAP (mm)	0.78	0,80	0.77	0.81	0.75	0.72

4.2.8. SiO_2 Nanopartikül Uygulamasına Ait Tespitler

SiO_2 NP uygulamasında kullanılan; 2000 mg/l, 1600 mg/l, 1200 mg/l, 800 mg/l ve 400 mg/l dozlarında ilk çimlenmeler uygulamanın 10. günü alınmaya başlamıştır. Çimlenmeler uygulamanın 11. gününde maksimum düzeydedir. Tüm dozlar baz alındığında en son çimlenme uygulamanın 31.gününde gerçekleşmiş olup, SiO_2 NP uygulanan fakat çimlenmeyen tohumlar 40.güne kadar izlenmiştir. Bu zaman diliminde çimlenmeyen tohumların canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 4, 7, 10, 14 ve 21 günlük çimlenme sayıları 3 tekrarında ortalaması alınarak Tablo 4.42'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 42. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların günlere göre çimlenme sayıları ortalaması ve çimlenme yüzdesi

SiO_2	2000 mg/l	1600 mg/l	1200 mg/l	800 mg/l	400 mg/l	Kontrol
4. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. GÜN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.GÜN	7.33	7.33	4.67	6.67	7.00	4.00
14. GÜN	9.00	9.33	8.67	9.33	9.67	8.00
21. GÜN	10.00	9.67	10.00	10.67	10.33	9.00
30.GÜN	10.33	10.00	10.00	10.67	10.33	10.00
34.GÜN	10.33	10.00	10.00	10.67	10.33	10.00
Çimlenme %	79,46	76,92	76,92	82,07	79,46	76,92

Viyollerde yapılan uygulamanın, 40. gününde çap ve boya dair ölçümler yapılmıştır. SiO_2 nanopartikülü uygulanan tohumlara ait fideciklerin boy ve çap ortalamaları alınıp, tablo 4.43'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 43. SiO2 nanopartikülü uygulanan tohumların 40. gün ölçülen fidecik çap ve boy değerleri

	SiO_2					
mg/L	**2000**	**1600**	**1200**	**800**	**400**	**KONTROL**
BOY(cm)	6.33	6.58	6.32	6.18	6.69	6.13
ÇAP (mm)	0.80	0.77	0.77	0.72	0.80	0.87

5. TARTIŞMA

Bazı (Silika, Fe_2O_3, Manyetit (Fe_3O_4), ZnO, TiO_2, Au, CuO, Ag) nano partiküllerin 5 farklı dozunun sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bu tez kapsamında özetle şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- ✓ NP uygulaması radikula uzunluğu üzerinde istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Plumula uzunluğu üzerinde Ag,Fe_3O_4,SiO_2 nanopartiküllerinin istatistik anlamda önemli bir etkisi saptanmıştır. Radikula kalınlığında ise ZnO ve TiO_2 nanopartikülleri pozitif etkiler göstermiştir.
- ✓ Petri kaplarında gerçekleştirilen çalışmada çimlenme yüzdesi değerleri göz önüne alındığında Fe_2O_3nanopartikülünün 400 mg/l ve Au nanopartikülünün 60 mg/l konsantrasyonu %98,35' oranında çimlenme göstererek pozitif etkiler göstermiştir.
- ✓ Viyollerde yapılan çalışmada tüm NP türleri ve kontrol grubu arasında yapılan gözlemler sonucunda, Au nanopartikülü 40 mg/l konsantrasyonda %87.15' lik oranla en yüksek çimlenme yüzdesi değerini vermiştir.
- ✓ Kullanılan NP'ler arasında viyollerde yapılan çalışmada 40. gün sonu itibariyle en yüksek kök boğazı çap gelişimi 0,88 cm,en iyi boy gelişimi 7,49 cm ile Ag NP uygulaması ile gerçekleşmiştir.

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 etkisi olduğu tespit edilmiştir (Thuesombat vd., 2014). 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.

CuO NP'lerin 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. Yürütülen bu tez kapsamında ise CuO NP'nün verileri değerlendirildiğinde; en yüksek çimlenme yüzdesi değerleri 600 ve 800 mg/l konsantrasyonlarda gerçekleşmiş, diğer doz gruplarında tohumların inhibasyona maruz kaldığı görülmüştür. En yüksek boy büyümesi değeri düşük doz olan 200 mg/l konsantrasyon grubunda gerçekleşerek, CuO NP'ünün yüksek dozlarının bitki gelişimine olumsuz etkisi olduğu tespit edilmiştir.

TiO_2 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 TiO_2 nanopartikülleri için negatif etkiye rastlanmadığı Nazikcan (2015) tarafından ifade edilmiştir. TiO_2 NP muamelesi ile bitkilerde yüksek konsantrasyonlarda kök büyümesi önemli derecede arttığı Clément vd. (2013) tarafından belirtilmiştir. Bu araştırma kapsamında ise TiO_2 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.

Fe_2O_3 NP'nde çok fazla denenmiş bitki olmamakla birlikte Askary vd. (2016)'nın yaptığı çalışmada nane bitkisinde yüksek konsantrasyonlu Fe_2O_3 NP olumlu etki yaptığı belirtilmiştir. Yürütülen bu tez kapsamında ise en fazla çap artımı araştırma kapsamındaki denenen en yüksek doz olan 800 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.

Fe_3O_4 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; Fe_3O_4NP'ünün en fazla çap artımını 1600 mg/l doz ile, en yüksek çimlenme yüzdesini 2000 mg/l doz ile ve en yüksek fidecik boyu büyümesini 2000mg/l doz ile gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Silika NP'lerinin tohum çimlenmesi ve salatalığın (*Cucumis sativus*) büyüme ve gelişimi üzerinde 200 mg/ldoz 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 nano parçacıklarının 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 plumula uzunluğu 2000 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 gözlendiği Du vd. (2010) tarafından ifade edilmiştir. Zn NP'nde soğan bitkisi tohumunun çimlenmesi üzerinde düşük konsantrasyonlarda artışa neden olurken, yüksek konsantrasyonlarda

düşüşler gözlenmiştir (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 pulumula uzamasının yüksek dozlarda olduğu ve çimlenmenin 1600 mg/l konsantrasyonda fazla olduğu tespit edilmiştir. Viyollerde yapılan çimlendirmelerde; en fazla fidecik kök boğazı çapı ve boy büyümesinin de 400mg/l konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

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 bakir bir alan olarak değerlendirilmektedir.

6.1. ZnO NanopartikülUygulamalarına Ait Sonuçlar

6.1.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Verilerin değerlendirilmesinde; en hızlı çimlenme 400 mg/l konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Çimlenme % ise 1600 mg/l ve 400 mg/l konsantrasyonlarda en yüksek değerleri vermiş, diğer dozların çimlenme üzerinde inhibe edici etki yaptığı gözlenmiştir. Çimlenen fidecikler en yüksek radikula kalınlığını 1600 ve 1200 mg/l konsantrasyonlarda gerçekleştirmiştir. Kontrol gruplarına göre ZnO NP'nün çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. En yüksek plumula boyu büyümesini 800 mg/l konsantrasyonda yapmış bulunmaktadır. Kontrol grubuna göre bu değer yüksek olup, ZnO NP'nün söz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek radikula uzunluğu 1600 mg/l'lik dozda elde edilmiştir. Bu durum kontrol gruplarında daha yüksek durumdadır. Kök boyu büyümesi üzerinde ZnO nanopartikülü olumsuz etki yapmaktadır. Kök boyu büyümesi üzerinde ZnO nanopartikülünün inhibe edici özelliği vardır.

6.1.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda; çimlenmeler alınmış ve uygulamanın 40. gününde boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre; ZnO NP çimlenme yüzdesi üzerinde en yüksek etkiyi 2000 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Çimlenme üzerinde ZnO NP'nün bu dozunda olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. 40.günde yapılan boy ölçümleri sonunda alınan verilere göre kontrol işleminde alınan boy

büyümesi değerleri, diğer uygulamalara göre daha yüksektir. ZnO NP, sarıçam bitkisinin boy büyümesi üzerinde olumsuz etkileri olduğu gözlenmiştir. ZnO NP uygulanan tohumlarda 40. günde 400 mg/l konsantrasyonda çap büyümesi en yüksek seviyededir. ZnO nanopartikülünün çap büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

6.2. Fe_2O_3Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar

6.2.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Veri analizlerlerinde; En hızlı çimlenme ve en yüksek çimlenme yüzdesi değeri 400 mg/l dozda gerçekleştiği saptanmıştır. En yüksek radikula çapını 1200 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Kontrol işlemine göre Fe_2O_3 NP çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. En yüksek gövde boyu büyümesini 800 mg/l konsantrasyonda yapmış bulunmaktadır. Kontrol işlemine göre bu değer yüksek olup, Fe_2O_3 nanopartikülünün söz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek kök boyu büyümesi 400 mg/l'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Bu durum kontrol gruplarında daha düşük durumdadır. Kök boyu büyümesi üzerinde Fe_2O_3 NP olumlu etki yapmaktadır.

6.2.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda; çimlenmeler alınmış ve uygulamanın kırkıncı gün boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre en yüksek çimlenme değeri kontrol grubunda alınmıştır. Çimlenme üzerinde Fe_2O_3 NP'nün olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır. 40. günde yapılan boy ölçümleri sonunda alınan verilere göre 800 mg/l konsantrasyonda alınan boy büyümesi değerleri en yüksek boy büyümesi değerleridir. Fe_2O_3 NP'nün, 800 mg/l konsantrasyonda sarıçam bitkisinin boy büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Fe_2O_3 NP'ü uygulanan tohumlarda 40. günde 1200 mg/l konsantrasyonda çap büyümesi en yüksek seviyededir. Fe_2O_3 NP'nün çap büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

6.3. Fe_3O_4 Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar

6.3.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Uygulama sonucunda petri kaplarında yer alan tohumlarda çimlenmeler alınmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda; En hızlı çimlenme 2000 mg/l konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Ancak, çimlenme yüzdesi değerlerine bakıldığında tüm konsantrasyonların kontrol grubuna göre daha düşük çimlenme yüzdesine sahip olduğu görülmüştür. Fe_3O_4 nanopartikülünün çimlenme üzerinde olumsuz etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek radikula çapını 800 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Kontrol gruplarına göre Fe_3O_4 nanopartikülünün çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. En yüksek gövde boyu büyümesini 1600 mg/l konsantrasyonda yapmış bulunmaktadır. Kontrol gruplarına göre bu değer yüksek olup, Fe_3O_4 nanopartikülünün söz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek kök boyu büyümesi 800 mg/l 'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Bu durum kontrol gruplarında daha yüksek durumdadır. Kök boyu büyümesi üzerinde Fe_3O_4 nanopartikülünün tüm dozlarının olumsuz etki yaptığı saptanmıştır.

6.3.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda çimlenmeler alınmış ve uygulamanın kırkıncı gün boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre en yüksek çimlenme yüzdesi değeri 2000 mg/l konsantrasyondan alınmıştır. Çimlenme üzerinde Fe_3O_4nanopartikülünün 2000 mg/l konsatrasyonda olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. Kırkıncı günde yapılan boy ölçümlerinde 2000 mg/l konsantrasyonda alınan boy büyümesi değerleri en yüksek boy büyümesi değerleridir. Fe_3O_4 nanopartikülünün, sarıçam bitkisinin boy büyümesi üzerinde uygulamanın kırkıncı günü sonunda alınan verilere göre olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Fe_3O_4 nanopartikülü uygulanan tohumlarda kırkıncı günde 800 mg/l konsantrasyonda çap büyümesi en yüksek seviyededir. Fe_3O_4nanopartikülününuygulamanın kırkıncı günü sonunda alınan verilere göre çap büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

6.4. TiO_2Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar

6.4.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Uygulama sonucunda petri kaplarında yer alan tohumlarda çimlenmeler alınmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda en hızlı çimlenme 400 mg/l konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Çimlenme yüzdesi üzerinde 400 mg/l konsantrasyon grubu kontrolle aynı orana sahiptir. Çimlenme üzerinde TiO_2 NP'nün olumlu bir etkisi gözlenmemiştir. En yüksek radikula çapını 200 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Kontrol gruplarına göre TiO_2 NP'nün çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. En yüksek gövde boyu büyümesini 800 mg/l konsantrasyonda yapmış bulunmaktadır. Kontrol gruplarına göre bu değer düşük olup, TiO_2 NP'nünsöz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek kök boyu büyümesi 600 mg/l 'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Bu durum kontrol gruplarında daha yüksek durumdadır. Kök boyu büyümesi üzerinde TiO_2 NP'ü olumsuz etki yaptığı saptanmıştır.

6.4.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda çimlenmeler alınmış ve uygulamanın kırkıncı gün boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre en yüksek çimlenme yüzdesi değeri 800 mg/l konsantrasyondan alınmıştır. Çimlenme üzerinde TiO_2 NP'nün 800 mg/l konsantrasyondan olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. 40.günde alınan boy ölçümlerinde 400 mg/l konsantrasyonda en yüksek boy büyümesi değeri gösterdiği izlenmiştir. TiO_2NP'nün, sarıçam bitkisinin boy büyümesi üzerinde 400 mg/l konsantrasyonda olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. TiO_2 NP uygulanan tohumlarda kırkıncı günde 200 mg/l konsantrasyonda çap büyümesi en yüksek seviyededir. TiO_2 NP'nün çap büyümesi üzerinde 200 mg/l konsantrasyonda olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

6.5. Ag Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar

6.5.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Uygulama sonucunda petri kaplarında yer alan tohumlarda çimlenmeler alınmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda en hızlı çimlenme 20 mg/l konsantrasyonda gerçekleşmiştir. 20 mg/l konsantrasyondan yüksek olan dozlarda Ag NPs çimlenme sayısında gözle görünür derecede düşüşe neden olarak çimlenmeyi olumsuz etkilemiştir. En yüksek radikula çapını 40 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Kontrol gruplarına göre Ag NP'nün çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. En yüksek kök ve gövde boyu büyümesini 100 mg/l konsantrasyonda yapmış bulunmaktadır. Kontrol gruplarına göre bu değer yüksek olup, Ag nanopartikülünün söz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır.

6.5.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda çimlenmeler alınmış ve uygulamanın 40. gün boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre en yüksek çimlenme yüzdesi değeri kontrol grubunda alınmıştır. Çimlenme üzerinde Ag NP'nün olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır. 40. günde alınan boy ölçümlerinde 20 mg/l konsantrasyonda en yüksek boy büyümesi değeri gösterdiği izlenmiştir. Ag NP'nün, sarıçam bitkisinin boy büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Ag nanopartikülü uygulanan tohumlarda kırkıncı günde 80 mg/l konsantrasyonda çap büyümesi en yüksek seviyededir. Ag NP'nün çap büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

6.6. Au Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar

6.6.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Yapılan analizler sonucunda; En yüksek çimlenme yüzdesi 60 mg/l konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Diğer doz grupları çimlenme üzerinde olumsuz etkiler göstermiştir. En yüksek radikula çapını 100 ve 40 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Kontrol gruplarına göre Au NP'nün çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. Gövde boyu gelişimi üzerinde Au NP'nün tüm dozları kontrol grubuna göre düşük etkiler

göstermiştir. Au nanopartikülünün söz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek kök boyu büyümesi 20 mg/l'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Bu durum kontrol gruplarında daha düşük durumdadır. Kök boyu büyümesi üzerinde Au NP'ü olumlu etki yaptığı saptanmıştır.

6.6.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda çimlenmeler alınmış ve 40. gün boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre en yüksek çimlenme yüzdesi değeri 40 mg/l konsantrasyon grubunda alınmıştır. Çimlenme üzerinde Au NP'nün 40 mg/l konsantrasyonda tohum çimlenmesine olumlu etkileri görülmüştür. Diğer konsantrasyon grupları çimlenme üzerinde olumsuz etkilidir. Kırkıncı günde alınan boy ölçümlerinde tüm doz gruplarının kontrole göre daha düşük büyüme gösterdiği saptanmış, Au NP'nün boy büyümesi üzerinde olumsuz etki gösterdiği görülmüştür. Au NP'ü uygulanan tohumlarda kırkıncı günde 100 mg/l konsantrasyonda çap büyümesi en yüksek seviyededir. Ag NP'nün 100 mg/l konsantrasyonda çap büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Diğer dozlarda negatif etkiler saptanmıştır.

6.7. CuO Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar

6.7.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Yapılan analizler neticesinde; En yüksek çimlenme yüzdesi değeri 600 ve 200 mg/l konsantrasyonlarda gerçekleşmiştir. En yüksek radikula çapını 400 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Kontrol gruplarına göre CuO NP'nün çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. En yüksek gövde boyu büyümesini 800 mg/l konsantrasyonda yapmış bulunmaktadır. Kontrol gruplarına göre bu değer düşük olup, CuO NP'nün söz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek kök boyu büyümesi 200 mg/l'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Bu durum kontrol gruplarında daha yüksek durumdadır. Kök boyu büyümesi üzerinde CuO NP'ü olumsuz etki yaptığı saptanmıştır.

6.7.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda çimlenmeler alınmış ve uygulamanın 40. gün boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre en yüksek çimlenme değeri 800 mg/l konsantrasyonda alınmıştır. Çimlenme üzerinde CuO nanopartikülünün olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. Kırkıncı günde alınan boy ölçümlerinde 200 mg/l konsantrasyon grubunda en yüksek boy büyümesi değeri gösterdiği izlenmiştir. CuO nanopartikülü uygulanan tohumlarda 800 mg/l konsantrasyonda en yüksek çap büyümesi değeri gözlenmiştir. CuO nanopartikülünün çap büyümesi üzerinde kırkıncı gün sonunda alınan verilere göre olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

6.8. SiO_2 Nanopartikül Uygulamalarına Ait Sonuçlar

6.8.1. Petri Kaplarında Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Verilerin analizinden; En yüksek çimlenme yüzdesi kontrol grubu ve 2000 mg/l konsantrasyon grubunda gerçekleşmiştir. En yüksek radikula kalınlığı 400 mg/l konsantrasyonda yapmıştır. Kontrol gruplarına göre SiO_2NP'nün çap büyümesine olumlu etkileri saptanmıştır. En yüksek gövde boyu büyümesini 2000 mg/l konsantrasyonda yapmış bulunmaktadır. Kontrol gruplarına göre bu değer yüksek olup, SiO_2NP'nün söz konusu konsantrasyonlarda bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek kök boyu büyümesi 2000 mg/l'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Bu durum kontrol gruplarında daha düşük durumdadır. Kök boyu büyümesi üzerinde SiO_2NP'ü olumlu etki yaptığı saptanmıştır.

6.8.2. Viyollerde Yapılan Uygulamaya Ait Sonuçlar

Viyollerde yapılan çalışma sonucunda çimlenmeler alınmış ve uygulamanın 40. gün boy ve çap değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlara göre; En yüksek çimlenme yüzdesi değeri 800 mg/l konsantrasyonda alınmıştır. Çimlenme üzerinde SiO_2 NP'nün olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. 40. günde alınan boy ölçümlerinde 400 mg/l konsantrasyonda en yüksek boy büyümesi değeri gösterdiği izlenmiştir. SiO_2 nanopartikülünün, sarıçam bitkisinin boy büyümesi üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir.SiO_2 NP uygulanan tohumlarda kırkıncı gün kontrol grubunda en

yüksek çap büyümesi değeri gözlenmiştir. SiO_2 NP'nün çap büyümesi üzerinde 40. gün sonunda alınan verilere göre olumsuz etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Andreotti F., A.P. Mucha, C. Caetano, P. Rodrigues, C. RochaGomes C.M.R. Almeida. (2015). Interactions between salt marsh plants and Cu nanoparticles – Effects on metal uptake and phytoremediation processes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120, 303-309.

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.

Asztemborska M., R. Steborowski, J. Kowalska G. Bystrzejewska-Piotrowska (2015). Accumulation of Platinum Nanoparticles by Sinapis alba and *Lepidium sativum* Plants. *Water, Air, andSoilPollution*, 226, (4).

Capaldi Arruda, S. C., Diniz Silva, A. L., Moretto Galazzi, R., Antunes Azevedo, R., and Zezzi Arruda, & M. A. (2015). Nanoparticles applied to plant science: a review. 131, 693–705. Talanta. doi: 10.1016/j.talanta.2014.08.050

Clément, L., Hurel, C., & Marmier, N. (2013). Toxicity of TiO_2 nanoparticles to cladocerans, algae, rotifers and plants – Effects of size and crystalline structure. *Chemosphere*, 90 (3), 1083-1090.

Derya, S. (2012). Bazı Ağır Metallerin *Verbascum olympicum* Boiss.(scrophularıaceae) Türünün Tohum Çimlenmesi Üzerinde Etkileri, Yüksek lisans tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.

Dietz, K., & J.,Herth, S. (2011). Plantnanotoxicology. Trends in PlantScience, 16(11), 582- 589.

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. Karabuk - TURKEY

Du, W., Sun, Y., Ji, R., Zhu, J., Wu, J., & Guo, H. (2010). TiO_2 and ZnO nanoparticles negatively affect wheat growth and soil enzyme activities in agricultural soil. *Journal Environmental Monitoring*.13, 882.

Faiyue, B., Al Azzawi, M. J., & Flowers, T. J. (2010). The role of lateralroots in bypass flow in rice (*Oryzasativa* L.). Plant, Cell and Environment, 33(5), 702-716.

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*.

Ma, X., Wang, C., (2010). Fullerene Nanoparticles Affect the Fate and Uptake of Trichloroethylene in Phytoremediation Systems. *Environmental Engineering Science*, 27(11), 989-992.Miller, J. C.,Serrato, R., Represas-Cardenas, J. M., & Kundahl, G., 2004. TheHandbook of Nanotechnology, John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, New Jersy.Chen, H., Weiss, J. andShahidi, F., 2006. Nanotechnology in nutraceuticalsandfunctionalfoods. FoodTechnology, 60 (3), 30-36.

Miralles, P.,Church, T. L., & Harris, A. T. (2012). Toxicity, uptake, andtranslocation of engineerednanomaterials in vascularplants. EnvironmentalScienceandTechnology, 46 (17), 9224-9239.

Nazikcan, Ö. (2015). Farklı üretim özelliğine sahip nanomalzemelerin bitkiler üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

OGM, (2013) Orman Genel Müdürlüğü,(2013). Orman Atlası-Ankara p. 34-35

OGM, (2015) Orman Genel Müdürlüğü,(2015). Türkiye Orman Varlığı p. 23-24

Raskar, S.,& Laware, S. (2014). Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion, 3(2), 467-473.

Schreiber, L. (2010). Transport barriersmade of cutin, suberinandassociatedwaxes. Trends in PlantScience, 15(10), 546-553.

Samadi, N. (2014). Effect of TiO2 and TiO2 Nanoparticle on. *International Journal of Plant & Soil Science*, 3(4), 408-418.

Savithramma, 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.

Steudle, E.,Peterson, & C. A. (1998). How doeswatergetthrough roots? Journal of ExperimentalBotany, 49(322), 775-788.

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.

Mohammed, M., Elgarawany, M., Al-Saeedi, A., & El-Ramady, H. (2019). Application of silica nanoparticles ınduces seed germination and growth of cucumber *(Cucumis sativus*), *JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric.Sci*, 28(1), 57-68.

Thuesombat, P., Hannongbua, S., Akasit, S., & Çadchaçası, 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.

Ürgenç, S., Genel Plantasyon ve AgaçlandırmaTeknigi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 444, İstanbul, 1998

Zhu, H., Han, J., Xiao, J. Q., & AndJin, Y. (2008). Uptake, translocation, andaccumulation of manufacturedironoxidenanoparticlesbypumpkinplants. Journal Environment Monitoring, 10(6), 713-717.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Halit Musa ÇELİKBAŞ
Doğum Yeri ve Yılı	:Kastamonu- 1993
Medeni Hali	:Evli
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	: hmcelikbas@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise	: Kastamonu Anadolu Ticaret Meslek Lisesi-2008-2012
Lisans	: Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi- 2012-2016

Mesleki Deneyim

İş Yeri 2012 – ISS Tesis Yönetim Hizmetleri A.Ş.
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)