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

BEYPAZARI KIZILÇAM KÜLTÜRLERİ GELİŞİMİNE NANOPARTİKÜL UYGULAMALARININ ETKİSİ

ZARİFE FIRAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. SEZGİN AYAN

HAZİRAN - 2020
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Zarife FIRAT tarafından hazırlanan "**Beypazarı Kızılçam Kültürleri Gelişime Nanopartikül Uygulamalarının Etkisi**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **19.06.2020** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

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

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

Enstitü Müdürü Prof. Dr. İzzet ŞENER .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Zarife FIRAT



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEYPAZARI KIZILÇAM KÜLTÜRLERİ GELİŞİMİNE NANONPARTİKÜL UYGULAMALARININ ETKİSİ

ZARİFE FIRAT

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

Bu tez çalışması, İç Anadolu bölgesinden Batı Karadeniz ardına geçiş bölgesinde bulunan doğal kızılçam meşceresinde gerçekleştirilmiştir. Karasal iklim etkilerinin hâkim olduğu yörede; Silika, Fe_2O_3 (Demir (III) oksit), Fe_3O^4 (Magnetit), ZnO (Çinko Oksit), TiO_2 (Titanyum Oksit), Au (Altın), CuO (Bakır Oksit) ve Ag (Gümüş) nanopartiküllerinin (NP) beş farklı dozunun (Çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük) doğal koşullarda çimlendirilen kızılçam (Pinus brutia Ten.) tohumlarının fidan yüzdesi ve fide gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Üç tekrarlı kurulan deneme deseni kapsamında elde edilen fidan yüzdesi (FY), fide boyu (FB) ve kök boğazı çapı (KBÇ) karakterlerine ait veriler "IBM SPSS Statistic 23" programında varyans analizi ve Duncan çoklu testine tabi tutulmuştur. Araştırma sonucunda, NP çeşit ve doz faktörleri ile her iki faktörün etkileşiminin FB, KBÇ ve FY üzerinde %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık oluşturmuştur. Uygulanan bütün NP çeşit ve dozlarının 1+0 yaşlı kızılçam FB ve KBÇ gelişimi ile FY üzerinde olumsuz etki yaptığı ve Kontrol işlemi fidanlarının boy ve çap gelişimi ile fidan yüzdesi değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kontrol işlemi fidanlarının ortalama FB değeri, Fe_2O_3 NP uygulaması boy değerlerine göre %35 yüksek, KBÇ değeri ise Cu NP uygulamasına göre %70 civarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, FY değerine en olumsuz tesiri yapan Au NP (%10,96)'ye göre Kontrol işleminin FY (%33,3) 3 kat yüksek olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Kızılçam, Tohum, Çimlenme, Nanopartikül, Tensil

Haziran 2020, 37 Sayfa
Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSC THESIS

THE EFFECT OF NANONPARTICLE APPLICATIONS ON THE DEVELOPMENT OF BEYPAZARI KIZILÇAM CULTURES

ZARİFE FIRAT

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

This thesis study, it was carried out in a natural red pine stand in the transition zone from Central Anatolia to the West Black Sea region. The region is dominated by continental climate impact; the effects of five different doses of Silika, Fe_2O_3 (Iron (III) oxide), Fe_3O_4 (Magnetite), ZnO (Çinko Oksit), TiO_2 (Titanyum Oksit), Au (Altın), CuO (Bakır Oksit) ve Ag (Gümüş) nanoparticles (NP) and five different application doses (very high, high, medium, low, very low) of germinated red pine (Pinus brutia Ten.) seeds on seedling percentage and seedling growth were investigated. Within the scope of the experimental design established in three repetitions; data on percent of seedlings, seedling length and root diameter characters were subjected to variance analysis and Duncan multiple tests in "IBM SPSS Statistic 23" program. The research carry out significant differences on these values in the 95% confidence interval. As a result of thesis; 1 + 0 aged red pine seedlings of all NP varieties and application doses; with the development of had a negative effect on percent of seedlings, seedling length and root diameter characters and it has been determined that these values of the control seedlings are higher. The average seedling length value of the control seedlings; 35% higher than Fe_2O_3 NP application values, root diameter characters was found to be around 70% higher than Cu NP application. In addition, according to Au NP (10.96%), which has the most negative impact on seedling length, as it is 3 times higher than control group.

KEYWORDS: Turkish red pine, Seed, Germination, Nanoparticle, Regeneration

June 2020, 37 Page
Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

Öncelikle konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sezgin AYAN 'a şükranlarımı sunarım.

Arazi çalışmalarını birlikte yürüttüğüm kendisinden çok şey öğrendiğim tez çalışmama yapmış oldukları katkılardan dolayı desteğini her an hissettiğim değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Esra Nurten YER ÇELİK 'e, verilerin istatistiksel analizlerinde büyük destek aldığım Orman Mühendisliği doktora öğrencisi Orman Yüksek Mühendisi Orhan GÜLSEVEN 'e ve tez çalışması süresince manevi destekleri ile sürekli yanımda olan aileme şükranlarımı sunarım.

Zarife FIRAT

Kastamonu, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **ix**
GRAFİKLER DİZİNİ ..... **x**
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ ..... **xi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Nanopartikül Teknolojisi 3
1.2 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Türünün Genel Özellikleri 4
2. LİTERATÜR ÖZETİ **7**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **10**
3.1 Çalışmanın Amacı 10
3.2 Materyal 10
3.3 Yöntem 11
3.3.1 Ekim Öncesi Hazırlıklar ve Tohuma Uygulanan Ön İşlemler 11
3.3.2 Arazide Deneme Deseninin Oluşturulması 12
3.3.3 Arazideki Fidanlara Ait Ölçüm İşlemleri ve İstatistiksel Analizler 13
4. BULGULAR **15**
4.1 NP Çeşit ve Dozlarının Fidan Boyu Üzerine Etkisi 15
4.1.1 NP Çeşidinin Fidan Boyuna Etkisi 15
4.1.2 Uygulama Dozlarının Fidan Boyuna Etkisi 17
4.1.3 Uygulama Çeşidinin ve Dozlarının İkili Etkileşiminin Fidan Boyuna Etkisi 18
4.2 NP Çeşit ve Dozlarının Fidan Boyu Üzerine Etkisi 21
4.2.1 NP Çeşidinin Fidan Kök Boğaz Çapı Üzerine Etkisi 21
4.2.2 NP Uygulama Dozlarının Fidan Kök Boğaz Çapı Üzerine Etkisi 23
4.2.3 Uygulama Çeşidinin ve Dozlarının İkili Etkileşiminin Kök Boğaz Çapına Etkisi 24
4.3 Uygulama Çeşidi ve Dozlarının Fidan Yüzdesi (FY) Üzerine Etkisi 27
4.3.1 NP Çeşidinin Fidan Yüzdesi Üzerine Etkisi 27
4.3.2 Uygulama Dozlarının Fidan Yüzdesi Üzerine Etkisi 29
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **31**
KAYNAKLAR **33**
ÖZGEÇMİŞ **37**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Türkiye'deki kızılçam yayılışı 6

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Kullanılan nanopartiküller ve dozları 11
Tablo 4.1 NP uygulama çeşit ve dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları 15
Tablo 4.2 Farklı NP çeşitlerine göre fidan boyuna ait basit istatistikler 15
Tablo 4.3 NP uygulamalarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları 17
Tablo 4.4 NP uygulama dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin temel istatistikler 17
Tablo 4.5 NP uygulama dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları 18
Tablo 4.6 NP çeşit ve dozlarının etkileşiminin fidan boyuna ait etkisine ilişkin temel istatistikler 19
Tablo 4.7 NP çeşit ve doz etkileşiminin fidan boyu üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları 20
Tablo 4.8 NP uygulama çeşidi ve dozlarının KBÇ üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları 21
Tablo 4.9 Farklı NP çeşitlerine göre KBÇ ilişkin temel istatistikler 21
Tablo 4.10 NP çeşidinin KBÇ üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları. 22
Tablo 4.11 NP uygulama dozlarının KBÇ üzerine etkisine ilişkin basit istatistikler 23
Tablo 4.12 NP uygulama dozlarının fidan KBÇ üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları 24
Tablo 4.13 NP uygulama çeşidi ve dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin basit istatistiksel veriler 24
Tablo 4.14 NP uygulama çeşidi ve dozlarının fidan KBÇ üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları 25
Tablo 4.15 NP uygulama çeşidi ve dozlarının FY üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları 27
Tablo 4.16 NP çeşidi uygulamalarının fidan yaşama yüzdesine ilişkin temel İstatistikler 27
Tablo 4.17 NP uygulamalarının fidan yüzdesine ilişkin Duncan testi sonuçları 28
Tablo 4.18 NP uygulama dozlarının fidan yüzdesine ilişkin temel istatistikleri 29
Tablo 4.19 NP uygulama dozlarının fidan yüzdesi üzerine ilişkin Duncan testi sonuçları 30

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1 NP çeşitlerine göre ortalama,minimum ve maksimum fidan boyu değerleri.....16
Grafik 4.2 NP dozlarına göre ortalama, minimum ve maksimum fidan boyu değerleri.....18
Grafik 4.3 NP çeşitlerine göre ortalama, minimum ve maksimum KBÇ değerleri.....22
Grafik 4.4 NP dozlarına göre ortalama, minimum ve maksimum KBÇ değerleri.....23
Grafik 4.5 NP çeşitlerine göre ortalama, minimum ve maksimum FY değerleri.....28
Grafik 4.6 NP dozlarına göre ortalama, minimum ve maksimum FY değerleri.....29

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1 Arazi sahasının haritası 10
Fotoğraf 3.3 Nanopartiküllerin hazırlık aşamaları ve tohum sayımları 12
Fotoğraf 3.4 Arazide ekim alanlarının hazırlanması ve tohum ekim işlemleri . 13
Fotoğraf 3.5 Morfolojik ölçüm işlemleri 14

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Au	**:** Altın
CuO	**:** Bakır oksit
ZnO	**:** Çinko oksit
Fe_2O_3	**:** Demir (III) oksit
Ag	**:** Gümüş
Fe_3O_4	**:** Magnetit
Si	**:** Silika
TiO_2	**:** Titanyum dioksit

Kısaltmalar

cm	**:** Santimetre
mm	**:** Milimetre
Np	**:** Nanopartikül

1. GİRİŞ

Ormanlar yüzyıllar boyunca insanoğlunun gereksinimlerini karşılamaktadır. Bununla birlikte orman kaynakları insan nüfusunun artışına bağlı olarak sürdürülebilirlik ilkesinden uzak bir anlayış ile tahrip edilmektedir. Antropojenik kaynaklı faktörler yanında elimizde olmayan doğal afetler sonucunda da orman varlığımız azalmaktadır. Son yıllarda dünyada ve Türkiye'de hem yerel hem küresel bazda oluşan arz ve talebin dengelenmesine yönelik planlamalar stratejik boyutta önem kazanmıştır. Bu durum bütün canlı yaşamı açısından düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynağı olan ormanların silvikültürü, rejenerasyonu, bakımı ve korunması konularında yeni önlemlerin alınması ve pratiklerin geliştirilmesi gerekliliğini gündeme getirmektedir.

Türkiye sahip olduğu ekosistem zenginliği ve içerisinde barındırdığı biyolojik çeşitlilik açısından birçok araştırmaya obje olmuş bir ülkedir. Nitekim uluslararası sözleşmelerde ve ormanların korunmasına yönelik protokollerde yer almıştır. Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü (FAO) verilerine göre; dünya orman varlığının %0,7'si Türkiye'de bulunmaktadır (FAO, 2017). Türkiye'de belirtilen orman alanının % 94,35'i koru, % 5,65'i baltalık olarak işletilmektedir. 1973 yılında ormanlardaki toplam yıllık artım 28 milyon m3 iken, 2018 yılında 47 milyon m3'e ulaşmıştır (OGM, 2019). Bu artış, uygulanan teknik işlemlerin ve politik süreçlerin etkilerinin bir göstergesidir. Orman alanlarının yeniden kazanılmasına bağlı olarak bu alanların bakımına da gereken hassasiyet gösterilmektedir. Günümüzde OGM tarafından her yıl düzenlenen Eylem Planları ile de konu bazlı acil önlemler alınmaktadır.

Ormanların ana kaynağını oluşturan fidan ve tohum üretimine de ayrıca önem verilmektedir. Türkiye'de 137 adet orman fidanlığında başta iğne yapraklı türlerden Anadolu karaçamı, sarıçam, kızılçam, Toros sediri gibi türler olması yanında, yapraklı ağaçlar ve süs bitkisi türlerini de kapsayan toplam 688 değişik türde fidan yetiştirilmektedir. Tür çeşitliliği yönüyle ise sırasıyla meşeler (5,9 milyon hektar), kızılçam (5,6 milyon hektar) ve Anadolu karaçamı (4,3 milyon hektar) türlerinin ormanlarımızda en geniş dağılım gösteren ağaç türleri olduğu raporlanmıştır (OGM,

2017). Ayrıca, 2018 yılı itibarıyla; 61 ağaç türünde 312 adet ve toplam 42 329,4 hektar gen koruma ormanı, 33 ağaç türünde 317 adet ve toplam 41 991,9 hektar tohum meşceresi, 15 ağaç türünden 17 adet ve toplam 45,2 hektar tohum plantasyonu, 11 ağaç türünden 180 adet ve toplam 1 411,4 hektar tohum bahçesi, 3 ağaç türünden 30 adet ve toplam 114,2 hektar döl deneme alanı ve 7 ağaç türünden 22 adet ve toplam 56,9 hektar klon parkı tesis edilmiştir (OGM, 2019).

Bu gelişmelerin yanı sıra teknolojik ilerlemeler ışığında nanoteknoloji bilimi farklı sektörlere, "nano" (1-100 nm'den küçük en az iki boyutlu) boyutlarda, değişik şekillerde hizmet sağlamaktadır. Özellikle son 15 yıl düşünüldüğünde; farklı sektörlerde rol alan bu materyallerin, çevre ile etkileşimlerinin de araştırılmasına yönelik ekolojik sistem üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkileri merak edilmiştir.

100 nm boyutundan küçük olan bu parçacıklar mükemmel fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmakla birlikte, doğada yarattığı etkiler de oldukça farklı olabilmektedir. Bu nedenle; nanopartiküllerin tohum çimlenmesinden itibaren başlayan bitki gelişim evrelerinde neden oldukları etkinin şekli ve düzeyi de oldukça farklı olabilmektedir. Nanopartiküllerin sebep olduğu bu farklı etkilerin düzeylerinin belirlenmesi, bu etkilerden pozitif yönde olanlarının bitki yetiştirme ve ıslah tekniklerinde destekleyici unsur olarak kullanılması, negatif yönde olanlarından ise bitkilerin tüm diğer canlı organizmalarda olduğu gibi korunması bakımından oldukça önemlidir. Ayrıca, ülkemizde gerek tek ve çok yıllık bitkilerde gerekse yüksek yapılı bitki organizmaları olan orman ağaçlarında nanopartiküllerin etkileri neredeyse hiç araştırılmamış ve tespit edilmemiştir. Bu kapsamda; nanopartiküllerin öncelikle bitkilerin oluşum aşaması olan tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu konuda; Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde Prof. Dr. Sezgin Ayan danışmanlığında "*Nanopartiküllerin Anadolu karaçamı ve sarıçam tohum çimlenmesi üzerine nanopartiküllerin etkileri*" konusunda iki yüksek tezi ve Bilimsel Araştırma Projesi (KÜBAP-01/2017-11) tamamlanmıştır.

Türkiye, orman kaynakları yönünden oldukça zengin bir ülke olması nedeniyle nanopartiküllerin orman ağaçlarının tohumlarının çimlenme fizyolojisi üzerindeki

etkilerinin belirlenmesi, sahip olduğumuz orman kaynaklarının devamlılığının sağlanması açısından büyük bir önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalarda; Farklı nanopartiküllerin tohum çimlenmesi üzerine farklı etkiler oluşturabileceği kanıtlanmıştır. Fakat, nanopartiküllerin biyotransformasyonu hala iyi bir şekilde anlaşılamamıştır.

Bu tez çalışmasında; nanopartiküllerin kızılçam tohumların çimlenmesi üzerinde yarattığı olası etkinin meydana geldiği sınır dozları tespit edilecektir. Böylece doğal orman ekosistemlerinde özellikle toprakta depolanan nanopartiküllerin çimlenme ortamında meydana getirdiği değişimlerin orman ağacı türleri itibarıyla etkisi belirlenmiş olacaktır. Özellikle endüstriyel faaliyet gösteren merkezlere yakın bölgelerde bulunan ormanları işletmekle yükümlü olan teknik ormancılara doğal ve yapay gençleştirme çalışmalarında yol gösterecek bazı temel bilgilerin üretilmesine katkı sağlayabilecektir.

Bu çalışmada; yaygın etkiye sahip bazı nanopartiküllerin farklı dozlarının doğal koşullarda kızılçam tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

1.1 Nanopartikül Teknolojisi

Latince kelime anlamı olarak “nano”, “cüce/bodur” karşılığını bulmaktadır. Yunanca “nannos” kelimesinden gelmektedir. Milyarda 1 ölçek ile çalışma tanımı da yapılmaktadır. Metrenin milyarda biri ise “nanometre” (nm) olarak kabul görmektedir. Ölçeklendirmede 100-1 000 adet atomun yan yana gelmesi ile nano bir nesneyi oluşturur (Goldstain, 1997).

Nanoteknoloji ise materyalerin boyut ve şekillerinin nano 1-100 nm aralığında kontrol edilerek, tasarımı karakterizasyonu, üretimi olarak tanımlanmaktadır (Kim vd. 2010).

Nanoboyutlu malzemeler; nanopartiküller, nanotüpler, nanokristaller, nanoçubuklar, nanoteller ve nano ince filmler şeklinde sınıflandırılmaktadırlar. Boyut olarak 100 nm ve altında toz olarak tanımlanan nanopartiküller nanoboyutlardaki yapıları ile nanoteknolojinin temel yapısını oluşturmaktadır. Bu maddeler farklı işlevlerde özellik

göstermektedirler. Nanopartiküller, multidisipliner yaklaşımlar ile mühendislik, elektronik, tıp ve biyoloji alanlarında kullanılmaktadır (Rao vd. 2005).

Nanopartiküller, üç alt gruba ayrılmaktadır. Bunlar; doğal, antropojenik ve tasarımlanmış nanopartiküllerdir. Doğal nanopartiküller, doğada kendiliğinden oluşan deniz tuzu, toprak tuzu, volkanik tozlar, sülfatlar, nitratlar ve nano boyutlu killer olarak örneklendirilebilir. Antropojenik insan kaynaklı ortaya çıkan nanopartiküllerdir. Bunlara fosil yakıtların tüketimi, sigara kullanımı kaynaklı nano boyutlarda maddelerin (sülfürdioksit gibi) açığa çıkmasıdır. Tasarlanmış nanopartiküller ise belirli amaçlar ile özel olarak tasarlanan nano boyutlu üretimlerdir.

Çevreye salınımları kontrolsüz gerçekleşen bu maddeler sağlık açısından endişe yaratmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmaların ana konusu nanopartiküllerin çevre ile etkileşimleri üzerinedir. Yapılan araştırmalarda bazı nanopartikülün, anti-mikrobiyal özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Lovern ve Klaper (2006), titanyum dioksitin ve fulleren nanopartiküllerinin mikrobiyal toksisite oluşturduğunu saptamışlardır.

Tong vd. (2007), son zamanlarda toprakta fulleren nanoparçacıklarının kullanılmasının toprak bakteri çeşitliliği üzerinde bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Soni ve Bondi (2004), gümüş nanopartiküllerinin bakteri hücrelerine nasıl zarar verdiğini etki mekanizması ile açıklamışlardır. Gümüş nanopartiküllerin, Escherichia coli'nin hücre duvarını hasara uğrattığını, çekirdekte ve hücre duvarında biriktiğini böylece hücre geçirgenliğinin artmasına ve sonuçta hücre ölümüne yol açtığını bildirmişlerdir. Ayrıca, çinko oksit ve magnezyum oksit nanopartiküllerinin mikroorganizmaların öldürülmesinde etkili olduğu ve yiyeceklerde koruyucu olarak kullanıldığı da bilinmektedir.

1.2 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Türünün Genel Özellikleri

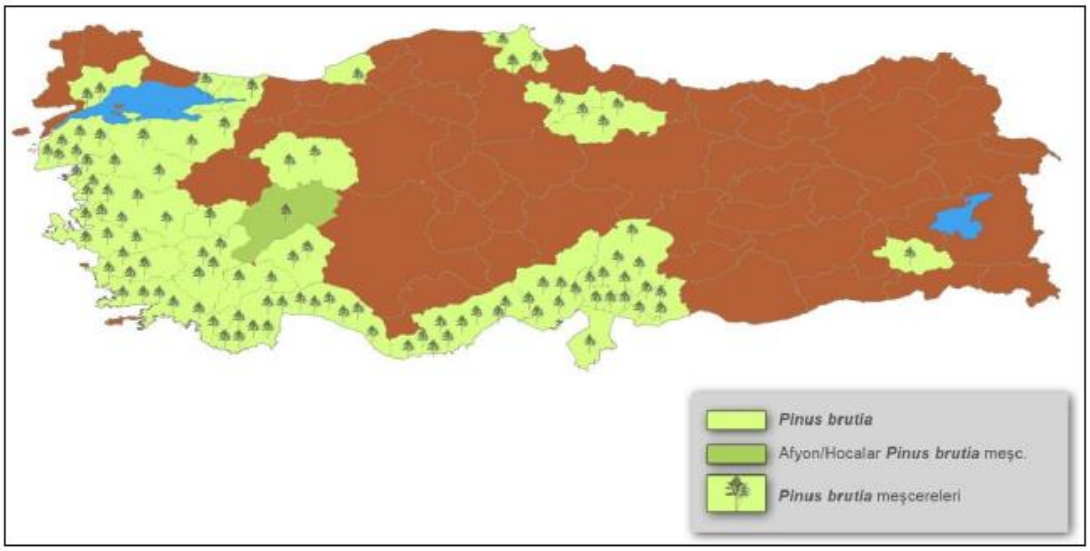
Kızılçam türü (*Pinus brutia* Ten.) Pinaceae (Çamgiller) familyasının bir üyesidir. Bitki grupları içerisinde Akdeniz iklim kuşağı elementi olarak yer alır Dünya'da kuzey yarım küre 32°-45° enlemleri ile 15°-45° boylamları arasında yayılışını gerçekleştirmektedir (Hanley ve Fenner, 1997).

Kızılçam saf ve karışık meşcerelerinin çoğunluğu Türkiye, Kırım, Gürcistan, Azerbaycan, Irak, Suriye, İtalya ve Lübnan'da bulunmaktadır. Türkiye'de meşe türünden sonra en geniş yayılış alanına sahip ikinci tür kızılçamdır. 2015 yılı verilerine göre toplam 5 610 215 ha sahanın 3 451 269 hektarı normal kapalı, 2 158 946 hektarı ise boşluklu kapalı durumdadır. Toplam orman alanlarımızın %25,1'ini kızılçam türü oluşturmaktadır (OGM, 2015).

Türkiye'de ana yayılışını gerçekleştiren bir tür olduğu için Turkish red pine olarak (Türk kızılçamı) bilinmektedir (Boydak vd. 2006). Kızılçam türü özellikle Akdeniz Bölgesi'nde 1 300 m yükseltilere çıkabilmektedir. Bazı bölgelerde (Anamur Ulucak Ormanları) ise 1 650 m yükselti kuşağına çıkmaktadır. Kızılçam Akdeniz maki kuşağı elemanları olan; tespih çalısı, laden, kermes meşesi, sandal ve karaçalı gibi odunsu bitki grupları ile karışım yapabilmektedir. 1 100 m ve üzerindeki sahalarda da boylu ardıç, Toros göknarı, fıstık çamı, servi, Toros sediri ve Anadolu karaçamı ile karışım halindedir (Alemdağ, 1962). Meşcere formunda stebe 1090-1200 m yükseltilerde girmektedir (Genç vd. 1997). Kızılçam türü yaygın olarak Marmara, Akdeniz, Trakya, Ege ve Güney-Doğu Anadolu Bölgeleri ile Karadeniz'de bulunmaktadır (Şekil 1.1).

Ekolojik özellikleri bakımından tür, kuzey bakılı, yüksek rakımlı serin yerlerden ziyade kuzey bakılı düşük rakımlı serin lokalitelerde daha iyi gelişim göstermektedir. Kızılçamı ışık isteği fazla ve dona hassas olan bir türümüzdür. Gençliği takriben %60-65 ışık yoğunluğunda optimal gelişimini devam ettirebilmektedir. Kızılçam türü yayılış sahalarında yıllık ortalama bağıl nem miktarı %60-70 aralığında bulunmaktadır. Sıcaklık ise ortalama 10-25 °C olarak gözlemlenmiştir (Neyişçi, 1987).

Toprak istekleri bakından kanaatkâr bir tür olan kızılçam, kumlu balçık ve balçıklı kum tekstür özelliğine sahip topraklarda gelişim gösterir. Rüzgâr kızılçam için eksantrik gövde (bayrak oluşumu) gelişimine neden olabilmektedir (Keskin, 1999). Kızılçam çok hızlı büyüme özelliğine sahip, ülkemiz için önemli olan asli türlerimizin olup, Türkiye'de ağaç ıslahı çalışmalarına en çok obje olan türlerin başında yer almaktadır.



Şekil 1.1 Türkiye'deki kızılçam yayılışı (Hazırlayan: S. KÜTÜK)

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Samadi (2014) araştırma bulgularına göre; Nane (*Mentha piperita*) bitkisine üç farklı dozda (100, 200, 300 mg/l) TiO_2 uygulaması yapılmıştır. Sonuç olarak 100 mg/l'de kök uzamasını arttırdığı saptanmıştır. Fakat kontrol grubuna göre çimlenme yüzdesinde negatif bir etki görülmüştür.

Thuesomba vd. (2014), Ag NP'unun çeltik (*Oryza sativa*)'de tohum çimlenmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Uygulanan beş farklı dozdan (0.1; 1; 10; 100; 1 000 mg/l) özellikle düşük konsantrasyonların tohum çimlenmesi üzerinde pozitif yönlü bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Liu vd. (2016), Marul (*Lactuca sativa*) bitkisinde Cu, Zn, Mn, FeO_2 NP'lerinin tohum çimlenmesin etkisini inceledikleri araştırmada; diğer NP'lere göre FeO_2 NP'ünün daha olumlu bir sonuç verdiğini saptamışlardır.

Doğaroğlu ve Köleli (2016), marul (*Lactuca sativa*) bitkisinde TiO_2 ve Ag NP için 10, 20, 40, 60, 80 ve 100 mg/l dozlarını denemişlerdir. Tohum çimlenmesi yönünden özellikle 80 ve 100 mg/l'de pozitif yönlü bir artış tespit etmişleridir. Aynı araştırmacıların 2014 yılında yaptıkları çalışmada; Buğday bitkisi üzerine uyguladıkları 20 mg/l ve üstü TiO_2'ün gövde uzamasında etkili olduğu sonucunu elde etmişlerdir. 10 mg/l TiO_2 ve üstü dozlarda ise kök uzamasının arttığını gözlemlemişlerdir (Doğaroğlu ve Köleli, 2014).

Raskar ve Laware (2014), Zn NP için soğan bitkisinin çimlenme yüzdesini belirlemişlerdir. Düşük dozların yüksek dozlara göre daha iyi sonuç verdiğini saptamışlardır.

Lin ve Xing (2007), ZnO NP'ünün 2 000 mg/l doz uygulamasının hem tohum çimlenmesine hem de kök büyümesine olumlu etki yaptığını belirlemişlerdir.

Roohizadeh vd. (2015), bakla bitkisinde silika NP'unun çimlenmesi üzerindeki etkini araştırmışlardır. 1,5 mm dozunda silika NP'ne bırakılan baklalarda çiçeklenmede artış tespit edilmiştir.

Du vd. (2010), TiO_2 ve ZnO NP'nın buğday bitkisi için büyüme ve enzim aktivitelerini araştırmışlardır. Araştırmada bu NP'ler için olumlu etki tespit edilememiştir.

Thomas vd. (2016), Çemen otu (*Trigonella foenum*) 'nda Ag-NP'nin kök uzunluğu, yaprak sayısı, taze ağırlığı ve sürgün uzunluğuna ait araştırmada bulunmuşlardır. 0,2 mg dozunun büyüme değerlerini olumlu etkilediğini gözlemlemişlerdir.

Sharma vd. (2012), Ag NP'lerinin beş farklı dozunda 25, 50, 100, 200 ve 400 ppm hardal otu (*Brassica juncea*) için, kök uzunluğu, enzim, klorofil ve yaprak alanı parametrelerini takip etmişlerdir. Araştırmada 50 ppm uygulama dozunun tüm ölçümlerde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Vannini vd. (2013), roka (*Eruca sativa*) fidelerine Ag NP'ünün farklı dozlarını beş gün uygulamışlardır. 10 mg/l doz ayarında kök uzamasında artış oluşturduğunu saptamışlardır.

Dağlıoğlu ve Türkiş (2017), TiO_2 NP'lerinin 50-200 mg/1 uygulamalarında Su mercimeği bitkisinde 200 mg/1'de klorofil değerine pozitif yönde etki ettiğini belirlemişlerdir.

Oukarroum vd. (2013), *Lemna gibba*'da Ag NP'ünün 0,01; 0,1; 1 ve 10 mg/l dozlarının büyüme ve hücre canlılığına etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak tüm dozlarda büyümede olumsuz bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar sucul ekosistemlerde toksik bir etki oluşturabileceğini belirlemişleridir.

Sun vd. (2016), buğday ve acı bakla bitkilerine 500, 1 000 ve 2 000 mg/l'de silika NP'ünü uygulamışlardır. Araştırmacılar tüm dozlarda tohum çimlenmesinin, toplam klorofil ve protein miktarının, bitki biyokütlesinin olumlu bir yönde uyarıldığını tespit etmişlerdir.

Shilpa ve Lawre (2014) 10, 20, 30 ve 40 g ml/1 ZnO NP'lerini soğan bitkisi tohumlarına uygulamışlardır. Düşük konsantrasyonlarda çimlenme değerlerinde artış meydana geldiğini, yüksek dozlarda ise azalma gerçekleştiğini gözlemlemişleridir.

Askary vd. (2016), 10, 20 ve 30 uM Fe_2O_3 NP'lerini Nane bitkisinde denemişlerdir. 30 Um konsantrasyonlu dozun yaprak taze ve kuru ağırlığında olumlu yönde artış gösterdiğini saptamışlardır.

Almutairi (2017) tere tohumlarına 1 mg/l Ag NP'ü uygulamıştır. Özellikle bu dozun tohum çimlenmesine olumlu etki yaptığını tespit etmiştir. Bu dozun daha düşük ve yüksek değerlerinde taze ve kuru ağırlıklarda bir düşüş gerçekleşmiştir.

Çalbay (2014) 25, 50, 75 ve 100 µg/ml'lik CuO NP'ünü Soğan (*Allium cepa*) bitkisinde 24, 48 ve 72 saat süre ile uygulamıştır. CuO NP'ünün tüm dozlarının kök üzerinde toksik bir etki yaptığını belirlemiştir.

Wang vd. (2010) CuO NP'ünün *Paulownia fortunei* türünde yüksek dozlarının çimlenmeyi olumsuz yönde etkilediğini belirlemişleridir.

Derya (2012) 100, 500 ve 1 000 µM Ulu sığırkuyruğu (*Verbascum olympicum*) tohumlarına Zn, Cu, Cr, Ni ve Cd uygulamıştır. Düşük konsantrasyonlarda Cu NP'ünün çimlenme yüzdesi ve kök uzunluğunun olumlu yönde artış sağladığını saptamıştır. Gövde uzunluğuna ise yüksek konsantrasyonların olumlu bir etkisi olduğunu tespit etmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

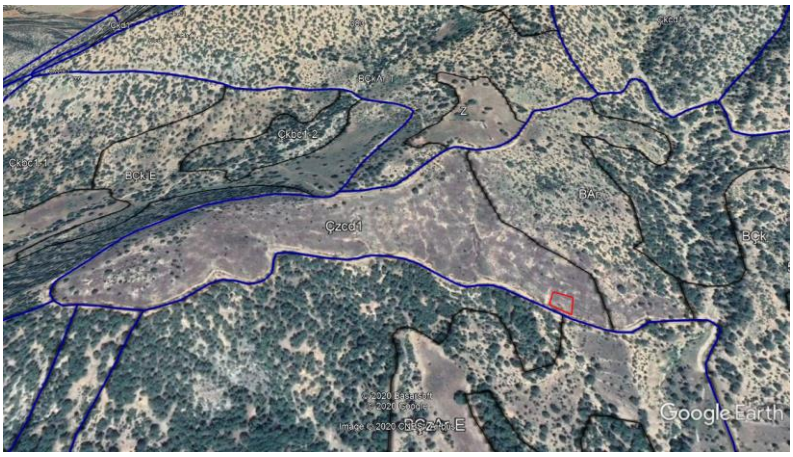
3.1 Çalışmanın Amacı

Kızılçam (*Pinus brutia Ten.*). Tohumlarında 8 farklı nanopatikülün (Silika, Fe2O3, Manyetit (Fe_3O_4), ZnO, TiO_2, Au, CuO, Ag) 5 farklı dozunun morfolojik fidan karakterleri ve fidan yaşama yüzdesi üzerine etkisini irdeleyerek, fidan boyu (FB), Kök Boğazı Çapı (KBÇ) ve Fidan Yüzdesi (FY) değerlerine çeşit, doz ve Çeşit X doz etkileşimlerinin etkisini ortaya koyabilmektir.

3.2 Materyal

Ankara ili, Beypazarı ilçesi, Sekli köyü, 505 nolu bölme çalışma alanı olarak seçilmiştir. Meşcere tipi- $Çzcd_1$, Rakımı – 1 053, Bakı – Güney, en yakın yerleşim yerine olan uzaklığı- 5,7 km ve Beypazarı ilçesine olan uzaklığı ise 30,4 km'dir (Fotoğraf 3.1).

Plan ünitesi, İç Anadolu Bölgesi'nden Batı Karadeniz ardına geçiş zorundadır. Beypazarı ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 13,2 °C 'dır. Yıllık ortalama yağış miktarı: 423 mm'dir. Gerek yaz gerekse kış aylarında gece – gündüz sıcaklık farkları fazladır. Arazisinin tamamı volkaniktir. Toprak derinliği yer yer sığdan derin topraklara kadar değişmektedir. Rutubet derecesi kuzey bakılarda serin, güney bakılarda kurudur.



Fotoğraf 3.1 Arazi sahasının haritası

3.3 Yöntem

3.3.1 Ekim Öncesi Hazırlıklar ve Tohuma Uygulanan Ön İşlemler

Çalışmada kullanılan kızılçam tohumları 8 saat saf su içerisinde soğuk bir ortamda bekletilmişlerdir. Su üzerinde kalan tohumlar elimine edilerek suda çöken tohumların sayımları gerçekleştirilmiştir. Her bir grup (Kontrol+NP) için üç tekrarlı olarak toplam 20+20+20 = 60 adet tohum kullanılmıştır. Hazırlanan NP'ler ve konsantrasyonları Tablo 3.1'de ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Toplam 8 NP çeşidi kullanılmıştır. Bunlar; Silika, Fe_2O_3 / demir (III) oksit, Fe_3O_4 / Magnetit, ZnO / Çinko Oksit, TiO_2 / Titanyum Oksit, Au / Altın, CuO / Bakır Oksit, Ag /Gümüş'dür. Her NP için 5 doz kullanılmıştır. Ayrıca, üç adet kontrol grubu oluşturulmuştur.

Silika, Fe_2O_3 / Demir (III) oksit, Fe_3O_4 / Magnetit, ZnO / Çinko Oksit nanopartiküllerinin doz miktarları 0-400 mg/l çok düşük, 400-800 mg/l düşük, 800-1 200 mg/l orta, 1 200-1 600 mg/l yüksek, 1 600-2 000 mg/l çok yüksek, TiO_2 / Titanyum Oksit, CuO / Bakır Oksit nanopartiküllerinin doz miktarları 0-200 mg/l çok düşük, 200-400 mg/l düşük, 400-600 mg/l orta, 600-800 mg/l yüksek, 800-1 000 mg/l çok yüksek, Au / Altın, Ag / Gümüş nanopartiküllerinin doz miktarları 0-20 mg/l çok düşük, 20-40 mg/l düşük, 40-60 mg/l orta, 60-80 mg/l yüksek, 80-100 mg/l çok yüksek olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.1 Kullanılan nanopartiküller ve dozları

Silika Fe_2O_3 / Demir (III) oksit Fe_3O_4 / Magnetit ZnO / Çinko Oksit	Çok yüksek	2 000 mg/l
	Yüksek	1 600 mg/l
	Orta	1 200 mg/l
	Düşük	800 mg/l
	Çok düşük	400 mg/l
TiO_2 / Titanyum Oksit CuO / Bakır Oksit	Çok yüksek	1 000 mg/l
	Yüksek	800 mg/l
	Orta	600 mg/l
	Düşük	400 mg/l
	Çok düşük	200 mg/l
Au / Altın Ag / Gümüş	Çok yüksek	100 mg/l
	Yüksek	80 mg/l
	Orta	60 mg/l
	Düşük	40 mg/l
	Çok düşük	20 mg/l



Fotoğraf 3.2 Nanopartiküllerin hazırlık aşamaları ve tohum sayımları

3.3.2 Arazide Deneme Deseninin Oluşturulması

Arazide her NP'unun farklı olan beş dozu için üç tekrarlı ekim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tekrar grupları arazide birbirinden uzak olacak şekilde ayarlanmıştır. Arazide ekimlerin daha kontrollü olması ve tohum çimlenmelerinin kolay takibi amacıyla tahta çıtalar ile ekim sınırları belirlenmiştir. Her NP'unun bir dozu için toplam 60 adet fidan ekilmiştir. 60 fidan arazinin farklı noktalarına üç tekrarlı olacak şekilde 20'şerli olarak çıtaların içerisine ekilerek deneme sahası hazırlanmıştır.



Fotoğraf 3.3 Arazide ekim alanlarının hazırlanması ve tohum ekim işlemleri

3.3.3 Arazideki Fidanlara Ait Ölçüm İşlemleri ve İstatistiksel Analizler

İlk tohum ekimleri, 20 Şubat 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Tohumlara ait ilk çimlenmeler mayıs ortası haziran sonu itibariyle görülmüştür. Yaz kuraklığını atlatan

açık alan şartlarında bir yıl kışı geçiren fidanlarda; 07 Mart 2020 tarihinde sayım işlemleri yapılarak "*fidan yüzdesi*" belirlenmiştir. Ayrıca, fidanlara ait FB (Fidan boyu) ve KBÇ (Kök boğazı çapı) değerleri dijital kumpas ile mm olarak ölçülmüştür (Şekil 3.3).



Fotoğraf 3.4 Morfolojik ölçüm işlemleri

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

4. BULGULAR

Farklı NP çeşit ve dozlarına tabi tutulan kızılçam tohumlarının çimlenmesi sonrası birinci vejetasyon dönemini tamamlayıp ve kış evresini geçirdikten sonra işlem farklılıklarına göre farklı parsellerdeki fidanlar üzerinde; fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ) ve fidan yüzdesi (FY) üzerine etkilerine ait veriler elde edilmiştir.

4.1 NP Çeşit ve Dozlarının Fidan Boyu Üzerine Etkisi

FB verilerine uygulanan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre; NP çeşidi (A), dozu (B) ve her iki faktörün etkileşiminin (AxB) fidan boyu üzerinde %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık görülmüştür (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 NP uygulama çeşit ve dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Çeşit (A)	2 840,150	7	405,736	6,281	0,000
Doz (B)	1 099,310	4	274,827	4,88	0,000
Çeşit * Doz (AxB)	9 709,686	28	346,774	2,564	0,000
Hata	55 731,235	412	135,270		
Toplam	1 169 103,900	453			

4.1.1 NP Çeşidinin Fidan Boyuna Etkisi

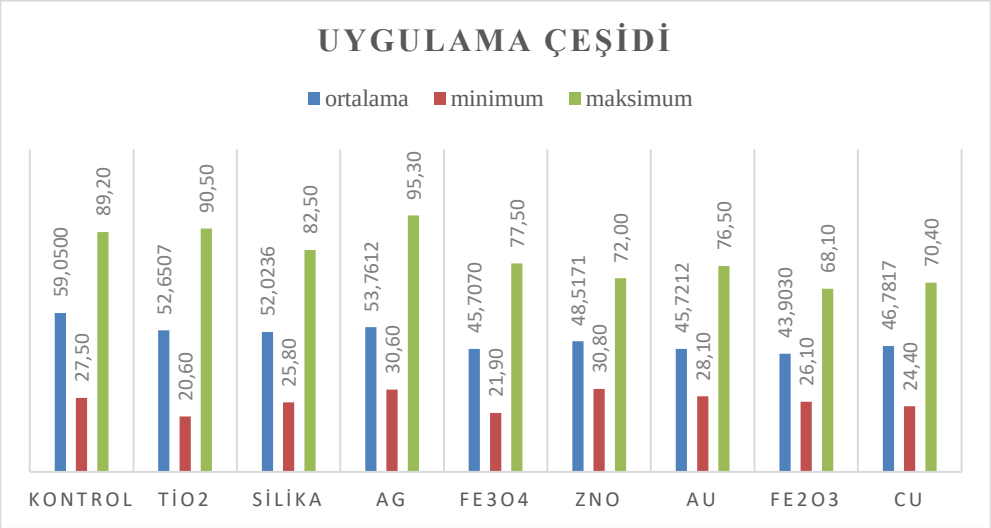
NP uygulama çeşitlerine göre temel istatistikler olan ortalama boy, standart sapma, standart hata, minimum değer, maksimum değer ve değişim aralığı Tablo 4.2'de gösterilmiştir. NP çeşitlerine göre FB 'na ait ortalama, minimum ve maksimum değerler Grafik 4.1 'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Farklı NP çeşitlerine göre fidan boyuna ait basit istatistikler

Uygulama Çeşidi	Fidan Sayısı	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	Min.	Mak.	Değişim Aralığı
KONTROL	20	59,0500	18,44493	4,12441	27,50	89,20	61,70
TiO_2	71	52,6507	13,65126	1,62011	20,60	90,50	69,90

Tablo 4.2 Devamı…

SİLİKA	55	52,0236	13,55532	1,82780	25,80	82,50	56,70
Ag	49	53,7612	14,02930	2,00419	30,60	95,30	64,70
Fe3O4	57	45,7070	11,88673	1,57444	21,90	77,50	55,60
ZnO	41	48,5171	10,19777	1,59262	30,80	72,00	41,20
Au	33	45,7212	10,59893	1,84504	28,10	76,50	48,40
Fe2O3	67	43,9030	9,87138	1,20598	26,10	68,10	42,00
Cu	60	46,7817	10,13844	1,30887	24,40	70,40	46,00



Grafik 4.1 NP çeşitlerine göre ortalama, minimum ve maksimum fidan boyu değerleri

Tablo 4.1 incelendiğinde; Farklı NP çeşitlerinin fidan boyu gelişimine önemli düzeyde etki yaptığı görülmektedir. Varyans analizi ile tespit edilen farklılığın hangi işlem gruplarını oluşturduğunu belirlemek için yapılan; Duncan testine göre dört (4) homojen grup oluşmuştur (Tablo 4.3).

Tablo 4.3'ün incelendiğinde; uygulanan bütün NP'lerin 1+0 yaşlı kızılçam fidanlarının boy gelişimi üzerinde olumsuz bir etki yaptığı ve Kontrol işlemi fidanlarının boy gelişiminin ortalama olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; en yüksek boy gelişimi olan Kontrol işlemi 1. grupta, en düşük boy

gelişimleri ise Au, Fe_3O_4 ve Fe_2O_3 NP çeşitlerinde tespit edilmiştir. Kontrol işlemi ortalama FB değerlerinin Fe_2O_3 NP uygulaması boy değerlerine göre %35 civarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.3 NP uygulamalarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

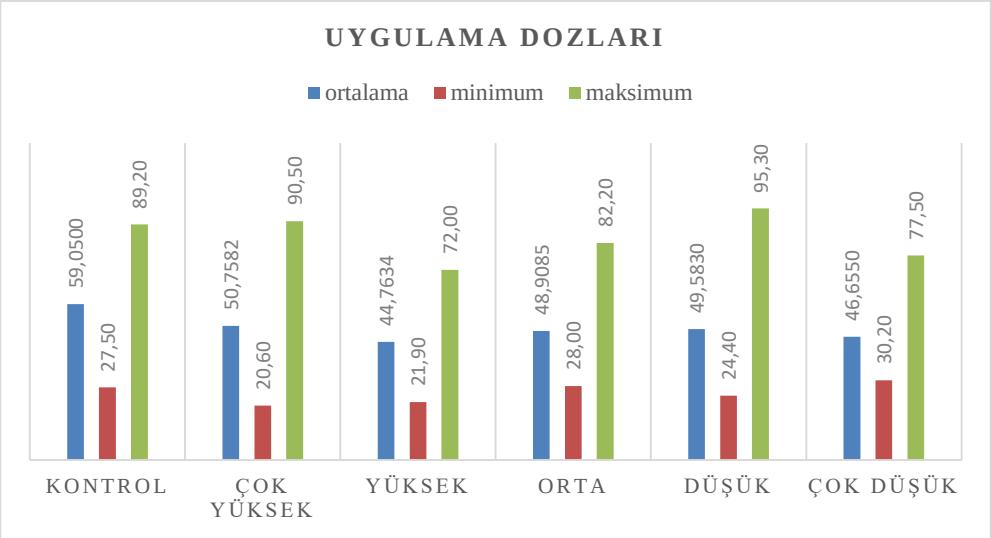
NP Çeşidi	**Adet**	**Homojen Gruplar**				***F***	***P***
		4	**3**	**2**	**1**		
Fe_2O_3	67	43,9030					
Fe_3O_4	57	45,7070					
Au	33	45,7212					
Cu	60	46,7817	46,7817				
ZnO	41	48,5171	48,5171	48,5171		*6,281*	*0,000*
SİLİKA	55		52,0236	52,0236			
TiO_2	71			52,6507			
Ag	49			53,7612			
KONTROL	20				59,0500		

4.1.2 Uygulama Dozlarının Fidan Boyuna Etkisi

Tohumlara uygulanan NP çeşitlerinin doz etkisine göre ortalama boy, standart sapma, standart hata, minimum değer, maksimum değer ve değişim aralığı gibi temel istatistikler Tablo 4.4 ’de verilmiştir. NP dozlarına göre FB ’na ait ortalama, minimum ve maksimum değerler Grafik 4.2.’de verilmiştir.

Tablo 4.4 NP uygulama dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin temel istatistikler

Uygulama Dozları	**Fidan Sayısı**	**Ort.**	**Standart Sapma**	**Standart Hata**	**Min.**	**Mak.**	**Değişim Aralığı**
Kontrol	20	59,0500	18,44493	4,12441	27,50	89,20	61,70
Çok yüksek	98	50,7582	14,08666	1,42297	20,60	90,50	69,90
Yüksek	71	44,7634	10,29928	1,22230	21,90	72,00	50,10
Orta	59	48,9085	11,51004	1,49848	28,00	82,20	54,20
Düşük	165	49,5830	12,30808	0,95818	24,40	95,30	70,90
Çok düşük	40	46,6550	11,43600	1,80819	30,20	77,50	47,30



Grafik 4.2 NP dozlarına göre ortalama, minimum ve maksimum fidan boyu değerleri

FB değerleri üzerinde uygulanan NP dozlarının da anlamlı fark oluşturduğu Tablo 4.1'de verilmiştir. Bu nedenle işlem farklılığını tespit etmek amacıyla uygulanan Duncan test sonuçları ise Tablo 4.5 'de verilmiştir. Tablo 4.5 'de görüldüğü gibi NP çeşidinde olduğu gibi doz faktörü de kontrol fidanlarına göre boy gelişiminde olumsuz tesir yaptığı görülmektedir. En yüksek boy değerleri Kontrol fidanlarında tespit edilmiş, doz farklılıkları ise 2 homojen grup oluşturmuştur.

Tablo 4.5 NP uygulama dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozları	**Adet**	**Homojen Gruplar**			***F***	***P***
		3	**2**	**1**		
Yüksek	71	44,7634			*4,88*	*0,00*
Çok düşük	40	46,6550	46,6550			
Orta	59	48,9085	48,9085			
Düşük	165	49,5830	49,5830			
Çok yüksek	98		50,7582			
Kontrol	20			59,0500		

4.1.3 Uygulama Çeşidinin ve Dozlarının İkili Etkileşiminin Fidan Boyuna Etkisi

Uygulama çeşit ve doz ikili etkileşimine göre; fidan adetleri, ortalama boy, standart sapma, standart hata, minimum değer, maksimum değer ve değişim aralığı Tablo 4.6 'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6 NP çeşit ve dozlarının etkileşiminin fidan boyuna ait etkisine ilişkin temel istatistikler

Uygulama ve Dozları	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum	Değişim Aralığı
KONTROL	59,0500	18,44493	4,12441	27,50	89,20	61,70
TiO_2-Çok yüksek	57,1875	16,19684	3,30617	20,60	90,50	69,90
TiO_2-Yüksek	52,0800	11,54846	5,16463	36,60	69,00	32,40
TiO_2-Orta	51,8381	10,99134	2,39851	28,00	76,10	48,10
TiO_2-Düşük	49,1529	13,28138	3,22121	33,00	90,40	57,40
TiO_2-Çok düşük	45,2750	10,06922	5,03461	33,90	53,90	20,00
SİLİKA-Çok yüksek	64,5167	10,92094	3,15260	50,20	82,50	32,30
SİLİKA-Yüksek	41,8083	8,98306	2,59319	25,80	54,10	28,30
SİLİKA-Orta	59,7333	19,46595	11,23867	47,90	82,20	34,30
SİLİKA-Düşük	50,1667	11,71491	2,25454	29,80	73,80	44,00
SİLİKA-Çok düşük	51,7000	---	---	51,70	51,70	0,00
Ag-Çok yüksek	52,8000	10,40395	3,29002	42,30	74,60	32,30
Ag-Yüksek	42,4000	8,42886	2,98005	30,60	56,10	25,50
Ag-Orta	43,6800	8,01948	3,58642	36,30	57,10	20,80
Ag-Düşük	61,5227	13,94257	2,97257	39,90	95,30	55,40
Ag-Çok düşük	48,8000	14,86158	7,43079	34,10	65,50	31,40
Fe_3O_4-Çok yüksek	48,6625	11,52053	4,07312	26,50	61,50	35,00
Fe_3O_4-Yüksek	37,3900	9,16933	2,89960	21,90	48,50	26,60
Fe_3O_4-Orta	60,6667	14,33609	8,27694	44,30	71,00	26,70
Fe_3O_4-Düşük	44,2963	10,25924	1,97439	24,70	63,60	38,90
Fe_3O_4-Çok düşük	51,5667	12,66590	4,22197	40,10	77,50	37,40
ZnO-Çok yüksek	53,8000	---	---	53,80	53,80	0,00
ZnO-Yüksek	51,0917	9,89017	2,85504	35,00	72,00	37,00
ZnO-Orta	42,2400	6,14313	2,74729	32,90	47,70	14,80
ZnO-Düşük	46,8667	11,12284	2,62168	30,80	71,20	40,40
ZnO-Çok düşük	53,5000	9,38110	4,19535	37,30	60,80	23,50
Au-Çok yüksek	47,0000	12,63223	3,15806	28,10	76,50	48,40
Au-Yüksek	39,6500	4,87904	3,45000	36,20	43,10	6,90
Au-Orta	48,4286	11,79883	4,45954	35,30	73,00	37,70
Au-Düşük	41,7200	4,53398	2,02766	35,50	48,20	12,70
Au-Çok düşük	43,3000	2,35160	1,35769	41,70	46,00	4,30
Fe_2O_3-Çok yüksek	39,6667	7,93421	1,87011	26,10	53,40	27,30
Fe_2O_3-Yüksek	43,2091	10,88600	3,28225	26,10	59,20	33,10
Fe_2O_3-Orta	45,8800	10,23065	3,23522	31,20	68,10	36,90
Fe_2O_3-Düşük	47,4952	10,18172	2,22183	29,80	66,00	36,20
Fe_2O_3-Çok düşük	42,2857	9,16541	3,46420	34,50	55,50	21,00
Cu-Çok yüksek	43,3889	5,66292	1,88764	36,80	54,70	17,90
Cu-Yüksek	48,6636	8,81899	2,65902	31,30	59,00	27,70
Cu-Orta	41,6800	7,95626	3,55815	32,70	49,90	17,20
Cu-Düşük	49,7143	10,43284	1,97162	24,40	70,40	46,00
Cu-Çok düşük	40,1000	12,98833	4,90913	30,20	66,10	35,90

Tablo 4.1 ’de %95 güven düzeyinde farklı NP çeşit ve dozlarının ikili etkileşiminin fidan boyu üzerinde istatistiksel anlamda önemli etkisinin olduğu saptanmıştır. Duncan testi sonuçları ise Tablo 4.7 ’da sunulmuştur.

Tablo 4.7 NP çeşit ve doz etkileşiminin fidan boyu üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozları	**N**	**Ort.**	**Gruplar**
Fe_3O_4-Yüksek	10	37,3900	h
Au-Yüksek	2	39,6500	gh
Fe_2O_3-Çok yüksek	18	39,6667	gh
Cu-Çok düşük	7	40,1000	gh
Cu-Orta	5	41,6800	fgh
Au-Düşük	5	41,7200	fgh
SİLİKA-Yüksek	12	41,8083	fgh
ZnO-Orta	5	42,2400	fgh
Fe_2O_3-Çok düşük	7	42,2857	fgh
Ag-Yüksek	8	42,4000	fgh
Fe_2O_3-Yüksek	11	43,2091	efgh
Au-Çok düşük	3	43,3000	efgh
Cu-Çok yüksek	9	43,3889	efgh
Ag-Orta	5	43,6800	defgh
Fe_3O_4-Düşük	27	44,2963	defgh
TiO_2-Çok düşük	4	45,2750	cdefgh
Fe_2O_3-Orta	10	45,8800	bcdefgh
ZnO-Düşük	18	46,8667	bcdefgh
Au-Çok yüksek	16	47,0000	bcdefgh
Fe_2O_3-Düşük	21	47,4952	bcdefgh
Au-Orta	7	48,4286	bcdefgh
Fe_3O_4-Çok yüksek	8	48,6625	abcdefgh
Cu-Yüksek	11	48,6636	abcdefgh
Ag-Çok düşük	4	48,8000	abcdefgh
TiO_2-Düşük	17	49,1529	abcdefgh
Cu-Düşük	28	49,7143	abcdefgh
SİLİKA-Düşük	27	50,1667	abcdefgh
ZnO-Yüksek	12	51,0917	abcdefgh
Fe_3O_4-Çok düşük	9	51,5667	abcdefgh
SİLİKA-Çok düşük	2	51,7000	abcdefgh
TiO_2-Orta	21	51,8381	abcdefgh
TiO_2-Yüksek	5	52,0800	abcdefgh
Ag-Çok yüksek	10	52,8000	abcdefgh
ZnO-Çok düşük	5	53,5000	abcdefgh
ZnO-Çok yüksek	2	53,8000	abcdefg
TiO_2-Çok yüksek	24	57,1875	abcdef
KONTROL	20	59,0500	abcde
SİLİKA-Orta	3	59,7333	abcd
Fe_3O_4-Orta	3	60,6667	abc
Ag-Düşük	22	61,5227	ab
SİLİKA-Çok yüksek	12	64,5167	a
F Değeri – P Düzeyi	***N***	***2,564- 0,000***	

Tablo 4.7 incelendiğinde; Silika-Çok yüksek, Ag-Düşük, Fe_3O_4-Orta ve Silika-Orta, Kontrol gibi 20 farklı işlem ve işlem etkileşimlerinin 1. homojen grupta yer aldığı görülmektedir. Bununla birlikte, Fe_3O_4 Yüksek işlem etkileşiminin en düşük boy değeri ile son homojen grupta yer almıştır.

4.2 NP Çeşit ve Dozlarının Fidan Boyu Üzerine Etkisi

KBÇ verilerine uygulanan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre; NP çeşidi (A), dozu (B) ve her iki faktörün etkileşiminin (AxB) KBÇ üzerinde %95 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sebebiyet verdiği Tablo 4.8'de görülmektedir.

Tablo 4.8 NP uygulama çeşidi ve dozlarının KBÇ üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Çeşit	4,410	7	0,630	9,631	0,000
Doz	3,412	4	0,853	9,691	0,000
Çeşit * Doz	6,911	28	0,247	2,739	0,000
Hata	37,124	412	0,090		
Toplam	518,350	453			

4.2.1 NP Çeşidinin Fidan Kök Boğaz Çapı Üzerine Etkisi

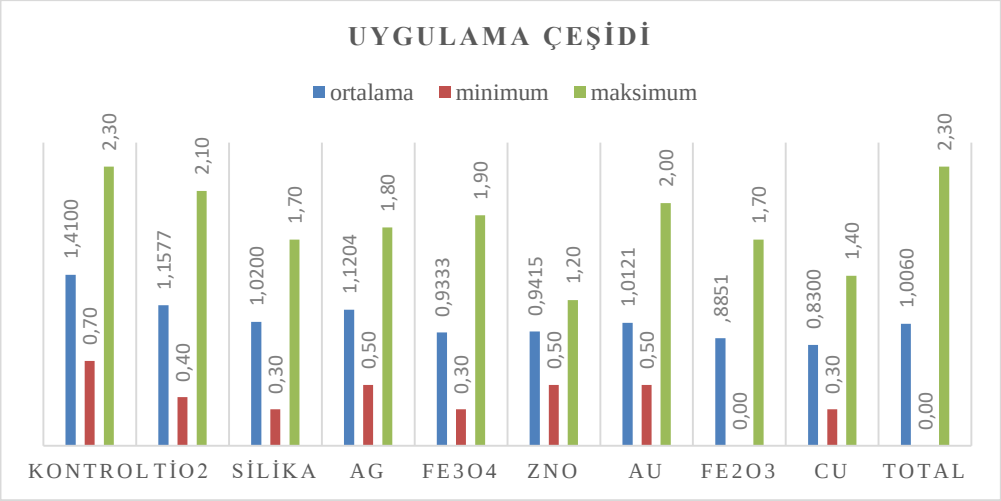
NP çeşitlerine göre ortalama, standart sapma, standart hata, minimum ve maksimum değerler ile değişim aralığına KBÇ karakterine ait temel istatistikler Tablo 4.9 'da verilmiştir. NP çeşitlerine göre KBÇ 'na ait ortalama, minimum ve maksimum değerler Grafik 4.3 'de verilmiştir.

Tablo 4.9 Farklı NP çeşitlerine göre KBÇ ilişkin temel istatistikler

NP Çeşidi	Fidan Sayısı	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum	Değişim Aralığı
KONTROL	20	1,4100	0,52706	0,11785	0,70	2,30	1,60
TiO_2	71	1,1577	0,36240	0,04301	0,40	2,10	1,70
SİLİKA	55	1,0200	0,39129	0,05276	0,30	1,70	1,40
Ag	49	1,1204	0,36854	0,05265	0,50	1,80	1,30
Fe_3O_4	57	0,9333	0,34191	0,04529	0,30	1,90	1,60
ZnO	41	0,9415	0,18024	0,02815	0,50	1,20	0,70

Tablo 4.9 Devamı…

ZnO	41	0,9415	0,18024	0,02815	0,50	1,20	0,70
Au	33	1,0121	0,32187	0,05603	0,50	2,00	1,50
Fe_2O_3	67	0,8851	0,32579	0,03980	0,00	1,70	1,70
Cu	60	0,8300	0,24859	0,03209	0,30	1,40	1,10



Grafik 4.3 NP çeşitlerine göre ortalama, minimum ve maksimum KBÇ değerleri

Tablo 4.8 incelendiğinde; Farklı NP çeşitlerinin KBÇ gelişimine anlamlı düzeyde etki yaptığı görülmektedir. Varyans analizi ile tespit edilen farklılığın hangi işlem gruplarını oluşturduğunu belirlemek için yapılan; Duncan testine göre dört (4) homojen grup oluşmuştur (Tablo 4.10). Tablo 4.10 incelendiğinde; uygulanan bütün NP'lerin 1+0 yaşlı kızılçam fidanlarının KBÇ üzerinde olumsuz bir tesir yaptığı ve Kontrol işlemi fidanlarının KBÇ gelişiminin ortalama olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; en yüksek KBÇ gelişimi olan Kontrol işlemi ile 1. grupta, en düşük KBÇ ise Cu NP uygulaması ile 4. homojen grupta tespit edilmiştir. Kontrol işlemi değerlerinin, KBÇ gelişimine en olumsuz tesiri yapan Cu NP uygulamasına göre %70 civarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.10 NP çeşidinin KBÇ üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

NP Çeşidi	**Adet**	**Homojen Gruplar**				***F***	***P***
		4	**3**	**2**	**1**		
Cu	60	0,8300				*9,631*	*0,000*
Fe_2O_3	67	0,8851	0,8851				
Fe_3O_4	57	0,9333	0,9333				
ZnO	41	0,9415	0,9415				

Tablo 4.10 Devamı…

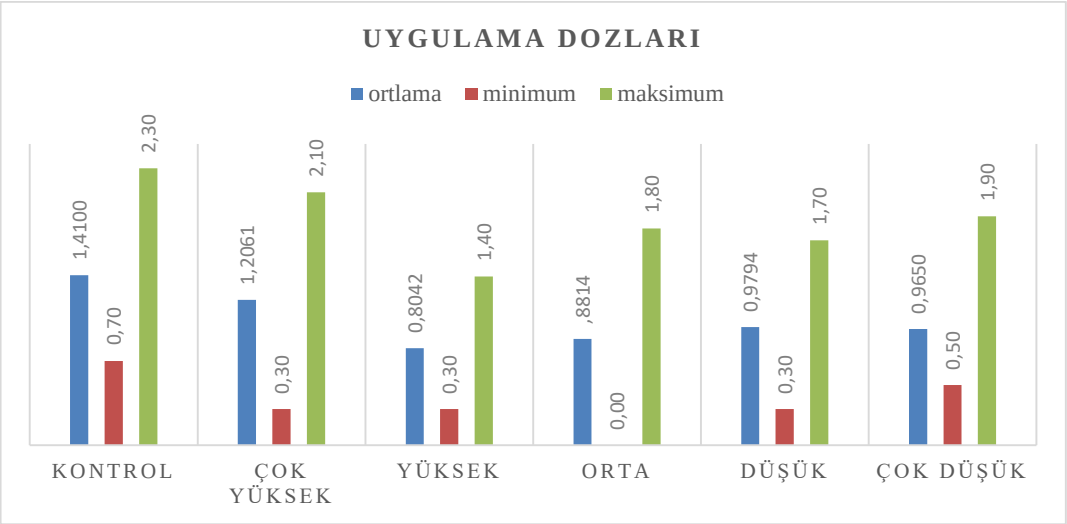
Au	33	1,0121	1,0121			
SİLİKA	55	1,0200	1,0200		9,631	0,000
Ag	49		1,1204			
TiO_2	71		1,1577			
KONTROL	20			1,4100		

4.2.2 NP Uygulama Dozlarının Fidan Kök Boğaz Çapı Üzerine Etkisi

Uygulama dozlarına göre fidan adetleri, ortalama KBÇ, standart sapma, standart hata, minimum ve maksimum değer ile değişim aralığı gibi temel istatistikler Tablo 4.11 ’de verilmiştir. NP dozlarına göre KBÇ ’na ait ortalama, minimum ve maksimum değerler Grafik 4.4 ’de verilmiştir.

Tablo 4.11 NP uygulama dozlarının KBÇ üzerine etkisine ilişkin basit istatistikler

Uygulama Dozları	Fidan Sayısı	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	Min.	Mak.	Değişim Aralığı
KONTROL	20	1,4100	0,52706	0,11785	0,70	2,30	1,60
Çok yüksek	98	1,2061	0,39293	0,03969	0,30	2,10	1,80
Yüksek	71	0,8042	0,26589	0,03156	0,30	1,40	1,10
Orta	59	0,8814	0,33243	0,04328	0,00	1,80	1,80
Düşük	165	0,9794	0,28403	0,02211	0,30	1,70	1,40
Çok düşük	40	0,9650	0,31667	0,05007	0,50	1,90	1,40



Grafik 4.4 NP dozlarına göre ortalama, minimum ve maksimum KBÇ değerleri

KBÇ değerleri üzerinde, uygulanan NP dozlarının da anlamlı fark oluşturduğu Tablo 4.8 ’de verilmiştir. Bu nedenle; hangi işlemler arasında farklılığın olduğunu tespit etmek amacıyla uygulanan Duncan test sonuçları ise Tablo 4.12 ’de verilmiştir. Tablo 4.12 ’de görüldüğü gibi; NP çeşidinde olduğu gibi doz faktörü de kontrol fidanlarına göre KBÇ gelişiminde olumsuz tesir yaptığı görülmektedir. En yüksek ortalama KBÇ değeri kontrol fidanlarında tespit edilmiştir. İşlemler arasında topla dört homojen grup oluşmuştur.

Tablo 4.12 NP uygulama dozlarının fidan KBÇ üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozları	**Adet**	**Homojen Gruplar**				***F***	***P***
		4	**3**	**2**	**1**		
Yüksek	71	0,8042				*2,739*	*0,000*
Orta	59	0,8814	0,8814				
Çok düşük	40		0,9650				
Düşük	165		0,9794				
Çok yüksek	98			1,2061			
KONTROL	20				1,4100		

4.2.3 Uygulama Çeşidinin ve Dozlarının İkili Etkileşiminin Kök Boğaz Çapına Etkisi

Uygulama çeşit ve dozlarının ikili etkileşimine göre; fidan adetleri, ortalama boy, standart sapma, standart hata, minimum değer, maksimum değer ve değişim aralığı Tablo 4.13 ’da gösterilmiştir.

Tablo 4.13 NP uygulama çeşidi ve dozlarının fidan boyu üzerine etkisine ilişkin basit istatistiksel veriler

Uygulama ve Dozları	**Ort.**	**Standart Sapma**	**Standart Hata**	**Minimum**	**Maksimum**	**Değişim Aralığı**
KONTROL	1,4100	0,52706	0,11785	0,70	2,30	1,60
TiO_2-Çok yüksek	1,3458	0,39118	0,07985	0,40	2,10	1,70
TiO_2-Yüksek	1,1600	0,19494	0,08718	0,90	1,40	0,50
TiO_2-Orta	1,0238	0,31608	0,06897	0,50	1,80	1,30
TiO_2-Düşük	1,0000	0,23184	0,05623	0,60	1,70	1,10
TiO_2-Çok düşük	1,4000	0,50990	0,25495	0,70	1,90	1,20
Silika-Çok yüksek	1,3917	0,18320	0,05288	1,10	1,70	0,60
Silika-Yüksek	0,6667	0,36265	0,10469	0,30	1,30	1,00
Silika-Orta	1,1333	0,50332	0,29059	0,60	1,60	1,00
Silika-Düşük	0,9852	0,31465	0,06055	0,50	1,40	0,90
Silika-Çok düşük	1,4000	0,00000	0,00000	1,40	1,40	0,00
Ag-Çok yüksek	1,3400	0,25473	0,08055	0,90	1,80	0,90
Ag-Yüksek	0,7000	0,16036	0,05669	0,50	0,90	0,40

Tablo 4.13 Devamı…

Ag-Orta	0,7600	0,31305	0,14000	0,50	1,30	0,80
Ag-Düşük	1,2727	0,32246	0,06875	0,70	1,70	1,00
Ag-Çok düşük	1,0250	0,17078	0,08539	0,80	1,20	0,40
Fe_3O_4-Çok yüksek	1,3750	0,44641	0,15783	0,60	1,90	1,30
Fe_3O_4-Yüksek	0,6600	0,20111	0,06360	0,30	1,00	0,70
Fe_3O_4-Orta	1,0000	0,36056	0,20817	0,70	1,40	0,70
Fe_3O_4-Düşük	0,8444	0,21001	0,04042	0,40	1,30	0,90
Fe_3O_4-Çok düşük	1,0889	0,28038	0,09346	0,70	1,70	1,00
ZnO-Çok yüksek	1,0000	0,00000	0,00000	1,00	1,00	0,00
ZnO-Yüksek	0,9250	0,17645	0,05094	0,70	1,20	0,50
ZnO-Orta	0,8000	0,27386	0,12247	0,50	1,20	0,70
ZnO-Düşük	1,0167	0,13827	0,03259	0,70	1,20	0,50
ZnO-Çok düşük	0,8400	0,13416	0,06000	0,70	1,00	0,30
Au-Çok yüksek	1,2188	0,30815	0,07704	0,80	2,00	1,20
Au-Yüksek	0,7500	0,07071	0,05000	0,70	0,80	0,10
Au-Orta	0,7857	0,18645	0,07047	0,50	1,10	0,60
Au-Düşük	0,9600	0,18166	0,08124	0,70	1,20	0,50
Au-Çok düşük	0,7000	0,17321	0,10000	0,50	0,80	0,30
Fe_2O_3-Çok yüksek	0,9500	0,42737	0,10073	0,30	1,70	1,40
Fe_2O_3-Yüksek	0,7545	0,21616	0,06518	0,50	1,10	0,60
Fe_2O_3-Orta	0,7100	0,40947	0,12949	0,00	1,60	1,60
Fe_2O_3-Düşük	1,0095	0,18683	0,04077	0,60	1,30	0,70
Fe_2O_3-Çok düşük	0,8000	0,21602	0,08165	0,50	1,10	0,60
Cu-Çok yüksek	0,8000	0,26926	0,08975	0,40	1,40	1,00
Cu-Yüksek	0,9273	0,21490	0,06479	0,60	1,20	0,60
Cu-Orta	0,7400	0,05477	0,02449	0,70	0,80	0,10
Cu-Düşük	0,8179	0,28160	0,05322	0,30	1,20	0,90
Cu-Çok düşük	0,8286	0,22147	0,08371	0,70	1,30	0,60

Tablo 4.8 ’de verilen çoklu varyans analizi sonucuna göre; %95 güven düzeyinde farklı NP çeşit ve dozlarının ikili etkileşiminin KBÇ üzerinde istatistiksel anlamda önemli etkisinin olduğu saptanmıştır. KBÇ için, farklı uygulama çeşitleri ve dozlarının ikili etkileşimine ait Duncan testi sonuçları ise Tablo 4.14 ’de verilmiştir. Tablo 4.14 incelendiğinde; uygulama çeşidi ve dozlarının ikili etkileşimlerinin hiçbiri “kontrol grubu” na göre daha iyi sonuç göstermemiş ve kök boğaz çapı bakımından en iyi grup “kontrol grubu” olarak gözlenmiştir.

Tablo 4.14 NP uygulama çeşidi ve dozlarının fidan KBÇ üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozları	**N**	**Ort.**	**Gruplar**
Fe_3O_4-Yüksek	10	0,6600	i
SİLİKA-Yüksek	12	0,6667	i
Ag-Yüksek	8	0,7000	ıi
Au-Çok düşük	3	0,7000	ıi
Fe_2O_3-Orta	10	0,7100	ıi

Tablo 4.14 Devamı…

Cu-Orta	5	0,7400	hıi
Au-Yüksek	2	0,7500	ghıi
Fe_2O_3-Yüksek	11	0,7545	ghıi
Ag-Orta	5	0,7600	ghıi
Au-Orta	7	0,7857	ghıi
Cu-Çok yüksek	9	0,8000	ghıi
ZnO-Orta	5	0,8000	ghıi
Fe_2O_3-Çok düşük	7	0,8000	ghıi
Cu-Düşük	28	0,8179	fghıi
Cu-Çok düşük	7	0,8286	fghıi
ZnO-Çok düşük	5	0,8400	fghıi
Fe_3O_4-Düşük	27	0,8444	fghıi
ZnO-Yüksek	12	0,9250	efghıi
Cu-Yüksek	11	0,9273	efghıi
Fe_2O_3-Çok yüksek	18	0,9500	defghıi
Au-Düşük	5	0,9600	defghıi
SİLİKA-Düşük	27	0,9852	cdefghıi
Fe_3O_4-Orta	3	1,0000	bcdefghıi
TiO2-Düşük	17	1,0000	bcdefghıi
ZnO-Çok yüksek	2	1,0000	bcdefghıi
Fe_2O_3-Düşük	21	1,0095	abcdefghıi
ZnO-Düşük	18	1,0167	abcdefghıi
TiO_2-Orta	21	1,0238	abcdefghıi
Ag-:Çok düşük	4	1,0250	abcdefghi
Fe_3O_4-Çok düşük	9	1,0889	abcdefghı
SİLİKA-Orta	3	1,1333	abcdefgh
TiO_2-Yüksek	5	1,1600	abcdefg
Au-Çok yüksek	16	1,2188	abcdef
Ag-Düşük	22	1,2727	abcde
Ag-Çok yüksek	10	1,3400	abcd
TiO_2-Çok yüksek	24	1,3458	abcd
Fe_3O_4-Çok yüksek	8	1,3750	abc
SİLİKA-Çok yüksek	12	1,3917	ab
TiO_2-Çok düşük	4	1,4000	ab
SİLİKA-Çok düşük	2	1,4000	ab
KONTROL	20	1,4100	a
F Değeri - Önem düzeyi	***N***	***2,739- 0,000***	

KBÇ için Duncan testi sonuçlarına göre; Toplam 41 işlem ve işlem etkileşimi 10 farklı homojen grup oluşturmuştur. Bunlar arasında Kontrol grubu ile birlikte SİLİKA-Çok düşük, TiO_2-Çok düşük gibi işlem kombinasyonları en yüksek sonuçlar verirken, Fe_3O_4-Yüksek ve SİLİKA-Yüksek işlem kombinasyonlarında ise en düşük KBÇ değerleri tespit edilmiştir. En iyi işlem olan Kontrol (1,41 cm) ile en düşük kök boğazı çapı gelişimine sebep olan Fe_3O_4-Yüksek işlemi (0,66 cm) arasında 2,1 kat kadar kök boğazı gelişiminde farklılık bulunmuştur.

4.3 Uygulama Çeşidi ve Dozlarının Fidan Yüzdesi (FY) Üzerine Etkisi

FY verileri için uygulanan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre; NP çeşidi (A), dozu (B) ve her iki faktörün etkileşiminin (AxB) fidan yüzdesi üzerinde %95 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sebebiyet verdiği Tablo 4.15 'de görülmektedir.

Tablo 4.15 NP uygulama çeşidi ve dozlarının FY üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

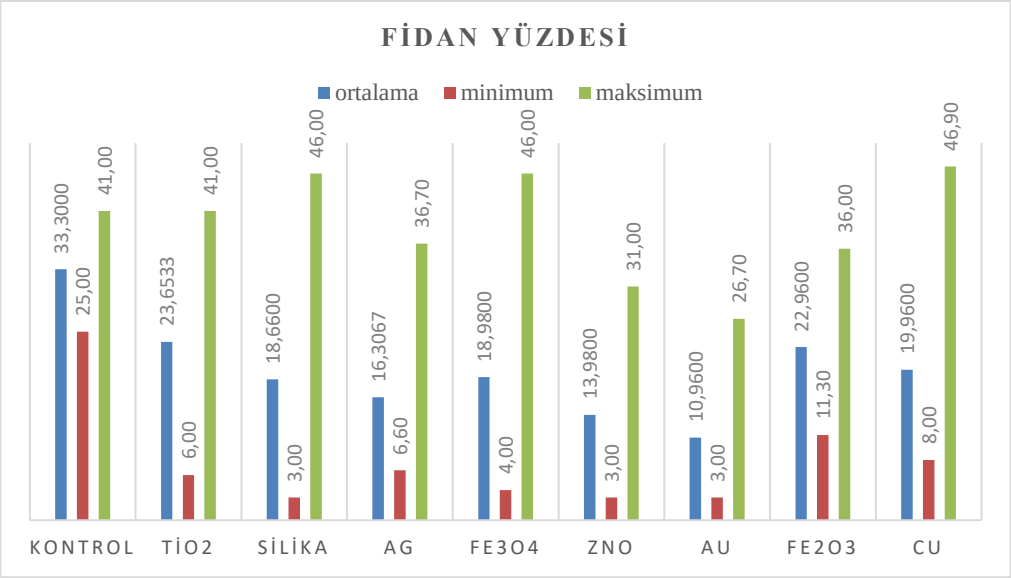
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Çeşit (A)	1 951,835	7	278,834	624,178	0,000
Doz (B)	9 712,603	4	2 428,151	5 435,495	0,000
Çeşit * Doz (AxB)	7 363,002	28	262,964	588,654	0,000
Hata	36,631	82	0,447		
Toplam	62 063,138	123			

4.3.1 NP Çeşidinin Fidan Yüzdesi Üzerine Etkisi

NP uygulama çeşitlerine göre fidan yüzdesi temel istatistikleri olan ortalama, standart sapma, standart hata, minimum değer, maksimum değer ve değişim aralığı Tablo 4.16 'de gösterilmiştir. NP çeşitlerine göre FY 'ne ait ortalama, minimum ve maksimum değerler Grafik 4.5 'de verilmiştir.

Tablo 4.16 NP çeşidi uygulamalarının fidan yaşama yüzdesine ilişkin temel İstatistikler

Uygulama Çeşidi	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum	Değişim Aralığı
KONTROL	33,3000	,3890	0,17321	25	41	16,00
TiO_2	23,6533	14,21949	3,67146	6,00	41,00	35,00
SİLİKA	18,6600	15,51017	4,00471	3,00	46,00	43,00
Ag	16,3067	11,12696	2,87297	6,60	36,70	30,10
Fe_3O_4	18,9800	14,10583	3,64211	4,00	46,00	42,00
ZnO	13,9800	10,06743	2,59940	3,00	31,00	28,00
Au	10,9600	8,62710	2,22751	3,00	26,70	23,70
Fe_2O_3	22,9600	8,87265	2,29091	11,30	36,00	24,70
Cu	19,9600	14,22120	3,67190	8,00	46,90	38,90



Grafik 4.5 NP çeşitlerine göre ortalama, minimum ve maksimum FY değerleri

Tablo 4.15 incelendiğinde; Farklı NP çeşitlerinin fidan yüzdesi üzerinde anlamlı düzeyde etki yaptığı görülmektedir. Varyans analizi ile tespit edilen farklılığın hangi işlem gruplarını oluşturduğunu belirlemek için yapılan; Duncan testine göre üç (3) homojen grup oluşmuştur (Tablo 4.17). Tablo 4.17'nin incelenmesinden görüleceği üzere; uygulanan bütün NP 'lerin 1+0 yaşlı kızılçam fidanlarının FY 'ne olumsuz etki yaptığı ve Kontrol işlemi fidanlarının FY değerlerinin uygulanan bütün NP çeşitlerine göre daha yüksek bir değere sahip olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; en yüksek FY gelişimi olan Kontrol işlemi ile 1. homojen grupta, en düşük FY ise Au NP uygulaması ile 3. homojen grupta tespit edilmiştir. Kontrol işlemi FY değerleri (%33,3) en olumsuz tesiri yapan Au NP 'e (%10,96) göre 3 kat daha fazla bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.17 NP uygulamalarının fidan yüzdesine ilişkin Duncan testi sonuçları

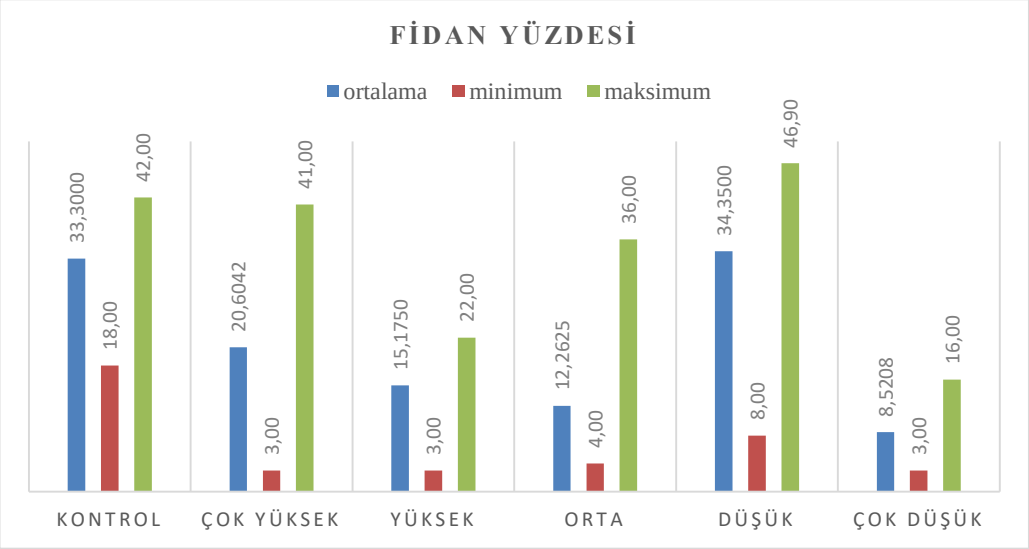
NP Çeşidi	**Homojen Gruplar**			***F***	***P***
	3	**2**	**1**		
Au	10,9600				
ZnO	13,9800	13,9800			
Ag	16,3067	16,3067			
SİLİKA	18,6600	18,6600			
Fe_3O_4	18,9800	18,9800		*3,515*	*0,000*
Cu	19,9600	19,9600			
Fe_2O_3	22,9600	22,9600	22,9600		
TiO_2		23,6533	23,6533		
KONTROL			33,3000		

4.3.2 Uygulama Dozlarının Fidan Yüzdesi Üzerine Etkisi

Uygulama dozlarına göre, ortalama fidan yüzdeleri, standart sapma, standart hata, minimum değer, maksimum değer ve değişim aralığı Tablo 4.18 'de gösterilmiştir. NP dozlarına göre FY 'ne ait ortalama, minimum ve maksimum değerler Grafik 4.6 'de verilmiştir.

Tablo 4.18 NP uygulama dozlarının fidan yüzdesine ilişkin temel istatistikleri

Uygulama Dozları	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum	Değişim Aralığı
KONTROL	33,3000	0,3420	0,17321	18,00	42,00	24,00
Çok yüksek	20,6042	10,85776	2,21633	3,00	41,00	38,00
Yüksek	15,1750	6,18577	1,26266	3,00	22,00	19,00
Orta	12,2625	9,49553	1,93827	4,00	36,00	32,00
Düşük	34,3500	12,08326	2,46649	8,00	46,90	38,90
Çok düşük	8,5208	3,77531	0,77063	3,00	16,00	13,00



Grafik 4.6 NP dozlarına göre ortalama, minimum ve maksimum FY değerleri

FY değerleri üzerinde, uygulanan NP dozlarının da anlamlı fark oluşturduğu tablo 4.15 'de verilmiştir. Bu nedenle; hangi işlemler arasında farklılığın olduğunu tespit etmek amacıyla uygulanan Duncan test sonuçları ise Tablo 4.19 'da verilmiştir. Tablo 4.19'da görüldüğü gibi "kontrol" ve "düşük" doz uygulamaları 1. homojen grupta yer alarak en yüksek FY değerlerine sahip olmuştur.

Tablo 4.19 NP uygulama dozlarının fidan yüzdesi üzerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Uygulama Dozları	**Homojen Gruplar**			***F***	***P***
	3	**2**	**1**		
Çok düşük	8,5208			*2,182*	*0,034*
Orta	12,2625				
Yüksek	15,1750	15,1750			
Çok yüksek		20,6042			
Kontrol			33,3000		
Düşük			34,3500		

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma materyali olarak Kızılçam tohumlarının kullanıldığı, 8 farklı nanopartikülün (Silika, Fe_2O_3, Manyetit (Fe_3O_4), ZnO, TiO_2, Au, CuO, Ag) 5 farklı dozunun bazı morfolojik fidan karakterleri ve fidan yaşama yüzdesi üzerine etkisinin irdelendiği bu tez kapsamında; Fidan boyu (FB), Kök boğazı çapı (KBÇ) ve Fidan yüzdesi (FY) değerlerinin varyans analizi sonuçlarına göre; Çeşit, Doz ve Çeşit X Doz etkileşimleri arasında anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. NP uygulanan fidanların gelişiminin kontrol grubuna göre daha düşük bir ortalama değer verdiği tespit edilmiştir.

FB açısından kontrol grubuna en yakın NP çeşidi Ag, TiO_2 ve Silika NP 'lerin olduğu tespit edilmiştir. En düşük FB ortalama değerleri ise Au, Fe_3O_4 ve Fe_2O_3 'de bulunmuştur. Çeşit ve Dozun FB üzerinde etkisinde Silika 'da orta doz aralığının 1 200 mg/l ve çok yüksek dozun 2 000 mg/l, Ag NP 'de düşük dozun 40 mg/l, Fe_3O_4 NP 'de orta dozun 1 200 mg/l'nın kontrol grubuna göre daha yüksek FB ortalama değerleri tespit edilmiştir. KBÇ ortalama değerleri dikkate alındığında ise Silika da çok yüksek doz 2 000 mg/l ve çok düşük doz 400 mg/l, TiO_2 NP'de çok düşük doz 200 mg/l'de ve Fe_3O_4 NP için çok yüksek doz 2 000 mg/l'de kontrol grubu ile yakın ortalama değerler elde edilmiştir. Fidan yüzdesi (FY) açısından veriler analiz edildiğinde ise; TiO_2'nin düşük dozu 400 mg/l dozu kontrol grubu ile daha yakın ortalamalar vermiştir.

Özetle; Ag NP'nun çok düşük 20 mg/l ve düşük 40 mg/l dozlarının, TiO_2'nin çok düşük 200 mg/l ve düşük 400 mg/l dozlarının, Silika ve Fe_3O_4 NP için orta 1 200 mg/l doz ve çok yüksek 2 000 mg/l dozlarının fidan yaşama yüzdesine ve fidan gelişim parametreleri üzerine olumlu bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha çok ziraai bitkilerde denemeleri yapılmış olan NP 'lerin ilk defa orman ağacı türü olan Kızılçam türünde ele alınmıştır.

Literatürdeki araştırmalar dikkate alındığında bitki türlerine bağlı olarak da NP doz ve çeşitlerinin değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Önerilen NP'lerden Ag için; Sharma vd. (2012)'de hardal bitkisinde fidelerin canlılık indeksi üzerine Ag NP uygulamasının olumlu yönde etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Ag NP'ne ait uyarıcı etkinin doza bağlı olduğunu saptamışlardır.

TiO_2 NP için; tek yıllık nane bitkisinin tohum çimlenmesi üzerine olumsuz etki yaptığı, kök uzunluğu bakımında ise düşük konsantrasyonların önemli bir etkisi olduğu Samadi (2014) araştırmasında belirtilmiştir. Doğaroğlu vd. (2016) marul bitkisi çimlenmesi üzerinde de düşük dozların 80 ve 100 mg/l konsantrasyonların olumlu etki yaptığını gözlemlemişlerdir. Nazikcan (2015) tarafından domates, salatalık, tere, kabak, fasulye, nohut, bezelye ve soğan tohumlarında TiO_2 NP için negatif etkiye rastlanmadığı ifade edilmiştir.

Fe_2O_3 ve Fe_3O_4 NP üzerine Zhu vd. (2008) ve Askary vd. (2016) yapmış olduğu çalışmalarda yüksek dozların daha olumlu bir etki yaptığını saptamışlardır.

Silika NP'nun Sun vd. (2016) ve Mohammed vd. (2019)'nin yapmış oldukları çalışmalarında tohum çimlenmesini arttırdığı, bitki büyümesi veya gelişimi üzerinde yüksek dozlarının olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, Karaçam ve Sarıçam türünde uygulanan tez çalışmalarında da 1 200 mg/l ve 2 000 mg/l dozlarının çimlenme ve büyüme üzerinde pozitif bir etki yaptığı tespit edilmiştir (Çelikbaş, 2019; Tan, 2019). Oysa, bu tez çalışmasındaki bulgular, NP uygulamalarının FB, KBÇ ve FY üzerinde olumsuz tesirleri olduğunu ortaya koymuştur.

Uluslararası düzeyde orman ağacı türlerinde NP uygulamalarına ait çok az yayın olması nedenleriyle gerçekleştirilen bu tez kapsamında elde edilen sonuçlar diğer orman ağacı türleri için bir altlık oluşturabilecektir.

KAYNAKLAR

Alemdağ, Ş., (1962). Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Doktora Tezi, O.A.E, yayınları, teknik bülten no:11, 160s.

Almutairi, Z. M. (2017). Expression profiling of certain MADS-box genes in Arabidopsis thaliana plant treated by silver nanoparticles. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 53(1), 30-36.

Askary, M., Talebi, S., Amini, F., & Bangan, A. D. (2016). Effect of NaCl and iron oxide nanoparticles on Mentha piperita essential oil composition. Environmental and Experimental Biology. 14, 27-32.

ASTM International. ASTM E2456-06, Standard Terminology Relating to Nanotechnology (2012).

Boydak, M., Dirik, H. & Çalıkoğlu, M., (2006). Kızılçamın (Pinus brutia Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü, OGEM-VAK (Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı) yayını, 364 sayfa, Ankara.

Bubel, S., Nikolova, D., Mechau, N., & Horst, H. (2009). J. Appl. Phys. 105, 64514.

Çalbay, Ö. (2014). Bakır oksit ve silikon dioksit nanopartiküllerinin Allium cepa'daki genotoksik etkileri. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Dağlıoğlu, Y., & Türkiş, S. (2017). TiO2 nanopartikül uygulamasının su mercimeğinin (Lemna minör L.) fotosentetik pigment içeriği üzerine etkisi. Acta Biologica Turcica. Acta Biologica Turcica. 30(4), 108-115

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

Doğaroğlu, Z. G., & Köleli, N. (2016). Titanyum dioksit ve titanyum dioksit-gümüş nanopartiküllerinin marul (Lactuca sativa) tohumunun çimlenmesine etkisi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. 31(ÖS 2), 193-198.

Doğaroğlu, Z., & Köleli, N. (2014). Titanyum dioksit nanopartikülünün buğday çimlenmesine etkisi. Akademik Platform. ISITES 2014, 1283-1288. Karabuk - TURKEY

Du, W., Sun, Y., Ji, R., Zhu, J., Wu, J., & Guo, H. (2010). TiO2 and ZnO nanoparticles negatively affect wheat growth and soil enzyme activities in agricultural soil. Journal Environmental Monitoring.13, 882.

Genç, M., Güner, Ş.T., & Fakir, H., (1997). Afyon-Çal Dağı Kızılçam Meşcereleri. Orman Mühendisliği Dergisi, 34 (6): 7-14.

Goldstain, A., (1997). Handbook of Nanophase Materials, Marcel Dekker Inc, New York.

Hanley, C., Layne, J., Punnoose, A., Lovern, K., & Klaper, R. (2006). Daphnia magna mortality when exposed to titanium dioxide and fullerene (C60) nanoparticles. Environmental Toxicology and Chemistry, 25, 1132–1137.

Hanley, M. E., & Fenner, M., (1997). Seedling growth of four fire-following Mediterranean plant species deprived of single mineral nutrients. Functional Ecology, 11(3), 398-405.

Kaweeteerawat, C., Ivask, A., Liu, R., Zhang, H., Chang, C. H., Low-Kam, C., Fischer, H., Ji, Z., Pokhrel, S., Cohen, Y., Telesca, D., Zink, J., Mädler, L., Holden, P. A., & Godwin, H. (2015). Toxicity of metal oxide nanoparticles in Escherichia coli correlates with conduction band and hydration energies. Environmental Science & Technology, 49, 1105–1112.

Keskin, S., (1999). Çameli-Göldağı Orijinli Kızılçam Tohum Bahçesinde Çiçek ve Kozalak Verimi Açısından Klonal Farklılıklar ve Çiçeklenme Fenolojisi., TC Orman Bakanlığı Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını, No. 091, ISSN 1302-3624, Ankara.

Kim, B. Y., Rutka, J. T., & Chan, W. C. (2010). Nanomedicine. New EnglandJournal of Medicine, 363(25), 2434-2443.

Kökdemir Ünşar E. (2013). Nanopartiküllerin Evsel Arıtma Çamurlarının Anaerobik Parçalanabilirliği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye.

Lin, D., & Xing, B. (2007). Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth, Environmental Pollution,, 150 (2), 243-250.

Liu, R., Zhang, H., & Lal, R. (2016). Effects of Stabilized Nanoparticles of Copper, Zinc, Manganese, and Iron Oxides in Low Concentrations on Lettuce (Lactuca sativa) Seed Germination: Nanotoxicants or Nanonutrients? Water, Air, & Soil Pollution, 227, 42.

Neyişçi, T., (1987). Kızılçamın Ekolojisi. In: E. Öktem (Ed.), Kızılçam, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, El Kitabı Dizisi: 2, Ankara, s. 23-56.

Nyberg, L., Turco, R. F., & Nies, L. (2008). Assessing the impact of nanomaterials on anaerobic microbial communities. Environmental Science & Technology, 42, 1938–1943.

OGM, (2015). Türkiye Orman Varlığı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 32 s., Ankara.

Oukarroum, A., Barhoumi, L., Pirastru, L., & Dewez, D. (2013). Silver nanoparticle toxicity effect on growth and cellular viability of the aquatic plant Lemna gibba. Environmental Toxicology and Chemistry, 32(4), 902-907.

Rajendran, R. C. & Balakumar, H. A. (2010). Mohammed Ahammed, S. Jayakumar, K. Vaideki, E. M. Rajesh. Int. J. Eng. Sci. Technol. 2, 202.

Rao, C.N.R. Müller, A., & Cheetham, A. K. (2009). The Chemistry of Nanomaterials Volume 1, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim. K. Senthilkumar, O. Senthilkumar, K. Yamauchi, M. Sato, S. Morito, T. Ohba, M. Nakamura, Y. Fujita. Phys. Status Solidi B 246, 885.

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

Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: the national nanotechnology initiative at 10 years. Journal of Nanoparticle Research, 13, 427–445.

Roohizadeh, G., Majd, A., & Arbabian, S. (2015). The effect of sodium silicate and silica nanoparticles on seed germination and growth in the Vicia faba L, Taropical Plant Research, 2(2), 85-89.

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

Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M., Saradhi, P., Khanna, P., & Arora, S. (2012). Silver Nanoparticle-Mediated Enhancement in Growth and Antioxidant Status of Brassica juncea, 167, 2225-2233.

Shilpa, R., & Lawre, S. (2014). Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. International Journal of Current Microbiology And Applied Sciences, 3(2), 467-473.

Soni, I., & Bondi, S. B. (2004). Silver nanoparticles as antimicrobial agent: A case study on E.coli as a model for Gram-negative bacteria. Journal of Colloid and Interface Science, 275, 1770–1782.

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.

Taniguchi, N., Arakawa, C. & Kobayashi, T. (1974). On the Basic conceptof'nano-technology'. In Proceedings of the International Conference on Production Engineering, 1974-8 (S.2, s.18- 23).

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.

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.

Tong,Z., Bischoff,M., Nies,L.,Applegate, B.,& Turco, R. (2007). Impact of fullerene (C60) on a soil microbial community. Environmental Science & Technology, 51, 2985–2991.

Vannini, C., Domingo, G., Onelli, E., Prinsi, B., Marsoni, M., Espen, L., & Bracale, M. (2013). Morphological and Proteomic Responses of Eruca sativa Exposed to Silver Nanoparticles or Silver Nitrate. PLOS ONE, 8(7), 1-8.

Wang, J., Li, W., Zhang, C., & Ke, S. (2010). Physiological responses and detoxific mechanisms to Pb, Zn, Cu and Cd in young seedlings of Paulownia fortunei. Journal of Environmental Sciences,22(12), 1916-1922.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Zarife FIRAT
Doğum Yeri ve Yılı : Adana 1984
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : zarifefirat@ogm.gov.tr

Eğitim Durumu

Lise : Mersin Atatürk Lisesi
Lisans : Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Beypazarı Orman İşletme Müdürlüğü'nde Orman İşletme Şefi
İş Yeri : Gülnar İşletme Müdürlüğü'nde Orman İşletme Şefi