



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CuO VE ZnO NANOPARTİKÜLLERİNİN GÜRGEN YAPRAKLI
KAYACIK (*Ostrya carpinifolia* Scop.) TOHUMLARININ
ÇİMLENME PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ

VEDAT KARACAN

DANIŞMAN

PROF. DR. HALİL BARIŞ ÖZEL

BARTIN-2024



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**CuO VE ZnO NANOPARTİKÜLLERİNİN GÜRGEN YAPRAKLI KAYACIK
(*Ostrya carpinifolia* Scop.) TOHUMLARININ ÇİMLENME PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Vedat KARACAN

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman

Üye

Üye

BARTIN-2024

KABUL VE ONAY

Vedat KARACAN tarafından hazırlanan "CuO VE ZnO NANOPARTİKÜLLERİNİN GÜRGEN YAPRAKLI KAYACIK (*Ostrya carpinifolia* Scop.) TOHUMLARININ ÇİMLENME PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu çalışma, 14.08.2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :
.....

Üye :
.....

Üye :
.....

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitimi Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK
Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr.Halil Barış ÖZEL danışmanlığında hazırlamış olduğum "CuO VE ZnO NANOPARTİKÜLLERİNİN GÜRGEN YAPRAKLI KAYACIK (*Ostrya carpinifolia* Scop.) TOHUMLARININ ÇİMLENME PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

14.08.2024

Vedat KARACAN

ÖNSÖZ

Doğanın korunması ve sağlıklı bir şekilde gelecek nesillere bırakılması hepimizin ortak sorumluluğu ve görevidir. Bu itibarla özellikle artan çevre kirliliği sorunu karşısında orman ağaçlarının bu duruma verdiği reaksiyonların belirlenmesine hizmet eden bu tez konusu belirleyerek, çalışmamın her bölümünde sorularımı sıklıkla cevaplayarak ve her türlü bilgi ve beceri aktarımını bana sağlayarak bana katkı sağlayan değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL'e teşekkür ederim. Tez çalışmam sırasında değerli bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan sayın Prof. Dr. Hakan ŞEVİK'e şükranlarımı sunarım. Tezimin istatistik analizleri başta olmak üzere her konuda samimi ve yardımsever tavırları ile bana destek olan ve katkı sağlayan sayın Prof. Dr. Tuğrul VAROL'a teşekkürü yerine getirilmesi zevkli bir görev sayarım. Ayrıca tüm öğrencilik hayatımda olduğu lisansüstü öğrenimde de bana yardımcı olan ve bana sabreden değerli eşime ve çocuklarıma teşekkürlerimi ve minnettarlıklarımı sunarım. Çalışmamın tüm ormancılık camiasına katkı sağlamasını diliyorum.

Vedat KARACAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**CuO VE ZnO NANOPARTİKÜLLERİNİN GÜRGEN YAPRAKLI KAYACIK
(*Ostrya carpinifolia* Scop.) TOHUMLARININ ÇİMLENME
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Vedat KARACAN

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr.Halil Barış ÖZEL

Bartın-2024, sayfa: 35

Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) türünün Bartın, Düzce, Sinop, Adana ve Erzurum orijinlerinden toplanan tohumlarının, ortam kirliliğinde yaygın olarak etkili olan CuO ve ZnO nanopartiküllerinin 4 farklı dozunda (400 mg/l, 800 mg/l, 1200mg/l ve 1600mg/l) hazırlanan konsantrasyonları ile işleme alınmasından sonra çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı değişkenleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bu özgün araştırmada; CuO nanopartikülüne ait 4 farklı doz konsantrasyon ile kontrol numunesi tohumlar arasında çimlenme yüzdesi yönünde uygulanan varyans analizinde $P<0,05$ güven düzeyinde istatistiki açıdan önemli farklılığın ortaya çıktığı belirlenmiş ve bu kapsamda homojen grupları belirlemek amacıyla %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen Duncan Testi sonucunda birinci grubu %35,79 çimlenme yüzdesi ile kontrol grubunun ve son grubu ise %18,26 çimlenme yüzdesi ile 4. doz değerindeki CuO nanopartikül uygulamam grubunun oluşturduğu belirlenmiştir. Yine CuOnanopartikülünde çimlenme hızı yönünden kontrol grubu tohum numuneleri ile nanopartikül doz uygulamam grupları arasında $P<0,05$ güven düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı farklılık tespit edilmiş ve bu kapsamda %95 güven düzeyinde uygulanan Duncan testi sonucunda birinci grubu 28,47 çimlenme hızı ile kontrol grubu tohum numunelerinin ve son grubu da 15,92 ile 4. Doz CuO nanopartikül doz grubu tohum numunelerinin oluşturduğu saptanmıştır. Araştırma kapsamında yaygın ortam

kirlenmesine neden olan ZnO nanopartikülün Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarının çimlenme parametreleri üzerindeki etkilerine de bakılmıştır. Bu kapsamda, ZnO nanopartikülüne ait 4 farklı doz konsantrasyon ile kontrol numunesi tohumlar arasında çimlenme yüzdesi yönünde uygulanan varyans analizinde $P<0,05$ güven düzeyinde istatistiki açıdan önemli farklılığın ortaya çıktığı belirlenmiş ve bu itibarla homojen grupları belirlemek amacıyla %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen Duncan Testi sonucunda birinci grubu %33,65 çimlenme yüzdesi ile kontrol grubunun ve son grubu ise %20,18 çimlenme yüzdesi ile 4. doz değerindeki CuO nanopartikül uygulama grubunun oluşturduğu belirlenmiştir. Yine ZnO nanopartikülünde çimlenme hızı yönünden kontrol grubu tohum numuneleri ile nanopartikül doz uygulamam grupları arasında $P<0,05$ güven düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı farklılık tespit edilmiş ve bu kapsamda %95 güven düzeyinde uygulanan Duncan testi sonucunda birinci grubu 30,54 çimlenme hızı ile kontrol grubu tohum numunelerinin ve son grubu da 11,83 ile 4. doz ZnO nanopartikül grubu tohum numunelerinin oluşturduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gürgen Yapraklı Kayacık, nanopartikül, tohum, çimlenme yüzdesi, çimlenme hızı

Bilim Alanı Kodu: 120517

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CuO AND ZnO NANOPARTICLES ON GERMINATION PARAMETERS OF EUROPEAN HOPHORNBEAM (*Ostrya carpinifolia* Scop.) SEEDS

Vedat KARACAN

**Bartın University
Graduate School
Department of Forest Engineering**

Thesis Advisor: Prof. Dr.Halil Barış ÖZEL

Bartın-2024, pp: 35

In this original study, which investigated the effects of the seeds of the European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) species collected from Bartın, Düzce, Sinop, Adana and Erzurum origins on the germination percentage and germination rate variables after being treated with 4 different doses (400 mg/l, 800 mg/l, 1200mg/l and 1600mg/l) of CuO and ZnO nanoparticles, which are widely effective in environmental pollution, were prepared. In the variance analysis applied in terms of germination percentage between the seeds of the control sample and 4 different dose concentrations of CuO nanoparticles, it was determined that a statistically significant difference emerged at the $P<0.05$ confidence level and as a result of the Duncan Test performed at the 95% confidence level in order to determine homogeneous groups, it was determined that the first group was the control group with 35.79% germination percentage and the last group was the group without CuO nanoparticle application at the 4th dose value with 18.26% germination percentage. Again, a statistically significant difference was detected between the control group seed samples and the nanoparticle dose application groups in terms of germination rate in CuO nanoparticles at the $P<0.05$ confidence level and as a result of the Duncan test applied at the 95% confidence level, it was determined that the first group was formed by the control

group seed samples with a germination speed of 28.47 and the last group was formed by the 4th dose CuO nanoparticle dose group seed samples with 15.92. Within the scope of the research, the effects of ZnO nanoparticles, which cause widespread environmental pollution, on the germination parameters of the seeds of the European Hophornbeam species were also examined. In this context, it was determined that a statistically significant difference emerged at the $P<0.05$ confidence level in the variance analysis applied between the seeds of 4 different dose concentrations of ZnO nanoparticles and the control sample in terms of germination percentage and in this respect, as a result of the Duncan Test performed at the 95% confidence level in order to determine homogeneous groups, it was determined that the first group was formed by the control group with 33.65% germination percentage and the last group was formed by the CuO nanoparticle application group at the 4th dose value with 20.18% germination percentage. Again, a statistically significant difference was detected at the $P<0.05$ confidence level between the seed samples of the control group and the nanoparticle dose application groups in terms of germination rate in ZnO nanoparticles and in this context, as a result of the Duncan test applied at the 95% confidence level, it was determined that the first group was formed by the seed samples of the control group with a germination rate of 30.54 and the last group was formed by the seed samples of the 4th dose of ZnO nanoparticle group with 11.83.

Keywords:European Hophornbeam, nanoparticles, seed, germination percentage, germination rate

Scientific Field Code:120517

İÇİNDEKİLER

<u>KABUL VE ONAY</u>	II
<u>BEYANNAME</u>	III
<u>ÖNSÖZ</u>	IV
<u>ÖZET</u>	V
<u>ABSTRACT</u>	VII
<u>İÇİNDEKİLER</u>	IX
<u>ŞEKİLLER DİZİNİ</u>	X
<u>TABLolar DİZİNİ</u>	XI
<u>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</u>	XII
<u>1. GİRİŞ</u>	1
<u>1.1.NANOPARTİKÜLERİN ÇEVREYE ETKİLERİ</u>	2
<u>1.2. GÜRGEN YAPRAKLI KAYACIK (OSTRYA CARPINIFOLIA SCOP.)'IN KARAKTERİSTİKLERİ</u>	5
<u>1.3.ÇALIŞMANIN AMACI</u>	6
<u>2. LİTERATÜR ÖZETİ</u>	7
<u>3. MATERYAL VE METOT</u>	10
<u>3.1.MATERYAL</u>	10
<u>3.2.METOT</u>	10
<u>3.2.1.TOHUM MATERYALİNİN TEMİNİ VE İLGİLİ ÖN İŞLEMLERİN</u>	
<u>UYGULANMASI</u>	10
<u>3.2.2 CUO VE ZNO NANOPARTİKÜL DOZLARININ TOHUMLARA</u>	
<u>VERİLMESİ</u>	13
<u>3.2.3ÇİMLENME TESTLERİ</u>	15
<u>3.3.İSTATİSTİK ANALİZLER</u>	16
<u>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</u>	18
<u>4.1. CUO KONSANTRE DOZLARININ ETKİSİ</u>	18
<u>4.2. ZNOKONSANTRE DOZLARININ ETKİSİ</u>	22
<u>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</u>	26
<u>KAYNAKLAR</u>	31
<u>ÖZGEÇMİŞ</u>	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

Sayfa

No	No
<u>3.1:</u> Laboratuvar ortamına getirilen tohumlar	11
<u>3.2:</u> Sağlıklı tohumların belirlenmesi	12
<u>3.3:</u> Çimlenme engeli giderilmiş tohumların petrilere alınması	13
<u>3.4:</u> Nanopartikül dozlarının hazırlanması	14
<u>3.5:</u> Nanopartiküllerin tohumlara aplikasyonu	14
<u>3.6:</u> Petri kaplara tohumların konulması	15
<u>3.7:</u> Çimlendirme dolabına petrilerin test için yerleştirilmesi	16

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo

Sayfa

No	No
4.1:CuOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi varyans analizi.	19
4.2: CuOnanopartiküllerinin çimlenme yüzdesine ait Duncan Testi	20
4.3: CuOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme hızı varyans analizi	21
4.4: CuO nanopartiküllerinin çimlenme hızına ait Duncan Testi	22
4.5: ZnOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi varyans analizi	23
4.6: ZnO nanopartiküllerinin çimlenme yüzdesine ait Duncan Testi	23
4.7: ZnOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme hızı varyans analizi	24
4.8: ZnO nanopartiküllerinin çimlenme yüzdesine ait Duncan Testi	25

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ha	: hektar
km	: kilometre
m	: metre
m ²	: metrekare
%	: Yüzde
mg/l	: Miligram/litre

KISALTMALAR

ANOVA	: Varyans A
NP	: Nanopartikül
ÇY	: Çimlenme Yüzdesi
ÇH	: Çimlenme Hızı
KÇ	: Konsantre Çözelti
CuO	: Bakıroksit
ZnO	: Çinkooksit

1. GİRİŞ

Farklı ekosistemlerin hepsi, farklı yaşam koşullarına ve yaşam formlarına sahip canlılara ev sahipliği yapar. Bu durum, canlıların farklı özelliklere sahip olmasının yanı sıra yaşamın da temel yapı taşlarını oluşturarak hayatın şekillenmesini sağlar. Yaşam, tamamen doğal özelliklere sahip yerkürenin var olduğu andan itibaren bünyesinde barındırdığı karakteristik özellikleri ve nitelikleri devam ettirerek konuk ettiği farklı formların kendi içinde ve karşılıklı ilişki halinde fayda ve zarar dengesini koruyarak süreklilik arz etmeye çalışan dış etkenlere tamamen veya kısmen açık olan sistemsel bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Günümüze kadar yaşamın temel ilkeleri ve sahip olduğu önemli süksesyonlar dışardan yapılan herhangi bir etkileşime maruz kalmadan hep bir denge halinde devam etmiştir. Bu denge durumu gerçekleştirilen bilimsel yaklaşımlar ile genetiğin, fizyolojinin, anatominin ve diğer uygulamalı ve teorik bilimlerin çıkış noktasını oluşturmuştur. Ancak gerek bireysel formda gerekse popülasyon düzeyinde dışardan gerçekleştirilen tüm müdahaleler ve frekans değişimleri canlı toplulukları içindeki varoluşunu sırrını saklayan dinamikleri değiştirmiş ve bu durum sistemsel olarak doğanın ve çevrenin ev sahipliği yaptığı yaşam formlarının geleceğini oluşum anından itibaren tehlike altına sokmuştur. Familyalar, cinsler, türler, alttürler ve hatta varyeteler düzeyin çok önemli değişimlere sahip olan canlı yaşamları tüm yerküre üzerinde formasyon olarak önemli bir sınıflandırmayı oluştururken birden bire yaşanan değişimler beraberinde yeni adaptasyon imkanları doğurmuş ve bilinen yaşamsal fonksiyonlar değişime ve farklılaşmalar maruz kalarak bazen pozitif ve daha çok negatif varyasyonların oluşumuna yol açmıştır. Bu oluşumlar kimi zaman yeni ve daha güçlü popülasyon olgusunu beraberinde getirirken bazen de var olan bireysel niteliklerin zarar görmesine ve çok değerli popülasyonların zincirleme bir reaksiyon şeklinde kaybolmasına sebebiyet vermiştir. Henüz bir çok noktada oluşumunu tamamlamamış olan yer küre ve onun yaşamsal dinamikleri meydana gelen bu değişimlerden rastlantısal ve periyodik olarak etkilenmiş ve bu durumda özellikle ekosistemlerin mevcut ekolojik şartlar altında sahip olduğu denge durumu ne yazık ki ortadan kalkmıştır. Bu durum geleceğin şekillenmesinde doğal olarak çok boyutlu etkilere sahip olmuştur. Ancak bu etkilerin nihai dereceleri ve ortaya koyduğu farklılaşmalar henüz tam olarak bilimsel bir karşılık bulamadığı için fayda ve zarar durumları detaylı olarak analiz edilmek suretiyle yaşamdaki yerleri belirlenmeye çalışılmaktadır. Nitekim yaşamın en önemli parçasını oluşturan ve çok fonksiyonel bir canlı olan insanoğlu düşünme ve tasarlama gücünün de etkisiyle doğal yaşam süreçlerini yakından etkileyen ve bu

süreçlerde çok önemli değişimler meydana getiren canlı grubunu oluşturmaktadır. Bilhassa gelişen ve hızla artan yerleşik düzeninin beraberinde getirdiği yaşam standartları her zaman insanoğlu tarafından değerlendirilmiş ve karşılaşılan zorlukları ortadan kaldırmak ya da değersiz hale getirmek için çok önemli inovasyon adımları atılmaya başlanmıştır. Bu süreçler tekerliğin keşfinden itibaren basit düzeyde gerçekleşmekle birlikte 19. Yüzyılın başından itibaren yaşanan endüstrileşme çağında ortaya çıkan sanayileşme devrimine bağlı olarak zirveye ulaşmış ve baş döndürücü teknolojik gelişmelerin meydana gelmesine izin vermiştir. Bu gelişmeler yaşamsal kalitede çok önemli iyileşmelere neden olmakla birlikte maalesef başta hammadde gereksiniminin sağlanması olmak üzere dağla kaynakların aşırı derecede kullanılarak tüketilmesine ve yaşamsal dinamikler olan ekosistem düzeninin olumsuz bir şekilde değişmesine yol açmıştır. Bu durum günümüzde yaşanan ve insanoğlunun yaşam serüvenini bariz olarak tehdit eden çevre kirliliği sorununun ortaya çıkmasında en etkili rolü oynamıştır. Çevre kirliliği her dönemsel değişimlerde ve yaşanan teknolojik ilerlemelerde kendisini başka tür ve tiplerde göstermiştir. Ancak bu türler çevreyi kirleten zararlı patojenlerin boyutundaki değişime bağlı olarak hep daha etkin bir hal almıştır. Ancak bu boyutsal değişim her zaman makro düzeyde mikro düzeye doğru ilerlemiştir. Çünkü yaşam alanlarındaki daralmalar yaşanan teknolojik buluşlarda ortaya konulan gelişmelerin mikro düzeyde ortaya çıkmasına neden olmuştur.

1.1 Nanopartiküllerin Çevreye Etkileri

Günümüzde farklı nanoteknolojilerin çoğu kısmı herhangi bir özel kural ve düzenleme olmaksızın büyüyüp gelişmektedir. Bu durum ortamda istenmeyen değişikliklere neden olmakta, kapalı ve açık işyerlerinde çalışanları etkileyebilmektedir. Fullerenler, nanotüpler gibi karbon bazlı nanopartiküller, demir ve titanyum gibi metal oksitleri ve asbest ve kuvars gibi doğal inorganik bileşiklerin çevre ve insan sağlığı üzerinde biyolojik etkileri olabilir. Bu tür nanopartiküllerin risk değerlendirmesi, onların hareketliliğinin, reaktivitesinin, çevresel toksisitesinin ve stabilitesinin değerlendirilmesini gerektirir. Nanopartiküllerin ticari ve endüstriyel amaçlarla kullanımının artmasıyla birlikte, nanopartiküllerin sayısız faydalarının, bunların kullanımından kaynaklanan ekonomik maliyetlerin, çevresel etkilerin ve bilinmeyen risklerin üstesinden gelip gelemeyeceği tartışması son yıllarda ortaya çıkmıştır. Günümüze kadar nanopartiküllere doğrudan ve dolaylı maruz kalma sonucu ortaya çıkan toksik ve çevresel etkiler üzerine az sayıda çalışma yapılmıştır ve bunların etkilerini belirlemeye yönelik net standartlar

bulunmamaktadır. Bu bağlamda teknik bilgi eksikliği, nanoparçacıkların destekçileri ve karşıtları için çelişkili ve kötü düşünülmüş sonuçlar sunmaları için uygun bir bağlam sağlamıştır. Böylesine belirsiz bir atmosfer, nanopartiküllerin etkilerine ilişkin endişelerin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle nanopartikül kullanımının kesin ve gerçek risklerini belirlemek için yeterli çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmalardan elde edilen bilgiler, nanopartiküllerin kullanımından kaynaklanabilecek çevresel tehlikelerin en aza indirilmesinde faydalı olabilir (Ghodake vd., 2010; Begum vd., 2012; Taghavi vd., 2013)

Nanoteknoloji, benzersiz fiziksel özellikleri nedeniyle yeni teknolojilerde kullanılan yaklaşık boyutları 1 ila 100 nm arasında olan malzemelerin tanımlanması ve kontrol edilmesi bilimi olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla nanopartiküller boyutu 100 nm'den küçük olan malzemelerdir. Bu parçacıklar küresel, boru şeklinde veya düzensiz şekilli olabilir. Nanopartiküller, doğal ve sentetik nanopartiküller olmak üzere iki gruba ayrılır ve bu iki grup, nanopartiküllerin kimyasal bileşimlerine göre organik ve inorganik (mineral) alt gruplara da ayrılır. Fullerenler ve jeojenik veya pirojenik kökenli karbon nanotüpler (CNT'ler) doğal nanopartiküller arasındadır. Sentetik nanopartiküller yanlışlıkla (yanma nedeniyle veya yan ürün olarak) veya kasıtlı olarak üretilir. Belirli işlemler kullanılarak kasıtlı olarak üretilen nanopartiküllere, tasarlanmış veya üretilmiş nanopartiküller adı verilir; örneğin fullerenler ve CNT'ler. Çevresel konularla ilgili olarak, nanoteknolojiyle ilgili mevcut araştırmalar esas olarak tasarlanmış nanopartiküllere odaklanmaktadır (EPA, 2007).

Nanopartiküllerin yaygınlaşması ile birlikte özellikle çevrecilerin oluşturduğu karşı grupların yasal baskıları sonucunda bu konuda zararlı etkilerin bulunup bulunmadığı ile ilgili araştırma çalışmaları çeşitli bilim insanları tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların başlangıcını memelilerde gerçekleştirilen nanopartikül uygulamaları oluşturmaktadır. Bu çalışmalarda nanopartiküller, protein ve diğer biyolojik bileşikleri içeren hücre kültürü ortamına maruz bırakılmıştır. Bakteriler gibi prokaryotların hücresel yüzeyleri, birçok nanopartikül tipinin emilimini engelleyen koruyucu bir bariyer sağlamış, çünkü bunların kolloidal partikülleri hücre duvarı boyunca aktarmasını sağlayacak bir mekanizma bulunmamaktadır. Bununla birlikte, erken tek hücreli organizmalar ve çok hücreli organizmalar gibi ökaryotlarda durum farklıdır çünkü nanopartiküllerin ve mikropartiküllerin girişi için endositoz ve fagositoz gibi bazı mekanizmalara sahiptirler.

Buna göre gerçekleştirilen araştırmalarda farklı nanopartiküllerin hücreler tarafından emildiği gözlemlenmiştir; örneğin karbon nanotüpleri protozoa tarafından emilebilir ve hücrelerin mitokondrisinde birikebilir (Zhu vd., 2006; Krishnaraj vd., 2012; Kumar vd., 2013; Mahakham vd., 2017).

Birçok doğal ve insan yapımı süreç, iç ve dış mekanlarda nanopartiküllerin salınmasına yol açmaktadır. Bazı inşaat işçileri, gaz ve petrol iletim boru hattı çalışanları, polis memurları, çiftçiler ve diğer birçok işte çalışan işçiler, çalışma zamanlarını dış ortamlarda geçirirler. Bu tür çalışanların nanopartiküllere maruz kalmasının etkileri üzerine çok az çalışma yapılmıştır; ancak mevcut sınırlı araştırma, bu tür kişilerin nanopartiküllere maruz kalmalarından kaynaklanan olumsuz sağlık etkileri riskinin arttığını göstermektedir. Bazı durumlarda nanopartiküllerin kapalı alanlardan dış ortama sızması olasıdır. Örneğin bir filtreleme sisteminden geçen nanopartiküller havalandırma kanallarından dış mekanlara girerek dışarıdaki çalışanları etkileyebilmektedir. Nanopartiküller, özel fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle iç ve dış mekan işyerlerine kolaylıkla girer ve bu mekanlara dağılmaktadır. İnsan vücudunun hücrelerinde bazı reaksiyonlar oluşturarak biyokimyasal hasara neden olabilmektedir.

Nanopartiküller üzerinde araştırma çalışmalarının yapıldığı ikinci canlı grubunu, dünya ekosisteminin ve biyolojik süreçlerinin en önemli parçalarından ve elementlerinden birisi olan bitkiler oluşturmaktadır. Buna göre, alüminyum oksit nanopartiküllerinin bitki köklerinin büyümesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kaplanmamış alümina nanopartiküllerinin varlığında köklerin büyümesinde hafif bir azalma görölmüş ancak nanopartiküller fenantren ile kaplandığında herhangi bir azalma gözlemlenmemiştir. Alüminanın yüzey özellikleri toksisitesinde önemli bir role sahiptir. Çeşitli makaleler, ıspanak tohumlarına titanyum dioksit nanopartikülleri bulaştığında veya yapraklara bu nanopartiküller püskürtöldüğünde ıspanağın büyümesi üzerinde olumlu bir etkinin meydana geldiğini göstermiştir. Titanyum dioksit nanopartikülleri, daha büyük titanyum dioksit numunelerinin aksine, enzimatik aktiviteyi artırabilir, nitratların emilimini artırabilir ve inorganik nitrojenin organik nitrojene dönüşümünü hızlandırabilir. İnorganik oksitlerin nanopartiküllerinin bitki hücreleriyle ve diğer bitkilere benzer hücre duvarlarına sahip yeşil alglerle etkileşime girebileceğini öne süren bazı sınırlı bilgiler vardır (Yang ve Watts, 2005; Hund-Rinke ve Simon, 2006).

Nanopartiküllerin çevresel etkileri, işyerinde nasıl kullanıldıklarına, farklı ortamlara (örneğin su ve hava) nasıl ayrıldıklarına, bu ortamların her birindeki hareketliliklerine ve stabilitelere bağlıdır. Nanopartiküllerin davranışı ve toksisitesine ilişkin bu tür temel bilgiler, risklerini değerlendirmek için gereklidir; ancak yalnızca bu bilgilere dayanarak gerçekçi bir değerlendirme yapılamaz; bunun yerine, çevresel sistemlerde beklenen nanopartikül konsantrasyonuna ilişkin bazı veriler gerekli olacaktır ve bugüne kadar bu tür konsantrasyonlara ilişkin kesin bir bilgi mevcut değildir. Nanopartiküllerin çevresel risk değerlendirmesi için bir başlangıç noktası olarak nanopartiküllerin kaynakları, çevresel yolları ve uygulamalarının yanı sıra nanopartiküllere duyarlı bitki ve hayvanlar tanımlanmalıdır (Reijnders, 2006).

Son yıllarda nanoteknolojideki hızlı ilerlemeler çevre, tıp, tarım, sanayi ve diğer bilim alanlarında büyük gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Nanopartikül teknolojisi alana önemli katkılar sağlamış ve nanoteknolojilerin gelişmesine temel oluşturmuştur. Parçacık boyutunun malzemelerin toksisitesi üzerindeki ana etkisi geçmişte belirtilmiş olmasına rağmen, parçacık boyutunun nanopartiküllerin davranışı ve reaktivitesi üzerindeki etkisi belirsizliğini koruyor. Nanopartiküller ile ilgili yeni konular ve fikirler, uygun laboratuvar yöntemlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Şu anda çevrede nanopartiküllerin sudan, kanalizasyondan ve havadan kirletici maddelerin uzaklaştırılması da dahil olmak üzere çeşitli kullanımları bulunmaktadır. Ayrıca sensörler, yeşil nanoteknoloji ve sera gazlarının azaltılması gibi çevresel araçlarda da kullanılmıştır. Ancak nanopartiküller yararlılıklarının yanı sıra, üretilmelerinden imha edilmelerine kadar çevreye bazı tehlikeler de oluşturabilmektedirler (Taghavi vd., 2013).

1.2 Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.)'ın Karakteristikleri

Türün doğal yayılış alanı Zonguldak'tan başlayarak Tokat'a kadar uzanmakta ve Doğu Anadolu platosunda Erzurum'da doğal yayılış gerçekleştirdikten sonra, Antalya ve Mersin ili sınırları içinde lokal yayılışını gerçekleştirmektedir (Saatçioğlu, 1969). Doğal yayılış alanı içinde uygun yetişme ortamı koşullarına sahi verimli ve korunaklı alanlarda ve özellikle Castanetum ve Fagetum zonlarında, yeterli miktarda toprak nemi ve düzenli yağışın 700mm'nin üzerinde olduğu rejyonlarda ortalama 15-25m'ler arasında boy yapabilen bir tür olup, koyu renkli odunu dayanıklı ve özellikle el aletleri ve süs eşyası

yapımına uygun nitelikler göstermektedir. Genel olarak yayvan kalp kök sistemine sahip olan türün uygun toprak koşullarında derinlere inan ve ana gövdenin sabitlenmesine yardımcı olan kazık kök sistemine benzer bir metamorfik kök sistemi oluşturma niteliği bulunmaktadır. Bu nedenle türün zaman zaman alt tesis veya ön tesis olarak kullanımı söz konusu olabilmektedir (Saatçioğlu, 1969; Yaltırık ve Efe, 2000; Korkut ve Güller, 2008).

Son yıllarda çeşitli biyotik ve abiyotik zararlıların etkisi ile birçok türde olduğu gibi gürgen yapraklı kayacık türünde de bireysel ve popülasyon düzeyinde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Bu nedenle birçok biyolojik çeşitlilik sınıflandırmalarında nesli az tehlike altında olan türler arasında yer alan gürgen yapraklı kayacık, özellikle geniş yapraklı ormanların imar ve ıslahı amacıyla yapılan ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmalarında yaygın olarak son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda Türün kaliteli fidanlarının yetiştirilmesi oldukça önemlidir. Bu itibarla özellikle sınırlı bir doğal yayılış alanına sahip olan türde uygun tohum kaynakları da sınırlı olup, bu kaynaklardan toplanacak tohumlardan elde edilecek fidanların kısa sürede yaygın bir adaptasyon yeteneğine sahip olması gerekmektedir. Türün tohumlarında endosperm ve embriyodan kaynaklanan çimlenme engelleri bulunmakta olup, mutlaka ön işlemlere tohumların tabi tutularak çimlenme engelinden kurtarılması gerekmektedir (Kulaç vd., 2013a).

1.3 Çalışmanın Amacı

Söz konusu bu araştırmada ülkemiz ormanlarında serpili halde geniş yapraklı ve iğne yapraklı farklı orman formasyonları içinde yer alan ve dünya geneline bakıldığında IUCN tarafında da kırmızı listeye alınan ve nesli tehlike altındaki türlerden kabul edilen Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) türünün tohumlarının çimlenme parametreleri üzerinde CuOve ZnO nanopartiküllerinin farklı doz uygulamalarının etkileri incelenecektir. Bu amaçla çimlenme testlerinde kullanılacak tohumlar Bartın-Ulus, Düzce-Yığılca, Sinop-Ayancık, Adana-Sayimbeyli ve Erzurum-İspir orijinlerinden toplanacaktır. Çimlenme deneylerinde CuOve ZnO nanopartiküllerine ait dünyada konuyla ilgili olan literatür bilgilerinde gerçekleştirilen incelemeler sonucunda 400mg/l, 800mg/l, 1200mg/l ve 1600 mg/l şeklinde hazırlanmış 4 farklı doz uygulaması gerçekleştirilecektir. Bu kapsamda hem gürgen yapraklı kayacık orijinleri hem de nanopartikül dozları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla çimlenme hızı ve çimlenme yüzdesi değişkenleri incelenecektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Gelişen endüstri koşulları ve teknolojik ilerlemeler karşısında üretim süreçleri sonucunda ortaya çıkan atıkların boyutları çok küçülerek nano düzeylere ulaşmıştır. Bu durum teknolojik ilerlemelerde hızlı ve kolay bir üretim süreci yaşanmasını sağlamasına rağmen çevresel kirliliğin gözle görülmeyen boyutlarda ve daha sinsiçe gerçekleşmesine neden olmaktadır(Bottero vd., 2011).

Beslenme, barınma ve giyinme yaşamın temel gereksinimleridir. Bu üç olgudan birisinde ya da birkaçında yaşanacak gerilemeler, aksamalar veya eksilmeler yaşamsal koşulların zayıflamasına ve zamanla ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Bu itibarla günümüzde yaygın olarak kullanılan dijital teknoloji kapsamındaki nano malzemeler nanometrik boyutlarda çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu kapsamda özellikle Fe, Cu, Zn, Mn, Ti ve Ag gibi maddelere ilişkin nano boyuttaki parçacıklar öncelikle tarımsal ürünleri, ağaçları, çalıları ve tatlı su kaynaklarını kirletmekte ve kullanılamaz hale getirmektedir (Bouguerra vd., 2014).

Nano mazemelerin kullanımıyla ortaya çıkan malzemelerin canlı ve özellikle bitki fizyolojisinde öncelikli olarak enzim aktivasyonunu bozduğu ve zamanla genetik yapıda önemli tahribatlara yol açtığı yapılan ön çalışma ve deneylerde büyük oranda ortaya konulmuştur. Bu kapsamda özellikle kısa rotasyon sürelerine sahip olan tarımsal ürünlerde bilhassa katalaz ve üreaz enzim segregasyonlarında aktivite bozulmakta ve bitkinin dayanıklılığı ve direnci azalmaktadır. Bu durum üretim kapasitesini de yakında etkilemektedir (İbrahim, 2020).

Ag ve Au nano partiküllerinin tarımsal üretimde önemli bir yeri olan karpuz ve kavun ürünlerinin yetişmesi üzerine olan etkilerini inceleyen bir araştırmada öncelikle, bitkilerin

büyüme sırasında bilhassa Ag ve Au'nun yüksek miktarda toprak veya sulama suyunda bulunması ile birlikte öncelikle bitki besin maddelerini bireylerin gerekli osmoz ve diffüzyon faaliyetlerini gerçekleştirememesi nedeniyle tam kapasite ile alamadıkları, fotosentetik reseptörlerin olumsuz etkilenmesine bağlı olarak başarılı hücre bölünmesi süreçlerini gerçekleştiremeyerek özellikle verimli meyve olgunlaşma dönemlerini yaşayamamalarına bağlı olarak önemli kayıplar verdiklerini aynı zamanda hızlı bir bozunma ve çüreme süreçleri yaşadıklarını ortaya koyan çalışmada, mutlaka bölgesel ve ürünsel düzeyde toksik eşik noktalarının nanopartiküllerde belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Acharya vd., 2020).

Endüstriyel kirlenmenin günümüzdeki en son şeklini ve tipini oluşturan nanopartiküler kirlenmede tüm canlılarda olduğu gibi hayvanlarda özellikle balıklarda da önemli zararlı ve olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu durum balıkların başta İnsan familyası olmak üzere pek çok canlı tarafından besin olarak tüketilmesi gerçeği gündeme geldiğinde zincirleme bir reaksiyon şeklinde birçok canlı organizmanın varlığını ve geleceğini tehdit eden bir durum ortaya çıkmaktadır. Nitekim balıklarda yapılan bir araştırmada ağır metal türleri içinde en düşük doğada bozunma miktarına sahip olan Cd nanopartiküllerinin balıkların organizmalarında önemli olumsuzluklara fizyolojik açıdan yol açmasının yanı sıra toksik etkinin aynı tür nanopartikül tarafından devam etmesi halinde de özellikle yaşları küçük olan balık bireylerin DNA materyalinde kalıtsal değişimlere neden olan kimyasal mutasyonların meydana geldiği ve bunların diğer generasyonlara da başta şekil bozulmaları ve boyutlardaki küçülmeler şeklinde aksettiği bildirilmiştir (İbrahim vd., 2021).

Nanopartiküler kirlenmenin en yaygın şekilde meydana geldiği ortamları toprak ve su kaynakları oluşturmaktadır. Bu kapsamda Güney Afrikada'ki kısıtlı tarım topraklarında yapılan bir araştırmada Mn, Zn ve Fe nanopartiküllerinin yoğun olarak yayılım gösterdiği endüstriyel kirletici kaynaklara yakın olan tarım arazilerinde 5-12 yıllık mısır süreçleri içinde kirliliğin çok yüksek bir toksik düzeye ulaşması ile özellikle katalaz ve üreaz enzim üretim süreçlerinin toprakta aksamalara maruz kaldığı belirlenmiş ve bu duruma bağlı olarak da topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin önemli ölçüde azaldığı ve özellikle yararlı mikroorganizmaların popülasyonlarında çok ciddi azalmaların meydana geldiği tespit edilmiştir (Suszek-Lopatka vd., 2021).

Nanopartiküllerin meydana getirdiği kalıcı çevre kirliliği koşullarında öncelikle fizyolojik yapıda ortaya çıkan gerilemelerin doğal bir sonucu olarak fotosentez miktarı azalmaktadır. Bu durumda birçok klorofil taşıyan organelde büyüme gerilemeleri yaşanmakta su ve sıcaklık dengesi bozularak aşırı transpirasyon ya da aşırı buharlaşma sonucunda bitki adaptasyon mekanizmaları harekete geçmektedir. Örneğin yaprak yüzey alanları küçülmekte, kökler kısılmakta, gövde zayıflamaktadır (Adhikary vd., 2022).

Tohumların çimlenme süreçleri üzerinde çok sayıda faktörün etkisi söz konusudur. Bunlardan özellikle çimlenme engelleri bu süreçleri hem uzatmakta hem de güçleştirmektedir. Nitekim bazı bitkilerin tohumlarının çimlenmesine ilişkin çimlenme parametrelerinin incelendiği bir araştırmada da özellikle Zn, Mn, Fe ve Al nanopartiküllerine maruz kalan tohumlarda çok kolay atlatılabilen çimlenme engeli süreçlerinin uzadığı ve gerekli ön işlemler ile bu süreçlerin kolayca atlatılamadığı belirtilmektedir. Ayrıca tohumların çimlenme süreçlerinde etkili olan bazı doğal büyüme düzenleyicilerin çimlenme engelini kalkmasında çalışan mekanizma içinde yer alamadığı ve yeterince çalışmadığı bildirilmektedir (Lin ve Xing, 2007).

Nanopartiküllerin tohumların çimlenmesi üzerindeki etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada da özellikle çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızının belirli bir düzeye kadar birçok türde görülen düşük doz kirlenmelerde değişmediği, hatta bazı türlerde bu durumun çimlenme parametrelerini bir miktarda desteklediği ancak ortaya çıkan kirlenme eşik düzeylerinden sonra hızla bu parametrelerde önemli kayıpları ve azalmaların meydana geldiği bu durumun ortaya çıkan yeni bitki taslağını da olumsuz yönde etkilediği vurgulanmaktadır (Guo vd., 2022).

Hızlı gelişen ve kitlesen üretimin gerçekleştirildiği endüstriyel plantasyonların tesisine çok uygun olan kavak ve söğüt türlerinde gerçekleştirilen araştırmalarda özellikle önemli bir ağır metal ve nanomalzeme olarak gösterilen Titanyumun nanopartiküllerinin belirli bir düzeyden itibaren çimlenmeyi ve özellikle bu türlerin çeliklerinde köklenmeyi yavaşlattığı ve zamanla durdurduğu daha sonra da bu türlerin gövde çeliklerinde bir tutma başarısı ortaya çıksa dahi yeni ortaya çıkan gametlerin büyüme performanslarının neredeyse %50 oranında gerilemeler gösterebildiği açıklanmaktadır (Seeger vd., 2009).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Söz konusu bu araştırmada ülkemiz ormanlarında serpili halde geniş yapraklı ve iğne yapraklı farklı orman formasyonları içinde yer alan ve dünya eneline bakıldığında IUCN tarafında da kırmızı listeye alınan ve nesli tehlike altındaki türlerden kabul edilen Gürge Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) türünün tohumlarının çimlenme parametreleri üzerinde CuOve ZnO nanopartiküllerinin farklı doz uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Bu amaçla çimlenme testlerinde kullanılacak tohumlar Bartın-Ulus, Düzce-Yığılca, Sinop-Ayancık, Adana-Sayimbeyli ve Erzurum-İspir orijinlerinden toplanmıştır. Tohumların toplandığı orijinlerde genel olarak toprak strüktürü ise kırıntılı ve granular bünyeye sahip olup, toprak tekstürü kumlu-balçık, kumlu killi balçık, killi kum türündedir. Tohumların toplandığı alanlarda ortalama yıllık sıcaklık 13,5-26,7°C arasında, yıllık ortalama yağış ise 694-1124mm arasında değişmektedir. Ayrıca tohumların toplandığı yörelerde vejetasyon periyodunun uzunluğu 5-7 ay arasında değişmektedir (MGM, 2023).

3.2 Metot

3.2.1 Tohum Materyalinin Temini ve İlgili Ön İşlemlerin Uygulanması

Gürge Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) türünün tohumlarının çimlenme parametreleri üzerinde CuOve ZnO nanopartiküllerinin farklı doz uygulamalarının etkileri

incelendiği bu araştırmada tohumlar, meşcere içinde serpili halde bulunan normal kapalılık ve sıklık koşullarındaki bireylerden toplanmıştır. Toplanan uygun şekilde torbalanmış, etiketlenmiş ve gerekli sıcaklık ve nem ortamının varolduğu laboratuvar ortamına taşınmıştır (şekil 3.1).



şekil 3.1: Laboratuvar ortamına getirilen tohumlar

Laboratuvar ortamına getirilmiş olan tohumlar nanopartiköl uygulamalarına ve çimlenme testlerine tabi tutulmadan önce sağlık ve hayatiyet testlerinden geirilmıştır. Bu amaçla yüksek düzeyde çimlenme engeline sahip olan Gürgen Yapraklı Kayacık tohumları öncelikle hayatiyet incelemelerine tabi tutularak mümkün olduğunca sağlık tohumlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla rastlantısal örnekleme yöntemi ile poşetlerden

Çıkarılmış olan temizlenmiş tohumlardan numuneler alınmış, kesilerek tohumların endosperm ve embriyo gelişimleri incelenmiştir (şekil 3.2).



şekil 3.2: Sağlıklı tohumların belirlenmesi

Endosperm ve embriyonun uzun süreli latent halde kalmasından kaynaklanan kuvvetli bir çimlenme engeline sahip olan Grge Yapraklı Kayacık (rge, 1998) tohumlarında gerekli sağlık ve hayatiyet testleri gerçekleştirildikten sonra bu çimlenme engelinin ortadan kaldırılabilmesi için gerekli ön işlemlerin uygulanması amaçlanmıştır. Bu amaçla daha önceden Grge Yapraklı Kayacık türünün tohumlarında gerçekleştirilen araştırma alışması (Kulaç vd., 2013) incelenmiş ve bu araştırma çalışmasından elde edilen bilgiler doğrultusunda türün tohumlarında görülen çimlenme engelini giderilmesi için soğuk

katlama ve 2 ay perlitte bekletmenin uygun olacağı kanaatine varılarak bu işlem uygulanmıştır. Bu kapsamda 2 ay soğuk katlamaya tabi tutulan ve perlit ortamından hijyenik bir şekilde bekletilen tohumlar periyodik olarak yapılan kontrollerden sonra çimlenme engelinin ortadan kalkması için bekletildikleri bu ortamdan itinalı bir şekilde çıkarılarak hem nanopartiküllere ilişkin farklı doz uygulamalarının gerçekleştirileceği ve bu itibarla çimlenme çalışmalarının yapılacağı petri kaplara alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Çimlenme engeli giderilmiş tohumların petrilere alınması

3.2.2 CuO ve ZnO Nanopartikül Dozlarının Tohumlara Verilmesi

Araştırmada Gürge Yapraklı Kayacık tohumları çimlenme engelinin giderilmesi için 2 ay soğuk katlamaya tabi tutulduğu perlit ortamından alındıktan sonra CuO ve ZnO nanopartiküllerinin türün tohumları üzerindeki etkilerini ortaya koyabilmek ve zarar eşik düzeyini belirleyebilmek için nanopartiküllerin 400, 800, 1200 ve 1600 mg/l şeklinde 4 farklı konsantrasyonu hazırlanmış tohumlara uygulanmıştır (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).



Şekil 3.4: Nanopartikül dozlarının hazırlanması



Şekil 3.5: Nanopartiküllerin tohumlara aplikasyonu

3.2.3 Çimlenme Testleri

Dört farklı dozda hazırlanan nanopartiküller sterilasyonu yapılmış ve altına filtre kağıdı döşenmiş olan tek kullanımlık petri kaplarına her bir doz da 3 tekrarlı olacak şekilde yerleştirilerek çimlenme denemelerine alınmıştır. Bu amaçla her bir petri kabında 50 adet olmak üzere nanopartikülün tek bir dozu için kontrol numuneleri de dahil olmak üzere toplam 200 adet tohum çimlenme testine tabi tutulmuştur. Bu kapsamda sadece bir nanopartikül türünde kontrol numuneleri dahil olmak üzere 4x200 adetten toplam 800 adet tohumlama uygulamalar gerçekleştirilmiş, iki nanopartikül türü için ise çimlendirme uygulamalarında toplam 1600 adet tohumdan faydalanılmıştır. Çimlendirme deneyleri 12°C sıcaklıkta, %75 nem düzeyinde ve günlük 7 saat ışıklandırma süresince gerçekleştirilmiştir. Bu koşullar Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumları için ideal çimlenme şartlarını (Ürgenç, 1998) oluşturması nedeniyle uygulanmıştır (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7).



Şekil 3.6: Petri kaplara tohumların konulması



Şekil 3.7: Çimlendirme dolabına petrilerin test için yerleştirilmesi

2023-2024 yılları arasında Yüksek Lisans Tez çalışması olarak gerçekleştirilen bu araştırmada, IUCN tarafından nesli tehlike altına girmiş türler arasında gösterilmeye başlanılan ve ormanlarımızda daha çok değer ağacı olarak serpili şekilde bulunan Gürgen Yapraklı Kayacık türlerinin tohumlarına uygulanan iki nanopartikül türünün 4 farklı dozunda çimlenme parametrelerinin nasıl değiştiği ve nanopartiküllerin zarar düzeylerinin ve sınırlarının hangi dozdan sonra tohumlar için başgösterdiği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda tohumlara uygulanan 4 farklı dozdaki iki nanopartikül türünde de ortalama çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme hızı değişkenleri hesaplanmıştır Bu itibarla ISTA (1996)'da belirtilen protokoller uygulanarak buradaki standartlara göre hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

3.3 İstatistik Analizler

Araştırma kapsamında 4 farklı dozda 3 tekerrüre göre rastlantı blokları deneme deseninde hazırlanan nanopartiküllerin uygulandığı ve kontrol numunelerindeki tohumların ortalama çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme hızı için tespit edilen veriler öncelikle K-S testi

ile normallik kontrolüne tabi tutulmuştur. Bu işlemin ardından, hem orijinler hem de uygulanan dört farklı doz ve kontrol numunelerinde ortalama değerler üzerinde çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı değişkenlerinde herhangi bir istatistiki farklılığın bulunup bulunmadığını saptamak için $P<0,01$ güven düzeyinde varyans analizi uygulanmıştır. İşlem grupları ve kontrol numunesi arasında tek yönlü varyans analizi sonucunda istatistiki açıdan farklılık çıkması durumunda yine $P<0,05$ güven düzeyinde homojen grupları belirlemek için Duncan Testi yapılmıştır. Tüm bu istatistik analizler SPSS paket istatistik programında gerçekleştirilmiştir (SPSS, 2002)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 CuO Konsantre Dozlarının Etkisi

Canlılar kendi içlerinde ve karşılıklı olarak kurdukları kompleks ve karmaşık yapıdaki ilişkiler ağı içerisinde yaşamlarını belirli bir sistem öngörüsünde ve belirli bir denge içinde sürdürmektedir. Özellikle dış ortam olarak adlandırılan ve yaşamın kaynaklarını bünyesinde barındıran doğa ve doğal koşullar bu sistemin oluşmasından itibaren her geçen jeolojik zaman evresinde her geçen biyolojik döngüde doğrudan ve dolaylı etkilere sahiptir. Dolayısıyla doğal koşulların meydana getirdiği iç ve dış dinamiklerde ortaya çıkacak kısa süreli geçici veya uzun süreli kalıcı değişimler tüm canlı formları ve biyolojik döngülerinde değişimlere ve farklılaşmalara yol açtığı gibi aynı zamanda bu önemli yaşamsal öğelerin varlığı üzerinde de ciddi olası olumsuz varsayımların şekillenmesine ve ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Nitekim endüstriyel faaliyetler ve artan popülasyon karşısında ortaya çıkan ve doğal koşulların sekonder bir düzey almasında etkili olan iklimatik yani iklimle ilgili değişimler ve buna bağlı olarak ortaya çıkan atmosferik sorunlar karşısında meydana gelen küresel ısınma problemi tüm canlı toplumları günümüzde varlığını korumak ve neslini sürdürmek adına tehdit etmektedir. Bu önemli doğal koşulların şekillendirdiği varlıklar içinde ve hatta başında sağladığı ürün ve kolektif faydalar itibarıyla ormanlar gelmektedir. Günümüz modern ormancılık evresinde entansif faydalanma sistemleri içerisinde daha çok odun dışı fonksiyonel koruyucu hizmetlerinden faydalanmanın ön planda yer aldığı ormanlarda, hızla hem tür bileşimleri ve çeşitliliği açısından hem de doğal orman koşullarındaki değişime bağlı olarak makro ve mikro faunadaki azalma ve daralma açısından çok önemli problemler ve çevre sorunları yaşanmaktadır. Tek bir otun ya da tek bir çalının dahi fonksiyonel öneme sahip olduğu ormanlarda faydalanmanın ilkel düzeyden daha ileri geçemediği üçüncü dünya ülkelerindeki orman kaynakları maalesef günümüz koşullarında başta nanopartiküller gibi yeni nesil endüstriyel kirlenme ve kirletme unsurlarının da etkisiyle yaklaşık %33,7 oranında azalma ve tahribata sahne olmuştur (FAO, 2023). Bu kapsamda diğer tüm doğal ekosistemlerde olduğu gibi kompleks ve çok değerli bir ekosisteme sahip olan orman ekosistemi içerisinde yer alan tüm canlı organizmalarda varlığın korunması açısından aktüel tehdit unsurlarına karşı gerekli tedbirler alınmalı ve tedbirler karşısında özellikle bireysel ve popülasyon anlamında tüm canlıların bu önemli kirletici unsurlara karşı

gösterdikleri fizyolojik, anatomik ve genetik reaksiyonlar en akılcı ve gerçekçi bir şekilde ortaya çıkarılmalıdır. Bu nedenle yeni nesil kirletici unsur olarak gösteril ve sinsice meydana getirdiği kirlenmeler karşısında çok kısa sürede toksik etkiler meydana getiren nanopartiküllerin orman ağacı türlerinde sebebiyet verdiği yaşamsal değişimlerin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu amaçla yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu orijinal araştırmada da IUCN tarafından nesli tehlike altına girmiş orman ağacı türleri listesinde yer alan Gürgen Yapraklı Kayacık türünde iki farklı nanopartikül türünün 4 değişik dozuyla tohumlarda yapılan uygulamalarda türün neslinin devamlılığı açısından çok önemli bir genetik materyal olan tohumların varlığında ve çimlenme değişkenleri üzerinde meydana gelen değişimler ve farklılıklar ile ortaya çıkan çimlenmede reaksiyonlar ve olumsuzluklar belirlenmeye çalışılmıştır

Bu kapsamda türün yüksek seviyede çimlenme engeli bulunan tohumları öncelikle soğuk katlama yöntemi ile perlit ortamında 2 ay süreyle soğuk katlamaya tabi tutulduktan sonra, tohumların çimlenme engelleri giderilmiş ve kontrol dahil her bir deneme numunesinde 50 tohum olacak şekilde her bir nanopartikül dozu için 3 tekrarlı olacak şekilde çimlendirme testleri ve denemeleri gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarına uygulanan dört farklı dozdaki CuOnanopartiküllerine ait tohumun çimlenme yüzdesi değişkenli ile ilgili varyans analizi sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. CuOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplararası 1	325,86	3	183,65	49,85	P<0,05
Gruplariçi	217,94	86	5,32		
Toplam	543,80	89			

Tablo 4.1’deki sonuç itibarıyla CuOnanopartikülünün kontrol ve 4 farklı dozunun tohumlara uygulanması sonucunda tüm gruplar arasında çimlenme yüzdesi değişkeni yönünden %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Bu kapsamda çimlenme

yüzdesi yönünden işlemlere ilişkin grupları belirlemek için yapılan Duncan testi verileri Tablo 4.2’de ifade edilmiştir.

Tablo 4.2. CuOnanopartiküllerinin çimlenme yüzdesine ait Duncan Testi

Dozlar (mg/l)	Homojen Gruplar			
	1	2	3	4
Kontrol	35,79			
400		33,51		
800		31,18		
1200			25,47	
1600				18,26

Duncan testi sonuçlarına göre çimlenme engeli nedeniyle katlamaya tabi tutulmasına rağmen taze Gürgen Yapraklı Kayacık tohumlarında çimlenme enerjisindeki zayıflığa bağlı olarak doğada da zor yetişen ve oluşumu uzun dönemleri kapsayan türün devamlılığının sağlanmasında kültür ortamlarında ortaya çıkabilecek herhangi bir kirleticinin etkilerinin de önemli ölçüde etkili olduğu saptanmıştır. Nitekim CuO nanopartikülleri uygulanan tohumlarda en yüksek çimlenme yüzdesine %35,79 ile hiçbir işlemin uygulanmadığı kontrol numunelerinde rastlanmıştır. Ancak çok düşük dozlar diyebileceğimiz 400 ve 800 mg/l dozlarında dahi nanopartiküllerin kirleticisi hemen hissedilmiş ve çimlenme yüzdesi hemen düşüş eğilimine geçmiştir. 1200 ve 1600 mg/l dozlarında ise türün zor çimlenme eğiliminde ve özelliğindeki tohumlarında çimlenme yüzdesi %25,47 ve %18,26 seviyelerine kadar gerilemiştir. Çalışma sonucunda Gürgen Yapraklı Kayacık türünde türün devamlılığının sağlanması açısından çok önemli bir unsur olan tohumların çimlenmesinde karşılaşılan en önemli düşüş değeri 1200 mg/l dozundan itibaren yaşandığı için bu dozun toksik eşik değerini oluşturduğunu söylemek mümkündür. Nitekim karaçam gibi önemli bir asli ağaç türünün tohumlarında dahi yapılan bir başka çalışmada farklı bir nanopartikül türüne uygulanmasına rağmen toksik eşik değerinin 800-1200mg/l arasında değiştiği belirlenmiştir (Çelikbaş, 2019). Sarıçamda yapılan bir başka araştırmada ise, 600mg/l doz değerinden itibaren uygulanan Fe_2O_3 nanopartikül konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesinin hızla düşürdüğü saptanmıştır (Çelikbaş, 2019). Bu karşılaştırmalara göre çimlenme yüzdesi yönünden bu araştırma kapsamında yerel

orijinlerden toplanan tohumlara uygulanan dört farklı dozdaki CuOkonsantrasyonlarında kontrol grubunun en yüksek çimlenme yüzdesine sahip olduğu özellikle 1200mg/l dozundan itibaren bariz şekilde tohumların sağlıklı olmasına rağmen çimlenme yüzdesinin azaldığı saptanmıştır (Tablo 4.2). Buna göre sarıçam ve karaçamda elde edilen veriler ile bu araştırma kapsamında bir yıllık değerlendirmeler sonucunda ulaşılan sonuçların benzer eğilimlerde olduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra, çimlenme yüzdesinde meydana gelen düşük değerlerin tüm tekniğine uygun olarak yapılan 2 ay süreli soğuk katlama işleminin dahi türün genetik yapısından kaynaklanan tohumlarındaki zor çimlenme engelinin ortadan kaldırılması adına tek başına yeterli bir uygulama olabileceği ihtimalini ön plana çıkardığı ve bu duruma nanopartiküllerin kirletici etkisinin de eklenmesiyle bu durumun düşük dozlardan itibaren çimlenmeyi türde daha da güçleştirdiği ve buna bağlı olarak kirli veya kirletici kaynağa yakın ortamlarda türün tohumlarının çimlenmesinin daha da güçleştiği bildirilebilir.

Çimlenme hızı yönünden yapılan değerlendirmelerde de uygulanan varyans analizi sonucunda Tablo 4.3’de belirtilmiştir.

Tablo 4.3. CuOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme hızı varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplararası	423,72	3	208,71	48,27	P<0,05
Gruplariçi	215,39	86	5,13		
Toplam	639,11	89			

Tablo 4.3’deki bulgulardan yola çıkarak Gürge Yapraklı Kayacığın tohumlarına uygulanan nanopartikül dozları arasında kontrol numunelerine göre %95 güvenin seviyesinde farklılık bulunmuş olup, bu itibarla etkileşime neden olduğu işlemlerin gruplarını belirlemek için %95 güven düzeyinde Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. CuO nanopartiküllerinin çimlenme hızına ait Duncan Testi

Dozlar (mg/l)	Homojen Gruplar			
	1	2	3	4
Kontrol	28,47			
400		21,15		
800		20,29		
1200			17,68	
1600				15,92

Tablo 4.4'deki sonuçlara göre çimlenme engeli ve buna bağlı olarak uygulanan nanopartikül dozları nedeniyle düşük seviyelerde çimlenme hızı meydana getiren tohumların çimlenme hızı da düşük seviyede gerçekleşmiş ve aynen çimlenme yüzdesi değişkeninde olduğu gibi özellikle 400 ve 800 mg/l dozlarından itibaren kontrol numunelerine göre çimlenme hızı bariz bir şekilde azalmaya başlarken bilhassa 1200 mg/l dozu eşik toksik değeri göstermiş olup bu değerden sonra çimlenme hızı çok daha düşük değerlere gerilemiştir. Bu konuda karaçamda yapılan bir araştırmada Fe_2O_3 nanopartikülü doz değerlerinde özellikle 800 ve 1200mg/l değerlerinden ve seviyelerinden sonra tohumlarda çimlenme hızının önemli ölçüde zayıfladığı ortaya çıkmıştır (Çelikbaş, 2019). Yine sarıçamda gerçekleştirilen bir başka araştırmada da özellikle 600mg/l Fe_2O_3 nanopartikülü dozundan itibaren çimlenme yüzdesinde olduğu gibi çimlenme hızında da kontrol grubuna çok düşük değerlerin yaşandığı tespit edilmiştir (Çelikbaş, 2019). Bu bilgiler çerçevesinde çimlenme yüzdesinde olduğu gibi çimlenme hızında da türün genetik yapısından kaynaklanan çimlenme engelinin ortadan kaldırılmasında yaşanan güçlükler ve nanopartikül dozlarının etkisine bağlı olarak 400 ve 800 mg/l değerlerinden itibaren yaşanan düşüş değerleri 1200 mg/l'de eşik değere ulaşmıştır (Tablo 4.4).

4.2 ZnO Konsantre Dozlarının Etkisi

Yerel orijinlerden toplanan Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarında çimlenme değişkenleri üzerinde günümüzde yaygın olarak ortam kirlenmesine neden olmasına bağlı

olarak denen ve uygulanan bir diğ er nanopartikül türü de ZnO nanopartikülüdür. ZnO nanopartikül tipi de endüstriyel faaliyetler sonrasında kolaylıkla ortaya çıkan ve çok hızla canlı popülasyonları üzerinde kirlenmeler meydana getirerek bu popülasyonların ya da bireysel yaşam döngülerinin dinamiklerini olumsuz etkileyen bir diğ er materyaldir. Bu kapsamda kontrol ve 4 farklı doz uygulamasının gerçekleştirildiğ i ZnO nanopartiküllerinin verildiğ i konsantre dozların tohumların çimlenme yüzdesi değ işkenine etkilerini belirlemek için yapılan varyans analizinin sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. ZnOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme yüzdesi varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplararası	597,38	3	278,17	34,23	P<0,05
Gruplarıçi	341,75	86	12,89		
Toplam	939,13	89			

Tablo 4.5’deki sonuçlara göre kontrol ve nanopartikül konsantre doz işlemleri arasında %95 seviyesinde önemli farklılık bulunmuştur. Bu kapsamda kontrol ve doz işlem gruplarının belirlemek için %95 olasılık güven hattında Duncan testi yapılmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. ZnO nanopartiküllerinin çimlenme yüzdesine ait Duncan Testi

Dozlar (mg/l)	Homojen Gruplar			
	1	2	3	4
Kontrol	33,65			
400		30,29		
800		28,75		
1200			23,47	
1600				20,18

Tablo 4.6’daki sonuçlar yakından incelendiğ inde yine önceki nanopartikül türü olan CuO denemesinde kullanılan tohumlarda olduğ u gibi ZnO nanopartikül denemesinde de kullanılan tohumların taze ve 2 aylık soğuk ön işlem uygulamasına karşın sahip oldukları güçlü çimlenme engeli nedeniyle kontrol numunesinde dahi düşük bir çimlenme yüzdesine sahip olmakla birlikte 400 mg/l dozundan itibaren ZnO nanopartiküllerinin de çimlenme

yüzdesini azaltmaya ve aşağı seviyelere doğru çekmeye başladığı saptanmış ve bu çerçevede özellikle toksik etkinin 1200mg/l seviyesinden itibaren başladığı ortaya çıkarılmıştır (Tablo 4.6). Karaçamda gerçekleştirilen bir başka çalışmada da düşük dozlardan itibaren ZnO konsantrasyonlarında tohumların çimlenme yüzdesinde değişimlerin baş gösterdiği belirlenmiş olmakla beraber asıl toksik eşik değerinin 600mg/l doz uygulamasından sonra ortaya çıktığı tespit edilebilmiştir (Çelikbaş, 2019). Bununla birlikte sarıçamdaki araştırmada da, ZnO nanopartiküllerinin 2000mg/l dozundan itibaren toksik etkiler doğurduğu bildirilmiştir (Çelikbaş, 2019). Bu karşılaştırmalara göre normal şartlarda genetik yapısı ve tohum fizyolojisi gibi etkiler göz önünde tutulduğunda dahi çimlenme engeli güçlü olan Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarında ZnO nanopartikülüne aynen CuO nanopartikülünde olduğu gibi hassas bir reaksiyon gösterildiği ve bu durumun kendisini çok küçük dozlarda dahi ortaya çıkararak gösterdiği bulgusuna ve sonucuna ulaşılmıştır.

Yüksek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, ZnO nanopartikülüne konsantre dozların Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarının önemli çimlenme değişkenlerinden birisi olan çimlenme hızı üzerindeki etkileride incelenmiştir Bu amaçla 3 tekrarlı olarak rastlantı blokları deneme desenine göre gerçekleştirilen çimlendirme testlerinde 3 tekrarlı olarak hazırlanan numunelerde tespit edilen çimlenme hızına ilişkin varyans analiz sonucu Tablo 4.7’de açıklanmıştır.

Tablo 4.7. ZnOnanopartikülü uygulanan tohumların çimlenme hızı varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplararası	378,95	3	124,35	32,64	P<0,05
Gruplariçi	271,39	86	4,81		
Toplam	650,34	89			

Tablo 4.7’deki bulgulardan yola çıkarak kontrol ve konsantre ZnO nanopartikül doz işlemleri arasında belirlenen %95 güven limiti anlamlı farklılığının meydana getirdiğin homojen grupların dağılımı için yapılan Duncan Testi sonucu Tablo 4.8’de sunulmuştur.

Tablo 4.8. ZnO nanopartiküllerinin çimlenme hızına ait Duncan Testi

Dozlar (mg/l)	Homojen Gruplar			
	1	2	3	4
Kontrol	30,54			
400		22,41		
800		20,68		
1200			15,37	
1600				11,83

Tablo 4.8’deki veriler irdelenecek ve yorumlanacak olursa, CuO nanopartikülünde olduğu gibi ZnO nanopartikülü için hazırlanan 4 farklı konsantre dozun uygulanması sonucunda zaten çimlenme engeli güçlü olan ve bu nedenle düşük bir çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızın sahip olan Gürgen Yapraklı Kayacık türün tohumlarında da özellikle etkin olarak yaygın bir şekilde ortamda bulunmak suretiyle diğer bitki türlerinde ve canlı popülasyonlarında olduğu gibi ZnO nanopartikülü bu türün tohumları için de çimlenme hızı itibarıyla düşük konsantre doz değeri olan 400 mg/l seviyesinden itibaren etkili olmaya başlamış ve zaten zor çimlenen türün çimlenen tohum sayısında steril bir ortam olmasına rağmen önemli düşüşlerin gerçekleşmesine yol açmıştır. Ancak toksik etki düzeyinde varlığını 800 mg/l dozundan itibaren göstermekle birlikte en etkili bir şekilde 1200 mg/l seviyesinde göstermiştir. Karaçamdaki çalışmada da ZnOnanopartikülünün 1200mg/l doz seviyesinden itibaren toksik etki yapmaya özellikle çimlenme hızı değişkeni itibarıyla başladığı bildirilmektedir (Çelikbaş, 2019). Sarıçamdaki bir başka araştırma çalışmasında datürün tohumlarının çimlenme engeli olmamasına rağmen ZnO nanopartikülünün 1200 ve 1600 mg/l seviyesinden itibaren toksik etki yapmaya başladığı ancak çimlenme hızındaki kayıpları 800mg/l seviyesinden itibaren az da olsa kendisini göstermeye başladığı ifade edilmiştir (Çelikbaş, 2019). Verilerin bu kıyaslaması karşısında Gürgen Yapraklı Kayacık türünde de 1200 mg/l seviyesinden itibaren ZnO’nun toksik etki meydana getirmeye

başladığını ve bunun çok etkili düzeylere ulaşarak türün genetik materyali ve devamlılığı açısından tohumun çimlenme hızında önemli kayıplara yol açtığını söylemek mümkündür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ürün ve kollektif hizmetler bakımından toplum yararını ve sağlığını korumak adına fonksiyonel yüksek faydaları bulunan orman kaynaklarının her türlü ekosistem koşullarında başta tür çeşitliliği olmak üzere doğal yapı ve genetik çeşitlilik ilkeleri açısından korunması ve sürdürülebilir faydalanmasının garanti altına alınması en son ülkemiz tarafından da imzalanan Paris Sözleşmesinde hükümetler arası konsorsiyumlu birlikte uluslararası hukuksal bir sorumluluktur. Bu sorumluluğun yerine getirilmesinde doğal ekolojik dengeyi ve bu dengeyi korumak amaçlı yapılan teknik ve bilimsel faaliyetlerin varlığını ve geleceğini tehdit eden en önemli faktör çevre kirliliğidir. Bu kirlilik düzeyi her geçen gün artmakla birlikte varlığını çeşitlendirerek önemli ölçüde başta halk sağlığını tehdit etmek üzere hissettirmektedir. Bu nedenle özellikle son yıllarda yeni üretim teknolojilerinin kullanılması ve yeni ikame malların devreye girmesi ile birlikte ortaya çıkan en önemli çevre kirliliği nanopartiküler kirliliktir. Bu kirlilik sinsi ve fakat bir o kadar da etkili bir şekilde varlığını sürdürmektedir. Bu nedenle söz konusu bu kirlilik tipinin canlı popülasyonları üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde kontrol laboratuvar çalışmalarına mutlaka ihtiyaç vardır. Çünkü nano düzeydeki partiküllerin ortaya çıkardığı makro zararların yanı sıra özellikle genetik yapıda meydana getirdiği değişimler, farklılaşmalar ve bunların neden olduğu zararların boyutları hakkında henüz elimizde kesin ve ispat edilmiş bilimsel bilgiler bulunmamaktadır. Ancak günümüz teknoloji çağında başta sağlık sektörü olmak üzere birçok alanda kullanılan teknolojik, dijital ve bilimsel ekipmanların da nanopartiküllerden elde edildiği gerçeği karşısında mutlaka bu materyal düzeyinin faydalı ve zararlı yönleri belirlenerek ortaya çıkarılmalı ve bu anlamda özellikle fayda ve kullanma dengeleri araştırılmalıdır. Ancak özellikle Gürgen Yapraklı Kayacık gibi nesli tehlikeye girmiş biyolojik çeşitliliği önemli bileşenlerinde de bu kirlletici unsurların hassas bünyesel özellikler üzerindeki durumları açıkça belirlenmelidir. Yüksek Lisans Tez çalışması olarak hazırlanan bu orijinal araştırma çalışmasında da çevresel

ortamda etkili ve yaygın olarak bulunan CuO ve ZnO nanopartiküllerinin en yaygın konsantre dozlarının Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı gibi önemli çimlenme değişkenleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve bu etkileri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Buna göre, yapılan tek yönlü varyans analizinin Tablo 4.1'deki sonuçları itibarıyla CuOnanopartikülünün kontrol ve 4 farklı dozunun tohumlara uygulanması sonucunda tüm gruplar arasında çimlenme yüzdesi değişkeni yönünden %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre çimlenme engeli nedeniyle katlamaya tabi tutulmasına rağmen taze Gürgen Yapraklı Kayacık tohumlarında çimlenme enerjisindeki zayıflığa bağlı olarak doğada da zor yetişen ve oluşumu uzun dönemleri kapsayan türün devamlılığının sağlanmasında kültür ortamlarında ortaya çıkabilecek herhangi bir kirleticinin etkilerinin de önemli ölçüde etkili olduğu saptanmıştır. Nitekim CuO nanopartikülleri uygulanan tohumlarda en yüksek çimlenme yüzdesine %35,79 ile hiçbir işlemin uygulanmadığı kontrol numunelerinde rastlanmıştır. Ancak çok düşük dozlar diyebileceğimiz 400 ve 800 mg/l dozlarında dahi nanopartiküllerin kirletici etkisi hemen hissedilmiş ve çimlenme yüzdesi hemen düşüş eğilimine geçmiştir. 1200 ve 1600 mg/l dozlarında ise türün zor çimlenme eğiliminde ve özelliğindeki tohumlarında çimlenme yüzdesi %25,47 ve %18,26 seviyelerine kadar gerilemiştir (Tablo 4.2). Çalışma sonucunda Gürgen Yapraklı Kayacık türünde türün devamlılığının sağlanması açısından çok önemli bir unsur olan tohumların çimlenmesinde karşılaşılan en önemli düşüş değeri 1200 mg/l dozundan itibaren yaşandığı için bu dozun toksik eşik değerini oluşturduğunu söylemek mümkündür.

Türün farklı konsantre dozlarla muamele edilen tohumlarına ve kontrol numunelerine çimlenme hızı değişkeni açısından uygulanan varyans analiz sonuçları Tablo 4.3'de açıklanmıştır. Tablo 4.3'deki bulgulardan yola çıkarak Gürgen Yapraklı Kayacığın tohumlarına uygulanan nanopartikül dozları arasında kontrol numunelerine göre %95 güvenin seviyesinde farklılık bulunmuş olup, bu itibarla etkileşime neden olduğu işlemlerin gruplarını belirlemek için %95 güven düzeyinde Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.4). Tablo 4.4'deki sonuçlara göre çimlenme engeli ve buna bağlı olarak uygulanan nanopartikül dozları nedeniyle düşük seviyelerde çimlenme hızı meydana getiren tohumların çimlenme hızı da düşük seviyede gerçekleşmiş ve aynen çimlenme

yüzdesi değişkeninde olduğu gibi özellikle 400 ve 800 mg/l dozlarından itibaren kontrol numunelerine göre çimlenme hızı bariz bir şekilde azalmaya başlarken bilhassa 1200 mg/l dozu eşik toksik değeri göstermiş olup bu değerden sonra çimlenme hızı çok daha düşük değerlere gerilemiştir.

Yerel orijinlerden toplanan Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarında çimlenme değişkenleri üzerinde günümüzde yaygın olarak ortam kirlenmesine neden olmasına bağlı olarak denen ve uygulanan bir diğer nanopartikül türü de ZnO nanopartikülüdür. ZnO nanopartikül tipi de endüstriyel faaliyetler sonrasında kolaylıkla ortaya çıkan ve çok hızla canlı popülasyonları üzerinde kirlenmeler meydana getirerek bu popülasyonların ya da bireysel yaşam döngülerinin dinamiklerini olumsuz etkileyen bir diğer materyaldir. Bu kapsamda kontrol ve 4 farklı doz uygulamasının gerçekleştirildiği ZnO nanopartiküllerinin verildiği konsantre dozların tohumların çimlenme yüzdesi değişkenine etkilerini belirlemek için yapılan varyans analizinin sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. Tablo 4.5’deki sonuçlara göre kontrol ve nanopartikül konsantre doz işlemleri arasında %95 seviyesinde önemli farklılık bulunmuştur. Bu kapsamda kontrol ve doz işlem gruplarının belirlemek için %95 olasılık güven hattında Duncan testi yapılmıştır (Tablo 4.6). Tablo 4.6’daki sonuçlar yakından incelendiğinde yine önceki nanopartikül türü olan CuO denemesinde kullanılan tohumlarda olduğu gibi ZnO nanopartikül denemesinde de kullanılan tohumların taze ve 2 aylık soğuk ön işlem uygulamasına karşın sahip oldukları güçlü çimlenme engeli nedeniyle kontrol numunesinde dahi düşük bir çimlenme yüzdesine sahip olmakla birlikte 400 mg/l dozundan itibaren ZnO nanopartiküllerinin de çimlenme yüzdesini azaltmaya ve aşağı seviyelere doğru çekmeye başladığı saptanmış ve bu çerçevede özellikle toksik etkinin 1200mg/l seviyesinden itibaren başladığı ortaya çıkarılmıştır (Tablo 4.6).

Yüksek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, ZnO nanopartikülüne konsantre dozların Gürgen Yapraklı Kayacık türünün tohumlarının önemli çimlenme değişkenlerinden birisi olan çimlenme hızı üzerindeki etkileride incelenmiştir Bu amaçla 3 tekrarlı olarak rastlantı blokları deneme desenine göre gerçekleştirilen çimlendirme testlerinde 3 tekrarlı olarak hazırlanan numunelerde tespit edilen çimlenme hızına ilişkin varyans analiz sonucu Tablo 4.7’de açıklanmıştır. Tablo 4.7’deki bulgulardan yola çıkarak kontrol ve konsantre ZnO nanopartikül doz işlemleri arasında belirlenen %95 güven limiti anlamlı farklılığının meydana getirdiğin homojen grupların dağılımı için yapılan Duncan

Testi sonucu Tablo 4.8’de sunulmuştur. Tablo 4.8’deki veriler irdelenecek ve yorumlanacak olursa, CuO nanopartikülünde olduğu gibi ZnO nanopartikülü için hazırlanan 4 farklı konsantre dozun uygulanması sonucunda zaten çimlenme engeli güçlü olan ve bu nedenle düşük bir çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızın sahip olan Gürgen Yapraklı Kayacık türün tohumlarında da özellikle etkin olarak yaygın bir şekilde ortamda bulunmak suretiyle diğer bitki türlerinde ve canlı popülasyonlarında olduğu gibi ZnO nanopartikülü bu türün tohumları için de çimlenme hızı itibarıyla düşük konsantre doz değeri olan 400 mg/l seviyesinden itibaren etkili olmaya başlamış ve zaten zor çimlenen türün çimlenen tohum sayısında steril bir ortam olmasına rağmen önemli düşüşlerin gerçekleşmesine yol açmıştır. Ancak toksik etki düzeyinde varlığını 800 mg/l dozundan itibaren göstermekle birlikte en etkili bir şekilde 1200 mg/l seviyesinde göstermiştir.

Bununla birlikte Gürgen Yapraklı Kayacık türünde yerel orijinler arasında CuO ve ZnO nanopartiküllerine ait farklı konsantre doz uygulamalarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı değişkenlerinde meydana getirdiği etkiler yönünden bir farklılığın olup olmadığını belirlemek amacıyla elde edilen ham verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış ve bu kapsamda orijinler arasında istatistiki yönden anlamlı ve önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Bunun orijinlerin çimlenme değerlerinin kontrollerde dahi birbirine çok yakın olmasından ve çimlenme ortamının homojen koşullarda olmasına bağlı olarak orijinler arasındaki farklılığın özellikle genetik kökenli olmayışı ihtimalinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yüksek Lisans Tez çalışması olarak hazırlanan bu orijinal araştırmadan elde edilen veriler itibarıyla ülkemiz ormanlarında serpili halde pek çok orman formunda karışıma katılan, toprak koruma, alt tesis, ön tesis, rüzgar perdesi ve kar kuşağı gibi bir çok fonksiyonel faydası olan birçok kuş türüne özel olarak ev sahipliği yapan ancak hızla birey sayısındaki azalmaya bağlı olarak 2022 yılında IUCN tarafından nesli tehlike altına giren türler listesine dahil edilen Gürgen Yapraklı Kayacık türü, tohumlarında sahip olduğu yüksek çimlenme engeli nedeniyle zaten üretilmesi ve doğal süksesyonlar çerçevesinde kendiliğinden oluşması uzun zaman alan önemli ama bir o kadarda dayanıklı ve fonksiyonel bir tür özelliğine sahiptir. Bu türün devamlılığının sağlanması özellikle yapraklı karışık orman formasyonlarında ormanın geleceğinin garanti altına alınması ve doğal dengenin sigortasının sağlanması açısından değerli ve önemlidir. Bu nedenle türün tohumdan üretimi şeklinde gerçekleştirilen yaygın üretiminin devam ettirilmesi oldukça

önemlidir. Ancak bu araştırmadan elde edilen bulgularında desteklediği biçimde türün CuO ve ZnO gibi doğada hızla yaygınlaşmakta olan nanopartiküllerin meydana getirdiği kirlilik düzeyinde çok hızlı ve etkin bir şekilde etkilendiği ve tohum materyalinde zaten düşük olan çimlenme parametrelerinin de önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Bu kapsamda türün özellikle doğal yayılış alanı tam anlamıyla taranarak yükselti kademeleri de göz önünde bulundurularak tüm genotiplerinden tohum toplanması, toplanan tohumların bu nanopartikül testlerine tabi tutularak dayanıklı orijinlerin belirlenmesi ve bu orijinlerden alçak ve yüksek zon kuşaklarında tohum plantasyonlarının tesis edilmesi ve buna göre tohum hasat ve kullanım rejyonlarının tespit edilmesi türün neslinin devamlılığının sağlanması açısından çok değerli teknik ve bilimsel önlemler olacaktır. Yine türün uygun orijinlerinin ağaçlandırma çalışmalarında kullanılması türün yaygınlaştırılması açısından da değerlidir. Ayrıca mutlaka Gürgen Yapraklı Kayacık türünün mikro-vejetatif yöntemler ve doku kültürü gibi biyoteknolojik metotlar kullanılarak modern laboratuvar koşullarında üretiminin gerçekleştirilmesi ülkemiz ormancılığına ve türün hayat döngüsünün korunmasına yapılacak en önemli katkılar olacaktır.

KAYNAKLAR

- Acharya, P., Jayaprakasha, G. K., Crosby, K. M., Jifon, J. L. ve Patil, B. S. (2020). Nanoparticle-mediated seed priming improves germination, growth, yield, and quality of watermelons (*Citrullus lanatus*) at multi-locations in Texas. *Scientific reports*, 10(1), 1-16.
- Adhikary, S., Biswas, B., Chakraborty, D., Timsina, J., Pal, S., Chandra Tarafdar, J., Banerjee, S., Hossain, A. ve Roy, S. (2022). Seed priming with selenium and zinc nanoparticles modifies germination, growth, and yield of direct-seeded rice (*Oryza sativa* L.). *Scientific Reports*, 12(1), 1-14.
- Baho, D. L., Allen, C. R., Garmestani, A. S., Fried-Petersen, H. B., Renes, S. E., Gunderson, L. H. ve Angeler, D. G. (2017). A quantitative framework for assessing ecological resilience. *Ecology and Society*, 22(3), 1-21
- Barrena, R., Casals, E., Colón, J., Font, X., Sánchez, A. ve Puentes, V. (2009). Evaluation of the ecotoxicity of model nanoparticles. *Chemosphere*, 75(7), 850-857.
- Begum, P., Ikhtari, R., Fugetsu, B., Matsuoka, M., Akasaka, T. ve Watari, F. (2012). Phytotoxicity of multi-walled carbon nanotubes assessed by selected plant species in the seedling stage. *Applied Surface Science*, 262, 120-124.
- Borer, E. T., Seabloom, E. W., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., Lind, E. M. ve Yang, L. H. (2014). Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. *Nature*, 508(7497), 517–520.
- Bottero, J. Y., Auffan, M., Rose, J., Mouneyrac, C., Botta, C., Labille, J., Maison, A., Thill, A. ve Chaneac, C. (2011). Manufactured metal and metal-oxide nanoparticles:

Properties and perturbing mechanisms of their biological activity in ecosystems. *Comptes Rendus Geoscience*, 343(2-3), 168-176.

Bouguerra, S., Gavina, A., Ksibi, M., da Graça Rasteiro, M., Rocha-Santos, T. ve Pereira, R. (2014). Ecotoxicological Evaluation Of Titanium Silicon Oxide Nanoparticles With Terrestrial Species. *Toxicology Letters*, (229), 1-10.

Cañas, J. E., Long, M., Nations, S., Vadan, R., Dai, L., Luo, M., Ambikapathi R., Lee E.H. ve Olszyk, D. (2008). Effects of functionalized and nonfunctionalized single walled carbon nanotubes on root elongation of select crop species. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 27(9), 1922-1931.

Çelikbaş, A. (2019). Bazı nanopartiküllerin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 67s., Kastamonu.

Çelikbaş, H.M. (2019). Bazı nanopartiküllerin sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkileri, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 76s., Kastamonu.

EPA (2007). Nanotechnology White Paper, U.S. Environmental Protection Agency Report EPA 100/B-07/001, Washington DC 20460, USA, 185s.

FAO (2023). World's Forest State, Rome, 487 s.

Ghodake, G., Seo, Y. D., Park, D. ve Lee, D. S. (2010). Phytotoxicity of carbon nanotubes assessed by *Brassica juncea* and *Phaseolus mungo*. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 5(2), 157-160.

Guo, H., Liu, Y., Chen, J., Zhu, Y. ve Zhang, Z. (2022). The effects of several metal nanoparticles on seed germination and seedling growth: a meta-analysis. *Coatings*, 12(2), 183.

Hund-Rinke K ve Simon M. (2006). Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles TiO₂ on algae and daphnids. *Environmental Science Pollution and Research* 13, 225–232.

ISTA, (1996). International Rules for Seed Testing. *Seed Science & Technology* (Supplement) 24:1-335.

İbrahim, A.T.A. (2020). Toxicological impact of green synthesized silver nanoparticles and protective role of different selenium type on *Oreochromis niloticus*: hematological and biochemical response. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 61, 1-9.

İbrahim, A.T.A., Banaee, M. ve Sureda, A. (2021). Genotoxicity, oxidative stress, and biochemical biomarkers of exposure to green synthesized cadmium nanoparticles in *Oreochromis niloticus* (L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 242, 1-12.

Krishnaraj, C., Jagan, E. G., Ramachandran, R., Abirami, S. M., Mohan, N. ve Kalaichelvan, P. T. (2012). Effect of biologically synthesized silver nanoparticles on

Bacopa monnieri (Linn.) Wettst. plant growth metabolism. *Process biochemistry*, 47(4), 651-658.

Korkut, S. ve Güller, B. (2008). Physical and mechanical properties of European Hornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Wood, *Bioresource Technology*, 99(11): 4780-4785.

Kulaç Ş., Guney D., Çiçek E. ve Turna İ. (2013). Effect of provenance, stratification and temperature on the germination of European hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) seeds. *Food, Agriculture and Environment (JFAE)*, 11(3&4), 2815-2819.

Kumar, V., Guleria, P., Kumar, V. ve Yadav, S. K. (2013). Gold nanoparticle exposure induces growth and yield enhancement in Arabidopsis thaliana. *Science of the total environment*, 461, 462-468.

Lahiani, M. H., Chen, J., Irin, F., Puretzky, A. A., Green, M. J. ve Khodakovskaya, M. V. (2015). Interaction of carbon nanohorns with plants: uptake and biological effects. *Carbon*, 81, 607-619.

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

Mahakham, W., Sarmah, A. K., Maensiri, S. ve Theerakulpisut, P. (2017). Nanoprimer technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. *Scientific Reports*, 7(1), 8263-8271

MGM (2023). Tohum orijinlerine ilişkin 2023 yılı meteorolojik verileri, 12s., Ankara.

Reijnders L. (2006). Cleaner nanotechnology and hazard reduction of manufactured nanoparticles. *Cleaner Production*, 14, 124-133.

Saatçioğlu, F. (1969). Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İÜ. Orman Fakültesi Yayını, No:1429/138, 183 s. İstanbul

Seeger, E. M., Baun, A., Kästner, M. ve Trapp, S. (2009). Insignificant acute toxicity of TiO₂ nanoparticles to willow trees. *Journal of Soils and Sediments*, 9, 46-53.

SPSS Inc, (2002). SPSS 11.0 guide to data analysis, Published by Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. 637 pp.

Suszek-Łopatka, B., Maliszewska-Kordybach, B., Klimkowicz-Pawlas, A. ve Smreczak, B. (2021). The multifactorial assessment of the Zn impact on high and low temperature stress towards wheat seedling growth under diverse moisture conditions (optimal and wet) in three soils. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 1-14.

Taghavi, S. M., Momenpour, M., Azarian, M., Ahmadian, M., Souri, F., Taghavi, S. A., Faramaz, S., Taghavi, A.S., Sadeghain, M. ve Karchani, M. (2013). Effects of nanoparticles on the environment and outdoor workplaces. *Electronic Physician*, 5(4), 706-712

Ürgeç, S. (1998). *Ağaçlandırma Tekniğı*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 94/441, İstanbul.

Yaltırık, F. ve Efe, A. (2000). *Dendroloji Ders Kitabı*, Gymnospermeae-Angiospermae, İ.Ü Yayın No: 4265, Orman Fakültesi Yayını No:465, İstanbul.

Yang L. ve Watts, D.J. (2005). Particle surface characteristics may play an important role in phytotoxicity of alumina nanoparticles. *Toxicological Letters* 158, 122–132.

Zhu Y, Zhao Q, Li Y, Cai X ve Li W. (2006). The interaction and toxicity of multi-walled carbon nanotubes. *Nanotechnology* 6 (1), 1357–1364.

